

Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti

Məmmədov N.R., Aslanov Z.Y., Seydəliyev
İ.M., Hacızalov M.N., Dadaşova K.S.

***METROLOGİYA,
STANDARTLAŞDIRMA VƏ
SERTİFİKATLAŞDIRMA***

D Ə R S V Ə S A İ T İ

Prof. N.R. Məmmədovun redaktəsi ilə

Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirliyinin 2014-cü
il tarixli sayılı əmri ilə təsdiq
edilmişdir

B a k ı – 2 0 1 5

Rəy

verənlər: t.e.d.,prof. E.B.İskəndərzadə (AzTU-nun “Metrologiya və standartlaşdırma” kafedrasının professoru)
t.e.d., prof. F.Ə.Vəliyev (ADİU-nun “Texnoloji maşınlar və avadanlıqlar” kafedrasının professoru)

t.e.n.,dos. E.M.Əfəndiyev (ADİU-nun “Standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma” kafedrasının dosenti)

Məmmədov N. R., Aslanov Z.Y., Seydəliyev İ. M.,
Hacıyalov M. N., Dadaşova K. S. Metrologiya,
standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma:

Ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaiti.

Dərs vəsaitində metrologiyanın, standartlaşdırmanın və sertifikatlaşdırmanın əsaslarına baxılır. Burada metrologiyanın əsas müddəaları, ölçmələr, etalonlar, yoxlama sxemləri, dövlət metroloji xidmətinin strukturu şərh edilir. Standartlaşdırmanın əsaslarına baxılır: standartlaşdırmanın məqsəd və vəzifələri, standartların kateqoriyaları və növləri, İSO Beynəlxalq standartları təhlil edilir. Sertifikatlaşdırmanın məqsədi və obyektləri, məhsulun keyfiyyət xarakteristikaları, kvalimetriyanın əsasları, keyfiyyətin qiymətləndirilməsinin ekspert metodları, sertifikatlaşdırma sistemi, sertifikatlaşdırma orqanları, sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi, xidmətlərin sertifikatlaşdırılması və digər məsələlər şərh edilmişdir.

Dərs vəsaiti “Metrologiya, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma mühəndisliyi” ixtisası üzrə bakalavr hazırlayan ali məktəblərdə təhsil alan tələbələr üçün hazırlanmışdır. Lakin ondan nəzəri biliklərini artırmaq istəyən müvafiq mütəxəssislər də istifadə edə bilərlər.

GİRİŞ

Ölçmə - real həyatı dərkətmə alətlərinin əsaslarından biridir. Hələ qədim zamanlarda insanlar obyektləri öz aralarında müqayisə edərək və intuitiv olaraq obyektlərdən bir neçəsini ölçü vahidi kimi qəbul edərək uzunluğu, kütləni, həcmi, zamanı ölçürdülər.

Ölçmələr öyrənilən hadisələrin miqdarı nisbətlerini və qanunauyğunluqlarını təyin etməyə imkan verir ki, bu da müxtəlif alimlərin tədqiqatlarının və kəşflərinin nəticələrini obyektiv müqayisə etməyə şərait yaradır.

Xüsusi ölçülərin (etalonların) köməyi ilə müxtəlif kəmiyyət vahidlərinin ölçülərinin təzələnməsi, saxlanması və ötürülməsi üçün XIX əsrdə bir neçə ölkədə xüsusi metroloji təşkilatlar yaradıldı. İlk yaradılan bu təşkilatlardan biri 1842-ci ildə Sankt-Peterburqda Nümunəvi ölçü və çəki Deposu idi. Bu təşkilat 1893-cü ildə ölçü və çəki Baş Palatasına çevrildi. Burada uzun illər saxlayıcı alim kimi D.İ. Mendeleyev işlədi.

Beynəlxalq əməkdaşlığın inkişafı ancaq mal mübadiləsi yox, həmçinin elmi biliklərin mübadiləsi zərurəti bir neçə etalonların işlənilib hazırlanması və saxlanması ilə məşğul olan beynəlxalq təşkilatların yaradılmasına gətirib çıxardı. Peterburq Elmlər Akademiyasının təşəbbüsü ilə 1875-ci ildə Parisdə Metrik konvensiya imzalandı ki, bu da ölçmələr sahəsində əməkdaşlığın başlanğıcını qoydu.

Müxtəlif ölçmə vasitələrinin geniş istifadə olunmasına baxmayaraq, ölçü vahidlərinin vahid ümumqəbul olunmuş sistemi yox idi. Ona görə də müxtəlif eksperiment aparalarının aldıqları nəticələr çətin müqayisə olunurdu. Bu problem 1881-ci ildə Parisdə Elektrikləşdirmə üzrə Birinci konqresdə həll olundu. Rusiyanı bu Konqresdə professor A.Q. Stoletov təmsil edirdi. Bu alimin təşəbbüsü ilə vahidlərin vahid sistemi (elektromaqnit və elektrostatik) qəbul edildi. Praktiki məqsədlər üçün konqres tərəfindən

hələ 1832-ci ildə K.Qaus tərəfindən təklif edilən mütləq vahidlər sistemi qəbul edildi.

Ölçü texnikasının inkişaf səviyyəsi istehsalatın inkişaf səviyyəsi ilə bilavasitə əlaqəlidir və məhsulun keyfiyyətini birbaşa təyin edir. Qarşılıqlı əvəzolunma problemlərinin, standartlaşdırma problemlərinin həlli texniki cəhətdən inkişaf etmiş ölçmə bazası olmadan mümkün deyildir.

Vahid iqtisadi və istehsalat məkanının yaradılması zərurəti, əməyin beynəlxalq bölünməsi standartlaşdırma sisteminin (dövlət və beynəlxalq standartlar) yaradılmasına, həmçinin sertifikatlaşdırma sisteminə (məhsulların, malların və xidmətlərin elan edilmiş tələblərə uyğunluğunun təsdiqlənməsinə) gətirib çıxardı.

Dərs vəsaiti dörd bölmədən ibarətdir.

Birinci bölmədə metrologiya haqqında əsas anlayışlar və təriflər şərh edilir, fiziki kəmiyyətlərin ölçülmələri haqqında ümumi məlumatlar (ölçmələrin sinifləşdirilməsi, ölçmə xətalalarının sinifləşdirilməsi, ölçmələrin nəticələrinin təqdim olunma formaları, ölçmə nəticələrinin işlənməsi), ölçmə vasitələri və onların metroloji xarakteristikaları verilir və bu xarakteristikaların normalaşdırılması göstərilir.

İkinci bölmə elektrik ölçmə vasitələrinə həsr edilmişdir. Burada ölçülər, miqyas ölçmə çevriciləri, elektromexaniki cihazlar, körpülər və kondensatorlar, elektron analoq ölçü cihazları, rəqəmsal ölçmə qurğuları, proqramlaşdırılan ölçmə çevriciləri və informasiya ölçmə vasitələri haqqında geniş məlumatlar verilir və bu ölçmə vasitələrinin iş prinsipi şərh edilir.

Üçüncü bölmədə elektron kəmiyyətlərinin ölçülməsi, maqnit kəmiyyətlərinin ölçülməsi metodları və vasitələri, qeyri-elektrik kəmiyyətlərin ölçülməsi metodları geniş şərh edilir.

Dördüncü bölmə standartlaşdırma və sertifikatlaşdırmanın əsaslarına həsr edilmişdir. Burada standartlaşdırmanın məqsədi və prinsipləri, standartlaşdırma

və keyfiyyət üzrə beynəlxalq təşkilatlar, uyğunluğun təsdiqlənməsinin prinsipləri, forma və obyektləri, sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi, beynəlxalq sertifikatlaşdırma, keyfiyyət menecmenti sisteminin sertifikatlaşdırılması geniş şərh edilmişdir.

BÖLMƏ 1
METROLOGİYANIN ƏSASLARI
Fəsil 1
METROLOGİYA. ƏSAS ANLAYIŞLAR VƏ
TƏRİFLƏR

1.1.Müasir Metrologiya

Metrologiya-ölçmələr,onların vəhdətinin təmin olunma metodları və vasitələri, tələb olunan dəqiqliyə nail olma üsulları haqqında elmdir. Daha geniş planda metrologiya fiziki obyektlərin kəmiyyət xarakteristikalarının müəyyənləşdirilməsi (təyin edilməsi) haqqında elm kimi də təyin oluna bilər.Metrologiyanın predmeti ölçmə metodları və vasitələri, həmçinin lazımi dəqiqliyə nail olma metodları və vasitələridir.

Ölçmələr həmişə fiziki eksperiment kimi özünü büruzə verir. Ölçmələr texniki vasitələrlə yerinə yetirilir. Bu vasitələrin xassələrinə müəyyən edilmiş şəraitdə lazımi dəqiqliyə zəmanət verən tələblər qoyulur.

Bütövlükdə metrologiya – həm ölçmələrin riyazi, fiziki və texniki aspektlərini, həm də qoyulmuş dəqiqliyin təmin olunma problemini əhatə edən kompleks elmi fəndir. Əhatə dairəsinə uyğun olaraq metrologiya nəzəri metrologiyadan, qanunverici metrologiyadan və praktiki (tətbiqi) metrologiyadan ibarətdir.

Nəzəri metrologiya – metrologiyanın fundamental əsaslarını işləyib hazırlayan metrologiya bölməsidir. Nəzəri metrologiya ölçmələrdə istifadə olunan fiziki proseslərin və hadisələrin analizinin nəticələrini, obyektlərin, şəraitin, prosedur və ölçmə vasitələrinin formalaşdırılmış aparatını, metroloji təhlilin və metroloji sintezin alqoritmik təminatını, ölçü vahidlərinin seçilmə və təyin edilmə prinsiplərini, onların təzələnməsi və etalonlardan işçi ölçmə vasitələrinə ötürülməsi məsələlərini özündə birləşdirir.

Qanunverici metrologiya – metrologiyanın o bölməsidir ki, onun predmeti cəmiyyətin maraqlarına uyğun ölçmələrin vəhdətinin və dəqiqliyinin təmin olunmasına yönəldilmiş fiziki kəmiyyət vahidlərinin, etalonların, ölçmə metod və vasitələrinin tətbiqi üzrə məcburi texniki və hüquqi tələblərin təyin olunmasından ibarətdir. Qanunverici metrologiya ölçmə vasitələrinin yaradılması və istifadəsinin normativ bazasının formalaşdırılmasını təmin edir.

Rusiyada qanunverici metrologiyanın müddəaları Rusiya Federasiyası konstitusiyası (səh.71) və 27.04.93-cü il tarixli №4871-1 “Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi haqqında” Federal qanunla tənzimlənir.

Praktiki (tətbiqi) metrologiya – metrologiyanın o bölməsidir ki, onun predmeti nəzəri metrologiyanın işlənmələri, praktiki (tətbiqi) və qanunverici metrologiyanın müddəaları və məsələlərindən ibarətdir. Tətbiqi metrologiya işlənilib hazırlanmış metodların ölçmə vasitələrinin köməyi ilə praktiki realizə edilməsini və ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması sisteminin yaradılmasını təmin edir.

1.2.ƏSAS MÜDDƏALAR VƏ ANLAYIŞLAR

Fiziki kəmiyyət – keyfiyyətcə əksər fiziki obyektlər üçün ümumi, lakin kəmiyyətcə hər bir obyekt (fiziki sistem, hadisələr və ya proseslər) üçün ayrıca qiymətə malik olan xassədir.

Fiziki kəmiyyətin ölçü vahidi – vahidə bərabər şərti ədədi qiymət verilmiş fiziki kəmiyyətdir. Bu kəmiyyət onunla eynicinsli olan fiziki kəmiyyətin kəmiyyətcə ifadəsi üçün tətbiq olunur.

Fiziki kəmiyyətlərin vahidlər sistemi – fiziki kəmiyyətlərin verilmiş sistemi üçün prinsiplərə uyğun yaradılan əsas və törəmə fiziki kəmiyyət vahidlərinin məcmuudur.

Fiziki kəmiyyətin ölçüsü – konkret maddi obyektə, sistemə, hadisəyə və ya prosesə aid edilən fiziki kəmiyyətin miqdarı xarakteristikasıdır.

Fiziki kəmiyyətin qiyməti – fiziki kəmiyyətin ölçüsünün onun üçün qəbul olunmuş bir neçə vahidlərlə ifadəsidir.

Fiziki kəmiyyətin əsl qiyməti - müvafiq fiziki kəmiyyəti keyfiyyətcə və kəmiyyətcə ideal şəkildə xarakterizə edən fiziki kəmiyyətin qiymətidir.

Fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti – eksperiment yolu ilə tapılan qiymətdir. Bu qiymət əsl qiymətə o qədər yaxındır ki, onu verilmiş məqsəd üçün əsl qiymət kimi istifadə etmək olar. Məsələn, hər hansı voltmetrin yoxlanması (sınağı) zamanı onun göstərişini daha dəqiq (nümunəvi) voltmetrin göstərişisi ilə müqayisə edirlər. Bu halda nümunəvi voltmetrin göstərişini gərginliyin həqiqi qiyməti kimi qəbul edirlər.

Fiziki kəmiyyətin ölçülməsi – fiziki kəmiyyət vahidini özündə saxlayan texniki vasitənin tətbiqi ilə aparılan elə əməliyyatların məcmuudur ki, onlar ölçülən kəmiyyətin onun vahidi ilə nisbətini tapılmasını (görünən və ya görünməyən şəkildə) və bu kəmiyyətin qiymətinin alınmasını təmin edir (fiziki kəmiyyətin qiymətinin təcrübə yolu ilə xüsusi texniki vasitələrin köməyi ilə təyin edilməsi).

Fiziki kəmiyyətin ölçülməsinin nəticəsi - kəmiyyətin ölçülməsi yolu ilə onun alınan qiymətidir.

Ölçmələrin dəqiqliyi – ölçmə nəticəsinin xətasının sıfıra yaxınlığını əks etdirən ölçmə xarakteristikalarından biridir.

Dəqiqliyin ölçüsü (ölçmə nəticəsinin xətası) – ölçmənin nəticəsinin ölçülən kəmiyyətin əsl (həqiqi) qiymətindən meylliyidir. Kəmiyyətin əsl qiyməti məlum deyil, onu ancaq nəzəri tətqiqatlarda tətbiq edirlər. Praktikada həqiqi qiymətdən istifadə edirlər.

Ölçmə vasitələri (ÖV) – normalaşdırılmış metroloji xarakteristikalara malik olan və ölçmələrdə istifadə edilən texniki vasitələrə deyilir. Bu texniki vasitə müəyyən vaxt intervalı ərzində fiziki kəmiyyət vahidini təzələmək və (və ya) saxlamaq üçün də istifadə olunur (müəyyən edilmiş xəta hüdudunda).

Fiziki kəmiyyətin ölçüsü – bir və ya bir neçə verilmiş ölçülərin fiziki kəmiyyətinin təzələnməsi və (və ya) saxlanması üçün ölçmə vasitəsidir. Bu ölçülərin qiymətləri qəbul edilmiş vahidlərlə ifadə olunur və lazımi dəqiqliklə məlumdur.

Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikası – ölçmələrin nəticələrinə və onların dəqiqliyinə təsir edən ölçmə vasitələrinin xassələrindən birinin xarakteristikasına deyilir.

Ölçmələrin metroloji təminatı – etalon ölçmə vasitələrinin yaradılmasına, həmçinin ölçmələrin tələb olunan keyfiyyətini təmin edən metroloji qayda və normaların işlənilib hazırlanmasına və tətbiqinə yönəldilmiş fəaliyyətdir.

Ölçmə vasitəsinin metroloji attestasiyası – ölçmə vasitəsinin dəqiq tədqiqi əsasında bir nüsxədə istehsal olunmuş (və ya tək – tək nüsxələrlə xaricdən gətirilmiş) ölçmə vasitəsinin tətbiqinin qanuni olmasının metroloji xidmət tərəfindən tanınmasıdır.

Ölçmə vasitələrinin yoxlanması – ölçmə vasitələrinin eksperiment əsasında təyin olunmuş metroloji xarakteristikalarının tətbiq üçün yararlılığının dövlət metroloji orqan (və ya diqər rəsmi tanınmış orqan, təşkilat) tərəfindən təyin edilməsi və onların qoyulmuş məcburi tələblərə uyğunluğunun təsdiqlənməsidir.

1.3.FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏRİN VAHİDLƏRİ

Həm fizik, həm də riyaziyyatçı olan L. Eyler hesab edirdi ki, hər hansı kəmiyyəti təyin etmək və ya ölçmək üçün bu cinsdən olan digər kəmiyyəti məlum kəmiyyət kimi qəbul etmək lazımdır. Bu zaman qəbul edilmiş kəmiyyətlə ölçülən kəmiyyət arasında olan uyğunluq göstərilməlidir. Beləliklə, bu xassəni xarakterizə edən fiziki kəmiyyət üçün fiziki obyektin xassələrinin ölçülməsi zamanı həmin cinsdən olan məlum kəmiyyət kimi vahidə bərabər kəmiyyəti seçmək zəruridir.

Təbii və texniki elmlərin inkişafı, nəticələrin mübadiləsi zərurəti fiziki kəmiyyət (FK) vahidləri sisteminin yaradılmasına gətirib çıxartdı.

Fiziki vahidlər sistemi təbiətdə baş verən fiziki proseslər, məlum fiziki qanunlar haqqında biliklərin bazasında yaradılır. Beləki, bir necə fiziki kəmiyyətlərin ölçü vahidlərini seçərək və onları digər kəmiyyətlərlə əlaqələndirən fiziki qanunları bilərək, FK vahidlərini almaq olar.

İlk dəfə fiziki kəmiyyət vahidləri sistemi məvhumunu K. Qauss icad etmişdir. Onun metoduna görə əvvəlcə bir – birindən asılı olmayan bir necə sərbəst kəmiyyətlər təyin olunur (seçilir). Bu cür kəmiyyət vahidləri əsas vahidlər adlanır. Əsas vahidlər elə seçilir ki, fiziki qanunlardan istifadə edərək digərlərini - *törəmə* vahidlərini almaq mümkündür olsun. Əsas və törəmə vahidlərinin tam məcmuu FK vahidləri sistemini əmələ qətirir.

Əsas vahidlər. Əsas vahidlərin seçilməsi vacibdir. Bir tərəfdən, seçim sərbəst ola bilər, digər tərəfdən isə bu cür vahidlərin sayının minimal olması məqsədəuygundur.

Sistemlərin əksəriyyətində qəbul olunmuş vahidlərin qarşılıqlı əlaqələri misalına baxaq.

Nyütonun ikinci qanunu inersiya kütləsini təyin edir:

$$F = ma,$$

burada F – qarşılıqlı təsirli qüvvə ; m – cismin kütləsi; a – hərəkətin təcili.

Ümumdünya dartma qanunu qravitasiya kütləsini iki cismin qarşılıqlı təsir qüvvəsinin ifadəsi vasitəsilə təyin edir:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2},$$

burada γ - qravitasiya sabiti, $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ H} \cdot \text{m}^2 / \text{kq}^2$;

r – cismlər arasındakı məsafə.

Tutaq ki, bir cism digərinin ətrafında çevrə boyu hərəkət edir. Burada inersiya qüvvəsi qravitasiya qüvvəsinə

bərabərdir. Nəzərə alsaq ki, $\alpha = \omega^2 r = \left(4\pi^2 / T^2 \right) r$, burada

ω - bucaq təcili; T - fırlanma dövrü, alırıq $m_1 \frac{4\pi^2}{T^2} r = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$, buradan $T^2 = \frac{4\pi^2}{\gamma} \frac{r^3}{m_2}$. Mavi

cismlərin hərəkəti üçün Keplerin üçüncü qanununun ifadəsini aldıq.

Beləliklə, zaman T , məsafə r və kütlə m arasında əlaqəni göstərən $m = K \frac{r^2}{T^2}$ şəklində ifadə alındı.

Kifayətdir ki, bu düstürdə $K=I$ qiymətini yerinə qoyaq, onda kütlə vahidi uzunluq və zaman vasitəsilə təyin ediləcək. Lakin bu əmsalın qiyməti

$K = 4\pi^2 / \gamma = 5,918 \cdot 10^{11} \text{ kq} \cdot \text{S}^2 / \text{m}^3$. Bu, onun nəticəsidir ki,

kütlə, uzunluq, zaman vahidləri sərbəst seçilmiş və fiziki qanunlara uyğunlaşdırmaq üçün Kepler qanununda əmsal göstərilmiş qiymətə malik olmalıdır.

Əsas vahidlərin sayının minimumlaşdırılması zərurətinin və fiziki hadisələrin yeni sinfinə baxılması

zamanı onların tətbiqinin məqsədəuyğunluğunun izahi məqsədlə aşağıdakı misala baxaq.

Kulon qanunu mexaniki kəmiyyətləri (qarşılıqlı təsir qüvvəsi və elektrik yükləri arasındakı məsafə) və elektrik kəmiyyətini (elektrik yükü) əlaqələndirir:

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Kulon qanununda mütənasiblik əmsalı vahidə bərabərdir. Burada sadələşmək üçün kəmiyyətin xassəsi – vahid vektor buraxılıb.

Əgər bu ifadə əsas kimi qəbul olunarsa, onda elektrik cərəyan qüvvəsi lazım deyil, beləki, onu aşağıdakı ifadədən təyin etmək olar:

$$F = q \cdot t,$$

burada q – Kulon qanunu üzrə təyin edilən elektrik yükü;
 t - zamandır.

Elektrik kəmiyyətlərin qalan bütün vahidləri elektostatikanın və elektrodinamikanın qanunlarından çıxarılır. Lakin fiziki kəmiyyətlərin sistemlərinə əsas elektrik kəmiyyəti – amper sərbəst daxil edilir. Bu halda yük $q = It$ münasibəti ilə təyin edilir, yəni eyni fiziki kəmiyyət (yük) mexaniki kəmiyyət vasitəsilə və asılı olmayan kəmiyyət vasitəsilə (amper) təyin edilmişdir. Bu cür qeyri – birmənalılıq məcbur edir ki, Kulon qanununa vakuunun dielektrik keçiriciliyi adlanan əlavə əmsal daxil edilsin:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Aydındır ki, yeni asılı olmayan fiziki kəmiyyət yeni fiziki biliklər sahəsinə rahatlıq üçün daxil edilib. Bu zaman fiziki kəmiyyətlərin köməyi ilə bütün fiziki proseslərin vahid formada şərhinin zəruriliyinə görə fiziki konstantlardan - əmsallardan istifadə olunması tələb olunur.

Törəmə vahidləri. Törəmə vahidləri məlum fiziki qanunların köməyi ilə əsas vahidlər vasitəsilə ifadə oluna

bilər. Törəmə vahidin ölçusu riyazi ifadə vasitəsilə təyin olunur. Bu ifadə törəmə vahidini əsas vahidlə əlaqələndirir və göstərir ki, əsas vahidlər dəyişdikdə törəmə vahidi neçə dəfə dəyişir.

Əgər əsas vahidin n dəfə dəyişməsi ilə törəmə vahidi n^0 dəfə dəyişirsə, onda deyirlər ki, bu törəmə vahidi əsas vahidə görə p ölçüsünə malikdir (məsələn, əsas uzunluq vahidi m - ə uyğun olaraq sahənin ölçü vahidi m^2 , həcmnin ölçü vahidi m^3 - dur).

Törəmə vahidin ölçü düsturu əsas vahidlərin ölçülərindən tərtib olunan birhədli ifadədir, burada bu ölçülər (dərəcələr) müsbət, mənfi, tam və kəsr qiymətində ola bilər.

Ölçü vahidləri aşağıdakı xassələrə malikdir:

- əgər A kəmiyyətinin ədədi qiyməti B və C kəmiyyətlərinin hasilinə bərabədirsə, onda A - nın ölçü vahidi B və C kəmiyyətlərinin ölçü vahidlərinin hasilinə bərabərdir:

$$[A] = [B] \cdot [C];$$

- əgər A kəmiyyətinin ədədi qiyməti B və C kəmiyyətlərinin nisbətinə bərabədirsə, onda A - nın ölçü vahidi B və C kəmiyyətlərinin ölçü vahidlərinin nisbətinə bərabərdir:

$$[A] = [B]/[C];$$

- əgər A kəmiyyətinin ədədi qiyməti B kəmiyyətinin n dərəcəli qiymətinə bərabədirsə, onda A - nın ölçü vahidi n dərəcəli B ölçü vahidinə bərabərdir: $[A] = [B]^n$.

Bu xassələr ölçü vahidlərini formalaşdıran zaman istifadə olunur.

Hissə - hissə artan və azalan vahidlər. Bir çox praktiki işlər üçün metrik vahidlərin ölçüləri əlverişli deyil: onlar ya böyükdür, ya da kiçikdir. Ona görə də hissə - hissə artan və azalan vahidlərdən istifadə olunur. Onluq hesablama sistemində artan və azalan vahidlər ilkin artan və

ya azalan vahidləri müəyyən dərəcəli 10 – a vurmaqla və ya bölməklə alınır. Artan və azalan vahidlərin adlarının qabağında ön sözlər yazılır. Onluq sistemi üçün artan və azalan vahidlərin təyini cədvəl 1.1 – də verilmişdir.

Cədvəl 1.1.

| Vurğu | Öndə yazılan sözlər | | | |
|--|---------------------|--------------|------------------|--------------------|
| | Adı | İşarələnməsi | | |
| | | Rus dilində | Beynəlxalq dildə | Azərbaycan dilində |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 000 000 000 000 000 000 000 000 =10 ¹⁸ | eksa | Э | E | E |
| 1 000 000 000 000 000 000 =10 ¹⁵ | peta | Π | P | P |
| 1 000 000 000 000 000 =10 ¹² | tera | T | T | T |
| 1 000 000 000 =10 ⁹ | qiqa | Γ | G | G |
| 1 000 000 =10 ⁶ | meqa | M | M | M |
| 1 000 =10 ³ | kilo | κ | κ | k |
| 1 00 =10 ² | hekto | г | h | h |
| 10 =10 ¹ | deka | da | da | da |
| 0.1 =10 ⁻¹ | detsi | ∂ | d | d |
| 0.01 =10 ⁻² | santi | c | c | c |
| 0.001 =10 ⁻³ | milli | m | m | m |
| 0.000 001 =10 ⁻⁶ | mikro | мк | μ | mk |
| 0.000 000 001 =10 ⁻⁹ | nano | н | n | n |
| 0.000 000 000 001 =10 ⁻¹² | piko | п | p | p |
| 0.000 000 000 000 001 =10 ⁻¹⁵ | temto | ф | f | f |
| 0.000 000 000 000 000 001 =10 ⁻¹⁸ | atto | a | a | a |

Nisbi kəmiyyətlər və vahidlər. - Fiziki kəmiyyətin ölçülməsi üçün tez-tez bu kəmiyyətin eyni adlı fiziki kəmiyyətə nisbətindən istifadə edirlər. Bu nisbət ölçüsüzdür. Onlara karbon-2-nin kütləsinin 1/12 nisbəti ilə

ifadə edilən kimyəvi elementlərin atom və ya molekulyar kütlələri aiddir. Kəmiyyətlərin nisbətləri ifadə olunur:

- nisbət vahidə bərabər olduqda, ölçüsüz kəmiyyətlə;
- nisbət 10^{-2} -yə qədər diapazonda olduqda, faizlərlə;
- nisbət 10^{-3} -ə qədər diapazonda olduqda pramillə;
- nisbət 10^{-3} və daha kiçik diapazonda olduqda, milyon hissələrlə və s.

Loqarifmik kəmiyyətlər və vahidlər. Loqarifmik kəmiyyətlər şəklində tezlik intervalı, zəifləmə, güclənmə səs təzyiqi səviyyələri və s. ifadə olunur. Loqarifmik kəmiyyət vahidi bel, B eyniadlı fiziki kəmiyyətlərin nisbətinin loqarifması ilə ifadə olunur:

- $\dot{B} = \lg(P_1/P_2)$ $P_2 = 10P_1$ olduqda, burada P_1, P_2 - gücün, enerjinin və s. eyni adlı energetik kəmiyyətləri;
- $\dot{B} = 21\lg(F_1/F_2)$ $F_2 = 10^{1/2} F_1$ olduqda, burada F_1, F_2 - gərginliyin, cərəyan şiddətinin, təzyiqin və s. eyniadlı kəmiyyətləridir.

Loqarifmik kəmiyyətin əmələ gəlməsi üçün ancaq onluq loqarifm yox, həm də natural və ya əsası 2 olan, əgər bu, praktiki məsələnin həlli üçün rahatdırsa, istifadə oluna bilər. Ölçmələrdə tez – tez hissə vahidi beladetsibel, dB (0,1B – yə bərabər) istifadə olunur.

Fiziki kəmiyyət vahidləri sistemi. Sİ Əvvəllər müxtəlif ölkələr özlərinin vahidlər sistemlərini yaratmışlar. Onlar əsasən üç fiziki kəmiyyət vahidləri bazasında yaradılmışdır: uzunluq, kütlə, zaman. Bu sistemlər şərti olaraq mexaniki adlandırılmışdır, məsələn MKS sistemi: metr, kiloqram, saniyə; SQS sistemi: santimetr, qram, saniyə. Bu sistemlər mexanikada tətbiq olunmaq üçün rahatdır (asandır). Lakin elektrik və maqnit kəmiyyətləri üçün ciddi çətinliklər meydana çıxdı. Bir neçə müddət ərzində texniki vahidlər sistemi adlanan MKQSS tətbiq

olundu (uzunluq, qüvvə, zaman): metr, kiloqram – qüvvə, saniyə. Bu cür sistem bir çox texniki kəmiyyətlərin hesablanması üçün asandır, lakin bu sistemin böyük nöqsanları vardır: kütlə vahidi burada 9,81 kq alınırki, bu da ölçünün onluq metrik prinsipini pozur; praktiki elektrik vahidləri ilə çətin uzlaşır.

Elmin müxtəlif sahələrinin tələbatına uyğun olaraq texniki vahidlər sistemləri dörd vahidə qədər genişləndi: İstilik vahidlər sistemi MKSD: metr, kiloqram, saniyə, temperatur şkala dərəcəsi; elektrik və maqnit ölçmələri üçün vahidlər sistemi MKSA: metr, kiloqram, saniyə, amper; işıq vahidləri sistemi MKSK: metr, kiloqram, saniyə, kandela bu cür əmələ gəldi.

Bir sıra bu cür sistemlərin olması alınmış nəticələrin mübadiləsi, bir vahidlər sistemindən digərinə keçilməsi böyük çətinliklər törətdi. Bu, elmin bütün sahələrini əhatə edən və beynəlxalq miqyasda qəbul edilən vahid universal vahidlər sisteminin yaradılması zərurətinə gətirib çıxardı.

1948 – ci ildə Ölçü və çəki üzrə IX Baş Kontransda vahid praktiki vahidlər sisteminin qəbul olunması haqqında təklifə baxıldı. Ölçü və çəki Beynəlxalq komitəsi tərəfindən bütün ölkələrin elmi dairələrinin fikirlərinin rəsmi sorğusu aparılmış və bunun əsasında vahid praktiki vahidlər sisteminin yaradılması üzrə təkliflər tərtib olunmuşdur.

1960 – cu ildə Ölçü və çəki üzrə XI Baş Konfrans beynəlxalq sistemi qəbul edir və ona “Beynəlxalq vahidlər sistemi” (Sistem International - SI) adını verir. Bu sistemdə əsas vahidlər kimi metr, kiloqram, saniyə, amper, kelvin, kandela qəbul edilir. Bir qədər sonra əsas vahidlər sisteminə maddə miqdarının vahidi – mol daxil edildi. Bu sistem qısa bir müddətdə beynəlxalq səviyyədə tanındı.

1.4. ETALONLAR VƏ NÜMUNƏVİ ÖLÇMƏ VASİTƏLƏRİ

Texnikanın və beynəlxalq əlaqələrin inkişafı ilə vahidlərin müxtəlifliyinə görə ölçmələrin nəticələrinin istifadəsi və müqayisəsində çətinliklər çoxaldı, onlar elmi – texniki prosesləri dayandırmağa başladılar. Beləki, XVIII əsrin ikinci yarısında Avropada uzunluğun ölçü vahidi kimi yüzə qədər müxtəlif futlar, əlliyyə qədər müxtəlif mil, 120 – dən çox müxtəlif funtlar mövcud idi. Bundan başqa, vəziyyət bəzən elə gətirirdi ki, hissə - hissə və tam vahidlər arasındakı nisbətlər müxtəlif olurdu (məsələn, 1 fut = 12 dyüm = 304,8mm).

1790 – cı ildə Fransada yeni ölçülər sisteminin yaradılması haqqında qərar qəbul edildi. Bu ölçülər “təbiətdən götürülən, dəyişməyən prototipə əsaslanır”. Təklif olundu ki, uzunluq vahidi kimi Yerin Parisdən keçən meridianının dördü birinin on millionda bir hissəsinin uzunluğu qəbul edilsin. Bu vahidi metr adlandırdılar. Kütlə vahidi kimi təmiz suyun ən yüksək sıxlıq dərəcəsində olan temperaturda (4^0 C) $0,001\text{m}^3$ kütləsi qəbul edildi. Bu vahid kiloqram adlandırıldı. Metrik sistemi qəbul edən zaman ancaq təbiətdən götürülən əsas uzunluq vahidi yox, həmçinin tam və hissə vahidlərinin yaradılmasının onluq sistemi qəbul edildi ki, bu da onun ən vacib üstünlüklərindən biridir.

Lakin son ölçmələrin göstərdiyi kimi, Paris meridianının dördü birində 10 000 000 yox, 10 000 856 əvvəlcədən təyin olunmuş metr vardır. Lakin bu rəqəmi də con rəqəm saymaq olmaz, beləki elm inkişaf etdikcə daha dəqiq ölçmələr başqa qiymətlər verir.

1872 – ci ildə prototiplər üzrə Beynəlxalq Komissiya tərəfindən təbii etalonlara əsaslanan uzunluq və kütlə vahidlərindən şərti maddi etalonlara (prototiplərə) əsaslanan vahidlərə keçilməsi haqqında qərar qəbul olundu.

1875 – ci ildə diplomatik konfrans çağrıldı və burada 17 ölkə Metrik konvensiyayı imzaladı. Bu konvensiyaya uyğun olaraq:

- metrin və kiloqramın beynəlxalq prototipləri müəyyənləşdirildi;
- Beynəlxalq ölçü və çəki bürosu – elmi idarə yaradıldı, onun saxlanması vəsaiti konvensiyayı imzalamış dövlətlər öz üzərinə götürdülər;
- müxtəlif ölkələrin alimlərindən təşkil olunmuş ölçü və çəki üzrə Beynəlxalq Komitə yaradıldı;
- ölçü və çəki üzrə Bas konfransın hər altı ildən bir çağırılması haqqında qərar qəbul edildi.

Platin və iridium ərintisindən metrin və kiloqramın nümunələri hazırlandı.

Metrin prototipi ümumi uzunluğu 102 sm olan platin-iridium ştrixli ölçü qəbul edildi ki, onun da hər ucundan 1 sm məsafədə ştrixlər çəkildi. Bu ştrixlər uzunluq vahidi - metri təyin etdi.

1889-cu ildə Parisdə ölçü və çəki üzrə Birinci Baş konfrans keçirildi, burada metr və kiloqramın beynəlxalq prototipləri təsdiq edildi. Bu prototiplər saxlanmaq üçün Beynəlxalq ölçü və çəki bürosuna verildi.

Uzunluq vahidi: 1983-cü ildə ölçü və çəki üzrə XVIII Baş konfransda metrin təyini qəbul edildi. Bu təyine görə uzunluq vahidi-*metr*-saniyənin $1/299792458$ hissəsi ərzində işığın keçdiyi məsafədir. Bu cür təyinatın verilməsinə etalon texnikada lazerlərin tətbiqi kömək etdi. Bu zaman uzunluq vahidinin ölçüsü dəyişmədi. Əsas yeniliklər krepton lampasından etalon qurğularında olan işıq mənbəində lazer şüalanmasına keçid; əsas postulat kimi işıq sürətinin $v = 2,997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ sabitliyindən istifadə olunması; bir etalonda üç kəmiyyətin ölçülərinin təzələnməsinin birləşməsi: uzunluq, zaman, tezlik; işıq

mənbələri etalonunda beş müxtəlif uzunluqlu dalğalardan istifadə olunması idi.

Uzunluq vahidini təzələmək üçün Maykelsonun interferometrindən istifadə olunur. İnterferometrə daxil olan işıq dəstəsi müxtəlif yollara istiqamətlənmiş iki hissəyə bölünür. Çıxışda işıq dəstləri yenidən birləşir.

Gediş yollarının optik uzunluq fərqindən asılı olaraq gediş fərqi təyin etmək olar:

$$\Delta = (n - 1)l = l,$$

burada n – mühitin sınıma göstəricisi;

l – yolun həndəsi uzunluğudur.

İnterferensiya halının maksimum şərti:

$$\Delta = l_1 - l_2 = \kappa\lambda,$$

burada λ - lazer dalğasının uzunluğudur.

Maksimum şərt: $\Delta = l_1 - l_2 = (2\kappa - 1)\lambda/2$.

Kütlə vahidi. Əsas mexaniki vahid kimi Ölçü və çəki üzrə XI Baş konfrans tərəfindən kütlə vahidi – *kiloqram* – kiloqramın prototipinin kütləsinə bərabər maddənin kütləsi təsdiq edilmişdir.

Kiloqramın prototipi Parisin ətrafındakı Sevredə yerləşən Ölçü və çəki üzrə Beynəlxalq büroda saxlanılır. O, 90% platin və 10% iridium ərintisindən hazırlanmış silindrik formaya malikdir, onun hündürlüyü və oturacağının diametri 39 mm - ə bərabərdir.

Kütlənin ölçümlərinin vəhdətini təmin etmək üçün böyük miqdarda kütlə prototipi istehsal edilmişdir. Prototipin istehsal dəqiqliyi nisbi xətanın 10^{-8} səviyyəsində təmin olunmuşdur. Prototiplər Ölçü və çəki üzrə Beynəlxalq büroda Attestasiyadan keçmişdir. 1889 – cu ildə Rusiyaya 12 №- li prototip göndərildi. O, Sank – Peterburqda D.İ. Mendeleyev adına Ümumrusiya elmi – tədqiqat metrologiya institutunda saxlanılır.

Təyinatına görə kütlə prototipi əvvəlcə suyun bir kub destimetrinin kütləsi ilə onun $3,98^{\circ}\text{C}$ temperaturunda və 101325 Pa təzyiqində ən yüksək qatılığı zamanı uzlaşmalı idi. Lakin təyin olundu ki, suyun maksimum qatılığı $0,999972 - q/sm^3$ -a bərabərdir, yəni kütlə prototipi 28 mkq çox oldu.

Zaman vahidi. Zamanın ölçülməsini təbii ki, insan Yer kürəsinin öz oxu ətrafında və Günəş ətrafında hərəkəti ilə əlaqələndirir. Beləki, sutkanın uzunluğu saatlara, dəqiqələrə, saniyələrə bölünür: $t = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86400s$ Lakin sutkanın uzunluğu ilin müxtəlif vaxtlarında müxtəlifdir, çünki Yer Günəş ətrafındakı orbiti boyunca ellipsvari hərəkət edir.

Ölçü və çəki üzrə Beynəlxalq büro tərəfindən 1956 – ci ildə efemerid saniyə adlanan saniyənin yeni təyini qəbul edildi: $1s = (1/31556925,9747)$ 1900 – cü tropik ilin hissəsi kimi.

Tropik il 365,24220 orta qünəşli sutkalardan ibarətdir. Tropik ilin uzunluğu sutkaların sayının təxminən dördüdə biri qədər çox olur. Odur ki, hər dördüncü il uzun il olur. Bu cür təyinetmə o vaxta qədər saxlanıldı ki, hələ zaman vahidinin 10^{-10} nisbi xəta ilə təyin olunması problemi ortaya çıxmamışdır.

1967 – ci ildə Ölçü və çəki üzrə Beynəlxalq komitə zaman vahidinin təyini qəbul etdi. Zaman vahidi - saniyənin ölçüsünü bu vaxt 9,192631770 ədədi vasitəsilə təyin etmək qəbul olundu. Zaman vahidinin etalonu sezium atomu dəstində rezonansı müşahidə etmə qurğusunda, yəni Sİ sisteminin tezlik vahidinin (hers) təzələnməsi üçün tətbiq olunan qurğuda realizə olundu. Atom dəstinin rezonansı 9192631770 hs tezlikdə qeydə alındı, etalon zaman vahidi – saniyəni təzələyir.

Cərəyan siddəti vahidi. Sərbəst elektrik vahidinin ölçmə sisteminə daxil edilməsi ilk dəfə 1893 – cü ildə Çikaqoda elektriclərin Beynəlxalq konqresində təklif

olundu. Burada təklif olundu ki, elektrik kəmiyyətlərinin iki mütləq vahidləri buraya daxil edilsin: biri volt və biri amper. Bunlardan birincisi gərginliyin ölçülməsi və ikincisi sabit elektrik cərəyanının şiddətinin ölçülməsi üçün istifadə olunur. Təcrübədə sabit elektrik cərəyanının şiddətini onun ətraf mühitə göstərdiyi təsirə görə təyin edirdilər.

Amper – sabit cərəyanın şiddətidir. İki bir – birinə paralel düzxətli sonsuz uzunluğa və çox kiçik dairəvi en kəsiyi sahəsinə malik bir – birindən 1m məsafədə vakuumda ötürücülərdən keçən cərəyan bu ötürücülər arasında uzunluğu 1m olan sahədə $2 \cdot 10^{-7}$ N güvvə yarada bilərdi.

1948 – ci ildə amper etalonunun əsasını cərəyan tərəziləri təşkil etdi. Onlar qollu bərabərçiyinli tərəzilərdir. Tərəzidə asılmış hərəkət edən makara yüklə tarazlaşır. Hərəkət edən makara hərəkətsiz makaraya daxil olur. Sabit elektrik cərəyanının bu ardıcıl birləşdirilmiş makaralardan keçdiyi zaman hərəkət edən makara aşağı düşür. Müvazinətə nail olmaq üçün əks tərəfdəki çiyinə yük qoymaq lazımdır. Onun kütləsinə görə də elektrik cərəyanının şiddəti haqqında qərara gəlirlər. Bu cür etalonun xətası 10^{-3} % -dən çox olmur.

Metroloji təcrübədə Cozefson effekti əsasında volt etalonunun və Holl effekti əsasında om etalonunun tətbiqi cərəyanın təzələnməsi dəqiqliyini iki dərəcə yüksəltməyə imkan verdi. Müasir amper etalonu iki kompleksdən ibarətdir:

- amperin ölçüsünün volt və om vasitəsilə Cozefson effektindən və Holl effektindən istifadə etməklə təyini üçün kompleks. Bu kompleks gərginliyin ölçüsünü, elektrik müqavimətinin ölçüsünü, yüksəkkeçiricili cərəyan komparatorunu və tənzimlənən cərəyan mənbəyini özündə birləşdirir;

- amperin ölçüsünü farad, volt, saniyə vasitəsilə təyin etmək üçün kompleks. Bu kompleks sabit tutumlu ölçü

yığımlı blokunu, integratoru, tezlikölçənli, rəqəmli voltmetrli və komparatorlu ölçmə blokunu özündə birləşdirir.

Etalon cərəyan şiddətinin IA normal qiymətində ölçmə nəticəsinin orta kvadratik meylliyinin $5 \cdot 10^{-8} A - i$ aşmaması ilə və cərəyan şiddətinin $1 \cdot 10^{-3} A$ normal qiymətində sistematik xətlərin $2 \cdot 10^{-8} A - i$ aşmaması ilə cərəyan şiddəti vahidinin təzələnməsini təmin edir.

Termodinamik temperatur vahidi. Termodinamik temperatur universal fiziki kəmiyyətdir. O, bir çox fiziki cisimlərin və proseslərin vəziyyətini xarakterizə edir.

Termodinamik temperatur vahidi – *kelvin* – suyun üçlük nöqtəsinin termodinamik temperaturunun $1/273,16$ hissəsi kimi təyin edilir.

Etalon səviyyəsində termodinamik temperatur şkalası qurulur, bu zaman təmiz maddələrin ərimə və bərkimə temperaturundan istifadə olunur.

Suyun üçlük nöqtəsi – eyni zamanda buzun, suyun və su buxarının istilik müvazinətində olması nöqtəsidir. Vakuüm şəraitində əriyən buzun üzərində su buxarının təzyiqi $P = 611P_a$ müəyyənləşdirilir. Bu vəziyyətə termodinamik temperaturun $T=273,16K$ qiyməti verilmişdir. Normal atmosfer təzyiqində $P=101325P_a = 1 \text{ atm}$ suyun donma nöqtəsi suyun üçlük nöqtəsindən $0,00993K$ aşağıda yerləşir.

1976-cı ildə Ölçü və çəki üzrə XIII assamblya, mütləq termodinamik şkala ilə yanaşı, temperaturu $t^0C=(T-237,15) K$ kimi təyin edərək, törəmə şkala kimi Selsini təsdiq etdi.

1990-cı ildə Beynəlxalq temperatur şkalasının (BTŞ-90) son tərkibi təsdiq edildi. BTŞ-90 şkalasının reper nöqtəsi təyinedici və ikinci nöqtəsinə bölünür. Təyinedici reper nöqtələrinin siyahısı cədvəl 1.2-də verilmişdir.

Təyinedici reper nöqtələri – müxtəlif ölkələrdə ölçmənin nəticələrinin öz aralarında bir-birinə uyğun gələn temperatur şkalası nöqtələridir.

İkinci reper nöqtələri daha geniş temperatur diapazonunu əhatə edir. İkinci reper nöqtələrinin şkalası 27 qiymətə malikdir. Ən yüksək temperatur – volframın bərkimə temperaturudur – 3666 K.

Təcrübədə temperaturun dəqiq ölçülməsi üçün reper nöqtələri üzrə dərəcələrə bölünmüş platin müqavimət termometrindən və ya termocütlərdən istifadə olunur. Platin müqavimət termometrlərindən və termocütlərdən temperatur vahidinin ölçüsü nisbətən aşağı dəqiqlik sinfinə aid olan nümunəvi və işçi termometrlərə ötürülür.

Cədvəl 1.2

| <i>Reper nöqtəsi</i> | T, K | T, °C | Xəta, K |
|--------------------------------|-----------------|----------------|------------------|
| | 13,803 | -259,346 | 0,005 |
| | 17,042 | -256,108 | 0,005 |
| <i>Üçlük nöqtəsi:</i> | | | |
| Neonun | 24,5561 | -248,5939 | 0,005 |
| Oksigenin | 54,3384 | -218,7916 | 0,005 |
| Arqonun | 83,8058 | -189,3442 | 0,005 |
| civənin | 234,3156 | -38,8344 | 0,005 |
| Suyun | 273,16 | 0,01 | 0,0 (təyin üzrə) |
| <i>Qalliumun ərimə nöqtəsi</i> | <i>302,9146</i> | <i>29,7646</i> | <i>0,0015</i> |
| <i>Bərkimə nöqtəsi:</i> | | | |
| İndiumun | 429,7485 | 156,5985 | 0,0015 |
| Sinkin | 692,677 | 231,928 | 0,003 |
| Aliminiumun | 933,473 | 660,323 | 0,003 |
| Gümüşün | 1234,93 | 961,78 | 0,005 |
| Qızılın | 1337,33 | 1064,18 | 0,015 |
| Misin | 1357,77 | 1084,62 | 0,2 |

İşıq şiddətinin vahidi. 1967-ci ildə Ölçü və çəki üzrə XIII Baş konfrans işıq şiddətinin vahidi – kandelanı təsdiq etdi.

Kandela – platinin bərkimə temperaturuna $T=2045$ K və 101325 Pa təzyiqdə $1/60$ sm² sahəyə malik olan mütləq qara cismin deşiyinə normal istiqamətdə yönəldilmiş işığın şiddətidir.

Əvvəllər işiq şiddəti etalonu elə kompleks idi ki, bu kompleksdə induksiya sobası ilə əridilmiş platin diametri 2mm və uzunluğu 40mm olan keramiki borucuğu qızdırır. Şüalanma borucuqdan fotometrin çıxışına toplanır. Bu isə müxtəlif uzunluğa malik dalğalarda enerjinin ölçülməsinə şərait yaradır. Bu cür struktur məlum xəta mənbəyinə malikdir: ideal qara şüalandırıcının yaradılmasının qeyri – mümkünlüyü (odur ki, şüalanma əmsalı həmişə vahiddən kiçik olur); şüalandırıcı boşluğun temperaturu platinin temperaturundan bir qədər az olur; optik sistemdə işiq enerjisinin bir hissəsi itir. Burada düzəlişin edilməsi işiq şiddəti vahidinin 0,1...0,2% dəqiqliklə təzələnməsinə imkan verir.

Hazırkı dövrdə işiq şiddəti vahidinin 0,1% dəqiqliklə təzələnməsi mənbənin (ən çox volfram lentli közərmə lampası istifadə olunur ki, bu da cərəyan şiddətini yığıb 2045 K temperaturu qara cisim kimi şüalandırır) və fotoqəbuledicinin köməyi ilə mümkündür. Ölçmələr mexaniki güc vahidində (vatt) aparılır, işiq seli isə işığın mexaniki ekvivalenti vasitəsilə təyin olunur. Mexaniki ekvivalent 1 vatta 683 lümens kimi təyin edilir (lümens – işiq selinin ölçmə vahididir).

Bu kəmiyyət əsas kütlə vahidini – kiloqramı təkrarlayır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, bu günə qədər bu vahidin etalonunun realizasiyası yoxdur. Molun qeyri – asılı təzələnməsi cəhdləri ona qətirib çıxardı ki, dəqiq ölçülmüş maddələrin miqdarının cəmlənməsi onun digər fiziki kəmiyyətlərin etalonlarına keçməsinə şərait yaratdı. Məsələn, hər hansı maddənin elektrokimyəvi ayrılması cəhdi elektrik cərəyanının şiddəti və kütləsinin ölçülməsi zərurətinə, kristallarda atomların sayının dəqiq ölçülməsi

kristalın xətti ölçülərinin və onun kütləsinin ölçülməsinə və s. gətirib çıxarır.

1.5.ÖLÇMƏLƏRİN VƏHDƏTİNİN TƏMİN OLUNMASI SİSTEMİ. FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLƏRİNİN ÖTÜRÜLMƏSİ

Ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması. Ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması metrologiyanın əsas məsələlərindən biridir. Ölçmələrin vəhdəti dedikdə ölçmələrin təşkilinin və aparılmasının elə texnologiyası başa düşülür ki, burada ölçmələrin nəticələri məlum vahidlərlə ifadə olunur və onların ölçüləri nümunəvi vasitələrin (etalonların) köməyi ilə təzələyə bilər, onların xətalari verilmiş ehtimalla təyin edilə bilər və müəyyən edilmiş həddən kənara çıxmır. Ölçmələrin vəhdəti elm və texnikanın bütün məsələlərinin həlli zamanı, istənilən dəqiqliklə ölçmələr zamanı təmin olunmalıdır.

Dövlət səviyyəsində ölçmələrin vəhdəti dövlət və idarə xidmətlərinin köməyi ilə təmin olunur ki, onların da fəaliyyəti ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsinin Dövlət sisteminin standartları ilə reqlamentləşdirilir.

“Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi haqqında” 2013-cü ildə Respublikada qəbul edilmiş qanun ölçmələrin vəhdətinin təmin olunmasının hüquqi əsaslarını müəyyən edir. Bu qanun dövlət idarəetmə orqanlarının hüquqi və fiziki şəxslərlə ölçmə vasitələrinin istehsalı, buraxılması, istismarı, təmiri, satışı məsələləri üzrə münasibətləri tənzimləyir və vətəndaşların hüquqlarının və qanuni maraqlarının müdafiəsinə yönəldilmişdir. Bu Qanuna uyğun olaraq *ölçmələrin vəhdəti* ölçmələrin elə vəziyyətidir ki, onların nəticələri qanuniləşdirilmiş vahidlərlə ifadə olunur, onların ölçüləri qoyulmuş hüdüdlərdə ilkin etalonlarla təzələyə ölçü vahidlərinə bərabərdir, ölçmə nəticələrinin

xətalı məlumdur və verilmiş ehtimalla müəyyən hədudlardan kənara çıxmır.

“Ölçmələrin vəhdəti” anlayışı metrologiyanın ən vacib məsələlərini əhatə edir: vahidlərin unifikasiyasını, vahidlərin təzələnməsi və onların ölçülərinin işçi ölçmə vasitələrinə müəyyən dəqiqliklə ötürülməsi sisteminin işlənilib hazırlanmasını, tələb olunan dəqiqliklə ölçmələrin aparılmasını və s. Ölçmələrin vəhdəti iqtisadiyyat sahələri üçün zəruri olan ölçmələrin istənilən dəqiqliklə aparılması zamanı təmin olunmalıdır. Ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması metroloji xidmətin əsas vəzifəsidir.

Metroloji xidmət - ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması üzrə işlərin yerinə yetirilməsi və metroloji nəzarətin həyata keçirilməsi üçün qanunvericiliyə uyğun yaradılan xidmətdir.

Ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsinin Dövlət sistemi – ölkədə ölçmələrin təmin edilməsinə yönəldilmiş və Azərdövlətstandart tərəfindən təsdiq olunmuş qayda, norma və tələbləri təyin edən normativ sənədlər kompleksidir.

Fiziki kəmiyyət vahidi etalonu (etalon) – vahidin təzələnməsi və (və ya) saxlanması və onun ölçüsünün yoxlama sxemi üzrə özündən aşağıda duran ölçmə vasitələrinə ötürülməsi üçün qoyulmuş qaydada etalon kimi təsdiq olunmuş ölçmə vasitəsidir (və ya ölçmə vasitələri kompleksidir). Etalonun konstruksiyası, onun fiziki xassələri və vahidin təzələnməsi üsulu vahidi təzələnən fiziki kəmiyyətlə və verilmiş ölçmə sahəsində ölçü texnikasının inkişaf səviyyəsi ilə təyin olunur.

Etalon aşağıdakı xassələrə malik olmalıdır: dəyişməmək, təzələnmək, üzlaşdırılmaq.

Dəyişməmək - etalonun təzələnən vahidinin uzun vaxt intervalı ərzində dəyişməməsini saxlama xassəsidir.

Təzələnmək – ölçü texnikasının mövcud inkişaf səviyyəsi üçün fiziki kəmiyyət vahidinin ən az xəta ilə təzələnməsinin mümkünlüyüdür.

Üzlaşdırılmaq – ölçü texnikasının mövcud inkişaf səviyyəsi üçün ən yüksək dəqiqlikli yoxlama sxeminə uyğun özündən sonra gələn digər ölçmə vasitələrinin etalonu ilə, birinci növbədə isə ikinci etalonlarla, üzlaşdırılmasının təmin edilməsinin mümkünlüyüdür.

İlkin və ikinci etalonları bir – birindən fərqləndirirlər.

İlkin etalon – ölkədə ən yüksək dəqiqliklə vahidin təzələnməsini təmin edən etalondur. Bu, əksər hallarda elm və texnikanın ən yeni nailiyyətləri əsasında yaradılmış mürəkkəb ölçmə kompleksidir.

Dövlət etalonu – səlahiyyətli dövlət orqanının qərarı ilə ölkə ərazisində əsas kimi tanınmış ilkin etalondur. Onu ölkənin baş metroloji orqanı təsdiq edir. Fiziki kəmiyyət vahidinin təzələnmə dəqiqliyi elm və texnikanın ən yeni nailiyyətləri səviyyəsinə uyğun gəlir. Dövlət etalonları dövrü olaraq ilkin etalonla və digər ölkələrin dövlət etalonları ilə üzlaşdırılmalıdır (tutuşdurulmalıdır).

İkinci etalon – verilmiş vahidin ilkin etalonundan vahidin ölçüsünü bilavasitə alan etalondur. İkinci etalonlar vahidləri saxlayan və onların ölçülərini ötürən vasitələrin hissəsidir. Onlar yoxlama işlərinin təyini üçün, həmçinin dövlət etalonunun saxlanması və ən az yeyilməsinin təmini üçündür. İkinci etalonlar özünün metroloji təyinatına görə aşağıdakılara bölünür:

- müqayisə etalonu – bu və ya digər səbəblərdən bir – biri ilə bilavasitə müqayisə oluna bilməyən (yoxlanıla bilməyən) etalonları müqayisə etmək üçün istifadə olunur;
- şahid etalonu – dövlət etalonunun saxlanmasını yoxlamaq və onun xarab olması və ya itməsi hallarında onu əvəz etmək üçün istifadə olunur.
- işçi etalon – vahidin ölçüsünü işçi ölçmə vasitələrinə ötürmək üçün istifadə olunan etalondur. İşçi etalonlar

nazirliklərin və idarələrin bir çox ərazi metroloji təşkilatlarında, laboratoriyalarında tətbiq olunur.

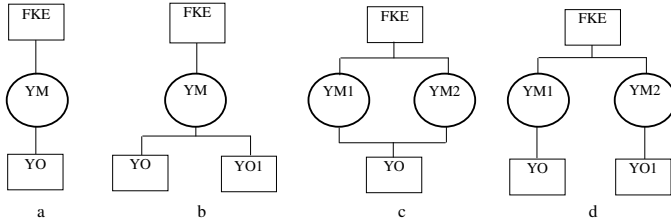
Dövlət etalonlarının xətaləri sistemətik və təsadüfi xətalərlə xarakterizə olunur. İkinci etalon üçün summar (cəm) xəta göstərilir. Bu xəta müqayisə edilən etalonların təsadüfi xətalərini və fiziki kəmiyyət vahidinin ölçülərini ilkin etalondan ötürülməsi xətasını, həmçinin ikinci etalonun özünün sistemətik xətasını özündə cəmləşdirir.

Fiziki vahidlərin ölçülərini ötürülməsi. Fiziki kəmiyyət vahidinin ölçüsünün düzgün ötürülməsinin təmin olunması yoxlama sxeminin köməyi ilə həyata keçirilir.

Yoxlama sxemi-etalondan işçi ölçmə vasitələrinə vahidin ölçüsünün ötürülməsində iştirak edən ölçmə vasitələrinin bir-birindən qarşılıqlı asılılığını təyin edən normativ sənəddir. Yoxlama sxemi ГOCT 8.061-80 “DÖS. Yoxlama sxemi. Məzmunu və qurulması” standartına və MN 83-76 “Yoxlama sxemlərinin parametrlərinin təyini metodikası” tövsiyələrinə uyğun qurulur.

Yoxlama sxemləri dövlət və lokal yoxlama sxemlərinə bölünür.

Dövlət yoxlama sxemi-ölkədə istifadə olunan bütün ölçmə vasitələri parkını əhatə edən yoxlama sxemidir. Bu sxem dövlət standartı şəklində işlənilib hazırlanır. Bu standart yoxlama sxeminin çertyojundan və bu çertyoju izah edən məndən ibarət olur.



Şək.1.1. Yoxlama sxemlərinin qrafiki təsviri misalları (a...q):

FKE-fiziki kəmiyyət etalonu; YM, YM1, YM2-yoxlama metodları (fiziki kəmiyyətin qiymətinin ötürülmələri); YO, YO1 – yoxlama obyektı (ölçmə vasitəsi).

Lokal yoxlama sxemi-regionda, sahədə, təşkilatda və ya ayrıca müəssisədə tətbiq olunan verilmiş fiziki kəmiyyətin ölçmə vasitələrinə aid yoxlama sxemidir. Lokal yoxlama sxemi dövlət yoxlama sxeminə zidd olmamalıdır. Dövlət yoxlama sxemi olmadıqda bu sxem tətbiq edilə bilməz.

Yoxlama sxemi etalondan, yoxlama obyektindən (ölçmə vasitəsindən), yoxlama metodundan ibarətdir. Şəkil 1.1.-də yoxlama sxemlərinin qrafiki təsviri misallarla göstərilir. Yoxlama sxemi fiziki kəmiyyətin və ya bir neçə qarşılıqlı əlaqəli kəmiyyətlər vahidinin ölçüsünün ötürülməsi metodunu müəyyənləşdirir. Yoxlama sxeminin çertyojunda ölçmə vasitəsinin adı və yoxlama metodu, fiziki kəmiyyətin nominal qiymətləri və ya dəyişmə diapazonu, ölçmə vasitəsinin xətasının buraxıla bilən qiymətləri, yoxlama metodlarının xətalarının buraxıla bilən qiymətləri göstərilməlidir

Fəsil 2

FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLMƏLƏRİ HAQQINDA ÜMÜMİ MƏLUMATLAR

2.1. Ölçmə obyektləri, giriş siqnalları modelləri, maneələr

Ölçmə obyektləri haqqında ümumi məlumatlar.

Ölçmə obyektləri-təbiyyət və ya texniki mənbəli real fiziki obyektlərdir (maddi obyektlər, proseslər və ya hadisələr). Onların xassələri (fiziki kəmiyyətlər) ölçmələrə məruz qalır.

Real fiziki obyektlər əksərən qarşılıqlı əlaqəli realizə olunma şərtlərindən asılı olaraq çoxlu xassələrə (xarakteristikalara, parametrlərə) malikdir. Bu xassələr birləşmədə, bir qayda olaraq, bu cür obyektin çox mürəkkəb strukturunu təyin edir. Beləki, tədqiqatçı obyektə bütövlükdə onun müxtəlifliyinə görə olduğu kimi dərk edə bilmir. O, real obyektə mücərrəd (abstrakt) formada başa düşür. Mücərrədləşdirmə real obyektə təqdim edilən zaman onun əsas xassələrinin və əlamətlərinin seçilməsindən, bu əlamət və xassələrin sonrakı nəzəri və eksperimental tədqiqatlar üçün zəruri olan formada təqdim olunmasından ibarətdir. A. Eynşteyn yazırdı ki, təmiz ağılabatan anlayış və sistemlərsiz empirik metod mövcud deyil və xalis təsəvvür sistemi yoxdur.

Real fiziki obyektin bu cür sadə təsəvvür edilməsi bu obyektin modelidir.

Obyektin modeli – obyektin elə riyazi, fiziki və ya digər şərhidir ki, burada ölçmələrin konkret məqsədləri üçün obyektin ən vacib xassələri göstərilir.

Eyni fiziki obyekt ölçmələrin məqsədindən asılı olaraq müxtəlif modellərə malik ola bilər. Burada yadda saxlamaq lazımdır ki, ölçmə heç bir vaxt adi məqsəd olmayıb. Ölçmələrin məqsədi tədqiqat, texnoloji və konstruktor işlərinin aparılması zamanı tələblərin məcmuusu ilə təyin edilir. Beləki, sabit cərəyanda və ya aşağı tezliklərdə rezistorun modeli hər hansı sabit müqavimət ola bilər.

Həmin rezistor yüksək tezliklərdə başqa modelə malik olur. Bu model sabit gərginlikdən başqa reaktiv tərkibləri-tutumu və induktivliyi özündə birləşdirir.

Ölçmə eksperimentini aparan zaman obyektin modelinin seçilməsi ən məsul prosedurdur. Qoyulmuş ölçmə məsələsinin həlli üçün model adekvat və kifayət qədər (tam) olmalıdır. Bu zaman adekvat sıxlığın xətası buraxılabilən qiymətlərdən çox olmamalıdır.

Ümumi halda obyektin modelinin seçilməsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılır. Hər bir konkret halda əvvəlcə ölçülən kəmiyyət seçilir və bu kəmiyyətin adekvat modeli qəbul olunur, sonra zəruri hallarda tədqiqat obyektinin ölçmələrinin nəticələrinə təsir edən digər xassələri təyin edilir və nəhayət bu xassələri əks etdirən fiziki kəmiyyətlərin modelləri qəbul edilir. Cəm halda bu modellər konkret məqsəd üçün ölçmə obyektinin modelini təyin edir. Digər məqsəd üçün (digər fiziki kəmiyyətin ölçülməsi) obyektin modeli başqa cür olacaqdır.

Bundan başqa, eksperimentin real şəraiti üçün xarici faktorların ölçmə obyektinə təsirinin mümkünlüyünü nəzərə almaq lazımdır. Bu təsir obyektin qəbul olunmuş modelinin parametrlərinin, o cümlədən ölçülən parametrlərin dəyişməsində özünü göstərə bilər.

Ölçülən kəmiyyətin qiyməti onun modelini və ölçülən parametrlərini göstərmədikdə heç bir əhəmiyyətə malik deyildir. Məsələn, təsdiqlənsə ki, hər hansı generatorun ölçülən çıxış gərginliyi bu gərginliyin forması göstərilmədən 10V-a bərabərdir, qəti kifayət deyildir, çünki bu gərginlik sabit cərəyan gərginliyi, sinusoidal gərginliyin qiyməti, düzbucaqlı impulsların amplitud qiyməti və s. ola bilər.

Ölçülən kəmiyyəti əksər hallarda giriş siqnalı və ya giriş ölçmə siqnalı adlandırırırlar. Bu cür təyinetmə kifayət qədər dəqiq deyildir, lakin bu, ədəbiyyatda geniş istifadə olunur və çox rahatdır, çünki ölçmə vasitələrinin giriş

siqnallarının modellərinin bir çox məsələləri dəqiq işlənmiş siqnallar nəzəriyyəsində hərtərəfli baxılmışdır.

Giriş siqnallarının modelləri. Giriş siqnallarının modelləri ümumi halda aşağıdakı məlumatları özündə birləşdirməlidir:

- bu və ya digər formada təqdim olunmuş giriş siqnalının növü;
- siqnalın dəyişmə diapazonu;
- siqnalın dinamiki xarakteristikaları.

Giriş siqnallarının modellərinin şərhı zamanı bir neçə yanaşmaya baxaq. Ölçülən kəmiyyətin dəyişmə xarakterindən asılı olaraq kvazideterminləşdirilmiş siqnallar modellərindən və təsadüfi siqnallar modellərindən istifadə etmək olar.

Kvazideterminləşdirilmiş siqnallar modellərində siqnalların növü determinləşdirilmiş funksiyalarla yazılır. Bu funksiyaların bir neçə parametri təsadüfi kəmiyyət (təsadüfi proses) olur. Siqnalın növü ölçülən kəmiyyətin dəyişmə xarakterini, parametri isə bu kəmiyyətin ölçülən qiymətini təyin edir. Ölçmə zamanı ölçülən kəmiyyətin konkret qiymətini təsadüfi kəmiyyətin konkret realizə edilməsi kimi təyin edirlər. Parametr determinləşdirilmiş kəmiyyət ola bilməz, beləki bu halda ölçmənin məqsədi itir, çünki ölçülən kəmiyyətin qiyməti aprioru (təcrübəyə qədər) məlumdur.

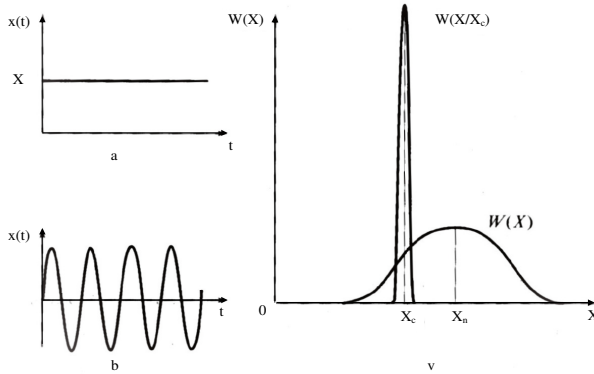
Bu cür siqnallara misal kimi qoşma funksiyasını (şək.2.1,a) və sinusoidal funksiyanı (şək.2.1,b) göstərmək olar. Bu funksiyaların parametrləri-qoşma funksiyası üçün amplitud və sinusoidal siqnalın təsirli qiyməti üçün isə (gərginliyin ölçülməsinə misal)-qeyri-məlumdur. Beləki, sabit rezistorun müqavimətini ölçən zaman, məsələn $R_n = 5,1$ kOm nominal qiymətlə və 10% səpələnmə ilə model kimi qoşma funksiyası, sənaye tezliyin gərginliyini $U_n = 220V$ ölçən zaman isə model kimi sinusoidal funksiya istifadə oluna bilər. Ölçmələr üçün ölçülən kəmiyyətin mümkün olan qiymətləri hər hansı paylanma sıxlıqları ilə təyin oluna

bilər, $W(R)$ və $W(U)$. Şək.2.1,v-də bu kəmiyyətlərin mümkün olan paylanma sıxlığı göstərilmişdir. Burada şəkillərin sayını azaltmaq üçün $X=R$ və ya $X=U$ işarələri qəbul edilmişdir.

Ölçmələrin nəticəsində cihazların (ommetrin və voltmetrin) göstəricilərinə görə ölçülən kəmiyyətlərin konkret qiymətlərini tapırlar, məsələn $R_c = 4,9 \text{ kOm}$ və $U_c = 215 \text{ V}$. Ölçmələrin nəticəsində ölçülən kəmiyyətin əsl qiymətini yox, onun həqiqi qiymətini tapırlar, bu isə ölçmə xətalrı ilə bağlıdır.

Bir çox hallarda giriş sınaqları təsadüfi proseslər kimi təqdim edildikdə təsadüfi siqnal modellərindən istifadə olunur. Məsələn, hər hansı böyük sənaye obyektı tərəfindən istifadə olunan cərəyan şiddətinin özüyazan cihazın köməyi ilə qeydiyyatını apararaq cihazın diaqramında qida şəbəkəsinin yükünün dəyişməsinin təsadüfi xarakteri ilə təyin olunan mürəkkəb əyri alırıq. Bu cür eksperimentləri təkrarlayan zaman hər dəfə bir-birindən fərqlənən yeni əyriyə alacayıq.

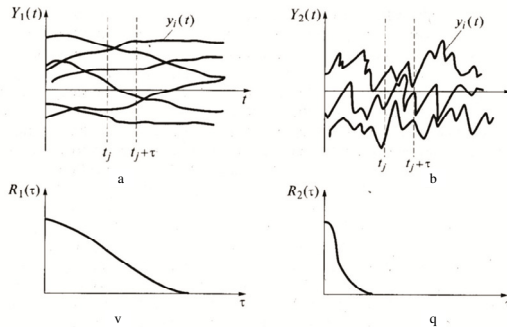
Təsadüfi siqnalların riyazi modelləri ehtimal nəzəriyyəsiindən və təsadüfi proseslər nəzəriyyəsiindən istifadəyə əsaslanır.



Şək.2.1. Giriş siqnallarının modelləri (a,b) və ölçülən kəmiyyətlərin aylanma sıxlığı (v) ölçmələrə qədər $W(X)$ və ölçmələrdən sonra $W(X|X_c)$

Müəyyən ehtimal xarakteristikalara tabe olan $y_i(t)$ siqnallarının mümkün olan birgə realizə edilməsi təsadüfi siqnal $Y(t)$ əmələ gətirir (şək.2.2.a,b). Bu cür siqnalların xarakteristikaları paylanma qanunu və ya onun ədədi xarakteristikaları (riyazi gözləmə və orta kvadratik meyillənmə) və korrelyasiya funksiyası və ya gücün spektral sıxlığı ola bilər.

$Y(t)$ təsadüfi siqnalına hər hansı müvəqqəti t_j kəsiyində (bax.şək.2.2.a,b) təsadüfi kəmiyyət kimi baxmaq olar. Bunun realizə edilməsi $y_i(t_j)$ funksiyasıdır. $Y(t_j)$ siqnalını təsvir etmək üçün bu vaxt ərzində birölçülü paylanma qanununu $F(y,t_j)$ tətbiq edək. Əgər bu qanun zamandan asılı deyildirsə, yəni $F(y,t_j)=F(y,t_k)=F(y)$ $k \neq j$ olduqda, onda bu cür siqnallar stasionar (geniş mənada) adlandırılır. $F(y)$ paylanma qanunu $Y(t)$ siqnalının ordinat oxu üzrə fəza strukturunu təyin edir. $F(y)$ əvəzinə onun xarakteristikaları - riyazi gözləmə $M[y]$ və orta kvadratik meyillənmə $\sigma [y]$ istifadə oluna bilər.



Şək. 2.2. Realizə edilmələr (a,b) və $Y_1(t); Y_2(t)$ təsadüfi proseslərin korrelyasiya funksiyaları (v,q)

$Y(t)$ -ni ancaq paylanma qanunu $F(y)$ ilə təsvir etmək kifayət deyildir, çünki o, siqnalın dəyişməsinə zamana görə xarakterizə etmir. Beləki, şək. 2.2, a,b-də göstərilən siqnallar eyni paylanma qanununa, lakin zamana görə müxtəlif dəyişmə dinamikasına malik ola bilər. Siqnalların

dinamiki xassələrini qiymətləndirmək üçün korrelyasiya funksiyası $R(\tau)$ anlayışından istifadə edirlər. Riyazi gözləməsi sıfıra bərabər olan stasionar siqnallar üçün korrelyasiya funksiyası realizə edilmə qiymətlərinin t və $t + \tau$ vaxt momentində riyazi gözləməsi ilə (orta qiymət hüdudunda) təyin edilir:

$$R(\tau) = M[y(t)y(t+\tau)] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i(t)y_i(t+\tau)],$$

burada N -təsadüfi siqnalın realizə edilmələrinin sayıdır. Korrelyasiya funksiyası müxtəlif vaxt anlarında təsadüfi siqnalın ani qiymətləri arasındakı statistik əlaqəni xarakterizə edir. Korrelyasiya funksiyasının qiyməti nə qədər az olarsa, siqnalın $t_j + \tau$ vaxt anında qiyməti $y(t_j + \tau)$ onun t_j anındakı $y(t_j)$ qiymətindən az asılı olur. Şəkil 2.2, v, q- də $Y_1(t)$ və $Y_2(t)$ siqnallarına uyğun olan $R_1(\tau)$ və $R_2(\tau)$ korrelyasiya funksiyaları keyfiyyətcə əks olunmuşdur. Korrelyasiya funksiyası $R_1(\tau)$ τ -nın artması ilə nisbətən zəif sönür ki, bu da $Y_1(t)$ üçün $y(t_j + \tau)$ və $y(t_j)$ kimi güclü korrelyasiyadan xəbər verir. Realizə edilmələrdə bu, zamana görə siqnalın nisbətən tədricən dəyişməsində özünü göstərir. Erqodik siqnallar üçün korrelyasiya funksiyası bir realizə edilmə üçün $y(t)y(t+\tau)$ hasilinin zamana görə qiyməti kimi təyin oluna bilər:

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T y(t)y(t+\tau) dt$$

$\tau = 0$ olduqda korrelyasiya funksiyası siqnalın dispersiyasına bərabər olur.

$$\sigma^2 = R(0) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T y^2(t) dt.$$

Təcrübədə tez-tez normalaşdırılmış korrelyasiya funksiyası anlayışından istifadə edirlər

$$\rho(\tau) = R(\tau) / \sigma^2$$

Təsadüfi siqnalların tezlik xassələrinin xarakteristikası üçün gücün spektral sıxlığından $S_p(\omega)$ istifadə edirlər. Bu, siqnalın orta gücünün onun tezlikləri üzrə bölünməsinə təyin edir. $S_p(\omega)$ – nın qiyməti müxtəlif ω tezliklərdə tezlik vahidinə düşən orta gücə bərabərdir.

Gücün spektral sıxlığı $S_p(\omega)$ və korrelyasiya funksiyası $R(\tau)$ bir-biri ilə aşağıdakılarla əlaqəlidir:

$$S_p(\omega) = \int_0^{\infty} R(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau;$$

$$R(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_p(\omega) e^{-j\omega\tau} d\omega.$$

Beləliklə, təsadüfi siqnalın təsviri üçün onun ehtimal xarakteristikalarının bir neçə cəmini tətbiiq edirlər.

Əgər siqnala təsadüfi kəmiyyət kimi baxılırsa, onda onun xarakteristikası paylanma qanunu və ya onun ədədi xarakteristikaları olacaqdır. Əgər siqnala təsadüfi proses kimi baxılırsa, onda paylanma qanunundan başqa onun korrelyasiya funksiyasını və ya gücünün spektral sıxlığını bilmək lazımdır.

Təsadüfi siqnalların təsviri zamanı normal və bərabərölçülü qanunlar və bir neçə korrelyasiya funksiyaları geniş yayılmışdır, məsələn:

$$\rho(\tau) = \frac{\sin \omega_{or} \tau}{\omega_{or} \tau}, \quad \rho(\tau) = e^{-\alpha^2 \tau^2},$$

burada ω_{or} , α – təsadüfi siqnalların dinamik xassələrindən asılı olan korrelyasiya funksiyalarının parametrləridir.

Ölçmə eksperimentini real şəraitdə apardıqda əksər hallarda siqnalın amplitud və müvəqqəti dəyişməsinin dəqiq xarakteristikaları (siqnalın növü, paylanma qanunları, korrelyasiya funksiyaları) məlum olmur. Belə hallarda siqnalın parametrlərinin qiymətləndirilməsindən istifadə edirlər. O siqnalların modeli ən çox yayılmışdır ki, prosesin iki əsas parametri bu modeldə verilir və ya əvvəlcədən təyin

olunur (proseslərin fizikası, tədqiqat obyektlərinin dinamik xassələri, əvvəlki təcrübənin və digər məlumatların əsasında): siqnalın dəyişmə diapazonu $0...X_{max}$ və tezlik diapazonu $0...f_{max}$, burada X_{max} və f_{max} – uyğun olaraq siqnal sektorunda maksimal amplituda və tezlik (verilmiş misalda bu parametrlərin qiymətləri sıfıra bərabər qəbul edilmişdir, lakin ümumi halda onlar sıfırdan fərqlənə bilər). Bu cür modellər təcrübədə geniş tətbiq olunur.

Bu cür modelin praktiki əhəmiyyəti onunla da bağlıdır ki, ölçmə prosedurlarının analizini aparmağa imkan verən kifayət qədər güclü riyazi aparat mövcuddur (məsələn, bu cür siqnalların etibarsızlığını təyin edən V.A.Kotelnikov teoremi, siqnalların maksimum mümkün olan dəyişmə sürətini qiymətləndirməyə imkan verən S.N.Bernşteyn qeyri-bərabərsizliyi. Bunlar ölçmə vasitələrinin dinamik rejiminin analizi zamanı zəruridir və s.).

Qeyd etmək lazımdır ki, model haqqında istənilən əlavə məlumatları, məsələn paylanma qanunlarını və ya siqnalların spektral sıxlığının növünü bilmək, ölçmə nəticələrinin qiymətləndirilməsi planında modeli zənginləşdirə bilər və ya ölçmə vasitələrinə texniki tələblərin təyininə zəruri ola bilər.

Maneələr haqqında ümumi məlumatlar. Ölçmə eksperimentini real şəraitdə apardıqda giriş siqnalları tez-tez maneələr tərəfindən korlanır. Maneələr – müxtəlif cinsli elə xarici qasırgalardır ki, onlar faydalı siqnallara təsir edir və ölçülən kəmiyyətin düzgün qiymətləndirilməsinə əks təsir göstərir. Maneələrin mənbəi həm ölçmə vasitələrinin daxilində, həm də onların xaricində ola bilər.

Maneələr ola bilər: mütəmadi – onların təsviri üçün kvazideterminləşdirilmiş funksiyalardan istifadə olunur; impulsu – diskret vaxtın təsadüfi ardıcılığıdır; təsadüfi arasıkəsilməz - arasıkəsilməz vaxtın təsadüfi prosesləridir. Maneələrin əmələgəlmə fizikası cürbəcür ola bilər. Mütəmadi maneələr ən çox qidalandırıcı şəbəkədən gəlir;

impulsu maneələr müxtəlif kommutasiyalı proseslərdən əmələ gələ bilər, xüsusilə də qonşu aparatların işə salınması və dayandırılmasından; təsadüfi arasıkəsilməz maneələrin mənbəi bir çox nəzərə alınmayan (obyektə və ölçmə vasitələrinə təsir edən) faktorlar ola bilər.

Maneələrin $n(t)$ və siqnalın $x(t)$ müxtəlif qarşılıqlı təsir növləri vardır. Əgər qarşılıqlı təsir aşağıdakı cəmlə təyin olunursa $s(t)=x(t)+n(t)$, onda bu cür maneə additiv adlanır. Əgər qarşılıqlı təsir hasilə təyin olunursa $s(t)=x(t) n(t)$, onda bu cür maneə multiplikativ adlanır. Ümumi halda birgə təsir mümkündür $s(t)=x(t) n_1(t)+n_2(t)$ Maneələr üçün əvvəl qəbul olunmuş indekslər o faktı göstərir ki, müxtəlif maneələr siqnalla $x(t)$ müxtəlif cür qarşılıqlı təsirdə ola bilər. Maneələr təsiri siqnal-maneə (çox vaxt siqnal-səsküy adlanan) nisbətə təyin edilir:

$$\eta = P_x / P_n ,$$

burada P_x və P_n -uyğun olaraq siqnalın orta gücü və maneələrdir. Maneəyə davamlılıq nəzəriyyəsində bu nisbətdən geniş istifadə edirlər. Maneələrin səviyyəsi ölçmələrin maksimum mümkün olan dəqiqliyini təyin edir.

Odur ki, elə ölçmə metodu seçirlər və elə ölçmə vasitələrindən istifadə edirlər ki, burada siqnal-maneə nisbəti maksimum olur.

2.2. Ölçmələrin sinifləşdirilməsi

Fiziki kəmiyyətlərin qiymətlərini tapmaq üçün ölçmə eksperimentlərinin mövcud çoxoxşarlılığı həm bu kəmiyyətlərin çoxsaylılığı ilə, vaxta görə onların dəyişməsi ilə, həm də alınan nəticələrin keyfiyyətinə müxtəlif tələblərlə təyin edilir. Ölçmələrin sinifləşdirilməsi çoxsayda ölçmə prosedurlarının effektiv təşkili və istifadəsi məqsədilə onların quruluşlarının baxılmasına imkan verir. Ölçmələr aşağıdakı əlamətlərə görə sinifləşdirilə bilər:

ölçmələrin nəticələrinin alınması üsulu—birbaşa, dolay, birgə və cəmləşdirmə ölçmələr;

ölçülən kəmiyyətin ölçülməsinə münasibət — statik və dinamik ölçmələr;

dəqiqlik xarakteristikası — bərabərdəqiqlikli və qeyri-bərabərdəqiqlikli ölçmələr;

ölçmə cərgəsində ölçmələrin sayı — birdəfəli və çoxsaylı ölçmələr;

ölçmələrin nəticəsinin ifadə edilməsi - mütləq və nisbi ölçmələr;

metroloji təyinatına görə - texniki və metroloji ölçmələr.

Birbaşa ölçmə - elə ölçmədir ki, burada fiziki kəmiyyətin axtarılan qiymətini bilavasitə ölçmə eksperimentinin aparılması nəticəsində alırlar (məsələn, uzunluğun mikrometrlə, cərəyan şiddətinin ampermetrlə, elektrik müqavimətinin ommetrlə və s. ölçülməsi).

Dolay ölçmə - elə ölçmədir ki, burada fiziki kəmiyyətin axtarılan qiyməti bu kəmiyyətlə birbaşa ölçmələr nəticəsində alınmış kəmiyyətlər arasındakı məlum funksional asılılıqlar əsasında tapılır. Dolay ölçmə zamanı axtarılan kəmiyyətin qiyməti y ölçülən kəmiyyətlərlə aşağıdakı məlum funksional asılılıqla əlaqəlidir:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n),$$

burada $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – birbaşa ölçmələrin köməyi ilə kəmiyyətlərin alınmış qiymətləridir.

Rezistorun müqavimətinin R qiymətini, məsələn, $R = U / I$ tənliyindən təyin edirlər. Bu tənlikdə rezistordan keçən cərəyanın gərginliyinin U və şiddətinin I qiymətlərini yerinə qoyaraq müqavimətin qiymətini təyin edirlər.

Birgə ölçmələr – iki və çox eyni adlı kəmiyyətlərin aralarında asılılıq tapmaq üçün onların eyni vaxtda ölçülməsidir. Məsələn, rezistorun müqavimətinin temperaturdan asılılığı $R_t = R_0(I + At + Bt^2)$ ifadəsi ilə

təyin edilir. Bu asılılığı həll etmək üçün rezistorun üç müxtəlif temperaturda müqavimətini ölçürlər, üç tənlikdən ibarət sistem tərtib edirlər və R_0 , A və B parametrlərinin qiymətlərini tapırlar.

Cəm ölçmələr – elə ölçmələrdir ki, burada axtarılan kəmiyyətin ədədi qiyməti birbaşa ölçmə nəticəsində müxtəlif tərkibli kəmiyyətlər üçün alınmış tənliklər sisteminin həlli nəticəsində tapılır. Mahiyyətə cəm ölçmələr eyni vaxtda aparılan dolaylı ölçmələrdir. Bunun üçün aşağıdakı tənliklər sistemini həll edirlər:

$$F(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n, x_{1.1}, x_{1.2}, x_{1.3}, \dots, x_{1.m}) = 0;$$

$$F(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n, x_{2.1}, x_{2.2}, x_{2.3}, \dots, x_{2.m}) = 0;$$

.....

$$F(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n, x_{n.1}, x_{n.2}, x_{n.3}, \dots, x_{n.m}) = 0,$$

burada y_i —axtarılan kəmiyyətlər; x_{ij} —ölçülmüş kəmiyyətlərin qiymətləridir.

Məsələn, üçbucaqla birləşdirilmiş rezistorların müqavimətlərinin birbaşa ölçmələrini yerinə yetirirlər; sonra isə bu ölçmələrin nəticələrinə görə rezistorların özlərinin müqavimətlərinin qiymətlərini hesablayırlar.

Statik ölçmələr – konkret ölçmə tapşırığına uyğun olaraq ölçmə zamanı ərzində dəyişməyən qəbul edilmiş fiziki kəmiyyətin ölçülməsidir (məsələn, rezistorun müqavimətinin normal temperaturda ölçülməsi).

Dinamik ölçmələr – ölçüsü dəyişən fiziki kəmiyyətin ölçülməsidir. Burada söhbət həm fiziki kəmiyyətin qiymətinin ölçülməsi, həm də bu kəmiyyətin vaxta görə dəyişməsinin ölçülməsi haqqında gedə bilər. Fiziki kəmiyyətin ölçüsünün dəyişməsi nəticəsində onun ölçülməsini vaxt momentini dəqiq fiksasiya (qeyd) etməklə aparırlar. Bu halda ölçülən kəmiyyətin ani qiymətinin ölçülməsi haqqında danışmaq olar (məsələn, elektrik cərəyanının dəyişən gərginliyinin amplitudunun qiymətinin ölçülməsi).

Bərabərdəqiqlikli ölçmələr – eyni şəraitdə, eyni həssaslıqla, eyni dəqiqlikli ölçmə vasitələri ilə hər hansı kəmiyyətin ölçülmələridir.

Qeyri-bərabərdəqiqlikli ölçmələr–müxtəlif şəraitlərdə və (və ya) dəqiqliklərinə görə bir – birindən fərqlənən ölçmə vasitələri ilə hər hansı kəmiyyətin ölçülmələridir.

Birdəfəli ölçmə - bir dəfə aparılan ölçmədir. Təcrübədə, bir qayda olaraq, ancaq birdəfəli ölçmələr aparılır. Bir sıra hallarda eyni kəmiyyətin ölçmələrinin sayını artırmaq prinsip etibarilə mümkün deyildir.

Çoxdəfəli ölçmə - eyni ölçüyə malik fiziki kəmiyyətin ölçülməsidir ki, bunun da nəticəsi bir-birinin ardınca gələn bir neçə ölçmələrdən, yəni bir neçə birdəfəli ölçmələrdən alınır. Çoxdəfəli ölçmələrin nəticəsi bir neçə bir-birinin ardınca gələn birdəfəli ölçmələrin qiymətlərindən alınır. Lakin emaldan əvvəl əmin olmaq lazımdır ki, bu sıranın bütün ölçmələri bərabərdəqiqliklidir.

Mütləq ölçmə - bir və ya bir neçə əsas kəmiyyətlərin birbaşa ölçülməsinə və (və ya) fiziki konstantların qiymətlərindən istifadəyə əsaslanan ölçmədir. Məsələn, $F=mg$ tənliyinə görə qüvvənin F ölçülməsi əsas kəmiyyətin – kütlənin (m) və fiziki sabitin g (kütlənin ölçülmə nöqtəsində) ölçülməsinə əsaslanır.

Nisbi ölçmə - kəmiyyətin onunla eyni adlı olan və ölçü vahidi rolunu oynayan digər kəmiyyətlə müqayisəsidir.

Texniki ölçmələr – işçi ölçmə vasitələrinin köməyi ilə aparılan ölçmələrdir. Texniki ölçmələr elmi eksperimentlərə, texnoloji proseslərə, nəqliyyatın hərəkətinə və s. nəzarət və onların idarə olunması məqsədilə yerinə yetirilir (məsələn, texnoloji prosesləri xarakterizə edən bir sıra kəmiyyətlərin ölçülməsi).

Metroloji ölçmələr – fiziki kəmiyyət vahidlərinin təzələnməsi məqsədilə və onların ölçülərinin işçi ölçmə vasitələrinə ötürülməsi üçün etalonların və nümunəvi ölçmə vasitələrinin köməyi ilə aparılan ölçmələrdir (məsələn, işçi

ölçmə vasitələrinin yoxlanma prosedurunun yerinə yetirilməsi).

Əgər ölçmə prosedurlarının sinifləşdirilməsinin kriteri kimi ölçülən fiziki kəmiyyət istifadə olunursa, onda ölçmə növü məvhumundan istifadə etmək qəbul edilir. Ölçmə növü dedikdə özünün xüsusiyyətlərinə malik olan və ölçülən kəmiyyətlərin eynililiyi ilə fərqlənən ölçmə sahəsinin hissəsi başa düşülür. Məsələn, elektrik və maqnit ölçmələri sahəsində aşağıdakı ölçmə növləri ola bilər: elektrik müqavimətinin ölçülməsi, elektrik gərginliyinin ölçülməsi, maqnit induksiyasının ölçülməsi və s.

Ölçmə vasitələrinin ölçmə obyektinə qarşılıqlı əlaqəsi fiziki hadisələrə və ya effektlərə əsaslanır.

Ölçmələrin prinsipi – ölçmənin əsasını təşkil edən fiziki hadisədir (effektidir).

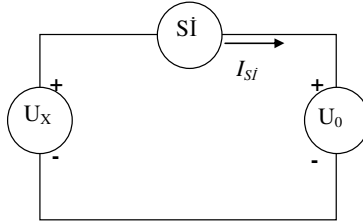
Ölçmələrin metodu – ölçmələrin realizə olunmuş prinsipinə uyğun olaraq ölçülən fiziki kəmiyyətin onun vahidi ilə müqayisəsinin üsulu və ya üsullarının cəmidir.

Ölçmə metodlarının sinifləşdirilməsinin əsasında ölçülən kəmiyyətin qiymətlərinin alınması zamanı ölçünün tətbiqi üsulu durur. Burada iki metodu bir-birindən fərqləndirirlər: bilavasitə qiymətləndirmə və ölçü ilə müqayisə. Axırncı metod öz növbəsində sıfır, diferensial və ya fərqləndirmə metodlarına, əvəzetmə, əlavə etmə metodlarına bölünür.

Bilavasitə qiymətləndirmə metodu – elə ölçmə metodudur ki, burada kəmiyyətin qiymətini göstərici ölçmə vasitəsi üzrə bilavasitə təyin edirlər. Bu halda ölçmənin nəticəsi ölçmə vasitəsinin hesabat qurğusu üzrə bilavasitə təyin edilir. Nəticənin alınmasında ölçünün istifadə edilməsi ölçmə vasitəsinin istehsalı mərhələsində onun şkalasının dərəcələnməsi proseduru vasitəsilə həyata keçirilir.

Ölçü ilə müqayisə metodu – elə ölçmə metodudur ki, burada ölçülən kəmiyyəti ölçü ilə təzələnən kəmiyyətlə müqayisə edirlər.

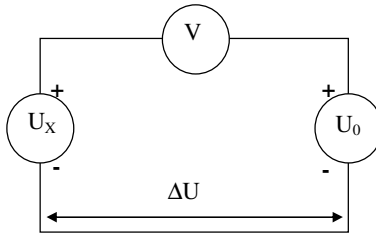
Ölçmələrin sıfır metodu – elə ölçü ilə müqayisə metodudur ki, burada ölçülən kəmiyyətin nəticələndirici effektini və ölçünün təsirini sıfır çatdırırlar. Göstərilən müxtəlifliyi sıfır bərabərləşdirməni təyin edən qurğu sıfır-indikator adlanır.



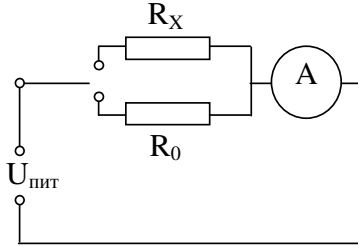
Şək.2.3. Sıfır metodunu aydınlaşdıran sxem

Şəkil 2.3-də sıfır metodundan istifadəni aydınlaşdıran sxem göstərilmişdir, burada U_x – ölçülən kəmiyyət; U_0 – ölçü; $Sİ$ – sıfır – indikator. Ölçünün qiymətini dəyişməklə $U_x=U_0$ bərabərliyinə nail olurlar. Bu qiymətlərin bərabərlik əlaməti $Sİ$ -də cərəyanın olmamasıdır, $I_{Sİ}=0$.

Bu metod imkan verir ki, yüksək tezlikli ölçüləri və sıfır – indikatorların tətbiqi zamanı yüksək dəqiqlikli ölçmələri aparmaq mümkün olsun. Məsələn, dördçiyinli körpünün köməyi ilə müqavimətin ölçülməsi ölçmələrin sıfır metodundan istifadəyə əsaslanır.



Şək.2.4. Gərginliyin ölçülməsinin diferensial metodunun sxemi



Şək.2.5. Əvəzləmə metodu əsasında rezistorun müqavimətinin R_x qiymətinin ölçülməsinin ümumiləşmiş sxemi

Ölçmələrin diferensial və ya fərqləndirmə metodu - elə ölçmə metodudur ki, burada ölçülən kəmiyyət onunla eynicinsli kəmiyyətlə müqayisə edilir. Bu kəmiyyət ölçülən kəmiyyətdən qiymətinə görə çox az fərqlənən, məlum qiyməti olan kəmiyyətlə müqayisə edilir, həmçinin bu iki kəmiyyət arasındakı fərq ölçülür. Nəticə ölçmə vasitəsinin göstərişinin və ölçü ilə təzələnən fiziki kəmiyyətin qiymətinin cəmi kimi təyin edilir. Bu metod ən yüksək dəqiqlikli nəticəni o zaman almağa imkan verir ki, ölçülən kəmiyyətlə və ölçü ilə təzələnən məlum qiymətlər arasında şox kiçik fərq olsun. Şəkil 2.4.-də diferensial metod əsasında qurulmuş ümumiləşmiş sxem göstərilir, burada V-voltmetrdir. Bu, ölçülən gərginliyin qiyməti U_x və nümunəvi gərginlik mənbəyi ilə təzələnən qiymət arasında fərqi ΔU ölçür. Onda ölçülən kəmiyyət $U_x = U_0 + \Delta U$ ifadəsi ilə təyin edilir.

Bu metodun xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, burada nisbətən aşağı dəqiqliyə malik olan fərqi ölçən ölçmə vasitəsinə istifadə etməklə ölçmənin nəticəsini yüksək dəqiqliklə almaq mümkündür. Beləki, əgər fərqi ΔU ölçülməsinin nisbi xətası 1% təşkil edirsə və $\Delta U/U_x$ nisbəti də 1%-ə bərabədirsə, onda ölçülən kəmiyyət U_x , əgər $\Delta U_0 = 0$ qəbul edilərsə, 0,01% xəta ilə təyin edilir.

Əvəzətmə ilə ölçmə metodu – ölçü ilə elə müqayisə metodudur ki, burada ölçülən kəmiyyəti məlum qiymətə malik ölçü ilə müqayisə edirlər. Ölçmə vasitəsinin köməyi ilə növbə ilə axtarılan kəmiyyəti və ölçü ilə təzələnən kəmiyyəti ölçürlər. Nəticə bu iki qiymət üzrə təyin edilir. Şəkil 2.5.-də əvəzətmə metodu əsasında rezistorun müqavimətinin R_x qiymətinin ölçülməsinin ümumiləşmiş sxemi göstərilmişdir.

Birinci addımda rezistordan R_x keçən cərəyan I_x , ikincidə isə nümunəvi müqavimətdən R_0 keçən cərəyan I_x ölçülür. Axtarılan kəmiyyət $R_x = I_0 R_0 / I_x$ nisbətindən təyin edilir. R_0 nə qədər R_x -ə yaxındırsa, metod o qədər dəqiqdir.

Əlavəetməklə ölçmə metodu – elə ölçü ilə müqayisə metodudur ki, burada ölçülən kəmiyyətin qiyməti bu kəmiyyətin ölçüsü ilə elə tamamlanır ki, müqayisə cihazına onların əvvəlcədən verilmiş qiymətinə bərabər cəmi təsir etsin.

2.3. Ölçmə xətlərinin sinifləşdirilməsi. Ölçmə nəticələrinin təqdim olunma formaları

Ölçmə xətlərinin sinifləşdirilməsi. Ölçmə nəticəsinin xətası —ölçmənin nəticəsinin ölçülən kəmiyyətin əsl (həqiqi) qiymətindən meylliyidir. Bu, ölçmə nəticəsi və ölçülən kəmiyyətin əsl (həqiqi) qiyməti arasındakı fərqdır. Ölçmə nəticəsinin xətası—ölçülən fiziki kəmiyyətin vahidi ilə ifadə olunan mütləq xətdir:

$$\Delta X = X - X_0, \quad (2.1)$$

burada x -ölçmənin nəticəsi; x_0 -ölçülən fiziki kəmiyyətin həqiqi qiymətidir.

İfadə olunma üsulundan asılı olaraq mütləq və nisbi xətləri bir-birindən fərqləndirirlər.

Mütləq xəta – ölçülən kəmiyyət vahidi ilə ifadə olunan ölçmə xətasıdır. Bu, düstur (2.1) vasitəsilə təyin edilir.

Nisbi xəta – ölçmənin mütləq xətasının ölçülən kəmiyyətin əsl və ya ölçülən qiymətinə nisbəti ilə ifadə olunan ölçmə xətasıdır, %-lə:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_0} \cdot 100 = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \quad (2.2)$$

Nisbi xəta ölçüsüz kəmiyyətdir və bir qayda olaraq, faizlə ifadə olunur. O, verilmiş kəmiyyətin ölçülmə dəqiqliyini əyani ifadə edir və müxtəlif ölçmə vasitələri ilə aparılan ölçmələrin nəticələrinin müqayisəsi zamanı istifadə olunur.

Ölçmə vasitələrinin xarakteristikası üçün həmçinin gətirilmiş xətdən istifadə edirlər.

Gətirilmiş xəta – ölçmə vasitəsinin mütləq xətasının kəmiyyətin şərti qəbul olunmuş qiymətinə nisbəti ilə ifadə olunan nisbi xətdir, %-lə:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{X_N} \cdot 100, \quad (2.3)$$

burada X_N - normalaşdırıcı qiymətdir.

Gətirilmiş xəta – faizlə ifadə olunan ölçüsüz kəmiyyətdir.

Dəyişmə xarakterindən asılı olaraq ölçmə xətaları sistemativ və təsadüfi xətalara bölünür.

Ölçmənin sistemativ xətası – eyni fiziki kəmiyyətin təkrar ölçülməsi zamanı sabit qalan və ya qanunauyğunluqla dəyişən ölçmə nəticəsinin xətasının tərkib hissəsidir.

Sistemativ xəta sabit tərkib hissəsinə - sistemativ xətanın *additiv tərkib hissəsinə* - və ölçülən kəmiyyətin dəyişməsi ilə dəyişən tərkib hissəsinə - sistemativ xətanın *multiplikativ tərkib hissəsinə* $\Delta X_{ss} = a + bx$ malik ola bilər.

Ölçmənin təsadüfi xətası – eyni fiziki kəmiyyətin eyni dəqiqliklə aparılan təkrar ölçmələri zamanı təsadüfi dəyişən

(iştirəsinə və qiymətinə görə) ölçmə nəticəsinin xətasının tərkib hissəsidir, $\Delta_{tes} = \varepsilon$

Ölçmə xətasının sistematik və təsadüfi tərkib hissələrinin əmələ gəlməsinin səbəbləri aşağıda sadalanır. Ölçmə nəticəsinin işlənməsi zamanı sistematik və təsadüfi tərkib hissələri cəmlənir $\Delta X = \Delta X_{sils} + \Delta X_{test} = a + bx + E$

Ölçmələr sırasında ölçmə nəticələrinin orta kvadratik xətası – ölçmələrin təsadüfi xətasının xarakteristikası, eyni fiziki kəmiyyətin bərabərdəqiqlikli ölçmələr sırasında ölçmələrin nəticələrinin onların orta qiyməti ətrafında səpələnməsinin qiymətləndirilməsidir. Bu aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2.4)$$

burada x_i – i-ci vahid ölçmənin nəticəsi; \bar{x} – ölçülən kəmiyyətin orta ədədi qiymətidir.

Ölçmələr sırasında nəticələrin səpələnməsi – bərabərdəqiqlikli ölçmələr sırasında eyni kəmiyyətin nəticələrinin, bir qayda olaraq, təsadüfi xətalarnın təsiri ilə şərtləşən uyğunsuzluğudur.

Təsadüfi xətalara həmçinin xarici faktorların təsiri zamanı ölçmənin nəticəsinin həqiqi qiymətdən kəskin fərqlənməsi ilə əlaqədar olan kobud səhvlər aiddir. Bu səhvlər eksperimental ölçmə şəraitinin dəyişməsi, eksperimentin planının pozulması və s. nəticəsində baş verir. Bu cür səhvlərə meyillənmə deyilir.

Meyillənmə– ölçmələr sırasına daxil olan ayrıca ölçmənin nəticəsinin xətasıdır. Bu xəta verilmiş şərait üçün bu sıranın qalan nəticələrindən kəskin fərqlənir.

Əmələgəlmə səbəblərindən asılı olaraq ölçmə xətasının metodiki və aləti tərkib hissələrini bir-birindən fərqləndirirlər.

Metodiki xəta (ölçmə metodunun xətası) - ölçmənin sistematik xətasının tərkib hissəsidir. Bu xəta qəbul olunmuş ölçmə metodunun təkmilləşdirilməməsi ilə əlaqədardır.

Metodiki xəta aşağıdakı şərtlərlə əlaqəlidir:

- ölçmə obyektinin qəbul olunmuş modelinin onun xassəsini adekvat xarakterizə edən modeldən fərqlənməsi ilə (qeyri – adekvatlılığın xətası);
- ölçmə vasitələrinin tətbiqi üsulunun təsiri ilə (məsələn, gərginliyin ölçülməsi üçün daxili müqavimətli voltmetrin tətbiqi və ya istifadə olunan gücün ölçülməsi üçün daxili müqavimətli ampermetrin tətbiqi);
- analoqlu - ədədi çevricinin dərəcələnməsinin seçilməsi ilə müəyyən miqdarda dərəcə ilə realizə olunmadan xəta (səviyyəyə görə kvantlamadan xəta);
- ölçmə nəticələrinin hesablama alqoritmlərinin təsiri ilə (məsələn, normalaşdırmanın, miqyaslaşdırmanın, ədədi ölçü cihazlarında nəticə almaq üçün funksional çevirmənin alqoritmləri).

Ölçmənin aləti xətası – tətbiq olunan ölçmə vasitəsinin xətası ilə şərtlənən ölçmə xətasının tərkib hissəsidir. O, ayrı-ayrı funksional qovşaqların realizə edilən xətasının cəmidir və qurğunun strukturundan, sxemin elektron elementlərinin xarakteristikalarından və digər xüsusiyyətlərdən asılıdır.

Xətanın metodiki və aləti tərkib hissələrinə bölünməsi ölçmə eksperimentinin strukturunun planlaşdırılması zamanı, ölçmə qurğularının, ölçmə kanallarının və sistemlərinin layihələndirilməsi zamanı vacibdir.

Əgər metodiki xəta sistematikdirsə, onda onun mənbəyini nəzərə alan aləti xəta həm sistematik, həm də təsadüfi xarakter daşıyır. Ölçmə nəticəsinin xətasının bu tərkib hissələrinin ucotu və azalması metodlarına aşağıda baxılır.

Ölçmə şəraitinin dəyişməsi ilə olan xətanı, subyektiv və kanar edilməyən sistematik xətanı bir-birindən fərqləndirirlər.

Ölçmə şəraitinin dəyişməsinə görə xəta (ölçmənin)- ölçmənin sistemik xətasının tərkib hissəsidir. Bu, ölçmə şəraitini xarakterizə edən parametrlərdən birinin nəzərə alınmayan təsirinin bir tərəfə müəyyən olunmuş qiymətdən meyilliyyənin nəticəsidir.

Ölçmənin subyektiv xətası - operatorun fərdi xüsusiyyətlərindən asılı olaraq ölçmənin sistemik xətasının tərkib hissəsidir. Adətən bu xətanı cihazın şkalasının oxunma xətası ilə əlaqələndirirlər. Beləki, skalaya baxma bucağından asılı olaraq müxtəlif nəticələr almaq olar. Lakin rəqəmli ölçmə vasitələrinin tətbiqi zamanı xətanın bu hissəsi olmur. Belə halda ölçmə eksperimentinin düzgün qoyuluşu, ölçmə vasitələrinin tətbiqi, tədqiqatçı mühəndisin ixtisası ilə əlaqəli olan subyektiv xətanın əmələgəlmə səbəbi qalır.

Kənar edilməyən sistemik xəta – ölçmə nəticəsinin xətasının tərkib hissəsidir. Bu, hesablamaların və sistemik xətanın düzəlişinə əlavələr edilməsinin xətalrı ilə əlaqəlidir.

Ölçülən kəmiyyətin dəyişmə xarakterindən asılı olaraq statik və dinamik ölçmə xətalrını bir-birindən fərqləndirirlər.

Statik xəta – sabit fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi üçün istifadə olunan cihazın xətasıdır. Bunun üçün ölçülən fiziki kəmiyyətin zamana görə dəyişməməzliyi qəbul edilmişdir, yəni fiziki kəmiyyət sabitdir.

Dinamik xəta – dinamik ölçmə şəraitinə uyğun ölçmə nəticəsinin xətasıdır. Bu xəta ölçülən fiziki kəmiyyətin zamana görə dəyişməsi nəticəsində əmələ gəlir. Dinamik xəta ölçü cihazının göstəricisinin zamana görə dəyişən fiziki kəmiyyətin qiymətinə uyğunsuzluğu ilə bağlıdır. Bu uyğunsuzluq cihazın inersiyası və ya ölçmənin nəticəsinin alınması vaxtı hesabına baş verir.

Ölçmənin nəticəsinə statik və dinamik tərkib hissələri daxildir $\Delta X = \Delta X_{st} + \Delta X_d$

Ölçmə vasitəsinin köməyi ilə alınmış nəticələrin təqdim edilməsi. Ölçmə vasitəsinin köməyi ilə aparılan ölçmənin nəticəsi ölçülən fiziki kəmiyyətin hər hansı ədədi qiymətidir. Bu qiymət həmin kəmiyyətin xəta ilə alınmış qiymətidir və kəmiyyətin vahidi ilə ifadə olunur. Bu xəta ölçmə metodundan (ölçmə vasitəsinin tətbiqi üsulundan) və metroloji xarakteristikalardan asılıdır. Ölçmə vasitəsinin metroloji xarakteristikalarının təsviri üçün dəqiqlik sinfi anlayışı tətbiq edilmişdir (bax paraqraf 3.2).

Ölçmə vasitəsinin dəqiqlik sinfi, bir qayda olaraq, əsas və əlavə xətlərin buraxılabilən həddləri ilə, həmçinin dəqiqliyə təsir edən digər xarakteristikalarla ifadə olunur.

Buraxılabilən əsas və əlavə xətlərin həddləri mütləq, nisbi və gətirilmiş xətlər formasında ifadə oluna bilər. Bu, ölçmə vasitəsinin xətlərinin ölçmə diapozonu həddlərində və onun tətbiqi şəraitində dəyişmə xarakterindən asılıdır.

Buraxılabilən mütləq xətanın həddləri aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\Delta X = \pm a \quad (2.5)$$

və ya

$$\Delta X = \pm a + \pm bx, \quad (2.6)$$

burada a və b – müsbət ədədlərdir;

x – ölçülən kəmiyyətin qiymətidir.

Buraxılabilən əsas nisbi xətlərin həddləri aşağıdakı düsturla təyin edilir, %:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 = \pm q ,$$

burada q – müsbət rəqəmdir, əgər ΔX düstur (2.5) üzrə təyin edilirsə, onda δ aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_k}{X} \right| - 1 \right) \right],$$

burada X_k – ölçmə vasitəsinin verilmiş diapozonu üçün ölçmə həddlərindən böyüyüdür (modul üzrə),

əgər ΔX düstur (2.6) üzrə təyin edilirsə, onda

$$c = (b + d), d = \frac{a}{|x_k|}$$

Buraxılabilən əsas gətirilmiş xətanın həddləri,%,
düstur (2.3) üzrə təyin edilir $\gamma = \frac{\Delta X}{X_n} \cdot 100 = \pm P$,

burada ΔX - düstur (2.5) və ya (2.6) ilə təyin edilən buraxılabilən mütləq xətanın həddləridir; P-müsbət ədəddir (bax paragraf 3.3-də misallara).

c,d,q, və p rəqəmləri ölçmə vasitəsinin dəqiqlik sinifinin qiymətini təyin edir.

Cədvəl 2.1

| Buraxıla bilən əsas xətanın həddlərinin təyini üçün düsturlar | Buraxılabilən əsas xətanın həddlərinə misallar | Ölçmə vasitələri üzərində dəqiqlik sinifinin işarələnməsinə misallar |
|---|---|--|
| $\Delta X = \pm a$ | - | M |
| $\Delta X = \pm(a + bx)$ | - | C |
| $\gamma = \frac{\Delta x}{X_N} \cdot 100 = \pm P$ | $\gamma = \pm 1,5$ $\gamma = \pm 0,5$ | 1,5 ∨ 0,5 ∨ |
| $\delta = \frac{\Delta X}{X} \cdot 100 = \pm q$ | $\delta = \pm 1,0$ | 1,0 |
| $\delta = \pm \left[c + d \left(\left \frac{x_k}{x} \right - 1 \right) \right]$ | $\delta = \pm \left[0,05 + 0,02 \left(\left \frac{X_k}{X} \right - 1 \right) \right]$ | 0,05/0,02 |

Ölçmə vasitəsinin dəqiqlik sinifini bilərək,(2.2) və ya (2.3) ifadələrindən buraxılabilən əsas xətanın ΔX hədd

qiymətini təyin etmək olar. Bu halda təsdiq etmək olar ki, ölçülən fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti aşağıdakı intervalda yerləşir:

$$x = x^1 \pm \Delta x, \quad (2.7)$$

burada x^1 -ölçmə vasitəsinin göstəricisidir.

Dəqiqlik siniflərinin işarələnməsinə misallar cədvəl 2.1-də verilmişdir.

Çoxdəfəli ölçmələr nəticəsində alınmış nəticələrin təqdim edilməsi. Sabit fiziki kəmiyyətin qiymətinin bir neçə dəfə təkrar ölçülməsi ölçmənin tam xətasının təsadüfi və sistematik tərkib hissələrini təyin etməyə imkan verir. Xətanın sistematik tərkib hissəsi nəzərə alınma bilər (bax paragraf 2.4). Xətanın təsadüfi tərkib hissəsi ehtimal paylanma qanunu ilə tapılır.

Çoxdəfəli ölçmələrin işlənməsi nəticəsində sübut etmək olar ki, fiziki kəmiyyətin həqiqi qiyməti verilmiş ehtimalla aşağıdakı intervalda yerləşir:

$$x = x^1 \pm \kappa \sigma, \quad (2,8)$$

burada x^1 – çoxdəfəli ölçmələrin işlənməsi nəticəsində fiziki kəmiyyətin alınmış qiyməti; κ -tələb olunan ehtimalın qiymətindən və xətanın təsadüfi tərkib hissəsini xarakterizə edən ehtimal paylanma qanununun növündən asılı olan əmsal; σ - ölçmələrin nəticələrinin orta kvadratik xətasıdır (2.4).

Ölçmələrin nəticələrinin ədədi formada təqdim edilməsi. İstənilən ölçmənin nəticəsi iki ədəd şəklində təqdim edilir: ölçmə nəticəsinin qiyməti və ölçmə xətasının qiyməti (2.7).

- Ölçmə nəticəsinin qiyməti və xətanın qiyməti müəyyən miqdarda rəqəmlərdən ibarət ədədlər şəklində verilir: əgər nəticə analoqlu cihazın şkalasından hesablanırsa - bu, şkalanın 1/2 bölgü qiyməti dəqiqliyi ilə çıxarılmış ədəddir və xəta cihazın dəqiqlik sinfinə uyğun gəlir;

- əgər nəticə analoqlu cihazın şkalasından hesablanırsa - bu, şkalanın 1/2 bölgü qiyməti dəqiqliyi ilə çıxarılmış ədəddir və xəta cihazın dəqiqlik sinfinə uyğun gəlir;
- əgər nəticə ədədi cihazın şkalasından hesablanırsa - bu, cihazın göstərişidir və nəticənin kiçik dərəcə vahidinin 1/2 çəkisinə uyğun gələn xətdir;
- əgər nəticə bir neçə dəyişirilmə və ya hesablanma (dolaylı ölçmələr) yolu ilə alınmışsa, onda o, rəqəm şəklində təqdim olunmalıdır. Bu rəqəmin dərəcələrinin sayı ölçmənin dəqiqliyinə uyğun gəlir, yəni nəticənin kiçik dərəcə vahidinin çəkisi xətanın qiymətinə uyğun olmalıdır. Burada yuvarlaqlaşdırma qaydasına uyğun olaraq kiçik dərəcələr atılır, xətanın qiyməti dəqiqlik sinfinin işarəsinə oxşar bir və iki rəqəm dəqiqliyi ilə təqdim edilir.

Yuvarlaqlaşdırma zamanı xətanın kiçik dərəcə vahidinin 1/2 çəkisindən çox olmaması üçün bu dərəcənin qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir: əgər yuvarlaqlaşdırma zamanı atılan hissənin qiyməti nəticəsinin kiçik dərəcə vahidinin 1/2 çəkisini aşmırsa, onun qiyməti dəyişmir, əgər atılan hissənin qiyməti nəticənin kiçik dərəcə vahidinin 1/2 çəkisindən artıqdırsa, onun qiyməti bir vahid çoxalır.

Cədvəl 2.2

| Ölçmələrin növü | Ölçmə prosedurunun parametrləri | Ölçmələrin nəticəsinin təqdim edilməsi, $U \pm \Delta U$ |
|--|--|--|
| Analoqlu cihazla birbaşa ölçmələr (voltmetrlə) | Ölçmə diapazonu-0...30V, bölgünün qiyməti-0,5V, dəqiqlik sinifi-1,0 | $\Delta U = 0,3V$ $U = 23,5V$, |
| Ədədi cihazla birbaşa ölçmələr (voltmetrlə) | Ölçmə diapazonu – 0...30V, nəticənin ədədlərinin sa-yı-3, dəqiqlik sinifi-0,2 | $U = 23,5V$, $\Delta U = 0,06V$ |
| Dolaylı ölçmələr | Hesablamaların nəticəsi: $U=23,53576781V$, $\Delta U = 0,123467V$, $U=23,57238753V$, $\Delta U =0,0964325V$, | $U=23,5V$, $\Delta U =0,13V$, $U=23,6V$ $\Delta U=0,1V$ |

Yuxarıda göstərilən cədvəl 2.2-də ölçmə nəticələrinin təqdim edilməsinə aid misallar verilmişdir.

Qeyri-müəyyənlik anlayışı, ölçmə nəticələrinin təqdimatı zamanı qeyri-müəyyənliyin istifadə edilməsi.

Beynəlxalq təcrübədə ölçmə nəticəsinin xarakteristikası üçün tez-tez qeyri-müəyyənlik anlayışından istifadə edilir. “Metrologiya sahəsində əsas və ümumi terminlərin beynəlxalq lüğətinə” görə qeyri-müəyyənlik-ölçmə nəticəsi ilə əlaqəli və ölçülən kəmiyyətin qiymətinin səpələnməsini xarakterizə edən parametrdir. Bu cür parametr, məsələn, standart meyllənmə (ölçmə nəticələrinin orta kvadratik xətası) və ya ona tam bölünəbilən ədəd və ya etibarlılıq intervalının eni ola bilər.

Ölçmənin qeyri-müəyyənliyi özündə bir neçə tərkib hissələrini birləşdirir. Bu tərkib hissələrindən bir neçəsi bir sıra müşahidələrin nəticələrinin statistik paylanması əsasında qiymətləndirilə və özlərinin standart meyllənmələri ilə xarakterizə edilə bilər. Digər tərkib hissələrini təcrübəyə və ya digər informasiyaya əsaslanan ehtimal paylanma fərziyyəsi əsasında qiymətləndirirlər. Onlar da standart meyllənmə şəklində ifadə oluna bilər.

Ölçmə nəticəsinin qeyri-müəyyənliyi bir çox mənbələrin təsiri nəticəsində baş verə bilər. Bu mənbələrə ətraf mühit şəraiti, ölçmə vasitələrinin xətalrı, etalonların qiymətlərinin qeyri-müəyyənliyi, metodun hissəsi olan yaxınlaşmalar və gümanətmələr, ölçmə proseduru, təsadüfi rəqslər və meyllənmələr və s. daxildir.

Xətanı və qeyri-müəyyənliyi bir-birindən fərqləndirmək lazımdır. Xəta ölçmənin nəticəsi ilə ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti arasındakı fərq kimi təyin edilir. Beləliklə, xəta vahid qiymətə malik olur. Məlum xətanın qiymətini ölçmə nəticəsinə düzəliş kimi qəbul etmək olar. Qeyri-müəyyənlik isə qiymətlərin intervalı formasını alır. Qeyri-müəyyənliyin qiyməti ölçmə nəticələrinə düzəliş etmək üçün istifadə oluna bilməz. Buradan aydındır ki, qeyri-

müəyyənlik interval qiymətləndirmədir. O, əksər hallarda ölçülən kəmiyyətin qiymətləndirilməsi intervalını ifadə etmək üçün istifadə edilir. Bu zaman ölçmənin nəticəsi (2.8) ifadəsinə uyğun təqdim edilə bilər.

2.4. Ölçmə nəticələrinin işlənməsi. Birdəfəli və çoxdəfəli ölçmələr

Ölçmələrin (müşahidələrin) nəticələrinin işlənməsi ölçülən kəmiyyətin qiymətinin müəyyən edilməsindən və alınmış ölçmə nəticəsinin xətasının qiymətləndirilməsindən ibarətdir. Müşahidələrin nəticələrinin işlənməsi metodları əvvəlcədən alınan informasiyadan asılı olaraq müxtəlif ola bilər. Eksperimenti aparan mütəxəssis xətalara mənəvi və əmələgəlmə xarakteri, eksperimentin aparılma şəraiti, istifadə olunan ölçmə vasitələrinin xassələri haqqında informasiyaya malik olur.

Müxtəlif ölçmə növlərində müşahidənin nəticələrinin işlənməsinin ən çox xarakterik hallarına baxaq.

Birbaşa ölçmələr. Fərz edək ki, çoxdəfəli ölçmə zamanı bizi maraqlandıran kəmiyyətlər n ədəd ayrı-ayrı müşahidə nəticələri şəklində alınmışdır. Hər müşahidədən sistematik xətanı kənarlaşdıraraq düzəldilmiş x_1, x_2, \dots, x_n ölçmə sırasını alırıq. Bu sıranın riyazi gözləməsi ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətidir. Ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətini orta riyazi qiymət kimi qəbul edirik:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Müşahidənin ayrı-ayrı qiymətləri və orta kvadratik qiymət \bar{x} *arasındakı* ρ *meyyllənmə* \bar{x} *(fərqlər* $\rho = x_1 - \bar{x}; \rho_2 = x_2 - \bar{x}; \dots, \rho_u = x_u - \bar{x})$ *ölçmə*

sirasında nəticələrin sərələnməsi və ya qalığ xətalari adlandırılır. Onlar həm müsbət, həm də mənfi ola bilər. Orta riyazi qiymətin xassəsinə görə qalığ xətasının cəbri cəmi sıfıra bərabərdir, yəni $\sum \rho_i = 0$. Bundan \bar{x} -ni hesablayan zaman nəzarət üçün istifadə etmək lazımdır.

Əgər alınmış müşahidələr sırasının dispersiyası əvvəlki eksperimentlərdən və ya tətbiq edilən ölçmə vasitələrinin texniki sənədlərindən məlumdursa, onda orta cəbri dispersiyani aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$\sigma^2 \left[\bar{x} \right] = \frac{\sigma^2 [x]}{n},$$

burada $\sigma^2 \left[\bar{x} \right]$ - bu sıranın ölçülən kəmiyyətinin həqiqi qiymətinin (orta cəbri) dispersiyası;

$\sigma^2 [x]$ - müşahidələrin düzəldilmiş sırasının dispersiyasıdır.

Əgər sıranın dispersiyası məlum deyilsə, onda onun qiymətləndirilməsini aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$S^2 [x] = \frac{1}{n-1} \sum p_i^2, \quad (2.9)$$

burada p_i - müşahidələrin düzəldilmiş sırasının qalığ xətalarıdır.

Bu halda ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətinin dispersiyasının qiymətləndirilməsi üçün aşağıdakı düstürdan istifadə olunur:

$$S^2 \left[\bar{x} \right] = \frac{1}{n} S^2 [x]. \quad (2.10)$$

Ölçmə xətasının etibarlı intervalını tapmaq üçün kəmiyyətin paylanma qanununu tapmaq lazımdır:

dispersiya məlum olduqda -

$$(\bar{x} - x_i) / \sigma \left[\bar{x} \right] \quad (2.11)$$

dispersiya məlum olmadıqda -

$$(\bar{x} - x_i) / S[\bar{x}] \quad (2.12)$$

Beləki, (2.11) ifadəsinə ancaq bir təsadüfi kəmiyyət \bar{x} daxildir, onda bu ifadə ilə təyin edilən kəmiyyət paylanma qanununun növü \bar{x} kəmiyyətinin paylanma qanununun növü ilə təyin edilir. Ayrı-ayrı nəticələrin x_i normal paylanma qanunu zamanı \bar{x} -nin paylanma qanunu da normal olur. Bu, ehtimal nəzəriyyəsindən məlum olan normal qanunun sabitlik xassəsi ilə izah edilir. Beləki, normal qanun üzrə paylanmış təsadüfi kəmiyyətlərin cəmi normal qanun üzrə paylanmış təsadüfi kəmiyyəti verir. Beləliklə, normal paylanma qanununda (2.11) ifadəsi ilə təyin edilən təsadüfi kəmiyyətin x_i riyazi gözləməsi sıfıra bərabər və dispersiyası vahidə bərabər normal paylanma qanununa malikdir. Bu cür normal paylanma qanunlu təsadüfi kəmiyyəti z -lə işarə edək.

(2.12) ifadəsi iki təsadüfi kəmiyyəti \bar{x} və $S[\bar{x}]$ özündə birləşdirir. Odur ki, bu ifadə ilə təyin edilən kəmiyyətin paylanma qanunu (2.11) ifadəsi ilə təyin edilən kəmiyyətin paylanma qanunundan fərqlənir. Ehtimallar nəzəriyyəsində sübut edilmişdir ki, normal paylanma qanunu zamanı (2.12) ifadəsi ilə təyin edilən x_i təsadüfi kəmiyyəti Styudent paylanma qanununa malikdir. Styudent qanunu üzrə paylanan təsadüfi kəmiyyəti t ilə işarə edək. z və t üçün cədvəllər vardır ki, onların köməyi ilə Z_p və $t_p(f)$ -in qiymətlərini tapmaq olar. f ədədi sərbəstlik dərəcəsi adlanır; baxılan hal üçün $f=n-1$.

Ölçmələr sırasında ölçmələrin sayı nə qədər çox olarsa, $S[\bar{x}]$ qiyməti həqiqi orta kvadratik meyllənməyə $\sigma[\bar{x}]$ daha yaxın olur. Deməli, müşahidələrin sayı artdıqca

Styudent paylanma qanunu normal qanuna yaxınlaşır. Praktiki olaraq $K > 30$ olduqda $Z_p = t_p(f)$ olur.

Z_p və ya $t_p(f)$ qiymətlərini bilərək (2.11) və (2.12) ifadələri əsasında (2.9) və (2.10) düsturlarını nəzərə almaqla, ölçmələrin nəticələrinin P etibarlı ehtimalla yazmaq olar:

$$\begin{aligned} & \text{dispersiya məlum olduqda -} \\ x_u = \bar{x} \pm Z_p \sigma \left[\bar{x} \right] &= \bar{x} \pm Z_p \frac{\sigma[x]}{\sqrt{n}}; \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} & \text{dispersiya məlum olmadıqda -} \\ X_u = \bar{x} \pm t_p(f) S \left[\bar{x} \right] &= \bar{x} \pm t_p(f) \frac{S[x]}{\sqrt{n}}. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Əgər ayrı-ayrı ölçmə nəticələrinin paylanma qanunu normal qanundan fərqlənirsə, onda (2.11) və (2.12) ifadələri ilə təyin olunan təsadüfi kəmiyyətlərin paylanma qanununu tapmaq çətinidir. Belə halda aşağıdakı təkliflər verilə bilər.

\bar{x} -in paylanma qanununun növü qeyri-asılı təsadüfi kəmiyyətlərin cəminin paylanma qanunu ilə təyin edilir. Əgər bütün x_i -lər eyni paylanma qanununa malikdirsə, onda mərkəzi hədd teoremi əsasında \bar{x} -nin paylanma qanunu müşahidələrin sayının artması ilə normal qanuna yaxınlaşır.

Praktiki olaraq $n > 5$ olanda hesab etmək olar ki, \bar{x} -nin paylanma qanunu normal qanuna yaxındır və $\sigma[x]$ -in məlum qiymətində etibarlılıq intervalının təxmini qiymətləndirilməsi üçün (2.13) ifadəsindən istifadə etmək olar. Əgər dispersiya $\sigma^2[x]$ məlumdursa, onda müşahidələrin sayını n elə artırmaq lazımdır ki, $S[x]$ qiyməti $\sigma[x]$ -ə yaxın olsun. Bu şərt praktiki olaraq $n > 30$ olduqda yerinə yetirilir. Bu halda etibarlılıq intervalını təxmini qiymətləndirmək üçün həmçinin (2.13) ifadəsindən istifadə etmək olar.

Əgər müşahidələrin sırası x_1, x_2, \dots, x_n digərlərindən əhəmiyyətli dərəcədə fərqlənən X_k nəticəsini də özünə daxil edirsə, onda yoxlamaq lazımdır ki, o, meyillənmə deyildirki. Ayırı-ayrı ölçmə nəticələrinin x_i normal paylanma qanunu üzrə səpələnməsi zamanı meyillənmənin üzə çıxarılması aşağıdakı geyri-bərabərliyin yoxlanılmasına gətirib çıxarır:

dispersiya məlum olduqda –

$$\frac{|x_k - \bar{x}|}{\sigma \sqrt{(n-1)/n}} \leq Z_{np}; \quad (2.15)$$

dispersiya məlum olmadıqda-

$$|x_k - \bar{x}| / S[x] \leq \tau_p(n), \quad (2.16)$$

burada p - meyillənmənin üzə çıxarılma ehtimalı;

Z_{np} - np etibarlılıq ehtimalında Z kəmiyyətinin normal paylanmasının etibarlılıq intervalının sərhəddi;

$\tau_p(n)$ - P etibarlılıq intervalında n -dən asılı olan xüsusi paylanmaya malik təsadüfi kəmiyyətin τ etibarlılıq intervalının sərhəddidir.

Əgər qeyri-bərabərliklər (2.15) və (2.16) yerinə yetirilmirsə, onda X_k -ni yayınma adlandırmaq lazımdır. Onu müşahidələr sırasından kənarlaşdırmaq və ölçmənin nəticəsini qiymətləndirmək üçün \bar{x} və $S\left[\bar{x}\right]$ qiymətlərini

yenidən hesablamaq lazımdır.

Praktikada ölçülən kəmiyyət bir müşahidənin nəticəsinə görə qiymətləndirildikdə tez-tez birdəfəli ölçmələrə rast gəlinir. Bu hala çoxdəfəli ölçmələrin xüsusi halı kimi baxmaq olar ($n=1$ olduqda). Onda (2.13) və (2.14) ifadələri aşağıdakı şəkli alır:

$$x_n = x \pm Z_p \sigma; \quad (2.17)$$

$$x_n = x \pm t_p(f) S. \quad (2.18)$$

Burada ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti x kimi birdəfəli ölçmə nəticəsini qəbul etmək lazımdır, çünki burada sistematik xəta yoxdur. Yadda saxlamaq lazımdır ki, birdəfəli ölçmə ilə σ -nı (və ya S -i) təyin etmək mümkün deyil. Ona görə də ölçmənin nəticəsini (2.17) şəklində yazmağın mümkün olması üçün orta kvadratik meylənməni σ əvvəlcədən aparılan ölçmələr əsasında və ya istifadə edilən ölçmə vasitəsinin texniki sənədindən bilmək lazımdır. Əgər σ -nın əvəzinə onun bir neçə əvvəlcədən aparılmış ölçmələr üzrə tapılmış qiyməti S məlumdursa, onda $t_p(f)$ -i təyin etmək üçün (2.18) ifadəsində sərbəstlik dərəcəsinin f sayını əvvəlcədən aparılmış ölçmələrin sayına bərabər götürmək lazımdır (ondan vahidi çıxmaqla).

(2.13), (2.14) və (2.17), (2.18) ifadələrinin müqayisəsi göstərir ki, müşahidələrin sayının artırılması ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətini daha dəqiq qiymətləndirməyə imkan verir. Lakin yadda saxlamaq lazımdır ki, müşahidələrin sayı (n) o qədər də çox ola bilər. Beləki, uzun müddət ərzində ancaq eksperimentin aparılma şəraitinin dəyişməməsinə yox, həm də ölçülən kəmiyyətin özünün ölçüsünün dəyişməməsinə zəmanət vermək olmaz. Praktiki olaraq n -i elə qiymətlə məhdudlaşdırmaq lazımdır ki, burada ölçmə nəticələrinin xətasının təsadüfi tərkib hissəsi ayrı-ayrı müşahidə nəticələrinin sistematik xətalарının kənarlaşdırılmış qalıqlarından xeyli az olsun.

Dolayı ölçmələr. Tutaq ki, ölçülən kəmiyyət y birbaşa ölçmələrlə ölçülən a, b, c, \dots arqumentlərinin funksiyasıdır, yəni $y = F(a, b, c, \dots)$. Bir sıra müşahidələrin işlənməsini hər bir arqument üçün apararaq birbaşa ölçmə metodu ilə arqumentlərin qiymətlərini tapmaq olar:

$$A = \frac{1}{n_a} \sum_{n_a} a_i; \quad B = \frac{1}{n_b} \sum_{n_b} b_i; \quad C = \frac{1}{n_c} \sum_{n_c} c_i; \dots$$

A, B, C, \dots dispersiyalarının qiymətləndirilməsi

$$S^2[A] = \frac{\sum (a_i - A)^2}{n_a(n_a - 1)} ; \quad S^2[B] = \frac{\sum (b_1 - B)^2}{n_b(n_b - 1)} ; \dots$$

burada n_a, n_b, n_c, \dots – müvafiq arqumentin ölçülmələrinin sayıdır.

Müşahidələrin nəticələrinin sonrakı işlənməsini müxtəlif cür aparmaq olar. Ən çox yayılmış metod $Y=F(A,B,C,\dots)$ funksional asılılığın Teylor sırasında yerləşdirilməsinə əsaslanır.

$$Y = Y_h \frac{\partial F}{\partial a} \Delta A + \frac{\partial F}{\partial b} \Delta B + \frac{\partial F}{\partial c} \Delta C + \dots, \quad (2.19)$$

burada Y_h -dolayı yolla ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti; $\frac{\partial F}{\partial a}$, $\frac{\partial F}{\partial b}$, $\frac{\partial F}{\partial c}$, ...-arqumentlərin həqiqi qiymətlərə malik olduğu nöqtədə müvafiq arqument üzrə funksiyanın xüsusi törəmələrinin qiymətləri: $\Delta A, \Delta B, \Delta C, \dots$ -müvafiq arqumentin ölçmə nəticəsinin xətalıdır.

(2.19) ifadəsinin sağ tərəfindəki $\Delta A, \Delta B, \Delta C, \dots$ təsadüfi kəmiyyətlərdir. Əgər arqumentlərin ölçmə nəticələri bir-birindən fərqlənmirlərsə (təcrübədə bu tez-tez olur), onda bu təsadüfi kəmiyyətlər qeyri-asılıdırlar.

A, B, C, \dots arqumentlərinin qiymətlərini funksional asılılığa qoyan zaman alınmış təsadüfi kəmiyyətin Y riyazi gözləməsini və dispersiyasını tapaq:

$$M[Y] = Y_h + \frac{\partial F}{\partial a} M[\Delta A] + \frac{\partial F}{\partial b} M[\Delta B] + \frac{\partial F}{\partial c} M[\Delta C] + \dots;$$

$$D[Y] = \sigma^2[Y] = \left(\frac{\partial F}{\partial a}\right)^2 \sigma^2[A] + \left(\frac{\partial F}{\partial b}\right)^2 \sigma^2[B] + \left(\frac{\partial F}{\partial c}\right)^2 \sigma^2[C] + \dots, \quad (2.20)$$

burada $\sigma^2[A], \sigma^2[B], \sigma^2[C], \dots$ -uyğun olaraq A, B, C, \dots arqumentlərinin qiymətlərinin dispersiyalarıdır.

Əgər arqumentlərin həqiqi qiymətlərini təyin edən zaman sistematik xətalər kənarlaşdırılmışdırsa, onda $M[\Delta A] = M[\Delta B] = M[\Delta C] = \dots = 0$. Bu halda $M[Y] = Y_h$ və, deməli, $Y = F(A, B, C, \dots)$ qiymətini dolayı yolla ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti kimi qəbul etmək olar. Alınmış nəticənin Y dispersiyasını bilavasitə (2.20) ifadəsi ilə hesablamaq olmaz, çünki xüsusi törəmələrin qiymətlərini hesablamaq üçün arqumentlərin həqiqi qiymətlərini bilmək tələb olunur. Arqumentlərin əsl qiymətləri əvəzinə onların qiymətləndirilməsi A, B, C, \dots məlumdur. Ona görə də $\frac{\partial F}{\partial a}, \frac{\partial F}{\partial b}, \frac{\partial F}{\partial c}, \dots$ qiymətləri əvəzinə onların qiymətləndirilməsindən $\frac{\partial F(A, B, C, \dots)}{\partial a}, \frac{\partial F(A, B, C, \dots)}{\partial b}, \frac{\partial F(A, B, C, \dots)}{\partial c}, \dots$ istifadə etmək lazımdır. Burada arqumentlərin A, B, C, \dots kəşidyi nöqtədə törəmələri hesablayırlar.

Dolayı ölçmənin nəticəsinin xətasının etibarlılıq intervalını tapmaq üçün $(Y - Y_u) / \sigma[Y]$ və ya $(Y - Y_u) / S[Y]$ kəmiyyətinin paylanma qanununu təyin etmək lazımdır.

Bu kəmiyyətlərin paylanma qanunu hətta arqumentlərin təsadüfi xətalərinin paylanması normal qanunu tabe olduqda belə çox mürəkkəbdir. Bu zaman aşağıdakı halları nəzərdə saxlamaq lazımdır.

Əgər Y xətti funksiyadırsa $y = \alpha a + \beta b + \gamma c + \dots$ (burada $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ məlum sabit əmsallardır), onda bu əmsallara bərabər olan $\frac{\partial F}{\partial a}, \frac{\partial F}{\partial b}, \frac{\partial F}{\partial c}, \dots$ törəmələri qeyri-təsadüfi kəmiyyətlərdir və kəmiyyətin xətasının məlum dispersiyalarında Y -i düstur (2.20) ilə hesablamaq olar. Bu zaman $(Y - Y_h) / \sigma[Y] = Z$ və ölçmə nəticəsini P etibarlılıq

ehtimalı ilə $Y_h = Y \pm Z_p \sigma[Y]$ şəklində yazmaq olar.

Əgər xətti asılılıq zamanı arqumentlərin xətalalarının dispersiyaları məlum deyilsə, onda $(Y - Y_h)/S[Y]$ kəsininin paylanma qanununu praktika üçün kifayət qədər dəqiqliklə Styudent paylanma qanunu ilə ifadə etmək olar. Ən yaxşı ifadətməni Styudent paylanma qanunu sərbəstlik dərəcələrinin sayı ilə verir və bunu effekt adlandırırlar. Sərbəstlik dərəcələrinin effektiv sayını aşağıdakı düstur ilə tapmaq olar:

$$f_{ef} = \frac{\left\{ \left(\frac{\partial F}{\partial a} \right)^2 S^2[A] + \left(\frac{\partial F}{\partial b} \right)^2 S^2[B] + \left(\frac{\partial F}{\partial c} \right)^2 S^2[C] + \dots \right\}^2}{\left(\frac{\partial F}{\partial a} \right)^4 \frac{S^4[A]}{(f_a+2)} + \left(\frac{\partial F}{\partial b} \right)^4 \frac{S^4[B]}{(f_b+2)} + \left(\frac{\partial F}{\partial c} \right)^4 \frac{S^4[C]}{(f_c+2)} \dots} \quad (2.21)$$

burada f_a, f_b, f_c -uyğun olaraq $S^2[A], S^2[B], S^2[C]$.. dispersiyaların qiymətləndirilməsinin sərbəstlik dərəcələrinin sayıdır.

Belə halda P etibarlılıq ehtimalı ilə ölçmənin nəticəsini $Y_h = Y \pm t_p (f_{ef}) S[Y]$ şəklində yazmaq olar.

Alınmış düsturlardan qeyri-xətti asılılıqlar üçün də istifadə etmək olar. Bunu o vaxt etmək olar ki, arqumentlərin ölçmə xətalaları çox kiçik olur və funksiyanın əyrixətliyi hiss olunmur. Bu o deməkdir ki, funksiyanı kifayət qədər dəqiqliklə Teylor sırası vasitəsilə ifadə etmək olar.

Diqqət yetirək ki, əgər bir neçə arqument üçün xətalaların dispersiyaları məlumdursa, onda (2.21) düsturunda bu arqumentlər üçün sərbəstlik dərəcələrinin sayını sonsuzluğa bərabər qəbul etmək lazımdır, beləki, sonsuz

ölçmələr zamanı dispersiyanın qiyməti əsl dispersiyaya yaxınlaşır.

Arqumentlərin birdəfəli ölçülmələri zamanı dolayı ölçülən kəmiyyətin nəticəsinin təyini proseduru çoxsaylı ölçmələrdə olduğu kimi saxlanılır, lakin burada bircəsaylı birbaşa ölçmələr zamanı edilmiş iradlar nəzərə alınır.

Birgə ölçmələr. Birgə ölçmələrin məqsədi kəmiyyətlər arasında funksional asılılığın təyin edilməsindən ibarətdir, məsələn, müqavimətin temperaturdan asılılığını. a və b kəmiyyətləri arasındakı asılılığı tapmaq üçün a kəmiyyətinin müxtəlif ölçülərini müəyyənləşdirmək və ölçmək və eyni zamanda b kəmiyyətini ölçmək lazımdır. Beləliklə, təsdiq olunan asılılığın $a_1, b_1; a_2, b_2; \dots; a_n, b_n$ koordinatlarını almaq olar. Bu kəmiyyətlərin ölçülmələrinin nəticələri xətalara malik olduğu üçün alınmış koordinatlar axtarılan əsl asılılığa aid edilməyəcək. Hər ölçmə nəticəsində sistematik xətanı kənarlaşdırmaqla koordinatları dəqiqləşdirmək olar, lakin dəqiqləşdirilmiş koordinatlar da təsadüfi xətalara görə əsl asılılıqdan meyllənəcəkdir (səpələnəcəkdir).

Səpəlmə dərəcəsi dispersiya ilə xarakterizə edilir. Koordinat nöqtələri üzrə qurulmuş düzgün asılılıq kimi o asılılığı hesab etmək olar ki, burada koordinat nöqtələrinin dispersiyası bu asılılığa nəzərən minimal olacaq. Dispersiyanı qiymətləndirmək üçün koordinat nöqtələrinin meyllənmələrinin kvadratik cəmini əsl asılılıqdan çıxmaq lazımdır. Minimal dispersiyaya bu meyllənmələrin kvadratlarının cəminin minimal qiyməti uyğun gələcəkdir. Odur ki, əsl asılılığı axtarmaq üçün istifadə olunan metod ən kiçik kvadratlar metodu adlanır.

Bu metodun tətbiqinə a və b arasındakı xətti asılılıq misalında baxaq. Tutaq ki, a və b arasındakı asılılıq aşağıdakı tənlik vasitəsilə ifadə olunur:

$$a = \alpha + \beta b = \varphi(\alpha, \beta, \varepsilon). \quad (2.22)$$

Eksperimentin nəticələri, sistematik xətalari kənarlaşdırdıqdan sonra, tədqiq edilən asılılığın $a_1, b_1; a_2, b_2; \dots; a_n, b_n$ koordinatlarını verir. Alınmış koordinatlarla ən yüksək tərzdə uyğunlaşan düz xətti necə çəkmək mümkün olduğunu həll etmək lazımdır. Başqa sözlə desək, eksperiment vasitəsilə alınmış koodinatları və tənliyin növünü bilərək, (2.22) tənliyindəki α və β əmsallarını təyin etmək lazımdır.

(2.22) tənliyinə uyğun olaraq, əgər b kəmiyyəti b_i -qiymətini qəbul edirsə, onda a -nın qiyməti bərabər olmalıdır $\varphi(\alpha, \beta, b_i)$ funksiyasına, lakin eksperiment a_i qiymətini verir. Deməli, eksperimental nöqtə əsl nöqtədən $a_i - \varphi(\alpha, \beta, b_i)$ qiyməti qədər meyllənir. Eksperimental nöqtələrin əsl asılılıqdan meylliyinin kvadratlarının cəmini aşağıdakı ifadə ilə tapmaq olar:

$$\sum_{i=1}^n [a_i - \varphi(\alpha, \beta, b_i)]^2, \quad (2.23)$$

burada n -eksperimental nöqtələrin sayıdır.

(2.23) ifadəsini minimuma gətirən α və β əmsallarının qiymətlərini tapmaq. Bunun üçün bu ifadəni α və β üzrə diferensiallaşdırırıq və törəmələri sıfıra bərabərləşdiririk:

$$\sum_{i=1}^n 2[a_i - \varphi(\alpha, \beta, b_i)] \left[-\frac{\partial \varphi(\alpha, \beta, b_i)}{\partial \alpha} \right] = 0; \quad (2.24)$$

$$\sum_{i=1}^n 2[a_i - \varphi(\alpha, \beta, b_i)] \left[-\frac{\partial \varphi(\alpha, \beta, b_i)}{\partial \beta} \right] = 0.$$

(2.24) tənliklər sistemini (2.22) ifadəsini nəzərə almaqla aşağıdakı şəkilə gətirək:

$$\sum_{i=1}^n a_i = n\alpha + \beta \sum_{i=1}^n b_i; \quad (2.25)$$

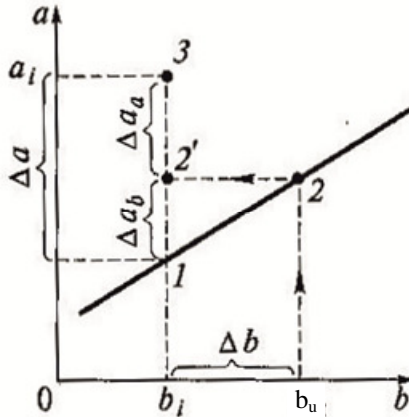
$$\sum_{i=1}^n a_i b_i = \alpha \sum_{i=1}^n b_i + \beta \sum_{i=1}^n b_i^2.$$

Bu tənliklər sistemini həll edərək β əmsalı üçün ifadə alırıq:

$$\beta = \left(n \sum_{i=1}^n a_i b_i - \sum_{i=1}^n a_i \sum_{i=1}^n b_i \right) / \left[n \sum_{i=1}^n b_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n b_i \right)^2 \right] \quad (2.26)$$

$$\beta \text{-nın qiymətini bilərək tapırıq } \alpha = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} - \beta \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n}.$$

Ümumi halda α və β -nın alınmış qiymətləri tənliyin a_i və b_i əmsallarının əsl qiymətlərindən fərqlənir və təsadüfi kəmiyyətlərdir. Beləki, təsadüfi xətlərlə təhrif olunmuş a_i , b_i koordinatları da təsadüfi kəmiyyətlərdir. Əmsalların təyini xətalrı bunlardır: $\Delta\alpha = \alpha - \alpha_u$ və $\Delta\beta = \beta - \beta_u$. Bu xətlərin dispersiyaları müvafiq əmsalların dispersiyalarına bərabərdir, \leftrightarrow yəni $\leftrightarrow D[\Delta\alpha] = D[\alpha] = \sigma^2[\alpha] \leftrightarrow$ və $D[\Delta\beta] = D[\beta] = \sigma^2[\beta]$. Bu dispersiyaları tapaq.



Şəkil 2.6. a_i və b_i ölçmə xətasının tədqiq olunan asılılığa nəzərən eksperiment nöqtələrin səpələnməsinə təsiri

Əvvəlcə a_i və b_i -nin ölçmə xətlərinin eksperimental nöqtələrin səpələnməsinə təsirinə baxaq. Tutaq ki, $b=b_i$

olduqda a kəmiyyəti ölçülür. Əgər ölçmələr xətasız yerinə yetirilsə, onda b_i -nin qiymətini müəyyənləşdirərək a kəmiyyətinin koordinat nöqtəsinə 1 uyğun gələn qiymətini alırıq (şəkl.2.6). Sonra tutaq ki, a kəmiyyəti xətasız, b kəmiyyəti isə xəta ilə ölçülür. Onda b_i -nin qiymətini müəyyənləşdirən zaman b kəmiyyətinin əsl qiyməti Δb xətasına görə b_u -ya bərabər götürülə bilər. Bu zaman a kəmiyyətinin qiyməti koordinat nöqtəsinə 2 uyğun gələcək. Lakin, qəbul edək ki, b_i -nin qiymətini müəyyənləşdirərək koordinat nöqtəsi 2 əvəzinə koordinat nöqtəsi 2¹-ə baxacağıq. Bu nöqtə tədqiq olunan asılılıqdan $\Delta a_b = \beta_u \Delta b$ qədər yana sürüşüb (burada β_u - tədqiq edilən asılılığın əsl mailik əmsəlidir). Əgər a kəmiyyəti də xəta ilə ölçülsə, onda koordinat nöqtəsi 2¹ bu kəmiyyətin qiyməti Δa_a qədər yerini dəyişəcək və nöqtə 3-də olacaq. Elə bu nöqtəyə də a_i, b_i koordinatlı nöqtə kimi baxırıq. Nöqtə 3 tədqiq olunan asılılıqdan $\Delta a = \Delta a_a + \beta \Delta b$ qədər yana sürüşür. Aydındır ki, əgər Δa_a və Δb xətalalarının dəyişməsi zamanı Δa dəyişməz qalarsa, onda eksperimental nöqtə 3 öz vəziyyətini dəyişməyəcəkdir. Bu zaman β və α əmsallarının qiymətləri eyni qalacaq, çünki onlar ancaq eksperimental nöqtələrin vəziyyəti ilə təyin edilir. Ona görə hesab etmək olar ki, b kəmiyyətinin ölçülməsi xətasız yerinə yetirilir, eksperimental nöqtələrinin tədqiq olunan asılılığa nəzərən səpələnməsi isə ancaq $\Delta a = \Delta a_a + \beta_u \Delta b$ xətası ilə bağlıdır. Δa_a və Δb xətalaları qeyri-asılı təsadüfi kəmiyyətlərdir. Dispersiyaların tapılması qaydasını tətbiq edərək müəyyən edirik ki, eksperimental nöqtələrin səpələnməsini xarakterizə \leftrightarrow edən \leftrightarrow dispersiya $\sigma^2[a] = D[\Delta a] = \sigma^2[a_a] + \beta_u^2 \sigma^2[\Delta b]$ ifadəsi ilə təyin edilir. Hesab edirik ki, a_i -nin istənilən qiymətini ölçən zaman dispersiya eynidir.

İndi də β və α əmsallarının dispersiyalarının bilavasitə qiymətləndirilməsinə keçək. Kəmiyyət b -nin xətasız ölçülməsini hesab edərək, b -nin əmsalların hesablanması ifadəsinə daxil olan istənilən qiymətinə qeyri-təsadüfi ədəd kimi baxmağa ixtiyarımız var.

(2.26) ifadəsini cəbri dəyişmələr yolu ilə aşağıdakı formaya gətirmək olar:

$$\beta = \sum_{i=1}^n a_i (b_i - \bar{b}) / \left(\sum_{i=1}^n b_i - n\bar{b} \right),$$

burada \bar{b} - b kəmiyyətinin koordinatlarının orta ədədi qiymətidir, $\bar{b} = \left(\sum_{i=1}^n b_i \right) / n$.

a_i -lərin hamısı $\sigma^2[a]$ dispersiyalı qeyri-asılı təsadüfi kəmiyyət olduğuna görə β əmsalının dispersiyasını aşağıdakı ifadə ilə tapmaq olar:

$$\sigma^2[\beta] = \frac{\sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2}{\left(\sum_{i=1}^n b_i^2 - n\bar{b}^2 \right)^2} \sigma^2[a] = \frac{1}{\sum_{i=1}^n b_i^2 - n\bar{b}^2} \sigma^2[a] \quad (2.27)$$

α əmsalının dispersiyasını tapmaq üçün (2.25) tənliklər sistemindən β əmsalını kənarlaşdıraraq bu sistemi α əmsalına nəzərən həll etmək lazımdır:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n a_i \left(b_i \bar{b}^2 - \frac{\sum_{i=1}^n b_i^2}{n} \right)}{n\bar{b}^2 - \sum_{i=1}^n b_i^2}$$

Burada $n\alpha$ əmsalının dispersiyasını tapırıq:

$$\sigma^2[\alpha] = \frac{\sum_{i=1}^n (b_i \bar{b} - \sum_{i=1}^n b_i^2)^2}{(n\bar{b}^2 - \sum_{i=1}^n b_i^2)^2} \sigma^2[\alpha] = \frac{\sum_{i=1}^n b_i^2}{n} \sigma^2[\beta] \quad (2.28)$$

Dispersiyaları (2.27) və (2.28) ifadələri ilə hesablamaq üçün eksperimental nöqtələrin səpələnmə dispersiyasını $\sigma^2[a]$ bilmək lazımdır. Bu dispersiyanın dəqiq qiymətini hətta a və b kəmiyyətlərinin dəyişmə xətalərinin məlum dispersiyalarında tapmaq olmaz, çünki əsl maillik əmsalını β_u bilmək lazımdır. Ona görə də $\sigma^2[\beta]$ və $\sigma^2[\alpha]$ dispersiyaları əvəzinə onların qiymətlərini alırlar. Burada $\sigma^2[a]$ əvəzinə onun aşağıdakı qiymətlərindən birini istifadə edirlər:

- xətalərin məlum dispersiyalarında və ya onların $\sigma^2[\Delta a]$ və $\sigma^2[\Delta b]$ qiymətlərində alırıq $\sigma^2[a] = \sigma^2[\Delta a] + \beta^2 \sigma^2[\Delta b]$;
- ölçmə xətalərinin dispersiyalarının məlum qiymətlərində $S^2[\Delta a]$ və $S^2[\Delta b]$ alırıq $S^2[a] = S^2[\Delta a] + \beta^2 S^2[\Delta b]$;
- Xətalərin dispersiyaları və ya onların qiymətləri haqqında informasiya olmadıqda $S^2[a] = \sum_{i=1}^n [a_i - (\alpha + \beta b_i)]^2 / (n-2)$

ifadəsindən istifadə edirik.

Axıncı ifadənin surətində ayrı-ayrı ölçmə nəticələrinin onların əsl qiymətlərindən meyllənmələrinin kvadratlarının cəmi, məxrəcdə isə sərbəstlik dərəcələrinin sayı durur. Riyazi statistikada təsdiq olunub ki, birgə ölçmələrin nəticələrinin işlənməsi zamanı sərbəstlik dərəcələrinin sayı koordinat nöqtələrinin sayı n ilə qeyri-məlum əmsalların sayının m fərqi kimi təyin edilir. Baxılan hal üçün $m=2$ (əmsallar α və β). Ona görə də sərbəstlik dərəcələrinin sayı $(n-2)$ -yə bərabərdir.

Əgər müxtəlif birgə ölçmələrin sayı ölçülən kəmiyyətlərin sayına bərabədirsə, onda ölçmə nəticələri üzrə tənliklər sistemi tərtib etmək olar. Bu sistemdə tənliklərin sayı ölçülən kəmiyyətlərin sayına bərabərdir. Tənliklər sistemini həll edərək, hər bir ölçülən kəmiyyəti birgə ölçmələrin nəticələri vasitəsilə dolayı yolla ifadə etmək olar. Sonrakı işləmələri dolayı ölçmələrdə müşahidələrin nəticələrinin işlənməsi qaydaları üzrə aparmaq olar. Əgər müxtəlif birgə ölçmələrin sayı ölçülən kəmiyyətlərin sayından çoxdursa, onda ölçmələrin nəticələrinin işlənməsini ən kiçik kvadratlar metodunun köməyi ilə aparırlar.

Xətaların cəmlənməsi. Ölçmə təcrübəsində tez-tez cəm xətanın onu təşkil edən xətaların məlum qiymətlərinə görə təyini məsələsi meydana çıxır. Xətaların tərkib hissələrinin təsadüfi kəmiyyət kimi baxılması zamanı cəm xətanı təsadüfi kəmiyyətlərin cəmlənməsi qaydası üzrə təyin etmək lazımdır. Bu qayda ehtimal nəzəriyyəsiindən məlum olan əsasnamələrə əsaslanır:

1) cəm xətanın (sistematik xəta) riyazi gözləməsi tərkib hissələrinin (sistematik xətaların) riyazi gözləmələrinin cəbri cəmi ilə təyin edilir;

2) cəm xətanın dispersiyası aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$\sigma_E^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 + 2 \sum_{i < j} r_{ij} \sigma_i \sigma_j, \quad (2.29)$$

burada n - xətaların toplanan tərkib hissələrinin sayı;

σ_i^2 - xətanın i -ci tərkib hissəsinin dispersiyası;

r_{ij} – tərkib hissələri i və j arasındakı korrelyasiya əmsalı (cəm işarəsi altındakı $i < j$ işarəsi göstərir ki, cəmləmə tərkib hissələrinin bütün mümkün olan cütlü birləşmələrinə aiddir, onlar üçün $i < j$).

Toplanan tərkib hissələrinin məlum sisteməlik xətalari üzrə yekun sisteməlik xətanın tapılması heç bir çətinlik törətmir (2.29) ifadəsinin istifadəsi isə σ_E^2 -nin hesablanması üçün çətinlikdir, beləki, tərkib hissələri arasındakı korrelyasiya əmsalının dəqiq qiyməti adətən qeyri-məlumdur. Bu halda hesabat zamanı r-i sıfıra bərabər qəbul edirlər, əgər təsadüfi tərkib hissələrini qeyri-məlum hesab edirlərsə və ya işarə “+” və ya “-” ilə vahidə bərabərdirsə, onda xətalərin toplanan hissələri arasında korrelyasiya hiss olunar. Təsadüfi xətalərin cəmlənməsinə bir qədər ətraflı baxaq.

Təsadüfi xətalərin normal qanun üzrə paylanması zamanı onların cəmləşdirilməsi. Hesab edək ki, ölçmənin yekun xətası n ədəd normal paylanma qanununa malik təsadüfi tərkib hissələrindən ibarətdir, $\pm \delta_{im} - i - ci$ təsadüfi hissənin etibarlılıq intervalının sərhədləridir.

Xətanın hər bir tərkib hissəsi üçün etibarlılıq ehtimalının intervalını etibarlılıq bilərək, onlardan hər birinin orta kvadratik meyillənməsini aşağıdakı düsturla tapmaq olar:

$$\sigma_i = \sigma_{im} / z_{pi}, \quad (2.30)$$

burada Z_{pi} - normal paylanma üçün cədvəldən götürülmüş və P_i etibarlılıq ehtimalına uyğun əmsaldır.

Əgər bütün tərkib hissələri üçün etibarlılıq ehtimalı eynidirsə və P-yə bərabərdirsə, onda (2.29) və (2.30) ifadələrindən istifadə edərək alırıq:

- bir-birindən asılı olan tərkib hissələri üçün (r_{ij} bərabərdir + 1 və ya -1) –

$$\sigma_E = \sqrt{\sum_i^n \sigma_{i=1}^2 \pm 2 \sum_{i=1}^n \sigma_i \sigma_j = \sum_{i=1}^n \pm \sigma_i = \sum_{i=1}^n \pm \delta_{im} / z_p}, \quad (2.31)$$

burada işarə “ \pm ” göstərir ki, müsbət korrelyasiyalı tərkib hissələri üçün σ_i və δ_{im} -in qiymətlərini “+” işarəsi

ilə, mənfi korrelyasiyalı tərkib hissələri üçün isə “-” işarəsi ilə götürmək lazımdır;

- bir-birindən asılı olmayan tərkib hissələri üçün ($r_{ij}=0$) –

$$\sigma_E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{im}^2} / z_p. \quad (2.32)$$

Normal paylanma qanununa malik olan tərkib hissələrini cəmləşdirəndə yekun xəta da normal qanuna malik olacaqdır. Ona görə də yekun xətanın etibarlılıq intervalı P etibarlılıq ehtimalı ilə yazıla bilər:

$$\delta_\Sigma = \pm Z_p \sigma_{\Sigma..} \quad (2.33)$$

(2.31) və (2.32) düsturlarını nəzərə alaraq (2.33) ifadəsini aşağıdakı formada yazmaq olar:

- bir-birindən asılı olan tərkib hissələri üçün –

$$\delta_\Sigma = \pm \sum_{i=1}^n \pm \delta_{im}; \quad (2.34)$$

- bir-birindən asılı olmayan tərkib hissələri üçün –

$$\delta_\Sigma = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{im}^2}. \quad (2.35)$$

Əgər (2.34) ifadəsində bütün tərkib hissələri müsbət korrelyasiyaya malikdirsə, onda

$$\delta_\Sigma = \pm \sum_{i=1}^n \delta_{im} \quad (2.36)$$

ifadə (2.36) üzrə xətaların toplanmasına cəbri toplama, ifadə (2.35) üzrə toplanmasına isə həndəsi toplama deyilir.

Korrelyasiya əmsallarının həqiqi qiymətləri mütləq qiymətlərə görə sıfırdan vahidə qədər həddlərdə ola bilər. Ona görə də cəbri toplama adətən cəm xətanın yüksəldilmiş qiymətini verir.

Əgər xətaların toplanan tərkib hissələrinin hədd qiymətləri məlumdursa, onda yekun xətanın hədd qiymətini tərkib hissələrinin hədd qiymətlərinin cəbri toplanması yolu ilə tapırlar.

Normal qanundan fərqlənən paylanma qanunu zamanı təsadüfi xətalərin cəmlənməsi. Bu halda cəm xətanın tapılmasında çətinlik ondan ibarətdir ki, onun paylanma qanunu tərkib hissələrinin paylanma qanunlarının konkret növlərindən və xarakteristikalarından asılıdır. Məsələn, eyni dispersiyalı bərabərölçülü paylanma qanunlarına malik iki qeyri-asılı təsadüfi xətaləri toplayan zaman yekun xəta üçbucaq qanunu üzrə paylanacaqdır. Əgər bu eyniölçülü qanunlar müxtəlif dispersiyalara malikdirsə, onda yekun xəta trapesoidal qanun üzrə paylanacaqdır. Ona görə də yekun xətanın etibarlılıq intervalını müəyyən etmək üçün hər bir konkret halda etibarlılıq nəzəriyyəsi metodları ilə yekun xətanın paylanma qanununu tapmaq lazımdır.

Yekun xətanın paylanma qanununu bilərək, bu xətanın etibarlılıq intervalını (2.33) - ə analoji olan ifadə ilə tapmaq olar:

$$\delta_{\Sigma} = \pm K_{\Sigma}^P \sigma_{\Sigma},$$

burada K_{Σ}^P – yekun xətanın P etibarlılıq ehtimalı ilə paylanma qanunundan asılı olan əmsaldır.

Yekun xətanın paylanma qanununu bilmədən də cəm xətanın etibarlılıq intervalını təxmini üsullarla təyin etmək mümkündür.

Birinci üsul mərkəzi hədd teoreminə əsaslanır: əgər cəmlənən qeyri-asılı tərkib hissələrinin sayı kifayət qədər çoxdursa (praktiki $n \geq 5$ olduqda), onda yekun xətanın paylanma qanunu normal qanuna yaxındır və K_{Σ}^P əmsalı kimi Z_p -ni qəbul etmək olar.

İkinci üsul eksperimental tədqiqata əsaslanır. Bu tədqiqat göstərir ki, simmetrik paylanma qanununa malik qeyri-asılı tərkib hissələrini toplayan zaman K_{Σ}^P əmsalının təxmini qiymətlərindən istifadə etmək olar:

- $P=0,90$ etibarlılıq ehtimalında əmsal $K_{\Sigma}^{0,90} = 1,6$ olur;
- $P=0,95$ etibarlılıq ehtimalında əmsal $K_{\Sigma}^{0,95} = 1,8$ olur.

Burada δ_Σ –nin təyinində xəta $\pm 10\%$ _ dən çox olmur.

Fəsil 3

ÖLÇMƏ VASİTƏLƏRİ VƏ ONLARIN METROLOJİ XARAKTERİSTİKALARI

3.1. Ölçmə vasitələrinin sinifləşdirilməsi

Ölçmə proseduru xüsusi texniki vasitələrin köməyi ilə həyata keçirilir ki, onlara da ölçmə vasitələri deyilir.

Ölçmə vasitəsi (ÖV) bu və ya digər formada ölçülən və ya təzələnən kəmiyyətin ölçü ilə müqayisə olunma prosedurunun həyata keçirir.

Funksional təyinatına görə ölçmə vasitələri fiziki kəmiyyətlərin qiymətləri haqqında informasiya yaradan siqnalların (göstəricilərin) yaradılması və ya verilmiş ölçülü fiziki kəmiyyətlərin təzələnməsi üçündür.

Ölçmə vasitələrinin zəruri və fərqləndirici xüsusiyyəti müəyyən edilmiş (normalaşdırılmış) metroloji xarakteristikaların olmasıdır.

Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikası - ölçmələrin nəticəsinə və onun xətasına təsir edən ölçmə vasitələrinin xassələrindən birinin xarakteristikasıdır. Buradan aydındır ki, texniki vasitədə realizə olunan hər hansı operator (funksional asılılıq) mövcuddur. Bu operator bir mənalı surətdə bu ölçmə vasitəsinin çıxış siqnalını ölçülən kəmiyyətin qiyməti ilə əlaqələndirir. Burada həmin operatorun texniki təzələnməsinin dəqiqliyi təyin edilir və bu ölçmə vasitəsinin metroloji xarakteristikalarının müəyyən edilməsi yolu ilə onun bir sıra xassələri təyin edilir.

Metroloji xarakteristikalar ölçmə vasitələrinin xarakteristikalarının xüsusi qrupuna ayrılmışdır. Onlara ölçmə həddləri, dəqiqlik sinfi, tezliyin işçi zolağı və s. aiddir.

Qeyri-metroloji (texniki) xarakteristikalara qidalanma mənbəyindən istifadə olunan güc, elektron osilloqrafın ekranının ölçüsü və rəngi və digərləri aiddir.

Ölçmənin nəticələrini qiymətləndirən zaman bu xarakteristikalar təyinedici deyildirlər.

Ölçmə vasitələri öz strukturunda ümumi halda ölçmə modellərini və köməkçi qurğuları özündə birləşdirir ki, onlar da birlikdə ölçü zəncirini yaradır. Bu zəncir ölçmə informasiya siqnallarının lazımi formada dəyişdirilməsini həyata keçirir.

Külli miqdarda müxtəlif ölçmə vasitələri mövcuddur. Ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması sistemindəki roluna görə ölçmə vasitələrini aşağıdakılara bölürlər:

- nümunəvi (etalonlar);
- işçi.

Nümunəvi ölçmə vasitəsi metroloji məqsədlər üçündür: verilmiş ölçülü fiziki kəmiyyətlərin təzələnməsi, onların saxlanması və işçi ölçmə vasitələrinə ötürülməsi. Nümunəvi vasitələr nisbətən azsaylıdır, onlarla əsasən müvafiq elmi-tədqiqat institutlarında məşğul olurlar.

İşçi ölçmə vasitəsi - vahidin ölçüsünü digər ölçmə vasitələrinə ötürməklə bağlı olmayan ölçmə vasitəsidir. İşçi ölçmə vasitələri metroloji məsələlərlə bağlı olmayan elmi eksperimentlərdə və texniki sınaqlarda geniş istifadə olunur və ölçmə vasitələrinin əsas parkını təşkil edir.

Funksional vəzifəsindən asılı olaraq işçi ölçmə vasitələrini qruplara ayırırlar:

- ölçülər;
- ölçü cihazları;
- ölçmə çeviriciləri;
- köməkçi ölçmə vasitələri;
- ölçmə qurğuları;
- ölçmə sistemləri.

Ölçü - bir və ya bir neçə verilmiş ölçülərə malik fiziki kəmiyyətlərin təzələnməsi və (və ya) saxlanması üçün istifadə olunan ölçmə vasitəsidir. Bu ölçülər məlum vahidlərlə ifadə olunur və lazımi dəqiqliklə məlumdur.

Ölçü cihazı - müəyyən diapazonda ölçülən fiziki kəmiyyətin qiymətlərinin alınması üçün istifadə olunan ölçmə vasitəsidir. Ölçü cihazları ölçmə vasitələrinin ən çox yayılmış növüdür. Bunula əlaqədar olaraq ölçü cihazları özlərinin budaqlanmış sinfi strukturuna malikdir. Belə ki, ölçülən kəmiyyətin növünə görə ölçü cihazları ampermetr, voltmetr, tezlikmetr kimi; çıxış siqnalının növünə görə-analoqlu və rəqəmli; çıxış siqnalının təqdim olunma formasına görə - göstərici və qeydedici; konstruktiv əlamətlərinə görə - stasionar və səyyar olurlar. Bütün kvalifikasiya əlamətlərinə baxmayacağıq, lakin qeyd edək ki, ölçü cihazları çox mürəkkəb “kvalifikasiya ağacına” malikdirlər.

Ölçmə çeviricisi - ölçülən kəmiyyəti digər kəmiyyətə və ya ölçmə siqnalına çevirən normativ metroloji xarakteristikalı ölçmə vasitəsidir. Bu çeviricinin göstərişini müşahidəçi bilavasitə qəbul edə bilmir. Dəyişdirilmə xarakterinə görə analoqlu, ədədi analoqlu və analoqlu ədədi çeviriciləri bir-birindən fərqləndirirlər. Ölçmə zəncirindəki yerinə görə ilkin və aralıq çeviriciləri də fərqləndirirlər. Miqyaslı və ötürücü çeviriciləri də fərqləndirirlər, məsələn, ölçmə gücləndiriciləri, gərginliyin diskret bölücüləri, cərəyanın ölçmə transformatorları və s. Bu, ölçmə vasitələrinin kifayət qədər yayılmış növüdür.

Bütün ölçmə çeviriciləri iki böyük yarımövə bölünür: elektrik kəmiyyətlərini elektrik kəmiyyətə çevirən ölçmə və qeyri-elektrik kəmiyyətləri elektrik kəmiyyətə çevirən ölçmə.

Köməkçi ölçmə vasitələri - elə ölçmə vasitələridir ki, onların tətbiqi digər ölçmə vasitələrinə təsir göstərir. Bu vasitələri təsiredici kəmiyyətin qiymətlərinin verilmiş hüdudda saxlanmasına nəzarət üçün tətbiq edirlər.

Ölçmə qurğusu - bir və ya bir neçə fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi üçün bir yerdə yerləşdirilmiş və funksional birləşmiş ölçülərin, ölçü cihazlarının, ölçmə

çeviricilərinin və digər qurğuların məcmuudur. Bu cür vasitələrə tipik misal kimi yoxlama qurğularını göstərmək olar. Bu cür qurğularda cihazların hər hansı tipinin (və ya tiplərinin) onların kütləvi istehsalı zamanı texnoloji yoxlama tsikli aparılır. Yoxlama proseduru və onun aparılması üçün lazımı vasitələr əvvəlcədən məlum olduğu üçün qurğunun tətbiqi göstərilən texnoloji tsiklin aparılmasının effektivliyini xeyli yüksəldir.

Bir neçə mülahizələrlə stasionar laboratoriya işini də ölçmə qurğusu kimi təyin etmək olar.

Ölçmə sistemi - bir və ya bir neçə fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi üçün nəzarət edilən obyektin müxtəlif nöqtələrində yerləşdirilmiş və funksional birləşmiş ölçülərin, ölçü cihazlarının, ölçmə çeviricilərinin, EHM və digər texniki vasitələrin məcmuudur. Bu cür sistemlər tətbiq edilir, məsələn, iri elektrostansiyalarda, təyyarələrin və iri qayıqların bortunda və digər mürəkkəb obyektlərdə, haradakı böyük miqdarda parametrlərin qeydiyyatı və onların operatorlar üçün münasib formada təqdim olunması tələb olunur.

İri obyektlərin parametrlərinə buraxılış nəzarəti nə vaxt aparılırsa, xüsusilə də elektrostansiyaların, bu cür sistemlər *avtomatik nəzarət sistemləri* adlanır. Bu sistemlərdə parametrlər üçün hər hansı səviyyə (buraxılış) müəyyən edilir ki, onun yüksəlməsi müvafiq siqnalizasiyanı, parametrlərin qeydiyyatını və parametrlərin qiymətlərinin operatora təqdim olunmasını tələb edir.

İnformasiya mənbələri qəbuledicidən kifayət qədər uzaqlaşarsa və informasiyanın ötürülməsi üçün bu və ya digər əlaqə xətti istifadə olunursa, bu cür ölçmə sistemi *teleölçmə sistemi* adlanır.

Mikrosxemotexnikanın inkişafı ölçmə vasitələrinin istehsalı zamanı prosessor vasitələrinin geniş tətbiqinə gətirib çıxardı ki, bu da proqramlaşdırılmış prosessor adlanır.

Proqramlaşdırılmış prosessorların tətbiqi eksperimentin şəraitinə və məsələlərinə uyğunlaşmış ölçmə vasitələrinin yaradılmasına imkan verir ki, bunlar da intellektual adlanırlar.

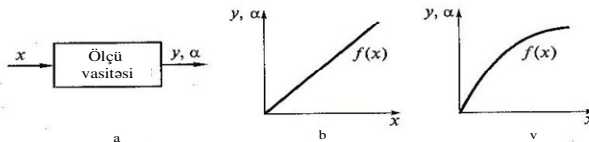
3.2. Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikaları

Metroloji xarakteristikalar ölçmələrin nəticələrinə və xətalарına xeyli təsir göstərir. Metroloji xarakteristikalar bu və ya digər ölçmə məsələlərini həll edən zaman ölçmə vasitələrindən istifadənin mümkünlüyünü təyin edir.

Təyinatına görə birləşmiş metroloji xarakteristikaları bir neçə qrupa bölürlər.

Ölçmələrin nəticələrini təyin etmək üçün xarakteristikalar. Xarakteristikalardan biri ölçmə dəyişdiricisinin və ya cihazın çevirmə funksiyasıdır- $f(x)$. Şəkil 3.1-də ölçmə vasitəsinin funksiyasının ümumiləşmiş sxemi (a), xətti (b) və qeyri-xətti (v) çevirmə funksiyasının realizə olunmasına misallar göstərilmişdir. Əgər çıxış signalı y vizual müşahidə olunandırısa, onda adətən çıxış signalını işarə etmək üçün yunan hərfi “ α ”-dan istifadə edirlər.

Ümumi halda çevirmə funksiyası $y=f(x)$ asılılığıdır. Çevirmə funksiyasının təqdim olunma forması müxtəlif ola bilər: analitik asılılıq şəklində, cədvəl şəklində və ya qrafik şəklində (bax.şək.3.1).



Şək.3.1. Ölçmə vasitəsinin ümumiləşmiş sxemi (a) və çevirmə funksiyasının xətti (b) və qeyri-xətti (v) realizə olunmasına misallar: x-giriş təsirinin ümumiləşmiş işarəsi; y-çıxış signalı və ya ölçü informasiyası signalı

| $^{\circ}\text{C}$ | R, Om |
|--------------------|--------|
| 0 | 100,00 |
| 10 | 103,90 |
| 20 | 107,79 |
| 30 | 111,67 |

Çevirmə funksiyasının analitik formada verilməsinə misallar kimi elektromexaniki cihazların hərəkətli hissəsinin meyllənmə bucağının ölçülən kəmiyyətdən asılılığını göstərmək olar. Analitik asılılıq mürəkkəb olduqda və ya asılılıqlar eksperimentlə müəyyən edilmişdirsə, funksiyasının cədvəl formasını tətbiq edirlər. Cədvəl 3.1-də $P_{\tau}-100$ tipli müqavimət termometri üçün fraqment göstərilir. Burada bir neçə diskret nöqtələr üçün termometrin müqavimətinin temperaturdan asılılığı verilir.

Nominal və real çevirmə funksiyalarını bir-birindən fərqləndirmək lazımdır. Nominal çevirmə funksiyasını $y=f_{nom}(x)$ verilmiş tip ölçmə vasitəsinin normativ-texniki sənədində yazırlar və o, bu tip ölçmə vasitələrinin bütün sırasını ümumiləşmiş formada xarakterizə edir. Real çevirmə funksiyası $y=f_r(x)$ isə verilmiş tip ölçmə vasitəsinin konkret nüsxəsinə aiddir. Real çevirmə funksiyasının nominal funksiyadan fərqi xarakteristikaların buraxılabilən səpələnməsi ilə təyin edilir və bu, vasitələrin istehsal texnologiyası ilə bağlıdır. Konkret vasitənin real çevirmə funksiyası ancaq eksperiment yolu ilə təyin edilə bilər.

Ölçmə vasitələrinin təsir prinsipindən və realizə etmə üsullarından asılı olaraq çevirmə funksiyasının növü müxtəlif ola bilər. Lakin çox vacibdir ki, funksiya xətti olsun. İstifadəsinin asan olmasından başqa, xətti funksiya ölçmə xətasının aləti tərkib hissəsini xeyli azaltmağa imkan verir. Bununla əlaqədar olaraq ölçmə vasitələrinin layihələndirilməsi zamanı tez-tez çevirmə funksiyasının müxtəlif üsullarını tətbiq edirlər.

Çevirmə əmsalı ölçmə nəticələrinin qiymətlərini almaq nöqtəyi-nəzərindən ölçmə vasitəsinə kifayət qədər tam xarakterizə edir. Eyni zamanda bir çox hallarda ölçmə nəticələrini təyin etmək üçün nisbətən sadə xarakteristikalardan istifadə etmək olar ki, onlar da çevirmə funksiyasının bir neçə ədədi parametrləridir.

Çevirmə əmsalı - $k=y/x$. Nominal k_{nom} və real k_r çevirmə əmsallarını bir-birindən fərqləndirirlər. Müxtəlif əlavələrdə çevirmə əmsalları öz adlarına malik ola bilər, məsələn, ölçmə gücləndiriciləri üçün tez-tez “gücləndirmə əmsalı” anlayışından istifadə edirlər. Ümumi halda çevirmə əmsalı k ölçü vahidi y /ölçü vahidi x ölçüsünə malikdir. Xətti (additiv sürüşməsi) çevirmə funksiyası üçün $k_{nom}=const$, qeyri-xətti funksiya üçün isə giriş signalından asılıdır- $k_r(x)$.

Ölçmə vasitəsinin həssaslığı - çıxış kəmiyyətinin dəyişməsinin giriş kəmiyyətinin dəyişməsinə olan nisbətidir, yəni $s = \Delta y / \Delta x$. Ölçü cihazları üçün həmçinin tez-tez “cihazın sabiti” anlayışından istifadə edirlər: $c=1/s$. Xətti çevirmə funksiyası üçün $s=1/c=k$. Bu, ölçü cihazının istismarı üçün çox rahatdır. Qeyri-xətti çevirmə funksiyası üçün həssaslıq $s(x)$ giriş signalından asılıdır.

Ölçmə diapazonu - ölçülən kəmiyyətin elə qiymətlər sahəsidir ki, onun hüdudlarında ölçmə vasitəsinin buraxıla bilən xətası normalaşdırılır.

Göstəriş diapazonu - cihazın şkalasının başlanğıc və son qiymətləri ilə məhdudlaşan qiymətlər sahəsidir.

Ölçmə diapazonu və göstəriş diapazonu arasındakı fərqi asanlıqla elektromaqnit ampermetrin misalında göstərmək olar. Bu cür cihaz təsir prinsipinə görə qeyri-xətti şkalaya malikdir.

Layihələndirmə və müəyyən sahədə istehsal edilən zaman şkalanı gözdən keçirtmək (linearizasiya etmək) və ölçmələrin tələb olunan dəqiqliyini təmin etmək mümkündür. Adətən bu diapazon bütün şkalanın ($\approx 15 \dots 100$) % hüdudlarında yerləşir və ölçmə

diapazonudur. Şkalanın başlanğıc hissəsində ($\approx 15\%$ -ə qədər) cihaz təsir prinsipinə görə giriş cərəyanına reaksiya verir, lakin şkalanın bu hissəsində ölçmələrin xətası təmin edilmir, yəni ampermetr göstərir, lakin ölçmür. Odur ki, şkalanın bütün diapazonu $0...100\%$ göstəriş diapazonudur.

Ölçmə həddləri - ölçmə diapazonunun ən böyük və ən kiçik qiymətləridir. Ölçmənin aşağı həddi və ölçmənin yuxarı həddi anlayışlarını tətbiq edirlər.

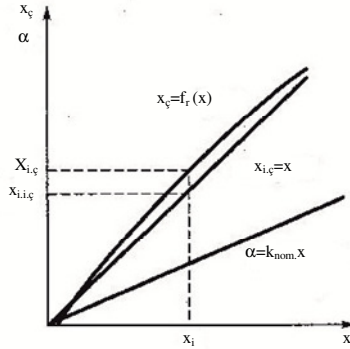
Ölçmə vasitələrinin xətalərinin xarakteristikaları. Ölçmə vasitələrinin xətalərinə baxaraq qeyd etmək lazımdır ki, burada söhbət ölçmənin xətasının aləti tərkib hissəsi haqqında, yəni ölçmə vasitəsinin özünün xassələri ilə bağlı tərkib hissələri haqqında gedir.

Ölçmə vasitəsinin xətası - ölçmə vasitəsinin göstərişi ilə ölçülən kəmiyyətin əsl (həqiqi) qiyməti arasındakı fərkdir.

Ölçü cihazının xətasının əmələgəlmə səbələrindən birinə baxaq. Tutaq ki, α bucağının nominal xətti asılılığı, elektromexaniki cihazın (xüsusilə maqnitoelektrik) göstəricisinin (əqrəbin) ölçülən kəmiyyətdən meyilliyi $\alpha = K_{nom} X$ kimidir. Ölçü cihazında şkala ölçülən kəmiyyətlə ifadə olunmalıdır. Bunun üçün şkalanın dərəcələnməsi (baxılan əqrəbli cihaz üçün şkalanı nişanlamaq) lazımdır. Cihazın göstərişi (ölçü vahidində) $X_{ç} = K_d \alpha = K_d K_{nom} X$, burada K_d -dərəcələmə əmsəlidir. Ideal cihaz üçün $K_d K_{nom} = 1$ və deməli, ideal cihazın göstərişi $X_{i,ç} = X$, yəni cihazın göstərişi ölçülən kəmiyyətin qiymətinə bərabərdir və bu halda aləti xəta yoxdur.

Real ölçmə vasitələri üçün çevirmə xarakteristikası $X_{ç} = f(x)$ idealla üst-üstə düşməyə bilər, yəni bütün nöqtələrdə $K_d K_{nom} = 1$ şərtinə riayət olunmayacaqdır. Bu, ona gətirib çıxaracaq ki, cihazın göstərişi $X_{i,ç}$ ölçülən kəmiyyətdən fərqlənəcəkdir (şəkl.3.2). Bu zaman nöqtə X_i -də mütləq xəta bərabər olacaq $\Delta x_{i,ç} = X_{i,ç} - X_i$. Beləliklə, real

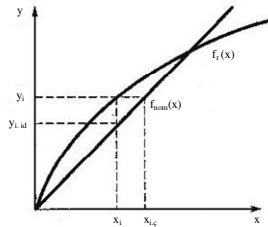
çevirmə xarakteristikasının idealdan fərqi ölçmələrin xətasına gətirib çıxarır.



Şək.3.2. Real ölçmə vasitəsinin çevirmə xarakteristikası

Ölçmə dəyişdiricisinin giriş üzrə xətası - siqnalın girişinə gətirilmiş ölçmə informasiyasının ölçülən kəmiyyətin əsl (həqiqi) qiymətindən meyilliyidir ki, bu da ölçmə dəyişdiricisinin özünün xassələri ilə baş verir. Bu xəta əvvəlki xəta kimidir, eyni zamanda təyin olunma formasına görə fərqlənir, belə ki, bu halda giriş və çıxış kəmiyyətləri müxtəlif cür adlandırılır.

Şəkil 3.3-də xətti nominal və qeyri-xətti real çevirmə funksiyası göstərilir, lakin nominal çevirmə əmsalı $k_{nom} = const$ dəyişdiricinin texniki təsvirində qeyd olunmuşdur, real əmsal $k_r(x)$ giriş siqnalından asılıdır və bir qayda olaraq, məlum deyildir.



Şək.3.3. Ölçmə çeviricisinin xətti nominal və qeyri-xətti real çevirmə funksiyaları

Tutaq ki, ölçmə çeviricisinin girişinə x_i -yə bərabər signal verilir. Çeviricinin çıxışında gözlənilən signal onun nominal xarakteristikasına uyğun olaraq $y_{i, id}$ qiymətinə bərabər olmalıdır. Lakin real xarakteristikaya $f_i(x)$ uyğun olaraq real çıxış signalı y_r -ə bərabər olacaqdır. Girişə gətirilmiş signal y_i məlum nominal çevirmə əmsalının köməyi ilə çıxış signalının qiymətini təyin edir: $x_{iç} = y_i / k_{nom}$. Aydındır ki, (bax şəkl.3.3) bu qiymət giriş signalının həqiqi qiyməti ilə uzlaşmır və fərq $\Delta x_i = X_{iç} - X_i$ giriş üzrə ölçmə çeviricisinin mütləq xətasını təyin edir.

Analoji olaraq çıxış üzrə ölçmə çeviricisinin xətasını Δy təyin etmək olar: $\Delta y = k_{nom} \Delta x$ (bax şəkl.3.3).

Baxılan xətlər sisteməlik xarakter daşıyır, çünki onlar digər amillər (iş şəraitini dəyişən meyillənmələr) olmadıqda konkret giriş signalı üçün sabit və təkrarlanandırırlar.

Xətlərin əmələ gəlməsinin digər səbəbi çıxış signalının dəyişməsinə gətirən xarici və daxili yayınmaların olmasıdır. Bir qayda olaraq, buradan meydana çıxan xətlər təsadüfi xarakter daşıyır.

Bundan başqa, ölçmə vasitələrinin xarakteristikalarına xarici amillər kifayət qədər təsir göstərə bilər: temperatur, nəmlik, qidalanma gərginliyi və digərləri. Bu amillər əlavə xətlərin baş verməsinə səbəb olur.

Ölçmə vasitəsinin xətası, onun əmələgəlmə və dəyişmə səbəbləri və digər metroloji xarakteristikaların vacibliyi bu xətlərin sinifləşdirilməsi zərurətini yaradır.

Ölçmə vasitələrinin xətlərinin sinifləşdirilməsi. Dəyişmə xarakterinə görə xətlər sisteməlik və təsadüfi olur.

Sisteməlik xəta - ölçmə vasitəsinin xətasının elə tərkib hissəsidir ki, onun kəmiyyəti və işarəsi sabitdir və yaxud müəyyən qanunauyğunluqla dəyişir. Bu xətlərin mahiyyəti əvvəlcə baxılmışdır. Sisteməlik xətanın dəyişməsi iş şəraitinin dəyişməsi və ya ölçmə vasitəsinə daxil olan qurğuların parametrlərinin dəyişməsi hesabına ola bilər.

Təsadiüfi xəta - xətanın təsadüfi dəyişən tərkib hissəsidir. Bu xətanın meydana çıxması müxtəlif amillərin təsiri altında olur. Bu amillər ölçmə vasitəsinə daxil olan qurğuların xarakteristikalarına təsadüfi təsir göstərir.

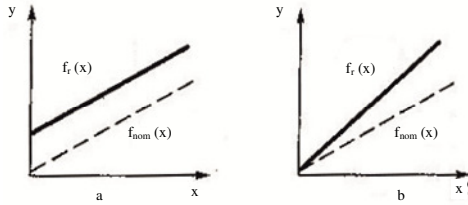
Əmələgəlmə şəraitinə görə xətalara əsas və əlavə xətalara bölünür.

Əsas xəta-normal şəraitdə tətbiq olunan ölçmə vasitəsinin xətasıdır. Bu şərait normativ sənədlərdə nəzərdə tutulmuş xarici amillərin məcmuu ilə təyin edilir. Bu zaman ölçmə vasitələri müəyyən buraxıla bilən xətalara malik olur.

Əlavə xəta (təsiredici amillərdən xəta) - ölçmə nəticəsinin əsas xətasına əlavə kimi baş verən xətdir. Bu xəta təsiredici kəmiyyətlərdən hər hansı birinin normal qiymətdən meyillənməsi nəticəsində əmələ gəlir. Əlavə xətalara ölçmə vasitəsinin işçi şəraitində yaranır.

Normal şəraitdən fərqli olaraq, işçi şəraitdə xarici amillərin dəyişmə diapazonu genişdir (ən geniş yayılmış təsiredici fiziki kəmiyyətlər: temperatur, nəmlik, təzyiq, maqnit və elektromaqnit sahələri, titrəmə və s.). Bu zaman ölçmə vasitəsi özünün iş qabiliyyətini saxlayır, lakin bu amillərin təsirindən əlavə xətalara əmələ gəlir.

Ölçülən kəmiyyətdən asılılıq xarakterinə görə xətalara additiv və multiplikativ xətalara bölünür. *Additiv xəta* ($\Delta x_a = a$) ölçmə diapazonunda sabitdir və ölçülən kəmiyyətdən asılı deyildir. *Multiplikativ xəta* ($\Delta x_m = bx$) ölçülən kəmiyyətdən asılıdır. Burada a , b -sabit kəmiyyətlərdir. Xətalara bu cür bölünməsi çevirmə funksiyasının dəyişmə xarakterini təyin etməyə imkan verir (şəkl.3.4). Belə ki, real xarakteristikanın ideal xarakteristikaya nəzərən paralel yerdəyişməsi (məsələn, sabit cərəyan gücləndiricisinin çıxışında sıfırın yerdəyişməsi hesabına) additiv xətaya, real xarakteristikanın meyillənməsinin dəyişməsi isə (həmin gücləndiricinin güclənmə əmsalının dəyişməsi) multiplikativ xətaya gətirib çıxarır.



Şək.3.4.Ölçmə vasitəsinin çevirmə funksiyasının xətasının additiv (a) və multiplikativ (b) tərkib hissələri

Xətalər ifadə olunma üsuluna görə mütləq, nisbi və gətirilmiş xətalara bölünür.

Mütləq xəta - ölçü cihazının göstərişi x_c ilə ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti x arasındakı fərqi: $\Delta x = x_c - x$. Mütləq xətalər işarəyə malikdir. Mütləq xətanın əks işarəsi $\Delta x_{düz} = -\Delta x = x - x_c$ düzəliş adlanır və ölçmələrin nəticələrinə düzəliş etmək üçün istifadə olunur.

Nisbi xəta - ölçmə vasitəsinin mütləq xətasının ölçülən kəmiyyətin əsl (həqiqi) qiymətinə olan nisbəti ilə ifadə olunan xətdir. Ölçmə vasitəsinin nisbi xətası $\delta = (\Delta x / x)100 = (\Delta x / x_c)100$ nisbəti ilə təyin edilir. x -in x_c -la əvəz olunması onunla bağlıdır ki, ümumi halda x -in qiyməti məlum deyildir.

Gətirilmiş xəta, %: $\gamma = (\Delta x / x_N)100$, burada x_N - ölçmə vasitəsinin şkalasının normalaşdırıcı qiyməti. Bu, aşağıdakı kimi təyin olunur:

- şkala $0 \dots x_{y-h}$ olduqda, burada x_{y-h} - ölçmələrin yuxarı həddi $x_N = x_{y-h}$ (voltmetr $0 \dots 150$ V ölçmə diapazonu ilə olduqda $x_N = 150$ V);
- şkala $+x_{a-h} \dots +x_{y-h}$ olduqda şkalanın içərisində sıfır işarəsi yoxdur, $x_N = x_{y-h}$ (voltmetr $3 \dots 10$ V ölçmə diapazonlu olduqda $x_N = 10$ V olur);

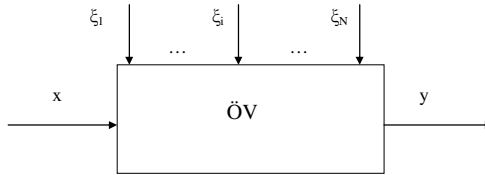
• şkala $-x_{a-h} \dots + x_{y-h}$ olduqda sıfır işarəsi şkalanın içərisində olur, $x_N = |x_{y-h}| + |x_{a-h}|$ (temperaturu ölçmək üçün avtomatik körpü $-50 \dots +50^0C$ diapazonunda olduqda $x_N = 100^0 C$ olur).

Gətirilmiş xəta ölçmə vasitələrinin xətlərini qiymətləndirən zaman geniş istifadə olunur.

Xarici amillərin ölçmə vasitəsinə təsirini təyin edən xarakteristikalar. Ölçmə vasitələrinə, giriş təsirindən başqa, bir çox digər amillər təsir göstərə bilər ξ_i : temperatur, nəmlik, maqnit sahələri və s. (şək.3.5). Bu halda çıxış siqnalı bu amillərin mürəkkəb funksiyasıdır $y = F(x, \xi_1, \dots, \xi_i, \dots, \xi_N)$. Qeyri-asılı amillər üçün bu funksiyadan tam diferensial götürüb aşağıdakı ifadəni almaq olar:

$$\Delta y = \frac{dF(\cdot)}{dx} \Delta x + \frac{dF(\cdot)}{d\xi_1} \Delta \xi_1 + \dots + \frac{dF(\cdot)}{d\xi_i} \Delta \xi_i + \dots + \frac{dF(\cdot)}{d\xi_N} \Delta \xi_N, \quad (3.1)$$

burada yazını sadələşdirmək üçün $F(x, \xi_1, \dots, \xi_i, \dots, \xi_N)$ funksiyası $F(\cdot)$ kimi təqdim olunub.



Şək.3.5. Ölçmə vasitəsinə təsiredici amillərin təsiri

İfadə (3.1)-in birinci toplanması çıxış siqnalının dəyişməsinin ölçülən kəmiyyətin dəyişməsindən asılılığını təyin edir, yəni ÖV-nin əsas iş prinsipini əks etdirir. Hər növbəti toplanan konkret təsiredici amildən ξ_i asılı olaraq çıxış siqnalının dəyişməsinə öz "təhvəsini" təyin edir.

Kəmiyyətə hər “töhvə” konkret amilə ξ görə $\Delta y(\xi_i) = \frac{dF(\cdot)}{d\xi_i} \Delta \xi_i$ təsir funksiyası ilə təyin edilir; $\Delta \xi_i$ amilinin dəyişməsi ÖV-nin normal iş şəraitinə uyğun təyin olunmuş nominal qiymətə ξ_{inom} görə təyin edilir: $\Delta \xi_i = \xi_i - \xi_{inom}$, burada ξ_i - amilin cari qiymətidir.

Təsir funksiyasını tez-tez başqa şəkildə təqdim edirlər. Təsir funksiyasını aşağıdakı şəkildə çevirək:

$$\frac{\Delta y(\xi_i)}{\Delta \xi_i Y_N} 100 = \frac{dF(\cdot)}{d\xi_i Y_N} 100, \text{ burada } Y_N - \text{ÖV-nin çıxış}$$

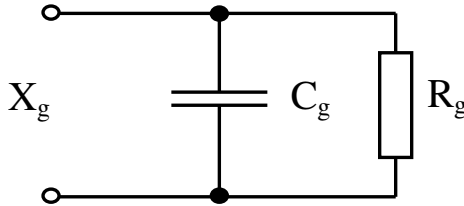
şkalasının normalaşdırıcı qiymətidir. Sağ tərəfi $\psi(\xi_i)$ kimi işarə edək və onu təsir funksiyası adlandıraraq. Qeyd edək ki,

$$\frac{\Delta y(\xi_i)}{y_N} 100 = \gamma(\xi_i) - \text{bu } \xi_i \text{ amilinin təsirindən əlavə}$$

gətirilmiş xətdir. Onda $\psi(\xi_i) = \Delta(\xi_i) / \Delta \xi_i$, burada surətdə gətirilmiş əlavə xəta, %, məxrəcdə isə təsiredici amilin dəyişmə diapazonu göstərilmişdir. Məsələn, temperaturun T hər hansı vasitəyə təsirini qiymətləndirən zaman təsir funksiyasını $\psi(T) = 1\% / 10^0 C$ şəklində təsəvvür etmək olar. Bu, o deməkdir ki, temperaturun $10^0 C$ dəyişməsi zamanı əlavə gətirilmiş xəta 1% təşkil edəcəkdir.

Ölçmə vasitəsinin ölçülən kəmiyyətə təsirini təyin edən xarakteristikalar. Ölçmə prosesində bu və ya digər formada ölçmə vasitəsinin ölçülən kəmiyyətlə qarşılıqlı əlaqəsi baş verir. Bu qarşılıqlı əlaqə ölçülən kəmiyyətin qiymətinin dəyişməsinə və bununla da ölçmələrin xətasının çoxalmasına gətirə bilər. Belə ki, voltmetrin dövrənin hər hansı gərginlik ölçən hissəsinə paralel birləşdirilməsi bu hissənin müqavimətini dəyişir və bununla da ölçmənin nəticəsini dəyişdirir. Ampermetrin birləşdirilməsi həmişə dövrənin cərəyan ölçülən hissəsində müqavimətin artmasına gətirib çıxarır. Elektrik ölçmələri üçün ən tipik aşağıdakı

xarakteristikalarıdır: giriş müqaviməti R_g və giriş tutumu C_g , ölçmə obyektində istehlak olunan güc, cərəyan və gərginlik. Ən çox istifadə olunan elektrik ölçmə vasitələrinin giriş dövrəsinin ekvivalent sxemi şəkil 3.6-da göstərilmişdir. Burada R_g -ÖV-nin giriş dövrəsinin giriş sığaclarına nəzərən ekvivalent müqaviməti, C_g isə-giriş dövrələrinin quraşdırılmasının paylanmış tutumlarla və giriş sığaclarının (kabellərin) konstruksiyası ilə təyin olunan giriş dövrəsinin ekvivalent tutumudur. Giriş tutumu yüksək tezliklərdə şuntlayıcı təsir göstərir ki, bu da ölçmələrin dəqiqliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Aydın ki, bu tutum minimal olmalıdır.



Şək. 3.6. Ölçmə vasitələrinin giriş dövrələrinin ekvivalent sxemi

Elektrik dövrəsinin passiv elementlərinin parametrlərinin ölçülməsi, məsələn rezistorların müqavimətlərinin, istənilən üsulda ölçülməsi ona gətirir ki, bu elementdən cərəyan keçir. Bu cərəyan rezistoru qızdırma bilər və bununla da onun müqavimətini dəyişə bilər. Bu cərəyanın dəyişməsi çox böyük ola bilər, xüsusilə ikiqat körpü ilə kiçik müqavimətləri ölçən zaman bu cərəyan 5 A-ə bərabər olur.

Elektron voltmetrləri ilə böyük müqavimətlərin ölçülməsi zamanı böyük gərginlik verilə bilər (yüzlərlə volta qədər). Bu gərginlik rezistora ciddi təsir göstərə bilər, hətta sıradan çıxara bilər.

Metroloji etibarlılığın xarakteristikaları. Vaxt keçdikcə və təsiredici amillərin təsiri altında ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikaları dəyişir. Bu

dəyişiklik ona gətirib çıxara bilər ki, ölçmə vasitəsi özünün texniki tələblərinə uyğun olmayacaqdır. Ona görə ÖV-nin hər tipi üçün vaxt intervalı-*yoxlamalararası interval* təyin edilmişdir. Burada ÖV-si müəyyən sayda reqlament işlərindən keçməlidir: əvvəlcə hazırkı metroloji xarakteristikaların texniki tələblərə uyğunluğa yoxlama işindən, həmçinin düzəltmə və təmir işlərindən keçməlidir.

Metroloji xarakteristikaların təqdim edilməsi.

Metroloji xarakteristikalar ölçmə vasitələrinin normativ-texniki sənədlərində (pasportlarda, təsvirlərdə və s.) göstərilir. Bu xarakteristikaların məcmuu ölçmələrin nəticələrini və xətalarnı qiymətləndirmək üçün kifayət qədər olmalıdır.

Bir çox ölçü cihazlarında ən vacib xarakteristikaların bir hissəsi cihazın qabaq panelində göstərilmişdir, məsələn ölçmə həddləri, dəqiqlik sinfi şəklində xətalər, giriş müqavimətləri və s.

3.3.Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikalarının normalaşdırılması

Ümumi müddəalar. Konkret ÖV-nin metroloji xassələri (cihazların tipləri, onların ayrı-ayrı nüsxələri və s.) metroloji xarakteristikaların zəruri məcmuu ilə təqdim olunmalıdır. Bu xarakteristikalar onların parametrlərinin ədədi qiymətləri ilə göstərilməlidir. Bu cür təqdim olunma ÖV-nin metroloji xarakteristikalarının normalaşdırılması yolu ilə realizə olunur. *Normalaşdırma* - metroloji xarakteristikaların nominal qiymətlərinin və onların meyillənmələrinin buraxıla bilən həddlərinin müəyyən edilməsidir.

Nominal metroloji xarakteristikaların müəyyən edilməsi real xarakteristikanın istənilən modelinin reallaşdırılması və xarakteristikaların orta qiymətə gətirilməsi ilə bağlıdır. Belə ki, nominal statik çevirmə

xarakteristikasının $y = f(x)$ konkret parametrlərlə xətti funksiya şəklində verilməsi ideal realdır. Bu zaman real xarakteristika digər parametrlərə malik ola bilər və ya hətta qeyri-xətti ola bilər. Burada ən vacib məsələ odur ki, real xarakteristikaların nominal xarakteristikalardan meyilliyinin buraxılabilən sərhədləri müəyyən edilsin, yəni xarakteristikanın bu cür nominal təqdim olunmasının xətalrı müəyyən edilsin.

Bundan başqa, ÖV-nin tipi üçün metroloji xarakteristikaların normalaşdırılması zamanı vahid nominal xarakteristika müəyyən edilir. Bu zaman aydındır ki, ÖV-nin verilmiş tipinin ayrı-ayrı nüsxələrinin individual real xarakteristikalarının səpələnməsi ilə bağlı xətanın elementi meydana çıxır. Bu səpələnmə meyillənmələrin buraxılabilən sərhəddi hüdudlarında olmalıdır.

Normal şəraitdə nominal xarakteristikaların meyillənmələrinin buraxılabilən sərhədləri normalaşdırma zamanı ortaya çıxan xətanın bütün elementlərini özündə birləşdirməlidir. Məsələn, ölçmə gücləndiricisinin nominal çevirmə əmsalı $k_{nom}=500$ və bu əmsalın buraxılabilən nisbi xətası $\delta(k_{inom}) = 2\%$ onu göstərir ki, nominaldan meyillənmə səbəblərindən asılı olmayaraq normal istismar şəraitində verilmiş tip gücləndiricinin hər hansı konkret nüsxəsi üçün

$$k = k_{nom} \pm \delta(k_{nom})k_{nom} / 100 = 500 \pm 10$$
 hüdudlarında olmalıdır.

İşçi şəraiti üçün ÖV-nə xarici amillərin təsir funksiyaları və onların meyillənmələrinin buraxılabilən sərhədləri normalaşdırılır. Bu cür yanaşma ölçmə vasitələrinin dinamik xarakteristikaları üçün təyin edilib, yəni nominal tam və ya ayrı-ayrı dinamik xarakteristikalar və onların dəyişməsinin buraxılabilən sərhədləri təyin edilir.

Ümumi halda normalaşdırma proseduru aşağıdakıları özündə birləşdirir:

- ölçmə vasitələrinin tipi üçün (və ya ayrıca vasitə üçün) metroloji xarakteristikalar kompleksinin seçilməsi;
- metroloji xarakteristikaların qiymətləndirilməsi üsullarının təyin edilməsi;
- metroloji xarakteristikaların təqdim olunma üsulunun seçilməsi.

Bu cür prosedur ölçmə vasitələrinin layihəçiləri və istehsalçıları üçün, həmçinin bu vasitələrin metroloji xarakteristikalarını yoxlama xidmətləri üçündür.

Metroloji xarakteristikalar kompleksinin seçilməsi elə xarakteristikalar cəminin təyini məsələsinə tabedir ki, bu xarakteristikaların məcmuu verilmiş tip ölçmə vasitələri ilə aparılan ölçmələrin nəticələrini və xətalərini təyin etməyə imkan verir.

Metroloji xarakteristikaların qiymətləndirilməsi üsulları ÖV-nin müvafiq dövlət standartlarında və ya bu vasitələrin dövlət metroloji xidməti tərəfindən təsdiq olunmuş rəhbəredici texniki materiallarında şərh olunmuşdur.

ÖV-nin metroloji xarakteristikaları üzrə məlumatları müvafiq normativ-texniki sənədlərdə (təlimatlarda, pasportlarda və digər sənədlərdə), onların bir hissəsini isə ölçmə vasitəsinin özünün üzərində göstərirlər.

Nominal xarakteristikaları və meyillənmələrin buraxılabilən həddlərini ədəd, düstur, cədvəl, qrafik şəklində göstərirlər. Ölçmə vasitələrinin istifadəçisi üçün göstərilən nominal metroloji xarakteristikalar və onların meyillənmələrinin buraxılabilən həddləri ölçmələrin nəticələrinin və aləti xətalərinin qiymətləndirilməsi zamanı əsasdır. Burada real xarakteristikaların nominaldan buraxılabilən meyillənməsinin həddləri ölçmə vasitəsinin normal şərait üçün əsas xətaləri şəklində göstərilmişdir.

Normalaşdırılmış təsir funksiyaları tez-tez təsiredici amillərin ölçülməsi ilə bağlı əlavə xətalər şəklində verilir.

Ölçmə vasitələrinin xətalərinin normalaşdırılması. Ölçmə vasitələrinin normalaşdırılmasına iki əsas yanaşma üsulu mövcuddur. Bu üsullar normalaşdırma məsələlərinə ziddiyyətli tələblərlə və ölçü texnikasının inkişaf tendensiyası ilə bağlıdır.

Normalaşdırmanın birinci üsulu ondan ibarətdir ki, burada ÖV-nin buraxılabilən xətasının həddləri Δx_p və çıxış signalının (göstəricinin) buraxılabilən variasiyasının həddi H_p müəyyən edilir. Normalaşdırmanın bu üsulunu o vaxt tətbiq edirlər ki, xətanın təsadüfi tərkib hissəsi çox azdır.

Ümumi halda nəticələrin işlənməsi aşağıdakı ardıcılıqla aparılır. Əvvəlcə şkalanın yoxlanılan hər j nöqtəsində ÖV-nin göstərişinin $\Delta'x_j$ artması və $\Delta''x_j$ azalması zamanı mütləq xətalər təyin edilir: $\Delta x'_j = x'_{ij} - x'_{oj}$, $\Delta x''_j = x''_{ij} - x''_{oj}$, burada $x'_{ij}, x'_{oj}, x''_{ij}, x''_{oj}$ -göstərişin artması və azalması zamanı yoxlanılan və nümunəvi cihazların göstərişləridir. Sonra verilmiş vasitə üçün xətanın hədd qiyməti kimi bütün mütləq xətalərin modelləri içərisindən ən böyüyü tapılır $\Delta x_p = \max_{2m} \{|\Delta x_j|\}$, burada m -yoxlanılan nöqtələrin sayıdır. Hər nöqtədə göstərişin variasiyası $H_j = |\Delta x'_j - \Delta x''_j|$ təyin edilir və verilmiş ÖV üçün variasiyanın hədd qiyməti $H_p = \max_m \{H_j\}$ tapılır.

Hədd xətalərinin qiymətləndirilməsinin bu üsulu konkret ölçmə vasitəsinə aiddir. ÖV-nin tipi üçün hədd xətalərinin təyin edilməsi verilmiş tip ÖV çoxluğunda mümkündür. Bu halda ölçmə vasitələrinin tipi üçün hədd xətaləri kimi bu xətalər çoxluğundan maksimal qiymətə malik olanlarını tapırlar.

Normalaşdırmanın bu cür üsulu ÖV-nin ölçmə diapazonu üzrə bütün mümkün olan xətalər üçün “yuxarıdan

qiymətləndirmə” verir. O, tətbiqolunmada kifayət qədər sadədir və ölçmə vasitələri xətlərinin normalaşdırılması təcrübəsində geniş yayılmışdır. Eyni zamanda bu üsul bir çox ölçmə məsələləri üçün metroloji təhlilin kifayət qədər konkret aparılmasına imkan vermir. Xüsusilə, bu cür məsələ xətlərinin cəmləşdirilməsi məsələsidir. Bu, nisbətən mürəkkəb ölçmə vasitələrinin (bir neçə ölçmə vasitələrindən komplektləşdirilmiş) xətlərini qiymətləndirən zaman ortaya çıxan məsələdir. Bu halda əgər ayrı-ayrı ÖV-nin normalaşdırılması maksimum buraxıla bilən xətlər üzrə aparılmışdırsa, onda yeganə düzgün riyazi cəmləmə üsulu ayrı-ayrı ölçmə vasitələrinin xətlərinin cəbri toplanması olacaqdır. İnamlı təsdiqləmək olar ki, bu cür xətlərin təşkilədiçi ölçmə vasitəsində meydana çıxma ehtimalı sıfıra yaxın olacaq, çünki həmin ehtimalla ayrı-ayrı ölçmə vasitələrinin maksimal xətləri siqnalın dəyişmə diapazonunun eyni nöqtəsində üst-üstə düşür.

Zəruri halda xətlərin daha sadə strukturunu nəzərə almaq zəruri normalaşdırmanın digər üsuluna gətirib çıxardı. Bu cür zərurət ölçmə vasitələrinin kifayət qədər böyük təsadüfi tərkib hissəsi olduqda özünü büruzə verir.

İkinci üsul ondan ibarətdir ki, xətləni onun sistematik və təsadüfi tərkib hissələri ilə təqdim edirlər. Onda xətlənin xarakteristikalarını qiymətləndirmək üçün ÖV-nin şkalasının hər nöqtəsində çoxdəfəli ölçmələr aparmaq lazımdır. Ölçmələrin sayı n hər nöqtədə normativ-texniki sənəddə verilən müvafiq tövsiyələrə uyğun təyin edilir və elə olmalıdır ki, təsadüfi kəmiyyətin ədədi parametrlərinin qiymətləndirilməsinin statistik xətləri buraxıla bilən dərəcədə kiçik olsun. Belə halda xətləyə təsadüfi kəmiyyət kimi baxılır. Bu zaman ÖV-nin buraxıla bilən sistematik xətləsinin Δx_{sp} həddi və ÖV-nin təsadüfi xətləsinin

buraxılabilən orta kvadratik meyillənməsinin $\sigma_p \left[\overset{\circ}{\Delta} \right]$ həddi müəyyən edilir.

Göstərilən xarakteristikaları təyin etmək üçün ÖV-nin yoxlanılması aparılır. ÖV-nin variasiyasının kiçik olduğu hala baxaq. Yoxlanılan ÖV-nin şkalasının hər nöqtəsində n sayda ölçmə aparılır. Yoxlamanın nəticələrinə görə yoxlanılan ÖV-nin şkalasının hər nöqtəsində xətlərin n realizə etməsi təyin edilir:

$$\Delta x_{ji} = x_{cj} - x_{oji}, \quad j=1, 2, \dots, n,$$

burada x_{cj} -yoxlanılan cihazın şkalasının j nöqtəsində göstərişi; x_{oji} -nümunəvi cihazın şkalasının j nöqtəsində i ölçülməsi zamanı (n çoxluğundan) göstərişidir.

Şkalanın j nöqtəsində xətlərin sistematik tərkib hissəsi

$$\Delta x_{sj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_{ji},$$

Ölçmə vasitəsinin xətlərinin sistematik tərkib hissəsinin həddi isə

$$\Delta x_{sp} = \max_m \{ \Delta x_{sj} \},$$

burada m -ÖV-nin şkalasının yoxlanılan nöqtələrinin sayıdır. Şkalanın j nöqtəsində xətlərin təsadüfi tərkib hissəsinin orta kvadratik meyillənməsi

$$\sigma_j \left[\overset{\circ}{\Delta x} \right] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta x_{ji} - \Delta x_{sj})^2,$$

ölçmə vasitəsinin xətlərinin təsadüfi tərkib hissəsinin orta kvadratik meyillənməsinin həddi

$$\sigma_p \left[\overset{\circ}{\Delta x} \right] = \max_m \{ \sigma_j \left[\overset{\circ}{\Delta x} \right] \}.$$

Alınmış qiymətlər ÖV-nin konkret nüsxəsinə aiddir. ÖV-nin tipi üçün xətlərin qiymətləndirilməsi bu tip vasitələr çoxluğuna görə təyin edilir.

ÖV-nin tipi üçün xətanın mümkün olan qiymətləndirilməsi aşağıdakılar ola bilər:

- ÖV tipinin xətasının sistematik tərkib hissəsinin həddi ayrı-ayrı ölçmə vasitələrinin xətalarının tərkib hissələrinin həddlərindən maksimumu kimi təyin edilir (bu tip vasitənin l çoxluğu):

$$\Delta x_{sp} = \max_l \{ \Delta x_{spk} \} \quad (k=1,2,\dots,l),$$

burada k-indeks kimi göstərir ki, xətanın sistematik tərkib hissəsinin həddi hər hansı k-cı nüsxəyə mənsubdur;

- ölçmə vasitələrinin tipinin xətasının təsadüfi tərkib hissəsinin orta kvadratik meyillənməsinin həddi:

$$\sigma_p \left[\overset{\circ}{\Delta x} \right] = \max_l \left\{ \sigma_{pk} \left[\overset{\circ}{\Delta x} \right] \right\}.$$

Ölçmə vasitələrinin tipinin xətasının tərkib hissələrinin qiymətləndirilməsində digər yanaşmalar da mümkündür. Belə ki, sistematik xətaya ölçmə vasitələrinin tipinin çoxluğunda təsadüfi xəta kimi baxmaq olar. Bu halda ölçmə vasitələri tipinin xətasının sistematik tərkib hissəsinin riyazi gözləməsi və orta kvadratik meyillənməsi təyin edilir. Xətanın təsadüfi tərkib hissəsinin təsadüfi proses kimi baxılması zamanı bu xətaların korrelyasiya funksiyaları və ya gücün spektral sıxlığı təyin edilir.

Ölçmə vasitələrinin tiplərinin (və ya ayrı-ayrı nüsxələrinin) normativ-texniki sənədlərində ölçmə vasitələrinin xətalarının buraxılabilən həddlərini göstərirlər. Bu zaman ÖV-nin təsir prinsipindən və onların tətbiqinin münasibliyindən asılı olaraq bu həddlərin göstərilməsinin müxtəlif formaları tətbiq olunur.

Ölçmə vasitələrinin xətalarının buraxılabilən həddlərinin göstərilməsi qaydaları. Xətanın buraxılabilən həddi - verilmiş tip ölçmə vasitələri üçün normativ sənədlə müəyyən edilən ÖV-nin xətasının ən böyük qiymətidir. Bu xətalarda ÖV istifadə üçün hələ

yararlı hesab olunur. Əsas xətalərin buraxılabilən hədlərini mütləq, gətirilmiş və nisbi xətalər şəklində göstərirlər. Ölçülən kəmiyyətin vahidləri ilə və ya şkalanın bölgüsü ilə şərti ifadə olunan əsas mütləq xətanın buraxılabilən hədlərini ədəd şəklində $\Delta x = \pm a$ və ya additiv Δx_a və multipliaktiv Δx_m tərkib hissələrinin cəmi şəklində təyin edirlər: $\Delta x = \pm(\Delta x_a + \Delta x_m) = \pm(a + bx)$, burada a,b-müsbət ədədlər; x-ölçülən kəmiyyətin qiymətidir.

Əsas gətirilmiş xətanın buraxılabilən hədlərini, %, p ədəd şəklində müəyyən edirlər. Bu ədəd aşağıdakı ifadəni təmin edir: $\gamma = 100\Delta x / x_N = \pm p$, burada γ -gətirilmiş xəta; Δx -əsas mütləq xətanın buraxılabilən həddi; x_N -cihazın ölçmə diapazonunun normalaşdırıcı qiymətidir (bax paraqraf 3.2).

Əsas nisbi xətanın buraxılabilən hədlərini, %, q ədədi şəklində müəyyən edirlər. Bu ədəd aşağıdakı ifadəni təmin edir: $\delta = 100\Delta x / x = \pm q$, burada δ -nisbi xəta; x-ölçmə diapazonunda ölçülən kəmiyyətin qiyməti və ya aşağıdakı ifadəni təmin edən c/d ədədlərinin nisbətidir:

$$\delta = 100 \frac{\Delta x}{x} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_N}{x} \right| - 1 \right) \right].$$

Bu ifadə əsas mütləq xətanın buraxılabilən həddinin xətanın additiv və multiplikativ tərkib hissələrini nəzərə almaqla verilməsinə əsaslanır:

$$\delta = 100 \frac{a + bx}{x} = 100 \left[\frac{ax_N}{xx_N} + b + \frac{a}{x_N} - \frac{a}{x_N} \right] = \left[c + d \left(\left| \frac{x_N}{x} \right| - 1 \right) \right],$$

burada c-ÖV-nin gətirilmiş (cəm) xətasının həddi, $c=100(b+d)$; d-gətirilmiş additiv xətanın həddi, $d=100 a / X_N$.

Əsaslandırılmış hallarda xətanın buraxılabilən həddinin həmçinin daha mürəkkəb düstur, qrafik və cədvəl şəklində verilməsi mümkündür.

Şkalasının aşağı və yuxarı qiymətləri müvafiq olaraq 0 və ∞ -a bərabər olan cihaz üçün hədd xətlərinin təyin olunması xüsusiyyətlərini qeyd etmək lazımdır. Bu cür şkalalar çox hallarda ommetrlərdə olur. Normalaşdırıcı qiymətin ölçülən kəmiyyət vahidləri ilə təyini (bu halda $x_N = \infty$) heç bir əhəmiyyətə malik deyildir. Bu cür ölçmə vasitələri üçün normalaşdırıcı qiymət kimi şkalanın bərabər ölçülərə bölünmüş uzunluğu qəbul edilir. Bu halda buraxılabilən gətirilmiş əsas xətanın p^* ədədi şəklində müəyyən edilən həddi aşağıdakı nisbətə təyin edilir:

$$\gamma = 100\Delta L / L_N = \pm p^* , \quad (3.2)$$

burada ΔL , L_N -uyğun olaraq buraxılabilən mütləq əsas xətanın həddi və şkalanın normalaşdırıcı qiymətidir.

Ölçmə vasitələrinin əlavə xətləri da normalaşdırılır. Əksər hallarda həddli əlavə xətləri aşağıdakı şəkildə təqdim edirlər:

- gətirilmiş və ya nisbi xətanın, %, təsiredici kəmiyyətin dəyişmə diapazonuna nisbəti, məsələn, ölçmə vasitələrinin işçi şəraiti üçün 1%/10°C;

- təsiredici kəmiyyətin bütün işçi sahəsi üçün əlavə xətanı təyin edən sabit ədəd;

- təsirin hədd funksiyası (bax paraqraf 3.2).

Dəqiqlik sinfi. ÖV-nin dəqiqlik xarakteristikalarının ümumiləşmiş formada verilməsi üçün tez-tez dəqiqlik sinfi anlayışından istifadə edirlər.

Dəqiqlik sinfi - ÖV-nin verilmiş tipinin ümumiləşmiş xarakteristikasıdır. Bu xarakteristika, bir qayda olaraq, ölçmə vasitələrinin dəqiqlik səviyyəsini əks etdirir. Bu səviyyə buraxılabilən əsas və əlavə xətlərin hədlərini göstərir. Bu xarakteristikaların qiymətləri ayrı-ayrı ölçmə vasitələrinin standartlarında müəyyən edilir.

Həddləri buraxılabilən əsas gətirilmiş və ya nisbi xəta şəklində ifadə olunan ölçmə vasitələri üçün dəqiqlik sinfini bu həddlərə faizlə bərabər rəqəmlərlə işarə edirlər.

Bu rəqəmlər müəyyən olunmuş sıradan seçilir: (1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0)10ⁿ, burada n=1, 0, -1, -2...

Dəqiqlik sinfinin ümumiləşmiş xarakteri onda özünü göstərir ki, əvvəlki rəqəmlə göstərilən əsas xətalardan başqa, ölçmə vasitələrinin digər xətalrı da təyin edilmişdir. Bu məqsədlə müxtəlif dəqiqlik sinifləri üçün əsas, əlavə və digər xətalrın (çıxış siqnalının buraxılabilən variasiyasının həddi, qeyri-stabilliyin buraxılabilən həddi) nisbətini təyin edən tövsiyələr mövcuddur.

Dəqiqlik sinifləri normativ-texniki sənəddə, həmçinin ölçmə vasitələrinin qabaq panellərində (şkalalarda) göstərilir. Dəqiqlik sinifləri üçün şərti işarələr qəbul edilmişdir: buraxılabilən əsas xətanın həddlərini təyin edən zaman gətirilmiş xəta üzrə müvafiq rəqəm (1,5; 0,5;...), nisbi xəta üzrə çevrəyə alınmış rəqəm, (3.2) ifadəsi ilə təyin edilən gətirilmiş xəta üzrə xüsusi işarə ilə işarələnmiş ədəd göstərilir (1,5;0,5;...).

Ölçmələrin nəticələrinin xətasının aləti tərkib hissəsini dəqiqlik sinifləri üzrə düzgün və tez qiymətləndirmə qabiliyyətinin məqsədəuyğunluğu və vacibliyi bir sıra rəqəmli misalların gətirilməsini zəruri edir.

Misal 3.1. Gərginliyin ölçülməsi ölçmə diapazonu 0...10V və dəqiqlik sinfi 0,5 olan maqnitoelektrik voltmetrlə aparılır. Gərginliyin müxtəlif qiymətlərinin üç ölçməsi aparılıb. Ölçmələrin və onların emalının nəticələri cədvəl 3.2-də verilmişdir.

Cədvəl 3.2

| U_c, V | $\gamma, \%$ | $\Delta U, V$ | $U = U_c \pm \Delta U, V$ | $\delta, \%$ |
|----------|--------------|---------------|---------------------------|--------------|
| 2 | 0,5 | 0,05 | $2 \pm 0,05$ | 2,5 |
| 5 | 0,5 | 0,05 | $5 \pm 0,05$ | 1,0 |
| 9 | 0,5 | 0,05 | $9 \pm 0,05$ | 0,5 |

Birinci qrafada voltmetrin mümkün olan göstərişi (U_c) qeyd olunmuşdur. Bu halda dəqiqlik sinfi xətanın gətirilmiş hədd qiymətini $\gamma=0,5\%$ şkalanın istənilən nöqtəsi üçün “yuxarıdan qiymətləndirmə” kimi təyin edir. Deməli, bütün ölçmə diapazonunda mümkün olan maksimal mütləq xəta $\Delta U = \text{dəqiqlik sinfi } U_N/100$ qiymətini aşmır, burada U_N -cihazın şkalasının normalaşdırıcı qiymətidir (göstərilən misal üçün $U_N=10V$). Onda ölçmənin nəticəsini $U = U_c \pm \Delta U$ şəklində yazırlar.

Burada yadda saxlamaq lazımdır ki, ölçmələrin dəqiqliyi gətirilmiş xəta ilə deyil, nisbi xəta ilə $\delta = \Delta U / (U) 100\%$ təyin edilir. Misal 3.1-dən görünür ki, ölçmələr zamanı elə cihazları və (və ya) onların elə ölçmə həddlərini seçmək lazımdır ki, bu zaman cihazların göstəriciləri (göstəricinin vəziyyəti) şkalanın sonuna mümkün qədər yaxın olsun.

Misal 3.2. Cərəyanın ölçülməsi ölçmə diapazonu 0...10V və dəqiqlik sinfi 0,5/0,2 olan ədədi voltmetrlə aparılır. Üç ölçmə aparılıb. Ölçmələrin və onların emalının nəticələri cədvəl 3.3-də verilmişdir. Burada dəqiqlik sinfi maksimum buraxıla bilən nisbi xətanı təyin edir

$$\delta = c + d \left(\frac{U_N}{U_c} - 1 \right),$$

Baxılan misal üçün $c=0,5$, $d=0,2$. Mütləq xəta $\Delta U = (\delta/100)U_c$ istifadəsi ilə təyin edilir.

Cədvəl 3.3

| U_c, V | $\delta, \%$ | $\Delta U, v$ | $U = U_c \pm \Delta U, v$ |
|----------|--------------|---------------|---------------------------|
| 2 | 1,3 | 0,026 | $2,0 \pm 0,026$ |
| 5 | 0,7 | 0,035 | $5,0 \pm 0,035$ |
| 10 | 0,5 | 0,056 | $10,0 \pm 0,050$ |

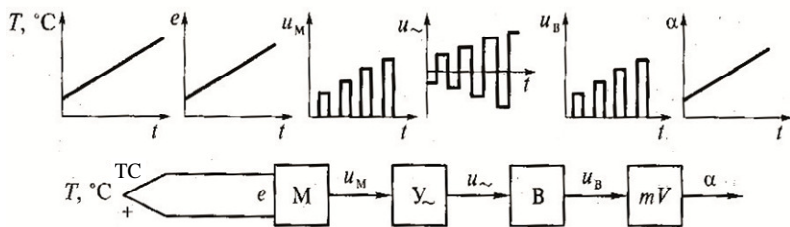
Bu misalların nəticələrini müqayisə edərək qeyd edək ki, gətirilmiş xətalarda (0,5) hələ additiv (0,2) tərkib

hissəsi ilə normalaşdırma ölçmələrin nəticələrini daha dəqiq qiymətləndirməyə imkan verir.

3.4. Ölçmə informasiya siqnalları

Ölçmə vasitələrində ölçülən kəmiyyətlərin qiymətləri haqqında informasiyanın ötürülməsi, saxlanması və əks etdirilməsi siqnalların köməyi ilə həyata keçirilir ki, onlara da *ölçmə informasiya siqnalları* deyilir. Siqnal maddi informasiya daşıyıcısı kimi hər hansı fiziki prosesdir ki, onun parametrlərindən biri ölçülən kəmiyyətlə funksional əlaqəlidir. Bu cür parametr *informativ parametr* adlanır. Siqnalın qalan parametrlərini qeyri-informativ adlandırırlar. Elektrik ölçmə vasitələrində ən çox elektrik siqnallarını tətbiq edirlər. Bu siqnalların informativ parametrləri sabit cərəyanın və gərginliyin ani qiymətləri, sinusoidal cərəyan və gərginliyin amplitudu, düzəldilmiş və ya qüvvədə olan qiymətləri, həmçinin onların tezliyi və ya fazası və s. ola bilər.

Ölçmə vasitələrindən siqnalların keçməsi zamanı ötürülmək, saxlanmaq, işlənmək və ya operator tərəfindən daha asan qəbul edilmək üçün onlar bir növdən başqasına çevrilə bilər. Bu cür çevrilməni əyani göstərmək üçün şək.3.7-də temperaturu ölçmək üçün istifadə edilən cihazın struktur sxemi verilmişdir. Termocütün TC çıxışında ölçmə informasiya siqnalı özünü bürüzə verir. Bu siqnal ölçülən temperaturdan T , °C asılıdır. Bu siqnal modulyator M vasitəsilə gərginliyi U_M düzbucaqlı impulslara çevirir. Siqnalın dəyişən tərkib hissəsi U_M dəyişən cərəyan gücləndiricisi Y ilə gücləndirilir və düzləndirici B ilə birqütblü impulslara çevrilir. Onların amplitudu termo EDS-yə mütənasibdir. Düzləndiricinin çıxış siqnalı millivoltmetrə mV verilir, onun göstəricisini hər hansı bucaq qədər meylləndirir.



Şək.3.7. Temperaturu ölçmək üçün istifadə edilən cihazda ölçmə informasiya siqnalları

Verilmiş sxemdə e , U_M , U_{\sim} , V_B siqnalları ölçmə informasiyası siqnallarıdır. Ölçülən kəmiyyəti-baxılan temperatur misalında-tez-tez ilkin ölçmə çeviricisinin giriş siqnalı adlandırılır. Ölçmə vasitələrində siqnalların hər hansı dəyişdirilməsinin zəruri şərti siqnalların informativ parametrləri Y və ölçülən kəmiyyət x arasındakı müəyyən (funksional) asılılığın realizə olunmasıdır. Ölçmə vasitələrində bu şərt dəyişirilmə xətası və yayınmaların təsiri ilə hər hansı dəqiqliklə yerinə yetirilir.

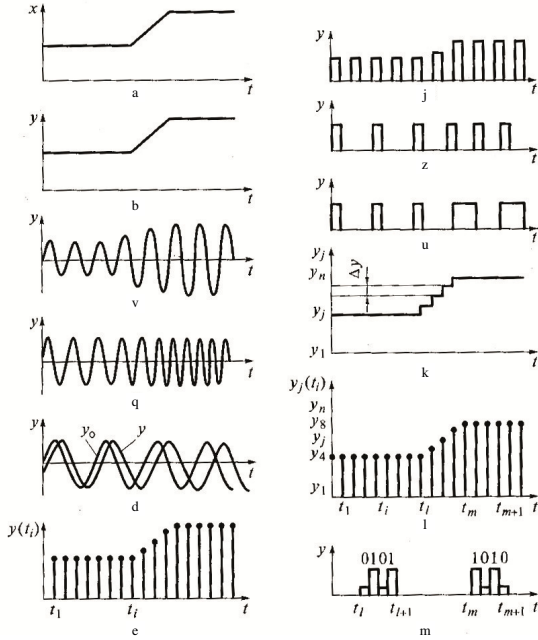
Bu və ya digər siqnal növünün tətbiqi bir çox amillərdən asılıdır: ilkin ölçmə çeviriciləri üçün ölçülən kəmiyyətin elektrik siqnalına çevirilməsinin istifadə prinsiplərindən, ölçmə informasiyasının tələb olunan dəqiqliklə və meyillənməyə dözümlülüklə ötürülməsindən, ölçülən kəmiyyətin dəyişmə sürətindən və s. Müxtəlif növ çoxlu siqnallar mövcuddur. Siqnalların ən vacib sinifləşdirmə əlaməti onların vaxta görə və səviyyəyə görə dəyişmə xarakteridir. Bu əlamətə görə kəsilməz (və ya analoqlu) və diskret siqnalları bir-birindən fərqləndirirlər. Diskret siqnalları səviyyəsinə görə həmçinin kvantlaşmış siqnallar adlandırılır.

Ölçmə vasitələrində istifadə olunan siqnalların əsas növlərinə baxaq.

Informativ parametərə və vaxta görə kəsilməz (analoqlu) cihazlar. Kəsilməz siqnallar siqnalın istənilən

vaxt anında təyin edilir və onun dəyişmə diapazonunda istənilən qiyməti ala bilər. Bu cür siqnallar kimi sabit və harmonik cərəyan və gərginlik tətbiq olunur. Sabit cərəyan i və gərginlik u üçün informativ parametrlər onların ölçülən kəmiyyətlə x funksional əlaqəli olan ani qiymətlərdir (bax şəkl.3.8, a). Şəkl. 3.8, b-də ölçülən kəmiyyətlə xətti asılılıqla $y=kx$ əlaqəli olan kəsilməz siqnal (cərəyan i və ya gərginlik u) göstərilmişdir, burada k -çevirmə əmsəlidir.

Harmonik siqnallarda informativ parametr kimi amplitud Y_m , bucaq tezliyi ω və ya faza φ ola bilər. Harmonik siqnalın informativ parametrinin ölçülən kəmiyyətin x dəyişməsinə uyğun dəyişməsini bu siqnalın modullaşdırılması adlandırırlar. Əgər x -in dəyişməsi ilə harmonik siqnalda parametrlərdən biri (Y_m , ω və ya φ) dəyişirsə, onda deyirlər ki, müvafiq olaraq amplitud-AM (şəkl.3.8, v), tezlik-TM (şəkl.3.8, q) və ya faza-FM (şəkl.3.8, d) modullaşdırılması həyata keçirilir. Faza modullaşdırılması zamanı siqnalın fazası ikinci (dayaq) harmonik siqnala Y_0 görə təyin edilir.



Şək.3.8. Ölçülən kəmiyyət x (a) və ölçmə informasiya siqnalları y (b...m)

Informativ parametərə görə kəsilməz və vaxta görə diskret siqnallar. Bu cür siqnallar vaxt t_i anlarının hesablama çoxluğunda siqnalın qiymətlərinin ardıcılığıdır. Belə siqnalların nəzəri modeli şək.3.8, e-də göstərilmişdir, burada $y(t_i)$ -kəsilməz siqnalın qiymətlərinin $y(t)=kx(t)$ ardıcılığıdır (bax şək.3.8, b). Bu qiymətlər t_i vaxt anlarında təyin edilir.

Real ölçmə vasitələrində buna oxşar siqnal sabit cərəyanın impulslarının dövrü ardıcılığıdır (şək.3.8 j). Bu qiymətlər t_i vaxt anlarında təyin edilir.

Real ölçmə vasitələrində buna oxşar siqnal sabit cərəyanın impulslarının dövrü ardıcılığıdır (şək.3.8 j). Bu impulsların informativ parametrləri ancaq amplitud Y_m yox, həm də bu amplitudların tezliyi f və ya uzunluğu τ ola bilər. Bu parametrlərdən hansının x -lə funksional əlaqəli

olmasından aslı olaraq siqnalın müvafiq amplitud-impulslu-AİM (bax şək.3.8, j), tezlik-impulslu-TİM (şək. 3.8, z) və ya geniş-impulslu-GİM (şək.3.8, u) modulyasiyası ola bilər.

Vaxta görə kəsilməz və informativ parametərə görə kvantlaşmış (diskret) siqnallar. Bu cür siqnallarda (şək.3.8, k) informativ parametərə ancaq bir neçə bir-birindən hədd intervalları (kvantları) Δy qədər duran səviyyələri Y_i qəbul edə bilər. Buna misal kimi infroanaloqlu çeviricinin çıxışındakı siqnalı göstərmək olar.

Vaxta görə diskret və informativ parametərə görə kvantlaşmış siqnallar. Bu cür siqnalın nəzəri modeli kəsilməz siqnalın $y(t)=kx(t)$ qiymətlərinin $Y_i(t_i)$ diskret ardıcılığıdır. Bu, ancaq həll edilmiş səviyyələri Y_i və diskret vaxtın t_i anında təyin edilən qiymətləri qəbul edir. Siqnalların bu cür növünə uyğun gəlir, məsələn, kod-impuls modulyasiyası. Bu zaman t_i vaxt anında hər bir həll edilən səviyyəyə Y_i müvafiq olaraq müəyyən kod-şərti siqnalların kombinasiyası qoyulur, xüsusilə 1-lə işarə olunan yüksək səviyyəli sabit cərəyan impulsları və 0-la işarə olunan aşağı səviyyəli impulsları qoyurlar. Şək.3.8, m-də iki kod kombinasiyası göstərilir: t_i və t_m vaxt anında Y_4 və Y_8 (bax şək.3.8, l) səviyyələrinə uyğun gələn 0101 və 1010 kombinasiyalar.

Siqnallara gətirilmiş misallar elektrik ölçmə vasitələrində geniş tətbiq olunur. Lakin yadda saxlamaq lazımdır ki, burada digər siqnallar da öz tətbiqini tapır.

Real fiziki siqnalların təsviri üçün müxtəlif riyazi modelləri tətbiq edirlər. Riyazi model dedikdə siqnalın riyaziyyatın formal dilində təsvirini, yəni düsturların, bərabərsizliklərin və ya məntiqi uyğunsuzluqların köməyi ilə təsvirini başa düşürlər.

Siqnallar nəzəriyyəsi-biliyin ən geniş və kifayət qədər işlənmiş sahəsidir. Bu nəzəriyyəyə həsr edilmiş çoxlu tədris və elmi ədəbiyyat mövcuddur. Siqnalların diskret təqdim olunmasının bir neçə xüsusiyyətləri üzərində

dayanaq. Bu xüsusiyyətlər müasir ölçmə vasitələrində geniş istifadə olunur və kitabın materialının sonrakı şərhı üçün çox vacibdir.

Siqnalların diskretləşməsi. Ölçmə informasiyası siqnallarının çevrilməsi məsələlərində tez-tez kəsilməz siqnalların diskret qiymətlərinə görə bərpası zərurəti ortaya çıxır. Kəsilməz siqnalın $y(t)$ diskret asılılığa $y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_i)$ çevrilmə prosesi *kəsilməz siqnalın diskretləşməsi* adlanır. Ən çox siqnalların bərabərölçülü diskretləşməsini tətbiq edirlər. Burada iki qonşu hesab arasındakı vaxt intervalı $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ sabit qalır.

Diskret hesablar üzrə siqnalın əyrisinin bərpası müxtəlif bazis funksiyalarla həyata keçirilir. Belə funksiya kimi müxtəlif polinomları, xüsusilə Laqranj polinomunu tətbiq edirlər. Şək.3.9, a,b-də ilkin siqnal $y(t)$ və diskret hesablara görə bərpa olunmuş siqnal $y^*(t)$ göstərilmişdir. Bu siqnal sıfır və birinci dərəcəli Laqranj polinomlarının tətbiqi əsasında alınmışdır. Siqnalların bu cür bərpasını həmçinin sıfır ekstrapolyasiya və xətti interpolyasiya adlandırırlar.

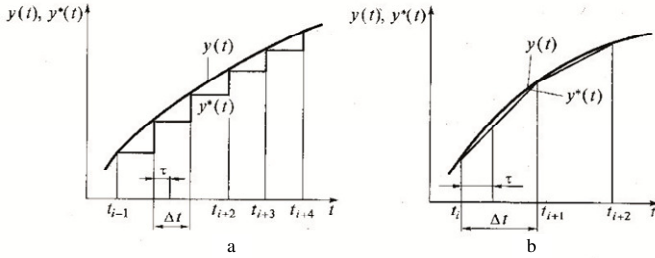
$y(t)$ və $y^*(t)$ funksiyalarının yaxınlaşma keyfiyyəti $\varepsilon(t) = y^*(t) - y(t)$ xətası ilə təyin edilir. $y^*(t)$ və $y(t)$ yaxınlığını qiymətləndirmək üçün xətdən $\varepsilon(t)$ istifadə olunması onun vaxtdan asılılığının mürəkkəbliyinə görə çox çətindir. Ona görə $y^*(t)$ və $y(t)$ -nin yaxınlıq dərəcəsini xarakterizə edən bir neçə yaxınlaşmanın ədədi göstəricilərini tətbiq edirlər. Göstərici kimi bərabərölçülü yaxınlaşma göstəricisi istifadə edilə bilər:

$$\varepsilon_{\max} = \max[\varepsilon(t)], \quad t \in [0, T],$$

və ya orta kvadratik yaxınlaşma göstəricisi

$$\sigma[\varepsilon] = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \varepsilon^2(t) dt}, \quad t \in [0, T],$$

burada ε_{\max} -siqnalın $0 \dots T$ intervalında bərpasının xətasının modulunun maksimal qiyməti; $\sigma[\varepsilon]$ -bərpmanın orta kvadratik xətasıdır.



Şək.3.9. Siqnalın ilkin əyrisi $y(t)$ və sıfır (a) və birinci (b) dərəcəli Loqranj polinomlarının tətbiqi əsasında alınmış siqnalın bərpa olunmuş əyrisi $y^*(t)$

Siqnalın əyrisinin bərpaı zamanı ε_{\max} və $\sigma[\varepsilon]$ -nu sıfır ($n=0$) və birinci ($n=1$) dərəcəli Loqranj polinomları ilə təyin edək. Diskretləşmənin hər intervalında (t_i, t_{i+1}), $t_{i+1} = t_i + \Delta t$ (burada Δt -diskretləşmə addımıdır) alırıq:

$n=0$ üçün-

$$y^*(t) = Y^*(t_i + \tau) = y(t_i); \quad \varepsilon(\tau) = y'(\xi \Delta t) \tau;$$

$n=1$ üçün –

$$y^*(t) = y^*(t_i + \tau) = y(t_i) + \frac{y(t_{i+1}) - y(t_i)}{\Delta t} \tau;$$

$$\varepsilon(\tau) = \frac{y''(\xi \Delta t)}{2} \tau(\tau - \Delta t),$$

burada $y'(\xi \Delta t)$, $y''(\xi \Delta t)$ -uyğun olaraq $\tau \in [0, \Delta t]$ diskretləşmə intervalının içərisində yerləşən $\xi \Delta t$, $\xi \in [0, 1]$ laqranj nöqtəsində $y(t)$ -nin birinci və ikinci dərəcəli törəmələridir.

$\varepsilon(\tau)$ xətaları Loqranjın interpolyasiya düsturunun qalıq üzvü ilə təyin edilir.

Bərabərölcülü yaxınlaşma göstəricisi. Hər i -ci diskretləşmə intervalında approksimasiyanın maksimal xətası bərabərsizliklə qiymətləndirilə bilər:

$n=0$ üçün –

$$\varepsilon_{\max} \leq \max[y'(\xi\Delta t)] \max \tau = M_{1i} \Delta t ;$$

$n=1$ üçün –

$$\varepsilon_{\max} \leq \max \left| \frac{y''(\xi\Delta t)}{2} \right| \max |\tau(\tau - \Delta t)| = \frac{M_{2i} \Delta t}{8},$$

burada M_{1i}, M_{2i} – diskretləşmənin i -ci intervalında 1-ci və 2-ci dərəcəli törəmələrin modulunun maksimal qiymətidir.

Axırıncı ifadədə $\tau = \Delta t / 2$ olduqda $\max |\tau(\tau - \Delta t)| = \Delta t / 4$ olur.

$Y(t)$ -nin bütün mövcudluq vaxtında bərpənin maksimum xətasını qiymətləndirmək üçün müvafiq törəmələrin modullarının maksimal qiymətindən istifadə olunur: $M_1 = \max\{M_{1i}\}$, $M_2 = \max\{M_{2i}\}$. Onda yazmaq olar:

$n=0$ üçün –

$$\varepsilon_{\max} = M_1 \Delta t ;$$

$n=1$ üçün –

$$\varepsilon_{\max} = M_2 \Delta t^2 / 8.$$

Yuxarıda göstərilən bərabərsizlik diskretləşmə intervalını bərpənin verilmiş və ya buraxıla bilən maksimum xətasında ε_{\max} təyin etmək olar:

$n=0$ üçün –

$$\Delta t = \varepsilon_{\max} / M_1 ;$$

$n=1$ üçün –

$$\Delta t = \sqrt{8\varepsilon_{\max} / M_2}$$

M_1 və M_2 -nin təyin edilməsinin müxtəlif üsulları vardır. Burada xüsusilə S.N.Bernşteyn bərabərsizliyindən istifadə etmək olar: əgər $y(t)$ signalı modula görə hər hansı

maksimal qiymətlə y_{\max} məhdudlaşsın, yəni $|y(t)| \leq Y_{\max}$ və məhdudlaşmış $0 \dots \omega_{\max}$ tezlik diapazonuna malikdirsə, onda n dərəcəli törəmənin maksimal qiyməti $|y_{\max}^{(n)}| \leq \omega_{\max}^n Y_{\max}$ bərabərsizliyi ilə məhdudlaşır və deməli $M_1 \leq \omega_{\max} Y_{\max}$; $M_2 \leq \omega_{\max}^2 Y_{\max}$.

Orta kvadratik yaxınlaşmanın göstəricisi. i intervalı üçün xətanın kvadratının orta qiyməti aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\sigma_i^2[\mathcal{E}] = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \mathcal{E}_i^2(t) dt.$$

$Y(t)$ -nin bütün qiymətləri üzrə $y^*(t)$ yaxınlaşmanı qiymətləndirmək üçün bütün diskretləşmə üsulları N üzrə xətanın kvadratının orta qiymətini tapırlar:

$$\sigma_N^2|\mathcal{E}| = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \mathcal{E}_i^2(t) dt;$$

$N \rightarrow \infty$ olan zaman bu xətanın riyazi gözlənməsi

$$\sigma^2[\mathcal{E}] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \mathcal{E}_i^2(t) dt = M \left\{ \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \mathcal{E}_i^2(t) dt \right\}$$

Buradan stasionar təsadüfi signal üçün yazmaq olar:
n=0 üçün-

$$\sigma^2[\mathcal{E}] = \frac{2\sigma_y^2}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} (1 - \rho(\tau)) d\tau;$$

n=1 üçün-

$$\sigma^2[\mathcal{E}] = \sigma_y^2 \left[\frac{5}{3} + \frac{1}{3} \rho(\Delta t) - \frac{4}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} \rho(\tau) \left(1 - \frac{\tau}{\Delta t}\right) d\tau \right],$$

burada σ_y^2 -signalin dispersiyası; $\rho(\tau)$ -signalin normalaşdırılmış korrelyasiya funksiyası,

$$\rho(\tau) = R(\tau) / R(\tau = 0) = R(\tau) / \sigma_y^2.$$

Beləliklə, Laqranj polinomları bazasında siqnalın diskretləşməsi və bərpası proseduru polinomun dərəcəsi, siqnalın və diskretləşmə intervalının xarakteristikalarından asılı olan xətanın ortaya çıxması ilə müşayiət olunur. Ümumi halda bu xəta həmçinin siqnalın əyirisi bərpa edən zaman istifadə olunan funksiyanın növündən asılıdır.

BÖLMƏ II
ELEKTRİK ÖLÇMƏ VASİTƏLƏRİ
Fəsil 4
ÖLÇÜLƏR, MIQYAS ÖLÇMƏ ÇEVRİCİLƏRİ VƏ
ELEKTROMEXANİKİ CİHAZLAR, KÖRPÜLƏR VƏ
KOMPENSATORLAR

4.1. Ölçülər

Ümumi məlumatlar. Qiymətləri müəyyən vahidlərlə ifadə edilən və lazımi dəqiqliklə məlum olan, bir və ya bir neçə verilmiş ölçünün fiziki kəmiyyətinin təzələnməsi və (və ya) saxlanması üçün nəzərdə tutulan ölçmə vasitəsinə ölçü deyilir.

Təyinatına görə ölçülər nümunəvi və işçi ölçülərə bölünür. Nümunəvi kimi təsdiq olunan ölçülər işçi ölçmə vasitələrinin yoxlanması və dərəcələnməsi üçün nəzərdə tutulur. İşçi ölçülər ölçmələrə xidmət edir.

Fiziki kəmiyyətin təzələnmə dəqiqliyinə görə nümunəvi ölçülər 1, 2 və 3-cü dərəcəli olur, 1-ci dərəcəli ölçülərdə təzələnmə xətası ən kiçikdir. Fiziki kəmiyyətin qiymətinin təzələnməsinin buraxıla bilən xətasına görə işçi ölçülər müxtəlif dəqiqlik siniflərinə aid edilir.

Ölçülərin aşağıdakı növ müxtəliflikləri vardır: birhədli ölçülər, çoxhədli ölçülər və ölçü mağazaları.

Birhədli ölçülər. Birhədli ölçülər bir ölçüdə olan fiziki kəmiyyəti təzələyir. Onlara birhədli müqavimət, induktivlik, qarşılıqlı induktivlik, tutum və gərginlik ölçüləri aiddir.

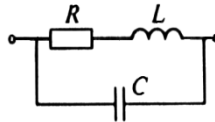
Müqavimət ölçüləri. Elektrik müqavimətinin birhədli ölçüləri müqavimət ölçmə sarğaçlarıdır. Onlar müqavimətin $10^{\pm n}$ (burada n -tam ədəddir) Om nominal qiymətlərinə müvafiq hazırlanır və dörd sığaca malikdir, bunlardan ikisi cərəyan, ikisi potensial sığacları adlanır. Sarğacın potensial sığacları arasındakı müqaviməti dolaq cərəyan sığacları ilə

dövrəyə qoşulduqda nominal qiymətə uyğun gəlir. Müqavimət sarğacının dolağı manqandan hazırlanır. Manqanın müqaviməti, kiçik temperatur əmsalı mis ilə cüt təşkil etdikdə kiçik termo EQ və öz xassələrinin yüksək stabilliyi daxilində böyük xüsusi elektrik müqavimətinə malikdir.

Müqavimət sarğacının dəqiqlik sinfi nominal müqavimət 10^{-5} -dən 10^{10} Om-dək olduqda 0,0005-dən 0,1-dək ola bilər.

Dəyişən cərəyan dövrlərində işlədikdə ölçmə sarğacının tam müqaviməti cərəyanın tezliyi dəyişdikdə özünün məxsusi tutumu C və induktivliyi L hesabına dəyişir. Müqavimət sarğacının ekvivalent elektrik sxemi şəkl. 4.1-də verilmişdir. Sarğacın reaktivlik dərəcəsini

$\tau = \frac{L}{C} - RC$ zaman sabiti ilə səciyyələndirmək qəbul edilmişdir, burada R - sabit cərəyanda sarğacın müqavimətidir. Zaman sabiti $0,5 \cdot 10^{-8}$ -dən $2,5 \cdot 10^{-6}$ san-dək ola bilər və müqavimət ölçmə sarğacları üçün texniki şərtlərdə göstərilir.



Şəkl. 4.1. Müqavimət sarğacının ekvivalent elektrik sxemi

İnduktivlik və qarşılıqlı induktivlik ölçüləri. Birləhdi induktivlik və qarşılıqlı induktivlik ölçüləri induktivlik və qarşılıqlı induktivlik ölçmə sarğaclarıdır. İnduktivlik sarğacı gövdəyə sarınmış məftildən hazırlanır. Onlar 10^{-6} -dan 1 Hn-dək nominalla 0,05-dən 0,5-dək dəqiqlik siniflərində və yuxarı tezlik həddi 100 kHs olmaqla buraxılır. İnduktivlik sarğacının ekvivalent sxemi parametrlərinin qarşılıqlı əlaqəsiylə fərqlənməklə müqavimət sarğacının ekvivalent sxemi ilə eynidir.

Qarşılıqlı induktivlik sarğaçları ümumi gövdəyə sarınmış iki dolaqdan ibarətdir. Sarğaçlar 10^{-4} -dən 10^{-2} Hn-dək nominal, $\pm 0,1\%$ buraxılabilən xəta və 50 kHs yuxarı tezlik həddi ilə buraxılır.

Elektrik tutumu ölçüləri. Bihədli elektrik tutum ölçüləri kimi hava və qazla doldurulmuş kondensatorlar və slyuda izolyasiyalı kondensatorlar tətbiq olunur. Hava kondensatorlarının tutumu 10 000 pF-dan çox olmur. Yüksək gərginlik dövrlərində qazla doldurulmuş kondensatorlar istifadə edilir. Ölçmə kondensatorlarının dəqiqlik sinifləri 0,005-dən 1-ə qədər dəyişir.

Gərginlik ölçüləri. Bihədli gərginlik ölçüsü normal elementdir. Normal element xüsusi kimyəvi elektrik enerjisi mənbəyidir. Onun gərginliyi çox dəqiqliklə məlum olur və ətraf mühitin temperaturu dəyişmədikdə zamana görə böyük sabitliyi ilə fərqlənir. Xarakteristikaları ilə fərqlənən doymuş və doymamış elektrolit məhlullu normal elementlər hazırlanır. Normal elementlərin dəqiqlik sinifləri 0,0002-dən 0,02-dək təşkil edir. Hal-hazırda elektrik gərginlik ölçüsü kimi həmçinin stabilləşdirilmiş gərginlik mənbələri istifadə edilir. Məsələn, P36-1 stabilləşdirilmiş sabit cərəyan gərginlik mənbələri qidalandırma gərginliyi $\pm 10\%$ meyil etdikdə, 1mA normal yük cərəyanında ($1,5000 \pm 0,0001$) V həddində sabit çıxış gərginliyinə malik ola bilir.

Çoxhədli ölçülər. Çoxhədli ölçülər müxtəlif ölçülərdə olan fiziki kəmiyyəti təzələmək üçündür. Ölçmə generatorları, gərginlik, cərəyan, faz sürüşməsi kalibratorları, dəyişən tutumlu ölçmə kondensatorları və variometrler, yaxud dəyişən induktivlik ölçüləri çoxhədli ölçülərə aid edilir.

Ölçmə generatorları forması əvvəlcədən məlum olan, tezliyi, amplitudu və bəzi digər parametrləri müəyyən hədlərdə tənzimləyə bilən və zamanətli dəqiqliklə hesablan

bilən dəyişən cərəyan və gərginlik mənbələridir. Çıxış siqnalının formasından asılı olaraq onlar sinusoidal siqnal (hərsin yüzdə bir hissəsindən 10^{10} Hs-ə qədər), küy siqnalları, impuls siqnalları və xüsusi formalı siqnal generatorlarına bölünür. Aşağı tezlikli (10^5 Hs-ə qədər) sinusoidal siqnal generatorları $\pm(0,1-3)\%$ tezliyin verilməsi, $\pm(1-6)\%$ gərginliyin verilməsi xətasına malikdir.

Gərginlik və cərəyan kalibratorları çıxışında bir sıra qiymətləri kalibrələnmiş, yəni dəqiq məlum olan siqnallar almağa imkan verən stabilləşdirilmiş gərginlik, yaxud cərəyan mənbələridir. Sənayedə sabit və dəyişən cərəyan və gərginlik kalibratorları buraxılır. Bəzi kalibratorlar idarəetmə qurğuları ilə təchiz olunur, bu da onlardan avtomatlaşdırılmış yoxlama qurğularının tərkibində istifadə etməyə imkan verir.

Ölçü mağazaları. Ölçü mağazaları konstruktiv cəhətdən bir qurğuda cəmləşdirilən, müxtəlif kombinasiyalarda birləşdirilməsi üçün tərtibatlara malik olan ölçülər dəstidir. Müqavimət, tutum və induktivlik mağazaları vardır.

Müqavimət mağazaları kəmiyyətin qiymətini $10^{-2} - 10^{10}$ Om təzələmə diapazonunda və 0,01-dən 0,2-yə qədər dəqiqlik sinfi diapazonunda hazırlanır. Tutum mağazaları $10^{-3} - 10^9$ pF təzələmə diapazonuna və 0,005-dən 1-ə qədər dəqiqlik sinfi diapazonuna malikdir. İnduktivlik (qarşılıqlı induktivlik) mağazaları yüksək dekadanın induktivliyinin (qarşılıqlı induktivliyinin) nominal qiyməti 0,001–10 000 mHs, dekadalar sayı 1–5 və dəqiqlik sinifləri 0,02-dən 1-ə qədər olmaqla hazırlanır.

Birhədli ölçünün nominal qiymətinin faizi şəklində ifadə olunan buraxıla bilən əsas xətasının həddi $\delta_0 = \pm k$

düsturu ilə təyin olunur, burada k dəqiqlik sinfinin ədədi qiymətidir.

Çoxhədli ölçünün (dəyişən tutumlu kondensator, variometr və s.) kəmiyyətin təzələnən qiymətinin faizi şəklində ifadə olunan buraxılabilən xətasının həddi:

$$\delta_h = \frac{\pm k N_{\max}}{N},$$

burada N_{\max} –ölçünün ən böyük qiyməti, N – təzələnən qiymətdir.

Mağazanın nominal qiymətin faizi şəklində ifadə olunan buraxılabilən əsas xətasının həddi:

$$\delta_M = \pm k \left(1 + \frac{m N_{\min}}{N} \right),$$

burada m - mağazanın dekadalarının sayı, N_{\min} - ən kiçik dekadanın bir pilləsinin minimal qiymətidir.

Bir çox mağazalar və çoxhədli ölçülər üçün dəqiqlik sinfi iki ədədin c/d nisbəti şəklində göstərilir. Onda təzələnən kəmiyyətin buraxılabilən xətasının həddi aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\delta = \pm k \left[c + d \left(\frac{N_{\max}}{N} - 1 \right) \right].$$

4.2. Miqyas ölçmə çeviriciləri

Kəmiyyəti verilmiş ədədin misilləri qədər dəyişmək üçün nəzərdə tutulan ölçmə çeviriciləri miqyas ölçmə çeviriciləri adlandırılır. Onlara şuntlar, gərginlik bölücüləri, ölçmə gücləndiriciləri, cərəyan və gərginlik ölçmə transformatorları aid edilir.

Şuntlar. Cərəyan şiddətini müəyyən ədədin misilləri qədər azaltmaq üçün, məsələn, ampermetrin göstəriş diapazonu ölçülən cərəyanın dəyişmə diapazonundan az olduqda şuntlar tətbiq edilir.

Şunt ölçmə vasitəsinə paralel qoşulan rezistordan ibarətdir. Əgər şuntun müqaviməti $R_s = R/(n-1)$ (R -ölçmə vasitəsinin müqaviməti; n -şuntlama əmsalı, $n = I_1/I_2$) olarsa, onda I_2 cərəyanı I_1 cərəyanından n dəfə kiçik olacaqdır. Şuntlar manqanından hazırlanır. Çox böyük olmayan cərəyanları (30A-dək) ölçən apmermetrlərdə şuntlar, bir qayda olaraq, cihazın korpusunda yerləşdirilir, böyük cərəyanları (7500A-dək) ölçmək üçün isə xarici şuntlar istifadə edilir. Şuntlar çoxhədli ola bilər, yəni bir neçə rezistordan ibarət və ya bir neçə sıxacla hazırlana bilər. Bu da şuntlama əmsalını dəyişməyə imkan verir. Şuntların dəqiqlik sinfi 0,02-dən 0,5-dək təşkil edir.

Şuntlar əsasən sabit cərəyan dövrlərində maqnetoelektrik cihazlarda istifadə edilməklə müxtəlif ölçmə vasitələrində tətbiq olunur. Digər tip ölçmə mexanizmlərinin az həssas olması şuntların ölçülərini böyütdüyündən və tələb etdiyi gücü artırdığından onlar belə mexanizmlərlə birlikdə tətbiq olunmur. Bundan başqa, şuntlardan dəyişən cərəyanda istifadə edildikdə tezliyin dəyişməsindən əlavə xəta yaranır. Belə ki, tezliyin dəyişməsi ilə şuntun və ölçmə mexanizminin müqavimətinin dəyişməsi müxtəlifdir.

Gərginlik bölücüləri. Gərginliyi məlum ədədin misilləri qədər azaltmaq üçün gərginlik bölücüləri tətbiq olunur. Onlar gərginliyin növündən asılı olaraq yalnız aktiv müqavimətə, tutum və yaxud induktiv müqavimətə malik elementlər əsasında hazırlana bilər. Sabit cərəyan kompensatorlarının ölçmə hədlərini genişləndirmək üçün gərginlik bölücüləri seriyalı buraxılır. Belə bölücülər manqanın əsaslı rezistordan hazırlanır. Onlar normalaşdırılmış bölmə əmsalına və 0,0005-dən 0,01-dək dəqiqlik sinfinə malik olur. Daxili müqaviməti R_v olan voltmetrlərin yuxarı ölçmə həddini artırmaq üçün ona ardıcıl qoşulan əlavə rezistorlardan istifadə edilir. Bu zaman əlavə

rezistor və voltmetr gərginlik bölücüsü təşkil edir. Əlavə rezistorun müqaviməti bu düsturla təyin edilir:

$$R_e = R_v \left(\frac{U_x}{U_v} - 1 \right),$$

burada R_v - voltmetrin daxili müqaviməti; U_x - ölçülən gərginlik; U_v - voltmetrdə gərginlik düşğüsüdür.

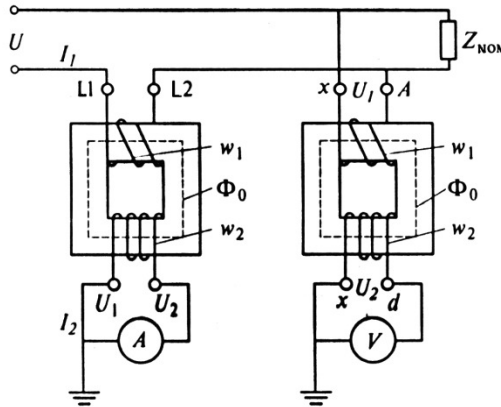
Əlavə müqavimətlər manqanindən hazırlanır və 30kV-dək gərginlikli sabit və dəyişən (20kHs-dək) cərəyan dövrlərində istifadə edilir. Onlar cihazın daxilində quraşdırıla və xaricdən qoşula bilir. Kalibrələnmiş əlavə rezistorların dəqiqlik sinifləri 0,01-dən 1-dək olur. Əlavə rezistorların nominal cərəyanı 0,5mA-dən 30mA-dək təşkil edir.

Ölçmə gücləndiriciləri. Sabit və dəyişən cərəyan siqnallarını gücləndirmək, yəni kiçik siqnallar istiqamətində ölçmə həddini genişləndirmək üçün ölçmə gücləndiriciləri tətbiq edilir. Gücləndirilən siqnalın tezlik diapazonundan asılı olaraq ölçmə gücləndiriciləri sabit cərəyan və gərginlik üçün, aşağı tezlikli (20Hs – 200kHs), yüksək tezlikli (250MHs-dək) və selektiv (ensiz tezlik zolağında siqnalları gücləndirən) olur. Ölçmə çeviriciləri ötürmə əmsalının normallaşdırılmış xətası ilə hazırlanır. Elektron ölçmə gücləndiriciləri 0,1mV və 0,3mkA-dən yuxarı siqnalları 0,1 - 1,0% xəta ilə ölçməyə imkan verir. Kiçik cərəyan və gərginliklərdə fotoqalvanometrik gücləndiricilərdən istifadə edilir. Böyük daxili müqavimətli mənbələrdən cərəyan və gərginlikləri gücləndirmək üçün böyük giriş müqaviməti ilə fərqlənən (10^{12} Om-dək) elektrometrik gücləndiricilər tətbiq olunur. Seriyalı buraxılan ölçmə gücləndiriciləri 10V və ya 5mA unifikasiya olunmuş nominal çıxış siqnalına malik olur.

Dəyişən cərəyan və gərginlik ölçmə transformatorları. Cərəyan və gərginlik ölçmə

transformatorları böyük dəyişən cərəyan və gərginlikləri kiçik standart ölçmə hədli (məsələn, 5A, 100V) ölçü cihazları üçün buraxıla bilən nisbətən kiçik cərəyana və gərginliyə çevirən çeviricilər kimi istifadə edilir. Yüksək gərginlik dövrlərində ölçmə transformatorlarının tətbiqi ilə cihaza xidmət edən personalın təhlükəsizliyi təmin olunur, belə ki, bu zaman cihazlar torpaqlanan aşağı gərginlikli dövrəyə qoşulur (şək. 4.2).

Ölçmə transformatorları bir-birindən izolyasiya edilmiş, ferromaqnit içlikdə yerləşdirilən iki dolaqdan ibarətdir: sarğılarının sayı w_1 olan birinci və w_2 olan ikinci dolaq. Transformatorların və cihazların düzgün qoşulması üçün transformatorun sığacları şəkildə göstərilədiyi kimi işarə edilir (şək. 4.2).



Şəkil 4.2. Cərəyan və gərginlik ölçmə transformatorlarının qoşulma sxemi

Cərəyan transformatorları, bir qayda olaraq, I_1 birinci tərəf cərəyanı I_2 ikinci tərəf cərəyanından böyük olur, odur ki, $w_1 < w_2$. I_{1nom} birinci tərəf nominal cərəyanı 500A-dən böyük olan cərəyan transformatorlarında birinci tərəf dolağı içliyin pəncərəsindən keçən lövhə şəklində bir sarğacdən ibarət ola bilər.

Gərginlik transformatorlarında U_1 birinci tərəf gərginliyi U_2 ikinci tərəf gərginliyindən böyük olur, odur ki, $w_1 > w_2$. Standart transformatorlarda U_{1nom} birinci tərəf nominal gərginliyinin müxtəlif qiymətlərində U_{2nom} ikinci tərəf nominal gərginliyi 100V , $\frac{100}{\sqrt{3}}\text{V}$ təşkil edir.

Ölçmə dövrəsinə qoşulma sxemlərindən və işləmə şəraitindən asılı olaraq cərəyan və gərginlik transformatorları bir-birindən fərqlənir. Cərəyan transformatorunun birinci tərəf dolağını ölçmə dövrəsinə ardıcıl, gərginlik transformatorlarının dolağını paralel qoşurlar. Ölçmə cihazları transformatorların ikinci tərəf dolağına qoşulur.

Cihazların göstərişlərinə əsasən ölçülən kəmiyyətlərin qiymətlərini müəyyən etmək mümkündür. Bunun üçün cihazların göstərişlərini K_I və K_U transformasiya əmsallarına vurmaq lazımdır. Cərəyan transformatorları üçün:

$$K_I = \frac{I_1}{I_2},$$

gərginlik transformatorları üçün:

$$K_U = \frac{U_1}{U_2}.$$

I_2 və U_2 kəmiyyətləri I_1 və U_1 -yə qeyri-mütənasib dəyişdiyindən K_I və K_U qeyri-sabitdir. Onlar cərəyan və gərginliyin qiymətlərindən, ikinci tərəf dövrəsində yükün xarakterindən və qiymətindən, cərəyanın tezliyindən, həmçinin transformatorun konstruksiyasından və içliyin materialından asılıdır və adətən naməlum olur. Odur ki, cihazların göstərişləri həqiqi yox, sabit nominal transformasiya əmsallarına vurulur.

$$K_{I\text{nom}} = \frac{I_{1\text{nom}}}{I_{2\text{nom}}};$$

$$K_{U\text{nom}} = \frac{U_{1\text{nom}}}{U_{2\text{nom}}}.$$

Ölçülən kəmiyyətlərin nominal transformasiya əmsallarına görə təyini xətalara səbəb olur. Həqiqi və nominal transformasiya əmsallarının qeyri-bərabərliyi səbəbindən yaranan nisbi xəta, %, cərəyan transformatorları üçün:

$$f_I = \frac{100(I'_1 - I_1)}{I_1} = \frac{100(K_{I\text{nom}} - K_I)}{K_I},$$

gərginlik transformatorları üçün:

$$f_U = \frac{100(U'_1 - U_1)}{U_1} = \frac{100(K_{U\text{nom}} - K_U)}{K_U},$$

burada $I'_1 = K_{I\text{nom}} I_2$; $I_1 = K_I I_2$; $U'_1 = K_{U\text{nom}} U_2$;
 $U_1 = K_U U_2$.

f_I xətası cərəyan xətası, f_U isə gərginlik xətası adlandırılır. Ölçmə transformatorlarında həmçinin birinci tərəf kəmiyyətinin fazasının ikinci tərəf kəmiyyətinə ötürülməsinin qeyri-dəqiqliyi səbəbindən bucaq xətası yaranır. Ölçmə transformatorlarının bucaq xətası (vattmetrlər, elektrik enerji sayğacları, fazometrlər) hərəkətli hissənin meyil etməsi dövrlərindən axan cərəyanlar arasındakı faza sürüşməsindən asılı olan cihazların göstərişlərinə təsir edir.

Transformatorlar nəzəriyyəsiindən məlumdur ki, ideal halda cərəyan transformatorunun I_2 ikinci tərəf cərəyan vektoru ilə I_1 birinci tərəf cərəyan vektoru arasında faza sürüşməsi 180° təşkil edir. Gərginlik transformatorunda U_2 ikinci tərəf və U_1 birinci gərginlik vektorları arasındakı faz sürüşməsi də belə olmalıdır. Real transformatorlarda ikinci

tərəf kəmiyyətinin 180^0 döndərilmiş vektoru ($-I_2$, yaxud $-U_2$) ilə birinci tərəf kəmiyyətinin müvafiq vektoru (I_1 , yaxud U_1) arasındakı bucaq sıfıra bərabər deyildir və *transformatorun bucaq əmsalı* adlanan δ bucağını təşkil edir. Əgər 180^0 döndərilmiş ikinci tərəf kəmiyyətinin vektoru birinci tərəf kəmiyyətinin vektorunu qabaqlayarsa, xəta müsbət sayılır.

Cərəyan ölçmə transformatorları qısa qapanma rejiminə yaxın işləyir, belə ki, onların ikinci tərəf dolaqlarına kiçik müqavimətli cihazlar qoşulur.

Daşınan cərəyan transformatorları üçün dəqiqlik sinifləri 0,01-dən 0,2-dək müəyyənləşdirilib. Onlar 25 Hs-dən 10 kHs-dək nominal tezlikdə, yaxud tezliklər sahəsinə hazırlanır. Cərəyan transformatorları birinci tərəf cərəyanının 0,1A-dən 30 kA-dək nominal qiymətləri, ikinci tərəf cərəyanının 5A nominal qiyməti üçün buraxılır. 50 Hs tezlik üçün stasionar cərəyan transformatorları 1A-dən 40kA-dək nominal birinci tərəf cərəyanlarına və 1; 2; 2,5; 5 A nominal ikinci tərəf cərəyanlarına hazırlanır. Bu transformatorların dəqiqlik sinifləri 0,2-dən 10-dək olur. Cərəyan transformatorları müəyyən nominal yükə, məsələn, stasionar transformatorlar üçün bu, $2,5 V \cdot A$ -dən $100 V \cdot A$ -dək olmaqla hazırlanır.

Gərginlik ölçmə transformatorları boş gediş rejiminə yaxın rejimdə işləyir, belə ki, ikinci tərəf dolağına nisbətən böyük daxili müqavimətli cihazlar qoşulur.

Stasionar gərginlik transformatorları 220 V-dan 32 kV-dək nominal birinci tərəf gərginliyinə $5 V \cdot A$ -dən $25 V \cdot A$ -dək nominal yük üçün ($\cos \varphi = 0,8-1,0$) hazırlanır. Laboratoriya transformatorları çox zaman bir neçə ölçmə həddi üçün daşınan olur. Üçfazlı dövrlər üçün üçfazlı gərginlik transformatorları hazırlanır.

4.3. Elektromexaniki ölçü cihazları

4.3.1. Elektromexaniki ölçü cihazlarının xarakteristikası

Elektromexaniki cihazlar ölçmə mexanizmində elektrik enerjisini hərəkətli hissənin mexaniki enerjisinə çevirən cihazlardır. Onlara üç əsas hissədən - ölçmə dövrəsindən, ölçmə mexanizmindən və hesabat qurğusundan ibarət bilavasitə qiymətləndirmə cihazları aiddir. Ölçmə dövrəsi ölçülən elektrik kəmiyyətini bilavasitə ölçmə mexanizminə təsir göstərən digər elektrik kəmiyyətinə çevirməyə xidmət edir. Bu, həm keyfiyyət, həm də kəmiyyətcə çevirmə ola bilər. Ölçmə mexanizmində elektrik enerjisi mexaniki enerjiyə çevrilir ki, o da hərəkətli hissənin yerini dəyişdirir (onu döndərir). Hesabat qurğusu ölçülən kəmiyyətin qiymətini hərəkətli hissənin dönmə bucağından asılı olaraq vizual hesablamaya imkan verir.

Ölçmə mexanizmlərində adətən hərəkətli hissənin bucaq yerdəyişməsi olduğundan onların işinin təhlilində hərəkətli hissəyə təsir edən momentlərə baxılır. Momentlər statik və dinamik momentlərə bölünür. Statik momentlər ölçülən kəmiyyət mövcud olduqda mexanizmdə daim təsir göstərən momentlərdir. Dinamik momentlər hərəkətli hissəyə ancaq o hərəkət etdikdə təsir göstərir.

Statik momentlərə fırladıcı və əks-təsir momentləri aiddir.

Ölçülən kəmiyyətin təsiri ilə mexanizmdə yaranan və hərəkətli hissəni artan göstərişlər tərəfə döndərən moment *fırladıcı* moment adlanır. Bu moment ölçülən x kəmiyyəti ilə birqiymətli təyin edilməlidir və həm də hərəkətli hissənin α dönmə bucağından asılı ola bilər, yəni fırladıcı moment $M = F(x, \alpha)$. Hərəkətli hissə $d\alpha$ qədər döndükdə mexaniki enerjinin dəyişməsi dA ölçmə mexanizmində elektrokinetik

enerjinin dəyişməsinə dW_E bərabərdir, yəni $dA = dW_E$. Hərəkətli hissənin bucaq yerdəyişməsi zamanı mexaniki enerjinin dəyişməsi $dA = Md\alpha$ olur. Beləliklə:

$$M = \frac{dW_E}{d\alpha}, \quad (4.1)$$

burada W_E - ölçmə mexanizminin elektrokinetik enerjisidir.

Beləliklə, fırladıcı moment mexanizmdə elektrokinetik enerji dəyişdikdə yaranır. Mexanizmin tipindən asılı olaraq bu, elektromaqnit sahənin (əksər cihazlarda), yaxud elektrostatik sahənin (elektrostatik cihazlarda) enerjisinin dəyişməsi ola bilər.

Ölçülən x kəmiyyətinin istənilən qiymətində hərəkətli hissənin həmişə son dayaq nöqtəsinə qədər hərəkət etməyərək ölçülən kəmiyyətdən asılı bucaq qədər dönməsi üçün hərəkətli hissəyə fırladıcı momentə qarşı yönələn və dönmə bucağından asılı moment - *əks-təsir* momenti təsir etməlidir:













$$M_\alpha = F(\alpha). \quad (4.2)$$

Müəyyən qədər dönmə bucağında M ilə M_α -nın bərabərliyi baş verir, yəni $M = -M_\alpha$ və ya:

$$M + M_\alpha = 0. \quad (4.3)$$

Fırladıcı momenti yaratma üsulu ilə fərqlənən altı tip ölçmə mexanizmi tətbiqini tapmışdır: maqnitoelektrik, elektromaqnit, elektrodinamik, ferrodinamik, elektrostatik və induksion (cədvəl 4.1). Əks-təsir momentini yaratma üsulundan asılı olaraq ölçmə mexanizmləri mexaniki əks-təsir momentli və elektrik əks-təsir momentli (laqometrik ölçmə mexanizmləri) olur.

Cədvəl 4.1

| Cihazın adı | Şerti işarəsi | Cihazın adı | Şerti işarəsi |
|---|---|-------------------------|---|
| Hərəkətli sarğaçlı maqnitoelektrik cihaz |  | Elektrodinamik cihaz |  |
| Maqnitoelektrik laqometr |  | Elektrodinamik laqometr |  |
| Hərəkətli maqnitli maqnitoelektrik cihaz |  | Ferrodinamik cihaz |  |
| Hərəkətli maqnitli maqnitoelektrik laqometr |  | Ferrodinamik laqometr |  |
| Elektromaqnit cihaz |  | İnduksiya cihazı |  |
| Elektromaqnit laqometr |  | Elektrostatik cihaz |  |

Mexaniki əks-təsir momentli ölçmə mexanizmlərində moment hərəkətli hissə döndükdə sıxılan elastik elementlərlə (spiral yaylar, gərilməmiş elementlər, asılıqlar) yaradılır. Bu zaman:

$$M_{\alpha} = -W \alpha, \quad (4.4)$$

burada W - elastik elementin xassələrindən asılı olan xüsusi əks-təsir momentidir. Bir sıra cihazlarda elastik elementlər həm də hərəkətli hissəyə cərəyan daşıyıcısı kimi istifadə olunur .

Laqometrik cihazlarda əks-təsir momenti fırladıcı moment kimi yaradılır, ancaq onlardan biri hərəkətli hissənin dönmə bucağından asılı olmalıdır. Əgər x_1 kəmiyyətinin yaratdığı moment fırladıcı, x_2 kəmiyyətinin yaratdığı moment isə əks-təsir momenti olarsa, onda

$$M = F_1(x_1), \quad M_{\alpha} = F_2(x_2, \alpha), \quad \alpha = \Phi\left(\frac{x_1}{x_2}\right), \quad \text{yəni bu halda}$$

hərəkətli hissənin dönmə bucağı x_1 və x_2 elektrik kəmiyyətlərinin nisbəti ilə təyin edilir.

Hərəkətli hissə yerdəyişmə etdikdə, ona yuxarıda göstərilənlərdən əlavə, dinamik momentlər də: ətalət qüvvələrinin momenti və sakitləşdirmə momenti təsir edir.

Ətalət qüvvələri momenti M_J ətalət momentinin J bucaq təcilinə hasilinə bərabərdir:

$$M_J = -J \frac{d^2\alpha}{dt^2}. \quad (4.5)$$

Sakitləşdirmə momenti M_P sakitləşdirmə əmsalının P bucaq sürətinə hasilinə bərabərdir:

$$M_P = -P \frac{d\alpha}{dt}. \quad (4.6)$$

Ətalət qüvvələri momenti və sakitləşdirmə momenti üçün ifadələrdə “-” işarəsi onların fırladıcı momentə əks yönəldiyini göstərir.

Nəzəri mexanikadan məlumdur ki, öz oxu ətrafında fırlanan (dönən) cisimlərin hərəkəti zamanı ətalət qüvvələrinin momenti cismə fırlanma oxuna nəzərən təsir edən bütün qalan momentlərin cəminə bərabərdir:

$$M_J = M + M_P + M_\alpha. \quad (4.7)$$

(4.7) düsturunda (4.4), (4.5), (4.6) ifadələrini yerinə qoysaq, hərəkətli hissənin hərəkətinin diferensial tənliyini alırıq:

$$J \frac{d^2\alpha}{dt^2} + P \frac{d\alpha}{dt} + W \alpha = M.$$

Hərəkətli hissənin operator formasında ötürmə funksiyası belə şəkil alır:

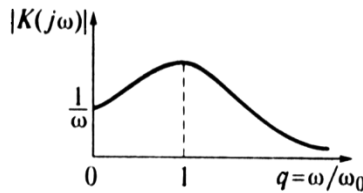
$$K(p) = \alpha(p)/M(p) = 1/(Jp^2 + Pp + W).$$

Operatoru $p = j\omega$ ilə əvəz edib, müvafiq çevirmələrdən sonra elektromexaniki cihazın hərəkətli hissəsinin amplitud-tezlik xarakteristikasını alırıq:

$$|K(j\omega)| = \frac{1}{W\sqrt{(1-q^2)+4\beta^2q^2}}, \quad (4.8)$$

burada $q = \frac{\omega}{\omega_0}$; ω - fırladıcı momentin dəyişmə tezliyi; ω_0 - ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinin məxsusi rəqslərinin, yəni sakitləşdirmə momenti olmadıqda rəqslərinin tezliyidir, $\omega_0 = \sqrt{\frac{W}{J}}$; β - hərəkətli hissənin sakitləşmə dərəcəsi, $\beta = \frac{P}{2\sqrt{JW}}$.

Şək. 4.3-də $\beta < 1$ müəyyən sakitləşmə dərəcəsində $|K(j\omega)|$ - in q - dən asılılıq qrafiki göstərilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi, ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinin ötürmə əmsalı fırladıcı momentin dəyişmə tezliyindən asılıdır. O isə öz növbəsində giriş elektrik kəmiyyətinin tezliyindən və həmin kəmiyyətin momentə çevrilməsi üsulundan asılıdır.



Şək. 4.3. Amplitud-tezlik xarakteristikasının fırladıcı momentin dəyişmə tezliyindən asılılığı

Maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin fırladıcı momentinin dəyişmə tezliyi giriş elektrik kəmiyyətinin tezliyinə bərabərdir, qalan ölçmə mexanizmlərində isə fırladıcı moment sabit və dəyişən tərkib hissələrinə malikdir, həm də dəyişən tərkib hissə giriş kəmiyyətinin ikiqat tezliyinə bərabərdir.

Sabit giriş elektrik kəmiyyətində bütün ölçmə mexanizmləri üçün (induksiya mexanizmlərindən başqa) hərəkətli hissənin ötürmə əmsalı sabit olub $\frac{1}{W}$ -yə bərabərdir. Giriş elektrik kəmiyyətinin dövrü dəyişməsi zamanı ötürmə əmsalı q -dən asılıdır. Adi elektromexaniki cihazların ölçmə mexanizmləri üçün hərəkətli hissənin ötürmə əmsalı artıq giriş kəmiyyətinin bir neçə hissə tezliyində praktiki olaraq sıfıra bərabər olur. Ona görə də belə cihazlar 50Hz və daha yüksək tezlikli dövrlərdə istifadə olunduqda ölçmə mexanizminin ötürmə əmsalı fırladıcı momentin sabit tərkib hissəsi ilə təyin edilir.

Elektrik kəmiyyətinin ani qiymətinin qeyd edilməsi üçün nəzərdə tutulan osilloqrafik qalvanometrlərdə ötürmə əmsalı elektrik kəmiyyətinin tezliyindən asılı olmamalıdır. Ona görə də həmin qalvanometrlərin konstruksiyasını elə hazırlayırlar ki, $q < 1$ olduqda fırladıcı momentin ani qiyməti elektrik kəmiyyətinin ani qiyməti ilə təyin edilsin. Bu zaman ötürmə əmsalı, deməli, qalvanometrin həssaslığı tezlikdən az asılı olacaqdır.

Rezonans qalvanometrləri adlanan qalvanometrlər məlumdur ki, onlar dəyişən cərəyan dövrlərində sıfır-indikator kimi işlədilir. Belə qalvanometrlər dövrəni qidalandıran gərginliyin tezliyində maksimal həssaslığa malik olmalıdır. Odur ki, onların ölçmə mexanizmlərinin konstruksiyası $q = 1$ olduqda rezonansa sazlanmağa imkan verir.

Ölçmə mexanizmlərinin müxtəlif iş prinsiplərinə baxmayaraq, bütün elektromexaniki cihazların ümumi detal və qovşaqları vardır.

Cihazın korpusu onu xarici təsirlərdən, məsələn, tozdan qoruyur.

Elektromexaniki cihazın hesabat qurğusu şkaladan və göstəricidən ibarətdir. Cihazın şkalası, bir qayda olaraq,

lövə şəklində olur və üzərində ölçülən kəmiyyətin müəyyən qiymətlərinə müvafiq qeydlər edilir. Göstərici şkala boyunca hərəkət edən və cihazın ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinə tərpənməz bərkidilən əqrəb şəklindədir. Göstərici kimi hərəkətli hissənin oxuna bərkidilmiş güzgüdən əks olunan işıq şüası da istifadə edilir. Işıq şüası şkalaya düşür və onun üzərində, məsələn, ortasında qara xətt olan işıq ləkəsi yaradır. Hərəkətli hissə döndükdə işıq göstəricisi şkala boyunca hərəkət edir.

Hərəkətli hissənin bərkidilməsi dayaq, gərilmiş elementlər və asqıların köməyi ilə həyata keçirilir. Dayaq, kern və alt dayaqlardan təşkil olunub. Kernlər bir tərəfdən konus şəklində yonulmuş polad məftil parçalarıdır. Alt dayaq oxu boyunca konusşəkilli dərinləşdirilən silindr formasındadır. Çox zaman onlar əqiqdən, yaxud korunddan hazırlanır. Fırlanma oxu boyunca hərəkətli hissəyə bərkidilmiş kernlər hərəkətsiz hissədə yerləşən alt dayaq, çökəkliyinə girir. Dayaq üzərindəki qurğunun çatışmazlığı xəta yaradan sürtünmədir.

Hərəkətli hissə bir ucu ona, digər ucu isə cihazın hərəkətsiz detallarına bərkidilən elastik metal lent şəklindəki iki gərilmiş elementdən asıla bilər. Lazım gələrsə həmin elementlər hərəkətli hissənin dolağına cərəyan vermək üçün də istifadə edilə bilər.

Hərəkətli hissənin asqı ilə asılması çox həssas cihazlarda - qalvanometrlərdə tətbiq edilir. Asqı nazik, elastik elementdir. Asqıdan istifadə olunan cihazların tarazla qoyulması tələb edilir, çünki onun hərəkətli hissəsi sərbəst asılır və cihazın şaquli vəziyyətdən meyillənməsi hərəkətli və hərəkətsiz hissələrin bir-birinə toxunmasına səbəb ola bilər.

Lazımı sakitləşmə dərəcəsi sakitləşdirici adlanan qurğu ilə əldə edilir. Maqnit induksiya, maye və hava sakitləşdiriciləri tətbiq olunur. Maqnit induksiya sakitləşdirmədə sakitləşdirici moment maqnit sahələri ilə

hərəkətli metal detallarda yaranan cərəyanların qarşılıqlı təsirindən əmələ gəlir. Belə sakitləşdirici sabit maqnitdən və onun işçi araboşluğunda yerdəyişən, hərəkətli hissəyə bərkidilən alüminium lövhədən ibarətdir. Maqnit sahəsində yerdəyişən hərəkətli hissənin qısa qapanmış sarğısı həmçinin sakitləşdirici kimi rol oynaya bilər.

Mayeli sakitləşdirmə ölçmə mexanizmini və ya onun ayrı-ayrı detallarını özlü mayədə yerləşdirməklə əldə edilir. Ona görə də hərəkətli hissənin rəqsləri zamanı onun rəqs enerjisi azalır və lazımi sakitləşdirmə baş verir. Maye sakitləşdiricili ossilloqrafik qalvanometrlərdə ya hərəkətli hissə bütövlükdə, ya da ancaq gərilmiş elementin bir hissəsi mayədə yerləşdirilir.

Hava sakitləşdiricisi kameradan və onun içərisində yerləşirilən hərəkətli hissəyə bərkidilmiş lövhədən ibarətdir. Hərəkətli hissənin rəqsi zamanı kamerada lövhənin hər iki tərəfindəki təzyiqlərin fərqi yaranır. Bu təzyiqlər fərqi hərəkətli hissənin yerdəyişməsinə mane olur və onun sakitləşməsinə gətirib çıxarır.

Göstəricini tələb olunan qeyd yerinə gətirmək üçün elektromexaniki cihazlarda korrektor adlanan qurğu tətbiq edilir. Korrektor cihazın korpusuna bərkidilən vintdən ibarətdir, onu döndərməklə yayları, gərilmiş elementləri, yaxud asqıları burmaq, bununla da cihazın hərəkətli hissəsini döndərmək və göstəricini tələb olunan qeyd yerinə gətirmək olur.

Bəzi cihazlar arretirlə - cihazın hərəkətli hissəsini tormozlayan qurğu ilə təsis edilir.

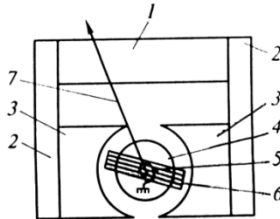
Hər bir cihaz şərti işarələrlə nişanlanır: kəmiyyətin ölçmə vahidi, dəqiqlik sinfi, cərəyanın növü, əgər əhəmiyyəti varsa, cihazın istifadə olunma vəziyyəti (üfüqi və ya bucaq altında). Cihazın şkalasında ölçmə mexanizminin tipinin şərti işarəsi də göstərilir (bax cədvəl 4.1).

4.3.2 Maqnitoelektrik cihazlar

Ümumi məlumatlar. Maqnitoelektrik cihazlar hesabat qurğusu və ölçmə dövrəsi olan maqnitoelektrik ölçmə mexanizmindən ibarətdir. Bu cihazlar sabit cərəyan və gərginlikləri (ampermetrlər və voltmetrlər), müqavimətləri (ommetrlər), elektrik miqdarını (ballistik qalvanometrlər və klonmetrlər), maqnit selini (vebermetrlər) ölçmək üçün tətbiq edilir. Maqnitoelektrik cihazlar həm də kiçik cərəyanların və gərginliklərin ölçülməsi və ya indikasiyası üçün də tətbiq edilir (qalvanometrlər). Bunlardan başqa maqnitoelektrik cihazlar elektrik kəmiyyətlərinin qeydiyyatı üçün istifadə edilir (özüyazan cihazlar və ossilloqrafik qalvanometrlər).

Ölçmə mexanizmləri. Maqnitoelektrik cihazın ölçmə mexanizmində fırladıcı moment sabit maqnitin maqnit sahəsi ilə cərəyanlı sarğacın maqnit sahəsinin qarşılıqlı təsirindən yaranır. Hərəkətli sarğaclı və hərəkətli maqnitli maqnitoelektrik mexanizmlər tətbiq edilir.

Şək. 4.4-də hərəkətli sarğaclı maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin quruluşu göstərilmişdir. Hərəkətli sarğaca 6 cərəyan iki spiral yay 5 vasitəsilə verilir. Yayların əsas təyinatı əks-təsir momenti yaratmaqdır. İkinci yay şək. 4.4-də cizgi sahəsinin arxasında yerləşdiyindən görünür. Yayların daxili ucu oxa, yəni kernlərə, xarici ucu isə mexanizmin hərəkətsiz hissəsinə bərkidilir.



Şək. 4.4. Maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin quruluşu:
1-sabit maqnit; 2-maqnit keçiricisi; 3-qütb ucluqları; 4-hərəkətsiz içlik;
5-spiral yay; 6-hərəkətli sarğac; 7-göstərici.

Maqnit sahəsinin mənbəyi olaraq sabit maqnit 1, maqnit selini keçirən maqnit keçiricisi 2, qütb ucluqları 3 və içlik 4 cihazın maqnit sistemini yaradır. İçliyin 4 silindrik forması, qütb ucluqlarının 3 oyulması və onların konsentrik yerləşdirilməsi araboşluğunda bərabər paylanmış radial sahəni təmin edir, yəni işçi araboşluğunun istənilən nöqtəsində induksiya B sabit kəmiyyətdir. Hava araboşluğu 1-2 mm radial uzunluğa malikdir.

Hava araboşluğunda düzbucaqlı formada hərəkətli sarğac 6 yerləşdirilir. O, sərbəst şəkildə içliyi 4 əhatə edir və kernlərlə bərkidilir (baxılan nümunədə). Sarğacın dolağı mis və ya alüminium məftildən hazırlanır. Baxılan halda mexanizmin enerjisi üç tərkib hissədən ibarətdir: maqnitin enerjisi, sarğacın enerjisi və maqnit ilə sarğacın sahələrinin qarşılıqlı təsir enerjisi. Fırladıcı momentin yaradılmasında ancaq üçüncü tərkib hissə iştirak edir, çünki əvvəlki iki tərkib hissə α bucağından asılı deyildir, üçüncü isə ondan asılıdır. Məsələn, sarğac üfüqi yerləşdikdə maqnit sahəsi sarğaca nüfuz etmir, şaquli yerləşdikdə isə maqnit sahəsi sarğaca tam nüfuz edir.

Hərəkətli sarğacda cərəyan i olduqda sarğaca işən elektromaqnit sahəsinin enerjisi, yəni qarşılıqlı təsir enerjisi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$W_E = \Psi i_s,$$

burada Ψ - hərəkətli sarğacın ilişmə seli, $\Psi = Bsw\alpha$; B - içlik ilə qütb ucluqları arasındakı hava araboşluğunda induksiya; s - sarğacın sahəsi; w - sarğacın dolağındakı sarğaların sayı; α - dönmə bucağıdır.

Ani fırladıcı moment belə təyin edilir:

$$M_t = \frac{dW_E}{d\alpha} = Bswi.$$

Əgər cərəyan sinusoidal olarsa ($I = I_m \sin \omega t$), onda fırladıcı moment $M_t = BswI_m \sin \omega t$. Bu zaman (4.8)

düsturuna uyğun olaraq mexanizmin işi cərəyanın tezliyi ω ilə mexanizmin hərəkətli hissəsinin məxsusi tezliyinin ω_0 nisbətindən asılıdır. Maqnitoelektrik ampermetrlərin, voltmetrlərin, ommetrlərin ölçmə mexanizmlərində hərəkətli hissənin məxsusi (sərbəst) rəqslərinin periodu təxminən 1 saniyə təşkil edir ($\omega_0 = 6,28 \text{ san}^{-1}$). Beləliklə, cərəyanın 10 Hs-dən çox tezliklərində ölçmə mexanizminin meyil etməsi praktiki olaraq sıfıra bərabərdir. 10 Hs-ə qədər tezlik diapazonunda hərəkətli hissə giriş cərəyanının tezliyi ilə rəqs edir, həm də rəqslərin amplitudu tezlikdən asılıdır. Odur ki, belə ölçmə mexanizmlə cihazlar sabit cərəyan dövrlərində tətbiq olunur.

Sarğacdən sabit cərəyan I keçdikdə fırladıcı moment:

$$M = BswI \quad (4.9)$$

Əks-təsir momenti elastik elementlərlə yaradılsa, onda (4.3), (4.4) və (4.9) ifadələrindən istifadə etməklə alırıq:

$$\alpha = \frac{BswI}{W} = S_I I, \quad (4.10)$$

burada S_I – ölçmə mexanizminin cərəyanə həssaslığıdır,

$$S_I = \frac{Bsw}{W}.$$

(4.10) ifadəsindən alınır ki, araboşluğunda induksiya B sabit olduqda hərəkətli sarğacın meyillənmə bucağı sarğacdəki cərəyanla mütənasibdir, meyillənmə bucağının işarəsi isə cərəyanın istiqaməti dəyişdikdə dəyişir.

Bəzi maqnitoelektrik cihazların ölçmə mexanizmində ferromaqnit materialdan lövhə şəklində maqnit şuntu qoyulur ki, onun köməyi ilə hava araboşluğundakı induksiya dəyişə bilər. Bu isə mexanizmin həssaslığını tənzimləməyə (ommetrlərdə), yaxud xarici böhran müqavimətini (qalvanometrlərdə) dəyişməyə imkan verir.

Maqnetoelektrik loqometrik ölçmə mexanizmlərində hərəkətli hissə dolaqlarından I_1 və I_2 cərəyanları axan, öz aralarında möhkəm bərkidilmiş 1 və 2 sarğaclarından ibarətdir. Sarğaclarla cərəyan praktiki olaraq əks-təsir momentsiz metal lentlərlə verilir. Sabit maqnetin maqnet sahəsi və sarğaclarla cərəyanların qarşılıqlı təsirindən yaranan M_1 və M_2 momentləri qarşı-qarşıya yönəlmişdir. Momentlərdən heç olmazsa birinin hərəkətli hissənin dönmə bucağından asılı olması üçün, məsələn, araboşluğu qeyri-bərabər hazırlanır. Bu zaman momentlər bərabər olduqda $B_1(\alpha)_{s_1} w_1 I_1 = B_2(\alpha)_{s_2} w_2 I_2$ və buradan alınır:

$$\alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right). \quad (4.11)$$

Maqnetoelektrik mexanizmlərdə hərəkətli hissə yerdəyişmə etdikdə onun düralüminiumdan olan gövdəsində yaranan cərəyanlarla sabit maqnetin sahəsinin qarşılıqlı təsiri və sarğac dövrəsində yaranan cərəyanlarla maqnet sahəsinin qarşılıqlı təsiri hesabına maqnetoinduksiya sakitləşdirmə həyata keçirilir.

Maqnetoelektrik ölçmə mexanizmlərinin maqnetoelektrik cihazlara bir sıra müsbət xassələr verən bəzi xüsusiyyətləri vardır. Onlar yüksək həssaslığa və kiçik məxsusi enerji tələbatına, tətbiq edilən materialların xassələrinin stabilliyi ilə izah edilən xətti və stabil nominal statik çevirmə xarakteristikasına $\alpha = f(I)$ malikdir. Hava araboşluğunda kifayət qədər güclü sahənin olması (0,2 - 1,2 Tl) səbəbindən bu mexanizmlərə elektrik sahələrinin təsiri yoxdur və xarici maqnet sahələrinin təsiri azdır. Lakin bu mexanizmlər cərəyana görə kiçik əlavə yüklənmə qabiliyyətinə malikdir (adətən cərəyan keçiriciləri yanır), nisbətən mürəkkəb və bahadır. Onların çatışmazlığı həm də ondadır ki, adi mexanizmlər ancaq sabit cərəyana reaksiya verir.

Ampermetr və voltmetrlər. Maqnetoelektrik ampermetrlərlə ölçmə mexanizmi ölçülən cərəyan dövrəsinə

ya bilavasitə, ya da şuntun köməyi ilə qoşulur. Bilavasitə qoşulma cərəyan daşıyıcıları (yaylar, gərilmiş elementlər) və mexanizmin hərəkətli sarğacının dolağı üçün buraxıla bilən kiçik cərəyanların (30 mA-dək) ölçülməsində tətbiq edilir. Böyük cərəyanlarda şuntlar tətbiq olunur.

Ətraf temperaturun dəyişməsi maqnitoelektrik cihaza belə təsir edir: temperatur yüksəldikdə hər 10K üçün yayların (yaxud gərilmiş elementlərin) xüsusi əks-təsir momenti 0,2 - 0,4% azalır; hər 10K üçün sabit maqnitin maqnit seli, deməli, araboşluğundakı induksiya da təxminən 0,2% azalır, yəni bu hadisələr cihazın göstərişlərinə əks təsir göstərir, ona görə də kiçik və orta dəqiqlikli cihazlarda nəzərə alınmaya bilər; sarğacın dolağının və cərəyan daşıyıcılarının elektrik müqaviməti dəyişir. Sonuncu amil maqnitoelektrik ampermetrlərin temperatur xətasının əsas mənbəyidir.

Şuntsuz ampermetrlərdə temperatur xətalı olmur. Belə ki, onların göstərişləri həmişə ampermetrdən keçən cərəyanla müəyyən olunur. Şuntlu ampermetrlərdə temperatur xətası cərəyanların şunt və hərəkətli sarğac arasında paylanması səbəbindən xeyli ola bilər. Onun azaldılması üçün xüsusi temperatur kompensasiya dövrələri tətbiq olunur, məsələn, temperatur xətası hərəkətli sarğaca temperatur əmsalı sifirə yaxın manqandan olan rezistoru ardıcıl qoşmaqla azaldılır.

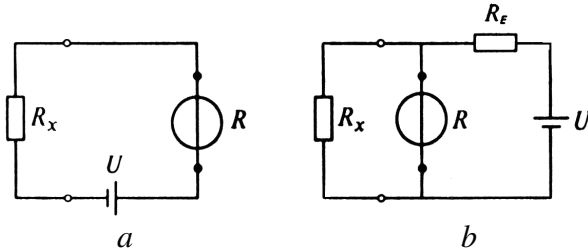
Çoxhədli ampermetrlərdə ölçmə həddini dəyişdirmək üçün çoxhədli şuntlar tətbiq edilir. Belə ampermetrlər ölçmə diapazonlarını dəyişdirən açarla, yaxud bir neçə giriş sixacları ilə təchiz olunur.

Maqnitoelektrik voltmetrlərdə lazımi ölçmə diapazonu almaq üçün ölçmə mexanizmi ilə ardıcıl manqanından olan əlavə rezistor qoşulur. Temperaturun voltmetrə təsiri sarğacın və əlavə rezistorun müqavimətlərinin nisbətindən, həm də sarğacın və rezistorun elektrik müqavimətlərinin temperatur əmsallarından asılıdır.

Çoxhədli voltmetrlərdə bir neçə əlavə rezistor istifadə olunur. Ona görə də onlar diapazon dəyişən açarlar, yaxud bir neçə giriş sıxacları ilə təchiz edilir. Hərəkətli hissənin dönmə bucağının sarğacdakı cərəyana mütənasib olan asılılığı maqnitoelektrik ampermetr və voltmetrlərdə şkalanın müntəzəmliyinə səbəb olur. Maqnitoelektrik ampermetr və voltmetrlər daşınan və lövhə cihazları kimi buraxılır. Əksər hallarda daşınan cihazlar yüksək dəqiqlikli (0,1; ... ; 0,5 sinif), çoxhədli (onlarla həddli) və kombinəedilmiş (voltampermetrlər) hazırlanır. Lövhə cihazları birhədli (0,5; ... ; 5 dəqiqlik sinifli) buraxılır. Ampermetrlər yuxarı ölçmə həddi 10^{-7} -dən $7,5 \cdot 10^3$ A-dək; voltmetrlər yuxarı ölçmə həddi $0,5 \cdot 10^{-3}$ -dən $3 \cdot 10^3$ V-dək olmaqla hazırlanır.

Ommetrlər. Maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin əsasında maqnitoelektrik ommetrlər buraxılır: mexanizm və ölçülən müqavimət ardıcıl qoşulan, paralel qoşulan və loqometrik ölçmə mexanizimli ommetrlər.

Ölçmə mexanizmi və ölçülən müqavimət R_x ardıcıl qoşulduqda (şək. 4.5,*a*) ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinin meyillənmə bucağı:



Şək. 4.5. Ölçmə mexanizminin ölçülən müqavimətlə ardıcıl (*a*) və paralel (*b*) qoşulma sxemi

$$\alpha = \frac{S_I U}{R + R_x},$$

paralel qoşulduqda isə (şəkil 4.5,*b*):

$$\alpha = \frac{S_I U R_x}{R R_x + R_E (R + R_x)},$$

burada S_I -ölçmə mexanizminin cərəyana həssaslığı,

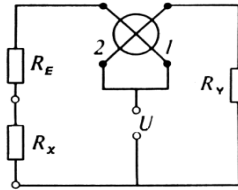
$$S_I = \frac{B_{sw}}{W}; U\text{-qida mənbəyinin gərginliyidir.}$$

$U = const$ olduqda, hər iki halda α meyillənmə bucağı R_x -in qiyməti ilə müəyyən edilir. α üçün ifadədən alınır ki, ommetrlərin şkalası qeyri-müntəzəmdir. Ardıcıl qoşulma zamanı hərəkətli hissənin maksimal meyiletmə bucağına ölçülən müqavimətin sıfır qiyməti uyğun gəlir. Ardıcıl qoşulan ommetrlər böyük müqavimətləri, paralel qoşulanlar isə kiçik müqavimətləri ölçmək üçün daha yararlıdır. Adətən bu ommetrlər 1,5 və 2,5 dəqiqlik sinifli daşınan cihazlar şəklində hazırlanır. Ommetrlər zaman keçdikcə gərginliyi dəyişən quru batareyalarla qidalandırılarkən maqnit şuntunun köməyiylə araboşluğunda induksiyanı dəyişmək yolu ilə $S_I U = const$ saxlanılır.

Loqometrik ölçmə mexanizmlili ommetrlər də tətbiq edilir (şək. 4.6), burada 1 və 2 loqometrin R_1 və R_2 müqavimətinə malik sargəclarıdır. (4.11) ifadəsinə görə:

$$\alpha = F \left[\frac{R_2 + R_E + R_x}{R_1 + R_Y} \right],$$

yəni meyillənmə bucağı R_x -in qiyməti ilə müəyyən edilir və qidalanma gərginliyindən asılı deyildir.



Şək. 4.6. Loqometrik ölçmə mexanizmlili ommetrin qoşulma sxemi: 1,2- loqometrin sargəcları; R_Y -yük rezistoru; R_E -əlavə rezistor

Böyük müqavimətləri, ilk növbədə müxtəlif elektrotexniki qurğuların izolyasiya müqavimətini ölçmək üçün meqommetrlər adlandırılan ommetrlər istifadə edilir. Bu cihazlarda dövrənin qidalanması cihazın içərisində quraşdırılan və əl ilə hərəkətə gətirilən generatorla həyata keçirilir.

4.3.3. Elektromaqnit cihazlar

Ümumi məlumatlar. Elektromaqnit cihazlar hesabət qurğusu olan elektromaqnit ölçmə mexanizmindən və ölçmə dövrəsindən ibarətdir. Onlar dəyişən və sabit cərəyanları, gərginlikləri, tezliyi, dəyişən cərəyan və gərginlik arasında faza sürüşməsinə ölçmək üçün istifadə edilir. Nisbətən aşağı qiyməti və qənaətbəxş xarakteristikalarına görə belə cihazlar bütün lövhə cihazları parkının böyük hissəsini təşkil edir.

Ölçmə mexanizmi. Bu mexanizmlərdə fırladıcı moment hərəkətli hissənin bir və ya bir neçə ferromaqnit içliyinin sahələri ilə dolağından cərəyan keçən sarğacın maqnit sahəsinin qarşılıqlı təsirindən yaranır. Hazırda ölçmə mexanizmlərinin yastı sarğacılı, dairəvi sarğacılı və qapalı maqnit keçiricili konstruksiyaları daha çox tətbiq edilir.

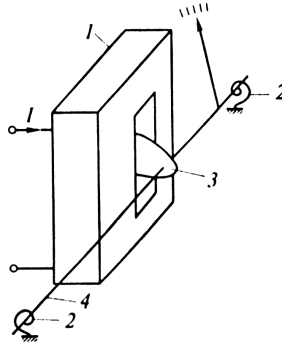
Şəkil 4.7-də yastı sarğacılı mexanizm sadələşdirilmiş şəkildə göstərilmişdir.

Cərəyan i sarğacdan 1 keçdikdə içlik 3 maqnitlənir və sarğacın boşluğuna cəzb olunur. Cərəyanın istiqaməti dəyişdikdə içlik yenidən maqnitlənir və yenə də boşluğa cəzb olunur.

Ani fırladıcı moment:

$$M_t = \frac{dW_E}{d\alpha} = \frac{d\left(\frac{Li^2}{2}\right)}{d\alpha} = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} i^2,$$

burada W_E - içlikli sarğacın elektromaqnit sahəsinin enerjisi; L - sarğacın içliyinin vəziyyətindən asılı induktivlikdir.



Şək. 4.7. Yastı sarğaclı elektromaqnit ölçmə mexanizminin quruluşu: 1-dolağından cərəyan axan sarğac; 2-əks-təsir momenti yaratmaq üçün yaylar; 3-oxa eksentrik bərkidilmiş ferromaqnit içlik; 4-ox

Əgər cərəyan i sinusoidal olarsa, onda ani fırladıcı moment:

$$M_t = \frac{1}{4} \frac{dL}{d\alpha} I_m^2 (1 - \cos 2\alpha),$$

yəni M_t sabit və harmonik tərkib hissələrinə malikdir.

Adi hallarda tətbiq edilən elektromaqnit mexanizm sənaye və daha yüksək tezliklərdə dəyişən cərəyan dövrəsində işləyərkən onun hərəkətli hissəsinin meyil etməsinin ətalətliliyi səbəbindən momentin sabit tərkib hissəsi təyin edilir (bax şəkil 4.3):

$$M_t = \frac{1}{T} \int_0^T M_t dt = \frac{1}{2} \frac{dL}{d\alpha} I^2,$$

burada I - təsir edən cərəyandır.

Əgər əks-təsir momenti elastik elementlərlə yaranarsa, onda hərəkətli hissənin dönmə bucağı aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$\alpha = \frac{1}{2W} \frac{dL}{d\alpha} I^2. \quad (4.12)$$

(4.12) ifadəsindən alınır ki, meyillənmə bucağının cərəyandan asılılığı qeyri-xəttidir və hərəkətli hissənin dönməsi həm sabit cərəyan, həm də təsiredici qiyməti sabit cərəyana bərabər olan dəyişən cərəyan üçün eynidir. $\frac{dL}{d\alpha}$

α -nın tələb olunan funksiyası olmasını təmin edən xüsusi formalı içlik hazırlamaqla α meyillənməsinin işçi diapazonunun xeyli hissəsi üçün onun cərəyandan xətti asılılığı əldə edilir.

Elektromaqnit ölçmə mexanizmlərinin konstruksiyası sadədir, ucuzdur və iş prosesində etibarlıdır. Onlar hərəkətli hissəyə cərəyan daşıyıcıları olmadığından böyük əlavə yüklənməyə davamlıdır. Elektromaqnit ölçmə mexanizmləri həm sabit, həm də dəyişən (təxminən 10kHs-dək) cərəyan dövrəsində işləyə bilər.

Bu mexanizmlərin az dəqiqliyi və aşağı həssaslığı elektromaqnit cihazların dəqiqliyində və həssaslığında özünü göstərir. Elektromaqnit ölçmə mexanizmlərinin işinə xarici maqnit sahələri güclü təsir göstərir. Onların təsirini aradan qaldırmaq üçün maqnit ekranlama tətbiq edilir.

Bəzən astatik adlanan ölçmə mexanizmləri tətbiq edilir ki, onlara xarici sahələr adi mexanizmlərə nisbətən xeyli zəif təsir edir.

Ampermetr və voltmetrlər. Elektromaqnit ampermetrlərdə ölçmə mexanizminin sarğacı ölçülən cərəyan dövrəsinə bilavasitə qoşulur. Lövhə ampermetrləri bir ölçmə diapazonlu buraxılır, daşınan ampermetrlər isə bir neçə ölçmə diapazonuna malik ola bilər. Ölçmə diapazonunun dəyişməsi sarğacın dolağının seksiyalarını ardıcıl və ya paralel qoşmaqla həyata keçirilir. Dəyişən cərəyan dövrlərində ölçmə diapazonunu genişləndirmək üçün cərəyan ölçmə transformatorları istifadə edilir. Elektromaqnit ampermetrin şkalası, bir qayda olaraq, müntəzəmdir (25-100% həddində). Buna içliyin formasını seçməklə nail olunur.

Ampermetrlərin sabit cərəyan dövrəsində istifadəsi zamanı histerezisdən xətalər meydana çıxır ki, bu da eyni cərəyanın artması və azalması zamanı göstərişlərin müxtəlifliyində özünü göstərir. Ölçülən cərəyanın tezliyi dəyişdikdə ampermetrlərdə içlikdəki və sarğacın maqnit selinin keçdiyi ölçmə mexanizminin digər metal hissələrindəki burulğanlı cərəyanların təsiri ilə tezlik xətası yaranır.

Elektromaqnit voltmetr elektromaqnit ölçmə mexanizmindən və manqandan hazırlanmış ardıcıl qoşulan əlavə rezistordan ibarətdir. Əlavə rezistor lazımı ölçmə diapazonunu təmin etmək üçündür. Ölçmələrin diapazonunun dəyişməsi müxtəlif əlavə rezistorlar qoşmaqla, həmçinin gərginlik ölçmə transformatorlarının köməyi ilə həyata keçirilir.

Elektromaqnit voltmetrin dönmə bucağı:

$$\alpha = \frac{1}{2W} \frac{dL}{d\alpha} \frac{U^2}{Z^2},$$

burada Z - voltmetr dövrəsinin tam müqavimətidir.

Elektromaqnit voltmetrin şkalası 25-100% həddində bir qayda olaraq, müntəzəm olur, bu isə içliyin formasını seçməklə əldə edilir.

Elektromaqnit voltmetrlərdə temperatur dəyişdikdə voltmetr dövrəsinin müqavimətinin dəyişməsi ilə şərtlənən temperatur xətası yaranır. Kiçik ölçmə diapazonlu voltmetrlərdə bu xəta böyük qiymətlərə çata bilər. Sabit cərəyan dövrlərində istifadə zamanı voltmetrlərdə histerezisdən xəta yaranır. Elektromaqnit voltmetrlərdə tezlik xətası elektromaqnit ampermetrlərə nisbətən daha yüksəkdir. Bu, voltmetr dövrəsinin müqavimətinin Z tezlikdən asılılığı ilə izah olunur.

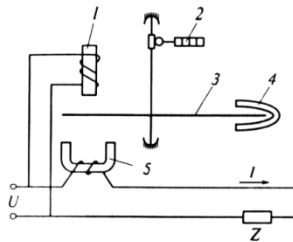
Elektromaqnit ampermetr və voltmetrlərin əsas təyinatı sənaye tezlikli dəyişən cərəyan dövrlərində ölçmələrdir.

Sənayedə 0,5 dəqiqlik sinifli 5 mA-dən 10 A-dək yuxarı ölçmə hədli 1500 Hs-dək tezlik üçün daşınan ampermetrlər; 1,0; 1,5; 2,5 dəqiqlik sinifli içərisində cərəyan transformatorları quraşdırılan 300 A-dək cərəyanlar üçün və xarici cərəyan transformatorları ilə 15 kA-dək cərəyanlar üçün lövhə birhədli ampermetrləri; 0,5 dəqiqlik sinifli 1,5 V-dan 600 V-dək yuxarı ölçmə hədli 45-100 Hs tezlik üçün və 1; 2,5 dəqiqlik sinifli 10 kHs-dək tezlik üçün daşınan voltmetrlər; 1,0; 1,5; 2,5 dəqiqlik sinifli yuxarı ölçmə həddi 0,5 V-dan 600 V-dək olan bilavasitə qoşulan və gərginlik transformatorları ilə qoşulan 450 kV-dək yuxarı ölçmə hədli 45-1000 Hs diapazonda tezlik üçün lövhə voltmetrləri buraxılır.

4.3.4. İnduksiya cihazları

Ümumi məlumatlar. İnduksiya ölçmə mexanizmlərinin iş prinsipi dəyişən maqnit selləri və alüminium disk şəklində hazırlanmış hərəkətli hissədə maqnit selləri ilə induksiyalanan burulğanlı cərəyanların qarşılıqlı təsirinə əsaslanmışdır. Hazırda induksiya cihazlarından dəyişən cərəyan dövrlərində elektrik enerjisi sayğacları tətbiq edilir.

Elektrik enerjisi sarğacları. İnduksiya sayğacının qoşulma sxemi və quruluşu şək. 4.8-də göstərilmişdir.



Şək. 4.8. İnduksiya sayğacının quruluşu və qoşulma sxemi:

1-gərginlik sarğaclı maqnit keçiricisi; 2-hesablama mexanizmi; 3-oxa bərkidilən alüminium disk; 4-tormozlayıcı momenti yaratmaq üçün sabit maqnit; 5 - II-şəkilli cərəyan sarğaclı maqnit keçiricisi

İnduksiya sayğacının təhlili göstərir ki, fırladıcı momentin orta qiyməti güc ilə mütənəsbdir, yəni:

$$M = kUI \cos \varphi,$$

burada k - sabit əmsaldır.

Sayğacın hərəkətli hissəsinə (alüminium diskə) diskin fırlanma tezliyinə mütənəsb tormozlayıcı moment təsir edir. Bu moment sabit maqnitin qütbləri arasında fırlanan diskdə yaranan cərəyanın təsirindən meydana çıxır və aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M_T = k_1 \frac{d\alpha}{dt},$$

burada k_1 - sabit əmsal; $\frac{d\alpha}{dt}$ - diskin fırlanma sürətidir.

Fırladıcı və tormozlayıcı momentləri bərabərləşdirərək alırıq:

$$kUI \cos \varphi = k_1 \frac{d\alpha}{dt}.$$

Enerjinin Δt ölçülmə müddətində diskin N dövrlər sayı diskin fırlanma sürətini $\frac{d\alpha}{dt}$ zamana görə inteqrallamaqla təyin edilir, yəni

$$N = k_2 \int_0^{\Delta t} \left(\frac{d\alpha}{dt} \right) dt = k_2 \frac{k}{k_1} \int_0^{\Delta t} UI \cos \varphi dt = \frac{W}{C},$$

burada W - Δt zaman intervalında sayğacdan keçən enerji; C - sayğacın sabitidir, $C = \frac{k_1}{kk_2}$.

Enerjinin hesabı enerji vahidləri ilə dərəcələnməmiş dövrlər sayğacının göstərişləri üzrə aparılır. Hesabat mexanizmi ilə qeydə alınan elektrik enerjisi vahidinə (bir qayda olaraq, $1kVt \cdot saat$) sayğacın hərəkətli hissəsinin müəyyən dövrlər sayı uyğun gəlir. Ötürmə ədədi A adlandırılan bu nisbət sayğacın üzərində göstərilir.

Ötürmə ədədinin tərsi olan kəmiyyət, yəni qeydə alınan enerjinin diskin dövrlər sayına nisbəti nominal sabit C_{nom} adlandırılır. A və C_{nom} -in qiymətləri ancaq hesabat mexanizminin konstruksiyasından asılıdır və verilən sayğac üçün dəyişməz qalır.

Sayğacın həqiqi sabiti C dedikdə hərəkətli hissənin bir dövr etməsində sayğacdən həqiqətən keçən enerjinin miqdarıdır. Həqiqi sabit nominaldan fərqli olaraq yük cərəyanından və həm də ətraf şəraitdən (temperatur, tezlik və s.) asılıdır. C_{nom} və C -i bilməklə sayğacın nisbi xətasını təyin etmək mümkündür:

$$\delta = \frac{W' - W}{W} = \frac{C_{nom} - C}{C},$$

burada W' - sayğacla ölçülən enerji; W - sayğacdən keçən enerjinin həqiqi qiyməti.

Aktiv enerji sayğacları 0,5; 1,0; 2; 2,5, reaktiv enerji sayğacları 1,5; 2; 3 dəqiqlik sinifli buraxılır. Sayğacların dəqiqlik sinfi nisbi əsas xarakteristikasını və digər metroloji xarakteristikaları normalaşdırır.

Dövlət standartı ilə sayğacın həssaslıq həddi müəyyənləşdirilir. Həssaslıq həddi belə təyin edilir:

$$\Delta S = \frac{100 I_{\min}}{I_{nom}},$$

burada I_{\min} - sayğac diskinin dayanmadan fırlanmağa başladığı cərəyanın minimal qiyməti; I_{nom} - cərəyan dolağındakı cərəyanın sayğac üçün nominal olan qiymətidir. Bu zaman dövrdəki cərəyanın tezliyi və gərginlik nominal, $\cos \varphi = 1$ olmalıdır. Həssaslıq həddi 0,5 dəqiqlik sinifli sayğaclar üçün 0,4%-dən, 1,0; 1,5; 2 dəqiqlik sinifli sayğaclar üçün 0,5%-dən çox olmamalıdır. 2,5 və 3 sinifli reaktiv enerji sayğacları üçün ΔS -in qiyməti 1%-dən çox olmamalıdır. Yükdə cərəyan olmadıqda və sayğacın paralel dövrəsində gərginlik olduqda diskin fırlanması öz-özünə

gediş adlanır. Dövlət standartına görə gərginliyin nominal qiymətin 80%-dən 110%-dək istənilən qiymətində öz-özünə gediş olmamalıdır.

Xarici amillərin təsiri ilə sayğacda əlavə xətlər yaranır, məsələn, cərəyan və gərginlik əyrisinin formasının təhrif olunması, gərginlik və tezliyin artıb-azalmaları, yükün tələb etdiyi gücün kəskin düşməsi nəticəsində və digər bəzi amillərdən yaranan xətlər.

Üçfazlı aktiv və reaktiv enerji sayğacları da buraxılır. Onlar bir fırlanma oxu ilə birləşdirilən üç (üçelementli) və ya iki (iki-elementli) sayğacdən ibarətdir. İki-elementli sayğaclar üçnaqillı üçfazlı dövrlərdə, üçelementli sayğaclar isə dördnaqillı dövrlərdə enerjini ölçmək üçün istifadə olunur.

4.4. Çeviricili elektromexaniki ölçü cihazları

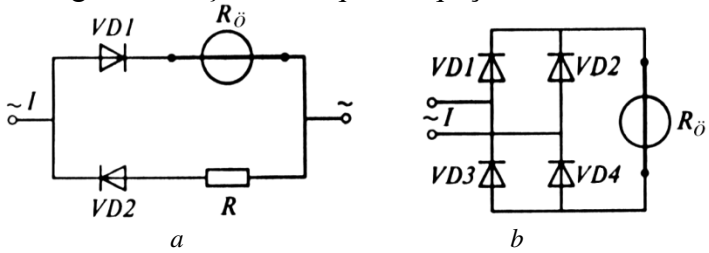
Ümumi məlumatlar. Yüksək həssaslıq, dəqiqlik və az enerji sərfi maqnitoelektrik cihazları digər elektromexaniki cihazlardan əlverişli olaraq fərqləndirir. Bunu nəzərə alaraq maqnitoelektrik cihazlardan dəyişən cərəyanda ölçmələr aparmaq üçün istifadəyə cəhd edirlər. Bu məsələ dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirərək, sonra onu maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin köməyi ilə ölçmək yolu ilə həll edilir.

Dəyişən cərəyanı sabitə çevirmək üçün düzləndirici və termoelektrik çeviricilər, həmçinin elektron elementlər (elektron lampalar, tranzistorlar, inteqral mikrosxemlər) üzərində qurulmuş çeviricilər istifadə olunur. Buna müvafiq olaraq düzləndirici, termometrik və elektron cihazlar fərqləndirilir. Bu paragrafda düzləndirici və termoelektrik cihazlara baxılır.

Düzləndirici cihazlar. Bu cihazlar düzləndirici çevirici ilə hesabat qurğulu maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin birləşməsindən ibarətdir. Düzləndirici çeviricilərdə hazırda yarımkeçirici diodlar (germanium və

silisium) istifadə edilir. Yarımkəçirici diodların düzləndirici çeviricilər kimi çatışmazlığı volt-ampere xarakteristikasının qeyri-xəttiliyi, onun zamana görə qeyri-stabilliyi və temperaturdan, tezlikdən asılılığıdır.

Düzləndirici cihazlarda bir və iki yarımperiodlu düzləndirici sxemlər istifadə edilir. Bir yarımperiodlu düzləndirmə sxemi istifadə edilərkən (şək. 4.9,*a*) ölçmə mexanizmindən ancaq dəyişən cərəyanın bir yarım dalğası keçir, əksi isə *VD2* diodundan və *R* rezistorundan buraxılır. *VD2* diodundan və $R = R_{\text{ö}}$ rezistorundan ibarət dövrə ümumi dövrdə cərəyanın hər iki yarım dalğasını düzləndirmək, həm də *VD1* diodunu gərginliyin əks yarım dalğasında deşilmədən qorumaq üçün istifadə edilir.



Şək.4.9.Biryarımperiodlu (*a*) və ikiyarımperiodlu (*b*) düzləndirici çeviricinin sxemi:

$R_{\text{ö}}$ - ölçmə mexanizminin müqaviməti; *VD1*, ..., *VD4* - diodlar

İki yarımperiodlu düzləndirmə sxemi istifadə olunarkən düzləndirilən cərəyan ölçmə mexanizmindən periodun hər iki yarısında keçir, ona görə də bu sxemlərin həssaslığı bir yarımperiodluya nisbətən yüksəkdir. Şəkil 4.9,*b*-də daha geniş yayılmış iki yarımperiodlu düzləndirmə sxemi – körpü düzləndirmə sxemi göstərilmişdir.

Diodların düzləndirmə xassələri düzləndirmə əmsalı

$$k_d = \frac{I_{\text{düz}}}{I_{\text{eks}}} = \frac{R_{\text{eks}}}{R_{\text{düz}}}$$

ilə xarakterizə olunur, burada - $I_{\text{düz}}$ və I_{eks}

dioddan düz və əks istiqamətdə axan cərəyanlardır; R_{eks} və

$R_{düz}$ - diodun uyğun olaraq əks və düz istiqamətdə müqavimətidir. k_d -nin qiyməti dioda verilən gərginlikdən, onda keçən cərəyanın tezliyindən və ətraf mühitin temperaturundan asılıdır.

Əgər $i = I_m \sin \omega t$ dəyişən cərəyanı ölçülsə, ölçmə mexanizminin dolağından döyünən düzlənmiş cərəyan keçdikdə onun fırladıcı momentinin ani qiyməti $M_t = Bswi$ kimi olacaqdır.

Düzləndirici cihaz sənaye tezlikli və daha yüksək tezlikli dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə edildikdə ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinin meyillənməsi bir yarımpəriodlu düzləndirmədə orta momentlə təyin edilir:

$$M = \frac{1}{T} \int_0^T M_t dt = Bsw \frac{1}{T} \int_0^{T/2} i dt = \frac{1}{2} Bsw I_{or},$$

İki yarımpəriodlu düzləndirmədə:

$$M = \frac{1}{T} \int_0^T M_t dt = Bsw \frac{2}{T} \int_0^{T/2} i dt = Bsw I_{or},$$

burada T - period, I_{or} - orta ölçülən cərəyan.

Ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinin dönmə bucağı bir- və iki yarımpəriodlu düzləndirmə zamanı uyğun olaraq

$$\alpha = \frac{Bsw I_{or}}{2W}; \quad \alpha = \frac{Bsw I_{or}}{W}$$

kimi təyin edilir.

Alınmış ifadələrdən görünür ki, düzləndirici cihazlarda hərəkətli hissənin meyillənməsi orta ölçülən cərəyanla mütənasibdir.

Dəyişən cərəyan dövrəsində, bir qayda olaraq, təsiredici cərəyanı (gərginliyi) bilmək lazım gəlir. Nəzərə alsaq ki, təsiredici cərəyan orta cərəyanla $I_{or} = I/k_f$ (burada

k_f - cərəyan əyrisinin forma əmsalındır) bərabərliyi ilə əlaqəlidir, onda iki yarımperiodlu düzləndirmə zamanı:

$$\alpha = \frac{B_{sw}I}{k_f W} .$$

Beləliklə, düzləndirici cihaz ancaq əyrinin verilmiş forması üçün (sinusoid üçün $k_f = 1,11$) cərəyanın (gərginliyin) təsiredici qiymətləri ilə dərəcələyə bilər. Ölçülən cərəyan (gərginlik) əyrisinin forması verildəndən fərqlənərsə, cihazın göstərişlərində xəta yaranır.

Əgər forma əmsalı k_f məlumdursa, onda sinusoidal cərəyana görə dərəcələyən cihazla ölçülən qeyri-sinusoidal formalı təsiredici cərəyan aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

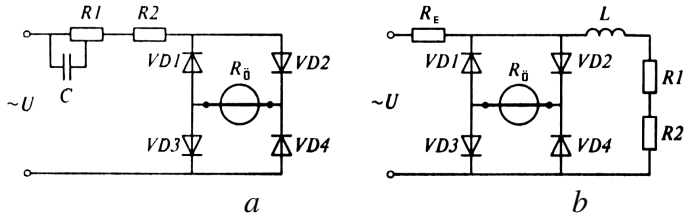
$$I = \frac{I_c k_f}{1,11} ,$$

burada I_c - cihazın göstərişidir.

Diodların düzləndirmə əmsalının temperaturdan, tətbiq edilən gərginlikdən və axan cərəyandan asılılığı, ölçülən cərəyan əyrisinin formasının təsiri düzləndirici ampermetr və voltmetrlərdə xeyli xətalara yaranmasına səbəb olur. Xətalara azaldılması, bir qayda olaraq, cihaz dövrəsinə əlavə elementlər qoşmaqla həyata keçirilir.

Maqnitoelektrik ölçmə mexanizminin, düzləndirmə sxeminin, şunt və ya əlavə rezistorun birləşməsi düzləndirici ampermetri və ya voltmetri yaradır.

Şək. 4.10, *a*-da misal kimi nisbətən kiçik ölçmə həddinə malik voltmetrin sxemi, şək. 4.10, *b*-də nisbətən böyük ölçmə həddinə malik voltmetrin sxemi göstərilmişdir.



Şək. 4.10. Nisbətən kiçik (a) və nisbətən böyük (b) ölçmə həddinə malik voltmetrin sxemi: $VD1, \dots, VD4$ -diodlar

Əlavə rezistorların müqavimətlərinin müxtəlif olması bu voltmetrlərin xüsusiyyətidir. Bu da ətraf mühitin temperaturunun və ölçülən gərginliyin tezliyinin dəyişməsinin düzləndiricinin müxtəlif parametrlərinə daha güclü təsir etməsinə gətirib çıxarır.

Böyük olmayan ölçmə həddinə malik voltmetr üçün (əlavə rezistorun müqaviməti kiçik) daha nəzərə çarpacaq dərəcədə voltmetrin göstərişlərinə təsir edən əsas parametr göstərilən amillərin təsiri ilə düzləndiricilərin müqavimətinin dəyişməsidir. Bu zaman ətraf mühitin temperaturu artdıqda düzləndiricinin müqavimətinin azalması əlavə rezistorun müqavimətinin artırılması ilə kompensasiya edilir. Baxılan halda o biri, məsələn, $R2$, misdən hazırlanmaqla iki $R1$ və $R2$ rezistorlarından ibarətdir. Tezlik xətasının azaldılması kondensator C qoşmaqla əldə edilir.

Qeyd etmək lazımdır ki, kompensasiya natamam alınır, çünki temperatur dəyişdikdə düzləndirmə əmsalı dəyişir. Düzləndirmə əmsalının dəyişməsi nisbətən böyük ölçmə həddinə malik düzləndirici voltmetrin göstərişinə təsir edən əsas amildir (mənbədən hazırlanan əlavə rezistorun R_E müqaviməti böyükdür). Bu halda temperatur xətasını azaltmaq üçün düzləndirici qurğu mənbənin $R1$ və misdən $R2$ hazırlanan ardıcıl qoşulmuş müqavimətlə şuntlanır. Ölçülən gərginliyin tezliyinin dəyişməsindən yaranan

xətaları kompensasiya etmək üçün induktivlik L nəzərdə tutulmuşdur.

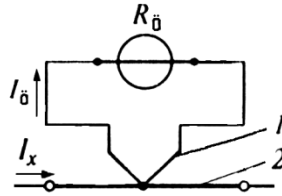
Hazırda buraxılan düzləndirici cihazlar əyrinin formasının böyük təsirinə görə praktiki olaraq ancaq sinusoidal cərəyan və gərginliklərin ölçülməsi üçün tətbiq oluna bilər.

Əksər hallarda düzləndirici cihazlar çoxhədli və kombinə edilmiş hazırlanır. Bu cihazlardakı elementlərin dəyişdirici açarlarının köməyi ilə həm sabit, həm də dəyişən cərəyan və gərginliyi, eləcə də ommetr sxemi üzrə müqaviməti ölçmək olar. Ölkənin sənayesi tərəfindən buraxılan düzləndirici cihazların yuxarı ölçmə həddi: cərəyan üçün 3 mA-dən 10 A-dək; gərginlik üçün 75 mV-dan 600 V-dək; müqavimət üçün 0,5 kOm-dan 5 MOm-dək təşkil edir. Diodların volt-ampere xarakteristikaları qeyri-xətti olduğundan dəyişən cərəyanların (gərginliklərin) kiçik qiymətlərində şkala başlanğıc hissədə (0-15%) qeyri-müntəzəmdir.

Düzləndirici cihazların əsas üstünlükləri onların yüksək həssaslığı, ölçmə dövrəsindən az güc tələb etməsi, yüksək tezliklərdə işləməsinin mümkünlüyüdür. Tezlik kompensasiyası olmayan düzləndirici cihazlardan 500 - 10 000 Hz tezliyədək cərəyan və gərginliklərin ölçülməsində istifadə etmək olar. Tezlik kompensasiyalı cihazlarda tezliyin işçi diapazonu 50 kHz-ə qədər genişlənir. Düzləndirici cihazların dəqiqliyi nisbətən aşağıdır, dəqiqlik sinfi, bir qayda olaraq, 1,5; 2,5 təşkil edir.

Termoelektrik cihazlar. Termoelektrik cihaz bir və ya bir neçə termoçeviricidən və hesabat qurğusu olan maqnetoelektrik ölçmə mexanizmindən ibarətdir. Şək. 4.11-də termocütdən 1 və qızdırıcıdan 2 ibarət termoçeviricinin quruluşu göstərilmişdir. Qızdırıcı kimi uzun müddət qızdırılmaq imkanına malik naqıl istifadə edilir. Qızdırıcıdan 2 keçən cərəyan I_x onu termocütün 1 işçi birləşmə yeri ilə birlikdə qızdırır. Termocütün işçi uclarında

ölçmə mexanizmindən cərəyanın keçməsinə səbəb olan termoEHQ yaranır.



Şək. 4.11. Termoelektrik cihazın sxemi:
1-termocüt; 2-qızdırıcı

Termoçeviricinin yaratdığı termoEHQ qızdırıcıdan ölçmə cərəyanının hesabına ayrılan istilik miqdarına mütənasibdir. İstilik miqdarı öz növbəsində ölçülən cərəyanın I_x təsiredici qiymətinin kvadratına mütənasibdir.

Ölçmə mexanizmi dövrəsində cərəyan $I = E/R_\theta$, burada E - termoEHQ, R_θ - ölçmə mexanizminin dolaq dövrəsinin müqavimətidir.

Beləliklə, termoelektrik cihazın göstərişləri ölçülən cərəyanın təsiredici qiymətinin kvadratına mütənasib olmalıdır. Lakin şkala ancaq başlanğıc hissədə kvadratik xarakter daşıyır, cərəyanın artması ilə qızdırıcının istilik itkiləri artdıqca o itir. Qızdırıcıda cərəyanın ayırdığı istilik tezlikdən asılı deyildir. Odur ki, termoelektrik cihazlardan həm sabit, həm də dəyişən cərəyanda (radiotezliklər daxil olmaqla) istifadə etmək olar. Ölçülən cərəyanın kiçik qiymətlərində (150-300 mA) vakuüm termoçeviriciləri istifadə edilir. Onlarda qızdırıcı və termocüt içərisində seyrəklilik yaradılan şüşə balonda yerləşdirilir. Bununla da ətraf mühitə istilik verməyə itkilər azalır. Beləliklə, termocütün işçi ucluğunun qızdırılmasına az güc tələb edilir.

1A cərəyanına kimi termoelektrik ampermetrlərin ölçmə hədlərinin genişləndirilməsi hər ölçmə həddi üçün ayrıca termoçeviricisi olan ölçmə mexanizmi qoşmaqla həyata

keçirilir. 1A-dən yuxarı cərəyanları ölçərkən ölçmə hədlərini genişləndirmək üçün yüksək tezlikli cərəyan ölçmə transformatorlarından istifadə olunur. Termoelektrik voltmetrlərdə ölçmə hədlərinin genişləndirilməsi qızdırıcıya ardıcıl qoşulan əlavə rezistorların köməyi ilə yerinə yetirilir. Termoelektrik cihazların əsas üstünlüyü geniş tezlik diapazonunda və ölçülən cərəyan, yaxud gərginliyin təhrif olunmuş formasında ölçmələrin yüksək dəqiqliyidir. Müasir termoelektivlər həm sabit cərəyanda, həm də 100 MHz-dək tezliklərdə istifadə edilir. Lakin təxminən 5-10 MHz tezliklərdə termoelektrik cihazın tezlik xətası 5-10 %-ə çata bilər. Bu, onunla izah edilir ki, tezliyin artması ilə səth effekti nəticəsində qızdırıcının müqaviməti artır. Digər tərəfdən, çox yüksək tezliklərdə ölçülən cərəyan qızdırıcıdan yan keçməklə məxsusi elektrik tutumları ilə şaxələnir. Tam reaktivsiz hazırlamaq qeyri-mümkün olduğuna görə əlavə rezistorun müqavimətinin dəyişməsi təsir etdiyindən termoelektrik voltmetrlərdə tezlik xətası ampermetrlərə nisbətən, bir qayda olaraq, yüksəkdir.

Termoelektrik cihazların çatışmazlıqlarına aid etmək olar: kiçik əlavə yüklənmə qabiliyyəti və termoelektivlərin məhdud xidmət müddəti, cihazın göstərişlərinin ətraf mühitin temperaturundan asılılığı və xeyli məxsusi güc tələb etməsi.

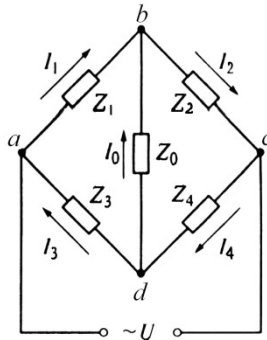
Sənayedə 100 mA-dan 100A-dək dəyişən və sabit cərəyanları ölçmək üçün, 150 mV-dan 600V-dək dəyişən və sabit gərginlikləri ölçmək üçün çoxhədli daşıyan termoelektrik cihazlar buraxılır. Cihazlar sabit cərəyandan 50 MHz tezliyədək diapazonda, dəqiqlik sinfi 1,0 və 1,5 olmaqla işləyir.

4.5. Sabit və dəyişən cərəyan körpüləri

Elektrik dövrələrinin parametrlərini ölçmək üçün körpü sxemləri geniş tətbiq edilir. Sabit və dəyişən cərəyan

körpüləri fərqləndirilir. Qolların sayından asılı olaraq birqat (dördqollu) və ikiqat (altıqollu) körpülər mövcuddur. Əl ilə və avtomatik müvazinətlənən körpülər buraxılır.

Dəyişən cərəyan körpüsünün ümumiləşdirilmiş sxemi şəkl. 4.12-də verilmişdir. $a-b$, $b-c$, $c-d$ və $a-d$ elementləri körpünün qollarıdır və kompleks müqavimətlərə Z_1, \dots, Z_4 malikdir. $b-d$ elementi ölçmə (çıxış) diaqonalı adlanır. Ona yüklər: sıfır-indikator, çıxış siqnalı gücləndiricisi və körpünün qeyri-müvazinət halını qiymətləndirmək üçün digər qurğular qoşulur. Diaqonal $a-c$ qidalandırma diaqonalıdır.



Şəkl. 4.12. Dəyişən cərəyan körpüsünün ümumiləşdirilmiş sxemi

Ölçmə körpüsünün tarazlığı dedikdə sxemin ölçmə diaqonalında cərəyan olmayan $I_0 = 0$ iş rejimi başa düşülür. Həmin şərt körpünün qarşılıqlı-əks qollarının müqavimətləri hasilərinin bərabərliyi $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$ zamanı ödənilir.

Tam müqavimətin $Z_i = z_i e^{j\varphi_i}$ üstlü yazılış formasından istifadə etdikdə, körpünün tarazlıq şərti üçün ifadə belə şəkli alır:

$$z_1 z_4 e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)} = z_2 z_3 e^{j(\varphi_2 + \varphi_3)}.$$

Buradan alınır ki, tarazlığa nail olmaq üçün iki bərabərlik ödənilməlidir:

$$z_1 z_4 = z_2 z_3; \varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3,$$

burada z_i -qolların tam müqavimətlərinin modulu, φ_i -cərəyanın gərginliyə nisbətən faza sürüşmə bucağıdır.

İki bərabərliyin olması göstərir ki, dəyişən cərəyan körpülərində tarazlıq vəziyyəti almaq üçün körpünün ən azı iki parametrinin tənzimlənməsi tələb olunur.

Dəyişən cərəyan körpüləri üçün körpünün əlverişli olması - bir parametrin tənzimlənməsindən digərinə müəyyən sayda növbəli keçidlə tarazlıq vəziyyətinə nail olmanın mümkünlüyü mühüm əhəmiyyətə malikdir.

Körpünün qarşılıqlı-əks qollarının fazalar cəminin bərabərliyi şərtindən istifadə etməklə qolların müqavimətlərinin xarakterini təyin etmək olar. Əgər körpünün qolları məsələn, birinci və ikinci qollar təmiz aktiv müqavimətə malik olarsa, yəni $Z_1 = R_1$ və $Z_2 = R_2$, onda $\varphi_1 = \varphi_2 = 0$. Beləliklə, üçüncü və dördüncü qolların müqavimətləri eyni xarakterə (tutum, yaxud induktiv) malik olmalıdır.

Ölçmə körpüsünün mühüm xarakteristikası onun həssaslığıdır. Körpünün həssaslığı dedikdə tarazlıq vəziyyəti yaxınlığında çıxış və ölçülən kəmiyyətlərin son artımlarının nisbəti başa düşülür: $\Delta \dot{S} \approx \frac{\Delta \dot{y}}{\Delta \dot{x}}$.

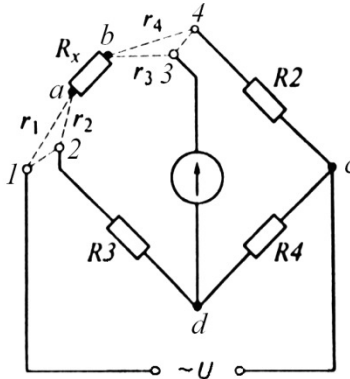
Dəyişən cərəyan körpülərində maksimal həssaslığa nail olmaq üçün körpü simmetrik olmalıdır ($Z_1 = Z_2$ və $Z_3 = Z_4$), ölçmə diaqonalının hər iki tərəfində yerləşən qolların faza sürüşmə bucağı isə $\pm\pi$ -yə bərabər olmalıdır. İtkilər olduğundan sonuncu şərti dəqiq ödəmək praktiki olaraq qeyri-mümkündür.

Sabit cərəyanda elektrik müqavimətini ölçmək üçün bu müqavimətin qiymətindən asılı olaraq birqat və ya ikiqat körpülər istifadə edilir. Birqat körpülər, bir qayda olaraq, 10-10⁶Om diapazonunda işləyir. Bu diapazonun sərhədlərini

kiçik qiymətlər tərəfdən birləşdirici naqillərin və kontaktların müqavimətləri, böyük qiymətlər tərəfdən izolyasiyanın müqaviməti şərtləndirir. Məsələn, ölçülən obyekt R_x körpüyə birləşdirərkən naqillərin və kontaktların müqavimətini nəzərə almaqla 10^{-4} Om və daha böyük müqavimət daxil edilir. Ölçmə müqaviməti 1Om olduqda cəmi 0,01% səhv daxil edilir, ancaq 10^{-3} Om üçün səhv 10% təşkil edəcəkdir.

Birqat körpü sxemi şəkil 4.13-də verilmişdir.

Misal kimi ölçülən müqavimətin R_x körpünün birinci qoluna qoşulması halına baxılacaqdır, yəni $Z_1 = R_x$. Onda Z_3 qolu müqayisə qolu, Z_2 və Z_4 isə nisbət qolları olacaqdır. Aktiv müqavimətin ölçülməsi nəzərdən keçirildiyindən gələcəkdə $Z_1 = R_1$, $Z_2 = R_2$, $Z_3 = R_3$, $Z_4 = R_4$ bərabərliklərindən istifadə olunacaqdır. Ölçülən müqavimətin qiyməti $R_x = R_3 \frac{R_2}{R_4}$ ifadəsindən təyin edilir.



Şək. 4.13. Birqat körpünün sxemi

10 Om-dan böyük müqavimətlərin ölçülməsi zamanı ölçülən müqavimət ikisıxaqlı sxem üzrə qoşulur. Bu zaman (şək. 4.13) a nöqtəsi körpünün 1 sıxacına qoşulur. O da öz

növbəsində naqıl bənd ilə 2 sıxacına birləşdirilir. b nöqtəsi isə 4 sıxacı ilə bəndlə birləşdirilmiş 3 sıxacına qoşulur. Ölçülən müqavimətlər diapazonunun kiçik qiymətlər oblastında müəyyən qədər genişləndirilməsi birqat körpü sxemində dördsıxaclı qoşulma sxemindən istifadə olunmaqla əldə edilir. Bunun üçün a nöqtəsi ayrı-ayrı naqillərlə 1 və 2 sıxaclarına qoşulur, həmin sıxaclar arasındakı bənd götürülür. b nöqtəsi ayrı-ayrı naqillərlə 3 və 4 sıxacları ilə birləşdirilir, onlar arasındakı bənd də götürülür. Belə qoşulma sxemi naqillərin və kontaktların müqavimətlərinin təsirini azaltmağa imkan verir (şəkildə onlar şərti olaraq r_1, \dots, r_4 kimi işarə olunmuşdur). Doğrudan da körpünün qollarının R_2 və R_3 müqavimətləri $R_2 \gg r_4$ və $R_3 \gg r_2$ şərtlərindən seçildiyi üçün naqillərin və kontaktların r_2 və r_4 müqavimətlərini nəzərə almamaq olar. r_1 və r_3 müqavimətləri də körpünün fərqli diaqonallarına qoşulduğundan tarazlıq şərtinin ödənilməsinə təsir etmir.

Körpü sxeminin həssaslığı ölçülən müqavimətin və qidalanma gərginliyinin qiymətləri ilə müəyyən edilir. Kiçik müqavimətlərin ölçülməsi həssaslığın azalmasına səbəb olur, bu da qidalanma gərginliyini artırmaqla kompensasiya edilə bilər. Lakin körpünün qollarında səpələnən gücün buraxılabilən qiymətinə məhdudiyyətlər qoyulduğundan körpü sxeminin qidalanma gərginliyinin daim artırılması qeyri-mümkündür. Qeyd olunan çatışmazlıqlar ikiqat ölçmə körpülərində yoxdur. İkiqat körpülərdən istifadə ölçülən müqavimətin aşağı həddini 10^{-8} Om-dək genişləndirməyə imkan verir.

Sabit cərəyan körpüləri üçün əsas xətanın normalaşdırılması nisbi xətaya görə edilir. Dəqiqlik sinfi ya bir ədəd kimi (c) işarə edilir və bu zaman buraxıla bilən əsas

nisbi xətanın həddi birhədli düsturla $\delta = c$ təyin olunur, ya da $\frac{c}{d}$ kəsri şəklində işarə edilir və onda:

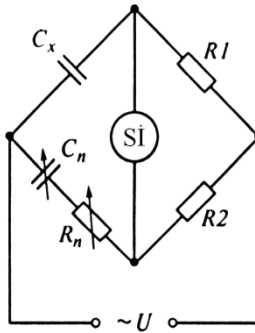
$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{R_s}{R_x} \right) - 1 \right],$$

burada R_s - verilən diapazonda müqavimətin son qiyməti, R_x - ölçülən müqavimətdir.

Tutumu və itki bucağının tangensini ölçmək üçün körpülər. Tutumu ölçərkən nəzərə almaq lazımdır ki, real kondensator aktiv gücün udulması səbəbindən itkilərə malikdir. Kiçik itkiləri olan kondensatoru təsvir etmək üçün ardıcıl, böyük itkiləri olan kondensatoru təsvir etmək üçün isə paralel sxem istifadə olunur. Sxemlərdə C - ədədi qiymətcə ölçülən tutuma bərabər ekvivalent ideal tutumdur, R isə kondensatorada udulan gücün miqdarını xarakterizə edən ekvivalent müqavimətdir. Şək. 4.14-də kiçik itkiləri olan kondensatorun tutumunu ölçmək üçün körpünün sxemi verilmişdir.

Bu halda körpünün qollarının tam müqaviməti:

$$Z_1 = R_x + \frac{1}{j\omega C_x}; \quad Z_2 = R_1; \quad Z_3 = R_n + \frac{1}{j\omega C_n}; \quad Z_4 = R_2.$$



Şək. 4.14. Az itkiləri olan kondensatorun ölçülməsi üçün körpünün sxemi

Bu ifadəni körpünün tarazlıq düsturuna qoysaq, alırıq:

$$\left[R_x + \frac{1}{j\omega C_x} \right] R_2 = \left[R_n + \frac{1}{j\omega C_n} \right] R_1.$$

C_x və R_x -in qiymətləri

$$C_x = \frac{C_n R_2}{R_1} \quad \text{və} \quad R_x = \frac{R_n R_1}{R_2}$$

ifadələrindən təyin edilir. Cərəyanın gərginliyə nəzərən faza sürüşmə bucağını 90° -yə tamamlayan δ itki bucağı

$$\operatorname{tg} \delta = \omega C_x R_x = \omega C_n R_n$$

ifadəsi ilə təyin edilir.

Körpünün tarazlaşması alqoritmi belədir.

$R_n = 0$ qoyulur, qolların nisbətini $\frac{R_2}{R_1}$ sıfır-indikator

minimal cərəyan göstərənədək dəyişirlər. R_n -i tənzimləməklə sıfır-indikatorun göstərişlərinin sonrakı azalmasına nail olunur. Sonra yenidən $\frac{R_2}{R_1}$ nisbətini tarazlıq

vəziyyəti alana kimi dəyişirlər.

Böyük itkiləri olan kondensatorun tutumu ölçülərkən R_n və C_n -in paralel qoşulma sxemindən istifadə edilir. Bu halda ardıcıl sxemdən istifadə etmək məqsədəuyğun deyildir, belə ki, tarazlaşdırılan qola böyük ardıcıl müqavimətin qoşulması körpünün həssaslığını azaldır.

Qolların tam müqavimətləri aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$Z_1 = \frac{R_x}{1 + j\omega C_x R_x}; \quad Z_2 = R_1; \quad Z_3 = \frac{R_n}{1 + j\omega C_n R_n};$$

$$Z_4 = R_2.$$

Tarazlıq əldə edildikdə aşağıdakı bərabərlik ödənilir:

$$\frac{R_x R_2}{1 + j\omega C_x R_x} = \frac{R_n R_1}{1 + j\omega C_n R_n}.$$

Beləliklə:

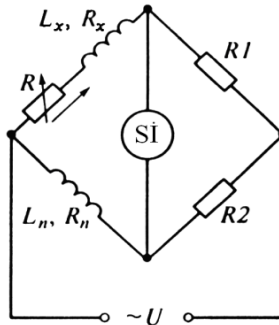
$$C_x = \frac{C_n R_2}{R_1} \text{ və } R_x = \frac{R_n R_1}{R_2}.$$

Belə paralel qoşulma sxemi üçün itki bucağının tangensi aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

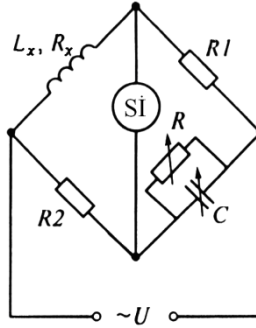
$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega C_x R_x} = \frac{1}{\omega C_n R_n}.$$

Sarğacın induktivliyini və keyfiyyətini ölçmək üçün körpülər. Göstərilən fiziki keyfiyyətin ölçülməsi üçün körpülər ya nümunəvi induktivlik (şək. 4.15), ya da nümunəvi tutum (şəkil 4.16) istifadə etməklə qurula bilər.

Nümunəvi induktivlikdən istifadə edilərkən körpünün ölçülən qoluna aktiv müqavimətə R_x malik L_x induktivlikli sınaqdan keçirilən sarğac qoşulur. Qonşu qola isə L_n induktivlikli və R_n müqavimətli nümunəvi sarğac qoşulur. R_x və R_n müqavimətləri arasındakı nisbətdən asılı olaraq əlavə dəyişən müqavimət R ya ölçülən sarğacla ardıcıl (bax şək. 4.15), ya da nümunə induktivlik sarğacı ilə ardıcıl birləşdirilir.



Şək. 4.15. Nümunəvi induktivlik tətbiq etməklə induktivliyi ölçmək üçün körpü



Şək. 4.16. Nümunəvi kondensator tətbiq etməklə induktivliyi ölçmək üçün körpü

Əgər $R_x < R_n$ (R ilə L_x ardıcıl) olarsa, onda tarazlıq şərti

$$L_x = \frac{L_n R_1}{R_2}, \quad R_x = \frac{R_n R_1}{R_2} - R$$

olduqda əldə edilir.

Əgər $R_x > R_n$ olarsa, onda R ilə L_n ardıcıl qoşulur, ölçülən R_x və L_x isə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$L_x = \frac{L_n R_1}{R_2}, \quad R_x = \frac{(R_n + R) R_1}{R_2}.$$

Nümunəvi tutumdan istifadə edilən halda (bax şək. 4.16) tarazlıq şərti aşağıdakı şəkli alır:

$$L_x = C R_1 R_2; \quad R_x = \frac{R_1 R_2}{R}.$$

Sarğacın keyfiyyəti ya ölçülən induktivliyin L_x və müvafiq müqavimətin R_x qiymətinə görə, ya da R və C -nin qiymətlərinə görə $Q = \frac{\omega L_x}{R_x}$, $Q = \omega C R$ ifadələrindən

təyin edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, şək. 4.16-da verilən sxemdə dəyişən yox, sabit nümunəvi tutumdan və dəyişən

rezistordan istifadə mümkündür. Bu üsul ölçülən induktivliklərin və keyfiyyət əmsallarının qiymətləri haqqında birbaşa hesabatların götürülməsinin əlverişliliyi ilə xarakterizə olunur. Ancaq ölçülən konturun keyfiyyətinin kiçik qiymətlərində ($Q = 1$) belə körpülər əlverişsiz olur.

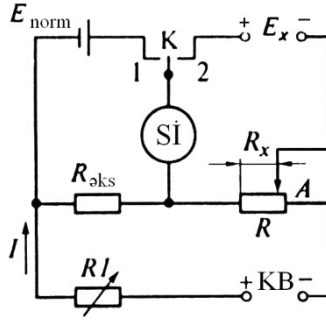
Müasir körpülər rəqəm prosessorları əsasında yaranır. Mikroprosessor nüvə ölçmə proseduru avtomatlaşdırmağa, qurğunun çoxfunksiyalılığını təmin etməyə (bir çox körpülər digər ölçmə mexanizmləri ilə, məsələn, multimetrərlə inteqrasiya edilib), maneələri yox etməyə, ölçmələrin toplanmış nəticələrinin emalına (saxlanma, kompyuterlə mübadilə, protokolların çap edilməsi) və s. imkan verir.

4.6. Sabit cərəyan kompensatorları

Kompensatorun ümumiləşdirilmiş sxemi şəkl. 4.17-də verilmişdir.

E_x -in ölçülməsi alqoritmi belədir. İşçi cərəyanın qiyməti qoyulur. Bunun üçün A dəyişdirici açarını (açar) 1 vəziyyətinə çevirirlər, R_1 müqavimətini isə o vaxta qədər dəyişdirirlər ki, sıfır-indikator cərəyanın olmadığını göstərəcək, onda $IR_{eks} = E_{norm}$. Sonra A dəyişdirici açarı 2 vəziyyətinə qoyulur və hərəkətli kontakt K hərəkət etdirilərək ölçmə diaqonalında cərəyanın kəsilməsinə nail olunur. Bu halda $IR_x = E_x$, burada I - əvvəlcə qoyulan işçi cərəyanın qiymətidir, yəni yekun nəticədə yazmaq olar:

$$E_x = E_{norm} \frac{R_x}{R_{eks}}.$$



Şək. 4.17. Kompensatorun ümumiləşdirilmiş sxemi:

- E_{norm} - EHQ dəqiq məlum olan normal element; E_x - ölçülən EHQ mənbəyi; Sİ - sıfır indikator (bir qayda olaraq qalvanometr); $R_{nüm}$ - kompensatorun işçi cərəyanının qiymətindən və E_x -dan asılı olaraq seçilən nümunə müqaviməti; KB - köməkçi batareya

Kompensatorun köməyi ilə ölçmə zamanı əldə edilən yüksək dəqiqlik tətbiq edilən qalvanometrin yüksək həssaslığından, normal elementin və rezistorların yüksək dəqiqliyindən, həmçinin köməkçi qida mənbəyinin yüksək stabilliyindən irəli gəlir.

Kompensatorun üstünlüyü həm də ondan ibarətdir ki, ölçülən kəmiyyət mənbəyindən kompensasiya anında güc tələb olunmur. Məhz ona görə də kompensatorun köməyi ilə EHQ ölçmək mümkündür.

Müasir cərəyan kompensatorlarının dəqiqlik sinifləri 0,0005-0,5.

Fəsil 5

ELEKTRON ANALOQ ÖLÇÜ CİHAZLARI

5.1. Ümumi məlumatlar

Elektron analoq ölçü cihaz və çeviriciləri elə ölçmə vasitələridir ki, onlarda ölçmə informasiya siqnallarının çevrilməsi analoq elektron qurğularının köməyi ilə həyata keçirilir. Elektron analoq ölçmə vasitələrində çıxış siqnalı ölçülən kəmiyyətin kəsilməz funksiyasıdır. Ölçmə vasitələrində elektron qurğularının tətbiqi ilk növbədə belə ölçmə vasitələrinin bir sıra mühüm metroloji və digər funksional xarakteristikalarının yüksəldilməsi imkanı ilə şərtlənir.

Elektron analoq ölçü cihazlarının daha mühüm metroloji xarakteristikaları bunlardır: yüksək həssaslıq, ölçmələrin geniş diapazonu, ölçmə dövrəsindən nisbətən az güc tələb etməsi (yaxud böyük giriş müqaviməti), ölçülən kəmiyyətlərin geniş tezlik diapazonu.

Analoq elektron texnikasının tətbiqi siqnalların çevrilməsində xətalərin artmasına səbəb ola bilər. Ona görə də bir çox hallarda analoq cihazları nisbətən aşağı dəqiqlik siniflərinə malik olur.

Ölçmə vasitələrində siqnalların vizuallaşmasına imkan verən elektron-şüa borularından istifadə etdikdə geniş funksional imkanlar yaranır. Birinci növbədə belə imkanlar elektron-şüa ossilloqraflarında reallaşır.

Elektron ölçmə vasitələri prinsipə praktiki olaraq bütün elektrik və çox sayda qeyri-elektrik kəmiyyətləri ölçmək üçün tətbiq edilə bilər. Elektron ölçmə vasitələrinin belə nadir imkanları ölçmə çeviricilərinin yaradılmasında öz tətbiqini tapmışdır. Belə çeviricilər daha çox məlumat ölçmə sistemlərində istifadə edilir.

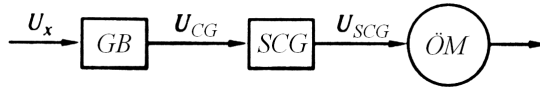
Göstərdən ölçmə vasitələrindən - cihazlarından-hazırda elektron-şüa ossilloqrafları, elektron voltmetrlər,

ommetrlər, spektr analizatorları və s. kimi elektron ölçü cihazları geniş yayılmışdır. Bu cihazlar onları digər ölçmə vasitələrindən müsbət cəhətdən fərqləndirən bir sıra üstünlüklərə malikdir. Eyni zamanda analoq cihazları, məsələn, tezlikölçənlər və fazometrlər müvafiq rəqəmsal cihazlar ilə sıxışdırılır. Buna səbəb həmin parametrlərin kod siqnallara çevrilməsinin nisbətən sadəliyidir.

5.2. Elektron voltmetrlər

Daha geniş yayılmış voltmetrlər təyinatına və iş prinsipinə görə sabit cərəyan, dəyişən cərəyan, universal, impuls və selektiv voltmetrlərə bölünür.

Sabit cərəyan voltmetrləri. Belə voltmetrlərin sadələşdirilmiş struktur sxemi şək. 5.1-də göstərilmişdir.



Şək. 5.1. Sabit cərəyan voltmetrinin sadələşdirilmiş struktur sxemi:
GB-giriş gərginlik bölücüsü; SCG-sabit cərəyan gücləndiricisi;
ÖM-maqnitoelektrik ölçmə mexanizmi

Ölçmə mexanizminin göstəricisinin meyillənmə bucağı:

$$\alpha = k_{GB} k_{SCG} S_U U_x = k_V U_x,$$

burada k_{GB} , k_{SCG} - uyğun olaraq GB və SCG-nin çevirmə (bölmə və gücləndirmə) əmsalları; S_U - ölçmə mexanizminin gərginliyə həssaslığı; k_V - elektron voltmetrinin çevirmə əmsalı; U_x - ölçülən gərginlikdir.

Gərginlik bölücüsünün və gücləndiricinin ardıcıl qoşulması bütün elektron voltmetrlərin qurulmasının xarakterik xüsusiyyətidir. Belə struktur ümumi ($k_{GB} k_{SCG}$) çevirmə əmsalının geniş dəyişməsi hesabına voltmetrləri

geniş ölçmə diapazonlu çoxhədli etməyə imkan verir. Gələcəkdə struktur sxemlərini sadələşdirmək üçün şəkillərdə giriş bölücüsünü təsvir etməyəcəyik.

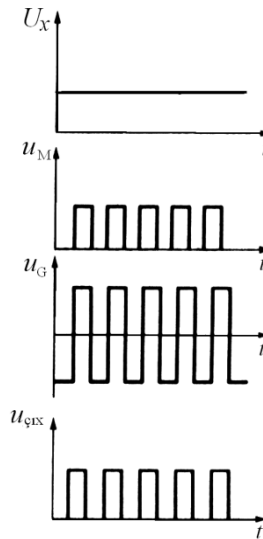
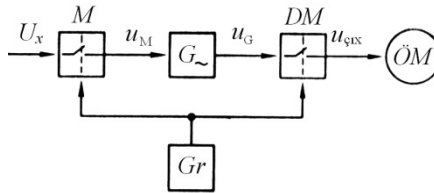
Sabit cərəyan voltmetrlərində istifadə edilən SCG-nin çatışmayan cəhəti onun gücləndirmə əmsalının k_{SCG} dəyişməsində və sıfırın dreyfində (çıxış signalının özbaşına dəyişməsində) özünü büruzə verən qeyri-stabil işləməsidir. Bununla əlaqədar olaraq kiçik gücləndirmə əmsallı SCG tətbiq edilir ki, o da sabit cərəyan voltmetrlərini az həssas edir. Bir qayda olaraq ölçmələrin yuxarı həddi bir neçə millivoltndan, yaxud onlarla millivoltndan kiçik olmur. Bu zaman voltmetrin kifayət qədər böyük giriş müqaviməti təmin edilir.

SCG-nin qeyri stabilliyinin təsirini azaltmaq üçün sabit cərəyan voltmetrlərində ölçmələrdən əvvəl “sıfırın” və gücləndirmə əmsalının tənzimlənməsinin mümkünüyü nəzərdə tutulur.

Sabit cərəyan voltmetrləri müstəqil cihazlar kimi çox az istifadə edildiyi halda, onlar universal voltmetrlərin tərkibində geniş tətbiq olunur. Yüksək həssaslığı olan sabit cərəyan voltmetrləri (mikrovoltmetrlər) yaratmaq üçün M-DM (modulyator-demodulyator) sxemi üzrə qurulan sabit cərəyan gücləndiriciləri tətbiq olunur (şəkil 5.2,*a*). Dəyişən cərəyan gücləndiriciləri signalın sabit tərkib hissəsini buraxmır. Beləliklə, onlarda sıfırın dreyfi olmur, gücləndirmə əmsalı isə kifayət qədər böyük və stabil olur. Bu, voltmetrlərin həssaslığını və dəqiqliyini artırmağa imkan verir. Belə gücləndiricini sabit cərəyan voltmetrlərində istifadə etmək üçün ölçülən sabit gərginliyi parametrlərindən biri (informativ parametr) ölçülən gərginliyə mütənasib olan dəyişən gərginliyə çevirmək lazımdır. Göstərilən prosedur amplitud-impuls modulyasiyasının köməyi ilə realizə edilə bilər. Şək. 5.2,*b*-də gücləndiricinin ayrı-ayrı bloklarının çıxışındakı

gərginliklərin sadələşdirilmiş zaman diaqramı göstərilmişdir.

Generator sadə halda analog açarları kimi olan modulyator və demodulyatorun işini onları verici generatorun hər hansı bir tezliyi ilə sinxron açmaq və bağlamaqla idarə edir. Modulyatorun çıxışında amplitudu ölçülən gərginliyə mütənasib olan birqütblü impuls siqnalı yaranır. Bu siqnalın dəyişən tərkib hissəsi gücləndirici G ilə gücləndirilir, sonra demodulyator ilə düzləndirilir.



a

b

Şək. 5.2. M-DM gücləndiricili sabit cərəyan elektron voltmetrinin struktur sxemi (a) və siqnalalarının zaman diaqramları (b): M-modulyator; DM-demodulyator; Gr-generator; G-dəyişən cərəyan gücləndiricisi

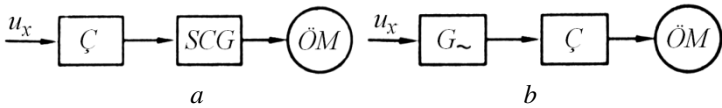
Adi düzləndiricinin yox, idarə edilən demodulyatorun tətbiqi voltmetri giriş signalının polyarlığına həssas edir. Düzləndirməyə zərurət ondan irəli gəlir ki, maqnitoelektrik ölçmə mexanizmi signalın ancaq sabit tərkib hissəsinə (orta qiymətinə) həssasdır. İmpulsların verilən və sabit parametrlərində çıxış signalının gərginliyinin orta qiyməti giriş gərginliyinə mütənəsibdir:

$$U_{or} = k_M k_G k_{DM} U_x,$$

burada k_M və k_{DM} - modulyatorun və demodulyatorun çevirmə əmsalları; k_G - gücləndiricinin gücləndirmə əmsalındır. Beləliklə, ÖM-nin göstəricisinin meyillənmə bucağı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\alpha = S_U U_{or} = k_M k_G k_{DM} U_x = k_V U_x.$$

Dəyişən cərəyan voltmetrləri. Belə voltmetrlər dəyişən gərginliyi sabitə çevirən çeviricidən, gücləndiricidən və maqnitoelektrik ölçmə mexanizmindən ibarətdir. Dəyişən cərəyan voltmetrlərinin öz xarakteristikaları ilə fərqlənən iki ümumiləşdirilmiş struktur sxemi mümkündür (şəkil 5.3).



Şək. 5.3. Dəyişən cərəyan voltmetrlərinin struktur sxemləri (a,b)

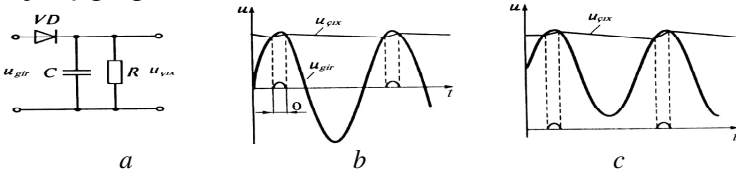
Şək. 5.3,a sxemi üzrə hazırlanan voltmetrlərdə ölçülən gərginlik u_x əvvəlcə sabit gərginliyə çevrilir, sonra SCG və sabit cərəyan voltmetri olan ÖM-ə verilir. Çevirici Ç kiçik ətalətli qeyri-xətti bənddir. Ona görə də belə strukturlu voltmetrlər geniş tezlik diapazonunda (onlarla hirsdən 10^3 MHS-dək) işləyə bilər. Cihazın giriş kanatının və giriş dövrəsinin paylanan tutum və induktivliklərinin təsirini

azaltmaq üçün çeviriciləri adətən çıxarıla bilən qovşaqlar - nümünə üçün alətlər şəklində hazırlayırlar. Eyni zamanda SCG-nin göstərilən çatışmazlıqları və qeyri-xətti elementlərin aşağı gərginliklərdə işləmə xüsusiyyətləri belə voltmetrləri yüksək həssas etməyə imkan vermir. Adətən maksimal həssaslıqda onların yuxarı ölçmə həddi onlarla millivoltadan bir neşə millivoltadək təşkil edir.

Sxem 5.3,*b* üzrə hazırlanan voltmetrlərdə ilkin gücləndirmə hesabına həssaslığı artırmağa müvəffəq olunur. Lakin geniş tezlik diapazonunda işləyən, böyük gücləndirmə əmsallı dəyişən cərəyan gücləndiricilərinin yaradılması kifayət qədər çətin texniki məsələdir. Ona görə də belə voltmetrlər aşağı tezlik diapazonuna malik olur (5-20MHs); maksimal həssaslıqda onların yuxarı ölçmə həddi onlarla və ya yüzlərlə mikrovolt təşkil edir.

Dəyişən gərginliyi sabitə çevirən çeviricinin növündən asılı olaraq voltmetrlərin ölçmə mexanizminin göstəricisinin meyil etmələri ölçülən gərginliyin amplitud (pik), orta (ortadüzlənmiş), yaxud təsiredici qiymətinə mütənasib ola bilər. Onunla əlaqədar voltmetrlər uyğun olaraq amplitud, orta, yaxud təsiredici qiymət voltmetrləri adlandırılır. Lakin çeviricinin növündən asılı olmayaraq dəyişən cərəyan voltmetrlərinin şkalasını, bir qayda olaraq, sinusoidal formalı gərginliyin təsiredici qiymətləri ilə dərəcələyirlər.

Amplitud qiymət voltmetrləri açıq (şək. 5.4,*a*) və ya bağlı (şək. 5.4,*b*) girişli amplitud qiymətin çeviricisinə (pik detektorları) malik olur, burada u_{gir} və $u_{çix}$ - çeviricinin giriş və çıxış gərginlikləridir.



Şək. 5.4. Açıq girişli amplitud qiymətlərin çeviricisinin (pik dedektorunun) sxemi (a) və siqnallarının zaman diaqramları (b,c)

Əgər voltmetr şəkl. 5.3,*a*-dakı struktur sxemli olarsa, onda çevirici üçün $u_{gir} = u_x$. Açıq girişli amplitud voltmetrlərində kondensator praktiki olaraq giriş gərginliyinin maksimal $u_{x\max}$ müsbət (diodun qoşulmasının baxılan halında) qiymətinə kimi yüklənir (bax şəkil 5.4,*b*). Kondensatorada $u_{çix}$ gərginliyinin döyünməsi onun $u_{gir} > u_{çix}$ olduqda diodun açıq vəziyyətində əlavə yüklənməsi, $u_{gir} < u_{çix}$ olduqda diodun bağlı vəziyyətində R rezistoru vasitəsilə boşalması ilə izah olunur. Şəkil 5.4,*b*-dən görüldüyü kimi, kondensatorun əlavə yüklənməsi yüklənmə τ_y və boşalma τ_b zaman sabitləri ilə təyin edilən çox kiçik zaman müddətlərində θ baş verir. Çeviricinin çıxışında gərginliyin döyünməsinin əhəmiyyətsiz olması üçün $\tau_y < \frac{1}{f_y}$, $\tau_b > \frac{1}{f_a}$ təmin edilməlidir, burada f_y , f_a - voltmetrin tezlik diapazonunun yuxarı və aşağı sərhədləridir. Bu zaman çıxış gərginliyinin orta qiyməti $u_{ort} \cong u_{x\max}$ və beləliklə, ölçmə mexanizminin göstəricisinin meyillənmə bucağının qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

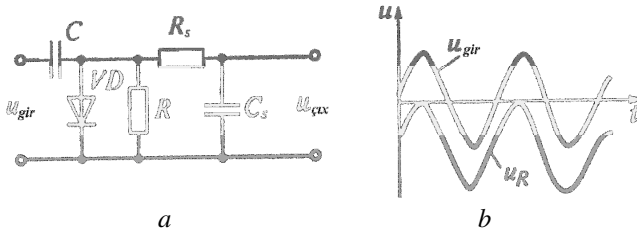
$$\alpha = k_v u_{x\max},$$

burada k_v - voltmetrin çevirmə əmsalıdır.

Açıq girişli amplitud voltmetrlərinin xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onlar giriş siqnalının sabit (diodun qoşulmasının baxılan halında müsbət) tərkib hissəsini buraxır. Belə ki, $u_{gir} = U_0 + U_m \sin \omega t$, $U_0 > U_m$ olduqda (şəkil 5.4,*c*) çıxış gərginliyinin orta qiyməti $u_{ort} \cong U_0 + U_m$. Deməli, $\alpha = k_v (U_0 + U_m)$. $u_{gir} < 0$ olduqda ÖM-in hərəkətli hissəsi meyil etməyəcəkdir, çünki bu halda diod VD bağlıdır.

Bağlı girişli çeviricilərdə (şək. 5.5) qərarlaşmış rejimdə R rezistorunda giriş siqnalının sabit tərkib hissəsinin mövcudluğundan asılı olmayaraq, 0-dan $-2U_m$ -dək dəyişən döyünən gərginlik u_R olur, burada U_m - giriş gərginliyinin dəyişən tərkib hissəsinin amplitududur. Bu gərginliyin orta qiyməti praktiki olaraq U_m -ə bərabərdir.

Çıxış gərginliyinin döyünmələrini azaltmaq üçün belə çeviricilərdə aşağı tezlik süzgəci $R_S C_S$ qoyulur. Beləliklə, voltmetrin göstərişləri bu halda ancaq giriş gərginliyinin u_x dəyişən tərkib hissəsinin amplitud qiyməti ilə təyin olunur, yəni $\alpha = k_v U_m$. Açıq və bağlı girişli amplitud çeviricilərinin xüsusiyyəti elektron voltmetrləri ilə ölçmə zamanı nəzərə alınmalıdır.



Şək. 5.5. Bağlı girişli amplitud qiymətlər çeviricisinin sxemi (a) və siqnalının zaman diaqramları (b)

Voltmetrlərin şkalası sinusoidal gərginliyin təsiredici qiyməti ilə dərəcələndiyindən digər formalı gərginlikləri ölçərkən, əgər ölçülən gərginliyin amplitud əmsalı məlum olarsa, müvafiq yenidən hesablama işi görülməlidir. Qeyri-sinusoidal formalı ölçülən gərginliyin amplitud qiyməti $U_m = k_{s.a.} U_c = 1,41 U_c$, burada $k_{s.a.}$ -sinusoidin amplitud əmsalı, $k_{s.a.} = 1,41$; U_c -gərginliyin cihazın şkalasından götürülən qiymətidir. Ölçülən gərginliyin təsiredici qiyməti:

$$U = \frac{U_m}{k_a} = \frac{1,41 U_c}{k_a},$$

burada k_a -ölçülən gərginliyin amplitud əmsalıdır.

Orta qiymət voltmetrləri düzləndirici cihazlarda istifadə edilən çeviricilərə analoji dəyişən gərginliyi sabitə çevirən çeviricilərə malikdir. Belə voltmetrlərin adətən şəkil 5.3,*b*-də göstərilən strukturu olur. Bu halda düzləndirici çeviriciyə əvvəlcədən gücləndirilmiş gərginlik u_x verilir ki, o da voltmetrlərin həssaslığını artırır və diodların qeyri-xəttiliyinin təsirini azaldır. Belə voltmetrlərdə ölçmə mexanizminin hərəkətli hissəsinin meyillənmə bucağı ölçülən gərginliyin ortadüzlənmiş qiyməti ilə mütənasibdir:

$$\alpha = k_V \frac{1}{T} \int_0^T |u_x(t)| dt = k_V U_{x_{ort}} .$$

Belə voltmetrlərin də şkalası sinusoidal gərginliyin təsiredici qiymətləri ilə dərəcələnin. Qeyri-sinusoidal formada gərginliyi ölçdükdə bu gərginliyin orta qiyməti

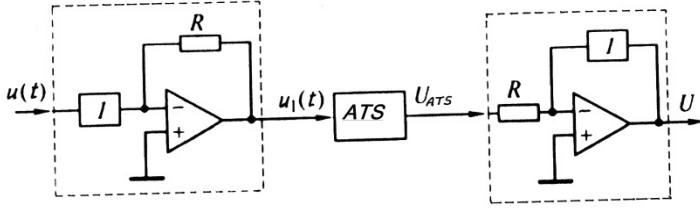
$$U_{ort} = \frac{U_c}{k_{s.f.}} = \frac{U_c}{1,11} ,$$

təsiredici qiyməti isə:

$$U = k_f U_{ort} = \frac{k_f U_c}{1,11} ,$$

burada U_c -cihazın (voltmetrin) göstərişi; $k_{s.f.}$ -sinusoidin forma əmsalı, $k_{s.f.} = 1,11$; k_f -ölçülən gərginliyin forma əmsalıdır.

Təsiredici qiymət çeviricili elektron voltmetrlər müxtəlif struktur və sxemotexniki həllərin əsasında qurula bilər. Eyni zamanda belə voltmetrlərdə istifadə edilən daha xarakterik çevirmələr sadələşdirilmiş variantda şəkl. 5.6-da verilmişdir.



Şək. 5.6. Giriş gərginliyinin təsiredici qiymətinin təyini üçün çevirici: I -kvadratlayıcı element

Çevirici hər hansı giriş gərginliyinin $u(t)$ təsiredici qiymətinin təyin edilməsi prosedurunun realizə edir, yəni

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} u^2(t) dt}$$

funksionalını hesablayır. Onunla əlaqədar olaraq, çeviricini üç bəndin ardıcıl qoşulması şəklində göstərmək əlverişlidir: kvadrata yüksəldən gücləndirici (çevirici), orta qiymət verən aşağı tezlik süzgəci (ATS), kvadrat kök alan qurğu. Sxemlər əməliyyat gücləndiriciləri üzərində realizə olunmuşdur. Verilən sxemlərin vacib elementləri $i(t) = K u^2(t)$ volt-ampere xarakteristikalı kvadratlayıcı elementlərdir (I). Sinyalların çevrilmə ardıcılığı belədir. 1-ci bəndin çıxışında

$$u_1(t) = i(t)R = K R u^2(t) = C_1 u^2(t) \quad (5.1)$$

gərginliyi vardır, burada yazılışı sadələşdirmək üçün $C_1 = KR$ qəbul edilmişdir.

Orta qiymət verən bəndin çıxışında (əgər giriş signalının tezlik zolağı ATS-in tezlik zolağından çox böyük olarsa) alırıq:

$$U_{ATS} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u_1(t) dt = C_1 \frac{1}{T} \int_t^{t+T} u^2(t) dt = C_1 U^2. \quad (5.2)$$

Təsiredici qiyməti almaq üçün əvvəlki ifadədən kvadrat kök almaq lazımdır. Həmin məsələ üçüncü bəndlə

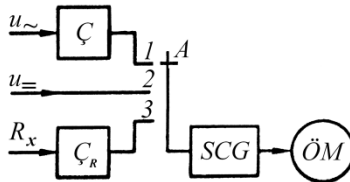
həll edilir. 3-cü bəndin giriş cərəyanı $\frac{U_{ATS}}{R}$ -ə bərabərdir və

bəndin çıxış gərginliyinə müvafiqdir: $KU_{\text{çix}}^2 = \frac{U_{ATS}}{R}$.

Buradan (5.1) və (5.2) ifadələri nəzərə alınmaqla $U_{\text{çix}} = U$ olduğunu əldə edirik, U - giriş gərginliyinin $u(t)$ təsiredici qiymətidir.

Universal voltmetrlər. Universal voltmetrlər sabit və dəyişən cərəyan gərginliklərini və sabit cərəyana müqavimətləri geniş diapazonda ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Şək. 5.7-də universal voltmetrin ümumiləşdirilmiş struktur sxemi verilmişdir, burada A -açar (iş tərzini dəyişən açar); Ç - dəyişən gərginliyi sabitə çevirən çevirici; Ç_R - müqaviməti sabit cərəyan gərginliyinə çevirən çevirici (bax paraqraf 5.3).



Şək. 5.7. Universal voltmetrin struktur sxemi

Çeviricinin girişinə naməlum müqavimət R_x qoşulur. Çeviricinin Ç_R çıxış gərginliyi naməlum müqavimətdən asılıdır $U_{\text{çix}} = f(R_x)$. Bu asılılıq əsasında cihazın şkalası müqavimət vahidləri ilə dərəcələnilir.

Dəyişdirici açarın A vəziyyətindən asılı olaraq voltmetr dəyişən cərəyan voltmetri D (1 vəziyyəti), sabit cərəyan voltmetri (2 vəziyyəti) və ya ommetr (3 vəziyyəti) rejimində işləyir. Bütün rejimlərdə dəyişdirici açardan SCG-

nin girişinə hər bir konkret halda ölçülən kəmiyyətlə mütənəsb sabit gərginlik verilir.

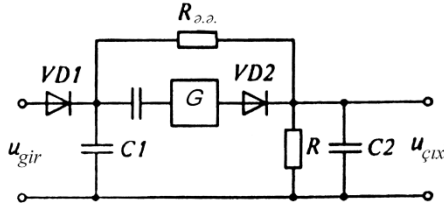
Ölçmə mexanizminin ÖM hesabat qurğusunda üç qrup şkala vardır: dəyişən gərginliyin təsiredici qiymətləri, sabit gərginlik və müqavimətlər. Universal voltmetrin belə funksional imkanları onun tətbiqini çox əlverişli edir.

İmpuls voltmetrləri. Müxtəlif formalı impuls siqnallarının amplitudunu ölçmək üçün impuls voltmetrləri tətbiq olunur. İmpuls voltmetrlərinin işinin xüsusiyyəti ölçülən impulsların mümkün kiçik uzunluğu t_{im} və xeyli

dərinliyi $q = \frac{T_{im}}{t_{im}}$ (10^9 -dək) ilə müəyən olunur, burada T_{im} -

impulsların verilmə periodudur. İmpuls voltmetrləri ölçülən impulsların amplitud qiymətləri ilə dərəcələnilir.

İmpuls voltmetrləri şəkil 5.3,a struktur sxemi üzrə hazırlana bilər. Bu zaman açıq girişli amplitud qiymət çeviriciləri istifadə edilir ki, onların da çıxış gərginliyi ölçülən impulsların amplituduna U_m bərabər olmalıdır. İmpulsların böyük dərinliyi və kiçik uzunluğu amplitud qiymət çeviricilərinə sət tələblər qoyur. Ona görə də impuls voltmetrlərində amplitud çeviricilərinin xüsusi, çox zaman kompensasiyalı, sxemləri tətbiq edilir (şəkil 5.8). Giriş impulsları u_{gir} kondensatoru C1 yükləyir. Ölçülən impulslarla əlavə yüklənmənin və impulslar arasında boşalmanın bu kondensatorda yaratdığı gərginliyin dəyişən tərkib hissəsi (şək. 5.4,c-yə analogi) dəyişən cərəyan gücləndiricisi G ilə gücləndirilir və VD2 diodunun köməyi ilə düzləndirilir.



Şək. 5.8. Amplitud çeviricinin kompensasiya sxemi

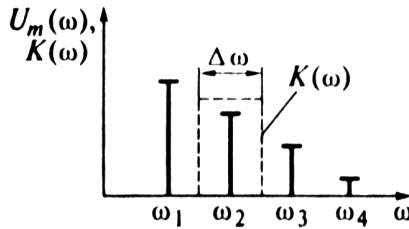
RC2 dövrəsinin zaman sabiti kifayət qədər böyük seçilir, ona görə də impulsar arasındakı müddətdə C2 kondensatorundakı gərginlik cüzi dəyişir. Çeviricinin çıxışından əks-əlaqə rezistorunun $R_{e.e.}$ köməyi ilə C1 kondensatoruna kompensasiyaedici gərginlik verilir. Gücləndiricinin gücləndirmə əmsalı böyük olduqda bu, C1 kondensatorundakı gərginliyin dəyişən tərkib hissəsinin xeyli azalmasına səbəb olur. Qərarlaşmış rejimdə bunun nəticəsində həmin kondensatorda gərginlik praktiki olaraq ölçülən impulsların amplituduna U_m bərabər, çıxış gərginliyi isə bu amplituda mütənəssib olur:

$$U_{çix} = \frac{U_m R}{R + R_{e.e.}}$$

İmpuls voltmetrləri üçün normativ-texniki sənəddə impulsların uzunluğunun buraxıla bilən qiymətlər diapazonu (yaxud onların tezliyi) və voltmetrlərin xətlərinin normalaşdırılan qiymətlər həddində yerləşdiyi dərinliyi göstərilir.

Selektiv voltmetrlər. Belə voltmetrlər hər hansı tezlik zolağında gərginliyin təsiredici qiymətini və ya ölçülən siqnalın ayrı-ayrı harmonik tərkib hissələrinin təsiredici qiymətini ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Selektiv voltmetrin iş prinsipi siqnalın ayrı-ayrı harmonik tərkib hissələrini və ya ensiz tezlik zolağının siqnalını sazlanan zolaq süzgəcinin köməyi ilə ayırmaqdan və ayrılan siqnalın təsiredici qiymətini ölçməkdən ibarətdir. Şək.

5.9-da bütöv şaquli xətlərlə hər hansı bir ölçülən siqnalın spektri, qırıq xətlərlə isə zolaq süzgəcinin ideallaşdırılmış volt-ampər xarakteristikası göstərilmişdir. O, $\omega \in \left[\omega_{z.s.} \pm \frac{\Delta\omega}{2} \right]$ üçün $K(\omega) = k = const$, qalan tezliklər üçün $K(\omega) = 0$ ötürmə əmsalına malikdir, burada $\omega_{z.s.}$ - zolaq süzgəcinin sazlandığı orta tezlik, $\Delta\omega$ - süzgəcin buraxma zolağıdır.



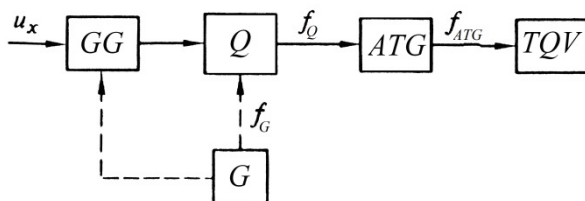
Şək. 5.9. Hər hansı bir siqnalın spektri $U_m(\omega)$ və ideal zolaq süzgəcinin amplitud-tezlik xarakteristikası

$\omega_{z.s.}$ tezliyini selektiv voltmetrin quruluşu ilə müəyyən edilən hədudlarda dəyişmək olar. Şək. 5.9-da təsvir olunan spektrli ölçülən siqnal üçün zolaq süzgəcinin çıxışında ω_2 tezlikli və $kU_m(\omega_2)$ amplitudlu sinusoidal siqnal yaranacaqdır. Deməli, zolaq süzgəcinin çıxış siqnalının təsiredici qiymətini ölçərək, ölçülən siqnalın ω_2 tezlikdə harmonik tərkib hissəsinin təsiredici qiymətini təyin etmək olar. $\omega_{z.s.}$ tezliyini dəyişməklə müxtəlif harmonik tərkib hissələrin təsiredici qiymətlərini ölçmək olar.

Fiziki realizə edilən zolaq süzgəcinin ciddi şəkildə düzbucaqlı amplitud-tezlik xarakteristikası olmur. Bu da ona gətirib çıxara bilər ki, belə süzgəcdən bəzi $k(\omega) \neq 0$ əmsallı qonşu harmonik tərkib hissələri keçsin. Bundan başqa,

ölçülən siqnalın spektri elə ola bilər ki, zolaq süzgəcindən $\Delta\omega$ buraxma zolağı hüdudunda bir dəfəyə bu siqnalın bir neçə harmonik tərkib hissəsi keçsin. Belə hallarda selektiv voltmetr süzgecdən keçən harmonik tərkib hissələrinin onların hər biri üçün real ötürmə əmsalları hesaba alınmaqla təminat təsiredici qiymətini ölçür.

Selektiv voltmetrin sadələşdirilmiş struktur sxemi şək. 5.10-da göstərilmişdir.



Şək. 5.10. Selektiv voltmetrin struktur sxemi

Ölçülən siqnal u_x seçən giriş gücləndiricisi GG vasitəsilə ölçülən siqnalın tezlik spektrini çevirmək üçün nəzərdə tutulan qarışdırıcıya Q verilir. Qarışdırıcının çıxışında ölçülən siqnala mütənasib, lakin spektr tezlikləri $f_{iQ} = f_G - f_{xi}$ olan siqnal yaranır, burada f_G -sinusoidal generatorun (həm də geterodin adlandırılır) G siqnalının tezliyi; f_{xi} -giriş siqnalının harmonik tərkib hissələrinin tezliyidir. Aralıq tezlik gücləndiricisi ATG hər hansı təsbit edilmiş orta tezliyə f_{ATG} sazlanmışdır. Ona görə də ATG-nin çıxışına qarışdırıcının çıxış siqnalının o tərkib hissəsi keçəcəkdir ki, onun tezliyi $f_{iQ} = f_{ATG}$ olsun. Bu siqnal ölçülən siqnalın $f_{xi} = f_G - f_{ATG}$ tezlikli harmonik tərkib hissəsinə müvafiqdir. Həmin harmonik tərkib hissəsinin təsiredici qiyməti təsiredici qiymət voltmetri TQV ilə ölçülür. Generatorun tezliyini f_G dəyişməklə u_x siqnalının

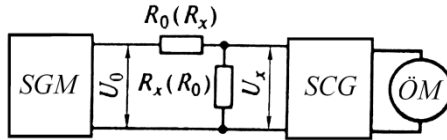
müxtəlif harmonik tərkib hissələrinin təsiredici qiymətini ölçmək olar.

Bu sxemdə zolaq süzgəcinin funksiyasını ATG yerinə yetirir. ATG-nin sazlanma tezliyinin təsbit edilmiş (dəyişdirilməyən) qiyməti sayəsində bu gücləndirici böyük gücləndirmə əmsalına və ensiz buraxma zolağına malik olur ki, o da selektiv voltmetrin yüksək həssaslığını və seçmə qabiliyyətini təmin edir.

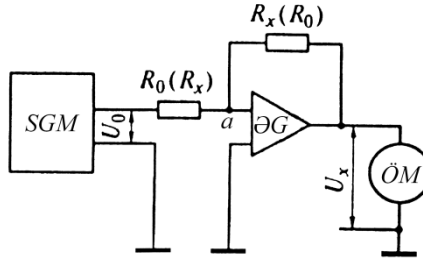
5.3. Elektron ommetrlər

Elektron ommetrlər ölçülən müqavimətlərin geniş diapazonuna malikdir (10^{-4} - 10^{17} Om) və istismar üçün kifayət qədər sadədir. Belə ommetrlərin dəqiqliyi, bir qayda olaraq, yüksək olmur: gətirilmiş xəta bir neçə faiz təşkil edir və böyük müqavimətləri ölçərkən ($R > 10^{12}$ Om) 10-15%-dək artır. Ölçmələrin diapazonundan asılı olaraq onlar ommetrlər, meqommetrlər və teraommetrlər, milliometrlər adlandırılır.

Ommetrlərin işi ölçülən müqavimətin onunla funksional əlaqəli olan və maqnitoelektrik ölçmə mexanizminə verilən sabit cərəyan gərginliyinə çevrilməsinə əsaslanır. Bu zaman ölçmə mexanizminin şkalası müqavimət vahidləri ilə dərəcələndirilir. Ommetrlərin şəkil 5.11 və 5.12-də təsvir edilən sxemləri daha geniş tətbiq edilir, burada SGM - U_0 stabil gərginlik mənbəyi; SCG - sabit cərəyan gücləndiricisi; ƏG - əməliyyat gücləndiricisi; ÖM - ölçmə mexanizmi; R_x - ölçülən müqavimət; R_0 - məlum müqavimət; U_x - ölçülən müqavimətlə R_x funksional əlaqədə olan gərginlikdir. Şək. 5.11 və 5.12-də göstərilən R_0 və R_x müqavimətlərinin iki variantda qoşulması mümkündür: mütərizəsiz (birinci variant) və mütərizəli (ikinci variant).



Şək 5.11. Sabit cərəyan gücləndiricili elektron ommetrin funksional sxemi



Şək.5.12.Əməliyyat gücləndiricili elektron ommetrin funksional sxemi

Şək. 5.11 sxemi üzrə qurulan ommetrlərdə R_{gir} böyük giriş müqavimətli SCG istifadə edilir. R_{gir} -in şuntlayıcı təsiri nəzərə alınmazsa, R_0 və R_x -in birinci variantda qoşulma halı üçün

$$\alpha = kU_x = \frac{kU_0R_x}{R_0 + R_x},$$

ikinci variantda qoşulma halı üçün

$$\alpha = kU_x = \frac{kU_0R_0}{R_0 + R_x},$$

burada α - $\ddot{O}M$ -in hərəkətli hissəsinin dönmə bucağı, k -SCG və $\ddot{O}M$ -in çevirmə əmsalındır. Düsturlardan görünür ki, ölçülən müqavimətlərin geniş diapazonunda belə ommetrlərin şkalası göstərişlər diapazonu uyğun olaraq $0-\infty$ və $\infty-0$ olmaqla qeyri-müntəzəmdir.

Hesabatın dəqiqliyini artırmaq üçün ommetrin bütün ölçmə diapazonu yarım diapazonlara bölünür və onların hər

birinə R_0 müqavimətinin öz qiyməti uyğun gəlir. Bununla R_x -in eyni qiymətləri üçün şkala bölgüsünün qiymətinin dəyişdirilməsinə nail olunur. R_0 müqavimətinin qoşulmasını dəyişdirməklə ölçmələrin tələb olunan diapazonunda göstərişlərin götürülməsi üçün daha əlverişli şkalanı seçirlər.

Cihazın ayrı-ayrı qovşaqlarının, xüsusilə SCG-nin işinin qeyri-stabilliyi ilə yaranan ölçmə xətlərini azaltmaq üçün belə ommetrlərdə giriş sığacları qısa qapanmaqla ($R_x = 0$) “Sıfırın qoyulması“, sığacları ayırmaqla ($R_x \rightarrow \infty$) “ ∞ qoyulması” kimi tənzimləmələr nəzərdə tutulmuşdur. Belə tənzimləmələr gücləndiricinin çevirmə əmsalını dəyişməklə və onun çıxış signalını sıfır etməklə həyata keçirilir.

Nəzərdən keçirilən sxem (bax şəkl. 5.11) kombinə edilmiş cihazlarda, xüsusilə universal voltmetrlərdə (bax şəkil 5.5) tətbiqini tapmışdır. Onlarda sabit cərəyan gücləndiricisi həm gərginliyi, həm də müqaviməti ölçmək üçün istifadə edilir. Məsələn, universal voltmetr B7-17 10 Om - 1000 MOm müqavimətləri ölçmə diapazonuna 2,5 dəqiqlik sinfinə malikdir.

Şəkl. 5.12 sxemi üzrə qurulmuş ommetrlərdə mənfi əks-əlaqə dövrəsinə $R_x(R_0)$ rezistoru qoşulan əməliyyat gücləndiricisi tətbiq edilmişdir. Əməliyyat gücləndiricisi böyük gücləndirmə əmsallı k və böyük giriş müqavimətli sabit cərəyan gücləndiricisidir. Ona görə də a nöqtəsinin $\frac{U_x}{k}$ kimi təyin edilən potensialı və gücləndiricinin giriş cərəyanı praktiki olaraq sıfıra bərabərdir. Beləliklə, R_0 və R_x rezistorlarından axan cərəyanlar bərabərdir və R_0 , R_x -in qoşulma sxemindən asılı olaraq $\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_x}{R_x}$, yaxud

$\frac{U_0}{R_x} = \frac{U_x}{R_x}$ münasibətləri doğrudur. Birinci variantda

qoşulma üçün $U_x = \frac{U_0 R_x}{R_0}$ və deməli, $\alpha = \frac{S_y U_0 R_x}{R_0}$, burada

S_y - ÖM-in həssaslığıdır. Belə qoşulma sxemi daha üstün tutulur, çünki ommetr müntəzəm şkalalı olur. Həmin ommetrlərdə ölçmələrin yuxarı həddini müxtəlif müqavimətli rezistorlar R_0 qoşmaqla dəyişdirirlər. Bu sxem E6-10 elektron ommetrində istifadə edilir ki, o, 10Om-1000MOM ölçmə diapazonuna, 2,5 dəqiqlik sinfinə malikdir.

Teraommetrlərdə böyük müqavimətlər ($R_x > 10^6 - 10^{12}$ Om) ölçülərkən şəkl. 5.12-də verilən sxemin birinci variantından istifadə xətanın xeyli artmasına gətirib çıxarır. Bunun səbəbi odur ki, ƏG-nin xarakteristikaları ilə təyin edilən çıxış gərginliyini U_x məhdudlaşdırarkən böyük R_x üçün böyük müqavimətlər R_0 qoşulmalıdır, onların isə tələb edilən dəqiqliyini təmin etmək kifayət qədər çətinidir. Digər tərəfdən R_x və R_0 -dan keçən cərəyanlar bu halda gücləndiricinin giriş cərəyanları və sızma cərəyanları ilə müqayisə edilə biləcək qədər az olur. Ona görə də R_0 və R_x -in ikinci variantda qoşulması (şəkl. 5.12, mətərizələrdəki) tətbiqini tapmışdır. Belə teraommetrlərin şkalası qeyri-müntəzəmdir, çünki $\alpha = \frac{S_U U_0 R_0}{R_x}$. Bu cür

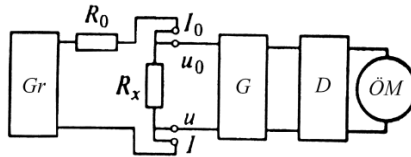
sxemlərdə dəqiqliyi artırmaq üçün U_0 gərginliyini artırmaq yolu ilə (yüzlərlə volta qədər) R_x -dən axan cərəyanın şiddətini artırmaq, kiçik R_0 müqavimətlərini tətbiq etmək imkanı vardır. Baxılan sxem ölçmələrin diapazonu $10^7 - 10^{12}$ Om, dəqiqlik sinifləri ölçmələrin

yarımdiapazonundan asılı olaraq 4 - 10 olan E6-14 teraohmmetrlərində istifadə edilir.

Kiçik müqavimətlərin (10^{-4} Ohm-dək) ölçülməsi elektron *milliometrləri* ilə yerinə yetirilir. Belə müqavimətləri ölçərkən ədədi qiymətcə onlarla müqayisə edilə bilən kontaktların və birləşdirici naqillərin müqavimətlərinin və kontakt termo EQ-nin təsiri ilə əlaqədar çətinliklər yaranır. Milliometrlər (şək. 5.13) şək. 5.11-də təsvir edilən ohmmetrin işinə analogi prinsiplə işləyir.

Ancaq termo EQ-nin təsirini aradan qaldırmaq üçün ölçmələr generatorun G_r hasil etdiyi dəyişən cərəyanda aparılır.

Dəyişən cərəyanın tətbiqi böyük gücləndirmə əmsallı dəyişən cərəyan gücləndiricisindən G istifadəyə imkan verir. Bu da kiçik müqavimətləri ölçərkən cihazın həssaslığını artırır. Gücləndiricinin çıxış siqnalı düzləndirici D ilə düzləndirilir və maqnitoelektrik ölçmə mexanizminə $ÖM$ verilir.



Şək. 5.13. Elektron milliometrinin funksional sxemi

Kontaktların və birləşdirici naqillərin müqavimətlərinin təsirini azaltmaq üçün rezistor R_x dördnaqilli sxem üzrə qoşulur. Bu zaman cərəyan rezistora naqillərin bir cütü ilə (I_0 və I sıxacları) verilir, ölçülən müqavimətlə mütənəib gərginlik isə digər naqillər cütündən (u_0 və u sıxacları) götürülür.

5.4. Elektron-şüa ossilloqrafları

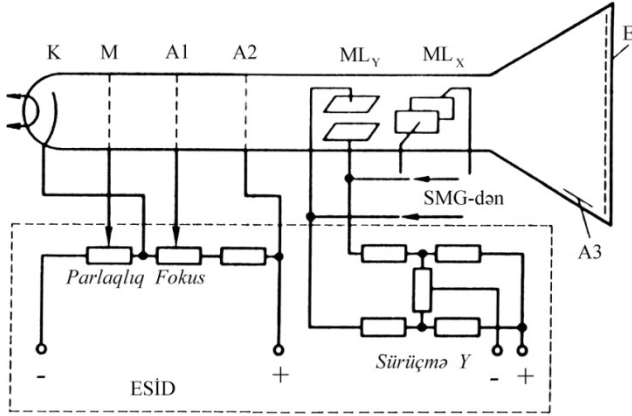
Ümumi qeydlər. Elektron-şüa (elektron) ossilloqrafları elektrik siqnallarının vizual müşahidəsi, ölçülməsi və qeydiyyatı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Zamandan asılı olaraq dəyişilən siqnalları müşahidə etmək imkanı ossilloqrafları müşahidə edilən siqnalların müxtəlif amplitud və zaman parametrlərini təyin edən zaman xüsusilə əlverişli edir. Ossilloqrafların mühüm üstünlükləri onların geniş tezlik diapazonu, yüksək həssaslığı və böyük giriş müqavimətidir. Bütün bunlar onların geniş praktiki tətbiqi üçün zəmin yaratmışdır.

Hazırda təyinat və xarakteristikalarına görə fərqlənən çoxsaylı ossilloqraflar buraxılır. Ossilloqraflar kəsilməz və ya impuls proseslərinin müşahidə edilməsi və ölçülməsi üçün nəzərdə tutula bilər. Geniş tezlik diapazonunda (10MHs-dək) periodik və qeyri-periodik kəsilməz və impuls xarakterli siqnallar üçün universal ossilloqraflar geniş tətbiq edilir. Xüsusi təyinatlı ossilloqraflar da buraxılır: dəyişdirilə bilən giriş bloku çoxfunksiyalı ossilloqraflar, tək-tək impulsları qeyd etmək üçün yaddaş ossilloqrafları, yüksək tezlikli prosesləri tədqiq etmək üçün stroboskopik ossilloqraflar və s. Eyni zamanda tədqiq edilən siqnalların sayından asılı olaraq ossilloqraflar birkanallı və çoxkanallı (əsasən ikikanallı) ola bilər. Son zamanlar rəqəm elektron ossilloqrafları geniş yayılmışdır. Ossilloqraflar həmçinin həssaslığı, buraxılış zolağı, əyrinin formasını təzələmənin xətası və digər xarakteristikalar ilə də fərqləndirilə bilər.

Daha geniş yayılan universal elektron-şüa ossilloqraflarının quruluşunu və iş prinsipini nəzərdən keçirək. İstənilən elektron ossilloqrafların işinin əsasını tədqiq olunan siqnalları elektron-şüa borusunun (EŞB) ekranında görünən təsvirə çevirmək təşkil edir.

Elektron-şüa boruları. Sadə birşüalı boru içərisindəki hava sorulub çıxardılan şüşə balondan ibarətdir

və onun içərisində qızdırılan katod K, modulyator (tor) M, fokuslayıcı anod A1, sürətləndirici anod A2, iki cüt qarşılıqlı-perpendikulyar meyiletdirici lövhələr ML_X və ML_Y (üfqi və şaquli meyiletdirici lövhələr) yerləşdirilmişdir (şək. 5.14).



Şək. 5.14. Elektron-şüa borusunda şüanın idarə edilməsi sxemi

Balonun dibinin daxili səthi (ekran E) elektron bombardmanının təsiri ilə işıqlanma qabiliyyəti olan lüminoforla örtülmüşdür. K, M, A1, A2 elektrodları birlikdə elektron top adlanır. Konstruktiv cəhətdən bu elektrodlar borunun oxu boyunca yerləşən silindrlər şəklində hazırlanmışdır. Elektron topu ensiz elektron dəstəsi - elektron şüası buraxır. Bunun üçün torun elektrodlarına idarəedici gərginlik verilir (bax şək. 5.14), burada EŞİD elektron şüasını idarəetmə dövrəsidir. Elektron şüasının intensivliyini modulyatorun katoda nəzərən mənfi gərginliyini dəyişməklə tənzimləyirlər. Bununla lüminoforun işıqlanmasının parlaqlığı dəyişdirilir. Birinci anoddakı gərginlik elektron selini borunun ekranında kiçik ölçüdə işıqlanan ləkə almağa imkan verən ensiz şüa şəklində fokuslayır. İkinci anoda elektronları lüminoforu işıqlandırmaq üçün lazım olan qədər sürətləndirən

yüksək müsbət gərginlik verilir. Formalaşan elektron şüası ML_X və ML_Y meyiletdirici lövhələr cütünün arasından keçir və bu lövhələrə tətbiq edilən gərginliklərin təsiri ilə uyğun olaraq X və Y koordinat oxları üzrə meyil edir. Bununla da işıqlı ləkənin borunun ekranında yeri dəyişdirilir. Şək. 5.14-də həmçinin Y oxu üzrə şüanın başlanğıc vəziyyətə qoyulmasının sadələşdirilmiş idarəetmə sxemi göstərilmişdir (X oxu üzrə idarəetmə analogidir). Dəyişən rezistorun («Sürüşmə Y ») hərəkətli kontaktının vəziyyətini dəyişməklə Y lövhələrindəki gərginliyi dəyişmək, bununla da ekran üzərində şüanın yerini dəyişmək olur.

Kiçik təkrarlanma tezlikli sürətli prosesləri, yaxud birqat impulsları tədqiq edərkən elektron şüası lüminoforu kifayət qədər həyəcanlandırmağa imkan tapmır və nəticədə işıqlanmanın parlaqlığı lazımı qədər olmaya bilər. Ona görə də müasir elektron-şüa borularında böyük müsbət gərginlik verilən üçüncü anodun A_3 köməyi ilə elektronların əlavə gücləndirilməsi tətbiq olunur.

Ossilloqrafik elektron-şüa boruları həssaslıq, buraxma zolağı, işıqlanmadan sonrakı müddət, ekranın işıq sahəsi, lüminoforun işıqlanma rəngi və digər xarakteristikalarla səciyyələnir.

Borunun həssaslığı $S_B = \frac{l_B}{U_B}$, burada l_B -şüanın

borunun ekranında meyil etməsidir ki, onu meyiletdirici lövhələrə verilən U_B gərginliyi yaradır. Adətən

$S_B = 0,5 - 5 \frac{mm}{V}$. Gərginliyin tezliyinin artması ilə borunun

həssaslığı azalır. Borunun buraxma zolağının yuxarı tezliyi elə bir tezliyə bərabərdir ki, bu tezlikdə onun həssaslığı $0,707S_B$ qiymətinə kimi (3dB) azalır, burada S_B -kiçik tezliklərdə həssaslıqdır. Nəzərdən keçirilən elektron-şüa borularında yuxarı tezlik təxminən 100MHs təşkil edir.

Ekranın işıqlanmadan sonrakı müddəti elektron şüasının təsirinin kəsildiyi andan təsvirin parlaqlığı ilk əvvəlki parlaqlığın 1%-ni təşkil edən ana kimi keçən vaxtla xarakterizə olunur. İşıqlanmadan sonrakı müddəti uzun olan (0,1 san-dən böyük) borular qeyri-periodik və yavaş dəyişən siqnalları müşahidə etməyi asanlaşdırır. Xüsusi yadda saxlayan borular siqnalın təsirini bir neçə dəqiqədən bir neçə sutkaya kimi zaman intervalında saxlamağa imkan verir.

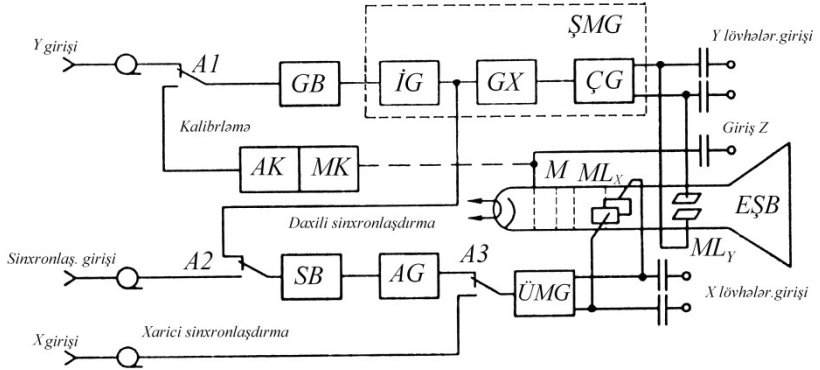
Ekranın işıq sahəsi borunun diametri ilə müəyyənləşir. Diametri 70 mm və daha böyük olan borular buraxılır. Lüminoforun tipi ekranın işıqlanmasının rəngini müəyyən edir. Adətən yaşıl işıqlanma rəngli ekranlar tətbiq olunur. Ossilloqrafın ekranından təsvirin fotosəklini çəkilmək üçün mavi rəngdə işıqlanan ekranlar istifadə edilir.

Müasir ossilloqraflarda həm də daha mürəkkəb, xüsusilə birdəfəyə iki və daha çox siqnalları müşahidə etmək üçün çoxşüalı borular, ifratyüksək tezlikli rəqsləri müşahidə etmək üçün qaçan dalğa xətlili borular və s. tətbiq olunur.

Ossilloqrafın quruluşu və iş prinsipi. Ossilloqrafın sadələşdirilmiş funksional sxeminə daxildir (şək. 5.15): elektron-şüa borusu EŞB, giriş gərginlik bölücüsü GB, ilkin gücləndiricidən IG, gecikdirmə xəttindən GX və çıxış gücləndiricisindən ÇG ibarət şaquli meyiletdirmə gücləndiricisi ŞMG, sinxronlaşdırma bloku SB, açılış generatoru AG, üfüqi meyiletdirmə gücləndiricisi ÜMG, amplitud AK və müddət MK kalibratorları.

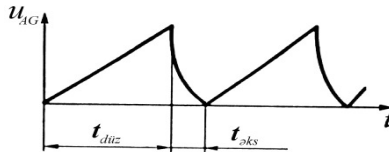
Tədqiq olunan siqnal giriş gücləndiricisindən və şaquli meyiletdirmə gücləndiricisindən ibarət şaquli meyiletdirmə kanalının Y girişinə verilir. ŞMG-nin çıxış gərginliyi şaquli meyiletdirici lövhələrə daxil olaraq, elektron şüasının boruda Y oxu boyunca meyillənməsini idarə edir. Ekrandan təsvirin tələb edilən ölçüsünü almaq üçün şaquli meyiletdirmə kanalında giriş siqnalını borunun həssaslığının müəyyən etdiyi lazımı qiymətə kimi gücləndirirlər (və ya

kiçildirlər). Gərginlik bölücüsünün və şaquli meyiletdirmə gücləndiricisinin ardıcıl qoşulması tədqiq olunan gərginliklər üçün xeyli diapazon təmin edir. ŞMG-nin əsas gücləndirməsi ilkin gücləndirici İG ilə təmin olunur, çıxış gücləndiricisi ÇG isə gücləndirilən siqnalın meyiletdirici lövhələrə verilən idarəedici gərginliyə çevrilməsinə xidmət edir.



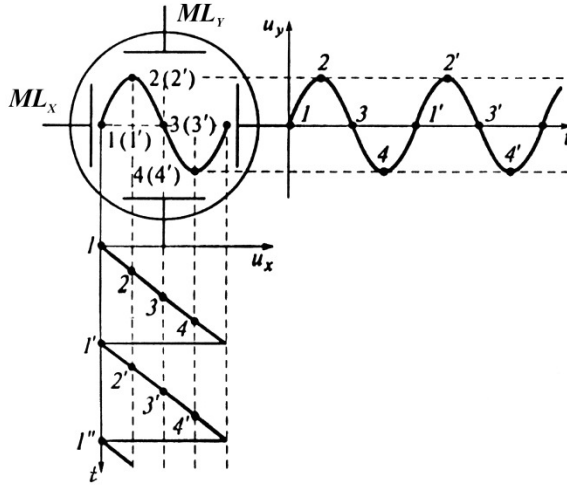
Şək. 5.15. Elektron-şüa ossilloqrafının funksional sxemi

Y girişinə dəyişən gərginlik verildikdə elektron-şüa ossilloqrafın ekranında şaquli xətt çəkir. Tədqiq olunan siqnalın zamana görə açılmış təsvirini almaq üçün şüanın X oxu boyunca bərabər sürətlə sürüşdürülməsi (açılışı) - xətti açılış lazımdır. Bu, ML_X meyiletdirici lövhələrə xətti dəyişən gərginlik verməklə həyata keçirilir. Şək.5.16-da xətti dəyişən (mişarvari) gərginliyin forması göstərilmişdir. O, düzünə gedişə $t_{düz}$ (açılış müddəti) və əks gedişə $t_{əks}$ malikdir.



Şək. 5.16. Xətti açılış gərginliyinin forması

Təsvirin açılış prinsipi şəkl. 5.17-də göstərilmişdir.



Şəkl. 5.17. Xətti açılış zamanı ossilloqramın alınmasını izah edən zaman diaqramları

Burada ML_X və ML_Y lövhələrinə verilən u_x və u_y gərginliklərinin dəyişmə əyriləri və ossilloqrafın ekranında bu zaman alınan təsvir verilmişdir. 1–4, 1'–4' rəqəmləri ilə zamanın müvafiq anlarında əyrilərin nöqtələri işarə edilmişdir. Şəkl. 5.17-dən görünür ki, u_x və u_y gərginliklərinin periodu bərabər olduqda ekranda tədqiq olunan siqnalın bir periodunun hərəkətsiz təsviri alınır. Mişarvari gərginliyin u_x periodunu n dəfə artırırdıqda ekranda tədqiq olunan siqnalın n periodu görünür.

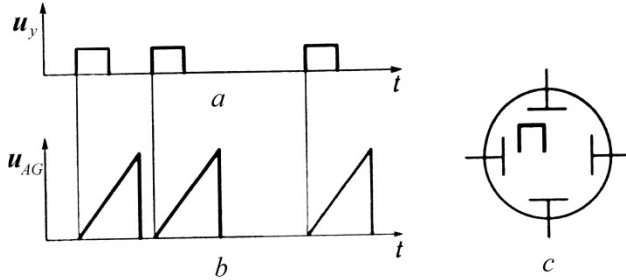
Açılış gərginliyini u_{AG} açılış generatoru AG hasil edir. Açılış gərginliyinin real əyrisi (bax şəkil 5.16) düz $t_{düz}$ və əks $t_{əks}$ gediş müddətinə - şüanın başlanğıc vəziyyətə qayıtma müddətinə malikdir. Əks gediş zamanı elektron şüanın ossilloqrafın ekranında xətlər çəkməməsi üçün onu

modulyatora mənfi impuls verməklə bu müddət ərzində söndürürlər. Siqnalların geniş tezlik diapazonunda tədqiqi mişarvari gərginliyin tezliyini açılış generatorunda dəyişməklə təmin edilir. Bu, tədqiq olunan siqnalları lazımı zaman miqyasında müşahidə etməyə imkan verir. Generatorun çıxış gərginliyi EŞB-də elektron şüasının idarə edilməsi və tələb edilən ölçüdə təsvirin alınması üçün zəruri olan qiymətə kimi ÜMG-də gücləndirilir.

Ossilloqrafın ekranında dayanıqlı təsvir almaq üçün mişarvari açılış gərginliyinin tezliyi tədqiq edilən siqnalın tezliyinin misillərində olmalıdır. u_x və u_y gərginlik tezliklərinin dəqiq misillərdə olmasını praktiki olaraq saxlamaq kifayət qədər mürəkkəbdir. Buna səbəb açılış generatorunun AG tezliyinin «getməsi» və tədqiq olunan siqnalın tezliyinin dəyişməsidir. Bu, siqnalın təsvirinin dayanıqsızlığına gətirib çıxarır. Təsvirin dayanıqlığını təmin etmək üçün ossilloqrafda sinxronlaşdırma bloku SB vardır (bax şəkil 5.15). Həmin blok açılış generatorunun AG tezliyini tədqiq olunan prosesin tezliyinə uyğun olaraq dəyişdirir (müəyyən hədd daxilində). Bunun üçün siqnal şaquli meyiletdirmə kanalından sinxronlaşdırma blokuna verilir. Onun çıxışında açılış generatorunu idarə etmək üçün tədqiq olunan siqnalın dəyişməsi ilə sinxron impulslar hasil olunur. Həmin impulslar onu giriş siqnalının tezliyinin misillərinə bərabər olan tezlikdə işləməyə məcbur edir. Açılış generatorunun belə iş rejimi fasiləsiz iş rejimi adlanır və periodik siqnalları müşahidə edərkən tətbiq olunur.

İmpulsların qeyri-periodik ardıcılığını və ya tək-tək impulsları tədqiq edərkən AG-nin fasiləsiz iş rejimi ekranda zaman oxu boyunca impulsların təsvirinin vəziyyətinin qeyri-müəyyənliyinə səbəb olur. Bu halda generatorun gözləyən iş rejimi tətbiq edilir: AG ancaq tədqiq olunan siqnal gələndə mişarvari impuls hasil edir. Belə rejimdə impulsların təsvirinin ekranda dayanıqlı vəziyyəti təmin

edilir. AG-nin gözləyən rejimi şəkil 5.18-də təsvir olunub. Burada giriş impulsları u_y (şəkil 5.18,a), açılış generatorunun mişarvari impulsları u_{AG} (şəkil 5.18,b) və ossilloqrafın ekranındakı təsvir (şəkil 5.18,c) göstərilmişdir.

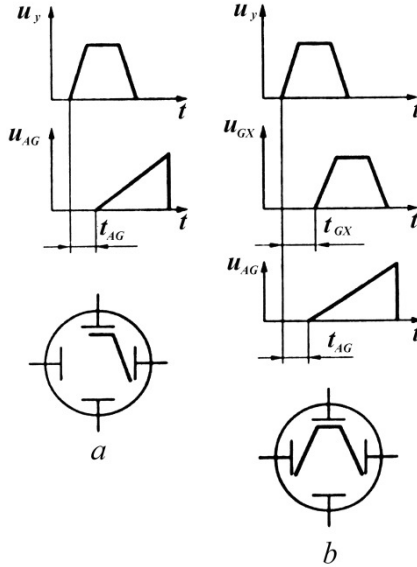


Şək.5.18. Gözləyən açılış zamanı siqnalların təsvirinin alınmasını izah edən zaman diaqramları: a- u_y giriş impulsları; b- u_{AG} mişarşekilli impulsalar; c- ossilloqrafın ekranında təsvir

Ossilloqraflarda açılış generatorunun AG xarici mənbədən işə salınmasının mümkünlüyü də nəzərdə tutulmuşdur (xarici sinxronlaşdırma). Bunun üçün xüsusi “Sinxronlaşdırma girişi” kimi giriş və A2 açarı vardır (bax şək. 5.15).

İmpuls siqnallarının, xüsusilə qeyri-periodik siqnalların tədqiqi bir sıra xüsusiyyətlərə malikdir. Məsələn, açılış generatoru ətalətli olduğundan işəsalma impulsuna nisbətən müəyyən qədər zamana görə gecikmiş (t_{AG}) mişarvari impulsalar hasil edir. Bu da impulsun başlanğıc hissəsinin ekranda zamana görə açılmamasına səbəb ola bilər (şəkil 5.19,a). Belə təhrifləri aradan qaldırmaq üçün şaquli meyiletdirici kanalda gecikdirmə xətti GX vardır. O, ML_Y lövhələrinə verilən siqnalın hər hansı bir $t_g > t_{AG}$ müddətində zamana görə sürüşməsinə (gecikməsinə) həyata keçirir (şək. 5.19,b, burada u_{GX} - GX-nin çıxışında

gərginlikdir). Belə gecikdirmə ossilloqrafın ekranında başlanğıc hissə də daxil olmaqla bütöv impulsun təsvirini almağa imkan verir. Periodik prosesləri tədqiq etmək üçün nəzərdə tutulan aşağıtezlikli ossilloqraflarda gecikdirmə xətti olmaya bilər.



Şək. 5.19. Gecikdirmə xəttinin təyinatını izah edən zaman diaqramları (a, b)

Ossilloqrafın funksional imkanlarını genişləndirmək üçün elektron şüasını idarə etməyə imkan verən əlavə girişlər vardır. Bir çox ossilloqraflarda şüanın X oxu boyunca meyil etməsinin xarici gərginliklə idarə olunma imkanı nəzərdə tutulmuşdur. Bunun üçün ossilloqraflarda xarici idarə edən gərginlik verilən “X girişi” və baxılan halda aşağı (sxemə görə) vəziyyətə qoyulan dəyişdirici açar A3 vardır (bax şəkil 5.15). Ossilloqraflarda həmçinin “X lövhələrinin girişi” və “Y lövhələrinin girişi” sıxacları vardır ki, onlar elektron-şüa borusunun lövhələrinə bilavasitə xarici gərginlik verməyə imkan yaradır. Bəzi

ossilloqraflarda Z girişi olur. O, bölücü kondensator (yaxud xüsusi gücləndirici) vasitəsilə elektron-şüa borusunun modulyatoruna M birləşdirilir. Həmin girişə gərginlik impulsları verməklə ekranda təsvirin işıqlanma parlaqlığını modullaşdırmaq (dəyişmək) olur. Bu, məsələn, lazımı zaman anlarında Z girişinə impulslar verməklə təsvirdə xarakterik nöqtələri qeyd etməyə imkan verir.

Tədqiq edilən siqnalların amplitud və zaman parametrlərini ölçərkən adətən ekranda siqnalın təsvirinin müvafiq həndəsi ölçülərini ölçülər və kanalların həssaslığını səciyyələndirən meyiletdirmə əmsallarının və açılış əmsallarının köməyiylə bu parametrlərin qiymətlərini təyin edirlər. Ölçmələrin dəqiqliyini yüksəltmək üçün ossilloqraflar amplitud (AK) və müddət (MK) kalibratorlarına malik olur. Həmin kalibratorlar meyiletdirmə əmsallarının və açılış əmsallarının nominal qiymətlərinə nəzarət etməyə və onların qiymətini qoymağa imkan verir. Kalibratorlar daha çox amplitud və tezlik qiymətləri məlum olan düzbucaqlı impuls generatorları şəklində olur. Meyiletdirmə əmsallarını yoxlamaq üçün A1 açarı (bax şəkil 5.15) “Kalibrəmə” vəziyyətinə qoyulur. ŞMG-də gücləndirməni dəyişməklə ekranda şüanın normalaşdırılmış meyiletməsi əldə edilir, bu da müvafiq meyiletdirmə əmsalının qoyulmasına gətirib çıxarır. Kalibrəmə impulsunun perioduna görə açılış əmsalının normalaşdırılmış qiymətini yoxlamaq və qoymaq olur. Bəzi ossilloqraflarda MK çıxışı ölçmə zamanı EŞB-un modulyatoruna qoşulan stabil tezlikli generatordur. Generatorun siqnalı ekranda növbələşən işıqlı və tutqun sahələr yaradır. MK-ın tezliyini bilməklə onların sayına görə tədqiq edilən siqnalların zaman parametrlərini təyin etmək olur.

Ossilloqrafların əsas metroloji xarakteristikaları.

Meyiletdirmə əmsalı m_u - giriş siqnalı gərginliyinin şüanın həmin gərginliyin yaratdığı meyillənməsinə (şkala bölgüləri

ilə) nisbətidir. Daha geniş yayılmış ossilloqraflarda meyiletdirmə əmsalı $50\text{mkV}/\text{böl}$ -dən $10\text{V}/\text{böl}$ -dək diapazonda yerləşir. Meyiletdirmə əmsalı həssaslığın tərsi olan parametrdir.

Buraxılış zolağı - elə bir tezlik diapazonudur ki, onun hədləri daxilində meyiletdirmə əmsalı onun hər hansı orta (dayaq) tezlikdəki qiymətinə nisbətən 3 dB-dən çox olmayaraq (təqribən 30%) dəyişir. Aşağıtezlik ossilloqrafları üçün buraxılış zolağı 0-dan 1-5 MHS-dək diapazonda yerləşir; universal ossilloqraflar üçün yuxarı tezlik onlarla meqahersə, yüksək tezliklilər üçün yüzlərlə meqahersə çatır.

Keçid xarakteristikasının artma müddəti və maksimal artma - impuls siqnallarını ölçmək üçün keçid xarakteristikasının vacib parametrləridir.

Açılış əmsalı m_i - zamanın, bu müddət ərzində şüanın açılış gərginliyinin yaratdığı meyillənməsinə nisbətidir. Ossilloqraflar adətən açılış əmsalının geniş dəyişmə diapazonuna malik olur. Məsələn, C1-65 ossilloqrafında açılış gərginliyi $0,01\text{mksan}/\text{böl}$ -dən $0,05\text{san}/\text{böl}$ -dək diapazonda yerləşir. Açılış əmsalı siqnalın X oxu boyunca yerdəyişmə sürətinin tərsi olan parametrdir.

Gərginliyin və zaman intervallarının *ölçülməsinin əsas xəталəri* ossilloqrafın girişinə sinusoidal və ya düzbucaqlı standart siqnal verildikdə müvafiq parametrlərin maksimal buraxıla bilən ölçmə xəталəri ilə müəyyənləşir. Bu xəталərin qiymətlərindən asılı olaraq dörd dəqiqlik sinifli ossilloqraflar buraxılır. Onlar 3, 5, 10, 12%-dən çox olmayan əsas ölçmə xəталərinə malik olur.

Əksər hallarda ölçmələrin əsas xəталərinin əvəzinə *meyiletmələr əmsalının və açılış əmsalının əsas xəталəri*, həmçinin *meyiletmənin və açılışın qeyri-xəttiliyi* normalaşdırılır.

Ossilloqrafın girişlərinin parametrləri giriş aktiv müqaviməti R_{gir} və giriş tutumu C_{gir} ilə təyin edilir. Adətən $R_{gir} > 1M\Omega$, C_{gir} isə onlarla pikofarad təşkil edir. Yüksək tezlikli ossilloqraflarda C_{gir} bir neçə pikofarad təşkil edir. Ossilloqraflar digər parametrlərlə də xarakterizə edilir, məsələn, maksimal buraxıla bilən giriş gərginliyi, ekranın işçi hissəsinin ölçüləri, tələb edilən güc, xarici ölçülər, çəki və s.

Fəsil 6 RƏQƏMSAL ÖLÇMƏ QURĞULARI

6.1. Ümumi məlumatlar

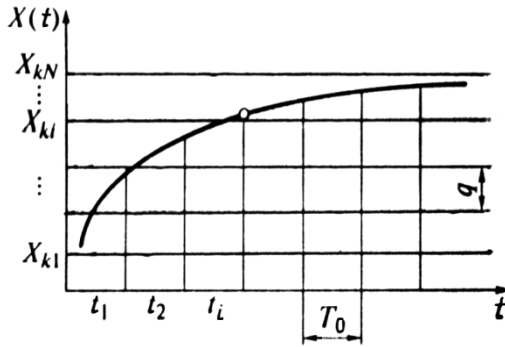
Hazırda rəqəmsal ölçmə qurğuları (RÖQ) geniş tətbiqə malikdir. RÖQ rəqəm formasında (kod şəklində) ölçmə informasiyalı siqnalları avtomatik hasil edən ölçmə vasitələridir. Nəticənin rəqəm formasında təqdim edilməsi göstərişlər hesablanarkən nəticənin təyin edilməsi probleminin həllinə imkan verir. Bu da subyektiv xətalara azaldır və ölçmə prosesini sürətləndirir. RÖQ analoq ölçmə vasitələri (ÖV) ilə müqayisədə daha yüksək dəqiqlik almağa imkan verir. RÖQ-in üstünlüklərindən biri budur ki, əldə edilən ölçmə informasiyasının böyük massivlərinin toplanması, ötürülməsi, saxlanması, emalı müasir kompyuter texnologiyalarından istifadə etməklə həyata keçirilə bilər.

RÖQ təyinatına görə rəqəmsal ölçmə cihazlarına (RÖC) və analoq-rəqəmsal çeviricilərinə (ARÇ) bölünür. RÖC-ün çıxış siqnalı rəqəmsal hesabat qurğusunda (RHQ) əks olunan onluq ədəd şəklində təqdim olunur. ARÇ-nin çıxış siqnalı kod şəklində, adətən ikili kod şəklində təqdim olunur. Rəqəmsal-analoq çeviriciləri (RAÇ) RÖC və ARÇ-nin qovşaqları, həmçinin avtomat qurğular kimi istifadə edilir. Onlar kodun analoq kəmiyyətinə çevrilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

RÖQ-in işinin əsasını analoq-rəqəmsal çevirmə prinsipi təşkil edir. Bu prinsipin mahiyyəti zamanın qeyd olunan t_i anlarında analoq ölçülən kəmiyyətinin qiymətlərinin müvafiq kod kombinasiyası (ədədi) $N(t_i)$ ilə təqdim edilməsidir. Çevirmə prosesində zamana görə diskretləşmə və səviyyəyə görə kvantlama həyata keçirilir.

Analoq-rəqəmsal çevirməsinin prinsipi şək. 6.1-də aydınlaşdırılır.

Diskretləmə nəticəsində ölçülən analoq kəmiyyəti $X(t)$ zamanın müəyyən t_i anlarında özünün qiymətləri (hesabatlar) ardıcılığına $\{X(t_i)\}$ çevrilir, yəni elə kəmiyyətə çevrilir ki, onun qiymətləri ancaq zamanın müəyyən anlarında $X(t)$ -nin müvafiq qiymətləri ilə üst-üstə düşür. Qonşu hesabatlar arasındakı müddət *diskretləmə addımı* T_0 adlanır. O, sabit və dəyişən ola bilər.



Şək. 6.1. Analoq-rəqəmsal çevirməsinin prinsipi

Səviyyəyə görə kvantlama zamanı ölçülən kəmiyyətin $X_{\min} - X_{\max}$ dəyişmə diapazonunda məlum qiymətlər-kvantlama səviyyələri sırası $X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn}$ verilir. Qonşu kvantlama səviyyələri arasındakı fərq adətən sabit seçilir və səviyyəyə görə *kvantlama addımı*, yaxud *kvant q* adlandırılır. Kvantlama səviyyələrinin qiymətlərini Nq şəklində göstərmək olar, burada N tam ədəddir (kvantlama səviyyəsinin nömrəsi), $q = const$. Səviyyəyə görə kvantlama əməliyyatı analoq kəmiyyətləri olan $X(t_i)$ hesabatlarının qiymətlərini yaxın kvantlama səviyyələrinin qiymətləri ilə eyniləşdirilməsindən ibarətdir.

Eyniləşdirmənin üç üsulu vardır:

- yaxın kiçik, yaxud bərabər kvantlama səviyyəsi ilə ;
- yaxın böyük, yaxud bərabər kvantlama səviyyəsi ilə;
- yaxın, yaxud bərabər kvantlama səviyyəsi ilə.

ARÇ-nin son nəticəsini təqdim etmək üçün t_i zaman anında $N(t_i)$ kvantlama səviyyəsinin mömrəsi qeyd edilir (tam ədəd şəklində) və kod şəklində verilir. Ölçmənin nəticəsi kimi $N(t_i)q$ qiyməti qəbul edilir.

RÖQ-də tətbiq edilən kodlar. RÖQ ilə ölçmənin nəticəsi kod şəklində təqdim olunur. Kod hər hansı bir məlumatın ötürülməsi üçün müəyyən simvolların kombinasiyasıdır. Ölçmələrin nəticəsi ədədi qiymətlərdir, ona görə də RÖQ-də müəyyən say sistemində uyğun qurulan ədəd kodları istifadə edilir. İstifadə edilən say sisteminin tipindən asılı olaraq kodlar mövqeli (tarazlaşan) və mövqesiz (tarazlaşmayan) kodlar kimi təsnifatlaşdırılır.

Mövqeli say sistemində simvolun qiyməti (rəqəmlər) tutduğu yerdən asılıdır, mövqesizdə isə asılı deyildir. Kod qurularkən ədədin hər bir simvoluna kodun müəyyən elementi uyğun gəlir. RÖQ-də say sisteminin hər iki tipində qurulmuş kodlar tətbiq olunur. Mövqeli kodların üstünlüyü hesab əməliyyatların yerinə yetirilməsinin mümkünlüyüdür. Mövqesiz kodların üstünlüyü maneələrə qarşı dayanıqlı olmasıdır.

Mövqeli say sistemində istənilən ədəd aşağıdakı şəkildə təqdim edilə bilər:

$$N = \sum_{i=1}^n k_i a^{i-1},$$

burada, n - dərəcələrin sayı; k_i - əmsal; a - say sisteminin əsasıdır (a sayda müxtəlif qiymətlər qəbul edir).

Ədədləri yazarkən ancaq əmsalların qiymətləri göstərilir.

Onluq sistemdə əmsalların 0-dan 9-dək 10 qiymətindən istifadə edilir. Məsələn, 583 ədədi onluq sistemdə $5 \cdot 10^2 + 8 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$ şəklində verilir, ədəd yazılında ancaq əmsallar göstərilir.

Texniki qurğularda kod fiziki olaraq müəyyən ədədi qiyməti ifadə edən siqnal şəklində təqdim edilir. Siqnalın fərqləndirici əlamətləri olmalıdır. Belə əlamətlər kimi adətən gərginlik səviyyələri istifadə edilir.

İstifadə edilən əlamətlərin sayı çox olduğundan (cəmi 10) texniki qurğularda kodların qurulması üçün onluq sistemdən bilavasitə istifadə əlverişsizdir. İkilik kodların realizə edilməsi daha əlverişlidir, belə kodlar üçün iki əlamətli siqnalından istifadə kifayət edir, məsələn, yüksək səviyyəli gərginlik ("1" simvoluna uyğun gəlir) və ya aşağı səviyyəli gərginlik ("0" simvolu). Ona görə də ARÇ-də çıxış kəmiyyəti kimi, bir qayda olaraq, ikilik kod istifadə olunur. Onun üçün $a = 2$, k_i isə 0 və 1 kimi iki qiymət alır, yəni iki simvol istifadə edilir.

RÖC-də ölçmənin nəticəsi (çıxış kəmiyyəti) hesabat qurğusunda onluq ədəd şəklində əks olunur. İndikasiyanın əlverişli olması üçün RÖC-də ikilik-onluq kodlar istifadə edilir. Onlar onluq və ikilik say sistemlərinin kombinasiyası əsasında qurulur. Bu zaman hər bir onluq dərəcə dörd ikilik dərəcə ilə ifadə edilir, məsələn, 489 ədədi 010010001001 şəklində.

RÖQ-də aralıq çevirmələrinin nəticəsi kimi vahidlik kodlar da tətbiqini tapmışdır. Belə kodlar daha sadə say sisteminin, bir simvola malik (1 rəqəmi) vahidlik say sisteminin əsasında qurulur. Onun köməyi ilə istənilən ədədi, məsələn, aşağıdakı qaydada ifadə etmək olar.

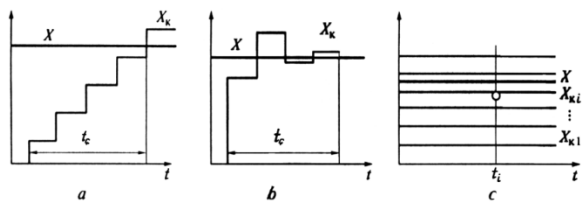
| | | | | |
|-------------------------------------|----------|-----------|------------|-------------|
| <i>Onluq say sistemində ədəd</i> | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> |
| <i>Vahidlik say sistemində ədəd</i> | <i>1</i> | <i>11</i> | <i>111</i> | <i>1111</i> |

Onluq və vahidlik say sistemlərinin kombinasiyası da tətbiqini tapmışdır ki, onun əsasında vahidlik-onluq kod qurulur. Bu kodda onluq ədədin hər bir dərəcəsi vahidlik kodla təqdim edilir.

Kodun elementlərinin zaman ərzində ötürülmə üsulundan asılı olaraq ardıcıl və paralel kodlar fərqləndirilir. Ardıcıl kodlar üçün bütün elementlər zaman ərzində ardıcıl, paralel kodlar üçün isə eyni vaxtda ötürülür. Ardıcıl kodların üstünlüyü kodun ötürülməsinin sadəliyidir (sadə halda ikinaqilli xətt kifayət edir), çatışmayan cəhəti isə kodun ötürülməsi üçün paralelə nisbətən çox vaxtın sərf edilməsidir.

Analoq kəmiyyətlərinin koda çevrilməsinin əsas metodları. Analoq-rəqəmsal çevirməsində səviyyəyə görə kvantlama analoq (çevrilən) kəmiyyətin kvantlananla müqayisə edilməsi yolu ilə baş verir. Üç əsas metodu qeyd etmək olar.

Ardıcıl sayma metodunda (şək. 6.2,a) çevrilən kəmiyyətin X məlum kvantlanan X_k kəmiyyəti ilə zaman ərzində ardıcıl müqayisə edilməsi baş verir. Sonuncu kəmiyyət zaman ərzində Δt addımı ilə bərabər pilləli dəyişir. X_k kəmiyyəti səviyyəyə görə kvanta q bərabər addımla artır və kodun cari qiymətinə N vurulan səviyyəyə görə kvantın qiymətinə bərabərdir. Çevirmə prosesində pillələr sayının X_k çevrilmənin başlanmasından t_{θ} anınadək hesablanması gedir, bu zaman $X_k(t_{\theta}) > X$. Çevirmə zamanı vahidlik ardıcıl mövqesiz kod yaranır. Həmin metod üçün çevirmə müddəti $t_{\zeta} = N\Delta t$ ifadəsi ilə təyin edilir, burada N - kodun qiymətidir.



Şək.6.2. Analox kəmiyyətlərinin koda çevrilməsi prinsipləri: *a*-ardıcıl sayma metodu; *b*-ardıcıl yaxınlaşma metodu; *c*-sayma metodu

Ardıcıl yaxınlaşma metodunda (dərəcələr üzrə müvazinətlənmə) ölçülən kəmiyyətin X məlum kvantlanan kəmiyyət X_k ilə zaman ərzində ardıcıl müqayisə edilməsi baş verir (şək. 6.2,*b*). Sonuncu kəmiyyət qəbul edilmiş say sisteminə uyğun müəyyən qayda üzrə zaman ərzində sıçrayışlarla dəyişir. Birinci taktıda kodun böyük dərəcəsi, sonra böyükdən sonra gələn dərəcə və s. təyin edilir. Çevirmə müddəti çıxış kodunun dərəcələrinin sayı n və taktın uzunluğu Δt ilə təyin edilir:

$$t_c = n\Delta t.$$

Eyniləşdirmə metodunda (şək. 6.2,*c*) zamanın t_i anında ölçülən kəmiyyətin X qiymətlərinin kvantlama səviyyələrini verən məlum kəmiyyətlərlə $X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{ki}, \dots, X_{kn}$ eyni vaxtda müqayisəsi baş verir. X qiyməti yaxın kvantlama səviyyəsinin qiyməti ilə eyniləşdirilir, bu səviyyənin nömrəsi çevirmənin nəticəsinin kodunu müəyyən edir.

RÖQ-nin təsnifatı. RÖQ-i təsnifatlaşdırmaq üçün istifadə edilə biləcək çox sayda əlamətlər vardır. Daha ümumi əlamətlərə görə təsnifatı verək:

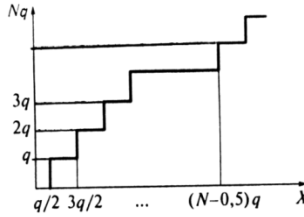
- koda çevirmənin istifadə edilən metodundan asılı olaraq ayrılır: ardıcıl sayma RÖQ; ardıcıl yaxınlaşma RÖQ; tutuşdurma RÖQ;

- ölçülən kəmiyyətə görə RÖQ voltmetrlərə, tezlikölçənlərə, fazometrlərə, voltommetrlərə, ommetrlərə və s. ayrılır;
- ortalamanın olmasına görə RÖQ ani qiyməti ölçən və inteqrallayıcı (müəyyən zaman intervalında orta qiyməti ölçür) vasitələrə bölünür.

6.2. Rəqəmsal ölçmə qurğularının əsas xarakteristikaları

Çevirmənin statik xarakteristikası. RÖQ-in bu xarakteristikası çevrilən (giriş) kəmiyyət X ilə çevirmənin nəticəsi arasındakı əlaqəni yaradır. Çevirmənin nəticəsi kimi Nq qiyməti qəbul edilir, burada N - çıxış kodunun qiyməti; q -səviyyəyə görə kvantdır. İdeal RÖQ-in çevirmə xarakteristikası şəkl. 6.3-də göstərildiyi kimidir. O, yaxın kvantlama səviyyəsi ilə eyniləşdirilməklə kvantlamadan alınmışdır. İdeal RÖQ-in kod qiymətlərinin $N-1$ qiymətlərindən N -ə dəyişməsi giriş kəmiyyətinin $(N-0,5) \cdot q$ -yə bərabər qeyd edilmiş qiymətlərində baş verir, burada N tam ədəddir.

İdeal RÖQ yalnız metodik xəta olan kvantlama xətasına malikdir. Real RÖQ-in xətası idealinkından fərqlənir. Buna səbəb real kvantlama səviyyələrinin $(N-0,5) \cdot q$ qiymətlərindən (kvantlama səviyyələrinin ideal vəziyyətlərindən) fərqlənməsi, X -in kvantlama səviyyələri ilə müqayisəsi zamanı istifadə edilən qurğuların qeyri-ideallığı, maneələrin təsiridir. Göstərilən amillər RÖQ-də aləti xətalara yaranmasına gətirib çıxarır.



Şək. 6.3. RÖQ-nun statik xarakteristikası

Ölçmələrin diapazonu, kodun növü və kod dərəcələrinin sayı, kodun kiçik dərəcə vahidinin qiyməti, ayırdetmə qabiliyyəti - bunlar metroloji xarakteristikalara aiddir və ölçmə nəticəsini əldə etmək üçün istifadə olunur.

ARÇ kodunun kiçik dərəcə vahidinin qiyməti – ölçmənin diapazonu və çıxış kodunun dərəcələri sayı n verildikdə $\frac{(X_{\max} - X_{\min})}{2^n}$ düsturu ilə tapıla bilən səviyyəyə görə kvantın q qiymətidir.

Ayırdetmə qabiliyyəti - giriş kəmiyyətinin elə minimal dəyişməsinə bərabər xarakteristikadır ki, o, RÖQ-in çıxış kəmiyyətinin dəyişməsinə görə aşkar edilə bilsin.

RÖQ-in statik xətalari - bu, RÖQ-in statik rejimdəki xarakteristikalarıdır. RÖQ-in statik xətasının mütləq qiyməti aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$\Delta X = Nq - X ,$$

burada N -RÖQ-in çıxış kodu; q -səviyyəyə görə kvant; X - giriş kəmiyyətidir.

RÖQ-də səviyyəyə görə kvantlama metodik xəta olan kvantlama xətasının yaranmasına səbəb olur. İxtiyari giriş signalında kvantlama xətasına təsadüfi kəmiyyət kimi baxılır. Kvantlama xətasının xarakteristikaları kimi xətanın hədd qiymətləri və (və ya) orta kvadratik meyllənməsi istifadə edilir.

İdeal RÖQ üçün kvantlama yaxın və ya bərabər kvantlama səviyyəsi ilə eyniləşdirmə yolu ilə həyata

keçirilir, kvantlama xətası $\left[-\frac{q}{2}; +\frac{q}{2}\right]$ intervalında bərabər paylanma sıxlığına malikdir, xətanın orta kvadratik meyillənməsi $\frac{q}{2\sqrt{3}}$ -ə bərabərdir. Kvantlamanın mütləq xətasının hədd qiymətləri:

$$\Delta X = \pm \frac{q}{2};$$

nisbi xətasının (%) hədd qiymətləri:

$$\delta = \frac{\Delta X}{Nq} \cdot 100 = \pm \frac{100}{2N}.$$

Kvantlamanın gətirilmiş xətası (%) ARÇ-nin dərəcələr sayı n verildikdə:

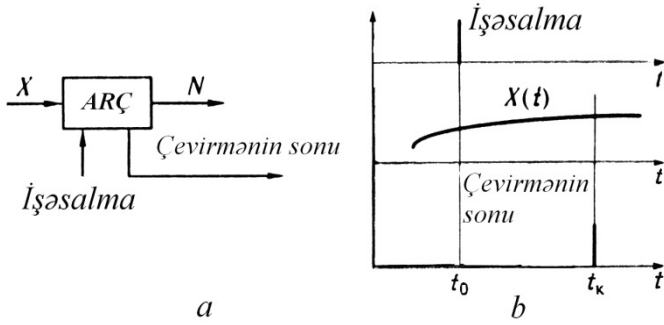
$$\gamma = \pm \frac{100}{2^{n+1}};$$

RÖC üçün isə onluq RHQ-nin m dərəcələr sayında:

$$\gamma = \pm \frac{100}{2 \cdot 10^m}.$$

Kvantlama xətası RÖQ-in potensial dəqiqliyini müəyyən edir. Real RÖQ üçün həmçinin aləti xəta xarakterikdir. Belə xəta çevirmənin real xarakteristikasının idealdan fərqlənməsindən irəli gəlir və adətən onun additiv və multiplikativ tərkib hissələri olur. RÖQ-in əsas xətasının həddini 3.3 paragrafındakı təsvirə uyğun normalaşıdırırlar.

RÖQ-in dinamik xətalari və xarakteristikaları. ARÇ ölçmələr haqqında verilənləri toplayan və emal edən sistemin elementi kimi tətbiq olunarkən tsiklik iş rejimi istifadə edilir (şək. 6.4).



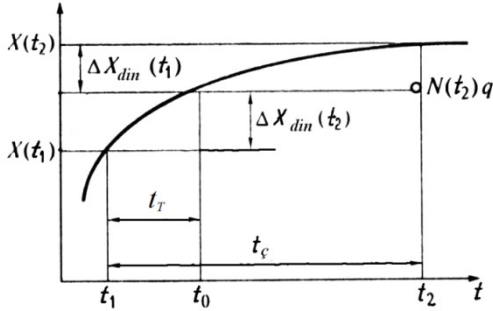
Şək.6.4. ARC-nin tsiklik iş rejimi:
a-blok-sxem; b-zaman diaqramı

$X(t)$ signalının ölçülməsi $İşəsalma$ signalının t_0 anında başlayır, t_k zaman anında çevirmə tsiklinin sona yetməsi ilə ARC-nin çıxışında $Çevirmənin sonu$ signalı yaranır və o, çevirmə prosesinin qurtardığını göstərir. Bu signala görə ARC-nin çıxış kodu N EHM-ə daxil edilə bilər, yaddaş qurğusunda yazıla bilər və s.

ARC-nin dinamik xətləri analog və analog-rəqəm formalarda həyata keçirilən çevirmələrin dinamik xassələri ilə müəyyənləşir. ARC-nin qəbul edilən modelinə müvafiq olaraq, RÖQ-in dinamik xətləri iki tərkib hissəsinə bölünür: birinci və ikinci növ.

Birinci növ dinamik xətlər analog ölçmə vasitələrində olduğu kimi RÖQ-in analog hissəsinin elementlərinin ətalətli olmasından irəli gəlir.

Tsiklik işləyən RÖQ-də *ikinci* növ dinamik xətlər çevirmənin bitmə vaxtının olması səbəbindən yaranır. Bir tsikl çevirmənin təsvir edildiyi şəkil 6.5-də dinamik xətlərin yaranma səbəbi göstərilmişdir. Çevirmə tsiklinin qurtardığı t_2 anında signalın çevrilməsinin nəticəsi $N(t_2)q$ qiymətidir (signalın hesabı). O, t_0 zaman anındakı signalın qiymətinə uyğun gəlir.



Şək. 6.5. RÖQ-nun dinamik xətası

Ümumi halda t_0 qiyməti naməlum olduğundan nəticə zamanın müəyyən anına aid edilməlidir, yaxud tarixi müəyyənləşdirilməlidir. Belə zaman anları ya çevirmənin başlanma anı t_1 , ya da qurtarma anı t_2 ola bilər. Bu zaman mütləq dinamik xəta hesabət tarixinin müəyyənləşdirilməsindən asılı olaraq bərabərdir:

$$\Delta X_{din}(t_1) = [N(t_2)q - X(t_1)]$$

və ya

$$\Delta X_{din}(t_2) = [N(t_2)q - X(t_2)].$$

ARÇ-nin dinamik xarakteristikaları kimi çevirmə müddəti, yaxud maksimal çevirmə tezliyi, reaksiya müddəti, hesabətın tarixinin müəyyənləşdirilməsi xətası və s. kimi xarakteristikalar istifadə edilir.

Çevirmə müddəti $t_ç$, yaxud çevirmənin maksimal tezliyi analog siqnalın koda bilavasitə çevirmə prosesinin davamətmə müddətini xarakterizə edir və onun əsas dinamik xarakteristikasıdır. Cəldişləmə xarakteristikası kimi həmçinin çevirmələrin (ölçmələrin) maksimal tezliyi (sürəti)

istifadə edilir, *çevirmə/san*, $f_{\max} = \frac{1}{t_ç}$.

Reaksiya müddəti giriş siqnalının sıçrayışla dəyişməyə başlamasından ARÖ-nin çıxışında kodun nominaldan statik

xətadan çox olmamaqla fərqləndiyi ana qədər olan zaman intervalını əks etdirir. Reaksiya müddəti ARÇ-nin analoq hissəsinin dinamik xassələrini xarakterizə edir.

Hesabat tarixinin t_T müəyyən edilməsi xətası ölçmənin əldə edilən nəticəsi əlaqələndirilən zaman anı ilə ölçmənin aparıldığı faktiki zaman arasındakı fərqi əks etdirir (şəkil 6.5).

Ümumi halda hesabat tarixinin müəyyən edilməsi xətası sistemativ tərkib hissəsinə (hesabat anının sabit sürüşməsi), real hesabat anının zaman qeyri-müəyyənliyini xarakterizə edən təsadüfi tərkib hissəsinə malikdir. Buna əsasən tarixin müəyyən edilməsi xətası iki üsuldan biri ilə normalaşdırılır:

- hesabat tarixinin müəyyən edilməsi xətasının təsadüfi tərkib hissəsinin riyazi gözləməsi və orta kvadratik meyillənməsi üçün buraxılabilən qiymətlərin hədləri verilir;
- hesabat tarixinin müəyyən edilməsi xətasının buraxılabilən qiymətinin hədləri göstərilir.

Reaksiya müddəti və çevirmə müddəti arasındakı nisbətdən asılı olaraq dinamik xarakteristikaların siyahısı verilir. Reaksiya müddəti çevirmə müddətindən çox olmayan ARÇ üçün birinci növ dinamik xətalara nəzərə alınmaq olar. Belə halda tam dinamik xətalara göstərilmiş, xüsusi dinamik xətalara verilir: çevirmə müddəti (yaxud çevirmənin maksimal müddəti), hesabat tarixinin müəyyən edilməsi xətası, reaksiya müddəti.

Reaksiya müddəti çevirmə müddətindən çox olan ARÇ üçün tam dinamik xətalara da verilir.

İkinci növ dinamik xətalara qiymətləndirilən zaman belə bir fərziyyədən istifadə olunur ki, çevirmə müddətində dinamik xəta signalın dəyişməsindən çox olmur:

$$\Delta X_{din} \leq [X(t_2) - X(t_1)].$$

Çevirmə müddətində t_c signalın dəyişməsi həddini bu düsturla qiymətləndirmək olar:

$$[X(t_2) - X(t_1)] = M_1 t_c,$$

burada M_1 siqnalın birinci törəməsinin modul-

$$\text{maksimumudur, } M_1 = \left. \frac{dX}{dt} \right|_{\max}.$$

Beləliklə, ikinci növ dinamik xəta həddinin qiyməti kimi $\Delta X_{din} = M_1 t_{\phi}$ qiyməti qəbul edilə bilər. Daha dəqiq qiymət hesabət tarixinin müəyyən edilməsi xətasının t_T məlum qiymətində alınə bilər: $\Delta X_{din} = M_1 t_T$.

Əgər kifayət qədər böyükdürsə ikinci növ *dinamik xətanı azaltmaq* üçün seçmə və saxlama qurğuları (SSQ) adlanan analoq yaddaş qurğularından istifadə olunur. Onlar ARÇ ilə birgə tətbiq olunur. Bu qurğularda kondensatorun köməyi ilə zamanın müəyyən anlarında gərginliyin giriş qiymətinin yadda saxlanması həyata keçirilir. Ondan sonra çevirmə aparılır. SSQ-nin çıxışındakı siqnal çevirmə müddəti ərzində praktiki olaraq dəyişmədiyindən dinamik xəta on-yüz dəfələrlə azaldıla bilər.

RÖQ-in *maneələrdən qorunması* dedikdə, təsiri ekvivalent sabit və dəyişən gərginlik mənbələri kimi əks oluna bilən maneələr olduqda RÖQ-in verilmiş xəta ilə ölçmə aparmaq qabiliyyəti başa düşülür. Maneələrin iki növü vardır: normal və ümumi. Normal növ maneələri ölçülən gərginlik mənbəyinə ardıcıl qoşulan ekvivalent generator kimi təsəvvür etmək olar. Ümumi növ maneələri isə ölçülən gərginlik mənbəyi ilə cihazın korpusunun torpaqlanma nöqtəsi arasındakı potensiallar fərqi kimi təsəvvür etmək olar.

RÖQ-in maneədən qorunmasının kəmiyyətce qiymətləndirilməsi üçün maneəni söndürmə əmsalı D , dB istifadə edilir:

$$D = 20 \lg \frac{U_m}{U_e},$$

burada U_m və U_e - uyğun olaraq maneənin (dəyişən cərəyan maneəsi üçün maneənin amplitudunun) və normal növ ekvivalent maneənin qiymətləridir.

Dəyişən gərginlik şəklində olan normal növ maneələrin təsirini azaltmaq üçün süzgəclərdən istifadə olunur. İş prinsipi giriş siqnalının inteqrallanmasına əsaslanan RÖQ yüksək maneədən qorunmaya malikdir.

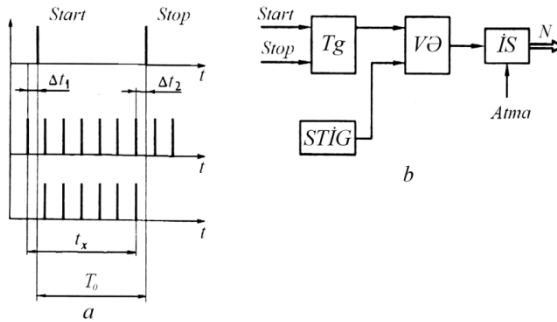
6.3. Tezlik-zaman parametrlərini rəqəmsal ölçmə qurğuları

Tezlik-zaman parametrlərini RÖQ-in qurulmasının əsası zaman intervalı ərzində impulsları saymaq yolu ilə zaman intervalının vahidlik ardıcıl mövqesiz koda çevrilməsindən ibarətdir. Sadə və çox dəqiq olduğundan belə çevirmə müxtəlif kəmiyyətlər üçün RÖQ-in qurulmasında geniş tətbiq olunur. Bu halda ölçülən kəmiyyət ilkin olaraq zaman intervalına çevrilir, sonra isə zaman intervalı koda. Belə çevirmələr bir sıra kəmiyyətlər üçün, məsələn period, faza sürüşməsi, sabit gərginlik üçün kifayət qədər sadə həyata keçirilir. Belə RÖQ-də ardıcıl sayma metodu istifadə edilir.

Rəqəmsal xronometr. Rəqəmsal xronometr zaman intervalını ölçmək üçün nəzərdə tutulmuşdur. Xronometrin işi stabil tezlikli siqnal impulslarının ölçülən zaman intervalında sayılmasına əsaslanmışdır. Onun iş prinsipi şək. 6.6,*a*-da verilən zaman diaqramı ilə aydınlaşır.

Ölçülən zaman intervalı *Start* və *Stop* impulsarı ilə məhdudlaşır, çevirmənin nəticəsi məlum periodlu T_0 impulsların ölçülən zaman intervalında t_x hesablanmış sayı ilə verilir.

Bu RÖQ-də ardıcıl sayma metodu reallaşdırılıb. Kvantlama səviyyələri sabit tezlikli impulslarla verilir, səviyyəyə görə kvant kvantlayan impulsların perioduna T_0 bərabərdir. Şəkil 6.6,*b*-də struktur sxem verilmişdir. O, triggerdən Tg, stabil tezlikli impulslar generatorundan (STİG), üst-üstə düşmə sxemindən (məntiqi VƏ), impulslar sayğacından İS təşkil olunub. İS-dən çıxış kodu RÖC-də indikasiya üçün, yaxud sonrakı çevirmə, ötürmə, saxlanma və s. üçün istifadə edilir. RÖC-də ölçmə nəticəsinin indikasiyasının əlverişli olması üçün ikilik-onluq sayğaclar istifadə edilir.



Şək. 6.6. Rəqəmsal xronometrin işinin zaman diaqramı (a) və struktur sxemi (b)

Ölçməyə başlamazdan əvvəl İS *Atma* signalı ilə sıfır vəziyyətinə gətirilir. *Start* impulsu daxil olduqda trigger “1” vəziyyətinə gəlir. Belə halda triggerin Q çıxışından gərginliyin yüksək səviyyəsi məntiqi VƏ sxemini STİG-nin çıxışındakı impulslar üçün açır. Bu impulslar İS sayğacı ilə *Stop* impulsu gələn ana kimi hesablanır. *Stop* impulsu triggeri, VƏ sxemini STİG-nin çıxışındakı impulslar üçün bağlayan “0” vəziyyətinə gətirir (triggerin çıxışındakı gərginliyin aşağı səviyyəsi).

t_x müddətində İS ilə qeydə alınan impulsların sayı xətalər hesaba alınmazsa:

$$N = \frac{t_x}{T_0} = t_x f_0,$$

burada f_0 - STİG-nin tezliyidir.

Xronometrin xətasının tərkib hissələrini sayaq: kvantlama xətası; aləti xəta. Aləti xəta STİG-nin tezliyinin dəyişməsindən (qeyri-stabilliyindən) irəli gəlir və nisbi qiyməti, %:

$$\delta_G = \frac{\Delta f_0}{f_0} \cdot 100.$$

Kvantlama xətasına səbəb *Start* və *Stop* impulslarının kvantlayıcı impulslara nəzərən zaman sürüşməsidir və iki tərkib hissəsinə malikdir: Δt_1 və Δt_2 . Birinci tərkib hissəsinə kvantlanan şkalanın başlanğıcının təsadüfi yerləşməsinin xətası adlandırırırlar. Bu tərkib hissə $[0; T_0]$ intervalında bərabər ehtimal sıxlıqlı təsadüfi kəmiyyətdir. İkinci tərkib hissə yaxın kiçik, yaxud bərabər səviyyə ilə eyniləşdirmə yolu ilə kvantlamadan yaranır və $[-T_0; 0]$ intervalında bərabər ehtimal sıxlıqlı təsadüfi kəmiyyətdir.

Zaman intervalını kvantlamanın mütləq xətası şəkl. 6.6,a-dan tapıla bilər. Çevirmənin nəticəsi $t_x = NT_0$, kvantlama xətası isə $\Delta t = T_0 - t_x = \Delta t_1 - \Delta t_2$.

Kvantlamanın yekun mütləq xətasının hədd qiyməti:

$$\Delta t_m = \pm T_0,$$

nisbi xəta, % :

$$\delta = \pm \left(\frac{T_0}{t_x} \right) \cdot 100 = \pm \left(\frac{1}{f_0 t_x} \right) \cdot 100 = \pm \left(\frac{1}{N} \right) \cdot 100.$$

Kvantlamanın yekun xətasının orta kvadratik meyillənməsi:

$$\sigma = \frac{T_0}{\sqrt{6}},$$

sistematik tərkib hissə isə 0-a bərabərdir.

STİG kimi kvars rezonatorları üzərində qurulan çox dəqiq generatorlar tətbiq olunur. Onlar üçün $\delta_G = (10^{-4} - 10^{-6})\%$. Bununla əlaqədar olaraq rəqəm xronometrləri daha dəqiq RÖQ-dən biridir.

Xronometrin ölçmə həddlərini çıxış kodunun maksimal qiymətindən və xətanın hədd qiymətindən istifadə edərək müəyyənləşdirmək olar. Ölçmənin yuxarı həddi $t_{x \max}$ çıxış kodunun ÖV-in tutumu ilə məhdudlaşan maksimal qiyməti ilə $N_{x \max} = t_{x \max} f_0$ təyin edilir. Tutum dərəcələri sayından n asılıdır və RÖC üçün 10^n -ə, yaxud ARÇ üçün 2^n -ə bərabərdir. Buradan alırıq:

$$t_{x \max} = \frac{10^n}{f_0} \text{ və ya } t_{x \max} = \frac{2^n}{f_0}.$$

Böyük zaman intervalları sahəsində ölçmə diapazonunu genişləndirmək üçün STİG-nin tezliyini f_0 azaltmaq lazımdır ki, o, da tezlik bölücülərinin köməyi ilə həyata keçirilə bilər.

Zaman intervalı azaldılarkən kvantlama xətası artır. Ona görə də ölçmələrin aşağı həddini kvantlamanın verilmiş buraxıla bilən xətasında təyin etmək olar, %:

$$\delta_{b.b.} = \pm \frac{100}{f_0 f_{x \max}}.$$

Buradan alırıq ki:

$$t_{x \max} = \frac{100}{f_0 \delta_{b.b.}}.$$

Kiçik qiymətlər sahəsində ölçmə diapazonunu genişləndirmək üçün STİG-nin tezliyini f_0 artırmaq tələb

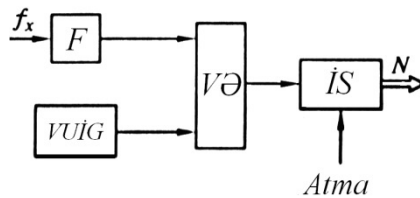
olunur. Bu işə istifadə edilən element bazasının cəld işləməsi ilə məhdudlaşır.

Orta qiymət tezlikölçəni. Tezlikölçənin iş prinsipi xronometrin qurulma prinsipinə uyğun gəlir. Fərq ondadır ki, ölçülən tezliyin impulslarının hesablandığı zaman intervalı qeyd edilir. Əgər impuls ardıcılığının tezliyi ölçülərsə, onda çevirmənin nəticəsi N qeyd olunan müddətdə t_{δ} impulsların sayını hesablamaq yolu ilə müəyyənləşdirilir. Bu zaman impulsların sayı $N = f t_{\delta}$,

səviyyəyə görə kvant $q = \frac{f}{N} = \frac{1}{t_{\delta}}$. t_{δ} müddətində

impulsların tezliyi dəyişərkən, çevirmənin nəticəsi bərabərdir: $N = f_{or} t_{\delta}$, burada f_{or} - t_{δ} müddətində tezliyin orta qiymətidir.

Şək. 6.7-də tezlikölçənin struktur sxemi verilmişdir və buraya aşağıdakılar daxildir: F - impulslar formalaşdırıcı; $VUIG$ - verilən uzunluqlu t_{δ} impuls generatoru; $V\Theta$ - məntiqi $V\Theta$ funksiyasını reallaşdırıcı sxem; $\dot{I}S$ - çıxışından N nəticə kodu götürülən impuls sayğacı. Formalaşdırıcı F giriş siqnalını eyni tezlikli impuls ardıcılığına çevirmək üçün nəzərdə tutulmuşdur.



Şək. 6.7. Rəqəmsal tezlikölçənin struktur sxemi

Tezlikölçənin xətası kvantlama xətası ilə aləti xətanın toplanmasından ibarətdir. Kvantlama xətasının mütləq

qiyməti: $\pm \frac{1}{t_{\delta}}$, nisbi qiyməti, %: $\delta_{kv} = \pm \frac{100}{t_{\delta} f_x}$.

Aləti xəta VUIG-nin qeyri-stabilliyindən irəli gəlir. VUIG qurularkən kvars rezonatoru əsasında hazırlanan generatordan istifadə edildikdə t_{δ} zaman intervalının qeyri-dəqiq formalaşmasından yaranan xətanı nəzərə almamaq olar və onda tezliyin ölçülməsinin xətası kvantlama xətasına çevrilir. Kvantlama xətası müvafiq t_{δ} seçməklə azaldıla bilər.

Ölçmənin yuxarı həddi $f_{x\max}$ çıxış kodunun maksimal qiyməti $N_{x\max} = f_{x\max} t_{\delta}$ ilə müəyyən edilir. O, dərəcələr sayından n asılı, RÖC üçün 10^n -ə, ARÇ üçün 2^n -ə bərabər olan İS-in tutumu ilə məhdudlaşır. Buradan alırıq

$$f_{x\max} = \frac{10^n}{t_{\delta}}, \text{ yaxud } f_{x\max} = \frac{2^n}{t_{\delta}}.$$

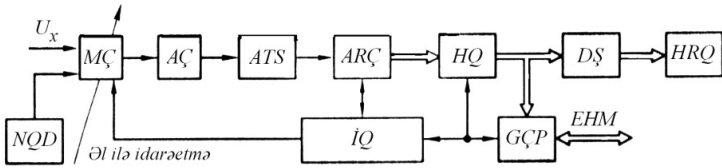
Ölçmələrin aşağı həddi kvantlama xətasının buraxılabilən qiyməti $\delta_{b.b.}$ ilə təyin edilir və $f_{x\min} = \frac{100}{t_{\delta} \delta_{b.b.}}$.

Kiçik qiymətlər sahəsində ölçmə diapozonunu genişləndirmək üçün t_{δ} zaman intervalını artırmaq lazımdır. Bu isə tezlikölçənin cəld işləməsini aşağı salır. Belə tezlikölçəndən yüksək tezlikləri ölçərkən istifadə etmək məqsədəuyğundur.

6.4. Rəqəmsal voltmetrlər

Rəqəmsal voltmetrin (RV) ümumiləşdirilmiş struktur sxemi şək. 6.8-də verilmişdir. Burada: MÇ - miqyas çeviricisi; AÇ - dəyişən cərəyanı sabitə çevirən analog çeviricisi (olmaya da bilər); ATAS - aşağı tezlik analog süzgəci; ARÇ - analog-rəqəmsal çeviricisi; HQ - hesablama qurğusu; DŞ - deşifrator (kod çeviricisi); HRQ - hesabat rəqəm qurğusu; NQD - nümunə qiymətlər dəsti; İQ -

idarəetmə qurğusu; GÇP – giriş - çıxış portu (EHM ilə əlaqəyə xidmət edir).



Şəkl. 6.8. Rəqəmsal voltmetrin struktur sxemi

Miqyas çeviricisi MÇ ölçmənin optimal yarım diapazonunu seçməyə imkan verir. Seçim ARÇ-də çevirmə nəticələri ardıcılığının və onun hasil etdiyi *Dolma* signalının analizinə görə operator tərəfindən, yaxud avtomatik olaraq həyata keçirilir. Analiz HQ və İQ bəndləri ilə aparılır. Sonuncu bənd MÇ-nin zəruri ötürmə əmsalını (k) qoyan signalı formalaşdırır. k dəfə dəyişdirilən giriş təsiri AÇ bəndi ilə bu xarakteristikalardan birinə çevrilir: təsiredici qiymət, ortadüzlənmiş, yaxud amplitud. Analox çeviriciləri əməliyyatı hersin hissələrindən gigaherslərə kimi tezlik diapazonunda (0,01–25)% diapazonda gətirilmiş xəta ilə həyata keçirməyə qabildir. Xətanın ən kiçik qiymətinə $10 - 10^5$ Hz tezlik diapazonunda nail olunur. Bu halda süzgəc ATS AÇ çeviricisinin çıxış signalının döyünməsini aradan qaldırır.

Hazırda axtarılan xarakteristikanın ARÇ-də çevirmə nəticələri ardıcılığına görə analox çeviricilərinin köməyi ilə yox, hesablamalar yolu ilə təyini ənənəsi mövcuddur. Bu, cihazın imkanını genişləndirir: hesablama qurğusunun HQ iş programının dəyişdirilməsi giriş kəmiyyətinin müxtəlif xarakteristikalarını ölçməyə imkan verir.

Tezliklərin işçi diapazonunun yuxarı sərhəddini f_y aşan tezliklərə malik normal növ maneələrin ölçmə nəticələrinə təsiri analox ATS ilə aradan qaldırılır. Onun

buraxılış zolağının yuxarı sərhəddi iki bərabərsizliklə müəyyənləşir:

$$f_y < f_G \text{ və } f_G < \frac{F_D}{2},$$

burada F_D - siqnalın ARÇ ilə həyata keçirilən zaman ərzində diskretlənmə tezliyidir.

Birinci bərabərsizlik buraxıla bilən dinamik xətanın (birinci növ) hədləri ilə real analoq süzgəcinin xarakteristikasını bir-birinə bağlayır, ikincisi isə hesabatlar teoreminin (Kotelnikov teoremi) şərtinə uyğun gəlir və ilkin siqnalın diskret qiymətlərinə görə birqiymətli bərpasının mümkünlüyünü təyin edir. t_G sərhəddinin belə seçilməsi diskretlənmə prosesinin törətdiyi stroboskopik effekt səbəbindən yaranan yüksək tezlikli maneənin ARÇ çevirməsinin nəticəsinə təsirini azaldır. Səviyyəyə görə kvantlamamı müşayət edən xarici maneələrin və küyün təsirinin sonrakı azalması aşağı tezlik rəqəm süzgəcinin (ATRS) tətbiqi ilə əldə edilir. O, hesablama qurğusunda HQ realizə olunur. ATRS stroboskopik effektin nəticələrini aradan qaldırmır.

HQ bəndinin funksiyalarından biri, əgər bu funksiya tez-tez ARÇ-də quraşdırılan əlavə qovşaqla analoq üsulu ilə həyata keçirilmirsə, çevirmə nəticələrinin rəqəm korreksiyasıdır. Korreksiyaya zərurət analoq bəndlərdə ötürmə əmsallarının qeyri-stabilliyi və sıfırın sürüşməsi (və onun temperatur dreyfi) ilə yaranır. Korrektəedici qiymətləri təyin etmək üçün periodik olaraq zaman intervalı ayrılır və bu interval ərzində giriş kəmiyyəti əvəzinə NQD dəstindən nümunə qiymətlər qoşulur.

Miqyas çeviricisi MÇ giriş bölücüsü GB və diferensial gücləndiricidən DG (şəkil 6.8-də göstərilməyib) ibarətdir. Sabit cərəyan RV-nin giriş müqaviməti 20 V-dan yuxarı yarım diapazonlar üçün GB ilə təyin edilir və 10 MOm təşkil edir. 20 V-dək yarım diapazonlar üçün giriş müqaviməti, bir

qayda olaraq, DG ilə təmin olunur və 10 GOM-a və daha böyük qiymətə çata bilər. Diferensial gücləndirici DG obyektə üçnaqillı qoşulma sxemindən istifadə etdikdə ümumi növ maneələrin təsirini aşağı salır. Dəyişən cərəyan RV aşağı tezliklərdə 10 MOM giriş müqavimətinə və 20–50 pF giriş tutumuna malik olur. Rəqəmsal voltmetrlər əsasında multimetrlər yaradılır.

6.5. Analoq-rəqəmsal çeviriciləri

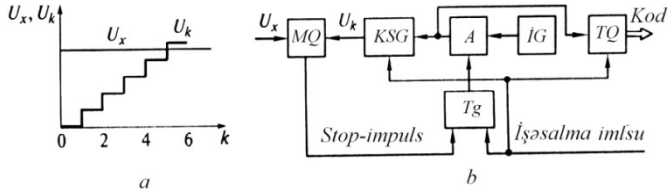
6.5.1. Ardıcıl sayma çeviriciləri

Tsiklik işləyən ARÇ. Bu çeviricilərdə giriş kəmiyyəti U_x məlum kəmiyyətlə $U_k = k\Delta U$ ardıcıl müqayisə edilir, burada k - müqayisənin sıra nömrəsi ($k = 0, 1, \dots, n$); ΔU - ölçünün (kvantlama addımının) qiymətidir. $U_x = U_k$ bərabərliyi ödənən müqayisə çevirmə tsiklini bitirir, onun nömrəsi k isə nəticəni müəyyənləşdirir (şəkil 6.9, a -da $k = 5$). $U_x = n\Delta U$ olduqda nəticənin xətası $\Delta U_x \in [0; \dots; \Delta U)$ olur.

Çeviricinin sxemi şəkl. 6.9, b -də verilmişdir.

Qurğunun işi işəsalma impulsunun verilməsi ilə başlayır. O, kvantlama səviyyələri U_k generatorunu (KSG) və təkrar-sayma qurğusunu TQ müvafiq başlanğıc vəziyyətə ($U_k = 0$ və $Kod = 0$) çevirir, triggerin T_g çıxışında isə açarı A açan siqnalı qoyur. İmpulslar generatorundan İG impulslar KSG və TQ qovşaqlarına daxil olmağa başlayır. Hər bir impulsun gəlməsi ilə U_k -nın qiyməti ΔU qədər

artır, kodun qiyməti isə 1qədər çoxalır. $U_k > U_x$ qiymətinə çatdıqda müqayisə qurğusu MQ triggeri T_g ilkin vəziyyətə qaytaran Stop-impuls hasil edir. Triggerin çıxış signalı açarı A bağlayır. KSG və TQ qovşaqlarına impulsların daxil olmasının kəsilməsi ilə çevirmə tsikli sona çatır. TQ çıxışında nəticənin kodu $N_x = \frac{U_k}{\Delta U} \approx \frac{U_x}{\Delta U}$ hazır olur.



Şək 6.9. Müqayisə prosesinin diaqramı (a) və ardıcıl sayma çeviricisinin sxemi (b)

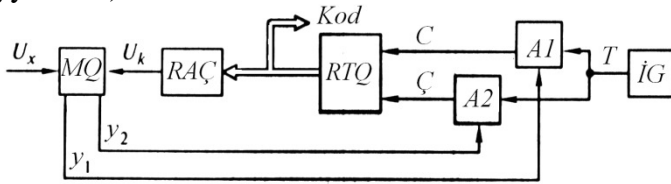
Xətalara (statik) tərkib hissələri: ΔU ölçüsündən asılı olan diskretlik xətası; kvantlama səviyyələrinin U_k generasiya xətası; MQ-nin həssaslıq həddindən irəli gələn xəta.

Çevirmə müddəti kvantlama səviyyələrinin sayından n və impulslar generatorunun İG signalının periodundan T asılıdır. T qiyməti KSG-nin (ən ətalətli qovşağın) çıxışında kvantlama səviyyələrinin dəyişməsi keçid prosesinin uzunluğundan az olmamalıdır. T periodunun qeyri-stabilliyi çevirmənin nəticəsinə təsir etmir. Bu qurğunun üstünlüyüdür.

İzləmə fəaliyyətli ARC. Belə qurğuda (şək. 6.10) giriş kəmiyyətinin çevirmənin nəticəsinə mütənəşib qiymətlərlə fasiləsiz kompensasiyası həyata keçirilir.

İzləmə rejimi müqayisə qurğusunun MQ və rəqəmsal-analoq çeviricisinin RAÇ tətbiqi ilə əldə edilir. MQ $U_k < U_x$ ($U_k > U_x$) bərabərsizliyinə $y_1 = 1$ və $y_2 = 0$ ($y_1 = 0, y_2 = 1$) çıxış signalı kombinasiyası ilə, $U_k = U_x$ bərabərliyinə isə

$y_1 = y_2 = 0$ siqnalları ilə reaksiya verir (0, 1 məntiqi səviyyələrdir).



Şək. 6.10. İzləmə fəaliyyətli ARC

RAÇ reversiv təkrarsayma qurğusu RTQ ilə idarə olunur. RAÇ-nin girişində kodun böyük qiymətinə çıxışında kvantlama səviyyəsinin U_k böyük qiyməti uyğun gəlir. RTQ iki hesablama girişinə malikdir: cəmləmə C və çıxma Ç. C girişinə impulsun təsiri RTQ-in çıxış kodu ilə ifadə edilən ədədin 1 qədər artmasına səbəb olur, Ç girişinə təsir isə kodun qiymətini 1 qədər azaldır. Təsəvvür edək ki, qida mənbəyi qoşulduqdan sonra giriş və kompensasiyaedici kəmiyyətlərin nisbəti $U_k > U_x$ (U_x - sabit kəmiyyətdir) bərabərsizliyini ödəyir. Bu halda MQ qurğusu $y_2 = 1$ siqnalı ilə A2 açarını açır ($y_1 = 0$ siqnalı A1 açarını bağlı saxlayır). İG-dən impuls RTQ-nin çıxma girişinə daxil olmağa başlayır. Onların hər biri U_k -nin ΔU kvantı qədər azalmasına səbəb olacaqdır. Çıxma prosesi $U_k < U_x$ olduqda başa çatacaq ($U_k = U_x$ hadisəsinin ehtimalı sıfıra bərabərdir). Bu anda MQ $y_1 = 1$ və $y_2 = 0$ siqnalları ilə impulsların İG-dən A2 açarı vasitəsilə keçməsinə qadağan etməkdir və onların RTQ-in C girişinə daxil olmasına icazə verəcəkdir. İG-dən impuls $U_{k+1} = (U_k + \Delta U) > U_x$ kvantlama səviyyəsinə keçidə səbəb olacaq, o da öz növbəsində səviyyəni $U_k = (U_{k+1} - \Delta U) < U_x$ dəyişəcək və s. Beləliklə, U_x sabit kəmiyyətinə iki yanaşı növbəli dəyişən

kompensasiya səviyyələri U_k və U_{k+1} uyğun gəlir. Çevirmənin nəticəsinin birqiymətli olmaması ΔU_h işəduşmə həddli (qeyri-həssaslıq zonası) müqayisə qurğusunun tətbiqi ilə aradan qaldırılır. Bu halda MQ-nin çıxış siqnailləri $U_k - \Delta U_h < U_x < U_k + \Delta U_h$

olduqda $y_1 = y_2 = 0$ olur. $\Delta U_h = \frac{\Delta U}{2}$ qiyməti göstərilən

birqiymətli olmama halını istisna edir və histerezisdən xətalara səbəb olmur. Adətən histerezisdən cüzi xəyata yol verilir və həddin qiyməti $\Delta U_h = (0,5 - 0,6)\Delta U$ seçilir.

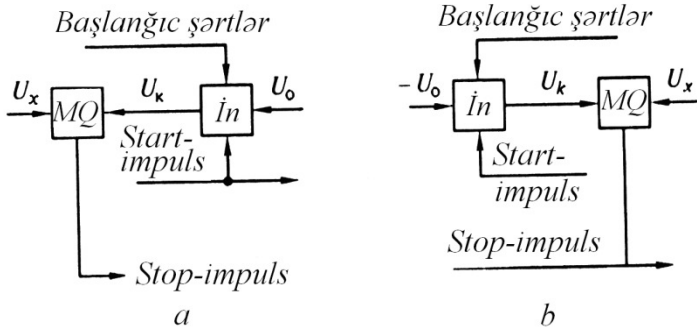
Çevirmənin birqiymətli olmamasının nəticəyə təsirini azaltmaq üçün digər üsul çıxış kodunun qiymətləri üçün rəqəmsal süzgəcin tətbiqidir. Lakin bu üsul dinamik xətanı artırır.

İzləmə fəaliyyətli ARÇ-də çevirmənin nəticələrinin təzələnməsi periodu ancaq İG-nin impulslarının periodundan asılıdır. Bu xassə tsiklik işləyən ARÇ ilə müqayisədə dəyişən kəmiyyətin işlənməsi zamanı üstünlük təşkil edir, belə ki, onun dəyişmələrinin xarakteri haqqında daha tam informasiya göndərir. Giriş təsirinin maksimal dəyişməsi hər iki qurğu üçün $\frac{\Delta U}{T}$ nisbətini aşmamalıdır.

Çeviricinin statik xətası da tsiklik işləyən ARÇ-də olan ilə eyni tərkib hissələrinə malikdir.

Zamanimpuls çeviriciləri. Bu qurğularda giriş kəmiyyəti U_x zamana görə xətti dəyişən kompensasiya kəmiyyəti ilə $U_k(t) = kt$ müqayisə olunur, burada k - sabit əmsaldır. Müqayisə prosesinin davam etməsi (müqayisə intervalı) $t_x = \frac{U_x}{k}$ xronometrə (zaman intervallarını ölçənə) analogi qovşaqla qiymətləndirilir (şəkil 6.11).

Xətti dəyişən gərginlik $U_k(t)$ nümunə sabit kəmiyyətin U_0 inteqrallanması ilə formalaşır. $U_k(t)$ -nin iki variantda formalaşması mümkündür (inteqrallanmanın sərhəd şərtlərinin verilmə üsulları ilə fərqləndirilir): başlanğıc şərti $U_k(0) = 0$, son şərt $U_x = U_k(t_x)$; başlanğıc və son şərtlər müvafiq olaraq $U_k(0) = U_x$ və $U_k(t_x) = 0$.



Şək. 6.11. Zaman impuls çeviricilərində analog qovşaqlarının birinci (a) və ikinci (b) variantlarının sxemləri

Birinci variantda (şək. 6.11,a) t_x intervalı $U_k(t) = 0 - \frac{U_0 t}{\tau} = U_x$ tənliyinin həllidir, burada τ - inteqrallama sabitidir. İkinci variant üçün (şəkil 6.11,b) t_x intervalı $U_k(t) = U_x - \frac{U_0 t}{\tau} = 0$ tənliyinin həllidir, burada U_0 kəmiyyəti əks işarə ilə götürülür.

Çeviricilər işinə görə oxşardır. Start-impulsun verilməsi ilə inteqratorun İn başlanğıc şərtlərinin qoyulması qurtarır və nümunə kəmiyyətin U_0 (ikinci variant üçün $-U_0$) inteqrallanması prosesi başlanır. İnteqratorun çıxış kəmiyyəti vasitəsi ilə müqayisə qurğusunun MQ ikinci girişinə verilən kəmiyyətlə bərabərlik alındıqda sonuncu

Stop-impuls hasil edir. İki impuls arasında zaman intervalı giriş kəmiyyətinə mütənasibdir.

Analoq-rəqəmsal çevirməsinin son nəticəsi:

$$N_x = \frac{t_x}{T_0} = \frac{U_x \tau}{U_0 T_0},$$

burada T_0 - kvantlayan impulsların periodudur. Çevirmənin metodik xətası kvantlayan impulsların periodunun uzunluğu ilə təyin edilir. Aləti xətlərin tərkib hissələrinin

əmələgəlmə səbəbləri: parametrlərin $\frac{U_0 T_0}{\tau}$ hasilinin nominal

qiymətdən meyillənməsi; inteqratorun başlanğıc şərtlərinin qoyulması; müqayisə qurğusunun işləmə həddinin olması, həddin sərhədlərinin sinfaz giriş siqnalının qiymətindən (giriş təsirlərinin yarımçəmindən) asılılığı. Sinfaz siqnalın nəticəyə təsiri çeviricinin ikinci variantında yoxdur.

6.5.2. Dinamik kompensasiyalı analoq-rəqəmsal çeviriciləri

Belə qurğularda çevirmə işarəcə əks məlum və naməlum kəmiyyətlərin kombinasiyalarının növbəli təsirlərinə ətalətli bəndin reaksiya parametrlərini müqayisə etmək yolu ilə həyata keçirilir. Ətalətli bənd kimi, bir qayda olaraq, çevirmənin xəttiliyini təmin etmək üçün inteqrator tətbiq olunur. Müqayisə parametrləri amplitudlar, zaman intervalları, tezliklər, ehtimallar və s.-dir.

Birqat dinamik kompensasiyalı ARC. Bu qurğularda giriş kəmiyyəti U_x inteqrallamaq yolu ilə birinci mərhələnin sabit zaman intervalı $t_s = t_1 - t_0$ ərzində

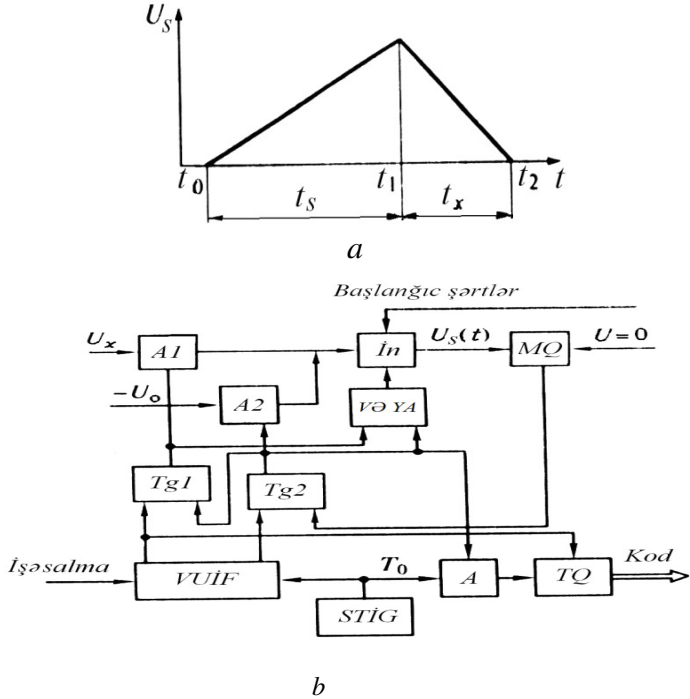
$$U_s(t = t_s) = \frac{1}{\tau} \int_0^{t_s} U_x dt = \frac{1}{\tau} U_{or} t_s$$

qiymətinə çevrilir, burada τ -inteqrallama sabiti (şəkil 6.12,a); U_{or} -gərginliyin orta qiymətidir.

Bu qiymət ikinci mərhələdə dayaq kəmiyyətinin $-U_0$ inteqrallanması üçün başlanğıc şərt kimi qəbul edilir. İkinci mərhələ t_1 zaman anında başlayır, t_2 zaman anında sıfır qiymətinə çatmaqla da qurtarır. İnterval $t_x = t_2 - t_1$ giriş kəmiyyətinin U_x orta qiymətinə mütənəsb olur:

$$U_s(t = t_2) = \frac{U_{or}t_s}{\tau} - \frac{U_0t_x}{\tau} = 0; t_x = \frac{U_{or}}{U_0}t_s.$$

Əsas yerinə yetirilən əməliyyata görə belə çeviricilər *inteqrallayan* adlandırılır.



Şək. 6.12. İnteqratorun çıxış siqnalının diaqramı (a) və birqat dinamik kompensasiyalı ARÇ-nin sxemi (b)

Çeviricinin struktur sxemi şəək. 6.12,*b*-də verilmişdir. İlkin halda verilmiş uzunluqlu interval formalaşdırıcısı (VUIF) Tg1 və Tg2 triggerləri üçün idarəetmə siqnalları hasil etmir, onların çıxış siqnalları isə A, A1, A2 açarlarını bağlı saxlayır. Açar A stabil tezlikli impuls generatorundan STİG təkrarsayma qurğusuna TQ siqnal buraxmır. Analoq açarları A1 və A2 integratorun İn girişinə U_x və U_0 kəmiyyətlərini buraxmır. Tg1 və Tg2 triggerlərinin siqnallarının məntiqi cəmini müəyyənləşdirən VƏ YA elementinin siqnalına görə integratora İn sıfır başlanğıc şərtlər daxil edilir. Onun çıxış kəmiyyəti $U_s(t)$ bu zaman 0-a bərabər olur. Giriş təsirlərinin bərabərliyinə uyğun müqayisə qurğusunun MQ çıxış siqnalı Tg2 triggerinin ilkin vəziyyətini təsdiq edir.

Çevirmə tsikli *İşəsalma* əmri ilə başlayır. Verilmiş uzunluqlu interval formalaşdırıcısı VUIF t_0 zaman anında impuls siqnalı ilə təkrarsayma qurğusunu TQ başlanğıc vəziyyətə qaytarır (bu zaman qabaqkı çevirmənin nəticəsi atılır), Tg1 triggerinin çıxışında A1 açarını açan siqnal qoyur və işçi rejimə keçən integratora İn başlanğıc şərtlərinin daxil edilməsini VƏ YA elementi ilə kəsir. $U_s(t)$

çıkış qiyməti artmağa başlayır: $U_s(t) = \frac{1}{\tau} \int_0^t U_x dt$. Müqayisə

qurğusunun MQ girişlərindəki təsirlərin bərabərliyi pozulur və onun çıxışındakı siqnal qeyri-aktiv olur. t_1 anında verilmiş uzunluqlu interval formalaşdırıcısı VUIF impuls siqnalı ilə Tg1 triggerini və onun idarə etdiyi A1 açarını ilkin vəziyyətə qaytarır, Tg2 triggerinin çıxışında A1 və A2 açarlarını açan siqnal qoyur. Təkrarsayma qurğusunun TQ girişinə stabil tezlikli impuls generatorundan STİG siqnal verilir (impulsların periodu T_0). İntegratorun İn çıxışında qiymət $U_s(t = t_s)$. Formalaşdırıcı VUIF bununla öz işini

bitirir və *İşəsalma* əmrini gözləmə rejiminə keçir. Çevirmənin ikinci taktı başlayır. İnteqratorun çıxış qiyməti $U_s(t)$ azalır ($t > t_1$):

$$U_s(t) = U_s(t = t_s) - \frac{U_0(t)}{\tau}.$$

t_2 anında $U_s(t) = U = 0$ bərabərliyi alınır. Bunu müqayisə qurğusu MQ aşkar edir və özünün çıxış siqnalı ilə triggeri Tg2 və sxemin bütün qovşaqlarını ilkin vəziyyətə gətirir. $t_x = t_2 - t_1$ zaman intervalı ərzində təkrarsayma qurğusu TQ STİG-dən daxil olan periodik siqnalın kvantlayan impulslarının miqdarını hesablayır.

$$\text{Hesablamanın nəticəsi } N_x = \left[\frac{t_x}{T_0} \right] = \left[\frac{U_{or} t_s}{U_0 T_0} \right] \quad ([] -$$

tam hissənin simvoludur) çıxış kodunu yaradır. t_x -in kodlaşdırılmasının xətası:

$$\Delta t_x = t_x - N_x T_0 < T_0.$$

Çevirmənin birinci taktının $t_s = t_1 - t_0$ intervalı N_s sayda T_0 periodlu ardıcıl impulslardan formalaşır, yəni $t_s = [N_s T_0]$. Period T_0 sabit olduqda çevirmənin nəticəsi

$$N_x = \left[\frac{U_{or} N_s}{U_0} \right]$$

ədədinə uyğun gəlir. Kəmiyyətin çevrilməsinin girişə gətirilən statik metodik xətası $\Delta U_x \in \left(-\frac{U_0}{N_s}; 0 \right)$ intervalına mənsub olur.

Aləti xətalərin səbəbləri:

- nümunə kəmiyyətin U_0 nominal qiymətdən meyillənməsi;

- integratorun qeyri-ideal olması;
- analoq açarların qeyri-ideal olması;
- T_0 periodunun qeyri-sabitliyi;
- sxemi təşkil edən bütün bəndlərin ətalətliliyi;
- məntiqi elementlərə xas olan, bir vəziyyətdən digərinə və əksinə keçid vaxtlarının fərqlənməsi.

Belə çeviricilər hər şeydən əvvəl voltmetr və multimetrlərin əsas qovşağı kimi tətbiq edilir (o cümlədən avtonom qidalanma ilə). Bu halda çeviricini elə bir qurğu ilə tamamlayırlar ki, o, çevirmənin birinci mərhələsində giriş gərginliyinin polyarlığını müəyyənləşdirir və lazım olarsa, dayaq gərginliyinin U_0 işarəsini dəyişir.

Cihazın dəqiqliyini artırmaq məqsədi ilə çevirmənin iki mərhələsindən öndə olan əlavə mərhələ daxil edirlər. Daxil edilən mərhələ ərzində integratoradək analoq bəndlərin additiv xətasının cəm qiyməti müəyyənləşdirilir. Tapılan korrektəedici qiymət integratora bütün çevirmə tsikli üçün başlanğıc şərtlər kimi daxil edilir.

Hazırda integrallayan çeviricilər bir mikrosxem şəkilində buraxılır. Ona əlavə olaraq yeddi seqmentli koda deşifrator və avtomatik işəsalmanı təmin edən generator qoşulur. Mikrosxemin konstruksiyasına generatorun periodunu T_0 və integrallama sabitini τ müəyyənləşdirən elementlər daxil etmirlər. Mikrosxemlə icra edilən çeviricilərin gətirilmiş xətası $\pm(0,005 - 0,01)\%$ təşkil edir.

İntegrallayan çeviricilər periodik maneələrə qarşı yüksək dayanıqlığa malikdir, bu da onların geniş tətbiqini təmin edir. Tutaq ki, giriş signalı

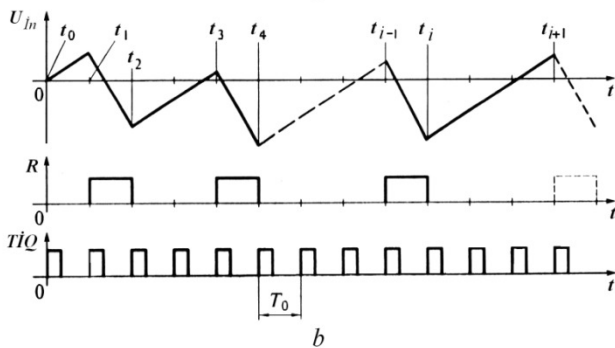
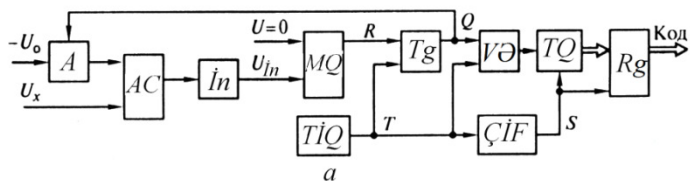
$$U_x(t) = \sum_i U_i \sin\left(2\pi \frac{t}{T_i} + \varphi_i\right),$$

burada U_i, T_i, φ_i - i -ci harmonikin uyğun olaraq amplitudunun, periodunun, fazasının qiymətləridir, $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Görünür ki, istənilən i üçün

$\frac{t_s}{T_i} = 1, 2, 3, \dots$ nisbətlərində $\int_0^{t_s} U_x(t) dt = 0$. Bu onu ifadə edir

ki, çevirmənin nəticəsi 0 olacaq. Adətən birinci takt intervalını t_s 50 və ya 60Hz sənaye tezlikli maneələrin olmasının mümkünlüyünü nəzərə almaqla seçirlər.

Çoxqat dinamik kompensasiyalı ARÇ. Çeviricinin sxeminin variantı şək. 6.13,a-da verilmişdir, burada İ*n* - integrator (ətalətli bənd); AC - analoq cəmləyici; A - analoq açar; MQ - U_{in} , U giriş təsirlərinə R signalı ilə reaksiya verən müqayisə qurğusu; Tg - trigger; VƏ – üst-üstə düşmə məntiq elementi; TQ - təkrarsayma qurğusu; R_g - registr; TİG - T periodlu takt impulsları generatoru; ÇİF - çevirmə intervalı formalaşdırıcısı.



Şək.6.13. Çoxqat dinamik kompensasiyalı ARÇ (a) və siqnalların diaqramı (b)

Tutaq ki, $t_0 = 0$ başlanğıc zaman anında (birinci mərhələnin impulsu meydana çıxan an) integratorun

çıxışında qiymət $U_{in} = 0$, MQ çıxışında siqnal $R = 0$ ($U_{in} > U = 0$ olduqda $R = 1$), triggerin Tg çıxışında siqnal $Q = 0$ və A açarı bağlıdır (U_0 dayaq kəmiyyəti AC-yə daxil olmur). $U_x < U_0$ sabit kəmiyyətinin təsiri ilə integratorun çıxışında qiymət $U_{in} = \frac{U_0(t-t_0)}{\tau}$ artır və 0-dan böyük olur.

O, MQ-nin $R = 1$ reaksiyasını yaradır. TİG-dən impulsun gəlməsi ilə müaqqisənin nəticəsi R triggerdə Tg yadda saxlanılır. Həmin triggerin çıxış siqnalı $Q = 1$ açarı A açır. t_1 zaman anından etibarən İn-in çıxışında kəmiyyət azalmağa başlayır (şəkil 6.13, b):

$$U_{in} = \frac{U_x(t_1 - t_0)}{\tau} - \frac{(U_0 - U_x)(t - t_1)}{\tau}.$$

$U_{in} \leq 0$ qiyməti $\Delta t \leq (t_2 - t_1)$ zaman intervalı ərzində meydana gələcək. t_2 zaman anında triggerin Tg çıxışında $Q = 0$ siqnalı olur. U_{in} kəmiyyəti $\frac{U_x}{\tau}$ törəməsi ilə artmağa

başlayır. Kompensasiya prosesi fasiləsiz davam edir. U_x və $(U_x - U_0)$ təsirlərinin bir dəfə dəyişdirilməsi bir kompensasiya cəhdini yaradır. Onlardan istənilən biri üçün

$$U_{in} = \frac{U_x T n_k}{\tau} + \frac{(U_x - U_0) T p_k}{\tau}$$

ifadəsi doğrudur, burada n_k - davam etmə müddəti ərzində $Q = 0$ olan T periodların sayı ($n_k = 1, 2, \dots$); p_k - $Q = 1$ üçün n_k - ya analoji ədəd; k - kompensasiya cəhdlərinin sıra nömrəsi. ($U_x \leq \frac{U_0}{2}$ olduqda $n_k > 1$ ($p_k = 1$) və

$\frac{U_0}{2} < U_x < U_0$ olduqda $n_k = 1$ ($p_k > 1$)). m ardıcıl

kompensasiya cəhdələri üçün $|U_{in}| \leq \frac{U_0 T}{\tau}$ xətası ilə:

$$U_{in} = \frac{T}{\tau} \sum_{k=1}^m [U_x n_k + (U_x - U_0) p_k] \approx 0.$$

Giriş təsirinin qiymətləndirilməsi bu ifadə ilə müəyyən edilir (müqayisə cəhdlərinin sayının m artması qiymətləndirmənin dəqiqliyini artırır):

$$\tilde{U}_x = \frac{U_0 \sum_{k=1}^m p_k}{\sum_{k=1}^m (p_k + n_k)} \xrightarrow{m \rightarrow \infty} U_x.$$

Alqoritmin texniki həyata keçirilməsini sadələşdirmək üçün çevirməyə qeyd olunmuş sayda taktlar ayrılır:

$$N = \sum (p_k + n_k) = 2^z,$$

burada z - ikilik çıxış kodunun dərəcələr sayıdır.

Bu zaman

$$\sum p_k = N_x = \frac{2^z U_x}{U_0}$$

cəmi $|\Delta U_x| \leq 2^{-z} U_0$ kvantlama xətası ilə nəticəni müəyyənləşdirir. VƏ sxemi $Q=1$ siqnallarının TİG-nin TQ qurğusu ilə hesablanan impulsları ilə üst-üstə düşməsinə aşkar edir. NT periodlu formalaşdırıcı ÇİF T -dən kiçik uzunluqda siqnal S verir. Bu siqnala görə N_x ədədi Rg registrinə yazılır, TQ qurğusu isə sıfırlanır.

Birqat dinamik kompensasiyalı ilə müqayisədə baxılan alqoritm bir sıra üstünlüklərə malikdir: giriş kəmiyyəti fasiləsiz inteqrallandığından maneəyə qarşı yüksək dayanıqlılıq; müqayisə qurğusunun dəqiqliyinə tələbkarlığın

az olması; inteqratorun xəttiliyinə tələbkarlığın az olması. Bundan başqa, bu halda inteqratorun zaman sabitinin qiyməti azaldıla bilər.

Son iki xassə çevirmə alqoritminə xas olan xarici elementlərin qoşulmasını tələb etməyən mikrosxəmlər şəklində qurğuların yaradılmasına imkan verir. Adətən çıxış kodunun qiymətini rəqəmsal süzğəcin köməyi ilə süzürlər. Bu, maneəyə qarşı dayanıqlığı əlavə yüksəldir. Mikrosxem şəklində hazırlanan, xəttiliyin gətirilmiş xətası $\pm 15 \cdot 10^{-6}$ olan 24-dərəcəli ARÇ məlumdur.

6.5.3. Kəmiyyətə dəyişən kompensasiyalı ardıcıl yaxınlaşma çeviriciləri

Belə ARÇ-də tətbiq edilən giriş kəmiyyətinin koda çevrilməsi üsulu təsirlə diskret dəyişən ölçünün ardıcıl müqayisəsindən ibarətdir. Sonuncuda nümunə artımlarının ölçüsü monoton azalır. Hər bir müqayisənin nəticəsi nümunə artımın növbəti müqayisə üçün ölçünün qiymətinin formalaşmasına təsir əmsalını müəyyənləşdirir. Bütün müqayisələrin nəticələrinin ardıcılığı çevirmənin nəticəsini təşkil edir.

Məntiq avtomatlarının tətbiqi ilə yaradılan qurğular, bir qayda olaraq, ikilik kodla idarə olunan diskret ölçüyə malik olur. Hər bir ədədə aşağıdakı ifadəyə uyğun olaraq ölçünün k -cı bir qiyməti uyğun gəlir:

$$U_k = U_0 \sum_{i=1}^n Q_i \cdot 2^{-i},$$

burada k - ölçünün qiymətinin nömrəsi, $k = 1, 2, \dots, 2^n$; U_0 - dayaq kəmiyyətinin qiyməti; n - kodun dərəcələrinin sayı; Q_i - ikilik kodun i -ci dərəcəsinin qiyməti, $Q_i = 0, 1$; i - kodun dərəcəsinin nömrəsi, $i = 1, 2, \dots, n$ ($i = 1$ böyük dərəcəyə uyğun gəlir).

Çevirmə giriş kəmiyyətinin U_x ölçünün birinci nümunə qiyməti $U_k = 2^{-1}U_0$ ilə müqayisəsindən başlayır. O, sıfırdan fərqli bir böyük dərəcəsi olan idarə edən koda uyğun gəlir, yəni $i=1$ olduqda $Q_1=1$ və $i \neq 1$ olduqda $Q_i=0$. Müqayisə $U_x \geq U_k$ bərabərsizliyinin yoxlanmasından ibarətdir. Əgər bərabərsizlik doğru olarsa, birinci nümunə qiymət 1 vuruğu ilə çevirmənin sonuna kimi saxlanır (birinci dərəcənin qiyməti $Q_1=1$ qeyd olunur). Əks halda ($U_x < U_k$) vuruq (təsir əmsalı) 0-a bərabər olur, bu da birinci dərəcənin $Q_1=0$ qiymətinə uyğun gəlir. Beləliklə, birinci müqayisənin sonu nəticənin böyük dərəcəsinin qiymətini müəyyənləşdirir. İkinci müqayisə üçün ölçünün nümunə qiyməti $U_k = Q_1U_0 \cdot 2^{-1} + U_02^{-2}$ ($i > 2$ olduqda, $Q_1, Q_2=1, Q_i=0$ kodu ilə müəyyənləşir). Müqayisənin sonu ikinci dərəcənin Q_2 qiymətini formalaşdırır. n müqayisə əməliyyatı yerinə yetirildikdən sonra Q_i qiymətlərinin ardıcılığı nəticənin kodunu yaradır. Bu nəticə

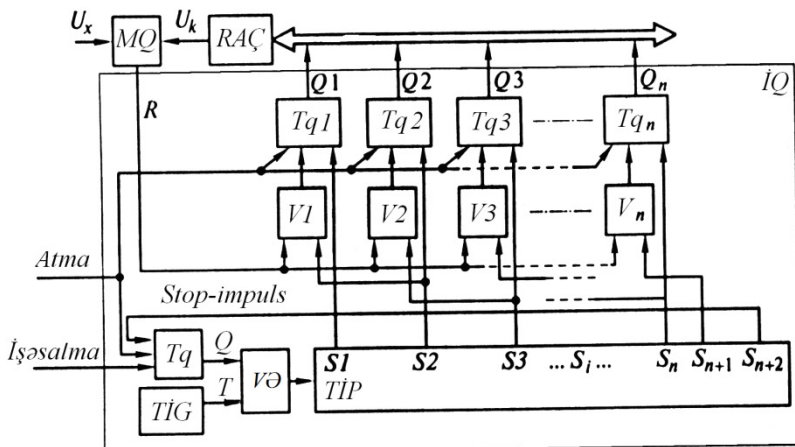
$$\Delta U_x = U_k - U_x \in (-U_0 \cdot 2^{-n}; 0]$$

yaxınlaşma xətası (natamam kompensasiya kəmiyyəti) ilə giriş kəmiyyətinin

$$U_x = U_0 \sum_{i=1}^n Q_i \cdot 2^{-i}$$

qiymətinə uyğundur. ΔU_x xətası kvantlama addımının ölçüsünü $\Delta U_k = U_0 \cdot 2^{-n}$ aşmır. Yaxınlaşma xətasının sərhədlərinin simmetrikləşdirilməsi $\frac{\Delta U_x}{2}$ düzəlişinin tətbiqi ilə, texniki reallaşdırma zamanı isə müqayisə qurğusunun xarakteristikasının additiv sürüşməsinə daxil etməklə əldə

olunur. Çeviricinin sxeminə nümunə şək. 6.14-də verilmişdir.



Şək. 6.14. Diskret ölçülü ardıcıl yaxınlaşma çeviricisi

Müqayisə qurğusu MQ U_x və U_k giriş təsirlərinə R signalı ilə reaksiya verir. Bu signal idarəetmə qurğusuna İQ daxil olur. R signalının $U_x \geq U_k$ və $U_x < U_k$ qarşılıqlı istisna vəziyyətlərini əks etdirən səviyyələrinə uyğun olaraq məntiqi 0 və 1 qiymətlərini verək. Ölçünün kompensasiyaedici qiyməti U_k rəqəmsal-analoq çeviricisindən RAÇ daxil olur. RAÇ ikilik kodla (İQ çıxışındaki Q_i signallarının kombinasiyası ilə) idarə olunur. İdarəetmə qurğusu İQ takt impulsları generatorundan TİG, takt impulsları paylaşdırıcısından TİP, məntiqi vurma əməliyyatını yerinə yetirən VƏ sxemlərindən, RS-triggerindən Tg və analogi triggerlərdən Tg_i təşkil olunub. Sonuncular yaxınlaşmalar registrini yaradır. Sadalanana triggerlər bir istiqamətverici girişə və iki identik atma girişlərinə malikdir. İstiqamətverici girişə məntiqi 1-ə ekvivalent signalın təsiri triggerin Q çıxış signalını 1

vəziyyətinə çevirir. Atma girişlərindən istənilən birinə analogi təsir əks nəticəyə gətirir, yəni $Q = 0$. TİP qovşağı nümunələri idarəetmə kodları ardıcılığının generasiyası üçündür. Hər bir kod (S_i çıxışları) bir 1 və $(i+1)$ sifra malikdir. Hər bir növbəti kod əvvəlkindən 2 dəfə kiçik ədədi ifadə edir. Sonuncu kod (ancaq $S_{n+2} = 1$) çevirmə siklinin sonunu müəyyən edir (*Stop-signal*). Kodun əvəz edilməsi takt signalına T görə baş verir. Adətən TİP ədədləri paralel daxil etmək üçün girişləri olan sürüşmə registri əsasında yaradılır. Bu halda signal $S_{n+2} = 0$ registri qiyməti T signal impulsunun təsirindən sonra S_i çıxışlarında olan $100 \dots 0$ ($S_1 = 1$) kodunu yazma rejiminə keçirir.

Qurğunun işi *Atma* və *İşəsalma* əmrləri ilə başlayır. *Atma* əmri triggerlərin çıxış signallarını sıfır vəziyyətinə keçirir (qabaqkı çevirmə tsiklinin nəticəsi bu zaman məhv edilir). *İşəsalma* əmri triggerin Tg çıxışında $Q = 1$ qiymətini qoyur, bununla T signalının VƏ elementindən TİP-in takt girişinə keçməsinə icazə verir. Birinci impulsun gəlməsi ilə TİP-nin çıxışlarında $100 \dots 0$ kodu yaranır. $S1 = 1$ signalı Tg1-in çıxışında $Q_1 = 1$ signalının meydana gəlməsinə səbəb olur. Q_i -nin bu halına RAÇ ölçünün $U_k = U_0 \cdot 2^{-1}$ qiyməti ilə cavab verir. R signalı (MQ-dən) növbəti mərhələdə $U_x < U_k$ ($R = 1$) olduqda Tg1-i atmağa hazırlayır və ya onu $U_x \geq U_k$ ($R = 0$) olduqda qadağan edir. Triggerlərin Tg_i atma signalı VƏ_i elementlərinin çıxışlarında $RS_{i+1} = 1$ olduqda formalaşır. İkinci mərhələnin başlanması ilə TİP-in çıxışında $010 \dots 0$ kodu meydana gəlir. Ona uyğun $S2 = 1$ signalı $Q_2 = 1$ dərəcəsini qoyur və $Q1$ qiymətinin seçilməsini yekunlaşdırır. RAÇ-ı idarəetmə kodu iki qiymətdən birini: $010 \dots 0$ və ya $110 \dots 0$ qəbul edir. $(n+1)$ -ci mərhələnin başlanması ilə çıxış kodunun

formalaşması yekunlaşır. Növbəti mərhələdə S_{n+2} signalı Tg-ni başlanğıc vəziyyətə atır və T signalının TİP-ə təsiri kəsilir. Çevirmə tsikli bununla bitir.

ARÇ-nin xətasının tərkib hissələri: dərəcələrin sayından asılı olan diskretlik xətası; ölçünün qiymətlərinin təzələnməsinin xətası (RAÇ-in dəqiqliyi ilə müəyyənləşir); müqayisə xətası.

Çevirmə sürətinə əsas təsiri ölçünün qiymətlərinin dəyişməsinə müşayət edən keçid prosesləri göstərir. Bir çevirmə taktına adətən ən azı 50 *nsan* ayrılır.

Mikrosxem şəklində müasir dəqiq ARÇ gərginliyin 16 – dərəcəli ikilik koda 5 *mksan* ərzində $\pm 0,0015\%$ gətirilmiş xəta ilə çevrilməsini həyata keçirir.

6.5.4. Kəmiyyətə sabit kompensasiyalı ardıcıl yaxınlaşma çeviriciləri

Bu qurğular giriş analoq kəmiyyətini U_x eyni təsirlər (addımlar) sırası vasitəsi ilə ikilik koda çevirir. Hər bir təsir bir bitlik çevirmələri yerinə yetirir və iki əməliyyatdan ibarətdir:

- giriş kəmiyyəti U_i ölçünün qiyməti U_0 ilə müqayisə olunur və kodun i -ci dərəcəsinin müvafiq qiymətini Q_i formalaşdırır, yəni $U_i > U_0$ olarsa, onda $Q_i = 1$, $U_i \leq U_0$ olarsa, onda $Q_i = 0$; müqayisənin nəticəsi $U_0 Q_i$ giriş kəmiyyətinin qiymətləndirilməsidir;

- son n -cidən başqa, növbəti addım üçün U_{i+1} giriş signalı formalaşır, yəni:

$$U_{i+1} = 2(U_i - U_0 Q_i).$$

Beləliklə, giriş kəmiyyəti:

$$U_i = U_0 Q_i + \frac{U_{i+1}}{2}.$$

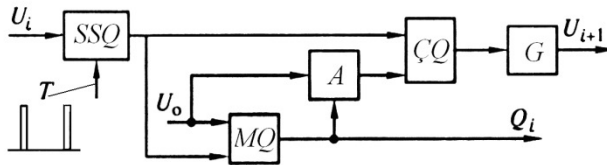
U_1 kəmiyyətinə n təsirin ardıcıl tətbiqi aproksimasiyaya gətirib çıxarır:

$$U_1 = U_0 \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2^{i-1}} + \frac{U_{n+1}}{2}.$$

Çevirmənin nəticəsinin ikilik kodunun böyük dərəcəsinə Q_i qiyməti uyğun gəlir. Məhdud mənfə olmayan giriş təsiri ($0 \leq U_x \leq U_m$) üçün $U_0 = \frac{U_m}{2}$ olduqda

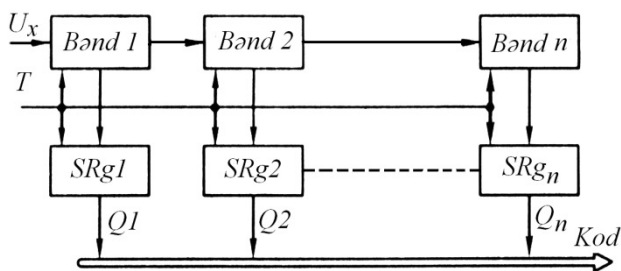
$U_x = U_m \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{2^i}$ yaxınlaşması $\Delta U_x = \pm \frac{U_m}{2^n}$ xəta həddi ilə doğrudur.

Bir addım çevirməni yerinə yetirən bəndin sxemi (şək. 6.15) Q_i çıxışlı birinci əməliyyatı yerinə yetirən və analoq açarı A idarə edən müqayisə qurğusundan MQ , növbəti addım üçün U_{i+1} qiymətini müəyyənləşdirən çıxma əməliyyatını yerinə yetirən qurğudan $\mathcal{C}Q$ və ötürmə əmsalı 2 olan gücləndiricidən G ibarətdir. Sxemə seçmə-saxlama qurğusu (analoq yaddaş) SSQ əlavə edilmişdir ki, onun təyinatı qısa zaman intervalında giriş təsirinə qiymətini qeyd etmək (seçmək) və onu bütün çevirmə addımı ərzində saxlamaqdır. SSQ -nin tətbiqi giriş kəmiyyətinin mümkün dəyişmələrinin çevirmənin nəticəsinə təsirini istisna edir. SSQ -nin idarə olunması T periodlu siqnalla həyata keçirilir.



Şək. 6.15. Çeviricinin bir bəndinin sxemi

n ardıcıl qoşulmuş bəndin tətbiqi n -dərəcəli çevirici (şək. 6.16) yaratmağa imkan verir.



Şək. 6.16. Ardıcıl yaxınlaşmalı eyni vaxtlı (konveyer) çeviricinin sxemi

O, giriş signalından n ardıcıl seçimin eyni zamanda çevrilməsini həyata keçirir (konveyer kimi). Belə üsul tsiklin uzunluğunu nT saxlamaqla hər bir seçimin çevrilmə sürətini artırır. Qeyd etmək lazımdır ki, birincidən başqa qalan bütün bəndlərdən seçmə-saxlama qurğularının çıxarılması konveyer prinsipini pozur.

Bufer sürüsdürmə registrləri, məsələn, $SRg1$, $SRg2$ idarəedici takt signalı (T) ilə sinxron bir addım intervalının misilləri olan zəruri zamana görə gecikdirilmələr daxil edir. Birinci registr $SRg1$ $Q1$ birinci çevirmə addımının nəticəsini $(n+1)T$ intervalı qədər, ikincini $Q2$ - nT qədər və s. sonuncu n -ci registr Q_n -i T qədər gecikdirir.

Bu halda aləti xətanın səbəbləri ola bilər: SSQ-nin ötürmə əmsallarının vahiddən meyillənməsi, gücləndiricilərin ötürmə əmsallarının nominal qiymətdən fərqlənməsi, hər bir MQ-də həssaslıq həddinin olması, ÇQ çəki əmsallarının vahiddən meyillənməsi, bütün sayılan bəndlərdə xarakteristikaların additiv sürüşmələrinin olması, həmçinin ölçünün xətası və onun qiymətinin bəndlərə ötürülməsinin qeyri-dəqiqliyi.

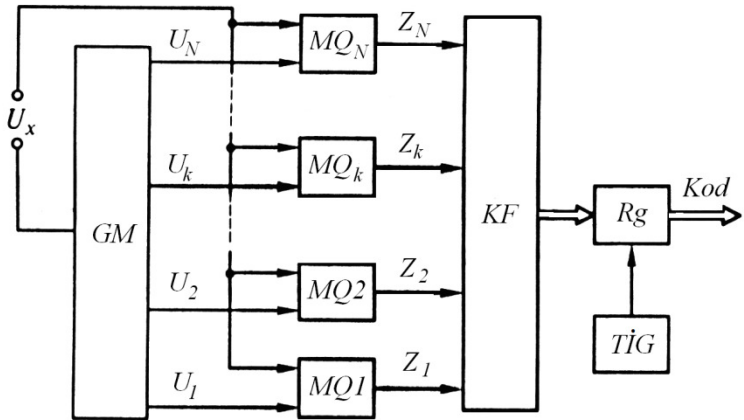
Bu çevirmə prinsipi əsasında informasiya ölçmə sistemlərinin və rəqəmsal ossilloqrafların tərkibinə daxil olan və sürətlə dəyişən proseslərin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulan bəndlər yaradılır.

ARÇ (gərginlikləri ölçmək üçün) mikrosxem kimi hazırlandıqda 200 MHz-dək tezliklə ikilik koda çevirməni (10 dərəcəyə qədər) həyata keçirməyə qadirdir. Çevirmə tsiklinin müddətini azaltmaq üçün ardıcıl yaxınlaşma və tutuşdurma metodlarını birləşdirən kombinə olunmuş sxemdən istifadə edilir. Sonuncu metodla kiçik dərəcələr (3-dən 5-dək) formalaşdırılır.

6.5.5. Eyniləşdirmə çeviriciləri

Belə çeviricilərdə giriş kəmiyyəti U_x eyni vaxtda ölçülər dəsti ilə təzələnən diskret qiymətlərlə U_k müqayisə olunur. Nəticələrin müqayisəsinin məcmusuna görə U_x qiymətləndirilir.

Gərginlik üçün ARÇ-nin sxemi şəkl. 6.17-də göstərilmişdir.



Şəkl. 6.17. Gərginlik üçün tutuşdurma ARÇ

Burada GM - kvantlamının U_k ($k = 1, 2, \dots, N$) N səviyyəsinə müvafiq gərginliklər mənbəyi; MQ $_k$ - müaqqisə qurğuları; KF - ikilik kod formalaşdırıcısı; Rg - bufer registri; TİG - takt impulsları generatoru.

Gərginliklər mənbəyi GM, bir qayda olaraq, U_0 dayaq gərginlik mənbəyindən qidalanana rezistiv bölücüdən ibarət olub kvantlama səviyyələrini formalaşdırır:

$$U_k = U_1 + (k-1)\Delta U_k,$$

burada ΔU_k - kvantlama addımı, $\Delta U_k = U_k - U_{k-1}$.

$0 \leq U_x \leq N\Delta U_k$ olduqda diskretlik xətasının

sərhədlərini simmetrik etmək üçün U_1 səviyyəsinin qiyməti $\frac{\Delta U_k}{2}$ -yə bərabər seçilir.

$U_x > U_m$ giriş gərginliyi müqayisə qurğularının MQ $_k$ çıxışlarında bütün $k \leq m$ üçün $Z_k = 1$ siqnallarının meydana gəlməsinə səbəb olur, qalan MQ-in çıxışlarında siqnallar dəyişməz qalır - $Z_{k>m} = 0$. Bütün $Z_k = 1$ qiymətlərinin cəmi

$\Delta U_x = \pm \frac{\Delta U_k}{2}$ xəta həddi ilə U_x yaxınlaşmanı təşkil edir.

İkilik kod formalaşdırıcısı KF kombinator məntiq avtomatı olmaqla bütün siqnallar Z_k ilə əks olunan ədədi ikilik koda çevirir. Bu kod bufer registrinə Rg (yaddaş) yazılır. Periodik yazma siqnalı TİG-dən daxil olur.

Bu halda xəta mənbələrini U_k kvantlama səviyyələrinin qiymətlərinin nominaldan meyillənməsi və müqayisə qurğularının işləmə həddləri təşkil edir.

Sürətlə dəyişən gərginliklərin işlənməsi üçün nəzərdə tutulan qurğunun girişində TİG-dən siqnalla idarə olunan SSQ tətbiq olunur. Sinxron işləyən SSQ və Rg-nin tətbiqi çevirmənin hər tsiklinin başlanğıcını və sonunu qeyd

etməyə imkan verir ki, bu da hesabatların tarixinin müəyyən edilməsi xətasını azaldır.

Eyniləşdirmə ARÇ mikrosxem kimi kodun dərəcələr sayı 10-dan çox olmamaqla buraxılır. Məhdudiyyət MQ sayı çox olduqda giriş gərginliyinin tam giriş müqavimətinə buraxıla bilən az təsirini təmin etmənin çətinliyi ilə əlaqədardır, belə ki, yarımkeçirici keçidlərin tutumunun girişə təsiri nəzərə alınacaq qədər olur. Bu təsirdən dinamik xəta asılıdır. 1GHs çevirmə tezlikli 8-dərəcəli ARÇ mikrosxemlər məlumdur.

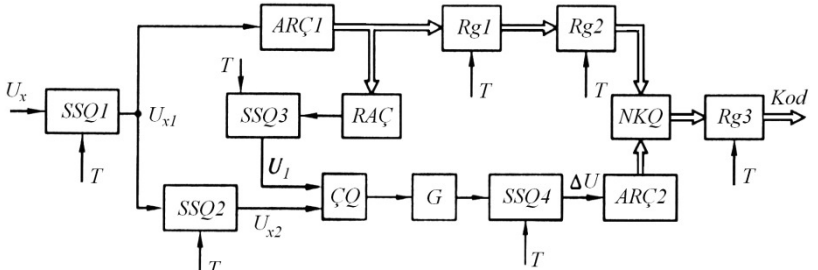
Belə ARÇ rəqəmsal ossilloqraflarda və informasiya ölçmə sistemlərində tətbiq olunur.

Çeviricilərin qurulmasının konveyer üsulu giriş siqnalının diskret qiymətlərini (hesabatlarını) onlara uyğun (ekvivalent) kodlar sırasına (selinə) çevirmək üçün bir neçə ARÇ ilə ardıcıl tətbiq olunmasından ibarətdir. Kodlar (yanaşı) dərəcə qruplarından formalaşır, qruplardan hər biri müəyyən ARÇ-də çevirmənin nəticəsidir. Birinci ARÇ kodun böyük dərəcələr qrupunu formalaşdırır. Böyüklüyünə görə növbəti dərəcələr qrupu ikinci ARÇ tərəfindən giriş kəmiyyəti ilə birinci ARÇ ilə çevirmənin nəticəsinə uyğun qiymətin fərqinə görə müəyyənləşir. Kod dərəcələrinin qalan qiymətləri analogi təyin edilir.

Çeviricilərin birləşdirilməsinin bu üsulu çıxış kodunun dərəcəliliyini artırmağa, qurğunu sadələşdirməyə və qiymətini azaltmağa imkan verir. Yaradılması üçün məlum olduğu kimi $N = 2^n - 1$ sayda müqayisə qurğusu tələb olunan (n - dərəcələrin sayıdır) tutuşdurma ARÇ birləşdirildikdə üsulun üstün xassələri daha parlaq üzə çıxır. Belə ki, 10-dərəcəli ARÇ üçün 1023 MQ lazım gəlir. Hər biri $n_1 = n_2 = 5$ dərəcəli olmaqla iki ARÇ-nin tətbiqi MQ sayını 62-dək ixtisar etməyə imkan verir.

İki ARÇ tətbiq edilən konveyer çevirmə üsulunun sxemi şəkl. 6.18-də verilmişdir, burada SSQ1 – SSQ4 seçmə

- saxlama qurğuları; ARÇ1 və ARÇ2 - bufer registrləri olmayan eyniləşdirmə ARÇ (bax şəkil 6.17), onlar çıxış kodunun dərəcəsi müvafiq olaraq n_1 və n_2 olmaqla eyni kvantlama addımına malikdir; RAÇ – rəqəmsal-analoq çevirici; ÇQ - çıxma əməliyyatını yerinə yetirən qurğu; G - gücləndirici; NTQ - nəticəni korreksiya edən qurğu; Rg1 – Rg3 - bufer registrləri. Periodik impuls signalı T qurğunun işini sinxronlaşdırır.



Şək.6.18. İki tutuşdurma ARÇ-nin konveyer birləşdirilmə sxemi

Onun periodu Δt kəmiyyətin U_x diskretlənmə intervalını müəyyənləşdirir. Tutaq ki, SSQ-nın xətası yoxdur, yəni:

$$U_{x2}(t - \Delta t) = U_{x1}(t) = \delta(t)U_x(t),$$

burada $\delta(t)$ - (impuls) delta-funksiyadır. Birinci periodun Δt keçməsi ilə qiymətləndirmənin kodu n_1 Rg1-in çıxışında meydana gəlir, SSQ3-ün çıxışından isə koda görə bərpa olunan (RAÇ çeviricisi ilə) qiymət $U_1(t - \Delta t) = n_1 \Delta U_k$ meydana gəlir, burada ΔU_k kvantlama addımıdır. İkinci interval Δt ərzində çıxma əməliyyatını yerinə yetirən qurğu ÇQ $\Delta U_1 = U_{x2}(t - \Delta t) - U_1(t - \Delta t)$ fərqi müəyyənləşdirir, gücləndirici G isə onun miqyasını $(n_2 - 1)$ dəfə dəyişir. Bu əməliyyatların nəticəsi $\Delta U(t - 2\Delta t) = \Delta U_1(n_2 - 1)$ SSQ4 vasitəsi ilə ARÇ2-nin

girişinə daxil olur. Eyni vaxtda n_1 kodu Rg2-də qeyd olunur. ARÇ2-də çevirmənin nəticələri - n_2 və n_1 kodları - NTQ qurğusuna (tam cəmləyici) daxil olur ki, burada onlar çıxış kodunun dərəcələrini $n = n_1 + n_2 - 1$ miqdarında yaradır (öz çəkirlərinə uyğun). Sonuncu bərabərlik onu ifadə edir ki, n_2 kodun böyük dərəcəsi n_1 kodun kiçik dərəcəsinə üstələməlidir. Buna səbəb $\Delta U_1 \leq |\pm \Delta U_k|$ fərq işarəsini təyin etmənin vacibliyidir. n_2 kodun böyük dərəcəsi işarəlidir. U_x kəmiyyətinin çevrilməsinin yekun nəticəsi $3\Delta t$ zaman intervalının keçməsi ilə Rg3-ün çıxışında meydana gəlir.

Yaddaş qurğuları (SSQ və Pg) qabaqkı qiymətin işlənməsi başa çatdıqdan sonra növbəti hesabatla U_x görə əməliyyatları yerinə yetirmək üçün bəndləri azad etməyə imkan verir. Dərəcələri (n) artırmaq üçün bu üsulun tətbiqi kiçik dərəcə həddlərində çevirmə xətasını təmin edən RAÇ, ÇQ və G bəndlərinin yaradılmasının çətinliyi ilə məhdudlaşır.

Fəsil 7

PROQRAMLAŞDIRILAN ÖLÇMƏ VASİTƏLƏRİ

7.1. Ümumi məlumatlar

Proqramlaşdırılan ölçmə vasitələrinə sistemdə tətbiq imkanı olan - ölçmə sisteminə qoşula bilən rəqəmsal ölçmə cihazları aiddir. Belə ÖV sistemin standart kanalına qoşulma imkanına malikdir və bu kanalla mübadilə qaydalarını dəstəkləyir. ÖV-nin sistemə qoşulma qaydaları interfeys

anlayışına daxildir. İnterfeys bir çox hallarda ÖV-nin qurulmasının və istifadəsinin səmərəliliyini müəyyənləşdirir.

Proqramlaşdırılan ÖV-nin üç əsas qrupunu qeyd edək:

- kanalla verilən əmrlərin köməyi ilə rejimləri idarə oluna bilən cihazlar - proqramla idarə olunan cihazlar;
- idarəetmə qurğusu mikroprosessor modullarının bazasında qurulan cihazlar - proqramlaşdırılan ölçü cihazları;
- ölçmə funksiyaları EHM-də proqram vasitələri kimi reallaşan cihazlar - virtual ölçü cihazları.

Cihazların *birinci* qrupu qəti idarəetmə məntiqinə malikdir, bir neçə rejimdə işləyə bilir: müxtəlif kəmiyyətləri ölçmək; müxtəlif diapazonlarda ölçmələri yerinə yetirmək; əmrə görə ölçmələri yerinə yetirmək. Cihazın idarə edilməsi, bir qayda olaraq, həm üz panelindən, həm də kanal vasitəsilə həyata keçirilə bilər.

Cihazların *ikinci* qrupu cihazın bütün modullarını (üz panelində idarəetmə və əksətdirmə orqanları, ölçmə çeviriciləri və cihazın kanalları) idarə edən mikroprosessor idarəetmə blokuna malikdir. O, kanalla mübadilə rejimini dəstəkləyir. Mikroprosessor idarəetmə bloku xüsusi vasitələrin köməyi ilə, yaxud kanal vasitəsi ilə proqramlaşdırıla və yenidən proqramlaşdırıla bilər. Mikroprosessorların tətbiqi ölçmə qurğularının imkanlarını xeyli genişləndirmiş, yeni funksional imkanların reallaşmasına imkan vermişdir. Ölçmə vasitələrinin yaradılmasında mikroprosessorların tətbiqinin əsas üstünlüklərini sadalayaq.

1. Cihazların metroloji xarakteristikalarının yaxşılaşması. Cihazın (ölçmə kanalının) tərkibində mikroprosessorun olması xətanın sistemik və təsadüfi tərkib hissələrini azaltmağa imkan verir. Sistemik tərkib hissə öz-özünü kalibrəmə proseduru daxil etmək yolu ilə azaldıla bilər: sistemik xətanın additiv və multiplikativ tərkib hissələri təshih olunur (düzəldilir). Təsadüfi xətaların təsiri çoxdəfəli ölçmələr aparmaqla azaldıla bilər.

2. Cihazların imkanlarının genişlənməsi (bir neçə ölçmə alqoritminin reallaşması, funksiyalarının yenidən proqramlaşdırılması).

3. Dolayı ölçmələrin dəqiqliyinin yüksəlməsi (analoq yox, rəqəm şəklində hesablama əməliyyatlarının yerinə yetirilməsi hesabına). Həm də mürəkkəb obyektlərin çox sayda göstəricilər üzrə tədqiqi üçün vacib olan birgə və məcmuu ölçmələr həyata keçirilə bilər.

4. Ölçülən kəmiyyətlərin statistik xarakteristikalarının (riyazi gözləmə, dispersiya) əldə edilməsi.

5. Cihazların xarici ölçülərinin və tələb etdiyi gücün azalması (idarəetmə blokunda integral mikrosxemlərin korpuslar sayının ixtisar edilməsi hesabına).

6. Cihazların etibarlılığının yüksəlməsi (lehimlənən və ayrılı bilən birləşmələrin sayının azalması hesabına).

7. İşləmələrin müddətinin qısalması (idarəetmə qurğularının proqramlaşdırılması və yenidən proqramlaşdırılması).

8. Cihazın ölçmə sisteminin tərkibinə qoşulma məsələsinin asanlaşması (nəticələrin mikroprosessor idarə blokunun yaddaşında toplanmasının təşkilinin və sistem interfeyslərindən birinin realizasiyasının mümkünlüyü).

9. Ölçmə nəticələrinin riyazi funksiyalarının, o cümlədən nəticələrin xətasının hesabını əldə etmə imkanı.

10. Dinamik ölçmələrin və tarixi müəyyən olunmaqla ölçmələrin həyata keçirilməsinin mümkünlüyü.

Cihazların *üçüncü* qrupu mikro EHM üçün obyekt - istiqamətli proqramlaşma sistemlərinin geniş yayılması ilə əlaqədar meydana gəlmişdir. O, öz idarəetmə və informasiyanı təqdim etmə orqanları olan virtual cihazlar şəklində tərtib olunan ölçmə alqoritmlərinin proqram reallaşmasını təmsil edir. Virtual ölçmə cihazları öz əyaniliyi, konstruksiya edilməsinin əlverişli olması və nisbətən aşağı qiyməti hesabına müəyyən növ ölçmələr və ölçmə sistemləri üçün geniş tətbiqini tapmışdır.

7.2. Cihaz interfeysləri

İnterfeys anlayışı informasiya-ölçmə vasitələrində geniş istifadə olunur.

İnterfeys - bu, sistemin modullarının qarşılıqlı təsirini təmin edən kompleks vasitə və qaydalaradır. Aparat, proqram, aparat-proqram, intellektual interfeys, istifadəçinin interfeysi və s. anlayışlar mövcuddur.

OSİ/İSO beynəlxalq standartına uyğun olaraq interfeysin təşkilinin yeddi səviyyəsi fərqləndirilir: tətbiqi; təqdimetmə; seans; nəqletmə; şəbəkə; kanal; fiziki.

Proqramlaşdırılan ölçmə vasitələrinin interfeyslərinin strukturu fiziki və kanal səviyyələri ilə müəyyən olunur. İnterfeysin fiziki səviyyəsinin radial və magistral qurulma prinsiplərini, verilənlərin paralel və ya ardıcıl ötürmə prinsipini fərqləndirirlər.

Radial prinsip sürətli daxil olmanın və qurğular arasında mübadilənin realizasiyası üçün istifadə olunur, ancaq fiziki səviyyədə radial rabitələrin təşkili (siqnal xüsusi ayrılmış şin ilə ötürülür) üçün əlavə aparat məsrəfləri tələb edir.

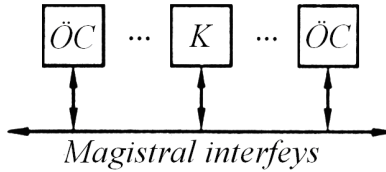
Magistral prinsip minimal aparat məsrəflərinə malikdir, belə ki, bu interfeyslərdə bütün qurğular interfeysin fiziki səviyyəsinin eyni bir şininə qoşulur, sistemin modullarının qarşılıqlı təsiri standart qaydalarla - verilənləri ötürmənin zaman diaqramları ilə təyin edilir. Ölçmə vasitələrinin qurulmasının magistral prinsipi daha geniş tətbiqini tapmışdır.

İnformasiyanı ötürmənin *paralel* prinsipi verilənlərin, ünvanların və əməllərin paralel kodla paralel şinlər (naqillər) üzrə ötürülməsini təmin edir. Şinlərin sayı ötürülən informasiyanın dərəcəsinə bərabərdir. İdarəetmə siqnallarının ötürülməsi üçün xüsusi şinlər nəzərdə tutulmuşdur, bununla belə müxtəlif modifikasiyalı

interfeyslərdə şinlərin sayı müxtəlifdir və, bir qayda olaraq, seçilən standartla, yaxud istehsalçı firma tərəfindən müəyyən edilir.

İnformasiyanı ötürmənin *ardıcıl* prinsipi verilənlərin, ünvanların və əməllərin ardıcıl kodla iki şin (naqıl) üzrə ötürülməsini təmin edir, bu zaman eynilə paralel interfeysdə olan əməliyyatlar yerinə yetirilir.

Magistral paralel interfeysin (MPI) təşkili prinsiplərinə baxaq. Magistral interfeysin bazasında qurulan ölçmə vasitələrinin strukturu şək. 7.1-də göstərilmişdir.



Şək. 7.1. Magistral interfeys bazasında ölçmə vasitəsinin strukturu

Ölçü cihazları (ÖC) interfeysin eyni şinlərinə (naqillərinə) qoşulur. İdarəetmə qurğusu - nizamlayıcı - da bu şinlərə qoşulur.

Nizamlayıcı ölçmə modullarının işini magistral interfeyslə ötürülən əməllərin köməyi ilə idarə edir. Ölçmə modulları nizamlayıcı ilə və öz aralarında da magistral interfeyslə informasiya mübadiləsi edir. Bu əməliyyatları yerinə yetirmək üçün interfeys fiziki və kanal səviyyələrinə malik olur ki, onlar şinlər (naqillər) dəstindən və qaydalardan (zaman diaqramları) ibarətdir.

İnterfeysin şinlərində aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetirilə bilər:

- oxuma (Ox)
- yazma (Yz)
- mübadiləyə sorğu (Müb. sorğ.)

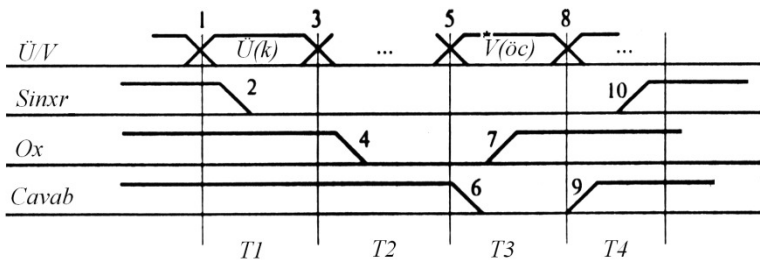
Əməliyyatlar istənilən modullar və nizamlayıcı arasında bütün növ məlumatların (verilənlər, idarəetmə,

əmr, vəziyyət) ötürülməsini təmin edir. Məlumatın ötürülmə istiqaməti aparıcı modula nəzərən əməliyyat növü ilə müəyyən edilir (nizamlayıcı oxuyur, nizamlayıcı yazır). Mübadiləyə sorğu əmri ölçmə modulundan nizamlayıcı mübadilənin lazım olması haqqında məlumatın ötürülməsini təmin edir.

Müxtəlif istehsalçı firmaların MPI üçün çox sayda modifikasiyaları mövcuddur. Ancaq lazım olan siqnalı cəlb etməklə bu interfeysdə modullar mübadiləsinin təşkilinin əsas prinsiplərinə baxmaq (siqnalın adları ümumiləşmiş xarakter daşıyır).

İnterfeysin fiziki səviyyəsi siqnalın səviyyəsinə, həm də siqnal qəbuledicilərinin və ötürücülərinin xarakteristikalarına tələbləri müəyyənləşdirir. Əksər interfeyslər məntiqi sıfırı ötürmək üçün yüksək gərginlik səviyyəsi ($+U$), məntiqi vahidi ötürmək üçün aşağı gərginlik səviyyəsi ($-U$) istifadə edir.

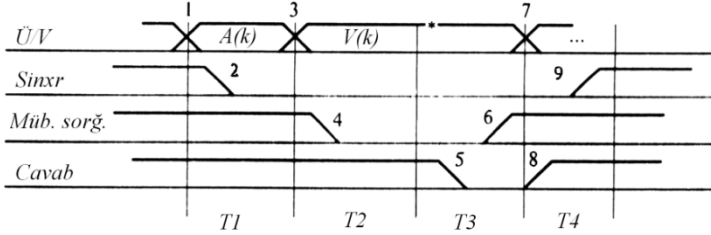
Kanal səviyyəsi informasiyanı ötürmə qaydalarını - zamana görə əməliyyat ardıcılığını müəyyənləşdirir. Şək. 7.2 və 7.3-də MPI-də Ox və Yz əməliyyatlarının yerinə yetirilməsinin zaman diaqramları verilmişdir.



Şək.7.2. MPI-də oxuma rejimi

Şinlərlə verilənləri ötürmək üçün əməliyyatların müəyyən ardıcılığı yerinə yetirilir: nizamlayıcı müəyyən siqnalı qoyur, qurğular da həmçinin müvafiq şinlərə siqnalı qoymaqla cavab verir. Əyaniliyi sadələşdirmək

üçün zaman diaqramlarında əməliyyatların ardıcılığını əks etdirən zaman işarələri (rəqəmlər) qoyulub. Əməliyyatın yerinə yetirilməsi dörd takta bölünüb: T1 - ünvanın ötürülməsi və oxunması (şifrin açılması); T2 - əməliyyat növünün verilməsi; T3 - əməliyyatın yerinə yetirilməsi; T4 - mübadilə tsiklinin yekunlaşması.



Şək. 7.3. MPI-də yazma rejimi

Ox əməliyyatının yerinə yetirilməsi zamanı əməliyyatların ardıcılığına baxaq (bax şək. 7.2). Rəqəmlər diaqramda zaman kəsiklərinə uyğun gəlir.

1. Nizamlayıcı ünvanlar / verilənlər (\dot{U}/V) şifrlərinə ünvan (\dot{U}) qoyur. Ünvan paralel ikilik kod şəklində qoyulur. Müxtəlif interfeyslərdə şifrlərin sayı müxtəlif ola bilər - 8, 16, 24 və s.

2. Nizamlayıcı əməliyyatın bütün yerinə yetirilmə müddətində verilənlərin ötürülməsinin sinxronlaşdırılması signalını ($Sinxr$) qoyur. Sinyalın mənfi ön tərəfinə görə (gərginliyin yüksək səviyyədən ($+U$) aşağı səviyyəyə ($-U$) keçidi) bütün ölçü cihazları ünvanı qəbul edir və özününkü ilə müqayisə edir. Əgər ünvan üst-üstə düşərsə, qurğu əməliyyatı yerinə yetirməyə qoşulur, üst-üstə düşməzsə, növbəti siqnalara reaksiya vermir.

3. Nizamlayıcı \dot{U}/V şifrlərindən ünvanı götürür.

4. Nizamlayıcı xüsusi şifinə oxuma signalını (Ox) qoyur. O, mübadilənin növünü (istiqlalətini) müəyyən edir.

5. Əməliyyata qoşulan ÖC *Ox* siqnalını qəbul edir və verilənləri (V) Ü/V şinlərinə qoyur (ölçmənin nəticəsi).

6. ÖC verilənlərin (ölçmənin nəticəsi) Ü/V şinlərinə qoyulması haqqında məlumat verərək *Cavab* siqnalını qoyur.

7. Nizamlayıcı Ü/V şinlərindən verilənləri tutuşdurub yoxlayır (bax şəkil 7.2-də *) və *Ox* siqnalını götürür.

8. ÖC Ü/V şinlərindən verilənləri götürür.

9. ÖC *Cavab* siqnalını götürür və əməliyyatın yerinə yetirilməsindən ayrılır.

10. Nizamlayıcı MPI-də oxuma əməliyyatını yekunlaşdıraraq *Sinxr* siqnalını götürür.

Beləliklə, nizamlayıcı MPI-də *Ox* əməliyyatını yerinə yetirdi. Bu əməliyyat nəticəsində ÖC verilənləri (ölçmənin nəticəsi) nizamlayıcı ötürür.

Yz əməliyyatının yerinə yetirilməsi zamanı əməliyyatlar ardıcılığı verilənlərin nizamlayıcıdan ÖC-yə ötürülməsini təmin edir (bax şəkil 7.3).

1. Nizamlayıcı ünvanlar/verilənlər (Ü/V) şinlərinə ünvan (Ü) qoyur. Ünvan paralel ikilik kod şəklində qoyulur.

2. Nizamlayıcı verilənlərin ötürülməsinin sinxronlaşdırılması siqnalını *Sinxr* qoyur. Siqnal bütün əməliyyatın yerinə yetirilməsi müddətinə qoyulur. Siqnalın ön tərəfinə görə bütün ölçmə cihazları ünvanı qəbul edir və özününkü ilə müqayisə edir. Ünvan üst-üstə düşdükdə qurğu əməliyyatın yerinə yetirilməsinə qoşulur, üst-üstə düşmədikdə növbəti siqnallara reaksiya vermir.

3. Nizamlayıcı Ü/V şinlərindən ünvanı götürür və ötürülən verilənləri (V) qoyur.

4. Nizamlayıcı xüsusi şinə mübadilənin növünü (istiqlalətini) müəyyən edən *Yazma* (Yz) siqnalını qoyur.

5. Əməliyyata qoşulan ÖC Ü/V şinlərində verilənləri tutuşdurub yoxlayır (*) və verilənləri qoyur; *Cavab* siqnalı məlumat verir ki, verilənlər qəbul edilmişdir.

6. Nizamlayıcı Yz siqnalını götürür.

7. Nizamlayıcı Ü/V şinlərindən verilənləri götürür.

8. ÖC *Cavab* siqnalını götürür və əməliyyatın yerinə yetirilməsindən ayrılır.

9. Nizamlayıcı MPI-də Yz əməliyyatını yekunlaşdıraraq *Sinxr* siqnalını götürür.

Beləliklə, nizamlayıcı ölçmə cihazlarına ölçmə informasiyası, əmrlər, hər bir ÖC üçün iş rejimi verməklə ölçmənin başlanma vaxtını ötürə bilər, bununla da ölçmələrin aparılmasının idarə olunmasını təmin edir.

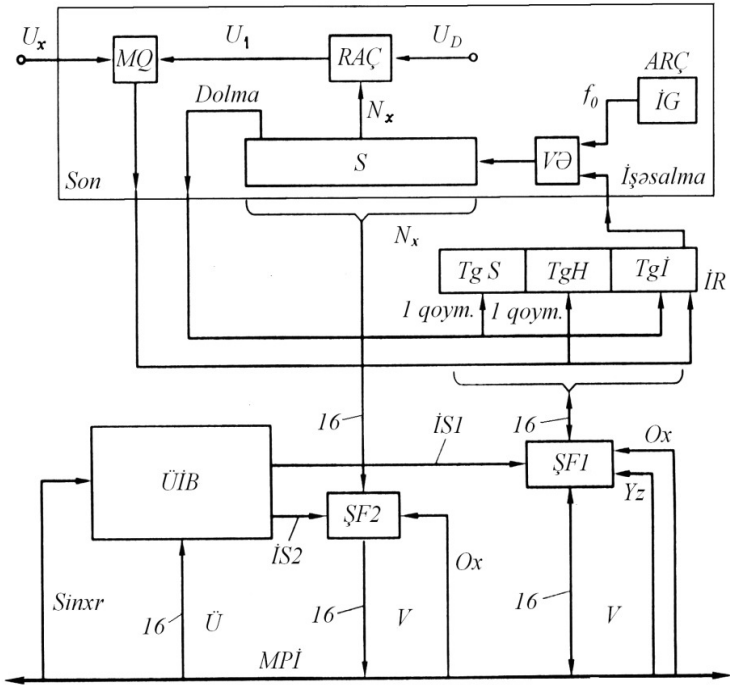
7.3. Proqramlaşdırılan ölçmə qurğularının qurulması

Proqramlaşdırılan nizamlayıcı ölçmə qurğusunun qurulma prinsipinə işini MPI vasitəsilə idarə edən analoq-rəqəmsal çeviricinin ARÇ misalı üzərində baxaq.

Qurğunun struktur sxemi şəkl. 7.4-də göstərilmişdir. ARÇ-yə daxildir: müqayisə qurğusu MQ; rəqəmsal-analoq çeviricisi RAÇ; ikilik sayğac S; f_0 nümunə tezlikli impulslar generatoru İG; məntiq element VƏ. RAÇ-yə U_D nümunə gərginliyi və N_x kodu verilir. RAÇ-nin çıxışında

gərginliyin koda hasilinə $U_1 = \frac{U_D N_x}{N_{xnom}}$ bərabər olan U_1

gərginliyi formalaşır. ARÇ-nin girişinə naməlum gərginlik U_x verilir. ARÇ-nin işinin idarə olunması üçün idarəetmə registri İR istifadə edilir. Onun dərəcələri (triggerlər) müəyyən təyinatla malikdir: işəsalmanı idarə edən trigger (Tgİ); ARÇ-də nəticənin hazırlıq triggeri (TgH); ARÇ-nin işində səhv triggeri (TgS).



Şək. 7.4. Proqramlaşdırılan ölçü cihazının struktur sxemi

ARÇ-nin işinin ardıcılığı:

1. İşə başlamaqdan əvvəl S atılmışdır - S-in bütün dərəcələri 0-a bərabərdir. İR-nin bütün dərəcələri atılmışdır - İşəsalma siqnalı məntiqi 0 qiymətinə malikdir. İG-nun

çıxışında düzbucaqlı impulslar f_0 formalaşır. ARÇ-nin girişinə naməlum gərginlik U_x verilmişdir.

2. ARÇ-nin işə salınması *İşəsalma* signalının məntiqi 1-ə qoyulması - işəsalmanı idarə edən triggerin Tg1 1-ə qoyulması ilə həyata keçirilir. Məntiqi 1 VƏ məntiq elementinin girişinə daxil olur. Onun digər girişinə isə düzbucaqlı impulslar f_0 daxil olur. Məntiqi 1 impulsların VƏ məntiq elementindən keçməsnə icazə verir, impuls S-in girişinə daxil olur.

3. Sayğac S impulsları saymağa başlayır, onu çıxışlarında daxil olan impulsların sayına bərabər və 0-dan maksimal qiymətədək (N_{xmax}) dəyişən N_x kodunun qiyməti dəyişir. Kodun maksimal qiyməti S-in neçə dərəcəli olması ilə təyin edilir.

4. N_x kodu sayğacdən RAÇ-nin girişlərinə daxil olur. 0, kodu U_1 gərginliyinə çevirir. N_x kodunun qiyməti sıfırdan maksimuma qədər dəyişdiyindən U_1 gərginliyinin qiyməti də sıfırdan maksimal qiymətədək (U_D) dəyişir, həm də kodun N_x artması ilə xətti artmağa başlayır.

5. U_1 gərginliyi müqayisə qurğusunun MQ girişinə daxil olur, digər girişinə (ARÇ) isə ölçülən gərginlik U_x daxil olur. U_1 gərginliyi U_x gərginliyinə bərabər olanda müqayisə qurğusu MQ *Son* signalını hasil edir. Bu signal işəsalmanı idarə edən triggerin Tg1 sıfır qoyan girişinə *Atma* signalı şəklində daxil olur.

6. İşəsalmanı idarə edən trigger Tg1 0-a atılır, yəni *İşəsalma* signalı məntiqi 0 qiymətini alır. VƏ məntiq

elementi f_0 impulslarını S sayğacın girişinə keçməyə qoymur. Sayağcın çıxışında N_x kodunun iki U_1 və U_x gərginliklərinin bərabərliyinə müvafiq qiymət qeyd olunur. Beləliklə, sayğac S ölçmənin nəticəsini - giriş ölçülən gərginliyə U_x ekvivalent kodu saxlayır.

7. ARÇ işinin yekunlaşmasının indikasiyası məqsədi ilə nəticənin hazır olması triggerinin TgH qoyulma girişinə *Son* siqnalı daxil olur və onu 1-ə qoyur. TgH-da 1-in olması ARÇ işinin müvəffəqiyyətlə sona çatmasını və S-də ölçmə nəticəsinin kodunun saxlanması göstərir.

8. U_1 və U_x gərginliklərinin müqayisə olunmadığı halda (ölçmə diapazonu düzgün seçilməmişdir) S sayğacı maksimal qiymətinədək $N_{x\max}$ sayır. Bundan sonra onun girişinə növbəti impulsun daxil olması S-in dolmasına - *Dolma* siqnalının formalaşmasına səbəb olur. Dolma impulsu işəsalmanı idarə edən triggerin TgI atma girişinə daxil olur və ARÇ-nin işini dayandırmaqla onu 0-a qoyur, həm də səhv triggerinin TgS qoyma girişinə onu 1 vəziyyətinə gətirməklə daxil olur. TgS-in çıxışında vahid ARÇ-nin işinin düzgün olmadan başa çatdığını göstərir.

Beləliklə, idarəetmə registrinin İR köməyi ilə ARÇ-nin işini idarə etmək, onun işinin nəticəsini təhlil etmək olar. ARÇ-nin işi düzgün başa çatdıqda sayğacda S ölçmənin nəticəsi saxlanır. İdarəetmə registri İR və sayğac S yaddaş elementləridir ki, onlara interfeys vasitəsilə müraciət edərək ARÇ-nin işini idarə etmək, onun vəziyyətini təhlil etmək, ölçmənin nəticələrini tutuşdurub yoxlamaq olar. Magistral paralel interfeysin MPI köməyi ilə onun necə həyata keçirildiyinə baxmaq.

Proqramlaşdırılan ölçü cihazının ÖC işini nizamlayıcı K idarə edir. Hər iki qurğu MPİ-yə qoşulur (bax şəkil 7.1). Nizamlayıcı proqramı yerinə yetirərək oxuma Ox (bax şəkil 7.2) və yazma Yz (bax şəkil 7.3) əməliyyatlarının köməyi ilə ÖC ünvanları üzrə ölçü cihazına müraciət edir. Baxılan misalda ÖC iki yaddaş elementinə malikdir: idarəetmə registri İR və saygac S. Odur ki, ona iki ünvan verilməlidir: ARÇ idarəetmə registrinin ünvanı (\dot{U}_{IR}) və ölçmə nəticəsinin (saygacın) ünvanı (A_S).

MPİ ilə qoşulma və işləmək üçün ÖC ünvanları idarəetmə blokuna (\dot{U}_{IB}) və şin formalaşdırıcılarına ŞF1 və ŞF2 malikdir. Şin formalaşdırıcıları MPİ-nin ünvanlar/verilənlər (\dot{U}/V) şinlərinə İR və S-in qoşulmasını və informasiyanın hansı əməliyyatın - Ox və ya Yz əməliyyatının yerinə yetirilməsindən asılı olaraq verilən istiqamətə ötürülməsini təmin edir. İstiqaməti müvafiq siqnallar müəyyənləşdirir (bax şəkil 7.4). \dot{U}_{IB} MPİ şinlərinə qoyulan ünvanın $Sinx$ siqnalının frontuna görə (bax şəkil 7.4) təhlilini (bax şəkil 7.2, 7.3-də takt T1) təmin edir. Əgər şinlərə İR ünvanı qoyularsa, \dot{U}_{IB} idarəedən siqnal İS1 hasil edir. Bu zaman ŞF1 qoşulur və Ox əməliyyatı yerinə yetiriləndə İR-dən və ya Yz əməliyyatı yerinə yetiriləndə MPİ şinlərindən verilənlərin ötürülməsini təmin edir. Əgər şinlərə S ünvanı qoyularsa, \dot{U}_{IB} idarəedən siqnal İS2 hasil edir. Bu zaman ŞF2 qoşulur və Ox əməliyyatı yerinə yetirilərkən S-dən verilənlərin (ölçmənin nəticəsi) MPİ şinlərinə ötürülməsini təmin edir. Əgər şinlərdə ARÇ-nin ünvanlarına uyğun gəlməyən ünvan yerləşərsə, \dot{U}_{IB} bunu müəyyənləşdirir və ÖC MPİ şinlərinə qoşulmur, informasiya mübadiləsində iştirak etmir. Beləliklə, təsvir olunan bloklar K-nın MPİ şinlərinə hasil etdiyi siqnallara ÖC-nin reaksiyasını təmin edir, yəni Ox və Yz əməliyyatlarının zaman diaqramlarının ödənməsini (bax şəkil 7.2, 7.3), beləliklə də K və ÖC arasında informasiyanın ötürülməsini təmin edir.

ÖC idarə etmək üçün nizamlayıcı aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirməlidir:

1. ÖC - ARÇ -nin işə salınması.
2. ARÇ-nin hazırlığının yoxlanılması - ARÇ ölçməni sona çatdırmışdır, nəticə düzgündür.
3. ARÇ-nin səhvlərinin yoxlanılması - ARÇ işləyərkən S-in dolması baş vermişdir, nəticə düzgün deyildir.
4. Ölçmənin nəticəsinin oxunması.

ARÇ-nin işə salınması üçün K nizamlayıcı 1 kodunu İR-də Tgİ-nin işəsalmanı idarəetmə dərəcəsinə, yəni Ü_{İR} ünvanına yazma Yz əməliyyatını yerinə yetirməlidir.

ARÇ-nin hazırlığını, yaxud ARÇ-nin səhvlərini yoxlamaq üçün nizamlayıcı K U_{İR} ünvanı üzrə oxuma Ox əməliyyatını yerinə yetirməlidir. ARÇ İR-də olanlar nizamlayıcı K proqramına veriləcəkdir. ARÇ-ni idarə edən K-nın proqramında ARÇ-nin - İR idarəetmə registrinin TgH hazırlıq dərəcəsinin, ARÇ-nin - İR idarəetmə registrinin TgS səhv dərəcəsinin təhlili nəzərdə tutulmalıdır. Əgər TgH 1 vəziyyətində yerləşərsə, ARÇ ölçmə aparılmışdır və nəticə S-də yerləşir, əgər 0 vəziyyətindədirsə, onda ARÇ ya ölçməni yekunlaşdırmamışdır, ya da onun iş prosesində səhv baş vermişdir. Əgər TgS 1 vəziyyətində yerləşərsə, ARÇ-nin iş prosesində səhv aşkar olunmuşdur - nəticəni istifadə etmək olmaz, əgər 0 vəziyyətindədirsə, səhvlər yoxdur.

ARÇ-dən ölçmənin nəticəsinə oxumaq üçün K nizamlayıcı ARÇ sayğacından S, yəni Ü_S ünvanından oxuma əməliyyatını yerinə yetirməlidir.

Beləliklə, ÖC-nin nəzərdən keçirilən struktur sxemi MPİ vasitəsi ilə informasiya mübadiləsinin bütün lazım olan rejimlərini təmin edir. Beləliklə də, ARÇ-nin işinin idarə edilməsinin mümkünlüyünü, ARÇ-nin vəziyyətinin təhlilini, ölçmənin nəticəsinin oxunmasını təmin edir.

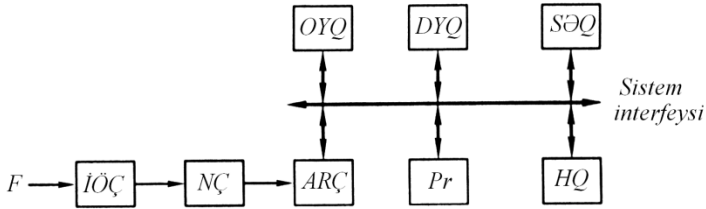
Bu paraqrafda ARÇ işinin proqramlaşdırılmasına sadə misal nəzərdən keçirilmişdir. Real ÖC daha mürəkkəb struktura malik olur, xeyli çox ölçmə funksiyalarını yerinə yetirə bilir. Bu zaman İR-in strukturu mürəkkəbləşir, lakin idarəetmə kodlarının İR-ə yazılma prinsipi, ÖC-nin vəziyyət dərəcələrinin oxunması eynilə qalır və nəzərdən keçirilənə tam uyğun gəlir.

7.4. Prosessorlu ölçmə vasitələri

Bir kristallı mikro EHM-in (xarici terminologiyada quraşdırılmaqla tətbiq üçün mikronəzarətçi, sonra – mikronəzarətçi (MN) meydana gəlməsi və nomenklaturunun daim genişlənməsini işləmələrin müddətlərinə və qiymətinə artan tələblərlə izah etmək olar. Bununla belə işləyib hazırlayanların rastlaşdıqları problemlər demək olar ki, dəyişməmişdir: eynilə layihəni qiymətinə görə optimallaşdırmaq məqsədi ilə məhdud ehtiyatları bölüşdürmək lazım gəlir. Məsələn, informasiya ölçmə sistemlərində (İÖS) və tərkibinə tezlik çıxışlı ilkin ölçmə çeviriciləri (İÖÇ) daxil olan cihazlarda qoşulan taymerləri period və tezliyi ölçən kanallarla tarixini müəyyən etməklə ölçmələri təmin edən saatlar arasında bölmək lazım gəlir. Müasir mikronizamlayıcıların tərkibinə daxil olan analoq-rəqəmsal çevirici hər şeydən əvvəl dərəcələr üzrə müvazinətlənmə prinsipini realizasiya edir. Bu prinsip standart tətbiqlər üçün tam yararlıdır, ancaq nə cəld işləməyə, nə də maneələrdən qorunmasına görə rekord deyildir. Kristalda yerləşən daimi yaddaş qurğusunun (DYQ) böyük tutumu tez-tez xarici DYQ-dan imtina etməyə imkan verir. Lakin sistem tətbiqli ölçmə vasitələrinin qurulmasını çətinləşdirən əsas problemlərdən biri tək cə hesablamə prosedurunun realizə edilməsi üçün yox, həm də nəticələrin yadda saxlanması üçün vacib olan verilənlərin

operativ yaddaş tutumunun məhdudluğudur (onlarla, yaxud yüzlərlə bayt).

Ölçmə dövrəsinə prosessor qoşulan ölçmə vasitələri - prosessorlu ölçmə vasitələri (P_r ÖV) - sadə halda şək. 7.5-də verilən struktura malikdir.



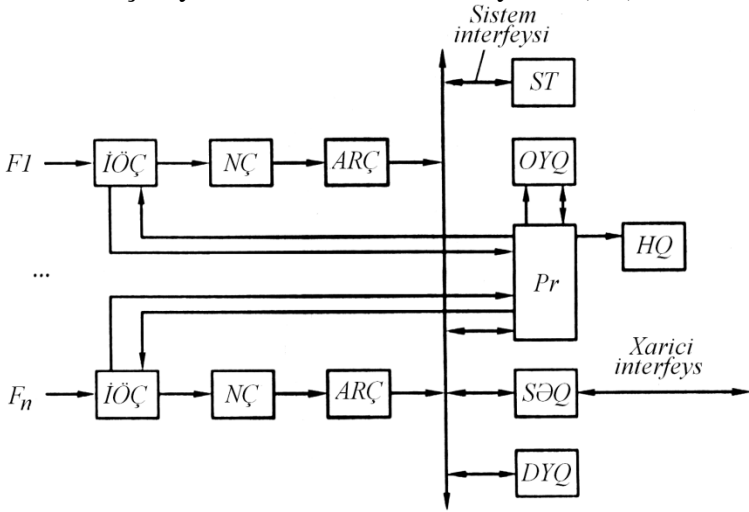
Şək. 7.5. Sadə strukturlu prosessorlu ölçmə vasitələri:

F-fiziki kəmiyyət; İÖÇ-ilkin ölçmə çeviricisi; NÇ-normalaşdırıcı çevirici; ARC-analoq-rəqəmsal çevirici; P_r -prosessor; OYQ-operativ yaddaş qurğusu; DYQ-daimi yaddaş qurğusu; HQ-hesabat qurğusu; SƏQ-yuxarı səviyyə sistemi ilə əlaqə qurğusu

Müasir ölçü cihazlarında tez-tez bir neçə fiziki kəmiyyətin, əsas fiziki kəmiyyətin və əlavə xətalari azaltmaq üçün bir neçə təsir edən kəmiyyətin ölçülməsi kimi məsələlər həll olunur. Bundan başqa, avtokalibrəlmə və cihazın ölçmə nəticələrinə təsir edən xüsusi qurğularının idarə edilməsi kimi məsələ də yaranır. Məsələn, qazoanalizatorlarda pnevmatik traktın klapanlarının, sərfə vadar edənin idarə olunmasına, onun işinin stabilliyinin təminatına zərurət vardır. Sayılan səbəblərə görə ölçü cihazı, hətta o, istifadəçi üçün birkanallı olsa belə, faktiki olaraq bir neçə fiziki kəmiyyəti ölçür və daxili təşkilinə görə ölçmə sisteminə oxşayır.

Elektron komponentlərin (ARC, mikro nizamlayıcı) qurulma prinsiplərinin dəyişməsi, fiziki kəmiyyətin ölçülən qiymətinə uyğun paralel və ya ardıcıl kod verən bir korpusda birləşdirilmiş ölçmə kanallarının meydana çıxması PrÖV-nin təşkili strukturuna təsir edən digər amillərdir.

Bir neçə fiziki kəmiyyətin ölçülməsini yerinə yetirən PrÖV-nin strukturu şəkl.7.6-da verilmişdir. Buraya processora nəzərən xarici ARÇ, ardıcıl sistem interfeysi üzrə processorla (Pr) mübadilə olunan verilənləri uzun müddət saxlamaq üçün xarici DYQ, paralel interfeysli xarici operativ yaddaş qurğusu (OYQ) olan tarixini müəyyən etməklə ölçməyə imkan verən sistem taymeri (ST) daxildir.



Şəkl.7.6. Bir neçə fiziki kəmiyyəti ölçmək üçün PrÖV-nin strukturu

Çox sayda müxtəlif növ kəmiyyətləri ölçən mürəkkəb sistemləri qurmaq üçün ardıcıl interfeys şində aparıcı və aparılan qurğular arasında ünvan mübadiləsini təşkil etməli, ünvanları dəyişmək imkanını təqdim etməlidir. Cihazın (sistemin) elementləri arasında mübadilə üçün ardıcıl interfeysdən istifadə rabitə xətlərinə, lövhələrin ölçülərinə qənaət etməyə imkan verir, lakin o, xarici yaddaşa verilənlərin mübadiləsinə böyük vaxt sərfini ehtimal edir. Processor ölçmə dövrəsinə qoşulduqda dərəcələmə xarakteristikalarına, yaxud sisetmatik xətalari korreksiya üçün tətbiq olunan və cədvəl formasında verilən sərhəd və

düzəliş massivlərinə tez daxil olmaya zərurət yarana bilər. Bu halda ÖC-yə qoşulmaq üçün ünvanlar/verilənlər xarici paralel şinlərinə, yaxud konstant massivlərini proqramların rezident yaddaşında yerləşdirmək imkanına malik olan mikronizamlayıcılar daha üstün görünür.

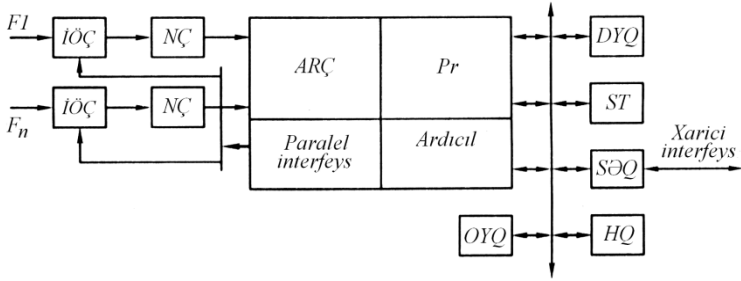
Ardıcıl interfeysli DYQ OYD-yə nisbətən daha çox yayılmışdır. Belə ki, ardıcıl kanalla bufer registrinə ünvan və verilənlərin yazılışı ümumilikdə millisaniyələr çəkən proqramlaşma tsiklində ən uzun əməliyyat deyildir. Paralel interfeysli yaddaşa müqayisədə tutuşdurulub yoxlanmada zamana görə 10-20 dəfə uduzmaq sistemin strukturunun layihələndirilməsi və element bazasının seçilməsi mərhələsində nəzərə alınmalıdır.

Əlavə (xarici) operativ yaddaşın tətbiqi haqqında məsələyə o halda baxıla bilər ki, işlənib hazırlanan cihaz, periferiya nizamlayıcı, ölçmə informasiyasını toplayan yarımsistem verilənlərin yuxarı səviyyə yarımsisteminə ötürülmədən qabaq toplanması və ya arxivlənməsi funksiyalarını yerinə yetirməli olsun.

Paralel interfeyslə həllin üstünlüyü - sistemin daha yüksək cəld işləməsidir, onun çatışmazlığı isə - mikro nizamlayıcı diskret daxiletmə-çıxarma və kristalda yerləşən periferiya qurğularından istifadə üzrə imkanlarını məhdudlaşdırmadır. Ardıcıl interfeysli yaddaşın tətbiqi halında cəldişləmədə uduzmaqla (xüsusilə tək-tək baytların yazılması zamanı) barışmaq lazım gəlir - blokların yazılması zamanı ünvanların avtomatik çoxalması hesabına əlavə xərclər ixtisar olunur, lakin diskret daxiletmə-çıxarma və periferiya qurğuları üçün xətlərə qənaət etmək mümkün olur.

Öz tərkibində inteqrallanmış ARÇ ilə mikro nizamlayıcı, xarici periferiya qurğuları və yaddaşa əlaqə üçün ardıcıl magistrallı interfeys, İOÇ-nin idarə edilməsi üçün paralel interfeys istifadə edən PrÖV-nin strukturu şəkl. 7.7-də verilmişdir. Daxili cihaz magistrallı kimi ardıcıl

interfeysin tətbiqi iqtisadi və konstruktiv mülahizələrə görə özünü doğrultmuşdur.



Şək. 7.7. MK-da ARÇ quraşdırılan və ardıcıl magistral interfeysli PrÖV-nin strukturu

7.5. Virtual ölçmə vasitələri

Ümumi anlayışlar. *Virtual ölçmə vasitəsi (VÖV)* - bu, ölçü cihazının və ya ölçmə prosedurunun (alqoritminin) proqram modelidir. Virtual cihaz (VC) ölçmə alqoritminin modelləşdirilən cihazın bütün iş rejimlərini, idarəetmə orqanlarını (dəyişdirici açarlar, düymələr, tənzimləmələr və s.), çevirmə funksiyalarını və informasiyanı (ölçmələrin nəticələrini) təqdim etmə üsullarını, interfeysi (girişdə və çıxışda verilənlərin növü və təqdimatı) əks etdirən proqram modelidir.

Virtual ölçmə proseduru - bu, girişdə və çıxışda informasiyanın təqdim olunma növü verilən (analoq kəmiyyəti, verilmiş dərəcəli rəqəm kəmiyyəti, rəqəm və ya məntiqi idarəedicilərin siqnal) ölçmə çeviricisinin funksiyasını realizasiya edən ölçmə strukturunun və ya alqoritminin proqram modelidir. Əgər bütün elementləri dəqiqliyə tələbləri ödəyərsə, onda model adekvatdır. VÖV-nin bütün elementləri proqramların köməyi ilə realizasiya olunduğundan təsdiq etmək olar ki, onlar ölçmə cihazının

aparət, yaxud aparat-proqram realizəedilməsinin müvafiq elementlərinin modelləşdirmə alqoritmlərini əks etdirir.

Virtual ölçmə vasitəsi LabView, GENIE və s. tip obyekt modelləşdirilməsinin proqramlı sistemlərinin yaradılması nəticəsində meydana gələn anlayışdır.

Belə proqram sistemlərin yaradılmasında ilkin məqsəd ölçmə aparatlarının istehsalçısı olan firmaların bazarda öz təsir dairəsini genişləndirmək cəhdi olmuşdur. Modelləşdirmə sistemi optimallaşdırma məqsədi ilə müxtəlif ölçmə strukturlarının konstruksiya edilməsini təmin edən ölçü cihazları modellərinin, verilənlərin çevrilməsi və işlənməsinin funksional modullarının kitabxanasına əsaslanır. Mühitlə işləyərək istifadəçi firmanın buraxdığı ölçmə vasitələrinin imkanlarını öyrənir, onların tətbiq üsullarını mənimsəyir, “işgüzar oyun” rejimində qarşıya qoyulan məsələnin həllini təmin edən virtual strukturlar yaradır. İstifadəçi hazır ölçü cihazlarını tətbiq etmək, öz cihazının strukturunu yaratmaq, kitabxanada olan verilənlərin işlənməsi və çevrilməsi modullarından istifadə etmək və ya öz ölçmə alqoritmlərini (prosedurlarını) yaratmaq imkanına malikdir.

Mühitin fərqli cəhəti odur ki, qurulmuş ölçmə strukturu istifadəçinin özü tərəfindən yaradılan giriş siqnalları modellərinin (vericilərin) köməyi ilə ətraflı tətbiq oluna bilər. Yaradılan struktur real siqnalların ölçülməsi üçün tətbiq edilə bilər. Qurulan ölçmə kanalı həm real ölçmə cihazlarının bazasında, həm də virtual ölçmə modullarının və ya onların birləşdirilməsinin bazasında reallaşa bilər. Virtual strukturların belə imkanları böyük dairədə ölçmə məsələlərinin həlli üçün onların geniş tətbiqinə təkan vermişdir.

Verici - normalaşdırıcı çevirici - analoq-rəqəmsal çevirici - virtual ölçmə kanalı sxemi üzrə qurulan sistem böyük çevikliyə, siqnalların işlənməsi və informasiya

təqdimatı metodlarının bütün ehtiyatlarından istifadə imkanına malikdir.

Virtual ölçmə vasitəsinin metroloji xarakteristikaları. VÖV xətlərinin təhlilini alqoritmlərin və onların reallaşmasının xətlərinin təhlilinə gətirmək olar. Alqoritm görülən işlər arıdcılığı olduğundan metroloji xarakteristikaların analizi üçün ölçmələrin alqoritmik nəzəriyyəsinin elementlərindən istifadə edək.

Ölçü cihazı müəyyən ölçmə metodunun real (ideal olmayan) reallaşmasıdır. Ölçmə cihazının köməyi ilə naməlum kəmiyyətin x ölçülməsinin nəticəsi:

$$x^* = R_2^q K^q R_1^q(x),$$

burada R_2^q , K^q , R_1^q - ölçmə alqoritminin qeyri-ideal (real) operatorlarıdır.

Bu zaman ölçmə nəticəsinin xətası:

$$\Delta x = R_2^q K^q R_1^q(x) - R_2^h K^h R_1^h(x),$$

burada R_2^h , K^h , R_1^h - hipotetik alqoritm reallaşma operatorlarıdır.

Məlum proqram sistemlərində ölçü cihazının modeli bu cihazda istifadə edilən ölçmə alqoritm (metodunu) reallaşdırır, yəni cihazın ancaq ideal xarakteristikasını modelləşdirir. Ona görə də ölçmənin nəticəsinin qiymətini yazırıq:

$$x^* = R_2 K R_1(x),$$

virtual cihazın köməyi ilə ölçmə nəticəsinin xətası isə:

$$\Delta_{VC} x = R_2 K R_1(x) - R_2^h K^h R_1^h(x).$$

Bu, xətanın metodik tərkib hissəsinə uyğun gəlir:

$$\Delta_{VC} x = \Delta_M(x).$$

Bu zaman nəzərə alınmayan aləti tərkib hissəni yazmaq:

$$\Delta_A x = R_2^q K^q R_1^q(x) - R_2 K R_1(x),$$

yəni model ölçmə nəticəsinin tam xətasını əks etdirmir:

$$\Delta x = \Delta_M(x) + \Delta_A(x).$$

Beləliklə, müasir proqram sistemlərində mövcud olan virtual ölçmə vasitələri kitabxanaları ölçmə cihazlarının ancaq ideal xarakteristikalarını reallaşdırır və onların adekvat təqdimatını vermir. Bu zaman vasitənin statik xarakteristikasının ancaq metodik tərkib hissəsi nəzərə alınır, reallaşmadan xətalər (aləti) və dinamik xətalər nəzərə alınmır.

Bu çatışmazlıq cihazın modelinə səhv funksiyalarını əlavə etmək yolu ilə düzəldilə bilər. Lakin VÖV bilavasitə ölçmə dövrəsində istifadə olunduqda göstərilən çatışmazlıqlar təsir etmir. Bu, virtual ölçmə sistemlərinin yayılma səbəblərindən biridir.

Virtual ölçmə kanalı xətalərinin mənbələri. Virtual ölçmə kanalının xətaləri verilənlərin təqdimatının növündən və ölçmə vasitələrinin modelindən asılıdır.

Verilənlərin təqdimatı. Verilənlər analoq, rəqəmsal və idarəetmə siqnalları şəklində təqdim oluna bilər.

Verilənlər analoq siqnalları şəklində təqdim olunduqda modelləşmə mühiti verilənləri 64 bit dərəcəli həqiqi ədədlər (real) şəklində təqdim etmək imkanına malik olur, yəni ədədlərin təqdim edilmə diapazonu: $-2^{63} \dots 2^{-63} \dots 0 \dots +2^{-63} \dots +2^{63}$. Bu, analoq siqnalının xarakteristikalarının geniş diapazonda formalaşmasını təmin edir. Belə ki, siqnalın ani qiymətlərinin dəyişmə funksiyası ədədlərin ixtiyari determinə olunmuş ardıcılığı ilə (seçimlə) və ya verilmiş statistik xarakteristikalı (riyazi gözləmə, dispersiya, korrelyasiya funksiyası, spektral sıxlıq və s.) seçimlə təqdim oluna bilər. Modelləşmənin diskretlənmə tezliyi miqyas əmsalı ilə müəyyən olunur. Həmin əmsal modelləşdirilən prosesdən və tələb edilən dəqiqlikdən asılı olaraq nanosaniyə, mikrosaniyə, saat, il ilə ölçülə bilər. Beləliklə, analoq siqnalının modeli onun funksional xarakteristikalarının təzələnməsindən metodik xətalərə

malikdir - fasiləsiz fiziki prosesin modelinin qeyri-adekvatlıq xətası - $\Delta_{a.s}$.

Verilənlər rəqəmsal şəkildə olduqda dərəcələri və təqdim olunma diapazonu (adətən ikilik və ikilik-onluq) göstərilən verilənlər modelləşdirmə mühitində əlavə səhsiz təqdim oluna bilər.

İdarəedici siqnallar üçün iki və çoxmövqeli dəyişdirici açarlardan, düymələrdən “qoşulma - ayrılma “ gərginlik tipli analoq siqnallar şəkildə və ya idarəedici kodlar şəkildə götürülən verilənlər ya məntiqi dəyişənlər şəkildə, ya da ədədi qiymətlər şəkildə təqdim olunur. Bu zaman modelləşdirmədən əlavə xəta daxil edilmir.

Ölçmə vasitələrinin modelləri. Ölçmə kanalını təşkil edən ölçmə vasitələrini aşağıdakı qruplar üzrə birləşdirmək olar:

- modeli fiziki prosesin - informasiya mənbəyinin modelini (fiziki prosesin ölçülən parametrlərinin riyazi modeli) və ölçmə vericisinin (ilkin ölçmə çeviricisinin (İÖÇ)) modelini - İÖÇ-nin dərəcələnmə xarakteristikasını əks etdirən vericilər;

- ölçmə çeviriciləri - analoq çevirməsi; analoq-rəqəmsal çevirməsi; rəqəmsal çevirməsi kimi mümkün üsullardan biri ilə ölçmə funksiyasını (prosedurunu) reallaşdıran ikinci ölçmə çeviriciləri;

- hesabat qurğuları - bu, bir qayda olaraq, ölçülən vahidlərdə bölgü qiymətinə malik şkalalı analoq qurğuları, indikator işıq şkalalarıdır; belə qurğuların modelləri xətalara elektromexaniki reallaşmadan irəli gələn (sürtünmədən, boş gedisdən, ətalətdən, yayların, dartqıların xassələrindən və s.) tərkib hissələrini nəzərə almır;

- rəqəmsal indikatorları - bunlar rəqəmsal hesabat qurğularıdır və ölçmə nəticələrinin təqdim olunma dəqiqliyi dərəcələr sayı ilə müəyyənləşir;

• ossilloqraflar - ölçülən siqnalların xarakteristikalarının $x(t)$ və $x(y)$ tipli funksional asılılıqlarını əks etdirən qurğulardır. Bu zaman ikiölçülü məkan oxları üzrə kvantlamadan xətlər yaranır.

Sadalanan vasitələrin metroloji xarakteristikalarının müxtəlif tip verilənləri təqdim etmə imkanları nəzərə alınmaqla təhlilinin nəticələri cədvəl 7.1-də verilmişdir.

Virtual ölçmə vasitələrinin tətbiqi. Virtual vasitələrin mövcud kitabxanaları ölçü cihazının bütün rejimlərinin modelləşməsini təmin edir ki, bu da onun tətbiqi üsullarını hərtərəfli öyrənməyə, onun əsasında ölçmə kanallarını və sistemlərini layihələndirməyə imkan verir. Bu nöqteyi-nəzərdən onlar aparat istehsalçı firmalarının sordularını tam təmin edir. Belə ki, “işgüzar oyun” rejimində vasitələrin imkanlarının öyrənilməsini, deməli, həm də reklamını təmin edir.

Cədvəl 7.1.

| Virtual mühit | Mövcud modellə-rin xətləri | Adekvat model almaq üçün lazım olan xətlər |
|------------------------|--|--|
| İÖÇ | $\Delta_{a.s} + \Delta_{Ml\ddot{O}}$ | $\Delta_{All\ddot{O}}, \Delta_{d.a.s} \ll \Delta_{Dl\ddot{O}}$ |
| Analoq ÖC | $\Delta_{M\ddot{O}C}$ | $\Delta_{A\ddot{O}C}, \Delta_{D\ddot{O}C}$ |
| Analoq-rəqəmsal ÖC | $\Delta_{M\ddot{O}C}, \Delta_{kv}$ | $\Delta_{A\ddot{O}C}, \Delta_{D\ddot{O}C}$ |
| Rəqəmsal ÖC | $\Delta_{M\ddot{O}C}, \Delta_{kv}$ | $\Delta_{D\ddot{O}C}$ |
| Analoq hesabat qurğusu | Δ_{MHQ} | $\Delta_{AHQ}, \Delta_{DHQ}$ |
| Rəqəmsal indikator | Δ_{kv} | - |
| Ossilloqraf | $\Delta_{x.e.o} > \Delta_{xv.o},$ $\Delta_{ye.o} > \Delta_{yv.o}$ | Δ_{DEO} - |

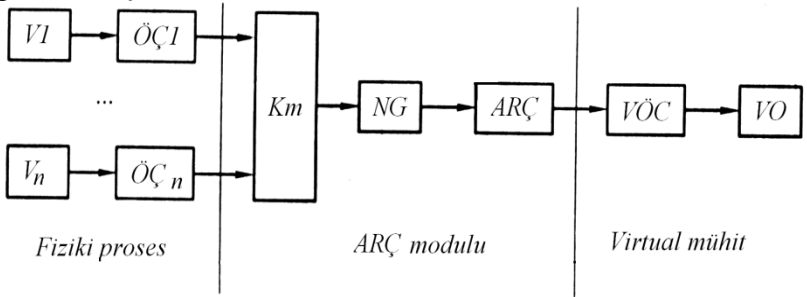
Qeyd. $\Delta_{Ml\ddot{O}}, \Delta_{M\ddot{O}C}, \Delta_{MHQ}$ - müvafiq virtual vasitələrin xətasının metodiki, $\Delta_{All\ddot{O}}, \Delta_{A\ddot{O}C}, \Delta_{AHQ}$ - aləti, $\Delta_{D\ddot{O}C}, \Delta_{D\ddot{O}C}, \Delta_{DEO}$ -dinamik tərkib hissələri; $\Delta_{d.a.s}$ - analoq (fiziki) siqnalın modelinin

xətasının dinamik tərkib hissəsi; Δ_{kv} - kvantlama xətası; $\Delta_{xe.o}$, $\Delta_{ye.o}$, $\Delta_{xv.o}$, $\Delta_{yv.o}$ -elektron ossilloqrafın və onun modelinin - virtual ossilloqrafın metodiki xətalrı.

Modellər ölçmə çevirmələrinin ideal xarakteristikalarını reallaşdırır, yəni metroloji xarakteristikalar nöqtəyi-nəzərindən modellər qeyri-adekvatdır. Ona görə də virtual vasitələrin modelləri konkret qurğuların reallaşmasından yaranan statik və dinamik xətalrıın dəyişmə funksiyalarının daxil olunmasını tələb edir.

Lakin virtual ölçmə çevirmələrinin ideal xarakteristikaları virtual ölçmə kanalı qurmağa imkan verir ki, onun reallaşmadan yaranan xətası minimuma gətirilir və ölçmə nəticəsinin xətası ancaq metodiki tərkib hissəsinə malik olur. Bu fakt da onların geniş tətbiqini izah edir.

Virtual ölçmə sistemləri fiziki proseslərin xarakteristikalarını ölçmək üçün, məsələn, mikroiklim parametrlərinə, atmosferin metroloji xarakteristikalarına nəzarət, seysmoakustik və akustik ölçmələr üçün, energetik qurğuların vəziyyətinə nəzarət sistemlərində və s. istifadə oluna bilər. Belə sistemin tipik strukturu şək. 7.8-də göstərilmişdir.



Şək. 7.8. VÖV-nin struktur sxemi: V_1 , V_n viziki kəmiyyət vericiləri (İÖÇ) - mikroiklimin, yaxud meteoroloji xarakteristikaların parametrlərinin ölçülməsi zamanı bu, temperatur vericiləri (termomüqavimətlər və ya termocütlər), təzyiq vericiləri (tenzrezistor çeviricisi) və s.-dir; ÖÇ_1 , ÖÇ_n vericinin çıxış kəmiyyətini elektrik ölçmələrinin standart siqnallarına çevirən ölçmə çeviricisi; K_m -analoq

siqnalları kommutatoru; NG-normalaşdırıcı gücləndirici; ARÇ - analog-rəqəmsal çevirici; VÖC-virtual ölçü cihazı; VO-virtual ossilloqraf.

Ölçmə dövrəsinin aparat hissəsinin (bax şəkl. 7.8) dinamik xarakteristikaları ölçmə sisteminin imkanlarını müəyyənləşdirir. ARÇ modulun cəldişləməsindən asılı olaraq müxtəlif dinamik xarakteristikalı siqnallar ölçülə bilər. Məsələn, 16-dərəcəli 10 msan-dək cəldişləməsi olan ARÇ 12 Hs-dək tezlikli siqnalların xarakteristikalarını, 12 dərəcəli 10 mksan-dək cəldişləməsi olan ARÇ 10 kHs-dək tezlikli siqnalların xarakteristikalarını ölçməyə imkan verir. 8 dərəcəli 100 nsan tərtibində cəldişləməli ARÇ yüksək tezlikli siqnalların ölçülməsini təmin edə bilər, bununla belə yuxarı hədd ölçmə dövrəsinin qalan elementlərinin cəldişləməsi və proqram sistemə (virtual mühitə) verilənlərin interfeys üzrə ötürülmə sürəti ilə təyin edilir.

Virtual mühit ölçmə eksperimentinin aparılmasına tələblərdən və tədqiq edilən fiziki prosesin, yaxud obyektin modelindən asılı olaraq daxil olan verilənlərin təhlilini və işlənməsini təmin edir. Virtual ölçmə kanalları ölçmə siqnallarının işlənmə alqoritmlərinin reallaşmasını təmin edir: siqnalların xarakteristikalarının, qarşılıqlı xarakteristikaların hesablanması, əldə edilən nəticələrin metroloji xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi və s. Xarakteristikaların, səhvlərin dəyişmə qrafikləri şəklində ölçmələrin nəticələri virtual osilloqrafların, yaxud rəqəmsal hesabat qurğularının (indikatorların) köməyi ilə əks olunur.

Fiziki kəmiyyətin qiymətlərinin ölçülməsi və real vaxtda onun xarakteristikalarının əldə olunması virtual ölçmə kanalının (VÖK) və ya sistemin dinamik xassələrinin təhlili ilə əlaqədardır.

Hər bir VÖK məlum metodik xəta və reallaşma müddəti ilə ÖC-ni reallaşdırır. ÖC-nin reallaşması seçilmiş alqoritmin mürəkkəbliyi, onun proqram reallaşması, FK-nın

cəld işləməsi ilə müəyyən edilir. Ölçülən kəmiyyətin xarakteristika qiymətinin alınma müddəti ARÇ-nin işləmə - $T_{ARÇ}$, verilənlərin interfeyslə ötürülmə - T_{if} , ölçmə kanalının virtual hissəsinin reallaşma - $T_{VÖK}$ müddətlərindən toplanır. VÖK sinxron və asinxron rejimlərdə həyata keçirilə bilər. Qeyd edək ki, ARÇ işi VÖK-nin virtual hissəsinin işi ilə zamana görə birləşdirilə bilər.

Sinxron rejim $T_D > T_{ARÇ}$ və $T_D > T_{if} + T_{VÖK}$ şərtində reallaşa bilər, burada T_D - ölçülən kəmiyyətin diskretləşmə müddətidir. Vaxtın verilmə dəqiqliyinə tələblərdən asılı olaraq xarici taymer və ya FK taymer istifadə edilə bilər.

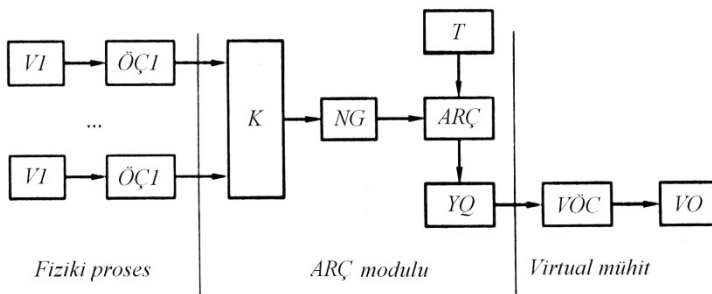
Asinxron rejim bir neçə variantda reallaşa bilər:

$T_{ARÇ} > T_{if} + T_{VÖK}$ - ARÇ başa çatdıqdan sonra kəsilmə rejimində və ya *Hazırlıq* signalına görə verilənlərin ötürülməsi həyata keçirilir;

$T_{ARÇ} < T_{if} + T_{VÖK}$ - bütün virtual ÖC yerinə yetirildikdən sonra ARÇ nəticələrinin daxil edilməsi həyata keçir və ARÇ növbəti ölçməyə buraxılır;

$T_{ARÇ} \ll T_{if} + T_{VÖK}$ - bu halda ARÇ modulunda əlavə yaddaş qurğusu (YQ) və taymer (T) yerləşdirilən variant mümkündür. Onlar ölçmə signalının ani qiymətlər massivinin əldə edilməsini, verilənlərin ötürülməsini və işlənməsini təmin edəcəkdir.

Belə sistemin strukturu şəkl. 7.9 -da göstərilmişdir.



Şək. 7.9. ARÇ modulunda əlavə yaddaş qurğusu (YQ) və taymer (T) yerləşdirilən sistemin strukturu

Sonuncu variant yüksək tezlikli siqnalların xarakteristikalarının ölçülməsini təmin edir. Məsələn, 8 dərəcəli cəldişləməsi 100 nsan olan ARÇ tezliyi 1 MHS-dək olan siqnalları təhlil etməyə imkan verəcəkdir, verilənləri ötürmə kanalı isə 1MHS-dək sürətlə mübadiləni təmin edir. Əgər fərz olunsun ki, diskretlənmə tezliyi 500 kHS-dir, onda artıq tezlik xassələri 100 kHS-dək olan siqnallar kifayət qədər dəqiq ölçülə (bərpa oluna) bilər, 50 kHS-dək siqnalların ölçülməsinin xətası isə bir neçə faiz olacaqdır.

ARÇ-dən sonra siqnal Δt diskretlənmə addımlı ədədi seçim (massiv) şəklində təqdim olunmuşdur. Δt qiyməti nəzərə alınmaqla siqnalın zaman ərzində işlənməsinin, onun korrelyasiya və spektral xarakteristikalarının təhlilinin ölçmə alqoritmləri reallaşır.

Beləliklə, virtual ölçmə vasitələri geniş miqyaslı məsələlər üçün ölçmə sistemləri qurularkən əlverişli, səmərəli alətdir. Əyanilik və istifadədə sadəlik virtual ölçmə sistemlərinin mühəndis praktikasında geniş tətbiqini təmin etmişdir.

Fəsil 8 İNFORMASIYA ÖLÇMƏ SİSTEMLƏRİ

8.1. Ümumi məlumatlar

Müasir istehsalın mürəkkəbləşməsi, müxtəlif istiqamətlərdə elmi tədqiqatların inkişaf etdirilməsi mümkün qiymətlərini geniş diapazonda dəyişən yüzlərlə, bəzən hətta minlərlə fiziki kəmiyyətlərin eyni vaxtda ölçülməsini və ya onlara nəzarəti tələb edir.

Bu zaman bir çox hallarda qərar ayrı-ayrı ölçmələrin nəticələrindən yox, ölçülən kəmiyyətlərin tezlik diapazonunun və sayının artması hesabına intensivliyi artan ölçmə informasiyası axınından istifadə əsasında qəbul edilir. Məsələn, “Salyut – 7” kosmik stansiyasının vəziyyətinə nəzarət əgər 2100 ilkin ölçmə çeviricilərinin köməyi ilə həyata keçirilirdisə və bu zaman 1 saniyə ərzində 25600 ölçmə aparılırdısa (1983-cü il), Yuqor informasiyası texnologiyaları ETİ-nun Məsafədən zondlaşdırma mərkəzi kosmik informasiya axınıni 320 Mbit/san sürətlə qəbul etməyi bacarır.

İnsanın böyük həcmdə informasiyanı qəbul və işləmə imkanlarının təbii fizioloji məhdudluğu ölçmə vasitələrinin ölçmə informasiya sistemləri (ÖİS) kimi növünün yaranmasına gətirib çıxardı.

Ölçmə sistemi (ÖS) obyektin ona xas olan bir və ya bir neçə fiziki kəmiyyətini ölçmək məqsədi ilə, həmçinin müxtəlif məqsədlərlə ölçmə siqnalları hasil etmək üçün nəzarət olunan obyektin müxtəlif nöqtələrində yerləşdirilən funksional birləşdirilmiş ölçülərin, ölçü cihazlarının, ölçmə çeviricilərinin, EHM və digər texniki vasitələrin məcmusudur.

ÖS həm avtonom, həm də içərisində ölçmə vasitələrindən və hesablama qurğularından başqa, avtomatik idarəetmə qurğuları, bəzi hallarda tədqiqat obyektinin

vəziyyəti haqqında qərar qəbul edən qurğular da olan müxtəlif komplekslərin tərkibində tətbiq edilə bilər.

ÖS arasında elm və texnikada eksperimental tədqiqatların və müxtəlif obyektlərin kompleks sınaqlarının aparılması üçün nəzərdə tutulan elmi tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri (ETAS) xüsusi yer tutur.

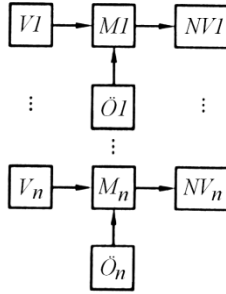
8.2. Ölçmə sistemləri

Ümumi anlayışlar. Təyinatından asılı olaraq ÖS ölçmə informasiya, ölçmə nəzarətədi, ölçmə idarəedici sistemlərə bölünür. Həmçinin yaxın təsirli və uzaq təsirli (teleölçmə sistemləri) ÖS-ni fərqləndirirlər.

ÖS-in girişinə zamana görə dəyişən və (və ya) məkanca paylanan kəmiyyətlər çoxluğu daxil olur. ÖS-in çıxışında adlı ədədlər, yaxud ölçülən kəmiyyətlərin nisbətləri şəklində ölçmələrin nəticələri alınır. Belə sistemlər birbaşa, dolay, birgə və cəm ölçmələri yerinə yetirə bilər. Birbaşa ölçmələr üçün ölçmə sistemləri daha geniş yayılmışdır.

Bütün ÖS üçün bu qəbul edən elementlərin olması xarakterikdir: ilkin ölçmə çeviricisi (irəlidə vericilər (V) kimi adlanacaq), müqayisə elementləri (M), ölçülər (Ö), nəticəni verən elementlər (NV). Sadalanan elementlər ÖS-nin qurulması üçün əsasdır. ÖS-nin strukturunda olan elementlərin sayından asılı olaraq onlar bölünür: çoxkanallı ÖS və ya paralel strukturlu ÖS; skanlayan ÖS və ya ardıcıl strukturlu ÖS; multipləşmiş ÖS və ya ümumi ölçülü ÖS; çoxnöqtəli ÖS və ya paralel-ardıcıl strukturlu ÖS.

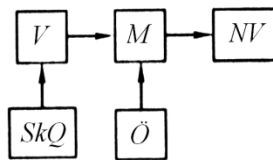
Çoxkanallı ölçmə sistemləri. Bu sistemlər ÖS-in ən çox yayılmış növlərindən biridir və onun hər bir ölçmə kanalında elementlərin tam dəsti vardır (şək. 8.1).



Şək. 8.1. Çoxkanallı ÖS-nin struktur sxemi

Çoxkanallı ÖS yüksək etibarlılığa, ölçmənin nəticələrini eyni vaxtda aldıqda daha yüksək cəldişləməyə, ölçülən kəmiyyətlərə ölçmə vasitələrini fərdi seçmək imkanına (bu, bəzən siqnalların unifikasiya olunmasının vacibliyini istisna edir) malikdir. Bu sistemlərin çatışmazlığı - mürəkkəbliyin və qiymətin yüksək olmasıdır. Həmçinin informasiyanın operatora rəşional təqdim edilməsinin təşkilində çətinliklər vardır.

Şkanlayıcı ölçmə sistemləri. Bu sistemlər bir kanalın köməyi ilə zaman ərzində ardıcıl olaraq kəmiyyətlər çoxluğunun ölçülməsini yerinə yetirir, bir dəst elementlərə və şkanlayıcı adlanan qurğuya (S_kQ) malikdir (şək. 8.2).



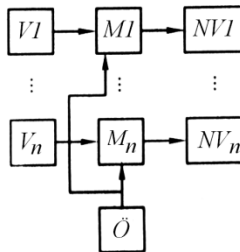
Şək. 8.2. Şkanlayıcı ÖS-nin struktur sxemi

Şkanlayıcı qurğu bu hal üçün şkanlayıcı verici adlanan vericini fəzadə hərəkət etdirir. Bununla belə vericinin hərəkət trayektoriyası ya əvvəlcədən proqramlaşdırıla bilər

(passiv skanlama), ya da skanlama prosesində alınan informasiyadan asılı olaraq dəyişə bilər (aktiv skanlama).

Skanlayıcı ÖV ölçülən kəmiyyət məkana görə paylandıqda tətbiq edilir. Parametrik sahələr (temperaturlar, təzyiqlər, mexaniki gərginliklər və s.) belə ÖV verilən nöqtələrdə sahənin parametrlərinin kəmiyyətə qiymətini verir. Bəzən skanlayıcı ÖS-in köməyi ilə tədqiq olunan sahələrin parametrlərinin ekstremal qiymətlərini müəyyənləşdirir, ya da bu parametrlərin bərabər qiymətli yerlərini tapırlar. Bütün ölçülən kəmiyyətlər üçün ölçmə əməliyyatlarının ardıcıl yerinə yetirilməsi səbəbindən nisbətən az cəldişləmənin olması skanlayıcı ÖV-nin çatışmazlığıdır.

Multipləşmiş ölçmə sistemləri. Bu sistemlər məlum kəmiyyətin dəyişməsinin (açılışının) bir tsikli ərzində bütün ölçülən kəmiyyətlərlə müqayisəni yerinə yetirməyə, yəni kommutasiya edən qovşaqlar tətbiq etmədən kəmiyyətlər çoxluğunu müəyyənləşdirməyə imkan verir. Multipləşmiş sistemlər hər bir ölçmə kanalında V, M, NV və bütün elementlər üçün Ö elementinə malikdir (şək. 8.3). Multipləşmiş ÖS həm də açılışla müvazinətləşdirən sistemlər də adlanır.

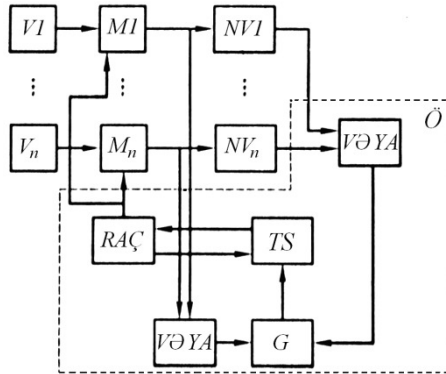


Şək.8.3. Multipləşmiş ÖS-nin struktur sxemi

Adətən bu sistemlərdə ölçülən kəmiyyət x xətti dəyişən kəmiyyətlə x_k müqayisə edilir. Əgər açılışın başlanma anı və x ilə x_k -nin bərabərlik anı qeyd olunarsa,

onda x və x_k -nin bərabərlik anında x_k qiymətinə mütənasib t_x intervalını formalaşdırmaq olar. Sistemdə ölçmə kanallarının sayı birdən çox olduqda nəticəni bir ümumi qeydiyyat və ya indikasiya qurğusuna vermək lazım olduqda müqayisə elementlərindən M olan siqnalların bölünməsində çətinliklər yaranı bilər. Bu halda x_k siqnalının işçi diapazonunu ölçülən kəmiyyətlərin sayına görə zonalara bölürlər, həm də hər bir ölçülən kəmiyyətlə özünün zonası uyğun gəlir. Bu zaman x və x_k -nin bərabərlik anından başqa, x_k siqnalı ilə hər zonanın aşağı sərhəddinə çatma anı qeyd olunmalıdır.

Əgər ölçülən kəmiyyətlər pilləli dəyişən kəmiyyətlə x_k müqayisə edilərsə, ölçmənin nəticəsinin rəqəm şəklində alınması xeyli sadələşir. Şək. 8.4-də multipləşmiş ÖS göstərilmişdir.



Şək. 8.4. Multipləşmiş rəqəmsal ÖS-nin struktur sxemi

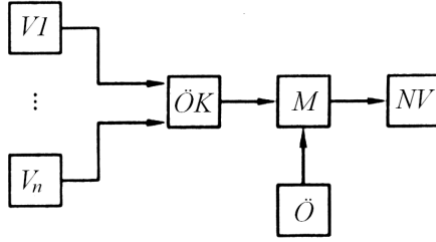
Burada ölçüyə \ddot{O} rəqəmsal-analoq çeviricisi RAÇ, təkrarsayma TS sxemi, impuls generatoru G daxildir. Generatorun dayandırma və işəsalma girişləri məntiqi toplama əməliyyatını reallaşdıran VƏ YA məntiqi elementlər vasitəsilə uyğun olaraq müqayisə elementlərinin M və N nəticələri verən elementlərin NV çıxışları ilə

birdirilmişdir. Bir və ya bir neçə ölçmə kanalının ölçülən kəmiyyəti ilə RAÇ-nin çıxışındakı məlum kəmiyyətin bərabərliyi anında müvafiq elementləri işə düşür və generator G dayanır. TS-nin çıxışında NV elementlərinə (indikatorlar, registratorlar və s.) ölçülən kəmiyyətlərin kod şəklinə verilən qiyməti meydana gəlir. Nəticənin verilməsi sona çatdıqdan sonra generator yenidən işə salınır və sistemin işi davam edir. Bütün ölçmə kanalları üçün ümumi NV elementi olduqda (məsələn, informasiya EHM-ə daxil edildikdə) ölçülən kəmiyyətin qiymətlərinin qeydiyyatı ilə eyni zamanda vericinin nömrəsini qeyd etmək və ya ölçmə nəticələrini müvafiq vericilərə aid etməyə imkan verən digər üsulları tətbiq etmək vacibdir.

Multipləşmiş sistemlər paralel işləyən ÖS ilə müqayisədə az sayda elementlərə malikdir və fərdi NV elementlər olduqda praktiki olaraq eyni cəldişləməni təmin edə bilər. Multipləşmiş ÖS-nin çatışmayan cəhəti müqayisə elementlərinin ölçülən kəmiyyətlərin sayına bərabər böyük sayda olmasıdır. Aşağı səviyyəli siqnallar ölçülərkən müqayisə elementləri adətən xeyli mürəkkəbləşir.

Çoxnöqtəli ölçmə sistemləri. Bu sistemlər çox sayda ölçülən kəmiyyətləri olan mürəkkəb obyektlərin tədqiqatı üçün tətbiq edilir. Belə sistemlərdə ölçmə kanallarının sayı bir neçə minə çata bilər. Ölçmə traktının ayrı-ayrı qovşaqlarının ardıcıl çoxqat istifadəsi belə sistemlərin ardıcıl-paralel prinsiplə işləməsinə və ÖS minimal mürəkkəbliyinə səbəb olur.

Zaman ərzində paralel və ardıcıl işləyən ÖS qovşaqlarının işini razılaşdırmaq üçün vericilərin V analog siqnallarının kommutasiyası məqsədi ilə belə sistemlərdə ölçmə kommutatorları ÖK tətbiq edirlər (şək. 8.5). Ölçmə kommutatorları verilmiş metroloji xarakteristikalara malik olmalıdır (ötürmə əmsalının xətası, kommutatorun cəldişləməsi və s.).



Şək. 8.5. Çoxnöqtəli ÖS-nin struktur sxemi

Kommutatorun ötürmə əmsalının nisbi xətası:

$$\delta = \frac{A_{\text{çix}} - A_{\text{gir}}}{A_{\text{gir}}} = \frac{A_{\text{çix}}}{A_{\text{gir}}} - 1 = k_{\delta} - 1,$$

burada $A_{\text{çix}}$ və A_{gir} - kommutatorun çıxışında və girişində siqnalların informasiya parametrləri; k_{δ} - kommutatorun ötürmə əmsalıdır.

Xəta δ əsasən kommutatorda istifadə olunan açar elementlərin qalıq parametrləri ilə: bağlı və açıq açarların qalıq EHQ və müqavimətləri ilə müəyyən edilir. Xəta həm də ölçmə kanallarının sayından, vericinin çıxış müqavimətindən və kommutatordan sonra gələn qovşağın giriş müqavimətindən asılıdır.

Kommutatorun cəldişləməsi adətən bir saniyədə dəyişdirilmələrin buraxıla bilən sayı ilə müəyyən olunur və hər şeydən əvvəl tətbiq edilən elementlərdən asılıdır.

Çoxnöqtəli ÖS-in üstünlükləri avadanlıqların sayının çoxkanallı sistemlərlə müqayisədə az olması, kommutatorun hesabına ölçmə kanallarının sayını çoxaltmaq imkanındır. Əvvəl nəzərdən keçirilən ÖS ilə müqayisədə bu sistemlərin çatışmazlığı sorgulanan vericilərin sayı çox olduqda cəldişləmənin aşağı düşməsi və kommutator açarlarının qalıq parametrləri hesabına dəqiqliyin bir qədər azalmasıdır.

8.3. Teleölçmə sistemləri

Ümumi məlumatlar. Elm və texnikanın müxtəlif sahələrində informasiyanı təqdim etmə və ya onun sonradan işlənməsi (məsələn, EHM köməyi ilə) vasitələrindən xeyli məsafədə yerləşən obyektlərdə ölçmələrin həyata keçirilməsi lazım olur. Belə zərurət hərəkətli obyektlərin, sahə üzrə səpələnən obyektlərin (böyük sənaye müəssisələri, qaz və neft kəmərləri) parametrlərinin ölçülməsində, həmçinin bilavasitə yanında insanın olması qeyri-mümkün olan obyektlərin (məsələn, atom energetikası obyektləri) parametrlərinin ölçülməsində yaranır. Bu və bir çox digər belə məsələləri teleölçmə sistemləri (TÖS) həll edir.

TÖS-in yaxın təsirli ölçmə sistemlərindən fərqi TÖS-də xüsusi rabitə kanalının olmasıdır. Rabitə kanalı dedikdə müxtəlif mənbələrdən informasiyanı ötürmək üçün lazım olan texniki vasitələrin məcmusu başa düşülür. Rabitə kanalının əsas hissələrindən biri rabitə xəttidir - xeyli uzaq məsafəyə informasiya ötürülən fiziki mühitdir. Naqillli rabitə xətləri, radioxətlər, hidroakustik və optik rabitə xətləri fərqləndirilir. Rabitə kanalının əsas xarakteristikası tezlikləri buraxma zolağı rabitə kanalının növündən və maneələrin olmasından asılıdır.

Çoxkanallı TÖS-də çox siqnalların - ölçmə informasiya daşıyıcılarının - rabitə kanalı ilə ötürülən və bütün ölçülən kəmiyyətlər haqqında informasiya aparan vahid bir siqnalda birləşdirilməsinə zərurət yaranır. Bu birləşmə xüsusi kanal yaradan qurğularla həyata keçirilir.

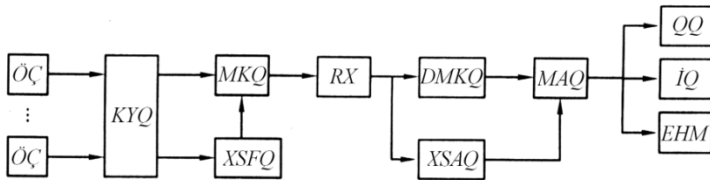
Vahid siqnal rabitə kanalı ilə ötürülərkən ona müxtəlif maneələr təsir edir, bundan başqa, xəttin özünün parametrləri sabit qalmır, xarici amillərin təsiri ilə dəyişir. Ona görə də TÖS-də ölçülən kəmiyyətlərin rabitə xətti ilə ötürülməsindən xəta yaranır.

Bu xətanı azaltmaq üçün ölçmə informasiyalı siqnallar TÖS-də modulyasiya və kodlaşdırma adlanan əlavə

çevrilmələrə məruz qalır. Bu, TÖS-i yaxın təsirli sistemlərdən fərqləndirir. Bununla belə TÖS-in qəbul edən tərəfində əks çevirmə - demodulyasiya və dekodlaşdırma həyata keçirilir.

Ölçmə informasiyalı siqnallardan başqa vahid ümumkanal siqnalı müəyyən xidməti informasiyaya da malik olur. Bu informasiya vahid siqnalın hər ölçülən kəmiyyət haqqında informasiya daşıyan siqnallara bölünməsi imkanını təmin etmək üçün lazımdır.

TÖS-in ümumiləşdirilmiş struktur sxemi şək. 8.6-da verilmişdir.



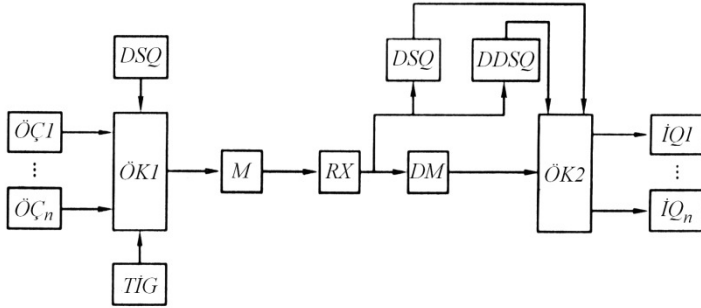
Şək. 8.6. TÖS-nin ümumiləşdirilmiş struktur sxemi:

ÖÇ-ölçmə çeviriciləri; KYQ-kanalyaradan qurğu; MKQ-modullaşdırma və kodlaşdırma qurğusu; XSFQ-xidməti siqnalları formalaşdırma qurğusu; RX-rabitə xətti; DMKQ-demodullaşdırma və dekodlaşdırma qurğusu; XSAQ-xidməti siqnalları ayırma qurğusu; MAQ-məlumatları bölmə qurğusu; QQ-qeydetmə qurğusu; IQ-indikasiya qurğusu

Bir neçə mənbədən informasiyanı bir rabitə xətti ilə ötürmək üçün kanalların bölünməsi üçün müxtəlif prinsiplər tətbiq edirlər. Daha tez-tez kanalların zaman və tezlik bölünməsi istifadə edilir.

Zaman bölünməsində ölçülən kəmiyyətlərin qiymətlərinin rabitə xətti ilə ardıcıl ötürülməsi baş verir. Belə TÖS-də ölçmə kanallarının bölünməsi kommutatorların köməyi ilə aparılır.

Kanalları zamana görə bölünən (KZB) TÖS-in struktur sxemi şək. 8.7-də verilmişdir.



Şək. 8.7. Kanalları zamanla bölünən TÖS-in struktur sxemi

Ölçmə çeviricilərindən ÖÇ unifikasiya olunmuş signal TÖS-in ötürücü hissəsinin ölçmə kommutatorunun ÖK1 girişlərinə, sonra növbə ilə modulyatora M daxil olur. Modulyatorda unifikasiya olunmuş signalın aralıq parametrinə çevrilməsi baş verir ki, onunla rabitə xəttləri parametrlərinin qeyri-saibliyi və maneələrin nəticəsində yaranan xətalərin ən kiçik olması təmin edilir. Ölçmə kommutatoru ÖK1 takt impulsları generatoru TİG ilə dəyişdirilir.

Qəbul edən tərəfdə aralıq parametr demodulyator DM ilə bu və ya digər signala çevrilir (daha çox sabit cərəyan gərginliyinə). Həmin signal TÖS-in qəbuledici hissəsinin ölçmə kommutatorundan ÖK2 ayrı-ayrı indikasiya (yaxud qeydetmə) qurğularına daxil olur.

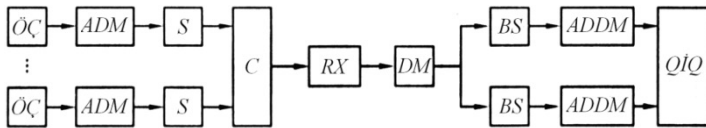
ÖK1 və ÖK2 kommutatorlarının sinxron və sinfaz işini təmin etmək üçün sistemdə dövrü (DSQ) və dövr daxili (DDSQ) sinxronlaşdırma qurğuları nəzərdə tutulub. DSQ dövr ərzində, yəni bütün ölçmə kanallarının ötürmə müddəti ərzində bir dəfə kommutatorları məcburi şəkildə ilkin vəziyyətə gətirərək ÖK1 və ÖK2 kommutatorlarının sinfaz işini təmin edir. Bu zaman ötürücü tərəfdəki DSQ1 qurğusu qəbuledici tərəfin DSQ2 qurğusundan ayrılan, ÖK2 kommutatorunu ilkin vəziyyətə gətirmək üçün istifadə

edilən ölçmə informasiyası daşıyan siqnalardan fərqli siqnal hasil edir.

Dövr daxili sinxronlaşdırma qurğusu DDSQ dövr hüdudunda ÖK2-nin sinxron işini təmin edir, yəni ÖK2-nin ÖK1-də olduğu kimi sürətlə dəyişməsinə təmin edir.

Tezliyin bölünməsi zamanı rabitə xətti ilə bir neçə ölçülən kəmiyyətin qiymətlərinin eyni zamanda (paralel) ötürülməsi mümkündür. Hər bir kəmiyyətin ölçülməsi üçün müəyyən (hər bir kəmiyyət üçün özünə məxsus olan) altdaşıyıcı tezlikdən istifadə edirlər.

Kanalları tezliyə görə bölünən (KİB) TÖS-in struktur sxemi şəkl. 8.8-də verilmişdir. Ölçmə çeviricilərindən ÖÇ unifikasiya olunmuş siqnallar altdaşıyıcı tezlik modulyatorlarının (ADM) girişlərinə daxil olur.



Şək. 8.8. Kanalları tezliklə bölünən TÖS-in struktur sxemi

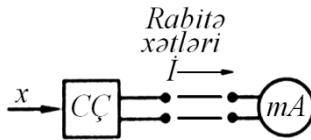
Onlar elə seçilir ki, qəbuledici tərəfdə siqnalları bir-birindən ayırmaq olsun. ADM-dən sonrakı süzgəclər S yüksək harmonikləri söndürməyə və qonşu kanalların spektrlərinin bir-birini örtmə ehtimalını aradan qaldırmağa xidmət edir. Süzgəclərdən S sonra siqnallar cəmləyici C ilə cəmlənir və vahid siqnal şəklində modulyatordan M (şək. 8.8-də göstəirilməyib) rabitə xəttinə RX daxil olur.

Qəbuledici tərəfdə vahid siqnal demodulyatora DM daxil olur, sonra isə bölücü süzgəclərin BS köməyi ilə ayrı-ayrı ölçmə məlumatlarına uyğun olan siqnallara bölünür. Ayrı-ayrı siqnallar altdaşıyıcı demodulyatorlara ADDM verilir. Onların çıxışında ölçülən kəmiyyətlərin qiymətləri şəklində ölçmə məlumatları meydana gəlir. Bu qiymətlər

ümumi qeydetmə və indikasiya qurğusuna QİQ daxil ola bilər.

Siqnalın rabitə xətti ilə ölçülən kəmiyyətin qiyməti ötürülən informativ parametrdən asılı olaraq TÖS cərəyan, tezlik, zaman impuls və rəqəm sistemlərinə bölünür. Bu zaman modulyator M və demodulyator DM dəyişir.

Cərəyan teleölçmə sistemləri. Həm də intensivlik sistemləri adlanan cərəyan TÖS-də ölçülən kəmiyyətin qiyməti cərəyan çeviricisində CÇ hasil olunan sabit cərəyanla (0–5 mA) naqillli rabitə xətləri ilə ötürülür. Belə TÖS-in qəbuledici tərəfində adətən maqnitoelektrik milliampmetr qoyulur. Cərəyan TÖS daha sadədir, ona görə də ucuz və etibarlıdır. Birkanallı TÖS-də (şək. 8.9) qəbuledici tərəfdə olan milliampmetr rabitə xəttində olan maneələrə reaksiya vermir, belə ki, maneələrin orta qiyməti adətən sıfıra bərabər olur.



Şək.8.9. Birkanallı cərəyan TÖS-in struktur sxemi

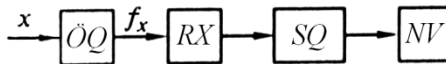
Çoxkanallı TÖS-də kanalların zamana görə bölünməsi tətbiq olunur, yəni TÖS-in ötürücü və qəbuledici tərəflərində ölçmə kommutatorları qoyulur, qəbuledici cihazları isə kommutatorun növbəti qoşulmasına qədər göstərişləri saxlamaq üçün yaddaş blokları ilə təchiz edirlər. Bu zaman sistem xeyli mürəkkəbləşir, cəldişləmə isə maneələri ortalama zərurəti ilə məhdudlaşır. Ona görə də çoxkanallı TÖS-də ölçmə kanallarının ancaq sporadik kommutasiyasını, yəni operatorun çağırışı ilə kommutasiyanı tətbiq edirlər.

Cərəyan TÖS-in təsir məsafəsi rabitə xətləri parametrlərinin (naqilllərin və naqilllərarası izolyasiyanın

müqavimətləri) qeyri-sabitliyinin yaratdığı xəta ilə məhdudlaşır. Hava rabitə xətləri ilə məsafə 7–10 km, kabel kanalları ilə 20–25 km təşkil edir.

Tezlik teleölçmə sistemləri. Tezlik TÖS-də ölçülən kəmiyyətlərin qiymətləri rabitə xətti vasitəsilə sinusoidal cərəyanın, yaxud sabit cərəyan impulslarının tezliyi ilə ötürülür. Tezlik siqnalının ötürülməsi həm naqillli rabitə xətləri ilə, həm də digər xətlərlə həyata keçirilə bilər.

Tezlik TÖS-in bir kanalının ümumiləşdirilmiş struktur sxemi şəkl. 8.10-da göstərilmişdir.



Şəkl. 8.10. Birkanallı tezlik TÖS-in struktur sxemi

Ötürücü quğunun ÖQ çıxışında dəyişən cərəyanın (yaxud sabit cərəyan impulslarının) tezliyi f_x adətən ölçülən kəmiyyətdən asılı olur: $f_x = f_{\min} + k_1 x$ və ya $f_x = f_{\min} + k_2 (f_{\max} - f_{\min}) x$, burada f_{\min} və f_{\max} - siqnalın minimal və maksimal tezlikləri; k_1 və k_2 - çevirmə əmsallarıdır. Rabitə xətti RX ilə ötürülən tezlik siqnalı siqnal qəbuledicisi SQ ilə ya ölçülən kəmiyyətin qiymətini analog cihazı ilə əldə etmək üçün analog siqnala (cərəyan və ya gərginlik), ya da ölçmənin nəticəsini rəqəm formasında vermək üçün koda çevirir. Ölçmələrin nəticəsinin bu və ya digər formada əks olunması nəticələri verən blok NV ilə həyata keçirilir.

Hazırda tezlik sistemləri uzağa təsirli sistemlər kimi geniş yayılmışdır. Qonşu tezlik kanalı ilə çarpaz təhrif və maneələrə görə eyni vaxtda ötürülən məlumatların sayı hazırda 18-dən çox olmur.

Zamanimpuls teleölçmə sistemləri. Belə TÖS-də ölçülən kəmiyyətin qiyməti rabitə xətti ilə sabit cərəyan

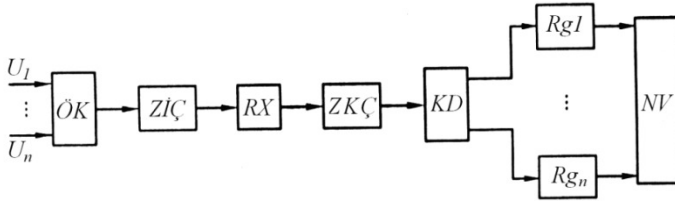
impulslarının uzunluğu və ya impulsar arasındakı intervalların uzunluğu vasitəsilə ötürülür. İmpulsların uzunluğu adətən belə asılılıqla təyin edilir:

$$\tau = \tau_{\min} + \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}(x - x_{\min}),$$

burada τ_{\min} və τ_{\max} - impulsun uyğun olaraq minimal və maksimal uzunluğu; x - minimal x_{\min} və maksimal x_{\max} qiymətli ölçülən kəmiyyətdir.

İmpulsların təkrarlanma periodu τ_{\max} -dan çox olmalıdır.

Kanalları zamana görə bölünən çoxkanallı zamanimpuls sisteminin struktur sxemi şəkl.8.11-də verilmişdir.



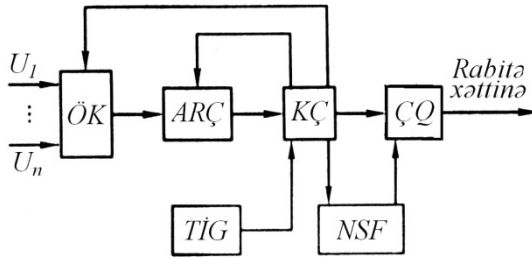
Şəkl. 8.11. Kanalları zamana görə bölünən zaman impuls TÖS-in struktur sxemi

Struktur sxemin ötürücü tərəfinə ölçmə kommutatoru ÖK və zamanimpuls çeviricisi ZİÇ , yəni unifikasiya olunmuş gərginliyi U_1, \dots, U_n (və ya cərəyanı) zaman intervalına çevirən çevirici daxildir. Qəbuledici tərəfdə sistemdə zaman intervalını koda çevirən çevirici ZKÇ , kodlu dəyişdirici KD , hər kanalın kodunu yadda saxlayan registrlər $\text{Rg}_1, \dots, \text{Rg}_n$, vahid çoxkanallı blok, yaxud informasiyanı təqdim etmək üçün (indikasiya, qeydetmə) fərdi vasitələr dəsti kimi nəticələri verən NV qovşaq vardır.

Zamanimpuls TÖS uzağa təsirli sistemlərə aiddir: belə sistemin radiokanalla təsir məsafəsi yüzlərlə və hətta minlərlə kilometr təşkil edir.

Rəqəmsal teleölçmə sistemləri. Həm də kod-impuls sistemləri adlanan rəqəmsal TÖS-də ölçülən kəmiyyətin qiyməti rabitə xətti ilə impulsların kombinasiyası şəklində olan kod kombinasiyası vasitəsilə ötürülür. Daha tez-tez ikilik kod tətbiq edilir. O, qəbuledici tərəfdə ölçülən kəmiyyətin rəqəmsal əks olunması üçün daha əlverişli olan vahidlik-onluq koda çevrilir. Rabitə xəttindəki maneələr kodun təhrif olunmasına, deməli ölçmə xətasına səbəb ola bilər. TÖS-in maneədən qorunmasını yüksəltmək üçün xüsusi kodlar - maneələrin yaratdığı səhvləri aşkar edən və düzəldən kodlar tətbiq edilir. Belə kodların qurulması kod kombinasiyalarının artıqlığını yaratmağa əsaslanmışdır və bütün mümkün kod kombinasiyalarından müəyyən qanuna tabe olan hissə seçilir. Qalan kombinasiyalar qadağan edilmiş hesab olunur. Bu, maneələrin təsirinə məruz qalan bəzi kod kombinasiyalarını kənarlaşdırmağa imkan verir. Kodların belə qurulmasında səhvlərin ancaq bir hissəsi aşkar oluna bilər, belə ki, maneələrin təsiri ilə bir icazə verilən kombinasiyanın digər icazə verilən kombinasiyaya keçməsinin mümkünlüyü istisna deyildir.

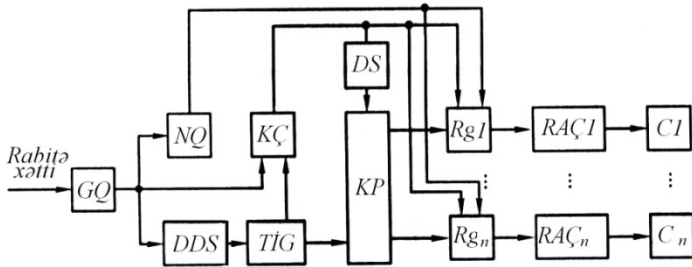
Şək. 8.12-də rəqəm TÖS-in ötürücü qurğusunun mümkün struktur sxemlərindən biri verilmişdir. Unifikasiya olunmuş siqnallar, məsələn, U_1, \dots, U_n gərginlikləri ölçmə çeviricilərindən (şəkildə göstərilməmişdir) həmin siqnalları növbə ilə analoq-rəqəmsal çeviriciyə ARÇ qoşan ölçmə kommutatorunun ÖK girişlərinə daxil olur.



Şək. 8.12. Rəqəmsal TÖS-in ötürücü qurğusunun struktur sxemi

ARC-nin çıxışından paralel kod paralel kodu ardıcılı çevirən çeviriciyə KÇ verilir. KÇ maneədən qorunan kod yaratmaq üçün nəzarət simvolları formalaşdırıcısını NSF idarə edir və ÖK-ni növbəti vəziyyətə çevirir, həm də qəbuledicini dövrü sinxronlaşdırmaq üçün istifadə edilən kodu (bu, sinxroseriya adlanır) formalaşdırır. Ölçülən kəmiyyətlərin sorğu tezliyi takt impulsu generatoru TİG ilə verilir. KÇ və NSF-dən ardıcıl kod çıxış qurğusu ÇQ vasitəsilə rabitə xəttinə daxil olur.

İnformasiya verən vasitələr kimi rəqəmsal TÖS-in qəbuledici qurğusu ölçülən kəmiyyətlər qədər analog cihazlarından, yaxud rəqəmsal cihazlar və qeydedicilərdən ibarət ola bilər. Analog cihazlarından istifadə olunduqda qurğu sadədir. Şək. 8.13-də belə qəbuledicinin mümkün struktur sxemi göstərilmişdir.



Şək. 8.13. Rəqəmsal TÖS-in qəbuledici qurğusunun struktur sxemi

Kod rabitə xəttindən giriş qurğusuna GQ daxil olur. Burada rabitə xəttində təhrif olunan kodun impulsları bərpa edilir. GQ qurğusundan kod siqnalları ardıcıl kodu paralelə çevirən KÇ çeviricisinə və yaddaş registrləri (R_{g1}, \dots, R_{g_n}) vasitəsilə rəqəmsal-analoq çeviricilərinə $RA\check{C}_1, \dots, RA\check{C}_n$ daxil olur. $RA\check{C}$ -nin çıxış siqnalları C_1, \dots, C_n cihazlarına daxil olur. Dövri sinxronlaşdırma DS qovşağı sinxroimpulslar ayırır və kanal paylaşdırıcısını KP ilkin vəziyyətdə qoyur. KP ötürücü qurğunun ölçmə kommutatoru ilə sinxron və sinfaz olaraq növbə ilə registrlərdə R_{g1}, \dots, R_{g_n} yazılışa icazə verir, çünki TİG generatoru dövr daxili sinxronlaşdırma bloku DDS ilə ötürücü qurğunun generatoru ilə sinxronlaşdırılmışdır. Rabitə xəttindən təhrifsiz kod kombinasiyası daxil olduqda nəzarət qurğusu NQ bütün registrlərə R_{g1}, \dots, R_{g_n} icazə siqnalı verir, ancaq o registrə kod yazılır ki, ona KP-dən icazə siqnalı verilmişdir.

Rəqəmsal TÖS-in daha əhəmiyyətli üstünlükləri yüksək metroloji xarakteristikalar, müxtəlif rabitə kanalları üzrə işinin mümkünlüyü, maneələrdən yüksək qorunma və EHM-ə informasiyanı verməyin mümkünlüyüdür. Nisbətən mürəkkəb olması rəqəmsal TÖS-in çatışmazlığıdır.

8.4. Avtomatik nəzarət və texniki diaqnostika sistemləri

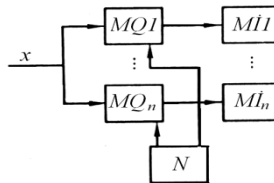
Ümumi anlayışlar. Avtomatik nəzarət sistemləri (ANS) və texniki diaqnostika sistemləri (TDS) ÖS-in növmüxtəlifliyi olub, onların köməyi ilə müxtəlif obyektlərin vəziyyətinə nəzarət həyata keçirilir.

Nəzarət dedikdə nəzarət obyektinin vəziyyəti ilə qabaqcadan verilən norma arasındakı uyğunluğun müəyyənləşdirilməsi prosesi başa düşülür. Nəzarət nəticəsində obyektin parametrlərinin kəmiyyətə qiymətləndirilməsi olmadan obyektin vəziyyəti haqqında

qərar verilir (yararlıdır, yararsızdır, böyükdür, kiçikdir, normadadır və s.).

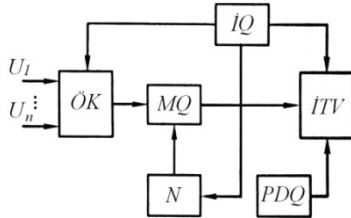
TDS-in ANS-dən fərqi ondan ibarətdir ki, təkcə TDS nəzarət olunan obyektin saz və ya nasazlığı haqqında informasiya vermir, nasazlığın yerini də göstərir. Praktiki olaraq istənilən TDS öz tərkibində stimullaşdırıcısı təsir generatorları kimi obyektə təsir qurğusuna malik olur, ANS isə belə qurğulara malik olmaya da bilər.

Avtomatik nəzarət sistemləri. Müasir ANS obyektin parametrlərinə fasiləsiz nəzarət həyata keçirən sistemlərə və bu parametrlərə ardıcıl diskret nəzarətli sistemlərə bölünür. Kanalının struktur sxemi şəkil 8.14-də verilən obyektin parametrlərinə fasiləsiz nəzarəti olan sistem hər bir nəzarət kanalında müqayisəedici qurğuya MQ və meyillənmələrin indikasiya qurğusuna MI malik olur. Həm də hər kanalda bu qurğuların sayı parametrin dəyişməsinin müəyyənləşdirilmiş sərhədlər sayından asılıdır. Praktiki olaraq belə sərhədlər (normalar) birdən dördə qədər ola bilər: xəbərdaredici “kiçik”, xəbərdaredici “böyük”, qəza “kiçik” və qəza “böyük”. Normaları yaradan və saxlayan qurğu N çoxlu kanallar üçün ümumi və ya ayrı-ayrı kanallar üçün fərdi ola bilər. Fasiləsiz nəzarətli sistemlər çoxlu sayda avadanlıq tələb edir və ona görə də ancaq daha məsuliyyətli parametrlərə nəzarət üçün tətbiq olunur. Bunlar elə parametrlərdir ki, onlar üçün nəzarətin yüksək etibarlılığını və nəzarətin nəticələrinin vaxtında verilməsini təmin etmək zəruridir.



Şək. 8.14. Fasiləsiz nəzarətli ANS-nin bir kanalının struktur sxemi

Ardıcıl diskret nəzarətli avtomatik nəzarət sistemləri daha geniş yayılmışdır. Onlar az sayda avadanlıq tələb edir və ona görə də ucuzdur. Belə sistemin struktur sxemi şəkil 8.15-də verilmişdir.



Şək. 8.15. Diskret nəzarətli ANS-nin struktur sxemi

Unifikasiya edilmiş siqnallara, məsələn gərginliklərə U_1, \dots, U_n çevrilmiş nəzarət olunan kəmiyyətlər ölçmə kommutatoru ÖK ilə növbəli şəkildə müqayisə qurğusuna MQ daxil olur, burada normalarla müqayisə edilir. Bir nəzarət olunan parametr üçün bir neçə norma olduqda, həmin parametrə nəzarət zamanı norma dəyişə bilər. Normaların dəyişməsi və ÖK-nin vəziyyətinin dəyişməsi idarəetmə qurğusunun İQ köməyi ilə həyata keçirilir. İnformasiyanı təqdim etmə vasitəsi İTV meyllənmələri indikasiya qurğularına (ümumi, qrup və ya fərdi) və rəqəm qeydetmə qurğularına malik ola bilər. Nəzarət olunan parametrin vəziyyəti haqqında qərarlardan başqa, İTV həm də nəzarət olunan kanalın nömrəsini (İQ-dən) və hadisənin başvermə vaxtını (zaman siqnallarını formalaşdıran qurğusundan ZFQ) verir və qeyd edir.

Bu sistemlərin çatışmazlığı - nəzarət əməliyyatlarının böyük artıqlığıdır, belə ki, nəzarətin aparılma tezliyi nəzarət edilən parametrlərin ekstremal dinamik xassələri nəzərə alınmaqla seçilir. Eyni zamanda obyektin dinamik xassələri haqqında ilkin məlumatların çatışmazlığından və ya bu ekstremal xassələrə uyğun ANS qurulmasının qeyri-mümkünlüyündən elə bir vəziyyət yarana bilər ki, bir, yaxud bir neçə parametr xidməti gözləmə nəticəsində normalar

həddindən kənara çıxma bilər və obyektin qəzadan əvvəlki, yaxud hətta qəza iş rejimi buraxıla bilər.

Bununla əlaqədar son zamanlar nəzarət olunan kanalların sorğusu adaptiv alqoritmlə edilən avtomatik nəzarət sistemləri işlənilib hazırlanır. Bu, nəzarətə (çox zaman həm də tənzimlənməyə) nominal, yaxud buraxılabilən qiymətlərdən daha çox meyillənən parametrləri çıxarmağa imkan verir.

Sənayenin buraxdığı ANS adətən kombinə edilmiş olur, yəni daha mühüm parametrlərə fasiləsiz nəzarət olunur, qalan bütün parametrlərə isə ardıcıl diskret nəzarət həyata keçirilir.

Texniki diaqnostika sistemləri. Texniki diaqnostika sistemləri təyinat məqsədinə görə diaqnostik və praqnozlaşdırıcı sistemlərə bölünür. Diaqnostik sistemlər diaqnoz qoymaq üçün, yəni yoxlanan obyektin nasazlığını aşkar etmək, yaxud saz olmasını təsdiq etmək üçün nəzərdə tutulub. Praqnozlaşdırma daha çətin məsələdir və əvvəlki zaman anlarındakı yoxlamanın nəticələrinə görə obyektin gələcəkdə özünü necə aparacağı qabaqcadan deyilir.

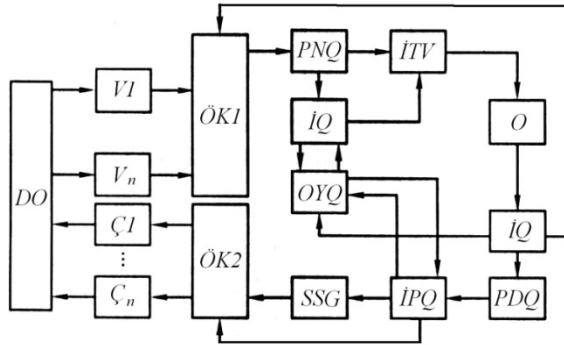
Diaqnostika obyektinin vəziyyətinin qiymətini hazırlamaq prosedurunun xarakterinə görə TDS statik və determinə edilmişlərə bölünür. Obyektin vəziyyətini statik qiymətləndirmə zamanı qərar obyektini xarakterizə edən siqnalları ölçmək və yoxlamaq əsasında çıxarılır. Determinə edilmişdə isə yoxlanan obyektin parametrlərini nümunə kimi qəbul edilən obyektin parametrləri ilə müqayisə edirlər. Adətən nümunə obyektini yerinə onun özünü aparmasına oxşadılan siqnallar istifadə edirlər. Bu siqnallar TDS-in müvafiq qurğularında saxlanılır.

Bu yoxlama növləri mövcuddur: funksional, alqoritmik və məntiqi-kombinasiya. Funksional yoxlama zamanı obyektin girişinə siqnal daxil olduqda onun çıxışında siqnalın olması aşkar edilir, çıxış siqnalının olmaması imtinaadır. Alqoritmik yoxlamada obyektin iş

alqoritminə uyğun olaraq funksiyaların yerinə yetirilmə ardıcılığı yoxlanılır. Həm də test yoxlaması adlanan məntiqi-kombinasion yoxlama istənilən səviyyədə nasazlıqları üzə çıxarmağa imkan verir. Bu halda yoxlanılan obyektin girişinə xüsusi diaqnostik test, xüsusi stimullaşdırıcı siqnal verilir.

Diaqnostika zamanı yaranan daha mürəkkəb məsələ nasazlığı yaradan qovşağın tapılma məsələsidir. Bu zaman hər bir növbəti yoxlama hər bir qovşağın funksional əhəmiyyətliyi, nasazlığın mümkün səbəblərinin nisbi ehtimalları, yoxlamanı həyata keçirmək üçün lazım olan nisbi vaxt sərfi, həmçinin əvvəl əldə edilən informasiya nəzərə alınmaqla yerinə yetirilməlidir. Diaqnostika proqramlarının optimallaşdırılmasının göstərilən prinsiplər əsasında işlənilib hazırlanan müxtəlif metodları mövcuddur.

Texniki diaqnostika sisteminin mümkün struktur sxemlərindən biri şəkil 8.16-da verilmişdir.



Şəkil 8.16. Texniki diaqnostika sisteminin struktur sxemi

Diaqnostika obyektindən DO informasiya unifikasiya edilmiş çıxış siqnalı vericilər V_1, \dots, V_n və ölçmə kommutatoru ÖK1 vasitəsilə parametrlərə nəzarət qurğusuna PNQ daxil olur. O, ölçmə və parametrləri

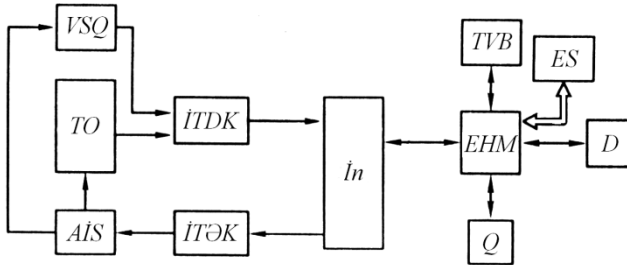
normalarla müqayisə qurğularına malikdir. Nəzarətin nəticələri işlənmə qurğusuna İQ daxil olur və burada operativ yaddaş qurğusundan OYQ alınan nümunə nəticələrlə müqayisə oluna bilər. Bundan başqa, OYQ-da proqram daxil edən qurğudan PDQ informasiyanı paylama qurğusu İPQ vasitəsilə daxil olan yoxlama proqramı yazıla bilər. İPQ həm də stimullaşdırıcı siqnal generatorunun SSG və ölçmə kommutatorunun ÖK2 işini idarə edir. ÖK2-nin girişinə SSG-dən gərginlik verilir. ÖK2-nin çıxışlarındakı bu gərginliklər ζ_1, \dots, ζ_n çeviriciləri ilə DO-ya təsir edən müvafiq siqnallara çevrilir. Belə siqnallar həm elektrik, həm də qeyri-elektrik siqnallar ola bilər. İnformasiyanın operatora O verilməsi informasiyanı təqdim etmə vasitəsilə İTV həyata keçirilir. Əldə edilən informasiyadan asılı olaraq operator yoxlama proqramını dəyişərək idarə etmə qurğusu İQ vasitəsilə PDQ-yə təsir edə bilər.

8.5. Elmi tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri

Elmi tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemlərinin əsas məsələsi elmi eksperimenti elə şəkildə planlaşdırmaq, təşkil etmək və aparmaqdan ibarətdir ki, minimal qısa müddətdə və ən kiçik qiymətlə ən böyük doğruluqla lazım olan nəticələr əldə edilsin. ETAS-in işinin nəticəsi adətən elmi hipotezlərin yoxlanmasıdır.

Eksperimentin növmüxtəlifliyi sınaqlardır. Sınaqlar zamanı obyektin xarakteristikaları, onun modeli artıq məlumdur və yalnız obyektin konstruktiv və istismar xassələrini təsdiq etmək tələb olunur. Bu zaman sınaqların məqsədi obyektin fiziki parametrlərinin dəyişməsinin buraxıla bilən həddlərini müəyyənləşdirmək və onlara xarici amillərin təsirini qiymətləndirməkdən ibarətdir.

ETAS-in ümumiləşdirilmiş struktur sxemi şəkil 8.17-də verilmişdir.



Şək. 8.17. ETAS-nin ümumiləşdirilmiş struktur sxemi

Tədqiqat obyektindən TO informasiya təminatının düzünə kanalı İTĐK üzrə interfeys İn vasitəsilə EHM-ə daxil olur. EHM-də TO-dan alınan nəticələrin işlənməsi baş verir. Obyekt ətraf mühitin müəyyən parametrlərində tədqiq edilməli olduğundan ETAS-də ətraf mühitin vəziyyətini saxlayan qurğu VSQ, obyekt və mühiti avtomatik idarəetmə sistemi AIS nəzərdə tutula bilər. Bu zaman AIS-in girişinə informasiya EHM-dən İn vasitəsi ilə informasiya təminatının əks kanalı İTƏK üzrə daxil olur.

Eksperimentin gedişini idarə etmək üçün ETAS-də adətən təcrübə verilənlər bazası TVB olan ekspert sistemi ES kimi adlandırılan sistem nəzərdə tutulur. TVB-də əvvəlki oxşar eksperimentlərin verilənləri saxlanılır. ES və TVB olması eksperimentin gedişində yarana biləcək təhlükəli qəza hallarından kənar olmağa imkan verir.

Eksperimenti aparanın eksperimentin gedişatına təsir edə bilməsi üçün ETAS-da insan və sistemin dialoq iş rejimini təmin edən qurğular da vardır (display D, qeydedici Q və s.). Dialoq iş rejimi müvafiq proqram təminatı ilə saxlanılır.

ÖS-in yüksək inkişaf forması kimi intellektual sistemlərin yaranmasını hesab etmək olar ki, onlar tədqiqat obyektini, təsiredici amillər (o cümlədən maneələr) və ÖS qovşaqlarının imkanları haqqında bütün aprior məlumatlar məcmusunu nəzərə almaq hesabına ölçmələrin və eksperimental tədqiqatların maksimal dərəcədə

avtomatlaşdırılmasına nail olmağa imkan verir. Belə ÖS-də tədqiqat obyektinin və sistemin özünün konkret iş şəraitində fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsinin optimal alqoritmləri reallaşa bilər. İntellektual ÖS analogiyalar, proqnozlaşdırma, səbəb-nəticə əlaqələrinin analizi metodlarını, qərarların qəbulu prosedurlarını tətbiq etməklə təhsil və öz-özünə təhsil alqoritmlərindən geniş istifadə edə bilər.

BÖLMƏ III

FİZİKİ KƏMIYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLMƏSİ

Fəsil 9

ELEKTRİK KƏMIYYƏTLƏRİNİN ÖLÇÜLMƏSİ

9.1. Cərəyan şiddəti və gərginliyin ölçülməsi

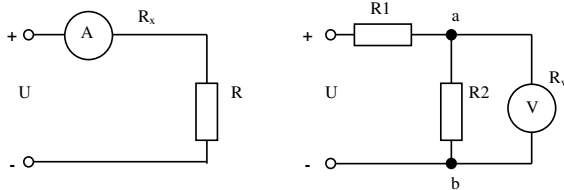
Ümumi məlumatlar. Cərəyan şiddəti və gərginlik ölçülməsinə tez – tez ehtiyac yaranan ən geniş yayılmış elektrik kəmiyyətləridir. Sənaye müəssisələri tərəfindən istehsal olunan cərəyan şiddəti və gərginlik ölçmə vasitələrinin bu qədər geniş çeşiddə olması da məhz bununla izah edilir. Ölçmə üçün hansı vasitənin seçilməsi ölçüləcək kəmiyyətin ehtimal edilən böyüklüyü, cərəyanın növü (sabit və ya dəyişən), cərəyan tezliyi, ölçmənin tələb edilən dəqiqlik dərəcəsi, eksperimentin aparıldığı şərait (laboratoriya, sex və ya sahə ölçmələri), xarici mühitin təsiri (temperatur, maqnit sahəsi, titrəmələr və s.) kimi bir sıra amillərdən asılıdır.

Gərginlik adətən birbaşa ölçmələrlə müəyyənləşdirildiyi halda, cərəyan şiddətinin ölçülməsində birbaşa üsulla yanaşı dolay üsuldən də istifadə olunur. Dolay ölçmələr zamanı ölçüləcək cərəyan şiddətinə (I_x) malik elektrik dövrəsinə qoşulmuş, məlum R müqavimətinə malik rezistorda U gərginliyin azalması ölçülür. Cərəyan şiddəti Om qanununa əsasən hesablanır: $I_x = U / R$. Belə olan halda cərəyan şiddətinin ölçmə xətası ΔI_x gərginliyin ölçmə xətası ΔU və müqavimətin nominal qiyməti ilə faktiki qiymət R_f arasındakı fərqdən yaranan ΔR xətası ilə müəyyən olunur. ΔI_x xətası dolay ölçmələrin nəticələrinin təhlili əsasında tapıla bilər.

Cərəyan şiddəti və gərginliyin ölçülməsi istifadə edilən ölçmə vasitəsinin müqavimətinin təsiri nəticəsində

həmişə müəyyən xəta ilə müşaiət olunur. Tədqiqat aparılan dövrəyə ölçmə vasitəsinin qoşulması həmin dövrənin rejimini pozur. Məsələn, R_A müqavimətinə malik ampermetrin şəkil 9.1-də göstərilən dövrəyə qoşulması nəticəsində həmin dövrənin ampermetr qoşulmazdan əvvəlki $I = U / R$ cərəyan şiddəti dəyişərək $I_1 = U / (R + R_A)$ olacaqdır. Ampermetrin müqaviməti nə qədər çox olarsa, $\Delta I = I_1 - I$ ölçmə xətası da o qədər çox olar. Gərginliyin ölçülməsi zamanı da analoji xəta meydana gəlir. Məsələn, şəkil 9.2-də göstərilən dövrəyə a və b nöqtələri arasındakı gərginliyi ölçmək üçün R_V müqavimətinə malik voltmetrin qoşulması nəticəsində dövrənin cərəyan rejimi pozulur, çünki voltmetr qoşulmazdan əvvəl həmin iki nöqtə arasında olan $U_{ab} = UR_2 / (R_1 + R_2)$ gərginliyi dəyişərək aşağıdakı qiyməti alır:

$$U_{ab} = \frac{UR_2R_V / (R_2 + R_V)}{R_1 + R_2R_1 / (R_2 + R_V)}$$



Şək. 9.1. Cərəyanın ölçülməsi sxemi və
şək. 9.2. Gərginliyin ölçülməsi sxemi

$\Delta U = U_{ab1} - U_{ab}$ voltmetrin müqaviməti ilə tərs mütənəsidir.

Ölçmə vasitələrinin müqavimətinin dolayı göstəricilərindən biri də onun qoşulduğu dövrədən aldığı gücdür. Dövrəyə qoşulmuş R_A müqavimətli ampermetrdən I cərəyanı keçərkən həmin ampermetrin sərf etdiyi güc $P_A = I^2 R_A$ olur. Voltmetrin sərf etdiyi güc isə $P_V = U^2 / R_V$ düsturu ilə hesablanır (burada U voltmetrlə ölçülən

gərginliyi, R_V isə voltmetrin daxili müqavimətini göstərir). Deməli, gərginliyin və cərəyan şiddətinin ölçülməsi zamanı dövrənin cərəyan rejiminin pozulması nəticəsində ölçmələrdə meydana çıxan xəta ölçmə vasitəsinin qoşulduğu dövrədən aldığı güclə tərs mütənəsibdir. Gərginliyi və cərəyan şiddətini ölçərkən qoşulduğu dövrədən ən az güc sərf edən alətlər kompensatorlar (potensiometrlər), elektron və rəqəmsal cihazlardır. Elektromexaniki ölçmə cihazları arasında ən az güc sərf edənlər maqnitoelektrik və elektrostatik ölçmə mexanizmləridir. Qoşulduqları dövrədən aldıkları gücün çox az olması kompensatorlardan nəinki gərginliyin, həm də elektrik hərəkət qüvvəsinin (e.h.q) də ölçülməsində istifadə etməyə imkan verir.

Ölçülən gərginlik və cərəyan şiddətinin qiymətlər diapazonu çox böyükdür. Belə ki, bioloji və kosmik tədqiqatlarda, vakuum şəraitində ölçülən sabit cərəyanın şiddəti femtoamperin (10^{-15} A) onda bir, yüzdə bir hissələri böyüklüyündə olarkən, əlvan metallurgiya, kimya sənayesində istifadə olunan güclü elektrik qurğularında cərəyan şiddəti yüzlərlə kiloampərə çatır. Belə geniş diapazonda ölçmələri təmin etmək üçün sənayedə müəyyən alt – diapazonları ölçən cihazlar istehsal edilir. Gərginliyi və cərəyan şiddətini ölçən vasitələr adətən çoxhədli olaraq istehsal edilir. Cərəyan şiddətinin ölçülmə diapazonunu genişləndirmək üçün sabit cərəyan dövrlərində sabit cərəyan şuntları və ölçmə transformatorlarından, dəyişən cərəyan dövrlərində isə dəyişən cərəyan ölçmə transformatorlarından istifadə olunur. Ölçülən gərginlik diapazonunu genişləndirmək üçün gərginlik bölücülərindən, əlavə müqavimətlərdən və gərginlik ölçmə transformatorlarından istifadə olunur.

Sabit cərəyan və sabit gərginliyin ölçülməsi. Sabit cərəyan və gərginliyin ən dəqiq ölçüləri sabit cərəyanın gücü və e.h.q. vahidi üzrə dövlət birinci (ilkin) etalonlardan asılıdır. Dövlət ilkin etalonları ölçmə nəticələrinin orta

kvadratik sapmasının (S_0), sabit cərəyanın gücünün ölçülməsində $4 \cdot 10^{-6}$, e.h.q – sinin ölçülməsində isə $5 \cdot 10^{-8}$ – dən çox olmamasını təmin edir. Bu zaman sistematik xətanın qiyməti də (müvafiq olaraq $8 \cdot 10^{-6}$ və $1 \cdot 10^{-6}$) nəzərə alınır). Sabit cərəyan və gərginliyi ölçən ənənəvi cihazlar arasında ən kiçik xətanı sabit cərəyan kompensatorları verir. Məsələn, dəqiqlik sinfi 0,0005 olan kompensatorlar (potensiometrlər) var ki, 10^9 – 2,1211111 V diapazonuna daxil olan sabit e.h.q və gərginlikləri ölçə bilər. Sabit kompensatorla, cərəyan elektrik sarğaçlarından istifadə etməklə dolayı üsulla ölçülür. Müqavimət elementi kimi istifadə olunan 0,0002 dəqiqlik sinfinə aid elektrik sarğaçları vasitəsi ilə aparılan cərəyan ölçmələrində xətalarnın $\pm 0,0025\%$ - dən az olmasını təmin etmək mümkündür.

Kompensatorlardan sabit cərəyanın e.h.q. – nin dəqiq ölçülməsi, eləcə də daha az dəqiqliyə malik ölçmələrin nəticələrini yoxlamaq üçün istifadə olunur.

Cədvəl 9.1

| Sabit cərəyan ölçən cihazlar | Yuxarı ölçmə həddi, a | | | | Aşağıdakılara uyğun ən kiçik ölçmə xətası; % | | |
|------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|--|--|-------------------------------------|
| | Ən kiçik | Ən böyük | | | yuxarı ölçmə həddinin ən kiçik qiyməti | yuxarı ölçmə həddinin ən böyük qiyməti | Ölçü diapazonuna daxil olan qiyməti |
| | | Birbaşa qoşulma | Xarici şuntla qoşulma | Sabit cərəyan trans-furu | | | |
| Rəqəmsal | 10^{-17} | 10 | $7,5 \cdot 10^3$ | - | 5,0 | 0,7 | 0,01 |
| Elektron analog | $5 \cdot 10^{-10}$ | 1 | - | - | 5,0 | 4,0 | 0,5 |
| Maqnitoelektrik | $3 \cdot 10^{-7}$ | 50 | $2 \cdot 10^4$ | $1,5 \cdot 10^5$ | 0,5 | 1,5 | 0,2 |
| Elektromaqnit | $5 \cdot 10^{-3}$ | 30 | - | - | 0,5 | 1,5 | 0,5 |
| Elektrodinamik | $5 \cdot 10^{-3}$ | 10 | - | - | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Sabit cərəyan şiddəti və gərginliyin ölçülməsində ən çox istifadə olunan cihazlar ampermetrlər (mikro-, milli- və kiloampermetrlər) və voltmetrlər (mikro-, milli- və kilovoltmetrlər), eləcə də bir sıra universal və kombine cihazlardır (məsələn mikrovoltnanoampermetrlər, nanovoltampermetrlər və s.). Sabit cərəyan və gərginliyin ölçülməsi üçün ən çox istifadə olunan ölçmə vasitələrinin siyahısı cədvəl 9.1 və 9.2-də verilmişdir.

Zəif cərəyan şiddəti və gərginliyin ölçülməsi üçün elektrometrlərdən və foto-qalvanometrlərdən istifadə olunur. Buna nümunə olaraq 10^{-17} ... 10^{-13} A diapazonuna aid sabit cərəyanları və 10^{-15} ... 10^{-7} A diapazonuna daxil olan cərəyanları ölçən universal rəqəmsal mikrovoltmetr – elektrometrləri göstərmək olar. Foto – qalvanometrlərə nümunə olaraq sabit cərəyanın (0.5 ... 0... 0.5 nA) və sabit gərginliyin (50 ... 0 ... 0.5 nV) ən kiçik qiymətlər diapazonunu ölçən nano – voltampermetrləri göstərmək olar. Sabit cərəyan və gərginliyin kiçik və orta qiymətlərinin ölçülməsində ən çox elektron və maqnitoelektrik cihazlardan istifadə olunur.

Cədvəl 9.2

| Sabit cərəyan ölçən cihazlar | Yuxarı ölçmə həddi, A | | | | Aşağıdakılara uyğun ən kiçik ölçmə xətası; % | | |
|------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | Ən kiçik | Ən böyük | | | yuxarı ölçmə həddinin ən kiçik xətası | Yuxarı ölçmə həddinin ən böyük xətası | Ölçmə diapazonuna daxil olan xətalər |
| | | Birbaşa qoşulma | Xarici şuntla qoşulma | Sabit cərəyan transfru | | | |
| Rəqəmsal | $2 \cdot 10^{-5}$ | 10^3 | - | - | 1,0 | $5 \cdot 10^{-3}$ | $2,5 \cdot 10^{-3}$ |
| Elektron - analoq | $5 \cdot 10^{-8}$ | 10^3 | - | - | 5,0 | 1,5 | 0,5 |
| Maqnit oelektrik | $3 \cdot 10^{-4}$ | $3 \cdot 10^3$ | - | $2 \cdot 10^4$ | 1,0 | 1,5 | 0,2 |
| Elektrostatik | 30 | $7,5 \cdot 10^4$ | - | | 0,5 | 1,5 | 0,2 |
| Elektromaqnit | 1,5 | $0,6 \cdot 10^3$ | - | | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Elektrodinamik | 7,5 | $0,6 \cdot 10^3$ | - | | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Sabit cərəyanın böyük qiymətinin ölçülməsində xarici şuntların köməyi ilə maqnitoelektrik kiloampermetrlərdən, cərəyanın çox böyük göstəricilərinin ölçülməsində isə sabit cərəyan transformatorlarından istifadə olunur.

Sabit gərginliyin böyük qiymətləri maqnitoelektrik və elektrostatik kilovoltmetrlərlə ölçülür. Sabit cərəyan və gərginlik başqa cihazlarla da ölçülə bilər (bax: cədvəl 9.1 və 9.2). Unutmamaq lazımdır ki, elektrodinamik ampermetr və voltmetrlərdən sabit cərəyan dövrlərindəki cərəyan və gərginliyin texniki ölçmələrində nadir hallarda istifadə olunur. Bu cihazlardan aşağı sinif dəqiqliyə malik ölçmə vasitələrinin yoxlanması zamanı etalon olaraq daha çox istifadə olunur (yüksək dəqiqliyə malik elektron və maqnitoelektrik cihazlarla yanaşı). 9.1 və 9.2 cədvəllərində termoelektrik cihazlar göstərilməmişdir, çünki qoşulduqları dövrdən xeyli güc işlətdikləri üçün sabit cərəyan dövrlərində onlardan istifadə məqsədəuyğun hesab olunmur.

Dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsi. Dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsi, 40 $1 \cdot 10^5$ Hz diapazonuna daxil olan tezliklərdə cərəyan şiddətinin 0.01 10A diapazonuna daxil olan, eləcə də 20 $3 \cdot 10^7$ Hz diapazonuna daxil olan tezliklərdə gərginliyin 0.1 10 Volt diapazonuna daxil olan qiymətlərini təmsil edən dövlət xüsusi etalonlarına əsaslanır. Bu etalonların dəqiqliyi təmsil etdikləri kəmiyyətlərin böyüklüyündən və tezliyindən asılıdır. Dəyişən cərəyan etalonu ilə əlaqədar ölçmələrin nəticələrinin orta kvadratik xətalərinin qiyməti sistematik xəta $\theta_0 = 3 \cdot 10^{-5}$ $2 \cdot 10^{-4}$ çıxılmadıqda $S_0 = 5 \cdot 10^{-5}$ $2 \cdot 10^{-4}$ olur. Dəyişən gərginlik etalonu üçün bu qiymətlər müvafiq olaraq $\theta_0 = 1 \cdot 10^{-5}$ $3 \cdot 10^{-4}$ və $S_0 = 5 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-5}$ olur.

Dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsində adətən ampermetrlər (mikro-, milli- və kiloampermetrlər) və voltmetrlər (mikro-, milli- və kilovoltmetrlər), dəyişən

cərəyan kompensatorları, universal və kombinə olunmuş cihazlar, eləcə də qeydəalma cihazları və elektron ossilloqraflardan istifadə olunur.

Dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsini fərqləndirən cəhət ölçmələrin vaxt ərzində aparılmasıdır.

Ümumiyyətlə, vaxtdan asılı olaraq dəyişən istənilən kəmiyyət istənilən ani qiymətlə təmsil edilə bilər. Vaxtdan asılı olaraq dəyişən kəmiyyətlər həm də onlara xas olan bəzi parametrlərlə (məsələn amplituda), eləcə də inteqral parametrlərlə xarakterizə oluna bilər. Belə inteqral parametrlərə nümunə olaraq aşağıdakıları göstərmək olar:

Təsiredici (effektiv) qiymət:

$$X = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} ;$$

Orta düzləndirilmiş qiymət:

$$X_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T |x^2(t)| dt$$

Orta qiymət:

$$X_{ort} = \frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt$$

burada $x(t)$ vaxtdan asılı olaraq dəyişən kəmiyyəti, yeni dəyişəni göstərir.

Beləliklə, dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsi zamanı onların təsiredici (effektiv), orta və orta düzləndirilmiş qiymətləri müəyyənləşdirilə bilər. Praktikada çox vaxt sinusoidal əyri ilə xarakterizə olunan və adətən cari qiyməti ilə xarakterizə olunan dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsi lazım olur. Buna görə də dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsində istifadə olunan vasitələrin böyük əksəriyyəti bu kəmiyyətlərin sinusoidal əyriyinə uyğun olan effektiv qiymətləri əsasında şkalalanır.

Dəyişən cərəyan və gərginliyin effektiv qiymətləri bir çox vasitələrlə ölçülür. Bunlardan ən çox istifadə

olunanları cədvəl 9.3 və 9.4-də göstərilmişdir. Həmin cədvəllərin 9.1 və 9.2 cədvəlləri ilə müqayisəsi göstərir ki, dəyişən cərəyanın və gərginliyin ölçmələrinin ən kiçik və ən böyük yuxarı hədləri sabit cərəyan və gərginliyin eyni parametrlərindən dəfələrlə çoxdur. Bu onunla izah olunur ki, dəyişən cərəyan və gərginlik üçün səciyyəvi olan xarici dəyişən maqnit sahəsinin təsiri və parazit xarakterli müqavimət – tutum əlaqələri həmin kəmiyyətlərin ölçülməsinə çox böyük təsir göstərir. Zəif dəyişən cərəyan şiddəti rəqəmsal, elektron və düzləndirici cihazlarla, zəif dəyişən gərginlik isə elektron voltmetrlərlə ölçülür.

Cədvəl 9.3

| Cihazlar | Yuxarı sərhəd, a | | | Tezlik diapazonu, Hz | Ən kiçik xəta, % |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|
| | Ən kiçik | Ən böyük | | | |
| | | Birbaşa qoşulma | Ölçü sabit cərəyan Transform at | | |
| Rəqəmsal | $2 \cdot 10^{-5}$ | 10 | - | $45 \cdot 2 \cdot 10^4$ | 0,4 |
| Elektron analoq | 10^{-5} | 1 | - | $10 \cdot 10^7$ | 0,5 |
| Termoel ektrik | $5 \cdot 10^{-3}$ | 50 | 10^2 | $1 \cdot 10^8$ | 1,0 |
| Elektro-maqnit | $1,5 \cdot 10^{-3}$ | $3 \cdot 10^2$ | $2 \cdot 10^3$ | $45 \cdot 3 \cdot 10^3$ | 0,5 |
| Düzlən-dirici | $2,5 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^2$ | 10^4 | $30 \cdot 2 \cdot 10^4$ | 1,5 |
| Elektro-dinamik | $5 \cdot 10^{-3}$ | $2 \cdot 10^2$ | $6 \cdot 10^3$ | $45 \cdot 4 \cdot 10^3$ | 0,1 |

Dövrəyə birbaşa qoşulan ölçmə vasitələri arasında dəyişən cərəyanın qiymətlərini ən geniş diapazonda ölçməyə imkan verən alətlər düzləndirici ölçü alətləridir. Adətən çoxhədli olaraq dizayn edilən bu cihazlarla dəyişən gərginliyin də nisbətən geniş diapazonunu ölçmək mümkündür. Bunu da qeyd etmək yerinə düşərdi ki, düzləndirici alətləri düzləndirici bloku söndürüldüyündə onlardan sabit cərəyan və gərginliyi ölçən maqnitoelektrik vasitə kimi də istifadə etmək olar. Bu universallığı və

qabarit ölçülərinin kiçik olması düzləndirici alətlərin həm laboratoriya həm də istehsal praktikasında geniş istifadəsinə səbəb olmuşdur.

Qiyməti bir kiloamperdən böyük olan sabit və dəyişən cərəyanlar, gərginliklər dövrəxarici ölçmə vasitəsi olan transformatorlar, eləcə də elektromaqnit, düzləndirici və elektrodinamik alətlərlə ölçülür. Böyük dəyişən cərəyanlar (75 kilovata qədər) dövrəyə birbaşa qoşulan elektrostatik kilovoltmetrlərlə ölçülür.

Dəyişən cərəyanları ən geniş diapazonda ölçən cihazlar termoelektrik və elektron cihazlar, dəyişən cərəyanı ən geniş diapazonda ölçməyə imkan verən cihazlar isə elektron və elektrostatik ölçü cihazlarıdır. Termoelektrik voltmetrlər dövrədən çox güc işlətdiyinə görə, onların tətbiq sahəsi bir qədər məhduddur və bu səbəbə görə onlar cədvəl 9.4-də verilməmişdir. Ən kiçik ölçmə diapazonuna malik cihazlar elektrodinamik və elektromaqnit ölçü cihazlarıdır. Onların tezlik diapazonunun yuxarı həddi adətən bir neçə kilohersi keçmir. Nəzərə almaq lazımdır ki, 9.3 və 9.4 cədvəllərində verilən rəqəmlər cədvəldəki cihazların həddi imkanlarını göstərir və ölçmə diapazonunun yuxarı həddini xarakterizə edən rəqəmləri birmənalı olaraq cihazların tezlik diapazonu ilə əlaqələndirmək olmaz. Ölçmə diapazonu ilə tezlik diapazonu arasındakı əlaqənin xarakteri ölçü cihazından asılı olaraq dəyişir. Bununla belə, burada ümumi olaraq belə bir qanunauyğunluğu göstərmək olar: ölçülən kəmiyyətin qiyməti yüksəldikcə tezlik diapazonunun yuxarı həddi adətən kiçilməyə başlayır.

Bu zaman müşahidə olunan ikinci qanunauyğunluq da tezlik çoxaldıqca ölçmələrdə xətanın böyüməsidir. Məsələn, 1.0 dərəcəli ölçmə dəqiqliyinə malik T15 termoelektrik milliampermetrdə ölçmə həddi 100 mA olarsa

Cədvəl 9.4

| Cihazlar | Yuxarı sərhəd, a | | | | Tezlik diapozonu, Hz | Ən kiçik xəta, % |
|-------------------|-------------------|------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------|
| | Ən kiçik | Ən böyük | | | | |
| | | Birbaşa qoşulma | xarici mənbənin əlavə müqaviməti ilə | Ölçmə məqsədli gərginlik transf. | | |
| Rəqəmsal | 0,01 | 10^3 | - | - | $4 \cdot 10^5$ | 0,15 |
| Elektron – analoq | $3 \cdot 10^{-6}$ | $3 \cdot 10^2$ | - | - | $10 \cdot 10^9$ | 0,5 |
| Elektromaqaçnit | 0,5 | $6 \cdot 10^2$ | $7,5 \cdot 10^2$ | $6 \cdot 10^5$ | $45 \cdot 10^4$ | 0,5 |
| Düzləndirici | 0,5 | $1,2 \cdot 10^5$ | - | $3 \cdot 10^4$ | $30 \cdot 2 \cdot 10^4$ | 0,5 |
| Elektrostatik | 7,5 | $6 \cdot 10^2$ | - | $3 \cdot 10^4$ | $45 \cdot 2 \cdot 10^3$ | 0,1 |
| Elektrodinamik | 30 | $7,5 \cdot 10^4$ | - | - | $20 \cdot 1,4 \cdot 10^{-7}$ | 0,5 |

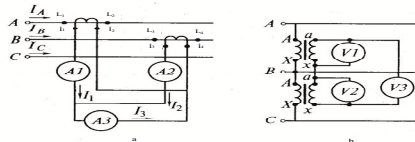
tezliyin yuxarı həddi 50 MHz, 300 mA ölçmə həddində isə 25 MHz – dir. Eyni cihazla 100 MHz- qədər tezlikdə 100 mA, 50 MHz - ə qədər tezlikdə isə 300 mA-ya qədər cərəyan şiddətini $\pm 4.0\%$ xəta ilə ölçmək mümkündür.

Qrafiki təsviri sinusoidal əyrindən fərqli olan dəyişən cərəyan və gərginliyin effektiv qiymətlərinin ölçülməsində əlavə xəta yaranır. Geniş tezlik zolaqlarında işləyən ölçmə vasitələrində bu xətanın qiyməti həmin cihazların çıxışındakı siqnalları ölçülən kəmiyyətin girişdəki qiymətinin təsiri ilə formalaşarsa, minimal olur. Dəyişən cərəyan və gərginliyin qrafik əyrilərindəki dəyişikliyə ən az həssaslıq göstərən ölçü cihazları termoelektrik, elektrostatik və elektron cihazlardır.

Sinusoidal cərəyan və gərginliyin effektiv qiymətlərinin dəqiq ölçülməsi elektrodinamik və rəqəmsal ölçü cihazları, eləcə də dəyişən cərəyan kompensatorları ilə həyata keçirilir. Dəyişən cərəyan və gərginliyin ölçülməsindən alınan xəta sabit cərəyan və gərginliyin ölçülməsindən alınan xətadan çox olur. Məsələn, 40 60

Hz intervalında işləyən dəyişən cərəyan kompensatorları e.h.q – ni və gərginliyi minimal yolverilən xəta ilə ($\pm 0.1\%$) ölçür. Daha geniş diapazonda eyni dəqiqliyə nail olmaq üçün elektrodinamik ampermetr və voltmetrlərdən istifadə etmək lazımdır.

Üçfazlı dövrlərdə cərəyan və gərginliyin ölçülməsinin aşağıdakı fərqli cəhətlərinə nəzər salaq. Adətən asimmetrik üçfazlı dövrlərdə cərəyan və gərginliyin ölçülməsi üçün lazım olan ölçmə vasitələrinin sayı, əgər kəmiyyətlərin hər biri ölçü cihazı ilə ölçülərsə, ölçüləcək kəmiyyətlərin sayına bərabər olur. Simmetrik üçfazlı dövrlərdə aparılan ölçmələrdə sadəcə bir məftildə (fazada) cərəyan və gərginliyin ölçülməsi kifayət edir, çünki belə dövrlərdə hər üç məftildəki (fazadakı) cərəyan və gərginlik bərabər olur. Məftil və fazalardakı cərəyan və gərginlik arasındakı əlaqə yükün bağlanması sxemindən asılıdır. Məlumdur ki, simmetrik üçfazlı dövrlərdə həmin əlaqə yükün ulduz şəkilli bağlanma sxemində $I_{məftil} = I_f$ və $U_{məftil} = \sqrt{3}U_f$ düsturu, üçbucaq şəkilli bağlanma sxemində isə $I_{xətt} = \sqrt{3}I_f$ və $U_{məftil} = U_f$ düsturu ilə xarakterizə olunur. Asimmetrik üçfazlı dövrlərdə cərəyanın və gərginliyin ölçü transformatorları ilə ölçülməsi zamanı istifadə edilən transformatorların sayını azaltmaq olar. Bunu əyani olaraq nümayiş etdirmək üçün şəkl. 9.3, a-da üç məftildəki cərəyanın, şəkl. 9.3, b-də isə yenə üç məftildə gərginliyin iki transformatorla necə ölçüldüyü sxematik olaraq göstərilmişdir.



Şəkl. 9.3. Üç xətdə cərəyanın (a) və gərginliyin (b) iki ölçmə transformatoru ilə ölçülməsinin sxemi. Burada $L_1 \dots L_4$ və $L_1 \dots L_4$ nöqtələri transformatorların qoşulduğu nöqtələrdir.

Bu sxemlər üçfazlı dövrlərə xas olan növbəti nisbətlərə əsaslanır: $I_A + I_B + I_C = 0$ və $U_{AB} + U_{BC} + U_{AC} = 0$. Sxemdəki I_A və I_B cərəyanları transformatorların K_1 , K_2 transformasiya əmsalları nəzərə alınmaqla $A1$ və $A2$ ampermetrləri ilə ölçülür, yəni, $I_A = K_1 I_1$ və $I_B = K_2 I_2$. $A3$ ampermetri elə qoşulmuşdur ki, ondan ümumi cərəyan, yəni, $I_3 = I_1 + I_2$ cərəyanı axır. $K_1 = K_2$ olarsa, $KI_3 = KI_1 + KI_2 = I_A + I_B = -I_C$ olar. Buradakı mənfi işarəsi cərəyanın fazasının dəyişdiyini göstərir. Lakin, bildiyiniz kimi, ampermetrin göstərdiyi cərəyan şiddəti ölçülən cərəyanın fazasından asılı deyil. Beləliklə, $A3$ ampermetrinin göstərdiyi qiymət əsasında $I_C = KI_3$ düsturu ilə I_C cərəyanını hesablamaq olar. Nəzərə almaq lazımdır ki, cərəyanın qiymətlərini düzgün toplamaq üçün ölçmə transformatorlarının generator sığacları dövrəyə düzgün bağlanmalıdır. Transformatorların birində bu sığacların düzgün bağlanmaması (əsas və ya ikinci dərəcəli dövrədə) toplanan cərəyanlardan birinin fazasının dəyişməsinə gətirib çıxara bilər və bu da hesablamaların cavabının səhv olması ilə nəticələnə bilər. Gərginliyin ölçülməsi də analoji sxem üzrə aparılır. Belə sxemlər fazalardakı cərəyan və gərginliyin ölçülməsi üçün istifadə oluna bilər. Üçfazlı dövrlərdə cərəyanın və gərginliyin ölçülməsi üçün birləşməli dövrləri ölçmək üçün nəzərdə tutulmuş cihazlardan istifadə etmək olar. Bundan başqa, xüsusi olaraq üçfazlı dövrlər üçün nəzərdə tutulmuş, lazımi ölçmələri sürətlə və rahat şəkildə aparmağa imkan verən vericilər də istehsal olunur.

Sinusoidal əyri ilə xarakterizə olunan gərginlik və cərəyanın orta düzləndirilmiş qiymətlərinin ($X_{o.düz}$) və amplitudasının (X_m) ölçülməsi elə də çətinlik yaratmır, çünki bu parametrlər birmənalı olaraq sinusoid əyrisinin X qiyməti ilə əlaqəlidir: $X_{o.düz} = X / 1,11$ və $X_m = \sqrt{2X}$. Əyrisinin forması sinusoid olmayan cərəyan və gərginliyin orta düzləndirilmiş qiymətlərinin ölçülməsi üçün çıxış

siqnalı ölçülən kəmiyyətin girişdəki orta düzləndirilmiş qiyməti ilə müəyyən olunan ölçmə vasitələrindən istifadə olunmalıdır. Belə ölçmə vasitələrinə nümunə olaraq düzləndirici cihazları və bəzi elektron, rəqəmsal cihazları göstərmək olar. Kəmiyyətlərin sinusoid əyrisi boyunca effektiv qiymətlərinə uyğun olaraq dərəcələndirilmiş bu cihazların köməyi ilə orta düzləndirilmiş qiyməti tapmaq üçün cihazların göstərdiyi qiymətlər 1.11 - ə bölünür. Cərəyan və gərginliyin əyrisinin formasının dəyişməsi nəticəsində yaranan ölçmə xətalari onların işlədiyi tezlik diapazonu genişləndikcə azalır. Əyrisinin forması sinusoid olmayan cərəyan və gərginliyin amplitud qiymətlərinin ölçülməsi üçün ölçülən kəmiyyətin girişdəki amplitud qiyməti ilə müəyyən olunan ölçmə vasitələrindən istifadə olunmalıdır. Belə ölçmə vasitələrinə nümunə olaraq bəzi elektron ölçü cihazlarını göstərmək olar. Kəmiyyətlərin sinusoid əyrisi boyunca effektiv qiymətlərinə uyğun olaraq dərəcələnməmiş bu cihazların köməyi ilə amplitud qiymətləri tapmaq üçün cihazların göstərdiyi qiymətlər $\sqrt{2}$ -yə vurulur. İmpuls cərəyan və gərginliyin amplitud qiymətlərini ölçmək üçün elektron impuls cihazlarından istifadə olunur.

Dəyişən cərəyanın və ya gərginliyin orta qiyməti ölçülən kəmiyyətin sabit tərkib hissəsini xarakterizə edir. Dəyişən cərəyanın və ya gərginliyin orta qiymətini ölçmək üçün adətən maqnitoelektrik cihazlardan istifadə olunur.

Dəyişən cərəyanın və gərginliyin ani qiymətini ölçmək üçün qeydetmə cihazlarından və elektron ossilloqraflardan istifadə olunur.

Nəzərə almaq lazımdır ki, ani qiymətlərin əsasında cərəyanın və gərginliyin digər qiymətlərini də (orta, orta düzləndirilmiş, effektiv, amplitud) müəyyən etmək mümkündür.

9.2. Gücün, enerjinin və elektrik yükünün miqdarının ölçülməsi

Ümumi məlumatlar. Müasir dövrdə sabit cərəyanın gücünün və enerjisinin, birfazlı və üçfazlı dəyişən cərəyan dövrlərində aktiv gücün və enerjinin, üç fazlı dəyişən cərəyanın reaktiv gücünün və enerjisinin, eləcə də elektrik yükünün miqdarının çox geniş diapazondakı qiymətlərinin ölçülməsi tələb olunur. Belə ki, çox vaxt sabit və birfazlı cərəyanın gücü 10^{-18} ... 10^{-10} vatt diapazonuna daxil olan qiymətlərini ölçmək lazım gəlir. Burada verilən aşağı hədd radiotexniki qurğuların yüksək tezlikli dəyişən cərəyanlarının gücünə uyğun gəlir. Müxtəlif tezlik diapazonlarında sabit və dəyişən cərəyanın gücünün ölçülməsinin dəqiqliyinə aid tələblər müxtəlifdir. Birfazlı və üçfazlı, sənayedə istifadə olunan tezliklərə malik sabit və dəyişən cərəyanlarda ölçmə xətası $\pm (0.01 \dots 0.1)\%$ arasında olmalıdır; ifrat yüksək tezliklərdə xəta $\pm (1 \dots 5)\%$ -dən çox ola bilər.

Reaktiv gücün ölçülməsi ancaq üçfazlı cərəyandan istifadə edən iri elektrik enerjisi istehsalçıları üçün praktik əhəmiyyət daşıyır. Üçfazlı dəyişən cərəyanın reaktiv gücünün ölçülməsində aşağı hədd bir neçə “vara” (var – reaktiv volt-ampere), yuxarı hədd isə təxminən 10^6 vara bərabərdir. Reaktiv gücün ölçülməsində xəta $\pm (0.01 \dots 0.5)\%$ arasında olmalıdır.

Elektrik enerjisinin ölçmə diapazonu nominal (maksimal) cərəyanın və gərginliyin dəyişmə diapazonu ilə müəyyən olunur. Müxtəlif elektrotexniki qurğular tərəfindən işlədilən enerjinin ölçülməsində cərəyanın ölçmə diapazonunun aşağı həddi 10^{-6} A, gərginliyin ölçmə diapazonunun aşağı həddi isə təxminən 10^{-6} voltdur. Lakin enerjinin belə kiçik qiymətlərini bilavasitə ölçən cihazlar yoxdur və burada dolayı ölçmə üsullarından istifadə olunur (məsələn, güc və vaxtın müəyyən olunması).

Cərəyanın ölçmə diapazonunun yuxarı həddi 10^4 A, gərginliyin ölçmə diapazonunun yuxarı həddi isə 10^6 vatta çatır. Burada enerjinin ölçülməsində yolverilən xəta $\pm (0.01 \dots 2.5)\%$ arasında olmalıdır.

Reaktiv enerjinin ölçülməsi ancaq sənayedə istifadə olunan üçfazlı dövrlər üçün aktualdır. Buna görə də bu dövrlərdə cərəyanın ölçmə diapazonunun aşağı həddi 1 A, gərginliyin ölçmə diapazonunun aşağı həddi isə 100 volt səviyyəsində qərarlaşır. Enerjinin bilavasitə ölçülməsində cərəyan ölçmələrinin yuxarı həddi 50 A, gərginliyin ölçmə diapazonunun yuxarı həddi isə 380 volta bərabərdir. Burada reaktiv enerjinin ölçülməsində yolverilən xəta $\pm (1 \dots 2.5)\%$ arasında olmalıdır.

Elektrik yükünün miqdarı da çox geniş ölçmə diapazonu tələb edir: Qısa müddətli cərəyan impulslarındakı yükün miqdarından (bir neçə millikulon) uzun müddət ərzində axan elektrik yükünün miqdarlarına qədər (10^{11} kulon). Elektrik yükünün miqdarının ölçülməsində yolverilən xəta $\pm (0.1 \dots 5)\%$ arasında olmalıdır.

Birfazlı sabit və dəyişən cərəyan dövrlərində gücün və enerjinin ölçülməsi. Birfazlı sabit və dəyişən cərəyan dövrlərində gücün ölçülməsi üçün elektrodinamik və ferrodinamik vattmetrlərdən istifadə olunur.

Sənayedə istifadə olunan, eləcə də yüksək tezlikli (5 000 hersə qədər) birfazlı sabit və dəyişən cərəyan dövrlərində gücün dəqiq ölçülməsi üçün 0.1 0.5 dəqiqlik sinfinə malik portativ elektrodinamik vattmetrlər istehsal olunur.

İstehsal şəraitində, sənaye üçün nəzərdə tutulmuş və ya daha yüksək sabit tezlikli (400, 500 Hz) dəyişən cərəyan dövrlərində gücün ölçülməsi üçün 1.5 2.5 dəqiqlik sinfinə malik lövhəli ferrodinamik vattmetrlərdən istifadə olunur.

Yüksək tezliklərdə zəif güclər elektrometrlərlə ölçülə bilər.

Cərəyan və gərginliyin böyük qiymətlərinin ölçülməsi üçün vattmetrlər adətən ölçü transformatorları vasitəsi ilə dövrəyə qoşulur.

Sabit və birfazlı dəyişən cərəyan dolayı üsullarla da ölçülə bilər. Sabit cərəyanın gücü iki cihazla ampermetr və voltmetrlə, birfazlı dəyişən cərəyanın gücü isə üç cihazla: ampermetr, voltmetr və fazaölçənlə (və ya güc əmsalını ölçən cihazla) müəyyənləşdirilir. Cihazların müxtəlif qoşulma sxemləri müxtəlif metodik ölçmə xətalari verir. Bu fərqlər cihazların elektrik müqavimətlərinin onların dövrəyə təsir yükünə nisbətinin müxtəlifliyi ilə izah olunur. Dolayı üsulla aparılan ölçmələrdə eyni anda iki və ya da üç cihazın göstəriciləri üzrə hesablamalar aparılır. Belə hallarda cihazların xətalari toplanır və yekun xəta daha çox olur. Məsələn, birfazlı dəyişən cərəyanın gücünün bilavasitə ölçülməsində ən kiçik xəta $\pm 0.1\%$ olarkən, dolayı ölçmələrdə sadəcə güc əmsalının ölçülməsi ən az $\pm 0.5\%$ xəta verir və nəticə etibarlı ilə ümumi xəta $\pm 0.5\%$ - dən çox olur.

Dəyişən cərəyanın gücünü, xüsusilə də ferromaqnit materiallarda baş verən histerezis itkisini ölçmək üçün bəzən elektron osilloqraflardan istifadə olunur. Bir fazlı dəyişən cərəyanın enerjisi induksiya sayğacları vasitəsi ilə ölçülür.

Elektrik enerjisi mütəhərrik tərkib hissələri olmayan elektron elektrik enerjisi sayğacları ilə də ölçülə bilər. Bu sayğaclar daha yaxşı metroloji göstəricilərə malik olmaqla yanaşı, daha etibarlıdır və elektrik enerjisinin ölçülməsində böyük perspektivi olan cihazlar hesab edilir.

Birfazlı dəyişən cərəyan dövrlərində reaktiv güc və enerji ancaq laboratoriya şəraitində ölçülür. Burada reaktiv güc $P = UI \sin \varphi$ olaraq qəbul edilir. Bir fazlı dövrənin reaktiv gücü üç cihazdan eyni anda istifadə edərək (dolayı üsul) və ya dövrənin cərəyan vektoru ilə gərginliyinin arasında 90^0 faza sürüşməsinə nail olmaq üçün daha

mürəkkəb paralel dövrə sxemi olan xüsusi vattmetrlər vasitəsi ilə ölçülə bilər.

Üçfazlı dövrlərdə aktiv gücün və enerjinin ölçülməsi. Məlum olduğu kimi, üçfazlı sistemdə yükün xarakterindən və birləşmə sxemindən (ulduz ya da üçbucaq) asılı olmayaraq, aktiv gücün ani qiyməti hər üç fazanın ani aktiv güclərinin cəminə bərabərdir:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Aktiv güc P və Δt müddətində sərf olunan enerji W aşağıdakı kimi təyinn olunur:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = P_1 + P_2 + P_3 = U_1 I_{1f} \cos \varphi_1 + I_{2f} \cos \varphi_2 + U_{3f} I_{3f} \cos \varphi_3;$$

$$W = \int_0^{\Delta T} P dt = \int_0^{\Delta T} U_1 I_{1f} \cos \varphi_1 dt + \int_0^{\Delta T} U_{2f} I_{2f} \cos \varphi_2 dt + \int_0^{\Delta T} U_{3f} I_{3f} \cos \varphi_3 dt,$$

(9.1)

burada T dəyişən gərginliyin ölçüldüyü vaxt intervalını, U_{if} , I_{if} isə fazaların gərginliyini və cərəyan şiddətini, $\cos \varphi_1$ isə yüklənən fazalarda cərəyan şiddəti ilə gərginlik arasındakı faza sürüşməsi bucağının kosinusunu göstərir.

Hər üçfaza və məftildə gərginliyin, cərəyanın və faza sürüşməsi bucaqlarının bərabər olduğu simmetrik üçfazlı sistemdə yuxarıdakı tənlik aşağıdakı şəkildə olur:

$$P = 3U_f I_f \cos \varphi = \sqrt{3} U_x I_x \cos \varphi;$$

$$W = 3 \int_0^{\Delta t} U_f I_f \cos \varphi dt = \sqrt{3} \int_0^{\Delta t} U_x I_x \cos \varphi dt,$$

(9.2)

burada U_x və I_x məftildəki gərginlik və cərəyanı, $\cos\varphi$ isə məftildəki cərəyan şiddəti ilə gərginlik arasındakı faza sürüşməsi bucağının kosinusunu göstərir.

Yükün ulduz sxemi üzrə qoşulduğu dövrlərdə ani güc $P = u_{AN}i_A + u_{BN}i_B + u_{CN}i_C$ düsturu ilə hesablanır. Burada u_{AN} , u_{BN} və u_{CN} fazaların gərginliyinin ani qiymətlərini, i_A , i_B və i_C isə fazaların cərəyan şiddətinin ani qiymətlərini göstərir. $i_A + i_B + i_C = 0$; $u_{BC} = u_{BN} - u_{CN}$; $u_{CA} = u_{CN} - u_{AN}$ və $u_{AB} = u_{AN} - u_{BN}$ olduğunu nəzərə alaraq, üçfazlı sistemin gücünün ani qiymətinin tənliyini üç şəkildə göstərmək olar: $P = u_{AC}i_A + u_{BC}i_B$, $P = u_{AB}i_A + u_{CB}i_C$ və $P = u_{BA}i_B + u_{CA}i_C$.

Yükün ulduz sxemi üzrə qoşulduğu dövrlərdə də eyni nəticəyə gəlmək mümkündür. Ani qiymətlərdən orta qiymətlərə keçərək aktiv gücü aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\begin{aligned} P &= U_{AC}I_A \cos \beta_1 + U_{BC}I_B \cos \beta_2; \\ P &= U_{Ab}I_A \cos \beta_3 + U_{cB}I_C \cos \beta_4; \\ P &= U_{ba}I_B \cos \beta_5 + U_{cA}I_C \cos \beta_6; \end{aligned} \quad (9.3)$$

burada U_{AC} , U_{Ab} , U_{ba} , U_{BC} , U_{CA} , U_{cB} , I_A , I_B və I_C məftillərdəki gərginlik və cərəyanın effektiv qiymətlərini, $\beta_1 \dots \beta_6$ isə müvafiq cərəyan və gərginliklər arasındakı faza sürüşməsini göstərir.

9.1 – 9.3 tənliklərindən görünür ki, gücün və dolaylı üsulla üçfazlı sistemin enerjisinin ölçülməsi üçün bir cihazdan, eləcə də eyni anda iki və üç cihazdan istifadə oluna bilər. Bir cihazdan istifadə olunan ölçmə metodu 9.2 tənliyinə əsaslanır və həmin metod simmetrik üçfazlı

sistemlərə tətbiq edilir. Cərəyanın, gərginliyin və faza sürüşmələrinin qiymətlərinin sabit olmadığı asimmetrik sistemlərdə iki ölçmə cihazından eyni anda istifadə olunur və hesablamalar 9.3 tənliyi əsasında aparılır.

Nəhayət, ən ümumi hallarda, o cümlədən dörd məftilli asimmetrik sistemlərdə 9.1 tənliyi əsas götürülməklə eyni anda üç ölçmə cihazından istifadə olunan metod tətbiq edilir.

Elektrik miqdarının ölçülməsi. Elektrik yükünün ölçülməsi üçün ballistik qalvanometrlərdən, kulonmetrlərdən və amper – saat sayğaclarından istifadə olunur. Bu cihazlar cərəyanı ölçülən dövrəyə bilavasitə və ya şunt vasitəsi ilə ardıcıl qoşulur.

Ballistik qalvanometrlər yükün miqdarının az olduğu, yükün qısa müddət ərzində axdığı hallarda tətbiq edilir. Ballistik qalvanometrlərlə aparılan elektrik yükü ölçmələrinin xətası qalvanometrın makarasından cərəyan impulsunun keçmə vaxtının makaranın, sərbəst ucunun titrəyişlərinin dövrünə nisbətindən çox asılıdır və $\pm (5\dots 10)\%$ -ə bərabər ola bilər.

Kulonmetrlərdən dövrədən 0.05 – 2 saniyə ərzində keçən cərəyan şiddətinin amplitudasının 20 200 mA intervalında olduğu cərəyan impulslarındakı elektrik yükünün miqdarının ölçülməsində istifadə olunur. Kulonmetrlə aparılan ölçmələrin gətirilmiş xətalari $\pm 5\%$ -i keçmir. Kulonmetrdən istifadənin fərqləndirici cəhəti ölçülən cərəyanın impulsunun amplitudasının sabit olması şərtidir, yəni onların tətbiqi düzbucaqlı impulslardakı elektrik yükünün miqdarının ölçülməsi ilə məhdudlaşır.

Amper – saat sayğacları uzun müddət ərzində axan elektrik yüklərinin miqdarını ölçmək üçün istifadə olunur. Məsələn, bu sayğaclarla akkumulyatorların yükləndiyi dövrlərdə, elektroliz sexlərində elektrik yükünün miqdarı ölçülür. Elektron amper – saat sayğacları ilə aparılan ölçmələrin gətirilmiş xətası $\pm 1\%$ -dən çox olmadığı halda,

elektrolitik amper – saat sayğaclarında bu rəqəm $\pm (2\dots4)$ %-ə çata bilər.

9.3. Tezliyin, fazanın, vaxt intervallarının ölçülməsi. Elektrik siqnallarının spektrinin analizi.

Ümumi məlumatlar. Elmi tədqiqatlarda və istehsalat praktikasında tez – tez sənaye tezlikləri olan dövrlərdə və tezliklərin, vaxt intervallarının, eləcə də cərəyanla gərginlik arasındakı, istənilən eyni tezlikli dövrü gərginliklər arasındakı faza sürüşmələrinin ölçülməsi lazım olur. Elektrik siqnallarının spektrinin analizi də xüsusi əhəmiyyət kəsb edir (xüsusilə də elmi tədqiqatlarda).

Elm və texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə olunan dövrü siqnalların tezlikləri çox geniş diapazonda olur: bir hersin onda birindən onlarla qıqa-herslərə qədər. Elektromaqnit rəqslərin tezlik spektri iki yarım diapazona bölünür: aşağı və yüksək tezliklər. Aşağı tezliklərə infrasəs tezlikləri (20 Hersdən az), səs tezlikləri (20 ... 20 000 Hz) və ultrasəs tezlikləri (20 ... 200 kilohers) aiddir. Yüksək tezliklər isə,öz növbəsində, yüksək tezliklərə (200 kilohers 30 MHz) və ultra yüksək (30 – 300 Mhz)və ifrat yüksək (300 MHz – dən yuxarı) tezliklərə bölünür. Yüksək tezliklər diapazonuna daxil olan tezliklərin (ultra və ifrat yüksək tezliklərin) ölçülməsi radioölçmə adlanır.

Tezlik siqnalının maneələrdən müdafiə olunması və rəqəmsal koda asanlıqla çevrilə bilməsi digər kəmiyyətlərə nisbətən tezliyin daha dəqiq ölçülməsinə imkan verir. Tezliyin ölçülməsində xətlər ölçmə vasitələrindən və ölçmə metodundan asılı olaraq dəyişir və müxtəlif diapazonlara aid tezliklərin ölçülməsinin xətləri də müxtəlif olur.

Vaxt intervalları çox müxtəlif formada ifadə edilə bilər. Belə ki, vaxt intervalı sinusoid rəqslərin dövrü, impulsun ardıcılıq dövrü, iki impuls arasındakı vaxt, impulsun müddəti və s. kimi göstərilə bilər. Vaxt

intervallarının ölçü diapazonu çox böyükdür və mikrosaniyənin onda birindən onlarla saata və daha uzun müddətlərə qədər dəyişir.

Bəzi hallarda tezliklə vaxt arasında tərs mütənəşib asılılıq müşahidə olunur və bu iki parametrin ölçmə dəqiqliyi eyni olur. Vaxt intervalları və tezliyin ölçülməsində həddi dəqiqlik, vaxt və tezlik vahidlərini təmsil edən və ölçmələrin nəticələrindəki xətanın, sistematik xəta olan $1 \cdot 10^{-12}$ də nəzərə alınmaqla $1 \cdot 10^{-13}$ –ü keçmədiyi dövlət ilkin etalonlarının dəqiqliyi ilə müəyyən olunur. Dövlət ilkin etalonu vaxt və tezlik vahidlərinin qiymətini ikinci (köməkçi) etalonlar, etalonların surətləri, işçi etalonlar vasitəsi ilə vaxt və tezliyi ölçən, ölçmə nəticələrində $1 \cdot 10^{-12}$ - $1 \cdot 10^{-15}$ arasında orta kvadratik yayınma verən nümunəvi ölçmə vasitələrinə verir. Öz növbəsində, vaxt və tezliyi ölçən nümunəvi ölçmə vasitələri vahidlərin dəyərini ölçmə nəticələrində $1 \cdot 10^{-11}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ arasında orta kvadratik yayınma verən işçi ölçmə vasitələrinə verir.

Faza sürüşmə bucağının ölçmə diapazonu $\varphi = 0 \dots 360^0$ –dir. Bu kəmiyyəti ölçən bəzi cihazlar bucaq vahidi ilə deyil, sinusoid gərginliklərin (cərəyanların) güc əmsalı $\cos\varphi$ və qeyri – sinusoid gərginliklərin (cərəyanların) güc əmsalı $\cos\Phi = P_a / P_n$ -nin ölçüsüz vahidləri ilə dərəcələndirilir (burada P_a və P_n müvafiq olaraq aktiv və tam gücü göstərir). $\cos\varphi$ və ya $\cos\Phi$ əmsallarının ölçmə diapazonu 0 ilə ± 1 arasındadır.

Faza sürüşmə bucağının ölçülməsinin dəqiqliyi aralarındakı faza sürüşməsi ölçülən gərginlik və cərəyanın tezliyindən, tətbiq edilən ölçmə vasitələrindən və üsullarından asılıdır.

Faza sürüşmə bucağının ölçülməsində həddi dəqiqlik, $1 \cdot 10^{-3} \dots 2 \cdot 10^{-5}$ Hz tezlik diapazonuna daxil olan gərginliklər arasındakı faza sürüşməsinə təmsil edən və ölçmə nəticələrində ölçülən kəmiyyətdən asılı olaraq (0.3 ...

10) $\cdot 10^{-3\circ}$ diapazonunda orta kvadratik yayınma verən dövlət xüsusi etalonundan asılıdır. Birinci dərəcəli nümunəvi ölçmə vasitələrində yolverilən mütləq xətanın həddi 0.1° - i, ikinci dərəcəli vasitələrdə isə 0.3° - ni keçməməlidir.

İşçi ölçmə vasitələrində ölçmələrin mütləq xətasının buraxılabilən qiyməti $0.03 \dots 5^\circ$ intervalında olur.

Tezliyin ölçülməsi. Tezliyin ölçülməsi üçün ölçmə diapazonundan və ölçmənin tələb olunan dəqiqliyindən asılı olaraq müxtəlif vasitə və üsullardan istifadə olunur.

Məhdud və yuxarı həddi 2 500 hersə qədər olan diapazonlara (45...55 Hz, 450 – 550 Hz və s.) aid tezliklərin ölçülməsində elektrodinamik və elektromaqnit tezlikölçənlərdən istifadə olunur. Elektrodinamik tezlikölçənlərin dəqiqlik sinifləri 1 1.5, elektromaqnit tezlikölçənlərin dəqiqlik sinifləri isə 1.5 2.5 qəbul edilmişdir.

Məhdud diapazona aid olan aşağı tezliklərin (48 ... 52, 45 55 Hz və s.) ölçülməsi üçün rezonans tezlikölçənlərindən istifadə olunur. Belə tezlikölçənlərin dəqiqlik sinifləri 1 2.5 olur.

Yüksək və çox yüksək tezliklər diapazonuna daxil olan tezliklər elektromexaniki rezonans tezlikölçənlərindən fərqli olaraq induktivlik makarası və kondensatorun rəqs konturundan istifadə edilən çox tezlikli rezonans tezlikölçənləri vasitəsi ilə ölçülür. Bu cihazlar $\pm (0.05... 0.1)$ % ölçmə xətası verir.

Geniş diapazonlu tezliklər (10 hersdən bir neçə meqahersə qədər) elektron və analog tezlikölçənlərlə ölçülə bilər.

Elektrik siqnallarının ölçülməsində digər metodlardan özünün sadəliyi, nisbətən yüksək dəqiqliyi və geniş tezlik diapazonları üçün daha əlverişli olması ilə fərqlənən müqayisə metodundan geniş istifadə olunur. Bu üsulda ölçülən tezlik nümunə olaraq verilən tezliklə

müqayisə edilir (bərabər olması, həmin tezlikdən neçə dəfə çox və ya az olması). Ölçülən tezliyin nümunə tezliyə belə bərabərliyini və ya həmin tezlikdən neçə dəfə az və ya çox olmağını göstərmək üçün osilloqrafdan istifadə oluna bilər. Müqayisə metodu elektron – şüa borusunun buraxdığı tezliklər diapazonuna aid tezliklərin ölçülməsi üçün də əlverişlidir. Bu üsulla xətti, sinusoidal və dairəvi açılımlara aid tezliklər ölçülə bilər.

Xətti açılımda ölçülən f_x tezliyinin signalının dövrü açılma müddəti və ya müddət kalibrleyicisinin qeydə aldığı dövrlərlə (T_m) müqayisə olunur. Açılma müddəti ilə müqayisə zamanı açılma əmsalı m_t nəzərə alınır və f_x tezliyinin ölçülən qiyməti $f_x = 1 / (m_t l)$ düsturuna əsasən hesablanır. Burada l , f_x tezliyinin signalının osilloqrafın ekranının şkala bölgüləri ilə ifadə olunan dövrüdür. Müddət kalibrleyicisinin qeydə aldığı dövrlərlə müqayisə əsasında tezlik ölçülərkən osilloqrafın ekranına ölçüləsi tezliyin bir neçə dövrü verilir və müddət kalibrleyicisinin qeydə aldığı T_m dövrü elə köklənir ki, həmin dövrlərin təsviri ölçüləsi tezliyin ekrana verilən dövrlərlə üst – üstə düşsün. Belə olarsa, f_x tezliyinin ölçülən qiyməti $f_x = 1 / (n T_m)$ düsturuna əsasən hesablanır. Burada n müddət kalibrleyicisinin ölçülən gərginliyin bir dövrünə daxil olan qeydlərinin sayıdır. Yuxarıda sadalanan üsulların müsbət cəhətləri istənilən formalı rəqsləri araşdırmağa imkan verməsi, mənfi cəhəti isə dəqiqliyinin yüksək olmamasıdır: ölçmənin xətası bəzən $\pm (5...10) \% - ə$ çatır.

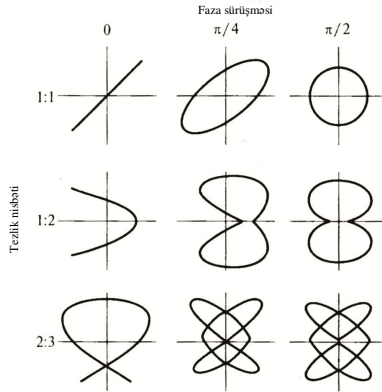
Sinusoid formalı iki rəqsin Lissaju əyriləri vasitəsi ilə müqayisəsi ölçmələrdə daha dəqiq nəticələr əldə etməyə imkan verir. Osilloqrafın istiqamət dəyişdirici lövhə cütliklərinin birinə məlum tezlikdə sinusoid əyrili gərginlik, digərinə isə ölçülən gərginlik verilir. Həmin məlum tezliyi dəyişdirməklə ekranda hərəkətsiz ya da yavaş hərəkət edən Lissaju əyriləri alınır. Həmin Lissaju əyrisinin formasına

baxaraq ölçülən gərginlikdəki faza sürüşməsi müəyyənləşdirilir.

Şəkil 9.4 – də tezliklə faza sürüşməsinin əlaqəsini göstərən bir neçə Lissaju əyrisi verilmişdir. Əyrilərin hərəkətsiz təsvirlərinin istənilən formasında müqayisə olunan tezliklər arasındakı fərq (böyük tezliyin kiçik tezliyə olan nisbəti) təsvirlə üfüqi və şaquli xətlərin kəsişmə nöqtələrinin (müvafiq olaraq $n_{\text{ü}}$ və $n_{\text{ş}}$) sayı əsasında müəyyən olunur:

$$\frac{f_{\text{ü}}}{f_{\text{ş}}} = \frac{n_{\text{ü}}}{n_{\text{ş}}},$$

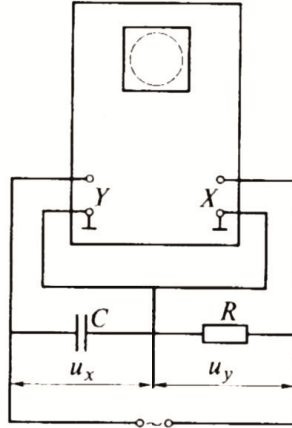
burada $f_{\text{ü}}$ və $f_{\text{ş}}$ müvafiq olaraq üfüqi və şaquli istiqamət dəyişdirici lövhələrə verilən gərginlikdir. Əgər f_x tezliyi ölçülən gərginlik şaquli istiqamət dəyişdirmə lövhəsinə, məlum f_0 tezliyi ilə xarakterizə olunan gərginlik isə üfüqi istiqamət dəyişdirmə lövhəsinə verilərsə, $f_x = f_0 n_{\text{ü}} / n_{\text{ş}}$ olar.



Şək. 9.4. Lissaju əyriləri

Bu metod müqayisə olunan tezliklər arasındakı fərqi, yəni böyük tezliyin kiçik tezlikdən 10 dəfədən çox olmadığı hallarda tətbiq edilir, çünki, əks halda Lissaju əyrilərinin forması çox mürəkkəb olur və onların yozulması xeyli çətinləşir.

Müqayisə olunan tezliklər arasındakı fərqin çox böyük olduğu hallarda dairəvi açılma metodundan istifadə olunur. Bu üsulda osilloqrafın hər iki girişinə aşağı f_x tezlikli, aralarındakı faza sürüşməsi 90^0 olan və qiymətləri bərabər olan u_x və u_y gərginlikləri verilir (Şək. 9.5). Bu gərginliklərin təsiri nəticəsində ekranda u_x və u_y gərginliklərinin tezliklərinə uyğun dairə çəkilir. Ölçülən f_x tezliyinə malik gərginlik elektron şüasını nizamlayan elektroda (Z kanalı) verilir. Müqayisə olunan tezliklər arasındakı nisbət tam rəqəmlərlə ifadə edilərsə, ekranda ştrixlərdən ibarət dairə çəkilir. Tünd və açıq rəngli ştrixlərin sayı (n) tezliklər arasındakı nisbətə bərabərdir və buradan $f_x = n f_0$ bərabərliyi meydana gəlir.



Şək.9.5.Şüanın dairəvi açılmasını almaq üçün istifadə olunan elektron-şüa borusunun sxemi

Dairəvi açılmada aralarındakı nisbət 50-yə çatan (yəni böyük tezliyin kiçik tezlikdən 50 dəfəyə qədər çox olduğu), osilloqramların fotoşəklinin çəkilməsi üsulu ilə həmin nisbətə bir neçə yüzə bərabər olduğu tezlikləri müqayisə etmək olar.

Osilloqraftan istifadə etməklə aparılan tezlik ölçmələrinin xətası məlum f_0 tezliyinin necə

müəyyənləşdirilməsindən asılıdır və 10^{-4} 10^{-6} – ya qədər azaldıla bilər.

Son vaxtlar yuxarıda sadalanan tezlik ölçmə üsullarının əvəzinə rəqəmsal tezlikölçənlərlə aparılan ölçmələrə üstünlük verilməyə başlanmışdır. Sənayedə istehsal olunan rəqəmsal tezlikölçənlər 0.01 hersdən 17 qiqahersə qədər tezlikləri ölçə bilər. Rəqəmsal tezlikölçənlərin ölçmə xətası əsasən nümunəvi kvart generatorunun stabilliyindən asılıdır və 10^{-8} ... $5 \cdot 10^{-5}$ arasında dəyişir.

Vaxt intervallarının ölçülməsi. Vaxt intervallarının ölçülməsi üçün elektron – şüa osilloqraflarından və xüsusi olaraq vaxt intervallarını ölçmək üçün istehsal olunmuş rəqəmsal ölçmə cihazlarından istifadə olunur.

Elektron – şüa osilloqrafları ilə vaxt intervallarını ölçərkən müddət kalibrleyicisinin qeydə aldığı dövrlərdən (T_m) və ya açılma əmsalından (m_i) istifadə edilir. Birinci üsulla aparılan ölçmənin nəticəsi $t_x = n T_m$ düsturu ilə hesablanır (n - müddət kalibrleyicisinin qeydə aldığı, ölçülən vaxt intervalına daxil olan dövrlərin sayı). İkinci üsulda vaxt intervalı osilloqrafın ekranındakı l şkalasının bölgüləri əsasında müəyyən olunur. $t_x = m_i l$. Bu üsulda ölçmə xətası 5 ... 10% - ə çatır.

Bir dəfə gerçəkləşən impuls proseslərinin vaxt intervallarının müəyyənləşdirilməsi üçün təsvirin ekranda kifayət qədər qaldığı osilloqraflardan istifadə olunmalıdır.

Çox az müddət davam edən (10^{-9} 10^{-10} san) impulsların vaxt intervalları stroboskoplu osilloqraflarla ölçülür. Bu osilloqrafların iş prinsipi təkrarlanan siqnalın ani qiymətlərinin qısa, “stroblyayıcı” gərginlik impulslarının köməyi ilə ölçülməsindən ibarətdir.

Rəqəmsal cihazlar nisbətən böyük vaxt intervallarının (millisaniyə və saniyələr) ölçülməsində ən dəqiq nəticəni verir. Daha kiçik vaxt intervallarının ölçülməsində aparıcı tezliyin yekun qiymətindən asılı olan

diskretlik xətası çox böyük ola bilər. Bu xətanın azaldılması üçün ölçülən vaxt intervalı müəyyən nisbətdə uzadılır. Rəqslərin dövrünün ölçülməsi zamanı həmin xətanı azaltmaq üçün orta qiymət metodundan istifadə edilir.

Intervalın uzadılması metodunda müxtəlif polyarlığa malik, stabilləşdirilmiş sabit U_1 və U_2 gərginlikləri ardıcıl olaraq inteqrallanır. U_1 gərginliyi ölçülən t_x vaxt intervalı boyunca, U_2 gərginliyi isə t_x intervalının başa çatdığı andan inteqratorun çıxışında gərginliyin sifıra bərabər olduğu ana qədər davam edən t_x vaxt intervalı boyunca inteqrallanır. t_x və t_x' vaxt intervalları arasındakı əlaqə $t_x = t_x' U_1 / U_2$ nisbəti ilə xarakterizə olunur.

Orta qiymət metodunda ölçüləsi vaxt intervalından bir neçə dəfə çox olan başqa bir vaxt intervalı ölçülür. Vaxt intervalının neçə dəfə uzadılacağı tezlik böləninin köməyi ilə müəyyənləşdirilir. Bu üsulla aparılan ölçmənin nəticəsində tədqiq edilən rəqsin dövrünün orta qiyməti tapılır.

Qısamüddətli (onlarla nanosaniyə), bir dəfə verilən impulsların müddətini müəyyənləşdirmək üçün lazımı ölçmə noniusun köməyi ilə aparılır.

Faza sürüşməsinin ölçülməsi. Sənayedə istehlak edilən elektrik enerjisində xas olan tezliklərdə gərginlik ilə cərəyan arasındakı faza sürüşməsinin ölçülməsi üçün 0.2 və 0.5 dəqiqlik sinfinə malik elektrodinamik fazaölçənlərdən (fazometrlərdən) istifadə edilir.

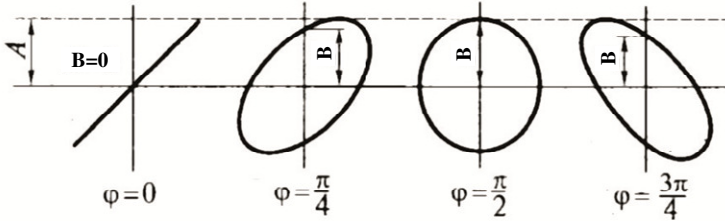
Simmetrik üçfazlı dövrlərdə güc əmsalı xüsusi üçfazlı, 1.5 və 2.5 dəqiqlik sinfinə malik fazometrlərlə ölçülür.

Asimmetrik üçfazlı dövrlərdə gərginlik ilə cərəyan arasındakı faza sürüşməsi hər fazada ayrıca ölçülür. Bu zaman fazometrin cərəyan sığacları üçfazlı dövrünün ölçülən fazasına ardıcıl, gərginlik sığacları isə ölçü aparılan faza ilə sıfır nöqtəsinə qoşulur. Sıfır nöqtəsi mövcud deyilsə, süni olaraq yaradılır.

Son vaxtlar giriş gərginliyinin tezlik diapazonununun 150 MHz - ə çatdığı rəqəmsal fazometrlərdən daha çox istifadə edilir. Bu fazometrlərin gətirilmiş xətası $\pm (0.1 \dots 0.5) \%$ olur.

Faza sürüşməsinə ölçmək üçün elektron – şüa lüləli osilloqraflardan istifadə edilir. Faza sürüşmələri ən asan ikişüalı və ya ikikanallı osilloqraflarla ölçülür. Bu zaman osilloqrafın ekranında iki gərginliyin təsviri alınır ki, bu da həmin gərginliklər arasında vaxt sürüşməsinə (t_x), T_x dövrünü və $\varphi_x = 360 t_x / T_x$ düsturu əsasında faza sürüşməsinə ölçməyə imkan verir. Ölçmənin xətası (φ_x) t_x və T_x parametrlərinin ölçü xətasından asılıdır və $\pm (5 \dots 10) \%$ - ə çata bilər.

Faza sürüşməsi Lissaju ayrılarının köməyi ilə də ölçülə bilər. Şəkil 9.6 – da osilloqrafın X və Y girişlərinə eyni tezlikli, sinusoid əyri ilə xarakterizə olunan müxtəlif faza sürüşmələrində U_x və U_y gərginlikləri verildikdə ekranda meydana gələn ayrılar göstərilmişdir.



Şək. 9.6 Faza sürüşmələrinin ölçülməsində istifadə edilən Lissaju ayrıları.

Faza sürüşməsinin qiyməti $\varphi = \arcsin (B / A)$ düsturu ilə hesablanır. Burada A və B koordinat oxlarının üzərində yerləşən, ekrandakı təsvir əsasında müəyyənləşdirilən parçalardır. Bu üsulla faza sürüşməsinin ölçülməsində xəta $\pm (5 \dots 10) \%$ -ə bərabər olur.

Ölçmələrdə daha dəqiq nəticə əldə etmək üçün elektron – şüa lüləli osilloqraftan sıfır indikatoru kimi istifadə etmək olar. Bunun üçün bir gərginliklə (fərz edək ki,

U_x gərginliyi) osilloqrafın müvafiq girişi arasında faza dəyişdirici cihaz qoşulur. Osilloqrafın ekranındakı Lissaju əyrisi düz xəttə çevrilənə qədər faza sürüşməsinin qiymətləri faza dəyişdiricisi ilə nizamlanır. Bu zaman ölçülən faza sürüşməsi faza dəyişdiricisinin bölgüləri əsasında müəyyənləşdirilir.

Faza sürüşməsi (və ya faza sürüşməsi bucağının kosinusu) və güc əmsalı dolaylı üsulla, növbəti üç cihazın köməyi ilə də ölçülə bilər: ampermetr, voltmetr və vattmetr. Bu metodun mənfi cəhətləri həmin üç cihazın xətlərinin üst – üstə toplanması ilə yanaşı, hər üç cihazın göstəricilərinin eyni anda oxunması və ölçülən kəmiyyətin qiymətinin hesablanması zərurətidir.

Elektrik siqnallarının spektral analizi. Elektrik siqnallarının spektral analizindən impulslarda və dövrü siqnalların təhrif olunmasının, obrazların tanınması tələb olunan məsələlərdə müxtəlif obyektlərin qeyri – xəttiliyinin kəmiyyət göstəricilərinin qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunur və spektral analiz spektr analizatorları, eləcə də selektiv voltmetr adlandırılan ölçmə vasitəsi ilə gerçəkləşdirilir.

Deterministik zaman funksiyası $f(t)$ özünün tezliklə əlaqədar tərkib hissələrinin, yəni, spektral funksiyanın amplitud və fazaları ilə ya da sadəcə olaraq spektrlə tam xarakterizə edilə bilər:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt.$$

Ölçmələr sonlu T vaxt intervalı ərzində aparıldığı üçün, spektral funksiya aşağıdakı şəkli alır:

$$S_T(\omega) = \int_0^T f(t)e^{-j\omega t} dt,$$

burada $S_T(\omega)$ - siqnalın cari spektridir.

Tezliyin və ölçmə vaxtının funksiyası olan cari spektr ölçmə vaxtı uzadıldıqca həqiqi spektrə yaxınlaşır.

Dövri qeyri – sinusoidal siqnalın spektrinin müəyyənləşdirilməsi məqsədi ilə onun harmonik tərkib hissələrinin amplitudları və tezlikləri ölçülür. Bu zaman iki spektral analiz metodundan istifadə edilir: ardıcıl və paralel. Ardıcıl analiz spektrin tərkib hissələrinin ardıcıl olaraq, paralel analiz isə spektrin bütün tərkib hissələrinin eyni anda müəyyənləşdirilməsini nəzərdə tutur. Daha sadə olduğu üçün ardıcıl spektral analiz metodundan daha çox istifadə olunur.

Yüksək tezlikli rəqslər və birdəfəlik impulsların spektri paralel spektral analiz prinsipi ilə işləyən spektr analizatorları ilə təhlil edilir.

Sənayedə 10 hers ... 40 qığahers diapazonunda ölçmə apara bilən, filtrlərinin buraxma zolağı bir neçə hersdən (aşağı tezlik analizatorları) 300 kilohers və daha yüksək tezliklərə qədər dəyişən spektr analizatorları istehsal olunur. Bu cihazlarla analiz 0.01 ... 20 saniyə vaxt aparır. Tezliyin ölçülməsində xəta 1 ... 2%, amplitudun ölçülməsində isə 5 ... 15% təşkil edir.

Elektrik siqnallarının spektral analizi selektiv voltmetrlərlə də aparıla bilər. Spektri bütövlüklə təhlil edən spektr analizatorlarından fərqli olaraq selektiv voltmetrlər ancaq siqnalın ayrı – ayrı harmonik tərkib hissələrinin müəyyən tezlikdəki gərginliyini ölçür. Bu cihazların ölçmə apardığı tezlik diapazonu 20 Hz ... 30 MHz, ölçmə xətası 5 ... 15% təşkil edir.

Bəzən siqnalların ayrı – ayrı harmonik tərkib hissələri deyil, harmonikalar əmsalı

$$k_h = \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2} / U_1$$
 və ya qeyri – xətti təhriflər əmsalı

$$k = \sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2} / \sqrt{U^2 + U_3^2 + \dots + U_n^2}$$

ölçülür:

burada $U_1, U_2 \dots U_n$ müvafiq olaraq 1-ci, 2-ci n-ci harmonikalara aid gərginliklərin effektiv qiymətlərini, k_h ilə k arasındakı əlaqə $k_h = k / \sqrt{1-k^2}$ düsturu ilə ifadə olunur. Kiçik təhriflərdə ($k < 0.1$) $k_h = k$ olur.

Qeyri – xətti təhrifləri ölçmək üçün istehsal olunan cihazlar ölçülən siqnalların 20 Hz 200 kHz diapazonuna daxil olan tezliklərində istifadə üçün nəzərdə tutulmuşdur. Cihazın girişində gərginliyin 0.1 voltndan 100 volta qədər olan qiymətlərində qeyri – xətti təhrif əmsallarının ölçülən qiymətləri 0.03 %-dən 100% - ə qədər dəyişir. Bu zaman ölçmələrin xətası 4 10% təşkil edir.

9.4. Sabit və dəyişən cərəyan dövrlərinin parametrlərinin ölçülməsi

Sabit cərəyan elektrik müqavimətinin ölçülməsi.

Hazırki dövrdə elektrik müqavimətləri kifayət qədər geniş diapazonda ölçülə bilər ($10^{-8} \dots 10^{17}$ Om) və getdikcə bu diapazon daha da genişlənməkdədir. Belə geniş diapazonda ölçmələri aparmaq üçün elektrik müqavimətinin qiymətini bilavasitə və dolayı üsullarla tapmağa imkan verən müxtəlif ölçmə vasitələrindən istifadə olunur. Hansı ölçmə vasitəsinin və üsulunun seçilməsi elektrik müqavimətinin böyüklüyü ilə yanaşı ölçmələrdən tələb olunan dəqiqlikdən, ölçmənin aparıldığı şəraitdən və digər amillərdən asılıdır. Müxtəlif diapazonlara aid elektrik müqavimətlərinin ölçülməsinin özünəməxsus xüsusiyyətləri ölçmələrin nəticələrində ciddi fərqlərə səbəb olur. Məsələn, 1 ... 10^6 Om diapazonunda ölçmənin xətası bir faizin mində

bir hissələri qədər olduğu halda, kiçik və böyük müqavimətlərin ölçülməsində xəta bir neçə faizə çata bilər.

Bilavasitə ölçmələr. Bir neçə omdan onlarla meqaoma qədər olan elektrik müqavimətlərini ölçmək üçün birqat sabit cərəyan körpülərindən, eləcə də rəqəmsal, elektron və maqnitoelektrik ommetrlərdən istifadə olunur. Sənayedə bu cihazların bir – birindən ölçmə dəqiqliyi, çəkisi və digər fazometrləri ilə fərqlənən müxtəlif növləri istehsal olunur.

Yüksək dəqiqliklə ölçmə aparmaq üçün sabit cərəyan körpülərindən istifadə olunur. $1 \dots 10^6$ Om diapazonundakı müqavimətlər üçün nəzərdə tutulmuş P 369 və P 4056 körpüləri ölçmələri ± 0.005 nisbi xəta ilə aparmağa imkan verir. Bu körpülər əllə tarazlanır, xarici cərəyan mənbəyindən qidalanır. Körpülər yüksək həssaslığa malik sıfır indikatorlarının köməyi ilə işləyir (belə sıfır indikatorlarından ən çox istifadə olunanı qalvanometrlərdir).

Qalvanometr və qida mənbəyi korpusuna quraşdırılmış portativ körpülər də istehsal olunur. Lakin belə körpülərin ölçmə dəqiqliyi azdır. Bundan başqa, əsasən termorezistorların müqavimətinin ölçülməsində istifadə olunan avtomatik körpülər də istehsal olunur.

Ölçmələrdə rəqəmsal cihazlardan istifadə etməklə yüksək ölçmə dəqiqliyinə nail olmaq mümkündür. Məsələn, 1; 10 və 100 kOm – diapazonlarında işləyən III31 tipli universal voltmetrlərin buraxıla bilən xəta hədləri $\delta = \pm [0.005 + 0.001 [(R_k / R) - 1]]$ təşkil edir (burada R_k yarım – diapazonun yuxarı həddini, R isə ölçülən müqaviməti göstərir). Əllə idarə olunan sabit cərəyan körpülərindən fərqli olaraq rəqəmsal cihazlarda ölçmə avtomatik aparılır ki, bu da həmin cihazların ən üstün cəhətidir. Bundan başqa, rəqəmsal cihazlarda rəqəmsal printerlərin və ya ölçülərin nəticələri üzərində işləməyə imkan verən kompüterlərin qoşulması üçün xüsusi çıxışlar olur.

Yüksək dəqiqlik tələb edilməyən ölçmələrdə əlahiddə cihaz (məsələn E6 – 10 və ya M 371) və ya cərəyan və gərginliyin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulan kombinəli universal cihazların (məsələn B7 – 26, III4312, III4380) tərkib hissəsi kimi istehsal olunan elektron və maqnitoelektrik ommetrlərdən istifadə edilir. Bu cihazların ən dəqiqləri 1.0; 1.5 dəqiqlik sinfinə malikdir. Nəzərə almaq lazımdır ki, belə ommetrlərin şkalaları eyni böyüklükdə olmur və göstəriciləri $0 \dots \infty$ Om diapazonunda dəyişir.

Zəif müqavimətlərin ölçülməsi. Bir neçə om - 10^{-8} om diapazonuna daxil olan müqavimətlər ikiqat sabit cərəyan körpüləri, birqat körpülər və elektron milliometrlərlə ölçülür. Zəif müqavimətlərin ölçülməsi zamanı ölçmənin nəticəsinə kontakt yerlərinin və birləşdirici naqillərin müqaviməti, eləcə də kontaktların termik e.h.q – si çox təsir edir. Bu təsiri azaltmaq üçün cihaz ölçülən obyektə dördsıxaqlı sxem üzrə qoşulur və ölçmələr sabit cərəyanın müxtəlif istiqamətlərində (körpülər) və ya dəyişən cərəyanda (elektron milliometrlər) aparılır.

Həmin diapazonda ən dəqiq ölçmə nəticələrini ikiqat körpülər (xüsusilə də P 3009 tipli körpülər) verir. Çox zəif müqavimətlərin ölçülməsində lazımi həssaslığı təmin etmək üçün tədqiq edilən obyektədən güclü cərəyan keçirtmək tələb olunur. Məsələn, P 3009 tipli körpü ilə 10^{-8} 10^{-6} Om diapazonunda ölçü apararkən körpüyə 200 A, 10^{-6} 10^{-5} Om diapazonunda isə 15 A cərəyan verilir. Bu cəhət ikiqat körpülərin tətbiq sahəsini xeyli məhdudlaşdırır.

Zəif müqavimətlərin birqat körpülərlə ölçülməsi 10^{-4} Omdan başlayan məhdud diapazonda aparılır. Birqat körpülər ikiqat körpülər qədər dəqiq nəticə vermir.

Elektron milliometrlərdə ölçmələr dəyişən cərəyanla aparılır ki, bu da ölçülən obyektin işlətdiyi gücü xeyli azaltmağa imkan verir. Elektron milliometrlərlə aparılan ölçmələrdə tədqiqat obyektindəki gərginlik adətən onlarla millivolt təşkil edir.

Böyük müqavimətlərin ölçülməsi. 10^6 10^8 omdan çox olan müqavimətləri ölçmək üçün birqat sabit cərəyan körpülərindən, elektron teraommetrlərdən (meqaommetrlər), rəqəmsal və maqnitoelektrik ommetrlərdən istifadə olunur. Böyük müqavimətlərin ölçülməsində yaranan çətinliklər, birinci növbədə, cihazların qoşulma sıxacları arasındakı izolyasiya təbəqəsinin müqavimətinin şuntlayıcı təsiri ilə izah olunur.

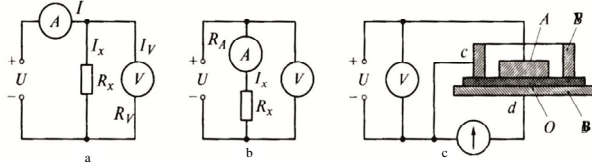
Bundan başqa, müqaviməti böyük olan obyektlərdən keçən cərəyanın şiddəti xeyli azalır ki, bu da ölçmə vasitələrindən çox yüksək həssaslıq tələb edir. Yüksək həssaslığı təmin etmək üçün tədqiq olunan obyektəki gərginliyi yüzlərlə, hətta minlərlə volta qədər artırmaq lazım olur. Bu cəhət tədqiq olunan obyektə olan tələbləri də müəyyənləşdirir.

Böyük müqavimətləri ən yüksək dəqiqliklə ölçmək üçün birqat sabit cərəyan körpülərindən istifadə edilir. Bu körpülərin yuxarı ölçmə həddi 10^{15} om (P 4056), 10^{16} Om (P 4053) təşkil edir. Rəqəmsal ommetrlərin (III300) yuxarı ölçmə həddi və ölçmə dəqiqliyi birqat sabit cərəyan körpülərinə nəzərən xeyli aşağıdır (10^{12} Om). Elektron teraommetrlər (E 6 – 13A, E 6 – 14) çox geniş ölçü diapazonuna malikdir (10^{17} – yə qədər). Həmin cihazların ölçmə xətası bir neçə faiz təşkil edir. Ən sadə ölçü cihazları loqometrik mexanizm əsasında tərtib edilən maqnitoelektrik ommetrlərdir. Bu cihazların ölçmə diapazonu nisbətən məhduddur (10^5 10^9 Om).

Müqavimətin tələb olunan (və ya verilən) qiymətdən nisbi yayınmasının ölçülməsi üçün faiz ommetrlərindən və müqavimət komparatorlarından istifadə olunur. Faiz ommetrləri ilə müqavimətin qiymətlərinin nominal müqavimətdən nisbi yayınması ölçülür. Müqavimət komparatorlarından isə R_x və R_n rezistorlarının $Z = (R_x - R_n) / R_n$ nisbi fərqi ölçmək üçün istifadə olunur. Burada R_n istinad müqavimətidir (nümunə müqavimət). Müqavimət

komparatorları müqavimətlərin nisbi fərqlinin ölçülməsində çox yüksək dəqiqliyi təmin edir (0.0001 %-ə qədər).

Dolayı üsulla aparılan ölçmələr. Bu ölçmə üsullarından ən geniş yayılanı ampermetr və voltmetrdən eyni anda istifadə olunmaqla aparılan üsuldur (şəkil 9.7).



Şək. 9.7. Ampermetr və voltmetrdən eyni anda istifadə olunmaqla aparılan ölçmələr

Həmin üsul qiymətləri müxtəlif olan müqavimətlərin ölçülməsində tətbiq edilə bilər. Ampermetr və voltmetrdən eyni anda istifadə olunmaqla aparılan ölçmələrin üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, rezistordan tədqiq olunan obyektə istismar şəraitində keçən cərəyan qədər cərəyan keçirmək olar. Qeyri – xətti funksiya ilə xarakterizə olunan, yəni cərəyan şiddətindən asılı olan müqavimətlərin ölçülməsində bu cəhət xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Müqavimətin qiyməti Om qanununa əsasən müəyyənləşdirilə bilər: $R_x' = U / I$. Lakin ölçmə zamanı voltmetrin şuntlayıcı təsiri (şəkil 9.7, a) və ampermetrin daxili müqaviməti (şəkil 9.7, b) nəticəsində xəta yaranır. Beləliklə, müqavimətin həqiqi qiyməti şəkl. 9.7, a – da göstərilən sxem üçün:

$$R_x = U / I_x = U / (I - I_v) = U / (I - U / R_v) \quad (9.4)$$

şəkl. 9.7, b – də göstərilən sxem üçün isə olur.

$$R_x = (U - I_x R_A) / I_x \quad (9.5)$$

Buna görə də müqavimətin qiymətinin $R'_x = U / I$ düsturu əsasında hesablanmasında meydana gələn xəta $\delta = (R'_x - R_x) / R_x = -R_x / (R_x + R_v)$; $\delta = R_A / R_x$.

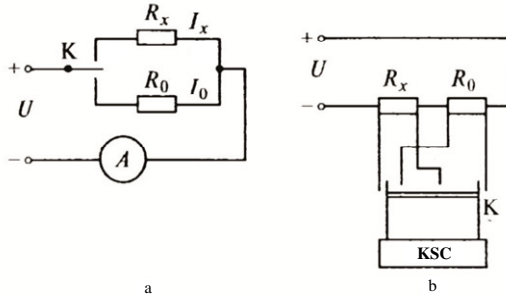
Buradan belə məlum olur ki, şəkil 9.7, a – da verilən sxem nisbətən zəif müqavimətlərin, şəkil 9.7 (b) – də verilən sxem isə nisbətən böyük müqavimətlərin ölçülməsi üçün daha əlverişlidir. Müqavimətin dəqiq müəyyənləşdirilməsi tələb olunan hallarda yuxarıdakı (9.4) və (9.5) düsturlarından istifadə edilməlidir.

Şəkil 9.7, a – da verilən sxemdən çox zəif müqavimətlərin ölçülməsində də istifadə edilə bilər. Bu zaman tədqiq olunan obyekt dördməftilli sxem üzrə qoşmaq lazımdır. Həssaslığı yüksəltmək üçün R_x müqavimətindən böyük amperli yüksək cərəyan buraxılır və həmin müqavimətdəki gərginlik mikrovoltampermetrlə ölçülür.

Ampermetr – voltmetr üsulu ilə çox böyük müqavimətləri, məsələn, izolyasiya materiallarının müqavimətini ölçmək mümkündür. Müxtəlif elektrik izolyasiyası materiallarına aid texniki şərtlər və standartlar onların həcmi və səthi müqavimət kəmiyyətlərinin buraxılabilən qiymətləri ilə əlaqədar müəyyən tələblər irəli sürülməsinə gətirib çıxarır. Şəkil 9.7 b – də lövhəşəkilli izolyasiya materialı nümunəsinin (O materialı) həcmi müqavimətinin ölçülməsi sxemi verilmişdir. Nümunə A və B metal elektrodların arasına yerləşdirilir (elektrod mühafizə halqası adlandırılan C halqasının içində yerləşir). Nümunənin səthindən keçən cərəyan halqa vasitəsi ilə, qalvanometrin xaricindən keçməklə, birbaşa cərəyan mənbəyinə ötürülür. Qalvanometrdən isə ancaq həcmi cərəyan keçir və buna görə də hesablanan müqavimət həcmi müqavimət olur. Qalvanometrdən c və d nöqtələrinə gedən məftillərin yerini dəyişdirməklə səthi müqaviməti də müəyyənləşdirmək olar.

Müqavimətin və qeyri – xətti müqavimətin dəqiq ölçülməsi üçün müqayisə metoduna əsaslanan sxemlər tətbiq edilə bilər.

Şəkil 9.8, a – da K açarının vəziyyətini ardıcıl olaraq dəyişdirməklə R_x obyektindən və R_o nümunə rezistorundan (istinad rezistoru) keçən I_x və I_o cərəyanları ölçülür. Gərginliyin U qiyməti sabit olarsa, $I_x R_x = I_o R_o$ bərabərliyi doğru olur və nəticə etibarlı ilə $R_x = I_o R_o / I_x$.



Şək. 9.8 Müqayisə metodu ilə müqavimətlərin (a, b) ölçülməsi

Dəqiq ölçmələrdə R_x və R_o obyektlərindəki U_x və U_o gərginliklərinin sabit cərəyan kompensatoru ilə ardıcıl olaraq ölçülməsini nəzərdə tutan və şəkil 9.8, b – də göstərilən sxemdən istifadə edilə bilər. Şəkildən məlum olur ki, $R_x = R_o U_x / U_o$. Bu ölçmə sxemlərinin üstün cəhəti cərəyan mənbəyinin sabilliyinin elə də əhəmiyyətli olmaması (U gərginliyinin ancaq U_x və U_o ölçülərkən sabit qalması tələb edilir) və yüksək dəqiqliyə malik R_o rezistorlarından istifadə olunmaqla aparılan ölçmələrdə daha dəqiq nəticələr əldə edilməsidir.

Böyük müqavimətləri, C kondensatorunun yükünü R_x müqaviməti məlum olmayan obyektədən buraxdıqdan sonra t müddəti ərzində toplanan Q elektrik yükünü qalvanometrlə ölçərək də müəyyənləşdirmək mümkündür (şəkil 9.9). Bunun üçün K açarı t müddəti ərzində I vəziyyətində saxlanılır. Həmin müddət ərzində kondensatorda əldə edilən yük $Q = UC (1 - e^{-t/(R_x C)})$. Daha

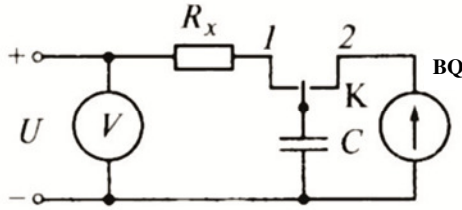
sonra K açarı 2 vəziyyətinə gətirilir. Ballistik qalvanometrin ilk maksimal yayınması $\alpha_{1max} = Q / C_Q$ (burada C_Q qalvanometrin ballistik əmsalındır). Buradan:

$$C_Q \alpha_{1max} = UC (1 - e^{-t/(R_x C)}); R_x = t / \{C \ln [UC / (UC - C_Q \alpha_{1max})]\}$$

və ya

$$t \ll R_x C \text{ olarsa, } R_x = t U / C_Q \alpha_{1max}.$$

Bu üsulla ölçmə aparmaq üçün yüksək elektrik müqavimətli izolyasiyası olan kondensator tələb olunur. Müqavimətin ölçülməsində xəta, dolayı yolla aparılan ölçmələrin qiymətləndirilməsi üsulu ilə müəyyənləşdirilir.



Şək. 9.9. Böyük müqavimətlərin kondensatorun dolub boşalması vasitəsi ilə ölçülməsi sxemi; BQ – ballistik qalvanometr

Tutumun, itki bucağı tangensinin, induktivliyin, elektrik möhkəmliyinin və qarşılıqlı induktivliyin ölçülməsi. Elektrik tutumunu (C) və induktivliyi (L) ölçmək üçün istehsal edilən cihazların ölçü diapazonu xeyli genişdir və elektrik tutumunda $10^{-8} \dots 10^4$ mkF, induktivlikdə isə $10^{-7} \dots 10^3$ Hn təşkil edir. Ölçmələrin dəqiqliyi ölçmə vasitəsinin növündən və ölçülən C , L kəmiyyətlərinin qiymətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

Bilavasitə ölçmələr. Elektrik tutumu və induktivliyin ölçülməsində ən çox əllə tarazlaşdırılan dəyişən cərəyan körpülərindən, rəqəmsal körpülərdən,

elektrik möhkəmliyini ölçən cihazlardan (bu cihazlar rezonans metodu əsasında işləyir və sıfır döyünmələri göstərir), kombinəli cihazlardan və digər alətlərdən istifadə edilir.

Elektrik tutumu (C) və induktivliyi (L) ən dəqiq ölçən cihazlar dəyişən cərəyan körpüləridir. Nümunə kondensatorların tutumunun və nümunə makaraların induktivliyini ölçməyə imkan verən xüsusi dəyişən cərəyan körpüləri mövcuddur. Bu körpülərin ölçmə xətası faizin mində bir hissələri qədər az ola bilər. C və L kəmiyyətlərinin dəqiq ölçülməsi üçün bəzi ölçmə qurğularından da istifadə edilir. Məsələn, tərkibində dəyişən cərəyan körpüsü olan Y592M qurğusu elektrik tutumunu $1 \text{ pF} \dots 10 \text{ mkF}$ diapazonunda və $\delta = \pm (0.02 + 1 / C) \%$ xəta ilə, induktivliyi isə $0.02 \text{ mkHn} \dots 1 \text{ Hn}$ diapazonunda və $\delta = \pm (0.03 + 1 / L) \%$ xəta ilə ölçməyə imkan verir (burada C – elektrik tutumunu, L isə induktivliyi göstərir).

Ən çox istifadə olunan dəyişən cərəyan körpüləri 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 2.0 və 5.0 dəqiqlik sinfinə malikdir. Əsas C və L parametrlərinə əlavə olaraq körpülərlə kondensatorların itki bucağı tangensi ($\text{tg}\delta$) və makaraların möhkəmlik əmsalı (Q) da ölçülür. Ən dəqiq ölçmə nəticəsi verən körpülərdən biri 0.1 dəqiqlik sinfinə malik, elektrik tutumunu $10 \dots 10^9 \text{ pF}$, induktivliyi $10^{-6} \dots 10^3 \text{ Hn}$, itki bucağı tangensini $10^{-3} \dots 1$, möhkəmlik əmsalını $4.5 \dots 200$ diapazonunda ölçə bilən P571M tipli körpüdür. Körpülərin əsas kəmiyyətlərin ölçülməsində verdiyi xəta üçün normalar müəyyən edilmişdir. Elektrik tutumu ölçülərkən xəta $\delta = \pm [k + 10 / C(1+k)] \%$ -i, induktivliyi ölçərkən $\delta = \pm [k + 3 / L(1+k)] \%$ -i keçməməlidir (burada k körpünün dəqiqlik sinfini, C – elektrik tutumunu, L isə induktivliyi göstərir). İtki bucağı tangensinin ($\text{tg}\delta$) və Q əmsalının ölçülməsində meydana gələn xətalər da alətin dəqiqlik sinfindən asılıdır və bir neçə faizdən onlarla faizə qədər dəyişə bilər.

Zəif tutumların və induktivliklərin ölçülməsi daha çətinidir. Buna səbəb parazit reaktiv parametrlərin, cərəyan sızmalarının və digər amillərin təsiridir. C və L kəmiyyətlərinin zəif qiymətlərini ölçərkən körpüyə nisbətən yüksək tezlikli cərəyan vermək lazım olur ki, bu da parazit parametrlərin təsirini bir az da gücləndirir. Körpülərin konstruktiv quruluşunu dəyişdirərək və müxtəlif qoşulma sxemi variantları üzərində işləyərək zəif tutumların və induktivliklərin ölçü xətdərini xeyli azaltmaq mümkündür. Zəif diapazonlar üçün ən yaxşı körpülərdən biri $2 \cdot 10^8 \dots 11.1 \text{ mkF}$ ölçmə diapazonuna malik və $\pm 0.25\%$ xəta verən E82 körpüsü hesab edilir.

Körpülərin vacib parametrlərindən biri də onların işçi tezlik diapazonlarıdır. Səs diapazonunda işləyən aşağı tezlikli və yüzlərlə meqaherslərdə işləyən yüksək tezlikli körpülər mövcuddur. İşçi tezlik diapazonunun vacib olması C, L, $\text{tg}\delta$ və Q kəmiyyətlərinin çox vaxt körpülərin işçi diapazonuna yaxın və ya bərabər tezliklərdə ölçülməsidir. Körpüyə verilən cərəyanın tezliyi ölçmələrin dəqiqliyinə təsir edir. Körpülər ən dəqiq ölçmə nəticəsini 1 kHz tezlikdə verir.

Dəqiqlikdə əllə tarazlaşdırılan körpülərə yaxın olan rəqəmsal körpülər də qənaətbəxş nəticələr almağa imkan verir. Ölçmə prosesinin avtomatlaşdırılması və kodlu çıxışa malik olmaları rəqəmsal körpülərdən istifadəni xeyli asanlaşdırır. Ən dəqiq rəqəmsal körpülərə misal olaraq elektrik tutumunu

$10^{-6} \dots 10^2 \text{ mkF}$, induktivliyi $10^{-7} \dots 10^2 \text{ Hn}$, itki bucağı tangensini $10^{-4} \dots 1$ diapazonunda ölçə bilən P5016 tipli körpünü göstərmək olar. 1 kHz tezlikdə elektrik tutumunun ölçülməsində minimal xəta $10^{-2} \dots 10^{-1}$ diapazonunda ($\pm 0.02\%$), induktivliyin ölçülməsində isə $0.01 \dots 1 \text{ Hn}$ diapazonunda ($\pm 0.05\%$) əldə edilir. Bu xəta digər diapazon və tezliklərdə xeyli artır. Məsələn, 50 kHz tezlikdə $10^6 \dots 10^5 \text{ mkF}$ diapazonuna daxil olan tutumun, $10^3 \dots 10^5 \text{ Hn}$

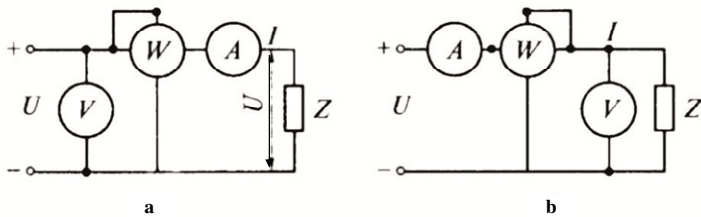
diapazonuna daxil olan induktivliyin ölçülməsində xəta $\pm 5\%$ - çatır.

Yüksək tezliklərdə C, L, $\text{tg}\delta$ və Q kəmiyyətlərini kumetrlərlə (elektrik möhkəmliyini ölçən cihaz) və rezonans metoduna əsaslanan, sıfır döyülmələri göstərən cihazlarla da ölçmək mümkündür. Bu cihazların arasında ən dəqiq nəticə verən cihaz elektrik tutumunu 1 pF ... 5 000 pF diapazonunda (300 ... 700 kHz) 0.5 ... 5% xəta ilə, induktivliyi isə 10^{-3} 100 mKhn diapazonunda (10 $1.55 \cdot 10^3$ kHz tezlik diapazonunda) 1 ... 2 % xəta ilə ölçməyə imkan verən E7-9 cihazıdır.

Elektrik tutumu maqnitoelektrik ölçmə mexanizmi ehtiva edən, dəqiqlik sinfi 2.5 və 4 olan kombinəli cihazlarla da ölçülə bilər. Bu cihazların elektrik tutumunun ölçülməsində, adətən ən çox 4 yuxarı hədd olur. Məsələn, 2.5 dəqiqlik sinfinə malik $\Phi 4318$ cihazının ölçmə hədləri 0.05, 0.5, 5.0, 50 və 500 mKf təşkil edir.

Dolay ölçmə üsulları. Şəkil 9.10 – da kompleks Z müqavimətinin növbəti üç cihazın köməyi ilə ölçülmə sxemi verilmişdir: ampermetr, voltmetr və vattmetr. Ölçü cihazlarının işlətdiyi gücü nəzərə almasaq:

$$Z = U / I = \sqrt{R^2 + X^2} ; R = P / I^2 = U^2 / P ; X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$



Şək. 9.10. Dəyişən cərəyan dövrəsinin parametrlərinin dolay üsulla ölçülməsi sxemi (a, b)

Makaraların induktivliyini və elektrik möhkəmliyini ölçərkən:

$$L = X / \omega, Q = \omega L / R$$

Kondensatorun tutumunu və itki bucağı tangensi:

$C = 1 / (\omega X)$, $\operatorname{tg} \delta = 1 / (\omega CR)$ (kondensatorun əvəz olunmasının paralel sxemi) və $\operatorname{tg} \delta = \omega CR$ (kondensatorun əvəz olunmasının ardıcıl sxemi).

Bu ölçmə üsulu o qədər də dəqiq nəticə vermir – ölçmənin dəqiqliyi ölçü cihazlarının dəqiqliyi və onların sərf etdiyi gücdən, eləcə də tezliyin nə dərəcədə dəqiq müəyyənləşdirilməsindən asılıdır. Cihazın dövrədən işlətdiyi gücün ölçmənin dəqiqliyinə təsirini azaltmaq üçün 9.10, a sxemi Z müqavimətinin nisbətən böyük qiymətlərində, 9.10, b sxemi isə Z müqavimətinin nisbətən kiçik qiymətlərində tətbiq edilir. Bu sxemlərin əsas üstün cəhəti cərəyan və gərginliyin tələb olunan rejimlərdə naməlum parametrlərini müəyyən etməyə imkan verməsidir ki, bu da qeyri – xətti elementlərin tədqiqi üçün xüsusi əhəmiyyət kəsb edir.

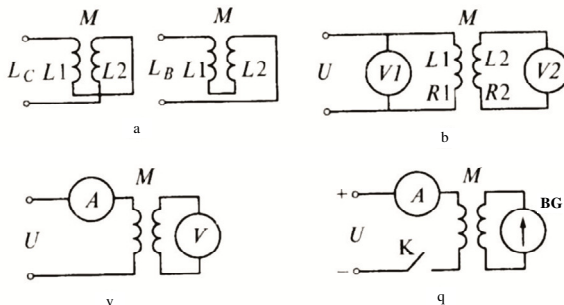
Qarşılıqlı induktivliyin ölçülməsi. Qarşılıqlı induktivliyin M ölçülməsində induktivlik L ölçmə metodlarından istifadə edilə bilər. Bu zaman makaraların paralel və qarşılıqlı qoşulması zamanı yaranan L_A və L_Q induktivlikləri ölçülür (şək. 9.11, a). $L_C = L_1 + L_2 + 2M$, $L_B = L_1 + L_2 - 2M$ olduğu üçün $M = (L_C - L_B) / 4$ olur. M kəmiyyətinin ölçülməsində xəta L_C və L_B kəmiyyətlərinin hansı dəqiqliklə ölçülməsindən asılıdır və M kəmiyyətinin qiyməti azaldıqca, eləcə də $L_C \approx L_B$ olduğundan, bu xəta xeyli artır.

Qarşılıqlı induktivlik həm də $M = k\sqrt{L_1 L_2}$ düsturu əsasında müəyyənləşdirilə bilər (k – birləşmə əmsalı). k əmsalı şək. 9.11, b – də verilən sxemə əsasən ölçülür. $\omega L_1 \gg R_1$ və V_2 voltmetrinin müqaviməti $R_{V2} \gg \sqrt{(\omega L_2)^2 + R_2^2}$ olarsa,

$k = U_2 w_1 / (U_1 w_2) = U_2 \sqrt{L_1} / (U_1 \sqrt{L_2})$ (burada w_1 və w_2 müvafiq olaraq L_1 və L_2 makaralarındakı dolaqların (sargıların) sayıdır).

Makaranın sargılarına verilən məlum cərəyanda onun M kəmiyyətini müəyyənləşdirmək tələb edilərsə şəkil 9.11, v-də verilən sxemdən istifadə oluna bilər. Voltmetrin müqaviməti çox böyük olarsa, $M = U / (\omega I_1)$ olur

Qarşılıqlı induktivlik ballistik qalvanometrin (BQ) və ya vebermetrin köməyi ilə də ölçülə bilər (şək. 9.11, ç).



Şək. 9.11. Qarşılıqlı induktivliyin ölçülməsi sxemləri

a – makaralar qarşılıqlı qoşulduqda; b-ç – makaralar paralel qoşulduqda.

K açarı bağlanarsa, $M = \Delta\psi / I = C_O \alpha_{1max} / I$ olar; burada C_O ballistik qalvanometr və ya vebermetr əmsalı, α_{1max} göstəricinin birinci maksimal yayınması və ya vebermetrin göstəricisindəki dəyişmədir.

Qarşılıqlı induktivliyin M yuxarıda sadalanan üsullarla ölçülməsinin dəqiqliyi ölçmə vasitələrindən, fərz edilən ilkin qiymətlərdən asılıdır və dolaylı ölçmə üsulları ilə təyin edilə bilər.

Fəsil 10

MAQNİT KƏMIYYƏTLƏRİNİN ÖLÇÜLMƏSİ METODLARI VƏ VASİTƏLƏRİ

10.1. Maqnit kəmiyyətlərinin ölçülməsinin ümumi məsələləri

Maqnit ölçmələri elektrik ölçmələrinin mürəkkəb, spesifik və sirlə sahələrindən biridir. İdrak prosesinin əsas tezislərindən birini – “öyrənmək ölçmək deməkdir” – tezisini unutmamaq şərti ilə maqnit ölçmələrində nəyin tədqiq edildiyinə ətraflı nəzər salaq, çünki hansı ölçü metod və vasitələrindən istifadə olunması ölçülən obyektin xarakterindən asılıdır.

Maqnit ölçmələrində maqnit sahələri ilə əlaqəsi olan kəmiyyətlər ölçülür. Saysız – hesabsız maqnit hadisələrinin idrak edilməsi vahid elektromaqnit sahəsi anlayışına əsaslanır. Elektromaqnit dalğalarının (radio dalğaları, eləcə də infraqırmızı, görünən və ultrabənövşəyi şüalar, rentgen və qamma şüaları) enerjisinin yarısı maqnit enerjisidir. Məlumdur ki, sabit, zamandan asılı olmayan elektromaqnit sahəsi iki sahəyə bölünür: elektrik və maqnit sahəsi. 10-cu fəsilə əsasən maqnit sahəsi araşdırılır. Bu sahənin təbiətdə və texnikada təzahürü “maqnetizm” adlandırılır. Maqnetizm anlayışı maqnit hadisələrinin mahiyyətini, maqnit materialların yaradılması və tədqiqini, eləcə də maqnit materialların istifadə olunduğu texniki qurğuları əhatə edir. Maqnit sahəsi materiyanın özünəməxsus kəmiyyət xarakteristikaları olan xüsusi formasıdır. Maqnit hadisələri çox geniş yayılmışdır. Bütün maddələrin maqnit momenti olan elementar zərrəciklərdən (elektronlar, protonlar, neytronlar) formalaşdığını nəzərə alsaq, onda, maqnit hadisələrinin mahiyyəti ancaq mikro zərrəciklər

səviyyəsində izah edilə bilər. Nə qədər paradoksal səslənsə də, qeyd etmək lazımdır ki, dünyada qeyri – maqnit mənşəli hər hansı bir maddə mövcud deyil. Materiyanın bütün təzahür formaları bu və ya digər şəkildə maqnit xarakteristikalarına malikdir, çünki bütün makrocisimlər mahiyyət etibarilə mikrozərrəcik konqlomeratlarıdır. Onların maqnit xassələri xarici maqnit sahəsinin təsiri ilə aşkara çıxarıla bilər. Maqnit xassələri zəif olan maddələr diamaqnitlər və paramaqnitlər, güclü olan maddələr isə ferromaqnitlər, ferrimaqnitlər və bəzi hallarda anti-ferromaqnitlərdir. Maqnetizmin universallığı bununla izah oluna bilər ki, bütün dünya maqnit xassələrinə malikdir: nəhəng dumanlıqlardan elementar zərrəciklərə qədər hər şey maqnitdir. Elementar zərrəciklər dünyasının, makro – dünyanın və kosmik fəzanın maqnetizmi ümumi qanunlara tabe olsa da, fərqli şəkildə təzahür edir. Bu hadisələrin tədqiq edilməsi üçün ən sadəsindən ən mürəkkəbinə qədər, bəzən də öz unikalığı ilə fərqlənən müxtəlif maqnit ölçən cihazlardan, sistemlərdən, qurğulardan istifadə olunur. Məsələn, cisimlərin əksəriyyətinin maqnit xassələri çox zəif olduğuna görə onların bu xassələrinin müəyyənləşdirilməsi üçün iş prinsipi bir sıra “incə” maqnit hadisələrinə (paramaqnit, elektron hadisələri, nüvə rezonansı və s.) əsaslanan xüsusi texniki vasitələr işlənib hazırlanır. Təbiət elmləri və texnikada müşahidə olunan, geniş yayılmış maqnetizm hadisələrini əsas götürən, maqnit ölçmələrinin mövzusu kimi çıxış edə biləcək ən aktual və əhəmiyyətli tendensiyaları burada sadalamağa çalışaq. Bunun üçün müəyyən sadələşdirmə apararaq həmin sahəni şərti olaraq bir – biri ilə sıx əlaqəli, son dərəcə böyük praktik əhəmiyyətə malik iki istiqamətə ayırmaq: təbiəti dərk etmə vasitəsi olan maqnetizm və maqnetizmin texnikada tətbiqi.

Birinci istiqamətə maqnetizmdən mikrozərrəciklərin daxili quruluşunu öyrənmək üçün bir mənbə kimi, maddələrin tədqiq edilməsi metodu (maqnit

radiospektroskopiyası) kimi, eləcə də maddənin fiziki – kimyəvi xassələrini araşdırma metodu kimi (maqnit struktur analizi, maqnit kimyası), yer kürəsinin müxtəlif geoloji eralar ərzində inkişafını, onun geomaqnit sahəsini, maqnitosferanı (geofizika), kosmosdakı maqnit sahələrini (astrofizikanın bir hissəsi olaraq), bioloji obyektlərin və bitkilərin xassələrini (maqnitobiologiya və biomaqnetizm) araşdırma vasitə kimi istifadəsini aid etmək olar. Fizikanın maqnetizmə aid hissəsinin kütləvi şəkildə texnikaya nüfuz etməsi texniki tərəqqini əhəmiyyətli dərəcədə sürətləndirən çeşidli texniki qurğuların yaradılması ilə nəticələnmişdir.

İkinci istiqamətə maqnetizmdən elektrik enerjisi və elektrotexniki materialları (metallurgiya) əldə etmək üçün (elektroenergetika), faydalı qazıntıların kəşfiyyatı (maqnit kəşfiyyatı, o cümlədən zəif maqnitli qaz və neft yataqlarının), eləcə də məhsulları onlara zərər vermədən müayinə etməyə imkan verən vasitələrin (defektoskopiya), informasiyanın qeydə alınması və oxunması vasitələrinin (maqnit səs qeydi, hesablama texnikası) istehsalı üçün, kontaktsiz maqnit elementləri olan qurğuların yaradılması üçün, yeni maqnit materialları əsasında mikroqurğuların istehsalı (mikroelektronika) üçün istifadə olunmasını aid etmək olar.

Yuxarıda sadalanan obyektlər müxtəlif maqnetizm səviyyəsinə malik, çox geniş diapazonda maqnit xassələri olan (çox zəif maqnit sahələrindən ən güclü maqnit sahələrinə qədər) obyektlərdir. Təbii ki, maqnit xassələrinin müəyyənləşdirilməsinə imkan verən metodlar və cihazlar bir – birindən çox fərqlənir. Beləliklə, maqnit ölçmələri elm və texnikanın müxtəlif konfigurasiyalı, müxtəlif tezlik və intensivliyə malik, müxtəlif hadisələrin, obyektlərin, qurğuların yaratdığı xarici və daxili maqnit sahələrinin parametrlərinin ölçülməsi ilə məşğul olan, eləcə də materialların, hazır məhsulların maqnit xarakteristikalarını müəyyənləşdirən, eyni məqsədlə xüsusi maqnitölçənlər və

konkret metodlar işləyib hazırlayan sahəsidir. Bütün bunlar göstərir ki, təbiətdə baş verən maqnit hadisələri mahiyyət etibarı ilə həlli çətin olan mürəkkəb və özünəməxsus cəhətləri ilə fərqlənən məsələlərdir. Bu fəsilə maqnetizmə aid məsələlərin yalnız kiçik bir hissəsi nəzərdən keçirilir. Bu ilk növbədə elektrotexniki qurğularda səs tezliyindəki maqnit sahələrinin sabit və dəyişən kəmiyyətlərinin ölçülməsi, eləcə də maqnit materialların müasir normativ sənədlər əsasında sınaqdan keçirilməsi üçün tətbiq edilən əsas metodlardır.

Kitabımızın hazırkı fəslində maqnit kəmiyyətlərinin ölçülməsində ən çox istifadə olunan cihazların (maqnitölçənlərin) iş prinsipləri də nəzərdən keçirilir.

Maqnit kəmiyyətlərinin vahidləri müvafiq etalonlarla təmsil olunur. Ölkəmizdə maqnit induksiyasının, maqnit selinin və momentinin dövlət birinci etalonları mövcuddur.

Maqnit kəmiyyətlərinin vahidlərinin qiymətini birinci etalonlardan işçi ölçmə vasitələrinə ötürmək üçün işçi etalonlardan, maqnit kəmiyyətlərinin ölçülərindən və nümunəvi ölçmə vasitələrindən istifadə olunur.

Maqnit induksiyasının (maqnit sahəsinin gərginliyi) ölçüsü olaraq xüsusi quruluşa malik, sarğılarından sabit cərəyan keçən makaralardan və sabit maqnitlərdən istifadə olunur.

Maqnit seli ölçüsü bir – biri ilə qalvanik əlaqəsi olmayan iki sarğıdan ibarət makaradır. Həmin sarğılardan birinə elektrik cərəyanı verildikdə digər sarğıya ilişən maqnit seli yaranır.

Nümunəvi ölçmə vasitəsi olaraq yüksək dəqiqliyə malik ölçmə vasitələrindən, məsələn, nüvə - rezonans teslametrlərindən istifadə edilir.

Maqnitölçənlər adətən iki hissədən ibarət olur: maqnit kəmiyyətini sonrakı əməliyyatlar baxımından daha əlverişli olan digər növ kəmiyyətə çevirən ölçmə çeviricisi və ölçmə çeviricisinin çıxışındakı kəmiyyəti ölçmək üçün

ölçmə qurğusu. Maqnit kəmiyyətlərini digər kəmiyyətə çevirən ölçmə çeviriciləri maqnitölçən çeviricilər adlandırılır.

Maqnitölçənlərin adı adətən onların ölçdüyü fiziki kəmiyyətin adı və ya onun tərkibinə daxil olan maqnitölçən çeviricinin adı əsasında təyin olunur. Bəzən “maqnitometr” terminindən də istifadə olunur.

Maqnit materialların parametrlərinin və xarakteristikalarının müəyyənləşdirilməsi üçün müxtəlif maqnit materialların konkret şəraitdə sınaqdan keçirilməsi üçün nəzərdə tutulmuş xüsusi qurğulardan və ya ölçmə vasitələrindən, köməkçi vasitələrdən ibarət dəstlərdən istifadə olunur.

10.2. Maqnit ölçən çeviricilər

Maqnitölçən çeviricilərin (MÇ) təsnifatı. MÇ-ni seçərkən tədqiq ediləcək maqnit sahəsinin növü (sabit, dəyişən, impuls), intensivliyi (induksiya) (tesla) $B \leq 10^{-10}$ 10^{-3} olan zəif, $B \leq 10^{-3}$ 0.1 olan orta və $B \geq 0.1$ 10 olan güclü sahələr), qeyri - həmcinslilik dərəcəsi (yəni, B_x , B_y , B_z tərkib hissələrinin bir – birindən nə qədər fərqli olması) və ətraf mühit şərtləri (məsələn, temperatur) əsas götürülür.

Maqnitölçən çeviricilərin növləri isə onların maqnit sahələrinə olan həssaslığı, xarakteristikalarının sabitliyi və həndəsi ölçüləri (belə ki, bəzən MÇ – ləri tədqiq olunan sahənin çox kiçik hissələrinə qoymaq lazım gəlir) əsasında müəyyənləşdirilir.

Hazırda sənayedə Holl çeviriciləri və maqnit rezistorları istisna edilməklə konstruktiv olaraq bütöv, əlahiddə sistem təşkil edən maqnitölçən çeviricilər istehsal olunmur. Xarici ölkələrdə vahid standartlar əsasında müxtəlif maqnitölçənlərdə istifadə edilə biləcək, maqnitölçənlərin funksional özəlliklərini genişləndirən,

istismar parametrlərini genişləndirən Holl çeviriciləri qrupları istehsal olunur. Adətən çeviricilər müvafiq maqnitölçənlərin tərkibinə quraşdırılmış şəkildə istehsal olunur. Bununla belə, bir çox istehlakçılar konkret məsələləri həll etmək üçün çeviriciləri özləri hazırlayır.

İstənilən maqnitölçən verici quruluş baxımından bir – biri ilə əlaqəli iki birinci ölçmə çeviricisi (BÖÇ, əksər hallarda həssas element) və BÖÇ-ün çıxışındakı siqnalı sonrakı hesablamalar üçün uyğun olan, hesablayıcı qurğuya qeyd edilən analoq və ya diskret kəmiyyətə çevirən ikinci ölçmə çeviricisi (İÖÇ).

Maqnitölçən çeviricilər aşağıdakı üç əsas prinsip əsasında qruplaşdırılır:

- iş prinsipinin əsaslandığı fiziki hadisə və ya effekt;
- ölçülən parametrlərin və kəmiyyətlərin növü;
- tətbiqi sahəsi.

Bu təsnifat prinsipləri əslində bir – biri ilə sıx əlaqəlidir. Ölçmələrdə ən çox iş prinsipləri aşağıdakı hadisələrə əsaslanan maqnitölçən çeviricilərdən istifadə edilir: elektromaqnit induksiyası, qalvanomaqnit hadisələri, ölçülən maqnit sahəsinin sabit maqnit sahəsi və ya cərəyan konturunun bir – birinə təsiri, maqnit sahəsinə yerləşdirilən materialların xassələrinin dəyişməsi, mikrozərrəciklərin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri, ifrat keçiricilik.

Maqnitölçən çeviricilərin iş prinsipinin əsaslandığı fiziki hadisəyə görə təsnifata daxil olan əsas qrupları nəzərdən keçirək:

1. Elektromaqnit induksiyası qanununa əsaslanan induksiya və ifrat keçirici ölçmə çeviriciləri. İnduksiya çeviricilərinə induksiya, ferroinduksiya çeviriciləri aiddir. Bu çeviricilərə nümunə olaraq ferrozondları göstərmək olar.

İfrat keçirici çeviricilərin iş prinsipi böhran temperaturunun təsiri altında xüsusi metaldan (məsələn,

niobiumdan) hazırlanan mərkəzi oxun ifrat keçiriciyə çevrilməsi (onun elektrik müqaviməti yox hesab ediləcək qədər azalır), oxun ətrafındakı konturda isə ölçülən sahənin induksiya qiymətinə mütənəsib olan e.h.q. yaranmasına əsaslanır.

2. Ölçülən sahə ilə maqnit momenti olan cisim və zərrəciklərin bir – birinə təsirinə əsaslanan mexaniki və kvant çeviriciləri. Mexaniki maqnitölçən çeviricilərin həssas elementi maqnit sahəsinin təsiri altında müəyyən bucaq qədər dönən maqnitdən və ya cərəyan konturlarından (nadir hallarda) ibarət olur.

Passiv mexaniki çeviricilər sərbəst dönən maqnit oxlarıdır və maqnit induksiya vektorunun istiqamətini və ya həmin vektorun koordinat oxlarına proyeksiyasını (toplananını) müəyyənləşdirmək üçün istifadə olunur.

Kvant çeviricilərinin həssas elementi elektromaqnit enerjisini ölçülən sahənin induksiya ilə konkret şəkildə əlaqəsi olan tezlikdə buraxan və ya qəbul edən həssas maddənin olduğu kapsuldan ibarətdir. Həssas maddənin növü, yəni onu təşkil edən, maqnit induksiya ilə qarşılıqlı təsirdə olan, enerji mübadiləsində iştirak edən zərrəciklərin (zərrəcik, atom, nüvə) təbiəti əsas götürülərək kvant çeviricilərini dörd qrupa bölmək olar: paramaqnit elektron rezonansına əsaslanan elektron presessiya çeviriciləri, nüvə rezonansına əsaslanan nüvə presessiya çeviriciləri, atomların optik istiqamətlənməsinə əsaslanan atom presessiya çeviriciləri və ferromaqnit rezonans hadisəsinə əsaslanan kvant çeviriciləri.

3. Yuxarıda qeyd edilən iki iş prinsipindən (sahə təsiri ilə yüklü zərrəciklərin trayektoriyasının Lorens qüvvəsinin təsiri altında əyilməsi və induksiya hadisəsi) istifadə edən kombine qalvanomaqnit çeviricilər.

Əksər hallarda yarımkeçirici materiallardan hazırlanan qalvanomaqnit çeviricilər aşağıdakı cihazlardır:

- Holl effektinə əsaslanan Holl çeviricisi. Çeviricinin çıxışında ölçülən kəmiyyət müəyyən qaydada tətbiq edilən cərəyan və xarici maqnit sahəsi nəticəsində yaranan e.h.q olur.
- Çeviricinin daxili elektrik müqavimətinin (keçiriciliyinin) maqnit sahəsinin təsiri altında dəyişməsinə əsaslanan maqnitorezistiv çeviricilər.

Holl effekti və müqavimətin dəyişməsi bir – biri ilə qarşılıqlı əlaqəlidir və hər iki növ çeviricidə bu hadisələr eyni anda baş verir. Çeviricilər arasındakı fərq hər çevirici növündə bu hadisələrdən birinin daha güclü təzahür etməsindədir.

Maqnitorezistiv çeviricilərə nümunə olaraq maqnitorezistorları maqnitodiodları ikiqütblü maqnitotriodlar, qalvanomaqnit rekombinasiya çeviricilərini göstərmək olar.

Qauss effektinə əsaslanan maqnitorezistorların (maqnit müqavimətləri) müqaviməti (R) maqnit sahəsinin (B) təsiri altında aşağıdakı bərabərliyə uyğun olaraq dəyişir:

$$\frac{\Delta R}{R} = AB^m,$$

burada A çeviricinin hazırlandığı materialın xassələrindən və onun konstruksiyasından asılı olan əmsaldır. Müqavimətin dəyişməsi sahənin istiqamətindən (qütblüyündən) asılı deyil. Ümumilikdə, bu asılılıq qeyri – xəttidir: maqnit induksiyası (TI) $B \leq 0.3$ olan zəif sahələrdə m təxminən 2-yə bərabər olur. Maqnit induksiyası (TI) $B > 0.3$ olan güclü sahələrdə isə $m = 1$ və çıxışdakı kəmiyyət xətti xarakteristikaya malik olur. Bu xüsusiyyətləri sayəsində maqnitorezistorlardan güclü maqnit sahələrinin tədqiqində istifadə edilir. Bu çeviricilər adətən cərəyan körpüləri ehtiva edən sxemlərə qoşulur.

Maqnitodiodlar qeyri – simmetrik p-n keçidinə malik olan və bunun nəticəsində bir hissəsinin keçiriciliyi digərindən xeyli çox olan yarımkeçirici diodlardır. Buna görə də maqnitodiod maqnit sahəsinə yerləşdirildikdə onun elektrik müqaviməti sahənin induksiyasına mütənasib olaraq artır və dioddan keçən cərəyan zəifləyir. Maqnitodiodların fərqli cəhətləri onların digər maqnitorezistorlardan fərqli olaraq sahəyə qarşı daha çox həssaslıq göstərməsidir.

İkiqütblü maqnitotriodlar quruluş baxımından yeganə elektron – dəlik keçidindən ibarət adi birqütblü sahə triodundan heç nə ilə fərqlənmir. Xarici maqnit sahəsinin təsiri altında və həmin sahənin istiqamətindən asılı olaraq bu çeviricilərin daxili elektrik müqaviməti azalır və ya artır.

Maqnitodiodlar və maqnitotriodlar hazırda maqnitölçənlərdə geniş istifadə olunmur. Son dövrlərdə xüsusi texnologiya əsasında sabit və dəyişən maqnit sahələrinə qarşı böyük həssaslıq göstərən (10^{-7} tesla induksiyada işləyir) və çox geniş tezlik diapazonunda işləyə bilən ($0 \dots 10^{14}$ Hz) qalvanomaqnit rekombinasiya çeviriciləri istehsal edilir.

İnduksiya çeviriciləri. Elektromaqnit induksiyası hadisəsinə əsaslanan maqnitölçən çeviricilər induksiya çeviriciləri adlandırılır. Bu çeviricilər dolaqları ölçülən maqnit selinə Φ ilişən makaradan ibarətdir. Φ maqnit selində dəyişiklik baş verdikdə dolaq sayı w_k olan makarada aşağıdakı düsturla hesablanan e.h.q (e) yaranır:

$$e = -w_k \frac{d\Phi}{dt} \quad (10.1)$$

Tənlik (10.1)-də görüldüyü kimi, makaranın köməyi ilə maqnit selinin qiyməti elektrik kəmiyyətinə - e.h.q –yə çevrilə bilər. Sarğının bütün dolaqlarının köndələn kəsiklərinin sahələrinin cəminə bərabər olan məlum sabit

kəmiyyətə malik induksiya çeviricisinə ölçü makarası deyilir.

Ölçü makarası elə forma və ölçülərə malik olmalı, elə yerləşdirilməlidir ki, onun dolaqlarına ancaq ölçülməsi tələb edilən maqnit seli ilişsin. Makaranın yerləşdiyi müstəvi maqnit induksiyasının və ya maqnit sahəsinin gərginlik vektoruna perpendikulyar olmalıdır.

Fəzanın makaranın tutduğu hissəsindəki sahə həmcins olarsa və makaranın oxu maqnit induksiyasının B və maqnit sahəsinin H gərginlik vektoru ilə üst – üstə düşərsə, yuxarıdakı tənlik aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$e = -w_k \frac{d\Phi}{dt} = -w_k S_k \frac{dB}{dt} = -\mu_0 w_k S_k \frac{dH}{dt}, \quad (10.2)$$

burada $w_k S_k$ - ölçü makarasının sabit kəmiyyəti (ölçü makarası əmsalı), S_k - makaranın sahəsi, μ_0 - maqnit əmsalıdır ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Hn / m).

Tənlik (10.2)-dən belə məlum olur ki, induksiya çeviricisindən həm də maqnit induksiyasının və maqnit sahəsinin gərginliyinin ölçülməsində istifadə oluna bilər. Ölçü makarası yoxlanan maqnit materialından hazırlanmış məhsulda maqnit induksiyasının ölçülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdursa, onun dolaqları həmin məhsulu tam sarmalı, məhsulun səthinə sıx yapışdırılmalıdır.

Nümunə materialın səthindəki maqnit sahəsinin gərginliyinin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulan makara yastı olmalı (hündürlüyü az olmalıdır), nümunənin səthinə yaxşı oturmalı, elə yerləşdirilməlidir ki, oxu ölçülən maqnit sahəsinin gərginlik vektoru ilə eyni istiqamətdə olsun.

Ölçü makarası şəklində olan maqnitölçən çeviricidən həm dəyişən, həm də sabit maqnit sahələrinin parametrlərinin ölçülməsində istifadə oluna bilər.

Dəyişən maqnit sahələrinin xarakteristikalarını ölçərkən induksiya edilmiş e.h.q. – nin ölçülməsi üsulu və vasitələrindən asılı olaraq həmin xarakteristikaların ani, amplituda qiymətləri və ya birinci harmonikaların amplitud qiymətləri ölçülür.

Adətən çoxdolaqlı makara ferromaterialdan və ya ferromaqnit materialdan olan ox üzərinə, həmin oxu tam əhatə edəcək şəkildə yerləşdirilmiş w_k sayda dolaqlardan ibarət olur.

Belə çevirici B induksiyaçı xarici maqnit sahəsinə yerləşdirilərsə və bu zaman sahənin istiqaməti ilə dolaqların sahə vektoru S_k arasındakı bucaq sıfırdan fərqli olarsa (θ – yə bərabər olarsa), (10.1) tənlik aşağıdakı şəkllə düşər:

$$e = -w_k \frac{d}{dt} (\mu_0 \mu B S_k \cos \theta), \quad (10.3)$$

burada μ - makara oxunun maqnit xarakteristikaları, həndəsi ölçüləri və formasından asılı olan maqnit nüfuzluğu əmsəlidir.

Tənlik (10.3)-ə uyğun olaraq bütün induksiya çeviriciləri B , μ , S_k və θ kəmiyyətlərinin zaman ərzində dəyişməsi nəticəsində onlarda baş verən proseslərə görə təsnifləşdirilə bilər.

Tənlik (10.3) dörd tənlikdən ibarət sıraya çevrilir:

$$e = -w_k S_k \mu_0 \mu \cos \theta \frac{dB}{dt} \quad (10.4)$$

$$e = -w_k S_k \mu_0 \mu B \sin \theta \frac{d\theta}{dt} \quad (10.5)$$

$$e = -w_k \mu_0 \mu B \cos \theta \frac{dS_k}{dt} \quad (10.6)$$

$$e = -w_k S_k \mu_0 B \cos \theta \frac{d\mu}{dt} \quad (10.7)$$

Bütün parametrləri (μ , S_k və θ) sabit olan çeviricidə e.h.q ancaq maqnit induksiyasını (B) dəyişdirməklə yaradıla bilər (bax düsturu 10.4).

Beləliklə, sabit maqnit selini ölçmək üçün ölçü makarasını ölçülən sahədən çıxarıb $B = 0$ olan yerə qoymaq lazımdır. Bu çeviricilərə passiv çeviricilər deyilir. Onların işləməsi üçün xüsusi gücləndirici qurğular lazım olur, çünki makaranın qoşulduğu dövrdə e.h.q. ölçülən sahənin enerjisi sayəsində yaranır.

Makara xarici B maqnit sahəsində ω bucaq sürəti ilə döndərildikdə, ölçülən induksiya və fırlanma tezliyinə mütənasib olaraq e.h.q yaranır (bax düsturu 10.5). Belə maqnitölçən çeviricilər ölçü generatorları adlandırılır.

Makaranın sahəsinin dəyişkən olduğu çeviricilər S çeviriciləri adlandırılır (bax düsturu 10.6). Əksər hallarda belə çeviricilər ətrafına dolaq sarılmış, maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirə girən pyezokristallardan ibarət olur. Kristal deformasiya olaraq makaranın dolaqlarının sahəsinə dəyişdirir və makarada ölçülən induksiya ilə, pyezokristalın kənarlarının rəqs tezliyi ilə düz mütənasib olan e.h.q yaranır.

Xassələri düsturu (10.7) ilə xarakterizə olunan klassik çeviricilərə nümunə olaraq ferromodulyasiya çeviricilərini (ferrozondları) göstərmək olar. Bu çeviricilərdə əlavə sargı vasitəsi ilə yaradılan köməkçi sabit maqnit sahəsinin təsiri ilə makara oxunun maqnit nüfuzluğu və bunun nəticəsində də μ nüfuzluq əmsalı dəyişdirilir. μ nüfuzluq əmsalı mexaniki gərginliklərin təsiri ilə də dəyişdirilə bilər (Villard effekti).

Bu çeviricilər aktiv çeviricilər adlandırılır, çünki onlar faydalı siqnalları gücləndirir.

Maqnit ölçmələrində həm ayrı – ayrı sahə parametrlərinin ölçülməsində, həm də materialın maqnit xassələrini müəyyənləşdirmək üçün maqnitölçənlərin tərkibində olmaqla ən çox istifadə edilən çeviricilər passiv çeviricilər və ferrozondlardır.

Mexaniki maqnitölçən çeviricilər. Maqnitölçən çeviricilərin əsas tərkib hissəsi \vec{M} maqnit momentinə malik sabit maqnitlərdir. Həmin maqnit \vec{B} induksiya xarici maqnit sahəsinə yerləşdirsək, mexaniki fırlanma momentinin ($\vec{P}_{BP} = \vec{B}\vec{M}$) təsiri altında maqnit öz oxu ilə maqnit sahəsinin istiqaməti arasında olan Θ bucağı qədər dönəcəkdir. Skalyar olaraq həmin tənliyi belə göstərmək olar:

$$P_{BP} = BM \sin \Theta .$$

\vec{B} induksiya sahənin istiqamətini və onun induksiyasının qiymətini müəyyənləşdirməyə imkan verən, fərqli quruluşda bir neçə maqnitölçən çevirici mövcuddur. Yuxarıda göstərilən vəziyyətdə maqnit sahənin təsiri altında dönərək onun istiqamətini alır. Yəni, Θ bucağı əsasında \vec{B} induksiya sahənin istiqamətini müəyyənləşdirmək mümkündür.

İnduksiyanın qiymətini ölçmək üçün digər quruluşa malik çeviricilərdən istifadə olunur. Belə çeviricilərdə sabit maqnit xüsusi əks – təsir momenti $M_{\alpha,t}$ olan elastik ipdən asılır. İpin xüsusi əks – təsir momenti nəticəsində maqnitin dönməsinə mane olan əlavə moment yaranır : $P_{\alpha,t} = M_{\alpha,t} \cdot \alpha$, (α – ipin burulma bucağı). Dayanıqlı tarazlıq vəziyyətində $P_{\alpha,t} = P_{fırl}$; deməli:

$$\vec{B}\vec{M} \sin \Theta = M_{\alpha,t} \cdot \alpha; \quad \alpha = \frac{M \sin \Theta}{M_{\alpha,t}} B .$$

Beləliklə, ölçülən qiymət məlum üsullarla müəyyənləşdirilən α dönmə bucağı əsasında hesablanır.

Çevirmə tənliyi $\vec{J} = \frac{d^2\alpha}{dt^2} \vec{B}\vec{M}$ şəklini alır, (burada J –

maqnitin ətalət momentidir). Maksimal həssaslığa nail olmaq üçün Θ bucağı 90° olmalıdır. Digər quruluşlu çeviricilərdə $P_{\alpha,t}$ elastik iplə deyil, müəyyən qaydada yerləşdirilən və maqnit momenti olan başqa maqnitin köməyi ilə yaradılır.

Buna görə də ölçmə zamanı maqnitin oxu maqnit induksiyasının müəyyənləşdirilən tərkib hissəsinin (koordinat oxu üzərindəki proyeksiyasının, toplananının) istiqamətinə perpendikulyar şəkildə yerləşdirilir.

Kvant maqnitölçən çeviriciləri. Kvant çeviricilərinin iş prinsipi maddənin istənilən maqnitli vəziyyətində (diamaqnitlərdə, paramaqnitlərdə, ferromaqnit və ferrimaqnitlərdə) növbəti iki sahənin təsiri altında yarana biləcək maqnit rezonansları hadisəsinə əsaslanır: \vec{B} maqnit sahəsi və ω tezlikli \vec{h} elektromaqnit sahəsi. Bu zaman baş verən fiziki proseslər atom maqnetizmi (ayrı – ayrı zərrəciklərin maqnit xassələri) və ya ümumilikdə maddənin maqnetizmi (atom və molekulyar qruplarının maqnit xassələri) ilə, yəni μ maqnit momentinin mövcudluğu və həmin momentlə əlaqəsi olan mexaniki hərəkət momenti p (spin momenti) ilə izah olunur. Sabit maqnit sahəsinin təsiri altında maqnit momentləri həmin sahənin istiqamət vektoru ətrafında ω_0 tezliyi ilə yavaş – yavaş fırlanmağa başlayır. Bu dövrü stasionar hərəkət kvant xarakterlidir, yəni, fırlanma orbitlərinin müstəviləri ilə sahənin istiqaməti arasındakı bucağın qiyməti diskret qaydada dəyişir. Əgər maqnit sahəsindəki cismə əlavə olaraq \vec{B} istiqamətinə perpendikulyar olan \vec{h} elektromaqnit sahəsi təsir etsə, dəyişən sahənin ω tezliyinin presessiya (yavaş – yavaş

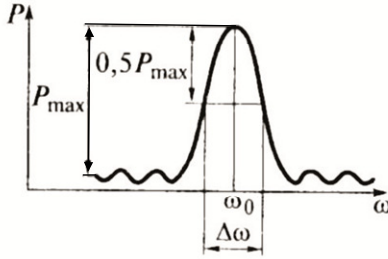
fırlanma) hərəkətinin ω_0 tezliyi ilə üst – üstə düşdüyü hallarda cisim elektromaqnit enerjisi udmağa başlayır (maqnit rezonansı hadisəsi), yəni atomlar sisteminin tarazlığı pozulur. Həqiqətən də maqnetizmin kvant nəzəriyyəsinə əsasən belə sistemin maqnit enerjisi $\hbar \ll \bar{B}$ olduğundan, iki hissədən ibarət olur: birinci hissə xarici \bar{B} maqnit sahəsində nüvənin spin momentlərinin və elektron örtüklərin həm xarici sahə, həm də bir – biri ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranan enerjinin stasionar kvantlaşmış səviyyələrini müəyyənləşdirir; ikinci hissə isə zamandan asılı olaraq dəyişən cismin maddəsini təşkil edən zərrəciklərin həmin enerji səviyyələrinə keçidində səbəb olan həyəcanlanma kimi xarakterizə edilə biləcək enerjini müəyyənləşdirir. Belə həyəcanlanma enerji səviyyələrindən birində elektronların həddindən artıq toplanması ilə nəticələnir və enerjide elektromaqnit sahəsinin şüalanması (udulması) ilə nəticələnən sıçrayış xarakterli (diskret) dəyişikliklər baş verir.

Rezonans hadisələri rezonansudma əyrisi və həmin əyrinin spektri vasitəsi ilə qiymətləndirilir (Şək.10.1). Kvant çeviricilərinin çevirmə tənliyi aşağıda verilmişdir:

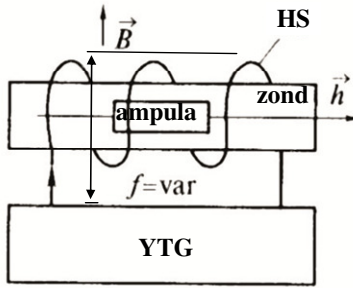
$$\frac{d\vec{M}}{dt} = \gamma \vec{M} \times \vec{B},$$

burada \vec{M} - maddənin ümumi maqnit momenti, $\vec{M} = \sum_{i=1}^n \mu_i$; μ_i - bir zərrəciyin maqnit momenti, γ - zərrəciyin giromaqnit nisbətinin universal əmsalındır

$$\gamma = \mu_i / p_i.$$



Şək. 10.1. Sabit maqnit sahəsinin müəyyən B qiymətində maddənin elektromaqnit P gücünü udmasını xarakterizə edən rezonans əyrisi; ω_0 - rezonans tezliyi; $\Delta\omega$ – rezonans xəttinin enidir.



Şək. 10.2 Nüvələrin məcburi presessiyası metoduna əsaslanan kvant çeviricisi: HS – həyəcanlanma sarğısı; YTG – yüksək tezlikli generator

Elektromaqnit sahəsinin hansı zərrəciyin momenti ilə qarşılıqlı təsirdə olmasından (nüvə, elektron, atom) asılı olaraq kvant çeviriciləri üç əsas qrupa bölünür: nüvə, elektron və atom kvant çeviriciləri.

Kvant çeviricilərinə nümunə olaraq nüvə maqnit rezonansı metoduna, daha dəqiq desək, bu metodlardan biri olan nüvələrin məcburi presessiyası metoduna əsaslanan kvant çeviricisi ilə daha yaxından tanış olaq. Belə çevirici mahiyyət etibarilə müvafiq maddə ilə (məsələn, hidrogen nüvəsindən istifadə edildirsə, distillə edilmiş su) doldurulmuş ampula ehtiva edən bir zondur (Şək. 10.2) Zonda həyəcanlanma dolağı sarılmışdır. Həmin sarğı yüksək

tezlikli generatorla birləşdirilmişdir. Generatorun f tezliyini yavaş – yavaş dəyişdirmək mümkündür. Həyəcanlanma sarğısı və yüksək tezlikli generatorun köməyi ilə yüksək və dəyişkən ω tezlikli elektromaqnit sahəsi \vec{h} yaradılır. Zond ölçüləsi sabit \vec{B} maqnit sahəsinə elə keçirilir ki, \vec{h} və \vec{B} vektorları bir – birinə perpendikulyar olsun. f tezliyini yavaş – yavaş dəyişdirərək ampuladakı maddənin ayrı – ayrı atomlarının nüvələrinin \vec{B} vektoru ətrafında maksimal amplitud ilə presessiya hərəkətinə başlamasına gətirib çıxaran nüvə maqnit rezonansı hadisəsi yaradılır.

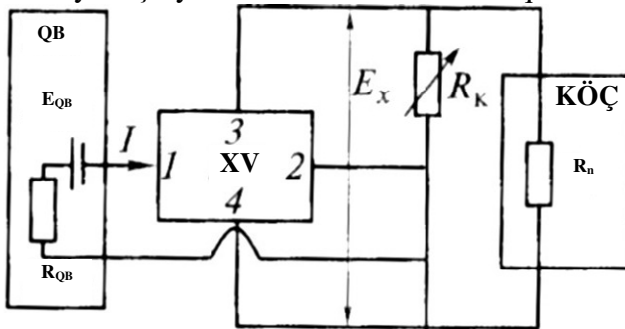
Presessiya hərəkətinin ω_0 tezliyi $\omega_0 = \gamma_n \vec{B}$ düsturu ilə hesablanır. Burada γ_n hidrogen nüvəsinin (protonun) giromaqnit nisbətidir. Bu nisbət çox dəqiq müəyyən edilmişdir: $\gamma_n = 2,675120 \times 10^{-8} \text{ Vb}^{-1} \cdot \text{san} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{rad}$.

Rezonans baş verməsi üçün xarici, həyəcanlandırıcı generatorun tezliyi nüvələrin presessiya hərəkətinin tezliyinə bərabər olmalıdır: $\omega_0 = \omega$. Beləliklə, \vec{B} maqnit sahəsinin ölçülən kəmiyyətinin qiymətini tapmaq üçün rezonansın baş verdiyi anı qeydə almaq və həmin andakı ω_0 tezliyini ölçmək lazımdır. Bu an müxtəlif radiotexniki vasitələrlə (məsələn, osilloqraf) qeydə alınır, həmin andakı tezlik isə yüksək tezliklərdə işləyən tezlikölçənə müəyyənləşdirilə bilər. Bunun üçün müxtəlif qoşulma sxemləri əsasında tərkibində modulyatorlar, gücləndiricilər və detektorlar olan ikinci (əlavə) çeviricilərin qoşulduğu metodlardan istifadə edilir.

Hazırda presessiya signalını sürətlə analiz edə bilən mikroprosessor nəzarəti sistemləri istehsal edilir. Bununla belə, xarici \vec{B} maqnit sahələrinin kəmiyyətlərinin kifayət qədər geniş diapazonda ölçülməsi zamanı ancaq bir növ nüvə ehtiva edən maddə yetərli olmur. Ölçü diapazonunu genişləndirmək üçün bir ampulaya bir neçə maddə, əksər hallarda müxtəlif giromaqnit nisbətinə malik litium, hidrogen və deyterium yerləşdirilir. Burada yadda saxlamaq

lazımdır ki, nüvə presessiyasına əsaslanan kvant çeviricilərinin vericilərinin həndəsi ölçüləri kifayət qədər böyükdür: ən kiçik vericinin həcmi 0.2 sm^3 olur. İstehsal xətlərində istehsal olunan seriyalı vericilər də ən çox rast gəlinən en kəşik sahəsi $1.7 \times 1.1 \text{ sm}^2$ təşkil edir. Bu, həndəsi baxımdan kiçik olan və ya yüksək qeyri – həmcinslik qradienti olan sahələrin qeyri – həmcinslik dərəcəsini müəyyənləşdirməkdə çətinliklər yaradır.

Holl çeviriciləri (Holl vericiləri). Bu çeviricilər yarımkeçirici lövhədə, həmin lövhəyə elektromaqnit və maqnit sahəsinin eyni anda təsiri nəticəsində çarpaz potensiallar fərqi E_x –in yaranması ilə xarakterizə olunan Holl effekti əsasında işləyir. Holl çeviricisi (Şək.10.3) uzununa istiqamətdə I və 2 naqıl elektrodlar vasitəsi ilə I cərəyanı verilən lövhədən ibarətdir. Lövhənin bir – birinə əks tərəfdə yerləşən kənarlarının ortasına, eyni potensiala malik, yəni çeviricinin cərəyan mənbəyinin yaratdığı elektrik sahəsinin bərabər potensiallı xətti üzərində yerləşən nöqtələrə Holl potensial elektrodları lehirlənir (3, 4). Lövhəyə xarici \vec{B} maqnit sahəsi ilə təsir edilərsə, potensial elektrodlarında Holl e.h.q. – si yaranır: $E_x = s_{IB}IB\sin\alpha$ (burada s_{IB} qalvanomaqnit həssaslığı, α isə \vec{B} ilə Holl vericisinin yerləşdiyi müstəvi arasındakı bucaqdır.



Şək. 10.3. Holl vericisi olan çeviricinin elektrik sxemi
1...4 – elektrodlar.

Bu və ya digər yarımkeçirici üçün I cərəyanının qiyməti çeviricinin yolverilən qızma temperaturundan asılıdır və 5 mA – dən (yüksək gərginlikli vericilərdə) 200 mA - ə qədər (kiçik gərginlikli vericilərdə) dəyişir.

I cərəyanının verilən qiymətində (vericinin texniki pasportunda göstərilir): $E_x = s_B B$ (burada s_B induksiya qarşı həssaslığı göstərir). s_B kəmiyyətinin sabit qalması şərti ilə bu bərabərlik Holl vericisinin maqnit induksiyasını ölçən vasitə kimi ideal təsviri hesab oluna bilər. Həqiqətdə isə bu çeviricilərdə additiv və multiplikativ xətlər, eləcə də xətilik xətləri meydana gəlir.

Multiplikativ xəta temperaturun və digər amillərin təsiri altında s_B kəmiyyətinin dəyişməsi nəticəsində yaranır.

Additiv xəta ilk növbədə potensial elektrodlarındakı qalıq gərginliyin ($E_{e.g}$) təsiri nəticəsində yaranır (xarici maqnit sahəsinin olmaması şərti ilə). Həmin qalıq gərginlik Şək. 10.3-dəki 3 və 4 elektrodlarının qeyri – simmetrik qaydada lehəmlənməsi ilə izah olunur və maqnit induksiyasından asılı deyil. Qalıq gərginliyin qütbiliyi I cərəyanının istiqamətindən asılıdır.

Holl çeviricisinin texniki pasportunda potensial elektrodlarındakı qalıq gərginliyin qiyməti ($E_{e.g}$) verilir. Gərginliyin qiyməti vericinin növündən asılı olaraq dəyişir və normal temperatur şərtlərində 10 ... 120 kV diapazonunda dəyişir. Texniki pasportda həm də qalıq gərginliyin temperatur əmsalı verilir.

Xətilik xətasının yaranması s_B kəmiyyətinin induksiya funksiyası olması ilə izah olunur. Adətən texniki pasportda induksiyanın elə hədd qiymətləri göstərilir ki, həmin qiymətlərdən aşağıda xətilik xətasını nəzərə almamaq olar (çox vaxt bu hədd $B_{həddi} = < 0.6$ Tesla).

Holl vericisini seçərkən vericinin həndəsi ölçüləri (texniki pasportda göstərilir) kimi yuxarıda sadalananlardan fərqli xarakteristikalara da diqqət göstərmək lazımdır. Məhdud diapazonlarda aparılan ölçmələrdə Holl vericisinin

d qalınlığı az olmalıdır. Sahənin qeyri – həmcinsliliyini araşdırmaq üçün istifadə olunan Holl vericisinin aktiv səthinin həndəsi ölçüləri kiçik olmalıdır (*lb*).

Hazırda bir neçə növ verici istehsal olunmaqdadır: qatışıqsız yarımkəçiricilərdən (germanium, silisium) hazırlanan monokristal vericilər ; Mendelejev cədvəlinin IV və V qruplarına daxil olan elementlərdən hazırlanan (indium antimonid InSb, indium arsenid InAs, indium arsenid – fosfid InAsP və s.) monokristal vericilər ; polikristal və plyonka şəkilli vericilər .

Kristal vericilər üçün optimal həndəsi ölçü 0.7·0.7·0.1 mm təşkil edir. Optimal qalınlıq isə 0.1 0.5 mm arasında dəyişir. Müvafiq maddənin altlıq material üzərinə üfürülməsi ilə hazırlanan plyonka şəkilli vericilərin qalınlığı çox az olur: $d = 1 \dots 20$ mkm.

İndi isə Holl vericisi əsasında hazırlanan və xarici B maqnit sahəsinin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulan çeviricinin sxeminə yaxından nəzər salaq (Şək. 10.3). Daxili $R_{q.b.}$ müqavimətinə malik qidalanma bloku vericini texniki pasportda verilən I cərəyanı ilə təmin edir. Həmin I cərəyanı sabit, dəyişən və ya impulsu cərəyan ola bilər. Hansı cərəyan növünün seçilməsi ölçülən sahənin xarakterinə (sabit, dəyişən ya da impulsu sahə) və ölçülən kəmiyyətin qiymətinə uyğun olaraq müəyyən olunur.

Sabit cərəyandan əksər hallarda Holl e.h.q – sinin qiymətinin çox böyük olduğu (onlarla millivoltdan bir neçə volta qədər) güclü sahələrin, dəyişən cərəyandan isə orta və zəif sahələrin (Holl e.h.q – sinin qiyməti yüzlərlə mikrovoltndan onlarla millivolta qədər) tədqiqində parazit siqnallardan müdafiəni təmin etmək və vericinin öz səsinin təsirini azaltmaq üçün istifadə olunur. İmpulsu $I_i = I$ cərəyanından Holl vericisinin həssaslığını artırmaq üçün istifadə olunur, çünki impulsu cərəyan verildikən Holl vericisinin lövhəsinə yayılan güc çoxalmır və lövhəni

soyutmaq üçün soyuducu vasitələrdən istifadəyə ehtiyac qalmır.

Sxemlər və texniki həll variantları ilə əlaqədar qərar qəbul edərkən Holl vericisinin daha iki vacib parametrini nəzərə almaq lazımdır. Bu, 1 və 2 cərəyan elektrodları arasındakı r_g giriş müqaviməti və Holl elektrodları (3 və 4) arasındakı r_ζ çıxış müqavimətidir. Bu parametrlər də texniki pasportda göstərilir. Giriş və çıxış müqavimətləri kiçik ($r_g = r_\zeta = 2 \dots 4 \text{ Om}$) və böyük ($r_g = r_\zeta = 500 \dots 1000 \text{ Om}$) olan vericilər mövcuddur.

Vericiyə köməkçi ölçü çeviriciləri (U_y çıxış signalı ilə) və ya R_n müqavimətli göstərici cihaz da qoşula bilər. Bu sxemlə Holl vericisi iki rejimdə işləyə bilər: verilən gərginlik rejimində ($r_g \gg R_{g,m}$) və ya verilən cərəyan rejimində ($r_g \ll R_{g,m}$). Hansı rejimin seçiləcəyi əsasən s_B asılılığının temperatur və zamanla əlaqədar xətlərinin azaldılması tələbi, sahənin kəmiyyətlərinin və temperaturun geniş diapazonlarında B induksiyası ilə U_y arasında xətti asılılığı əldə etmək ehtiyacı ilə müəyyən olunur.

Məlum olmuşdur ki, R_n müqavimətinin r_ζ müqavimətindən xeyli çox olduğu hallarda bəzi vericilərlə müqayisədə Holl vericilər i temperaturla əlaqədar çox az xəta verir. İndium arseniddən hazırlanan vericilər də $R_n = 3 r_\zeta$ qəbul edildiyindən B induksiyası ilə U_y arasında xətti asılılığı əldə etmək mümkün olmuşdur.

Əvvəldə qeyd etdiyimiz kimi, Holl vericilərinin əlverişsiz cəhətlərindən biri onlarda qalıq gərginliyin ($E_{e.g}$) mövcud olmasıdır. Qalıq gərginliyi azaltmaq üçün bir neçə sxemdən, məsələn, diferensial girişli əməliyyat gücləndiricilərindən istifadə etmək olar. Şəkil 10.3 – də məhdud temperatur diapazonunda qalıq gərginliyi demək olar ki tamamilə aradan qaldırmağa imkan verən dəyişkən R_k müqaviməti göstərilmişdir. Bunun üçün adətən Holl vericisi yarımkeçirici lövhənin müqavimətləri və elektrodlararası tutumların mövcud olması nəticəsində

meydana gələn Z_1 , Z_2 , Z_3 və Z_4 müqavimətlər kompleksindən ibarət ekvivalent körpü sxemi şəklində təqdim edilir. $B = 0$ olarsa, bu sxemin çıxışında qalığ gərginlik $E_{e.g} \neq 0$ təşkil edir. R_k müqavimətini yavaş – yavaş dəyişdirərək $E_{e.g} = 0$ əldə etmək olar. Lakin unutmamaq lazımdır deyil ki, temperaturun həddindən çox artması körpünü tarazlıqdan çıxara bilər. Bu zaman başqa kompensasiya sxemlərindən istifadə etmək lazımdır.

Holl vericisinin signalı (E_x) bir neçə millivoltndan (zəif maqnit sahələrinin ölçülməsində) bir neçə volta qədər dəyişir (güclü maqnit sahələrində). Zəif maqnit sahələrini ölçərkən Holl vericisindən tələb olunan əsas cəhətlər yüksək həssaslıq və səs gərginliyinin minimal səviyyədə olmasıdır. Belə ölçmələrdə vericiyə dəyişən cərəyan verilir və köməkçi ölçü çeviricisi olaraq verilən cərəyanın tezliyinə köklənmiş məhdudzolaqlı gücləndirici qoşulur.

Orta intensivlikli maqnit sahələrini ölçərkən sonradan modulyator – demodulyator sxemi ilə çevrilən sabit cərəyan və ya dəyişən cərəyan gücləndiricisi və demodulyator qoşulmaqla dəyişən cərəyan verilir. Güclü maqnit sahələrinin ölçülməsində sabit cərəyan gücləndiriciləri tətbiq edilir və ya Holl vericisindən gələn signal birbaşa maqnitoelektrik göstərici cihaza ötürülür. $B > 0.6$ Tesla olan maqnit sahələrində $U_y = F(B)$ bərabərliyi ilə ifadə olunan asılılığa xətti xarakter vermək üçün xüsusi üsullardan istifadə edilir.

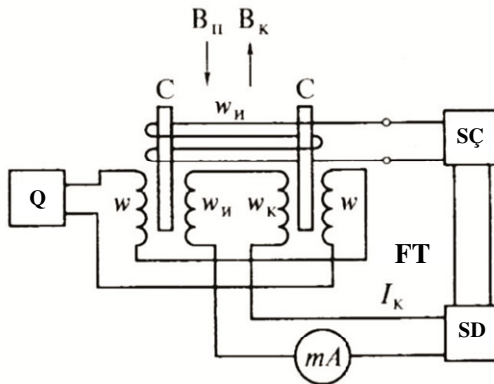
10.3 Maqnit induksiyasının ölçülməsi üsulları və vasitələri

Ferromodulyasiya teslametrləri. Ferromodulyasiya teslametrləri ilə zəif sabit sahələrin və ya aşağı tezlikli dəyişkən maqnit sahələrinin maqnit induksiyası (və ya maqnit sahəsinin gərginliyi) ölçülür. Bu cihazlar yüksək həssaslığa malik olub kifayət qədər dəqiq ölçmə nəticəsi

verir. Fasiləsiz ölçmə aparmağa imkan verdikləri üçün (məsələn, yerin maqnit sahəsinin ölçülməsi) həmin cihazlar çox geniş yayılmışdır.

Ferromodulyasiya teslametrlərində iş prinsipi eyni anda həm sabit, həm də dəyişkən maqnit sahəsi ilə (və ya müxtəlif tezlikli iki dəyişkən maqnit sahəsi ilə) təsir edildiyindən makaranın ferromaqnit oxunun maqnit vəziyyətinin dəyişməsinə və elektromaqnit induksiyası hadisəsinə əsaslanan ferromodulyasiya çeviricilərindən (ferrozondlardan) istifadə edilir.

Ferromodulyasiya çeviricələrinin müxtəlif növləri mövcuddur. Bunlardan ən geniş yayılanı diferensial ferromodulyasiya çeviriciləridir. Şəkil 10.4 – də ölçülən maqnit sahəsinin maqnit induksiyası (sahənin intensivliyi) kompensasiya edilməklə tarazlı bir şəkildə çevirmə aparən ferromodulyasiya teslametrinin sxemi verilmişdir.



Sək.10.4. Ölçülən maqnit sahəsinin maqnit induksiyası (sahənin intensivliyi) kompensasiya edilməklə tarazlı bir şəkildə çevirmə aparən ferromodulyasiya teslametrinin sxemi

Diferensial ferromodulyasiya çeviricisi qarşılıqlı olaraq qoşulmuş eyni həndəsi ölçülü və xassəli iki permalloy mildən (S), Q generatorundan qidalanan w həyəcanlanma sarğularından ibarətdir. Hər iki oxa w_w

indikator sarğıları dolanmışdır. Sabit sahənin mövcud olmadığı hallarda indikator sarğılarının sıxaclarındaki e.h.q sifıra bərabər olur, çünki w həyəcanlanma sarğılarının yaratdığı axınlar eynidir və bir – birinə doğru istiqamətlənmişdir. Əgər dəyişkən sahənin (həyəcanlanma sahəsinin) üstündən vektoru milin oxuna paralel olmaqla ölçüləsi sabit sahə (B_{ii}) yerləşdirilsə, B induksiyasının dəyişən tərkib hissəsinin əyrisi zaman oxuna nisbətən qeyri – simmetrik olur, yəni həmin əyrinin tərkibində tək harmonikalarla yanaşı, cüt harmonikalar da meydana gəlir və bu zaman qeyri – simmetrikliliyin dərəcəsi B_{ii} kəmiyyətinin qiymətindən asılı olur. Cüt harmonikaların indikator sarğısında yaratdığı e.h.q – nin, xüsusilə də ikinci harmonikanın e.h.q – sinin qiyməti ölçülən sabit maqnit sahəsinin intensivliyindən və ya maqnit induksiyasından asılıdır.

İkinci harmonikanın elektrik hərəkət qüvvəsi sabit maqnit sahəsinin maqnit induksiyasının (və ya intensivliyin) çeviricinin oxuna paralel olan tərkib hissəsinin xətti funksiyasıdır, yəni: $E_2 \approx kB_{ii} = k_1H_{ii}$ (burada k və k_1 -ferromodulyasiya çeviricisinin parametrlərindən, həyəcanlanma sahəsinin tezliyindən və intensivliyindən asılı olan çevirmə əmsalları B_{ii} - ölçülən maqnit induksiyası, H_{ii} - isə maqnit sahəsinin intensivliyidir).

İndikator sarğısının çıxışdakı siqnalı (cüt harmonikaların e.h.q. – si) ikinci harmonikanı gücləndirən selektiv çeviricinin (SÇ) girişinə, daha sonra isə Q generatoru tərəfindən sinxronlaşdırılan sinxron düzləndiriciyə (SD) daxil olur. Sinxron düzləndirici ikinci harmonikanın e.h.q – sini (E_2) elə onun özü ilə, yəni, ölçülən B_{ii} maqnit induksiyası (və ya H_{ii}) ilə düz mütənəsb olan I_k sabit cərəyanına çevirir. Həmin I_k sabit cərəyanı ferromodulyasiya çeviricisinə yerləşdirilən və B_k induksiyalı kompensasiya sahəsi yaradan əks əlaqə sarğısından (w_k) keçir. Belə tarazlaşdırıcı çevirmə

nəticəsində elə I_k cərəyan şiddəti yaradılır ki, kompensasiya sahəsinin B_k induksiyaının qiyməti ölçülən sahənin B_{ii} induksiyaının qiymətinə bərabər, istiqaməti isə B_{ii} induksiyaının istiqamətinin əksinə olur, yəni, ölçülən sahənin (B_{ii}) kompensasiya sahəsi ilə (B_k) avtomatik kompensasiyası baş verir. Əks əlaqə sargısına qoşulan milliampermetr ölçülən kəmiyyətin vahidləri ilə (tesla və ya amper / metr) bölməndirilir.

Bu cihazlarla 10^{-6} 1.0 millitesla diapazonunda ölçü aparıla bilər; ölçmə xətası 1.0 ... 5% təşkil edir. Son dövrlərdə daha dəqiq ölçmə nəticəsi verən və tez ölçən rəqəmsal ferromodulyasiya teslametrlərindən daha çox istifadə edilməkdədir.

Qalvanomaqnit hadisələrinə əsaslanan teslametrlər. Sabit, dəyişkən və impulsu sahələrin ölçülməsində ən çox bu teslametrlərdən istifadə edilir. Bu cihazların ölçmə diapazonu çox geniş olub (10^{-5} 10^2 tesla), işlədikləri tezlik diapazonu 0 ... 30 kHz təşkil edir. İnduksiyanın ölçülməsində xəta 0.2 ... 2.5% təşkil edir. Holl vericilərinə qoyulan maqnitölçənlər çox müxtəlif sxemlər üzrə hazırlanır. Analox və rəqəmsal qurğuların əsaslandığı prinsiplərə əsasən konfigurasiya edilə bilən bu cihazlar orta güclükdəki sahələrin ölçülməsində yüksək dəqiqliyi təmin edir. Zəif sahələrin ölçülməsində lazımi dəqiqliyi əldə etmək üçün isə xüsusi xəta islahetmə metodlarından istifadə edilir.

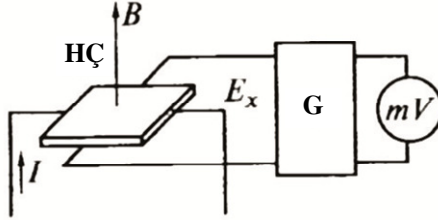
İkinci qrupa daxil olan maqnitölçənlərlə 1 ... 10 Tl diapazonuna daxil olan güclü maqnit sahələri ölçülür, çünki maqnitorezistorun çevirmə funksiyası məhz həmin diapazonda xətti xarakter alır.

Üçüncü qrupa daxil olan maqnitölçənlərlə kifayət qədər geniş tezlik diapazonunda (10^{10} hersə qədər) zəif dəyişkən maqnit sahələri (təxminən 10^{-5} Tl) ölçülür.

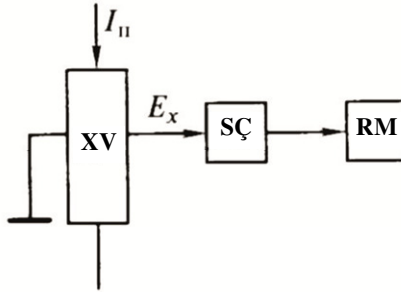
Teslametrlərin arasında ən geniş yayılanı tərkibinə Holl çeviricisi daxil olanlardır. Həmin cihazda maqnitölçən çevirici rolunu maqnit sahəsinin təsiri ilə e.h.q yaranan Holl

çeviricisi oynayır. Şəkil 10.5-də ən sadə elektron teslametrinin quruluş sxemi verilmişdir.

Holl çeviricisinin e.h.q. – si gücləndirildikdən sonra ($E_x = S_B B$) millivoltmetrlə ölçülür. Cərəyan şiddəti sabit olarsa, millivoltmetrin şkalası maqnit induksiyası vahidi ilə bölmələndirilə bilər.



Şək. 10.5 Tərkibində Holl çeviricisi olan elektron teslametrin sxemi:
HÇ - Holl çeviricisi; G – gücləndirici



Şək. 10.6 İnduksiya ölçən rəqəmsal cihazların sadələşdirilmiş sxemi

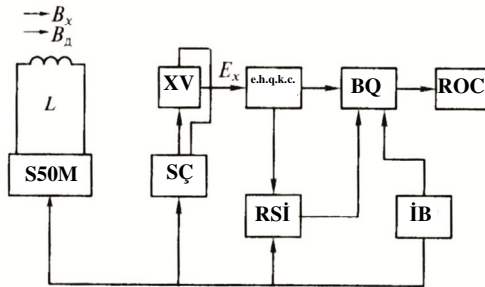
Tərkibində Holl çeviricisi olan teslametrlərin istifadəsi asandır. Onlar çox geniş diapazonda sabit, dəyişkən və impulsu maqnit sahələrinin induksiyasını ölçməyə imkan verir. \

Hazırda əsasən rəqəmsal teslametrlər istehsal edilir. Şəkil 10.6-da Holl vericisinin çıxış siqnalının birbaşa çevrilməsinə əsaslanan rəqəmsal induksiya ölçən cihazın sxemi verilmişdir. Dəyişən I cərəyanı Holl vericisinin E_x çıxış siqnalı selektiv SÇ gücləndiricisi vasitəsi ilə gücləndirildikdən sonra rəqəmsal RM millivoltampermetri

ilə ölçülür. Holl vericisi və sxemin digər elementləri zaman ərzində və temperatur dəyişdikdə stabilliyini itirdiyi üçün bu sxem elə də dəqiq ölçü nəticələri əldə etməyə imkan vermir.

Ölçünün dəqiqliyini artırmaq üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Bunlara misal olaraq Holl vericisindən çıxan siqnalın tarazlaşdırılmış qaydada çevrilməsini göstərmək olar. Həmin metod Holl vericisindən gələn gərginliyin (çıxış siqnalının) rəqəmsal analoq çeviricisinin yüksək stabilliyə malik gərginliyi ilə müqayisəsinə əsaslanır. Ölçmə vaxtını azaltmaq üçün rəqəmsal cihazlarda tətbiq olunan digər metodlardan da istifadə edilir (məsələn, impuls çevirməsi).

Maqnit induksiyasını ölçən, tərkibində Holl çeviricisi olan rəqəmsal ölçü cihazlarının xətalарının avtomatik islah edilməsi metodları arasında ən perspektivlisi analoq qurğuların (məsələn, sürətli ölçmələrdə Holl vericisi və gücləndiricilər) həssaslıqındakı dəyişiklikləri avtomatik islah edən sınaq siqnallarından istifadə olunmasıdır. Bu zaman Holl çeviricisinə ölçülən B_x maqnit sahəsindən başqa, kommutasiya edilən əlavə sabit B_0 maqnit sahəsi ilə təsir edilir. Həmin əlavə sahə rəqəmsal cihazın avtomatik olaraq kalibrlənməsini təmin edir. B_x induksiyasının müəyyənləşdirilməsi üçün istifadə olunan rəqəmsal cihazın sadələşdirilmiş sxemi Şək. 10.7-də verilmişdir.



Şək. 10.7. Xətanı avtomatik islah edən rəqəmsal teslametrin sadələşdirilmiş sxemi.

Ölçülən sahəyə (B_x) yerləşdirilən Holl vericisinə (XV) cərəyan mənbəyindən (SC) sabit cərəyan verilir. İdarəetmə bloku (İB) t_1 anında L induktivlik makarasını istiqaməti ölçülən B_x sahəsinin istiqaməti ilə eyni olan əlavə B_∂ maqnit sahəsi yaratmaq üçün stabil sabit cərəyan mənbəyinə (SSCM) qoşur. Holl vericisinin elektrodlarında $E_x = S_B (B_x + B_\partial)$ elektrik hərəkət qüvvəsi yaranır. Həmin e.h.q gərginlik – kod çeviricisi (E.H.Q.GKÇ) vasitəsi ilə rəqəmsal siqnala çevrilir. E_x qüvvəsinə mütənasib sayda olan, RSİ reversiv sayğacı ilə sayılan impulsların sayı $N_1 = S_B (I + \gamma_s) (B_x + B_\partial)$ təşkil edir (burada γ_s sxemin induksiyaya qarşı həssaslıq dərəcəsi ilə əlaqədar yaranan multiplikativ xətanı göstərir, $\gamma_s = \Delta S_B / S_B$). S_B həssaslığı vericiyə verilən cərəyanın qiymətlərindən, ətraf mühit temperaturundan, induksiyadan asılıdır.

t_2 anında idarəetmə bloku stabil sabit cərəyan mənbəyini (SSCM) söndürür və B_∂ əlavə maqnit sahəsinin B_∂ kəmiyyəti sıfıra bərabər olur. Eyni anda RSİ reversiv sayğacı oxuma rejiminə keçir. Bu zaman RSİ sayğacının girişinə daxil olan impulsların sayı $N_2 = S_B (I + \gamma_s) B_x$ təşkil edir. İmpulsların bu şəkildə müəyyən olunan sayı rəqəmsal statik kod kimi gərginlik – kod çeviricisi (E.H.Q.GMK) tərəfindən qeydə alınır.

Beləliklə, ($t_2 - t_1$) müddəti ərzində RSİ sayğacının registrində impulsların qeyd edilən miqdarı: $N_3 = N_1 - N_2 = S_B (I + \gamma_s) B_\partial$. BQ bölmə qurğusunun girişinə daxil olan N_2 və N_3 kodları elə olmalıdır ki, N_2 bölünən, N_3 kodu isə bölən ədəd olsun. Bölmənin nəticəsi BQ bölmə qurğusunun çıxış registrində rəqəmsal kod şəklində ($N_2 / N_3 = B_x / B_\partial$) qeydə alınır.

Bu ifadədən məlum olduğu kimi, N_2 / N_3 nisbəti kalibrlemədən sonra γ_s həssaslıq dərəcəsiindən asılı olmur. Rəqəmsal oxuyucu cihazda B_x kəmiyyətinin ölçülən qiymətini əldə etmək üçün B_∂ ölçülən kəmiyyətin vahid qiyməti kimi qəbul edilir və belə olan halda N_2 / N_3

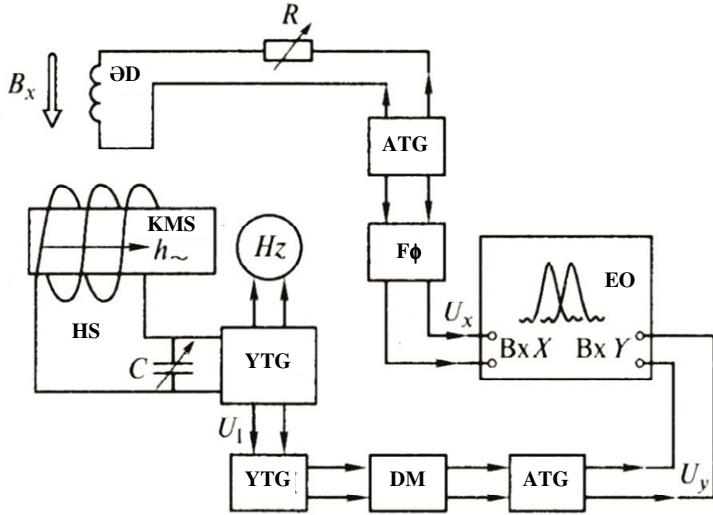
nisbətinə uyğun qeyd edilmiş kod ölçülən kəmiyyətin qiymətinə bərabər olur.

Kvant teslametrləri. Kvant teslametrləri induksiyanın ölçülməsində son dərəcə dəqiq nəticə vermələri (ölçmə xətası 0.005% - dən azdır) və ətalət dəyərinin demək olar ki, sıfıra yaxın olması (cihazın ölçməyə sərf etdiyi vaxt 0.1 ... 0.001 san) ilə fərqlənir. Bu cihazlar sabit və dəyişən maqnit sahələrinin induksiyaının 0.01 10 Tl diapazonuna daxil olan qiymətlərini ölçə bilir. Sabit sahələrdə bu diapazon zəif induksiyaaları da (10^{-6}) əhatə edəcək qədər genişlənir. Zəif maqnit sahələrini (məsələn yerin maqnit sahəsi) ölçmək üçün atomların lazer şüası ilə həyəcanlandırılmasına və ya nüvənin sərbəst presessiyasına əsaslanan cihazlardan istifadə olunur. Dəyişkən maqnit sahələri çox vaxt elektron və ya nüvə rezonansı hadisəsinə əsaslanan maqnitölçənlərlə ölçülür. Müasir maqnitölçənlər, onların ölçən hissəsinə xüsusi naqillə birləşdirilən fərdi vericilərlə təchiz edilir. Onların tərkibinə analoq və ya (əksər hallarda) rəqəmsal hesablama - oxuma qurğuları, eləcə də əldə edilən məlumatların EHM vasitəsi ilə emalı üçün xüsusi modulları olur.

Məcburi nüvə presessiyası hadisəsinə əsaslanan maqnitölçənlər zəif və orta güclü sabit maqnit sahələrinin ölçülməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur. Bu cihazın sadələşdirilmiş sxemi Şək. 10.8-də verilmişdir.

Tərkibində işçi maddə qoyulmuş ampula olan kvant maqnitölçən çevirici (KMC) ölçülən B_x sahəsinə elə yerləşdirilir ki, HS həyəcanlanma sarğısının oxu sahənin istiqamətinə perpendikulyar olsun. Yüksək tezlik generatoru (YTG) yüksək ω tezlikli h elektromaqnit sahəsi yaradır. HS həyəcanlanma sarğısının induktivliyi və S kondensatorunun tutumu möhkəmlik əmsalı yüksək tezlik generatorunun Q möhkəmlik əmsalına bərabər olan rəqs konturu formalaşdırır. Kondensatorun tutumunu tədricən

dəyişdirməklə $\omega = \omega_0$ əldə etmək və nüvə maqnit rezonansı hadisəsi yaratmaq olar.



Şək. 10.8 Məcburi nüvə presessiyası hadisəsinə əsaslanan kvant teslametinin (maqnitölçəninin) quruluş sxemi.

Rezonans zamanı nüvələrin maqnit momentinin presessiya bucağı nüvələrin həyəcanlanma sarğısından enerji udması nəticəsində xeyli arta bilər. Bu, möhkəmlik əmsalı Q – nün artmasına və nəticə etibarlı ilə generatorun çıxışındakı U_1 gərginliyinin azalmasına gətirib çıxarır. Bu hadisənin vizual olaraq müşahidə edilə bilməsi üçün (məsələn, EO elektron osilloqrafının ekranında) rezonans hadisəsi dövrü əsasda təkrarlanmalı, U_1 siqnalı fasiləsiz olmalıdır. Buna nail olmaq üçün əlavə olaraq aşağı f_m tezlikli, ölçülən sabit B_x sahəsini modulyasiya edən B_M sahəsi yaradılır. Modulyasiya sahəsi aşağı tezlik generatorundan cərəyan verilən əlavə dolağın (ΘD) köməyi ilə yaradılır. Modulyasiya sahəsinin intensivliyini R müqavimətini dəyişdirməklə dəyişdirmək mümkündür ki, bu da cihazın həssaslıq dərəcəsini nizamlamağa kömək edir.

Maqnitölçən çeviricidə hər üç sahənin təsirinə məruz qalan atomların presessiyasının tezliyi növbəti ifadə ilə müəyyən olunur: $\omega_{0t} = \gamma (B_x + B_M \sin \omega_M t)$ (burada γ - məlum giromaqnit nisbətidir).

$(\omega_0 - \omega_M) < \omega < (\omega_0 + \omega_M)$ olarsa, bir modulyasiya dövründə enerji udulması prosesi iki dəfə təkrarlanır.

Rezonans ayrılarını EO elektron osilloqrafının ekranında müşahidə edə bilmək üçün osilloqrafın Y və X girişlərinə daxil olan U_x və U_y siqnalı yaradılır. U_y siqnalı növbəti qaydada yaradılır: yüksək tezlikli, modulyasiya edilmiş rezonans gərginliyi U_I yüksək tezlik gücləndiricisi (YTG) vasitəsi ilə gücləndirildikdən sonra DM demodulyatoru və aşağı tezlik gücləndiricisinin (ATG) köməyi ilə nüvə rezonansı siqnalına (U_y) çevrilir (bax: Şək. 10.8-də elektron osilloqrafın ekranı).

U_x siqnalı rezonans siqnalını X oxu boyunca açan modulyasiya gərginliyidir. Faza dəyişdiricisinin (FD) köməyi ilə rezonansın vəziyyətini osilloqrafın ekranına dəqiq vermək olar: ekranda göstərilən iki impuls açılma əyrisinin mərkəzindən keçən oxa nəzərən simmetrik olmalıdır. Beləliklə, ω tezliyini dəyişdirməklə osilloqrafın ekranındakı təsvir əldə edilir. Təsvir əldə edilən anda yüksək tezlikli tezlikölçənlə yüksək tezlik generatorunun f tezliyi ölçülür. Maqnit sahəsinin ölçülən kəmiyyəti $B_x = 2\pi f / \gamma$ tənliyi əsasında yüksək dəqiqliklə hesablanır.

Quruluş baxımından mis lülənin içinə yerləşdirilmiş maqnitölçən çevirici, HS həyəcanlanma sargısı və əlavə dolaq (ƏD) yüksək tezlik kabelinə birləşdirilmiş vəziyyətdə maqnitölçənin zondunu (vericinin) təşkil edir. Bu sxemdən sənayedə istehsal olunan və müxtəlif γ giromaqnit əmsalları olan dörd fərqli nüvəli material ehtiva edən, 0.025 2.5 Tl ölçü diapazonuna malik E11-25 cihazının konstruksiyasında istifadə edilmişdir.

Nüvələrin sərbəst presessiyası hadisəsinə əsaslanan maqnitölçənlə zəif sabit sahələr ($\approx 10^{-4}$) ölçülür.

Rəsədxanalarda, aeromaqnit tədqiqatlarda və dənizlərdə aparılan maqnit kəşfiyyatı ölçmələrində Yerın geomaqnit sahəsinin skalyar və vektorial qiymətinin ölçülməsi vasitəsi kimi geniş istifadə olunur.

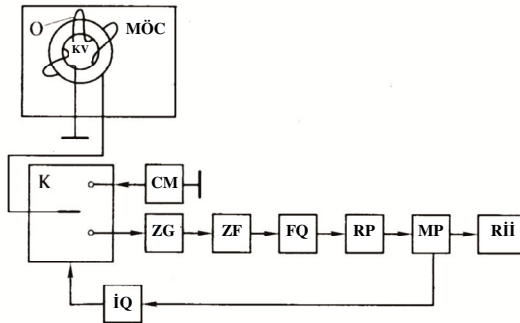
Sərbəst presessiya metodu aşağıdakı hadisəyə əsaslanır: yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, maqnitölçən çevirici mahiyyət etibarlı ilə atomlarının nüvəsi müəyyən maqnit momentinə malik olan müvafiq maye ilə (məsələn, hidrogen nüvəsindən istifadə edilirsə, distillə edilmiş su) doldurulmuş, üzərinə ölçü sarğısı (QM) dolanmış ampuladır. Ölçülən sahənin B_x induksiyasının istiqamətinə perpendikulyar güclü qütbləşdirmə sahəsi B_q yaradılsa (məsələn, xüsusi qütbləşdirmə sarğısı (QS) vasitəsi ilə), bir müddət sonra nüvələrin maqnit momentlərinin istiqaməti B_q sahəsinin istiqaməti ilə eyni olacaq. B_q qütbləşdirmə sahəsi qəflətən ləğv edilərsə, nüvələr, maqnit momentlərinin istiqaməti demək olar ki, dəyişmədən ölçülən B_x sahəsi ətrafında $\omega_x = \gamma B_x$ tezliyi ilə presessiya hərəkətinə başlayacaq, qəbuledici QM makarasında f_x tezlikli e.h.q yaranmasına səbəb olacaqdır.

Bu zaman işçi mayenin tərkibindəki ayrı – ayrı atomların nüvələrinin presessiya hərəkətinin ümumi istiqamətdən ayrılması nəticəsində baş verən, rəqsləri söndürən boşalma prosesləri (relaksasiya) presessiya hərəkətinin bucağı və amplitudunun, dolayısı ilə qəbuledici QM makarasındakı siqnalın da amplitudasını azaldır.

Beləliklə, bu tip maqnitölçənlərin hazırlanması zamanı iki vacib cəhət nəzərə alınmalıdır: qəbuledici QM makarasında yaranan siqnalların çox zəif olması (bir neçə mikrovolt) və f_x tezliyinin ölçülməsi üçün vaxtın, boşalma proseslərinin (relaksasiya) təsiri nəticəsində çox qısa olması (ampulaya qoyulan müxtəlif işçi maddələrdə boşalma prosesləri rəqsləri 1 ... 2 saniyəyə tamamilə söndürür (yəni presessiya hərəkətini tam dayandırır)).

Bu maqnitölçənlərin vericilərinə iki sarğı (QM və QS) deyil, həm qütbləşdirici, həm də ölçü sarğısı rolunu oynayan bir sarğı qoyula bilər. Sərbəst presessiya metodu ilə işləyən kvant teslametrləri arasında ən geniş yayılanlar bir makaralı teslametrlərdir (Şək. 10.9).

Bu maqnitölçən çevirici üzərinə bir ədəd həm qəbuledici sarğı (QM), həm də bəzi hallarda qütbləşdirici sarğı (QS) rolunu oynayan O sarğısı dolanmış toroiddən (baranka formalı halqadan) ibarətdir. Bu quruluş forması vericinin fəzada yerləşdirilmə istiqamətindən asılı olmayaraq presessiya siqnalı almağa imkan verir. Ampulaya doldurulan işçi maddə olaraq 2.1 və 1.2 saniyə relaksasiya vaxtı verən heptandan (C_7H_{16}) istifadə edilir (Heptanın relaksasiya vaxtı demək olar ki, temperaturdan asılı deyil).



Şək. 10.9. Yerın maqnit sahəsini ölçmək üçün istifadə edilən, sərbəst presessiya hadisəsinə əsaslanan kvant teslametrlərinin sxemi.

İdarəetmə qurğusu (İQ) cihazın işini idarə edən mikroprosessor (MP) bağlıdır. Rəqəmsal indikatora (Rii) induksiyanın ölçülən B_x qiyməti verilir. İdarəetmə qurğusu tərəfindən idarə edilən K kommutatoru ölçü sarğısını (O) cərəyan mənbəyinə (CM) qoşur və bunun nəticəsində qütbləşdirici B_q sahəsi yaranır. Relaksasiya vaxtıdan asılı olaraq müəyyən edilən vaxt intervalları proqram təminatı vasitəsi ilə mikroprosessor (MP) tərəfindən təyin olunur. Verilən müddət keçdikdən sonra kommutator ölçü sarğısını

(O) ölçü kanalına qoşur. Ölçmənin nəticəsi $B_x = 2\pi f_x / \gamma$ tənliyi əsasında hesablanaraq ölçü kanalının çıxışında yerləşən indikatore (Rİİ) göstərilir.

Ölçü sarğısının (ÖS) ölçü kanalına qoşulu olduğu müddət ərzində ondan gələn siqnal, məxsusi səs səviyyəsi zəif, gücləndirmə əmsalı isə böyük ($\approx 10^6$) olan geniş zolaqlı gücləndirici (ZG) vasitəsi ilə gücləndirilməlidir. Siqnal / səs nisbətini daha əlverişli hala gətirmək üçün sxemdə müəyyən tezlikli səsləri buraxan filtrlərdən (zolaq filtrləri, ZF) istifadə edilmişdir. Daha sonra siqnal, impuls yaradan qurğuya (bu qurğular fasiləsiz dəyişən gərginliyi saygaca gedən müəyyən formalı impulslara çevirir) verilir. İmpuls yaradan qurğunun funksiyası sxemdə ondan sonra gələn rəqəmsal dövrölçənin (giriş siqnalının tezliyini və dövrünü ölçən qurğu) lazımı şəkildə işləməsini təmin etməkdir. Ardıcıl oxuma metoduna əsaslanan dövrölçən (bax: 8-ci fəsil) uzunluğu tərkibinə daxil olan işçi maddənin nüvələrinin sərbəst presessiya siqnallarının f_x tezliyinə uyğun dövrlərin sayından asılı olan ölçü intervalı yaradır və həmin interval ərzində etalon generator tərəfindən yaradılan və qeydə alınan tezlik impulslarını maqnit induksiyasının qiymətinə (nTI) çevirir.

İfrat keçirici teslametrlər. Son vaxtlar maqnitölçənlərin hazırlanmasında Meysner və Cozefson effektləri ilə birləşdirildiyində unikal həssaslığa malik, yüksək dəqiqliyə malik sürətli cihazlar yaratmağa imkan verən ifrat keçiricilik hadisəsindən istifadə edilir.

Belə cihazlardan birinin iş prinsipinə yaxından nəzər salaq. Cihazın maqnitölçən çeviricisi ifrat keçirici materialdan olan, üzərinə sarğı dolanmış bütöv silindrdən ibarətdir. Ölçülən maqnit sahəsinə yerləşdirilən silindrin üzərində onu dövrü olaraq (1 MHz tezliklə) qızdıran qızdırıcı element olur. Həmin qızdırıcı, silindri onun hazırlandığı ifrat keçirici materiala aid böhran temperaturundan yuxarı temperatura qədər qızdırır və ya böhran temperaturundan

aşağı temperatura qədər soyudur. Belə dövrü soyutma – isitmə nəticəsində ölçülən maqnit selinin silindrdən dövrü olaraq sıxışdırılıb çıxarılmasına (Meysner effekti) və maqnit selinin onun sarğısına ilişmə tərzində dəyişiklik yaranmasına gətirib çıxarır. Nəticə etibarlı ilə sarğıda qızdırıcı elementə verilən cərəyanın tezliyi, makaranın sarğısının dolaqlarının sayı, silindrin en kəsiyi və ölçülən maqnit sahəsinin intensivliyi ilə düz mütənasib olan e.h.q yaranır (induksiyanın silindrin oxunun istiqaməti ilə üst – üstə düşən tərkib hissəsi ölçülür).

Cihaz çeviricidən, kriostatdan və e.h.q – ni ayırmağa, ölçməyə imkan verən elektron ölçü qurğusundan ibarətdir. İfrat keçirici teslametrlərin köməyi ilə insanın ürəyindəki və beynindəki bioelektrik cərəyanlarının yaratdığı maqnit sahələrinin parametrlərini ölçmək mümkün olmuşdur ($8 \cdot 10^7$ $8 \cdot 10^8$ A/metr).

Maqnitölçənlərin inkişafının əsas istiqamətləri bunlardır: müxtəlif fiziki hadisələrdən istifadə etməklə, maqnitölçənlərin hazırlanmasında yeni materialların və texnologiyaların tətbiqi vasitəsi ilə, eləcə də hesablama texnikasından və digər vasitələrdən istifadə etməklə ölçmə dəqiqliyinin, həssaslığın artırılması, funksional xarakteristikaların yaxşılaşdırılması.

10.4. Maqnit selinin ölçülməsi üsulları və vasitələri

Maqnit selinin ölçülməsində adətən elektromaqnit induksiyası hadisəsindən istifadə edilir. Maqnit selini ölçən cihazlar vebermetr və ya flyuksmetr adlandırılır. Bu cihazlar girişə maqnit induksiyası çeviricisi kimi istifadə olunan və verilən w_k sayda dolağı olan ölçü makarasının qoşulmasını tələb edən inteqrallayıcı cihazlardır.

Düstur (10.1)-də belə məlum olur ki, ölçü makarasının sarğısına sarğıda yaranan e.h.q –yə uyğun

maqnit seli ilişməsinə hesablaməq üçün aşığıdakı e.h.q – nin inteqrallamasını aparmaq lazımdır:

$$\Delta \Psi = w_k \Delta \Phi = - \int_0^{\infty} e dt = -R \int_0^{\infty} i dt, \quad (10.8)$$

burada R – ölçü makarasının dövrəsinin müqaviməti, i – isə ölçü makarasının dövrəsindəki cərəyan şiddətidir.

Beləliklə, vebermetr e.h.q impulsunu və ya cərəyan impulsunu inteqrallamaq üçün xüsusi qurğuya malik olmalı, və ya bu inteqrallamanı özü apara bilməlidir. Hazırda tətbiq edilən vebermetrlər üç qrupa bölünür: elektromexaniki (ballistik qalvanometrlər və maqnitoelektrik vebermetrlər) qurğular; fotoqalvanometrik vebermetrlər; elektron - analoq və rəqəmsal vebermetrlər.

Maqnitoelektrik ölçü mexanizmi vasitəsi ilə inteqrallama aparan ilk cihazlar ballistik qalvanometrlər (cərəyan inteqratorları) və maqnitoelektrik vebermetrlərdir (e.h.q inteqratorları).

Ballistik qalvanometr böyük ətalət momentinə malik, sərbəst rəqs dövrü $T_0 = 10$ saniyə olan maqnitoelektrik cihazlardır. Ətalət momentinin böyük olması və belə uzun rəqs dövrü sayəsində onun göstəricisinin birinci maksimal yayınması I_{max} elektrik yükünün miqdarı ilə düz mütənəsidir, yəni ballistik qalvanometr qısamüddətli cərəyan impulslarını inteqrallaya bilir (cərəyan impulsunun müddəti $\tau < 0.1 T_0$ – dan çox olmamalıdır). Maqnit selinin $\Delta \Phi_x$ qədər dəyişməsi zamanı ilişmə selinin dəyişməsi $\Delta \Psi = w_k \Delta F_x = R C_Q I_{max} = C_\Phi I_{max}$ təşkil edər (burada R – qalvanometr və ölçü makarasının müqavimətini, C_Q – qalvanometr ballistika əmsalını, C_Φ – ballistik qalvanometr maqnit seli əmsalındır ($C_F = R C_Q$)).

Ballistik qalvanometr maqnit kəmiyyətlərin ölçülməsində yüksək həssaslığı və dəqiqliyi təmin etsə də, onun şkalası bölmələndirilməmişdir və R müqavimətinin hər

qiyməti üçün C_F əmsalının ayrıca hesablanmasını tələb edir. C_F maqnit selinin qiyməti məlum olan nümunəvi qarşılıqlı induktivlik makarasından istifadə etməklə tapıla bilər. Müasir stasionar qalvanometrlərdə C_F əmsalı 10^{-6} ($5 \cdot 10^{-5}$) Vb·m/mm diapazonunda, portativ qalvanometrlərdə isə $5 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-3}$ Vb/bölmə diapazonunda dəyişir.

Maqnit selinin vahidi olan veberlə bölmələndirilmiş şkalası olan maqnitölçənlərə vebermetr deyilir. Hazırda ölçmələrdə istifadə edilən vebermetr növləri bunlardır: maqnitoelektrik, fotoqalvanometrik, elektron - analoq və rəqəmsal vebermetrlər.

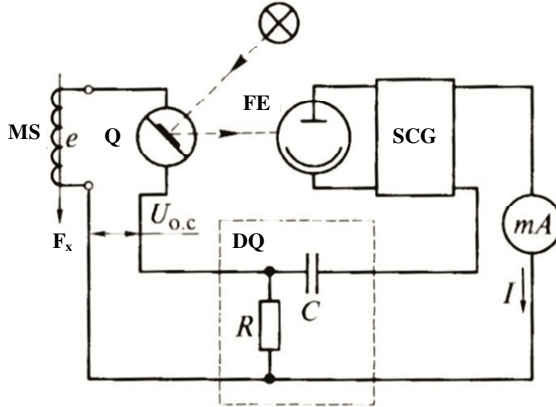
Maqnitoelektrik vebermetrdə əks – təsir momenti olmayan, lakin maqnit induksiyasını söndürmə əmsalı böyük olan maqnitoelektrik ölçü mexanizmindən istifadə olunur. Vebermetrin sıxaclarına onun dolaqlarına ilişən w_k ölçü makarası yaxınlaşdırıldığında vebermetrin mütəhərrik hissəsinin $\Delta\alpha$ dönmə bucağı maqnit selinin ΔF_x dəyişməsi ilə düz mütənasib olur: $\Delta l = \Delta\alpha L = w_k \Delta F_x / C_F$ (burada Δl - əqrəbin vebermetrin şkalası boyunca yerdəyişməsi, L - şkalanın uzunluğu, C_F - vebermetrin məxsusi əmsalındır). Vebermetrin şkalası maqnit seli vahidi ilə bölmələndirilə bilər.

Vebermetri ballistik qalvanometrdən üstün edən faydalı cəhətlərdən biri də onun göstərdiyi qiymətlərin ölçülən maqnit selinin sürətindən asılı olmamasıdır. Vebermetrdən maqnit selinin zaman ərzində dəyişmələrini qeydə almaq üçün istifadə etmək olar. Vebermetr sadə, işlədilməsi asan, çox geniş diapazonda göstəriciləri qoşulduğu dövrənin müqavimətindən və maqnit seli ilişməsinin dəyişmə vaxtından asılı olmayan bir cihazdır. Onunla aparılan ölçmələrin diapazonunun yuxarı həddi 500 10^4 mkVb təşkil edir.

Cihazın əsas zəif cəhətləri nisbətən zəif həssaslığa malik olması, o qədər də dəqiq ölçməməsi, əqrəbin sıfır

səviyyəsinə əllə (elektrik korrektor vasitəsi ilə) gətirilməsidir.

Bu çatışmamazlıqlar fotoqalvanometrik və elektron vebermetrlərdə demək olar ki, tamamilə aradan qaldırılmışdır.



Şək. 10.10. Fotoqalvanometrik vebermetr

Şəkil 10.10-da kompensasiya çevrilməsi prinsipi ilə işləyən, statik xarakteristikalı fotoqalvanometrik vebermetrin sadələşdirilmiş quruluş sxemi verilmişdir. Fotoqalvanometrik vebermetr RC dövrəsi vasitəsi ilə gerçəkləşən mənfi əks - əlaqəli fotoqalvanometrik gücləndiricidir. Ölçü makarasına (ÖM) ilişən maqnit selində dəyişiklik baş verdikdə onun sıxaclarında e.h.q. yaranır :

$$e = -w_k \frac{dF_x}{dt} .$$

Elektrik hərəkət qüvvəsinin təsiri altında maqnitoelektrik qalvanometrin dövrəsindən (Q) cərəyan axır və bu zaman qalvanometrin mütəhərrik hissəsi dönür. Bu dönmə FE fotoelementinin üzərinə düşən işıq selini və nəticə etibarlı ilə işığın yaratdığı elektrik cərəyanını

dəyişdirir. İşığın yaratdığı elektrik cərəyanı sabit cərəyan gücləndiricisi (SCG) tərəfindən gücləndirilir.

Gücləndiricinin çıxışındakı I çıxış cərəyanını diferensiallaşdırıcı qovşağın (DQ) köməyi ilə əks əlaqə gərginliyinə çevirir: $U_{a,a} = k \frac{dl}{dt}$. Bu gərginlik ölçü

makarasının dövrəsinə keçir. Qalvanometrin mütəhərrik hissəsi $U_{a,a}$ elektrik hərəkət qüvvəsini tarazlaşdırana qədər,

yəni $k \frac{dl}{dt} = w_k \frac{dF_x}{dt}$ olana qədər dönməyə davam edir.

Ölçü əsnasında e elektrik hərəkət qüvvəsi zaman ərzində inteqrallanır ki, bu da milliampermetrin dövrəsindəki cərəyan şiddətinin növbəti asılılığa uyğun olaraq dəyişməsinə səbəb olur: $\Delta I = w_k dF_x / k$ (burada w_k - ölçü makarasındakı dolaqların sayını, $d\Phi_x$ - ölçülən maqnit selindəki dəyişməni göstərən əmsal; k - əks əlaqə dövrəsinə xas olan əmsaldır göstərir). Beləliklə, cərəyan şiddətinin qiymətinə əsasən F_x seli haqqında fikir yürütmək olar. Milliampermetrin şkalası maqnit selinin vahidi ilə bölmələndirilir.

Fotoqalvanometrik vebermetr yüksək həssaslığa malik olduğu üçün onunla çox zəif maqnit sellərini (2 ... 500 mкVb) ölçmək mümkündür. Mənfi əks əlaqənin təsiri nəticəsində cihazın girişində elektrik müqaviməti güclənir ki, bu da yüksək müqavimətli (100 Om və daha çox) ölçü makaralarının tətbiqinə imkan verir.

Hazırda elektron - analoq və rəqəmsal vebermetrlərdən də istifadə edilir. Elektron – analoq vebermetrlərdə inteqrallayıcı qovşaq inteqrallayıcı gücləndirici şəklində hazırlanır. Bu tip vebermetrlərin hazırlanmasında rast gəlinən çətinlik onların inteqrallayıcı gücləndiricilərinin normal işləməsi üçün çox kiçik e.h.q – lərin (təxminən 10 ... 100 mкV) gücləndirilməsi tələb

olunur. Bu məqsədlə çox vaxt xüsusi maqnit modulyasiyası gücləndiricilərindən istifadə edilir. Elektron vebermetrlər kifayət qədər yüksək həssaslığa malik (ölçmə diapazonu: 25 ... 2 500 mKvB) ölçmələrdə yuxarıda sadalanan cihazlara nisbətən daha kiçik xəta verir (təxminən 1%). Maqnit selinin ölçülməsində daha dəqiq nəticə (ölçmə xətası: 0.05 %) əldə etmək üçün ölçü makarasının çıxış signalının analoq – rəqəmsal çevirici vasitəsi ilə impuls tezliyinə çevirən və ölçmə nəticələrini rəqəmsal cədvəldə göstərən rəqəmsal vebermetrlərdən istifadə edilə bilər.

Bəzən rəqəmsal vebermetrlərdə maqnit seli ölçü makarasından gələn cərəyanla dolan inteqrallayıcı kondensatorun boşalma vaxtını ölçməklə müəyyənləşdirilir. Hazırda istehsalat prosesinə nəzarət etmək üçün rəqəmsal sayğacı olan və ballistik qalvanometrləri tamamilə əvəz edə biləcək kompleks portativ Fk – 4 flyuksmetrləri tətbiq edilir. Sıfır səviyyəsinin avtomatik təyin olunduğu və 10^{-8} Vb həssaslığa malik F5050 mikrovebermetrləri daha dəqiq ölçmə xarakteristikalarına malikdir.

Fəsil11

QEYRI-ELEKTRİK KƏMIYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLMƏSİ

11.1. Ümumi məlumatlar

Ölçmə obyektini anlayışı bir və ya bir neçə ölçüləbilən fiziki kəmiyyətlə xarakterizə olunan fiziki sistemləri, prosesləri və hadisələri əhatə edir. Bir qayda olaraq, belə kəmiyyətlər mahiyyət etibarı ilə qeyri – elektrik kəmiyyətlər olur. Qeyri - elektrik kəmiyyətlərin bu qədər geniş yayılması, çeşidlərinin çox olması bu kəmiyyətləri ölçmək üçün çox sayda ilkin ölçmə çeviricilərinin və vericilərin yaranmasına səbəb olmuşdur. Elmi – texniki tərəqqi davam etdikcə daha mükəmməl metroloji xarakteristikalara malik yeni çeviricilərin işlənilib hazırlanmasına olan tələbat da artır.

Qeyri – elektrik kəmiyyətlərin ölçülməsində elektrik ölçü alətlərinin tətbiqi praktikasını həmin alətlərin bu sahədə effektivliyini sübut etmişdir. Elektrik ölçü alətləri aşağıdakıları təmin edir:

- Tədqiq edilən kəmiyyətlərin uzaqdan ölçülməsi. Vericilər (məsələn, nüvə reaktorunun soyuducu konturunda yerləşdirilən temperatur verici) onun siqnallarını qəbul edən ölçmə vasitəsindən uzaqda yerləşdirilir.
- Elektron gücləndiricilərin köməyi ilə çox zəif siqnalların ölçülməsi.
- Ölçü informasiyasını verən siqnalın müxtəlif alqoritmlərlə emalı sayəsində (məsələn, parazit siqnalların istisna edilməsi, əlavə xətlərin kompensasiyası məqsədi ilə düzəlişlərin edilməsi) ölçmə nəticələrinin metroloji baxımdan etibarlılığının artırılması.

- Çox geniş tezlik diapazonu daxilində dəyişən fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi (məsələn, qapalı məkanda yavaş dəyişən temperaturun ölçülməsi və ya titrəmə stendi üzərinə qoyulmuş obyektin təcilinin ölçülməsi) .
- Daha effektiv avtomatik idarəetmə. Ölçmə sistemləri və avtomatik idarəetmə sistemlərinin vahid standartlar əsasında hazırlanmış ölçmə vasitələri ilə komplektləşdirilməsi.

Qeyri – elektrik kəmiyyətlərini ölçən çevirici öz girişindəki ölçülən qeyri – elektrik kəmiyyət ilə çıxışdakı elektrik kəmiyyəti arasındakı asılılığın xarakterini müəyyən edir. Bu asılılıq *çevirmə funksiyası* və ya *çevirmənin statik xarakteristikası* adlandırılır. Burada söhbət çıxış signalının informativ parametri ilə giriş signalının sabit informativ parametri arasındakı əlaqənin xarakterindən gedir.

Çeviricilərin dinamik xassələrini təsvir etmək üçün statik xarakteristikalarla yanaşı, onun dinamik xarakteristikalarından istifadə edilir. Məsələn, *çevirmənin sürəti* – vahid zaman ərzində normativ dəqiqliklə aparılan ölçmələrin sayı; *çevirmə vaxtı* – çevirmənin başlanğıcından normativ dəqiqliklə nəticənin alınmasına qədər keçən vaxt.

Ölçmə çeviricilərinin digər vacib metroloji xarakteristikaları həssaslıq, əsas və əlavə xəta (təsir funksiyası), çıxışdakı tam müqavimət və s. cəhətlərdir.

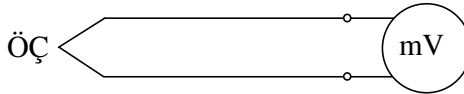
Çeviricilərin qeyri – metroloji xarakteristikalarına onların qabarit ölçüləri, çəkisi, montajının və texniki xidmətin asanlıığı, partlayış təhlükəsizliyi, eləcə də mexaniki, istilik, elektrik və digər xarakterli yüklənmələrə qarşı dayanıqlılığı və s. daxildir.

Şəkil 11.1-də ölçmə çeviricisi olaraq ÖÇ termocütündən istifadə edilən elektrik ölçü cihazı göstərilmişdir. Termocütün ölçülən temperaturla funksional əlaqəsi olan elektrik hərəkət qüvvəsi millivoltmetrin (*mV*)

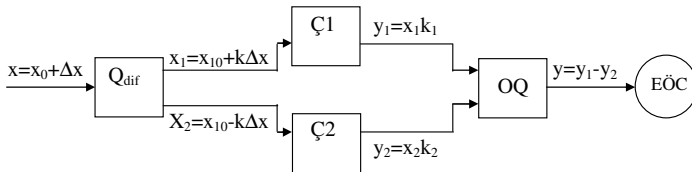
köməyi ilə ölçülür. Millivoltmetrin şkalası dərəcələrə bölmələndirilmişdir.

Adətən birinci ölçmə çeviricisinin çıxışında verilən ölçü informasiyası siqnalı istifadəçiyə siqnalın səviyyəsini, spektrini və növünü dəyişdirən bir neçə ara ölçmə çeviricilərindən keçməklə çatdırılır.

Bilavasitə çevirmə aparılan cihazlarda ümumi xəta xeyli artır, çünki çeviricilərin ardıcıl qoşulması zamanı ümumi xəta çeviricilərin xətalərinin cəminə bərabər olur. Xətanın azaldılması üçün diferensial çeviricilərdən və ya çeviricilərin diferensial qoşulmasını nəzərdə tutan sxemlərdən istifadə edilir ki, bu da additiv xətanı, çevirmə funksiyasının qeyri-xəttiliyini azaltmaqla yanaşı, həssaslığı artırmağa, parazit siqnallardan daha yaxşı müdafiəyə imkan verir.



Şək. 11.1. Temperaturun ölçülməsində istifadə olunan elektron ölçü cihazı.



Şək. 11.2. Tərkibində diferensial ölçmə çeviricisi olan elektron ölçü cihazının quruluş sxemi

Şəkil 11.2-də tərkibində diferensial ölçmə çeviricisi (DÖÇ) olan elektron ölçü cihazının (EÖC) quruluş sxemi verilmişdir. Sxemdə iki çevirmə kanalı (Ç1 və Ç2), eləcə də bir girişi, iki çıxışı olan diferensial qovşaq Q_{dif} göstərilir. Girişdəki x kəmiyyətinin qiymətindəki dəyişmə diferensial qovşağın çıxışlarında müəyyən ilkin qiymət olan x_{10} - a nəzərən həm müsbət, həm də mənfi işarəsilə xarakterizə olunan artıma məruz qalmış siqnallar peyda olur.

Kanallardakı çıxış siqnallarının qiyməti oxuyucu qurğu (OQ) tərəfindən oxunduqdan sonra y çıxış siqnalına çevrilir:

$$y = y_1 - y_2 = k_1 x_1 - k_2 x_2 = k(x_{10} + k\Delta x) - k_2(x_{10} - k\Delta x) = (k_1 - k_2)x_{10} + k(k_1 + k_2)\Delta x$$

Kanallar eyni olarsa, yəni $k_1 = k_2 = k_{dif}$ olarsa, $y = 2k_{dif}\Delta x$ təşkil edir.

Diferensial ölçmə çeviricisinin kanalları eyni olduğundan additiv Δx_a xətası ölçünün nəticəsinə təsir etmir, çünki:

$$y = y_1 - y_2 = k_{dif}(x_{10} + k\Delta x + \Delta x_a) - k_{dif}(x_{10} - k\Delta x + \Delta x_a) = 2k_{dif}\Delta x$$

Bir – birinin eynisi olan kanalların çevirmə funksiyalarının qeyri – xətti olduğu üçün bəzi hallarda diferensial ölçmə çeviricisinin çevirməsi xətti xarakter daşıya bilər.

Məsələn, $y_1 = k_{dif}(x_{10} + k\Delta x)^2$ və $y_2 = k_{dif}(x_{10} - k\Delta x)^2$ olarsa $y = y_1 - y_2 = 4kk_{dif}x_{10}\Delta x$

Təəssüf ki, çevirmə kanallarının arasında bəzi fərqlər nəticəsində additiv xətalara və kanalların çevirmə funksiyasındakı qeyri – xəttiliyin tam kompensasiyasına nail olmaq mümkün olmur.

Qeyri - elektrik kəmiyyətlərini ölçən elektrik ölçü cihazlarının metroloji xarakteristikalarının yaxşılaşdırılmasının bir başqa üsulu da mənfi əks əlaqəyə əsaslanan kompensasiya çevirməsi metodudur. Bu metod additiv və multiplikativ xətalara azaltmağa, statik və dinamik xarakteristikaları yaxşılaşdırmağa və çıxış siqnalını gücləndirməyə imkan verir.

11.2. Ölçmə çeviriciləri

Kitabın əvvəlki səhifələrində həm qoyulduğu yerə, həm də qoşulduğu ölçmə dövrəsinə görə təsnif edilən birinci (ilkin) və aralıq çeviricilərinin tərfi verilmişdir. Ölçmə çeviriciləri arasında vericidən və uyğunlaşdırma

(adaptasiya) sxemindən ibarət olan standartlaşdırılmış çeviricilər özünəməxsus yer tutur.

Standartlaşdırılmış çeviricilərdə ölçülən fiziki kəmiyyət enerji mənbəyinin köməyi ilə normativ çıxış kəmiyyətinə çevrilir. Çıxışdakı normativ cərəyan, bir qayda olaraq, $0 \dots \pm 1 \text{mA}$, $0 \dots \pm 5 \text{mA}$ və ya $0 \dots 20 \text{mA}$ diapazonuna daxil olur. Belə standartlaşdırılmış çeviricinin çıxışına qoşulan ölçü cihazlarının daxili müqaviməti 1 kiloOmu keçməməlidir. Çeviricinin çıxışındakı siqnalların normativ gərginliyi $0 \dots \pm 1 \text{V}$ və ya $0 \dots \pm 10 \text{V}$ diapazonunda yerləşir və bu zaman çıxışa qoşulan ölçü cihazının daxili müqaviməti 1 kiloOmdan az olmamalıdır.

Girişdəki kəmiyyətin necə çevrilməsindən asılı olaraq, çeviricilər növbəti qaydada təsnif edilir: xətti çevirmə funksiyası ilə xarakterizə olunan xətti çeviricilər və statik xarakteristikası qeyri – xətti olan qeyri – xətti çeviricilər.

Çeviricinin çıxışına verilən siqnalın növündən asılı olaraq çeviricilər parametrik və generator tipli çeviricilər olaraq qruplaşdırılır. Parametrik çeviricilərin çıxış siqnalları elektrik dövrəsi parametrləridir (R , L , C , M). Buradan belə məlum olur ki, parametrik çeviricilərin tətbiqi zamanı çıxış siqnalının yaradılması üçün əlavə elektrik enerjisi mənbəyi tələb olunur.

Generator tipli çeviricilərin çıxış siqnalları e.h.q, gərginlik, cərəyan və elektrik yüküdür. Məsələn əvvəlki səhifələrdə qeyd edilən termocüt generator tipli çeviricilərin bir nümayəndəsidir.

Generator tipli ölçmə çeviricilərinə termoelektrik, pyezoelektrik, induksiya vericiləri və bəzi elektrokimyəvi vericilər aiddir. Bütün qalan çeviricilər parametrik çeviricilərdir.

İş prinsipinə görə vericilər aşağıdakı kimi qruplaşdırılır:

- Rezistiv vericilər (müqavimət ölçü cihazları) – ölçülən kəmiyyət ölçü cihazının müqavimətində baş verən dəyişikliyə çevrilir.
- Tutum vericiləri - ölçülən kəmiyyət elektrik tutumunda baş verən dəyişikliyə çevrilir.
- İnduktiv vericilər - ölçülən kəmiyyət induktivlikdə baş verən dəyişikliyə çevrilir.
- Qalvanomaqnit vericilər – Holl effektinə əsaslanır. Təsiredici maqnit sahəsi $e.h.q$ –yə çevrilir.
- Pyezoelektrik vericilər – dinamik qüvvə elektrik yükünə çevrilir .
- Optoelektron vericilər - optik siqnallar elektrik siqnallarına çevrilir.

11.2.1. Parametrik ölçmə çeviriciləri

Bu qrupa aid çeviricilərlə, ən çox istifadə olunan rezistiv ölçmə çeviricilərinin timsalında daha yaxından tanış olaq.

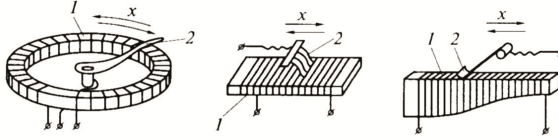
Reostatlı çeviricilər. Bu ölçmə çeviricilərinin iş prinsipi naqilin aktiv müqavimətinin yerdəyişmə kimi giriş kəmiyyətinin (ölçülən kəmiyyətin) təsiri altında dəyişməsinə əsaslanır. Çevirici fırçası (mütəhərrik kontaktı) ölçülən kəmiyyətin təsiri altında yerini dəyişən reostatdan ibarətdir. Buradan belə nəticə çıxır ki, reostatlı çeviricilərdən reostatın mütəhərrik kontaktı ilə mexaniki olaraq əlaqələndirilə bilən kəmiyyətlərin ölçülməsində istifadə edilə bilər.

Şəkil 11.3-də reostat çeviricilərin tipik konstruksiyalarının sxemi verilmişdir. Çevirici elementlər gövdəyə dolanan sarğı (1) və süngərdir (2).

Çeviricinin qabarit ölçüləri ölçülən yerdəyişmənin qiymətindən, sarğının elektrik müqavimətindən və sarğıda ayrılan gücdən asılıdır. Çevirmənin qeyri – xətti

funksiyasına nail olmaq üçün müxtəlif profilli gövdələrdən istifadə olunur

Reostat çeviricilərin statik xarakteristikası pilləli (diskret) xarakter daşıyır. Mütəhərrik hissə hərəkət edərkən müqavimət fasiləsiz deyil, sıçrayışlarla (diskret olaraq) dəyişir və hər dəyişikliyin qiyməti bir dolağın ΔR müqavimətinə bərabərdir. Bu, bütün sarğının müqavimətinə gətirilmiş maksimal qiyməti $\gamma = \pm \Delta R / R$ olan xəta yaradır. Çevirmə mütənasib qaydada (xətti funksiya üzrə) baş verərsə, həmin xətanın qiyməti $\gamma = \pm 1/n$ kimi müəyyən edilir (burada n sarğıdakı dolaqların sayıdır: $n = 100 \dots 200$). Belə xəta mütəhərrik kontaktın dolaq naqilinin oxu istiqamətində hərəkət etdiyi reoxordlu çeviricilərdə olmur.



Şək. 11.3. Reostat çeviricilərin tipik konstruksiyaları (a – c);
1 – sarğı; 2 – süngər

Reostat çeviricilərin üstün cəhətləri bunlardır: yüksək dəqiqlik, çıxışda kifayət qədər güclü siqnal alınması və nisbətən sadə quruluşda olması. Qeyd etmək lazımdır ki, səs diapazonuna aid tezliklərə qədər reostat çeviricilərin müqavimətini nəzərə almamaq olar. Bu çeviricilərin zəif cəhətləri kontaktların sürüşməsi, ölçmədə düzgün nəticə almaq üçün mütəhərrik hissənin nisbətən çox yer dəyişməsi, bəzi hallarda mütəhərrik hissənin hərəkət etməsi üçün xeyli güc sərf edilməsidir. Ətraf mühitin temperaturunda dəyişiklik baş verdikdə sarğının xüsusi müqaviməti dəyişir və nəticə etibarlı ilə ölçmələrdə temperaturla əlaqədar da xəta meydana gəlir. Lakin cihazı dövrəyə potensiometrik sxem üzrə qoşaraq bu xətanı kompensasiya etmək mümkündür.

Reostat çeviricilərin istifadəsinə dair nümunələr: benzin çəmində benzinin səviyyəsini göstərən reostatlı səviyyəölçən (mütəhərrik hissənin çənə bərkidilməsilə əlaqəlidir); titrəyişlərin təcilini və titrəyiş nəticəsində yaranan yerdəyişmələri ölçən yaylı akselerometr.

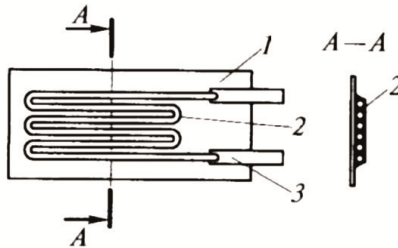
Tenzohəssas çeviricilər (tenzorezistorlar).

Tenzorezistorların iş prinsipi naqilin (yarımkeçiricinin) aktiv müqavimətinin naqildə yaradılan mexaniki gərginlik və deformasiya nəticəsində dəyişməsinə (tenzoeffektə) əsaslanır.

R müqavimətinin mexaniki təsir nəticəsində dəyişməsi onun l uzunluğunun Δl qədər dəyişməsi, eləcə də eninə kəsiyinin (Q) və xüsusi müqavimətinin (ρ) dəyişməsi ilə izah olunur, çünki $R = \rho l / Q$.

Materiallardakı tenzoeffekt hadisəsi $S = \varepsilon_R / \varepsilon_l$ bərabərliyi ilə ifadə edilən tenzohəssaslıq əmsalı S ilə xarakterizə olunur (ε_R - naqilin müqavimətindəki nisbi dəyişmə: $\varepsilon_R = \Delta R / R$; ε_l - naqilin nisbi deformasiyası: $\varepsilon_l = \Delta l / l$).

Şəkil 11.4 – də ziqzaq formasında bükülərək l altlığına yapışdırılmış nazik 2 məftildən ibarət tenzohəssas çeviricinin sxemi verilmişdir. Çevirici dövrəyə lehimlənmiş və ya qaynaq edilmiş 3 çıxışı vasitəsi ilə qoşulur. Verici deformasiyası ölçülən obyektin üzərinə elə yerləşdirilir ki, gözlənilən deformasiyanın istiqaməti çeviricinin uzununa oxu ilə üst – üstə düşsün.



Şək. 11.4. Məftilli tenzohəssas çevirici.
1 – altlıq; 2 – məftil; 3 – çıxışlar.

Çeviricidə istifadə olunan məftil aşağıdakı materiallardan ola bilər: nixrom, manqan, nikel, xromel, bismut, titan-alüminium xəlitəsi və müxtəlif yarımkeçirici materiallar. Bu materiallara olan əsas tələb elektrik müqavimətinin temperatur əmsalının kiçik olmasıdır, çünki, bir qayda olaraq, obyektlərdəki deformasiyanı ölçərkən çeviricilərin müqavimətində baş verən dəyişikliklər temperaturun dəyişməsi nəticəsində baş verən dəyişikliklərlə müqayisə ediləcək qədər böyük olur.

Çeviricinin qabarit ölçüləri onun təyinatından asılıdır. Əksər hallarda uzununa oxunun uzunluğu 5 ... 50 mm, müqaviməti 30 500 Om olan çeviricilərdən istifadə olunur.

Məftilin yapışdırıldığı altlıq nazik (0.03 ... 0.05 mm) kağız, lak təbəqəsindən, yüksək temperaturalarda işləyən çeviricilərdə isə yangınadavamlı xüsusi sement təbəqəsindən olur.

Həssas elementin folqadan hazırlandığı folqalı çeviricilərdən və tenzohəssas materialın sublimasiya edildikdən sonra altlığın üzərinə çökdürülməsi nəticəsində yaradılan tordan ibarət olduğu plyonka tipli tenzorezistorlardan da istifadə edilir.

Naqillilərlə yanaşı, yarımkeçiricili tenzovericilər də mövcuddur. n və p tipli keçiriciliyə malik yarımkeçirici material zolaqlarından hazırlanan bu çeviricilərin tenzohəssaslıq əmsalı S bir neçə yüzə çatsa da, onu ölçülən kəmiyyətin qiymətlərinin ancaq çox dar diapazonunda sabit tutmaq olur (yəni çevirmə ancaq həmin diapazonda xətti funksiya ilə xarakterizə olunur). Bundan başqa, yarımkeçiricili tenzovericilərin xarakteristikalarını (ölçmə nəticələrini) vizual hala gətirmək çətin olur. Hazırda istilik kompensasiyası (termokompensasiya) elementləri körpü və ya yarımkörpü yaradan inteqral sxemli yarımkeçiricili rezistorlar istehsal olunur.

Metal çeviricilərdə tenzohəssaslıq əmsalı əsasən vericinin həndəsi ölçülərinin dəyişməsi, yarımkeçiricilərdə isə pyezomüqavimət effektindən asılıdır. Yarımkeçiricili tenzovericilərin üstün cəhətləri deformasiyaya daha çox həssas olmaları, zəif cəhətləri isə temperaturda baş verən dəyişikliklərin ölçmə nəticəsinə çox təsir etməsidir.

Tenzovericilərin konstruksiyasının özünəməxsusluğu ondan ibarətdir ki, obyektə yerləşdirildikdən (yapışdırıldıqdan) sonra onun yerini dəyişdirmənin və ya ondan təkrar istifadənin mümkün olmamasıdır. Buna görə də çevirmənin xarakteristikalarını müəyyənləşdirmək üçün bir neçə təsadüfi verici nümunəsi bölmələndirilir və bölmələndirmənin nəticələri nümunə götürülən partiyaya daxil olan bütün vericilərə şamil edilir. Birbaşa işçi çeviricinin bölmələndirilməsinin mümkün olmaması və həm işçi, həm də bölmələndirilən materialın yapışdırılmasında keyfiyyət fərqi olmasının olması çeviricilərin arasında fərqlər yaradır və bunun nəticəsində ciddi ölçmə xətalrı meydana gəlir (3 5%).

Tenzoçeviricilərin üstün cəhətləri çevirmənin statik xarakteristikasının xətti olması, sadə quruluşa malik olması, qabarit ölçülərinin və çəkirlərinin az olmasıdır. Bu çeviricilərin zəif cəhətləri həssaslıqlarının zəif olması, çıxış siqnalının temperaturdan çox asılı olması, eləcə də naqilin incə olması nəticəsində yüklənmə tutumunun az olması, çeviricinin çox tez qızması nəticəsində vericiyə verilən cərəyanın qiymətinə məhdudiyətlər qoyulmasıdır.

Temperaturun təsirini temperatur kompensasiyası sxemlərini (məsələn, çeviricinin dövrəyə diferensial sxem üzrə qoşulması) tətbiq etməklə xeyli azaltmaq mümkündür. Körpünün ölçü qolunun qoşuluğundakı qola eyni materiala yapışdırılmış, eyni temperatur şəraitinə yerləşdirilmiş eyni növlü çevirici qoşulur. Tədqiq edilən obyektə eyni qiymətli, lakin əks işarətli deformasiyaya (sıxılma və genişlənmə) uğrayan iki çeviricini yerləşdirmək mümkün olsa, onların

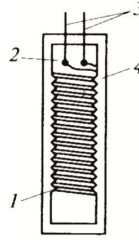
bir – birinə qonşu qollara qoşulması həm həssaslığın artmasına həm də temperatur xətasının kompensasiyasına nail olmaq mümkündür.

Tenzovericilər üçün ölçü dövrəsi olaraq müvazinətli və müvazinətsiz körpü sxemləri tətbiq edilir. Tenzohəssas çeviricilərlə işləyən cihazlar mexaniki deformasiyaları, təzyiqi, fırlanma momenti yaradan qüvvələri ölçməyə imkan verir.

İstiliyə həssas çeviricilər (termorezistorlar). Bu çeviricilərin iş prinsipi naqillərin və yarımkeçiricilərin elektrik müqavimətinin temperaturdan asılı olmasına əsaslanır.

Ölçmə zamanı çevirici ilə mühit arasında istilik mübadiləsi baş verir. İstilik mübadiləsi bir neçə şəkildə baş verə bilər: konveksiya, mühitin istilik keçiriciliyi vasitəsi ilə, çeviricinin istilik keçiriciliyi və şüalanma. İstilik mübadiləsinin sürəti və termorezistorun temperaturu bir çox amildən asılıdır: çeviricinin quruluşu, forması və həndəsi ölçüləri; rezistoru əhatə edən mühitin (qaz və ya maye mühit) tərkibi, sıxlığı, istilik keçiriciliyi və digər xassələri, eləcə də mühitin temperaturu və yerdəyişmə sürəti.

Buradan aydın olur ki, vericinin müqaviməti temperaturdan asılı olduğuna görə termorezistorla qaz ya da maye mühiti xarakterizə edən qeyri – elektrik kəmiyyətlərini də ölçmək olar. İstiliyə həssas çeviricilərin hazırlanması zamanı ona elə quruluş verməyə çalışırlar ki, ancaq ölçəcəyi qeyri – elektrik kəmiyyətinə qarşı həssas olsun, yəni vericinin və mühitin istilik mübadiləsi məhz həmin ölçülən parametrdə əsasında müəyyənləşdirilsin.



Şək. 11.5. İstiliyə həssas platin çeviricinin quruluşu:

1 – izolyasiyasız məftil; 2 –gövdə; 3 – gümüş məftilin çıxış yerləri; 4 – slyudadan ara qatları

İş rejiminə görə termorezistorlar qızan və qızmayan termorezistorlara bölünür. Qızmayan çeviricilərdə vericidən keçən cərəyan demək olar ki, onu qızdırmır və vericinin temperaturu və nəticə etibarlı ilə müqaviməti də ətraf mühitin temperaturu ilə müəyyən olunur. Bu qrupa daxil olan termorezistorlar qaz və maye mühitlərdə temperaturun ölçülməsində istifadə edilir. Qızan çeviricilərdə cərəyan vericini qızdırır və bu qızma mühitin xassələrindən asılıdır. Qızan termorezistorlarla mühitin sürəti, sıxlığı, tərkibi və s. xassələri ölçülür.

Temperaturu ölçmək üçün ən çox platin və ya mis məftildən hazırlanan termorezistorlardan və ya müqavimət termoçeviricilərindən istifadə edilir. Termoçeviricilərə nümunə olaraq 50 M və 100M olaraq bölmələndirilən mis müqavimət termoçeviricilərini və ya 50P və 100P olaraq bölmələndirilən platin müqavimət termoçeviricilərini göstərmək olar. 50 və 100 rəqəmləri həssas elementin 0°C – də müqavimətini (50 Om, 100 Om) göstərir. M və P hərfləri isə həssas elementin hazırlandığı materialı göstərir (mis və platin). Standart platin termorezistorlar – $260 \dots +1100^{\circ}\text{C}$, mis termorezistorlar isə $200 \dots +200^{\circ}\text{C}$ Səhv! Əlaqənin səhvi!diapazonuna daxil olan temperaturları ölçür.

Şəkil 11.5 – də istiliyə həssas platin çeviricinin quruluş sxemi verilmişdir. İzolyasiyasız, 0.05 ... 0.07 mm diametrə malik platin məftil (1) istilik keçirməyən izolyasiya materialından (saxsı, çini, kvarts) hazırlanmış

gövdəyə (2) bifilyar qaydada bağlanmışdır (bifilyar: bir – birinə yaxın dolanmış məftillərdən ibarət iki paralel sarğı). Platin məftilin uclarına gümüş məftildən çıxışlar (3) lehimlənmişdir. Sarğı və gövdə slyudadan olan ara qatları (4) arasına, sadalanan bütün detallar isə alüminium lüləyə yerləşdirilmişdir. Ətraf mühitin mexaniki və kimyəvi təsirindən qorumaq üçün həssas element pazlanmayan poladdan olan mühafizə yuvasına (borusuna) qoyulur. 100°C – dən az olan temperaturların ölçülməsi üçün nəzərdə tutulmuş bəzi çeviricilərdə gümüş çıxışlar mis çıxışlarla əvəz edilsə də daha yüksək temperaturlarda bu düzgün deyil. Yüksək temperaturun təsiri altında mislə platin lehim yerində termocüt yaradır və həmin termocütün e.h.q – si əlavə ölçmə xətası yaradır. Çıxışlar mühafizə yuvasından çini muncuqlarla izolyasiya olunur, qoruyucu çexolda quraşdırılmış xüsusi platanın sıxaclarına qoşulur.

Hər elektrik müqaviməti termometri üçün çevirmənin statik xarakteristikasını da göstərən bölmələndirilmiş cədvəl hazırlanır. Analitik olaraq çevirmə funksiyasını aşağıdakı bərabərliklərlə təsvir edilə bilər:
 $- 200^{\circ}\text{C} \leq t \leq 0^{\circ}\text{C}$ diapazonu üçün:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2 + Ct^3 (t - 100))$$

$0^{\circ}\text{C} \leq t \leq 650^{\circ}\text{C}$ diapazonu üçün:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2),$$

burada R_t - vericinin t temperaturunda müqavimətini, R_0 – 0°C – də müqavimət, A , B və C – əmsallarıdır.

$$A = 3.968 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}; B = 5.847 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-2}, C = - 4.22 \cdot 10^{-12} \text{ K}^{-4}.$$

$- 50^{\circ}\text{C} \leq t \leq 180^{\circ}\text{C}$ diapazonunda mis termoçevirici üçün:

$$R_t = R_0 (1 + at),$$

burada α - əmsal olub, qiyməti $\alpha = 4.26 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ kimi təyin olunur.

İstiliyə həssas çeviricilərin hazırlanmasında termistor, termiodod və termotranzistor kimi yarımkeçirici elementlərdən də istifadə olunur.

Termistorlar yüksək həssaslığa (20°C -də bu çeviricilərin müqavimət temperatur əmsalı mis və platinin temperatur əmsalından 10 – 15 dəfə çox olur) və daha yüksək müqavimətə (təxminən 1 meqom) malikdir.

Termistorların zəif cəhəti çevirmənin nəticələrinin nümayiş etdirilməsinin çətinliyi və çevirmənin qeyri – xətti funksiya ilə xarakterizə olunmasıdır:

$$R_t = R_0 \exp (B(1/t - 1/t_0)),$$

burada R_t və R_0 – uyğun olaraq termistorun ölçülən t temperaturundakı və işçi diapazonun başlanğıc t_0 temperaturundakı müqaviməti; B -yarımkeçiricinin xassələrindən asılı olan əmsaldır.

Termistorlarla $-60 \dots +120^{\circ}\text{C}$ diapazonuna daxil olan temperaturlar ölçülür.

Temperaturun təsiri altında p – n keçidində müqaviməti dəyişən və həmin keçiddə gərginliyin azaldığı termiododlar və termotranzistorlar $-80 \dots +150^{\circ}\text{C}$ temperatur diapazonunda istifadə üçün nəzərdə tutulmuşdur. Termotranzistorun gərginliklə əlaqədar həssaslığı 1.5 ... 2.0 mV / K təşkil edir ki, bu da aşağıda nəzərdən keçiriləcək standart termocütlərin həssaslığı ilə müqayisədə xeyli çoxdur. Termiododlar və termotranzistorların üstün cəhətləri yüksək həssaslıq, istilik ətalətinin zəif olması, həndəsi ölçülərinin kiçikliyi, etibarlı və ucuz olması; zəif cəhətləri isə statik xarakteristikanın çətin nümayiş etdirilməsi və ölçülən temperaturun diapazonunun kiçik olmasıdır.

İstiliyə həssas çeviricilərin dinamik xassələri istilik ətaləti göstəricisi ε_{∞} (istilik ətaləti göstəricisi – termometr

sabit temperaturlu mühitə qoyulduqdan sonra onun istənilən nöqtəsi ilə mühit arasındakı temperatur fərqinin, termometrlə mühit arasında temperatur tarazlığı yarananda bərqərar olan temperaturun 0.37 – göstəricisinə bərabər olmasına qədər keçən müddət) əsasında müəyyənləşdirilən istilik ətaləti ilə xarakterizə olunur.

Elektrik müqaviməti termometrləri ε_{∞} göstəricisinin qiymətindən asılı olaraq az ətalətli (9 saniyəyə qədər), orta ətalətli (10 80 saniyə) və çox ətalətli (4 dəqiqəyə qədər) termometrlərə bölünür.

Müqavimət termometrlərinin qoşulduğu ölçü dövrələrində əllə və ya avtomatik tarazlaşdırma rejimində işləyən müvazinətli və müvazinətsiz körpü sxemlərindən istifadə edilir. Ölçmə vasitəsi olaraq şkalası dərəcə ilə bölmələndirilmiş loqometrin istifadə olunduğu körpü sxemləri geniş yayılmışdır.

Termorezistorlar qazların seyrəklik dərəcəsini ölçən cihazların – vakuummətrlərin də tərkibinə daxil edilir. Bu cihazların iş prinsipi çox seyrək qazların istilik keçiriciliyinin seyrəklik dərəcəsindən asılı olmasına əsaslanır. Bundan başqa, termorezistorlardan termoanemometrlərdə - qaz axınının sürətini ölçən cihazlarda da istifadə olunur.

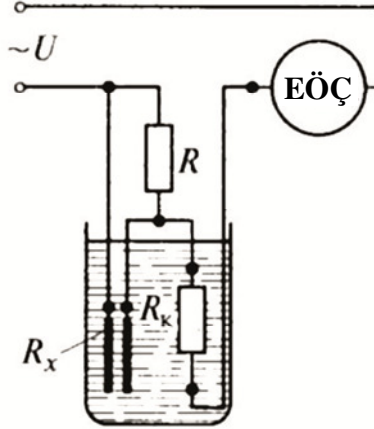
Elektrolitik çeviricilər. Elektrolitik çeviricilərin iş prinsipi elektrolit məhlulunun elektrik müqavimətinin məhlulun sıxlığından asılı olmasına əsaslanır. Əksər hallarda məhlulların sıxlığını ölçmək üçün istifadə olunsada, bu çeviricilərlə yerdəyişməni, sürəti, mexaniki deformasiyaları, temperaturu və bəzi başqa fiziki kəmiyyətləri də ölçmək mümkündür.

Elektrolitik çeviricilər üçün tədqiq olunan məhlul yerləşdirilən qabdan və iki elektroddan ibarətdir. Bəzi hallarda bir elektroddan istifadə olunur və ikinci elektrod rolunu qabın metal divarları oynayır.

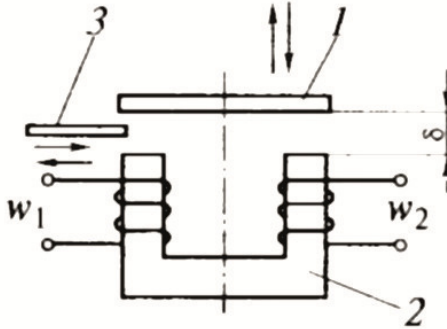
Elektrolitik çeviricidəki məhlulun h hündürlüklü, S en kəsikli və ρ xüsusi müqavimət əmsallı sütununun müqaviməti $R = \rho h / S = k / \gamma$ bərabərliyi ilə hesablanır (çeviricinin həndəsi ölçülərindən asılı olan əmsalı γ elektrolitin xüsusi keçiriciliyini göstərir: $\gamma = 1/\rho$).

Müqavimət adətən dəyişən cərəyan (700 ... 1 000 Hz) verilməklə ölçülür ki, elektroliz hadisəsi baş verməsin. Elektrodla məhlul arasında elektrik yüklərinin ikiqat təbəqəsinin formalaşması, eləcə də həmin yüklərin bir – birinə nəzərən yerdəyişməsi nəticəsində meydana gələn tutum müqavimətinin təsirini azaltmaq üçün çeviricinin müqaviməti 500 ... 1 000 Om diapazonunda olmalıdır.

Məhlulun elektrik ötürücülüüyü temperaturdan çox asılıdır. Bu asılılığı təxmini olaraq $\gamma = \gamma_0 (1 + \beta t)$ bərabərliyi ilə göstərmək olar (γ_0 t_0 başlanğıc temperaturundakı elektrik ötürücülüüyü, β elektrik ötürücülüüyünün temperatur əmsalını (turşuların, duzların və qələvilərin məhlullarında $\beta = 0.016 \dots 0.024 \text{ K}^{-1}$) göstərir. Temperaturun təsirini azaltmaq üçün soyuducu (qızdırıcı) vasitəsi ilə temperatur stabilləşdirilir və ya mis müqavimətlər qoşulmuş temperatur kompensasiyası dövrələrindən istifadə edilir (mislə elektrolit məhlulunun temperatur əmsalları bir – birinə əks işarəli olmalıdır. Belə cihazın sxemi şəkil 11.6 – da verilmişdir.



Şək. 11.6. Termorezistor vasitəsi ilə temperatur kompensasiyasına nümunə: R_x – elektrodların müqaviməti; R_k – misin kompensasiyaedici müqaviməti; R – maqnanın müqavimət (temperaturdan asılı deyil); EÖÇ – elektron ölçü çeviricisi.



Şək. 11.7 İnduktiv çeviricinin sadələşdirilmiş sxemi:
 1 – mütəhərrik ürəkciik; 2 – hərəkətsiz metal lövhə (özək); 3 – maqnit materialdan olmayan lövhə;
 w_1, w_2 – müvafiq olaraq birinci və ikinci sarğıdakı dolaqların sayı.

İnduktiv çeviricilər. İnduktiv çeviricilərin iş prinsipi sarğıların induktivliyinin və ya qarşılıqlı induktivliyinin maqnit dövrəsinin elementlərinin yerindən,

həndəsi ölçülərindən və maqnit vəziyyətindən asılılığına əsaslanır.

Şək. 11.7.-də induktiv çeviricinin sadələşdirilmiş sxemi verilmişdir.

Ürəkciyə dolanmış sarğıdakı induktivlik $L_i = w_i^2 / Z_m$ təşkil edir. Burada Z_m ürəkciyin maqnit müqavimətini göstərir: $Z_m = \sqrt{R_m^2 + X_m^2}$. Bu bərabərlikdə R_m və X_m maqnit müqavimətinin aktiv və qeyri – aktiv toplananıdır.

Aktiv toplanan $R_m = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\mu_0 \mu_i S_i} + \frac{\delta}{\mu_0 S}$ bərabərliyinin

köməyi ilə hesablanır. Burada, μ_i , l_i , S_i müvafiq olaraq ürəkciyin i hissəsinin nisbi maqnit nüfuzluğunu, uzunluğunu və en kəsiyinin sahəsini, μ_0 maqnit əmsalını, δ mütəhərrik maqnit ürəkciyə hərəkətsiz metal lövhə (maqnit özəyi) arasındakı boşluğun uzunluğunu, S özəyin sarğı ilə əhatə olunmayan hissəsinin en kəsiyinin sahəsini göstərir. Reaktiv toplanan $X_m = P / \omega \Phi^2$ düsturu ilə hesablanır. Burada P – özəkdəki burağan cərəyanlar və histerezis nəticəsində meydana gələn güc itkisini, ω - bucaq tezliyini, Φ -özəkdəki maqnit selini göstərir. Sarğıların qarşılıqlı induktivliyi $M = w_1 w_2 / Z_m$ düsturu ilə hesablanır.

Yuxarıda verilən bərabərliklər göstərir ki, δ və S kəmiyyətlərinin qiymətini dəyişməklə ürəkciyədəki güc itkisini dəyişdirərək induktivliyi və qarşılıqlı induktivliyi də dəyişmək mümkündür. Buradan aydın olur ki, induktiv çeviricilərin köməyi ilə maqnit sisteminin bu və ya digər kəmiyyətlərinə təsir edən müxtəlif qeyri – elektrik kəmiyyətləri ölçmək olar. Məsələn, maqnit ürəkciyi şəkil 11.7-də göstərilən oxlar istiqamətində hərəkət etdirərək çeviricidən yerdəyişmənin və ya təzyiqin ölçülməsində istifadə etmək mümkündür.

İnduktiv çeviricilərin hansı quruluşa malik olması ölçülən yerdəyişmənin hansı diapazona daxil olmasından və çıxış signalının tələb olunan gücündən asılıdır.

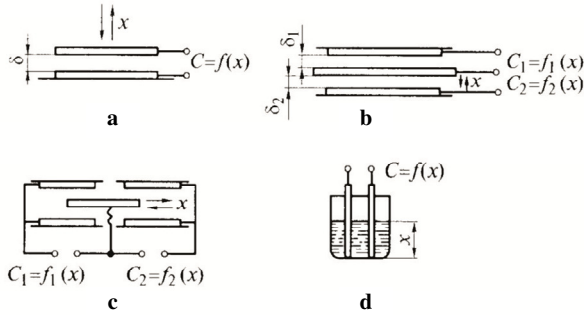
İnduktiv çeviricilər qoşulmuş ölçü dövrləri olaraq əksər hallarda müvazinətli və müvazinətsiz körpü sxemləri, eləcə də diferensial transformator çeviricilər üçün nəzərdə tutulmuş kompensasiya sxemləri (avtomatik cihazlarda) tətbiq edilir.

İnduktiv vericilərin əsasında çox növdə ölçü cihazları istehsal olunur (məsələn, induktiv mikrometr, induktiv qalınlıqölçən, induktiv manometr və s.).

Yerdəyişməni ölçən digər çeviricilərlə müqayisədə induktiv çeviricilərin üstün cəhətləri çıxış signalının güclü olması, istehsalının asan olması və etibarlı olması, zəif cəhətləri isə çeviricinin tədqiq olunan obyektə əks - təsiri (elektromaqnitin lövbərə təsiri), cərəyan mənbəyinin gərginlik və tezliyindəki dəyişikliklərin ölçmənin nəticələrinə təsiri, lövbərin ətalətliliyidir.

Tutum çeviriciləri. Tutum çeviricilərinin iş prinsipi kondensatorun elektrik tutumunun kondensatorun lövhələri arasındakı mühitin dielektrik nüfuzluğundan, lövhələrin ölçülərindən və onların arasındakı məsafədən asılılığına əsaslanır.

Yastı, iki lövhəli kondensatorun elektrik tutumu $C = \epsilon_0 \epsilon s / \delta$ bərabərliyi ilə müəyyən olunur (burada ϵ_0 elektrik sabitini, ϵ nisbi dielektrik nüfuzluğunu, s lövhələrin aktiv səthinin sahəsini, δ isə lövhələr arasındakı məsafəni göstərir). Bu bərabərlikdən görüldüyü kimi, çeviricilərin iş prinsipi $C = f_1(\epsilon)$, $C = f_2(s)$ və ya $C = f_3(\delta)$ funksiyalarına əsaslanır.



Şək. 11.8 Müxtəlif quruluşlu tutum çeviriciləri:

a – sabit dielektrik nüfuzluğu əmsalı;

b, c – diferensial çevirici;

d – dəyişkən dielektrik nüfuzluğu əmsalı

Şəkil 11.8 – də müxtəlif tutum çeviricilərinin quruluş sxemi verilmişdir. Şəkil 11.8 (a) – dakı çeviricidə qeyri – elektrik kəmiyyəti (x) ölçülən obyekt kondensatorun hərəkətsiz lövhəsinə nəzərən hərəkət edən mütəhərrik lövhəsinin üzərinə qoyulmuşdur (tətbiq edilmişdir). Çevirmənin statik xarakteristikası $C = f_3(\delta)$ qeyri – xəttidir və çeviricinin həssaslığı lövhələr arasındakı δ məsafəsi ilə tərs mütənasibdir. Belə tutum vericiləri ilə 1 millimetrdə qədər olan məsafələr ölçülür.

Lövhələr arasındakı məsafə az olduğuna görə ətraf mühitin təsiri ilə həmin məsafənin dəyişməsi ölçmənin nəticəsini təhrif edə bilər. Çeviricinin tərkib hissələrinin və hazırlandığı materialların həndəsi ölçülərini azaltmaqla həmin xətanı azaltmaq mümkündür. Çeviricinin xətalı ölçmə nəticəsi verməsinə təsir edən bir başqa amil lövhələr

arasında yaranan cazibə qüvvəsidir:
$$F = \frac{dW_e}{d\delta} = \frac{d}{d\delta} \left(\frac{CU^2}{2} \right)$$

(burada W_e elektrik sahəsinin enerjisini, C və U isə müvafiq olaraq kondensatorun tutumunu və onun lövhələri arasındakı

gərginliyi göstərir). Bu nöqsan diferensial çeviricilərdə müşahidə edilmir.

Şəkil 11.8 (b) – dəki sxematik quruluşa malik diferensial çeviricilərdə qeyri – elektrik kəmiyyəti (x), ölçülən obyekt iki hərəkətsiz lövhə arasında hərəkət edən lövhənin üzərinə qoyulmuşdur (tətbiq edilmişdir). Həmin lövhənin hərəkət etməsi nəticəsində C_1 və C_2 kondensatorlarının tutumu dəyişir və cazibə qüvvəsi kompensasiya edilir. Müvafiq sxem üzrə qoşulduqda bu çeviricilər yüksək həssaslığa malik olur. Şəkil 11.8 (c) – də lövhələrin aktiv səthinin sahəsinin dəyişkən olduğu diferensial çeviricinin sxemi verilmişdir. Bu çeviricidən xətti və dairəvi trayektoriya üzrə nisbətən böyük yerdəyişmələr ölçülür.

$C = f_1(\epsilon)$ asılılığına əsaslanan çeviricilərlə adətən mayelərin səviyyəsi, maddələrin nəmlik dərəcəsi, dielektrik məmulatların qalınlığı və s. ölçülür. Həmin çeviricilərin necə istifadə olunduğu şəkil 11.8 (d) – də göstərilmişdir. Bu şəkil səviyyəölçənin ümumiləşdirilmiş sxemidir. Qabdakı elektrodlar arasındakı elektrik tutumu mayenin səviyyəsindən asılıdır, çünki mayenin səviyyəsi lövhələr arasındakı mühitin dielektrik nüfuzluğuna təsir edir. Lövhələrin konfigurasiyasında dəyişikliklər apararaq cihazın göstərdiyi qiymətlərin mayenin səviyyəsindən asılılığının arzu olunan xarakterini əldə etmək mümkündür.

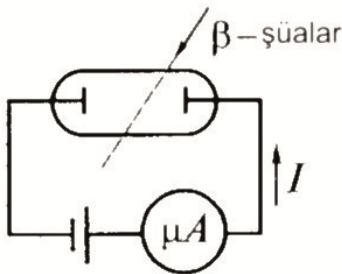
Tutum çeviriciləri qoşulmuş ölçü dövrləri olaraq əksər hallarda körpü sxemləri, eləcə də rezonans dövrləri olan sxemlər tətbiq edilir. Rezonans dövrləri olan sxemlər əsasında yüksək həssaslığa malik, 10^{-7} mm qədər kiçik yerdəyişmələri ölçə bilən cihazlar istehsal edilir.

Tutum çeviricilərinin üstün cəhətləri yüksək həssaslıq, quruluşunun sadə olması və az ətalətli olmasıdır. Zəif cəhətləri isə xarici elektrik sahələrin, parazit tutumların, temperaturun, nəmin təsirinə həssas olması, yüksək tezlikli cərəyan verən xüsusi cərəyan mənbəyi tələb etməsidir.

İonlaşdırıcı çeviricilər. Bu çeviricilərin iş prinsipi ionlaşdırıcı şüanın təsiri altında qazların ionlaşması və ya bəzi maddələrin işıq verməsinə əsaslanır.

Daxilində qaz olan kameraya şüa verildikən elektrik dövrəsinə qoşulmuş elektrodlar arasında cərəyan yaranır. Şəkil 11.9 – da ionizasiya çeviricisinin sxemi göstərilmişdir. Dövrədə yaranan həmin cərəyan aşağıdakı amillərdən asılıdır: elektroda verilən gərginlik, qazın tərkibi və sıxlığı, kameranın və elektrodların həndəsi ölçüləri, ionlaşdırıcı şüanın özəllikləri və s. Müxtəlif qeyri – elektrik kəmiyyətlərin (qazın tərkibi və sıxlığı, detalların həndəsi ölçüləri və s.) ionlaşdırıcı çeviricilər vasitəsi ilə ölçülməsi bu asılılıqlara əsaslanır. İonlaşdırıcı şüa olaraq əsasən α -, β - və γ – şüalardan, nadir hallarda isə rentgen şüası və neytron şüalanmasından istifadə edilir.

İonlaşdırıcı çeviricinin hansı növünün seçilməsi əsasən istifadə olunan ionlaşdırıcı şüanın növündən asılıdır. α -şüalar yüksək ionlaşdırma və zəif nüfuzetmə qabiliyyətinə malik olduğu üçün onlar çeviricinin kamerasının daxilinə yerləşdirilir. β – şüaların mənbəyi çeviricinin həm daxilinə həm də xaricinə yerləşdirilə bilər, çünki bu şüaların nüfuzetmə qabiliyyəti xeyli yüksəkdir.



Şək.11.9. – İonlaşdırıcı çeviricinin sxemi

Elektrodların arasındakı məsafənin, elektrodların səthinin sahəsinin, şüalanma mənbəyinin yerinin, növünün dəyişməsi ionlaşdırıcı cərəyanın qiymətinə təsir edir.

Deməli, bu asılılıqlardan müxtəlif mexaniki və həndəsi kəmiyyətlərin ölçülməsində istifadə edilə bilər.

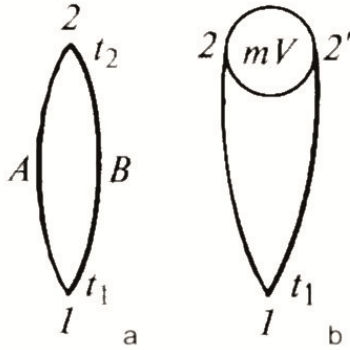
İonlaşdırıcı şüadan istifadə edən çeviricilərin üstün cəhətləri uzaqdan (təmassız) ölçmə aparmaq imkanındır ki, bu da xüsusilə aqressiv, yüksək temperaturlu və ya yüksək təzyiq altında olan mühitlərdə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu cihazların əsas zəifcəhəti şüalanma mənbəyinin aktivliyi yüksək olduğundan əlavə təhlükəsizlik tədbirləri tələb etməsidir.

11.2.2. Generator tipli ölçmə çeviriciləri

Termoelektrik çeviricilər. Bu cür çeviricilər Termocüt qoşulan dövrədə yaranan termoelektrik effektinə əsaslanır. Şəkil 11.10 bir termocütün sxemini və ölçü cihazına necə qoşulduğunu göstərir. İki fərqli A və B naqillərinin birləşdiyi 1 və 2 nöqtələri arasında temperatur fərqli olarsa, termocüt dövrəsində elektrik hərəkət qüvvəsi yaranır. 2 nöqtəsində temperatur sabit qalarsa, termocütdəki e.h.q $E_{AB} = f(t_1) - f(t_2) = f(t_1) - C$ təşkil edər. Termoelektrik çeviricilərlə temperaturun ölçülməsi bu asılılığa əsaslanır.

Termocütdəki e.h.q ya adi millivoltmetrlərlə ya da əllə və ya avtomatik nizamlanan kompensatorlarla ölçülür. Termocütün 1 nöqtəsi “işçi uc”, 2 və $2'$ nöqtələri isə “sərbəst uc” adlandırılır.

Termoelektrik termometrlərin – termocüt əsaslı cihazların - bölmələndirilməsi sərbəst ucların temperaturu 0°C olduğda aparılsa da, bu cihazlar sərbəst ucların temperaturu 0°C – dən fərqli olduğda işlədilir. Buna görə də termoelektrik termometrlərdən istifadə edərkən ölçülən temperaturda sərbəst ucların temperaturunu nəzərə alaraq düzəliş etmək lazımdır.



Şək. 11.10. Termocüt (a) və onun ölçü cihazına qoşulma qaydası (b).

Cədvəl 11.1

| Termocüt | Termocütün elektrodu | e.h.q (mV) | Ölçülən temperatur diapazonunun yuxarı həddi, °C | |
|----------|---|---------------|---|------------|
| | | | Uzunmüddətli ölçmə | Qısa ölçmə |
| TPP | Platinrodium (10 % rodium) – platin | 0.64 | 1 300 | 1 600 |
| TPR | Platinrodium (30 % rodium) – Platinrodium (6 % rodium) | 13.81 | 1 600 | 1 800 |
| TXA | Xromel (90 % Ni + 10% Cr) – alumel (94.83% Ni + 2% Al + 2% Mn + 1% Si + 0.17% Fe) | 4.10 | 1 000 | 1 300 |
| TX | Xromel – kopel (56% Cu + 44% Ni) | 6.90 | 600 | 800 |
| TVR | Volframrenium (5% renium) – volframrenium (20% renium) | 1.33 | 2 200 | 2 500 |

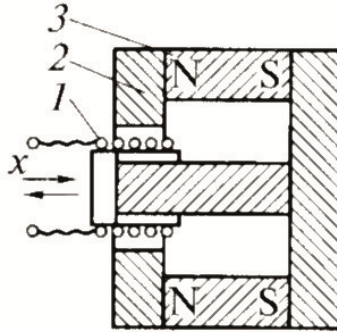
Termocütlərin istehsalında nəcib və oksidləşən metallardan hazırlanan xəlitələrdən istifadə edilir. Cədvəl 11.1–də bəzi geniş istifadə olunan termocütlərin xarakteristikaları göstərilmişdir.

Termocütlərdə temperatur fərqi yaranan e.h.q. – lərin qiyməti işçi ucun temperaturunun $t_1 = 100\text{ }^\circ\text{C}$, sərbəst ucların temperaturlarının isə $t_2 = 0\text{ }^\circ\text{C}$ olduğu hallar üçün verilmişdir. $1100\text{ }^\circ\text{C}$ – dən az temperaturları ölçmək üçün oksidləşən metal xəlitələrindən, $1100\text{ }^\circ\text{C}$ $1600\text{ }^\circ\text{C}$ –dən yüksək temperaturlarda isə nəcib metal xəlitələrindən istifadə edilir.

Kənar amillərin təsirindən qorumaq üçün termocütlərin elektrodları termorezistorların yuvasına bənzər qoruyucu yuvaya qoyulur.

Sərbəst ucların temperaturunu sabit saxlamaq üçün bəzən termocütlər uzatma məftillər adlandırılan məftillər vasitəsi ilə uzadılır. Bu məftillər müvafiq termoelektrod materiallarından və ya xüsusi, daha ucuz və termocütün elektrodları ilə $0 \dots 100^{\circ}\text{C}$ diapazonda eyni termoelektrik xassələrə malik materiallardan istifadə edilir, yəni uzatma məftillərində verilən temperatur diapazonunda termocütün özündəki kimi e.h.q. yaranmalıdır.

Termocütlərin dinamik xassələri istilik ətaləti göstəricisi (istilik ətaləti göstəricisi–sabit temperaturlu mühitə qoyulduqdan sonra termocütün istənilən nöqtəsi ilə mühit arasındakı temperatur fərqi, termocütlə mühit arasında temperatur tarazlığı yarananda formalaşan temperaturun 0.37^0 – sinə bərabər olmasına qədər keçən müddət) ilə xarakterizə olunur. İstilik ətaləti $5 \dots 20$ san. olan termocüt az ətalətli hesab olunur. Adi termocütlərdə bu göstərici bir neçə dəqiqəyə çatır.



Şək.11.11. Amplitud, sürət və təcilin ölçülməsində istifadə edilən induksiya çeviricisi:
1-silindrik makara; 2-mağnit özəyi; 3-sabit maqnit

İnduksiya çeviriciləri. Bu cihazın iş prinsipi makaraya ilişən maqnit selində baş verən dəyişiklik

nəticəsində makarada e.h.q yaranmasına əsaslanır. İnduksiyalanmış e.h.q. $e = -w \frac{d\Phi}{dt}$ bərabərliyi ilə təyin olunur. Burada $\frac{d\Phi}{dt}$ makaraya ilişən maqnit selinin dəyişmə sürətidir.

İnduksiya çeviriciləri ilə xətti və bucaq üzrə yerdəyişmələr ölçülür. Əgər növbəti ölçü dövrəsində çeviricinin çıxış siqnallarını zamana görə integrallayan və ya diferensiallaşdıran xüsusi qurğulardan istifadə olunarsa, induksiya çeviricisindən xətti və bucaq üzrə yerdəyişmələrin, eləcə də təcilin ölçülməsində istifadə edilə bilər. İnduksiya çeviricilərindən ən çox bucaq sürətini (taxometrlər) və titrəyiş parametrlərini ölçən cihazlarda istifadə olunur.

Taxometrlərə quraşdırılan çeviricilər kiçik ölçülü, adətən sabit maqnit tərəfindən aktivləşdirilən (həyəcanlanan) rotoru tədqiq edilən valla mexaniki olaraq əlaqələndirilmiş sabit və ya dəyişən cərəyan (1 100 vatt) generatorlarıdır. Sabit cərəyan generatorundan istifadə edilərsə, ölçülən bucaq sürəti haqqında generatorun e.h.q – si, dəyişən cərəyan generatorundan istifadə edilən hallarda isə e.h.q və ya cərəyanın tezliyi haqqında fikir yürüdülmür.

Şəkil 11.11 – də amplituda, sürət və təcilin ölçülməsində istifadə olunan induksiya çeviricisinin sxemi verilmişdir. Silindrik sabit maqnit (3) maqnit özəyinin (2) dairəvi boşluğunda sabit maqnit sahəsi yaradır. Silindrik makaraya (1) tətbiq edilən kənar qüvvə makaranın yerdəyişməsinə və onun qüvvə xətlərinin maqnit sahəsinin xətləri ilə kəsişməsinə səbəb olur. Makarada onun yerdəyişmə sürəti ilə düz mütənəsb e.h.q. yaranır.

İnduksiya çeviricilərinin əsas üstünlükləri yüksək həssaslığa malik olması, nisbətən sadə quruluşda olması və

etibarlılığı, zəif cəhəti isə ölçülən kəmiyyətlərin tezlik diapazonlarının məhdud olmasıdır.

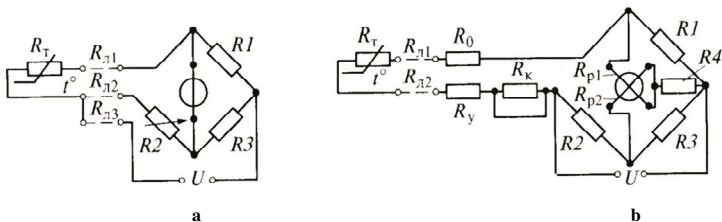
Pyezoelektrik çeviricilər. Bu qrupa daxil olan çeviricilərin işi bəzi kristalların üzərində mexaniki qüvvənin təsiri ilə xarakterizə olunan düzünə pyezoelektrik effektinə əsaslanır (bunun əksi olan əks pyezoelektrik effektindən daha az istifadə edilir). Əks pyezoelektrik effekt kristalın həndəsi ölçülərinin elektrodlara verilən gərginliyin təsiri ilə dəyişməsi hadisəsidir.

11.3. Temperaturun ölçülməsi.

Fiziki kəmiyyət olan temperatur ölçülən obyektin ən çox istifadə olunan parametrləri arasındadır. Təbiətin hadisələrini, texnoloji prosesləri, gündəlik həyatda baş verən hadisələri temperaturu ölçmədən təsvir etmək mümkün deyil. Ölçülməsi tələb olunan temperaturların diapazonu çox genişdir və mütləq sifira yaxın temperaturlardan on minlərlə dərəcələrə (məsələn, plazmanın temperaturu) qədər dəyişir. Müasir dövrdə istiliyin ölçülməsini xarakterizə edən vacib cəhətlərdən biri nəinki stasionar, həm də dinamik, bir neçə saniyə ərzində yüzlərlə dərəcə dəyişən temperaturların ölçülməsidir. Temperaturu ölçmək üçün istifadə olunan vasitələr aşağıdakı əlamətlərinə görə təsnif edilir: ölçülən temperaturun diapazonu, tətbiq edilən istilik çeviricilərinin növü, ölçülən obyektə ölçmə vasitəsi arasında təmasın olması (kontaklı) və olmaması (kontaktsiz).

Kontaklı temperatur ölçmələri. Kontaklı temperatur ölçmələrində ən çox istifadə edilən cihazlar termorezistorlar və termoelektrik çeviricilər əsasında dizayn edilənlərdir.

Qoşulduğu ölçü dövrəsi ilə birlikdə (bir qayda olaraq bu dövrə müvazinətli və müvazinətsiz iş rejimində işləyən körpü sxemidir) termorezistorlar elektrik müqaviməti termometri adlandırılan cihazı təşkil edir.



Şək.11.12. Termorezistorun ölçü dövrəsinə qoşulma sxemi: a -üçnaqilli; b-ikinaqilli

Termorezistor körpünün ölçmə qoluna iki və ya üçnaqilli sxem üzrə qoşulur (bax: şəkil.11.12). İkinəqilli sxemdə hər iki birləşdirici məftil verici ilə birlikdə dövrəyə ardıcıl qoşulur. Belə cihazlardan daha az məsuliyyət tələb edən və ya laboratoriya şəraitində aparılan ölçmələrdə istifadə edilir, çünki ətraf mühitin temperaturunda dəyişiklik baş verərsə, birləşdirici məftillərdə yaranan dəyişikliklər ölçmə xətası ilə nəticələnir: $\Delta t = \Delta R_m / (R_0 \alpha_r)$. Burada ΔR_m - məftillərin müqavimətində baş verən dəyişikliyi; $\Delta R_m = \Delta R_{m1} + \Delta R_{m2}$; R_0 və α_r isə müvafiq olaraq termorezistorun 0°C – də başlanğıc müqavimətini və temperatur əmsalını göstərir. Körpü sxemi müvazinətli rejimdə işləyərsə, iki birləşdirici məftil körpünün qonşu qollarına, üçüncü məftil isə cərəyan diaqonalına birləşdiyi üçün üçnaqilli sxemdə bu xəta yaranmır (şəkil 11.12,a). Körpü müvazinətsiz rejimdə işləyəndə də birləşdirici məftillərin ölçmədə xəta yaranan təsirini xeyli azaltmaq mümkündür.

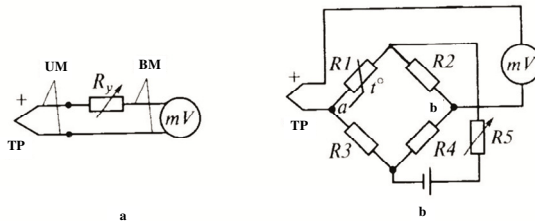
Körpü müvazinətsiz rejimdə işləyəndə ölçmə dəqiqliyinə cərəyan mənbəyinin gərginliyində baş verən dəyişikliklər böyük təsir göstərir. Şəkil 11.12,b-də loqometr qoşulmuş müvazinətsiz körpü sxemi göstərilmişdir. Cərəyan mənbəyinin gərginliyində baş verən dəyişikliklərin təsiri ilə yaranan xətanın bu sxemlə kompensasiyası ölçmədən əvvəl R_t termorezistorunun yerinə elektrik müqaviməti cihazın şkalası üzərindəki müəyyən bölmədə termorezistorun müqavimətinə bərabər olan nəzarət rezistorunun qoşulması

sayəsində mümkün olur. Nəzarət rezistorunun R_n müqaviməti, cihazın əqrəbi şkalası üzərindəki müəyyən həmin bölməyə çatana qədər dəyişdirilir və daha sonra R_n müqavimətinə qısa qapanma verilir. R_y müqaviməti əlavə müqavimət adlandırılır və ondan məftillərin müqavimətini şkalada qeyd olunan nöqtəyə (5 və ya 15 Om) çatdırmaq üçün istifadə olunur. Bu sxemə görə termorezistoru üç naqillə də qoşmaq mümkündür.

-270...+1 100°C diapazonuna daxil olan temperaturları ölçərkən termometrlərdə həssas element olaraq mis və platin termorezistorlardan başqa, yarımkəçirici termorezistorlar, termotranzistorlar və kvardan da istifadə edilir. Bunların içərisində ən yüksək dəqiqliyi platin termorezistorlar və kvars termometrləri verir. Lakin qabarit ölçüləri kifayət qədər böyük olduğuna görə bu vericilərin istilik ətalət göstəricisi çox böyükdür. Buna görə də qeyri – stasionar temperaturların ölçülməsində yarımkəçirici termorezistorlar və termotranzistorlardan istifadə olunur.

Aşağı temperatur diapazonunda daha böyük həssaslığa malik olduğu üçün yarımkəçirici termorezistorlarla hətta -260°C – dən aşağı temperaturları da ölçmək mümkündür.

Bir neçə yüz dərəcədən bir neçə min dərəcəyə (2500°C - yə qədər) qədər temperatur diapazonunda ən çox termoelektrik termometrlər tətbiq edilir. Bu cihazların dəqiqliyi müqavimət termometrlərinə nəzərən azdır.



Şəkil 11.13. Termocütün millivoltmetrə qoşulmasını (a) və avtomatik düzəlişi (b) göstərən sxem:

TC-termocüt; UM, BM-uzatma və birləşdirmə məftilləri; mV- millivoltmetr; R_n -nizamlayıcı rezistor

Cihaz termocütdən və millivoltmetrlərdən və ya kompensatorlardan formalaşdırılan ölçü dövrəsindən ibarətdir.

Şəkil 11.13, a-da gərginliyin millivoltmetrlə ölçüldüyü sxem göstərilmişdir. Gərginlik aşağıdakı düzturla hesablanır: $U = E_{t.c} R_{mV} / (R_{xm} + R_{mV})$. Burada $E_{t.c}$ termocütdə yaranan e.h.q. – ni, R_{mV} millivoltmetrin müqavimətini, R_{xm} isə termocütün, uzatma məfəllərinin və nizamlayıcı rezistorların cəmini göstərən, $R_{xm} = R_{t.c.} + R_{u.m.} + R_y$ düsturu ilə hesablanan xarici müqaviməti göstərir. Cihazın şkalası dərəcələrlə bölmələndirilmişdir və R_{xm} , R_{mV} sabit olarsa cihazın göstərdiyi qiymətlər termocütdə yaranan e.h.q əsasında formalaşır. Termocütün bölmələndirilməsi R_{xm} parametrinin konkret qiymətlərində (0.6, 5, 15 və 25 Om) aparıldığına görə sxemə xarici müqaviməti bölmələndirilmiş qiymətlərə çatdıran R_y müqaviməti əlavə edilmişdir.

Ölçmənin nəticəsinə ən böyük təsiri termocütün sərbəst uclarının temperaturunda baş verən dəyişikliklərin səbəb olduğu xətalər göstərir. Bu xətaləri aradan qaldırmaq üçün müxtəlif üsullarla düzəlişlər edilir. Əllə aparılan düzəlişdə ölçmə nəticəsində sərbəst ucların temperaturunun 0°C – dən yayınmasına mütənasib olan bir düzəliş qiyməti nəzərə alınır. Yarı avtomatik düzəliş metodu ölçmədən əvvəl cihazın əqrəbinin korrektorun köməyi ilə daxil edilən düzəliş qədər yer dəyişməsinə nəzərdə tutur. Bundan sonrakı ölçmələrdə düzəliş operatorun iştirakı olmadan daxil edilir.

Şəkil 11.13,b-də isə düzəlişin tamamilə avtomatik daxil edildiyi termometrin sxemi verilmişdir. Ölçü dövrəsinə ardıcıl olaraq termocüt və millivoltmetrlə birlikdə müvazinətsiz körpü qoşulur. Bu körpünün qoluna termocütün sərbəst uclarının olduğu zonaya yerləşdirilmiş R_1 mis rezistoru qoşulur. R_2 , R_3 və R_4 müqavimətləri manqandan hazırlanır. Cihaz bölmələndirilərkən körpü

müvazinətli vəziyyətdə olduğuna görə real şəraitdə temperatur dəyişdikdə körpünün ölçmə diaqonalında yaranan potensial fərqi termocütdə yaranan e.h.q tərəfindən tam kompensasiya olunur. R_5 rezistoru körpünün həssaslıq dərəcəsini nizamlayır.

Kontaktlı temperatur ölçmələrində xəta yaradan bir başqa amil istilik çeviricisində istiliyin itməsidir. Tədqiq edilən mühitin çevirici ilə mühit arasında fasiləsiz istilik mübadiləsi sayəsində ölçülən temperaturu onun daxilinə yerləşdirilən həssas elementin temperaturundan fərqli olur.

Bu xətanı çeviricinin qırağa çıxan hissələri əsaslı sürətdə izolyasiya etməklə, çeviricini mühitin yerdəyişmə sürətinin ən yüksək olduğu yerə yerləşdirməklə azaltmaq olar.

Kontaktsiz temperatur ölçmələri. Çeviricinin yerləşdirilməsi ölçülən obyektin temperatur sahəsində dəyişiklik yaradarsa, ölçülən obyektlə təmas demək olar ki, mümkün deyilsə (məsələn, çeviricinin yerləşdirildiyi mühit çox aqressivdir) və ya 2500°C – dən çox olan temperaturları ölçərkən kontaktsiz ölçmə üsullarından istifadə edilir. Belə sahələrdə şüalanma pirometrləri tətbiq edilir.

Qızmış cisimlərin səthinin temperaturu 30 ... 2500 $^{\circ}\text{C}$ diapazonuna daxil olarsa ölçmələr gətirilmiş xətası $\pm 1\%$ təşkil edən radiasiya pirometrlərində aparılır.

Bu cihazların nöqsanlı tərəfləri ölçmə nəticələrinin pirometrlə ölçü obyektinin arasındakı mühitin vəziyyətindən (duman, toz, tüstü və s.) asılı olmasıdır. 700°C – dən çox, 6000°C – dən az temperaturlar optik pirometrlərlə ölçülür.

11.4. Havada maddənin miqdarının ölçülməsi

Havanı çirkləndirən əsas maddələr. Ekoloji monitorinqlərdə və istehsalatda hava mühitinin parametrlərinə, eləcə də texnoloji proseslərə nəzarət edərkən havada miqdarı ölçülən əsas qazlar cədvəl 11.2 – də

verilmişdir. Havanı çirkləndirən maddələrin insan orqanizminə mənfi təsir etməyən həddinin səviyyələri müvafiq normativ baza ilə müəyyən olunur.

Məsələn, kimyəvi maddələrin yolverilən həddinin miqdarı (YHM) zərərli maddənin kütlə və həcm baxımından göstərilən elə miqdarıdır ki, onunla daima və ya müəyyən vaxt intervalı ərzində təmas edən insanın sağlamlığına demək olar ki, mənfi təsir etmir, onun sonrakı həyatında arzuolunmaz nəticələrə gətirib çıxarmır.

Havanı çirkləndirən maddələrin yolverilən həddilə əlaqədar aşağıdakı miqdar növləri müəyyən edilmişdir:

- İş yerində maksimal, təkrarlanmayan YHM – $YHM_{i,y}$
- İş meydançasında (müəssisənin ərazisində) maksimal, təkrarlanmayan YHM – $YHM_{m,a} = 0.3 YHM_{i,y}$
- Yaşayış məntəqəsinin atmosferində - $YHM_{y,m}$.
- Yaşayış zonasında maksimal, təkrarlanmayan YHM – $YHM_{y,z}$.
- Böyük şəhərlər və kurort yerləri üçün maksimal, təkrarlanmayan YHM – $=0.8 YHM_{y,z}$
- Yaşayış zonasında orta sutkalıq YHM – $YHM_{o,s}$.

Maksimal, təkrarlanmayan miqdar havanı çirkləndirən maddənin 20 dəqiqə təsir etdikdə insan orqanizmində reflektor reaksiya yaratmayan, arzuolunmaz nəticələrə gətirib çıxarmayan konsentrasiyasıdır.

Qazların tədqiqində istifadə edilən ölçmə metodları.

Havanın kimyəvi maddələrlə çirklənməsinin analizində tətbiq edilən metodlar ölçülən obyekt haqqında etibarlı məlumatları əldə etməyi nəzərdə tutan, kimyəvi reaksiyalar və fiziki proseslər haqqında biliklərə əsaslanan strategiyanın ayrılmaz hissəsi olmalıdır.

Bu metodları iki qrupa ayırmaq olar: kontaktlı və kontaktsız ölçmə metodları.

Kontaktlı metodları fərqləndirən əsas cəhət təhlil edilən maddənin nümunəsinin çeviricidə olan maddə ilə

qarşılıqlı təsirdə olması və bunun nəticəsində aşağıdakı xassələrini dəyişməsidir:

- Səthinin əksətdirmə qabiliyyəti
- əksətdirmə spektri
- elektrik müqaviməti
- elektrik potensialı
- gamma – kvant şüalandırmaq qabiliyyəti və s.

Cədvəl 11.2

| Qazın adı | YHM, mq / m ³ | | |
|--|--------------------------|---------------|--------------|
| | İnsan üçün | Bitkilər üçün | Biosfer üçün |
| Kükürd qazı (SO ₂) | 0.5 | 0.02 | 0.02 |
| Ammonyak (NH ₃) | 0.2 | 0.05 | 0.05 |
| Azot oksid (NO ₂) | 0.085 | 0.02 | 0.02 |
| Xlor (Cl ₂) | 0.1 | 0.025 | 0.025 |
| Hidrogen sulfid (H ₂ S) | 0.008 | 0.02 | 0.08 |
| Metanol | 1.0 | 0.2 | 0.2 |
| Benzol | 1.5 | 0.1 | 0.1 |
| Formaldehid | 0.035 | 0.02 | 0.02 |
| Tsikohexsan | 1.4 | 0.2 | 0.2 |
| Buxarlar (H ₂ SO ₄) | 0.3 | 0.1 | 0.1 |
| Karbon oksid | 3.0 | 4 000 | 3.0 |

Klassik molekulyar spektroskopiyanın tədqiqat obyektini molekullararası qarşılıqlı təsir qüvvələrinə məruz qalmayan ayrı – ayrı molekullardır. Tədqiq edilən molekul xarici elektromaqnit sahələrin və ətrafdakı zərrəciklərin sahələrinin təsirinə məruz qalır. Buna görə də spektr ayrı – ayrı molekulları deyil, molekul - ətraf mühit sistemini xarakterizə edir. Elektromaqnit şüaların zərrəciklərlə qarşılıqlı təsiri elastik və ya qeyri – elastik xarakterə malik ola bilər. Optik dalğa hadisələrinin əsasında dayanan elastik qarşılıqlı təsir elektromaqnit dalğalarının və ya enerji baxımından ekvivalent zərrəciklərin kinetik enerjisini

dəyişmədən istiqamətini dəyişməsinə səbəb olur. Qeyri – elastik qarşılıqlı təsir zamanı şüa ilə tədqiq edilən nümunənin molekulları arasında kvanto - optik proseslərin nəticəsində müəyyən dərəcədə enerji mübadiləsi baş verir. Bu enerji mübadiləsi elektromaqnit spektrinin məhdud bir hissəsində, müəyyən enerjili sahədə baş verir. Molekullararası qarşılıqlı təsir özünü molekulların spektrindəki dəyişikliklərdə büruzə verir və aşağıdakılara səbəb olur:

- Udulma və buraxma zolaqlarının yeri dəyişir
- Zolaqların forması dəyişir
- Yeni zolaqlar yaranır və ya zolaqlar itir.

Müasir laboratoriyalarda aşağıdakı ölçmə metodları tətbiq edilir:

Mikrodalğalı spektroskop metodu. Mikrodalğalı spektroskop metodunun tədqiqat sahəsi uzaq infraqırmızı və mikrodalğa diapazonunda yerləşir. Təsirlərin dəqiqliyi (obyektin ayrı – ayrı göstərilə bilən iki nöqtəsi arasındakı ən qısa məsafə) 10^{-8} sm^{-1} olduğuna görə kimyəvi birləşmələri, molekulların quruluşunu çox dəqiqliklə müəyyən etməyə imkan verir. Mikrodalğa spektrlərlə maddənin izotop tərkibinin də effektiv tədqiqi mümkündür. Mikrodalğalı spektroskop metodunun tətbiqini məhdudlaşdıran cəhət tədqiq edilən maddənin qaz halına gətirilməsi zərurəti və onun molekullarının normal vəziyyətdə sabit dipol momentinə malik olması tələbidir.

İnfraqırmızı spektrometr metodu. Buraxma, udma və əksolma spektrlərindən istifadə edərək molekullarda baş verən rəqs səviyyələri arasındakı keçidləri və fırlanma keçidlərini tədqiq edir. İnfraqırmızı spektrlərin analizi molekulların identifikasiyası ilə yanaşı, qarışıqları kəmiyyətcə də təhlil etməyə imkan verir.

Optik – akustik metodlar. Şüanın təsiri altında həyəcanlanan molekulların enerjisinin bir hissəsinin şüalanma ilə müşayiət olunmayan deaktivləşmə vasitəsi ilə

istilik enerjisinə çevrilməsi nəticəsində optik – akustik effekt yaranır. Səs tezliyində modulyasiya olunan infraqırmızı şüa axınının udulması absorbsiya gözündə (spektrofonda) pulslaşma yaradır.

Fluorensensiya metodu. Lüminessensləşmə hadisəsinin (maddi sistemlərin verilən temperaturda istilik şüalanmasının enerjisindən artıq enerji şüalandırması hadisəsi) fluorensensiya və fosforesensiya ilə məhdudlaşdırılması şərti xarakter daşıyır və qalığ işıqlanmanın müddəti ilə əlaqədardır.

Kimyəvi lüminessensiya (kimyəvi lüminessensiya) metodu. Kimyəvi lüminessensiya hadisəsi kimyəvi reaksiyaların nəticəsində yaranan maddələrə yenə həmin reaksiyadan yaranan digər maddələrdən və ya reaksiyada iştirak edən maddələrdən enerji ötürülməsi sayəsində meydana gələn işıqlanmadır.

Elektrokimyəvi metod. Bu qrupdan olan çeviricilərdə oksidləşmə - reduksiya reaksiyasından istifadə edilir.

Fotokalorimetr metodu. Bu metoddan istifadə edilən çeviricilərdə həssas elementin səthinin əksətmə xassəsi dəyişdirilir.

Kimyəvi lüminessensiya zamanı kimyəvi enerji birbaşa işıq enerjisinə çevrilir ki, bu da kimyəvi reaksiyaların ən elementar komponentlərini, molekulların quruluşunu, enerjinin reaksiya məhsulları arasında yenidən paylanma qaydasını tədqiq etməyə, reaksiyaların sürətini və reaksiyada iştirak edən maddələrin konsentrasiyasını müəyyənləşdirməyə imkan verir.

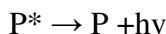
Maddənin qaz halında gedən reaksiyalarda kimyəvi lüminessensiyası sərbəst radikalın və atomların iştirakı ilə baş verən və istilik ayrılması ilə müşayiət olunan kimyəvi çevrilmələrdə özünü göstərir (məsələn, $\text{NO} + \text{O} \rightarrow \text{NO}_2$). Kimyəvi lüminessensiyanın intensivliyi maddənin kimyəvi tərkibi, molekulların quruluşu, energetik vəziyyət, eləcə də lüminessensiya effekti verən maddələrin, qatışıqların

mövcudluğu və temperatur, təzyiq kimi bir çox fiziki və kimyəvi amillərdən asılıdır. Kimyəvi lüminessensiyanın intensivliyi kimyəvi reaksiyanın sürəti ilə və hər baş verən reaksiyada buraxılan lüminessensiya kvantlarının sayı ilə düz mütənasibdir. Kimyəvi reaksiya əsnasında, reaksiyanı başlanan enerji ilə reaksiyanın nəticəsində ayrılan istiliyin cəmindən çox olmayan enerji şüalanır. Kimyəvi lüminessensiya prosesi iki mərhələdə gerçəkləşir: Birinci mərhələdə (həyəcanlanma mərhələsi) kimyəvi reaksiya nəticəsində enerjisi çox olan P zərrəcikləri (reaksiya məhsulu) yaranır. P zərrəciyi elə P* vəziyyətində olur ki, ondan şüalanma nəticəsində enerji ayrılır:



burada A və B-reaksiyaya girən maddələr; P*-reaksiya nəticəsində yaranan həyəcanlandırılmış reaksiya məhsulu; K və M -reaksiyanın digər məhsullarıdır.

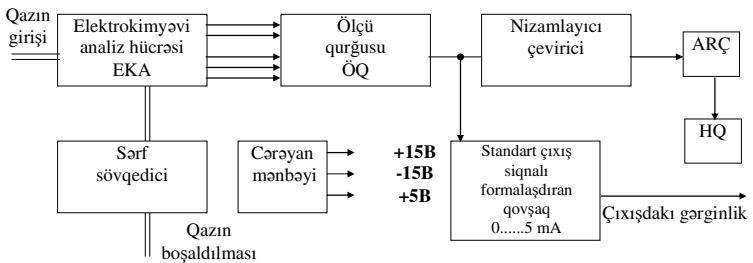
Kimyəvi lüminessensiyanın ikinci mərhələsində həyəcanlandırılmış reaksiya məhsulu P* foton buraxaraq normal P vəziyyətinə keçir:



Ölçmə vasitələri. Qazların tədqiqi üçün istehsal olunan müasir ölçmə cihazlarının tərkibində maddənin konsentrasiyasını elektrik kəmiyyətinə çevirən çeviricilər quraşdırılmış olur. Ölçü cihazları çıxışda normativlərə uyğun olaraq 0... 5 V diapazonunda gərginlik, 0 ...5 mA, 4 ... 20 mA diapazonunda cərəyan şiddəti verir və ya ardıcıl RS – 232, RS – 485 kanalları vasitəsi ilə məlumatları ötürən sistem interfeysinə malik olur.

Quruluş sxemi Şəkil 11.14 – də verilən qaz analizatoru elektrokimyəvi analiz metodu ilə işləyir. Cihazın ölçülməyən tərkib hissələrinə qarşı (kükürd dioksid,

hidrogen sulfid, azot oksidləri, metan) həssaslığı zəifdir. Cihaz ilkin (birinci) ölçmə çeviricisindən (elektrokimyəvi analiz hücrəsi, EKAH), ölçmə qurğusundan (ÖQ), sərf sövqedicisindən, standart çıxış signalı formalaşdırın qovşaqdan, analoq-rəqəmsal çeviricidən (ARÇ), sayğacdən (indikator,I) və cərəyan mənbəyindən ibarətdir. Sərf sövqedicisi tədqiq olunan hava qarışığının elektrokimyəvi analiz hücrəsindən keçməsinə təmin edir. Bunun nəticəsində onun çıxışındakı gərginlik tədqiq olunan qarışığın tərkibindəki karbon-oksidin miqdarı ilə düz mütənasib olaraq dəyişir. Qeyri – xəttilyi düzəldən və xətanın lazımı temperatur kompensasiyasını təmin edən ölçmə qurğusundan çıxan elektrik signalı, 0 ... 5mA diapazonunda standart çıxış signalı formalaşdırın qovşağın və nizamlayıcı (normativ qiymətə gətirən) çeviricinin girişinə verilir. Standartlaşdırılmış çıxış signalı bu cihazdan müxtəlif ölçmə sistemlərində istifadə olunmasına imkan verir. Nizamlayıcı çevirici ölçülən kəmiyyətin qiymətinə mütənasib olan signalı analoq - rəqəmsal çeviricisinin giriş signalı üçün nəzərdə tutulmuş diapazonuna daxil olan signalı çevirir. Analoq - rəqəmsal çeviricisi isə həmin signalı ölçülən kəmiyyətin müvafiq qiymətinə çevirərək indikatora verir.

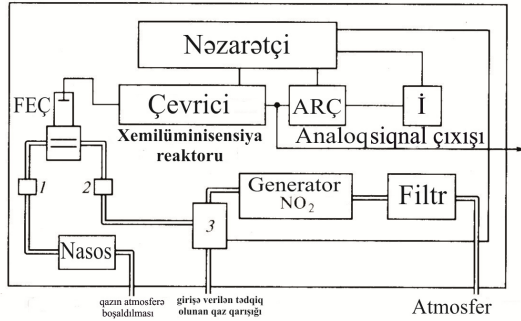


Şək. 11.14. Elektrokimyəvi çevirmə metodu ilə işləyən qaz analizatorunun sxemi

Şəkil 11.15-də iş prinsipi kimyəvi lüminessenssiyanın intensivliyinin ölçülməsinə əsaslanan, ölçülən kəmiyyətə

qarşı, onun qaz qarışığındakı miqdarına mütənasib qaydada selektiv həssaslıq göstərən qaz analizatorunun sxemi verilmişdir.

Şəkildəki mətnin soldan sağa və yuxarıdan aşağıya olmaqla tərcüməsi: qazın girişi; elektrokimyəvi analiz hücrəsi, EKAH; ölçmə qurğusu (ÖQ); nizamlayıcı çevirici; analoq – rəqəmsal çevirici (ARÇ); sərf sövqedicisi; cərəyan sövqedicisi; qazın boşaldılması; cərəyan mənbəyi; standart çıxış signalı formalaşdırın qovşaq.



Şək. 11.15. Kimyəvi lüminessensiya prinsipi ilə işləyən qaz analizatorunun sxemi:

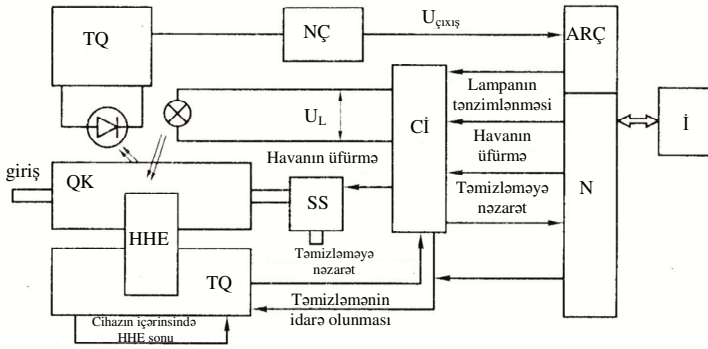
1, 2 – işıq tələləri; 3 – üçgediqli kran;

Şəkildəki mətnin soldan sağa və yuxarıdan aşağıya olmaqla tərcüməsi: fototelektron çoxaldıcı (FEC), çevirici, nizamlayıcı, analoq – rəqəmsal çevirici (ARÇ), indikator, xemilüminessent reaktor, analoq siqnal çıxışı, generator, filtr, nasos, qazın boşaldılması, girişə verilən tədqiq olunan qaz qarışığı, atmosfer

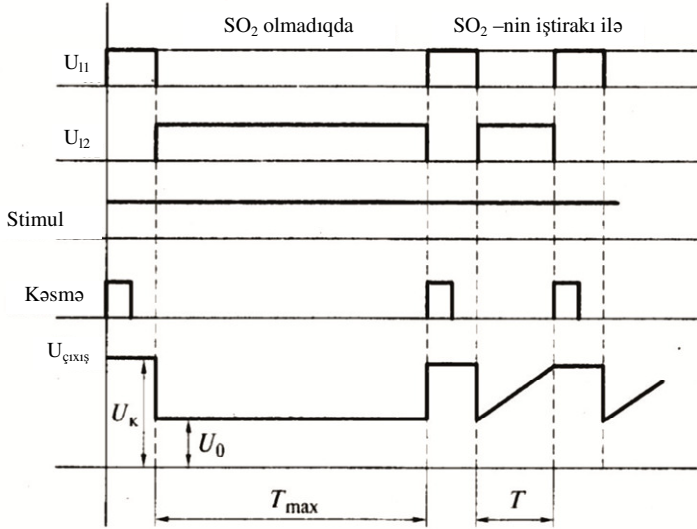
Cihaz kimyəvi lüminessent reaktordan (içərisində ölçülən tərkib hissəsinə qarşı həssas kompozisiya olan kamera), fototelektron çoxaldıcıdan (FEC), nizamlayıcı (normativ qiymətə gətirən) çeviricidən, analoq – rəqəmsal çeviricidən (ARÇ), nizamlayıcıdan, indikatorun, sərf sövqedicisindən (nasosdan), qazın kalibrlənmiş

konsentrasiyasını yaradan generatordan, filtdən, üçgediqli krandan (3) ibarətdir. Üçgediqli kran vasitəsi ilə tədqiq edilən qaz qarışığı və çevirmənin funksiyasının əyilmə bucağına düzəliş vermək üçün kalibrəmə generatorundan daxil olan kalibrəleyici qarışıq növbə ilə cihazın girişinə verilir.

Bəzi ölçü cihazlarında ölçülən qazın konsentrasiyası zaman intervalına çevrilir. Belə cihazlara qaz komparatorları deyilir. Həbşəkili həssas elementin köməyi ilə fotokalorimetrik metoddan istifadə olunan bu cihazın quruluş sxemi şəkil 11.16 – da verilmişdir.



Şək 11.16. Qaz komparatorunun quruluş sxemi: Giriş; lampanın tənzimlənməsi; havanın üfürülməsi; təmizləməyə nəzarət; təmizləmənin idarə olunması.



Şək 11.17. Qaz komparatorunun işini göstərən zaman diaqramı

Cihaz içərisində həbsəkilli həssas element (HHE, silindrik formada olub səthinin əksetmə xarakteristikası ölçülən qarışıqla təmas ettikdən sonra dəyişir) olan qaz kamerasından (QK), təmizləyici qurğudan (TQ), sərf sövqedicisindən (SSE), fotocərəyan (ışığın təsiri ilə yaranan cərəyan) gücləndiricisindən (CG), nizamlayıcı çeviricidən (NÇ), analoq – rəqəmsal çeviricidən (ARÇ), idarəetmə qurğusundan (İQ), nizamlayıcıdan (N) və indikatorndan (İ) ibarətdir. Cihazın fəaliyyətinin zaman ərzində necə gerçəkləşdiyini göstərən sxem şəkil 11.7-də verilmişdir. Ölçülən komponentin konsentrasiyasının qiyməti həssas elementin səthinin əksetmə qabiliyyətinin qiymətində normal diapazondakı dəyişikliyin baş verdiyi müddətə uyğunlaşdırılır (çıxış siqnalına çevrilir).

Çıxış siqnalının normativlərə uyğun (normal diapazonda) olaraq nisbi dəyişməsi işıqlandırma lampasına verilən cərəyanın stabilləşdirici gərginliyinin iki səviyyəsi

(U_{11} və U_{12}) ilə təmin edilir. U_{11} gərginliyi verildikdə çıxış siqnalının U_k səviyyəsi (bu səviyyəyə çatmaq üçün həssas element işıqın təsirinə məruz qalmalıdır), U_{12} gərginliyini verdikdə isə çıxış siqnalının U_0 səviyyəsi müəyyənləşir.

Ölçmə aşağıdakı ardıcılıqla gerçəkləşir:

- Sərf sövqedicisi işə salınır.
- Lampaya U_{11} gərginliyi verilir.
- Həbşəkilli həssas elementin işığa məruz qalan və fotometriya aparılan hissəsinin təzələnməsi.
- U_k siqnalının qeydə alınması və eyni anda həssas elementin işığa məruz qalma vaxtının sayılmağa başlanması.
- Lampaya U_{12} gərginliyi verilir.
- $U = U_k$ olduqda işıqın təsirinə məruz qalan vaxtın sayılması başa çatır və bundan sonra çıxış siqnalının qiyməti müşahidə edilir.
- C konsentrasiyasının (mq/m^3) aşağıdakı bərabərlik əsasında hesablanması:

$$C = A / T,$$

burada A-cihaza yerləşdirilən həssas elementin həssaslıq dərəcəsi, T-ışığın təsirinə məruz qalma vaxtı göstərir.

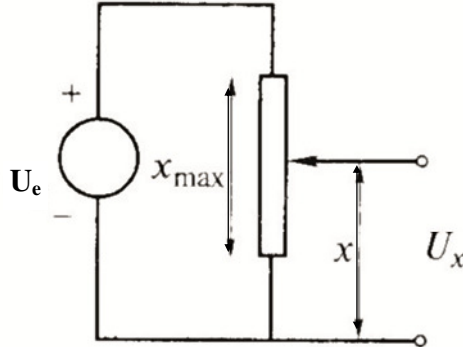
11.5. Yerdəyişmənin və mexaniki gərginliyin ölçülməsi

Yerdəyişməni ölçən ölçmə çeviriciləri sənayedə, səhiyyədə və digər texniki sahələrdə çox geniş yayılmışdır. Burada yerdəyişmə çeviricisi olaraq tenzovericilərdən, transformator vericilərdən, pyezoelektrik vericilərdən (statik təsirlərin ölçülməsi) istifadə olunur.

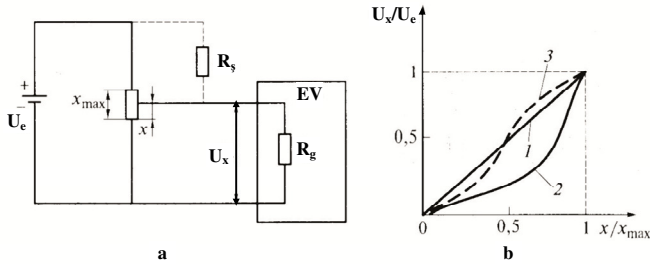
Məftilli, sürüşkən kontaktlı müqavimət potensiometri ən sadə və ən geniş yayılmış yerdəyişmə çeviricilərindəndir (şəkil 11.18). Çeviricinin mütəhərrik hissəsi hərəkət edən

obyektlə birləşdirilir və potensiometrin qalan hissəsi hərəkətsiz saxlanılır (bərkidilir). Xətti x yerdəyişməsi ilə çıxış siqnalı U_x arasında xətti asılılıq yaranır.

Çeviricinin müqavimətini ölçmək üçün ona cərəyan vermək və gərginlikdə baş verən azalmanı lazım olduğuna görə qeyri – xətilik xətası yarana bilər. Bu xəta gərginlik gücləndiricisinin girişdəki müqaviməti ilə tərs mütənəsibdir (şəkil 11.19).



Şək 11.18. Yerdəyişmə çeviricisi: U_c – cərəyanın gərginliyi; x_{max} – yerdəyişmənin maksimal qiyməti



Şək 11.19. Gərginlik gücləndiricisinin girişindəki müqavimətin ölçmənin nəticəsinə təsiri:

a-yerdəyişmə çeviricisinin qoşulma sxemi; b-qrafiki təsvir; EV – elektron voltmetr; R_g – gücləndiricinin elektrik müqaviməti; R_s – şuntun müqaviməti; 1 – ideal xətti asılılıq; 2 – şunt qoşulmamış asılılıq; 3 – şunt qoşulduqdan sonra

Bu xətanı, çeviricinin yuxarı qolunu, müqaviməti gərginlik gücləndiricisinin girişdəki müqavimətinə bərabər

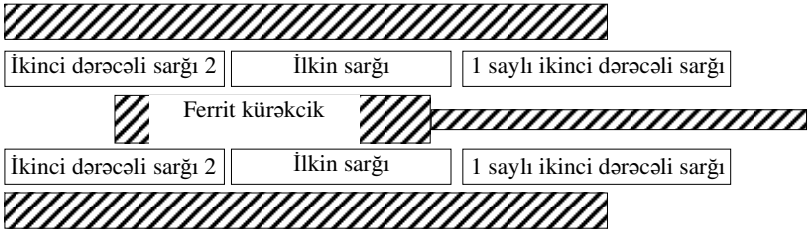
olan rezistorla şuntlayaraq azaltmaq olar. Bununla belə, qeyri – xəttilik nəticəsində yaranan xətanı ancaq diapazonun ortasında tamamilə aradan qaldırmaq mümkündür. Deməli, xətanı azaltmaq üçün ən yaxşı həll variantı olaraq girişində müqaviməti yüksək olan gücləndiricidən istifadə olunması, qeyri – xəttiliyin isə ölçü dövrəsinə hesablayıcı qurğu qoyaraq islah olunması təklif edilə bilər.

Mexaniki gərginliyin ölçülməsində tenzorezistordan istifadə edilir.

Deformasiya nəticəsində müqavimətin qiymətində baş verən nisbi dəyişmə, bir qayda olaraq, 1% - i keçmədiyi üçün burada daha vacib olan temperaturun təsirinin nəzərə alınmasıdır. Temperaturun dəyişməsi vericinin elektrik müqavimətinin dəyişməsi ilə nəticələnməklə yanaşı, vericinin materialı ilə ölçülən obyektin materialının temperaturdan asılı genişlənmə əmsalı arasındakı fərqdən qaynaqlanan deformasiyaya da səbəb olur. Temperaturun təsiri ilə yaranan xətanın kompensasiyası üçün ən effektiv üsullardan biri dörd aktiv tenzovericidən qurulmuş müvazinətli körpüdən istifadə olunmasıdır. Bu sxemi gerçəkləşdirmək mümkün olmasa bir aktiv tenzovericidən və ölçülən obyektə eyni temperatur şəraitində, lakin gərgin olmayan vəziyyətdə bərkidilmiş kompensasiya vericisindən istifadə edilə bilər.

Yerdəyişməni ölçmək üçün xətti diferensial transformatorlardan da istifadə edilə bilər (əlahiddə ürəkciyin (özəyin) yerdəyişməsi ilə düz mütənəsb olan çıxış signalı yaradan elektromexaniki qurğu). Bu transformatorlar bir ədəd birinci (ilkin) sarğıdan, silindrik gövdə üzərinə bir – birinə nəzərən simmetrik qaydada dolanmış iki ədəd ikinci dərəcəli sarğıdan ibarətdir. Sarğılarda içərisində sərbəst hərəkət edə bilən milşəkili maqnit ürəkciyi bu sarğıları maqnit seli vasitəsi ilə əlaqələndirir. Şəkil 11.20 – də xətti diferensial transformatorun (XDT) quruluş sxemi, şəkil 11.21 – də isə onun elektrik sxemi verilmişdir.

Maqnit ekran



Şək 11.20. Xətti diferensial transformatorun (XDT) quruluş sxemi
2 saylı ikinci dərəcəli sarğı; ilkin sarğı;
1 saylı ikinci dərəcəli sarğı; ferrit ürəkcik.

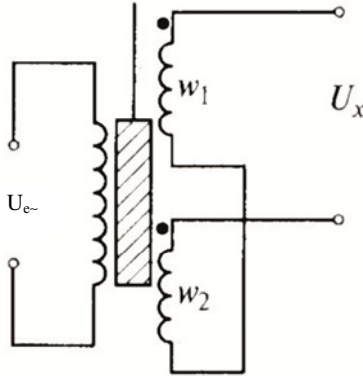
İlkin sarğı kənar dəyişən cərəyan mənbəyi tərəfindən həyəcanlandırıldıqdan (aktivləşdirildikdən) sonra hər iki ikinci dərəcəli sarğıda elektrik hərəkət qüvvəsi yaranır. İkinci dərəcəli sarğılar qarşılıqlı qoşulduğuna görə onlarda induksiyaalanmış e.h.q – lər əks qütblüdür. Ürəkcik mərkəzdə, yəni “sıfır” vəziyyətində olduqda çeviricinin yekun çıxış siqnalı bu iki əks qütblü e.h.q. – lərin fərqi, yəni sıfıra bərabərdir. Ürəkcik sıfır vəziyyətindən çıxaraq hərəkət etməyə başladığı zaman, ürəkcikin irəliləmə hərəkətinin trayektoriyası üzərindəki sarğıda e.h.q artmağa, arxada qalan sarğıda isə azalmağa başlayır. Nəticədə qiyməti ürəkcikin fəzadakı yerindən xətti asılı olan diferensial çıxış siqnalı yaranır. Mərkəzi vəziyyətə keçdikdə çıxış siqnalının fazası sıçrayışla (diskret olaraq) 180° dəyişir.

Xətti diferensial transformatorların xarakterik cəhətlərindən biri də onun kontaktsiz ürəkciyə malik elektrik transformatoru olmasıdır. Bu cəhət cihaza aşağıdakı üstünlükləri verir:

- Ölçmə əsnasında ürəkcikin hərəkətinə müqavimət göstərən sürtünmə qüvvəsi yaranmır, çünki hərəkət edən ürəkciklə sarğı mexaniki cəhətdən bir – biri ilə təmas etmir. Yəni bu transformatorlardan sürtünmədən

qaynaqlanan əlavə yüklənməyə yol verilməyən ölçmələrdə istifadə etmək olar.

- İstismar müddəti sonsuzdur. Ürəkciqlə sarğuların bir – biri ilə təmas etməməsi mexaniki aşınmanı sifira endirir.
- Yüksək həssaslıq. Sürtünmə olmaması və iş prinsipinin induksiya hadisəsinə əsaslanması ürəkciyin ən kiçik yerdəyişməsində belə çıxış siqnalı əldə etmək mümkündür
- Ürəkciyin sıfır vəziyyətinin stabilliyi. Bu stabilliyi transformatorun konstruksiyasının simmetrikliliyi və deformasiyaların olmaması təmin edir.
- Girişlə çıxışın qalvanik izolyasiyası.
- Ölçmələrdə kifayət səviyyədə xəttliliyi təmin edir (qeyri – xəttlilik diapazonun 0.25 % - ini keçmir.



Şək 11.21 Xətti diferensial transformatorun elektrik sxemi.

BÖLMƏ IV
STANDARTLAŞDIRMA VƏ
SERTİFİKATLAŞDIRMANIN ƏSASLARI
Fəsil 12
STANDARTLAŞDIRMA VƏ
SERTİFİKATLAŞDIRMANIN MƏQSƏDLƏRİ

Hazırda istənilən təşkilatın rəqabət qabiliyyəti ilk növbədə onun buraxdığı məhsulun keyfiyyəti və istehlakçının ödədiyi qiymətdən asılıdır. Menecmentin beynəlxalq terminologiyasında xidmətin keyfiyyətinə də elə buna uyğun olaraq tərif verilir.

Qeyd edək ki, hələ XX əsrin 60-cı illərindəki biznesin əsasını bu bərabərlik təşkil edirdi:

$$\text{İstehsal xərcləri} + \text{Arzu olunan gəlir (mənfəət)} = \text{Məhsulun qiyməti}$$

Bir sıra səbəblərdən, o vaxtlar istehsalçılar məhsula qoyduğu qiymətləri alıcılara diqtə edə bilirdilər. Bazar mexanizmi istehlakçıların tələblərini ödəyən yüksək keyfiyyətli məhsulun satışından arzu olunan mənfəəti əldə etməyə hələ imkan yaradırdı. Layihələndirmə və istehsalın əlavə xərcləri istehsalçının başlıca qayğısı deyildi, mövcud

bazar isə *istehsalçı bazarı* olaraq qiyməti istehsalçının istədiyi səviyyədə saxlamağa imkan verirdi.

XX əsrin 70-ci illərindən vəziyyət dəyişməyə başladı və artıq 90-cı illərdə biznesin uğurlu ifadəsi transformasiya edərək belə şəkil aldı:

Məhsulun qiyməti – İstehsal xərcləri = Mənfəət

Bu gün bazar səmtini dəyişmiş və başlıca olaraq istehlakçıların ehtiyac və arzularının ödənilməsinə yönəlmişdir. Hətta, qeyd etmək olar ki, istehsalçı bazarı istehlakçı bazarına çevrilmişdir.

Bu şəraitdə istehsalçının uğuru istehlakçının ehtiyaclarına adekvat reaksiyasının sürətindən asılıdır. Məhz bu sürət təyin edir ki, bazarda kim liderdir, kim isə daha az uğurludur...

Sürət isə yüksək keyfiyyətli məhsul istehsalının minimal xərclərini və deməli, istehlakçı üçün minimal qiymətləri təmin edən, istehsalçının yaxşıca planlaşdırdığı məqsədlərin praktiki reallaşdırılması müddətindən asılıdır.

Hazırda (və yəqin ki, uzaq gələcəkdə də) keyfiyyətin ən səmərəli işçi modeli Keyfiyyətin Ümumi İdarəedilməsidir (Total Quality Management). Əgər təşkilat keyfiyyətin müasir işçi modelini rəqibdən daha tez tətbiq etməyə qadirdirsə, onun rəqabət sürəti yaranır və deməli, bu

təşkilatla onun rəqibi arasında məsafə artır. Beləliklə, təşkilatın rəqabət qabiliyyətinin əsasını keyfiyyət təşkil edir, özü də, biz sonralar görəcəyik ki, bu, təkcə buraxılan məhsulun keyfiyyəti deyil.

“Keyfiyyət” termininin induktiv anlamı aldadıcıdır və gələcəkdə səhvlərdən qaçmaq üçün bu sahədə beynəlxalq terminologiya ilə tanış olmağa dəyər. Keyfiyyət sahəsində terminlərin beynəlxalq standartına (İSO 9000:2000) uyğun olaraq *keyfiyyət* məhsula məxsus xarakteristikaların tələblərə uyğunluq dərəcəsi kimi müəyyən edilmişdir.

Bu tərifdə “keyfiyyət” terminində üç əsas komponent vardır: xarakteristikalar, tələblər və uyğunluq dərəcəsi. Bunlar Rusiya iqtisadiyyatında metrologiya, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma kimi fundamental aspektləri bir vəhdətdə birləşdirmək məqsədi daşıyır.

Bu əsas anlayışlar arasında qarşılıqlı əlaqələr daha təfərrüatı ilə aşağıdakı tərzdə ifadə olunur:

- **Tələblər.** Bunlar standartlaşdırma ilə əlaqədardır və məcburi qayda, norma və tələblərin müəyyən edilməsi üzrə planlı fəaliyyət kimi təyin olunur və aşağıdakıların təmin edilməsini nəzərdə tutur:

-ətraf mühit, insanın həyatı, sağlamlığı və əmlakı üçün məhsul, iş və xidmətlərin təhlükəsizliyi;

-məhsulun texniki informasiya uyğunluğu və qarşılıqlı əvəzolunması;

-elm, texnika və texnologiyaların inkişaf səviyyəsinə uyğun olaraq məhsul, iş və xidmətlərin keyfiyyəti;

-“Ölçmələrin vəhdəti haqqında” qanunla hüquqi və digər əsasları tənzimlənən ölçmələrin vəhdəti;

-təbii, texnogen qəzalar və digər fəvqəladə halların yaranması riskini nəzərə almaqla təsərrüfat obyektlərinin təhlükəsizliyi;

-ölkənin müdafiə qabiliyyəti və səfərbərliyə hazırlığı.

Standartlaşdırma üzrə işlərin nəticəsi olaraq müvafiq standart qəbul edilir.

Bu kitabın 13-cü fəslində standartlaşdırmanın dövlət sistemi, standartlaşdırmanın əsas prinsipləri, standartlaşdırma üzrə normativ sənədlər və onların tətbiqi, standartlaşdırma sahəsində beynəlxalq əməkdaşlıq, standartlaşdırma üzrə beynəlxalq təşkilatlar və məhsulun keyfiyyətinə dair müfəssəl məlumatlar verilmişdir;

- **Uyğunluq dərəcəsi.** Məhsulun və ya digər obyektlərin, istismarı, saxlanması, nəqli, satışı və utilləşdirilməsi, yerinə yetirilən işlərin və göstərilən xidmətlərin texniki rəqlamentlərin tələblərinə, standartların müddəalarına,

müqavilələrin şərtlərinə və tələblərinə uyğunluğunu sənədli müəyyən edən uyğunluğun təsdiqi üzrə fəaliyyətin nəticəsidir.

Bununla yanaşı sertifikatlaşdırma – sertifikatlaşdırma orqanı tərəfindən həyata keçirilən obyektlərin texniki rəqlamentlərin tələblərinə, standartların müddəalarına və ya müqavilələrin şərtlərinə uyğunluğunun təsdiqinin formalarından biridir.

Sertifikatlaşdırma və uyğunluğun təsdiqi üzrə fəaliyyət haqqında bu kitabın 14-cü fəslində geniş danışılır. Rusiyada və digər xarici ölkələrdə sertifikatlaşdırmanın təşkilati-metodik prinsipləri təhlil edilir, həmçinin bu sahədə beynəlxalq və regional təşkilatların fəaliyyətindən bəhs edilir. Sertifikatlaşdırma orqanları və sınaq laboratoriyalarına aid olan akkreditləşdirmə məsələləri də işıqlandırılır.

Metrologiya, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırmanın sıx əlaqələrini ölçmələrin dövlət sisteminin (ÖDS) təmsalında göstərmək olar. ÖDS-nin əsas obyektləri aşağıdakılardır:

- fiziki kəmiyyətlərin vahidləri;
- dövlət etalonları və dövlət, idarə və lokal (yerli) yoxlama sistemlərinin qurulmasının prinsipləri;

- ölçmə vasitələrinin (ÖV) metroloji xarakteristikalarının normalaşdırılması, təyini və nəzarəti;
- ölmələrin nəticələrinin xətalərinin xarakteristikaları, qiymətləndirmə üsulları, ölçmə nəticələri və onların xətalərinin ifadə və formaları;
- ölmələrin yerinə yetirilməsi metodikaları;
- ölçmə vasitələrinin metroloji təminatının vəziyyətinin qiymətləndirilməsi, habelə ölçmə vasitələri və onların metroloji təminatına dövlət və idarə metroloji nəzarəti və yoxlanması;
- ölçmə vasitələrinin, onların konstruktor və texnoloji sənədlərinin işlənməsinə texniki tapşırıqların layihələrinin metroloji ekspertizasının aparılması;
- ölçmə vasitələrinin tipinin təsdiqi və metroloji attestasiyası məqsədilə dövlət sınaqlarının aparılmasının təşkili və qaydaları;
- ölçmə vasitələrinin yoxlanılması;
- maddələrin və materialların xassələrinə dair məlum aktların təqdim edilməsinin dürüstlüyünün qiymətləndirilməsinin metodikaları və formaları;
- standart sorğu məlumatları;
- maddə və materialların standart nümunələrinin tərkib və xassələrinə tələblər;

-dövlət və idarə metroloji xidmətlərinin strukturu, funksiyaları və vəzifələri;

-metrologiya sahəsində termin və təriflər.

Texniki vasitələri və metroloji fəaliyyətin əsas növlərini özündə birləşdirən standartlaşdırmanın sadalanan obyektləri onları reqlamentləşdirən normativ-texniki sənədlərlə (NTS) birlikdə metroloji təminatın (MT) qanunverici, hüquqi və ya normativ-texniki əsasını təşkil edir və hamısı birlikdə ölkədə ölçmələrin vəhdətini təmin edən bir sıra sistemləri formalaşdırır.

Onların sırasından aşağıdakı sistemləri ayırd etmək olar:

-fiziki kəmiyyətlərin vahidlərinin etalonları;

-fiziki kəmiyyətlərin vahidlərinin ölçülərinin etalonlardan bütün işçi ölçmə vasitələrinə ötürülməsi;

-işçi ölçmə vasitələrinin işlənməsi, istehsala qoyulması və tədavülə buraxılması;

-tiplərini təsdiqləmək məqsədilə ölçmə vasitələrinin məcburi dövlət sınaqları;

-ölçmə vasitələrinin məcburi dövlət və idarə yoxlanması;

Son iki sistem mahiyyətinə görə ölçmə vasitələrinin müəyyən edilmiş tələblərə uyğunluğunu təsdiq edir və (və ya) onu yaradan istehsal proseslərinin attestasiyası, onların sınaqlarının nəticələri əsasında həyata keçirilir. Belə

sınaqları ölçmə vasitələrinin geniş tətbiqi olmadan keçirmək mümkün deyil.

Ölçmə vasitələrinin metroloji vəziyyətindən sınaqların nəticələri asılı olur, bu nəticələr əsasında həm məhsulun, həm də proseslərin müəyyən edilmiş tələblərə uyğunluğu haqqında qərar qəbul edilir. Beləliklə, burada da metrologiya, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma arasındakı sıx əlaqələr müşahidə edilir.

Fəsil 13
STANDARTLAŞDIRMANIN
ƏSASLARI

13.1. Ümumi xarakteristika

İnsan cəmiyyəti standartlaşdırma ilə daha qədim zamanlardan məşğul olmağa başlamışdır. Beləki, yazılı abidələrin ən azı 6 min il yaşı vardır və son tapıntılara görə onların Şumer və ya Misirdə yarandığı güman edilir. İşarə, piktoqram və digər yazı formalarına standartlaşdırmanın ilk nümunələri kimi baxmaq olar.

Məsələn, rəqəmlər Vavilyonda hələ 4 min ilə qədər bundan əvvəl meydana gəlmişdir. Not yazısı da qədim normalaşdırılmış dildir. O, b.e.ə. 200-cü illərdə Yunanıstanda yaranmışdır.

Şəhər və kəndlərin simvolik işarələrindən ibarət xəritələr Çində hələ b.e.ə. 206-cı ildə məlum olmuşdur. Çap işi isə b.e.ə. 1700-1600-cü illərdə Festenin sarayında gildən olan cədvəllərdə qeydə alınmışdır.

Çinin imperatoru Şin Sıxuandi (b.e.ə. 259-210-cü illər) vergiləri yığmağı sadələşdirmək üçün bütün çəki daşlarını, ölçüləri və pulları eyni cür buraxmışdı. İmperator ieroqliflərin yazılışını unifikasiya etmiş, hətta yollarda vahid

aşırımını təmin etmək üçün arabalarda oxun uzunluğunu eyni müəyyən etmişdi.

Ölçmələr sənəti isə hələ təxminən 7 min il əvvəl Qədim Misirdə məlum idi. Misir ehramlarında (qəbirlərində) uzunluq etalonları tapılmışdır, piramidaların tikintisində isə 52,6 sm-ə yaxın uzunluğa malik “çar arşını” tətbiq olunmuşdur. B.e.ə. XVIII əsrdə Vavilyonda çar Xammurani çəki və ölçülərin müəyyən edilməsinə dair bir qanun vermişdir.

Həcmnin ölçüsü də xeyli erkən normalaşdırılmışdır. Məsələn, qədim romalılar “konrius” adlanan standart ölçünü istifadə edirdilər, o altı sekstariyə (bir sekstar təxminən **pintə** bərabərdir) bərabər idi. Səkkiz *konrius bir amforanı* təşkil edirdi.

Vaxtın da ölçülməsinin tarixi və standartlaşdırılma nümunələri çox qədimdən, ən azı vavilyonlar dövründən məlum olmuşdur. Çində artıq b.e.ə. V əsrdə 365,25 günü olan təqvim qəbul olunmuşdu.

Türkiyədə Çatal-Huyuk şəhərinin tikintisində (b.e.ə. 6-7 min il) standart ölçüləri (8x16x32 sm) olan kərpiclər istifadə edilmişdir.

İntibah dövründə dövlətlər arasında iqtisadi əlaqələrin inkişafı nəticəsində standartlaşdırmanın müxtəlif

metodlarının geniş istifadəsinə başladılar. Belə ki, Venetsiyada böyük miqdarda gəmilərin tikilməsi zərurəti ilə əlaqədar olaraq pilləkanları əvvəldən hazırlanmış detal və hissələrdən yığmağa (burada unifikasiya metodu istifadə olunmuşdur) başladılar.

Maşın istehsalına keçid dövründə standartlaşdırma sahəsində böyük nailiyyətlər qazanılmışdır. Fransız kimyaçı-texnoloqu N. Leblan 1785-ci ildə 50 silah kilidi yaratmışdı, onların hər biri eyni zamanda hazırlanmış istənilən silah üçün heç bir ilkin yonma olmadan yararlı idi. Bu, qarşılıqlı əvəzetmənin və uyğunluğun gözəl nümunəsidir.

Almaniyada kütləvi istehsala kömək məqsədilə kralın silah zavodunda silaha müəyyən standart həsr edilmişdi. Bu standarta görə silahın kalibri 13,9 mm təyin edilmişdi. 1845-ci ildə İngiltərədə bərkidici yivlərin sistemi, Almaniyada isə dəmir yolun eni standartlaşdırılmışdı.

Beynəlxalq büronun 1875-ci ildə 19 dövlətin nümayəndələrinin iştirakı ilə təsis edilməsini Beynəlxalq standartlaşdırmanın başlanğıcı hesab etmək olar.

Rusiyada standartlar haqqında ilk məlumatlar İvan Qroznunun hakimiyyəti dövrünə (XVI əsr) təsadüf edir,

məhz o vaxt top mərmilərini ölçmək üçün standart kalibrlər – *krujal* (dairə) qəbul edilmişdi.

I Pyotr digər ölkələrlə ticarəti genişləndirməyə çalışaraq, nəinki ölkə mallarının keyfiyyətinə xarici bazarların yüksək tələblərini nəzərə alan yeni texniki şərtlər irəli sürdü, eləcə də Peterburq və Arxangelskdə dövlət komissiyası təşkil etdi. Bu komissiyaya Rusiyadan ixrac edilən bütün məhsulların (ağac, parça, xammal, material və ya hazır məmulat) keyfiyyətinin yoxlanılması tapşırılmışdır.

Geniş miqyasda dövlət standartlaşdırma tədbirləri Sovet hakimiyyəti dövründə həyata keçirilmişdir. 1918-ci ildə V. Lenin “Ölçü və çəkilər üzrə Beynəlxalq metrik sisteminin qüvvəyə minməsi” haqqında Xalq Komissarları Sovetinin (XKS) dekretini imzaladı.

1923-cü ildə XKS yanında Standartlaşdırma üzrə Büro yaradıldı və ona standartlaşdırma üzrə rəhbər orqanın təşkilinə dair təkliflərini hazırlamaq tapşırıldı. 1925-ci ildə SSRİ Əmək və Müdafiə Şurası (ƏMŞ) yanında Standartlaşdırma Komitəsi təşkil olundu və SSRİ-də dövlət standartlaşdırma sistemi qüvvəyə mindi. Dövlət Komitəsinin ilk sədri V.V. Kuybışev təyin olundu.

1926-cı ildə “Buğda Selektiv sortları. Nomenklaturası” adlı ilk ümumittifaq standartı təsdiq

olundu. Sonrakı üç ildə XKS yanında Standartlaşdırma Komitəsi 300-dən çox standart təsdiq etdi. 1930-cu ildə isə məhsulun keyfiyyətinə görə cavabdehlik məsuliyyəti müəyyən edildi.

1929-1932-cı illər dövründə SSRİ-də 4500-dən çox standart təsdiq edildi, onların əksəriyyəti ağır sənaye sahələrinə aid idi. 1940-cı ildə SSRİ XKS-in qərarı ilə Dövlət Standartları (ГОСТ) kateqoriyaları qüvvəyə mindi. İkinci beşilliyin əvvəlindən bəri artıq 8600 ГОСТ işlənmiş və təsdiq olunmuşdu. Məhz bunlar SSRİ sənayesini ağır müharibə şəraitinə hazırlamışdır.

Müharibə dövrü və müharibədən sonrakı beşilliklərin (1941-1965) standartları məmulatların tipləri, markaları, növləri və ölçülərinin ixtisar edilməsini nəzərdə tuturdu. Bu isə cəbhə və xalq təsərrüfatının bərpası üçün məhsul buraxılışının xeyli sürətləndirilməsini şərtləndirirdi. Təkcə müharibənin birinci ilində ölkənin resurslarını səfərbər etməyə imkan verən 2200 yeni standart təsdiq olunmuşdu.

1954-cü ildə SSRİ Nazirlər Soveti yanında Standartlar, ölçülər və ölçü cihazları Komitəsi təşkil olundu və bununla da ölkədə standartlaşdırma və metrologiyaya vahid rəhbərlik təmin edildi. 1970-ci ildə bu Komitə SSRİ

Nazirlər Sovetinin Standartlar üzrə Dövlət Komitəsinə çevrildi.

1968-ci ildə “Dövlət Standartlaşdırma Sistemi” (DSS) dövlət standartları kompleksi işləndi və təsdiq edildi. GOCT 1.0–68-ə uyğun olaraq standartların dörd kateqoriyası müəyyən edildi: SSRİ dövlət standartı (GOCT), respublika standartı (RST), sahə standartı (SST) və müəssisə standartı (MST).

Standartlaşmanın inkişafına əhəmiyyətli töhfə Qarşılıqlı İqtisadi Yardım Şurası (QİYŞ) tərəfindən verilmişdir. 1962-ci ildə QİYŞ təşkilatı çərçivəsində Standartlaşdırma üzrə Daimi Komissiya (SDK) və Standartlaşdırma İnstitutu yaradılmışdı.

SDK-nın yaradılması QİYŞ ölkələrində standartlaşdırma üzrə tam miqyaslı işlərin aparılmasında dönüş nöqtəsi oldu. QİYŞ-ə üzv olan ölkələrin sosialist inteqrasiyası proqramının vacib bir elementi kimi standartlaşdırma və metodologiya üzrə çoxtərəfli əməkdaşlığın daimi təşkilatı əsası yaradıldı.

21 iyun 1974-cü ildə QİYŞ növbəti sessiyasının iclasında Qarşılıqlı İqtisadi Yardım Şurasının müstəqil standartlar sistemi təsdiq edildi. Bundan sonrakı illərdə isə QİYŞ-in ümumtexniki baza standartları sistemi yaradıldı.

Məhz bu dövrdə QİYŞ-in layihə – konstruktor sənədlərinin vahid sistemi, müsaidə və oturtmaların vahid sistemi yaradıldı və tətbiq olundu.

QİYŞ-in ümumtexniki standartlar sisteminin yaradılması standartların işlənməsi üçün əsas verdi. Bu dövrdə kənd təsərrüfatı maşınqayırması, konteyner – nəqliyyat sistemləri, yükləmə – boşaltma və ambarlama işlərinin mexanikləşdirilməsi vasitələri, yüksək təzyiqliq tutumları, yanacaq nasosları, yayma boruları və s. üçün standartlar işləndi və qüvvəyə mindi.

1 yanvar 1985-ci ildə artıq QİYŞ-in 5000-dən çox standartı təsdiq olunmuşdur, onlardan 800-ü ümumtexniki xarakterli, 1100-dən çox standart maşınqayırma emalı sənayesi məhsuluna, 400-ə yaxın standart elektrotexnika məmulatına, 200-ə yaxın standart işə yüngül və yeyinti sənayesi və digər sahələrə aid idi.

1974-cü ildə QİYŞ standartlarının QİYŞ ölkələrində istifadəsinin məcburiliyi haqqında Konvensiya qəbul edildi.

QİYŞ çərçivəsində standartlaşdırma zamanı kompleks standartlaşdırmaya böyük diqqət yetirilirdi. **Kompleks standartlaşdırma** dedikdə həm standartlaşdırma obyektinə bütövlükdə, həm də onun əsas elementlərinə

QiYŞ standartlarında olan qarşılıqlı əlaqəli tələblərin məqsədyönlü və planlı müəyyən edilməsi başa düşülürdü.

SSRİ dağıldıqdan sonra MDB dövlətlərinin hökumətləri standartlaşdırma sahəsində razılaşdırılmış texniki siyasətin aparılmasını zəruri hesab edərək 13 mart 1992-ci ildə standartlaşdırma, metrologiya və sertifikatlaşdırma sahəsində **Siyasət haqqında Müqavilə** imzaladılar.

Bu Müqaviləyə uyğun olaraq metrologiya, standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma üzrə Dövlətlərarası Şura yaradıldı və ona dövlətlərarası səviyyədə standartlaşdırma üzrə (həmçinin metrologiya və sertifikatlaşdırma üzrə) işlərin təşkili və koordinasiyası tapşırıldı.

8 oktyabr 1996-cı ildə “Standartlaşdırma haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanunu qəbul edildi.

Bu qanun standartlaşdırma üzrə normativ sənədlərin işlənməsi və tətbiqi vasitəsilə istehlakçıların maraqlarının dövlət müdafiəsi tədbirlərini müəyyən edirdi.

Bu Qanun çox böyük sosial-iqtisadi əhəmiyyət daşıyır, çünki xalq istehlakı malları da daxil olmaqla məhsula, məhsulun hazırlanması ilə əlaqədar proseslərə tələblərin dövlət tənzimlənməsi qaydalarının müəyyən

edilməsinə, həmçinin istehlakçıların maraqlarının, iş və xidmətlərə tələblərin təmin edilməsinə istiqamətlənmişdir.

Digər tərəfdən, Qanun iqtisadiyyatın daha da demokratikləşdirilməsini, sahibkarların icra hakimiyyəti orqanlarının xırda qəyyumçuluqdan azad olunması, bu vacib fəaliyyət sahəsində hüquqi tənzimləmə səviyyəsinin kardinal şəkildə yüksəldilməsinə şərait yaradırdı.

Qanun bu sahədə inkişaf etmiş bazar iqtisadiyyatı ölkələrinin iş təcrübəsinə, Ümumdünya Ticarət Təşkilatı (ÜTT) da daxil olmaqla beynəlxalq iqtisadi təşkilatların tələblərinə tam uyğun hazırlanmışdır. Bu isə dünya iqtisadi prosesinə Azərbaycanın inteqrasiya etməsi üçün çox vacib bir şərtidir.

Qanun inqilabi xarakter daşıyır və məhsula (işlərə, xidmətlərə), onun istehsal proseslərinə və istifadəsinə qoyulan tələblərin tənzimlənməsi sahəsində iqtisadiyyatın inzibati idarə edilməsinin aradan qaldırılmasına yönəlmişdir.

Bu Qanuna görə normativ sənədləşmə sahəsində dövlət normalaşdırmasının prinsipial yeni sistemi müəyyən edilir, standartlaşdırma və standartların rolu və əhəmiyyəti dəyişir, bir çox anlayışlara aydınlıq gətirilir.

Dövlət nəzarətinin təşkili də daxil olmaqla, bu sahədə müxtəlif institutların fəaliyyətinin qaydaları

dəqiqləşdirilir, işlərin aparılması və xidmətlərin göstərilməsinə tələblərin müəyyənləşdirilməsi qaydası köklü surətdə dəyişir.

Qanun Azərbaycan Respublikasının kompleks qanunverici aktıdır və Azərbaycanın Konstitusiyası əsasında ən yüksək ali hüquqi səviyyədə **aşağıdakıları** müəyyən edir:

-məhsula, onun istehsal proseslərinə, istismarına (istifadəsinə), saxlanmasına, daşınmasına, satışına və utilləşdirilməsinə ümumməcburi dövlət tələblərinin işlənməsi, qəbulu, tətbiqi və icrası qaydalarını;

-həmin prosedurların və qeyri-məcburi tələblərin göstərilən obyektlərə, habelə işlərə və xidmətlərə tətbiq edilməsi qaydalarını;

-tənzimlənən obyektlərə müvafiq tələbləri özündə ehtiva edən normativ və tövsiyə edici aktlarını;

-tənzimlənən obyektlərin məcburi və ya qeyri-məcburi tələblərə uyğunluğunun təsdiqi qaydasını;

-tənzimlənən obyektlərə ümumməcburi tələblərin yerinə yetirilməsinə dövlət nəzarətinin (yoxlanmasının) təşkili və həyata keçirilməsi qaydasını;

-tənzimlənən sahədə informasiya təminatı və işlərin maliyyələşdirilməsi qaydalarını.

13.2. Texniki tənzimləmə

“Texniki tənzimləmə haqqında” Qanunun terminologiya bölməsində texniki tənzimləmə məhsula, istehsal proseslərinə, istismara, saxlanmaya, daşınmaya, satışı və utilləşdirməyə qoyulan məcburi və tövsiyə xarakterli tələblərin müəyyənləşdirilməsi, tətbiqi və icrası sahəsində münasibətlərin hüquqi tənzimlənməsi kimi təyin olunmuşdur.

Texniki tənzimləmə həmin prosedurların tənzimlənən obyektlərə könüllü tələblərin yerinə yetirilməsini, habelə görülən işlər və göstərilən xidmətlərin normativ sənədlərdəki normalara uyğunluğunun qiymətləndirilməsi sahəsində münasibətlərin hüquqi tənzimlənməsini nəzərdə tutur.

Ümumi texniki rəqlamentlərdə istənilən növ buraxılan məhsul, istehsal prosesləri, istismar və utilləşdirmə, o cümlədən yanğın təhlükəsizliyi, sanitar və epidemioloji təhlükəsizlik, ekoloji təhlükəsizlik və digər sahələrdə tətbiqi və riayət edilməsi məcburi olan tələblər nəzərdə tutulur.

Xüsusi texniki rəqlamentlərdə ayrı-ayrı fəaliyyət və ya məhsul növlərinin texniki və digər xüsusiyyətlərini nəzərə alan tələblər irəli sürülür.

“Texniki tənzimləmə” haqqında Qanun iştirakçılarının **hüquq və vəzifələrini** aşağıdakı münasibətlərdə tənzimləyir:

-məhsula, istehsal proseslərinə, istismara, saxlanmaya, daşınmaya, satışı və utilləşdirməyə qoyulan məcburi tələblərin işlənməsi, qəbulu, tətbiqi və icrası zamanı;

-məhsula, istehsal proseslərinə, istismara, saxlanmaya, daşınmaya, satışı və utilləşdirməyə, işlərin yerinə yetirilməsi və xidmətlərinin göstərilməsinə könüllülük əsasında tələblərin işlənməsi, qəbulu, tətbiqi və icrası zamanı;

-uyğunluğun qiymətləndirilməsi zamanı.

Bu Qanunun müddəaları dövlət təhsil standartlarına, mühasibat uçotu haqqında Əsasnaməyə (standartlara), audit fəaliyyəti qaydalarına (standartlarına), qiymətli kağızların emissiyası və qiymətli kağızların emissiya prospektlərinin standartlarına şamil edilmir.

Fərqli anlaşmanı aradan qaldırmaq üçün Qanunun 2-ci maddəsində bu qanunda istifadə olunan əsas anlayışlar, terminlər və təriflər verilmişdir.

Müdafiə təyinatlı məhsula (iş və ya xidmətlərə) və məlumatları dövlət sirri ilə əlaqədar olan məhsula (iş və ya xidmətlərə) dair texniki tənzimləmənin xüsusiyyətləri rəqlamentə uyğun olaraq xüsusi şərtlər kimi ayrıca şərh edilir.

Texniki tənzimləmə **aşağıdakı prinsiplərə** uyğun olaraq həyata keçirilir:

-məhsula, istehsal proseslərinə, istismara, saxlanmaya, daşınmaya, satışı və utilləşdirməyə, işlərin yerinə yetirilməsi və xidmətlərin göstərilməsinə, tələblərin müəyyən edilməsinin vahid qaydalarının tətbiqi;

-texniki tənzimləmənin milli iqtisadiyyatın inkişaf səviyyəsinə, maddi-texniki bazanın inkişafına, həmçinin elmi-texniki inkişafın səviyyəsinə uyğunluğu;

-akkreditləşdirmə üzrə orqanların, sertifikatlaşdırma üzrə orqanların istehsalçılardan, satıcılardan, icraçılardan və alıcılardan qeyri-asılılığı;

-akkreditləşdirmənin vahid sistemi və qaydaları;

-uyğunluğun məcburi qiymətləndirilməsi prosedurunun aparılması zamanı tədqiqatların (sınaqların) və ölçmələrin qayda və metodlarının vəhdəti;

-sövdələşmələrin növləri və xüsusiyyətlərindən asılı olmayaraq, texniki rəqlamentlərin tələblərinin tətbiqinin vəhdəti;

-akkreditləşdirmənin və sertifikatlaşdırmanın həyata keçirilməsi zamanı rəqabətin məhdudlaşdırılmasının yolverilməməzliyi;

-dövlət nəzarəti (təftişi) orqanı və sertifikatlaşdırma üzrə orqanın səlahiyyətlərinin birləşdirilməsinin yolverilməməzliyi;

-akkreditləşdirmə və sertifikatlaşdırma səlahiyyətlərinin bir orqanda cəmləşməsinin yolverilməməzliyi;

-texniki rəqlamentlərin tələblərinin yerinə yetirilməsinə dövlət nəzarətinin (təftişinin) büdcədənənar maliyyələşdirilməsinin yolverilməməzliyi.

Qanunun 2-ci fəslində Texniki Reqlamentin (TR) məzmunu və ona tələblər verilir. TR növləri müəyyən edilir, onların tətbiqi üzrə məsələlərin əhatəsi göstərilir və TR işlənməsi, dəyişdirilməsi və qüvvədən düşməsi qaydası verilir.

Qanun beynəlxalq standartları tamamilə və ya qismən texniki rəqlamentlərin layihələrinin işlənməsi üçün əsas kimi istifadə etməyə icazə verir. Buraxılan risk dərəcəsini təyin etməyə imkan verməyən, məhsulun uzunmüddətli istifadəsi zamanı və digər amillərdən asılı olaraq toplanan, insanların həyatı və sağlamlığına zərər yetirə bilən məhsullara qoyulan tələblərin məzmunu ilə əlaqədar texniki tənzimlənmə tələbləri xüsusi vurğulanır.

Ümumi səpgidə TR-ə **aşağıdakı məsələlərdə** tətbiq edilən rəqlamentlər aid edilir:

-maşın və avadanlıqların təhlükəsiz istismarı və utilləşdirilməsi;

-bina, qurğu və tikililərin təhlükəsiz istismarı və onlara bitişik ərazilərin təhlükəsiz istifadəsi;

-yangın təhlükəsizliyi;

-bioloji təhlükəsizlik;

-elektromaqnit təhlükəsizliyi;

-ekoloji təhlükəsizlik;

-nüvə və radiasiya təhlükəsizliyi.

Xüsusi texniki rəqlamentlər ancaq elə ayrıca məhsul, istehsal prosesləri, istismar, saxlanma, daşınma, satış və utilləşdirmə növlərinə tələbləri müəyyən edir ki, onların

zərərvermə riskinin dərəcəsi ümumi texniki rəqlamentlərdə nəzərdə tutulandan yüksək olmuş olsun.

13.3. Standartlaşdırmanın məqsədləri

“Texniki tənzimləmə haqqında” Qanuna görə standartlaşdırma **aşağıdakı məqsədlər üçün** həyata keçirilir:

-əhalinin həyatı və ya sağlamlığının, fiziki və ya hüquqi şəxslərin əmlakının, bələdiyyə mülkiyyətinin təhlükəsizliyi, ekoloji təhlükəsizliyi, heyvanat və bitki aləminin həyatı və sağlamlığının təhlükəsizliyi səviyyəsinin yüksəldilməsi üçün şəraitin yaradılması;

-təbii və texnogen xarakterli fəvqəladə halların baş verməsi riskini nəzərə almaqla obyektlərin təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsi;

-elmi-texniki tərəqqinin təmin edilməsi;

-məhsul, iş və xidmətlərin rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsi;

-resursların rasional uyğunluğu;

-texniki və informasiya uyğunluğu;

-tədqiqatların (sınaqların) və ölçmələrin, texniki və iqtisadi-riyazi məlumatların nəticələrinin müqayisə edilməsi;

-məhsulun qarşılıqlı əvəzolunması.

Qeyd etmək vacibdir ki, standartlaşdırma üzrə fəaliyyət nəinki məhsula və onunla əlaqədar proseslərə, eləcə də iş və xidmətlərə aid edilir.

Standartlaşdırmanın hüquqi statusunun araşdırılmasından bellə bəlli olur ki, standartlar yalnız **könüllü** qaydada tətbiq edilir.

Əvvəllər standartlaşdırma və dövlət standartları məhsula, işlərə, xidmətlərə və digər obyektlərə məcburi tələblərin müəyyən edilməsi üçün dövlətin başlıca alətləri idilər.

Lakin bu cür vacib funksiya icra hakimiyyətinin federal orqanları üzərinə qoyulmuşdu, bu isə ölkənin sosial-iqtisadi inkişafında bu funksiyanın əhəmiyyətinə tam uyğun deyildi.

Standartlaşdırma anlayışını və bu fəaliyyətin məqsədlərini “Standartlaşdırma haqqında” qanunu və “Texniki tənzimləmə haqqında” qanunu ilə müqayisə edərək, bir sıra prinsiplial dəyişiklikləri qeyd etmək olar. Hərçəndki hər iki qanunda standartlaşdırmanın

məqsədlərinin siyahısı əksər vaxt zahirən üst-üstə düşür. Lakin başlıca olaraq bu məqsədlər prinsipial fərqlərə malikdir. Məsələn, əgər “Standartlaşdırma haqqında” Qanununda birinci məqsəd kimi müvafiq obyektlərin təhlükəsizliyinin təmini durursa, “Texniki tənzimləmə haqqında” Qanununda – onların təhlükəsizlik səviyyəsinin yüksəldilməsi nəzərdə tutulur. Bu qanunda standartlaşdırma üzrə fəaliyyətin yeni xarakteri əks olunmuşdur. Burada artıq texniki rəqlamentlərdə təsbit olunmuş səviyyəni üstələyən perspektiv tələblərin işlənməsindən söhbət gedir.

Standartlaşdırma üzrə işlərdə tamamilə yeni bir məqsədin yaranmasını da qeyd etmək lazımdır. Bu, texniki rəqlamentlərin tələblərinə riayət edilməsinə göstərilən köməkdir. Bu məqsədə müvafiq qaydaları nəzərdə tutan standartların işlənməsi yolu ilə nail olmaq mümkündür.

Məhsulun keyfiyyəti anlayışı “Standartlaşdırma haqqında” Qanun da ancaq bir dəfə işlənməmişdir. Bu da təşkilatların standartları məsələsini tənzimləyir. Bu vəziyyət qanunverici orqanın bu anlayışa artıq əvvəllər qəbul edilmiş düzgün yanaşmasını əks etdirir.

Bu yanaşma məhsulun (iş və xidmətlərin) keyfiyyət məsələlərini, yəni məhsulun istehlak xassələrinə dair məsələləri istisna edir, yəni onu məcburi istehlak

tənzimlənməsi sferasından (təhlükəsizlik məsələlərindən başqa) çıxarır.

“Standartlaşdırma haqqında” Qanun da milli standartların məzmununu müəyyən edən normalar artıq yoxdur. Bu məzmun standartlaşdırmanın məqsədləri ilə müəyyən edilir. Qanuna uyğun olaraq standartlaşdırma tövsiyələrin işlənməsi üzrə fəaliyyət kimi nəzərdə tutulduğundan “Standartlaşdırma haqqında” Qanun da onun nəzərdə tutulmuş məqsədləri heç də kifayət qədər birmənalı deyildir.

13.4. Standartlaşdırmanın prinsipləri

Standartlaşdırma aşağıdakı **əsas prinsiplərə** uyğun olaraq həyata keçirilir:

- standartların könüllü istifadəsi;
- standartların işlənməsi zamanı maraqlı tərəflərin qanuni maraqlarının maksimal səviyyədə nəzərə alınması;
- beynəlxalq standartların tələblərinin Azərbaycan Respublikasının iqlim və coğrafi xüsusiyyətlərinə uyğunsuzluğu və ya digər əsaslar olduqda, yaxud Respublikada müəyyən olunmuş prosedurlar uyğun olaraq beynəlxalq standartın və ya onun ayrıca müddələrinin qəbul edilməsinə zidd olduğu, beynəlxalq standartın tətbiqinin mümkün sayılmadığı digər hallar da istisna

edilməklə, beynəlxalq standartın milli standartın işlənməsi üçün əsas kimi tətbiq edilməsi;

- “Standartlaşdırma haqqında” Qanun da göstərilmiş məqsədlərin yerinə yetirilməsində, o cümlədən zəruri olandan daha böyük miqdarda məhsulun istehsalı və tədavülündə, işlərin yerinə yetirilməsi və xidmətlərin göstərilməsində yaranacaq hətta minimal maneələrin yolverilməməzliyi;

-texniki rəqlamentlərə zidd olan standartların müəyyən edilməsinin yolverilməməzliyi;

-standartların tətbiqi üçün eyni cür şərtlərin təmin edilməsi.

Qeyd edək ki, standartlaşdırmanın qanunla tənzimlənməsi hələ onun dövlət statusuna malik olduğunu göstərmir. Ölkənin qanunvericiliyi bir çox elə münasibətləri tənzimləyir ki, onlar əslində könüllülük əsasında, vətəndaşların özfəaliyyəti nəticəsində yaranır, yəni bu münasibətlər dövlətə münasibətdə hüquq və vəzifələrdən doğmamışdır.

Lakin Qanunda nəzərdə tutulan bəzi müddəalar birmənalı olaraq göstərir ki, standartların tətbiqinin könüllüyünə baxmayaraq, standartlaşdırma bilavasitə dövlətin funksiyasıdır. Milli standartlara qeyri-məcburi

sənədlər statusunun verilməsi Azərbaycan Respublikasının müvafiq orqanları təmsalında dövlətin tənzimlədiyi məsələləri baxılan sualların dairəsindən çıxarmır.

Milli standartlar dövlətin müəyyən etdiyi qaydalar üzrə işlənmiş tövsiyə rolu oynayan sənədlərdir və beləliklə də dövlətin nüfuzuna söykənir. Ona görə də milli standartların məzmununa dövlət qətiyyə bəyanə deyildir.

Standartlaşdırmanın prinsiplərini şərti olaraq **iki qrupa** bölmək olar:

Birinci qrup – Qanununda müəyyən olunmuş standartlaşdırmanın məqsədlərinə cavab verməyən şişirdilmiş və ya əlavə tələblərin qoyulması yolu ilə sahibkarlığın müstəqilliyinin əsaslandırılmamış məhdudlaşdırılmasının standartlarda yol verilməməsinə istiqamətlənmiş prinsiplərdir.

İkinci qrup – texniki xarakterli prinsiplərdir. Buraya daxildir:

-qanunda göstərilmiş hallar istisna olmaqla, milli standartların, bir qayda olaraq, beynəlxalq standartlar əsasında işlənməsi;

-texniki rəqləmətlərin əsasverici tələblərinə zidd olan tələblərin qoyulmasının yolverilməməzliyi;

-standartların tətbiqinin eyniliyini təmin edən tələblərin müəyyən edilməsi.

Standartlaşdırmanın məqsədləri və prinsipləri obyektiv olaraq milli standartlarda pozulduğundan (çünki onlar normativ akt deyildir, yəni ümumməcburi tələbləri müəyyən etməirlər), bu hərəkətlərə görə məsuliyyətin müəyyən edilməsi qeyri-mümkündür.

Lakin sözügedən məqsədlərin, prinsiplərin və prosedurların pozulması ilə işlənmiş milli standartların könüllü tətbiqi, bu standartı tətbiq edən şəxs (istehsalçı, satıcı, icraçı) əmlakına zərər gətirə bilər. Bu halda Respublikanın Mülki Məcəlləsinə uyğun olaraq mülki-hüquqi məsuliyyətin, daha dəqiq desək, delikat (müqavilədən kənar) cavabdehliyin tətbiqindən söhbət gedə bilər.

13.5. Standartlaşdırma sahəsində sənədlər

Azərbaycan Respublikası ərazisində istifadə olunan standartlaşdırma sahəsində sənədlərə **aşağıdakılar** aiddir:

- milli standartlar;
- standartlaşdırma sahəsində qaydalar, normalar və tövsiyələr;

-müəyyən olunmuş təsnifat qaydasında tətbiq olunan texniki-iqtisadi və sosial informasiyanın ümumrusiya təsnifatları (klassifikatorlar);

-müəssisələrin standartları.

“**Milli standart**” adı bu sənədin qeyri-dövlət (yəni qeyri-məcburi) statusunu əks etdirir, lakin onun Respublikanın bütün ərazisində tətbiqi imkanlarını göstərir. Milli standartlar və müəssisələrin standartlarının prinsiplial fərqi ondan ibarətdir ki, birincilər ümumrusiya miqyaslı tövsiyələrdir.

İkincilər isə – lokal normativ hüquqi aktlardır, onlar lokal miqyasda istifadə üçün məcburidir. Buradan, Azərbaycan Respublikası əmək qanunvericiliyinə uyğun olaraq, müəssisənin standartların tələblərinə riayət etməsinə görə məsuliyyətinin müəyyən edilməsi və tətbiqi məsələsi meydana çıxır.

Qanuna uyğun olaraq texniki rəqlamentlərdə nəzərdə tutulmuş məcburi tələblər Azərbaycan Respublikasının bütün ərazisində birbaşa təsirə malikdir. Buraya daxil edilməmiş tələblər məcburi xarakter daşıya bilməz.

Buradan belə çıxır ki, məhsulun hazırlanması və satışı üçün zəruri olan heç də bütün tələblər texniki

reqlamentlərə daxil edilmirlər, çünki dövlət yalnız müəyyən tələbləri Qanunda təsbit edir.

Qanunda texniki reqlamentlərə daxil edilməməli tələblər birbaşa göstərilmişdir. Bunlar konstruksiyaya və məhsulun işlənməsinə qoyulan tələblərdir. Deməli, texniki reqlamentlərdə müəyyən edilməmiş bəzi istehlak xassələri və xarakteristikalarını, məhsulun hazırlanması və satışını təmin edən digər zəruri tələbləri əks etdirən sənədlər də olmalıdır.

Azərbaycan Respublikasının “Standartlaşdırma haqqında” Qanununa görə bu rolu müəssisə standartları və texniki sənədləşdirmələr (konstruktor, texnoloji, layihə və s. xarakterli sənədlər), o cümlədən texniki şərtlər (TŞ) oynayır. Bununla yanaşı, çox sadə məmulatlara, məcburi dövlət tələbləri ümumiyyətlə, müəyyən edilmir, onlar texniki sənədlər və ya müəssisə standartları üzrə hazırlanır və reallaşdırılır.

Qanunun məzmunu göstərir ki, satılan məhsula texniki reqlamentlərdə müəyyən edilməmiş tələblər müəssisənin standartlarında təyin edilə bilər. Bu zaman müəssisə standartlarının tələbləri texniki reqlamentlərdə müəyyən edilmiş tələblərdən daha yüksək ola bilər.

Qanun nəzərdə tutur ki, texniki rəqlamentlərin tələblərini ümumməcburi sahə sənədlərinin qəbul edilməsi yolu ilə deyil, milli standartların və müvafiq təşkilatların tövsiyələrini nəzərə almaqla, hər bir təşkilatın müstəqil olaraq qəbul etdiyi standartları işləmək yolu ilə yerinə yetirmək lazımdır. Deməli, məhsul texniki rəqlamentlərin məcburi tələblərinə, eləcədə müəssisələrin standartlarının və bağlanmış müqavilənin tələblərinə uyğun olmalıdır.

Standartlaşdırma sahəsində sənədlərə aid edilən təsnifatlar və texniki-iqtisadi və sosial informasiyanın ümumrusiya təsnifatları “Standartlaşdırma haqqında” Qanunda müəyyən edilmiş standartlaşdırmanın məqsədlərinə nail olunmasına yönəldilmiş sənədlərdir.

Lakin onların hüquqi statusu bu sahədə digər sənədlərin statusundan prinsipial olaraq fərqlənir. Təsnifatların əsas təyinatı fəaliyyətin bütün sahələrində informasiya uyğunluğunun təmin edilməsindən ibarətdir. Odur ki, özünün hüquqi təbiəti etibarilə təsnifatlar tətbiqi və yerinə yetirilməsi üçün məcburi sənədlər statusuna malikdir.

Təsnifatın əsas obyektləri iqtisadi fəaliyyətin, məhsul, müəssisə, təşkilatlar, ixtisaslar, sənədlər və xidmətlərin növləridir. Hazırda xeyli sayda ümumrusiya təsnifatları qüvvədədir.

13.6. Azərbaycan Respublikasında standartlaşdırma üzrə milli orqan

Qanuna görə Azərbaycan Respublikasında standartlaşdırma üzrə bütün işlərin təşkilini standartlaşdırma üzrə ölkənin **Milli orqanı** həyata keçirir. Milli orqan:

-milli standartları təsdiq edir;

-milli standartların işlənməsi proqramını qəbul edir;

-milli standartların layihələrinin ekspertizasını təşkil edir;

-milli standartlaşdırma sisteminin milli iqtisadiyyatın maraqlarına, maddi—texniki bazanın vəziyyətinə və elmi-texniki tərəqqiyə uyğunluğunu təmin edir;

-milli standartların, standartlaşdırma qaydaları, normaları və bu sahədə tövsiyələrin nəzərə alınmasını həyata keçirir və maraqlı tərəflərin razılığını təmin edir;

-standartlaşdırma üzrə texniki komitələr yaradır və onların fəaliyyətini koordinasiya edir;

-milli standartların dərc olunması və yayılmasını təşkil edir;

-beynəlxalq təşkilatların Nizamnaməsinə uyğun olaraq beynəlxalq standartların işlənməsində iştirak edir və

onların qəbul edilməsi zamanı Azərbaycan Respublikasının maraqlarının nəzərə alınmasını təmin edir;

-milli standartlara uyğunluq nişanının təsvirini təsdiq edir;

-standartlaşdırma sahəsində fəaliyyəti həyata keçirən beynəlxalq təşkilatlarda Azərbaycan Respublikasını təmsil edir.

Azərbaycan Respublikasında standartlaşdırma üzrə milli orqanın funksiyalarını Azərbaycan Respublikası Metrologiya, Standartlaşdırma və Patent üzrə Dövlət Komitəsi yerinə yetirir. Bu Komitənin **əsas vəzifələrində** aşağıdakılar aiddir:

-standartlaşdırma üzrə milli orqanın funksiyalarının reallaşdırılması;

-ölçmələrin vəhdətinin təmin edilməsi;

-sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının (mərkəzlərinin) akkreditləşdirilməsi üzrə işlərin həyata keçirilməsi;

-texniki rəqlamentlərin və standartların məcburi tələblərinin yerinə yetirilməsinə dövlət nəzarətinin (təftişin) həyata keçirilməsi;

-texniki reqlamentlər və standartların Respublika informasiya fondunun və texniki tənzimləmə üzrə vahid informasiya sisteminin yaradılması və aparılması;

-dövlət ehtiyacları üçün məhsulun kataloqlaşdırılmasının sisteminin aparılması üzrə təşkilati-metodiki rəhbərliyin həyata keçirilməsi;

-texniki reqlamentlərin tələblərinin pozulması səbəbindən ziyan dəyməsi hallarının uçuotu üzrə işlərin aparılmasının təşkili;

-keyfiyyət sahəsində Hökumətin mükafatını almaq üçün və keyfiyyət sahəsində digər müsabiqələrin keçirilməsinin təşkilati-metodiki təmin edilməsi;

-standartlaşdırma, texniki tənzimləmə və metrologiya sahəsində dövlət xidmətlərinin göstərilməsi.

Komitə öz fəaliyyətini bilavasitə, tabeliyində olan və vahid bir sistemi təşkil edən təşkilatlar vasitəsilə həyata keçirir. Həmin sistemə daxil olur:

-mərkəzi aparat;

- dövlət idarələri – standartlaşdırma, metrologiya və sertifikatlaşdırma mərkəzləri;

-elmi-tədqiqat institutları;

-təcrübə zavodları;

-ərazi orqanları;

-tədris müəssisələri və digər təşkilatlar .

13.7. Milli standartlar və müəssisələrin standartları

Milli standartlar və texniki-iqtisadi və sosial informasiyanın ümumrespublika təsnifatları, o cümlədən onların işlənməsi və tətbiqi qaydaları standartlaşdırmanın **milli sistemini** təşkil edir.

Milli standartlar standartlaşdırmanın qaydalarına, bu sahədə normalar və tövsiyələrə uyğun olaraq Komitə tərəfindən təsdiq edilir.

Komitəyə milli standartların işlənməsi proqramını, həmçinin standartlaşdırma üzrə texniki komitələrin yaradılması və fəaliyyəti qaydalarını işləmək və təsdiqləmək hüququ verilmişdir.

Milli standartlar standartlaşdırma üzrə milli orqan tərəfindən standartlaşdırmanın qaydaları, bu sahənin norma və tövsiyələrinə uyğun olaraq təsdiq olunur. Milli standartların işlənməsi və təsdiqi prosedurları Qanunla müəyyən edilmişdir.

Bu Komitənin Qərarı ilə müəyyən edilmişdir ki, Azərbaycan milli standartlaşdırma sisteminin əsasverici standartlarının qüvvəyə minməsinədək ölkənin milli

standartlarının və müəssisələrin standartlarının işlənməsi, tərtibi, izahı, təsdiqi, uçotu, rəsmi dərci, onlara dəyişikliklər edilməsi və ləğv edilməsini aşağıdakı sənədlərə görə yerinə yetirmək lazımdır:

- AZS 1.0-96 “Azərbaycan Respublikasının dövlət standartlaşdırma sistemi.Əsas müddəalar”;

- AZS 1.2-96 “Azərbaycan Respublikasının dövlət standartlaşdırma sistemi.Dövlət standartlarının işlənmə qaydaları”;

- AZS 1.3-96 “Azərbaycan Respublikasının dövlət standartlaşdırma sistemi.Texniki şərtlərin işlənməsi, razılaşdırılması, təsdiqi və qeydiyyatı qaydaları”;

- AZS 1.4-96 “Azərbaycan Respublikasının dövlət standartlaşdırma sistemi.Müəssisə standartları.Ümumi müddəalar.

- AZS 1.5-96 “Azərbaycan Respublikasının dövlət standartlaşdırma sistemi.Standartların tətbiqinə, şərhinə, rəsmiləşdirilməsinə və məzmununa olan ümumi tələblər;

- AZS 1.6-96 “Azərbaycan Respublikasının dövlət standartlaşdırma sistemi.Sahə standartlarının işlənilib hazırlanması, razılaşdırılması, təsdiq edilməsi və qeydiyyatı qaydaları.

Nəzərdə tutulur ki, standartın tətbiqi barədə könüllü qərar qəbul etmiş subyekt onun tətbiq qaydalarını pozmayacaqdır. Lakin belə hal baş verərsə, subyekt dövlət qarşısında məsuliyyət daşımır və ona qarşı heç bir ölçü müəyyən və tətbiq edilə bilməz

Əvvəllər deyildiyi kimi, milli standartı tətbiq edən subyektin (istehsalçı, satıcı, icraçı) əmlakına hər hansı bir ziyan dəydiyi halda, mülki-hüquqi məsuliyyət, daha dəqiqi ölkənin Mülki Məcəlləsinə uyğun olaraq müqavilədən kənar (delikat) cavabdehlik tədbiri tətbiq edilir.

Beləliklə, milli standartların ikili xarakter daşdığını bir daha vurğulamaq lazımdır. Ölkə məhsulu, işləri və xidmətlərinin rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsində, texniki rəqlamentlərin lazımi elmi—texniki səviyyədə saxlanılmasında mühüm əhəmiyyət kəsb etdiklərindən milli standartların işlənməsi və təsdiq edilməsinin əsas qaydaları qanunla müəyyənləşdirilmişdir və buna görə də ümumən məcburi qüvvəyə malikdir.

Bununla yanaşı, milli standartların tətbiqinin könüllü xarakteri bazar iqtisadiyyatının tələblərini əks etdirir, rəqabətin inkişafına şərait yaradır və mütərəqqi qərarların tətbiqinə müəssisələrin fərdi hazırlıq səviyyəsini nəzərə alır.

13.8. Standartlaşdırma və keyfiyyət üzrə beynəlxalq təşkilatlar

Standartlaşdırma üzrə Beynəlxalq Təşkilat (İSO).

İSO BMT-nin standartların koordinasiyası üzrə Komitəsinin iclasında yaradılmışdır. Elə həmin il Baş Assambleyanın iclasında İSO-nun Nizamnaməsi qəbul edilmişdir. Nizamnamə təşkilatın statusunu, strukturunu, əsas orqanlarının funksiyaları və iş metodlarını müəyyən etmişdir.

İSO-nun məqsədi beynəlxalq mal-əmtəə mübadiləsi və qarşılıqlı yardımını asanlaşdırmaq üçün dünya miqyasında standartlaşdırmanın inkişafına köməklik göstərmək, həmçinin intellektual, elmi, texniki və iqtisadi fəaliyyət sahələrində əməkdaşlığı genişləndirməkdir.

İSO-ya ölkələrin üzvlüyünün iki növü müəyyən edilmişdir: komitə üzvləri və müxbir üzvlər. Komitə üzvləri standartlaşdırma sahəsində daha geniş nümayəndəliyə malik milli orqanlardır. Bu növ üzvlük üçün İSO-nun büdcəsinə hər il ödənilən məbləğ təyin edilmişdir. Bu məbləğ hər bir ayrıca ölkənin dünya ticarətində xüsusi çəkisi və sənaye məhsulu istehsalının həcmindən asılı olaraq şkala üzrə müəyyən edilir.

Müxbir üzvlər İSO-nun büdcəsinə kiçik bir üzvlük haqqını ödəmək hesabına bütün dərc olunan beynəlxalq standartları, habelə digər informasiya nəşrlərini almaq hüququ qazanırlar.

Müxbir üzvlər komitə üzvləri olmayan yerlərdə standartlaşdırma ilə məşğul olan milli orqanlardır. Texniki Komitələrin iclaslarında onların nümayəndələri yalnız müşahidəçi qismində iştirak edirlər.

İSO-nun rəhbər orqanlarına aiddir: ali idarəetmə orqanı olan Baş Məclis, Şura, İcra bürosu, Texniki büro, Şuranın texniki komitələri, Mərkəzi katiblik (*şəkl. 13.1*).

İSO-nun vəzifəli şəxsləri prezident, vitse-prezident, xəzinədar və baş katibdir. Baş Məclis İSO-nun ali rəhbər orqanıdır və komitə üzvü olan bütün milli təşkilatların nümayəndələrindən ibarətdir. Baş Məclis İSO-nun fəaliyyətinin bütün əsas məsələlərini həll edir və üç ildə bir dəfə iclasını çağırır.

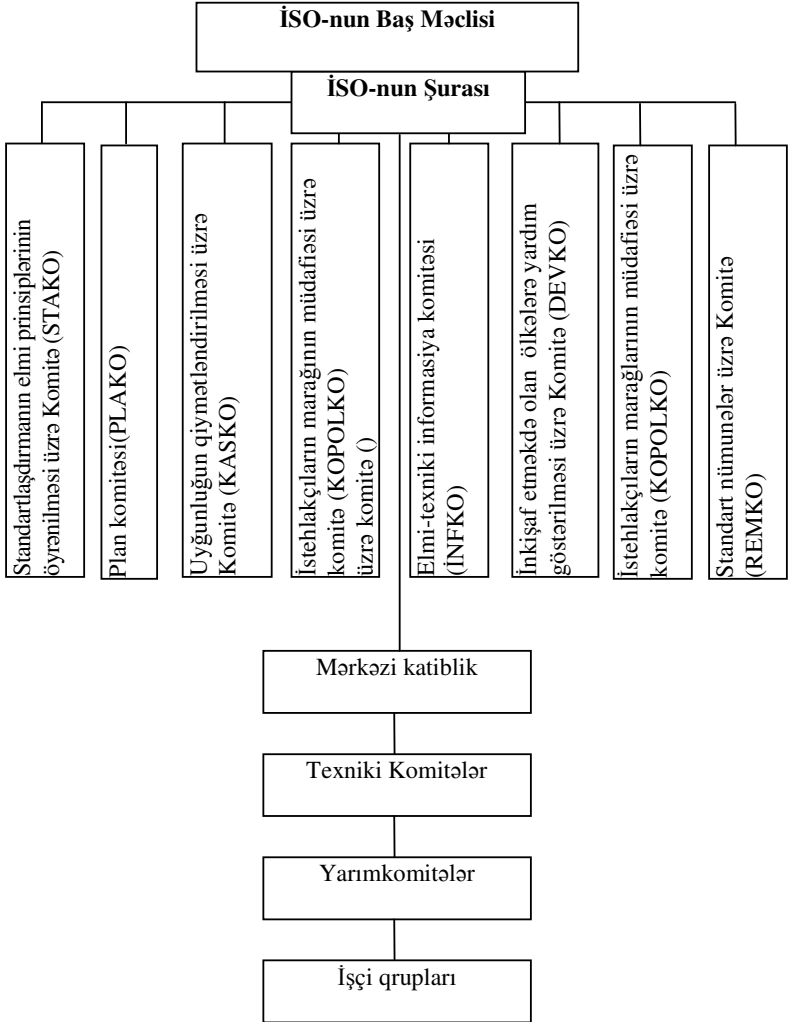
Baş Məclisin sessiyalarında İSO-nun prezidenti üç il müddətinə seçilir.

Baş Məclisin sessiyalarında sənayenin aparıcı mütəxəssislərinin iştirakı ilə beynəlxalq standartlaşdırmanın ən vacib problemləri və tendensiyaları müzakirə edilir.

Baş Məclisin sessiyaları arasındakı dövrdə İSO-ya rəhbərliyi Şura həyata keçirir, Şuranın başında prezident durur. Şura Baş Məclis tərəfindən üç illiyə seçilən 18 komitə üzvündən ibarət olur.

Şura öz iclaslarına ildə bir dəfədən az olmayaraq yığışır və İSO-nun fəaliyyətinə dair bütün məsələləri, o cümlədən texniki orqanların strukturunu, beynəlxalq standartların dərc olunması məsələlərini həll edir. Şura orqanlarının üzvlərini təyin edir, habelə komitələrin sədrilərini seçir.

İcra bürosu Şuranın tapşırığı ilə maliyyə məsələlərinə, həmçinin İSO-nun texniki fəaliyyətinin təşkili və rəhbərliyi məsələlərinə baxır. İcra bürosu vitse-prezident (Şuranın sədri) və komitə üzvlərinin doqquz nümayəndəsindən ibarət olur.



Şək. 13.1 Standartlaşdırma üzrə Beynəlxalq Təşkilatın (İSO) strukturu

Şuranın digər icraedici orqanı Texniki bürodur, büro sədr və Şuranın təyin etdiyi doqquz şəxsdən ibarət olur. İSO Şurası aşağıdakı Komitələrdən ibarətdir:

- plan Komitəsi (PLAKO);
- uyğunluğun qiymətləndirilməsi üzrə Komitə (KASKO);
- istehlakçıların maraqlarının müdafiəsi üzrə Komitə (KOPOLKO);
- inkişaf etməkdə olan ölkələrə yardım göstərilməsi üzrə Komitə (DEVKO);
- elmi-texniki informasiya üzrə Komitə (İNFKO);
- standart nümunələr üzrə Komitə (REMKO);
- standartlaşdırmanın elmi prinsiplərinin öyrənilməsi üzrə Komitə (STAKO).

Şuranın Plan komitəsi İSO-nun texniki fəaliyyətinin təşkili, koordinasiyası və planlaşdırılması üzrə bütün tövsiyələri işləyib hazırlayır. Komitə texniki komitələrinin yenilərinin yaradılması və mövcudlarının buraxılmasına dair təklifləri araşdırır.

Plan komitəsi texniki iş üzrə Direktivlərin dəyişdirilməsinə dair təkliflər hazırlayır, Şuranın tapşırığı ilə texniki komitələrin adlarını təsdiq edir və onların fəaliyyət sahəsini müəyyən edir. Komitə üzvlərinə müvafiq texniki komitələrin katibliklərinin aparılmasını təhkim edir.

1970-ci ildən başlayaraq İSO tövsiyələr əvəzinə beynəlxalq standartların işlənməsinə keçdi. Elə həmin il məhsulun beynəlxalq standartlara uyğunluğunun

sertifikatlaşdırılması üzrə Komitənin (SERTİKO) yaradılması haqqında qərar qəbul edildi. 1985-ci ildə bu Komitə uyğunluğun qiymətləndirilməsi üzrə Komitə adlandırıldı.

Bu dövrdə milli sertifikatlaşdırma sistemləri, müstəqil sınaq laboratoriyaları (mərkəzləri) şəbəkəsi yaradılmağa başlandı. Sertifikatlaşdırma məsələlərinin həllində vahid yanaşmanın işlənib hazırlanması KASKO-ya həvalə olundu.

Şuranın bu komitəsində üzvlük İSO-nun istənilən komitə üzvü üçün açıqdır. Hazırda onun işində 28 komitə üzvü iştirak edir, 24 ölkə isə müşahidəçi qismində işləyir.

KASKO aşağıdakı istiqamətlərdə iş aparır:

- məhsulun və keyfiyyətin təmini sistemlərinin standartlara və texniki şərtlərə uyğunluğunun qiymətləndirilməsi üsullarının öyrənilməsi;
- məhsulun, proseslərin, xidmətlərin, həmçinin sınaq laboratoriyalarının, təftiş təşkilatlarının, sertifikatlaşdırılması üzrə təşkilatların və keyfiyyətin təmini sistemlərinin sınaqları, təftişləri və sertifikatlaşdırma üzrə rəhbərliyin hazırlanması;
- milli və regional keyfiyyətin təmini sistemlərinin qarşılıqlı tanınmasına, həmçinin beynəlxalq standartların

sınaqlar, təftiş, sertifikatlaşdırma və keyfiyyətin təminində geniş istifadəsinə köməklik göstərilməsi.

KASKO ikitərəfli və çoxtərəfli əsaslarda sınaqların nəticələrinin harmonikləşdirilməsi sahəsində İSO-nun rəhbər sənədlərinin yaradılması, milli sertifikatlaşdırılması sistemlərinin akkreditləşdirilməsi üçün metodoloji bazanın yaradılması üzrə işləri həyata keçirir.

Bundan başqa, KASKO periodik olaraq bütün qüvvədə olan milli, regional və beynəlxalq sertifikatlaşdırma sistemlərinin İSO standartlarına uyğunluğuna, məhsulun sertifikatlaşdırılmasının beynəlxalq sisteminin zəruri halda təşkili üçün vaxtında ölçü götürülməsinə nəzarət edir.

Son illər ərzində KASKO Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiyası (BEK) ilə birlikdə sertifikatlaşdırmanın əsas aspektlərinə dair bir sıra rəhbər metodiki göstərişlər hazırlamışdır. Bu sənədlər İSO və BEK üzvü olan ölkələrdə geniş tətbiq olunurlar.

Bir sıra ölkələrdə bu sənədlər milli sertifikatlaşdırmanın sistemlərinin əsasını təşkil edir, regional ticarət və iqtisadi əməkdaşlıq səviyyəsində isə qarşılıqlı tədarük edilən məhsulun uyğunluğunun

qiymətləndirilməsinə dair müqavilələrin işlənməsi üçün baza qismində istifadə olunur.

Hazırda KASKO-nun işçi proqramına yeni tematika daxil edilmişdir. Buraya zavod nəzarəti sistemində fəaliyyətdə olan nəzarətçilərin attestasiyası və qeydiyyatına ümumi tələblərin hazırlanması, sınaq laboratoriyalarının attestasiyası üzrə ekspertlərin hazırlanması daxildir.

KASKO həmçinin aşağıdakı sahələrdə ümumi tələblərin və meyarların hazırlanmasını həyata keçirir:

- sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi;
- akkreditləşdirmə orqanlarının işinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi;
- məhsulun sınaqlarının və nəzarətinin nəticələrinin və məhsula verilmiş sertifikatların qarşılıqlı tanınması üzrə ikitərəfli və çoxtərəfli müqavilələrin bağlanması.

İstehlakçıların maraqlarının müdafiəsi üzrə Komitənin (KOPOLKO) vəzifələrinə aşağıdakı məsələlər daxildir:

- geniş istehlakçı kütləsi üçün maraq kəsb edən məhsulun standartlaşdırılmasından maksimal səmərə alınmasında köməkliyin yolları, həmçinin istehlakçıların milli və beynəlxalq standartlaşdırmada daha geniş iştirakı üçün lazım olan tədbirlərin görülməsi;

- standartlaşdırma nöqtəyi-nəzərindən istehlakçıların informasiya təminatı, onların maraqlarının müdafiəsi, həmçinin standartlaşdırma məsələlərini onların öyrənilməsi proqramlarına dair tövsiyələrin işlənməsi;
- istehlakçıların standartlaşdırma üzrə işlərdə iştirakı təcrübəsinin ümumiləşdirilməsi, istehlak mallarına standartların tətbiqi, istehlakçılar üçün maraq kəsb edən milli və beynəlxalq standartlaşdırmanın digər məsələləri;
- fəaliyyətləri istehlakçıların maraqlarına toxunan müxtəlif ISO orqanları ilə əlaqələrin lazımi səviyyədə saxlanılması.

İstehlak mallarının standartlaşdırılması məsələləri ilə məşğul olan müxtəlif beynəlxalq təşkilatların fəaliyyətinin koordinasiyası məqsədilə İSO-nun Şurası yanında istehlak mallarına beynəlxalq standartlar üzrə Koordinasiya Komitəsi yaradılmışdır. Onun işində Beynəlxalq Elektrotexnika Komissiyası, keyfiyyətin təmini üzrə Beynəlxalq mərkəz və digər təşkilatlar iştirak edir.

Elmi-texniki informasiya üzrə Komitə. Bu Komitə 1967-ci ilə Şuraya informasiyanın toplanması və yayılması metodları, standartlaşdırmanın təbliğat formaları, həmçinin milli standartlar fondlarının işinin təşkilinə dair tövsiyələr təqdim etmək üçün yaradılmışdır.

İnformasiya üzrə İSO Şurası Komitəsinin vəzifələri aşağıdakılardır:

- İSO-nun səlahiyyətlərinə daxil olan məsələlər üzrə hesablama texnikası vasitələrinin istifadəsi ilə İSO informasiya şəbəkəsinin fəaliyyətinin təmin edilməsi;
- standartlaşdırma və digər yaxın məsələlər üzrə İSO-ya üzv olan ölkələrin informasiya mərkəzlərinin işinin koordinasiyası;
- avtomatlaşdırılmış emalı məqsədilə standartların və digər normativ-texniki sənədlərin təsnifatı və indeksasiyası üzrə tövsiyələrin işlənməsi;
- normativ-texniki sənədlər (NTS) üzrə informasiya sistemlərində beynəlxalq standartların tətbiqinə köməklik göstərilməsi.

İSO-nun İNFKO Komitəsinin işində bütün komitə üzvləri, fəal üzvlər və ya müşahidəçilər qismində iştirak edə bilər.

İNFKO tərəfindən normativ-texniki sənədlərin indeksləşməsinə dair vəsait, xarici sənədlərin emalı üzrə kitabxana işçiləri üçün vəsait, informasiyanın avtomatlaşdırılmış axtarışının təşkili üçün üçdilli (ingilis, fransız və rus) lüğət işlənmişdir.

İNFKO-nun rəhbərliyi altında standartlar haqqında avtomatlaşdırılmış informasiya sistemi ISO NET şəbəkəsi yaradılmışdır.

ISO NET standartlaşdırma üzrə milli informasiya mərkəzlərini əhatə edən və onlar arasında rabitə kanallarını özündə birləşdirən ISO-nun Cenevrədə yerləşən informasiya mərkəzindən ibarətdir.

ISO NET-in ali icra orqanı ISO NET-in idarəetmə Şurasıdır. Bu Şura inzibati, prosedur və maliyyə məsələləri, həmçinin siyasət məsələləri üzrə qərarların yerinə yetirilməsinə cavabdehdir.

İnkişaf edən ölkələrə kömək göstərilməsi üzrə Komitə. Bu Komitə 1961-ci ildə yaradılmışdır. Onun məqsədi standartlaşdırma üzrə milli orqanların fəaliyyətinin təşkili və təkmilləşdirilməsidir.

DEVKO-nun əsas funksiyalarına aşağıdakılar daxildir:

- standartlaşdırma məsələləri və digər yaxın sahələr üzrə (məsələn, keyfiyyət nəzarət, metrologiya, sertifikatlaşdırma və b.) inkişaf etməkdə olan ölkələrin tələbatlarının aşkarlanması və onlara müvafiq köməklik göstərilməsi;

- standartlaşdırmanın və digər yaxın sahələrdə fəaliyyətin bütün aspektlərinin inkişaf etməkdə olan ölkələrdə geniş müzakirəsi və sənayesi inkişaf etmiş və inkişaf etməkdə olan ölkələr arasında təcrübə mübadiləsi üçün şəraitin yaradılması.

Standart nümunələr üzrə Komitə. REMKO-nun işinin nəticəsi ISO-nun texniki komitələri üçün rəhbər sənədlərin işlənməsidir. Komitələr beynəlxalq standartlarda standart nümunələrə istinad edir. Komitə standart nümunələr üzrə məlumat kitabı (sorğu kitabı) da hazırlayır və buraxır.

REMKO-nun fəaliyyətində vacib yeri standart nümunələr sahəsində ISO-nun digər beynəlxalq təşkilatlarla fəaliyyətini koordinasiya məsələləri, o cümlədən Beynəlxalq qanunverici metrologiya təşkilatı (BQMT) ilə əlaqələr təşkil edir.

Standartlaşdırmanın elmi prinsiplərinin öyrənilməsi üzrə Komitə (STAKO). Bu Komitə 1952-ci ildə beynəlxalq standartlaşdırma sahəsində optimal nəticələrə nail olmaq üçün lazım olan prinsip və metodlara dair ISO Şurasına müvafiq köməklik göstərilməsi məqsədilə yaradılmışdır.

STAKO-nun bütün fəaliyyəti müvafiq işçi qruplar, məsələn standartlaşdırmanın prinsipləri, onun səmərəliliyi,

ölkələrdə beynəlxalq standartların tətbiqi və digər qruplar çərçivəsində aparılır.

STAKO-nun terminologiya üzrə işçi qrupu çərçivəsində xüsusən böyük işlər aparılır. Standartlaşdırma, sertifikatlaşdırma və sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi sahəsində terminlər və onların təriflərinə dair rəhbər sənədlər hazırlanmış və dərc olunmuşdur. STAKO-nun terminologiya sahəsində Rəhbərliyi hökumətlərarası səviyyədə – BMT-nin Avropa İqtisadi Komissiyası tərəfindən bəyənilmişdir.

Hazırda STAKO başlıca olaraq beynəlxalq standartlaşdırmanın inkişaf perspektivləri, beynəlxalq standartların ölkələr arasında ticarətin inkişafı üçün tətbiqi məsələləri üzrə beynəlxalq seminarların təşkili ilə məşğul olur.

İSO-nun texniki orqanları və beynəlxalq standartların işlənməsi. İSO-nun fəaliyyətinin əsas növü beynəlxalq standartların işlənməsidir. Təşkilatın başlıca struktur bölməsi də Texniki Komitələrdir.

İSO-nun beynəlxalq standartları məcburi deyildir, hər bir ölkə onları bütövlükdə və ya ayrıca bölmələrini tətbiq edə bilər və ya, ümumiyyətlə, tətbiq etməyə bilər. Lakin məhsul istehlakçıları, məhsulun yüksək rəqabət

qabiliyyətini saxlamağa çalışaraq, İSO və digər beynəlxalq təşkilatların standartlarını tətbiq etməyə məcburdurlar.

Standartların işlənməsi texniki orqanların proqramına o halda daxil edilir ki, standartlar ölkələr arasında ticarətin genişləndirilməsi üçün lazımdır, insanların təhlükəsizliyi və sağlamlığının qorunması, ətraf mühitin mühafizəsinin tələb olunan səviyyəsinin təmin edilməsinə yönəlmişdir.

Beynəlxalq standartlaşdırma təcrübəsində məhsula standartın işlənməsi zamanı əsas vurğu məhsulun sınaqlarının vahid metodlarının müəyyənləşdirilməsinə yönəlir.

Göstərilən tələblərdən başqa, beynəlxalq standartlarda məhsula insanların həyatı və sağlamlığı, ətraf mühitin mühafizəsi, qarşılıqlı əvəzolunma və texniki uyğunluq məsələlərinə dair xüsusi tələblər müəyyən edilir.

İSO-nun bütün fəaliyyət sahələri texniki komitələr arasında bölüşdürülmüşdür, onlar tərəfindən 7000-dən artıq beynəlxalq standartlar işlənmişdir. Bu gün təcrübi olaraq texnikanın elə bir sahəsi yoxdur ki, BEK və ya İSO standartları işlənilməmiş olsun.

Qeyd edək ki, elektrotexnika, elektronika və rabitə sahələrində standartların işlənməsi ilə İSO və BEK arasında

qüvvədə olan müqavilə-razılışmaya uyğun olaraq BEK məşğul olur.

Hər bir texniki komitə (TK) İSO Şurası tərəfindən təsdiq olunmuş fəaliyyət sahəsinə malikdir. Texniki komitələr ümumi texniki komitələrə və texnikanın konkret sahələrində işləyən xüsusi komitələrə bölünür.

Ümumi texniki komitələrin fəaliyyəti ümumi texniki və sahələrarası məsələlərin həllinə istiqamətlənir. Belə Komitələrə misal kimi TK10 “Texniki cizgilər”, TK12 “Kəmiyyətlər, vahidlər, işarələr, keçid əmsalları və cədvəlləri”, TK 37 “Terminologiya” və digərlərini göstərmək olar.

İSO-nun strukturunda elə TK var ki, onlar bütöv sahələri (aviasiya və kosmik texnika üzrə TK, kimya üzrə TK və s.) təmsil edirlər. Belə hallarda TK çərçivəsində altkomitələr yaradılır, onlar daha konkret sahələrdə iş aparırlar.

İnformasiya texnologiyalarının inkişafı İSO və BEK qarşısında “İnformasiya Texnologiyası” birgə texniki komitəsinin yaradılması məsələsini qoydu. Onun tərkibinə BEK/TK 83 “İnformasiya texnologiyası” və BEK/PK 47B “Mikroprosessorlar” yarımkomitələri daxildir.

Son illərdə bütün ölkələrin müəssisələrində məhsulun keyfiyyətinin təmini üzrə müasir sistemlərin yaradılmasına böyük diqqət yetirilir. Yalnız belə sistemlər istehlakçını, buraxılan məhsulun standartların tələblərinə tam uyğunluğu barədə maksimum zəmanətləndirə bilər.

Bir sıra qabaqcıl dünya ölkələrinin (ABŞ, Fransa, Böyük Britaniya və s.) müəssisələrində belə sistemlərin yaradılmasına dair tövsiyələrə malik milli standartlar işlənmiş və təsdiq olunmuşdur.

Müəssisələrdə məhsulun keyfiyyət məsələlərinin həllində eyni cür yanaşmanın işlənməsi məqsədilə “Keyfiyyətin idarə edilməsi və keyfiyyətin təmini” TK 176-nı yaratmaq qərara alındı. Bu komitənin vəzifəsinə keyfiyyət sistemlərinin (9000 seriyalı) əsasverici prinsiplərinin standartlaşdırılması daxil edilmişdir.

Beynəlxalq standartların işlənməsi qaydası, İSO orqanlarının funksiyaları, onların katibliklərinin vəzifələri BEK və İSO-nun təsdiq etdikləri Direktivlərlə müəyyən edilmişdir. Bu qayda istisnasız olaraq texniki orqanların işində iştirak edən bütün ölkələrə bu orqanların iclaslarında iştirak etmək, beynəlxalq standartların işlənməsinə dair təklifləri digər komitə üzvlərinin nəzərinə çatdırmaq, öz

iradlarını təqdim etmək və standartların layihələrinin qəbul edilməsində iştirak etmək imkanı verir.

Beynəlxalq standartların layihələri işçi qruplar tərəfindən hazırlanır, hər bir baxılan sahədə ölkələrin aparıcı mütəxəssisləri standartların hazırlanmasında iştirak edirlər. Maraqlılıq dərəcəsindən asılı olaraq İSO-nun hər bir komitə üzvü hər bir texniki komitənin işində özünün iştirakının statusunu müəyyən edir. Bu üzvlük fəal (“R” üzvlər) və müşahidəçi qismində (“O” üzvlər) ola bilər.

Fəal üzvlük texniki komitələrin iclaslarına nümayəndə göndərmək, beynəlxalq standartların layihələrinin qəbul edilməsində və müzakirələrində iştirak etmək və baxılan sənədlərə səs vermək prosedurunda iştirak öhdəliyi qoyur.

Müşahidəçi üzvlər TK-nın bütün işçi sənədlərinin bir nüsxəsini əldə etmək və icaslarda müşahidəçilər qismində iştirak etmək hüququndan istifadə edə bilərlər.

İSO çərçivəsində beynəlxalq standartların işlənməsinin **aşağıdakı mərhələləri** nəzərdə tutulur, TK-nın proqramına bu və ya digər beynəlxalq standartın işlənməsinin salınması haqqında təkliflərə baxılır.

Bütün təkliflər TK-nın katibliyi və ya yarımkomitələr (YK) tərəfindən standartın işlənməsinin

məqsədəuyğunluğunun əsaslandırılması ilə birlikdə verilmiş komitənin (yarımkomitənin) işində fəal iştirak edən komitə üzvlərinə göndərilir. Təkliflərə dair müsbət qərar qəbul edildikdə sənədin işçi layihəsinin işlənməsinə başlanılır.

Əksər hallarda sənədlərin işçi layihələri bu məqsədlə yaradılmış işçi qruplar tərəfindən hazırlanır. Belə qruplara, bir qayda olaraq, maraqlı ölkələrin verilmiş sahədə aparıcı mütəxəssisləri cəlb edilir.

İşçi layihələr TK və ya YK-yə baxılmaq üçün, həmçinin ayrıca komitə üzvləri (əksər hallarda belə layihələr ölkələrin milli standartları olur) tərəfindən təqdim edilə bilər. İşçi layihələrin təqdim olunmasının belə qaydası sənayesi inkişaf etmiş bir sıra ölkələrdə geniş istifadə edilir.

Səbəb odur ki, işçi layihənin gələcəkdə beynəlxalq standart kimi qəbul edilməsi milli standartda dəyişikliklərin edilməsini və ya ona yenidən baxılmasını tələb etməyəcəkdir və deməli, istehsal sferasında əlavə xərclərlə əlaqədar olmayacaqdır.

İşlənmiş işçi layihənin TK-nın və ya YK-nın iclasında, yaxud TK və YK üzvləri arasında yazışma yolu ilə bəyənildiyi halda İSO-nun Mərkəzi katibliyində beynəlxalq standartın layihə təklifi qismində qeydə alınır və ona qeydiyyat nömrəsi verilir.

Layihə təklifi TK və YK-nın katibliyi tərəfindən bu orqanın bütün fəal üzvlərinə baxılmaq üçün göndərilir, iradlar alındıqdan sonra beynəlxalq iclas çağırılır və orada layihənin texniki məzmunu müzakirə edilir.

Bir qayda olaraq, bir iclasın gedişində ümumi qərara gəlmək mümkün olmur. Odur ki, hər bir iclasdan sonra dəqiqləşdirilmiş layihə (birinci layihə, ikinci layihə və s.) hazırlanır və növbəti iclaslarda baxılır.

Lakin üç dəfədən çox layihənin işlənməsinə yol verilmir. Bundan sonra kompromis qərara gəlməyin qeyri-mümkünlüyü səbəbindən belə standartın sonrakı işlənməsinin məqsədə uyğunluğu məsələsi müzakirə edilir.

İclasda ümumən bəyənildiyi halda layihə Mərkəzi Katibliyə beynəlxalq standartın layihəsi kimi artıq qeydiyyat üçün və onun verilmiş TK və ya YK fəal üzvlərinə səsvermə üçün göndərilməsinə verilir.

Bəyənildikdən sonra layihəni İSO-nun komitə üzvlərinə, yəni standartlaşdırma üzrə milli təşkilatlara səsverməyə göndərilir. Belə prosedur onunla əlaqədardır ki, bir sıra hallarda işçi orqanlarda mütəxəssislərin rəyi standartlaşdırma üzrə milli təşkilatların rəyindən fərqlənə bilər. Bu halda yalnız milli təşkilat beynəlxalq standartın

layihəsinə münasibət bildirdikdən sonra qərar qəbul etmək hüququna malikdir.

Lakin standartın müzakirəsi və bəyənilməsi prosesdurunun müddətlərini qısaltmaq üçün kombinə olunmuş səsvermə nəzərdə tutulur, bu zaman layihə TK və ya YK-nın fəal üzvlərinə və standartlaşdırma üzrə milli təşkilatlara eyni vaxtda göndərilir.

Beynəlxalq standartın layihəsi verilmiş TK və YK-nın fəal üzvlərinin üçdə ikisinin lehinə səsini alarsa, layihə bəyənilmiş sayılır. Bu zaman layihənin əleyhinə səs verənlərin sayı səsvermədə iştirak edən komitə üzvlərinin ümumi sayının dördə birindən çox olmamalıdır.

İSO-nun Mərkəzi katibliyi tərəfindən beynəlxalq standartın dərc olunması ingilis və fransız dillərində, yəni təşkilatın işçi dillərində həyata keçirilir. Lakin bir sıra nəşrlər, o cümlədən terminoloji standartlar, həm də rus dilində dərc olunur.

Göründüyü kimi, İSO beynəlxalq standartlarının işlənməsi prosesi kifayət qədər uzun müddət tələb edir. Odur ki, son zamanlar İSO-da standartların işlənməsi müddətlərinin əhəmiyyətli qısaltılmasına dair təkliflərə baxılır.

İSO bunun yolunu ayrıca ölkələrin mütərəqqi milli standartlarının beynəlxalq standartlar kimi qəbul edilməsi və İSO-nun müvəqqəti standartlarının beynəlxalq standartlar kimi qəbul edilməsi və İSO-nun müvəqqəti standartlarının qüvvəyə minməsində görür.

Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiya (BEK).

Elektrotexnika sahəsində beynəlxalq əməkdaşlıq üzrə işlər hələ 1881-ci ildə başlamışdır, həmin il elektrik üzrə birinci Beynəlxalq konfrans keçirilmişdir. 1904-cü ildə Sent-Luisdə elektrik üzrə Beynəlxalq konqresdə hökumət nümayəndələrinin iclasında terminologiyanın standartlaşdırılması və elektrik maşınlarının parametrləri məsələləri ilə məşğul olan xüsusi orqanın yaradılmasının zəruriliyi haqında qərar qəbul edilmişdir.

Belə bir orqanın – Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiyanın formal olaraq yaradılması 1906-cı ildə Londonda 13 ölkənin nümayəndələrinin iştirak etdiyi konfransda baş tutdu.

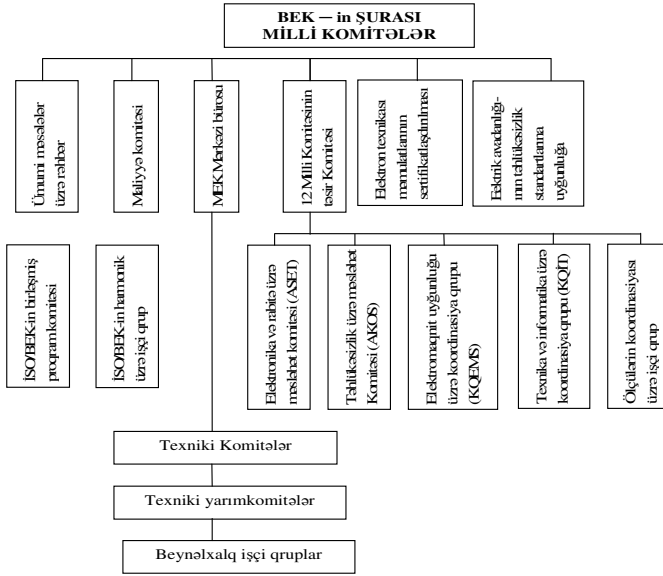
Qeyd edək ki, İSO və BEK-in fəaliyyət sferaları dəqiq müəyyənləşdirilmişdir: BEK elektrotexnika, elektronika, radorabitə, cihazqayırma, İSO isə qalan bütün sahələrdə fəaliyyət göstərir.

BEK-in rəsmi dilləri – ingilis, fransız və rus dilləridir. BEK-in məqsədi onun Nizamnaməsinə uyğun olaraq elektrotexnika və radiotexnika sahəsində standartlaşdırma və ona yaxın sahələrdə problemlərin həllində beynəlxalq əməkdaşlığa köməklik etməkdir.

Komissiyanın əsas vəzifəsi göstərilən sahələrdə beynəlxalq standartların işlənməsidir.

BEK-in ali rəhbər orqanı Şuradır, burada üzv ölkələrin bütün milli komitələri təmsil olunurlar (*şəkl. 13.2*).

BEK-in seçkili vəzifəli şəxsləri üç illik müddətə seçilən prezident, vitse-prezident, xəzinədar və baş katibdir. Şura hər il öz iclaslarına növbə ilə müxtəlif ölkələrdə yığışır və BEK-in fəaliyyətinin həm texniki, həm də inzibati və maliyyə xarakterli bütün məsələlərini müzakirə edir. Şura yanında maliyyə komitəsi və istehlak mallarının standartlaşdırılması məsələləri üzrə komitə fəaliyyət göstərir.



Şək. 13.2. Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiyanın (BEK) strukturu

BEK Şurası yanında **Təsir Komitəsi** yaradılmışdır.

Bu Komitə Şuranın tapşırığı ilə bütün məsələlərə baxır. Təsir Komitəsi öz işində Şuraya hesabat verir və öz qərarlarını təsdiq edilmək üçün Şuraya təqdim edir.

Komitənin funksiyalarına daxildir: texniki komitələrin işinə nəzarət və koordinasiya, BEK standartlarının tətbiqi ilə bağlı məsələlərin həlli, texniki iş üzrə metodik sənədlərin işlənməsi, digər təşkilatlarla əməkdaşlıq.

BEK-in, eləcə də İSO-nun büdcəsi ölkələrin üzvlük haqlarından və beynəlxalq standartların satışından daxil olan vəsaitlərdən toplanır.

BEK-in texniki orqanlarının strukturu İSO-da olduğu kimidir: texniki komitələr (TK), yarımkomitələr (YK) və işçi qruplar (İQ).

Bütövlükdə MEK-də hazırda 80-dan çox TK yaradılmışdır, onların bir hissəsi ümumi texniki və sahələrarası xarakterli (məsələn, terminologiya, qrafiki təsvirlər, standart gərginliklər və tezliklər, iqlim sınaqları və s. üzrə komitələr) beynəlxalq standartlar, digərləri isə konkret məhsul növlərinə (transformatorlar, elektron texnikası məmulatları, məişət radioelektron aparatları və s.) aid standartları işləyib hazırlayırlar.

BEK standartlarının işlənməsi proseduru onun Nizamnaməsi, prosedur Qaydaları və texniki iş üzrə ümumi Direktivlərlə rəqlamentlənir. Hazırda 2000-dən çox beynəlxalq BEK standartı işlənmişdir. BEK standartları İSO standartlarına nisbətən daha dolğundur. Onlarda məhsula texniki tələblər və onun sınaq metodları daha geniş şərh olunur. Bu onunla izah olunur ki, təhlükəsizlik üzrə tələblər BEK-in fəaliyyət sferasına daxil olan məhsula aparıcı tələblərdən biridir. Bir çox onilliklər ərzində BEK-in topladığı iş təcrübəsi standartlaşdırma məsələlərini daha dərindən araşdırmağa və həll etməyə imkan verir.

BEK-in beynəlxalq standartları üzv ölkələrdə yenidən işlənmədən birbaşa tətbiq edilmək üçün daha yararlıdır.

BEK standartları texniki komitələrdə və ya yarımkomitələrdə işlənir. BEK-in prosedur qaydaları BEK standartlarının işlənməsinin qaydasını müəyyən edir, bu qayda İSO standartlarının işlənməsi qaydasına eyniləşdirilmişdir.

BEK standartları da tövsiyə xarakteri daşıyır. Ölkələr onların milli səviyyələrdə tətbiq olunması məsələlərində tam müstəqilliyə malikdir, lakin məhsul dünya bazarına çıxdığı halda bu standartlar məcburi xarakter daşıyırlar.

BEK-də standartlaşdırmanın **əsas obyektləri** bunlardır:

- elektrotexnikada tətbiq edilən materiallar (maye, bərk və qaza oxşar dielektriklər, maqnit materialları, mis, alüminium və onun ərintiləri);

- ümumi sənaye təyinatlı elektrotexniki avadanlıqlar (mühərriklər, qaynaq aparatları, işıq texnikası avadanlığı, rele, aşağı gərginlikli aparatlar, paylayıcı qurğular, intiqallar, kabellər və i.a.);

- elektrik enerjisi avadanlıqları (buxar və hidravlik turbinlər, elektrik ötürmə xətləri, generatorlar, transformatorlar);

- elektron sənayesi məmulatları (diskret yarımkeçirici cihazlar, inteqral sxemlər, mikroprosessorlar, çap lövhələri və sexləri);

- məişət və istehsal təyinatlı elektron avadanlıq, elektrik alətləri, sənayenin ayrıca sahələrində tətbiq olunan elektrotexniki və elektron avadanlıqları.

BEK-də standartlaşdırmanın aparıcı istiqamətlərindən biri terminoloji standartların işlənməsidir.

Keyfiyyətə nəzarət üzrə Avropa Təşkilatı.

Keyfiyyətə nəzarət üzrə Avropa Təşkilatının (KNAT) yaradılması üzrə ilk addımlar 1956-cı ilin sentyabrında atılmışdır. O zaman əməyin məhsuldarlığı üzrə Avropa Agentliyinin təşkil etdiyi ekspertlərin iclasında keyfiyyət məsələləri üzrə vahid bir Avropa orqanının yaradılması məqsədə uyğun hesab olunmuşdu.

Belə təşkilatın işinin əsas müddəalarının işlənməsi üzrə ilk təşəbbüslərlə keyfiyyətin təmini üzrə milli orqanlara malik və bu sahədə iş təcrübəsi toplamış ölkələr (Böyük Britaniya, İtaliya, Niderland, Fransa, Almaniya) çıxış etdilər.

Keyfiyyətə nəzarət üzrə Avropa təşkilatının yarandığı il 1957-ci il hesab olunur, məhz həmin il təşkilatın birinci konfransı çağırılmışdır.

1976-cı ildə KNAT-ın Nizamnaməsi təsdiq edildi, ona uyğun olaraq KNAT özünü idarə edən bir assosiasiyadır, öz qarşısında heç bir siyasi məqsəd qoymur və öz fəaliyyətinin nəticələrindən heç bir gəlir götürmür.

KNAT-ın məqsədləri məhsul və xidmətlərin keyfiyyəti və etibarlılığını yüksəltmək üçün bütün mümkün vasitələrin köməyi ilə keyfiyyətin idarə edilməsinin təcrübi metodları və nəzəri prinsiplərinin yayılması, təkmilləşdirilməsi və tətbiqinə münbit şərait yaratmaqdır.

Hazırda təşkilatın əsasverici sənədləri bunlardır: KNAT-ın Nizamnaməsi, KNAT-ın prosedur qaydaları, təşkilatın fəaliyyətinin prioritet vəzifələrini və istiqamətlərini müəyyən edən komitə və bölmələr üçün qaydalar.

1 iyul 1988-ci ildən təşkilat Keyfiyyət üzrə Avropa təşkilatı (KAT) adlandırılmışdır. Hərçəndki KAT adına görə regional təşkilatdır, ancaq faktiki olaraq yerinə yetirdiyi işlərin miqyasına görə beynəlxalq təşkilat statusu daşıyır.

KAT-da dörd növ üzvlük mövcuddur: tam hüquqlu, fəxri, kollektiv və fərdi. Bütövlükdə KAT-ın bütün

kateqoriyadan olan üzv ölkələri Avropa, Asiya, Amerika və Afrika qitələrini təmsil edirlər.

KAT-ın Nizamnaməsinin 3.1 bəndində deyilir ki, təşkilatın tam hüquqlu üzvü hər bir Avropa ölkəsindən ancaq bir təşkilat ola bilər. Bu təşkilat məhsul və xidmətlərin keyfiyyəti və etibarlılığının təmin edilməsi sahəsində milli maraqları və milli fəaliyyəti kifayət qədər əhatəli təmsil etməlidir.

KAT-ın işinin əsas formaları keyfiyyətin aktual problemlərinin öyrənilməsi üçün ilbəl keçirilən konfrans, simpozium, seminar və işçi qrupların təşkili, məhsulun keyfiyyət məsələlərinə dair rəhbər sənədlərin, vəsaitlərin, məlumat kitablarının, tövsiyələrin və digər metodik sənədlərin işlənməsidir. KAT özünün standartlarını yaratmır, dərc etmir və sertifikatlaşdırma ilə məşğul olmur.

Rusiya Standartlaşdırma Komitəsinin Elmi Tədqiqat Standartlaşdırma İnstitutu (VNIIS) Rusiyanın KAT-da iştirakının elmi-metodiki və təşkilatı təminatını həyata keçirir.

Sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi üzrə Beynəlxalq Konfrans (İLAK). Müasir dövrdə beynəlxalq ticarət-iqtisadi, sənaye və elmi-texniki əməkdaşlıqda digər ölkələrə ixrac edilən məhsulun texniki

səviyyəsi və keyfiyyətinin obyektiv qiymətləndirilməsi ilə əlaqədar məsələlər xüsusən vacib əhəmiyyət kəsb etməyə başlamışdır.

İSO və BEK tərəfindən işlənmiş beynəlxalq tərifə uyğun olaraq, **laboratoriyaların akkreditləşdirilməsi** konkret sınaqları və ya sınaqların konkret tiplərini həyata keçirmək üçün sınaq laboratoriyalarına verilmiş səlahiyyətlərin rəsmi tanınması deməkdir.

İLAK-ın yaradılmasının əsas məqsədi qüvvədə olan beynəlxalq müqavilələr, sınaq laboratoriyalarının milli akkreditləşdirmə sistemlərinin qarşılıqlı tanınması, məhsulun sınaqlarının nəticələri və məhsulun keyfiyyətinə dair digər məsələlər haqqında məlumatların ümumiləşdirilməsinə çalışmaqdır.

Bu məqsədə nail olmaq üçün hazırda İLAK-ın **vəzifələri aşağıdakılardır:**

—sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirmə sistemləri və sınağın nəticələrinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üzrə informasiya və təcrübə mübadiləsi;

—laboratoriyaların akkreditləşdirmə sistemlərinin tanınması üzrə ikitərəfli və çoxtərəfli müqavilələrin bağlanması yolu ilə akkreditləşdirilmiş milli

laboratoriyaların apardığı sınaqların nəticələrinin qarşılıqlı tanınmasına kömək;

—sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsinə aid məsələlər üzrə maraqlı beynəlxalq təşkilatlarla əməkdaşlıq.

İLAK-ın vəzifələrinə həmçinin aiddir: beynəlxalq ticarətdə texniki maneələrin aradan qaldırılmasına köməklik və onun üçün daha münbit şəraitin yaradılması, sertifikatlaşdırma üzrə orqanlarla fəal əməkdaşlıq.

Akkreditləşdirmənin inkişafı ilə əlaqədar konkret problemlərin həlli və beynəlxalq tövsiyələrin hazırlanması məqsədilə İLAK işçi orqanlar yaratmışdır. Bunlar müxtəlif ölkələrdən mütəxəssislərin iştirak etdiyi işçi qruplardır.

İLAK öz fəaliyyətini standartlaşdırma üzrə beynəlxalq təşkilatlar – İSO və BEK-lə sıx əməkdaşlıqda həyata keçirir. İLAK-ın strukturuna aşağıdakı işçi orqanlar daxildir:

—İLAK-ın konfranslarının keçirilməsi və onun işinin koordinasiyası üzrə Komitə;

—akkreditləşdirmənin tətbiqi üzrə komitə;

—akkreditləşdirmə təcrübəsi üzrə komitə;

—sınaq laboratoriyalarının təcrübə işi üzrə komitə;

—İLAK-ın redaksiya komitəsi.

Standartlaşdırma üzrə Avropa Komitəsi (SEN).

Bu təşkilat 23 mart 1961-ci ildə Parisdə baş tutan EES və EAST nümayəndələrinin iclasında yaradılmışdır. SEN-in üzvləri dünyanın 18 ölkəsinin standartlaşdırma üzrə milli təşkilatlarıdır. SEN-in birinci iclasında onun Nizamnaməsi və prosedür Qaydaları təsdiq olunmuşdur.

1970-ci ildə SEN-in Nizamnaməsinə yenidən baxılmış və müəyyən dəyişikliklərlə yanaşı Avropa Standartlarının (AS) işlənməsinin məcburiliyi bəyan edilmişdir.

SEN-in ali orqanı Baş məclisdir. Burada standartlaşdırma üzrə milli orqanlar, üzv ölkələrin hökumət orqanları təmsil olunurlar. Avropanın bir sıra nüfuzlu təşkilatları (Avropa İqtisadi Birliyi, Azad ticarət üzrə Avropa Assosiasiyası və b.) SEN-də təmsil olunurlar.

SEN-in koordinasiya və planlaşdırıcı orqanı Texniki bürodur, büro 140-dan çox texniki komitənin fəaliyyətini koordinasiya edir. Standartlaşdırma üzrə işlərin yerinə yetirilməsi üçün cavabdehliyi proqram və texniki komitələr daşıyır.

Proqram komitələri müvafiq sahələrdə standartlaşdırmanın proqramını hazırlayır və ildə bir

dəfədən az olmayaraq məclisin iclaslarında iştirak etməklə və ya yazışma yolu ilə onun aktuallığını əsaslandırırlar.

Texniki büro texniki komitələr yaradır, onlara ad verir və standartların hazırlanması üçün müvafiq sahələri müəyyən edir.

SEN-in ümdə vəzifələri məhsul və xidmətlərin ticarət və mübadiləsinin inkişafına köməklik göstərməkdir, SEN bunu **aşağıdakı vasitələrlə** yerinə yetirir:

– SEN-ə üzv ölkələrin işlədikləri standartların, həmçinin öz direktivlərində və digər rəsmi sənədlərdə istinad edilən digər hökumətlərarası təşkilatların işlədikləri Avropa standartlarının harmonikləşdirilməsi;

– elektrotexnikada standartlaşdırma üzrə Avropa komitəsi və regionun digər hökumət, qeyri-hökumət, elmi-texniki və iqtisadi təşkilatları ilə standartlaşdırma məsələləri üzrə əməkdaşlıq;

– İSO və BEK vasitəsilə beynəlxalq standartların tələblərinin və tövsiyələrinin eyni cür tətbiqinin dəstəklənməsi;

– Avropa standartları əsasında sertifikatlaşdırma ilə əlaqədar xidmətlərin təqdimatı.

Elektrotexnikada standartlaşdırma üzrə Avropa Komitəsi (SENELEK). Bu təşkilat 1972-ci ildə iki

təşkilatın – EAST (SENEL) üzv – ölkələrin elektrotexniki standartlarının koordinasiyası üzrə Avropa komitəsi və AİB ölkələri elektrotexnika standartlarının koordinasiyası üzrə Avropa komitəsinin (SENELKOM) birləşdirilməsi nəticəsində yaradılmışdır.

SENELEK-in üzvləri 17 Avropa dövlətinin milli elektrotexniki komitələridir: Avstriya, Belçika, Böyük Britaniya, Yunanıstan, Danimarka, İrlandiya, İspaniya, İtaliya, Lüksemburq, Niderland, Norveç, Portuqaliya, Finlandiya, Fransa, Almaniya, İsveç, İsveçrə, (Lüksemburqdan başqa bu ölkələr həm də BEK üzvləridir).

SENELEK-in işi Nizamnaməsinə və digər normativ sənədlərə uyğun olaraq aparılır. SENELEK-in ali orqanı Baş Məclisdir. Burada standartlaşdırma üzrə milli təşkilatlar, üzv ölkələrin hökumət orqanları, Avropa İqtisadi Birliyi, sərbəst ticarət üzrə Avropa Assosiasiyası təmsil olunur.

SENELEK-in əsas məqsədləri bunlardır: AİB ilə sıx əməkdaşlıqda elektrotexniki standartlar dəstəsinin işlənməsi, həmçinin sərbəst ticarət üzrə Avropa Assosiasiyası Katibliyinin dəstəyilə bu regionun ölkələrində mal və xidmətlərin vahid bazarının təminatıdır. SENELEK-ə üzv ölkələrin milli komitələrinin tam qarşılıqlı razılığı ilə

yaradılan standartlar bu vəzifələrin yerinə yetirilməsində ən vacib sənədlər kimi qiymətləndirilir.

SENELEK-in əsas fəaliyyəti həm üzv ölkələrin milli standartları, həm də məmulatların standartlara uyğunluğunun sertifikatlaşdırılmasının prosedurları arasında bütün texniki fərqlərin aradan qaldırılmasına istiqamətlənir. Bu iş Qərbi Avropa səviyyəsində mal, məhsul və xidmətlərin sərbəst hərəkətinin təmin edilməsində lazımi zəmanət hesab edilir.

Fəsil 14

SERTİFİKATLAŞDIRMANIN ƏSASLARI

Azərbaycan Respublikasında sertifikatlaşdırma və uyğunluğun təsdiqi sahəsində fəaliyyətin tənzimlənməsi.RS-001-93 “AZS Milli Sertifikatlaşdırma sistemi.Əsas müddəalar” rəhbərlik sənədinə uyğun olaraq həyata keçirilir.Bu sənəddə sertifikatlaşdırma və uyğunluğun təsdiqi aşağıdakı şəkildə müəyyən edilmişdir:

- **Sertifikatlaşdırma** – sertifikatlaşdırma orqanı tərəfindən həyata keçirilən obyektlərin texniki rəqlamentlərin tələblərinə, standartların müddəalarına və ya müqavilələrin şərtlərinə uyğunluğunun təsdiqi formasıdır.
- **Uyğunluğun təsdiqi** – məhsulun və ya digər obyektlərin, istehsal proseslərinin, istismarın, saxlanmanın, daşınmanın, satışı və utilləşdirilməsinin, işlərin yerinə yetirilməsi və ya xidmətlərin göstərilməsinin texniki rəqlamentlərin tələblərinə, standartların müddəalarına və ya müqavilələrin şərtlərinə uyğunluğunun sənədli təsdiqidir.

Beləliklə, sertifikatlaşdırma irəli sürülən tələblərə obyektlərin uyğunluğunun təsdiqi formalarından biridir. O, sertifikatlaşdırmanın aparılmasının və obyektlərin məcburi

tələblərə uyğunluğunun yoxlanılmasının məcburiliyi baxımından məcburi, həm də könüllü ola bilər.

Könüllü sertifikatlaşdırma obyektlərin qeyri-məcburi tələblərə, o cümlədən standart və müqavilələrin bütün kateqoriyalarının tələblərinə uyğunluğuna aparılır.

- **Uyğunluq sertifikatı** – obyektin məcburi və ya qeyri-məcburi tələblərə uyğunluğunu təsdiq edən sənəddir.

Uyğunluğun təsdiqinin mahiyyəti ərizəçiyə obyektin müəyyən edilmiş tələblərə uyğunluğuna dair sənədin verilməsindən ibarətdir. Uyğunluğun təsdiqi uyğunluğun qiymətləndirilməsinin nəticələrinə görə həyata keçirilir.

Hazırda sertifikatlaşdırma uyğunluğun təsdiqi formalarından biri kimi, məsələn, təşkilatlarda əməyin mühafizəsi üzrə işlərə də tətbiq edilir..

14.1. Uyğunluğun təsdiqinin məqsədləri

Uyğunluğun təsdiqi **aşağıdakı məqsədlərlə** həyata keçirilir:

– məhsulun, istehsal proseslərinin, istismarın, saxlanmanın, daşınmanın, satışın və utilləşdirmənin, işlərin, xidmətlərin və digər obyektlərin texniki rəqlamentlərə, standartlara, müqavilə şərtlərinə uyğunluğunun təsdiqi;

– alıcılara məhsul, iş və xidmətlərin səriştəli seçimində köməklik göstərmək;

– Azərbaycanda və beynəlxalq bazarlarda məhsul, iş və xidmətlərin rəqabət qabiliyyətinin yüksəldilməsi;

– Azərbaycan Respublikası ərazisində malların sərbəst yerdəyişməsinə təmin etmək, həmçinin beynəlxalq iqtisadi, elmi-texniki əməkdaşlıq və beynəlxalq ticarət üçün münbit şəraitin yaradılması.

“Texniki tənzimləmə haqqında” Qanun da şərh olunmuş uyğunluğun təsdiqinin məqsədləri obyektlərin uyğunluğun təsdiqinin məcburi və ya könüllü olmasından asılı olmayaraq texniki tənzimləmənin bütün obyektləri üçün ümumdür.

Bütün şərh olunan uyğunluğun təsdiqi məqsədləri son nəticədə vahid bir istiqamətə malikdir – məhsul, iş və xidmətlərin istehlakçılara istehsalçı, satıcı və ya icraçının müvafiq sənədlərdə istinad etdiyi göstəricilərin uyğunluğuna əminlik vermək.

14.2. Uyğunluğun təsdiqinin prinsipləri

Uyğunluğun təsdiqi **aşağıdakı prinsiplərin** əsasında həyata keçirilir:

– uyğunluğun təsdiqinin aparılması qaydası haqqında informasiyanın maraqlı şəxslərə əlçatan olması;

– texniki rəqlamentlərdə məcburi tələblər müəyyən edilməmiş obyektlərə, uyğunluğun təsdiqinin həyata keçirilməsinin yolverilməməzliyi;

– texniki rəqlamentlərdə məcburi tələblər müəyyən edilmiş məhsul növlərinə uyğunluğun təsdiqinin forma və sxemlərinin siyahısının təyin edilməsi;

– uyğunluğun təsdiqinin həyata keçirilməsinə, o cümlədən müəyyən könüllü sertifikatlaşdırma sistemində sertifikatlaşdırılmaya məcbur edilməsinin yolverilməməzliyi;

– ərizəçilərin əmlak maraqlarının müdafiəsi, uyğunluğun təsdiqinin həyata keçirilməsi zamanı alınan məlumatlara dair kommərsiya sirtinə riayət edilməsi;

– uyğunluğun təsdiqinin könüllü sertifikatlaşdırma ilə əvəz edilməsinə məcbur edilmənin yolverilməməzliyi.

Uyğunluğun təsdiqi orqanının harada yerləşməsindən, məhsulun ölkəsi və (və ya) mənşəyi, istehsalı, istismarı, saxlanması, satışı və utilləşdirilməsinin həyata keçirilməsi proseslərindən, işlərin yerinə yetirilməsi və xidmətlərin göstərilməsi, müqavilələrin növü və ya xüsusiyyətlərindən və şəxslərdən (istehsalçı, icraçı, satıcı və

ya satın alan) asılı olmayaraq uyğunluğun təsdiqi eyni şəkildə və eyni ölçüdə həyata keçirilməlidir.

14.3. Uyğunluğun təsdiqinin forma və obyektləri

Uyğunluğun təsdiqi forması müvafiq məhsul və ya digər obyektlərin, istehsal, istismar, saxlama, daşıma, satışı və utiləşdirilməsi proseslərinin, habelə işlərin yerinə yetirilməsinin, xidmətlərin göstərilməsinin texniki rəqlamentlərin tələblərinə, standartların müddəalarına və ya müqavilələrin şərtlərinə uyğunluğunun sənədlə təsdiqinin müəyyən qaydası kimi təyin edilmişdir.

Məhsul və xidmətlərin uyğunluğunun təsdiqi onların təhlükəsizliyinin qiymətləndirilməsi mexanizminin təşkilədicilərindən biridir.

Qiymətləndirmənin digər üsullarından fərqli olaraq, uyğunluğun təsdiqi məhsulun tədavülünün bazara qədər olan mərhələsində tətbiq olunur və həm istehsalçı, yəni birinci tərəf (uyğunluğun bəyan edilməsi), eləcə də istehsalçı və istehlakçıdan asılı olmayan müstəqil orqanlar – üçüncü tərəf (sertifikatlaşdırma orqanı) vasitəsilə həyata keçirilə bilər.

Uyğunluğun təsdiqinin hər iki forması hazırda Azərbaycan Respublikasında istifadə edilir.

Konkret məhsulun (xidmətin) uyğunluğunun təsdiqini həyata keçirmək üçün normativ sənəddə müəyyən edilmiş tələblərin olması vacibdir və məhsulun (xidmətin) təhlükəsizliyinə əminlik üçün istehsalçının zəruri sübutları təqdim etmək imkanı olmalıdır.

Uyğunluğu birinci tərəf təsdiq edən zaman sübutları istehsalçı (icraçı) toplayır, zərurət olduqda bunun üçün üçüncü tərəf (məsələn, keyfiyyət sisteminin və ya sınaq laboratoriyasının sertifikatlaşdırılması üzrə orqan) cəlb olunur.

Əgər uyğunluq haqqında sənədi (şəhadətnaməni) üçüncü tərəf verirsə, onda sübutları toplamaq onun vəzifəsidir. Uyğunluğun təsdiqinin bu iki formasının əsas fərqləri *cə.d. 14.1-də* verilmişdir.

Azərbaycan Respublikasında məhsul və xidmətlərin uyğunluğunun təsdiqinin aparılmasının məcburiliyi qanunvericilik aktları ilə müəyyən edilir. Tarixən ölkədə birinci tətbiq olunan uyğunluğun təsdiq forması sertifikatlaşdırma olmuşdur.

Məcburi sertifikatlaşdırma üzrə praktiki fəaliyyətin başlanğıcı 1996-cı ildə qüvvəyə minən “İstehlakçıların

hüquqlarının müdafiəsi haqqında” Azərbaycan Respublikasının Qanunu ilə qoyulmuşdur. Sahibkarlığın inkişafı, açıq bazarın genişlənməsi, dövlət nəzarəti və yoxlamaların həcminin xeyli azalması şəraitində sertifikatlaşdırma istehlakçıların təhlükəli məhsul istehsalından qorunmasının səmərəli bir üsuluna çevrildi və bazarda öz hüquqlarını anlamaq üçün istehlakçıları maarifləndirdi.

Sertifikatlaşdırma (uyğunluğun təsdiqi) sahəsində müəssisənin menecmentinin həll etməli **zəruri məsələləri bunlardır:**

– müəssisənin buraxdığı (və ya təşkilatın bazara göndərdiyi) məhsul üçün uyğunluğun təsdiqi (məcburi sertifikatlaşdırma) məcburidirmi?

– bu məhsul hansı məcburi tələblərə uyğun olmalıdır ?

– sertifikatlaşdırma üzrə hansı orqanlar qiymətləndirməni apara və uyğunluq sertifikatı verə bilər?

– uyğunluğun təsdiqinin qayda və prosedurları necədir?

– məhsulun uyğunluğunun təsdiqi üçün Respublikanın Nazirliyi və ya bu məhsula nəzarəti və ya

yoxlamaları həyata keçirən icra hakimiyyətinin digər orqanlarının sənədləri tələb olunurmu?

– sertifikatlaşdırılmış məhsulun istehsalçısının (tədarükçüsünün) hüquq və vəzifələri hansılardır?

Məhsulun təhlükəsizlik tələblərinə uyğunluğu Azərbaycan Respublikasının qanunvericilik aktlarında nəzərdə tutulduğu hallarda mütləq təsdiq edilməlidir. Hazırda belə qanunvericilik aktlarının sayı çoxdur. Onların əksəriyyəti bir çox obyektlərin məcburi sertifikatlaşdırılmasını nəzərdə tutur.

Uyğunluğun təsdiqinin ikinci formasının – istehsalçının (tədarükçünün) bəyannamə qəbul etməsinin istifadə edilməsi imkanı ancaq iki qanunda nəzərdə tutulmuşdur: “Qida məhsullarının keyfiyyəti və təhlükəsizliyi haqqında” və “İstehlakçıların hüquqlarının müdafiəsi haqqında”.

Cədvəl 14.1

| Təyinatı | Kim aparır? | Uyğunluğu təsdiq edən sənəd | İstehlakçılar üçün informasiya |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|
| Uyğunluğun deklarasiyası | İstehsalçı (tədarükçü, icraçı) | Uyğunluq haqqında deklarasiya | Məhsula qeydə alınmış deklarasiya və ya müşayiət sənədləşməsi haqqında məlumatlar. Uyğunluq nişanı ilə markalamaq |

| | | | |
|--------------------|---|----------------------|---|
| Sertifikatlaşdırma | Məhsulun (xidmətin) sertifikatlaşdırılması üzrə orqan | Uyğunluq sertifikatı | Uyğunluq sertifikatının surəti. Uyğunluq sertifikatı haqqında müşayiət sənədlərində məlumat. Sertifikatlaşdırma orqanının kodu göstərilməklə uyğunluq işarəsi ilə markalama |
|--------------------|---|----------------------|---|

Uyğunluğun təsdiqinin iki formasının əsas fərqləri

Məcburi sertifikatlaşdırma obyektlərinin, eləcədə uyğunluğu mütləq təsdiqlənən obyektlərin müvafiq qanunlarla təyini və məhdudlaşdırılması məqsədilə Azərbaycan Respublikası Hökumətinin qanunverici aktları, orqanlarının siyahısı və ya nomenklaturası tərtib olunmuşdur.

Nomenklatura məcburi sertifikatlaşdırma obyektləri haqqında Respublikada qanunvericilik aktları ilə məcburi sertifikatlaşdırılması nəzərdə tutulan məhsul və xidmətlərin nomenklaturası təsdiq edilmişdir.

Azərbaycan Respublikası Metrologiya, Standartlaşdırma və Patent üzrə Dövlət Komitəsinin rəsmi sorğu və informasiya sənədidir. Nomenklaturada aşağıdakılar göstərilmişdir:

- məhsulun adı;
- məhsulun təsnifatına görə kodu ;

– məcburi sertifikatlaşdırma zamanı təsdiqlənməli tələblər;

– təsdiqlənməli tələbləri özündə ehtiva edən normativ sənədlər (dövlət standartı və s.)

Şərh olunan Nomenklatura işçi bir alət kimi istehsalçı və istehlakçı üçün həm onların istehsal (tədarük) etdiyi məhsul üçün məcburi sertifikatlaşdırmanın tələb olunması məsələsini həll etmək, eləcə də bu məhsulun hansı konkret təhlükəsizlik tələblərinə uyğun olmasını təyin etmək üçün istifadə oluna bilər.

Qüvvədə olan Nomenklatura əsasında Azərbaycan Respublikası Metrologiya, Standartlaşdırma və Patent üzrə Dövlət Komitəsi Gömrük Komitəsi ilə birlikdə Azərbaycan Respublikasının gömrük ərazisinə buraxılması zamanı məcburi sertifikatlaşdırmanın aparılmasının təsdiqi tələb olunan mallarının Siyahısını formalaşdırmış və təsdiq etmişdir.

Bu Siyahıda göstərilmişdir:

– malın adı;

– Azərbaycanda xarici-iqtisadi fəaliyyətin əmtəə (mal, məhsul) Nomenklaturasına uyğun olaraq malın kodu.

Uyğunluğu deklarasiya ilə təsdiq olunan məhsulun siyahısı Azərbaycan hökumətinin qərarı ilə təsdiq

edilmişdir. Bu siyahıya uyğun olaraq Azərdövlətstandart uyğunluğu deklarasiya ilə təsdiq edilən məhsulun Nomenklaturasını hazırlamış və təsdiq etmişdir.

Sertifikatlaşdırmanın məcburiliyini təyin etmək üçün **aşağıdakılar zəruridir:**

– ölkə məhsulu üçün: sertifikatlaşdırmanın məcburiliyini təyin etmək üçün Azərbaycan Respublikasının qanunverici aktları ilə nəzərdə tutulmuş məhsul və xidmətlərin (işlərin) Nomenklurası istifadə olunur;

– idxal edilən (gətirilən) məhsul üçün: bu halda (xüsusi kodu olan) malların siyahısı əsas götürülür. Onlar üçün respublikanın gömrük ərazisinə buraxılan zaman məcburi sertifikatlaşdırmanın aparılmasının təsdiqi tələb olunur və sertifikatlaşdırmanın məcburiliyini təyin etmək üçün Azərbaycan Respublikasının qanunvericilik aktları ilə nəzərdə tutulmuş məhsul və xidmətlərin (işlərin) Nomenklurası istifadə edilir.

Azərdövlətstandart Standartlaşdırma Komitəsi və Dövlət Gömrük Komitəsi birlikdə, idxal edilən (gətirilən) məhsul üçün “Azərbaycan Respublikası ərazisinə malların gətirilməsi” qaydasını işləmişlər.

“**Aşağıdakı məhsullar** uyğunluq sertifikatı təqdim edilmədən Azərbaycan Respublikasının ərazisinə **buraxılır**:

– istifadədə olmuş mallar;

– əvvəllər Azərbaycan Respublikasının gömrük ərazisinə gətirilmiş və sertifikatlaşdırılmış hazır məmulatın ehtiyat hissələri qismində gətirilən mallar; bu şərtlə ki, əvvəllər gətirilmiş hazır məmulatın uyğunluq sertifikatının surəti təqdim olunsun və təsdiq edilsin ki, bu ehtiyat hissələri hazır məmulatda istifadə olunur, məmulatın konstruktor sənədlərinə daxil olur. Bundan başqa, öhdəlik götürülür ki, ehtiyat hissələri müstəsna olaraq hazır məmulatın dəstləşdirilməsində və ya onun texniki xidmət və təmirində istifadə olunacaqdır;

– sertifikatlaşdırma məqsədilə sınaqlar aparmaq üçün pay, əyar və ya nümunə qismində gətirilən məhsullar;

– fiziki şəxslər tərəfindən gətirilən və istehsal və ya digər kommersiya fəaliyyəti üçün nəzərdə tutulmayan (dəyər və miqdarca müəyyənləşdirilmiş kvotalardan çox gətirilmə halları istisna olmaqla) məhsullar;

– xarici dövlətlər və beynəlxalq hökumətlərarası təşkilatların nümayəndəliklərinin rəsmi istifadəsi üçün nəzərdə tutulmuş məhsullar.

Azərbaycan Respublikasının gömrük orqanlarının qərarına əsasən Azərbaycan Respublikasının ərazisinə uyğunluq sertifikatı təqdim etmədən müstəsna olaraq onları gətirən şəxslərin fərdi istehlakı üçün nəzərdə tutulan fərdi sayda məhsul buraxıla bilər.

İstehlakçı üçün məhsulun təhlükəsizliyini təmin edən və məcburi sertifikatlaşdırma aparılarkən təsdiq olunan məcburi tələblər müvafiq statuslu normativ sənədlərdə nəzərdə tutula bilər; bu status, bir qayda olaraq, qanunverici aktda müəyyən edilir.

“İstehlakçıların hüquqlarının müdafiəsi haqqında” Qanuna görə belə sənədlər kimi qanunla müəyyən edilmiş qaydada təsdiq edilən sənədlər, o cümlədən **standartlar qanun hesab edilir.**

Müəyyən edilmiş qanunvericilik qaydasında qəbul edilən normativ sənədə sanitar norma və qaydalarını misal göstərmək olar. SN və Q Səhiyyə Nazirliyinin sanitar – epidemioloji nəzarət Departamenti tərəfindən işlənir və təsdiq olunur.

Sənəd gigiyenik qiymətləndirmə və proqnozlaşdırma nəticəsində alınmış müxtəlif toksik maddələrin minimal buraxılan qiymətlərini müəyyən edir. Məcburi

sertifikatlaşdırma zamanı **standartlar qismində istifadə olunur:**

- dövlətlərarası standartlar (ГОСТ);
- Azərbaycan Respublikasının dövlət standartları (AZS).

Məcburi sertifikatlaşdırılması nəzərdə tutulan məhsullar təkcə dövlət standartlarına uyğun olaraq buraxılmır. Çox vaxt onların buraxılması üçün digər sənədlər də istifadə olunur:

- texniki şərtlər (TŞ);
- firma və müəssisələrin standartları;
- texnoloji rəqlamentlər və s.

Buna baxmayaraq, Azərbaycan Respublikasında müəyyən edilmiş təhlükəsizlik tələbləri (bunlar dövlət standartlarında, SN və Q və digər normativ sənədlərdə nəzərdə tutula bilər) məcburidir.

Təşkilatın istehsal və ya tədarük etdiyi məhsulun hansı təhlükəsizlik tələblərinə (hansı sənədlərdə müəyyən edilmiş) uyğun olmasını təyin etmək üçün məcburi sertifikatlaşdırılması Azərbaycan Respublikasının qanunverici aktları ilə nəzərdə tutulur.

Azərbaycan Respublikasında sertifikatlaşdırma üzrə fəaliyyət sertifikatlaşdırma sistemlərində həyata keçirilir.

Sertifikatlaşdırma sistemi – müəyyən edilmiş qaydalar üzrə fəaliyyət göstərən sertifikatlaşdırma prosesinin iştirakçılarının birliyi.

Sertifikatlaşdırma sistemlərini məcburi sertifikatlaşdırma sistemlərinə və könüllü sertifikatlaşdırma sistemlərinə ayırmaq olar. Sertifikatlaşdırma sistemləri **aşağıdakı ümumi kriteriyalara malik olmalıdır:**

– normativ sənədlərdə müəyyən edilmiş sertifikasiya obyektləri və uyğunluğun təsdiqi istifadə olunan yayılma sahəsi;

– təşkilati struktur və sertifikatlaşdırmanın aparılmasının vahid qaydaları və prosedurları;

– digər sertifikatlaşdırma sistemlərindən fərqli uyğunluq sertifikatı (və ya sertifikatları) və uyğunluq nişanı (nişanları);

– sertifikatlaşdırılmış obyektlərin və sistemin iştirakçılarının reyestri.

Məcburi sertifikatlaşdırmanın aparılmasının məhsulun bazara buraxılmasının təmini üçün zəruri olduğunu nəzərə alaraq, hər bir ölkədə məcburi sertifikatlaşdırma sistemi fəaliyyət göstərir. Aşağıda onların **əsaslarını** göstəririk.

AZS sertifikatlaşdırma Sistemi. Bu sistemdə Azərbaycanın istehlak bazarında tədavüldə olan bütün mal

və xidmətlər (işlər) sertifikatlaşdırılır. Sistem Azərdövlətstandart tərəfindən məcburi sertifikatlaşdırma aparmaq üçün yaradılmışdır.

Məcburi sertifikatlaşdırma bir sıra qanunvericilik aktlarında nəzərdə tutulub, o cümlədən: “İstehlakçıların hüquqlarının müdafiəsi haqqında” ölkənin Qanununda AZS sertifikatlaşdırma Sistemi uyğunluq sertifikatları və uyğunluq nişanlarının özünəməxsus formalarına malikdir.

AZS sertifikatlaşdırma Sistemində məcburi sertifikatlaşdırmaya aşağıdakılar cəlb olunur:

- vətəndaşların şəxsi (məişət) ehtiyacları üçün olan mallar;
- istehsal-texniki təyinatlı məhsullar;
- tikinti məhsulları;
- yerinə yetirilən işlər və göstərilən xidmətlər.

AZS sertifikatlaşdırma Sistemində məhsul, mal və xidmətlərin məcburi sertifikatlaşdırılmasının normativ bazasını **aşağıdakı sənədlər** təşkil edir;

- dövlət standartları;
- sanitariya qaydalar və normalar;
- tikinti normaları və qaydaları.

AZS sertifikatlaşdırma Sisteminin fəaliyyətinin **əsas prinsiplərinə** aşağıdakılar aiddir:

– **açıqlıq** (AZS sertifikatlaşdırma Sistemi onun qaydalarını qəbul edən və yerinə yetirən digər federal icra hakimiyyəti orqanları və təşkilatlarının orada iştirakı üçün açıqdır):

– qayda və prosedurların **vahidliyi** (AZS sertifikatlaşdırma Sistemində ölkə və xarici məhsullar vahid qaydalar üzrə sertifikatlaşdırılır);

– sertifikatlaşdırmanın **dəqiqliyi və dürüstlüyü** (bu prinsip sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi, həmçinin ekspertlərin müəyyən edilmiş qaydada sertifikatlaşdırılması ilə təmin edilir).

AZS sertifikatlaşdırma Sistemində sertifikatlaşdırmanın nəticələrinin obyektivliyi və dürüstlüyünün lazımı səviyyəsinə, ilk növbədə, sistemin iştirakçılarının akkreditləşdirilməsi yolu ilə nail olunur.

AZS sertifikatlaşdırılma Sistemində fəaliyyət üçün sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsinin beynəlxalq tələblərlə harmonikləşdirilmiş əsas kriteriya və qaydaları akkreditləşdirmənin aparılması üzrə Ümumi Qaydalarda formalaşdırılmışdır.

Akkreditləşdirmənin əsas prinsiplərinə aiddir:

- xarici və milli təşkilatlara bərabər yanaşma;
- istənilən hüquqi şəxsin akkreditləşməyə buraxılması;
- akkreditləşdirmənin, bir qayda olaraq, dövlət orqanları və ya onların səlahiyyətlər verdiyi qeyri-kommersiya təşkilatları tərəfindən aparılması;
- akkreditləşdirmənin nəticələrinin dərc olunması.

Azərbaycan Respublikasında məhsulun sertifikatlaşdırılması sertifikatlaşdırma üzrə orqanlar tərəfindən həyata keçirilir. İstehsalçının (satıcının) məcburi sertifikatlaşdırmanı aparmaq üçün, konkret məhsulun sertifikatlaşdırılması üzrə işlərin aparılmasına bilavasitə akkreditləşdirilmiş, istənilən sertifikatlaşdırma orqanına hüquqi baxımdan müraciət etmək səlahiyyəti vardır.

Ümumi halda, məhsulun sertifikatlaşdırılması zamanı sertifikatlaşdırma üzrə orqan aşağıdakı əməliyyatları həyata keçirir:

- ərizəçinin təqdim etdiyi sifariş və sənədlər dəstini araşdırır və sifarişə dair qərar qəbul edir (sənədlərin daxil olduğu andan 15 gündən gec olmayaraq);
- məhsulun nümunələrinin seçilməsi və identifikatlaşdırılmasını aparır, nümunələri sınaq laboratoriyasına sınaqlara göndərir;

- istehsalın qiymətləndirilməsini aparır (əgər bu ərizəçinin seçdiyi və sertifikatlaşdırma orqanı ilə razılaşdırılmış sertifikatlaşdırma sxemində nəzərdə tutulmuşdursa);

- alınmış nəticələrin analizini aparır və uyğunluq sertifikatının verilməsi (verilməsinə imtina edilməsi) haqqında qərar qəbul edir;

- sertifikatlaşdırma sxemində nəzərdə tutulduğu halda, sertifikatlaşdırılmış məhsul üzərində təftiş nəzarəti aparır; lazım olduqda sertifikat sahibi ilə korreksiyaedici tədbirləri razılaşdırır;

- sertifikatlaşdırmanın nəticələri haqqında Azərdövlətstandarta informasiya təqdim edir.

Sertifikatlaşdırmanın qayda və prosedurları sertifikatlaşdırma üzrə ümumrusiya qaydalarında, AZS sertifikatlaşdırma sisteminin sənədlərində və onlara uyğun olaraq işlənmiş eynicins məhsulun sertifikatlaşdırılması üzrə qaydalarda müəyyən edilmişdir.

Sertifikatlaşdırmanı aparmaq üçün ərizəçi akkreditə olunmuş sertifikatlaşdırma üzrə orqana müəyyən edilmiş forma üzrə ərizə verir. Sertifikatlaşdırma üzrə orqanın akkreditləşdirmə sahəsinə ərizədə göstərilən məhsul daxil

olmalıdır. Bundan sonra ərizəçi və orqan sertifikatlaşdırma sxemini razılaşdıraraq seçirlər.

Sertifikatlaşdırma sxemi – bu, sertifikatlaşdırmanın aparılması üzrə hərəkətlərin məcmuudur ki, onların nəticələri məhsulun (xidmətlərin, işlərin) müəyyən edilmiş tələblərə uyğunluğuna sübut qismində baxılır.

Hazırda məhsul üçün maksimal qüvvədə olan sertifikatlaşdırma sxemlərinin toplusu Azərbaycan Respublikasında məhsulun sertifikatlaşdırılmanın aparılması Qaydasında müəyyən edilmişdir. Azərbaycanda tətbiq edilən və İSO/BEK beynəlxalq təşkilatlarının tövsiyələri nəzərə alınmaqla işlənmiş sertifikatlaşdırma sxemləri *cad. 14. 2-də* verilmişdir.

Konkret məhsul üçün ərizəçinin seçdiyi sertifikatlaşdırma sxemi eynicins məhsulun sertifikatlaşdırılmasının qaydaları və ardıcılığında göstərilmişdir. Bir çox məhsul növlərinin sertifikatlaşdırılmasını aparmaq üçün icra hakimiyyəti orqanlarının sənədlərinin olması vacibdir: sanitariya-epidemioloji nəticə, veterinar şəhadətnaməsi; yanğın təhlükəsizliyi sertifikatı və s.

Cədvəl 14.2

İSO/BEK beynəlxalq təşkilatlarının tövsiyələri nəzərə alınmaqla işlənmiş
sertifikatlaşdırma sxemləri

| Sxemin № | Akkreditə edilmiş sınaq laboratoriyalarında sınaqlar və uyğunluğun sübutunun digər üsulları | İstehsalın (keyfiyyət sisteminin) yoxlanması | Sertifikatlaşdırılmış məhsulun (keyfiyyət sisteminə, istehsalına) təftiş nəzarəti |
|----------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Məhsul tipinin sınaqları | – | – |
| 1a | Məhsul tipinin sınaqları | İstehsalın vəziyyətinin təhlili | – |
| 2 | Məhsul tipinin sınaqları | – | Satıcıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları |
| 2a | Məhsul tipinin sınaqları | İstehsalın vəziyyətinin təhlili | Satıcıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları. İstehsalın vəziyyətinin təhlili |
| 3 | Məhsul tipinin sınaqları | – | İstehsalçıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları |
| 3a | Məhsul tipinin sınaqları | İstehsalın vəziyyətinin təhlili | İstehsalçıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları. İstehsalın vəziyyətinin təhlili |
| 4 | Məhsul tipinin sınaqları | – | Satıcıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları. İstehsalçıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları |
| 4a | Məhsul tipinin sınaqları | İstehsalın vəziyyətinin təhlili | Satıcı və istehsalçıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları. İstehsalın vəziyyətinin təhlili |
| 5 | Məhsul tipinin sınaqları | İstehsalın və ya keyfiyyət sisteminin sertifikatlaşdırılması | Keyfiyyət sisteminə (istehsal) nəzarət. Satıcı və (və ya) istehsalçıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları |
| 6 | Əlavə sənədlərlə ərizə - bəyannaməyə baxılması | Keyfiyyət sisteminin sertifikatlaşdırılması | Sertifikatlaşdırılmış keyfiyyət sisteminə nəzarət |
| 7 | Məhsul dəstəsinin sınaqları | – | – |
| 8 | Hər bir məhsul nümunəsinin sınaqları | – | – |
| 9 | Əlavə sənədlərlə ərizə – bəyannaməyə baxılması | – | – |
| 9a | Əlavə sənədlərlə ərizə – bəyannaməyə baxılması | İstehsalın vəziyyətinin təhlili | – |
| 10 | Əlavə sənədlərlə ərizə – bəyannaməyə baxılması | – | İstehsalçı və ya satıcıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları |

Cədvəl 14.2-nin davamı

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--|---------------------------------|--|
| 10a | Əlavə sənədlərlə ərizə – bəyannaməyə baxılması | İstehsalın vəziyyətinin təhlili | İstehsalçı və ya satıcıdan götürülmüş nümunələrin sınaqları. İstehsalın vəziyyətinin təhlili |

Qeydlər: 1. Məhsulun tipinin sınaqları – məhsulun tipik nümayəndələri qismində götürülmüş bir və ya bir neçə məhsul nümunəsinin qiymətləndirilməsi əsasında aparılan sınaqlardır.

2. Təftiş nəzarətini sertifikat verildikdən sonra aparırlar.

3. 5 və 6-cı sxemlərdə təftiş nəzarəti zamanı sınaqların zəruriliyini və həcmi, nümunələrin götürülməsi yerini, məhsulu sertifikatlaşdırma orqanı keyfiyyət sisteminin (istehsalın) təftiş nəzarətinin nəticələri əsasında təyin edir.

4. 1, 6, 9a, 10 və 10a sxemləri seriyalı buraxılan məhsulun sertifikatlaşdırılması üçün tətbiq edilir.

5. 7 və 9 sxemləri məhsul partiyasının sertifikatlaşdırılması üçün istifadə edilir.

6. 8 sxemi hər bir məmulatı sertifikatlaşdırmaq üçün tətbiq edilir.

Zəruri sənədlərin siyahısı “Eynicinsli məhsulun sertifikatlaşdırılmasının aparılmasının qaydaları və ardıcılığında” müəyyən edilmişdir. Sertifikatlaşdırma üzrə orqan sertifikatlaşdırılmasının aparılması sifariş olunan məhsula aid zəruri sənədlərin barəsində ərizəçini məlumatlandırır.

Sertifikatlaşdırma üzrə orqan, bir qayda olaraq, 3-7 gün ərzində ərizəyə baxır və sertifikatlaşdırmanın aparılmasına (və ya ondan imtinaya) dair qərar qəbul edir. Müsbət qərar verildiyi halda sertifikatlaşdırma üzrə orqan sertifikatlaşdırma sxeminə uyğun olaraq, məhsulun nümunələrini (əyarlarını) seçir, onları akkreditə olunmuş sınaq laboratoriyalarına göndərir.

Ərizəçinin təklif etdiyi sxemlə razılığa gəlmədiyi halda, sertifikatlaşdırma orqanı bu sxemə görə sertifikatlaşdırmanın aparılmasının qeyri-mümkünlüyünü arqumentlərlə əsaslandırmağa borcludur.

Sertifikatlaşdırma müsbət nəticələr verdikdə ərizəçi (istehsalçı, tədarükçü) uyğunluq sertifikatı əldə edir, onun əsasında da məhsulunu uyğunluq nişanı ilə nişanlamaq hüququna malik olur. Əgər bu, sertifikatlaşdırma sxemi ilə nəzərdə tutulmuşdursa, onda sertifikatlaşdırma üzrə orqan

sertifikatlaşdırılmış məhsul üzərində təftiş nəzarətini həyata keçirir.

Sertifikatlaşdırmanın nəticələri mənfi olduqda ərizəçiyə uyğunluq sertifikatı verilməsindən imtina edilir. Bu halda sertifikatlaşdırmadan keçməyən məhsul ölkənin bazarında satıla bilməz.

Məhsul istehsalçıları (satıcıları) məcburi sertifikatlaşdırmada iştirak zamanı uyğunluq haqqında bəyannamə qəbul etdikdə **aşağıdakıları etməyə borcludurlar:**

- sertifikatlaşdırmanın aparılmasına ərizə göndərmək, qaydalara uyğun olaraq məhsulun sertifikatlaşdırılmasının aparılması üçün zəruri olan normativ, texniki və digər sənədləri təqdim etmək;
- müəyyən edilmiş tələblərə məhsulun uyğunluğunu təsdiqləyən sənədlər əsasında uyğunluq haqqında bəyannamə qəbul etmək və onu sertifikatlaşdırma üzrə orqanda qeydə almaq;
- normativ sənədlərin tələblərinə uyğunluğu sertifikatlaşdırılmış və ya uyğunluğu haqqında bəyannamə təsdiqlənmiş satılan məhsulun (göstərilən xidmətin) uyğunluğunu təmin etmək;

- uyğunluğu uyğunluq haqqında bəyannamədə müəyyən edilmiş qaydada qeydə alınmış və sertifikatlaşdırma sistemində müəyyən edilmiş qaydada uyğunluq nişanı ilə təsdiqlənmiş sertifikatlaşdırılmış məhsulu nişanlamaq;

- müşayiətedici texniki sənədlərdə sertifikat və ya uyğunluq haqqında bəyannamədə məlumatları göstərmək, məhsulun uyğun olduğu normativ sənədlərə istinad etmək və bu informasiyaların istehlakçılara (alıcılara, sifarişçilərə) çatdırılmasını təmin etmək;

- Azərbaycan Respublikasının qanunvericilik aktlarını və sistemin qaydalarını rəhbər tutaraq sertifikat, uyğunluq haqqında bəyannamə və uyğunluq nişanını istifadə etmək;

- məhsulun sertifikatlaşdırılması üzrə orqanların vəzifəli şəxsləri və sertifikatlaşdırılmış məhsul (xidmət, işlər) və uyğunluğu bəyannamə ilə təsdiqlənən məhsul üzərində nəzarəti həyata keçirən vəzifəli şəxslərin öz səlahiyyətlərini maneəsiz yerinə yetirməsini təmin etmək;

- əgər məhsul uyğunluğu sertifikatlaşdırılmış və uyğunluğu bəyannamə ilə təsdiqlənmiş normativ sənədlərin tələblərinə cavab vermirsə, məcburi sertifikatlaşdırılmalı

məhsulun (xidmətin, işlərin) satışını dayandırmaq və ya qadağan etmək;

- sertifikatın və ya bəyannamənin qüvvədə olması vaxtı və ya məhsulun yararlılıq müddəti bitdikdə, onun xidmət müddəti qurtarıqda, həmçinin sertifikatlaşdırma üzrə orqanın qərarı ilə sertifikatın dayandırılması və ya ləğv edilməsi zamanı məhsulun satışını dayandırmaq və ya qadağan etmək;

- əgər federal icra hakimiyyəti orqanları tərəfindən məhsulun müəyyən edilmiş tələblərə uyğunsuzluğu aşkar edilmişdirsə, üç gün ərzində bəyannamənin qüvvədən düşməsi haqqında sertifikatlaşdırma üzrə orqana məlumat vermək;

- əgər dəyişikliklər sertifikatlaşdırma zamanı yoxlanan xarakteristikalara təsir edirsə, texniki sənədlərə, sertifikatlaşdırılmış məhsulun istehsalının texnoloji proseslərinə edilmiş dəyişikliklər haqqında sertifikatlaşdırma orqanını məlumatlandırılmaq.

Uyğunluq haqqında **bəyannamə** istehsalçı (tədarükçü) tərəfindən yalnız Hökumətin təsdiq etdiyi siyahıya daxil olan məhsullar üçün qəbul edilir. Bu siyahıya daxil edilmə həm istehsalçının özünün uyğunluq sübutları, həm də üçüncü tərəfin iştirakı ilə alınmış sübutlar (akkredite

olunmuş sınaq laboratoriyalarının sınaq protokolları, keyfiyyət sisteminə sertifikatlar və s.) əsasında həyata keçirilir.

Uyğunluq haqqında bəyannamə uyğunluq sertifikatına bərabər hüquqi qüvvəyə malikdir və sertifikatlaşdırma üzrə orqanlarda qeydə alınır, bu zaman onun qüvvədə olma müddəti bəyannamə sahibi tərəfindən müəyyən edilir. Uyğunluq haqqında bəyannaməni yalnız Azərbaycan Respublikasında qeydə alınmış hüquqi şəxs qəbul edə bilər. Uyğunluq haqqında bəyannamənin qəbul edilməsi və qeydə alınması qaydası Hökumət tərəfindən təsdiq olunmuşdur.

Hazırda qüvvədə olan qanunvericiliyə uyğun olaraq məcburi sertifikatlaşdırma sistemində işlərin ödənilməsi qaydası icra hakimiyyəti orqanı tərəfindən müəyyən edilir.

AZS sertifikatlaşdırma sistemində məcburi sertifikatlaşdırma üzrə ümumi qaydalar və ardıcılıq “Sertifikatlaşdırma qaydaları. Məhsul və xidmətlərin sertifikatlaşdırılması üzrə işlərin ödənilməsi” sənədində müəyyən edilmiş və 2000-ci ilin yanvarında qüvvəyə minmişdir.

Ərizəçinin məcburi sertifikatlaşdırma üzrə işlərin aparılması ilə bağlı əsas xərcləri aşağıdakı elementlərdən

ibarətdir: məhsulun sertifikatlaşdırılmasının ödənilməsi; sınaqların ödənilməsi; keyfiyyət sisteminin qiymətləndirilməsi, istehsalın qiymətləndirilməsi və analizinin ödənilməsi; təftiş nəzarətinin ödənilməsi.

Məcburi sertifikatlaşdırma üzrə işlərin ödənişinin miqdarı hesablamalar əsasında təyin olunur və seçilmiş sertifikatlaşdırma sxemi, məhsulun mürəkkəbliyi və tətbiq edilən sınaq metodlarından asılıdır.

14.4. Rusiya Federasiyasında sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının (mərkəzlərinin) akkreditləşdirilməsi

“Texniki tənzimləmə haqqında” Rusiya Federal Qanunu akkreditləşdirmənin islahatları üçün qanunvericiliyin əsasını qoydu. Bu qanunun 3-cü maddəsində Rusiya Federasiyasında akkreditləşdirmə üzrə işlərin vahid bir sistemdə və vahid qaydalar üzrə təşkilinin prinsipləri müəyyən edilmişdir.

24 dekabr 2004-cü ildə RF Hökumətinin iclasında belə bir qərar qəbul edildi: Rusiya Sənaye və Energetika Nazirliyinə tapşırılsın ki, maraqlı federal icra hakimiyyəti orqanları ilə birlikdə 2005-ci ilin 1-ci rübündə RF

Hökumətinə sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirmə qaydaları haqqında qərarın layihəsini, həmçinin uyğunluğun təsdiqi sahəsində və akkreditləşdirmə haqqında federal qanunun işlənməsi konsepsiyasının və texniki tapşırığının layihələrini hazırlasın və təqdim etsin.

Rusiya Federasiyasında milli akkreditləşdirmə sisteminin yaradılması ölkə iqtisadiyyatının perspektiv tələblərinə və inkişafının məqsədlərinə cavab verir və onun dünya iqtisadi sisteminə inteqrasiyasının ən vacib şərtlərindən biridir.

Bu sistemin qüvvəyə minməsi hər şeydən əvvəl sertifikatlaşdırma üzrə ölkə orqanlarının, sınaq laboratoriyalarının, uyğunluğun qiymətləndirilməsi üzrə digər orqanların fəaliyyətinin xaricdə tanınması üçün şərait yaradır. Bütün bunlar isə beynəlxalq ticarətdə texniki maneələrin aradan qaldırılmasına şərait yaradacaqdır.

Akkreditləşdirmə sahəsində vahid bir siyasətin aparılması bazara məhsul buraxılışını həyata keçirən təşkilatların işində təkrarçılığı aradan qaldırır, biznes üçün inzibati baryerləri azaldır, ölkə məhsulunun təhlükəsizliyini yüksəldir. Sistemdə sertifikatlaşdırma və sınaqların uyğunluğunun qiymətləndirmələrini həyata keçirən

təşkilatların peşəkarlıq və səriştəliliyinin vahid meyarlarının müəyyən edilməsi onların fəaliyyətinin obyektivliyini yüksəltməyə imkan verir və ölkə məhsulunun rəqabət qabiliyyətinin yüksəlməsinə şərait yaradır.

Hazırda (uyğunluğun qiymətləndirilməsi sahəsində Rusiya Federasiyasında akkreditləşdirmə haqqında yuxarıda adı çəkilən qayda və federal qanun qəbul ediləndək) Texniki tənzimləmə və metrologiya üzrə Federal Agentlik bu Federal icra orqanının Əsasnaməsinə uyğun olaraq, akkreditləşdirmə üzrə işləri RF Hökumətinin qərarı (06.07.2001, №514) əsasında aparır. Bu sənəd hazırda bu sahədə akkreditləşdirmənin aparılmasının normativ-hüquqi əsasıdır.

Akkreditləşdirmənin normativ bazası Rusiya Federasiyasının milli standartlarıdır. Onlar İSO/BEK-in beynəlxalq sənədlərinin birbaşa tətbiqi metodu ilə qəbul edilmiş və məhsulun sertifikatlaşdırma orqanlarına, keyfiyyət sistemlərinə və sınaq və kalibrlemə laboratoriyalarına tələbləri müəyyən edir. Bundan başqa, milli standartlar həm də sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsinə ümumi tələbləri müəyyən edir.

Həmin **milli standartlar** aşağıdakılardır:

– ГОСТ Р ISO/BEK 65-2000 “Məhsulun sertifikatlaşdırılması üzrə orqanlara ümumi tələblər”;

– ГОСТ Р ISO/BEK 17025-2000 “Sınaq və kalibrlemə laboratoriyalarının səriştəliliyinə ümumi tələblər”;

– ГОСТ Р ISO/BEK 62-2000 “Keyfiyyət sistemlərinin qiymətləndirilməsi və sertifikatlaşdırılmasını həyata keçirən orqanlara ümumi tələblər”;

– ГОСТ Р 51000.6-96 “Məhsul və xidmətlərin sertifikatlaşdırılması üzrə akkreditləşdirməyə ümumi tələblər”.

Akkreditə olunmuş sınaq laboratoriyalarının (mərkəzlərinin) və sertifikatlaşdırma üzrə orqanların fəaliyyətinə təftiş nəzarəti akkreditləşdirmə üzrə normativ sənədlər əsasında aparılır: P50.4.003–2000 “Sertifikatlaşdırma üzrə akkreditə olunmuş orqanların ГОСТ Р sertifikatlaşdırma Sistemində fəaliyyətinə təftiş nəzarəti” və P50.4.003–2000 “Akkreditə olunmuş sınaq laboratoriyalarının ГОСТ Р sertifikatlaşdırma sistemində fəaliyyətinə təftiş nəzarəti”.

2004-cü ildən bəri Rusiya Texniki Tənzimləmə Agentliyi ГОСТ Р sertifikatlaşdırma sistemi çərçivəsində, o cümlədən akkreditləşdirmə, yeni müddətə akkreditləşdirmə,

əlavə sahədə akkreditləşdirmə, yeni hüquqi şəxslərə yenidən qeydə alınmaqla akkreditləşdirmə üzrə xeyli əməli işlər aparmışdır.

31.12. 2004-cü ilədək Dövlət reyestrində 2446 sınaq laboratoriyaları (mərkəzləri) və 1153 sertifikatlaşdırma üzrə orqan qeydə alınmışdır.

14.5. Beynəlxalq sertifikatlaşdırma

Ümumi müddəalar. Elektrotexnika, elektronika, radorabitə, cihazqayırma sahəsində beynəlxalq standartlaşdırma ilə Beynəlxalq Elektrotexniki Komissiya (BEK) məşğul olur.

1947-ci ildə İSO yarandıqdan sonra BEK öz muxtariyyətini qoruyub saxlayaraq İSO-nun bir filialı kimi işləyir. Hazırda BEK üzvləri müxtəlif ölkələrin, o cümlədən Rusiyanın milli komitələridir, onlar sənayenin bütün sahələrinin maraqlarını təmsil edirlər.

Sistemin məqsədi istismarı elektrotexnika sahəsində mütəxəssislər deyil, adi istehlakçılar tərəfindən həyata keçirilən elektrik avadanlığının beynəlxalq ticarətinə köməklik göstərməkdir.

BEK-in fəaliyyət sferasına daxil olan məhsullara əsas tələb təhlükəsizlikdir. Buna baxmayaraq, BEK-in standartları tövsiyə xarakterlidir, ölkələr daxili bazarlarında tətbiq məsələlərində tam müstəqilliyə malikdir (QATT-a daxil olan ölkələri çıxmaqla), lakin bu standartlar dünya bazarına məhsul çıxarılması zamanı artıq məcburi xarakter daşıyır.

Rusiyada BEK-in bəzi texniki komitələrinin katiblikləri fəaliyyət göstərir.

BEK çərçivəsində **iki sertifikatlaşdırma sistemi** təşkil edilmişdir.

Birinci sistem – BEK standartlarına (OS İET BEK) uyğunluğa elektron texnikası məmulatlarının: (rezistorlar, kondensatorlar, tranzistorlar, elektron-şüa boruları və s.) sertifikatlaşdırma sistemidir və 1980-ci ildə yaradılmışdır. Hazırda sistemdə onun qayda və prosedurlarını tanıyan 24 ölkə iştirak edir. Rusiya SSRİ-nin varisi kimi bu sistemdə işini davam etdirir.

İkinci sistem – təhlükəsizlik standartlarına (BEKSE) uyğunluğa elektrik avadanlığının sınaqları üzrə BEK sistemidir. Bu sistemdə 1984-cü ildən 14 növ elektrotexniki məmulatların (məişət elektrik cihazları, tibbi, hesablama, informasiya texnikası, kabellər, işıq texnikası, elektrik qurğu

və məmulatları və s.), təhlükəsizlik üzrə BEK standartlarına uyğunluğunun sertifikatlaşdırılması həyata keçirilir.

Bu sistemin fəaliyyətinin məqsədi – sistemin iştirakçısı olan ölkələrdə aparılmış sertifikatlaşdırma nəticələrinin qarşılıqlı tanınması əsasında elektrotexnika sahəsində qeyri-peşəkarların istismar etdiyi elektrik avadanlığının beynəlxalq ticarətinə şərait yaratmaqdır.

Hazırda 34 milli sertifikatlaşdırma orqanı sistemin iştirakçılarıdır: onlar arasında ABŞ, Kanada, İngiltərə, Fransa, Yaponiya və digər aparıcı dünya ölkələri, 70 sınaq laboratoriyaları vardır. Onlar istənilən ölkədən olan sifarişçinin arzusu ilə elektrik avadanlıqlarının sınaqlarını keçirə və BEK standartlarına məmulatın uyğunluğunu təsdiqləyən sertifikat verə bilər.

Bu sertifikat əlavə sınaqlar aparılmadan milli uyğunluq sertifikatını almağa və BEK sistemi iştirakçıları olan hər hansı bir ölkədə bəyənilməyə imkan verir.

Rusiya bu sistemdə tam hüquqlu üzv kimi 1989-cu ildən iştirak edir. BEK-in sertifikatlaşdırma Sistemi çərçivəsində təhlükəsizlik standartlarına uyğunluğa elektrik avadanlığının sertifikatlaşdırılmasının Rusiya milli sistemi (ETMSS) fəaliyyət göstərir.

ETMSS-nin Mərkəzi orqanı Rusiya Standartlaşdırma Komitəsinin informasiya texnologiyaları, elektrotexnika və cihazqayırma məhsullarının standartlaşdırılması və sertifikatlaşdırılması üzrə Baş idarədir. BEKSE-də birinci akkreditə olunmuş sertifikatlaşdırma orqanı Rostest-Moskva olmuşdur.

Hazırda Rusiyanın müxtəlif regionlarında yerləşən onlarla sayda akkreditə olunmuş sınaq laboratoriyaları fəaliyyət göstərir. Məcburi sertifikatlaşdırmaya cəlb olunan elektrotexnika məhsullarının siyahısı Rusiya Standartlaşdırma Komitəsi tərəfindən təsdiq olunmuşdur.

Bu siyahıya nəinki Rusiya müəssisələrinin hazırladıqları, eləcə də idxal edilən, o cümlədən MDB ölkələrinin məhsulları daxil edilmişdir. Bütövlükdə siyahıda 25 kateqoriyadan olan məmulat vardır və onlar təhlükəsizlik standartlarına sertifikatlaşdırma sxemlərinin bütün kateqoriyalarını əhatə edir.

Sistemin normativ bazasını əsasən “üz qabığı” metodu ilə qəbul edilmiş beynəlxalq BEK standartları təşkil edir. Bundan başqa, elektrik avadanlığının ayrı-ayrı növləri üçün təhlükəsizlik üzrə dövlət standartlarının yaradılması sahəsində böyük iş aparılır, çünki bəzi normativ sənədlərdə təhlükəsizlik normaları nəzərdə tutulmamışdır.

ETMSS beynəlxalq sertifikatlaşdırma sistemi olan BEKSE ilə harmonikləşdirilmişdir, bu sistemin mərkəzi orqanı isə BEKSE-nin sertifikatlaşdırma orqanlarının Komitə üzvü kimi tanınmışdır.

Rusiya sisteminin mərkəzi orqanının strukturunun əsasında BEKSE sistemi rəhbər orqanlarının strukturu durur: rəhbər komitə (eyni zamanda BEKSE-nin milli sertifikatlaşdırma orqanı); sınaq laboratoriyaları komitəsi; sertifikatlaşdırma orqanları komitəsi; standartlaşdırma üzrə koordinasiya komitəsi; nəzarət orqanları komitəsi; apelyasiya komitəsi və katiblik.

Katibliyin funksiyasını Ümumrusiya elmi-tədqiqat sertifikatlaşdırma institutu (ÜRETSİ) yerinə yetirir, bu institut eyni zamanda BEKSE-də sertifikatlaşdırma üzrə Rusiya milli orqanının katibliyini təmsil edir.

Elektrotexniki məmulatların Beynəlxalq sertifikatlaşdırma sistemi BEK (BEKSE). İET sertifikatlaşdırma Sisteminin yaradılmasının məqsədi elektrotexnika məhsullarına və onların uyğunluğunun qiymətləndirilməsinə vahid tələblərin müəyyən edilməsi vasitəsilə elektron texnikası məmulatlarının beynəlxalq ticarətinə köməklik göstərməkdir. Nəzərdə tutulur ki, bu

məmulatlar təkrar sınaqları aparılmadan sistem iştirakçıları olan bütün ölkələrdə eyni cür qəbul edilsinlər.

Sistemə ümumi rəhbərlik MEK Şurasına tabe olan sertifikatlaşdırma üzrə Rəhbər komitəyə həvalə olunmuşdur; onun tərkibinə iştirakçı ölkələrin nümayəndə heyətləri daxildir. Sistemdə istənilən BEK üzvü olan ölkə bir sıra şərtlərin yerinə yetirilməsi ilə iştirak edə bilər: standartlaşdırma və sertifikatlaşdırma üzrə milli orqanın olması; Sistemin bütün qaydalarının yerinə yetirilməsi ilə razılıq və müvafiq milli sənədlərin dərci; əgər onlar sistemin tələblərinə uyğundursa, digər iştirakçı ölkələrdə buraxılan elektron texnika məmulatlarının sınaqlarının sertifikat və protokollarının tanınması; sistemin üzvünün maliyyə öhdəliklərinin yerinə yetirilməsi.

Ölkənin BEK Sistemində iştirakının iki növü nəzərdə tutulur: sertifikatlaşdırma üzrə Rəhbər komitədə səsvermə hüququ ilə iştirak etmək və nəzarət üzrə koordinasiya komitəsində məsləhətçi qismində üzvlük. Rəhbər komitədə səs hüquqi ilə iştirak və nəzarət üzrə Koordinasiya komitəsində tam hüquqlu üzvlük.

BEK Sisteminin rəsmi dilləri ingilis, fransız və rus dilləridir.

BEK Sistemi üzrə sertifikatlaşdırmanın keçirilməsinə dair bəyanat verən ölkələr Sistemin qaydalarına görə milli nəzarət xidmətlərinə malik olmalıdır. Bu xidmətlər elektron texnikası məmulatlarının BEK sisteminin sertifikatlaşdırma qaydalarına uyğunluğuna və uyğunluq nişanının tətbiqinin düzgünlüyünə cavab verir. Bundan başqa, iştirakçı ölkədə sınaq laboratoriyalarının istifadə etdikləri ölçmə sistemlərinin yoxlanması üzrə milli xidmətlər və milli nəzarət orqanı fəaliyyət göstərməlidir.

Sistemin qaydalarına görə təcrübəlilik kriteri kimi Sistemin müəyyən edilmiş tələbləri üzrə elektron texnikası məmulatları istehsalı üzrə ən azı bir müəssisənin attestasiyası və iki növdən az olmayaraq məhsulun sertifikatlaşdırılması hesab olunur.

Təftiş qrupu sınaq laboratoriyalarına, ölçmə vasitələrinin yoxlanması laboratoriyalarına gedir, BEK Sistemi üzrə sertifikatlaşdırılacaq İET istehsalı texnoloji xətlərindən biri ilə tanış olur. Qrupun səfərindən bir qədər əvvəl məmulatın hazırlanma normalarından ibarət standart (və ya texniki şərt) təftiş qrupuna təqdim edilir.

Səfərin nəticələrinə görə təftiş qrupu nəzarət üzrə Koordinasiya komitəsi sədrinə hesabatda namizədin qəbul

edilməsi haqqında qərarını şərh edir. Belə prosedurdan sonra namizədin təsdiq edilməsi haqqında tövsiyə verilir.

Ölkə-namizəd təftiş qrupunun nəticələri ilə razılaşmamaq hüququna malikdir və Koordinasiya komitəsinə öz etirazlarını yazılı şəkildə təqdim edir. Bundan sonra sistemin qaydaları ilə nəzərdə tutulmuş prosedurlar yerinə yetirilir.

BEK sistemi üzrə elektron texnikası (ET) məmullatlarının sertifikatlaşdırılmasının **vacib mərhələləri** bunlardır: istehsalçı-müəssisənin attestasiyası; sınaq laboratoriyalarının akkreditləşdirilməsi; tətbiq olunan normativ sənədlərin uyğunluğunun yoxlanması və tipin qəbulu.

Müəssisənin yoxlanması (attestasiyası) üçün milli nəzarət xidməti nümayəndəsi tərəfindən müəssisədə elektron texnikası məmullatlarının keyfiyyətinə nəzarət və sınaqlara, keyfiyyətin təmini sisteminə, işləyən sınaq və ölçmə avadanlıqları və onların yoxlanmasına dair sənədlər təqdim olunmalıdır.

Sınaq laboratoriyasının akkreditləşdirilməsinin **mütləq yerinə yetirilməli şərtləri** bunlardır: təcrübəli və səriştəli personalın olması; lazımı avadanlıqlarla təchizat; sınaqların mükəmməl və dürüst metodları və vasitələri.

Sınaq laboratoriyasının fəaliyyəti İET istehsalçısı və istehlakçısından qətiyyən asılı olmamalıdır.

BEK Sistemi üzrə sertifikatlaşdırma zamanı normativ sənədlərə müəyyən tələblər irəli sürülür: Sistem BEK standartlarına əsaslanır. Bu standartlar iştirakçı ölkələrdə birbaşa və ya dolayı metodla qəbul edilməlidir; beynəlxalq standartın məzmunu hökmən saxlanmalıdır. Bununla yanaşı, qəbul edilən sənədi milli qaydalar üzrə tərtib etmək mümkündür.

14.6. Keyfiyyət menecmenti sisteminin sertifikatlaşdırılması

Ümumi müddəalar. 9000 seriyalı İSO standartları əsasında yaradılan keyfiyyət menecmenti sistemləri bütün dünyada çox geniş yayılmışdır və demək olar ki, 9000 seriyalı İSO standartına uyğun olan menecment sistemlərinin modelləri müəssisələrin idarə edilməsinin ən geniş yayılmış modellərinə çevrilmişdir.

Belə sürətli inkişaf cəmi 20 il ərzində baş vermişdir (terminologiya üzrə standartın ilk nəşri 1986-cı ildə olmuşdur). Bunu onunla izah etmək olar ki, məşhur müəssisələr artıq çoxdan öz tədarükçülərinə onların

keyfiyyət menecmenti sistemlərinə ciddi tələblər irəli sürürlər.

Menecment sistemlərinə belə vahid tələblərin yaranmasına qədər tədarükçülər əhəmiyyətli itkilərə yol verirdilər. O vaxtlar mövcud olan milli standartlar tədarükçülərə, ancaq ölkə daxilində alıcının tələblərinə uyğunluğa imkan verirdi. Lakin o vaxt milli standartlar iqtisadiyyatın beynəlxalq inteqrasiya prosesinin tələblərinə cavab vermirdi və ticarətdə qaçılmaz maneələrə səbəb olurdu.

Beləliklə, tədarükçülərin keyfiyyət menecmenti sistemlərinə vahid tələblərin müəyyən edilməsi ilə onların bütün dünyada tanınması zərurəti yaranmışdı. Belə tələblər həm istehsalçıların, həm də istehlakçıların risklərini azalda bilərdi.

Keyfiyyət menecmenti sistemlərində 9000 seriyalı İSO beynəlxalq standartlarının yaranmasından sonra və onların tətbiqini sadələşdirmək məqsədilə onlar bir çox regional (məsələn, Avropa) və standartlaşdırma üzrə milli orqanlar tərəfindən regional və milli standartlar qismində qəbul edildilər.

9000 seriyalı İSO standartlarının qüvvəyə minməsilə müəssisələrin idarəetmə sistemləri ilk dəfə olaraq normalar

qismində qəbul edildi. İlk dövrlərdə onu soyuq qarşıladılar, çünki nəzərdə tutulurdu ki, müəssisənin spesifikliyi nəzərə alınmalı idi, ona görə də istənilən müəssisə üçün normativ sənəd ola bilməzdi. Standartlaşdırma üzrə orqanlar bu problemi öyrənərək və müvafiq düzəlişlər edərək ancaq müəssisələrin idarəetmə sistemlərinə və keyfiyyət menecmenti sistemlərinə onları necə işləməyi təyin etməklə deyil, tələblərin standartlaşdırılması ilə məhdudlaşdılar.

Buna görə hər bir müəssisə öz fərdi xüsusiyyətləri və tələbatını nəzərə almaqla özünün keyfiyyət menecmenti sisteminin işlənməsini həyata keçirə bilər. 9000 seriyalı İSO standartı bu işin keyfiyyət menecmenti sistemi çərçivəsində ancaq nə cür tənzimlənməsini müəyyən edir, onun necə baş verəcəyini göstərmir.

İSO 9000 seriyalı standartların konsepsiyası, strukturu və tətbiq sahəsi. 9000 seriyalı İSO beynəlxalq standartları bütün mümkün olan tətbiq sahələrini əhatə edən keyfiyyət menecmenti sistemləri üzrə kompleks beynəlxalq əsasverici sənədlərdir.

9000 seriyalı İSO standartlarının əsas konsepsiyası təşkilatların keyfiyyət menecmenti sistemlərinə tələblər dəstinin təyini və keyfiyyət sistemlərinin yaradılması üzrə tövsiyələrin verilməsindən ibarətdir. İSO modellərinin

başlıca xüsusiyyətlərindən biri onların tələblərinin universallığıdır.

Beləliklə, fəaliyyət sahəsindən, bazarda yeri və mövqeyindən, personalın sayından və s. asılı olmayaraq, İSO sistemlərini istənilən təşkilat, firma və müəssisələr üçün istifadə etmək olar.

Qüvvəyə minməsi 2000-ci ildə başlanmış İSO 9000 standartlarının son versiyası keyfiyyət menecmenti sahəsində dünyanın aparıcı təşkilatlarının təcrübəsinin analizi əsasında işlənmişdir və TQM (Total Quality Managment) konsepsiyasına əsaslanır.

TQM konsepsiyasının əsasında təşkilatın fəaliyyətində bütün maraqlı tərəflərin tələblərinin ödənilməsinə çalışmaq durur: təşkilatın müştəriləri, təşkilatın işçiləri, təşkilatın mülkiyyətçiləri (səhmdarları), dövlət, cəmiyyət, digər maraqlı subyektlər durur..

XX əsrin 90-cı illərinin sonunda İSO-nun TK 176 sayılı beynəlxalq komitəsi daxilində 2000-ci il versiyalı 9000 seriyalı İSO standartlarının layihələri üzərində böyük miqyaslı iş başlandı. 1994-cü il versiyalı standartlardan fərqli olaraq İSO 9000 yeni redaksiyada radikal şəkildə yeniləşdi.

Bundan bir neçə il əvvəl üç İSO standartının dəyişdirilməsi haqqında qərardan sonra bu işə başlandı. Bunlar keyfiyyətin xarici təminatı ilə bağlı standartlar idi: İSO 9001 (2, 3) və İSO 9004-1 qarşılıqlı əlaqəli standartlar cütü; İSO 9001 – keyfiyyət menecmentinə, İSO 9004 isə keyfiyyət menecmentinin fasiləsiz yaxşılaşdırılması əsasında inkişafına yönəlmişdir.

Xüsusi olaraq yaradılmış məqsədli qrup gələcək beynəlxalq normalar üçün ilkin verilənlərin hazırlanmasına böyük səylər göstərdilər. Anketlərə cavablar toplandı, 40-dan çox ölkədən 100-dən çox respondent arasında sorğu keçirildi. Sorğu İSO 9000 standartlarını işləyənlər və onların istifadəçiləri arasında birbaşa əlaqələrə real imkanları təmin etdi. Yeni keyfiyyət standartlarının üç layihəsi 1999-cu il ərzində İSO üzv ölkələrdə yayıldı.

İSO 9000:2000 seriyalı standartlar. 2000-ci ilin sonunda İSO 9000:2000 standartlarının yeni versiyası qüvvəyə mindi. Çoxlu tövsiyə xarakterli standartlar əvəzinə ancaq bir neçə standart saxlandı, onlardan **ən vacibləri** bunlardır:

- İSO 9000:2000 “Keyfiyyət menecmenti sistemləri. Əsas müddəalar və lüğət”

- ISO 9001:2000 “Keyfiyyət menecmenti sistemləri. Tələblər”.
- ISO 9004:2000 “Keyfiyyət menecmenti sistemləri. Fəaliyyətin yaxşılaşdırılması üzrə tövsiyələr”
- ISO 19011 “Keyfiyyət menecmenti və / və ya ətraf mühitin mühafizəsi sistemlərinin auditinin (yoxlanmasının) aparılması üzrə Rəhbərlik”

Standartların yeni versiyası **aşağıdakı xüsusiyyətlərə** malikdir:

- standartla daha az öhdəliklər qoyulur, istifadə zamanı onlar daha çevikdirlər, ancaq bir baza standartı vardır;

- keyfiyyət menecmentinə yanaşmanın fəlsəfəsi əsaslı olaraq dəyişdirilmişdir, buraya **prosesli yanaşma** daxil edilmişdir;

- əvvəllər qüvvədə olan standartlarla müqayisədə bir sıra yeni tələblər qoyulmuşdur;

- standartların strukturu açıq şəkildə **“planlaşdır – yerinə yetir – yoxla – düzəliş et”** prinsipini qeyd edir və Deminqin PDCA (Plan – Do – Check – Act) dövrünü əks etdirir;

- standartlar ISO 14000 (müəssisənin ekoloji menecmenti sistemində tələblər standartı) standartı ilə uzlaşır.

Sənayə, kommersiya və dövlət təşkilatları tələbatı və ya istehlakçıların tələblərini ödəmək məqsədilə müxtəlif təyinatlı məhsullar (xidmətlər, proqram təminatı, texniki vasitələr, texnoloji məhsullar və ya onların kombinasiyasını) tədarük edirlər.

Daim artan rəqabət istehlakçıların ehtiyaclarının səviyyəsinin yüksəlməsinə gətirib çıxarmışdır. Rəqabət qabiliyyətli olmaq üçün təşkilatlar daha fəal şəkildə səmərəli və nəticəli keyfiyyət menecmenti sistemlərini tətbiq etməlidir.

İSO 9000:2000 seriyalı standartları bütün tip və ölçülü təşkilatlara səmərəli keyfiyyət menecmenti sistemlərinin tətbiqi və fəaliyyətini təmin etməyə köməklik göstərmək məqsədilə işlənmişdir.

İSO 9000:2000 əsas müddəaları təsvir edir və keyfiyyət menecmenti sistemləri üçün terminologiyanı müəyyən edir.

İSO 9001:2000 keyfiyyət menecmenti sistemlərinə tələbləri o hallarda müəyyən edir ki, təşkilatın istehlakçıların tələblərini, rəsmi tələbləri və tətbiq olunan məcburi tələbləri ödəməyə, həmçinin istehlakçıların məmnunluğunun ödənilməsinin yüksəldilməsinə istiqamətlənmiş standartın

tələblərinə cavab verən məhsul təqdim etmək qabiliyyətini nümayiş etdirmək zərurəti yaranır.

İSO 9004:2000 standartı keyfiyyət menecmenti sisteminin həm nəticəliliyi, həm də səmərəliliyini araşdıran tövsiyələri nəzərdə tutur. Bu standartın məqsədləri təşkilatın fəaliyyətinin yaxşılaşdırılması, istehlakçıların və digər maraqlı tərəflərin məmnunluğudur.

İSO 19011 standartı keyfiyyət menecmenti və (və ya) ətraf mühitin mühafizəsi sistemlərinin auditi (yoxlanması) üzrə metodiki göstərişlərdən ibarətdir.

Bu standartlar birlikdə milli və beynəlxalq ticarətdə qarşılıqlı anlaşmaya köməklik edən keyfiyyət menecmenti sistemi üçün razılaşdırılmış standartlar kompleksini əmələ gətirir.

İSO 9000:2000 standartlarının yeni versiyasının sistemli əsasını keyfiyyət menecmentinin **səkkiz prinsipi təşkil edir:**

istehlakçılara istiqamətlənmə, rəhbərin liderliyi, işçilərin cəlb olunması, prosesli yanaşma, menecmentə sistemli yanaşma, daimi yaxşılaşdırma, faktlara əsaslanan qərarların qəbulu, tədarükçülərlə qarşılıqlı faydalı əlaqələr.

Müasir keyfiyyət menecmentinin əsas komponentləri planlaşdırma, təmin etmə, idarəetmə və

məhsulun, eləcə də proseslərin keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasıdır.

İSO 9001:2000 standartında **prosesli yanaşmanın modeli** müəyyən edilmişdir. Bu model aşağıdakı bölmələrdə formallaşdırılmışdır:

- resursların menecmenti;
- məhsulun həyat dövrünün mərhələləri;
- ölçmə, təhlil və yaxşılaşdırma.

Model dedikdə, müəssisə və təşkilatın keyfiyyət menecmenti sistemində beynəlxalq birlik tərəfindən qoyulan standartlaşdırılmış tələblərin məcmuu başa düşülür.

9000:2000 seriyalı İSO standartları. İSO 9000:2000 “Keyfiyyət menecmenti sistemi. Əsas müddəalar və lüğət”. 9000:2000 seriyalı İSO standartları keyfiyyət menecmenti sistemlərinin əsas müddələrinin izahatını verir və müvafiq terminologiyanı müəyyən edir.

İSO 9001:2000 “Keyfiyyət menecmenti sistemləri. Tələblər” keyfiyyət menecmenti sistemində tələbləri müəyyən edir, onlar sertifikatlaşdırma və ya müqavilələrin bağlanması məqsədilə təşkilatın daxilində istifadə oluna bilər. Bu standart istehlakçıların tələblərinin yerinə yetirilməsində keyfiyyət menecmenti sisteminin nəticəliliyinin yüksəldilməsinə istiqamətlənmişdir.

İSO 9001:2000 standartı **aşağıdakı hallarda** təşkilatın keyfiyyət menecmenti sisteminə tələbləri müəyyən edir:

– müəssisənin istehlakçıların tələbatlarını ödəyən məhsullarını nümayiş etdirməsi qabiliyyətinin ardıcıl olaraq və müvafiq normativ sənədlərin tələblərinə uyğun təmin edilməsi;

– təşkilat istehlakçıların məmnunluğunun yüksəldilməsini özünün ali məqsədi hesab edir. Buna sistemin səmərəli tətbiqi vasitəsilə, o cümlədən sistemin proseslərinin daim yaxşılaşdırılması və istehlakçıların tələblərinə uyğunluğun və reqlamentləşdirici tələblərin təmin edilməsi ilə nail olunur;

İSO 9001:2000-də nəzərdə tutulan bütün tələblər ümumidir və növü, ölçüləri və tədarük etdiyi məhsuldan asılı olmayaraq bütün təşkilatlara tətbiq edilmək üçün planlaşdırılmışdır.

İSO 9001:2000 standartı 9000 seriyalı elə bir İSO standartıdır ki, keyfiyyət menecmenti sistemlərinə tələbləri müəyyən edir. Bu, həmçinin onunla ifadə olunur ki, tələblər **imperativ** formada şərh olunur: **“Ali rəhbərlik ... etməlidir...”**

İSO 9001:2000 standartı aşağıdakı bölmələrdən ibarətdir: Ön söz. Giriş. 1. Tətbiq sahəsi 2. Normativ istinadlar 3. Təriflər 4. Keyfiyyət menecmenti sistemi 5. Rəhbərliyin cavabdehliyi 6. Resursların menecmenti 7. Məhsulun həyat dövrünün prosesləri 8. Ölçmə, təhlil və yaxşılaşdırma. Əlavə A (informativ), Əlavə B (informativ), Biblioqrafiya. Əlavə A – İSO 9001:2000 və İSO 14001:1996 arasında uyğunluq cədvəlidir. Əlavə B – İSO 9001:2000 və İSO 9001:1994 arasında uyğunluq cədvəlidir.

Hər bir müəssisəyə öz keyfiyyət menecmenti sisteminin İSO 9001:2000-in (7-ci bölmə) tələblərinə uyğunluğunu sübut etmək imkanı vermək üçün bəzi tələblərin istisna edilməsinə yol verilir. Buraxılan istisnalar 7-ci bölmədə verilmiş tələblərdir və məhsulun istehlakçıların və müvafiq məcburi tələblərin təmin edilməsi qabiliyyətinə və ya təşkilatın cavabdehliyinə təsir göstərmir.

Belə istisnalar təşkilatın və ya məhsulun spesifik xüsusiyyətləri ilə əsaslandırılıla bilər. Buraxılan istisnalara aid müddəalara riayət olunmadıqda İSO 9001:2000 standartının tələblərinə uyğunluğa iddia etmək lazım deyil. Bu elə situasiyalara aiddir ki, məcburi tələblərin yerinə yetirilməsi zamanı İSO 9001: 2000 ilə buraxılan istisnaların çərçivəsindən kənara çıxan istisnalara yol verilir.

Əvvəllər müəssisənin keyfiyyət menecmenti sisteminin tətbiq sahəsi və ISO 9001:2000 standartının tətbiq sahəsi arasında dolaşıqlıq baş verirdi. Təşkilat özünün keyfiyyət menecmenti sisteminin tətbiq sahəsini genişləndirməyə borclu deyil və onu buraxdığı bütün məhsula aid etmək öhdəliyi götürməmişdir.

Əgər müəssisənin keyfiyyət menecmentinin tətbiq sahəsi müəyyən məhsulla məhdudlaşarsa, onda bu birmənalı və aydın şəkildə keyfiyyət üzrə rəhbərlik sənədində əks olunmalıdır. ISO 9001: 2000-in müvafiq tələbləri keyfiyyət menecmenti sisteminin tətbiq sahəsində sadalanan bütün məhsullara məhdudiyətsiz tətbiq olunur. Əgər ISO 9001: 2000-in ayrı-ayrı tələbləri tətbiq edilməli deyilsə, onda bunu əsaslandırmaq lazımdır.

Məsələn, 7.5.4 yarım bölməsində nəzərdə tutulan tələblər (“İstehlakçıların əmlakı”), adətən öz məhsullarının istehsalında istehlakçıların əmlakını emal və ya başqa cür istifadə etməyən müəssisələrə aid edilmir. 7.3 yarım bölməsində (“Layihələndirmə və işləmə”) nəzərdə tutulan tələblərin istisna edilməsinə differensial yanaşmaq lazımdır. Hesab olunur ki, bu bölmədə nəzərdə tutulan bütün tələblərin bütövlükdə istisna edilməsi yolverilməzdir; bu

bölmənin tələblərinin qismən qüvvədə olması situasiyası isə məqbuldur.

Məsələn, 7.3.7 altbölməsinin (“Layihə və işləmələrə düzəlişlərin idarə edilməsi”) tələbləri hər hansı bir məhdudiyətsiz, ancaq dəyişiklikləri həyata keçirmək hüququna malik təşkilatlar üçün məcburidir. Tələblərin istisna edilməsi (çıxarılması) keyfiyyət üzrə rəhbərlikdə əsaslandırılmalıdır (özü də hər bir tələb ayrıca; bax: İSO 9001:2000, 4.2.2 altbölməsi).

İSO 9004:2000 “Keyfiyyət menecmenti sistemləri. Fəaliyyətin yaxşılaşdırılması üzrə tövsiyələr” İSO 9001:2000 ilə müqayisədə keyfiyyət menecmenti sistemlərinin daha geniş spektrində metodik köməklik təqdim edir. İlk növbədə, bu fəaliyyətin daim yaxşılaşdırılmasına və təşkilatın səmərəliliyinin yüksəldilməsinə, həmçinin onun nəticəliliyinə aiddir. İSO 9004:2000 üzrə fəaliyyətinin daim yaxşılaşdırılmasına ümdə məqsədi qoyan, lakin İSO 9001:2000-in tələbləri çərçivəsindən çıxmağa çalışan təşkilatların rəhbər personalı üçün Rəhbərlik sənədi kimi tövsiyə olunur.

İSO 9001:2000 və İSO 9004:2000 standartları bir-birini tamamlamaq üçün layihələndirilmiş keyfiyyət menecmenti sistemlərinə standartların razılaşdırılmış cütü

kimi işlənmişdir, lakin hər iki beynəlxalq standartı müstəqil olaraq tətbiq etmək olar. Hərçəndki bu beynəlxalq standartların razılaşdırılmış cütlər kimi istifadəsini asanlaşdırmaq üçün onlar analoji struktura malikdir.

İSO 9004:2000 standartı İSO 9001:2000-də verilmiş tələblərin çərçivəsindən kənara çıxan tövsiyələri nəzərdə tutur. İSO 9001:2000 ilə müqayisədə burada istehlakçıların məmnunluğu və məhsulun keyfiyyətinə yönəlmiş məqsədlər genişləndirilmişdir: onlara maraqlı tərəflərin məmnunluğu və təşkilatın fəaliyyətinin yaxşılaşdırılması daxil edilmişdir.

İSO 9004:2000 standartı təşkilatın proseslərinə də tətbiq olunandır və beləliklə də onun əsaslandığı keyfiyyət menecementi prinsipləri bütün təşkilata aid edilə bilər. Bu standartın əsas diqqəti istehlakçıların və digər maraqlı tərəflərin məmnunluq dərəcəsi ilə ölçülən daim yaxşılaşdırmağa nail olunmağa yönəlmişdir.

Sözü gedən beynəlxalq standart metodik göstərişlər və tövsiyələrdən ibarətdir, sertifikatlaşdırma və ya müqavilələrdə və reqlamentlərdə istifadə məqsədləri üçün nəzərdə tutulmamışdır. Bu standart həm də İSO 9001: 2000-in tətbiqi üzrə rəhbərlik qismində istifadə üçün də nəzərdə tutulmamışdır.

İSO 9004:2000 9000 seriyalı yeganə İSO standartıdır ki, keyfiyyət menecmenti sistemlərinin tətbiqi və müəssisələrin fəaliyyətinin yaxşılaşdırılması üzrə tövsiyələri nəzərdə tutur. Standartın məzmunu İSO 9001: 2000 ilə analoji struktura malikdir.

İstifadəsini asanlaşdırmaq və əyaniliyini təmin etmək üçün İSO 9004: 2000-də bölmələr İSO 9001: 2000-in müvafiq tələbləri ilə birlikdə verilmişdir. Bununla da hər iki standartların razılaşdırılmış tətbiqi əsaslandırılır və vəhdəti vurğulanır.

İSO 19011: 2002 “Keyfiyyət menecmenti və (və ya) ətraf mühitin mühafizəsi sistemlərinin yoxlanması üzrə Rəhbər göstərişlər”. İSO 19011 standartı aşağıdakı struktura malikdir: Ön söz. Giriş. 1. Tətbiq sahəsi. 2. Normativ istinadlar. 3. Termin və təriflər. 4. Auditin prinsipləri. 5. Audit proqramının menecmenti. 6. Audit zamanı hərəkətlər. 7. Auditorların səriştəliliyi və qiymətləndirilməsi.

MÜNDƏRİCAT

| | səh. |
|---|-----------|
| Giriş..... | 3 |
| Bölmə 1 | |
| Metrologiyanın əsasları | |
| Fəsil I. Metrologiya.Əsas anlayışlar və təriflər..... | 5 |
| 1.1.Müasir metrologiya..... | 5 |
| 1.2. Əsas müddəalar və anlayışlar..... | 6 |
| 1.3.Fiziki kəmiyyətlərin vahidləri..... | 9 |
| 1.4.Etalonlar və nümunəvi ölçmə vasitələri..... | 16 |
| 1.5.Ölçmələrin vəhdətinin təmin olunması sistemi.Fiziki kəmiyyətlərin ölçülərinin ötürülməsi.... | 24 |
| Fəsil 2. Fiziki kəmiyyətlərin ölçülmələri haqqında ümumi məlumatlar..... | 29 |
| 2.1.Ölçmə obyektləri, giriş siqnalları modelləri, maneələr..... | 29 |
| 2.2.Ölçmələrin sinifləşdirilməsi..... | 37 |

| | |
|--|----|
| 2.3.Ölçmə xətlərinin sinifləşdirilməsi. Ölçmə nəticələrinin təqdim olunma formaları..... | 44 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| 2.4.Ölçmə nəticələrinin işlənməsi.Birdəfəli və çoxdəfəli ölçmələr..... | 54 |
|--|----|

| | |
|--|-----------|
| Fəsil 3.Ölçmə vasitələri və onların metroloji xarakteristikaları..... | 73 |
|--|-----------|

| | |
|--|----|
| 3.1.Ölçmə vasitələrinin sinifləşdirilməsi..... | 73 |
|--|----|

| | |
|--|----|
| 3.2. Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikaları..... | 77 |
|--|----|

| | |
|---|----|
| 3.3.Ölçmə vasitələrinin metroloji xarakteristikalarının normalaşdırılması | 88 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 3.4. Ölçmə informasiya siqnalları..... | 99 |
|--|----|

Bölmə II.

Elektrik ölçmə vasitələri

| | |
|---|------------|
| Fəsil 4.Ölçülər, miqyas ölçmə çevriciləri və elektromexaniki cihazlar, körpülər və kompensatorlar..... | 109 |
|---|------------|

| | |
|------------------|-----|
| 4.1.Ölçülər..... | 109 |
|------------------|-----|

| | |
|--|------------|
| 4.2.Miqyas ölçmə çevriciləri..... | 113 |
| 4.3.Elektromexaniki ölçmə çevriciləri..... | 120 |
| 4.4.Çevricili elektromexaniki ölçü cihazları..... | 128 |
| 4.5.Sabit və dəyişən cərəyan körpüləri..... | 135 |
| 4.6.Sabit cərəyan kompensatorları..... | 139 |
| Fəsil 5.Elektron analoq ölçü cihazları..... | 160 |
| 5.1.Ümumi məlumatlar..... | 160 |
| 5.2.Elektron voltmetrlər..... | 161 |
| 5.3. Elektron ommetrlər..... | 175 |
| 5.4.Elektron-şüa ossilloqrafları..... | 180 |
| Fəsil 6.Rəqəmsal ölçmə qurğuları..... | 192 |
| 6.1.Ümumi məlumatlar..... | 198 |
| 6.2.Rəqəmsal ölçmə qurğularının əsas xarakteristikaları..... | 205 |
| 6.3.Tezlik-zaman parametrlərini ölçən rəqəmsal ölçmə qurğuları..... | 210 |
| 6.4.Rəqəmsal voltmetrlər..... | 213 |
| 6.5.Analoq-rəqəmsal çevricilər..... | 218 |
| Fəsil 7.Proqramlaşdırılan ölçmə çevriciləri..... | 226 |
| 7.1.Ümumi məlumatlar..... | 230 |
| 7.2.Cihaz interfeysləri..... | 233 |
| 7.3.Proqramlaşdırılan ölçmə qurğularının qurulması.. | 238 |
| 7.4.Prosessorlu ölçmə vasitələri..... | 240 |

| | |
|--|------------|
| 7.5.Virtual ölçmə vasitələri | 246 |
| Fəsil 8.İnformasiya ölçmə vasitələri..... | 266 |
| 8.1.Ümumi məlumatlar..... | 266 |
| 8.2.Ölçmə sistemləri..... | 267 |
| 8.3.Teleölçmə sistemləri..... | 273 |
| 8.4.Avtomatik nəzarət və texniki diaqnostika sistemləri..... | 282 |
| 8.5.Elmi tədqiqatların avtomatlaşdırılmış sistemləri... | 287 |
| Bölmə III. | |
| Fiziki kəmiyyətlərin ölçülməsi | |
| Fəsil 9.Elektrik kəmiyyətlərinin ölçülməsi..... | 289 |
| 9.1.Cərəyan şiddəti və gərginliyin ölçülməsi..... | 289 |
| 9.2.Gücün, enerjinin və elektrik yükünün miqdarının ölçülməsi..... | 302 |
| 9.3.Tezliyin, fazanın, vaxt intervallarının ölçülməsi.Elektrik siqnallarının spektrinin analizi..... | 308 |
| 9.4.Sabit və dəyişən cərəyan dövrlərinin parametrlərinin ölçülməsi..... | 319 |
| Fəsil 10.Maqnit kəmiyyətlərinin ölçülməsi | |

| | |
|---|------------|
| metodları və vasitələri..... | 332 |
| 10.1. Maqnit kəmiyyətlərinin ölçülməsinin ümumi məsələləri..... | 332 |
| 10.2. Maqnitölçən çevricilər..... | 336 |
| 10.3. Maqnit induksiyasının ölçülməsi üsulları və vasitələri..... | 353 |
| 10.4. Maqnit selinin ölçülməsi üsulları və vasitələri.... | 366 |
| Fəsil 11. Qeyri-elektrik kəmiyyətlərinin ölçülməsi.. | 374 |
| 11.1. Ümumi məlumatlar..... | 374 |
| 11.2. Ölçü çevriciləri..... | 377 |
| 11.2.1. Parametrik ölçü çevriciləri..... | 379 |
| 11.2.2. Generator tipli ölçü çevriciləri..... | 395 |
| 11.3. Temperaturun ölçülməsi..... | 399 |
| 11.4. Havada maddənin miqdarının ölçülməsi..... | 404 |
| 11.5. Yerdəyişmənin və mexaniki gərginliyin ölçülməsi..... | 413 |

Bölmə IV.

Standartlaşdırma və sertifikatlaşdırmanın əsasları

| | |
|--|------------|
| Fəsil 12. Standartlaşdırma və sertifikatlaşdırmanın məqsədləri..... | 418 |
| Fəsil 13. Standartlaşdırmanın əsasları..... | 426 |

| | |
|--|------------|
| 13.1.Ümumi xarakteristika..... | 426 |
| 13.1.Texniki tənzimləmə..... | 436 |
| 13.3. Standartlaşdırmanın məqsədləri | 443 |
| 13.4. Standartlaşdırmanın prinsipləri..... | 446 |
| 13.5.Standartlaşdırma sahəsində sənədlər..... | 450 |
| 13.6.Rusiya Federasiyasının standartlaşdırma üzrə milli orqanı..... | 453 |
| 13.7.Milli standartlar və təşkilatların standartları..... | 456 |
| 13.8.Standartlaşdırma və keyfiyyət üzrə beynəlxalq təşkilatlar..... | 461 |
| Fəsil 14.Sertifikatlaşdırmanın əsasları..... | 494 |
| 14.1.Uyğunluğun təsdiqinin məqsədləri..... | 496 |
| 14.2.Uyğunluğun təsdiqinin prinsipləri..... | 497 |
| 14.3.Uyğunluğun təsdiqinin forma və obyektləri..... | 499 |
| . | |
| 14.4.Rusiya Federasiyasında Sertifikatlaşdırma üzrə orqanların və sınaq laboratoriyalarının (mərkəzlərinin) akkreditləşdirilməsi..... | 525 |
| 14.5.Beynəlxalq sertifikatlaşdırma..... | 529 |
| 14.6.Keyfiyyət menecmenti sisteminin | |

| | |
|----------------------------------|------------|
| sertifikatlaşdırılması..... | 537 |
| Ədəbiyyatın siyahısı..... | 561 |

Ədəbiyyatın siyahısı

- 1.Məmmədov N.R.Metrologiya: Ali məktəblər üçün dərslik.-Bakı: Elm, 2009.-324s.
- 2.Məmmədov N.R.Standartlaşdırmanın əsasları: Ali məktəblər üçün dərslik.-Bakı: Elm, 2003.-388s.
- 3.Məmmədov N.R.Sertifikatlaşdırmanın əsasları: Ali məktəblər üçün dərslik.-Bakı: Elm, 2001.-312s.
- 4.Məmmədov N.R., Seydəliyev İ.M., Aslanov Z.Y. Sınaq və sınaq avadanlıqları: Ali məktəb tələbələri üçün dərs vəsaiti.-Bakı: “İqtisad Universiteti” nəşriyyatı, 2011.-150s.
- 5.Aslanov Z.Y. “Ölçmə prosesləri və ölçü texnikası”: Dərs vəsaiti.-Bakı: “Təhsil” NPM,2003.-230s
- 6.Aslanov Z.Y., Nuriyev M.N., Əfəndiyev E.M., “Yüngül sənaye məhsullarının standartlaşdırılması və sertifikatlaşdırılması”:Dərslik.-Bakı: ADİU,2008.-297s .
- 7.Бурдун Г.Д. Основы метрологии/ Г.Д.Бурдун, Б.Н.Марков. - М.: Изд-во стандартов, 1975
- 8.Всеобщее управление качеством: учебник для вузов/ [О.П.Глудкин, Н.М.Горбунов, А.И.Гуров, Ю.В.Зорин]; под ред. О.П.Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999
- 9.Димов Ю.В.Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов/ Ю.В.Димов.-2-е изд. - СПб.: Питер,2006
- 10.Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений/ М.А.Земельман.- М.: Изд-во стандартов,1991
- 11.Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК/ Р.Л. Кадис, Л.А. Конопелько, Г.Р. Нежиховский, В.Б. Симин : пер. с англ.- СПб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева,2002

- 12.Коротков В.П. Основы метрологии и теории точности измерительных устройств /В.П.Коротков, Б.А.Тайц. - М.: Изд-во стандартов,1975
- 13.Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения /В.Д. Кукуш. - М.: Радио и связь,1987
- 14.Левшина Е.С. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи/ Е.С. Левшина, П.В. Новицкий. – Л.: Энергоатомиздат,1983
- 15.Маркин Н.С. Практикум по метрологии/ Н.С.Маркин.- М.: Изд-во стандартов,1994
- 16.Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов/ Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов.- М.: Высш.Шк.,2004.
17. Метрология, стандартизация и сертификация: в вузах России: сб. метод. материалов.- М.: Изд-во стандартов,1998
- 18.Новицкий П.В. Оценка погрешностей результатов измерений /П.В. Новицкий, И.А.Зограф.- М.: Энергоатомиздат,1990
- 19.Основы метрологии и электрические измерения: учебник для вузов/ [Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.]; под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние,1987
- 20.Рубкевич Н.А. Достоверность допускового контроля качества/Н.А. Рубкевич, В.Д. Фрумкин.- М.: Изд-во стандартов,1990
- 21.Рыбаков Н.Н. Основы точности и метрологического обеспечения радиоэлектронных измерений /Н.Н.Рыбаков.- М.: Изд-во стандартов,1990
- 22.Сергеев А.Г. Метрология: учеб. пособие для вузов / А.Г.Сергеев, В.В. Крохин.- М.: Логос,2001
- 23.Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерений /С.А. Спектор. – Л.: Энергоатомиздат, 1987

24. Средства измерений параметров магнитного поля / [Ю.В.Афанасьев, Н.В. Студенцов, В.Н. Хорев и др.]. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979
25. Тюрин Н.И. Введение в метрологию / Н.И.Тюрин.- М.: Изд-во стандартов, 1985
26. Цветков Э.И. Основы математической метрологии / Э.И. Цветков.- СПб.: Политехника, 2005
27. Чернявский Е.А. Анализ информационно-измерительных процессов измерительно-вычислительных средств: учебник для вузов / Е.А.Чернявский. - СПб.: Энергоатомиздат, 1999
28. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология / И.Ф. Шишкин. - М.: Изд-во стандартов, 1990
29. Электрические измерения / [В.Н. Малиновский, Р.М. Демидова-Панферова, Ю.Н. Евланов и др.]; под ред. В.Н. Малиновского.- М.: Энергоатомиздат, 1985
30. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. РМГ 29-99.- М.: Изд-во стандартов, 2000

Məmmədov Nəriman Rəhim oğlu
texnika elmləri doktoru, professor
Aslanov Zabit Yunus oğlu
texnika elmləri namizədi, dosent
Seydəliyev İlham Məhəmməd oğlu
texnika elmləri namizədi, dosent
Hacızalov Məhəmməd Nemət oğlu
texnika elmləri namizədi, dosent
Dadaşova Kəmalə Seyfulla qızı
iqtisad üzrə fəlsəfə doktoru

Metrologiya, standartlaşdırma və
sertifikatlaşdırma

D ə r s v ə s a i t i