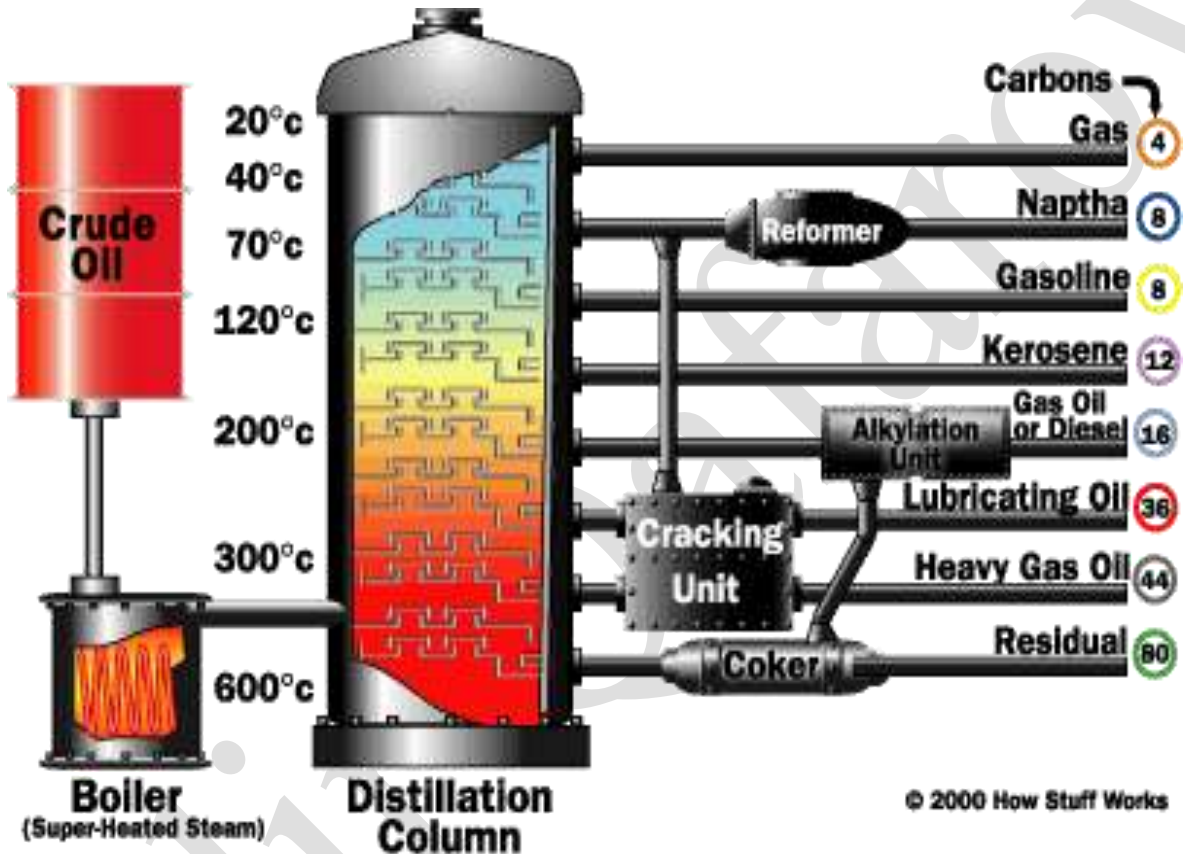


## İstehsalat proseslərinin avtomatik idarəetmə sistemləri

### Mühazirələr konspekti



Bakı-2024

## **Mühazirə 1**

### **Giriş. Avtomatika və istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması.**

#### **Avtomatlaşdırmanın səviyyələri**

Müasir dövrdə istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması texniki tərəqqinin əsas istiqamətlərindəndir. İndi avtomatlaşdırma bütün istehsalata – yeni məhsulun layihələndirilməsindən onun hazırlanmasına qədər olan bütün sahələrə tətbiq olunur. Digər tərəfdən müasir istehsalat maşın və aqreqların məhsuldarlığının artırılması və onun maya dəyərinin aşağı salınması ilə xarakterizə olunur. Elm və texnikanın qarşısında duran ən mühüm məsələlərdən biri istehsalatın avtomatlaşdırılmasını, texniki səviyyəsinin yüksəldilməsini, avtomatlaşdırma vasitələrinin sürətli inkişafını təmin etməkdən ibarətdir.

Avtomatlaşdırma istehsal proseslərinin nəzarət, tənzimləmə və idarəetmə funksiyalarını yerinə yetirən müxtəlif idarəetmə sistemlərinin yaradılması ilə bilavasitə əlaqədardır.

Müasir istehsalatı xarakterizə edən amillərdən biri də ayrı-ayrı proseslər arasında çoxsaylı müxtəlif əlaqələrin olması və onların dəqiq ardıcılığıdır. Fasiləsiz və axın istehsalatı, eləcə də ayrı-ayrı əməliyyatların böyük sürətlə icra edilməsi idarəetmənin insan tərəfindən praktiki olaraq yerinə yetirilə bilməyən cəldişləməyə, dəqiqliyə və obyektivliyə olan tələblərini daha da artırır.

Yüksək keyfiyyətli məhsulun istehsalı praktiki olaraq texnologi prosesin bütün əməliyyatlarına nəzarət edilməsini və lazım gələrsə, avadanlığın parametrlərinin cəld dəyişdirilməsini zəruri edir ki, bu da insan üçün mümkün deyildir və onun iştirakı olmadan yerinə yetirilməlidir.

Avtomatika yunanca «automatos» sözündən götürülmüşdür ki, «özünü təsir edən» deməkdir. Avtomatik qurğular insan müdaxiləsi olmadan müxtəlif prosesləri idarə və nəzarət edən qurğulardır. İnsanın iştirakı olmadan müxtəlif prosesləri və obyektləri verilmiş recimdə saxlaya bilən və ya insanın əmək fəaliyyətini yüngülləşdirən qurğular çoxdan məlum idi. İnsan sivilizasiyası yarandığı andan bu günə qədər öz əl əməyini və həyat şəraitini yüngülləşdirən qurğular və vasitələr haqqında fikirləşir. İlk əvvəllər əl

əməyini mexanikləşdirən müxtəlif texniki qurğular: linglər, mancanaqlar, ağır yükləri daşımaq üçün nəqliyyat vasitələri və s. ixtira olunmuşdur. Mexanikləşdirmə zamanı insanın iştirakı tam aradan qaldırılmasa da o, kütləvi əmək proseslərini yüngülləşdirmək üçün ən əlverişli vasitələrdən biridir.

Avtomatlaşdırma müxtəlif əməliyyatları sürətlə və dəqiq icra etməklə əmək məhsuldarlığını və istehsalat mədəniyyətini yüksəldir, işçilərin sayını azaldır, istehsalatın əlverişli idarə olunmasını təmin edir. Texnologiya proseslərin avtomatlaşdırılması yalnız iqtisadi cəhətdən deyil, eləcə də texniki və ictimai baxımdan da böyük əhəmiyyətə malikdir. Bütün bunlar əməyin xarakterinin kökündən dəyişməsinə kömək edir.

Avtomatlaşdırma sistemlərinin istehsalat və təsərrüfat fəaliyyətinin müxtəlif sahələrinə - maşınqayırma, energetika, metallurgiya, neft, kimya və s. tətbiq edilməsi hesablama texnikası, çevik avtomatlaşdırma sistemləri və robototexniki komplekslər əsasında müasir sənaye istehsalatını yarada və ona xidmət edə bilən ixtisaslı mütəxəssislər hazırlanmasını tələb edir. Bunun üçün gələcək mühəndislər avtomatlaşdırmanın əsasları, texnologiya proseslərin və avadanlıqların riyazi modellərinin qurulması prinsipləri, informasiyanın yığılması və emalı nəzəriyyəsinin elementləri, icra orqanlarına ötürülməsi üçün idarəedici siqnalların formalaşdırılması, avtomatlaşdırmanın hesablama texnikası vasitələri, proqram təminatı və s. haqqındakı biliklərə malik olmalıdırlar.

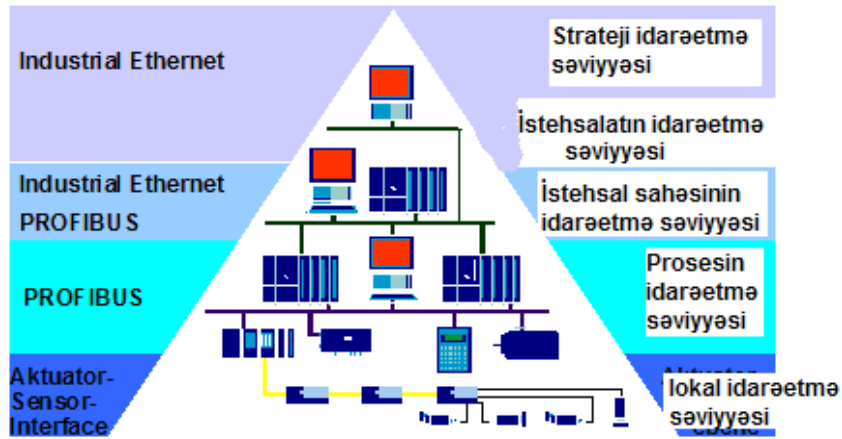
### **Avtomatlaşdırmanın strukturu**

İstehsal prosesləri neft emalı, poladtökmə və avtomobil zavodlarının nümunəsində nəzərdə keçirildikdən sonra avtomatlaşdırmanın əsas vəzifələrinin strukturlaşdırılmasına baxaq.

Avtomatlaşdırmanın əsas vəzifələri prinsiplə olaraq ya avtomatlaşdırılmanın mərkəzləşdirilmiş, ya da qeyri-mərkəzləşdirilmiş strukturu tərəfindən həll edilə bilər.

Bunun üçün hansı strukturun daha münasib olması avtomatlaşdırılması zəruri olan prosesdən və ya istehsal tsiklindən asılıdır.

Bir çox proseslər altproseslərdən və ya yarimproseslərdən ibarətdir və texniki nöqtəyi-nəzərdən qeyri-mərkəzləşdirilmiş olaraq strukturlaşdırılır. Bu çür hallarda yuxarı səviyyədə yerləşən proses, ona tabe olan prosesin işini koordinasiya edir. Qurğunun və prosesin mürəkkəbliyindən və kəmiyyətlərindən asılı olaraq bir-birinə tabe olan müxtəlif səviyyəli avtomatlaşdırma strukturu yaradılır. Avtomatlaşdırmanın bu çür strukturu ierarxik avtomatlaşdırma strukturuna gətirib çıxarır.



Şəkil 1.1. Avtomatlaşdırmanın ierarxik strukturu

### Texniki proseslərin ierarxik quruluşu

Proseslərin çoxunu bir neçə ierarxik və ya inzibati səviyyəyə ayırmaq olar. Prosesin idarə olunması üçün bunlardan müxtəlif məsələlərin həllində istifadə edilir.

Kimyəvi reaktorun misalında buna baxaq. Aşağı səviyyədə temperaturun tənzimlənməsi konturunda tutumun temperaturunun sabit saxlanması üçün əlavə istiliyin lazım olması və olmaması haqqında qərar qəbul edilir. Bu qərar temperaturun cari və tapşırıq qiymətlərinin müqayisəsi nəticəsində tənzimləyici vasitəsilə qəbul edilir.

Yüksək səviyyədə prosesin bütövlükdə bu temperaturda aparılması həll edilir. Kimyəvi proses daha yüksək səviyyədə seçilir. Məlumdur ki, əgər «B» tipli proses gedirsə, «A» tipli prosesdə temperaturun optimallaşdırılmasına lüzum yoxdur. İerarxiya modeli bir-birinə təsir edən, lakin onların realizasiya üsulunun seçilməsindən asılı olmayan mərkəzləşdirilməmiş modeldir.

Belə ierarxiya modelini şirkətlər üçün də təklif etmək olar. İdarəetmənin müxtəlif səviyyələrində informasiya axınına olan tələbat kəskin fərqlənir. İerarxiyanın eyni səviyyələrində olan bütün obyektlər ümumi şəkildə bir-biri ilə məlumat mübadiləsində olur. Ümumiyyətlə, şirkətlər hər bir səviyyədə məlumatın emal sürətini elə seçə bilər ki, real müddət ərzində məsələ həll edilsin. Cədvəl 3.1-də səviyyələr üzrə tipik informasiya tutumları göstərilmişdir. Müxtəlif şirkətlərdə müxtəlif qərar qəbuletmə və cavabdehlik səviyyələri mövcuddur.

Müəssisənin aşağı ierarxiya səviyyəsinə proseslə birbaşa əlaqədə olan mexanizmlər və qurğular (vericilər və icra mexanizmləri) daxildir. Bu səviyyə lokal idarəetmə (field control level) və ya vericilər-icra mexanizmləri (sensors/actuators level) səviyyəsi adlanır. Prosesin idarə olunması (process control level) səviyyəsində prosesi müşahidə edən və onu vericilər və icra mexanizmləri vasitəsilə idarə edən tənzimləyicilər, digər «intellektual» qurğular və EHM yerləşir. Bu, müstəqil şəkildə qərar qəbuletmə qabiliyyətinə malik olub, ən aşağı səviyyəni təşkil edir.

Cədvəl 1.1. Proseslər haqqında informasiyaya olan tipik tələbatlar

<b>İdarəetmə səviyyəsi</b>	<b>Məlumat tutumu</b>	<b>Reaksiya müddəti</b>	<b>Həllolma tezliyi</b>
Strateji idarəetmə səviyyəsi	M baytlar	günlər	günlər
Istehsalatın idarəetmə səviyyəsi	K baytlar	Saatlar, dəqiqələr, saniyələr	Saatlar, dəqiqələr, saniyələr
Sahənin idarəetmə səviyyəsi	Baytlar	Saniyələr (100ms)	Saniyələr
Prosesin idarəetmə səviyyəsi	Bitlər	Milli saniyələr	Milli saniyələr
Lokal idarəetmə (vericilər, icra mexanizmləri) səviyyəsi	Bitlər	Milli saniyələr	Milli saniyələr

Növbəti bir qədər yüksək səviyyə-sahənin idarə olunması (*cell control level*) səviyyəsidir. İdarəetmənin bu səviyyəsi texniki proseslə birbaşa əlaqədə olmayıb,

kəmiyyətlərin əvvəlki və cari qiymətləri haqqında ondan yuxarı və aşağıda yerləşən səviyyələr arasında məlumat mübadiləsinə yerinə yetirir.

Müəyyən əməliyyatları yerinə yetirmək üçün texnologi zəncir təşkil edən dəzgahlardan ibarət olan istehsal sahələrində intensiv surətdə üfqi məlumat mübadiləsi aparılır.

Istehsalın idarə olunması səviyyəsində (*production control level*) material və ya enerji axınlarının bərabərliyini təmin edən bir neçə sahənin əməkdaşlığı yaradılır (bir istehsal sahəsinin çıxışı digərinin girişinə verilir). Nəhayət, strateji idarəetmə səviyyəsində (management control level) bütün müəssisənin işinə təsir edən ümumi qərarlar qəbul edilir.

Qoyulmuş şərtlərə baxmayaraq ierarxiya modeli idarəetmə sisteminin analizi və strukturlaşması üçün çox müsbət əsas verir. Bu model istehsal müəssisəsi ilə məhdudlaşmır; analoci səviyyələri istənilən mürəkkəb idarəetmə sistemi üçün ayırmaq olar. Məsələn, təyyarənin avtopilotunda aerodinamik elementlərin və mühərrikin idarə olunma konturu ən aşağı səviyyədə yerləşir, amma haraya uçmaq strateji olaraq qalır və pilotun sərəncamına verilir.

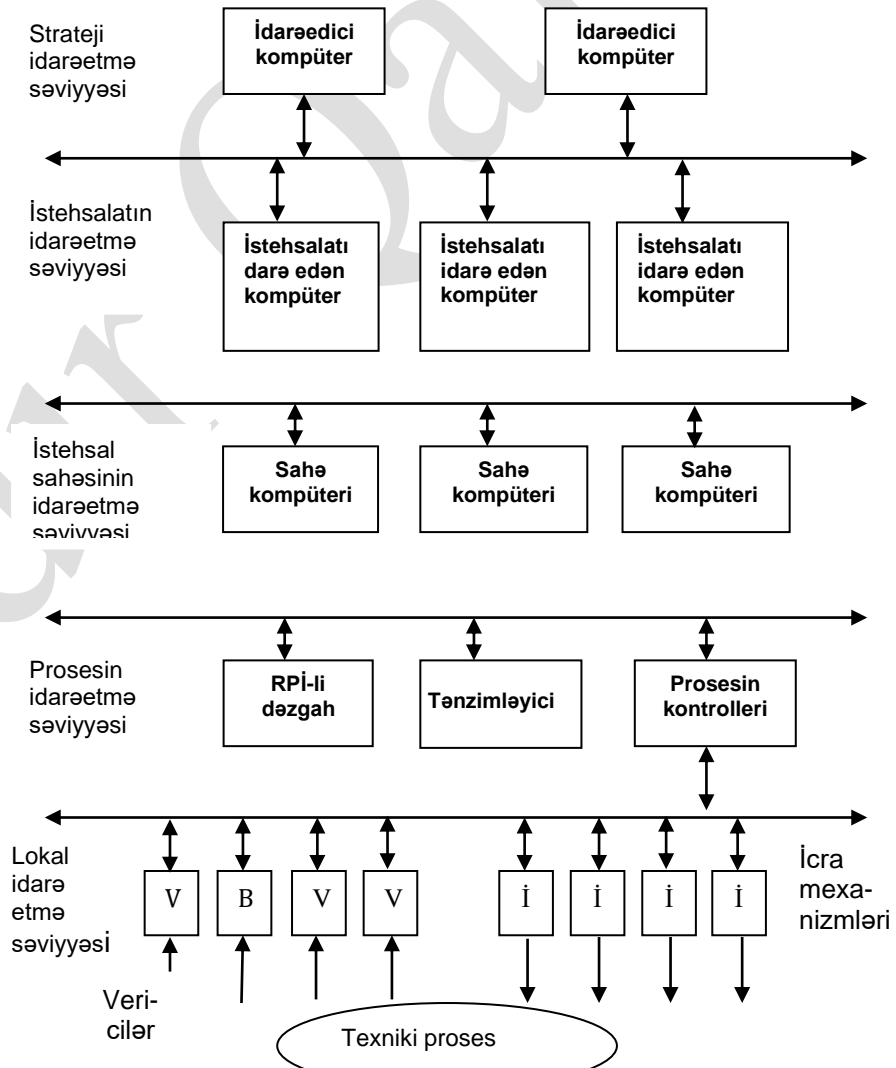
### **Proseslərin idarə olunmasında məlumatların toplanması və informasiya axınları**

Ierarxik səviyyələrdə informasiya axınına qoyulan tələblər ciddi fərqlənə bilər. Qeyd edildiyi kimi məlumatın emalı idarəetmə prosesində baş verən dəyişikliyə nisbətən daha tez yerinə yetirilməlidir.

Idarəetmə sisteminin arxitekturasının əsas xüsusiyyəti quraşdırılmış prosessorların sayından asılıdır. Bir mərkəzi prosessoru olan sistemlər də mövcuddur. Paylanmış sistemlərdə fiziki prosesin ayrı-ayrı hissələrini müxtəlif prosessorlar idarə edir. Mərkəzi prosessor ümumi funksiya icra edir. Prosessorların paylanması idarəetmə səviyyəsini strukturuna uyğun gəlir (şəkil 3.2). İstehsalatdan asılı olaraq idarəetmə səviyyəsini sayı dəyişir.

Prosesin xarici processorları və ya xarici modulları fiziki proseslə birbaşa əlaqədə olub, vericilərdən və analoq – rəqəm çeviricilərindən məlumatı alır. Bu processorlar icra mexanizmləri vasitəsilə prosesi idarə edir.

Vericilərdən və yerli tənzimləyicilərdən idarəetmə mərkəzinə verilən məlumatı toplamaq üçün əsas 3 üsul vardır. Birinci üsul telemetriyada tətbiq edilir. Xarici qurğulardan mərkəzi məlumatın ikitərəfli ötürülməsi mümkün olmadıqda telemetriyadan (telemetry) istifadə edilir. Bütün məlumat əvvəlcədən məlum olan formata fasiləsiz olaraq ötürülür. Bir dövr başa çatdıqdan sonra digəri başlayır. Prosesin idarə olunması səviyyəsində sorğuya görə məlumat toplanılır (polling). İdarəedici kompüter dövrü olaraq vericilərdən cari məlumatı alır və daxili məlumat bazasına göndərir. Sorğu zamanı periferiya qurğuları idarəedici kompüterə cavab verməlidir.



Şəkil 1.2. Avtomatlaşdırmada informasiya axınının ierarxik strukturu

Sorğu – vericilərdən məlumatın xarici prosessorlar vasitəsilə toplanması üçün tipik metoddur.

Üçüncü üsul əvvəlki dövrlə müqayisədə qiyməti dəyişən kəmiyyətlərin ötürülməsi zamanı istifadə edilir. Rəqəm şəkilli dəyişənlər cüzi dəyişiklikdə ötürülür, analoq dəyişənlər üçün müəyyən olunmuş keçid zonası verilir. Analoq dəyişənin qiyməti əvvəlki qiymətindən əhəmiyyətli dərəcədə dəyişdikdə mərkəzi prosessora yeni informasiya verilir. Bu üsul vericilərlə generasiya edilən kəsilmələrə (interrupt) əsaslanır.

İstənilən səviyyənin kompüteri yığılmış məlumatın yuxarı səviyyəyə ötürülməsi üçün onu analiz etməli, sistemləşdirməli, riyazi üsullarla emal etməli və saxlamalıdır.

Məlumatlar üzərində aparılan bir qədər tipik riyazi əməliyyat kimi süzgəcləmə, kəmiyyətin maksimum, minimum, orta qiymətinin və ya digər statistik parametrlərinin hesablanması göstərmək olar. Beləliklə, yuxarı səviyyəyə verilən məlumatın sayını azaltmaq olar. Mərkəzi prosessor və onun əlaqə kanalları lazımsız statistikanın ötürülməsi ilə yüklənməməlidir.

Sənaye avtomatika sistemində vericilərdən alınan məlumatı mərkəzi qurğuya ötürmək üçün, əsasən II və ya III üsuldan (daha dəqiq desək, kəsilmələrə görə və sorğuya görə) istifadə olunur.

Prosesin idarə olunması/istehsal sahəsi səviyyəsində məlumatın toplanması üçün strategiyanın seçilməsi normal iş recimlərinin və xüsusi halların ciddi analiz edilməsini tələb edir. Əgər proses stasionar recimdədirsə, nəyinsə ötürülməsinə ehtiyac olunur. Elə həyacan təsirləri ola bilər ki, yüklənmə yarana bilər. Əgər proses haqqında məlumat dəyişərsə və o, buferdə saxlanılmazsa, məlumatın bir hissəsi itə bilər və mərkəzi sistem dəqiq olmayan məlumata malik olar.

### **Müasir avtomatlaşdırma texnikasının əsas strukturu**

Avtomatlaşdırma texnikası texniki qurğuların vəziyyətini qeydə alır və bunları müşahidə edir, ya da istehsalatdakı texnologiyaları idarə edir. Bunun üçün müxtəlif qurğu və sistemlərin qarşılıqlı fəaliyyətdə olması zəruridir:



- İstehsalatın idarə edilməsi üçün effektiv kompüterlər (müxtəlif tipli sənaye kompüterləri);
- Yaddaşda saxlanılan proqramların köməyi ilə (SPS) və ya proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerlərlə idarəetmə;
- Rəqəm proqramları ilə idarə olunan (RPI) dəzgahlar;
- Nəqyiyyat sistemləri və i.a.

İnsan indikasiya və xidmətə qurğularının vasitəsilə texnikanı müşahidə edir və bunlara xidmət göstərir. İnsanlar həm də informasiyanın emal vasitəsi kimi proqramlaşdırma və layihələndirmə zamanı nəzərə alınır.

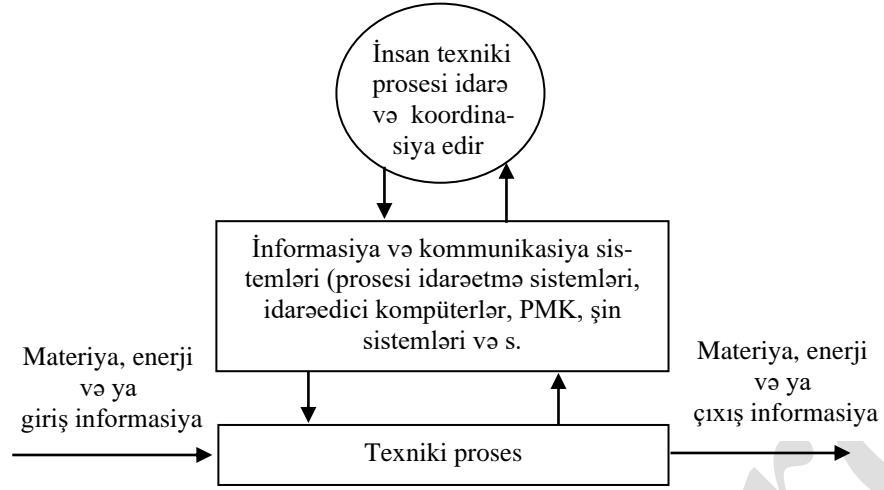
Bu cür fəaliyyət növləri üçün daha ayrı-ayrı maşınların funksiyalarını öyrənmək kifayət deyildir, mürəkkəb proseslərin planlaşdırılması və bunlara nəzarət edilməsi də gərəkdir. Bundan başqa, özünün rəhbər və nəzarətmə funksiyalarını yerinə yetirməsindən ötrü insana istehsalat prosesindən bəzi məlumatlar gərəkdir:

- Müvafiq olaraq düzgün informasiya (informasiyanın qeydiyyatı);
- Lazımi keyfiyyət (ilkin emal edilmiş informasiya);
- Zəruri miqdarlı informasiya (cəmlənmiş məlumatlar);
- Vaxtında verilmiş informasiya (akkumulə edilmiş, toplanmış məlumatlar);
- Öz yerində verilmiş informasiya (məlumatların köçürülməsi).

Beləliklə, informasiya istehsalatın həlledici amilidir. Bu isə təbii ki, o hal üçün doğru olur ki, informasiya artıq emal edilmiş və beləliklə də insana əlverişli şəkildə, yəni nəticələr əyani olaraq tədqim edilmiş olsun.

Инсана лазым олдуьу кими, хцсуси инфортасийа истехсалат просесиндя иштирак едян щяр бир автоматлащдырта гурьусуна да лазымдыр; беля ки, бу гурьулар юз тяряфиндян автоматлащдыртанын диэяр компонентляриндян ютрц синхронлащдырта вя йахуд тапшырыьын йазылышынын ютрцлтяси цццн мяlumatлар верирляр.

Avtomatlaşdırma sisteminin əsas strukturu əslində informasiya emalından, texnologi proses və insanla əlaqələrdən, kommunikasiyadan ibarətdir.



Şəkil 2.1. Avtomatlaşdırma sisteminin əsas strukturu

## Mühazirə 2

### Avtomatik sistemlərin əsas məqsədi və anlayışları. Avtomatik idarəetmə probleminin mahiyyəti. İdarəetmə sistemlərinin avtomatlaşdırma dərəcəsi

#### Avtomatika və avtomatlaşdırma

Gündəlik həyatda avtomatika və avtomatlaşdırma anlayışlarına tez - tez rast gəlirik.

Bu anlayışları bir-birindən fərqləndirmək lazımdır. İstehsal proseslərini insanın iştirakı olmadan idarə etmək üçün üsullar və texniki vəsaitlər araşdıran elm avtomatika adlanır.

Avtomatlaşdırmanın texniki vasitələri cihazlardan və qurğulardan ibarətdir. Bunlar vasitəsilə texnoloji prosesin gedişi və parametrləri haqqında məlumat alınır, həmin məlumat texnoloji prosesə təsir etmək üçün lazımi istiqamətdə idarəedici siqnala çevrilir. Texnologi proseslərdə avtomatlaşdırma texnikasından istifadə edildikdə insan fiziki zəhmətdən azad edilir, proses normal gedir, insanla əlaqədar olan səhvlər və qeyri-normal hallar aradan qaldırılır və böyük iqtisadi səmərə əldə edilir.

Texnologiyanın insan həyatı üçün təhlükəli olduğu yerlərdə avtomatlaşdırma texnikasından istifadə etmək xüsusilə vacibdir. Avtomatlaşdırmada məqsəd müxtəlif obyektlərin iş rejimlərini insanın bilavasitə iştirakı olmadan lazımi vəziyyətdə saxlamaq və ya müəyyən qanun üzrə dəyişdirməkdən ibarətdir.

İnsanın iştirakı olmadan istehsal proseslərinin idarə edilməsi üçün müəyyən vasitə və üsulların birlikdə tətbiqinə istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması deyilir. Başqa sözlə desək, avtomatlaşdırma avtomatika elminin əldə etdiyi nailiyyətlərin istehsalata tətbiqi deməkdir.

Avtomatlaşdırılmış obyektlərdə insan əsasən avtomatik qurğuların işinə nəzarət edir. Üç növ avtomatlaşdırmaya rast gəlmək olar:

**1. Qismən avtomatlaşdırma.** Bu növ avtomatlaşdırmada ayrı-ayrı aqreqlər və sahələr arasında kifayət qədər qarşılıqlı əlaqə olmur. Qismən avtomatlaşdırma texniki, iqtisadi cəhətcə az əlverişlidir.

**2. Kompleks avtomatlaşdırma.** Bu növ avtomatlaşdırmada bütün qurğular avtomatlaşdırılır və onların işinə bir mərkəzi məntəqədən nəzarət edilir. Obyektdəki qurğuların iş rejiminə də həmin məntəqədən nəzarət edilir. Kompleks avtomatlaşdırmaya misal olaraq elektrik stansiyalarında qurğuların avtomatlaşdırılmasını göstərmək olar.

**3. Tam avtomatlaşdırma.** Bu növ avtomatlaşdırmada bütün əsas və köməkçi proseslərlə yanaşı idarəetmə sisteminin özü də avtomatlaşdırılır. Burada idarəetmə sistemi başqa avtomatik qurğular və hesablayıcı maşınlar vasitəsilə idarə olunur. Avtomat müəssisə tam avtomatlaşdırmaya misal ola bilər.

Belə istehsalat sahələrində nəzarət, mühafizə və tənzimləmədən başqa avadanlıqların işə salınması və dayandırılması əməliyyatları və qurğuların iş rejimlərinin dəyişdirilməsi işi xüsusi avtomatik qurğularla yerinə yetirilir.

### **Avtomatik sistemlərin əsas məqsədi, anlayışları və növləri**

Avtomatik sistemlər bir – biri ilə əlaqədə olan, müəyyən funksiyaları yerinə yetirən və ümumiyyətlə, bütün idarəetmə prosesini, başqa sözlə, ilkin informasiyanın alınmasını, informasiya siqnalının gücləndirilməsini və onların idarəedici siqnallara çevrilməsini, icra mexanizmlərinə təsirini və s. təmin edən element və qurğulardan təşkil olunur.

Avtomatik sistemlərin element və qurğuları özlərinin konstruksiyalarına, iş prinsiplərinə, xarakteristikalarına, çevrilən siqnalların təbiətinə, idarəetmə sistemlərində yerinə yetirdikləri funksiyalarına görə çox müxtəlifdirlər.

Ümumi halda avtomatikanın elementi  $x$  girişinə və  $y$  çıxışına malik olan çeviricidir (şəkil 1.1a). Girişə forması sonrakı hərəkəti və təsiri üçün lazım olan formaya çevrilən informasiya daxil olur. Giriş kəmiyyəti fiziki kəmiyyətlərin ani qiymətləri (sürət, təcil, təzyiq, temperatur, yerdəyişmə, cərəyan, gərginlik və s.), sinusoidal və impuls elektrik kəmiyyətlərinin amplitud qiymətləri (cərəyanın və yaxud gərginliyin), fiziki kəmiyyətlərin tezliyi və s., çıxış kəmiyyəti isə qiymətinə və xarakterinə görə müxtəlif olan elektrik siqnalı ola bilər.

Avtomatik sistemlərin və onların elementlərinin əsas vəzifəsi texnologi prosesin və avadanlığın vəziyyəti haqqında ilkin informasiyanın alınması; informasiyanın qəbulu, çevrilməsi və ötürülməsi; informasiyanın saxlanması, emal olunması və idarə komandalarının formalaşdırılması; komanda informasiyasından obyektə və yaxud prosesə təsir etmək və operator ilə əlaqə yaratmaq məqsədləri və s. üçün istifadə olunmasından ibarətdir. Aşağıda avtomatik sistemlərin bəzi əsas növləri ilə tanış olaq.

**Avtomatik nəzarət sistemi** (şəkil 1.1b) nəzarət olunan kəmiyyəti özünün verilən qiyməti ilə müqayisə edir və müqayisənin nəticəsini təsbit edir. Nəzarət olunan kəmiyyət  $x_1$  obyektədən 0 vericiyə  $V$  daxil olur və orada ölçmək üçün münasib olan  $x_2$  kəmiyyətinə çevrilir.  $x_2$  siqnalı  $x_0$  etalon siqnalı ilə müqayisə qurğusunda MQ müqayisə olunur.  $x_0$  etalon siqnalı tapşırıq qurğusundan TQ daxil olur. Müqayisə nəticəsində alınan siqnal  $x_3$  ölçmə qurğusuna ÖQ verilir.

Avtomatik nəzarət istənilən prosesin avtomatlaşdırılmasının birinci pilləsidir.

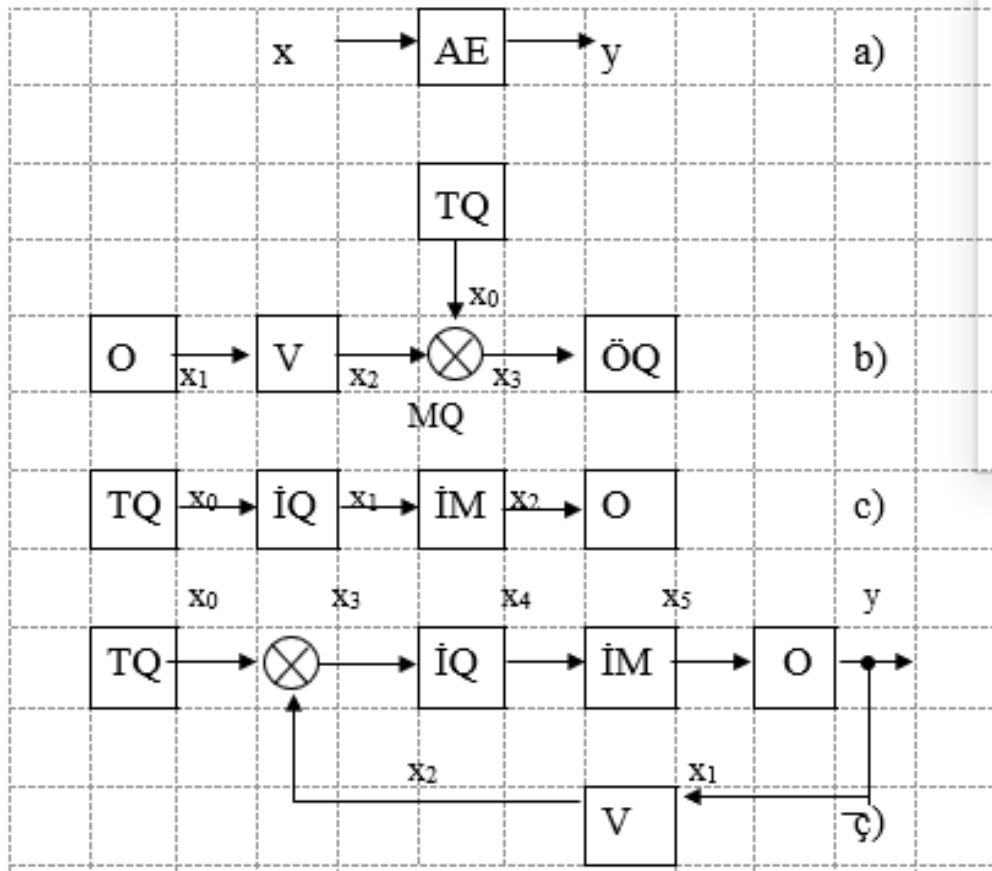
**Açıq avtomatik idarəetmə sistemi** (şəkil 1.1c) tapşırıq qurğusundan TQ daxil olan  $x_1$  siqnalına görə əməliyyatın avtomatik yerinə yetirilməsini həyata keçirir. İdarə qurğusu İQ  $x_0$  siqnalını ölçür və onu idarəetmə üçün münasib olan  $x_1$  siqnalına çevirir. Daha sonra  $x_1$  siqnalı icra mexanizmini İM idarə edir və o da öz növbəsində  $x_2$  siqnalı ilə idarəetmə obyektinə O təsir göstərir.

Mürəkkəb avtomatik sistemlər içərisində iki əsas sinif sistemlər mövcuddur: tənzimləmə və idarəetmə sistemləri.

Avtomatik tənzimləmə sistemlərində tənzimləmə kəmiyyətlərinin dəyişmə qanunları, başqa sözlə, tənzimləmə obyektinin parametrləri kənardan verilir, avtomatik idarəetmə sistemlərində isə bunlar sistemin özünün daxilində formalaşır.

**Avtomatik tənzimləmə sistemləri** (şəkil 1.1ç) qapalı dinamik sistem olub, insan iştirakı olmadan tənzimləmə obyektinin tənzimlənən parametrlərini verilən səviyyədə saxlayır və yaxud müəyyən qanun üzrə dəyişir. Avtomatik tənzimləmə sistemlərində əks rabitə mövcuddur, yəni sistemdə qapalı təsir dövrəsi vardır və burada  $x_3$  və  $x_4$  siqnalları obyektədən götürülən  $x_1$  və vericinin çıxışında alınan  $x_2$  siqnalı ilə  $x_0$  tapşırıq siqnalının müqayisəsindən alınır. Əgər  $x_0$  və  $x_2$  siqnalları biri – birinə bərabər deyilsə, tənzimləyici təsir tələb olunur və müqayisə qurğusunun çıxışında  $x_3$  siqnalı yaranır ki, o

da öz növbəsində sistemə idarə qurğusu İQ və icra mexanizmi İM vasitəsilə elə təsir göstərir ki,  $x_0$  ilə  $x_2$  arasındakı fərq çox kiçik qiymətə qədər (nəzəri olaraq sıfıra bərabər) azalmış olsun.



Tapşırıq signalının növündən asılı olaraq avtomatik tənzimləmə sistemləri üç əsas qrupa ayrılır:

**1. Tənzimləmə kəmiyyətinin avtomatik stabilləşdirmə sistemləri.** Burada tapşırıq signalı sabit qiymətə malikdir və zamandan asılı deyildir, başqa sözlə, tənzimləmə kəmiyyətinin qiyməti müəyyən dəqiqliklə verilmiş səviyyədə sabit saxlanılır.

**2. Proqramla idarəetmə sistemləri.** Belə sistemlərdə tapşırıq signalı zamana görə verilən proqram üzrə dəyişir. Proqramla idarə edilən sistem müxtəlif prinsiplər əsasında qurula bilər. Məsələn, obyektin xüsusiyyəti ilə əlaqədar olaraq proqram hazırlayarkən sürət, tezlik, zaman və s. fiziki amillərdən istifadə etmək olar.

**3. İzleyici sistemlər.** Belə sistemlərdə tənzimləmə parametri sistemdə təsir edən və təsadüfi qanunla dəyişən tapşırıq təsirini izləyərək tənzimləmə parametrini geniş hədlər arasında dəyişir.

*Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri* avtomatik idarəetmə sistemlərindən fərqli olaraq idarəetmə prosesində insanın aktiv iştirakını nəzərdə tutur. Belə sistemlərdə də avtomatik idarəetmə sistemlərində olduğu kimi əsas qurğu rolunda elektron hesablama maşını (kompüter) və yaxud kompüter qrupu (hesablama mərkəzi) mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərində nəzarət, informasiyanın yığılması, onun saxlanması və emalı əməliyyatları avtomatlaşdırılır. Lakin operativ informasiyanın emalının nəticələrinin qiymətləndirilməsi, qərar qəbul edilməsi bilavasitə insan tərəfindən həyata keçirilir.

Qeyd olunan sistemlərin analizi göstərir ki, istənilən avtomatik sistemdə üç əsas bənd ayırmaq olar:

- *ölçmə bəndi*. Buraya nəzarət, tənzim və ya idarə olunan parametrlərin səviyyəsi haqqında informasiya verən müxtəlif növ vericilər aiddir;
- *aralıq bənd*. Buraya siqnalları idarəetmə məqsədləri üçün gücləndirən və münasib şəkllə salan çevirici qurğular aiddir;
- *idarəetmə siqnallarını qəbul edən və bilavasitə idarə obyektinə təsir edən icra bəndi* – kompleks mexanizmlər və yaxud elektriki güc qurğuları.

Avtomatik sistemlərin qeyd olunan bəndləri ayrı – ayrı elementlərdən təşkil olunur və onların köməyiylə sistemlərin ölçmə, idarəetmə və icraçı funksional qovşaqları qurulur.

Yerinə yetirdikləri funksiyalara görə avtomatikanın element və qurğuları vericilərə, gücləndiricələrə, kommutasiya qurğularına, icra mexanizmlərinə, informasiyanı ilkin və emal qurğularına, uzlaşdırıcı və köməkçi element və qurğulara ayrılırlar (bu element və qurğulardan çoxu analiz edilən sistemlərdə istifadə olunmuşdur).

**Vericilər** idarə olunan kəmiyyət haqqında olan informasiyanı qəbul edir və onu idarəetmə məqsədləri üçün münasib olan formaya çevirir. Vericilərin böyük bir hissəsi giriş qeyri – elektrik siqnalını  $x$  elektrik  $y$  siqnalına çevirir.

**Gücləndiricilər** –avtomatika elementi olub, giriş siqnalını gücləndirmək üçün istifadə olunurlar. Köməkçi enerji mənbəyindən aldığı enerjinin növündən asılı olaraq

gücləndiricilər elektrik, hidravlik, pnevmatik və kombinə olunmuş (elektrohidravlik, elektropnevmatik və digər) növlərinə ayrılırlar.

Özlərinin yüksək həssaslığına, böyük gücləndirmə əmsalına malik olmalarına və rahat istismar edildiklərinə görə elektrik gücləndiriciləri daha geniş tətbiq olunurlar.

**İcra qurğuları (mexanizmləri)** idarə obyektinə idarəedici təsir yaradan avtomatika elementləridir. Onlar idarə obyektinin tənzimləyici orqanının vəziyyətini elə dəyişirlər ki, idarə olunan parametr özünün verilmiş qiymətinə uyğun olsun. Güc və yaxud burucu moment şəklində idarəedici təsir yaradan icra qurğularına güc elektromaqnitlərini, elektromaqnit və elektromexaniki muftaları, mühərrikləri misal göstərmək olar. İstifadə olunan enerjinin növündən asılı olaraq mühərriklər elektrik, hidravlik, pnevmatik ola bilərlər. Tənzimləyici orqanın vəziyyətini dəyişən icra qurğuları kimi gücləndiricilər və relelər də istifadə edilə bilərlər.

**Rele** – avtomatikanın kommutasiya elementi olub, giriş kəmiyyəti müəyyən qiymətə çatdıqda çıxış kəmiyyəti sıçrayışla dəyişən qurğudur. Relelər həm də çoxkanallı sistemlərdə siqnalların avtomatik idarə olunan kommutatorları kimi, verilənləri yığma və ötürmə sistemlərində, avtomatik nəzarət, siqnalizasiya, bloklama və s. sistemlərində də geniş istifadə olunurlar.

**İnformasiyanın ilkin emal qurğuları** sistemin verilən iş alqoritmini təmin etmək məqsədi ilə girişə daxil olan siqnallar üzərində müxtəlif çevirmələr və əməliyyatlar aparırlar.

Uzlaşdırıcı və köməkçi element və qurğular idarəetmə sistemlərində onların parametrlərini yaxşılaşdırmaq, əsas elementlərin funksial imkanlarını genişləndirmək üçün istifadə olunurlar. Belə element və qurğulara transformatorlar, reduktorlar, gərginlik və cərəyan stabilizatorları, kommutatorlar, mühafizə, siqnalizasiya, induksiya qurğuları və s. aid edilə bilər.

### **Avtomatik sistemlərin element və qurğularının əsas xarakteristikaları**

Avtomatikanın əsas element və qurğularının xüsusiyyətləri bir sıra xarakteristikalarla təyin olunur ki, bunlara aşağıdakılar aiddir: çevirmə əmsalı, həssaslıq, gücləndirmə əmsalı, həssaslıq həddi və xəta.

Çevirmə əmsalı üç növdə ola bilər: statik, diferensial və nisbi.



Statik çevirmə əmsalı (ötürmə əmsalı)  $K_{st}$  çıxış siqnalının  $y$  giriş  $x$  siqnalına nisbətidir:

$$K_{st} = \frac{y}{x}. \quad (1.1)$$

Bu, yalnız xətti çevirmə funksiyasına malik olan elementlər üçün doğrudur. Qrafiki olaraq  $K_{st}$  statik xarakteristikanın meyl bucağının tangensi kimi təsvir olunur:  $K_{st} = tg \alpha$ .

Qeyri – xətti xarakteristikalı elementlər üçün çevirmə əmsalı sabit kəmiyyət olmur. Bu halda diferensial çevirmə əmsalından istifadə olunur:

$$K_{dif} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} \approx \frac{dy}{dx}. \quad (1.2)$$

Bu əmsalın qiyməti giriş siqnalından asılıdır, başqa sözlə, dəyişən kəmiyyətdir və dərəcələnmə xarakteristikasının hər hansı bir nöqtəsində çıxış siqnalından giriş siqnalına görə alınmış törəmə ilə təyin olunur. Qrafiki olaraq  $K_{dif}$  elementin statik xarakteristikasına giriş  $x$  siqnalının cari qiymətinə müvafiq nöqtədə çəkilən toxunanın meyl bucağının tangensi kimi təsvir olunur.

Xətti xarakteristikalı elementlər üçün  $K_{st} = K_{dif}$ .

Nisbi çevirmə əmsalı  $K_{nisbi}$  elementin çıxışındakı siqnalın nisbi  $\Delta y/y$  dəyişməsinin elementin girişindəki siqnalın nisbi dəyişməsinə ( $\Delta x/x$ ) olan nisbətidir:

$$K_{nisbi} = \frac{\left(\frac{\Delta y}{y}\right)}{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)}. \quad (1.3)$$

Bu əmsal adsız kəmiyyət olub, konstruksiyalarına və iş prinsiplərinə görə müxtəlif olan elementlərin parametrlərinin müqayisəsi üçün daha münasibdir.

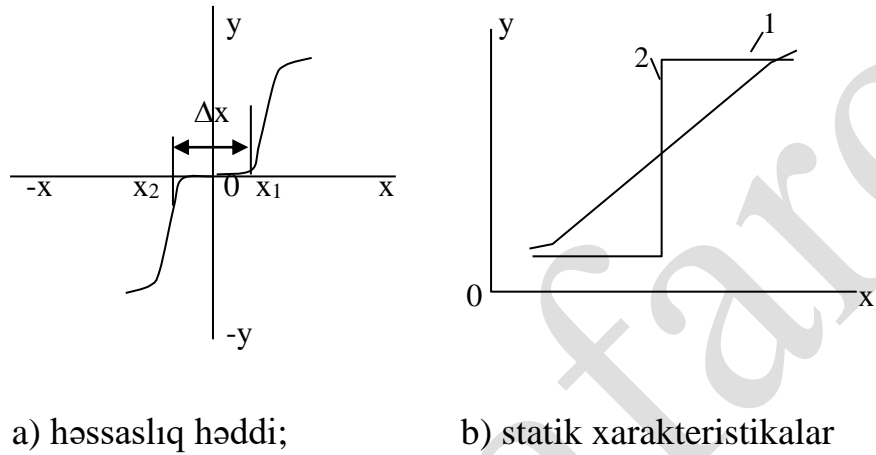
Yuxarıda baxılan çevirmə əmsalları avtomatik sistemlərin istənilən elementini yerinə yetirdiyi funksiyadan asılı olmayaraq xarakterizə edə bilər. Məsələn, gücləndiricilər üçün çevirmə əmsalı gücləndirmə əmsalı, vericilər üçün isə – həssaslıq adlanır.

Avtomatikanın bir çox elementlərində quru sürtünmədən, birləşmələrdəki aralıqlardan, histerezisdən, elementin sxeminin küyündən çıxış siqnalının dəyişməsi giriş siqnalı müəyyən həddə çatdıqdan sonra müşahidə oluna bilər.

Çıxışdakı siqnalı kifayət qədər dəyişməsinə təmin edən giriş siqnalının ən kiçik qiymətinə elementin həssaslıq həddi deyilir. Həssaslıq həddi müxtəlif səbəblərdən

yarana bilər. Relelərdə və elektromaqnitlərdə həssaslıq həddi sürtünmə nəticəsində yaranır.

Avtomatika elementlərinin xarakteristikaları aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir (şəkil 1.2).



Şəkil 1.2

$\Delta x$  qeyri – həssaslıq zonasında çıxış siqnalı  $y$  sıfıra bərabərdir. Statik xarakteristikalar: 1 – fasiləsiz və 2 – diskret (rele)  $y(x)$  qrafiki asılılığını əks etdirir və avtomatik sistemin elementinin seçilməsinə imkan verir.

Avtomatik sistemlərdə ölçmə dəqiqliyi müəyyən xətlərlə xarakterizə olunur.

Fiziki kəmiyyətin ölçülməsi nəticəsində onun qiyməti təxmini təyin edilir. Ölçmə nəticəsində alınan bu qiymət kəmiyyətin əsil qiymətindən həmişə fərqlənir. Həmin fərq ölçmə xətası olub, müxtəlif səbəblərdən yaranır.

Ölçünün mütləq xətası onun nominal qiyməti ilə ölçünün təcəssüm etdirdiyi kəmiyyətin əsil qiyməti arasındakı fərqə bərabərdir.

Ölçmə cihazının mütləq xətası cihazın göstərişi ilə ölçülən kəmiyyətin əsil qiyməti arasındakı fərqə bərabərdir.

Mütləq xətanın ölçülən kəmiyyətin əsil qiymətinə olan nisbətində nisbi xəta deyilir.

Ölçmə nəticəsi həqiqi qiymətdən artıq olarsa, xəta müsbət, əks halda isə mənfi olur.

Dəqiqlik – ölçmə vasitəsinin xətasının sifra yaxınlığını əks etdirən keyfiyyəti kimi başa düşülür.

Ölçülən kəmiyyətin zaman ərzində dəyişməsindən asılı olaraq ölçmə vasitələrinin aşağıdakı xətalrı vardır:

- 1) statik xəta – zaman ərzində sabit qalan kəmiyyəti ölçdükdə yaranan xətdır;
- 2) dinamik xəta – dinamik recimdəki xəta ilə baxılan zaman anında ölçülən kəmiyyətin qiymətinə uyğun statik xəta arasındakı fərkdir;

Yaranma şəraitindən asılı olaraq aşağıdakı xətalər mövcuddur:

- 1) əsas xəta – normal şəraitdə istifadə olunan ölçmə vasitəsinin xətası;
- 2) əlavə xəta – ölçmə vasitəsinə təsir edən kəmiyyətlərdən birinin normal qiymətə nisbətən meyl etməsi və ya normal qiymətlər həddindən kənara çıxması nəticəsində yaranan xətdır;

Ölçmə vasitələrinin xətalərinin dəyişmə xarakterindən asılı olaraq aşağıdakılar mövcuddur:

- 1) Sistematik xətalər – eyni bir kəmiyyətin təkrar ölçülməsində ya sabit qalır, ya da müəyyən qanunla dəyişir;
- 2) Təsadüfi xətalər – eyni bir kəmiyyətin təkrar ölçülməsində təsadüfi olaraq dəyişir;
- 3) Kobud xətalər (yanlışlıqlar) – təcrübədə kobud səhvlər buraxılması nəticəsində gözlənilməyindən artıq alınan xətalardır;

Ölçmənin sistematik xətasını əksər hallarda nəzərə almaq və ya ölçmə zamanı aradan qaldırmaq olar.

Təsadüfi xətanın aradan qaldırılması prinsipcə mümkün deyildir. Lakin onu ehtimal metodları vasitəsilə müəyyən etmək olar.

Ölçmənin təsadüfi xətası  $i$ -ci ölçmənin nəticəsi  $x_i$  ilə kəmiyyətin əsil (həqiqi) qiyməti  $X$  arasındakı fərqə bərabərdir:

$$\Delta x_i = x_i - X \quad (1.4)$$

Ölçmənin nisbi xətası isə

$$\beta_i = \frac{\Delta x_i}{X} \quad (1.5)$$

Bir sıra ölçmələr aparıldıqda xəta iki kəmiyyətlə qiymətləndirilə bilər:

1) Bir sıra ölçmələrin orta kvadratik meyletməsi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}}, \quad (1.6)$$

2) bir sıra ölçmələrin orta hesabi xətası

$$v = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n}, \quad (1.7)$$

burada  $n$  - ölçmələrin sayıdır.

### Mühazirə 3

#### Ölçmə haqqında ümumi məlumat. Ölçü cihazlarının təsnifatı. Ölçü sistemi və onun əsas elementləri Ölçü cihazlarının xətaları

Neft çıxarma, neft ayırma, neft-kimya sənaye sahələrində proseslər aşağıdakı kəmiyyətlərlə xarakterizə olunur.

Temperatur, təzyiq, sərf, səviyyə, keyfiyyət parametrləri. Texnoloji prosesləri idarə etmək üçün fasiləsiz olaraq kəmiyyətlər haqqında məlumatlar toplanmalıdır. Operativ olaraq kəmiyyətlər haqqında məlumat almaq üçün bu kəmiyyətlər ölçülməlidir. Hər hansı bir kəmiyyəti ölçmək onu ölçü vahidi kimi qəbul edilmiş bircinsli kəmiyyətlə müqayisə etmək deməkdir.

Ölçülən kəmiyyətin ölçü vahidinə olan nisbətindən ədədi qiymətinə ölçülən kəmiyyətin ədədi qiyməti deyilir.

Ölçülən kəmiyyəti  $Q$ , ölçü vahidini  $q$  və ölçü kəmiyyətinin ədədi qiymətini  $x$  ilə işarə etsək, yaza bilərik:

$$Q = x \cdot q \quad (1)$$

Əgər  $Q$  kəmiyyətini ölçərkən  $q$ -nin yerinə  $q_1$  ölçü vahidi qəbul etsək, onda (1) tənliyini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$Q = x_1 \cdot q_1 \quad (2)$$

və ya

$$x_1 = x \cdot \frac{q}{q_1} \quad (3)$$

Bir ölçü vahidində ifadə edilən ölçmə nəticəsindən digər ölçü vahidinə keçmək üçün (3) ifadəsindən istifadə etmək olar.

Ölçmənin üç növü var: bilavasitə, dolaylı ölçmə və ümumi ölçmə.

Bilavasitə ölçmədə, ölçülən kəmiyyətin qiyməti bilavasitə (birbaşa) ölçü vahidi ilə müqayisədə və ya qəbul edilmiş vahidlərdə dərəcələndirən ölçü cihazları ilə müəyyən edilir. Uzunluğun xətkəş, kütlənin çəki daşları və tərəzi, təzyiqin yaylı manometrlər vasitəsilə ölçülməsi bilavasitə ölçməyə misal ola bilər.

Dolayı yolla ölçmədə ölçülən parametrin qiymətini təyin etmək üçün həmin kəmiyyətlə funksional əlaqədə olan, başqa kəmiyyətlərin bilavasitə üsulla ölçülməsi aparılır. Boru kəməmindən axan maye, qaz və buxar sərfinin boru kəmərinə yerləşdirilən daraldıcı quruluşda yaranan təzyiqlər fərqinə əsasən ölçülməsini buna misal göstərmək olar.

$$Q = k\sqrt{\Delta P}$$

$\Delta P$  – təzyiqlər düşgüsüdür.

Ümumi ölçmədə, ölçülən kəmiyyətin qiyməti digər kəmiyyətlərin bilavasitə ölçülməsindən alınan qiymətlərə görə bir sıra tənlikləri həll etməklə tapılır.

$$A = F(X, Y, Z, \dots)$$

Burada  $A$  – ölçülən kəmiyyətin axtarılan qiyməti.  $(X, Y, Z, \dots)$  – bilavasitə ölçmədən müəyyən edilən kəmiyyətlərin qiymətləridir. Hər hansı bir kəmiyyət ölçü vahidləri ilə ifadə olunur. Ölçü vahidlərinin dövlət standartlarında qəbul edildiyi kimi işlədilməsi məcburidir və onların düzgün tətbiqinə dövlət tərəfindən nəzarət edilir.

Ölçü vahidləri Beynəlxalq ölçü vahidlər sistemində (SI) görə əsas, əlavə və törəmə vahidlərinə ayrılır.

**Əsas ölçü vahidlərinə** misal olaraq metr, qram, saniyə, amper, kelvin, mol və kandelları göstərmək olar.

**Əlavə ölçü vahidlərinə** radian, steradian.

**Törəmə ölçü vahidlər** sistemində isə hers, nyuton, paskal və s. aiddir.

### **Ölçü cihazlarının təsnifatı**

Ölçülən kəmiyyəti ölçü vahidi ilə bilavasitə və ya vasitəli yolla müqayisə edən quruluşlara ölçü cihazları deyilir. Ölçü cihazlarını bir sıra cəhətlərə görə aşağıdakı kimi qruplaşdırmaq olar:

Ölçdükləri kəmiyyətlərə görə:

- a) **temperatur ölçən cihazlar;**
- b) **təzyiq və seyrəklik ölçən cihazlar;**
- c) **sərf və miqdar ölçən cihazlar;**
- d) **səviyyə ölçən cihazlar;**

- e) **keyfiyyət göstəriciləri ölçən cihazlar;**
- f) **tərkibi ölçən və s.**

Ölçülən kəmiyyətin qiymətini ifadə etmə üsullarına görə ölçü cihazları göstərici, yazıcı və cəmləyici olur. Ümumi halda isə ölçü cihazlarını aşağıdakı növlərə ayırırlar:

- a) **müqayisəsi əl ilə aparılan cihazlar;**
- b) **göstərici cihazlar;**
- c) **cəmləyici (hesablayıcı) cihazlar;**
- d) **yazıcı (qeydedici) cihazlar;**
- e) **siqnalverici cihazlar;**
- f) **kombinə edilmiş cihazlar.**

Müqayisəsi əl ilə aparılan cihazlarda ölçülən kəmiyyətin ölçü vahidi ilə müqayisəsi əl ilə operator tərəfindən aparılır, məsələn, tərəzidə çəkmək, metrle ölçmək və s.

**Göstərici cihazlar** ölçülən kəmiyyətin qiyməti şkalada əqrəb vasitəsilə göstərilir.

**Cəmləyici cihazlar** müəyyən vaxt ərzində ölçülən kəmiyyətin cəmini göstərir.

**Yazıcı cihazlarda** ölçülən kəmiyyətin qiyməti avtomatik olaraq diaqram kağızı üzərində qeyd edilir.

**Siqnalverici cihazlarda** ölçülən kəmiyyət tələb edilən qiymətə çatdıqda işıq və ya səs vasitəsilə siqnal verir.

**Kombinə edilmiş cihazlar** eyni zamanda yuxarıda göstərilən xassələrdən bir neçəsinə malik olur. Məsələn, göstərici və qeydedici cihazlar, göstərici və cəmləyici cihazlar və s.

Təyinatına görə ölçü cihazlarının işçi, nəzarət, laboratoriya, nümunəvi və etalon ölçü cihazı növlərinə ayırırlar.

**İşçi ölçü cihazları** bilavasitə istehsalatda istifadə olunur. Konstruksiya cəhətdən sadə quruluşlu və işdə etibarlıdır. İşçi ölçü cihazlarının dəqiqlik sinfi 0,1-dən 0,5-ə qədər olur.

İşçi ölçü cihazlarına texniki ölçü cihazları da deyilir.

**Nəzarət və laboratoriya ölçü cihazları** işçi (texniki) ölçü cihazlarının yoxlanılmasında və elmi-tədqiqat işlərində istifadə olunur. İşçi ölçü cihazları nəzarət-ölçü cihazları ilə bilavasitə onların qoyulduqları yerdə və ya laboratoriya şəraitində yoxlanılır.

**Nümunəvi və etalon ölçü cihazları** həmçinin işçi cihazların dərəcələnməsində istifadə olunur.

Etalon ölçü cihazları vasitəsilə nümunəvi cihazlar yoxlanılır. Nümunəvi ölçü cihazlarının dəqiqliyi etalon ölçü cihazlarının dəqiqliyindən azdır.

### **Ölçü şkalalarının növləri**

Ölçü parametrlərinin qiymətlərini göstərmə quruluşlarına görə ölçü cihazlarını üç yerə bölmək olar:

1. Göstərici cihazlar - göstərmə quruluşu ölçü şkalası və əqrəbdən ibarətdir.
2. Yazıcı cihazlar - göstərmə quruluşu qələm və diaqram kağızından ibarətdir.
3. Cəmləyici cihazlar (inteqrallayıcılar) - göstərmə quruluşundan və hesablayıcı mexanizmdən ibarətdir.

İkinci cihazlar siferblat ilə təchiz olunur. Siferblat ölçü cihazının bir hissəsi olub, üzərində şkala və cihazı xarakterizə edən məlumatlar (dəqiqlik sinfi, cihazın nömrəsi, buraxılma ili və s.) göstərilir.

Siferblatlar formalarına görə müstəvi, silindrik və konusşəkilli, konstruksiyalarına görə isə hərəkət etdirilə bilən və tərpənməz olur. Siferblatlar üzərində göstərilən şkalalar düzxətli, qövşşəkilli (qövs bucağı 180-dən böyük olduqda) və dairəvi olur.

Üzərində kəmiyyətlərin göstərilmə xarakterinə görə şkalalar müntəzəm və qeyri müntəzəm olur. Müntəzəm şkalalarda kəmiyyətlər arasında məsafələr bütün şkala boyunca bərabər olur. Qeyri-müntəzəm şkalalarda isə kəmiyyətlər arasında məsafələr müxtəlif olur.

Sıfır nöqtəsinin yerinə görə şkalalar birtərəfli, ikitərəfli və sıfırsız olur. Birtərəfli şkalalarda sıfır nöqtəsi şkalanın başlanğıcında, ikitərəfli şkalalarda isə sıfır nöqtəsi şkalanın ortasında yerləşir. Sıfırsız şkalalarda sıfır nöqtəsi olmur, şkala ölçülən parametrin hər hansı qiymətindən başlayır.



## Ölçü sistemi və onun əsas elementləri

Əksər hallarda hər hansı parametrin qiyməti ölçülərkən bir cihazdan deyil, bir neçə cihazın əmələ gətirdiyi ölçü qurğusundan istifadə edilir. Ölçü sistemi əsasən üç elementdən ibarət olur: ilkin (verici) cihaz, ikinci cihaz və birləşdirmə xətləri.

İlkin cihaz (verici) əsas etibarilə iki elementdən ibarətdir: ölçü blokundan və çeviricidən.

İlkin cihaz əsasən ölçü qurğusunun qiyməti ölçülən parametrlə əlaqəli həssas elementindən ibarətdir. O, həssas elementdə yaranan və ölçülən parametrlərə münasib olan enerji növünü adətən başqa enerji növünə çevirib ikinci cihaza ötürür, əksər hallarda isə şkalasız olur.

İkinci cihaz ölçü qurğusunun ölçən hissəsidir. Bu ölçülən parametrin qiymətini göstərir və ya həm də qeyd edir. İkinci cihaz, adətən, mərkəzi lövhədə yerləşdirilir.

Birləşdirici xətlər ölçü qurğusunun ötürücü hissəsidir. Birinci (verici) cihazda yaranan siqnalları ikinci cihaza ötürən bu birləşdirici xətlər naqillərdən və ya impuls boru kəmərlərindən ibarət olur.

## Ölçü cihazlarının xətaları

Ölçmə nə qədər dəqiq aparılsa da, həmişə nəticəsi onun həqiqi qiymətindən bir qədər fərqlənir. Ölçmə nəticələrindəndəki səhv **xəta** adlanır. Ölçmə texnikasında istifadə olunan xəta anlayışları bunlardır: mütləq xəta, nisbi xəta və gətirilmiş xəta.

1) Mütləq xəta. Ölçmədən alınan qiymətlə ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti arasındakı fərq mütləq xəta adlanır.

$$\Delta a = A_1 - A_2$$

$A_1$  - ölçmədən alınan qiymət;  $A_2$  - ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətidir.

Məlum olduğu kimi, ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətini təyin etmək mümkün olmur. Bu səbəbdən ölçü cihazının göstərişini nümunəvi cihazların göstərişi ilə müqayisə edirlər. Nümunəvi cihazların göstərişləri ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiyməti kimi qəbul edilir. Ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətini təyin etmək üçün cihazın

göstərişinə mütləq xətanın əks işarə ilə götürülmüş qiymətini əlavə etmək lazımdır. Bu düzəliş

$$\Delta d = A_2 - A_1 \quad \text{və ya} \quad \Delta d = -\Delta a$$

olur.

2) Nisbi xəta. Mütləq xətanın ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətinə olan nisbətində nisbi xəta deyilir.

$$\Delta b = \frac{\Delta a}{A_2} \cdot 100\% \approx \frac{\Delta a}{A_1} \cdot 100\%$$

3) Gətirilmiş xəta. Ölçü cihazının ölçmə diapozonuna görə, hissələrlə və ya faizlərlə ifadə olunan xətaya gətirilmiş xəta deyilir.

$$\Delta c = \frac{\Delta a}{A_{\max} - A_{\min}} \cdot 100\%$$

burada  $\Delta a$  - mütləq xəta, və  $A_{\max}$  və  $A_{\min}$  – cihazın uyğun olaraq yuxarı və aşağı ölçmə hədləridir.

Ölçü cihazlarının istifadə olunma şəraitindən asılı olaraq yaranan xətalər əsas və əlavə xətalara ayrılır.

Ölçü cihazının əsas xətası onu normal şəraitdə istifadə edərkən yaranan xətaya deyilir. Ölçü cihazının normal şəraitdə istifadə edilməsi dedikdə elə şərait başa düşülür ki, həmin cihaza olan təsirin qiyməti nominal qiymətdə olsun və yaxud normal hədd qiymətində olsun. Normal şərait adətən müəyyən diapazonda ya standartda, ya da cihazın pasportunda verilir.

Ölçü cihazının işləmə şəraiti qəbul edilmiş normal iş şəraitindən fərqləndikdə əlavə xəta yaranır. Bunun nəticəsində cihazın xətası artır.

Ölçü cihazlarının vəzifələrindən və ölçmə hədlərindən asılı olaraq gətirilmiş əsas xətanın buraxıla bilən qiyməti müəyyən edilir. Bu isə cihazın dəqiqlik sinfini göstərir. Əksər cihazlarda dəqiqlik sinfinin qiyməti onun şkalasının üzərində qeyd edilir.

Müxtəlif ölçü cihazlarının dəqiqlik sinfi müxtəlif olur (yəni dəqiqlik sinfi ya nisbi xəta, ya da mütləq xəta kimi göstərilə bilər), elektron prinsipi ilə işləyən müasir cihazların dəqiqlik sinfi 0,25 - 0,1 % arasında dəyişir. Nümunəvi ölçü cihazların dəqiqlik sinfi isə 0,01 % olur.

Ölçü cihazlarının sabitliyi göstərişin dəyişməsi (variasiyası) ilə, yəni dəyişməz xarici şəraitdə ölçülən kəmiyyətin həqiqi qiymətləri və cihazın təkrar ölçmələrdəki göstərişləri arasındakı ən böyük fərq ilə xarakterizə olunur.

Göstərişin dəyişməsi ölçü cihazının şkalasının diapozonuna görə faizlə ifadə edilir:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_{\max} - A_{\min}} \cdot 100\%$$

burada  $\Delta A$  - təkrar ölçmələrdəki göstərişlər arasında ən böyük fərkdir.

Aydındır ki, göstərişin dəyişməsi buraxıla bilən əsas xətdən az olmalıdır.

Ölçü cihazının həssaslığı onun çıxış kəmiyyəti artımının - ölçü cihazı əqrəbinin xətti və ya bucaq yerdəyişməsinin ölçülən kəmiyyətin artımına olan nisbətində deyilir. Şkala isə eyni zamanda sabit ya qeyri-sabit ola bilər. Beləliklə, cihazın xətti həssaslığı

$$S_x = \frac{\Delta N}{\Delta A}$$

bucaq həssaslığı isə

$$S_b = \frac{\Delta \varphi}{\Delta A}$$

ifadəsinə görə hesablanı bilər. Burada  $\Delta N$  və  $\Delta \varphi$  - uyğun olaraq ölçü cihazı əqrəbinin xətti və bucaq yerdəyişməsi,  $\Delta A$  - ölçülən kəmiyyətin artımıdır.

Başqa sözlə desək, ölçü cihazının həssaslığı ölçülən kəmiyyətin vahid qədər dəyişməsinə uyğun olan çıxış kəmiyyətinin dəyişməsinə göstərir. Ölçü cihazının həssaslığı nə qədər yüksək olsa, ölçülən kəmiyyətin bir o qədər kiçik qiymətlərini ölçmək olar.

Ölçü cihazının göstərişində yaranan azacıq dəyişməyə səbəb olan ölçü kəmiyyətinin ən kiçik dəyişməsinə *həssaslıq həddi* deyilir. Ölçü cihazının göstərişində dəyişiklik yaratmayan ölçü kəmiyyətinin ən böyük dəyişməsinə *qeyri-həssaslıq zonası* deyilir.

Ölçü cihazının ətalətliliyi - bu, cihazın göstərişinin dəyişməsinin ölçülən kəmiyyətin dəyişməsindən geri qalmasını xarakterizə edir. Ölçü cihazının göstərişindəki gecikməyə səbəb, onun hərəkət edən hissələri arasındakı sürtünmə, hərəkətin və ya

enerjinin bir elementdən digərinə ötürülməsi və s. ola bilər. Bu səbəbdən ölçü cihazlarının göstərişini onlar yalnız qərarlaşmış rejimdə olanda götürmək lazımdır.

Ölçü cihazının etibarlılığı - bu, cihazın normal şəraitdə uzun müddət öz keyfiyyət xarakteristikalarını saxlama qabiliyyətini xarakterizə edir. Ölçü cihazının etibarlılığı onun uzun müddət müntəzəm işləməsi, habelə təmirə yararlılığı ilə təyin edilir.

*Müntəzəm sürətdə işləmə*, müntəzəm işləmə vaxtı adlanan zaman daxilində cihazın fasiləsiz olaraq işləmə qabiliyyətini xarakterizə edir.

*Uzun müddət işləmə*, verilmiş rejim daxilində cihazın son həddə (tamamilə işdən çıxmasına) qədər işləmə qabiliyyətini xarakterizə edir.

*Təmirə yararlılıq* cihazın işləmə qabiliyyətinin təmiretmə yolu ilə bərpa edilməsinin mümkünlüyünü xarakterizə edir.

Cihazların etibarlı olması texnoloji ölçmələrdə və istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılmasında qarşıya qoyulan əsas məsələlərdən biridir. Ən yüksək dəqiqliyə malik olan cihaz tez-tez xarab olursa, o, keyfiyyətli cihaz hesab edilə bilməz.

Cihazların etibarlılığı eyni zamanda onların düzgün istismarından da asılıdır.

Ölçünün mütləq xətası onun nominal qiyməti ilə ölçünün təcəssüm etdirdiyi kəmiyyətin əsil qiyməti arasındakı fərqə bərabərdir.

Ölçmə cihazının mütləq xətası cihazın göstərişi ilə ölçülən kəmiyyətin əsil qiyməti arasındakı fərqə bərabərdir.

Mütləq xətanın ölçülən kəmiyyətin əsil qiymətinə olan nisbətində nisbi xəta deyilir.

Ölçmə nəticəsi həqiqi qiymətdən artıq olarsa, xəta müsbət, əks halda isə mənfi olur.

Dəqiqlik – ölçmə vasitəsinin xətasının sıfıra yaxınlığını əks etdirən keyfiyyəti kimi başa düşülür.

Ölçülən kəmiyyətin zaman ərzində dəyişməsindən asılı olaraq ölçmə vasitələrinin aşağıdakı xətalrı vardır:

- 3) statik xəta – zaman ərzində sabit qalan kəmiyyəti ölçdükdə yaranan xətdir;
- 4) dinamik xəta – dinamik rejimdəki xəta ilə baxılan zaman anında ölçülən kəmiyyətin qiymətinə uyğun statik xəta arasındakı fərkdir;

Yaranma şəraitindən asılı olaraq aşağıdakı xətalər mövcuddur:

- 3) əsas xəta – normal şəraitdə istifadə olunan ölçmə vasitəsinin xətası;

4) əlavə xəta – ölçmə vasitəsinə təsir edən kəmiyyətlərdən birinin normal qiymətə nisbətən meyl etməsi və ya normal qiymətlər həddindən kənara çıxması nəticəsində yaranan xətdir;

Ölçmə vasitələrinin xətalərinin dəyişmə xarakterindən asılı olaraq aşağıdakılar mövcuddur:

4) Sistemik xətalər – eyni bir kəmiyyətin təkrar ölçülməsində ya sabit qalır, ya da müəyyən qanunla dəyişir;

5) Təsadüfi xətalər – eyni bir kəmiyyətin təkrar ölçülməsində təsadüfi olaraq dəyişir;

6) Kobud xətalər (yanlışlıqlar) – təcrübədə kobud səhvlər buraxılması nəticəsində gözlənilmədiyindən artıq alınan xətalərdir;

Ölçmənin sistemik xətasını əksər hallarda nəzərə almaq və ya ölçmə zamanı aradan qaldırmaq olar.

Təsadüfi xətanın aradan qaldırılması prinsipcə mümkün deyildir. Lakin onu ehtimal metodları vasitəsilə müəyyən etmək olar.

Ölçmənin təsadüfi xətası  $i$ -ci ölçmənin nəticəsi  $x_i$  ilə kəmiyyətin əsil (həqiqi) qiyməti  $X$  arasındakı fərqə bərabərdir:

$$\Delta x_i = x_i - X \quad (1.4)$$

Ölçmənin nisbi xətası isə

$$\beta_i = \frac{\Delta x_i}{X} \quad (1.5)$$

Bir sıra ölçmələr aparıldıqda xəta iki kəmiyyətlə qiymətləndirilə bilər:

3) Bir sıra ölçmələrin orta kvadratik meylətməsi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}}, \quad (1.6)$$

4) bir sıra ölçmələrin orta hesabi xətası

$$\nu = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta x_i|}{n}, \quad (1.7)$$

burada  $n$  - ölçmələrin sayıdır.

## Mühazirə 4

### Neft və qaz emalı sahəsində informasiya qəbuletmə elementləri. Verici və ya sensorlar. Vericilərin texniki xarakteristikaları və onların növləri

Avtomatik sistemlərdə müxtəlif fiziki kəmiyyətləri əlverişli çıxış signalına çevirən qurğuya verici deyilir.

Ümumiyyətlə, sadə halda verici yalnız bir çevirmə  $y = f(x)$ , məsələn qüvvənin yerdəyişməyə, yaxud temperaturun elektrik hərəkət qüvvəsinə (e.h.q.) çevrilməsini və s. yerinə yetirir. Bu növ vericilər bilavasitə çevirməli vericilər adlanır. Lakin bir çox hallarda giriş kəmiyyəti  $x$  ilə bilavasitə çıxış  $y$  kəmiyyətinə təsir etmək mümkün olmur. Onda bir neçə ardıcıl çevirmədən :  $x$ -in aralıq  $z$  kəmiyyətinə və  $z$ -in lazım olan  $y$  kəmiyyətinə çevrilməsindən istifadə olunur, yəni

$$z = f_1(x); \quad y = f_2(z),$$

nəticədə  $x$ -i  $y$  ilə əlaqələndirən

$$y = f_2[f_1(x)] = F(x)$$

funksiyası alınır.

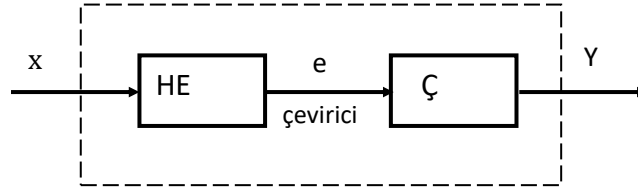
Ardıcıl belə çevirmələrin sayı ikidən çox da ola bilər. Ümumi halda  $y$  ilə  $x$  arasında funksional əlaqə aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$y = f_n\{...[f_2(f_1(x))]\} = F(x)$$

Bu cür asılılığı yerinə yetirən vericilər ardıcıl çevirməli vericilər adlanır.

Qeyri-elektrik kəmiyyətini (məsələn, temperaturu, təzyiqi, yerdəyişməni və b.) ölçmək üçün istifadə olunan vericinin blok-sxemi (şəkil 2.1.) həssas elementdən HE və çeviricidən Ç ibarətdir.

Həssas element nəzarət olunan kəmiyyəti  $x$  ölçmək üçün münasib olan  $z$  kəmiyyətinə, çevirici isə  $z$  kəmiyyətini elektrik parametrinə  $y$  (məsələn, müqavimətə) çevirir. Ölçülən giriş kəmiyyətinin dəyişməsi nəticəsində verici çıxışda  $y$  kəmiyyətinin mütənasib dəyişməsini təmin edir. Çıxış kəmiyyəti elektrik cərəyanı, yaxud gərginlik ola bilər.



Şəkil 2.1

Müasir dövrdə vericilərin sayı və növləri həddindən çoxdur. Giriş kəmiyyətlərinə görə vericiləri aşağıdakı kimi təsnif etmək olar:

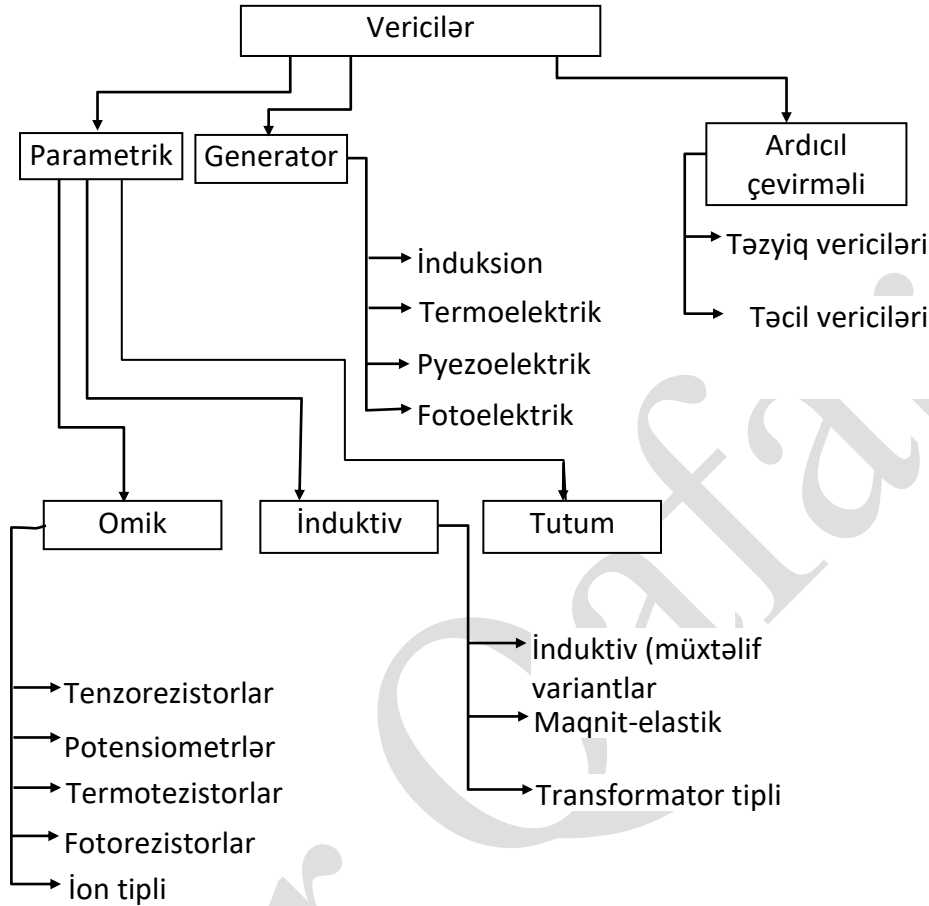
Vericinin adı	Giriş kəmiyyəti
Mexaniki	Bərk cismin hərəkəti
Elektriki	Elektrik kəmiyyəti
Hidravlik	Mayenin yerdəyişməsi
Pnevmatik	Qazın yerdəyişməsi
Termik	İstilik
Optik	İşıq kəmiyyəti
Akustik	Səs kəmiyyəti
Radiodalğa	Radio dalğaları
Nüvə	Nüvə şüalanması

Çıxış kəmiyyətinin növündən asılı olaraq vericilər iki əsas qrupa ayrılırlar:

- 1) **Parametrik vericilər.** Belə vericilərdə çıxış kəmiyyəti kimi elektrik dövrəsinin parametrlərindən (müqavimət  $R$ , tutum  $C$ , induktivlik  $L$ , qarşılıqlı induktivlik və s.) istifadə olunur. Bu vericilərdə köməkçi qidalanma mənbəyinin enerjisindən istifadə edilir;
- 2) **Generator tipli vericilər.** Belə vericilərdə çıxış kəmiyyəti e.h.q. olur. Onlarda, adətən obyektin enerjisindən istifadə olunur və köməkçi mənbəyin olması vacib deyildir.

Bu tip vericilərdə e.h.q. müxtəlif hadisələr – elektromaqnit induksiya, termoelektrik, pyezoelektrik, fotoelektrik və s. – nəticəsində yarana bilər. Bu hadisələrə müvafiq olaraq generator tipli vericilər induksion, termoelektrik, pyezoelektrik, fotoelektrik və s. növlərə ayrılırlar.

Bu qeyd olunanları nəzərə alaraq çıxış elektrik kəmiyyətinə görə əsas vericilərin təsnifat sxemini aşağıda kimi göstərmək olar:



Şəkil 2.2

### İlkin ölçü çeviriciləri ( vericilər )

Avtomatik qurğunun, yoxlanılan kəmiyyəti qəbul edən, onu uzaq məsafəyə göndərmək və avtomatik qurğunun sonrakı elementlərinə təsir etmək üçün əlverişli çıxış signalına çevirən həssas elementinə ilkin ölçü çeviricisi (verici) deyilir.

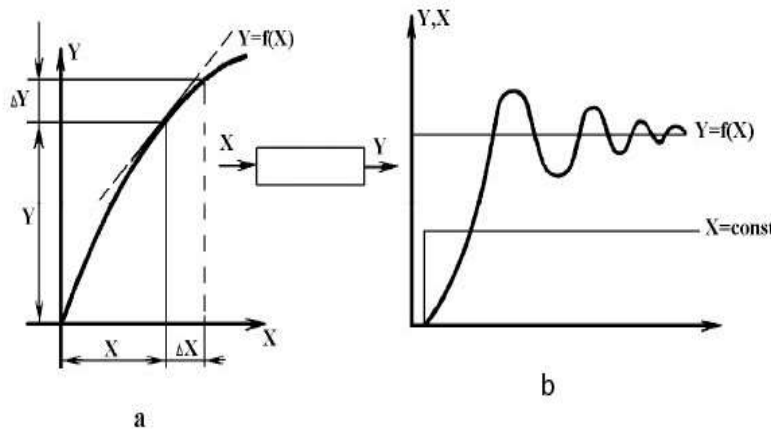
Onlar müxtəlif fiziki kəmiyyətləri (istehsal prosesinin parametrlərini), temperaturu, təzyiqi, rütubəti, mayelərin konsentrasiyasını və s. ölçməyə xidmət edirlər. Vericilər öz-özlüyündə ölçülən kəmiyyətə (temperatur, təzyiq, səviyyə, sıxlıq və s. vericiləri ), işləmə prinsipinə ( elektrik, pnevmatik və s.) növünə və çıxış signalının xarakterinə (diskret və fasiləsiz ) görə təsnifatlanan müxtəlif qurğular məcmusudur.



Vericilərdən tələb olunan əsas xüsusiyyət yüksək həssaslıq, çıxış kəmiyyətinin giriş kəmiyyətindən xətti asılılığı və ətalətliliyin az olmasıdır. Vericinin statik xarakteristikası çıxış kəmiyyətinin giriş kəmiyyətindən asılılığıdır. Yəni  $X_{çix} = f(X_{gir})$ .

Dinamiki xarakteristika, giriş siqnalı vaxt üzrə dəyişdikdə çıxış kəmiyyətinin dəyişməsinə göstərir və adətən zaman xarakteristikası formasında məlum olur. Bu zaman giriş dəyişəni təkən funrsiyası formasında dəyişməlidir (şək. 3.1.).

Vericinin həssaslığı  $S$  dedikdə, çıxış kəmiyyətinin artımının giriş kəmiyyətinin artmasına olan nisbəti nəzərdə tutulur.



Şək. 3.1. Vericinin statik və dinamik xarakteristikalarının nümunələri: a – statik xarakteristika, b – dinamiki xarakteristika.

Vericilərin çeşidi çox olsa da, onların əsaslandırıldığı işləmə prinsipləri məhduddur. Digər mühazirələrdə avtomatlaşdırma praktikasında ən çox istifadə olunan ilkin ölçü-çeviricilər barəsində ümumi məlumatlar verilmişdir.

## Mühazirə 5

### Temperatur ölçən cihazlar. Termoelektrik çevricilər (termocütlər). Termoelektrik çevricilər. Termorezistorlar və onların dövrəyə qoşulma sxemləri

#### Temperatur şkalası

Cisimlərin qızma dərəcəsini müəyyən edən kəmiyyətə *temperatur* deyilir.

Keçmiş SSRİ-də 1962-ci ilin iyul ayından termodinamik temperatur şkalası qüvvəyə minmişdi. Praktiki ölçmələr üçün isə Beynəlxalq praktiki temperatur şkalasının işlədilməsi nəzərdə tutulmuşdu. Hər iki şkalada temperatur Selsi ( $^{\circ}\text{C}$ ) və ya Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) dərəcələri ilə ölçülür. Axırncı ölçü vahidi temperaturun ölçü vahidi kimi Beynəlxalq vahidlər sistemində (Sİ) daxildir.

Beynəlxalq praktiki temperatur şkalası müxtəlif maddələrin normal atmosfer təzyiqində ( $101325 \text{ N/m}^2$ ) altı sabit müvazinət halı nöqtələrinə əsaslanmışdır.

1. Oksigenin qaynama nöqtəsi (maye, oksigen ilə onun buxarlarının müvazinət temperaturu)  $-182,97^{\circ}\text{C}$
2. Suyun üçlü nöqtəsi (buz, su və onun buxarları arasında müvazinət temperaturu)  $0,01^{\circ}\text{C}$
3. Suyun qaynama nöqtəsi  $100^{\circ}\text{C}$
4. Kükürdün qaynama nöqtəsi  $444,6^{\circ}\text{C}$
5. Gümüşün bərkimə nöqtəsi  $960,8^{\circ}\text{C}$
6. Qızılın bərkimə nöqtəsi  $1063^{\circ}\text{C}$

Suyun üçlü nöqtəsinin temperaturu Kelvin dərəcələri ilə  $273,15 \text{ K}$  qəbul olunmuşdur. İndiyə kimi bir sıra xarici ölkələrdə Farengeyt ( $^{\circ}\text{F}$ ) temperatur şkalasından və Renkin (Ra) mütləq termodinamik temperatur şkalasından istifadə edilir. Farengeyt temperatur şkalasına görə, buzun ərimə nöqtəsi  $32^{\circ}\text{F}$ , suyun qaynama nöqtəsi isə  $212^{\circ}\text{F}$ -dir.

Renkin mütləq termodinamik temperatur şkalasının mütləq sıfır nöqtəsi ( $0^{\circ}\text{Ra}$ ) -  $459,67^{\circ}\text{F}$ , buzun ərimə nöqtəsi ( $491,67^{\circ}\text{Ra}$ ) isə  $32^{\circ}\text{F}$ -ə uyğun gəlir.

Baxdığımız temperatur şkalaları arasında asılılıqlar aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$\begin{aligned}t(^{\circ}\text{C}) &= T(\text{K}) - 273,16 = \\ &= \frac{r(\text{Ra})}{1,8} - 273,16 = \frac{1}{1,8} [f(^{\circ}\text{F}) - 32]\end{aligned}\quad (2.1)$$

$$\begin{aligned}T(\text{K}) &= t(^{\circ}\text{C}) + 273,16 = \\ &= \frac{r(\text{Ra})}{1,8} = \frac{f(^{\circ}\text{F})}{1,8} + 255,37\end{aligned}\quad (2.2)$$

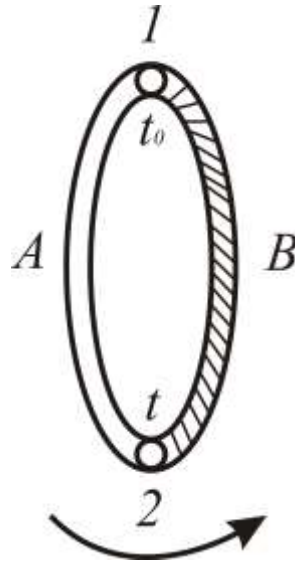
$$\begin{aligned}f(^{\circ}\text{F}) &= r(\text{Ra}) - 459,67 = 1,8 t(^{\circ}\text{C}) + 32 = \\ &= 1,8 T(\text{K}) - 459,67\end{aligned}\quad (2.3)$$

$$\begin{aligned}r(\text{Ra}) &= f(^{\circ}\text{F}) + 459,67 = 1,8 T(\text{K}) = \\ &= 1,8 t(^{\circ}\text{C}) + 491,67\end{aligned}\quad (2.4)$$

### **Termoelektrik çeviricilər (*Termocütlər*)**

Temperaturun termoelektrik termometr (termo-elektrik çevirici) ilə ölçülməsi 1821-ci ildə Zeebkomin termoelektrik effektiyi haqda kəşfinə əsaslanır. Termoelektrik çevirici: bu çevirici bir və ya bir neçə eynicinsli olmayan naqillərin (termoelektrodların) bir-birləri ilə birləşməsindən əmələ gələn dövrə sayılır.

Şəkil 2.1-də iki naqildən A və B naqillərindən hazırlanmış termoelektrik dövrəsi göstərilmişdir. Termoelektrodların birləşən yerləri (1 və 2) lehim adlanır. Zeebkom təyin etmişdir ki, əgər lehimlərdə  $t$  və  $t_0$  temperaturları bərabər deyilsə, onda qapalı dövrdə elektrik cərəyanı axmağa başlayacaqdır. Bu cərəyanın istiqaməti lehimlərdəki temperatur nisbətindən asılıdır, yəni  $t > t_0$  olarsa, onda cərəyan bir istiqamətə, amma  $t < t_0$  olarsa, başqa bir istiqamətə axmağa başlayır.



Şəkil 2.1

Belə bir dövrəni açarkən onda onun uclarındakı termoelektrik hərəkət qüvvəsini (TEHQ) ölçmək mümkün olar. Qeyd etmək lazımdır ki, baxdığımız bu effektin özünə məxsus xüsusiyyəti var, bu ondan ibarətdir ki, əgər belə bir dövrəyə kənarından elektrik cərəyanı versək, cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq, lehimlərin biri qızacaq, o biri isə soyuyacaqdır (Peltje effekti). Termocərəyanın və yaxud TEHQ-nin yaranması müasir fizikada onunla izah olunur ki, müxtəlif metallarda vahid həcimə düşən sərbəst elektronların sayı fərqlidir.

Ona görə də müxtəlif cinsli iki metal bir-birinə toxunarkən onlar arasında potensiallar fərqi yaranır. Bundan başqa, naqillərin uclarında temperatur fərqi olarsa, elektronların diffiziyası baş verir. Hansı ki, bu hadisə uclarda potensiallar fərqi yaranmasına səbəb olur.

Beləliklə, göstərilən hər iki faktor - potensiallar fərqi və elektronların diffiziyası dövrədə TEHQ-nin yaranmasına səbəb olur. Hansı ki, yaranan TEHQ-nin qiyməti termoelektrodun təbiətindən və termoelektrik çeviricisinin (termocütün) lehimlərində yaranan temperatur fərqiindən asılıdır. Kontaktlı TEHQ ilə dövrədə alınan TEHQ arasındakı asılılığı özündə əks etdirən riyazi forma almaq üçün bir neçə şərtləri qəbul etmək lazımdır. Lehimində az temperatur olan bir elektrodan cərəyan başqa elektroda gedir. Bu halda birinci müsbət, ikinci isə mənfi qəbul olunur. Məsəl üçün,  $t_0 < t$  olarsa, (bax: şəkil 2.1), onda cərəyan A termoelektrodun lehimindən B termoelektroduna istiqamətlənəcək. Bu halda A termoelektrodu müsbət termoelektrod, B isə mənfi

termoelektrod olacaqdır. A və B termoelektrodlarının lehimləri arasındakı TEHQ-ni t - temperaturda  $e_{AB}(t)$  ilə işarə edək. Bu onu göstərir ki, əgər A termoelektrodu müsbətdirsə, onda TEHQ-si də müsbət işarəli olur. Bəzi hallarda TEHQ  $e_{AB}(t)$  kimi işarə oluna bilər ki, bu halda TEHQ-i mənfi işarəli sayılır. Volt qanununa uyğun olaraq müxtəlif cinsli iki naqillə qapalı dövrədəki lehimlərdə temperatur bərabər olarsa, bu halda dövrədə termocərəyan sifirə bərabər olacaqdır. Yuxarıda deyilənlərə əsaslanaraq demək olar ki, əgər 1 və 2 lehimlərində eyni temperatur olarsa, misal üçün  $t_0$ , yəni kontaktlı termo EQ hər lehimdə bir-birinə bərabərdir və bir-birinə qarşı hərəkət edir, elə buna görə də nəticədə alınan termo EQ-si belə dövrədə  $e_{AB}(t_0, t_0)$  sifirə bərabər olacaqdır, yəni:

$$E_{AB}(t_0, t_0) = e_{AB}(t_0) - e_{BA}(t_0) = 0 \quad (2.5)$$

və yaxud əgər qəbul etsək ki,  $e_{AB}(t_0) = -e_{BA}(t_0)$ -dir, onda:

$$E_{AB}(t_0, t_0) = e_{AB}(t_0) + e_{BA}(t_0) = 0 \quad (2.6)$$

(2.6)-ya formal nöqtəyi nəzərdən baxsaq, onda aşağıdakı qaydanı qəbul edə bilərik: dövrədə nəticədə alınan termo EQ kontakt termo EQ-nin cəbri cəminə bərabərdir.

Şəkil 2.1-də göstərilmiş qapalı dövrədə nəticədə alınan termo EQ-ni aşağıdakı kimi:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0) \quad (2.7)$$

və yaxud:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) \quad (2.8)$$

yazmaq olar.

(2.8) tənliyi termoelektrik çeviricisinin əsas tənliyi adlanır. Bundan görünür ki, dövrədə yaranan termo EQ  $E_{AB}(t, t_0)$  t və  $t_0$  temperatur fərqiindən asılıdır. Əgər  $t_0 = \text{const}$  olarsa, onda  $E_{AB}(t_0) = c = \text{const}$  və

$$E_{AB}(t, t_0)_{t_0} = \text{const} = e_{AB}(t) - c = f(t) \quad (2.9)$$

Beləliklə, (2.9) asılılığı məlumdursa, termoelektrik çeviricisinin dövrəsində termo EQ-ni ölçmək, yolu ilə  $t_0 = \text{const}$  olarsa, ölçü obyektlərində t temperaturunu tapmaq olar. Temperaturu ölçülən obyektə yerləşdirilən lehim işçi lehim, amma obyektə yerləşdirilməyən hissə isə sərbəst uçluq adlanır.

Qeyd etmək lazımdır ki, konkret istifadə olunan termoelektrod materialları üçün hələlik dəqiq qiymət almaq mümkün olmayıb. Ona görə də müxtəlif termoelektrik çeviricilərlə temperatur ölçərkən bu asılılıq təcrübi və yaxud qrafiki yolla təyin olunur.

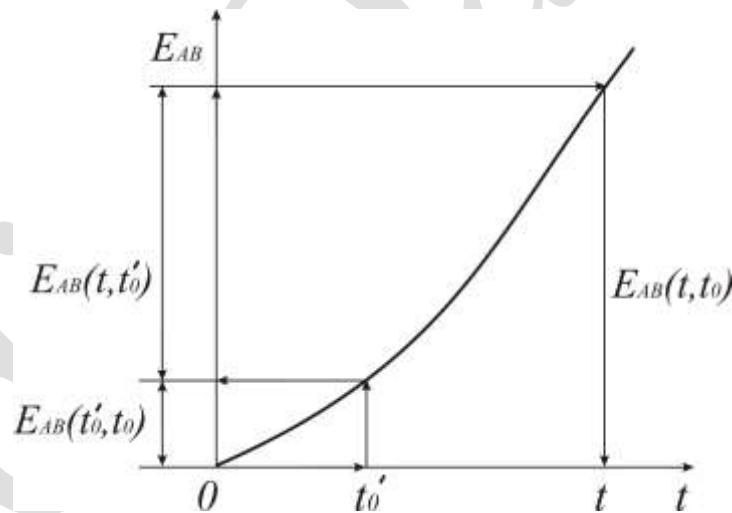
### Termoelektrik çeviricilərin sərbəst uclarında temperatur düzəlişi:

Əgər sərbəst uclardakı  $t_0$  temperatur sıfırdan fərqlənirsə və işçi ucların temperaturu  $t$  olarsa, onda ölçü cihazının göstərişi genrasiya olunmuş hala uyğun gələr, onda belə halda termo EQ-nin qiyməti aşağıdakı düsturla təyin oluna bilər:

$$E_{AB}(t_0, t) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) \quad (2.10)$$

Dərəcələnmə cədvəlində və qrafikində (şəkil 2.2) qeyd edildiyi kimi termo EQ-nin temperaturdan asılılığı göstərilən şərtə uyğundur, yəni TEÇ-nin sərbəst uclarının temperaturu sıfıra bərabərdir.

Termoelektrik termoçeviricinin sərbəst uclarında temperatur düzəlişini əks etdirən qrafik



Şəkil 2.2

Əgər ölçmə prosesində bu şərt saxlanılırsa, onda:

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0)$$

Bu tənlikdən (2.10) çıxsaq, onda:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0') + [e_{AB}(t_0') - e_{AB}(t_0)]$$

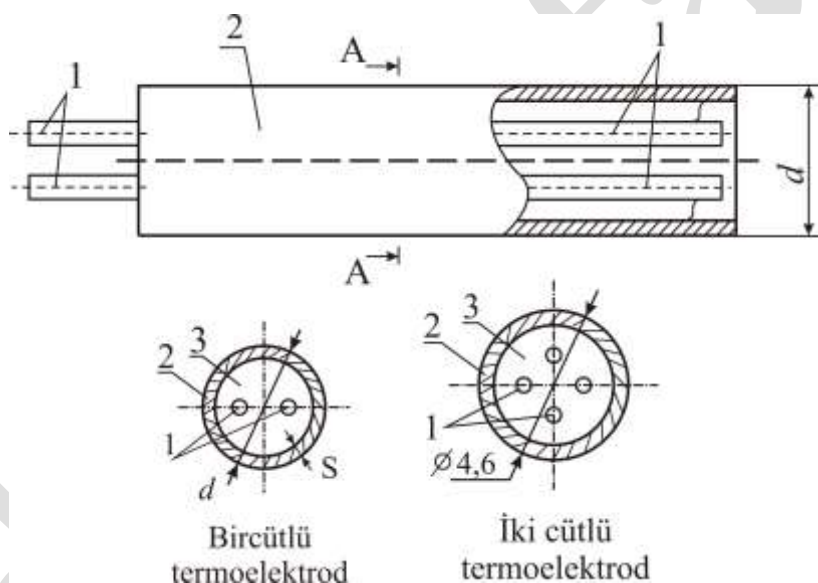
və yaxud:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0') + E_{AB}(t_0', t_0)$$

Burada  $E_{AB}(t'_0, t_0)$  TEC-nin sərbəst uclarının ölçdüyü  $t'_0$  temperaturunun qiymətinə düzəliş sayılır. Əgər  $t_0 > t_0 = 0$  olarsa, onda  $E_{AB}(t'_0, t_0)$  tapılan qiyməti cihazın ölçdüyü  $E_{AB}(t, t'_0)$  qiymətinə əlavə olunur, amma  $t'_0 < t_0 = 0$  olarsa, onda  $E_{AB}(t'_0, t_0)$  tapılan qiymətdən  $E_{AB}(t, t'_0)$  qiymətini çıxırlar. Nəticədə alınan qiymətə görə ya dərəcələnmə cədvəlindən və yaxud qrafikdən (şəkil 2.2)  $t$  temperaturunun həqiqi qiyməti tapılır.

### Termocüt kabeli əsasında hazırlanmış ümumsənaye təyinatlı termoelektrik çeviricilər

Hazırda Rusiya Federasiyasında «Tesa» şirkətinin istehsal etdiyi bu cür termocütlər bütün atom elektrik stansiyalarında, sənaye obyektlərində və elmi-texniki sahələrdə temperatur ölçmək üçün istifadə edilir (bax: şəkil 2.3).



Şəkil 2.3.

1-termoelektrod naqili; 2-kabelin örtüyü;  
3-mineral mühafizə; A-A-kəsiyi.

Bu cür termocütlərin hazırlanması və sənaye istehsalı elə təşkil edilmişdir ki, onlar indiyə kimi məlum olan bütün məşhur istehsalçıların istehsal etdikləri termocütləri əvəz edir.

Təklif olunan termocütün həssas elementi (h.e.) xromel-alümel, xromel-kopel elektrodlarından və mineral örtüyü olan KTMS-XA (XK) tipli termocüt kabelindən hazırlanmışdır.

Bu cür termoelektrodların həssas elementi işçi şalbanbaşı (tores) ilə bir-birinə lazer qaynağı vasitəsilə qaynaq edilmişdir.

Termocüt istehsalı prosesində termocüt kabeli materialından və lazer texnologiyasından istifadə edilməsi həmin termocütlərin mövcud istehsalçıların istehsal etdikləri termoçeviricilərlə müqayisəli sınağı onların mövcud termocütlərdən qat-qat üstün olmalarını təsdiq etmişdir.

Belə ki:

- işçi şəraitlə müqayisədə termoelektrik sabitliyi və işləmə müddəti 2-3 dəfə yuxarıdır;
- çətin quraşdırıla bilən yerdə onu əymək, döşəmək və yaxud hər hansı bir səthin üzərinə sıxmaq, yapışdırmaq yolu ilə temperaturu ölçmək olar;
- qoruyucu köynəklərdə olan blok-modullu işçi termoçeviricilər mühitin təsirindən qorunmaq imkanına malikdir və onların həssas elementlərini operativ dəyişmək olar;
- istilik ətalət göstəricisi çox kiçik olduğuna görə onlardan tezaxımlı proseslərin temperaturunun ölçülməsində istifadə etmək olur;
- müxtəlif istismar şəraitində istifadə üçün universaldır, az material tutumludur və yaxşı istehsal texnologiyasına malikdir.

Termocütlərin mövcud termocütlərlə müqayisəli sınağı göstərdi ki, termocüt kabelindən hazırlanmış KTXA tipli termocüt 10.000 saat müddətində 800°C-də olan mühidə istismar olunarkən onun EHQ-nin istilik təsirindən yayılması (dreyfi) 80-83 mkV-a bərabərdir. Halbuki mövcud adi 0,7 mm elektroda malik olan XA tipli termocüt isə həmin şəraitdə 200 mkV EHQ-nə malikdir.

Beləliklə:

- termocüt kabelindən hazırlanmış termocütlərin stabilliyini təmin edən cəhət onu işçi mühitin təsirindən təcrid edən əlavə qoruyuculara malik olmasıdır;
- çoxlu sayda sökülmüş kiçik qabaritli həssas elementləri eyni zamanda yoxlamaq mümkün olur;
- kabel termocütlərinin yalnız qoruyucu köynək-lərinin və ya həssas elementlərinin ayrı-ayrılıqda dəyişdirilməsi mümkün olduğuna görə onların istehlakçılar tərəfindən alınıb istehsalata tətbiq edilməsini daha da asanlaşdırır.



KTXA-01.06/01/08 tipli 1100°C-dən yüksək temperaturu ölçən termoçeviricilər üçün qoruyucu köynəklər istiyədavamlı poladdan hazırlanır.

Belə termocütlər domna sobalarında 14 ay müddətində istismar olunaraq sınaqdan keçirilmiş və onlara istehsalata yararlı olması haqda sertifikat verilmişdir.

KTMS-XA (XK) tipli termocüt kabelinin quruluş sxemi şəkil-2.3-də, texniki xarakteristikası isə cədvəl 2.1- də verilmişdir (TU 16-505.757-75).

Cədvəl 2.1

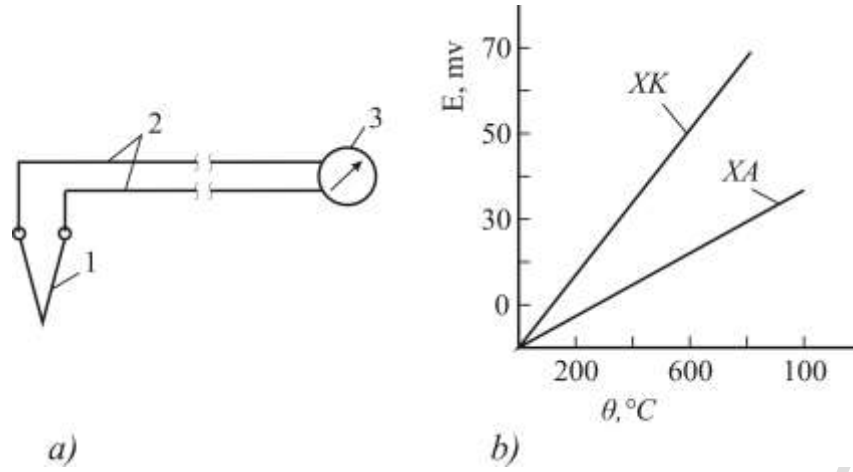
Parametrlər	Kabelin çöl örtüyünün diametri üçün parametrlərin qiyməti						
	1.0	1.5	3.0	4.0	4.6	5.0	6.0
Termoelektrodların sayı	2	2	2	2	2	2	2
Elektrodların nominal en kəsikləri, mm <sup>2</sup>	0.03	0.06	0.30	0.50	0.44	0.60	0.90
Elektrodların diametri, mm	0.2	0.27	0.65	0.85	0.75	0.90	1.08
Örtüyün qalınlığı, mm	0.15	0.25	0.35	0.52	0.35	0.62	0.75

**Termocüt kabeli əsasında hazırlanmış KTXA (Xromel-Alümel) və KTXK (Xromel-Kopel) tipli termoelektrik termometrləri (Termocütlər)**

2.2-də qeyd etdiyimiz kimi, termoelektrik termometrlərinin iş prinsipi mühitdə temperatur dəyişərkən termoelektrodlarda termoelektrik hərəkət qüvvəsinin (TEHQ) dəyişməsinə əsaslanır. Termo-elektrik termometrinin ikinci cihazla birləşmə sxemi şəkil 2.4-də göstərilmişdir. O, əsas etibarilə aşağıdakılardan ibarətdir:

1- termocüt; 2-birləşdirici naqıl; 3-ölçü cihazı.

- a) Termoelektrik termometrin ikinci cihazla birləşmə sxemi; b) Termocütün statik xarakteristikası.



Şəkil 2.4

Termocütdə yaranan TEHQ-nin qiyməti işçi lehimlə sərbəst ucluqların temperatur fərqlərinə proporsionaldır, həmçinin termoelektrodların materialından asılıdır. Adları çəkilən termocütlərin statik xarakteristikaları şəkil 2.4-də göstərilmişdir və bu asılılıq xəttidir.

Quraşdırma şəraitindən asılı olaraq, diametri 3,0÷6,0 mm termoelektrodlardan müxtəlif uzunluqlarda sənaye təyinatlı KTXA və KTXK tipli termocütlər istehsal olunur.

Məsələn, borulu sobalarda arakəsmə divarının üstündə tüstü qazlarının temperaturunu ölçmək üçün termocütün uzunluğu (2,5÷3) m və daha çox ola bilər. Kiçik diametrlı boru kəmərlərində axan mayenin, qazın, buxarın temperaturunu ölçmək üçün termocütün uzunluğu (100÷160) mm olur.

Termocüt texnoloji aparatlara quraşdırılarkən adətən diametri 21 mm olan poladdan hazırlanmış mühafizəedici boruda yerləşdirilir. Kabel TKXA tipli termocütlərinin temperaturu ölçmə diapazonları  $^\circ\text{C}$  ilə uyğun olaraq - 40-dan 1100-ə qədər, dəqiqlik sinfi isə 1% olur. TKXK tipli kabel termocütlərinin temperaturu ölçmə diapazonu isə  $^\circ\text{C}$  ilə -40-dan +600-ə qədər, dəqiqlik sinfi isə 1%-ə bərabərdir.

Termoelektrik hərəkət qüvvəsi adətən millivolt-mertrlə və yaxud potensiometrle ölçülür. Şəkil 2.4-də göstərilədiyi kimi, 3 mövqeli ölçü cihazı ilə 1 mövqeli termocüt arasında 2 mövqeli rabitə xətti kimi birləşdirici naqillərdən istifadə olunur. Həmin naqillər isə kompensasiya naqilləri adlandırılır. Hazırda texnoloji qurğularda özüyazan elektron potensiometr-lərdən geniş miqyasda istifadə olunur. Potensiometrin iş prinsipi

naməlum EHQ-nin əlavə cərəyan mənbəyinin yaratdığı məlum gərginlik düşgüsü ilə tarazlaşmasına (kompensasiyaya) əsaslanır.

Kompensasiya metoduna əsaslanaraq potensio-metrlə temperaturun ölçülməsi ən mütərəqqi metoddur, millivoltmetrə görə isə ən dəqiq cihaz sayılır və onlardan neftayırma zavodlarında geniş istifadə olunur.

Özüyazan avtomatik elektron potensiometrin iş prinsipi verilmişdir.

### ***Elektrik müqavimət termometrləri***

Elektrik müqavimət termometrləri vasitəsilə mühitin (maye, qaz, buxar, bərk maddə) tempera-turunu ölçmək olar. Onların ölçü diapazonu  $-50\div 750^{\circ}\text{C}$  arasındadır. Elektrik müqavimət termometrlərinin iş prinsipi bir neçə naqıl və yarımkeçiricinin müqavimətinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə əsaslanır. Naqillərin (metalların) elektrik müqavimətinin temperatur əmsalı müsbət (temperaturun artması ilə müqavimət artır), yarım-keçiricilərin elektrik müqavimətinin temperatur əmsalı mənfi (temperatur artdıqca müqavimət azalır) olur. Naqilləri (metalları)  $1^{\circ}\text{C}$  qızdırdıqda onlar öz müqavimətini 0,4 - 0,6 % artırır, yarımkeçiricilər (metal oksidləri) isə əksinə öz müqavimətlərini naqillərə nisbətən 8-15 dəfə azaldır. Müqavimət termometrləri vasitəsilə temperaturu ölçdükdə termometr temperaturu ölçüləcək mühidə yerləş-dirilir. Termometrın elektrik müqavimətinin tempera-turdan asılılığını  $R=f^{\circ}(t)$  bilərək, onun yerləşdiyi mühitin temperaturunu ölçmək olar.

Naqillərdə (metallarda) vahid həcmdə olan sərbəst elektronların sayı kifayət qədər çox olur və bu say temperaturdan asılı olaraq dəyişir.

Temperaturun yüksəlməsi nəticəsində metaldakı ionlar öz tarazlıq vəziyyəti ətrafında istilik rəqslərini artırır. Bu zaman müxtəlif tərkibli kristal qəfəsdə elektronların sürətlə səpələnməsi ilə əlaqədar olaraq naqillərin (metalların) müqaviməti artır.

Müqavimət termometrlərinin hazırlandığı materiallar əsasən aşağıdakı şərtlərə cavab verməlidir.

1. Naqillərin (metalların) elektrik müqavimətinin temperatur əmsalı mümkün qədər böyük olmalı və öz qiymətini sabit saxlamalıdır;

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100} \quad (2.12)$$

burada  $R_0$  və  $R_{100}$  -  $0^\circ\text{C}$  və  $100^\circ\text{C}$ -də naqilin müqaviməti;  $\alpha$  - naqilin temperaturu  $1^\circ\text{C}$  dəyişdikdə onun müqavimətinin nə qədər dəyişdiyini xarakterizə edir. Əksər təmiz metal naqillər üçün  $\alpha = (3,9 \div 6) \cdot 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

2. Naqillər (metallar) öz fiziki və kimyəvi xassələrini dəyişməməli, oksidləşməməli, turşuya və s. zərərli təsirlərə məruz qalmamalıdır. Onların müqavimət temperatur əmsalı, xüsusi elektrik müqaviməti mümkün qədər böyük olmaqla, temperaturun dəyişməsi ilə materialın müqavimətinin dəyişməsi arasındakı asılılıq əyrisi düz xəttə yaxın olmalıdır (şəkil 2.5).

Platin (Pt), mis (Cu) və nikel (Ni) kimi saf metallar yuxarıda göstərilən tələbləri təmin edən materiallardır.

**Platin elektrik müqavimət termometrləri.** Onların həssas elementləri diametri 0,05-0,07 mm olan platin naqildən hazırlanır. Bu elektrik müqavimət termometrləri ilə  $-40^\circ\text{C}$ -dən  $750^\circ\text{C}$  hədlərində dəyişən temperaturları ölçürlər. Platin naqillər üçün  $\alpha = 3,9 \times 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ . Platin elektrik müqavimət termometrləri vəzifələrindən asılı olaraq üç əsas qrupa bölünür: etalon, nümunəvi (1-ci və 2-ci dərəcəli) və işçi. İşçi termometrlər də öz növbəsində laboratoriya və texniki termometrlərə bölünür.

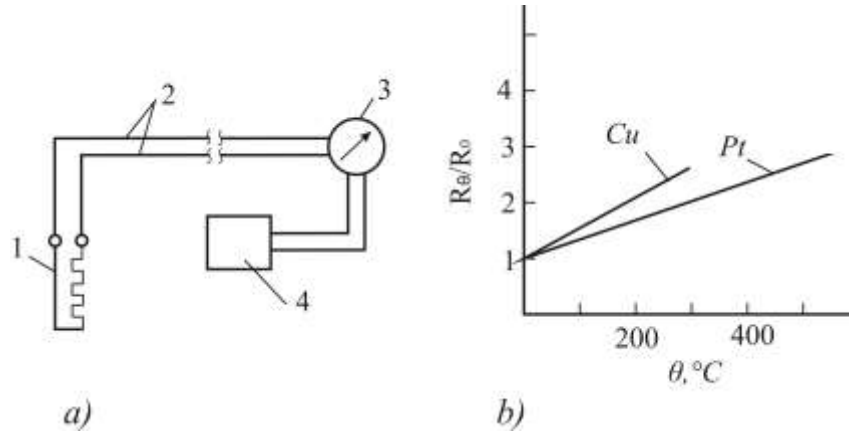
Platin elektrik müqavimət termometrlərinin  $0 \div 650^\circ\text{C}$  hədlərində müqavimətinin dəyişməsi aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$R_t = R_0(1 + at + bt^2) \quad (2.13)$$

$-40 \div 0^\circ\text{C}$  hədlərində isə:

$$R_t = R_0 [1 + at + bt^2 + c(t-100)t^3] \quad (2.14)$$

burada  $R_t$  və  $R_0$  -  $t$  və  $0^\circ\text{C}$ -də platinin müqaviməti;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - sabit əmsallardır.



Şəkil 2.5.

a) Müqavimət termometri ilə temperaturun ölçülmə sxemi; b) Termometrlərin statik xarakteristikası.

Bu əmsalların qiyməti dərəcələnmə vaxtı, oksigenin, kükürdün və suyun qaynama tempera-turuna əsasən təyin edilir.  $\alpha = 3,96847 \times 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ;  $b = 5,847 \times 10^{-7} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ ;  $c = 4,22 \times 10^{-12} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ .

Tənliklərdən - (2.13) və (2.14)-dən görüldüyü kimi, platin müqavimət termometrlərinin müqavi-mətinin temperaturdan asılılığı qeyri-xəttidir.

Platin elektrik müqavimət termometrlərinin xətti xarakteristikadan meyl etməsi  $0 \div 500^\circ\text{C}$ -də 5%-dən və  $-40 \div 0^\circ\text{C}$ -də isə 19%-dən çox olmur.

Cədvəl 2.2

Tipi	Müqavimətin nominal qiyməti		Dərəcə-lənməsi	Ölçmə diapaz-onu, $^\circ\text{C}$
	$0^\circ\text{C}$ -də	$100^\circ\text{C}$ -də		
TSP (platin elektrik müqavimət termometri)	10	13.91	Dr.20	0-650
	40	63.99	Dr.21	-40-500
	100	130.10	Dr.22	-40-500

Platin elektrik müqavimət termometrlərinin dərəcələnməsi üçün standart təsdiq edilmişdir. Təsdiq edilmiş bu standartla görə, platin elektrik müqavimət termometrlərinin əsas parametrləri və dərəcələnmə qiymətləri cədvəl 2.2-də göstərilmişdir.

**Mis elektrik müqavimət termometrləri.** Onların həssas elementləri diametri 0,1 mm olan mis naqıldən hazırlanır. Bu elektrik müqavimət termo-metrləri ilə  $-50\div 180^{\circ}\text{C}$  hədlərində dəyişən tempera-turları ölçürlər. Göstərilən geniş intervalda misin elektrik müqavimətinin temperaturdan asılılığı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (2.15)$$

burada  $R_t$  və  $R_0$  – mis müqavimət termometrinin  $t$  və  $0^{\circ}\text{C}$  temperaturundakı müqaviməti;  $\alpha$  – mis müqavimət termometrinin hazırlandığı materialın elektrik müqavimət temperatur əmsalıdır.  $\alpha = 4,25 \times 10^{-3} - 4,28 \times 10^{-3} \text{ 1}^{\circ}\text{C}$  hədlərində dəyişir.

Mis elektrik müqavimət termometrlərinin əsas parametrləri və dərəcələnmə qiyməti göstərilmişdir.

**Nikel elektrik müqavimət termometrləri.** Onlarla  $-10^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$ -yə qədər temperaturları ölçmək olur. Nikelin müsbət cəhəti onun yüksək müqavimət temperatur əmsalına ( $\alpha = 6,2 \times 10^{-3} - 6,34 \times 10^{-2} \text{ 1}^{\circ}\text{C}$ ) və nisbətən böyük xüsusi müqavimətə malik olması ( $\rho = 0,118 - 0,138 \frac{\text{Om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ ), mənfi cəhəti isə nisbətən yüksək temperaturlarda oksidləşməsi, çətinliklə təmiz halda alınması, elektrik müqavimət temperaturdan asılılığının qeyri-xətti olmasıdır. Bu asılılıq aşağıdakı tənliklə ifadə edilmişdir:

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t - \beta t^2) \quad (2.16)$$

Burada  $\alpha = 5,86 \times 10^{-3} \text{ 1}^{\circ}\text{C}$ ;  $\beta = 8,10 \text{ 1}^{\circ}\text{C}$ .

### ***Termocüt kabelləri əsasında hazırlanmış***

#### ***TSMT (mis) və TCPT (platin)***

#### ***müqavimət termometrləri***

Müqavimət termometrlərinin iş prinsipi, şəkil 2.5-də göstərildiyi kimi, bir neçə naqillərin və ya yarımqeçiricilərin müqavimətinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsinə əsaslanır. Müqavimət termometr-ləri ilə temperaturun ölçülmə sxemi şəkil 2.5-də verilmişdir. Burada 1 müqavimət termometri, 2 birləş-dirici naqıl, 3 ölçü cihazı, 4 isə elektrik qida mənbəyidir.

Müqavimət termometrlərindən temperatur ölçən cihazın həssas elementi kimi istifadə edilir, onlar termocüt kabellərindən (naqillərdən) hazırlanır. Müqavimət

termometrlərinin çıxış kəmiyyəti elektrik müqavimətidir.  $-50^{\circ}\text{C}$ -dən  $+500^{\circ}\text{C}$  qədər temperatur-ların ölçülməsində istifadə olunan müqavimət termometrlərinin naqillərində temperatur artarkən müqaviməti də artmağa başlayır. Ümumi götürəndə bu asılılıq xəttidir. Müqavimət termometrlərinin statik xarakteristikaları şəkil 2.5 b-də verilmişdir. Mis müqavimət termometri üçün gücləndirmə əmsalı  $R=0,225 \text{ Om}/^{\circ}\text{C}$ , platin müqavimət termometri üçün isə gücləndirmə əmsalı  $\theta = 0,18 \text{ Om}/^{\circ}\text{C}$ .

TSMT tipli müqavimət termometrlərin tempera-tur ölçmə diapazonu,  $^{\circ}\text{C}$  ilə uyğun olaraq,  $(-50)$ -dən  $(+180)$  qədərdir, TSPT tipli müqavimət termometr-lərinin temperatur ölçmə diapozonu isə  $^{\circ}\text{C}$  ilə  $(-50)$ -dan  $(+500)$  kimidir. Hər iki müqavimət termometr-lərinin müqaviməti  $^{\circ}\text{C}$ -də  $40 \text{ Om}$ -dan aşağı olmamalıdır.

Ölçü cihazları müqavimət termometrlərinə mis elektrik naqilləri ilə birləşdirilir.

Müqavimət termometri vasitəsi ilə temperaturu ölçmək üçün ölçü cihazı kimi elektron körpülərdən istifadə edilir. Neftayırma zavodlarında əsasən elektron körpülərdən istifadə olunur. Elektron körpünün iş prinsipi verilmişdir.

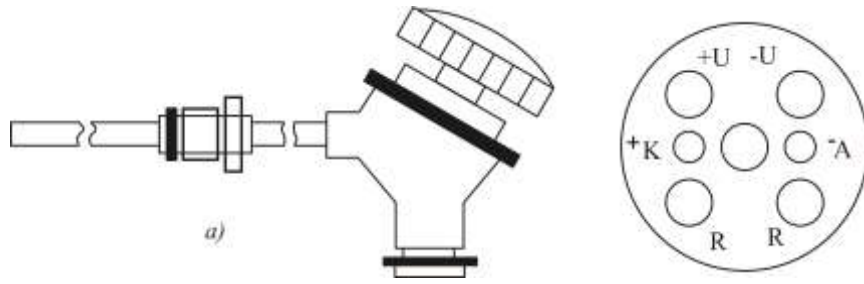
### ***Unifikasiya edilmiş elektrik çıxış siqnallı KTXAU, TCMTU, TCPTU tipli termoçeviricilər***

Yuxarıda adları çəkilən bu termoçeviricilər mühafizə gilizlərinə yerləşdirilmiş termocütdən, müqavimət termometrlərindən və gilizlərin başlıqlarına birləşdirilmiş elektron cərəyan çeviricisindən ibarətdir (şəkil 2.6a). Elektron cərəyan çeviricisi termocütlərdə və müqavimət termometrində yaranan gərginlikləri proporsional olaraq  $(0-5) \text{ mA}$  və ya  $(4-20) \text{ mA}$  analog sabit elektrik siqnalına çevrilir. Bu cür termoçeviricilərlə mayenin, buxarın və qazların temperaturunu ölçmək olar.

Termocüt kabeli əsasında hazırlanmış KTXAU termoçeviricinin ölçü diapazonu  $0-900^{\circ}\text{C}$ , dəqiqlik sinfi isə  $1,0$ -dir.

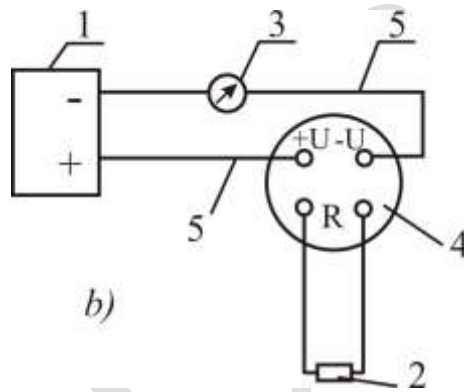
TCMTU tipli mis müqavimət termometrinin uyğun ölçü diapazonu  $0-180^{\circ}\text{C}$ , dəqiqlik sinfi isə  $0,5$ -dir. TCPTU tipli platin müqavimət termometrinin, uyğun olaraq, ölçü diapazonu  $0-500^{\circ}\text{C}$ , dəqiqlik sinfi isə  $0,5$ -dir.

Termoçeviricinin elektrik dövrəsinə bağlanma sxemi şəkil 2.6 b-də göstərilmişdir.



1-ПТ 205/055 tipli cərəyan çeviricisinin elektron quruluşu; 2-Termoçevirici;  $\pm U$  - qida mənbəyinə bağlanılan kontaktlar;  $R$  - termoçeviricilərin uclarını bağlamaq üçün kontaktlar.

Elektrik dövrəsinə bağlanma sxemi



1- qida mənbəyi; 2- termoçevirici; 3- ölçü cihazı; 4- cərəyan çeviricisi; 5- elektrik naqili.



## Mühazirə 6

### Təzyiq ölçən cihazlar. Tenzorezistor həssas elementli intellektual təzyiq çevricisi. Elektrik tutumlu həssas elementli intellektual təzyiq vericisi. Rezonans tezlilik həssaselementli təzyiq vericisi

#### Təzyiq haqqında ümumi anlayış

Vahid səthə təsir edən qüvvə təzyiq adlanır. Təzyiq hər hansı bir maddənin termodinamik vəziyyətini təyin edən bir kəmiyyətdir. Təzyiq çox hallarda texnoloji prosesin aparılması texnoloji aparatın vəziyyətini və rejiminin fəaliyyətini təyin edir. Təzyiqin ölçülməsi məsələsi ilə bir çox texnoloji parametrləri, misal üçün, qazın və buxarın sərfini, termodinamik parametrlərin dəyişməsinə, mayenin səviyyəsini və s. ölçərkən rastlaşırıq. Təzyiqlər növlərinə görə müxtəlif olub atmosfer, mütləq, izafi və vakuum təzyiqlərinə ayrılır.

*Atmosfer (barometrik) təzyiqi* hava sütununun yer atmosferində yaratdığı kütlənin təzyiqidir.

*Mütləq təzyiq* mütləq sıfırdan hesablanan təzyiqdir. Mütləq təzyiqin hesablanma başlanğıcı qabın daxilindəki təzyiq qəbul olunur.

*İzafi təzyiq* mütləq təzyiqlə barometrik təzyiq arasında olan fərkdir.

*Vakuum təzyiqi* barometrik və mütləq təzyiq arasında olan fərkdir. Beynəlxalq ölçü (Sİ) vahidlər sistemində təzyiq vahidi kimi paskal (Pa) istifadə olunur 1 m<sup>2</sup> sahəyə malik olan səth üzrə bərabər paylanan 1 Nyuton qüvvə tərəfindən yaradılan təzyiq paskal adlanır (1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>).

Ölçülən təzyiqin müxtəlifliyi eyni zamanda texnologiyada elmi tədqiqat sahələrində istifadə edilməsi Sİ ölçü vahidlər sistemi ilə yanaşı, sistemə daxil olmayan ölçü vahidlərindən də istifadə edilir. Bunlara aiddir: bar, millimetr civə sütunu, kvadrat santimetrə düşən kiloqram-qüvvə, kvadrat metrə düşən kiloqram-qüvvə, millimetr su sütunu.

## **Təzyiq ölçən cihazların təsnifatı**

Təzyiq ölçən cihazlar işləmə prinsiplərinə və ölçdükləri kəmiyyətin növünə görə müxtəlif olur:

### ***A. İşləmə prinsiplərinə görə təzyiq ölçən cihazlar***

1. Mayeli - ölçülən təzyiq maye sütununun hidrostatik təzyiqi ilə müvazinətləşir;
2. Porşenli - ölçülən təzyiq porşenə təsir edən xarici təzyiq ilə müvazinətləşir;
3. Yaylı - ölçülən təzyiqin qiyməti elastik elementin deformasiyasına görə müəyyənləşdirilir;
4. Elektrik - bu tip cihazların işləmə prinsipi ölçülən təzyiqin hər hansı elektrik kəmiyyətinə çevirilməsinə və yaxud təzyiq altında materialların elektrik xassələrinin dəyişməsinə əsaslanır.

### ***B. Ölçdükləri kəmiyyətin növünə görə təzyiq ölçən cihazlar***

1. Manometrlər - izafi və mütləq təzyiqləri;
2. Vakuometrlər - seyrəkliyi (vakuumu);
3. Manovakuometrlər - izafi təzyiqi və seyrəkliyi;
4. Dartı ölçənlər (mikromanometrlər) - kiçik seyrəkliyi;
5. Dartı-basqı ölçənlər (mikromanometrlər) - kiçik təzyiqləri və seyrəklikləri;
6. Basqı ölçənlər (mikromanometrlər) - kiçik izafi təzyiqləri;
7. Diferensial manometrlər - təzyiqlər fərqini;
8. Barometrlər - barometrik təzyiqləri ölçmək üçün istifadə edilir.

Hazırda  $10^{-12} \div 10^{11}$  Pa diapazonunda çeşidli təzyiq ölçən cihazlar parkı mövcuddur.

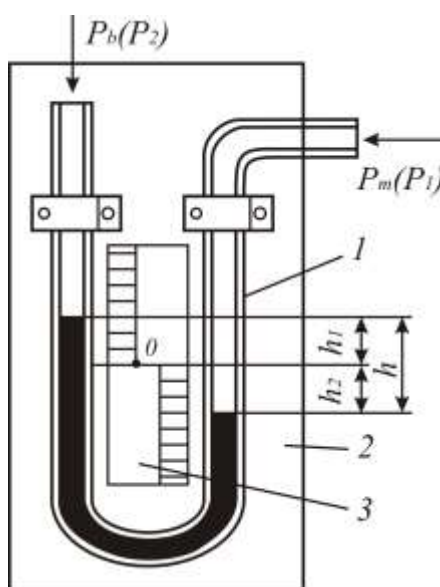
Bundan sonrakı bölmələrdə (3.3, 3.4, 3.5) texnoloji qurğularda geniş miqyasda istifadə edilən işçi təzyiq ölçən cihazlar haqda məlumat verilir.

## Mayeli manometrlər

Mayeli manometrlərin iş prinsipi ölçülən təzyiğin, maye sütununun hidrostatik təzyiqi ilə tarazlaşmasına əsaslanmışdır. Bu cihazlarla izafi təzyiqi, seyrəkliyi və təzyiqlər düşküsünü ölçmək olur.

Mayeli manometrlərin ən geniş yayılanı  $U$  - şəkilli manometrlərdir. (Şəkil 3.1).

$U$  -şəkilli manometr



Şəkil 3.1

1-şüşə boru; 2- lövhə; 3-şkala

Manometrin şüşə borusu işçi maddə (civə, spirt, su) ilə doldurulur. Açıq qoldakı mayenin hidrostatik təzyiqi, digər qoldakı təzyiqlə müvazinətləşdikdə sistem müvazinətdə olur:

$$P_m \cdot S = P_b \cdot S + h \cdot S \cdot \rho \cdot g \quad (1)$$

Burada  $P_m$  – mütləq təzyiq, Pa;  $P_b$  – baramotrik təzyiq, Pa;  $S$  –  $U$  - şəkilli borunun en kəsik sahəsi,  $m^2$ ;  $h$  – dirsəklərdəki maye səviyyələri fərqi və ya qərarlaşmış maye sütunu,  $m$ ;  $\rho$  – işçi mayenin sıxlığı,  $kq/m^3$ ,  $g$  – sərbəst düşmə təcilidir  $m/san^2$ .

(1) ifadəsindən

$$P_m = P_b + h \cdot \rho \cdot g \quad (2)$$

və yaxud

$$P_i = P_m - P_b = h \cdot \rho \cdot g \quad (3)$$

Manometrin əlaqədar olduğu mühitin təzyiqi, atmosfer təzyiqindən aşağı olarsa, manometrin

borusunda maye əks istiqamətdə hərəkət edəcək və maye sütunu seyriqliyi (vakuumu) göstərəcəkdir. Bu manometrin ölçü həddi işçi mayedən və borunun uzunluğundan asılıdır.  $U$ -şəkilli manometrlərlə təzyiqlər fərqi ölçülərsə, onda borunun uclarına  $P_1$  və  $P_2$  təzyiqləri verilir. Onda

$$\Delta P = P_1 - P_2 = h \cdot \rho \cdot g \quad (4)$$

Bəzən diferensial manometrlərdə işçi mayenin üzərində hava və ya qaz əvəzinə başqa maye (və ya kondensat) ola bilər. Onda təzyiqlər fərqi aşağıdakı ifadədən təyin edilir:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = h \cdot g(\rho - \rho_1) \quad (5)$$

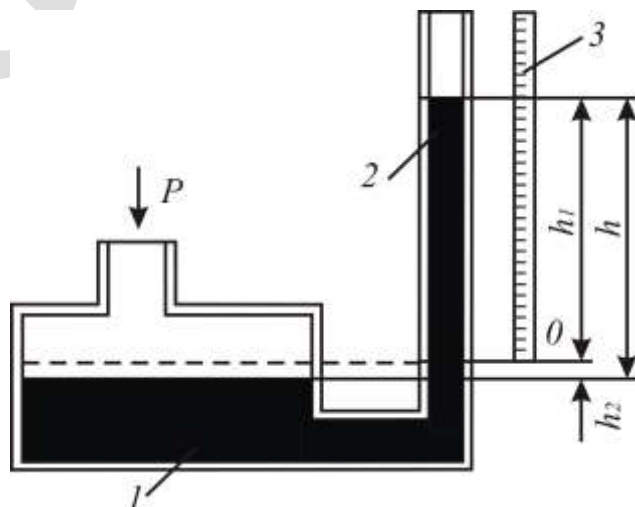
$$P_1 > P_2;$$

Burada  $\rho_1$  – işçi maye üzərində olan mayenin sıxlığıdır,  $kq/m^3$

### Birborulu manometr

Birborulu manometrlərdə şkala elə qoyulur ki,  $P = 0$  olduqda şkalanın 0 nöqtəsi qabdakı maye sütunu ilə eyni olsun (şəkil 3.2)

Birborulu manometr



Şəkil 3.2

1-qab; 2-boru; 3- şkala

Bu manometrlərlə ölçmə aparılarda ölçülən təzyiqin qiyməti aşağıdakı düstur ilə hesablanır:

$$P = h_1 \cdot \rho \cdot g \left(1 + \frac{S_1}{S_2}\right) \quad (1)$$

Burada  $h_1$  – 0 nöqtəsindən hesablanan maye sütunun hündürlüyü,  $m$ ;  $S_1$  – borunun en kəsik sahəsi  $m^2$

$S_2$  – qabın en kəsik sahəsidir  $m^2$

Ölçmə aparılan zaman qabda işçi mayenin səviyyəsi  $h_2$  hündürlüyü qədər aşağı enir. Bu da ölçmə xətasının yaranmasına səbəb olur. Bu xəta

$$h_2 = h_1 \frac{S_1}{S_2} \quad (2)$$

ifadəsindən təyin edilə bilər. Onda həqiqi maye sütunu hündürlüyü

$$h = h_1 + h_2 = h_1 + h_1 \frac{S_1}{S_2} = h_1 \left(1 + \frac{S_1}{S_2}\right) \quad (3)$$

olacaqdır.

### **Təzyiq və seyrəklik ölçən yaylı cihazlar**

Yaylı manometrlər, vakuometrlər, manovakuometrlər, difmanometrlər və barometrlər texniki ölçmələrdə istifadə olunan cihazların böyük bir qrupunu təşkil edir.

Yaylı cihazların iş prinsipi müxtəlif növ elastik elementlərin deformasiyalarının ölçülməsinə əsaslanmışdır. Elastik həsas elementin deformasiyası ötürmə mexanizmi tərəfindən bucaq və ya xətti yerdəyişməyə çevrilərək cihazın əqrəbinə verilir.

Yaylı cihazların əsas üstünlükləri quruluşlarının sadə, istismarda etibarlı, universal, bir yerdən başqa yerə aparıla bilməsi və böyük ölçü diapazonuna malik olmasıdır.

Yaylı cihazları elastik həsas elementlərinə görə aşağıdakı qruplara ayırmaq olar.

- 1) birsarğılı boru yaylı (burdon borulu) (şəkil 3.3,a)
- 2) çoxsarğılı boru yaylı (şəkil 3.3,b)
- 3) membranlı (şəkil 3.3,c)
- 4) aneroid və membran qutulu (şəkil 3.3,d,e)

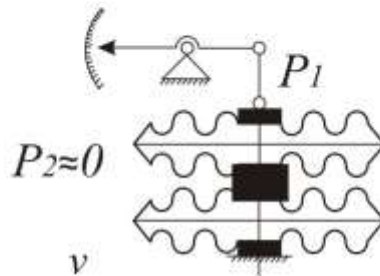
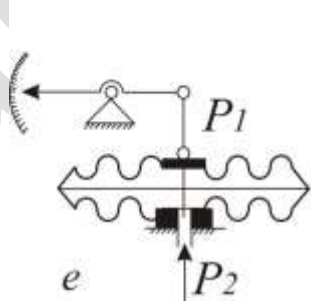
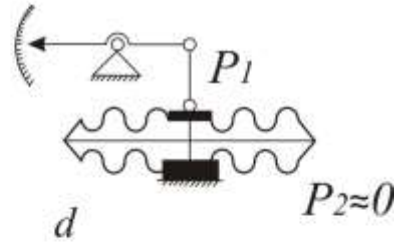
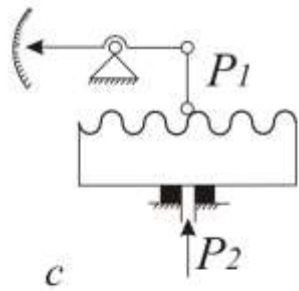
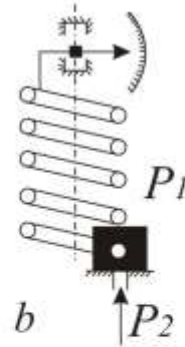
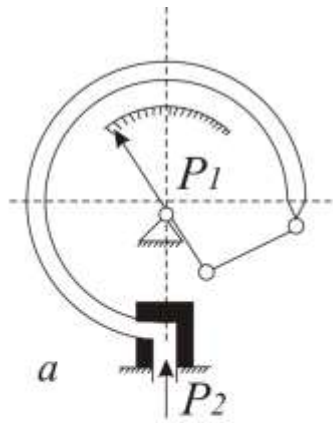
5) aneroid və membranlı qutu bloklı (şəkil 3.3,v,f)

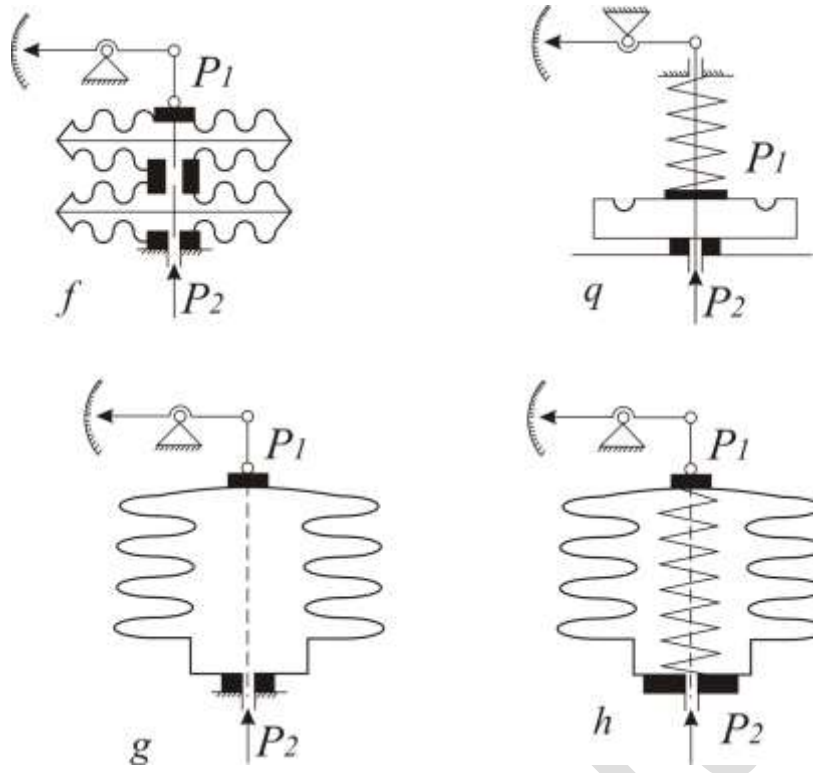
6) membran yaylı (şəkil 3.3,q)

7) silfonlu (şəkil 3.3,g)

8) silfon yaylı (şəkil 3.3,h)

Texniki ölçmələrdə istifadə olunan yaylı cihazların dəqiqlik sinifi  $0,5 \div 4$  olur.





Şəkil 3.3

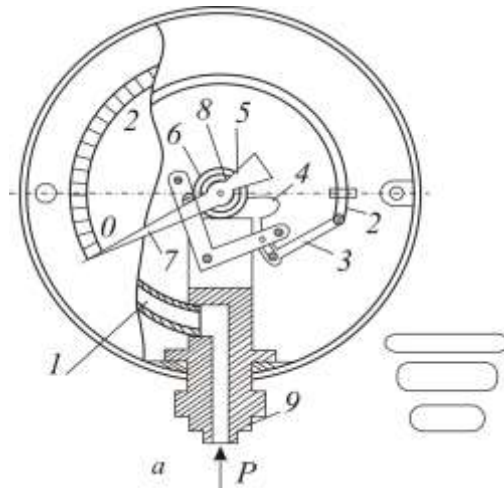
Yaylı cihazların tipləri

a- birsarğılı boru yaylı (burdon borulu), b- çoxsarğılı boru yaylı, c- membranlı, d- aneroid qutulu, e- membran qutulu, v- aneroid qutu bloklu, f-membranlı qutu bloklu, q- membran yaylı, g- silfonlu, h -silfon yaylı

Burdon borulu manometr

Yaylı cihazlardan ən geniş yayılanı birsarğılı boru yaylı (burdon borulu) manometrlərdir (şəkil 3.4,a ).

Burdon borulu manometr



### Səkil 3.4,a.

Burdon borulu manometrin mexanizmi əsasən, elliptik və ya oval en kəsikli metal borudan (1) ibarətdir. Bu boru çevrə üzrə əyilmişdir. Burdon borusunun bir ucu tərənəmz ştuserə (9) birləşdirilir. Burdon borusunun sərbəst ucu (2) isə dartıcı (3) vasitəsilə dişli sektorla (4) birləşdirilmişdir. Öz oxu ətrafında fırlanan dişli sektor, dişli çarxa qoşulmuşdur. Val (6) üzərində oturan dişli çarxın (5) ucuna əqrəb (7) bərkidilir. Dişli ötürücünün oynaqlarında olan ara boşluqlarını yox etmək üçün əqrəbin valı nazik spiral yayla (8) birləşdirilmişdir. Bu yay elastik olduğundan dişli çarxların, mexanizm sektoruna kip yapışması təmin edilir.

Daxili təzyiğin təsiri nəticəsində borunun kəsiyi dairəvi şəkil almağa çalışır. Ölçülən təzyiğin qüvvəsi boru materialını elə bir hala gətirir ki, o açılmağa məcbur olur. Bunun nəticəsində borunun sərbəst ucu hərəkətə gəlir və dartınma sayəsində dişli sektoru öz oxu ətrafında müəyyən bucaq altında fırlanmağa məcbur edir. Sektorla birlikdə, eyni zamanda dişli çarx və əqrəb də hərəkətə gəlir. Beləliklə əqrəb şkala üzərində təzyiğin qiymətini göstərməyə başlayır. Sərbəst ucun getdiyi yol, məlum olan praktik təzyiqlər həddində verilən təzyiqə mütənasibdir.

Burdon borusunun sərbəst ucunun yerdəyişməsi və onun həssaslığı bir sıra amillərdən asılıdır. Bu amillərdən ən mühümü bunlardır: Boru kəsiyinin konfigurasiyasını təyin edən ellips oxlarının nisbəti, boru divarının qalınlığı. Boru qövsü radiusunun uzunluğu və boru materialının elastik modulu.

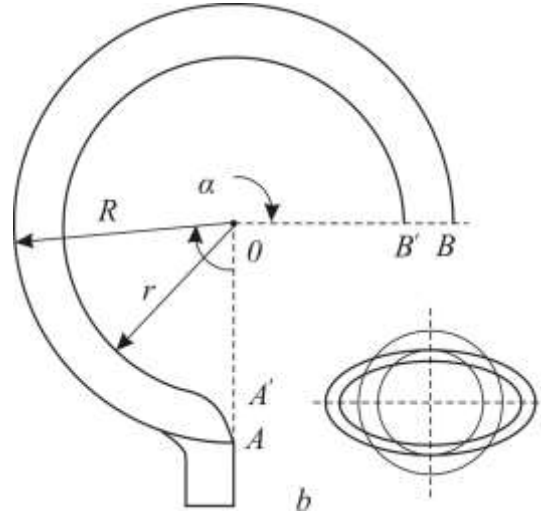
Boruvary yayın iş prinsipini aşağıdakı kimi aydınlaşdıraraq.

Ellipsvari və yaxud ovalşəkilli en kəsik sahəsinə malik olan borunun daxlinə təzyiq verdikdə o deformasiyaya uğrayaraq çevrə şəklini almağa çalışır. Nəticədə yay burulur və onun sərbəst ucu müəyyən bucaq qədər açılır. (Şəkil 3.4,b)

Aşağıdakı işarələri qəbul edək:  $OA = R$ ;  $OA' = r$  və  $\angle AOB = \alpha$  deformasiyadan sonra bu kəmiyyətlərin qiyməti uyğun olaraq  $R'$ ,  $r'$  və  $\alpha'$  olacaq



## Burdon borulu manometr



Səkil 3.4,b.

$$R \cdot \alpha = R' \cdot \alpha' \quad (1)$$

$$r \cdot \alpha = r' \cdot \alpha' \quad (2)$$

(1) bərabərliyindən (2) bərabərliyini çıxsaq,

$$\alpha(R - r) = \alpha'(R' - r') \quad (3)$$

alırıq, burada

$$b = R - r \quad \text{və} \quad b' = R' - r' \quad (4)$$

olacaq.  $b$  və  $b'$  uyğun olaraq ellipsin kiçik oxunun deformasiyadan əvvəl və sonrakı uzunluğudur. Onda (1) bərabərliyini

$$b \cdot \alpha = b' \cdot \alpha' \quad (5)$$

şəklində yazmaq olar. Qəbul edilmiş şertə əsasən  $b < b'$  olduğundan ona uyğun olaraq  $\alpha > \alpha'$  olacaq, yəni boruvari yay təzyiq artdıqca açılmağa başlayacaq.

$b' = b + \Delta b$  və  $\alpha' = \alpha - \Delta \alpha$  qiymətlərini (5) bərabərliyində yerinə yazsaq,

$$b \cdot \alpha = (b + \Delta b)(\alpha - \Delta \alpha) \quad (6)$$

alırıq. (6) bərabərliyini  $\Delta \alpha$  -ya görə həll etsək,

$$\Delta \alpha = \frac{\Delta b}{b + \Delta b} \cdot \alpha \quad (7)$$

alırıq.

Yuxarıdakı tənlikdən (7) görüldüyü kimi, boruvari yayın ilk burulma dərəcəsi  $\alpha$  nə qədər böyük və ellipsin kiçik oxu  $b$  nə qədər kiçik olarsa  $\Delta\alpha$  da o qədər böyük olacaq.

Boruları yayın, en kəsik sahəsi dairə olduqda o ölçülən təzyiq nəticəsində açılmayacaq. Bu halda  $\Delta b = 0$  olduğu üçün  $\Delta\alpha = 0$  olacaq.

Burdon borulu manometrin diametrləri  $50 \div 350\text{mm}$ , ölçmə hədləri  $0,05 \div 1600\text{MPa}$ , yayın çevrə üzrə əmələ gətirdiyi bucaq  $180 \div 270^\circ$  və sərbəst ucun hərəkət yolu  $2 \div 15\text{mm}$  olur.

### **Tenzorezistor həssas elementli ST 3000 tipli İntelektual təzyiq çeviricisi, [ABS - Xonnevel]**

#### *Təyinatı*

ST-3000 təzyiq çeviricisi texnoloji proseslərə avtomatik nəzarət, tənzimləmə və idarəetmə sistem-lərində istifadə olunur və ölçülən parametrin izafi, mütləq, hidrostatik, vakuum təzyiqlər fərqi fasiləsiz olaraq unifikasiya olunmuş (4-20) mA elektrik çıxış signalına çevrilməsini və uzaq məsafəyə ötürülməsini təmin edir.

Təzyiqlər fərqi çeviricilərdən mayenin səviyyə-sinin, maye və qazların sərtlərinin, hidrostatik təzyiq çeviricilərdən isə səviyyənin qiymətlərinin unifikasiya olunmuş elektrik çıxış signalına çevirmək üçün istifadə edirlər.

Konkret olaraq 3.2-də ST-3000 tipli izafi təzyiq çeviricisinə baxılır.

ST-3000 tipli izafi təzyiq çeviricisinin çıxış signalı ya analoq 4-20 mA və yaxud rəqəm formasında həm elektron prinsipi ilə işləyən ikinci cihazla həm də elektron hesablama maşınına iki elektrik naqili vasitəsilə birləşdirilə bilər.

Bu cihazın ölçü diapazonu (0-3,57) MPa, dəqiqlik sinfi isə 0,1%-dir.

#### *İş prinsipi*

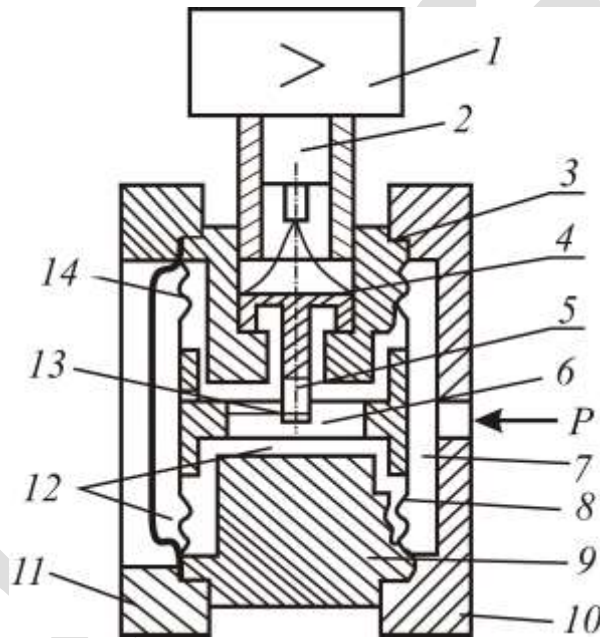
Tenzorezistor təzyiq çeviricisi həssas elementi deformasiyaya uğrayan çevirici sayılır. Hansı ki, bu membrana tenzorezistor elementi yapışdırılır. Tenzore-zistorun əsas iş prinsipi tenzoeffektliyin təsirinə əsaslanır və mahiyyəti ondan ibarətdir ki, keçiricilər və yaxud yarımkeçiricilər deformasiyaya uğrayarkən onların müqavimətləri dəyişir. Tenzorezistorun müqavimətinin dəyişməsi ilə deformasiya arasındakı əlaqəni aşağıdakı kimi göstərmək olar:

$$\frac{\Delta R}{R} = R \frac{\Delta L}{L},$$

burada  $\Delta R/R$  - tenzorezistorların müqavimətinin dəyişməsi;  $R$  - sabit əmsal;  $\Delta L/L$  isə tenzorezistorun uzunluğunun dəyişməsidir. Keçirici naqillərdən hazırlanan tenzorezistorların müqaviməti 30-500 Om, yarımkeçirici tenzorezistorların müqaviməti isə  $5 \cdot 10^{-2}$  -dən 10 kOm-a qədər olur.

Tenzorezistorları membranının üstünə elə yerləşdirmək olar ki, deformasiya vaxtı müxtəlif işarəli müqavimətlər yaransın. Bu isə hər çiyinə  $\Delta R/R$  qiymətinə uyğun tenzorezistor birləşdirilmiş körpü sxeminin yaranmasına imkan verir.

Şəkil 3.1-də tenzorezistor həssas elementli təzyiç çeviricisinin sxemi verilmişdir.



Şəkil 3.1

Burada həssas element - ling tipli 4 tenzovericisi 9 bünövrəsinin içiə baxışını göstərir və eyni zamanda 8 dalğavari membran vasitəsilə ölçü mühitindən ayrılmışdır. 8 və 14 sayılı membranlar xarici konturlar vasitəsi ilə 9 bünövrəsinə qaynaq edilir və 6 mərkəzi stok vasitəsilə bir-biri ilə birləşdirilir. 6 stoku isə öz növbəsində 13 dartıcı vasitəsilə tenzorezistorun ucundakı 5 linginə birləşdirilmişdir. 10 flənsi 3 araqaatı vasitəsilə kipləşdirilir.

Beləliklə, ölçülən  $P$  təzyiqinin təsiri nəticəsində 8 membranı deformasiyaya uğrayır və o öz formasını dəyişir (əyilir). 8 membranının öz formasını dəyişməsi 4 tenzorezistorunun müqavimətinin dəyişməsinə səbəb olur. Tenzorezistorda

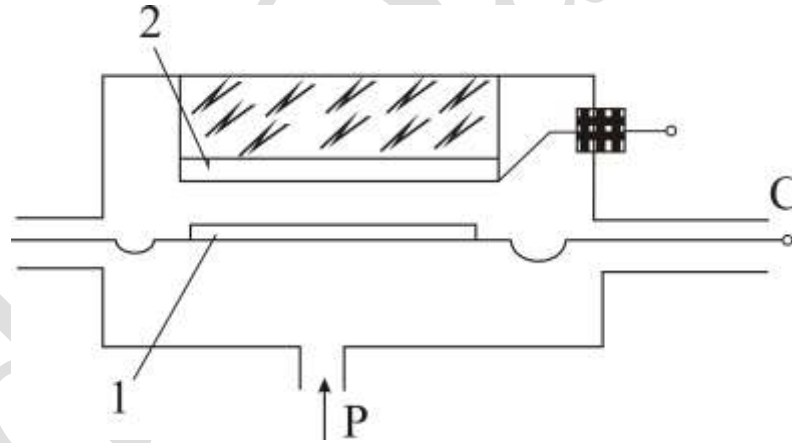
müqavimətin dəyişməsi 1 - elektron quruluşuna (moduluna) 2 - termoizolə edilmiş naqıl vasitəsilə verilir.

Elektron quruluşu haqqında 3-cü bölmədə geniş izahat verilmişdir. Bu elektron quruluşunun vəzifəsi tenzorezistordan gələn elektrik siqnalını unifisə edilmiş (4-20) mA olan çıxış elektrik cərəyan siqnalına və yaxud rəqəm formasında kodlara çevirməkdən ibarətdir.

**Elektrik tutumlu həssas elementli  
3051 modelli intellektual təzyiq vericisi.  
(ABS - «Fişer-Rozumanut»)**

3051 modelli təzyiqvericiləri təzyiqölçmə texno-logiyasında dünya standartlarına cavab verir. Onun istismar xarakteristikası geniş ölçü diapazonu (0,025-13790) kPa, dəqiqliyinin isə 0,075% olması ilə fərqlənir.

Tutum həssas elementli təzyiq vericisinin iş prinsipi şəkil 3.2-də verilmişdir.



Şəkil 3.2.

Ölçülən təzyiq metaldan hazırlanmış 1 membranı tərəfindən qəbul edilir. Hansı ki, bu tutum verici elementi üçün hərəkət edən elektrod sayılır. Hərəkət etməyən 2 elektrodu isə qoruyucular vasitəsilə dövrədən mühafizə olunur. Çevirici elementin C tutumunun 1 membranının  $\sigma$  - yerdəyişməsindən asılılığı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$C = \varepsilon S / (\sigma + \sigma_0)$$

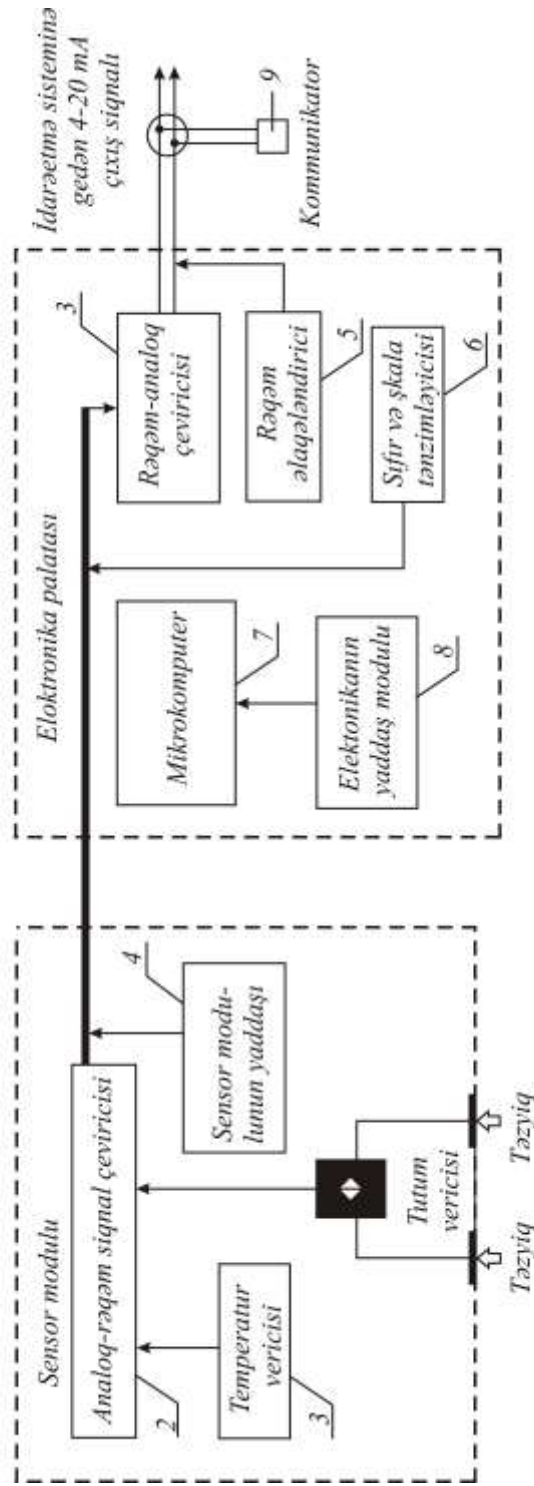
burada  $\varepsilon$  - elektrodlar arasına doldurulmuş mühitin dielektrik nüfuzluluğu; S - elektrodların sahəsi;  $\sigma$  - təzyiqlin sıfır olduğu hal üçün elektrodlar arasındakı məsafədir.

C tutumunu ölçü-məlumat siqnalına çevirmək üçün elektron çeviricilərdən (sensor modullarından) istifadə edilir. Tutum həssas elementli təzyiq vericiləri, ölçülən fiziki kəmiyyətin növündən asılı olaraq, müxtəlif modellərdə istehsal olunur:

- 3051 S modeli verici, təzyiqlər fərqi, izafi və mütləq təzyiqləri;
- 3051 T modeli verici yalnız izafi və mütləq təzyiqi;
- 3051 L modeli verici isə səviyyəni ölçmək üçün istifadə olunur.

Yuxarıda adları çəkilən bu vericilərin ölçü sxemləri eyni olduğuna görə yalnız 3051 S modeli vericinin funksional sxeminə baxılması (şəkil 3.3) məqsədə uyğundur. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, bu cür vericilərin həssas elementi 1- elektrik tutumundan ibarətdir. Yəni ölçülən təzyiqin təsirindən elektrodları (membranlar) arasındakı C tutumunu dəyişir və nəticədə alınan elektrik siqnalı sensor modulunun (analoq-rəqəm vericisinin) girişinə verilir. Sensor texnoloji və ətraf mühitdən mexaniki, elektrik və texniki təsirlərdən qoruyucu təbəqə ilə mühafizə olunub. Belə bir konstruksiyanın olması həssas elementin texniki yükünü azaldır, təzyiqə görə statik xarakteristikasını yaxşılaşdırır və xarici mühitin temperaturunun birbaşa sensora təsirini azaldır.

3051 modelli təzyiç vericisinin blok-sxemi



Şəkil 3.3

Həssas elementin quraşdırılma üsulu və təzyiçin ötürülməsi üçün istifadə edilən kip şüşə boru elektrik mühafizəsini təmin edir və eyni zamanda vericinin texniki xarakteristikasını yaxşılaşdırır.

Qeyd etmək lazımdır ki, ölçülən mühitdəki temperatur dəyişməsinin ölçülən təzyiçə təsirini azaltmaq üçün sensor moduluna termometr də birləşdirilmişdir. 1 mövqeli tutumdan (həssas elementdən) gələn elektrik siqnalı, 2 mövqeli analoq-rəqəm çevricisinin girişinə verilir. 2 mövqeli analoq-rəqəm çevricisi 3 mövqeli termometrindən

gələn siqnaldan asılı olaraq düzəliş verməklə analoq siqnalını rəqəm siqnalına çevirərək, 3 mövqeli rəqəm-analoq çeviricisinin girişinə verir.

Sensor modulunda 4 mövqeli yaddaşının olması vericinin təmirini tezləşdirici, yəni yaddaş vericinin bütün xarakteristikasını özündə bir yerdə saxlamaq xüsusiyyətinə malikdir. Qeyd etmək lazımdır ki, 2 mövqeli analoq-rəqəm çeviricisi (ARÇ)-dən gələn siqnal, 3 mövqeli (rəqəm-analoq çeviricisində) işləndikdən sonra rəqəm siqnalını analoq siqnalına çevirərək çıxış siqnalı kimi 4-20 mA unifikasiya olunmuş elektrik siqnalı alınır və bu siqnal iki elektrik naqili vasitəsi ilə elektron prinsipi əsasında qurulmuş idarəetmə sistemə verilir. Əgər lazım gələrsə, alınan analoq siqnalını rəqəm formasına salmaq bu halda 5 mövqeli rəqəm əlaqələndiricisindən istifadə olunur. 6 mövqeli sıfır və şkala tənzimləyicisi vasitəsilə cihazın sıfırı və şkalası yoxlanılır.

7 mövqeli mikrokomputer vasitəsilə aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirilir:

- sensorun xəttiləşdirilməsi;
- ölçmənin diapazonunun dəyişdirilməsi;
- demfirləşdirmə;
- diaqnostika;
- verilənlərin ötürülməsi.

8 mövqeli elektron yaddaş modulu vasitəsilə aşağıdakı əməliyyatları yerinə yetirirlər:

- diapazon həddi;
- vericinin konfigurasiyası.

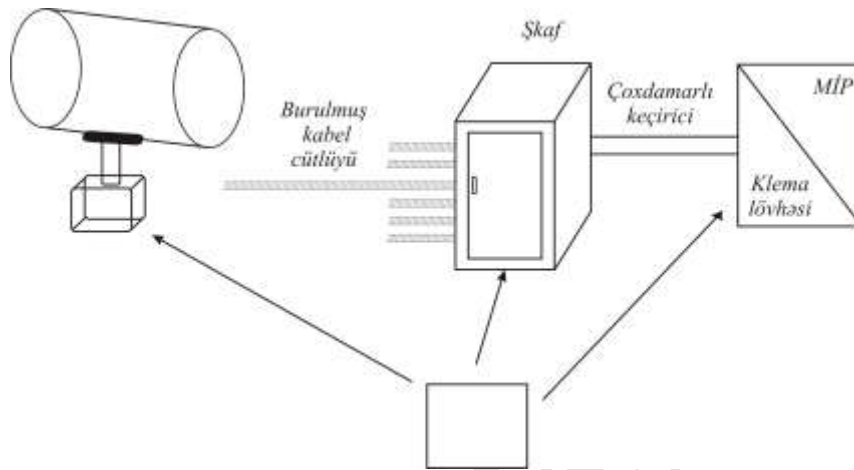
8 mövqeli portativ NÖC kommunikatorunun vəzifəsi və yerinə yetirdiyi funksiyalardan aşağıda bəhs edilir.

**Vəzifəsi.** Portativ NÖC kommunikatoru intellektual vericilərlə operator arasında ikitərəfli əlaqə yaratmaq üçün istifadə olunan avtonom elektron quruluşdur. NÖC kommunikatoru vasitəsilə operator (dispetçer) otağından vericinin mikroprosessoruna komanda verə bilər (verilənləri ötürə bilər) və yaxud oradan siqnallar qəbul edə bilər (şəkil 3.4.). Bu əməliyyatı yerinə yetirmək üçün istənilən yerdən vericinin siqnal xəttinə qoşula bilər. NÖC kommunikatorunun zərbəyədavamlı gövdəsi, qoruyucu köynəyi vardır.

Nikelkadmium akumulyatoru olan batareyadan qidalanır və eyni zamanda əlavə olaraq sabit cərəyan mənbəyi ilə təmin oluna bilər:

**Funksiyası.** *Rabitə rejiminin seçilməsi:* ÇıXış siqnalının analoq (4-20 mA) və yaxud rəqəm şəklində verilməsi üçün vericiyə komanda vermək.

NÖC kommunikatorunun intellektual vericiyə birləşdirilmə sxemi



Şəkil 3.4

*Konfiqurasiya edilmə:* Vericinin yaddaşına istənilən işçi parametrlərin yazılması.

*Diaqnostika:* İntellektual vericilərlə iş və yaxud rabitə zamanı gözlənilən səhvləri aşkar etmək üçün diaqnostika aparmaq imkanı.

*Dərəcələnmə:* NÖC kommunikatoru intellektual çeviricilərdə sadələşmiş dərəcələnmə (kalibrovka) əməliyyatlarını yüksək dəqiqliklə yerinə yetirir.

*Display:* Həm vericidən gələn bütün işçi parametrləri hesablayır, həm də tərtib olunmuş proqramın və vericilərin mövqe nömrələrini göstərir. Texnoloji obyektlərdə təzyiqlin fərqi, temperaturu, sərfi və axının sürətini operativ hesablamağa imkan verir.

*Yoxlanılması:* Vericinin düyməsini «ÇıXış» rejimində qoyduqda həmin bu kolibratora 0%-dən 100% diapazona qədər dəqiq siqnal komandası vermək olar. Belə bir imkanın olması konturun yoxlanılmasına, kalibrovkaya və nasazlığın axtarılmasına köməklik edər.

NÖC kommunikatorunun texniki xarakteristikası cədvəl 3.1-də, intellektual vericilərə birləşdirilməsi sxemi şəkil 3.4-da göstərilmişdir.



İşçi şərait		Nəqləmə və saxlanması
1. Ətraf mühitin temperaturu, °C	-15-dən +55-ə qədər	-40-dan +80-ə kimi
3. Nəmliyi %	0-dan 95%-ə qədər	0-dan 95%-ə qədər
4. NÖC komuni-kator ilə qida mənbəyi arasındakı konturda olan inimal müqaviməti, Om	250	

### 3.5. Rezonans tezlik həssas elementli

#### EJA tipli təzyiq vericisi

#### (Yaponiya - «YOKOGAWA-Elektrik-Corporation»)

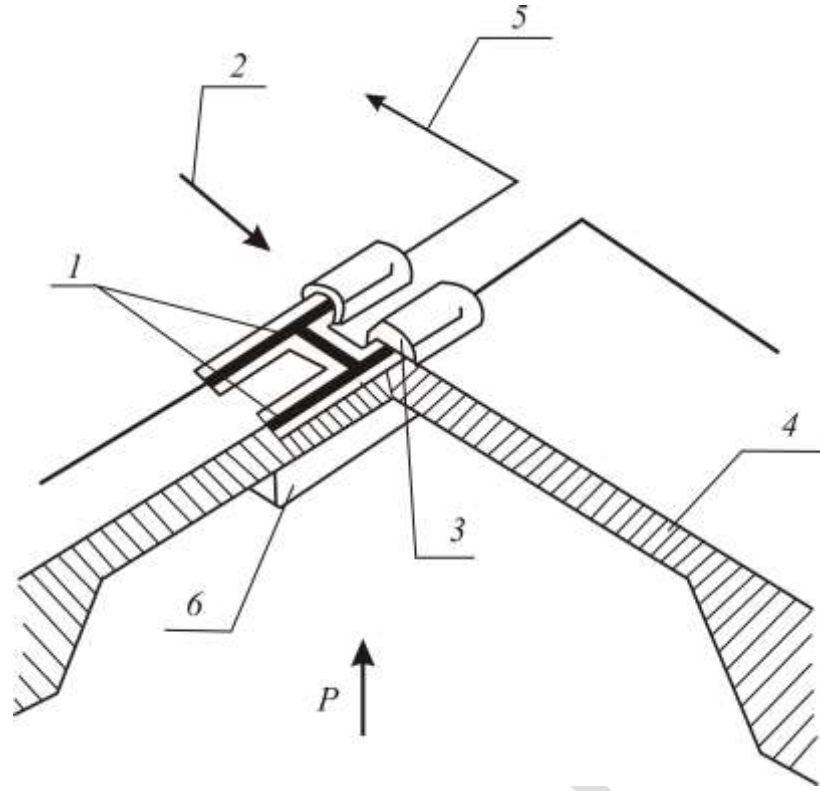
EJA tipli təzyiq vericisi maye, qaz və buxarın izafi təzyiqini, təzyiqlər fərqi ölçmək üçün istifadə olunur. Bu vericinin çıxış signalı 4-20 mA, ölçü diapazonu:

izafi təzyiq ölçərkən, MPa (0-14)

təzyiqlər fərqi ölçərkən, MPa (0- 0,5)

Dəqiqlik sinfi 0,1 %-dir, ölçülən mühitin temperatur diapazonu isə °C-lə -40 +120 arasında dəyişir.

EJA təzyiq vericisi konstruktiv olaraq təzyiqi tezliyə çevirən ilkin rezonans tezlik vericisindən və tezliliyi unifikasiya olunmuş (4-20) mA cərəyan signalına çevirən ikinci elektron çeviricisindən ibarətdir. Təzyiq cihazları istehsal edərkən texnikanın ən yeni nailiyyətləri tətbiq olunmuşdur. Belə ki, başqa təzyiq vericilərindən fərqli olaraq, bu vericidə ənənəvi analoq sensorlarından yox, rezonans tezlikli sensordan istifadə edilmişdir (şəkil 3.8).



1-He-şəkilli rezonator; 2- Maqnit sahəsi; 3- Vakuüm mühiti; 4- Membran; 5- Elektrik terminalı; 6- Körpü sxemi.

Sensor, 2 mövqeli sabit maqnit təsiri altında olan və tərkibində monokristal kremni olan 1 He-şəkilli həssas elementdən (rezonatordan) ibarətdir. Qeyd etmək lazımdır ki, bu həssas element 3 mövqeli vakuüm mühitində yerləşdirilmişdir. Sensorun iş prinsipini belə izah etmək olar: 1 rezonatorunu, 5 mövqeli elektrik terminalının köməkliyi ilə dəyişən cərəyan vasitəsi ilə həyəcanlandırarkən 1 rezonatoru onun hər iki ayaqlarındakı parametrdən asılı olaraq xüsusi rezonans tezliyi ilə titrəməyə başlayır. Ölçülən  $P$  təzyiqi 4 mövqeli membrana təsir edəndə 1 rezonatoru deformasiyaya uğrayır və onun rezonans tezliyi təsir edən  $P$  təzyiqinə nisbətən mütənasib olaraq dəyişir. Sensor elə quraşdırılmışdır ki, işçi  $P$  təzyiqinin təsirindən rezonatorun biri sıxılır, o biri isə dartılır və nəticədə sensorun çıxış siqnalı rezonatorlarda yaranan tezliklər fərqi hesab olunur. Yaranan tezliklər fərqi isə 6 körpü sxemi vasitəsilə elektron quruluşuna (sensoruna) göndərilir. Elektron sensoru isə rezonatordan gələn siqnalı (4-20) mA elektrik siqnalına və yaxud rəqəm formasında kodlara çevirir. Elektron modulunun çıxış siqnalını iki elektrik naqili vasitəsilə ya elektron hesablayıcı maşının girişinə və ya elektron prinsipi ilə işləyən ikinci cihazın girişinə birləşdirmək olar

## **Mühazirə 7**

### **Səviyyə ölçən cihazlar. Elektron dinamometrik səviyyə ölçənlər. Tenzorezistor həssaselementli intellektual hidrostatik səviyyə ölçənlər. İntellektual radar səviyyə ölçənlər. Radioizotop səviyyə ölçənlər**

#### **Səviyyə ölçən cihazlar haqqında ümumi məlumat**

Aparatda (tutumda) olan mayenin miqdarını və ya həmin mayenin səviyyəsini təyin etmək üçün onun tutumundakı səviyyəsini ölçürlər. Hər iki halda səviyyəölçən cihazlar ölçü üsullarına görə müxtəlif ola bilərlər. Birinci halda mayenin miqdarını aparatın həndəsi ölçülərinə görə təyin edirlər. Bu halda səviyyənin vəziyyəti böyük həddə, ikinci halda isə kiçik həddə dəyişə bilər. Buna görə də ölçü üsulları və eləcə də cihazların quruluşları, dəqiqliyi və həssaslığı qarşısında müxtəlif tələblər qoyulur.

Yuxarıda qeyd etdiklərimizə əsasən, səviyyə-ölçənləri iki əsas qrupa ayırmaq olar: kiçik diapazonlu səviyyəölçənlər, böyük diapazonlu səviyyəölçənlər.

Birinci qrup səviyyəölçənlərdə səviyyənin normal hündürlüyünə uyğun sıfır nöqtəsi şkalanın ortasında olur.

İkinci qrup səviyyəölçənlərdə birtərəfli şkala vardır. Bu halda şkala üzrə səviyyənin hündürlüyü əvəzinə səviyyə ölçülən aparatda olan maddənin həcmi göstərilir.

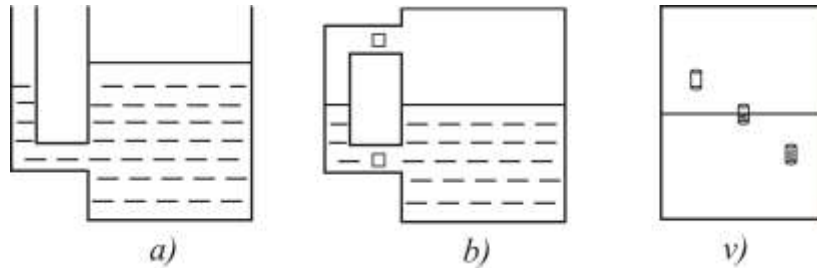
Səviyyəölçən cihazların təsnifatı onların ölçmə üsullarına və icra mexanizmi ilə əlaqəsinə (çıxış siqnallarının təsirinə) görə aparılır. Səviyyəölçən cihazları ölçmə üsullarına görə aşağıdakı qruplara ayırmaq olar: vizual şüşə səviyyə göstəricilər; üzgəcli; elektrik; ultrasəs, radioizotop.

Bu bölmədə yalnız neftayırma zavodlarında geniş miqyasda istifadə olunan müasir səviyyə-ölçənlərin iş prinsipi ilə tanış olacağıq.

#### **Şüşə səviyyəgöstəricilər.**

Şüşə səviyyəgöstəricilər birləşmiş qablar prinsipində işləyir. Şüşə səviyyəgöstəricilər vasitəsilə həm açıq, həm də təzyiqlik altında olan aparatlarda səviyyəni ölçmək olar. Açıq aparatlarda səviyyə ölçülərkən şüşə səviyyəgöstəricilərinin yalnız

aşağı hissəsi aparatla birləşdirilir (1a). Təzyiq altında olan aparatlarda səviyyə ölçülərkən şüşə səviyyəgös-təricinin hər iki ucu aparatla birləşdirilir (1b). Geniş diapazonda dəyişən səviyyənin ölçülməsi.



Şəkil

### Üzgəci maye üzərində üzən və mayeyə batan səviyyəölçənlər.

Səviyyə dəyişdikdə üzgəc (1) yuxarı və ya aşağı hərəkət edir. Bu yerdəyişmə diyircəklərin (3) üzərindən aşırılmış sərt əks əlaqə (2) vasitəsilə əqrəbə (5) ötürülür. Sərt əks əlaqənin çəkisi əks-yük (4) ilə tarazlaşır. Səviyyə dəyişmədikdə əqrəbin şkala (6) üzərində dayandığı nöqtə ölçülən səviyyənin qiymətini göstərəcəkdir. Səviyyənin sabit qiymətində ölçü sistemi müvazinət vəziyyətində

$$M_h = M_C \quad (1)$$

Burada  $M_h$  hərəkətli moment  $M_C$  diyircəklərin oxundakı momentdir.

$$M_h = \Delta F \cdot r \quad (2)$$

$\Delta F$  – Səviyyə dəyişdikdə üzgəci maye daxilindən itələyən qüvvə artımı  $r$  diyircəyin radiusudur. (1) və (2) ifadələrindən

$$\Delta F \cdot r = M_C$$

alırıq.

Buradan

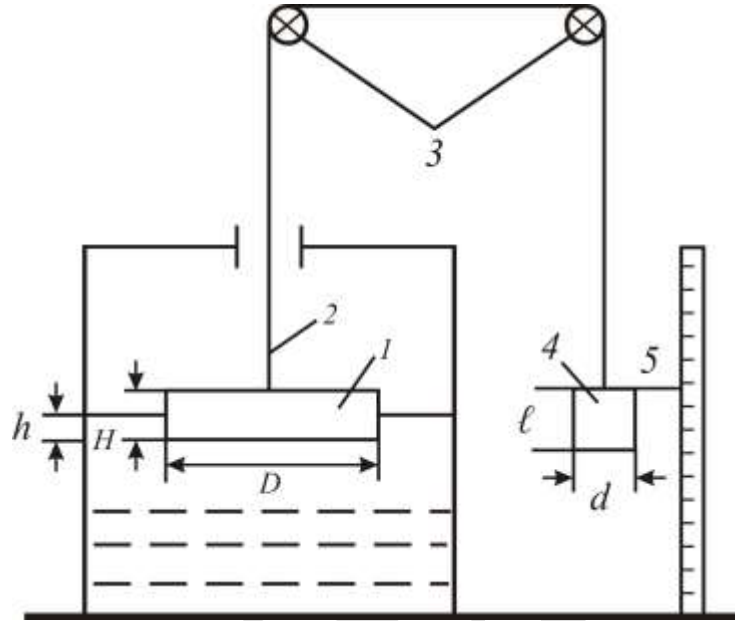
$$\Delta F = \frac{M_C}{r} \quad (3)$$

$\Delta F$  artımı üzgəcin mayeyə batırılma dərinliyinin  $\Delta a$  dəyişməsinə mütənasib olaraq dəyişir.

$$\Delta a = \frac{4\Delta F}{\pi D^2 \gamma_m} \quad (4)$$

D üzgəcin diametri;  $\gamma_m$  – mayenin xüsusi çəkisidir.

Üzgəci maye üzərində üzən səviyyə ölçənin sxemi



Şəkil

### 12120 modelli elektron dinamometrik səviyyəölçənlər (ABŞ-Mosoneilan)

#### *Təyinatı*

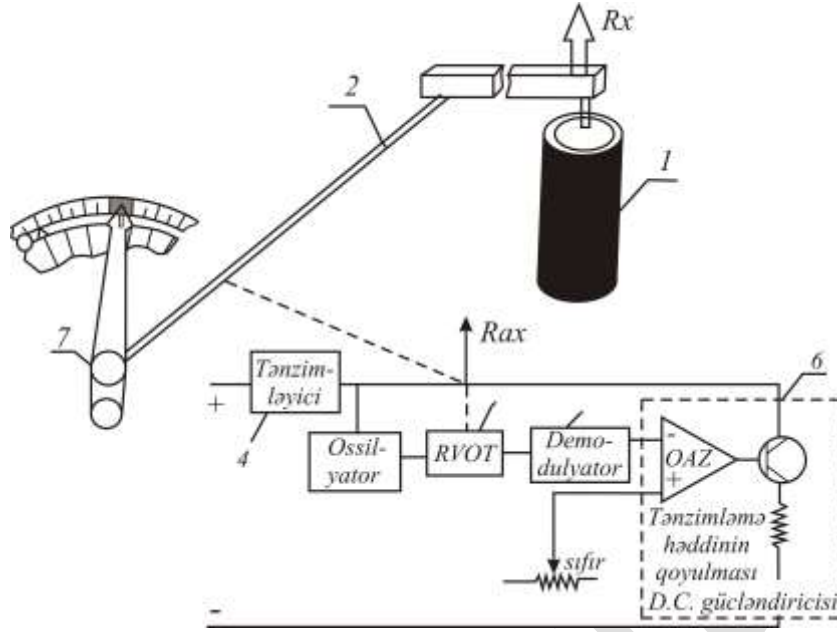
12120 modelli elektron səviyyəölçənlər neftayırma zavodlarında texnoloji aparatlarda (tutumlarda) neft və neft məhsullarının səviyyəsini ölçməkdən ötrü istifadə edilir.

Çıxış siqnalı 4-20mA, dəqiqlik sinfi 0,1%, ölçmə diapazonu isə 800 mm-dir. Çıxış siqnalını həm EHM-nin və həmçinin elektron prinsipi ilə işləyən ikinci cihazın girişinə vermək olar.

#### *İş prinsipi*

Bu modelli cihazların iş prinsipi Arximed qanununa əsaslanır. Bu səviyyəölçənlərin həssas elementli 1 silindirik batan üzgəcdən ibarətdir (şəkil 5.1). buyok sıxlığı mayenin sıxlığından böyük olan materialdan hazırlanır. Aparatda

(tutumda) mayenin səviyyəsi dəyişərkən mayədə olan 1 buyokunun kütləsi də həmin səviyyəyə uyğun olaraq, proporsional dəyişir.



Şəkil 5.1.

1 batan üzgəcin çəkisinin dəyişməsinin informasiya ölçü signalına çevrilməsi “qüvvə - cərəyan” 3 çeviricisi vasitəsi ilə həyata keçirilir. Elektron dinometrik səviyyəölçənin prinsipial sxemi şəkil 5.1-də verilmişdir. Burada ölçülən parametrlər (səviyyə 1 həssas elementi (batan üzgəc)) vasitəsilə  $R_x$  qüvvəsinə çevrilir. Yaranan  $R_x$  qüvvəsi 2 mövqeli ling vasitəsilə 3 mövqeli diferensial transformatorun (RVDT) rotorunda yaranan  $R_{ox}$  əks əlaqə qüvvəsi vasitəsilə tarazlaşdırılır.

Tutumda səviyyənin vəziyyəti dəyişdikdə 1 həssas elementinin (batan üzgəcin) çəkisi dəyişdiyinə görə 2 lingin yerdəyişməsinə (fırlanmasına) səbəb olur və nəticədə 2 lingin ucuna bağlanmış ucluq 3 RVDT-də olan rotorun bucaq vəziyyətini dəyişdirir. Nəticədə yaranan moment RVDT rotorunun boru hissəsini fırladır.

RVDT özü 4 tənzimləyicisi vasitəsilə tənzimlənən dəyişən diferensial transformatorudur. Bu transformator ilkin və ikinci iki sarıqlı makaradan ibarətdir. 3 rotorunun boru hissəsinin fırlanması ilkin makaranın sarğılarını həyacanlandırır və ikinci makaranın sarğılarında gərginlik yaranmasına səbəb olur. Nəticədə ikinci makaranın sarğılarında maqnit axını xətlərinin sayını dəyişdirir. Belə bir hal makaralardan birinin sarğılarının çıxışını gücləndirir o birisinin çıxışını isə azaldır.

Nəticədə alınan diferensial gərginlik 5 mövqeli demodulyatorunda demodulyasiya olduqdan sonra 6 mövqeli elektron gücləndiricisinin girişinə verilir. Gücləndiricinin iş prinsipi iş prinsipi 3-cü bölmədə verilmişdir.

Gücləndiricinin çıxışında alınan (4-20) mA elektrik cərəyan signalı elektron prinsipi ilə işləyən 7 mövqeli ikinci cihazın və yaxud EHM-in girişinə verilir.

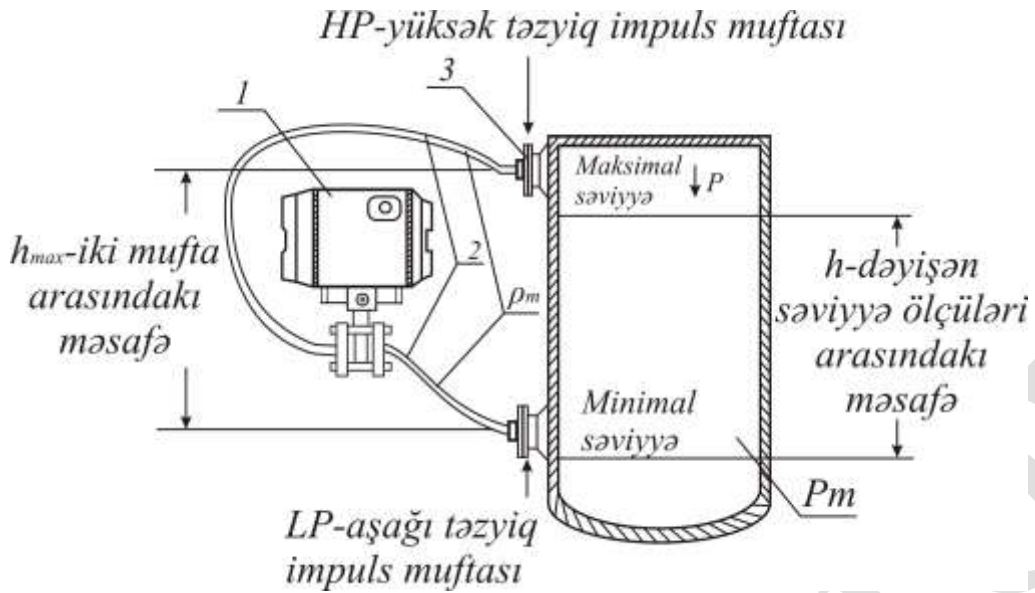
Qeyd etmək lazımdır ki, 3 mövqeli RVDT rotoru ilə 6 mövqeli gücləndiricisi arasında qoyulmuş 5 mövqeli demodulyatorunun vəzifəsi rotorun ikinci sarğılarında yaranan yarındalğaları demodulyasiya etməkdən ibarətdir, 7 mövqeli assiloqrafdan, cihazın çıxış xarakteristikalarından asılı olaraq, elektron sxemində sazlama işləri üçün istifadə edilir.

**Tenzoristor həssas elementli intellektual  
hidrostatik səviyyəölçənlər  
(ABS – Xonnevel)**

Texnoloji aparatlarda  $\rho$  sabit sıxlığı olan mayenin  $h$  hündürlüyünün yaratdığı  $P$  hidrostatik təzyiqi hidrostatik səviyyəölçənlərdə təyin etmək üçün aşağıdakı bərabərlikdə istifadə edirlər:

$$P = \rho gh \quad (5.1)$$

Adətən hidrostatik təzyiqi manometrlə və ya difmanometrlə ölçmək olar. Qeyd etmək lazımdır ki, neftayırma zavodlarında təzyiq altında olan aparatlarda mayenin səviyyəsini ölçmək üçün ABS-ın Xonnevel firmasını istehsalı olan ST-3000 tipli intellektual hidrostatik difmanometrlərdən istifadə olunur. ST-3000 tipli diferensial manometrin iş prinsipi və birləşmə sxemi verilmişdir. Belə halda yüksək təzyiq impuls muftası aparatda olan mayenin maksimum həddi olan yerdə quraşdırılır. Aparatda olan  $P$  statik təzyiq 2 impuls borusu vasitəsilə 1 difmanometrin ölçü kameralarına



Şəkil 5.2. ST 3000 tipli səviyyəvericisinin çənlərdə quraşdırma sxemi daxil olur. Əgər ( $h=0$ ,  $\Delta P=\Delta P_{\max}$ ) və ( $h=h_{\max}$ ,  $\Delta P=0$ ) olarsa, o halda ölçülən təzyiqlər fərqi aşağıdakı şəkildə olacaqdır.

$$\Delta P = \rho_m \cdot g \cdot h_{\max} - \rho_m \cdot g \cdot h = \rho_m g (h_{\max} - h) \quad (6.2)$$

ST-3000 tipli difmanometrin çıxış signalı (4-20) mA, ölçü diapazonu (0-0,714) MPa, dəqiqlik sinfi isə 0,1 %-dir.

Bu difmanometrin çıxış signalını həm EHM-in, həm də elektron prinsipi ilə işləyən ikinci cihazın girişinə vermək olar. ST-3000 tipli difmanometrin iş prinsipi 3-cü bölmədə verilmişdir.

### **İntelektual Radar səviyyəölçənlər.**

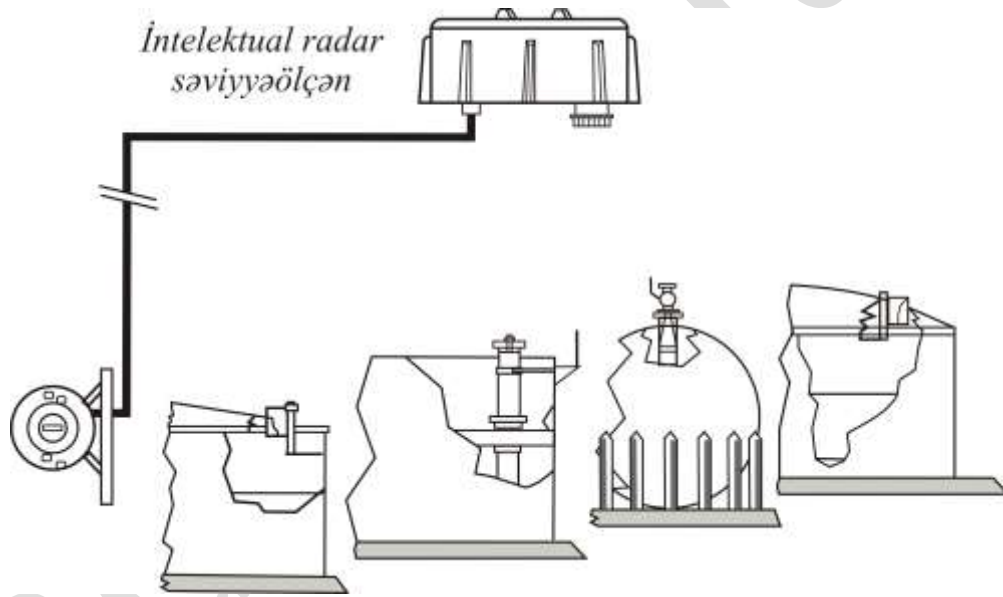
**[Niderland - ENRAF]**

İntelektual Radar səviyyəölçənlərin iş prinsipi neft və neft məhsulları saxlanan çənlərin üst tərəfinə quraşdırılmış radiolokator antenası vasitəsilə mayenin üst qatına radiomaqnit dalğaların (impulsların) ötürülməsi və həmin antena vasitəsilə də mayenin üst qatından əks olunmuş impulsların tutulmasına əsaslanmışdır. İmpulslararası məsafənin yekun müddəti çənlərin yuxarı zonası (maksimal hündürlük) ilə mayenin üst qatının arasındakı məsafəni təyin edən parametrdir. Boş çənlərdə 40 metr hündürlüyündə dolma zamanı impuls signalının yayılma müddəti (ışıq sürəti ilə) təxminən 0,000000133 saniyədir. Belə qısa zaman intervalında 1 mm-dək dəqiqliklə səviyyənin tələb olunan yerdə ölçülməsini aparmaq çox mürəkkəb bir məsələdir. Bu məsələnin həll edilməsi üçün Hollandiyanın «ENRAF» firması özünün «Sintezedici



İmpuls radar» (SİR) sistemini işləyib hazırlamışdır. Bu sistemin əsas üstünlüyü impuls siqnallarının qəbulunu tezlik modulu vasitəsilə tezlik formasına çevrilməyə imkan verir. Bu isə tezliklər arasındakı fərqi mayenin üst qatından əks olunmuş siqnalların və çənin üstündən aşağı buraxılan siqnalların xarakteristikalarını müqayisə etməklə müəyyənləşdirməyə imkan verir. Nəticədə alınmış tezliklər fərqi səviyyəsi təyin ediləcək mühitin məsafəsinin ölçüsü sayılır. Beləliklə, sintezedici impuls radar sisteminin çıxışında alınan tezliklər fərqi sabit cərəyan siqnalına və yaxud rəqəm şəkilli koda çevirmək üçün elektron çeviricisinin girişinə ötürülür. Elektron çeviricisinin iş prinsipi 3-cü bölmədə verilmişdir. İnelektual radar səviyyəölçənlərin çənlərə birləşdirmə sxemi şəkil 6.3-də verilmişdir.

“ENRAF” firmasının istehsalı olan intellektual radar səviyyəölçənlərin çıxış siqnalı (4-20) mA, dəqiqliyi 1 mm, ölçü diapazonu isə (0-40.000) mm-dir.



Şəkil 5.3

### Radioizotop səviyyəölçənlər

[Fransa - BERTHOLD]

Radioizotop səviyyəölçən cihazlar vasitəsi ilə texnoloji proseslərin idarə edilməsində daxilində mayenin səviyyəsi çətin ölçülən qapalı aparatlarda yüksək temperatur və təzyiqə malik olan ya aqressiv mayenin, ya da dənəvər maddələrin səviyyəsi ölçülür.

Radioizotop səviyyəölçənlərin iş prinsipi radioizotop şüalanmasının, səviyyəsi ölçülən maddə ilə qarşılıqlı təsiri zamanı yaranan intensivliyin ölçülməsinə əsaslanır. Maddə qatından keçən qamma ( $\gamma$ ) şüaların intensivliyi aşağıdakı asılıqla ifadə olunur:

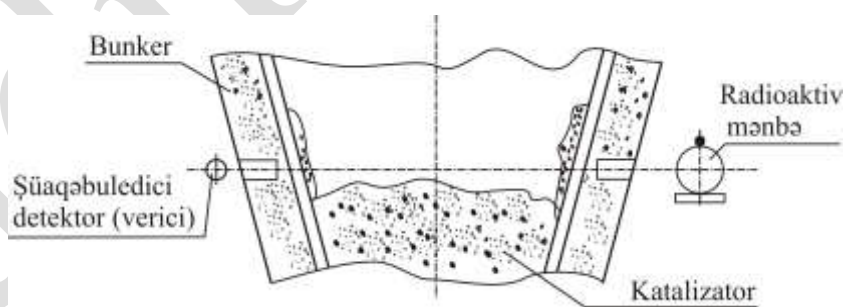
$$j_x = j_0 \cdot e^{-\mu x} \quad (5.3)$$

burada  $j_x$  - maddə qatından keçən şüanın intensivliyi;  $j_0$  - şüanın başlanğıc intensivliyi;  $\mu$  -  $\gamma$  şüalarının zəifləmə əmsalındır (bu əmsal maddə qatının xassəsindən və qalınlığından asılıdır).

Burada səviyyə radioizotop maddələrin şüalandırma və şüaların əksetmə üsullarına görə ölçülür. Şüalandırma üsulunda səviyyəyə nəzarət etmə radioaktiv şüaların ölçülən mühit tərəfindən udulmasının müxtəlifliyinə əsaslanır.

Şüaların əksetmə üsulunda səviyyəyə nəzarət etmə mühitlərin radioaktiv şüaları əksetmə xassələrinin müxtəlif olmasına əsaslanır. Şüalandırma üsuluna əsaslanan radioaktiv səviyyəölçənlər stasionar və izləyici olur. Stasionar səviyyəölçənlərdə səviyyənin fasiləsiz ölçülməsi hərəkətsiz vericinin şüaqəbuledicidə ölçülən mühütdən keçən şüaların intensivliyini ölçməklə əldə edilir.

İzləyici səviyyəölçənlərdə isə verici və qəbuledici, səviyyənin dəyişməsindən asılı olaraq, yerini sinxron dəyişir. Qeyd etmək lazımdır ki, neftayırma zavodlarında adətən stasionar radioizotop səviyyəölçənlərdən istifadə edilir (şəkil 5.4).



Şəkil 5.4.

Bu cür stasionar radioizotop cihazlardan, Fransanın «Berthold» firmasının istehsalı olan LB3121 tipli vericisi (detektoru) olan izotop səviyyə vericilərdən katalitik krekinq qurğusunun regene-rasiya bölməsindəki tutumlarda katalizatorun səviyyəsini ölçmək üçün istifadə edilir. Onlar özündə bir ədəd radioaktiv mənbəyi və  $\gamma$  şüalar deteksiya sistemini birləşdirir.

Bu sistem radioaktiv şüa mənbəyindən, mənbəyin gövdəsindən, verici detektordan (şüa qəbuledicisindən), operator otağında mərkəzi nəzarət lövhəsinin arxasında yerləşdirilən elektron gücləndiricidən, radioizotop mənbəyi tənzimləyən və zəifləməsini kompensasiya edən avadanlıqlardan, ikiqat reversiv reledən ibarətdir.

LB 3121 tipli detektorlu izotop səviyyəölçənlərin radioaktiv mənbəyi qəbuledici detektoru səviyyəsinə nəzarət olunacaq tutumda tələb olunan hündürlükdə bir-birinə əks olan bir ox istiqamətində quraşdırılır (şəkil 5.4).

Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, bunkerdə (tutumda) katalizatorun səviyyəsi şüalanma mənbəyi ilə qəbul detektorunun səviyyəsinə çatdıqda qəbuledici detektorun girişində intensivlik dəyişir. Bu zaman qəbuledici detektorunun girişinə verilən siqnalla dayaq gərginliyi arasındakı tarazlıq pozulur. Nəticədə qəbuledici detektorun çıxışında alınan impuls elektrik siqnalları ikinaqilli kabel vasitəsilə elektron gücləndiricisinə və oradan isə reversiv kontaktları olan releyə verilir. Relenin çıxış kontaktlarında yaranan (0-5) mA və yaxud (4-20) mA elektrik cərəyan siqnalını iki naqıl vasitəsilə ya ikinci elektron cihaza, ya da EHM-nin girişinə verirlər.

Yuxarıda adları çəkilən elektron quruluşlarının iş prinsipi 3-cü bölmədə verilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, LB 3121 tipli izləyici izotop səviyyəölçənlərin ölçü diapazonu (0-40) metr, dəqiqlik sinfi isə 1 mm-dir.

Stasionar izotop səviyyəölçənlər isə bunkerin aşağı hissəsindən (0 bölgüsündən) yuxarıya doğru - (10; 40; 60) metr hündürlükdə quraşdırılmışdır. Dəqiqliyi 1,5 mm-dir.

## Mühazirə 8

### Miqdar və sərf ölçən cihazlar. Tenzorezistor həssas elementli intellektual diferensial sərfölçən cihaz. Turbinli sərfölçənlər. Sərfölçən cihazların pnevmatik və elektrik dövrələrinə qoşulma sxemləri

#### Miqdar və sərf haqqında əsas anlayış və onların ölçü vahidləri

İstehsalat proseslərinin idarə edilməsində maddələrin miqdarının və sərfinin ölçülməsinin böyük əhəmiyyəti var. Texnoloji proseslərin idarə edilməsində xammalın, yarımfabrikatların, reagent-lərin və qurğunun çıxış məhsullarının sərfini və yaxud miqdarını ölçmədən iş rejimini düzgün və səmərəli təşkil etmək olmaz. Vahid zaman ərzində boru kəmərinin baxılan en kəsiyindən keçən maddənin həcminə və kütləsinə sərf deyilir. Sərf vahidi t/saat, m<sup>3</sup>/saat və s. qəbul edilmişdir.

Müəyyən zaman ərzində (saatda, sutkada, növbədə, ayda və s.) ölçülən maddə həcminə və kütləsinə maddənin miqdarı deyilir. Əgər bir saat ərzində olan sərf Q, ton/saat olarsa, onda bu vaxt ərzində keçən maddənin miqdarı:

$$G = \frac{Q \cdot \tau}{3600} \text{ ton} \quad (4.1)$$

olacaqdır.

Sərfi ölçən cihazlara sərfölçənlər, maddə miqdarını ölçən cihazlara isə sayğaclar deyilir.

Sərfölçən cihazlar sərfin ani qiymətini göstərir. Bu kəmiyyət fasiləsiz olaraq dəyişə bilər, yəni zamandan asılı funksiyadır:  $Q = f(\tau)$ . Bu halda  $\tau_1$  -dən  $\tau_2$  -yə qədər olan vaxt ərzində keçən maddə miqdarı:

$$G = \int_{\tau_1}^{\tau_2} Q d\tau, \text{ ton} \quad (4.2)$$

olacaqdır.

Adətən, sərfölçən cihazlarda (4.2) düsturu ilə ifadə olunmuş inteqrallamanı avtomatik yerinə yetirən hesablayıcılar - inteqrallayıcılar quraşdırılır. Əgər hər bir anda sərfin ölçülməsi lazım deyilsə və müəyyən vaxt ərzində keçən maddə miqdarına nəzarət

olunursa, onda sərfi yazan və ya göstərən quruluşu olmayan cihazlardan - sayğaclardan istifadə edilir. Maddə miqdarı sayğacları yalnız inteqrallayıcıya malik olur. İnteqrallayıcılar, transportyor lentinin üzəri ilə gedən və ya bunkerdən daha aşağı səviyyədə yerləşən qəbulediciyə tökülən hər hansı maddənin miqdarını təyin edən avtomatik tərəzilərdə də qoyulur.

### **Miqdar və sərf ölçən cihazların təsnifatı**

Maddələrin miqdarını ölçən sayğacları işləmə prinsiplərinə görə 3 yerə ayırmaq olar:

- 1) sürət sayğacları;
- 2) həcm sayğacları;
- 3) çəki sayğacları.

Sərf ölçən cihazları ölçmə üsullarına görə 5 qrupa ayırmaq olar:

- 1) dəyişən təzyiqlər düşküsünə görə sərfölçənlər;
- 2) sabit təzyiqlər düşküsünə görə sərfölçənlər;
- 3) sürət basqısına görə sərfölçənlər;
- 4) dəyişən səviyyələrə görə sərfölçənlər;
- 5) elektromaqnit, ultrasəs, radioaktiv və s. sərfölçənlər.

### **Tenzorezistor həssas elementli**

#### **ST-3000 tipli intellektual diferensial sərfölçən cihaz**

#### **(ABS - Xonnevel)**

Maye, qaz və buxarın sərfini ölçmək üçün ən geniş yayılan prinsiplərdən biri daraldıcı quruluşlarda təzyiqlər fərqi ölçülməsidir. Bu prinsipin geniş miqyasda istifadə olunmasının bir çox üstünlükləri vardır. Bunlardan ölçü quruluşunun sadəliyi və etibarlılığı, həmin quruluşda hərəkət edən hissənin olmaması, ölçülən mühitdə təzyiq və temperaturun müxtəlif diapazonlarda dəyişməsindən asılı olmayaraq kütləvi ölçü vasitələrinin hazırlanması və s. kimi cəhətləri misal göstərmək olar.

Baxdığımız bu prinsiplə sərf ölçülərkən burada daraldıcı quruluş qoyulur. Axın daraldıcı quruluşun deşiyindən keçərkən axının sürəti daraldıcı quruluşdan əvvəlki

sürətinə nisbətən yüksək olur. Elə buna görə də daraldıcı quruluşun çıxışında onun girişindəki təzyiqə görə azalır və daraldıcı quruluşda təzyiqlər fərqi yaranır ki, bunu da difmanometrlə ölçmək olur. Difmanometrlə ölçülən təzyiqlər fərqi daraldıcı quruluşda yaranan sürətdən və yaxud axının sərfindən asılıdır. Təzyiq vericisi təzyiqlər fərqi ölçür və ölçülən parametrin qiymətinə mütənasib olaraq çıxış siqnalı verir. ST-300 tipli diferensial sərfölçən cihazın çıxış elektrik siqnalı ya 4-20 mA cərəyan şəklində və yaxud rəqəm formasında idarəedici elektron hesablama maşının girişinə verilir.

Rəqəm və yaxud analoq rejimin seçilməsi NÖC- kommunikator vasitəsilə həyata keçirilir.

Hazırda neftayırma zavodlarında elektron prinsipi ilə işləyən ST-3000 tipli intellektual diferensial sərfölçən cihazlardan geniş miqyasda istifadə edilir. Tenzorezistor həssas elementli ST-3000 tipli difmanometrin çıxış siqnalı (4-20) mA cərəyan siqnalı və yaxud rəqəm formasında kodlar vermək imkanına malikdir. Ölçü diapazonu (0-1,0) MPa dəqiqlik sinfi isə 0,1%-dir.

Difmanometrin çıxış siqnalı iki elektrik naqili vasitəsi ilə EHM-nin və yaxud kommunikatorun girişinə bağlanır. Bu difmanometrin çıxış siqnalını həmçinin elektron prinsipi ilə işləyən ikinci cihazın girişinə də qoşmaq olar.

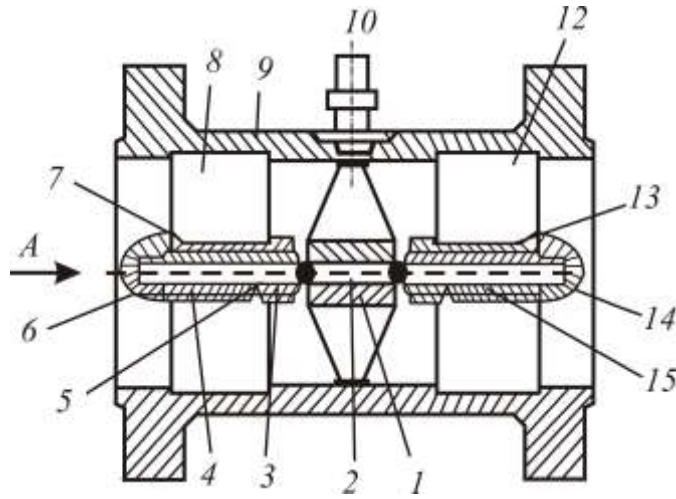
ST-3000 tipli intellektual diferensial sərfölçən cihazın iş prinsipi bölmə 3, şəkil 3.1-də göstərilmiş təzyiq vericisinin iş prinsipi ilə eynidir.

### **Turbinli sərfölçənlər**

Hazırda maye miqdarının uçotunu aparmaq üçün turbinli sərfölçənlərdən istifadə edirlər.

Turbinli sərfölçənlər əsas etibarilə turbin çeviricisindən və ikinci cihazdan ibarətdir. Turbinli sərfölçənlərin turbin çeviriciləri 9 gövdəsindən və 1 turbin rotorundan ibarətdir (şəkil 4.1.). Çeviricinin gövdəsinə 10 impuls verici başlıq bərkidilmişdir.

Turbinli sərfölçənlərin iş prinsipi onun ölçü mühitində yerləşdirilmiş həssas elementin (fırlanan rotorun) fırlanma sürətinin axın sürətinin dəyişməsindən asılılığı ilə xarakterizə olunur.



Şəkil 5.1

1-turbin (rotor); 2- oxun deşiyi; 3, 11- yastıqlar; 4-arxa yastığın gövdəsi; 5- yüksək təzyiqli sahəsi;

6,14-axınlıq; 7, 13-konusvari vtulkalar;

8, 12-istiqaşmätlendirici qurğu; 9-sayğacın gövdəsi; 10- impulsarı qəbul edən quruluş;

15-qabaq yastığın gövdəsi;

A- istiqamätlendirilmiş axın.

Əgər vahid zamanda turbinin (rotorun) dövrlər sayı  $n$  olarsa, onda axın sürətinin turbinin fırlanma sürətindən asılılığı aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$n = k \cdot W \quad (4.3)$$

burada  $k$  - mütənəsiblik əmsalı,  $W$  -  $F$  en kəşiyinə malik sayğacdən keçən axının sürətidir. Onda sayğacın göstərdiyi həcm sərfi aşağıdakı tənlikdən alınan kəmiyyətə bərabər olar:

$$Q = W \cdot F \quad (4.4)$$

(4.3) və (4.4) tənliklərini birlikdə həll etsək, onda:

$$n = \frac{kQ}{F} \quad (4.5)$$

alırıq. Buradan aydın olur ki, turbinin  $n$  dövrlər sayını qeyd edən taxometrin şkalası ölçülən maye axınının həcm-sərf vahidi ilə dərəcələnməlidir. Belə bir halda:

$$Q = \frac{dV}{\tau} \quad (4.6)$$

və  $\tau = (\tau_2 - \tau_1)$  vaxtda sayğacın ölçdüüyü maddənin həcmi  $V$  olarsa,  $V = \int_{\tau_1}^{\tau_2} Q d\tau$  onda

(4.6) ifadəsi (4.5) nəzərə alınmaqla aşağıdakı şəkil alacaqdır:

$$nd\tau = \frac{K}{F} \cdot dV \quad (4.7)$$

$\tau_1 - \tau_2$  vaxt intervalında (4.7) ifadəsini inteqrallasaq, onda aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$V = \frac{K}{F} \cdot (N_2 - N_1) \quad (4.8)$$

burada  $N_2 - N_1 = \int_{\tau_1}^{\tau_2} nd\tau$  -  $\tau_1 - \tau_2$  vaxt intervalında turbinin dövrlər sayıdır. Beləliklə,

turbinin dövrlər sayını ölçməklə ölçülən maddənin (mayenin) həcmi haqqında məlumat ala bilərik. Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi, turbinli sərfölçənlərin gövdəsinə hesablayıcı mexanizm olan impuls çeviriciləri bərkidilmişdir. İmpuls çeviricinin rotoru turbin rotorunun oxu vasitəsilə fırlanmağa başlayır və statorda yaranan EHQ-ni elektrik cərəyanına çevirmək üçün elektron çeviricisinə (moduluna) verilir. Elektron çeviricinin modulunun iş prinsipi 3-cü bölmədə verilmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, müxtəlif özüllülüyə və temperatura malik olan mayelərin səfləri ölçülərkən ölçmənin yüksək dəqiqliyini təmin etmək üçün turbin vericisinin göstərişinə düzəliş vermək üçün elektron sensorunun girişinə avtomatik özüllülük kompensatoru və müqavimət termometri də qoşulur. Avtomatik özüllülüüyü ölçən cihazın iş prinsipi 6-cı bölmədə verilmişdir.

Hazırda respublikamızın neftayırma zavodlarında xam neft qovşaqlarında və texnoloji qurğularında xam neftin və neft məhsullarının miqdarını hesablamaq üçün İngiltərənin «Elektron Flovmetra LTD» firmasının lisenziyası əsasında Macarıstanın «MMQ» firmasının istehsalı olan «Turbokvant» tipli turbinli sərfölçənlərdən istifadə olunur. Bu cür turbinli sərfölçənlər 17 müxtəlif (6mm-dən 500 mm) qədər diametrlərdə istehsal olunur. Ölçü diapazonları 0,03 m<sup>3</sup>/saatdan 6500 m<sup>3</sup>/saata qədər dəyişir.

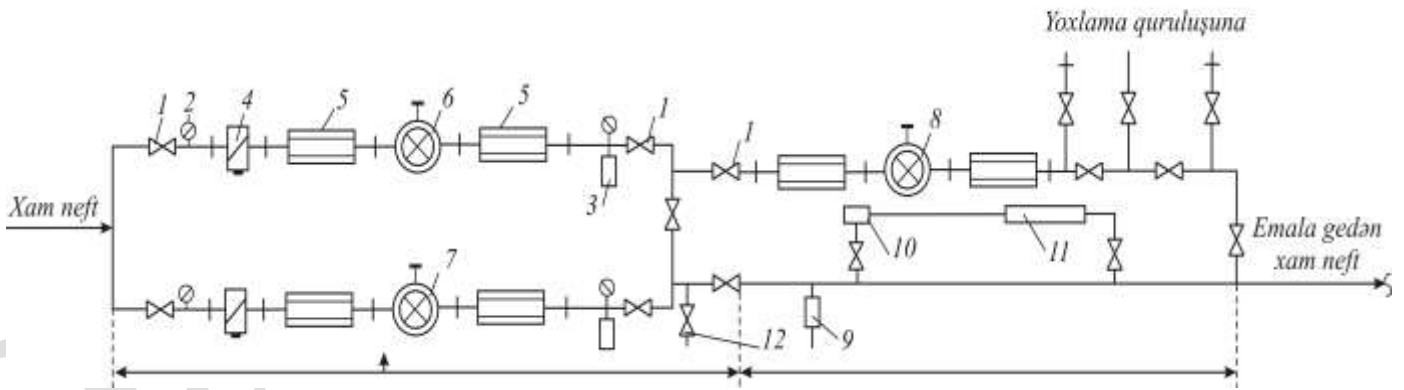


Dəqiqlik sinfi 0,25 %-dir. Təzyiqi 25,0 MPa və temperaturu isə (-200) °C-dən (+250) °C-dək olan mühitdə işləyə bilər.

Neftayırma zavodlarında neftin qəbulu zamanı istifadə olunan uçot qovşağının sxemi şəkil 4.3-də verilmişdir. Uçot qovşağı (işçi, ehtiyat, nəzarət) sayğaclarından, axın düzləndiricilərindən, filtrlərdən, nümunəgötürən quruluşdan, manometrlərdən, termometrlərdən, nəmlikölçən, sıxlıq ölçəndən, siyirtmələrdən və ventillərdən ibarət olan bir texnoloji quruluşdur. Bir uçot qovşağında quraşdırılmış (işçi, ehtiyat və nəzarət) sayğacların məhsuldarlığı eyni olmalıdır. Ölçmədəki xətanın  $\pm 0,25\%$  dən yuxarı olmaması üçün sayğaclar optimal məhsuldarlıqla yüklənməlidir. İşçi təzyiq isə sayğaclarından sonra 0,3MPa aşağı olmamalıdır.

Yoxlamadan keçmiş və möhürlənmiş istənilən sayğacdən ehtiyat sayğac kimi istifadə etmək olar. Nəzarət sayğacından isə istənilən vaxt işçi sayğacın göstəricisini yoxlamaq üçün istifadə edirlər və bu sayğac saz olmalı, yoxlamadan keçməli və möhür olmalıdır. Nəzarət sayğacı stabil işçi xarakteristikasına malik və işçi vəziyyətdə olmalı, yoxlanılacaq sayğacdən sonra quraşdırılmalıdır.

Uçot qovşağının standart sxemi



Şəkil 4.2

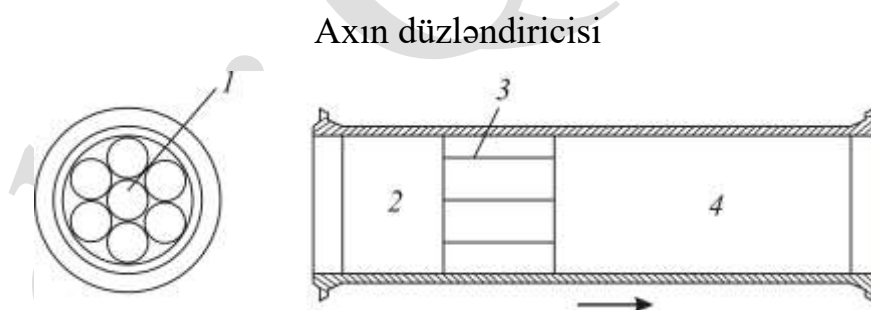
- 1- Siyirtmə; 2-Manometr; 3-Termometr; 4- Filtr (süzgəc); 5-Axın düzləndiricisi;  
6- İşçi sayğac; 7- Ehtiyat sayğacı; 8- Nəzarət sayğacı; 9- Nümunə götürən quruluş;  
10- Nəmlik ölçən cihaz; 11- sıxlıq ölçən cihaz; 12- Sızmanı yoxlamaq üçün ventill.

Xam neftin orta nümunəsini götürmək üçün uçot qovşağında nümunə götürülən cihaz, çıxışında isə tələb olunan ölçü diapazonunda manometr, qeydiyyat qovşağından keçən neftin temperaturunu ölçmək üçün texniki termometr quraşdırılır.

Turbin sayğacları quraşdırılan xətlərdə, yuxarıda göstərilənlərdən başqa, köməkçi filtr, axın düzləndiricisi və s. avadanlıqlar da quraşdırılmalıdır.

Turbin sayğacları üfüqi vəziyyətdə quraşdırılmalıdır. Turbin sayğaclarının quraşdırılma sxemi və istismar şəraiti elə olmalıdır ki, neft buxarları yaranmasının qarşısı alınsın.

Qeyd etmək lazımdır ki, maye axınının qeyri-bərabər sürəti və burulğanlı olması turbinli sərfölçənlərin göstərişinin dəqiqliyinə mənfi təsir edir. Bu yuxarıda adları çəkilən maneələr isə yerli müqavimətlərin (boruların əyilməsi, klapanların, siyirtmələrin və başqa avadanlıqların uçot qovşağında quraşdırılması) yaranması nəticəsində meydana çıxır. Ona görə də turbinli sərfölçəndən əvvəl və sonra axının laminarlığını təmin etmək lazımdır. Axının laminarlığına nail olmaq üçün “Turbokvant”dan əvvəl və sonra tələb olunan düz sahə xüsusi quruluş (axın düzləndiricisi) qoymaqla yaradılır (şəkil 4.3).



Şəkil 4.3

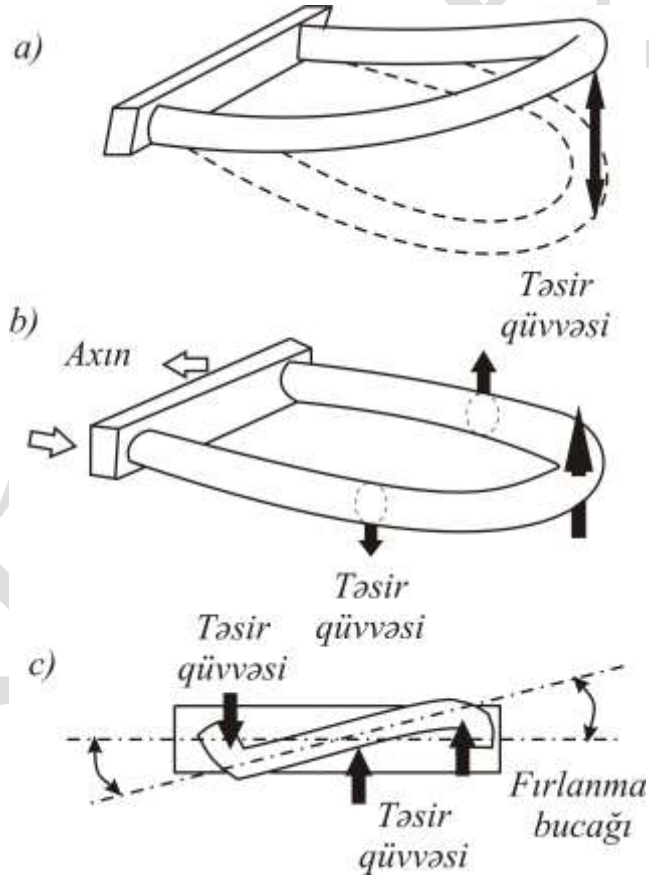
“Turbokvant”dan əvvəlki düz sahənin diametrinin sayğacın borusunun diametrindən 15-20, sayğacdan sonrakı düz sahənin diametrinin isə borunun diametrindən 5 dəfədən az olmaması məqsədəuyğundur. Düz sahəni azaltmaq məqsədilə axın düzləndiricisindən istifadə edirlər (şəkil 4.3). Sayğacdan əvvəl axın düzləndiricisi qoyularkən düzləndirici sahənin ümumi uzunluğu sayğac quraşdırılan borunun diametrin 10 mislinə bərabər olmalıdır.

**Koriolis kütlə sərfölçənləri  
(ABŞ-FİŞER-ROSEMOUNT)**

Koriolis kütlə sərfölçənləri verici sensordan və elektron çeviricidən (moduldan) ibarətdir. Çevirici sensor maye axan borunun gövdəsinə bağlanmış xüsusi konstruksiyaya malik olan bir və ya iki ölçü borusundan ibarətdir (bax: şəkil 4.4, 4.5).

Sərfölçənlərin iş prinsipi Nyutonun ikinci qanununa əsaslanır, yəni borudan axan mayenin borunun səthinə təsir etdiyi  $F$  qüvvəsi (koriolis qüvvəsi) həmin borudan axan mayenin  $m$  kütləsi ilə  $a$  təcilinə hasilinə bərabərdir, yəni  $F = ma$ .

Beləliklə, ölçü borularında (sensorunda) elektromaqnit makaranın köməkliyi ilə titrəyiş yaradılır (şəkil 4.5). Titrəyən borudan keçən Koriolis axın qüvvələrinin təsiri nəticəsində giriş və çıxış dirsəkləri arasında qeyri-simmetrik deformasiyanın yaratdığı amplituda borudan axan mayenin kütlə sərfi ilə düz mütənəsbdir.

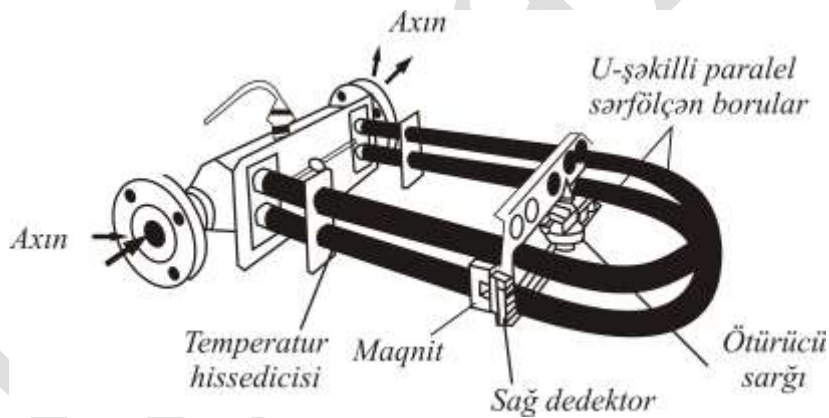


Şəkil 4.4

Titrəyişin yaranmasına isə səbəb borudan axan mayenin boruya şaquli istiqamətləndirilmiş hərəkəti törədir. Titrəmənin birinci dövründə əgər boru yuxarıya doğru hərəkət edərsə (şəkil 4.4a), o zaman borudan axan maye borunu aşağı basmaqla onun yuxarıya doğru hərəkətinə müqavimət göstərir (şəkil 4.4.b). Bu isə borunun

burulmasına səbəb olur (şəkil 4.4.c). titrəyişin ikinci dövründə boru aşağı doğru hərəkət edir, o isə əks istiqamətdə burulur. Bu burulma Korolis effekti adlanır. Nyutonun II qanununa əsasən, sensor borusunun burulma bucağı vahid zaman ərzində borudan keçən mayenin miqdarı ilə düz mütənasibdir və yaxud deformasiya nəticəsində ölçü borusunda (sensoreda) yaranan rəqs, kamerton rəqsinə uyğun olaraq, 1 mm amplitudaya və saniyədə 80 dövrəyə bərabər tezliyə malikdir.

Beləliklə, ölçü borusunda (sensoreda) yaranan tezliyi ölçməklə borudan axan mayenin, qazın həm sıxlığını və həm də birbaşa kütləsini ölçmək olar. Bunun üçün ölçü borusunda (sensoreda) yaranan tezlik körpü sxemi vasitəsilə elektron çeviricisinə (sensoruna) verilir. Elektron çeviricinin işi haqqında 3-cü bölmədə geniş izahat verilmişdir. Elektron çeviricisinin çıxışında alınan 4-20 mA elektrik cərəyan siqnalını elektron hesablayıcı maşının və yaxud elektron prinsipi ilə işləyən ikinci cihazın girişinə vermək olar.



Şəkil 4.5

İstehsalatda aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, xalis neftin hesablanması dəqiqliyi əsasən qovşağa daxil olan neftin və onun tərkibində olan suyun sıxlığının ölçmə dəqiqliyi ilə təyin olunur.

Beləliklə, qeyd etmək lazımdır ki, istismarda olan bu cür kütlə sərfləncələrinin verici sensorları sərfin, sıxlığın və temperaturun ölçülməsində ən yeni etalondur. Sensor aqressiv (yeyici) mühitdə işləyərkən yüksək istismar xarakteristikasına və etibarlılığa malikdir.

Onların ölçmə diapazonu (0-680.400) kq/saat, dəqiqlik sinfi 0,1%-dir.

## **Mühazirə 9.**

### **Aralıq əlaqəyaradıcı elementlər. Ölçü sxemləri: körpü, diferensial və kompensasiya ölçü sxemləri**

#### **Ölçü sxemləri. Körpü ölçmə sxemləri**

Körpü sxemləri ölçmə texnikasında geniş tətbiq olunur. Bu sxemlərdən həmçinin qeyri – elektrik kəmiyyətlərini elektrik üsulları ilə ölçmə zamanı da istifadə edilir. Körpü sxemləri elektrik ölçmə texnikasında müqaviməti, induktivliyi, tutumu, kondensatorun itki bucağını, qarşılıqlı induktivliyi və tezliyi ölçmək üçün geniş tətbiq olunur. Körpü sxemlərinin əsasında qeyri – elektrik kəmiyyətlərini (məsələn, temperaturu, yerdəyişmələri və s.) ölçən cihazlar, müxtəlif avtomatik və telemexaniki qurğular yaratmaq mümkündür.

Körpü sxeminin əsas üstünlüyü onun yüksək həssaslığa və dəqiqliyə malik olmasıdır.

Qurulma sxeminə görə körpü dövrləri dördqollu (birqat) və çoxqollu olur. Körpünü ölçülən kəmiyyətin qiymətinin oxunduğu vəziyyətə gətirmə üsuluna görə əl ilə müvazinətləndirilən və avtomatik müvazinətləndirilən körpülər mövcuddur.

Körpülər müvazinətləndirilmiş və müvazinətləndirilməmiş, birqat və ikiqat kimi qruplara ayrılırlar.

Cərəyanın növündən asılı olaraq sabit cərəyan və dəyişən cərəyan körpüləri vardır. Dəyişən cərəyan körpüləri sənaye tezliyində (50 Hz) və ya yüksək tezliklərdə (400 Hz, 1000 Hz və s.) işlədilir.

#### **Sabit cərəyan körpüləri**

Sabit cərəyan mənbəyindən qidalanan dördqollu körpülər birqat sabit cərəyan körpüləri adlanır. Onlar sabit cərəyanda müqaviməti ölçmək üçün geniş istifadə olunur.

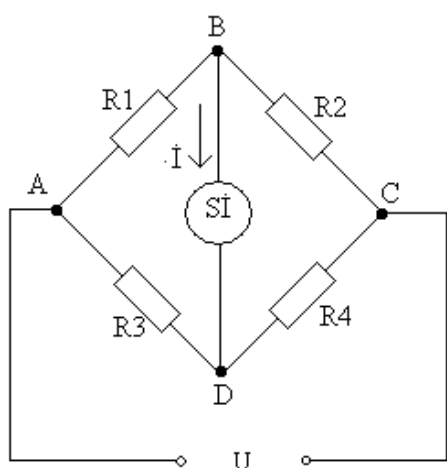
Çox kiçik müqavimətləri ölçdükdə (adətən  $<10\ \Omega$ ) ikiqat körpülərdən istifadə olunur. İkiqat körpülərdə sabit və dəyişən nisbətdə qolları olan sxemlərdən istifadə olunur.

Müvazinətlənmə prosesi avtomatlaşdırılan körpülərə avtomatik körpülər deyilir.

Müvazinətləndirilməmiş körpülər müvazinətləndirilmiş körpülərə nisbətən kiçik dəqiqliyə malikdirlər. Lakin belə körpülər daha universaldırlar və həm statik, həm də dinamik prosesləri ölçmək üçün istifadə olurlar.

Müvazinətləndirilmiş körpülərdən elmi-tədqiqat işlərində, istehsalatda yüksək dəqiqliklə ölçmə aparmaq lazım gəldikdə və s. istifadə olunur.

2.6 şəklində birqat sabit cərəyan körpüsünün sxemi göstərilmişdir.



**Şəkil 2.6.** Birqat sabit cərəyan körpüsünün sxemi

Körpünün AC diaqonalına sabit cərəyan mənbəyindən  $U$  gərginliyi verilir; BD çıxış diaqonalına (bu diaqanal ölçmə və ya indikator diaqonalı adlanır) isə sıfır-indikator, məsələn, qalvanometr qoşulur. Kirxof qanunlarından istifadə etməklə ölçmə diaqonalındakı cərəyan üçün ifadəni aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$I = \frac{U(R_1 R_4 - R_2 R_3)}{R_q(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_1 R_2(R_3 + R_4) + R_3 R_4(R_1 + R_2)}$$

burada  $R_q$  – qalvanometr daxili müqaviməti,

$I, U$  – körpünü qidalandıran cərəyan və gərginlikdir.

Körpü müvazinət halında olduqda BD diaqonalında cərəyan sıfır bərabər olur.

Bunun üçün aşağıdakı bərabərlik ödənilməlidir: ( $I=0$ )

$$R_1 R_4 = R_2 R_3.$$

Bu ifadə ölçülən müqavimətin körpünün istənilən qoluna qoşula və digər üç qolun müqavimətinə görə qiymətinin tapıla bilməsi imkanını göstərir:

$$R_x = R_2 R_3 / R_4$$

(əgər  $R_1 = R_x$ , yəni naməlum müqavimət olarsa), onda

$$R_x R_4 = R_2 R_3$$

$$R_x = R_2 R_3 / R_4 .$$

Körpünün əsas xarakteristikalarından biri onun *həssaslığı* olub, ölçülən kəmiyyətin ən kiçik qiymətini hiss etmə qabiliyyəti kimi başa düşülür. Sabit cərəyan körpüsü sxeminin cərəyana, gərginliyə və gücə görə həssaslığını belə ifadə etmək olar:

$$S_k^I = \Delta I / \Delta R_1, \quad S_k^U = \Delta U / \Delta R_1, \quad S_k^P = \Delta P / \Delta R_1 ,$$

burada  $\Delta I$ ,  $\Delta U$  və  $\Delta P$  – qolun müqaviməti  $\Delta R_1$  qədər artdıqda körpünün diaqonalında müvazinət ətrafında uyğun olaraq cərəyan, gərginlik və güc artımıdır.

Sıfır-indikator kimi qalvanometrədən istifadə olunduqda körpünün həssaslığı

$$S_k = S_k^I S = \frac{\Delta I}{\Delta R_1} \frac{\Delta \alpha}{\Delta I} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta R_1} ,$$

burada  $\Delta \alpha$  – qalvanometrin hərəkət edən hissəsinin yerdəyişməsidir.

Sonuncu ifadəyə görə sabit cərəyan körpüsünün mütləq həssaslığı təyin edilir.

Bəzən körpünün həssaslığını qiymətləndirmək üçün müqavimətin nisbi dəyişməsinə görə həssaslıq anlayışından istifadə olunur:

$$S_k' = \frac{\Delta \alpha}{(\Delta R_1 / R_1) \cdot 100} .$$

Bu ifadədən görünür ki, müqavimətin nisbi dəyişməsinə görə körpünün həssaslığı  $R_1$  qolunun müqavimətinin dəyişmə faizinə uyğun bölgülərlə ifadə olunur.

Müvazinətləndirilmiş sabit cərəyan körpülərində ölçmə xətlərinin əsas mənbələri aşağıdakılardır: a) körpünün müvazinət şərtinə daxil olan rezistorların müqavimətlərinin dəqiq müəyyən olunmaması; b) körpünün həssaslığının kifayət qədər olmaması; c) diskretlik xətası və ya müqavimətlərin  $R_3/R_4$  nisbətinin oxunma xətası.

Bir qat sabit cərəyan körpülərinin ölçmə hədləri 10-dan  $10^5$  Om-a qədərdir. Körpünün aşağı ölçmə həddi birləşdirici naqillərin və keçid kontaktlarının müqaviməti

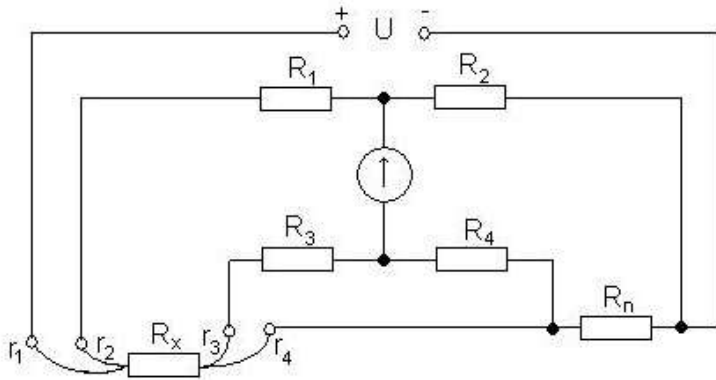
ilə məhdudlanır. Böyük müqavimətləri ölçdükdə isə izolyasiya müqaviməti ölçmə nəticəsinə xəta daxil edir.

### İkiqat sabit cərəyan körpüləri

Çox kiçik müqavimətləri ölçdükdə (adətən, 10 0m-dan kiçik) birləşdirici naqillərin və keçid kontaktları müqavimətlərinin təsirini aradan qaldırmaq üçün ikiqat körpülərdən istifadə olunur. Ölçmə texnikasında geniş yayılmış ikiqat sabit cərəyan körpüsünün prinsipial sxemi 2.7 şəklində göstərilmişdir.

Şəkilə  $r_1 - r_4$   $R_x$  rezistorunu və körpünü birləşdirən kontaktların və naqillərin müqavimətləridir. Körpünün müvazinət halında

$$R_x = R_n \frac{R_1 + r_2}{R_2} + r_4 \frac{R_4}{R_3 + R_4 + r_3 + r_4} \left( \frac{R_1 + r_2}{R_2} - \frac{R_3 + r_3}{R_4} \right).$$



**Şəkil 2.7.** İkiqat sabit cərəyan körpüsünün sxemi

Adətən körpü konstruksiya edilərkən və ondan istifadə zamanı aşağıdakı şərtlər yerinə yetirilir:

1)  $R_1 - R_4$  rezistorları elə hazırlanır ki, körpünün müvazinət vəziyyəti tənzimləyərkən həmişə  $R_1 = R_3$  və  $R_2 = R_4$ , yəni  $R_1/R_2 = R_3/R_4$  ödənilsin;

2)  $R_1 \gg r_2$  və  $R_3 \gg r_3$  seçilir;

3)  $R_x$  qoşularkən dördüncü birləşdirici naqıl qısa və qalın məftildən hazırlanır ki,  $r_4$  müqaviməti mümkün qədər kiçik olsun.  $R_1, R_2, R_3$ , və  $R_4$  müqavimətləri isə birləşdirici



naqillərin və kontakt müqavimətləri təsirinin çox olmaması üçün, adətən, 10 Om-dan kiçik götürülmür.

Praktiki olaraq yerinə yetirilə bilən bu şərtlər daxilində körpünün sadələşdirilmiş müvazinət tənliyindən istifadə edilir:

$$R_x = R_n R_1 / R_2.$$

Bundan başqa ölçülən  $R_x$  və nümunəvi  $R_n$  müqavimətləri dörd sıxaqlı hazırlanır. Bu halda birləşdirici naqillər qidalandırma dövrəsinə daxil edilir və müvazinət şərtində iştirak etmir. Bunun nəticəsində birləşdirici naqillərin və kontaktların təsiri minimal olur. Bu körpülər üçün kiçik xarici müqavimətli və gərginliyə görə həssaslığı çox böyük olan qalvanometrədən istifadə olunur.

Belə körpülərin buraxıla bilən əsas nisbi xətası bir və yaxud iki həddli formul ilə normalaşdırılır:

$$\delta = \pm c \quad \text{və yaxud} \quad \delta = \pm [c + d(R_k / R_x - 1)],$$

burada  $c$  və  $d$  körpünü xarakterizə edən ədədi əmsallar;  $R_k$  – verilən ölçmə diapazonunun müqavimətinin son qiyməti,  $R_x$  - ölçülən müqavimətdir.

Müqavimətləri geniş diapazonda ölçmək üçün sənayedə birqat və birqat-ikiqat körpülər istehsal olunur. Məsələn, birqat-ikiqat körpü P3009 sabit cərəyanda müqavimətləri  $10^{-8}$ -dən  $10^{10}$  Om-a qədər diapazonda ölçməyə imkan verir. Körpünün buraxıla bilən əsas xətası dəqiqlik sinfi ilə ( $k=c$ ) təyin olunur; bu körpü üçün ölçmə altdiapazonundan asılı olaraq  $k=2$ -dən  $k=0,02$  -ə qədər zəmanət verilir. Ümumiyyətlə isə ikiqat körpü ilə ölçmənin aşağı həddi ( $10^{-6} - 10^{-8}$ ) Oma, yuxarı həddi isə 100 Oma kimi ola bilər.

### **Dəyişən cərəyan körpüləri**

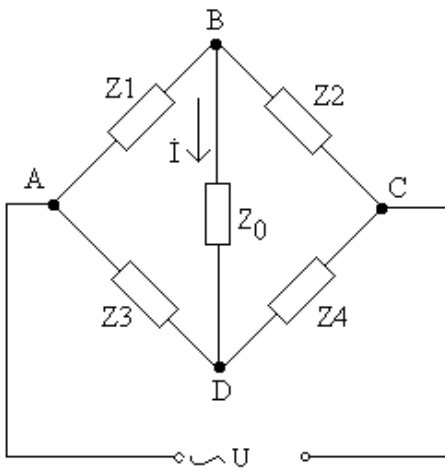
Həm ölçülən kəmiyyətlərə, həm də tətbiq sxemlərinə görə *dəyişən cərəyan körpüləri* çox müxtəlifdir. Onlar geniş tezlik diapazonunda müqaviməti, tutumu, induktivliyi, qarşılıqlı induktivliyi, keyfiyyət əmsalını, itki bucağını və s. , bir sıra qeyri- elektrik kəmiyyətlərini təyin etməyə imkan verir.

Dəyişən cərəyan körpülərində körpünün qollarının və sıfır-indikatorun müqavimətləri kompleks xarakterdə ola bilər (səkil 2.8).

Bu halda sıfır-indikatorun kompleks müqavimətini  $Z_0$  ilə işarə etsək, onda axan cərəyan üçün yazmaq olar:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}(Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3)}{Z_0(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4) + Z_1 Z_2(Z_3 + Z_4) + Z_3 Z_4(Z_1 + Z_2)}$$

Körpünün müvazinəti  $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$  olduqda alınır.



**Şəkil 2.8.** Dəyişən cərəyan körpüsünün sxemi

Körpünün qollarının tam müqavimətlərinin kompleks ifadələrinin aşağıdakı formada olduğunu nəzərə alsaq, yəni

$$Z_1 = z_1 e^{j\varphi_1} ; \quad Z_3 = z_3 e^{j\varphi_3}$$

$$Z_2 = z_2 e^{j\varphi_2} ; \quad Z_4 = z_4 e^{j\varphi_4} ,$$

burada  $z_1, z_2, z_3, z_4$  – qolların tam müqavimətlərinin modulları,  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  – uyğun qollarda cərəyanın gərginliyə görə sürüşmə bucağıdır, belə yazmaq olar:

$$z_1 z_4 e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)} = z_2 z_3 e^{j(\varphi_2 + \varphi_3)} ,$$

buradan

$$\left\{ \begin{array}{l} z_1 z_4 = z_2 z_3 \\ \varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3 \end{array} \right\} .$$

Axırıncı  $\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$  şərti qolların xarakterindən asılı olaraq onları necə yerləşdirdikdə sxemi müvazinətləndirmənin mümkün olduğunu göstərir. Əgər qonşu qollarda (məsələn, üçüncü və dördüncü) aktiv  $R_3$  və  $R_4$  müqavimətləri qoşulmuşsa, yəni  $\varphi_3 = \varphi_4 = 0$ , o halda digər iki qonşu qollarda induktivliklər və ya tutumlar qoşula bilər.

Əgər aktiv müqavimətlər əks qollara qoşulubsa, o halda digər iki əks qollardan birinə induktivlik, digərinə isə tutum qoşulmalıdır.

Göründüyü kimi, dəyişən cərəyan körpülərini müvazinətə gətirmək üçün onun qarşılıqlı qolları müqavimətlərinin modulları hasili və faza bucaqlarının cəmi bərabər olmalıdır.

Beləliklə, deyə bilərik ki, ümumi halda dəyişən cərəyan körpüsü iki dəyişən parametrin köməyi ilə müvazinətə gətirilə bilər.

Dəyişən cərəyan körpülərində ən çox elektron sıfır-indikatorları tətbiq olunur. Onların müqavimətini isə hesablama zamanı sonsuzluğa bərabər götürmək olar. Bu hal üçün  $b$  və  $d$  nöqtələri arasındakı gərginliyi aşağıdakı düsturdan təyin etmək olar:

$$\dot{U}_{bd} = \dot{U} \frac{Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3}{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)}.$$

Əgər müvazinətlənmiş körpüdə ( $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$ ) hər hansı bir qolun (məsələn,  $Z_1 - in$ ) müqaviməti  $\Delta Z_1$  qədər artım alarsa, o halda məxrəcdə  $\Delta Z_1 - i$  nəzərdən atdıqda yuxarıdakı ifadədən alarıq:

$$\dot{U}_{bd} \approx \dot{U} \frac{\Delta Z_1 \cdot Z_4}{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4)}.$$

Körpü sxemlərinin ən mühüm xarakteristikalarından biri onların həssaslığıdır. Dəyişən cərəyan körpülərində iki - mütləq və nisbi həssaslıq anlayışlarından istifadə olunur.

Mütləq həssaslıq

$$\dot{S}_k^u = \frac{\dot{U}_{BD}}{\Delta Z_1},$$

nisbi həssaslıq isə

$$\dot{S}_{kn}^U = \frac{\dot{U}_{BD}}{\Delta Z_1 / Z_1},$$

burada  $\dot{U}_{BD}$  - B və D düyün nöqtələri arasındakı gərginlikdir.

Körpü sxemli ölçmələrdə ümumi həssaslığın artırılması nöqtəyi-nəzərinə eyni zamanda sıfır-indikatorların və körpünün özünün həssaslığının artırılması optimal variant sayılır.

Körpülərin xətalrı - əsasən qolların müqavimətlərinin hazırlanma xətası  $\gamma_n$  və körpünün kifayət qədər həssas olmamasından yaranan xəta  $\gamma_s$  ilə müəyyən olunur, yəni  $\gamma_k = \gamma_n + \gamma_s$ .

Körpünün faizlərlə ifadə olunan əsas nisbi xətası körpünün dəqiqlik sinfinə uyğun olan kəmiyyətdən artıq olmamalıdır.

Körpülər aşağıdakı dəqiqlik sinflərinə malik ola bilər: 0.005; 0.01; 0.02; 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 2.0.

*Kompensasiya ölçmə sxemləri.* Kompensasiya prinsipinin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, naməlum e.h.q – si (və ya gərginlik) qiymətə ona bərabər, istiqamətə isə onun əksinə olan və qiyməti yüksək dəqiqliklə təyin olunan gərginlik düşgüsü ilə kompensasiya olunur (müvazinətlənir). Kompensasiya ölçmə metodu əsasında gərginlik, cərəyan və digər elektrik kəmiyyətləri yüksək dəqiqliklə ölçülür və bu məqsədlə yaradılan cihazlar kompensatorlar və ya potensiometrler adlanır.

*Diferensial ölçmə sxemləri.* Diferensial sxem hər birində ayrıca e.h.q. təsir göstərən bir-birinə bitişik (bir-biri ilə həmsərhəd) iki konturdan ibarət elektrik dövrəsidir. Ölçmə cihazı hər iki kontur üçün ümumi olan dövrəyə qoşulur və kontur cərəyanlarının fərqinə işləyir. Diferensial ölçmə sxemləri əsasən dəyişən cərəyanda işləyir.

Diferensial ölçmə sxeminin cərəyana görə həssaslığı körpü sxeminin həssaslığından böyük qiymətlərdə yüksəkdir.

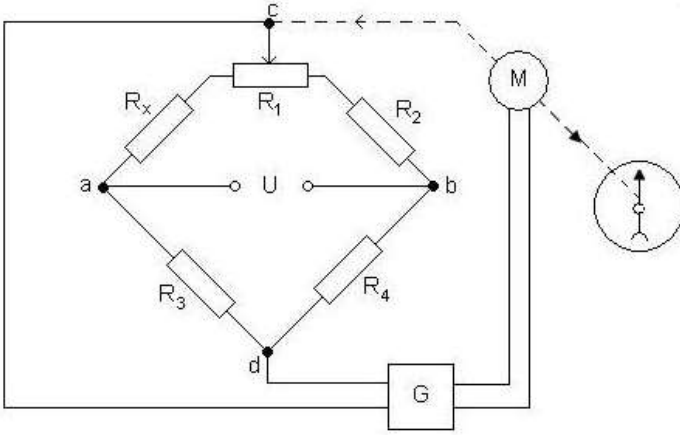
İnduktiv müqavimətli diferensial sxemlər yerdəyişmələri ölçmək üçün daha geniş istifadə olunurlar.

Parametrik vericilərlə qeyd olunan ölçmə sxemlərindən və dövrələrindən başqa gərginlik bölücüsü şəklində olan ölçmə dövrələrindən də istifadə olunur.

## Avtomatik körpülər

Müvazinətlənmə prosesi avtomatlaşdırılan körpülərə *avtomatik körpülər* deyilir. Onlardan fasiləsiz göstəriş almaq və ölçülən kəmiyyəti qeyd etmək üçün istifadə olunur. Əlavə tənzimləyici qurğulu avtomatik körpülər istehsalat proseslərinin avtomatik idarəsində tətbiq olunur.

Hazırda müxtəlif obyektlərin temperaturunu ölçmək, qeyd və tənzim etmək üçün avtomatik körpülərdən geniş istifadə olunur. Bu körpülərdə temperaturu elektrik kəmiyyətinə çevirmək üçün ölçmə çeviricisi kimi müqavimət termometrindən istifadə edilir. Aktiv  $R_x$  müqavimətini ölçən avtomatik körpünün prinsipial sxemi şəkil 2.9-da göstərilir.



**Şəkil 2.9.** Avtomatik körpünün sxemi

Körpü  $U$  mənbəyindən qidalanır. Körpü müvazinətdə olduqda  $c$  və  $d$  nöqtələri arasındakı gərginlik sıfır bərabərdir və  $M$  mühərrikinin rotoru hərəkətsizdir. Ölçülən  $R_x$  müqaviməti dəyişdikdə körpünün diaqonalında ( $c$  və  $d$  nöqtələri arasında) gərginlik yaranır və onun qiyməti  $R_x$ -dan asılı olur. Bu gərginlik gücləndirici  $G$  tərəfindən gücləndirilir və  $M$  reversiv mühərrikinə verilir. Mühərrik rotoru fırlandıqda  $R_1$  dəyişən müqavimətin sürüncəni körpünün müvazinətlənməsi istiqamətində hərəkət etdirir və eyni zamanda ölçü cihazında əqrəbi döndərir; ölçülən kəmiyyət qeyd edilən halda isə diaqramda kəmiyyəti qeyd edən qələmi hərəkət etdirir. Rotor körpü müvazinət

vəziyyətinə çatana qədər fırlanır.Əgər avtomatik körpüdən idarəetmə üçün istifadə olunarsa,o halda həmin mühərriklə tənzimləyici qurğular da işə düşür.

Hazırda ölçülərinə,qeyd edilən kəmiyyətlərin sayına və başqa əlamətlərinə görə müxtəlif tipli avtomatik sabit cərəyan körpüləri hazırlanır.Avtomatik körpülərin əsas gətirilmiş xətası  $\pm(0,25 - 1)\%$ ; göstəricinin şkala üzrə hərəkət müddəti (1 – 10 ) san. təşkil edir.

Dəyişən cərəyan körpülərində müvazinətlənmə prosesinin avtomatlaşdırılması çox mürəkkəbdir.Kompleks müqavimətin qiymətini ölçən və qeyd edən dəyişən cərəyan avtomatik körpülərində körpünün modula və fazaya görə iki müvazinət şərtini ödəmək üçün iki tənzimləyici element (mühərrik) olmalıdır.

Dəqiqliyə görə dəyişən cərəyan avtomatik körpüləri sabit cərəyan avtomatik körpülərindən geri qalır.

## Mühazirə 10

### Avtomatlaşdırılmış sistemlərin icra elementləri: elektromaqnit, hidravlik və pnevmatik icra elementləri. İcra elementləri əsasında neft axın prosesinin idarə olunması

#### Pnevmatik, porşenli və hidravlik

TP-nin idarəetmə sistemlərinin icra elementləri idarə obyektinin tənzimləyici orqanına idarəedici təsir yaratmaq üçündür. Bu halda tənzimləyici orqanın və müvafiq olaraq idarə obyektinin vəziyyəti və halı dəyişir.

İdarəedici təsirdən asılı olaraq icra elementləri iki növ qurğulara ayrılır: güc və parametrik. Tənzimləyici orqanın fəza vəziyyəti o zaman dəyişir ki, icra elementi idarəedici təsiri güc və ya moment şəklində yaradır. Belə icra elementləri *güc qurğuları* adlanır. Güc qurğularına elektromaqnitlər, elektromexaniki muftalar, müxtəlif növ mühərriklər aiddir.

Tənzimləyici orqanın vəziyyətinin dəyişməsi onun parametrlərinin (müqavimət, maqnit seli, temperatur, sürət və s.) və yaxud tənzimləyici orqana tətbiq olunan enerjinin parametrlərinin (gərginlik, cərəyam, tezlik, faza-elektrik qurğularında: işçi mühitin təzyiqi - pnevmatik və hidravlik qurğularda) dəyişməsi ilə əlaqədardır.

Tənzimləyici orqanın vəziyyətini dəyişən icra qurğuları parametrik icra elementləri adlanır. Parametrik icra elementləri kimi əsasən elektromaqnit releləri, kontaktorları, tiristor və tranzistor releləri istifadə olunur. Bəzi icra elementlərində gücləndiricilər onların ayrılmaz hissəsi kimi təsir göstərir. Bu halda onlara vahid dinamik element kimi baxmaq lazımdır.

İcra elementləri üç əsas qurğudan təşkil olunur: servomühərrik, qida mənbəyi və yükdən. Servomühərrikin növündən asılı olaraq icra elementləri elektrik, hidravlik və pnevmatik növlərinə ayrılır. Elektrik servomühərrikləri iki növdə olur: sabit və cərəyan servomühərriklər.

Konstruktiv əlamətlərinə görə servomühərriklər porşenli irəliləmə və fırlanma hərəkəti edən porşenli, elektromaqnitli, membranlı, elektromotorlu və kombinə olunmuş növlərinə ayrılırlar. Servomühərriklərin tənzimləyici qabiliyyətini xarakterizə edən əsas

göstəriciləri gücə görə gücləndirmə əmsalı, çıxışda fırlanma sürəti, çıxışda yaradılan qüvvə, çıxışdakı xətti və yaxud bucaq yerdəyişməsidir.

Fırlanma sürətinə görə servomühərriklər iki əsas qrupa ayrılırlar: sabit sürətli servomühərriklər və mütənasib sürətli servomühərriklər. Sonuncu halda nəzərdə tutulur ki, servomühərrikin çıxış sürəti təxminən giriş kəmiyyətinə, başqa sözlə, vericinin siqnalına mütənasibdir. Birinci qrupa demək olar ki, bütün dəyişən cərəyan elektromotorlu icra mexanizmləri aiddir. İkinci qrupa hidravlik və pnevmatik servomühərriklər aid edilə bilər.

İdarə obyektinin konstruksiyasından, iş alqoritmindən, istismar şəraitindən asılı olaraq icra elementlərinə aşağıdakı tələblər qoyulur:

- 1) icra elementinin hasil etdiyi maksimal güc və yaxud moment bütün iş rejimlərində idarə obyektinin tənzimləyici orqanının yerdəyişməsi üçün lazım olan maksimal gücdən və momentdən çox olmamalıdır;
- 2) yüksək cəldişləmə;
- 3) f.i.ə-nın maksimal qiyməti;
- 4) iş prosesində icra elementinin yaratdığı idarəedici təsirin səlis tənzim olunması tələb olunursa, icra elementinin xarakteristikası xəttiliyə yaxın olmalıdır;
- 5) minimum həssaslıq həddi;
- 6) icra elementinin idarə olunması üçün tələb olunan güc böyük olmamalıdır;
- 7) yüksək etibarlılıq və uzunmüddətlik;
- 8) çox da böyük olmayan ölçüləri və kütləsi.

### Pnevmatik icra mexanizmi

Pnevmatik icra mexanizmi qurğusu sıxılmış havadan istifadə edərək mexaniki hərəkəti icra edir. İcra hərəkəti avtomatik tənzimləmə sistemində tənzimləyici orqanın yerdəyişməsi funksiyasını yerinə yetirir.

Pnevmatik icra mexanizminin yerinə yetirdiyi hərəkət bir çox hallarda, məsələn siyirtmənin vəziyyətinin seçilməsi, buxar axınının, su və başqa mayelərin idarə olunmasında istifadə edilir. Texnoloji prosesdə havanın hərəkətinin və məhsulların



idarə olunmasında qapayıcının vəziyyətinin dəyişməsi böyük rol oynayır. Pnevmatik icra mexanizmi şəkil 8.1-də verilmişdir.



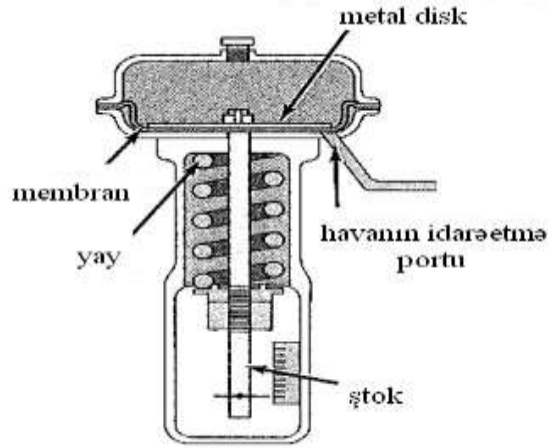
Şəkil 8.1. Pnevmatik icra mexanizmi

Pnevmatik icra mexanizmlərindən texnoloji proseslərin avtomatik tənzimləmə sistemlərində geniş istifadə olunur.

Sənayedə pnevmatik icra mexanizmlərinin 3 növündən istifadə edilir:

- 1) biristiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi;
- 2) ikiistiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi;
- 3) porşenli icra mexanizmi.

*Biristiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi.* Biristiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi biristiqamətli hərəkətli mexanizmlər sinfinə aid edilir ona görə ki, hava təzyiqi icra mexanizminin ancaq bir portundan keçərək, membranı bir istiqamətdə hərəkət etdirir. Bu tip icra mexanizmlərindən yanacaq xəttində klapanın hərəkətinin idarə edilməsi və sərfin tənzimlənməsi üçün istifadə edilir. Biristiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi şəkil 8.2-də verilmişdir.



Şəkil 8.2. Biristiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi

**Bu tip mexanizmə daxildir:**

- 1) rezin materialından hazırlanmış elastik membran;
- 2) membrana düşən yükdən asılı olmayaraq, membranı lazımı səviyyədə saxlayan metal disk;
- 3) membranın yerinin dəyişməsində yayın membrana və ştoka təsir etdiyi qüvvənin böyük rolunun olması;
- 4) icra mexanizminin hərəkətini təmin edən idarəetmə orqanı;

**İş prinsipi:**

- 1) mexanizmə təzyiq daxil edilir;
- 2) membran yuxarı əyilərək, yayı sıxır və ştoku qaldırır;
- 3) ştokun hərəkətinə proporsional hava təzyiqinin miqdarı, icra mexanizminin portundan keçən giriş təzyiqi əlavə olunur.

Ştokun hərəkətinin hava təzyiqinin miqdarı ilə əlaqəsi onu göstərir ki, istənilən nöqtənin yerdəyişmə sahəsində icra mexanizmdə yerləşdirilmiş tənzimləyici orqan əlavə olunmuş təzyiqi idarə etməyə imkan yaradır.

*İkiistiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi.* İkiistiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizminin giriş təzyiqi iki porta daxil edilir. Bu mexanizmlərdən məhdud sahədə klapanların yerləşdirilməsi zamanı tez-tez istifadə olunur.

Hava təzyiqi iki istiqamətdə hərəkəti təmin edir, bu membran biristiqamətli hərəkətli icra mexanizminə daxil olan halda iri yaydan istifadə edilməsinə ehtiyac qalmır.

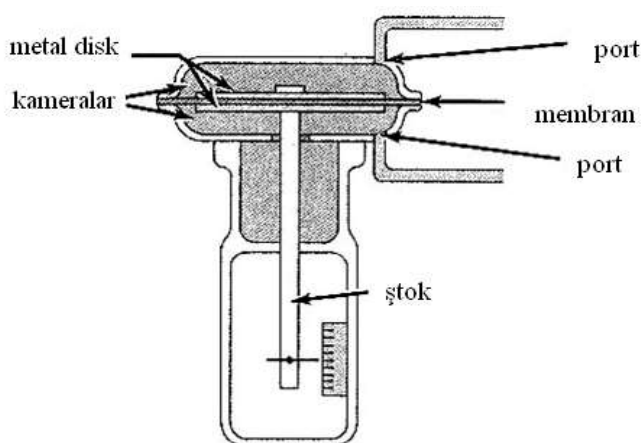
*İş prinsipi.* İcra mexanizminin başlığı iki seksiyaya və ya kameraya bölünür:

- 1) membranlı;
- 2) iki metal diskli.

Hər kameraya bir port uyğun olmaqla, iki port nəzərdə tutulmuşdur:

- 1) aşağı porta təsir edən hava təzyiqi membranı və ştoku yuxarı qaldırır;
- 2) yuxarı porta təsir edən hava təzyiqi membranı və ştoku aşağı yönəldir.

İkiistiqamətli hərəkətli icra mexanizmində hava təzyiqinin yaratdığı qüvvə hərəkətin iki istiqamətdə getməsinə təmin edir. İkiistiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi şəkil 8.3-də verilmişdir.



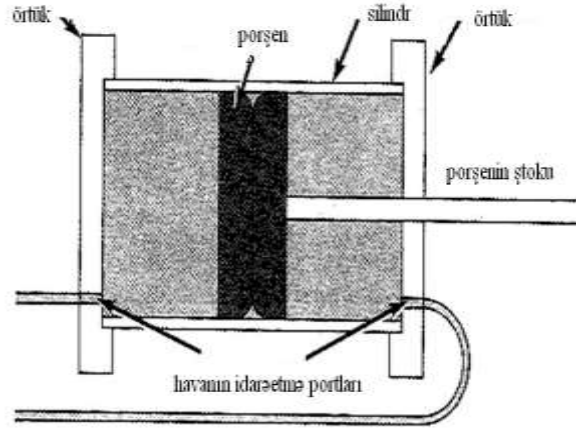
Şəkil 8.3. İkiistiqamətli hərəkətli membranlı icra mexanizmi

### Porşenli icra mexanizmi

**Porşenli icra mexanizmində dartınmanın və hərəkətin yaranması üçün hava təzyiqi silindirdəki porşenə təsir edir. Porşenli icra mexanizmi ştokun böyük yerdəyişməsinə təmin edir, bu halda silindrin uzunluğuna praktiki olaraq məhdudiyət qoyulur.**

Porşenli icra mexanizmindən uzaq məsafələri qət etmək lazım olan işlərdə istifadə edilir. Sənaye sahələrində qapayıcının seçilməsi hava və qaz axınlarının idarə edilməsi

üçün istifadə edilir. Porşenli icra mexanizminin daxili quruluşu şəkil 8.4-də göstərilmişdir.



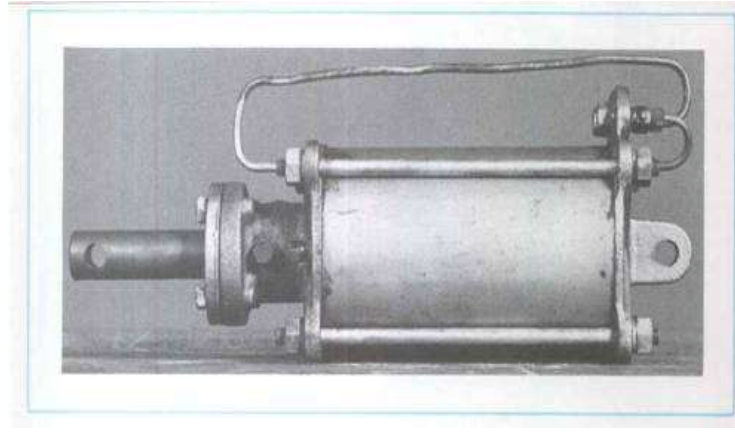
Şəkil 8.4. Porşenli icra mexanizminin daxili quruluşu

***Bu mexanizmin tərkibinə daxildir:***

- 1) silindr;
- 2) silindiri hermetik bağlayan iki qapaq;
- 3) silindirə iki portdan keçərək daxil və xaric olan sıxılmış hava;
- 4) silindirin daxilində hərəkət edən porşen;
- 5) porşenin ştoku - idarəetmə orqanı ilə porşeni birləşdirir.

***İş prinsipi:***

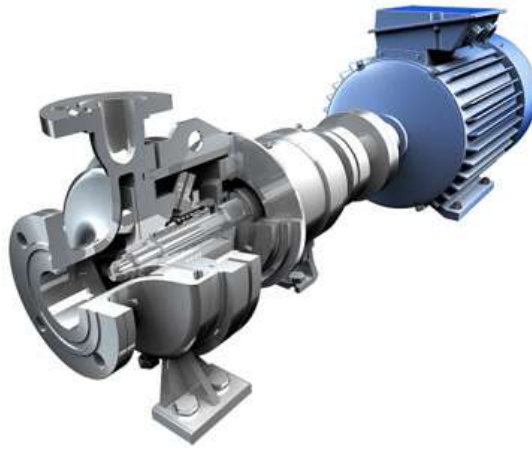
Birinci porta verilən hava təzyiqinin təsiri altında porşen hərəkət edir. Atmosfer ilə birləşən porşenin əks tərəfində hava kanalı yerləşir. Bu zaman porşenin digər tərəfində olan hava atmosferlə birləşdirilmiş hava kanalı vasitəsilə kənarlaşdırılır. Porşenli icra mexanizmi şəkil 8.5-də verilmişdir.



Şəkil 8.5. Porşenli icra mexanizmi

#### 8.4. Hidravlik icra mexanizmi

**Hidravlik icra mexanizmi qurğusu təzyiq altında maye gücünün köməyi ilə tənzimləyicinin çıxış siqnalını çevirərək mexaniki hərəkəti yerinə yetirir. Hidravlik icra mexanizmi şəkil 8.6-da verilmişdir.**



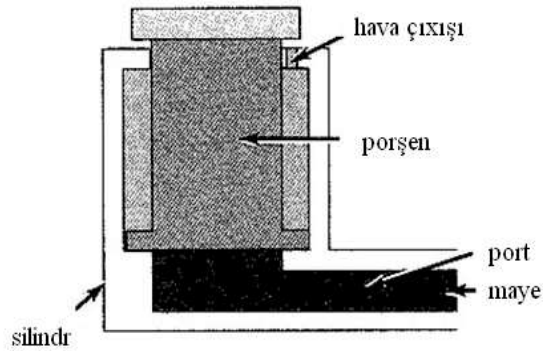
Şəkil 8.6. Hidravlik icra mexanizmi

Hidravlik icra mexanizmlərindən əsasən qurğunun yerdəyişməsi üçün böyük qüvvənin tələb olunduğu zaman istifadə olunur. Bu icra mexanizmləri digər icra mexanizmlərinə nisbətən daha böyük gücə malikdirlər. Hidravlik icra mexanizmləri 3 əsas növə ayırırlar:

- 1) biristiqamətli hərəkətli yükə görə qayıdışlı;
- 2) biristiqamətli hərəkətli yaya görə qayıdışlı;

3) ikiqat hərəkətli.

*Biristişamətli hərəkətli yükə görə qayıdışlı hidravlik icra mexanizmi.* Biristişamətli hərəkətli yükə görə qayıdışlı icra mexanizmi ən sadə mexanizmdir. Bu icra mexanizmi ona görə biristişamətli mexanizm adlanır ki, silindirə daxil olan maye ancaq bir portdan keçir və bu zaman o porşenin ancaq bir tərəfinə təsir edir. Biristişamətli hərəkətli yükə görə qayıdışlı hidravlik icra mexanizmində porşenin çəkisi yeganə yükdür və bu yük porşeni başlanğıc vəziyyətə gətirməyə kömək edir. Portdan keçən mayenin miqdarını idarə etmək üçün porşeni silindirin istənilən nöqtəsində yerləşdirmək olar. Biristişamətli hərəkətli yükə görə qayıdışlı hidravlik icra mexanizmi şəkil 8.7-də göstərilmişdir.



Şəkil 8.7. Biristişamətli hərəkətli yükə görə qayıdışlı hidravlik icra mexanizmi

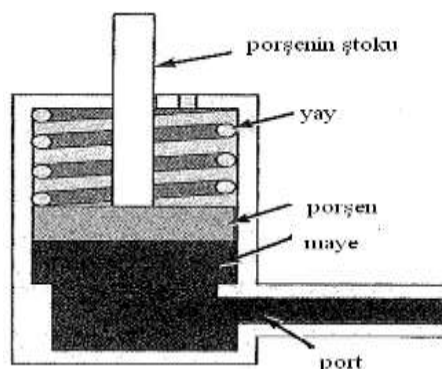
### **İş prinsipi:**

- 1) maye portdan keçərək verilir;
- 2) maye silindrə doldurulur və porşeni yuxarı qaldırır;
- 3) maye axını dayandırıldıqda porşen yeni pozisiyada qalır.

Porşeni silindirin aşağısına salmaq üçün maye axınının istiqaməti dəyişdirilir. Maye silindirdən port vasitəsilə çıxır, bu zaman porşen öz çəkisinin təsiri altında əvvəlki vəziyyətə qaydır.

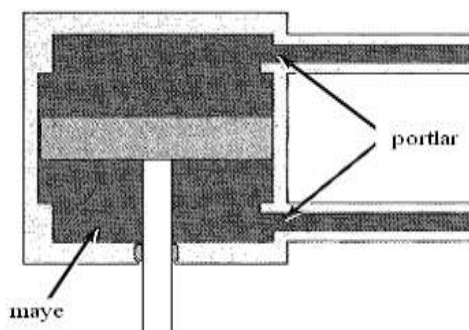
*Biristişamətli hərəkətli yaya görə qayıdışlı hidravlik icra mexanizmi.* Bu icra mexanizminin iş prinsipi yükə görə işləyən icra mexanizmi ilə eynidir. Silindirin yuxarisında yerləşən yayın olmasından başqa bütün elementlər eynidir. Maye porta veriləndə silindirdə yerləşən porşen yuxarı itələnir. Porşen yuxarı qalxdığı üçün yayı sıxır, maye axını qayıdanda sıxılmış yayın gücü porşenin çəkisindən daha effektivdir,

belə ki, o porşeni başlanğıc vəziyyətə qaytarır. Biristiqamətli hərəkətli yaya görə qayıdırlı hidravlik icra mexanizmi şəkil 8.8-də verilmişdir.



Şəkil 8.8. Biristiqamətli hərəkətli yaya görə qayıdırlı hidravlik icra mexanizmi

*İkiqat hərəkətli hidravlik icra mexanizmi.* Bu mexanizm qüvvənin iki istiqamətdə hərəkət etməsini təmin edir. Digər növlərdən fərqli olaraq, bu icra mexanizmi maye ilə tam doldurulur. Maye istənilən iki portdan verilə bilər. Maye bir portdan silindirə daxil olanda eyni həcmli mayenin digər portdan çıxışına imkan verir. Nəticədə silindirin daxilində yerləşən porşen yuxarı və aşağı hərəkət edir. Maye axınının reversivləşdirilməsi porşenin əks istiqamətdə hərəkət etməsini məcbur edir. Maye axını kəsildikdə təzyiq altında olan maye porşenin hər iki tərəfində qalır və porşen faktiki olaraq, mayenin saxlandığı yerdə blok vəziyyətinə düşür. İkiqat hərəkətli hidravlik icra mexanizmi şəkil 8.9-də verilmişdir



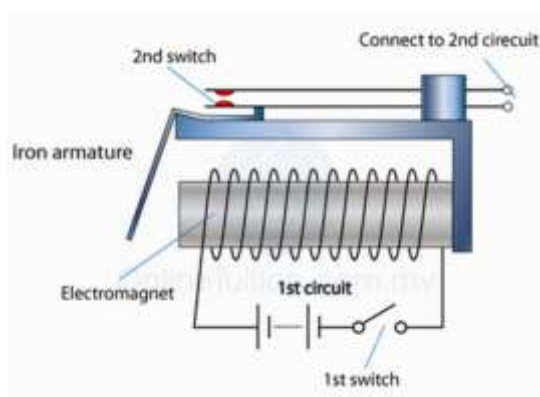
Şəkil 8.9. İkiqat hərəkətli hidravlik icra mexanizmi

## Mühazirə 11

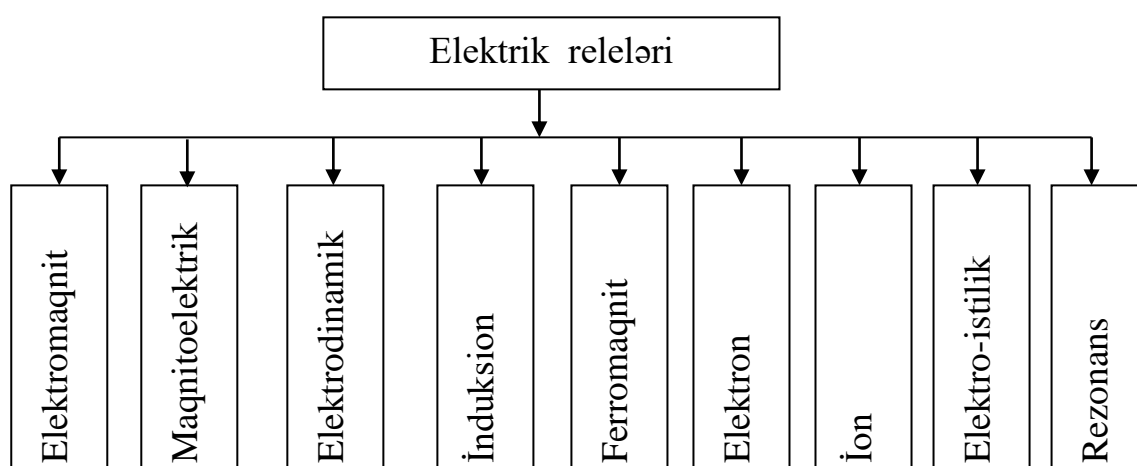
**Relelər və onların növləri. Elektromaqnit relelərin sxemə qoşulması və vəziyyət idarəsi. Rəqəm elementləri əsasında rele sxemlərinin realizasiyası. İcra elementi kimi mühərriklər. Servo, addım və pyezomühərriklər və onların qoşulma sxemləri.**

### Mühərriklərin vəziyyət idarəetmə dövrləri

Rele – müxtəlif avtomatik sistemlərin ən çox yayılmış elementlərindən biri olub, onun girişinə xarici fiziki kəmiyyət təsir etdikdə çıxış kəmiyyətinin qiyməti sıçrayışla dəyişir.



Relelər hiss etdiyi (qavradığı) fiziki kəmiyyətlərin növünə görə (iş prinsipinə görə) elektrik, mexanik, maqnit, istilik, optik, radioaktiv, akustik və kimyəvi relelərə bölünürlər. Proqramda yalnız elektrik relelərinin öyrənilməsi nəzərdə tutulmuşdur. İş prinsipinə görə elektrik releləri aşağıdakı siniflərə bölünürlər:



Şəkil 1.



“Rele” sözü fransızcadan götürülüb. Hərfi mənası dəyişmə, əvəz etmə, “yeni-dən qoşma”-dır. Fransada hələ dəmiryol olmayan zaman onları dəyişən və yeni-dən qoşan poçt stansiyaları belə adlanırdı.

Rele xaricdən verilən siqnala görə elektrik dövrlərinin avtomatik kommutasiyası üçün qurğudur.

Rele – rele elementindən və qrup elektrik kontaktlarından ibarətdir.

Rele – elementinin vəziyyəti dəyişdikdə kontaktlar qapanırlar yaxud açılırlar. Relelər avtomatik idarəetmə, nəzarət, siqnallaşdırma, mühafizə, kommutasiya və s. sistemlərdə istifadə olunurlar.

Maqnitoelektrik rele quruluşca maqnitoelektrik ölçü cihazına oxşayır. Relenin dolağı çərçivə şəklində hazırlanır və sabit maqnit sahəsində yerləşdirilir. Çərçivə, ondan cərəyan keçdikdə yayın müqavimətini dəf edərək dönmür və elektrik kontaktlarını idarə edir.

Elektrodinamik rele iş prinsipinə görə maqnitoelektrik releyə oxşayır, amma onda maqnit sahəsi maqnit məftilində yerləşdirilmiş xüsusi təsirlənmə dolağı vasitəsilə yaradılır.

$$F = kI_1 \cdot I_2 \cos \varphi$$

İnduksion relenin iş prinsipi onun dolağında yaradılmış dəyişən maqnit seli və mühərrik lövhədə, silindrdə yaxud qısa qapanmış çərçivədə induksiyaalan cərəyanın qarşılıqlı təsir hadisəsinə əsaslanır.

Ferromaqnit rele maqnit kəmiyyətlərinin (maqnit seli, maqnit sahəsinin gərginliyi) yaxud ferromaqnit materialların maqnit xarakteristikalarının (maqnit nüfuzluluğu qalıq induksiyası və s.) dəyişməsinə qavrayırlar.

İnduksion relelər elektrik qurğularının avtomatik mühafizə quruluşlarında güc, faza, cərəyan və tezlik relələri kimi geniş tətbiq tapmışlar.

Elektron və ion relələri bilavasitə elektron, yarımkeçirici yaxud ion cihazların keçiriciliyinin sıçrayışlı dəyişməsinə səbəb olan cərəyanın yaxud gərginliyin qiymətini qavrayırlar.

Elektrik istilik reləsi istilik kəmiyyətlərinin (temperatur, istilik seli və s.) dəyişməsinə qavrayır. Onların iş prinsipi temperaturun təsiri altında materialların

xassəsinin dəyişməsinə əsaslanır: xətti yaxud həcmi genişlənmə, maddənin bərk haldan maye halına keçməsi yaxud maye halından qaz halına keçməsi, materialların xüsusi müqavimətinin yaxud dielektrik nüfuzluluğunun dəyişməsi və s.

Rezonans relelər elektrik rəqsi sistemlərdə rezonans hadisəsinə əsaslanır, mühafizə və telemexaniki tezlik qurğularında tətbiq olunurlar.

Əgər releyə ümumi şəkildə baxsaq, o ilk çevirici, icra orqanı, yavaşıcı orqan, tənzimləyici orqanı özündə birləşdirmiş olar.

İlk çeviriciyə xaricdən verilən siqnallar təsir edirlər.

İcra orqanı siqnalları reledən xarici dövrəyə vermək üçündür.

Yavaşıcı orqan relenin təsirini yavaşıtmağı təmin edir.

Tənzimləyici orqan relenin işləmə parametrini dəyişdirir. Rele bir neçə müstəqil elektrik dövrlərini eyni vaxtda idarə edə bilər.

Xarici fiziki hadisələrin təsirinə öz parametrlərini (müqavimət, tutum, induktivlik yaxud e.h.q.) elektrik idarə dövrlərinin görünmədən ayırmaqla sıçrayışla dəyişən relelər kontaktsiz relelər adlanır. XX əsrin 50-ci illərindən etibarən relelərin konstruksiyalarına elektrik dövrlərinin idarə olunması üçün mexaniki yerdəyişmələri tələb etməyən maqnit gücləndiriciləri, tranzistorlar və tiristorlar daxil olunmuşdur.

Kontaktsiz relelərə rele rejimində işləyən maqnit gücləndiricisi və məntiq elementləri misal ola bilər.

Bütövlükdə konstruksiyasına görə relelər hermetik və qeyri-hermetik adlanır.

Elektromaqnit relelər müxtəlif əlamətlərə görə ayrı-ayrı növlərə bölünür:

1. Cərəyanın növünə görə sabit və dəyişən cərəyan (sənaye və yüksək tezlikli);
2. Dolaqların sayına görə: - bir dolaqlı və çox dolaqlı;
3. Kontakt qruplarının sayına görə: bir cüt kontaktlı və çox kontaktlı;
4. Dolağından keçən cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq işləməyə görə: - qütblənmiş və neytral (neytral relelərin işlənməsi dolağından keçən cərəyanın istiqamətindən asılı deyildir);
5. İşləmə baxımına görə relelər cəld işləyən ( $t_{i\dot{s}s} = 1...50$  ms), normal işləyən ( $t_{i\dot{s}s} = 50...150$  ms) və yavaş işləyən ( $t_{i\dot{s}s} = 0,15...1$  ms) olurlar.

$t_{i\dot{s}s} < 1ms$  olan relelər ətalətsiz,  $t_{i\dot{s}s} \geq 1ms$  olan relelər isə zaman releləri

adlanır;

6. Vəzifələrinə (təyinatlarına) görə relelərdə əsas, köməkçi, zaman və siqnal relelərinə bölünürlər.

Əsas relelərə cərəyan, gərginlik və b. relelər aiddir.

Köməkçi relelərə: aralıq, zaman dözümlü, siqnal releləri aiddir. Aralıq releləri kontaktların sayını artırmaq, təsiri bir reledən başqasına vermək və kontaktların kommutasiya xüsusiyyətini yüksəltmək üçündür.

Zaman relesi zamana görə ləngimə yaratmaq üçündür.

Siqnal releləri - əsas relelərin işini qeyd edir (fiksasiya), işıq və səs siqnalları ilə idarə olunur. Aralıq releləri elektrik intiqallarının avtomatik idarə sxemlərində, habelə avtomatikanın digər sxemlərində tətbiq olunurlar.

MKY-48 növlü dəyişən və sabit cərəyan elektromaqnit releləri (24 – 127 B gərginlikli) kənd təsərrüfatı maşınlarının texnoloji proseslərin avtomatik idarəetmə sxemlərində, elektrik avadanlıqlarının mühafizə sxemlərində, o cümlədən elektrik mühərriklərinin iki fazada işləməsindən mühafizə sxemində istifadə olunur.

PIITY – 1 aralıq relesi nəqliyyat sistemlərinin və mexanizmlərinin (nəqletdiricilər, elevatorlar və b.) idarə dövrlərində tətbiq olunurlar.

PIIT – 100 növlü aralıq relesi əməliyyat dövrlərinin açılması, yaxud kontaktların gücünün artırılması tələb olunan dəyişən cərəyan dövrlərində tətbiq olunurlar.

## Relenin parametrləri

İş prinsipi və konstruksiyalarının müxtəlif olmasına baxmayaraq relelər bir sıra ümumi parametrlərlə xarakterizə olunurlar. Onlardan mühümləri aşağıdakılardır.

İşləmə parametri – giriş siqnalının minimum qiyməti olub bu qiymətdə relenin işləməsi daha doğrusu kontaktlarının çevrilməsi baş verir. Elektrik releləri 10 mA-dən (elektron releləri) 10-larla A-ə (elektromaqnit relelər) qədər işləmə cərəyanına hazırlanırlar.

Buraxma parametri – giriş siqnalının maksimum qiymət olub, bu qiymətdə relenin ilk vəziyyətə qayıtması baş verir. Relenin işləmə və buraxma parametrləri bir-biri ilə

qayıtma əmsalı ilə bağlıdır. Buraxma parametrinin işləmə parametrinə olan nisbətində relenin qayıtma əmsalı deyildir.

$$K_q = \frac{P_{burax.}}{P_{i\dot{s}\dot{s}}}$$

Elektromaqnit relələrin qayıtma əmsalı 0,4...0,9, elektron relələrin isə qayıtma əmsalı 0,98...0,99-a çatır.

İşçi parametr – relenin işçi nominal rejimində fiziki kəmiyyətin qərarlaşmış qiymətidir.

İşçi parametrin işləmə parametrinə olan nisbətində işləmədə ehtiyat əmsalı deyildir. Məsələn, güc relesi üçün:

$$K_{i\dot{s}.e.\partial} = \frac{P_{burax.}}{P_{i\dot{s}\dot{s}}} > 1$$

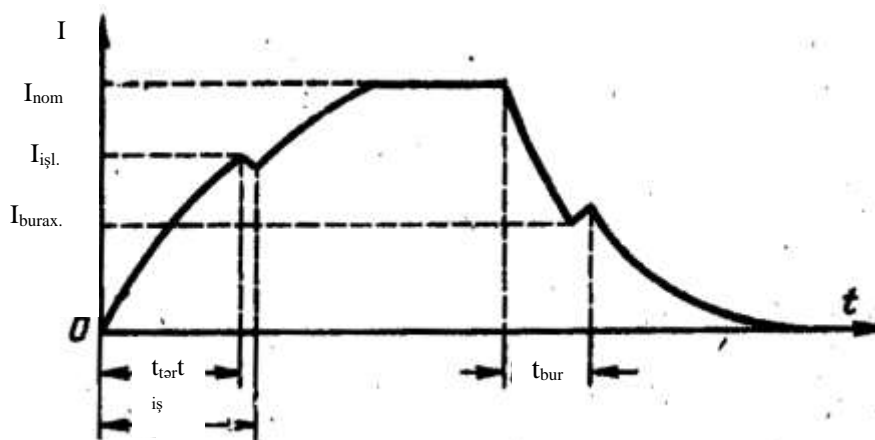
burada  $P_{i\dot{s}\dot{s}}$  – relenin işçi gücüdür.

Buraxma parametrinin işçi parametrə olan nisbətində buraxmada ehtiyat deyildir. Məsələn, həmin rele üçün:

$$K_{bur.e.\partial} = \frac{P_{bur.}}{P_{i\dot{s}\dot{s}\dot{c}}} < 1$$

İşləmədə ehtiyat əmsalı həmişə vahiddən böyük, qayıtmada isə həmişə vahiddən kiçik olur.

Relenin mühüm parametrləri – onun işləmə müddəti və buraxma müddətidir.



Şəkil 2

İşləmə və buraxma zamanı relenin dolağından axan cərəyanın dəyişməsi.

Relenin dolağına gərginlik verildikdə o həmin anda deyil, tişl. müddətində (müəyyən vaxt müddətində) işləyir ki, həmin müddətə relenin işləmə müddəti (vaxtı) deyilir.

Gərginlik kəsildikdə yaxud buraxma parametrinin qiymətinə qədər azaldıqda rele dərhal buraxmır, müəyyən vaxtdan sonra buraxır ki, buna relenin buraxma vaxtı (tbur.) deyilir.

ttər tərpnmə müddəti ərzində relenin mütəhərrik (tərpnən) hissələri sakit vəziyyətdə olur, cərəyan isə relenin işl. cərəyanına qədər artır. tişl – ttərp. zaman intervalında (həddində) relenin mütəhərrik hissələri bir dayanıq vəziyyətdən digər dayanıq vəziyyətə keçirlər, yəni rele işləyir.

### Relenin kontaktları

Relenin etibarlılığı və kommutasiya xüsusiyyəti əsas etibarı ilə kontaktlarla müəyyən edilir. Relenin kontaktları aşağıdakı istismar parametrləri ilə xarakterizə olunurlar: cərəyan, gərginlik, güc və qoşulmaların sayının məhdudluğu.

Məhdud buraxılabilən cərəyan  $I_{m\acute{e}h.}$  kontaktların qızma temperaturu ilə müəyyən edilir. Bu temperaturda kontaktlar yumşalmır və lazımı fiziki – mexaniki xassələri saxlayırlar.

Məhdud buraxılabilən gərginlik  $U_{m\acute{e}h.}$  kontaktların izolyasiyasının deşilmə gərginliyi və açıq kontaktlar arasındakı aralığın deşilməsi ilə müəyyən edilir.

Məhdud buraxılabilən cərəyanı artırmaq üçün kontaktların müqavimətini azaltmaq və onların səthinin soyudulmasını artırmaq lazımdır. Kontaktların müqaviməti onların toxunma yerlərinin müqaviməti ilə müəyyən edilir və o bir-birinə sıxılmış kontakt yaradan hissənin qüvvəsindən asılıdır. Zəif cərəyanlı relelər üçün bu qüvvə Nyutonun yüzdə birini, 3...10 A-lik kontaktlar üçün qüvvə 1 N-a qədər çatır. Bu zaman kontaktların müqaviməti  $10^{-5}$ ... $10^{-3}$ -a bərabər olur.

Məhdud buraxılabilən güc  $P_{m\acute{e}h.s.}$  elektrik dövrəsinin gücü olub, həmin gücdə kontaktlarda dayanıqlı elektrik qövsü yaranmadan onu qıra bilər. Bu güc, kontaktlar açıldıqdan sonra onlar arasındakı qövsün sönməsi şəraitində (şərtində) müəyyən edilir.

$$K_p = \frac{P_{m\partial h.}}{P_{i\dot{s}\dot{s}}}$$

nisbəti relenin güc üzrə güclənmə əmsalı adlanır.

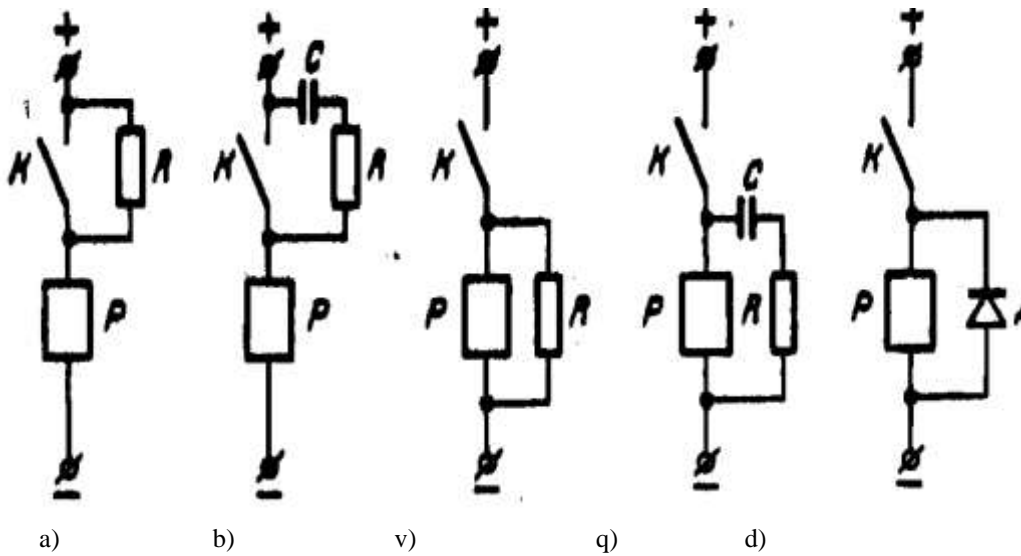
Bu parametrlər kontaktların materialından, forma və ölçülərindən, kontakt təzyiqindən və xüsusi qövssöndürən qurğuların olmasından asılıdır.

Kontaktların materialından asılı olaraq cərəyan və gərginliyin müəyyən minimal qiymətlərində qövs əmələ (yaranır) gəlir.

Relelərin kontaktlarının işini (qığılıcı əmələ gəlməsinin azaldılması) yüngülləşdirmək üçün əlavə elementlər tətbiq olunurlar. Onları relenin kontaktlarına yaxud dolaqlarına paralel birləşdirirlər.

$$R_{s\ddot{o}\ddot{o}} \succ (5...10)R_{dol.rel}$$

$$C = 0,5...2mkF$$



Şəkil 3

P dolağının induktivliyində yaranan maqnit enerjisi kontaktlar arasındakı boşluqda deyil, əlavə elementdə - R rezistorunda və C kondensatorunda yaxud relenin dolağının özündə (şək . d) sərf olunur. R söndürücü rezistorun müqaviməti dolağın aktiv müqavimətindən 5-10 dəfə böyük, C kondensatorunun tutumu isə  $C = 0,5...2 \text{ mkF}$  götürülür.

Bütün növ relelər içərisində kənd təsərrüfat qurğularının elektroavtomatikasında elektromaqnit relelər daha geniş tətbiq tapmışlar.

## Elektromaqnit relelər

Relelərin ən geniş yayılmış növünə elektromaqnit relelər aiddir.

Elektromaqnit relelər – dolağından keçən cərəyanı hiss edir. Yaranan maqnit sahəsi ferromaqnit lövbərin yaxud kontaktlı nüvənin dartılmasına səbəb olur.

Elektromaqnit relelər müəyyən parametrlərin dəyişməsinə öz kontaktlarının qapanması yaxud açılması ilə cavab verirlər.

Dolaqdan axan cərəyanın növünə görə elektromaqnit relelər sabit və dəyişən cərəyan relelərinə, sabit cərəyan releləri isə öz növbəsində neytral və qütbləşmiş relelərə bölünürlər.

Neytral relelər siqnalın qütblüyünü fərqləndirmir və dolaqdan axan sabit cərəyanın hər iki istiqamətini eyni hiss edirlər.

Şəkildə sadə elektromaqnit relenin sxemi göstərilmişdir. Rele aşağıdakı hissələrdən ibarətdir:

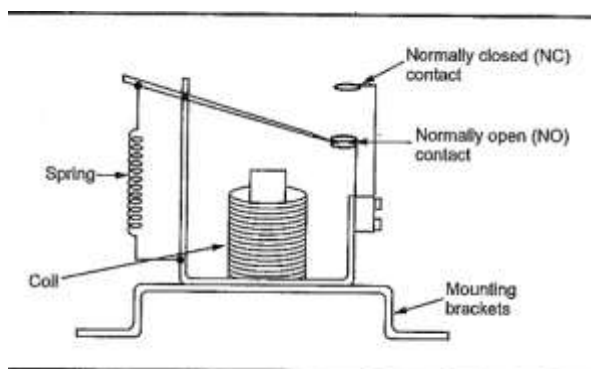


Fig.- 15.15 Electromagnetic relay

### Şəkil 4

Relenin dolağından cərəyan axdıqda tərpənən lövbər elektromaqnitin tərpənməyən nüvəsinə dartılır. Lövbərin yerdəyişməsi kontaktların qısaqapanmasına səbəb olur. Dolaqda cərəyan olmadıqda lövbər və kontaktlar əks təsir yaranan yay vasitəsi ilə ilk vəziyyətə qaydır.

Elektromaqnit relelərinin əsas xarakteristikaları

Elektromağnit relelərin düzgün və etibarlı işləməsi onların dartı və mexaniki xarakteristikalarının uyğun olmasından çox asılıdır.

Dartı xarakteristikası dedikdə elektromağnit qüvvənin ( $F_{\text{Э}}$ ) relenin lövbəri ilə elektromağnitin nüvəsi arasındakı  $\delta$  hava aralığı arasındakı asılılıq başa düşülür. Dartı qüvvəsi  $F_{\text{Э}}$  relenin amper – sarğılarının kvadratı yaxud  $\Phi$  mağnit selinin kvadratı ilə düz,  $\delta$  hava aralığının kvadratı ilə tərs mütənasibdir.

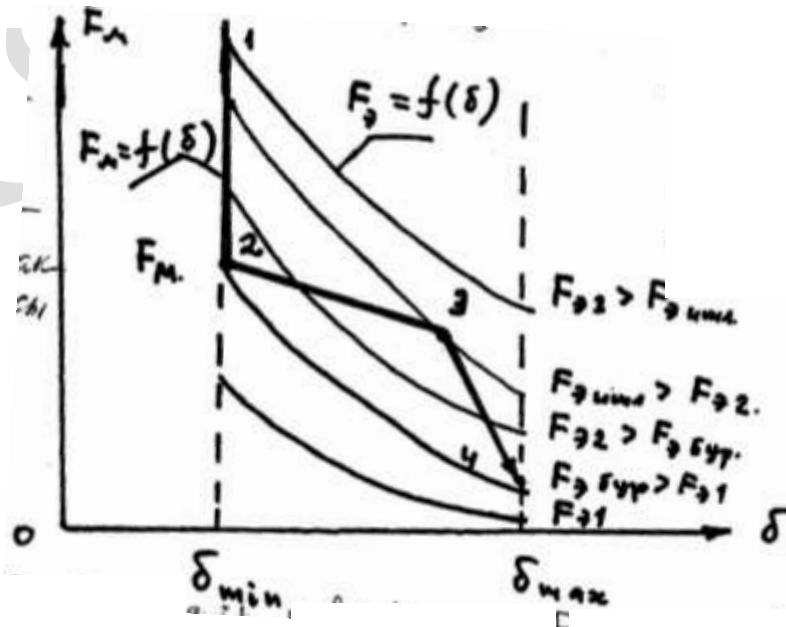
$$F_{\text{Э}} = k_1 \frac{(IW)^2}{\delta^2} = k_2 \Phi^2$$

Əks təsir yaradan yayın qüvvəsinin lövbərin yerdəyişməsindən asılılığına relenin mexaniki (əks təsiredici) xarakteristikası deyilir.

Relenin işləməsi üçün dartı xarakteristikası mexaniki xarakteristikadan yuxarıda, buraxması üçün ondan aşağı yerləşməlidir.

$F_{\text{Э}} = f(\delta)$  dartı xarakteristikaları aralıq  $\delta_{\text{min}}$ -dan  $\delta_{\text{max}}$ -a qədər dəyişmələrdə müxtəlif amper-sarğılar üçün hiperbol ailəsindən ibarətdir.  $F_m = f(\delta)$  mexaniki xarakteristika sınıq xətdən ibarətdir.

Əgər lövbər dartılıbsa ( $\delta_{\text{min}}$ ) onda elektromağnit qüvvəsinin artması onun əlavə yerdəyişməsinə səbəb olmayacaqdır (1-2 parçası). Relenin buraxması  $F_m = F_{\text{Э.bur}}$  2 nöqtəsində baş verir, bundan sonra  $\delta$  artdıqca relenin yayının əks təsir qüvvəsi tədricən azalır (2-3 parçası), sonra isə bizdən son qiymətinə qədər aşağı düşür (3-4 parçası). Dolaqda cərəyan artdıqda relenin lövbəri 4 nöqtəsində tərpənir, yalnız 3 nöqtəsində  $F_{\text{Э}}$  iş.-də nüvəyə dartılır.





Şəkil 12 Elektromağnit relenin dartı  $F_e$  və mexaniki xarakteristikaları.

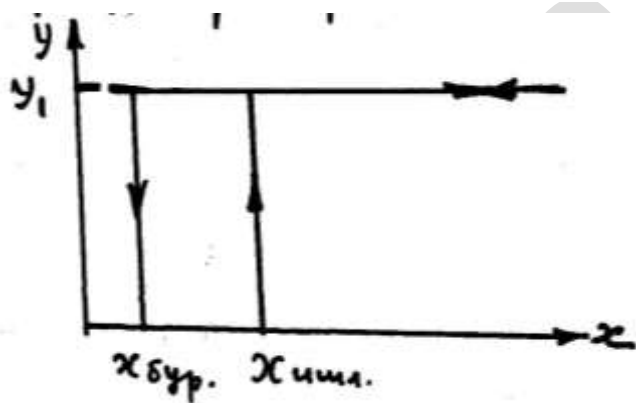
$$F_{\dot{y}} = k_1 \frac{(IW)^2}{\delta^2} = k_2 \Phi^2$$

$F_{\dot{y}} = f(\delta)$  - dartı xarakteristikası.

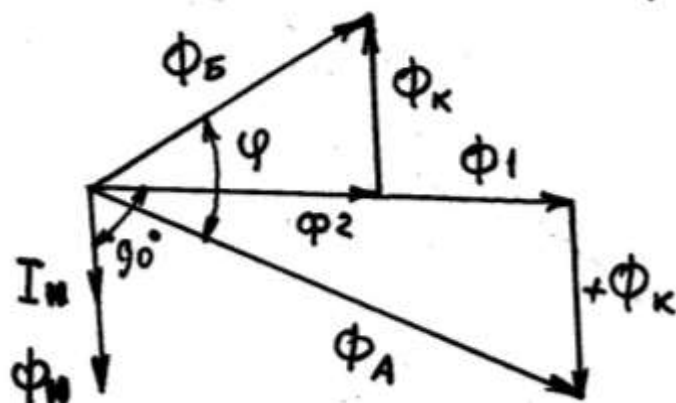
$$F_m = f(\delta)$$

$F_m$  – relenin mexaniki xarakteristikası (əks təsir edici).

$F_{\text{Ə}}$  – relenin dartı xarakteristikası.



Şəkil 13. Relenin statik xarakteristikası



## Şəkil 14. Elektromaqnit relenin vektor diaqramı.

### Elektron və ion relələri

Elektron relələrdə müxtəlif yarımkeçirici cihazlar və vakuum elektron lampalar, ion relələrdə isə közərən boşalmalı tiratronlar (soyuq katodlu ion cihazları) istifadə olunurlar.

Adətən elektron relələr sabit cərəyan gücləndiricisi olub, müsbət əks rabitə ilə əhatə olunur. Bu relələr başqa relələrə nisbətən böyük həssaslığa (işləmə gücü 10-12...10-8 Vt), yüksək güclənmə əmsalına, kiçik ətalətliyə malik olub, kontakt və tərpənən hissələri yoxdur.

Əsasən onları sıfır indikator (müqayisə edilən kəmiyyətlərin kiçik fərqlənmə qiyməti və işarəsinə həssas olan müqayisəedici element kimi), zaman dözümlü rele kimi, qeyri-elektrik kəmiyyətlərin yüksək omlu vericilərindən alınmış kiçik siqnalların rele gücləndiricisi kimi istifadə edirlər.

Elektron və ion relələrin çıxışına adətən idarə dövrlərini artırmaq üçün daha güclü kontakt relələri qoşurlar.

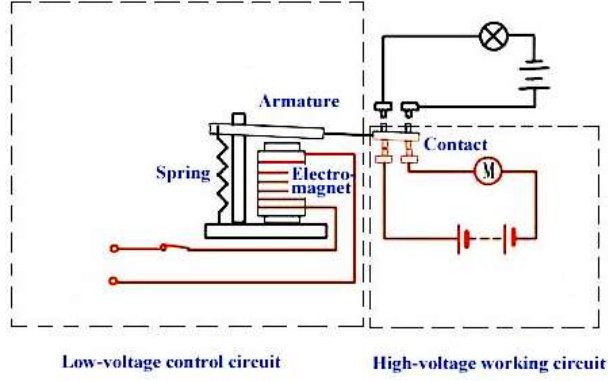
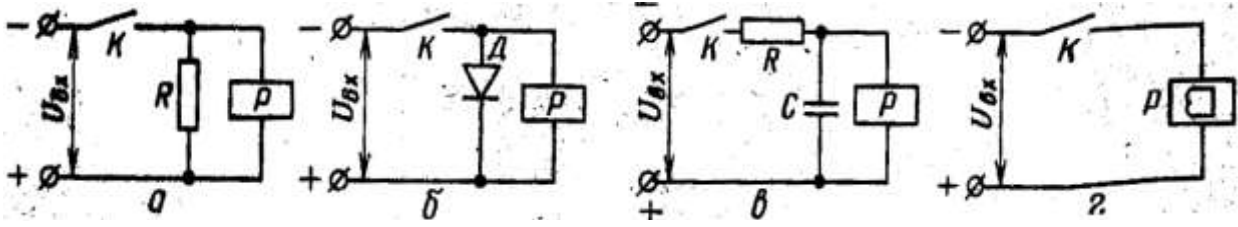
### Zaman dözümlü relələr

Zaman dözümlü relələr avtomatikanın bir elementindən digərinə siqnal verildikdə müəyyən vaxt ləngiməsi yaratmaq üçündür.

Zaman relesi xarici təsirin verilişində zamana görə ləngimə funksiyasını yerinə yetirir.

Proqram relesi (qurğusu) zaman dözümlü relenin müxtəlif növü olub adətən bir neçə müstəqil nisbətən böyük zaman ləngiməsi almağa imkan verir.

Nisbətən kiçik zaman dözümləri (5 saniyəyə qədər) yaratmaq üçün ən çox sadə sxem metodları tətbiq edirlər.



Şəkil 15. Sabit cərəyan reləsinin buraxma və işləməsinin yavaşdılmasının sxem üsulları.

## Mühazirə 12

**Avtomatik tənzimləmə sistemləri. Avtomatik tənzimləmə sistemlərinin növləri.**

**Avtomatik tənzimləmə sistemləri haqqında ümumi məlumat. Avtomatik tənzimləmə qanunları. Tənzimləmə sistemlərində mövcud olan rejimlər.**

**Tənzimləmə sistemlərinin struktur sxemləri**

Avtomatik tənzimləmə sistemləri

Tənzimləmə və ya stabilləşdirmə idarəetmənin xüsusi halıdır. Tərif. Müxtəlif maşın, aparat və aqreqların iş rejimlərinin insanın iştirakı olmadan texniki vasitələrin köməyi ilə sabit saxlanması və ya müəyyən qanunüzrə dəyişdirilməsi avtomatik tənzimləmə adlanır.

Tənzimləmədə məqsəd obyektin çıxış  $y(t)$  kəmiyyətinin (temperatur, təzyiq, yerdəyişmə, bucaq sürəti və s.) müəyyən xəta daxilində sabit və ya zamana görə dəyişən  $g(t)$  tapşırıqına (məqsəd) bərabər olmasını təmin etməkdən ibarətdir:

$$y(t) \approx g(t), \quad t \in [0, \infty). \quad 1.1$$

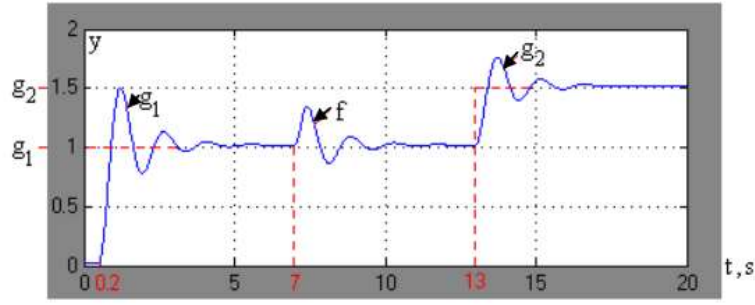
Tənzimləmə prosesi sonsuz zaman ərzində həyata keçirilir. Praktiki baxımdan müəyyən dəqiqlik təmin olunduqdan sonra tənzimləməni bitmiş hesab etmək olar. Lakin obyekt böyük zaman intervalında fəaliyyət göstərdiyindən bu dəqiqlik ATS tərəfindən saxlanılmalıdır.

İlk baxışdan çox sadə görünən (1.1) münasibətinin təmin olunması aşağıdakı prinsiplial çətinliklərlə əlaqədardır. 1. Keçid prosesinin meydana çıxması. Tənzimlənən obyektlər dinamik obyekt olduğundan tapşırıq  $g(t)$  dəyişdirildikdə sistemdə keçid prosesi baş verir. Bu zaman (1.1) münasibəti pozularaq  $\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$  xətası kəskin artır. Əgər sistem düzgün qurulmuşdursa, onda müəyyən vaxtdan sonra keçid prosesi sönür və (1.1) münasibəti müəyyən xəta daxilində bərpa olunur. Göründüyü kimi keçid prosesinin meydana çıxması ziyanlı olsa da labüddür. Keçid prosesini tam ləğv etmək çox enerji tələb etdiyindən sərfəli olmur. Bu səbəbdən yeganə çıxış yolu keçid prosesini yaxşılaşdırmaqdır. Məsələn, onun mövcud olma müddətini, rəqsilliyini və s. azaltmaq olar.

**2. Həyacanlandırıcı təsirlər.** Avtomatik tənzimləmə sistemlərinin yaradılmasının əsas səbəblərindən biri də real sistemlərə (əsasən obyektə) təsir edən həyacanlandırıcı  $f(t)$  qüvvəsinin mövcud olmasıdır. Bu qüvvə ziyanlı olub obyektə tarazlıq vəziyyətindən çıxarır. Yəni (1.1) münasibəti pozulur. Buna səbəb  $f(t)$ -nin yaratdığı keçid prosesidir. Əgər həyacanlandırıcı qüvvələr, həmçinin tapşırıq  $g(t)$  tez-tez dəyişərsə, onda operator (insan) əl ilə idarəetmə zamanı böyük çətinliklərlə qarşılaşa bilər.

**3. Küylər.** İdarəetmə nəzəriyyəsini daha da maraqlı edən momentlərdən biri bütün real sistemlərə təsir edən küylərin mövcud olmasıdır. Bu faktorların sistemin işinə ciddi xələl gətirə bilər. Küy dedikdə, daxili və xarici təsirlərin nəticəsində meydana çıxan yüksək tezlikli, kiçik amplitudlu təsadüfi siqnallar nəzərdə tutulur. Məsələn, təyyarənin uçuşuna təsir edən külək həmlələri, gəmiyə təsir edən ləpələr, avtomobilin gedişinə təsir edən yolun kələ-kötürlüyü, sistemin müxtəlif daxili (gücləndiricilər, birləşdirici naqillər və s.) qurğularından gələn parazit siqnallar. Başqa problem – riyazi modelin qeyri-dəqiqliyidir. Bütün real ölçmə sistemləri, vericilər və obyektin özü çox mürəkkəb modellərə malikdirlər. İdarəetmə sisteminin dayanıqlıq ehtiyatları və keyfiyyət göstəriciləri modellər əsasında hesablandığından hesabat (nominal) modelləri ilə real modellər bir-birindən çox fərqləndikdə gözlənilən nəticə alınmaya bilər. Məsələn, vericinin statik xarakteristikası qeyri-xəttidirsə, bu ifadəni (modeli) dəqiq bilmək lazımdır ki, qeyri-xəttiliyi kompensasiya etmək olsun.

Düzgün qurulmuş ATS-də keçid prosesləri söndükdən sonra qərarlaşma baş verir, yəni  $y(t) \approx g(t)$  əsas məqsədi təmin olunur. Lakin burada  $g$ -nin təsiri ilə  $f$ -in təsirini fərqləndirmək lazımdır: a) əgər  $g$  dəyişərsə sistemin vəzifəsi çıxış  $y$ -i yeni  $g$ -yə gətirməkdən ibarətdir. b) əgər  $f$  dəyişərsə sistemin vəzifəsi onun təsirini yox edib çıxışı tapşırıq qiymətində saxlamaqdır (bax, şəkl. 1.13). Şəkil 1.13-də  $g(t)$  və  $f(t)$ -nin təsirindən meydana çıxan keçid prosesləri göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi  $t=0.2$  s və  $t=13$  s-də tapşırıq  $g$ ,  $t=7$  s-də isə  $f$  dəyişmişdir.



Şəkil 1.13. Tapşırıq və həyəcanlandırıcı təsirin yaratdığı keçid prosesləri

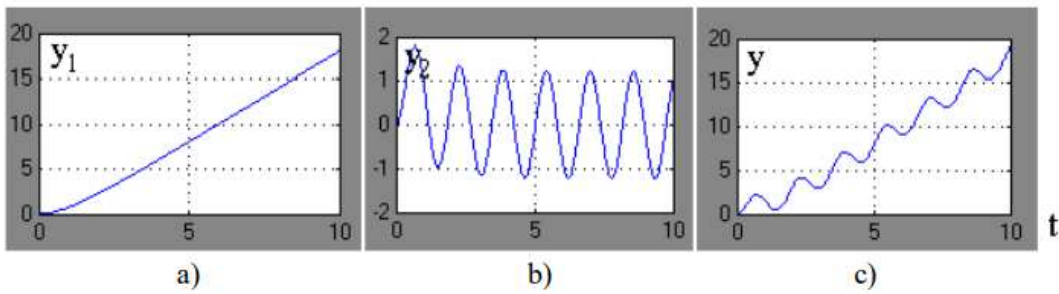
Superpozisiya prinsipi. Bu prinsip yalnız xətti sistemlər (obyektlər) üçün doğrudur: əgər iki signal eyni zamanda təsir edirsə, onda sistemin reaksiyası  $y(t)$  (keçid prosesi) – sadəcə olaraq bu signalaların ayrılıqda yaratdığı  $y_1(t)$ ,  $y_2(t)$  reaksiyalarının cəminə bərabərdir, yəni

$$y(t) = y_1(t) + y_2(t).$$

Fərz edək ki, giriş signalı

$$u = u_1 + u_2 = 2t + 5 \sin 4t.$$

Şəkil 1.14 a,b-də ayrılıqda  $u_1$  və  $u_2$  -dən alınan reaksiyalar, şəkil 1.14 c-də  $u$  -dan alınan reaksiya göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi,  $y(t) = y_1(t) + y_2(t)$ . Bu prinsip xətti sistemləri layihə etdikdə böyük əhəmiyyət kəsb edir. Məsələn, mürəkkəb signalın reaksiyasını onu elementar toplananlara ayıraraq bunların təsirindən alınan reaksiyaların cəmi kimi tədqiq etmək olar.



Şəkil 1.14. Superpozisiya prinsipinin izahı

Tənzimləmə sistemlərində mövcud olan rejimlər Sistemə təsir edən istənilən idarə  $g(t)$  və ya həyəcan  $f(t)$  giriş təsirləri dəyişdikdə əvvəlcə keçid prosesi, bu proses söndükdən sonra isə qərarlaşma baş verir. Bu baxımdan ATS-in iş rejimini iki hissəyə ayırmaq olar:

1. Dinamik rejim. Bu rejim keçid prosesi ilə xarakterizə olunur.

2. Statik rejim. Nəzəri baxımdan statik və ya qərarlaşma ( steady-stat) rejimi zaman sonsuzluğa yaxınlaşdıqda, yəni  $t \rightarrow \infty$  nöqtəsində baş verir. Bu rejimdə ATS-in əsas məqsədi ödənilir:

$$y(t) = g(t) \pm \Delta_s.$$

Burada  $\Delta_s$ - **statik və ya qərarlaşma** xətası olub  $\varepsilon(t) = g(t) - y(t)$  **dinamik xətanın** hədd qiymətinə bərabərdir:

$$\Delta_s = \lim_{t \rightarrow \infty} \varepsilon(t). \quad (1.2)$$

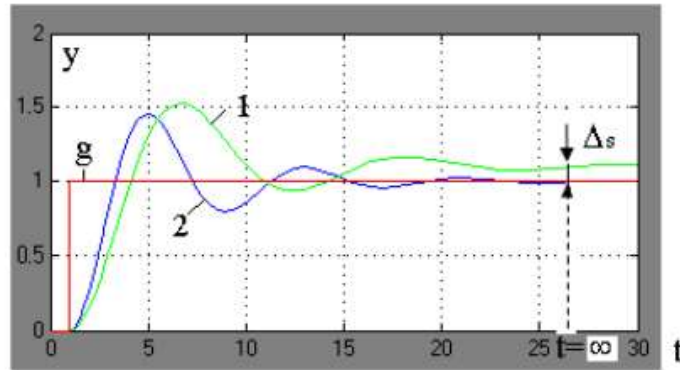
ATS  $\Delta_s$  statik xəta ilə və ya xətasız işləyə bilər.  $\Delta_s = 0$  olduqda ATS **astatik**,  $\Delta_s \neq 0$  olduqda isə **statik ATS** adlanır.

Fərz edək ki,  $g = 1 = \text{const}$  olduqda  $y(t) = 1 - e^{-\alpha t} + 0,2t/(t+1)$ . İfadə (1.2)-yə əsasən statik xəta:

$$\Delta_s = \lim_{t \rightarrow \infty} (g - y) = \lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\alpha t} - 0,2 \lim_{t \rightarrow \infty} [t/(t+1)] = -0,2.$$

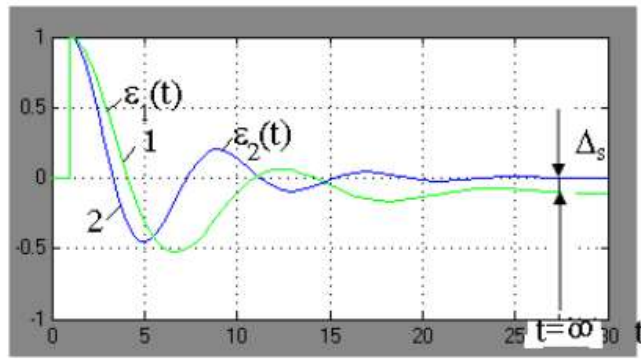
Bu halda statik xəta  $\Delta_s = -0,2$ .

Şəkil 1.15-də  $g = 1 = \text{const}$  olduqda keçid prosesi 1 statik xəta ilə, 2 isə statik xətasız  $\Delta_s = 0$  baş verir.



**Şəkil 1.15.** Statik xəta ilə və statik xətasız keçid prosesləri

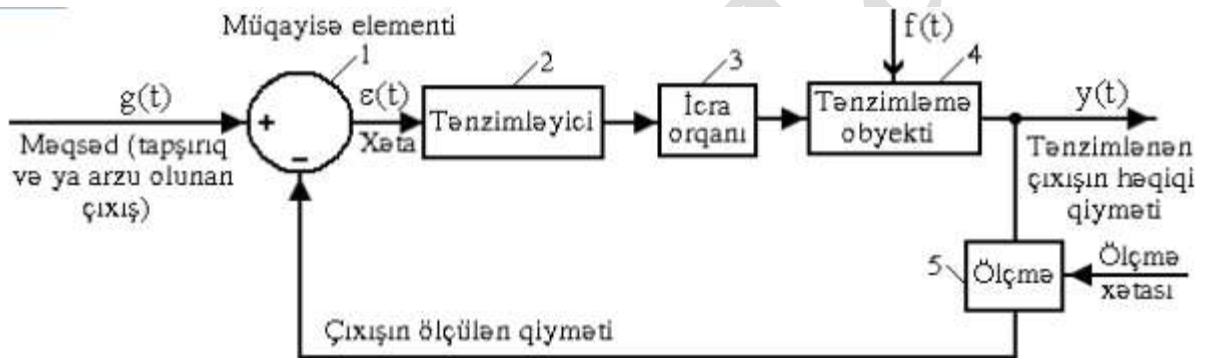
Şəkil 1.16-da  $\varepsilon(t)$  xətasına görə uyğun keçid prosesləri göstərilmişdir.



Şəkil 1.16. Xətaya nəzərən keçid prosesləri

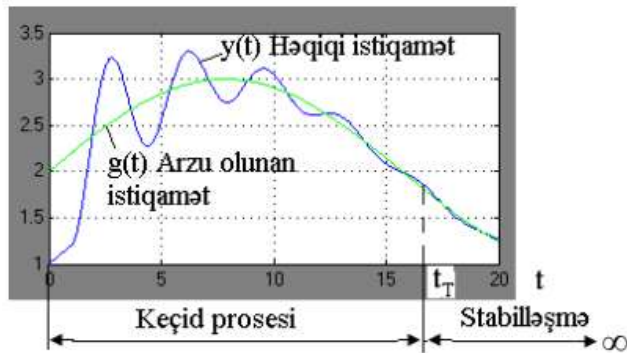
Tənzimləmə sistemlərinin struktur sxemləri

Şəkil 1.20-də əks əlaqəli avtomatik tənzimləmə sisteminin sadələşdirilmiş sxemigöstərilmişdir.



Şəkil 1.20. Əks əlaqəli tənzimləmə sisteminin sxemi

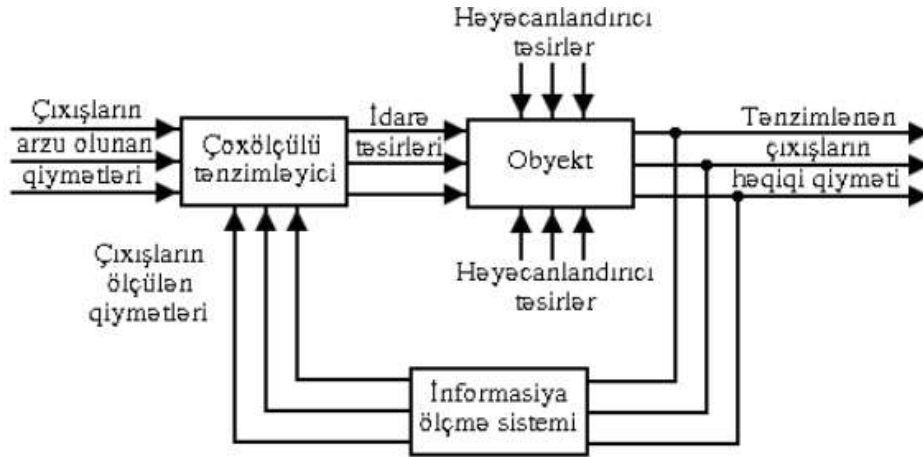
Şəkil 1.21-də avtomobilin idarə olunma prosesi göstərilmişdir. Şəkildəngöründüyü kimi, həqiqi (faktiki) istiqamət arzu olunan istiqamətə lazımi dəqiqliyidaxilində yalnız  $T_t$  zaman anından sonra yaxınlaşır.



Şəkil 1.21. Avtomobilin idarə olunma prosesi

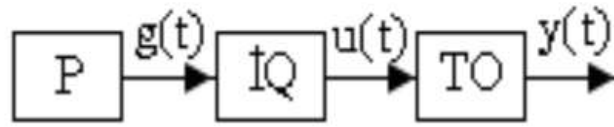


Şəkil 1.23-də çoxölçülü, yəni çoxlu girişləri və çıxışları olan avtomatik tənzimləmə sisteminin struktur sxemi göstərilmişdir.



**Şəkil 1.23.** Çoxölçülü tənzimləmə sistemi

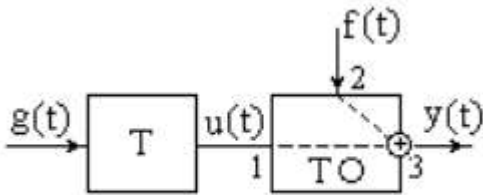
Tənzimləmənin fundamental prinsipləri Prinsip təbiətin dealektik qanunlarına əsaslanan sadə qaydadan ibarətdir. Misal üçün, analitik mexanikada və fizikada məlum olan Dalanber və Ferma prinsipləri. Halhazırda avtomatik tənzimləmə sistemlərinin qurulmasının əsası kimi üç prinsipdən istifadə olunur: a) birbaşa və ya açıq idarəetmə prinsipi; b) əks əlaqə prinsipi; v) həyəcanlandırıcı təsirin kompensasiyası prinsipi. Bu prinsiplər məlumat təminatlarına görə fərqlənirlər. 1. Birbaşa və ya açıq idarəetmə prinsipi. Bu prinsipə əsasən qurulmuş sistemin məqsədi tənzimlənən  $y$  - kəmiyyətini ölçmədən  $y \approx g(t)$  bərabərliyini təmin etməkdən ibarətdir. Tənzimlənən  $y$  kəmiyyətinə nəzarət olunmadığından idarə prosesi zamanı onun hər hansı bir səbəbdən  $g(t)$  proqramından meyl etməsi idarə qurğusunun "diqqətindən kənarında" qalacaqdır. Bu səbəbdən açıq idarəetmə prinsipi gələcək fəaliyyəti tam proqnozlaşdırıla bilən obyektlərin idarəsi üçün tətbiq edilə bilər. Sistemin ümumiləşdirilmiş sxemi şəkil 1.28-də göstərilmişdir. İdarə proqramı  $g(t)$ ,  $P$  – proqram vericisi olan xüsusi texniki qurğu vasitəsi ilə hasil oluna bilər və ya sistemi layihə edərkən İQ – idarə qurğusunun tərkibində nəzərdə tutula bilər. Hər iki halda sistem açıqdövrədən ibarətdir və məlumat sistemin əvvəlindən axırına TO – tənzimləmə obyektinə doğru birtərəfli qaydada ötürülür. Məhz bu xüsusiyyət prinsipin buradakı adının meydana gəlməsinə səbəb olmuşdur.



**Şəkil 1.28.** Açıq sistemin ümumiləşdirilmiş sxemi

İdarə sisteminin bu prinsip əsasında qurulması çox sadə və aşkar olduğuna görə çox vaxt açıq idarəetmə prinsipi tənzimləmənin fundamental prinsipi kimi qəbul olunmur. Tənzimlənən  $y$  kəmiyyətinə nəzarət olunmaması ilə əlaqədar olan aşkar çatışmamazlığına baxmayaraq sadəliyinə görə bu prinsipdən praktikada geniş istifadə olunur. Misal üçün, detalları qabaqcadan verilmiş profil üzrə emal etdikdə, robotların idarə olunmasında, detalların tavlanmasında temperatur və presləmə prosesində təzyiqliq diaqramlarını realizə etdikdə və s.

2. Əks əlaqə prinsipi. Meylətməyə görə tənzimləmə (Polzunov (1765) – Uatt (1769) prinsipi). Əvvəldə deyildiyi kimi, tənzimləmənin əsas məsələsi  $y$  çıxış kəmiyyətinin  $g(t)$  tapşırıqlıq signalını mümkün qədər dəqiq izləməsini təmin etməkdən ibarətdir. Əgər obyektin modeli dəqiq məlumdursa, həyəcanlandırıcı təsir olmadığı halda bu məsələni açıq idarəetmə prinsipindən istifadə etməklə, şəkil 1.33-də göstərildiyi kimi, birbaşa dövrəyə tənzimləyici qoşmaqla həll etməyə cəhd etmək olar. Şəkildən görüldüyü kimi, bu halda  $T$  tənzimləyicisinin köməyi ilə yalnız (1-3) idarə kanalının dinamikasına təsir göstərilib çıxışı arzu olunan qanun üzrə dəyişdirmək olar.



**Şəkil 1.33.** Əks əlaqəsiz ATS

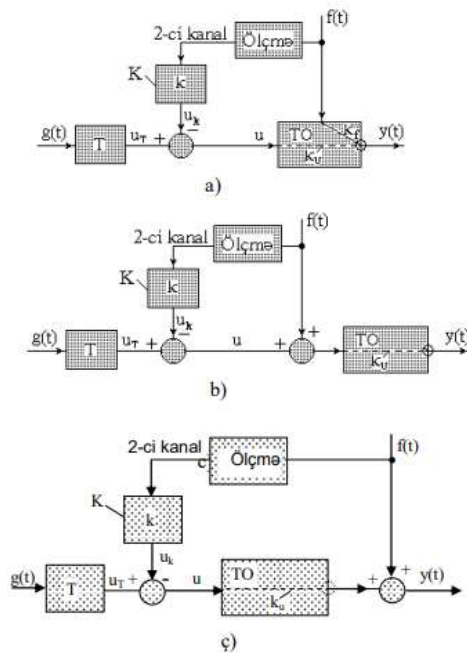
Tənzimləyici (2-3) həyəcanlandırıcı təsir kanalına təsir göstərə bildiyindən  $f$ -in tənzimlənən kəmiyyət olan  $y$  çıxışına ziyanlı təsirini aradan qaldıra bilmir. Bu çatışmamazlığı aradan qaldırmaq üçün əks əlaqə prinsipindən istifadə edirlər. Bu prinsipin məlumat əsasını  $y$  kəmiyyətinin ölçülüb tapşırıqlıq  $g$  ilə müqayisə edilərək nəticənin tənzimləyicidə istifadə olunması təşkil edir (şəkil 1.34). Xəta və ya meyl adlanan yeni  $\varepsilon = g - y$  göstəricisi  $f$ -in dəyişməsi haqqında dolaylı məlumata malik olub,

güc də olsa onun təsirini aradan qaldırmağa imkan verir. Xəta  $\varepsilon$  ümumiləşdirilmiş göstərici olub sistemdə baş verən istənilən dəyişikliyi özündə əks etdirir. Bu halda idarə qanunu  $u = \varphi(\varepsilon)$  şəklində formalaşdırılır. Bu səbəbdən əks əlaqə prinsipi meylətməyə görə tənzimləmə prinsipi də adlanır. Adətən idarə qanununda təkcə  $\varepsilon$  -nin özündən deyil, onun törəmə və inteqralından da istifadə olunur:

$$u = \varphi\left(\varepsilon, \frac{d\varepsilon}{dt}, \int \varepsilon dt\right).$$

Əks əlaqə prinsipi bütün üstünlüklərinə baxmayaraq daxilən çox ziddiyətlidir. Belə ki, bu prinsip əsasında fəaliyyət göstərdikdə  $f$ -in ziyanlı təsirini ləğv etməzdən əvvəl, onun meydana çıxmasına yol verilir. Həqiqətən, bu təsiri aradan qaldıran tənzimləyici yalnız bu təsirin  $\varepsilon$  xətasının meydana çıxması şəklində aşkarlandıqdan, deməli, yol verildəndən sonra obyektə təsir göstərməyə başlayır. Bu səbəbdən  $f$ -in təsiri dinamik rejimdə özünü göstərərək tədricən azaldılır və yalnız  $t \rightarrow \infty$  halında (statik rejimdə) tam aradan qaldırılır. Yəni statik xəta  $\Delta s = 0$  olur.

**3. Həyəcanlandırıcı təsirin kompensasiyası prinsipi.** Bu prinsip fransız mühəndisi və mexaniki Jan Ponselenin (1788-1867) adı ilə bağlıdır. Əgər həyəcanlandırıcı təsir  $f(t)$  ölçülə bilərsə və ya dolaylı yolla qiymətləndirilərsə, onda bu məlumatdan istifadə edərək  $f(t)$ -ni obyektə tarazlıq vəziyyətindən çıxarmağa macal tapmamış kompensasiya etmək olar. Kompensasiya siqnalı  $u_k$  kompensator adlanan  $K$  texniki qurğusunda hasil edilərək ikinci kanal vasitəsi ilə əsas idarə kanalına ötürülür və 3 nöqtəsində  $f(t)$  -nin çıxış  $y$ -ə təsirini kompensasiya edir. Şəkil 1.37-də kompensasiya prinsipi ilə işləyən açıq ATS-in  $u_k$  siqnalının tətbiq nöqtəsi ilə fərqlənən sxemləri göstərilmişdir. Sadəlik üçün kompensatorun və siqnalın keçdiyi kanalların tənliklərini sabit funksiya şəklində qəbul edək. Yəni bunlar gücləndirmə əmsalları  $k$ ,  $k_u$  və  $k_f$  olan gücləndiricilərdir. Bu prinsip tənliklər mürəkkəb olduqda da öz qüvvəsini saxlayır.



Şəkil 1.37. Həyəcanlandırıcı təsirin kompensasiyası prinsipi ilə işləyən açıq ATS-lər: a) həyəcanlandırıcı təsir  $f(t)$  bilavasitə tənzimləmə obyektinə (TO) təsir edir; b)  $f(t)$  obyektin girişinə təsir edir; c)  $f(t)$  obyektin çıxışına təsir edir.

Birinci sxem üçün kompensatorun  $k$  gücləndirmə əmsalını tapaq. Sadəlik üçün ölçmə blokunun (verici + çevirici + ...) tənliyini  $k \equiv 1$  götürək.

Sxemə əsasən obyektin çıxış siqnalı

$$y = k_f f + k_u u,$$

$$u = u_r - u_k,$$

$$u_k = k f.$$

Müvafiq əvəzləmələr və çevirmələr aparsaq, alarıq:  $y = (k_f - k k_u) f$ .

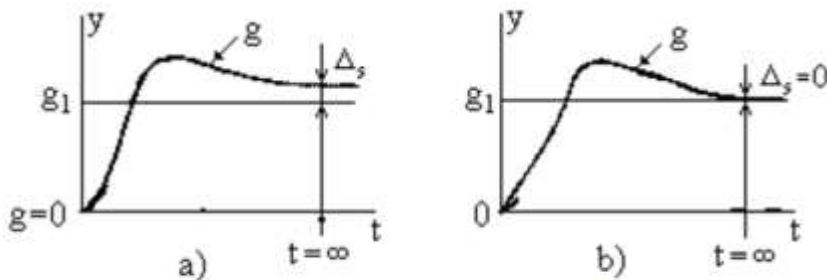
Avtomatik idarəetmənin ilkin inkişaf mərhələsində praktiki olaraq yalnız bir növ tənzimləmədən – çıxış kəmiyyətinin sabit saxlanılmasını təmin edən tənzimləmədən istifadə olunurdu. Sonralar texnikanın və texnologiyanın inkişafı ilə əlaqədar olaraq avtomatik idarəetmənin və tənzimləmənin növləri artmağa başladı. Tənzimləmənin əsasən əks əlaqəli sistemlər vasitəsilə aparıldığını nəzərdə tutmaq lazımdır. Tənzimləmənin növləri tapşırıq  $g(t)$ -nin dəyişmə xarakterinə görə fərqlənirlər. 1. Stabilləşdirmə. Bu halda tapşırıq  $g(t) = \text{const}$ . Məqsəd tənzimlənən kəmiyyətin qiymətini sabit saxlamaqdan ibarətdir:  $y = g \pm \Delta_s = \text{const}$ . Stabilləşdirmə rejimində işləyən ATS-lər qərarlaşmış vəziyyətdə ( $t = \infty$  nöqtəsində)  $\Delta_s$  statik xətasının mövcud

olub-olmamasından asılı olaraq iki yerə bölünürlər: a) statik tənzimləmə sistemləri,  $\Delta_s \neq 0$  ; b) astatik tənzimləmə sistemləri,  $\Delta_s = 0$ . Uyğun olaraq tənzimləmənin növü də statik və ya astatik tənzimləmə adlanır. Bu anlayışlar tapşırıq zamana görə dəyişən funksiya  $g = g(t)$  olduğu halda da öz qüvvəsini saxlayır.

Əvvəldə deyildiyi kimi,  $g$  və  $f$  girişlərinin hər hansı biri dəyişdikdə sistemdə keçid prosesi baş verir, yəni  $y$  tənzimlənən kəmiyyəti zaman üzrə dəyişməyə başlayır. Xətti ATS-də superpozisiya prinsipinə əsasən yekun statik xəta çəm şəklində olur:

$$\Delta_s = \Delta_s^g + \Delta_s^f.$$

Bu səbəbdən tam astatizmi təmin etmək üçün, yəni  $\Delta_s = 0$  şərtinin ödənməsi üçün tənzimləyici elə qurulmalıdır ki, ATS eyni zamanda həm tapşırığa, həm də həyəcanlandırıcı təsirə nəzərən astatik olsun. Çoxölçülü sistemlərdə  $i$  çıxışının  $j$  girişinə nəzərən astatikliyi anlayışı mövcuddur. Şəkil 1.41-də statik a) və astatik b) sistemlərdə baş verən keçid prosesləri göstərilmişdir. Statik sistemlərdə tənzimlənən kəmiyyətin qiyməti müəyyən  $\Delta_s$  xətası ilə saxlanılır. Bu xətanın özü də sabit olmayıb  $g$  və  $f$ -in qiymətindən asılı olur. Statik sistemlər sadəcə olduqlarına görə onlar çox böyük dəqiqlik tələb olunmayan obyektlərin tənzimlənməsində geniş istifadə olunurlar.



**Şəkil 1.41.** Statik və astatik ATS-də başverən keçid prosesləri

## Mühazirə 13

### Avtomatlaşdırılmış sistemin idarəetmə elementləri və onların növləri.

#### Mikroprosessorun avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərdə tətbiqi.

#### Mikrokontrollerli idarəetmə. İstehsal prosesində parametrlərə mikrokontrollerli nəzarət və monitoring

*Mikroprosessor (MP)* bir və ya bir neçə böyük inteqral sxemlərdə yaradılan rəqəm qurğusu olub, verilənlərin (siqnalların), yaddaşda saxlanılan proqrama uyğun olaraq, emalı üzrə müxtəlif əməliyyatların yerinə yetirilməsi imkanına malik olan qurğudur. MP daimi (DYQ) və operativ (OYQ) yaddaş qurğusu ilə və onun işini və xarici qurğularla əlaqəsini təmin edən başqa inteqral sxemləri ilə birlikdə MP yığımını və ya komplektini (dəstini) təşkil edir. Bu yığım əsasında mikroelektron hesablama maşını (EHM) tipli MP hesablama qurğusu yaratmaq olar.

Müasir texniki sistemlərdə mikroprosessor əsaslı rəqəm qurğuları geniş tətbiq tapmışdır. Bu ilk növbədə çoxsaylı funksiyalara malik olan ucuz və miniatür ölçülü mikroprosessorların yaradılması ilə əlaqədardır.

Mikroprosessor (MP) proqramla idarə olunan ifrat böyük inteqral sxem (İBİS) olub, rəqəm məlumatlarının emalı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Müasir MP-nin 4x4x0,2 mm ölçüsündə olan yarımkəçirici kristalı on minlərlə və daha çox (milyonlarla) tranzistorlardan ibarət olub, EHM-in prosessoruna xas olan bütün funksiyaları yerinə yetirmək imkanına malikdir. MP-nin tətbiqinin böyük səmərəliliyi avtomatikanın lokal qurğu və sistemlərində, ölçü, idarə və nəzarət sistemlərində və s. sahələrdə əldə edilir. Bu sahələrdə verilənlərin rəqəm emalı vasitələrinin tətbiqi MP yaradılana qədər iqtisadi cəhətdən səmərəsiz idi. Hazırda MP-n qiymətinin aşağı olması, ölçülərinin və tələb olunan gücün aşağı olması, yüksək etibarlılığı, yüksək çevikliyi onların verilənlərin emalının digər vasitələrinə nəzərən üstünlüyünü təmin edir. Texnoloji proseslərə nəzarətin və təsərrüfatın müxtəlif sahələrində idarəetmənin həyata keçirilməsi üçün nəzərdə tutulan **mikrokontrollerlərin** yaradılmasında MP qurğuları əvəzolunmazdır.

Mikroprosessor mikroelektronika texnologiyası ilə hazırlanmış proqramla idarə olunan qurğudur və rəqəm məlumatların emalı üçün nəzərdə tutulmuşdur. MP həm inteqral sxemlərə, həm də hesablama texnikasına xas olan parametrlərlə xarakterizə olunur. MP inteqral mikrosxem kimi inteqral texnologiyaya xas olan cəldlik, güc sərfi, qida gərginliyinin səviyyələri, inteqrasiya dərəcəsi, etibarlılığı, dəyəri, temperatur diapazonu və s. kimi parametrlərlə xarakterizə olunur. MP hesablama qurğusu kimi təyinatı, dərəcəsi, arxitekturasının tipi, idarə üsulu, emal olunan informasiyanın növü, stek yaddaşının növü, daxili registrlərin sayı, birbaşa ünvanlanan yaddaşın həcmi, kəsilmə səviyyələrinin sayı və s. kimi parametrlərlə xarakterizə olunur.

**Təyinatına görə** MP universal və xüsusişdirilmiş növlərə ayrılırlar. Xüsusişdirilmiş MP universal MP –dən fərqli olaraq, tətbiq sahəsi ilə əlaqədar bir sıra mühüm parametrlərinə görə optimallaşdırılır. Məsələn, K145 seriyasından olan MP məişət texnikasında tətbiq edilir. Onların əsasında sadə, ucuz, az güc sərf edən, yüksək maneədavamlılığınə və etibarlılığınə malik mikrokontrollerlər yaradılır. Bu parametrlər kütləvi istifadə hallarında daha əhəmiyyətli olurlar. Universal MP müəyyən bir sahə üçün nəzərdə tutulmur. Onların əsasında mürəkkəb hesablama qurğularından tutmuş müxtəlif texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılmış sadə lokal sistemlərə qədər qurğular yaradılır.

**Hazırlanma texnologiyasına görə** MP mikro və makro proqramlaşdırılan MP-lərə bölünürlər. İstənilən tip MP-də əmrlərin yerinə yetirilməsi mikro əməliyyatlar şəklində həyata keçirilir. Mikroəmrlər idarə qurğusundan MP-nin qovşaqlarına daxil olan siqnalların təsiri altında yerinə yetirilir. İdarə siqnallarının formalaşdırılması üsulundan asılı olaraq iki idarə üsulu mövcuddur. Sxem və ya “sərt” adlanan birinci üsulda idarə siqnalları idarə qurğusunda formalaşdırılır. Burada dəyişmələr mümkün deyil. Odur ki, bu üsul konkret bir əmrlər sistemini yerinə yetirirlər. “Sərt” idarəyə malik MP-lər makroproqramlaşdırılan MP-lərə aid edilir.

İkinci üsul mikroproqram idarə sistemidir. Mikroproqramlaşan MP-lərdə DYQ-da hər bir əmrə uyğun mikroproqram nəzərdə tutulur. Hər bir mikroproqram müəyyən mikroəməliyyatları yerinə yetirilməsini təmin edən mikroəmrlərin yığımından ibarət olur. Odur ki, müəyyən əmri yerinə yetirmək üçün əmrlərin DYQ-dan müəyyən mikroproqramı çağırmaq lazım gəlir. Yeni əmrlərin yazılması lazım olan hallarda əmrlər DYQ-na uyğun mikroproqramı yazmaq lazım gəlir.

**Arxitekturasına görə** MP birkristallı, seksiyalı və birkristallı mikro-EHM MP-lərə ayrılırlar. Əgər MP-nin bütün funksional blokları bir mikrosxemdə yerinə yetirilibsə, belə MP-lər birkristallı MP adlanır. Bir kristalda müəyyən mərtəbəli prosessor və əmrlər sistemi yerləşdirilir. MP-nin funksional imkanlarını artırmaq üçün birkristallı MP-yə mikrosxemlər əlavə olunur.

Birkristallı MP-lərə birkristallı mikro-EHM aid edilir. Fərq ondadır ki, mikro-EHM-in bir kristalında MP-dən başqa mikroprosessor sisteminin nüvəsinin bütün işini razılaşdırmaq üçün lazım olan OYQ, DYQ, interfeys sxemləri və taymer kimi bloklar olur. Bu qurğuların bir kristalda yerləşdirilməsi kifayət qədər çətin olduğundan bu MP-lər məhdud mərtəbəyə, adətən 8-dərəcəyə malik olur. Bu səbəbdən daxili yaddaş 1...2 kbit-dən çox olmur. Seksiyalı MP-lər çox kristallı olurlar. Kristalların hər biri prosessorun funksional stukturunun müəyyən hissəsi olur. Hər bir seksiya verilənlərin bir neçə mərtəbəsini emalı üçün və ya müəyyən funksiyaların yerinə yetirilməsi üçün nəzərdə tutulur. Seksiyalı MP-lər seksiyaların paralel qoşulması yolu ilə emal olunan verilənlərin mərtəbəsini istənilən qədər artırmağa imkan verir.

**Dərəcələrinə görə** MP fiksə olunmuş və mərtəbələri dəyişdirilə bilən MP-lərə ayrılır. Müasir MP-lər 2-, 4-, 8-, 16-, 32-, 64- dərəcəyə malik olurlar. Birkristallı MP-lər fiksə olunmuş dərəcələrə malik olur.

**Cəldliyinə görə** MP-lər aşağı, orta və yüksək cəldliyə malik MP-lərə ayrılırlar. Cəldlik MP-nin hazırlanma texnologiyasından asılıdır. Artıq cəldliyi 50 milyon/san olan MP mövcuddur. Cəldliyin artırılması üçün texnologiyanın təkmilləşməsi ilə yanaşı MP-nin zaman diaqramının sıxlaşdırılması, tezliyinin artırılması və əsas əməllərin sayının ixtisar edilməsi imkanlarından istifadə edilir. Cəldliyin artırılması yüksək sürətlə yerinə yetirilən sadə əməllərin məhdud yığımindan istifadə etməklə mümkündür. Bu üsul RISC arxitekturalı prosessorlarda tətbiq edilir.

32-dərəcəli MP-də cəldliyin artırılması üçün KEŞ-yaddaş adlanan yüksək cəldliyə malik kiçik həcmli yaddaşdan istifadə edilir. Bu tip yaddaşlarda cari proqramın bir hissəsi və əsas yaddaşda yerləşmiş verilənlər yaddaş saxlanılır. Məsələn, KEŞ-yaddaşın həcmi MP 68020 (Motorolla firması) üçün 256 bayta qədər olur. Lakin KEŞ-yaddaşa cəld daxil olmaq hesabına MP-nin məhsuldarlığı kəskin artır.

**Emal olunan informasiyanın növünə görə** MP-lər analoq və rəqəm MP-lərə ayrılırlar. Analıq MP-lər mahiyyətcə analıq siqnalları real zaman miqyasında emal edən birkristallı MP sistemidir və onun kristalında ARÇ qurğusu yerləşdirilir.

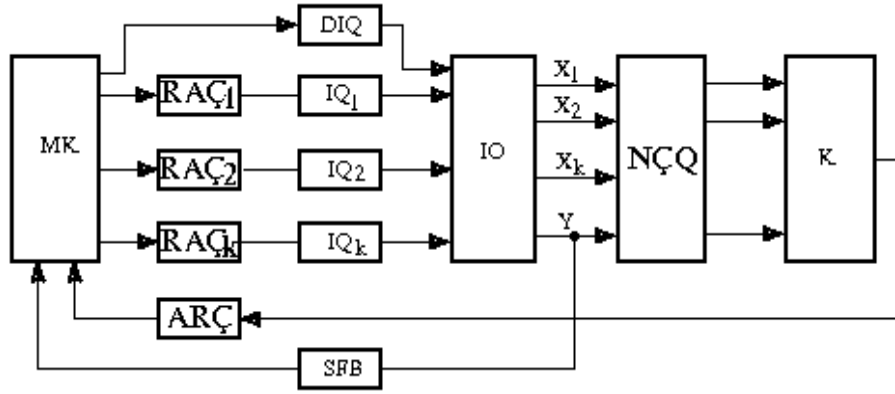
### **Mikroprosessorlu idarəetmə sistemlərinin strukturu**

Texniki vasitələrin idarəetmə obyektləri (İO) təyinatlarına görə iki sinfə ayrılırlar. Birinci sinfə istifadəçi tərəfindən istifadə olunmaq üçün nəzərdə tutulan obyektlər, məsələn məişət avadanlıqları (televizorlar, videomaqnitofon-lar, soyuducular, paltar yuyan maşınlar və s.) , qaz, su, işıq sayğacları, kənd təsərrüfatında, ofislərdə və s. istifadə olunan avadanlıqlar aid edilir. İkinci sinfə istehsalat şəraitində istismar olunan obyektlər: sənaye maşınları, avadanlıqları dəzgahlar və s. aid edilir.

Birinci sinif obyektlərin idarə sistemləri idarə obyektləri ilə bir neçə əlaqə kanalı vasitəsilə birləşmiş bir idarəedici qurğu əsasında yaradılır. Belə idarə sisteminin ümumiləşmiş strukturu şəkil 8.2-də göstərilmişdir. Sistemin idarə qurğusu kimi müəyyən tip mikroprosessor əsasında qurulan mikrokontroller (MK) istifadə oluna bilər. İdarə obyektinin vəziyyəti haqqında məlumatlar normallaşdırıcı çeviricilər bloku (NÇB), kommutator (K) və analıq-rəqəm çeviricisi (ARÇ) vasitəsilə MK-ya ötürülür. Normallaşdırıcı çeviricilər bloku sistemdə idarə obyektinin çıxışındakı informasiya siqnallarının səviyyələrinin kommutatorun giriş siqnallarının səviyyələri ilə uyğunlaşdırılması üçün istifadə edilir. ARÇ obyektin çıxışındakı analıq siqnalları rəqəm koduna çevirmək üçün istifadə edilir. İdarə obyektinin vəziyyəti haqqında rəqəm məlumatları adətən MK-nın yaddaşında olan müəyyən alqoritmə uyğun olaraq çevrildikdən sonra idarəedici təsirlər /siqnallar/ hasil edilir. Bu təsirlər rəqəm-analıq çevirici (RAÇ) və icra qurğusu vasitəsilə idarə obyektinin girişinə daxil olurlar. Qeyd



etmək lazımdır ki, idarə obyektlərinin çıxış siqnallarının multipleksiyası ARÇ-nin çıxışında həmişə mümkün olsa da, idarə siqnallarının MK-nın girişində multipleksiyası çox vaxt yol verilməzdir. İdarə sisteminin bu cür strukturu idarə siqnalının hər bir qiymətinin hesablama qurğusu dayandıqdan sonra da yadda saxlanması zərurəti ilə izah edilir.



Şəkil 8.2. Bir idarə obyektinə malik MP idarə sisteminin strukturu

İdarə obyektlərinin çıxışında analoq siqnallarla yanaşı diskret siqnalları da ola bilər. Bu cür siqnalların MK-ya daxil edilməsi siqnalları formallaşdırma blok (SFB) vasitəsilə həyata keçirilir. Bu blokun vəzifəsi diskret siqnalların səviyyələrini və güclərini MK-nın giriş dövrələri ilə uzlaşdırmaqdır. Bir neçə diskret siqnal halında onların MK-ya daxil edilməsi üçün multipleksasiyadan istifadə etmək olar. İdarə obyektinin girişində diskret tipli icra qurğusu (DİQ) (güc gücləndiriciləri, açar rejimində işləyən tiristor çeviriciləri) olan hallarda idarəedici təsirlər MK-da formallaşdırılır və RAÇ-dən istifadə etmədən DİQ-yə ötürülür.

İdarə sistemi idarə obyektinin çıxış parametrlərini müəyyən qanun üzrə dəyişdirmək və ya müəyyən səviyyədə saxlamaq; obyektin çıxış parametrlərini program üzrə dəyişdirmək və müəyyən xarici siqnallara uyğun olaraq onların dəyişməsinə izləmək; idarə obyektlərinə enerji axınına zamana görə və ya nəzarət olunan parametrlərin verilmiş amplitud qiymətinə görə qoşmaq və ya açmaq; idarə obyektinin vəziyyəti haqqında məlumatı yığmaq və bu məlumatı emal etmək; məlumatların və emalın nəticələrini yadda saxlamaq və s. kimi müxtəlif məsələləri həll edə bilər.

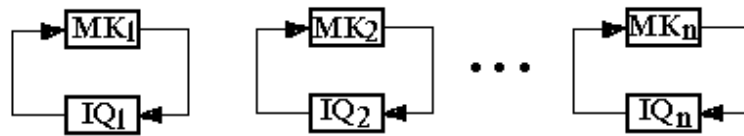
Baxdığımız sistemdə mikroprosessorlu kontroller mərkəzi yer (nüvə) tutur. NÇB, K, ARÇ, RAÇ və İQ kimi digər elementlər MK ilə İO arasında əlaqəni təmin edir. Bu elementləri çox vaxt bir ümumi adla - obyektə əlaqə qurğusu (OƏQ) kimi adlandırırlar. Sistemin bütün elementləri konstruktiv cəhətdən bir plata (çap lövhəsi) üzərində yerləşdirilə bilər və əksər hallarda bu plata obyektə yerləşdirilir. MK müəyyən tip MP və bir neçə mikrosxem əsasında yerinə yetirilə bilər. MK-dan ayrıca götürülmüş

obyektə qoşula bilən idarə vasitəsi kimi istifadə etdikdə MK və OƏQ - nin texniki parametrləri unifikasiya olunmaya da bilər, lakin bu halda məişət texnikasının ümumi qiyməti artmış olur.

Texniki obyektlərin idarə sistemlərinin xərcini azaltmaq üçün bir universal MK və OƏQ komplektindən istifadə etmək olar. Bu zaman eyni idarə sistemini lazım olan hallarda müxtəlif obyektlərə qoşmaq olar. Məişət texnikasının idarə sisteminə bu cür yanaşma istifadəçi (istehlakçı) şəxsi EHM-ə malik olduğu hallarda xüsusən məqsəduyğundur.

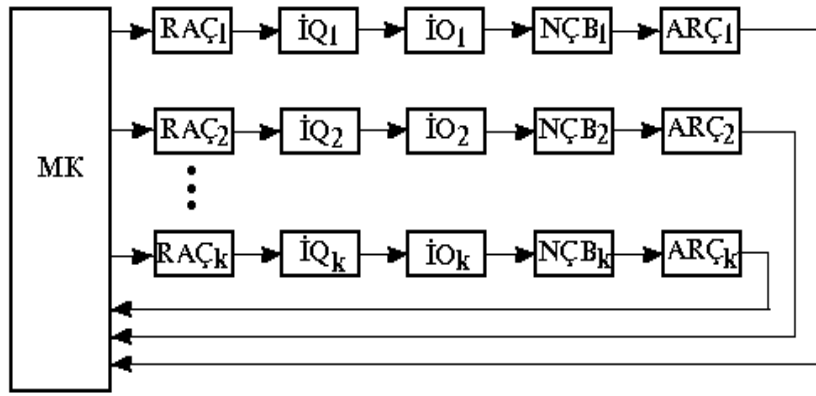
İkinci sinif idarə obyektləri, adətən, texnoloji xətt təşkil edən qruplarda birləşirlər. Bu sinif obyektlərin idarə sistemləri bu qayda ilə, verilmiş səviyyəli birkonturlu idarə sistemləri yığımı şəklində, qurula bilər (şəkil 8.3). Bu halda obyektlərdən hər birinin lokal idarə sistemi başqa sistemlərdən asılı olmayaraq işləyir. Lazım olan hallarda obyektlərin vəziyyətləri haqqındakı məlumat bir qrup obyektlər üçün ümumi olan idarə məsələlərini həll etmək üçün mərkəzi hesablama qurğusuna ötürülə bilər.

Eyni məsələləri bütün qrup obyektləri idarə edən mərkəzi MK-dan istifadə etməklə də həll etmək olar (şəkil 8.4). Bu sistemlərin hər birinin müsbət və mənfi cəhətləri vardır. Paylanmış idarə sistemlərində bir neçə MK-dan istifadə edilir, Təbiidir ki, belə sistemin qiyməti baha olur, lakin etibarlılıq yüksək olur, çünki MK-dan birinin sıradan çıxması texnoloji prosesə, demək olar, təsir göstərmir. Mərkəzi MK-ya malik idarə sistemlərinin xərci azdır, lakin etibarlılığı aşağı olur, çünki bütün sistemin işi bir mərkəzi MK-dan asılıdır.



Şəkil 8.3. Qrup obyektə malik MP-li idarə sisteminin strukturu

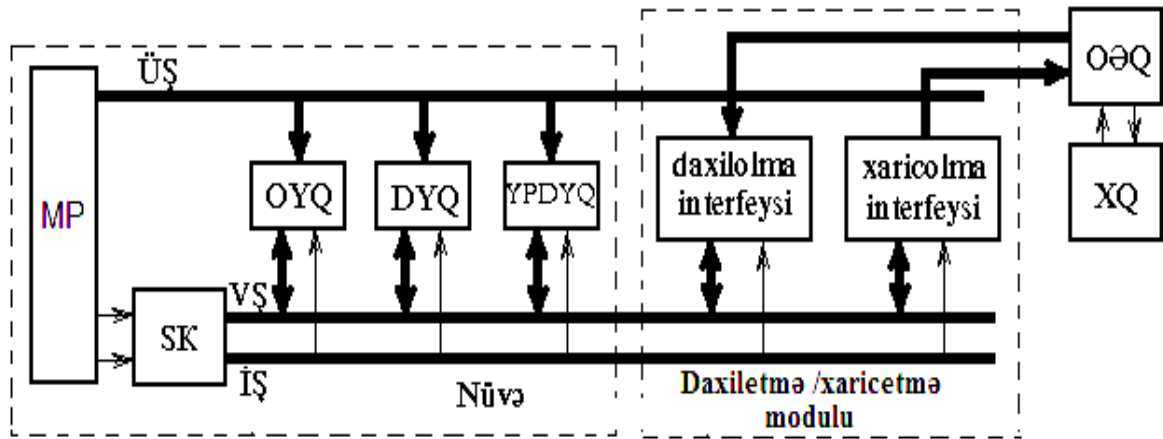
Layihə olunan MP sistemlərin idarə olunması prinsipinin seçilməsi qiymət, etibarlılıq, çeviklik, real zaman müddətində işləyə bilmə qabiliyyəti və s. kimi qarşılıqlı əlaqəli faktorlardan asılıdır. Məişət texnikasının seçimi zamanı, əksər hallarda, qiymət və etibarlılıq kimi iki faktor daha həlledici olur.



Şəkil 8.4. Mərkəzi MK ilə idarə olunan qrup obyektlərin MP-li idarə etmə sisteminin strukturu

### Mikroprosessorlu kontrollerin strukturu

Kontrollerlər mürəkkəb texniki qurğu olub rəqəm məlumatların emalı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Adətən kontrollerlər, mikroprosessor sisteminin tələb olunan funksiyalarını daha yaxşı təmin edən mikroprosessor əsasında qurulur. Mikroelektronika qurğuları əsasında qurulduğundan çox vaxt bu qurğunu mikrokontroller adlandırırlar (MK). MK-nın tipik strukturu şəkil 8.5 –də göstərilmişdir.



Şəkil 8.5. Mikrokontrollerin strukturu

Kontroller iki əsas hissədən - nüvə və daxiletmə/xaricetmə modulundan ibarətdir. Kontrollerin nüvəsini MP, sistem kontrolleri (SK) və yaddaş qurğusu təşkil edir. Kontrollerin strukturunda MP əsas rolu oynayır. MP sistemin xarici qurğularından daxil olan məlumatların - verilənlərin hesab və məntiq emalını həyata keçirir və sistem kontrolleri ilə birlikdə MS-nin bütün qurğuları arasında informasiya axını /

mübadiləsini idarə edir. MP-nin idarə obyektləri ilə əlaqəsi OƏQ və sistem şinləri vasitəsi ilə həyata keçirilir. Sistem şinləri verilənlər şininə (VŞ), ünvan şininə (ÜŞ) və idarə şininə (İŞ) ayrılırlar. OƏQ - nun verilənlər şininə qoşulması sistemin daxiletmə/xaricətmə portları vasitəsilə həyata keçirilir. Portlar adətən sistemin interfeysinin tərkibinə daxil olur. İnterfeys dedikdə, MP ilə hesablama qurğusu arasında informasiya mübadiləsini təmin edən proqram və aparat vasitələri yığımı başa düşülür.

İdarə obyektinin vəziyyəti haqqındakı informasiya OƏQ və verilənlər şini vasitəsi ilə MP-yə ötürülür. İdarə siqnalları da bu şinlə MP-dən idarə obyektinə ötürülür. Bu hesaba MK-nın verilənlər şini iki istiqamətli olur. Bu şinin dərəcəsi adətən MP-nin hesab-məntiq qurğusunun dərəcəsinə uyğun gəlir və nəzərdə tutulan ikilik ədədlərin diapazonunu təyin edir.

Sistemin hesablama qurğusuna müraciəti hər bir hesablama qurğusuna verilmiş ünvan vasitəsilə həyata keçirilir. Hesablama qurğusunun (HQ) ünvanı rəqəm ikilik koddan ibarətdir və MP-dən HQ-na ötürülür. HQ-nun ünvanı bir istiqamətli ünvan şini vasitəsilə ötürülür. ÜŞ-nin dərəcəsi müxtəlif MP-ə malik sistemlərdə 8, 16, 32 ikilik dərəcə təşkil edir. Dərəcə çox olduqca kodlaşdırılan ünvanların sayı da çox olur. Məsələn, n-dərəcəli ÜŞ-i üçün sistemin ünvan oblastının həcmi  $V=2^n$  olur. 16-dərəcəli ÜŞ-i üçün ünvan zonasının həcmi  $V=2^{16} = 2^6 \cdot 2^{10} = 64 \cdot 1024 = 64K$  olur.

İdarə şini (İŞ) sistem idarə siqnallarının MP-dən HQ-na və əks istiqamətdə ötürmək üçündür. İŞ-i elə qurulmuşdur ki, onun hər bir naqili üzrə idarə signalı ancaq bir istiqamətdə ötürülür. MP və HQ arasında lazım olan əməliyyatları təmin edən sistem idarə siqnallarının formalaşdırılması sistem kontrollerində, MP-nin bir sıra idarə siqnallarından istifadə olunması hesabına, həyata keçirilir. Ona görə də, SK-ni sistemin ilkin idarə qurğusu və ya ilkin avtomatı hesab etmək olar. İlkin avtomatın əsas vəzifəsi MK-nın bütün qurğuları arasında düzgün qarşılıqlı əlaqəni təmin etməkdir.

Proqramları və verilənləri yadda saxlamaq üçün MK-nın nüvəsi operativ (OYQ), daimi (DYQ) və proqramlaşdırıla bilən (PYQ) yaddaş qurğularına malik olur. DYQ ancaq idarə proqramlarını yadda saxlamaq üçün istifadə olunur. Xüsusi saxlama vasitələrində yaradılan və sazlanan bu proqramlar zavod şəraitində DYQ-na köçürülür və istifadəçi bu proqramları dəyişə bilməz. PYQ DYQ-dan onunla fərqlənir ki, burada istifadəçi onun məzmununu dəyişə bilər, yeni proqram yazı bilər. OYQ əsas idarə proqramını yerinə yetirmək üçün lazım olan verilənləri yadda saxlamaq üçün istifadə olunur. Yaddaşın yuvalarına (özəklərinə) müraciət ünvan üzrə həyata keçirilir. Ünvanlar ünvan şininə MP-nin əmrlər sayğacı ilə ötürülür. ÜŞ-nin dərəcələrinin bir hissəsi bilavasitə yaddaşın mikrosxeminə ötürülür, digər hissəsi (böyük dərəcələr) isə yaddaş mikrosxeminə seçmək üçün deşifrəlmə sxemində istifadə olunur. Beləliklə, ÜŞ-də hər bir ünvan mikrosxemin mövqeyini və onun içərisində konkret yuvanı (özəyi) müəyyən edir.

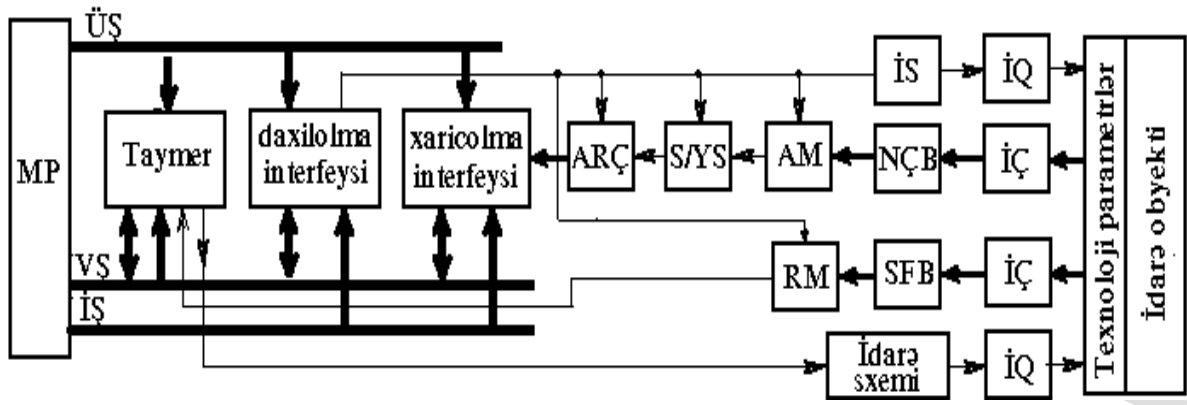
MS-nin istənilən idarə alqoritmi DYQ-nun yuvalarında yerləşən idarəedən proqramla həyata keçirilir. MP-nin müəyyən zaman anında uyğun əməliyyatı yerinə yetirməsi üçün o, yaddaş yuvasından əməliyyat kodunu çıxarır. Yaddaş yuvasından əməliyyat kodunun oxunması prosedurası aşağıdakı kimidir: MP YŞ-nə yaddaş yuvasının ünvanını göndərir, İŞ-də sistem idarəedici “yaddaşın oxunması” siqnalı formalaşır və verilənlər (YQ-nun məzmunu) VŞ-i vasitəsi ilə MP-yə daxil olur. Əməliyyat kodu təyin edildikdən sonra əməliyyatın yerinə yetirilməsi - ya verilənlərin MP və yaddaş yuvaları arasında, ya da MP və İO arasında ötürülməsi baş verir. Sonuncu halda verilənlər MP-VŞ – daxiletmə/ xaricetmə modulu - OƏQ-İO istiqamətində, və ya əks istiqamətdə ötürülür.

İdarəedici kontrollerlərin xüsusiyyəti ondadır ki, onların tərkibinə proqramın sazlanması vasitəsi daxil olmur, çünki MK-nın proqram kitab-xanasını təşkil edən proqram modullarının əsas yığımı zavod şəraitində onun yaddaşına köçürülür və dəyişdirilə bilməz. İstifadəçinin ancaq proqram modullarının əldə olan yığımından idarəetmənin konturunun konfigurasiyasını tərtib etmək imkanı vardır. Bu məqsəd üçün MK idarə pultu ilə təchiz olunur. Operator pultunun köməyi ilə idarə pultunun panelindəki xüsusi əmrlərdən istifadə edərək tələb olunan idarə alqoritmi seçilir.

Rəqəm mikrosxemlərinin inteqrasiya dərəcəsinin artması hazırda bir kristal əsasında yerinə yetirilən sənaye MK-n yaradılmasına imkan vermişdir. Belə kontrollerin kristalında MP-dən başqa yaddaş modulu, interfeys sxemləri və hətta taymer yerləşdirilir. Mahiyyətə bu cür MK-lar aşağı məhsuldarlıqlı birkristallı EHM-dır. Yenidən proqramlaşdırıla bilən birkristallı MK-ya nümunə olaraq K1816 və K145 seriyadan olan MK-ları göstərmək olar. Birkristallı MK əsasında MP sistemlərinin yaradılması obyekt ilə proqram təminatı arasında qoşulma qurğusunun yaradılmasını tələb edir.

### **İdarə obyektinə əlaqə qurğusunun strukturu**

Obyektə əlaqə qurğusu MK-ya aid deyil, lakin onun konkret texniki olaraq həyata keçirilməsi MK-nın İO ilə hansı növ siqnallarla mübadilə edə biləcəyini müəyyən edir. İO –n konstruksiyası və onun idarə dövrəsi OƏQ-nun strukturuna müəyyən tələblər qoyur. Odur ki, OƏQ-nin strukturu unifikasiya oluna bilmir və hər bir konkret halda bu və ya digər texniki həll mümkündür. Şəkil 8.6-da giriş və çıxışında müxtəlif siqnallarla xarakterizə olunan hipotetik idarə obyektinə uyğun OƏQ-n strukturu göstərilmişdir.



Şəkil 8.6. İdarə obyektinə qoşulma qurğusunun strukturu

OƏQ, daxilolma interfeysi sxemlərindən istifadə etməklə, idarə obyektini ilə MK-nın verilənlər şini arasında əlaqəni təmin edir. Obyektin texnoloji parametrləri (temperatur, təzyiq, yerdəyişmə, nəmlik və s.) ilkin çeviricilərdə (termocütlər, termomüqavimətlər, induktiv vericilər) elektrik siqnallarına (sabit gərginliyə və ya tezliyə) çevrilir. Nəzarət olunan analog parametrlər siqnalların standart səviyyəsini (adətən 0...10 V) təmin edən NÇB–u vasitəsi ilə multipleksora (MA) daxil olur. Multipleksor giriş siqnallarından birini vahid bir çıxışa kommutasiya edir. Kommutasiya proqram üzrə çıxış interfeysi vasitəsilə rəqəm kodunun verilməsi halında təmin olunur. Kommutasiya olunmuş siqnal seçmə və yadda saxlama sxeminə, sonra isə ARÇ-yə ötürülür. ARÇ-nin çıxışında nəzarət olunan parametrin qiymətinə mütənasib olan rəqəm kodu formalaşdırılır. Rəqəm kodu giriş interfeysi və verilənlər şini vasitəsilə MP-də oxunur. Oxunmuş rəqəm kodu MP-də müəyyən alqoritmlə sonrakı rəqəm emalından keçir. Nəticənin indikasiyası lazım olan hallarda çıxış interfeysi vasitəsi ilə rəqəmli indikatora verilir. Əgər ölçmənin nəticəsinə görə obyektə təsir etmək lazım gələrsə, bu halda obyektə idarəedici təsirlərin idarə sxemi və icra qurğusu vasitəsi ilə ötürmək üçün çıxış interfeysi istifadə oluna bilər. İdarə sxeminin konstruksiyası icra qurğusunun növündən çox asılıdır. Məsələn, icra qurğusu idarəedici təsirlərin tam qoşulmasını və ya açılmasını təmin edən kontaktsız rele qurğusu olarsa, bu halda idarə üçün onun girişinə aşağı və ya yuxarı səviyyələrə uyğun iki vəziyyət alan siqnal vermək kifayətdir. Bu halda idarə sxemi açar rejimində işləyən güc gücləndiricisi funksiyasını yerinə yetirir. Əgər idarəedici təsirlər fasiləsiz dəyişərsə, bu halda idarə sxemi MK-nın verilənlər şinindən onun girişinə daxil olan rəqəm kodunu fasiləsiz analog siqnala çevirir. Belə idarə sxemləri adətən RAÇ üzərində qurulur.

Nəzarət olunan parametrlər tezlik siqnalları olarsa, onun MK-a daxil edilməsi prosedurası çox sadələşir. Siqnalın tezliyi formalaşan blokda siqnal formalaşdıqdan sonra rəqəmli multipleksor vasitəsi ilə taymerin girişinə ötürülür. Nəzarət olunan parametrin hesablanması ilə əlaqədar bütün digər çevirmələr idarəedici proqram

hesabına təmin edilir. Taymer həmçinin idarə sxemində idarəedici təsirlərin, məsələn, tiristorun açılma bucağının idarə siqnalının formalaşdırılması üçün də istifadə oluna bilər.

Qeyd etmək lazımdır ki, OƏQ, multipleksor, seçmə və yadda saxlama sxemi ARÇ və idarə sxemi kimi qovşaqlar onlara müraciət zamanı hər dəfə idarəedici təsirlərə ehtiyac olur. Bu qurğularla idarəetmə interfeys çıxışı ilə sistemin verilənlər şinindən daxil olan proqram - rəqəm kodu ilə həyata keçirilir.

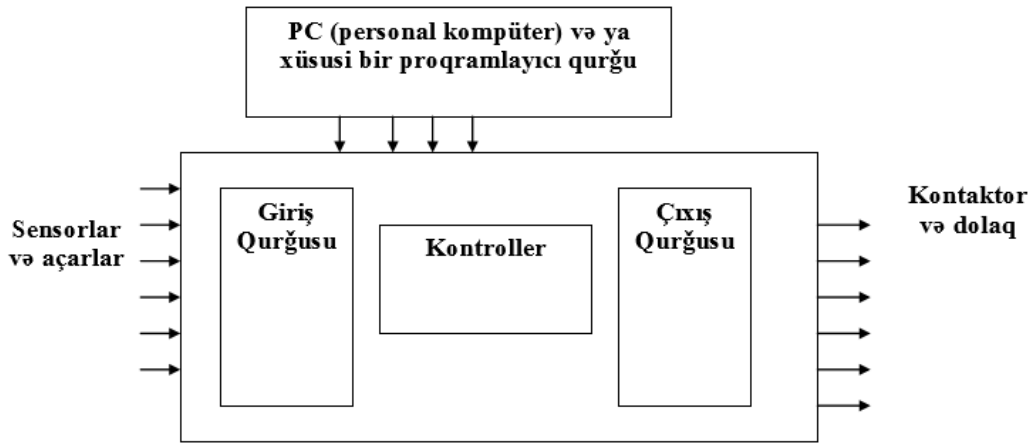
## Mühazirə 14

### Proqramlaşdırılmış məntiqi kontrollerlər və onların arxitekturası. PMK əsasında istehsal proseslərinin idarə olunması. PMK-ların struktur proqramlaşdırılması (Ladder proqramlaşdırma)

#### Proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerin strukturu

PMK (PMK) termini Proqramlaşdırılan məntiqi kontroller sözlərinin baş hərflərindən yaranmışdır. PMK- lar sənaye şəraiti üçün yaradılmış cihazlardır. Avtomatik və idarəetmə sistemlərində işlədilir. PMK bir sistemin həm idarəedicisi, həm də sistem idarə edilərkən lazım olan qida gərginlik siqnallarını yaradan sadə bir hesablama maşını kimidir. Əvvəllər sadə emallar üçün yaradılan PMK- lar günümüzdə daha mürəkkəb problemləri həll edəcək şəkildə bir cihaz şəklini almışdır. Sənayedə bir çox firmaların yaratdığı PMK- ya rast gəlmək olar. Bu firmalara Siemens, General Elektrik, Westinghose, Mitsubishi, Toshiba, Omron və s. misal göstərmək olar. Bu kitabda əsasən Siemens firmasının istehsalı olan PMK -lara baxılacaq. Əslinə qalsa, bütün PMK- lar bir -birinə oxşardır və eyni bir məntiq əsasında işlədilirlər. PMK -lar ən çox sənaye avtomatik dövrlərində istifadə olunurlar. Burada söhbət gedən sənaye avtomatik dövrlər sayğac, zaman reləsi, kontakt, köməkçi rele kimi elementlərin yaratdığı dövrlərdir. Sənaye idarəetmə dövrlərini PMK- larla həyata keçirmək üçün birinci olaraq problemin həll olunması üçün lazımi məntiqi funksiyaların yaradılması və ikinci bu məntiq funksiya proqramının PMK- yə yüklənməsi lazımdır. PMK- ni proqramlaşdırmaq üçün iki üsuldən istifadə olunur. Birinci hər bir firmanın istehsal etdiyi PMK üçün xüsusi bir proqram, ikinci DOS və Windows mühitində hazırlanmış paket proqramlardır. Aşağıdakı şəkil 4.1. də PMK –nın struktur sxemi göstərilmişdir.



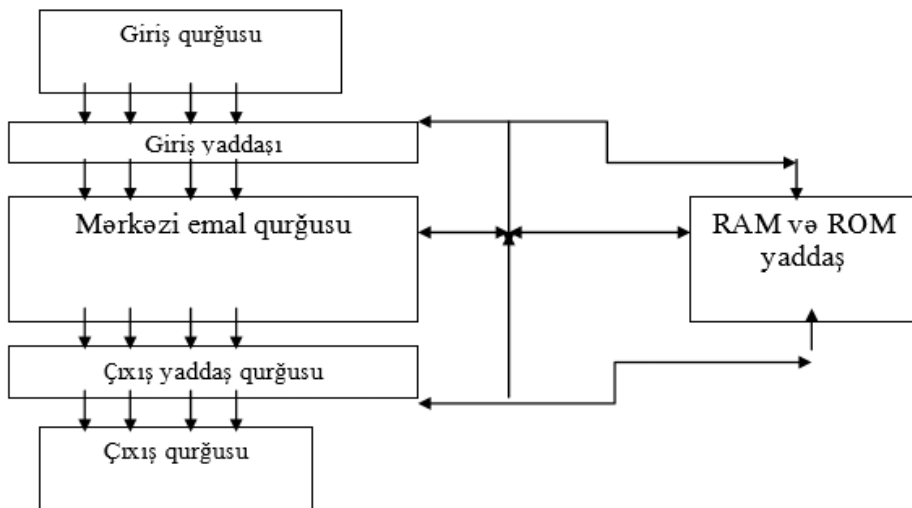


Şəkil 4.1 PMK –nın struktur sxemi

Şəkildən göründüyü kimi PMK giriş qurğusu, kontroller və çıxış qurğusundan ibarətdir. Bundan başqa PMK –nın proqramlaşması üçün əlavə proqramlayıcı qurğu (və ya personal kompüter) istifadə edilir. Giriş qurğusuna açarlardan və sensorlardan məlumat daxil olur. Buradakı sensorlar, istiliyə həssas, səviyyə göstərən elementlər və s. ola bilər. Bu elementlər daha da genişləndirilə bilər. Çıxış qurğusu kimi isə bir mühərriki, nasosu və s. idarə edən kontakt sarğacı kimi idarə dövrələrinin əsas elementləri götürülə bilər.

### Mərkəzi emal qurğusunun işləmə prinsipi

PMK böyük mənada bir mikrokontroller və ya mikro EHM, giriş və çıxış qurğuları, proqramlaşdırıcı qurğular, qida mənbəyi kimi əsas hissələrdən ibarətdir. Ayrıca PMK EEPROM (yaddaş qurğusu), genişlətmə qurğusu və ardıcıl məlumat mübadiləsi qurğularını birləşdirir.



Şəkil 4.2 PMK –nın daxili quruluşu

Mərkəzi emal qurğusu ( CPU-Central Proses Unit) isə PMK –nın ən mühüm qurğularından biridir. Şəkil 4.2-da PMK-nın daxili quruluşu göstərilib. Bu qurğunun məqsədi PMK proqramında yer alan məntiqi əməliyyatları gerçəkləşdirməkdən ibarətdir. Bu əməliyyatları həyata keçirərkən PMK qurğularla daimi əlaqə vəziyyətindədi,. yaddaşdan istifadə edir və yaddaşdakı verilənləri qiymətləndirir. Bir növ insan beynini xatırladır.

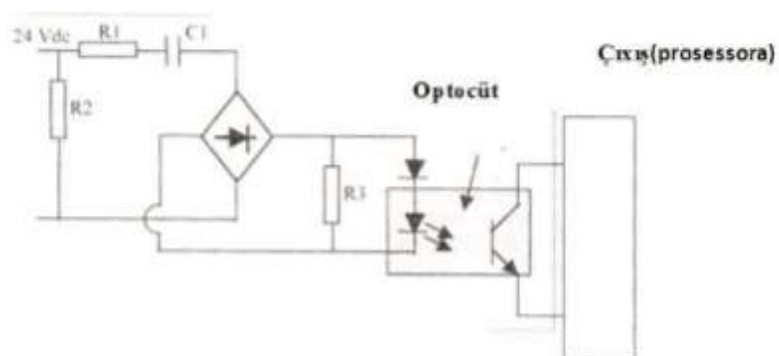
### ROM və RAM yaddaş qurğuları

Ümumi mənada personal komputerdəki və ya mikro EHM- dəki yaddaş məntiqi burada da eynidir. Məlumdur ki, bu sistemlərdə iki cür yaddaş istifadə edilir: ROM və RAM. a) ROM yaddaş qurğusu ROM yalnız oxunan yaddaş qurğusudur. (ROM- Read Only Memory) ROM yaddaş qurğusunda PMK ilə bağlı dəyişməyən məlumatlar var. Daha geniş desək bu yaddaşda sistemin işə düşməsinə və işləməsinə təmin edən dəyişməyən proqramlar yerləşir. b) RAM yaddaş qurğusu RAM yaddaş operativ yaddaşdır (RAM- Random Access Memory). RAM-da isə tətbiqi proqramı, giriş-çıxış vəziyyətləri yerləşir. Giriş –çıxış, işarət vəziyyətlərinin yerləşdiyi yaddaş hissəsinə giriş –çıxış görüntü yaddaşı deyilir və 1 bayt ölçüdə məlumatı yadda saxlayır.

### Giriş və çıxışlar, növləri və quruluşu

#### a) Giriş qurğusu

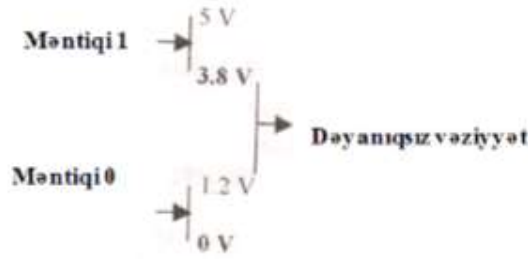
Giriş qurğusu idarə olunan sistemdən alınan siqnalları ( məsələn, səviyyə, istilik, təzyiq və s.) və idarəedici elementlərdən gələn elektrik siqnallarını məntiq gərginlik səviyyələrinə çevirən qurğudur. Burada, idarə olunan sistemdə alınan (təzyiq, səviyyə, istilik, sensorlar, açarlar və s.) iki müxtəlif işarələr (0 və 1 ) giriş qurğusu tərəfindən idarə olunur. Gərginlik sabit və ya dəyişən ola bilər. Gərginliyin qiyməti 24 V, 48V, 100-120V, 200-240V ola bilər.



Şəkil 4.3. 24 sabit gərginliklə işləyən giriş qurğusu

Şəkil 4.3 -də 24 sabit gərginliklə işləyən giriş qurğusunun sxemi göstərib.

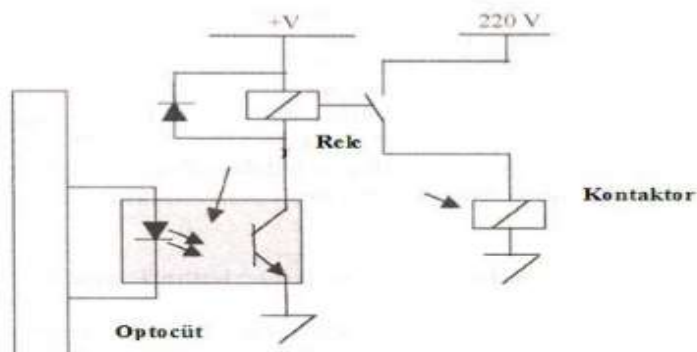
Məlumdur ki, məntiqi səviyyə ya 0 ya da 1 olur. Gərginlik səviyyələri müəyyən bir qiymətə qədər 0, müəyyən bir qiymətdən sonra 1 qəbul edilir. Orta qiymətlər nəzərə alınmır. Bu səbəbdən də seçilən gərginlik səviyyələrində buna diqqət edilməlidir. Məsələn şəkil 4.4-də göstərildiyi kimi 0-1.2 arası məntiqi səviyyəsi 0, 3.8 – 5 V arası məntiqi səviyyə qəbul edilir. 1.2 V ilə 3.8 V arası isə qərarəsiz vəziyyətdir. Bu normadır. Bu vəziyyət sistemdən sistemə və gərginlik səviyyəsindən gərginlik səviyyəsinə görə dəyişir.



Şəkil 4.4. Gərginliyin səviyyələri

### b) Çıxış qurğusu

Çıxış qurğusu idarə edilən sistemdəki kontaktoru və rele kimi elementləri idarə etmək üçündür. Bu qurğuda istifadə olunan elementlər rele, tranzistor, və simistor ola bilər. Bu elementlər idarə olunan sistemə görə dəyişir. PMK –nı çıxışları ilə bağlı məlumatlar (neçə amper ilə işlədiyi, hansı növ olduğu (tranzistor, rele vəs.)) ona aid sənədlərdə verilir. Məsələn, sürətli açıb bağlamaq lazım olan yerlərdə sabit cərəyan tranzistorları istifadə olunur. Dəyişən cərəyanda isə simistorlu çıxışlar istifadə olunur. Elektrik mühərriklərinin idarəsində istifadə olunan kontaktorların çoxu rele çıxışlı



Şəkil 4.5. Çıxış qurğusunun sxemi

qurğulardır. Bundan başqa PMK-nin kontakt çıxışlı qurğusu 6A, simistor və tranzistor çıxışlı qurğusundan sadəcə 1 və ya 2A cərəyan keçə bilər (şəkil 4.5).

### **c) Taymer qurğuları**

Kontaktlı idarə dövrlərində gecikmə əməliyyatı zaman relələri vasitəsilə həyata keçirilir. Adi zaman reləsi, relə drosselinə gərginlik verməklə işləməyə başlayır. Birləşmə zamanı bitincə relə kontaktları vəziyyətini dəyişir. Bu arada birləşən zaman dolmadan relə drosselinə tətbiq olunan enerji kəsilə, zaman reləsi təkrarən əvvəlki vəziyyətinə geri dönər. PMK-larda isə taymer qurğular vardır. Bu qurğular proqramla işləyərək gecikməni təmin edir. Məsələn üçün Siemensin istehsal etdiyi S7-200 seriyalı PMK-larda 1 msn, 10 msn, 100msnlik gecikməni təmin edən TIMER1-ər vardır. Bu timerlərin sayı istifadə olunan CPU ya görə dəyişir. CPU 212-də 64 ədəd, CPU 214-də 128 ədəd, CPU 215 və CPU 216-da isə 256 ədəd timer istifadə olunur. Bu vəziyyət növbəti bölmədə daha geniş araşdırılacaq.

### **d) Əlavə qurğular.**

Giriş və çıxış sayı idarə problemini həll edəcək qədər deyilsə, PMK sistemində əlavə olaraq modullar qoşularaq cihazın tutumu genişləndirilir. Məsələn üçün Siemensin istehsal etdiyi S7-2000 seriyalı CPU 212 sadəcə 8 ədəd giriş və 6 ədəd çıxış kontaktına malikdir. Əgər CPU 212 istifadə olunduqda idarə olunmada problem yaranırsa və ya PMK bu sistemi həll etməkdə çətinlik yaranırsa, bu vəziyyətdə PMKyə yeni giriş və çıxış qurğuları əlavə olunur. Genişləndirilən giriş və çıxış qurğuları əlavə olunur. Genişləndirilən giriş və çıxış qurğuları PMK dən PMK yə görə dəyişir. Bu baxımdan hansı firmanın PMK-sinə əlavə qurğu artırılacaqsə, o firmanın istehsal etdiyi PMK nin təlimatı incələyərək əlavə olunmalıdır.

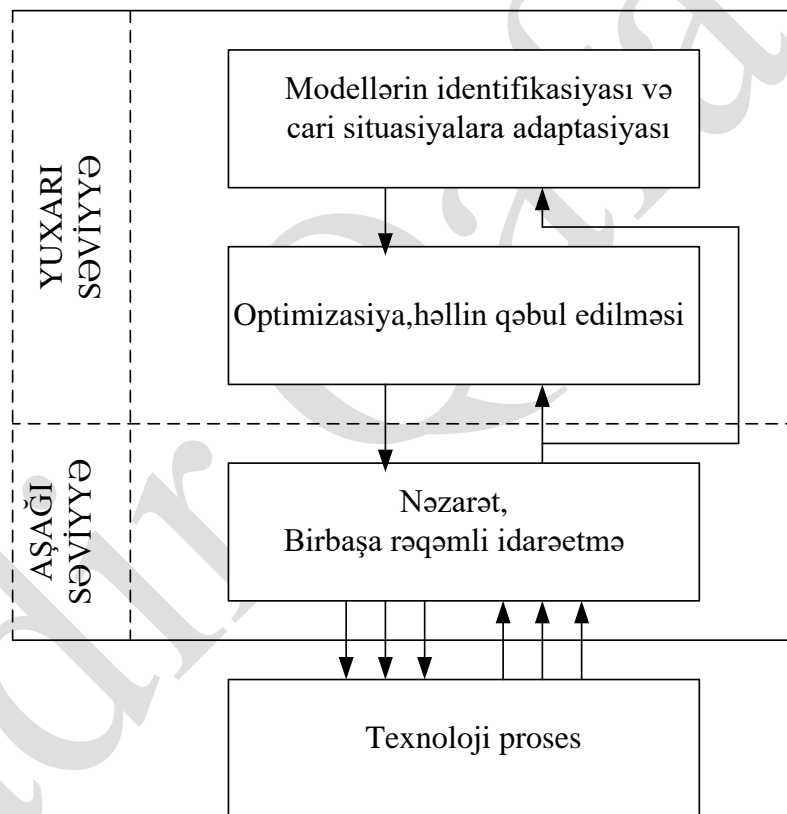
## **TPAİS-də insan maşın qarışıqlı əlaqəsi**

Maşın operator-texnoloq dialoq rejimi

Texnoloji kompleksinin optimal idarəetmə sisteminin strukturu iki səviyyədə ibarət təklif edilmişdir. (Şəkil.1) Birinci (aşağı) səviyyənin əsas vəzifəsi yuxarı səviyyədə alınan optimal həlli texnoloji proses üçün uyğun analoq siqnallara çevirməkdən ibarətdir. Bundan əlavə, sistemin aşağı səviyyəsi texnoloji informasiyanın yığılmasını və

emalını, prosesə nəzarəti və yuxarı səviyyəyə cari informasiyanın təminatını həyata keçirir. Aşağı səviyyə birbaşa rəqəmli idarəetmə rejimində işləyir.

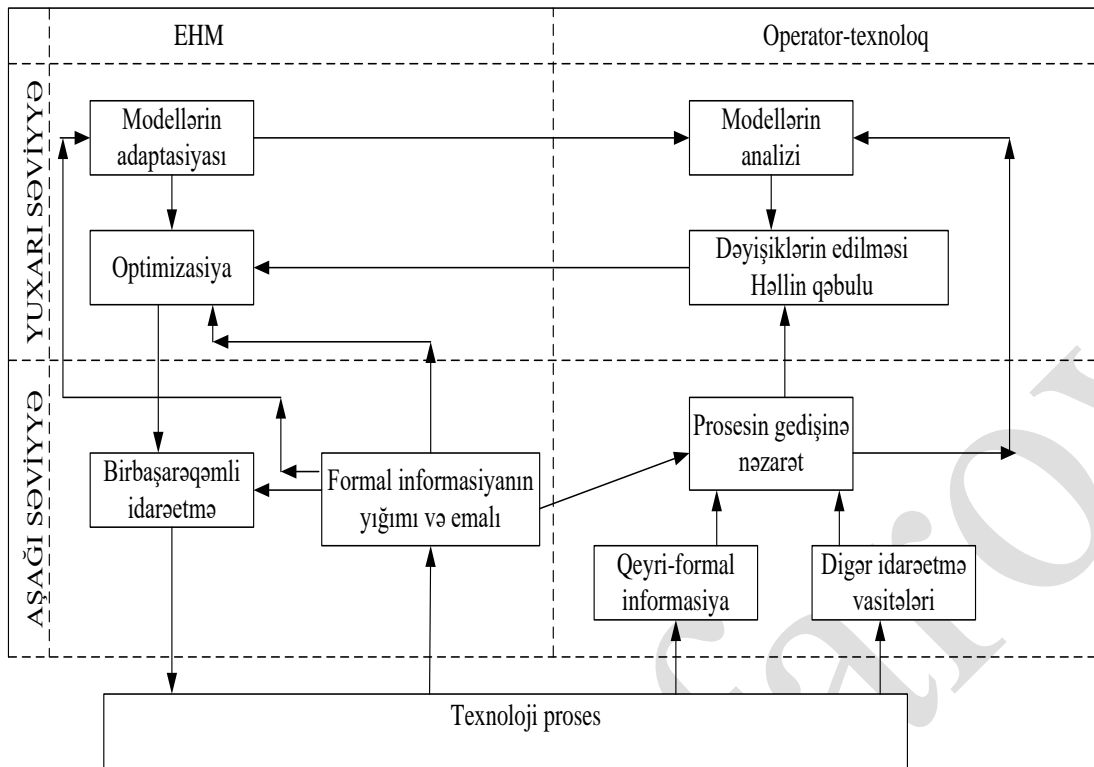
İdarəetmə sisteminin ikinci (yuxarı) səviyyəsinin əsas vəzifəsi cari situasiyalara adaptasiya edilmiş xətti və qeyri-xətti riyazi modellər kompleksi əsasında texnoloji proses üçün optimal iş rejimlərini müəyyən etməkdən ibarətdir. Eyni zamanda yuxarı səviyyədə həmçinin modellərin identifikasiyası və cari situasiyalara adaptasiya olunması kimi məsələlərin həllidə yerinə yetirilir.



Şək.1.1 İerarxik idarəetmə sisteminin strukturu

Hər iki səviyyədə EHM-in və operator-texnoloqun funksiyalarını nəzərdən keçirək.

Aşağı səviyyədə EHM verilmiş alqoritmlər üzrə texnoloji pametrləri tənzimləyir, informasiyanın yığımını və emalını həyata keçirir. Displayin və digər quruluşların köməyi ilə operator-texnoloqu prosesin gedişi barəsində məlumatlandırır. Operator-texnoloq bu informasiyanı maşından qəbul edərək zəruri hallarda idarəetmə prosesinə müəyyən dəyişikliklər edir. Dialoq idarəetmə sisteminin strukturu



Şək.1.2 Dialoq idarəetmə sisteminin strukturu

Yuxarı səviyyədə EHM idarəetmə prosesinə görə müxtəlif hesablama əməliyyatlarını həyata keçirir. Statistik modellərin bazası əsasında maşın prosesin iş rejiminin müxtəlif variantlarını tapır. Operator- texnoloq isə texnoloji situasiyanı və ya digər faktorları analiz edərək proses üçün ən əlverişli rejimi seçir və son qərarı (həlli qəbul edir). Bundan əlavə, yuxarı səviyyədə EHM fasiləsiz olaraq statistik modellərin əmsallarını korreksiya edir, yəni modellərin cari texnoloji situasiyalara adaptasiyasını həyata keçirir. Operator- texnoloq isə optimizasiya məsələsinin həllindən əvvəl modellərin cari vəziyyətini analiz edir. Belə ki, operator- texnoloq mövcud şəraiti nəzərə alaraq idarəetmə sistemində hər hansı bir yeni model daxil edə, hər hansı bir modeli sistemdən xaric edə və ya hər hansı bir modeli yenisi ilə əvəz edə bilər.

İdarəetmə sistemi ilə operator- texnoloq arasındakı dialoq displayin köməyi ilə həyata keçirilir.

Dialoq sistemi aşağıdakı imkanları özündə əks etdirir: Tənzimləmə dövrlərində parametrlərin korreksiya olunması və dəyişdirilməsi; yeni tənzimləmə dövrlərin qoşulması və ya onlardan bəzilərinin sistemdən xaric olması; tənzimləmə dövrlərinin

strukturunun dəyişdirilməsi; sistem və proses haqqında istənilən informasiyanın alınması; obyektin dinamik modellərinin identifikasiyası; informasiyanın yığılımı; Tapşırığın azaldılması və ya artırılması, optimizasiya məsələlərinin həlli və s.

Dialog sisteminin üstün cəhətlərindən biri də odur ki, Yuxarı səviyyədə EHM-in köməyi ilə alınan optimizasiya məsələsinin həllinə operator- texnoloq yalnız zəruri hallarda ( məs. Zavod rəhbərliyindən hər hansı bir sifariş daxil olarsa, bu və ya digər səbəbdən qurğunun optimal rejimi pozularsa vəs.) müdaxilə edir. Belə bir müdaxilə olmadıqda isə əvvəlçədən seçilmiş rejimə əsasən sistem özü vaxtaşırı riyazi modellərin adaptasiyasını və optimizasiya məsələsinin həllini həyata keçirir.

Proqramlaşdırılan məntiqi kontrollerlər bir komanda və idarəetmə vasitəsidir.

Bütün komanda problemlərinin həllində məntiqi funksiyalara, yaddaş funksiyalarına, zaman və sayıcı kimi vasitələrə ehtiyac vardır. Bunlar PMK –larda istehsalçı firmalar tərəfindən hazır olaraq təqdim olunur.

PMK tətbiqi ilə idarəetmə dövrəsi proqramla yerinə yetirildiyindən daha asan və etibarlı olur.

- daha az yer tutur və daha az xəta olur
- yeni bir sazlamaya daha tez adaptasiya olunur
- pis ətraf mühit şərtlərində təsirə məruz qalmazlar
- daha az naqıl bağlantısı lazım gəlir
- hazır funksiyalaradan istifadə etmə imkanı vardır
- giriş və çıxışların vəziyyəti izlənə bilinir

### **S7-300 PMK-ları**

- orta səviyyəli işlər üçün hazırlanmış modul PMK sistemi
- fərqli avtomatlaşdırma problemlərinə cavab verə biləcək xüsusiyyətlərə malik çeşidlər
- prosesdə bir inkişaf etdirmə lazım gəldikdə asan və problemsiz olaraq genişləndirilmə imkanı
- MPI, Profibus və Sənaye Ethernet kimi şəbəkələrə bağlana bilmə imkanı
- Proqramlama mərhələsində geniş skriptlər çoxluğunu dəstəkləməsidir

- SCL, Graph kimi yuxarı səviyyəli proqramlama texnikalari ilə proqramlaşdırıla bilmə

S7-300 PMK-ların girişi 24 VDC və ya 120/230 VAC-dır. 240V ilə işləyən S7-300, 20.4 V ilə 28.8 V-luq gərginliklər arasında işləyə bilməklərinə baxmayaraq buna icazə verilməməlidir. Girişə veriləcək gərgənlik düymə, son açarı, temperatur, səviyyə, təzyiq sensorları kimi açarlar vasitəsi ilə verilir.

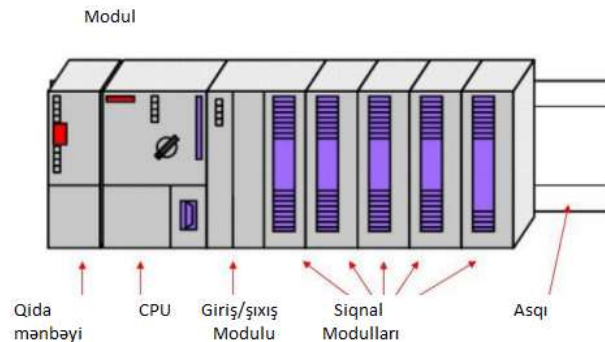
Girişdəki informasiya giriş obraz yaddaşına yazılır və buradan mərkəzi prosessor (CPU) (MP) göndərilir. MP yaddaşı iki hissədən ibarətdir:

ROM yaddaşı: cihazın özünə aid informasiyanı saxlayır və sadəcə oxunabilən yaddaşdır.

RAM yaddaşı: İşlədilməli olan istənilən proqramı yadda saxlayır və silinə bilən yaddaşdır. RAM yaddaşı iki hissədən ibarətdir. Proqramın yazıldığı yükləmə sahəsi (Load Memory) və proqramın işlədildiyi işçi sahə (Work Memory). Yazılan proqram Mikro yaddaş kartına (Micro Memory Card)-a yüklənir

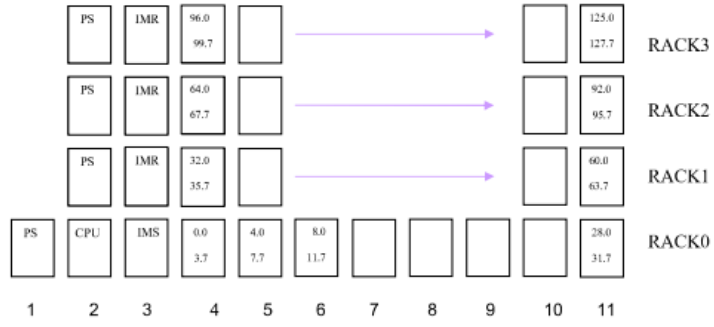
Giriş obraz yaddaşından alınan informasiya işlədiləcək proqrama tanıtılır və proqram icra olunur. Əldə olunan verilənlər çıxış obraz yaddaşına yazılır. Verilənlər çıxış siqnalı olaraq çıxışa köçürüldüyü kimi təkrar giriş obraz yaddaşına giriş veriləni olaraq göndərilir.

Çıxış siqnalları idarə olunan sistemə aid kontaktorları, rele, solenoid kimi işlədiciləri işlədir. PMK tranzistor çıxışlıdırsa DC0.5A, tiristor çıxışlıdırsa AC 1A və rele çıxışlıdırsa AC/DC 2A çərəyan keçiriciliyinə imkan verir.



## 1. RACK konfigurasiyası





PS : Qida mənbəyi (Power Supply)

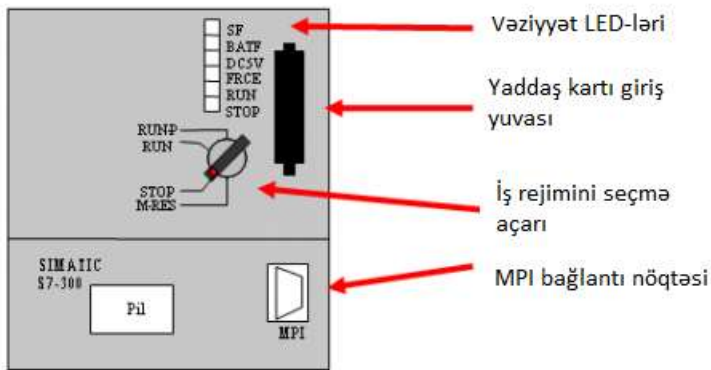
CPU : Mərkəzi prosessor (Central Process Unit)

İMS : Göndərici aralıq interfeys (Interface Modul Sender)

İMR : Qəbuledici interfeys modulu (Interface Modul Receive)

S7-300 PMK-lara 32 modul qoşula bilər. Hər askıya 8 ədəd siqnal modulu qoşula bilər. Maksimum 4 askı istifadə oluna bilər. Hər siqnal modula 32 bitlik verilən daxildir. Toplam 1024 bitlik verilən işlənə bilər. Asqıların öz aralarında informasiya verib-almasını təmin etmək üçün giriş-çıxış blokuna ehtiyac vardır. Əgər sadəcə 0 nömrəli askı istifadə ediləcəksə istifadə olunacaq 3 SLOT boş buraxılır.

## 2. CPU-nun quruluşu



(S7-300 FM 314)

CPU aşağıdakı recimlərdə işləyir:

MPRES : Yaddaşı sıfırlama

STOP : Dayanma recimi

RUN: İşləmə recimi, kompyuterdən yalnız oxuma üçün giriş mümkündür

RUN-P : İş recimi, kompyuter tərəfindən həm oxuma, həm də yazma üçün giriş mümkündür

CPU bloku üzərində xətalara göstərən işıqlanan diodlar vardır.

SF : Qrup xətası, CPU-da ya da modullarda xəta var

BATF : Batareya xətası, batareyanın gərginliyi azdır ya da batareyaya yoxdur

DC5V : 5V DC siqnalı

FRCE: Bir və ya bir neçə giriş ya da çıxış gücə düşür

RUN : CPU işə başladıqda yanıb-sönür, işləmə recimində isə daimi olaraq yanır

STOP : Dayanma recimində daimi yanır. Yaddaşı sıfırlama zamanı yavaş-yavaş yanıb sönür. Sıfırlama işi bitdikdə sürətli şəkildə yanıb-sönür.

Köhnə tip CPU-larda 3.6V-luq litium batareyaya istifadə olunur və ömrü 5 ildir. Ancaq 2 ildə bir dəyişdirilməsi tövsiyyə olunur. O, proqramı, hardware sazlamalarını qoruyub saxlayır və real zaman saatını işlədir.

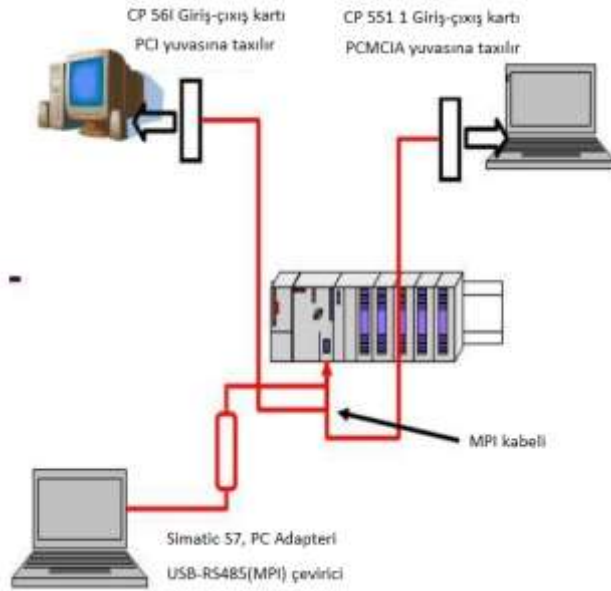
Yeni tip CPU-larda batareyaya yerinə super kondensator istifadə olunur. 10 həftəyə qədər informasiyanı saxlaya bilir.



SIEMENS	S7-200 (2160)	S7-300 (312C)	S7-400 (416)	S7-300 (314IFM)
---------	---------------	---------------	--------------	--------------------

Rəqəmli giriş, çıxış sayı	128 bit	1024 bit (10DI-6DO)	128 Kbit	1024 bit
Analoq giriş, çıxış sayı	20 bayt	128 bayt	8192 bayt	64 bayt
Sayıcı sayı	256	128	512	64
Zaman relesi sayı	256	128	512	128
Yardımcı rele sayı	256	2048	16384	2048
İşləmə yaddaşı	8 kBayt	16kбайt	512 Kбайt	24 kбайt
İşləmə tezliyi	0.8ms	0.3msn	0.08msn	0.3 msn
Proqram işləmə şəkili	struktur	struktur	struktur	struktur

#### 4.PG/PC- PMK qoşulması



PG/PC ilə PMK arasındakı verilənlər mübadiləsini saxlamaq üçün fərqli həll yolları var

ISA yuvası üzərindən (Və ya :MPI-ISA Card)

PCI yuvası üzərindən (Və ya : CP5611)

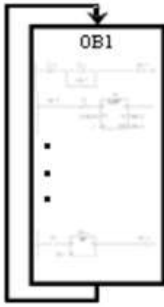
PCMCIA yuvası üzərindən (Və ya : CP5511)

USB çıxışı üzərindən (Və ya : Simatic S7, PC adapter)

## Proqramlaşdırma texnikaları

### 1. Xətti proqramlaşdırma

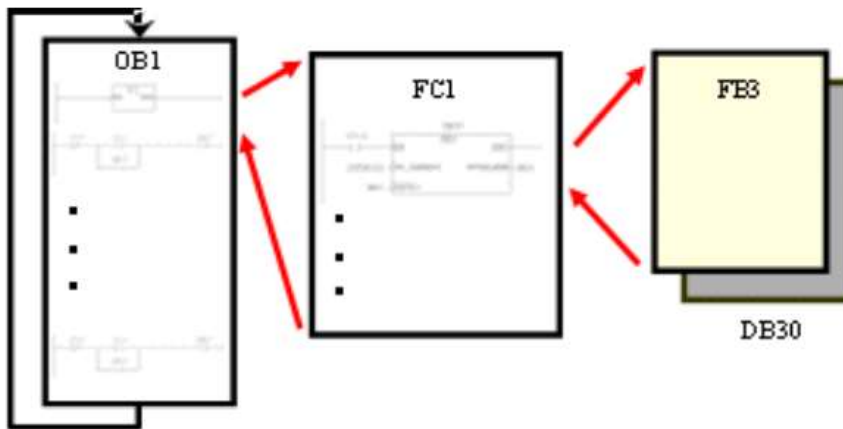
2.



3.

Layihə blokunda PMK üçün hazırlanan proqram tək bir blok üzərindən proqramlanır. Alt proqram kimi strukturlar istifadə edilmir. Həll bir proqram hissəsi kimi həyata keçirilir.

### 4. Struktur proqramlama



Bu proqramlaşdırma texnikasında proqram uyğun alt parçalara bölünür. Ana proqram isə bunları çağıran bir quruluşda proqramlanır. Həm layihənin tərtibatı, həm də işlədilmə mərhələsində istifadəçilərin işini asanlaşdırır.

### **Struktur proqlama vasitələri**

OB: Organizasiyon blokları proqram modullarının hansı sıra ilə işləyəcəyini müəyyən edir. Əməliyyat sistemi tərəfindən çağırılan bloklardır. OB1 ana proqramın işlədildiyi təşkilatçı blokdir. OB-un çevirmə vaxtı S7-300 PMK-larında 150 msn-dir. Bu zaman aşarsa əməliyyat sistemi OB80-i çağırır. PMK stop rejiminə keçir. CPU-nun tipinə görə organisation blokları sayı dəyişə bilər.

FC: Funksion struktur proqramlama məntiqi içərisində hazırlanmış bir alt proqram kimi özünü apan strukturlardır. Kompleks proqram parçalarını kiçik, izləyə biləcək strukturlara bölmək üçün istifadə olunur.

SFC/SFB: System Function və System Function blokların CPU ilə gələn hazır strukturlardır.

DB: Data blokları verilənləri saxlamaq üçün istifadə olunan strukturlardır ki, proqram deyimləri ehtiva etməzlər. misalın proqram içərisində editorda edilən qeydlər (comment) verilir, DB-da saxlanır. Özəl və ümumi olmaq üzrə iki fərqli tipə malikdirlər.

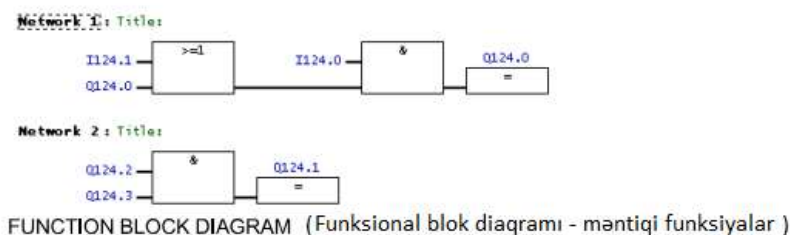
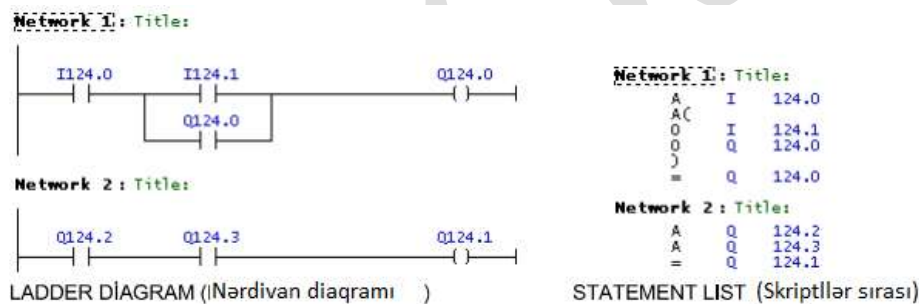
### **Proqram bloklarını yaratma**

Organizasion blokunun (OB1) içində FC və FB və s. kimi alt proqramlar yaratmaq üçün Insert\_S7 Block ... münusundan yararlanaraq sağ tərəfdəki pəncərə üzərində mausun sağ düyməsini basaraq Insert new object seçimində yeni FC, FB, DB.. vasitələrinin açılmasını təmin edir. Açılan pəncərədə ad verilməsi istənilir.

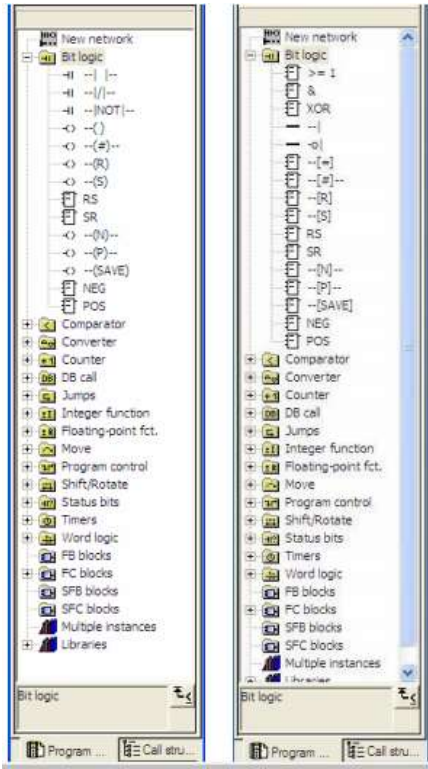


## Proqram nümunəsi

Bir əmr və ya idarəetmə sisteminin həllinə bağlı şifahi və ya riyazi qaydaların PMK proqram yaddaşına köçürülməsi xüsusi bir proqramlama dili və yığıcısı vasitəsilə həyata keçirilir. PMK proqlama dilləri, skript ilə proqramlama və qrafiki proqramlama olaraq iki ana başlıq altında toplanır. LAD, STL, FBD. STL skript ilə proqramlama texnikasına digər ikisi isə qrafiki proqramlama texnikasına aiddir.



## 1 bitlik əməliyyatlar



LAD

MDG

Komanda dövrələrindəki məntiqi əməliyyatlarda istifadə olunacaq olan skriptlər kataloqundakı “Bit logic” bölməsinin altındadır.

Yanda həm də LAD, həm də FBD üçün iki məntiqi əməliyyatlarda istifadə oluna biləcək olan skriptlər verilmişdir.

STL-də bu skriptlərlə eyni işləri yerinə yetirən, yəni sıra ilə LAD və FBD-də qarşılığı olmayan skriptlər də mövcuddur.

### Qurma-silmə (Set-Reset) əməliyyatları

Qurma əmri, bir bitlik ünvan sahəsinin məzmununu “1” -ə sazlayır. Silmə əmri isə bir bitlik ünvan sahəsinin məzmununu “0”-a qaytarır.

Ladder Diaqramı

Əmrlər sırası

Network 1: Title:



Network 2: Title:



Network 1: Title:

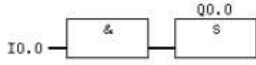
A	I	0.0
S	Q	0.0

Network 2: Title:

A	I	0.1
R	Q	0.0

## Funksional blok diaqramı

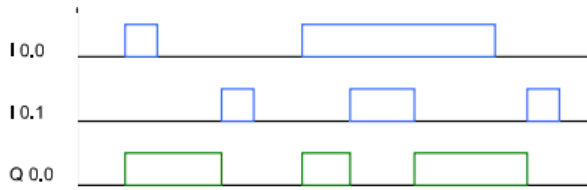
Network 1: Title:



Network 2: Title:

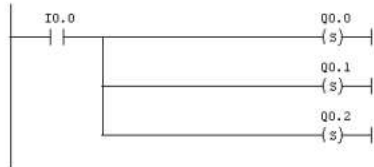


## Zaman diaqramı



## Misal:

Start düyməsini basdıqda 3 lampa da yanmalıdır. Dur1 düyməsi basıldıqda 1, Dur2 düyməsi basıldıqda 2 və 3 motorları dayanmalıdır. Bunun üçün Ladder qrafikini və durum qrafikini çəkin.



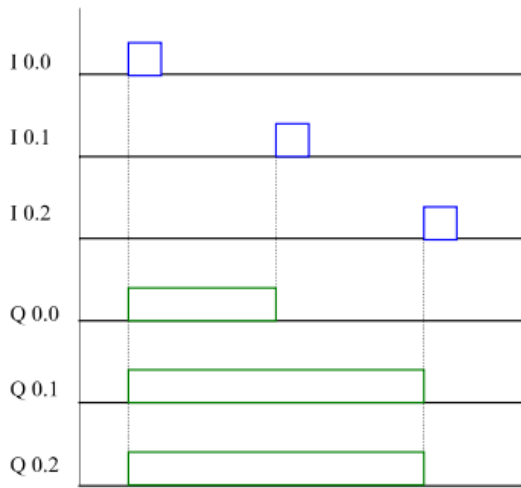
Network 2: Title:



Network 3: Title:



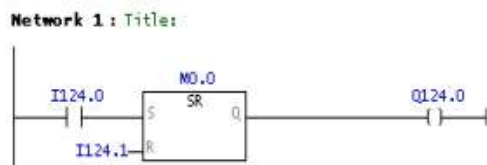




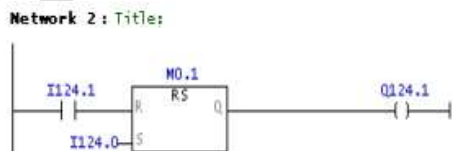
## Qurma və ya silməyə sazlanan iki vəziyyətli triggerlər

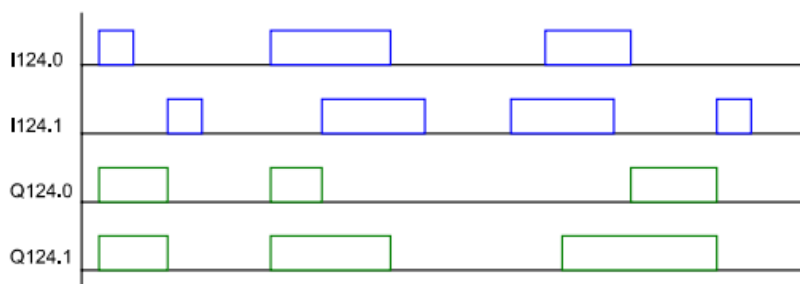
Qurmaya sazlanan iki vəziyyətli (RS) triggerinin hər iki girişi də 1 vəziyyətinə gətirildikdə çıxışı 1, silməyə sazlanan iki vəziyyətli (SR) triggerinin hər iki girişi də 1ə sazlandıqda çıxış 0 olur. Digər giriş dəyərlərində silmə-qurma əmrləri ilə eynigüclüdür.

### Resetə sazlama



### Setə sazlama





## Zamanlama əməliyyatları

5 tip zamanlayıcı mövcuddur:

- S\_ODT(SD) gecikməli zamanlayıcı
- S\_ODTD(SS) gecikməli və bloklamalı zamanlayıcı
- S\_OFFDT(SF) düşən kənara görə gecikməli zamanlayıcı
- S\_PULSE(SP) impuls zamanlı zamanlayıcı
- S\_PEXT(SE) uzadılmış zamanlı zamanlayıcı

S7 300 ailəsinə daxil CPU-larda S7-200-lərdən fərqli olaraq CPU-da zamanlayıcılar, zamanlayıcı tiplərinə görə müəyyən sabit saylarda olacaq şəkildə ayrılmalıdır. Layihədəki tələbə uyğun olaraq istənilən tiptə zamanlayıcı CPU-nun icazə verdiyi zamanlayıcı sayını aşmamaq şərti ilə istənilən qədər istifadə oluna bilər.

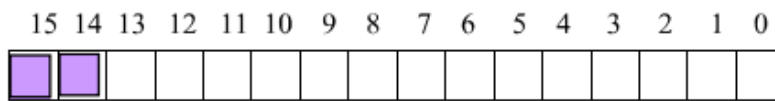
- Bunlardan dördü yüksələn kənar, bir növü isə düşən kənar ilə triggerlənir.
- Zamanlayıcılar triggerləmə prinsipinə görə işləyirlər və içində sazlanmış zamandan 0-a doğru geri sayırlar
- Hər yeni gələn triggerləmə signalı ilə zamanlayıcı içində sazlanmış zaman yenidən yüklənir və yenidən geriyə doğru saymağa başlayır.
- Hər bir zamanlayıcı üçün CPU-nun yaddaşında 16 bitlik bir yaddaş ünvanı ayrılmışdır.
- Zamanlayıcı ədədi CPU-nun tipinə bağlıdır.

S7 300 CPU Tipi	Zamanlayıcı ədədi
CPU 312	0...63
CPU 313	0...127

CPU 314	0...127
CPU 315	0...127
CPU 315-2DP	0...127
CPU 318-2DP	0...511

### Zamanlayıcı dəyəri (TV)

Hər bir zamanlayıcı üçün CPU-nun yaddaşında 16 bitlik bir yaddaş ünvanı ayrılmışdır.



Zamanlayıcı üçün ayrılmış 16 bitlik ünvan sahəsində 0 ilə 11 nömrəli bitlər arasında BCD formatında zaman dəyəri, 2 və 13 nömrəli bitlərə isə zaman veriləni yazılır. 14 və 15 nömrəli bitlər isə istifadə olunmur. Buna görə zamanlayıcılar ilə 10 ms-dən 2 saat 46 dəqiqə 30 saniyəyə qədər bir zaman üçün gecikmə yaratmaq olur.

13. bit	12. bit	Zaman vuruqları
0	0	0.01 san
0	1	0.1 san
1	0	1 san
1	1	10 san

Zamanlama dəyərini iki fərqli şəkildə təyin etmək mümkündür.

#### 1. Hexadecimal formatda təyin etmə

##### **W#16#klmn**

k: zaman vuruğu

lmn: BCD formatında zaman dəyəri

1 saat, 10 dəqiqə və 20 saniyə zamanını təyin etmək üçün

TV yerinə W#16#3422 yazmalı

7 saniyə 20 millisaniyə zamanını təyin etmək üçün TV yerinə W#16#0702 yazmaq lazımdır.

## 2. S5Time formatında təyin etmə

**S5T#wH\_yS\_zMS**

H: Saat, M: Dəqiqə, S: Saniyə, MS: Millisaniyə

1 saat, 10 dəqiqə və 20 saniyə zamanını təyin etmək üçün TV yerinə S5T#1H10M20S yazmaq lazımdır

7 saniyə 20 millisaniyə zamanını təyin etmək üçün TV yerinə S5T#7S20MS yazmaq lazımdır.

### 1. S\_ODT(SD) – Gecikməli zamanlayıcı

Gecikməli zamanlayıcı, qurma(s) girişinin yüksələn kənarı ilə zaman geriye doğru sayır və nəzərdə tutulan TV dəyəri dolduqda Q çıxışı 1 olur. Qurma girişi 0 olana qədər (R=0 ) halında və ya Silmə R girişi 1 olsa da çıxış 1 olmaqda davam edir. Hər zaman Silmə girişinin prioritetliyi vardır.

İstifadə olunan ünvanlar

S(bit) : I, Q, M, D, L, T, C

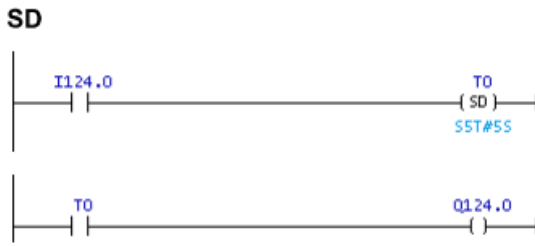
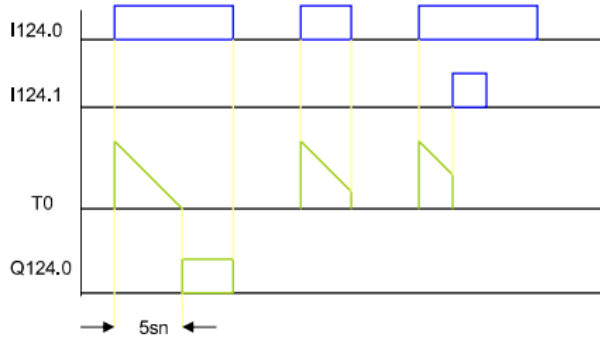
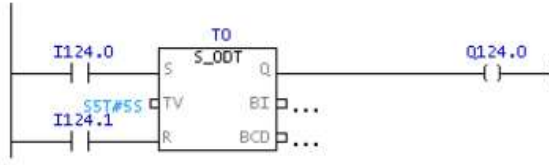
TV: I, Q, M, D, L və ya sabit

R(bit): I, Q, M, D, L, T, C

T.... Timer

C....Counter

Zaman diqaramı



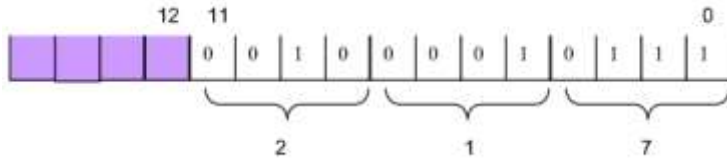
## Sayma əməliyyatları

### Ümumi xüsusiyyətlər

- Sayma əməliyyatları üçün 3 fərqli tip sayıcı istifadə olunur.
  - o İrəli sayıcı(CU)
  - o Geri sayıcı(CD)
  - o İrəli-geri sayıcı(CUD)
- Hər sayıcı üçün CPU-nun yaddaşında sayıcı dəyəri olaraq adlandırılan 16 bitlik bir yaddaş ünvanı ayrılmışdır.
- Bir sayıcı 0-dan 999-a qədər saya bilir
- Sayıcılar irəli, ya da geri sayma girişlərinə gələn siqnalın çıxan kənarlarına görə vəziyyətini dəyişdirir.

Sayıcı sayı CPU-nun tipindən asılıdır

S7 300 CPU Tipi	Sayıcı sayı
CPU 312	0...128
CPU 313	0...255
CPU 314	0...255
CPU 315	0...255
CPU 315-2DP	0...255
CPU 318-2DP	0...511



16 bitlik sayıcı dəyəri ünvanlar sahəsində 0 ilə 11 nömrəli bitlər arasında BCD ortamında sayıcı vəziyyəti saxlanır. 12, 13, 14 və 15 nömrəli bitlər isə istifadə olunurlar.

Məsələn sayıcının 217 dəyərini qurulmaq istədikdə PV girişinə C#217 yazılmalıdır.

### 1. İrəli sayıcı(CU)

İrəli sayıcı, Sayıcı irəli (CU) girişinə gələn işarənin qalxan kənarı ilə 16 bitlik sayıcı dəyərinin vəziyyətini 1 artırır. Sayıcı dəyərinin 0-dan fərqli olması halında sayıcı Q çıxışını 1 edir. Qurma (S) girişi gələn siqnalın qalxan kənarı ilə də sayıcı dəyərinə, PV (Preset Value) girişinə yazılmış olan dəyəri saxlayır. Silmə (R) girişi isə digər iki girişdən fərqli olaraq özünə bağlı olan siqnalın 1 olduğu zaman boyunca təsirli olur və sayıcı dəyərinə 0 yazır. Sayıcı dəyəri tam ədəd (Integer) formatında BI çıxışında, BCD formatında isə BI\_BCD çıxışında saxlanır.

#### **Istifadə olunan ünvanlar**

CU(bit) : I, Q, M, D, L

S(bit) : I, Q, M, D, L

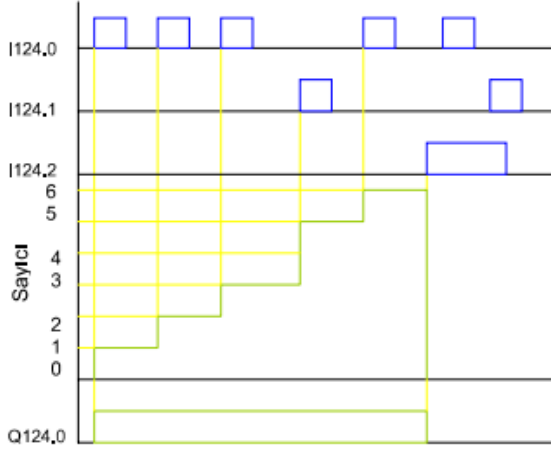
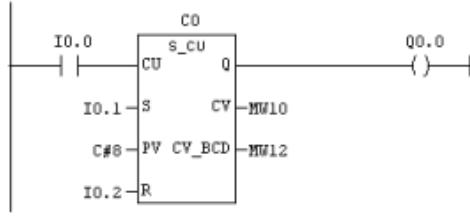
PV : I, Q, M, D, L və ya sabit

R(bit) I, Q, M, D, L

Q(bit) : I, Q, M, L, D

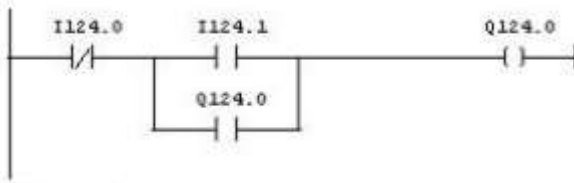
BI(Int) : I, Q, M, D, L

BI\_BCD(Int) : I, Q, M, D, L

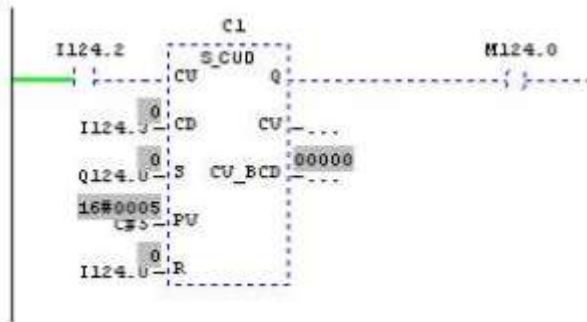


**Misal:**

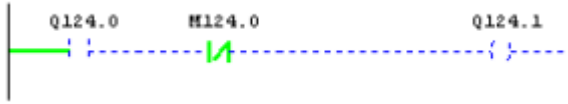
Üç fazlı asinxron motor daşıyıcı lenti işlədir. Daşıyıcı lent üzərindən 5 qutu keçdikdə dolu signalı verən qırmızı lampa yanmalıdır. Sistemdə ilk işləyən motordur. Motor eyni zamanda dövrənin işləmə şərtini də müəyyən edir.



Motorun işləməsi sayıcıyı qurur. CU və ya Set girişlərinin 1 olması ilə sayıcıның say vəziyyəti PV olur. Sayıcıның Q çıxışı aktiv hala keçir. CU və CD girişləri sayıcıның vəziyyətini müəyyən edir. Sayıcıның vəziyyəti 0 olduqda çıxış passiv olacaqdır.



Sayıcıның vəziyyətinin sıfır olması ilə “dolu” signalı alınacaqdır.



## Müqayisə əmrləri

### Ümumi məlumat

Müxtəlif ölçülərdəki verilənlər böyüklük, kiçiklik və ya bərabərlik ölçülərinə görə müqayisə əmrləri istifadə olunaraq dəyərləndirilir.

- Bu əmrlər istifadə olunaraq 16 bitlik tam ədəd (INT), 32 bitlik tam ədəd (DINT) və 32 bitlik real ədədləri (FLOATING-POINT) müqayisə oluna bilər.
- 6 müxtəlif müqayisə aparmaq mümkündür:

Comparator	Symbol	Meaning
EQ_I	Equal	Bərabər (==)
NE_I	Not equal	Bərabər deyil (<>)
GT_I	Greater Than	Böyük (>)
LT_I	Less Than	Kiçik (<)
GE_I	Greater Than or Equal	Böyük bərabər (>=)
LE_I	Less Than or Equal	Kiçik bərabər (<=)

- Müqayisə etmə əməliyyatının sonu müsbət isə Q çıxışı 1 olur.

Blok girişi: Müqayisə əmrinin hansı

şərtlərdə işləməsi istənilsə onunla

bağlı məntiqi ifadə

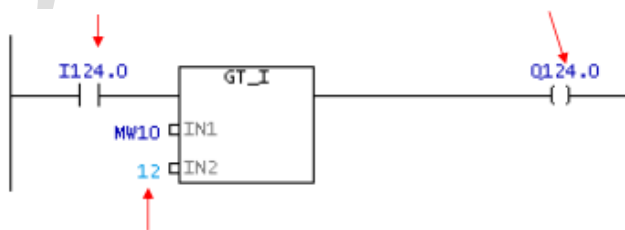
bu hissəyə yazılır.

Blok çıxışı: Müqayisə

əməliyyatının müsbət

nəticələndiyi halda ediləcək

işlər bu hissəyə yazılır



IN1 və IN2 : Müqayisə ediləcək ədədi dəyərlər bu iki girişə yazılır. Bura uyğun bir yaddaş sahəsi və ya sabit bir dəyər ola bilər



### Istifadə olunan ünvanlar

Blok girişi (bit) : I, Q, M, D, L

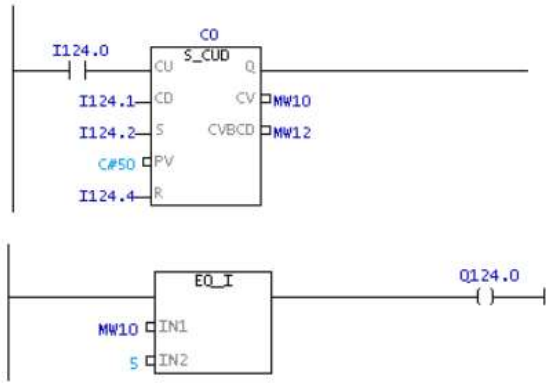
Blok çıxışı (bit) : I, Q, M, D, L

IN1: I, Q, M, D, L və ya sabit

IN2: I, Q, M, D, L və ya sabit

**Bərabər-EQUAL** (  $\square$  EQ\_I )

IN1=IN2 isə Q=1 olur

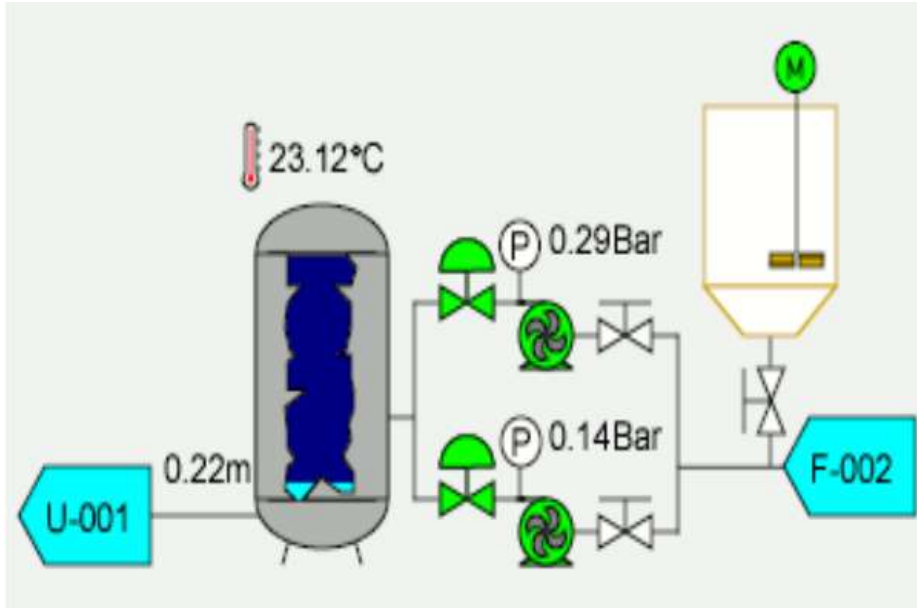


## Mühazirə 15

### **İntelektual idarəetmə sistemləri və onların arxitekturası. SCADA sisteminin qurulması prinsipləri və element bazası. SCADA sistemi əsasında neft məhsullarının emalı və ötürülməsi**

SCADA – (ingilis dilində Supervisory Control And Data Acquisition olub dispeçer idarəsi və verilənlərin toplanması) idarəetmə obyektləri haqqında informasiyaların toplanması, işlənməsi, təsvir edilməsi və arxivləşdirilməsi sistemlərinin işlənilib hazırlanması və ya onların real vaxt miqyasında fəaliyyətlərinin təmini üçün nəzərdə tutulmuş paket proqramdır. SCADA TP AİS – in, ACKYE – nin, ekoloji monitorinqin, elmi eksperimentin, binaların avtomatlaşdırılması kimi sistemlərin bir hissəsi ola bilər. SCADA sistemləri real vaxt miqyasında, texnoloji proseslərə operator nəzarətinin təminatının tələb olunduğu təsərrüfat işlərinin bütün sahələrində istifadə edilə bilər. Nəzərdə tutulmuş proqram təminatı kompüterlərdə yerləşdirilir və obyektə əlaqə üçün giriş/çıxış drayverlərinə və ya OPC/DDE serverlərindən istifadə olunur. Proqram kodu proqramlaşdırma dilində (məsələn C++) yazıla bilər. Bəzən SCADA sistemləri sənaye kontrollerlərinə proqramlaşdırmaq üçün əlavə PT (proqram təminatı) ilə kompleksləşdirilir və belə SCADA sistemlər inteqrallaşdırılmış adlanır. Onlara Softlogic termini də əlavə edilir. SCADA termini ikili şəkildə şərh edilir. Ən çox yayılmış anlayışda SCADA bir əlavə kimi, yaxud göstərilən funksiyaların yerinə yetirilməsini təmin, eləcə də bu proqram təminatının işlənməsinin proqram kompleksi kimi şərh edilir. Lakin əksər hallarda SCADA sistemi proqram – aparat kompleksi olaraq başa düşülür. SCADA termininin oxşar olaraq başa düşülməsi telemetriya üçün daha çox xarakterikdir. SCADA termininin mənası texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması və idarə olunması texnologiyalarının inkişafı ilə yanaşı bir sıra dəyişikliyə məruz qalmışdır. Ötən əsrin 80 - ci illərində SCADA sistemi hər şeydən əvvəl real vaxt verilənlərinin toplanmasının proqram – aparat kompleksi başa düşülürdü. 90 – cı illərdən başlayaraq SCADA termini daha çox TPAİS - in insan – maşın

interfeysinin, ancaq proqram hissəsi-nin təminatı kimi istifadə edilir. Şəkil 1.1. TP AİS – inSCADA sisteminə misal göstərilmişdir.



Şəkil 1.1. Qapalı çəndə maye səviyyəsinin tənzimlənməsi-nin SCADA sistemi. İstehsalat proseslərinin idarəetmə sistemlərininreallaşdırılması xüsusi proqram paketləri vasitəsi ilə yerinəyeterilir. Bu proqram paketlərini şərti olaraq aşağıdakı siniflərə bölmək olar:

- CASE (Computer Aided Software Engineering) –vasitələri, texnoloji proseslərin aşağı səviyyələrində, yənisənaye kontrollerlərində yerinə yetirilən məsələləriproqramlaşdırmaq üçün istifadə edilir;
- RZƏS – real zaman əməliyyat sistemləri: PSOS, OS9,LynxOS və s;
- SCADA (Supervisory Control And Date Acquisition)– sistemləri dedikdə, mikrokontrollerlərdən, kompyuterlərdən, texnoloji stansiyalardan və s. ibarət olan texnoloji proseslərin idarəetmə sistemlərini avtomatlaşdırılmışkonfuqurasiya etmək, eləcə də SCADA səviyyəsinə aid olanməsələləri proqramlaşdırmaq üçün istifadə edilir:
- PTK – proqram texniki komplekslər:
  1. Spectrum;
  2. İntelligent automation series;
  3. Centum;
  4. Simatic;

## 5. Skad.

RZES – real zaman ekspert sistemləri. Bunlara aşağıdakıları göstərə bilərik:

1. G2;

2. RTWorks;

3. COMDALE/C;

4. COGSYS;

5. İLOG Rules.

SCADA sistemlərinin əsas funksiyaları aşağıdakılardır:

aşağı səviyyədə yerləşən qurğulardan məlumatların toplanması;

informasiyanın növbəti emal üçün arxivləşdirilməsi və saxlanması;

proseslərin vizuallaşdırılması;

idarəetmə alqoritmlərinin, riyazi və məntiqi hesablamaların reallaşdırılması və idarəedici təsirlərin obyektə göndərilməsi;

texnoloji və idarəetmə proseslərinin sənədləşdirilməsi və onların çapa ötürülməsinin təmin edilməsi;

şəbəkə funksiyaların yerinə yetirilməsi;

sistemə icazəsiz daxil olmanın qarşısını almaq üçün onun mühafizə olunması;

müxtəlif proqramlar arasında informasiya mübadiləsinin təmin edilməsi.

SCADA sistemlərinin aparat və proqram təminatı aşkar konsepsiya anlayışı əsasında yaradılır. Aparat təminatının açıq konsepsiyası dedikdə SDACA sisteminin müxtəlif istehsalçıların avadanlıqların dəstəkləməsi və bunlara açıq şəkildə qoşulmasının mümkünlüyü başa düşülür. Müasir SCADA sistemləri aşağı səviyyə avadanlıqlarının seçilməsi yolu ilə öz işini məhdudlaşdırmır, o həm də çoxsaylı drayverləri və ya giriş/çıxış serverlərini təqdim edir. Proqram təminatı üçün aşkarlıq prinsipi dedikdə bütün məlumatların formatlarından, prosedura interfeysindən aşkar şəkildə istifadə olunan və bir – birindən asılı olman işləyən komponentlərinə, işlənilmiş aparat, eləcə də proqram modullarına qoşulması başa düşülür. Giriş/çıxış drayverlərini SCADA sisteminə qoşmaq üçün iki tip mexanizmdən istifadə olunur:

- məlumatların dinamik mübadiləsini təmin edən standart blok (DDE – Dynamic Data Exchange və s.);
- daxili protokol ilə mübadilə (bu, yalnız SCADA sistemini işləyib hazırlayan firmaya məlum olur).

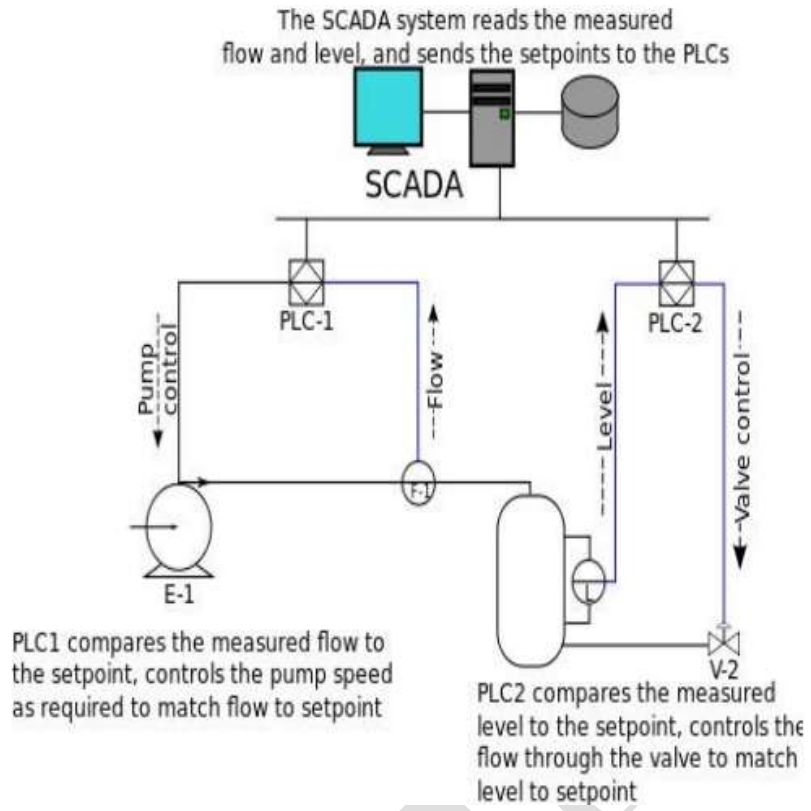
SCADA sistemləri aşağıdakı məsələləri həll edir:

- drayverlər vasitəsi ilə real vaxt ərzində “obyektlə əlaqə quruluşlarının” (yəni sənaye kontrollerləri ilə və giriş/çıxış plataları ilə) verilənləri ilə mübadilə;
- real vaxt miqyasında informasiyanın işlənməsi;
- məntiqi idarə;
- informasiyanın monitorunun ekranında insan üçün əlverişli və aydın olan formada təsviri;
- texnoloji informasiya ilə real vaxt baza verilənlərinin aparılması;
- həyəcanlı xəbərlərin qəza siqnallaşdırılması və idarə edilməsi;
- texnoloji prosesin gedişatı haqqında hesabatların hazırlanması və generasiyası;
- SCADA – sənaye kompyuteri (SK) arasında dövrü qarşılıqlı dövrü təsirin həyata keçirilməsi;
- xarici əlavələrlə əlaqələrin təmin edilməsi (BVİS, elektron cədvəllər, test prosessorları və s.). müəssisənin idarə sistemində belə əlavələr hər şeydən əvvəl MES səviyyəsinə aid olan əlavələrdir.

SCADA sisteminin tərkibinə adətən aşağıdakı alt sistemlər daxildir:

- giriş/çıxış drayverləri və ya serverləri - SCADA – nı sənaye kontrollerləri ilə, sayğaclarla, avtomatik çevirgəclərlə (AÇ) – ləri ilə və digər informasiya giriş/çıxış quruluşları ilə əlaqəsini təmin edən proqramlar;
- real vaxt sistemi – prioritetləri hesaba almaqla verilmiş vaxt dövrü sərhədlərində verilənlərin işlənməsini təmin edən proqramlar;
- insan – maşın interfeysi (HMİ ingiliscə Human Machine İnterface) operatorun, prosesi nəzarət və idarə etməyə imkanının olması üçün, prosesin gedişatı haqqında verilənləri ona təqdim edən instrument (alət);
- insan – maşın interfeysinin işlənməsi üçün proqram – redaktor;

- məntiqi idarə sistemi – SCADA sistemində məntiqi idarənin istifadəçi proqramların icrasını təmin edən proqramlar. Onların işlənməsi üçün redaktorlar yığılımı;
- real vaxt baza verilənləri – real vaxt rejimində prosesin tarixinin saxlanmasını təmin edən proqram;
- həyəcanlanan idarə sistemi – texnoloji hadisələrin avtomatik nəzarətini, onların normal, xəbərdaredici və ya qəza kateqoriyalarından hansına aid olmasını, eləcə də operatorla və ya kompyuterlə hadisələrin işlənməsini təmin edən proqram;
- hesabatlar generatoru – texnoloji hadisələr haqqında istifadəçi hesabatlarının yaradılmasını təmin edən proqram. Onların işlənməsi üçün redaktorların yığılımı;
- xarici interfeyslər – SCADA ilə digər əlavələr arasında verilənlərin mübadiləsinin standart interfeysləri. Adətən OPE, DDE, ODBC, DLL və s. olur. SCADA termini qeyd etdiyimiz kimi adətən insanın iştirakı ilə həyata keçirilən bütün sistemin və ya sistem kompleksinin nəzarət və idarə olunmasının mərkəzləşdirilmiş sistemə aiddir. İdarəedici təsirlərin çoxu RTU və ya SMK vasitəsi ilə avtomatik yerinə yetirilir (Şəkil 1.3). Prosesin birbaşa idarəsi adətən RTU və ya PMK – lə təmin edilir, SCADA isə işin rejimlərini idarə edir. Məsələn PMK istehsalat prosesinin daxili hissəsinin soyuducu su axımını idarə edə bilər. SCADA sistemi isə operatora imkan verə bilər ki, axın üçün tapşırığı, mayenin hərəkət marşrutunu dəyişsin, bu və ya digər tutumu doldursun, eləcə də həyəcanlı xəbərləri izləsin (axın itgisi, yüksək temperatura, bunlar təsvir olunmalıdır, yazılmalıdır və bunlara operator tərəfindən vaxtında reaksiya verilməlidir).



Şəkil 1.3 İdarə prosesinin birbaşa RTU (pəreferiya quruluşu) və ya PLC (PMK) ilə təmin olunması.