

Ş. O. Məmmədova

**Biotexniki sistemlərin qovşaq və elementləri
(mühazirə konspekti)**

BAKİ – 2023

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	3
1. Elektrodlar vasitəsilə dəri üzərində kontakt yaratmaqla biopotensialların gücləndirilməsi.....	4
2. Rəqəm qovşaqlarında və aparatlarda biotibbi siqnalların ötürülməsi.....	8
3. Daxil və xaric olan verilənlərin emalı zamanı siqnallara qoyulan tələblər.....	11
4. Biopotensialların qeyd edilməsində əməliyyat gücləndiricisinin tətbiq sxemləri, diferensial gücləndirici vasitəsilə maneələrin aradan qaldırılması.....	20
5. Aktiv elektrik süzgəcləri, analoq rəqəm elemneti.....	32
6. Gözləyici taymerlər və onların xüsusiyyətləri.....	40
7. Relaksasiya generatorları, zaman impuls çeviricili analoq rəqəm çeviricilər.....	43
8. İkinci qida mənbələri. Düzəldirici və hamarlayıcı süzgəclər.....	49
9. Parametrik və kombinasiya tipli gərginlik stabilizatorlarının sxemotexnikası.....	57
10. Biotibbi sistemlərə qoşulmaq üçün interfeyslər. Fərdi kompüterlərə qoşulan interfeys magistralları.....	63
11. Biotibbi və biotexniki sistemlərdə tətbiq edilən ardıcıl interfeyslər.....	71
12. Standart RS232 tipli interfeysi və MK interfeysinin struktur sxemi.....	74
13. Mikrokontrollerlərin strukturları və tibbi aparatlarda onların tətbiqi.....	77
14. Tibbi rəqəm qurğuların avtomatlaşdırılmasının metodikası.....	84
15. Sxemotexnikanın elementləri və onların nəzəri əsasları.....	91
Ədəbiyyat.....	93

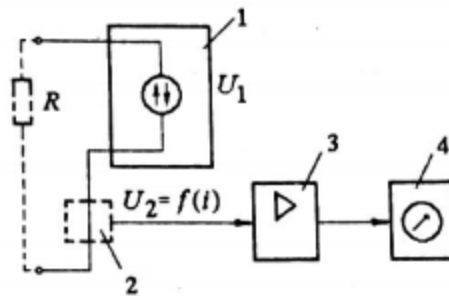
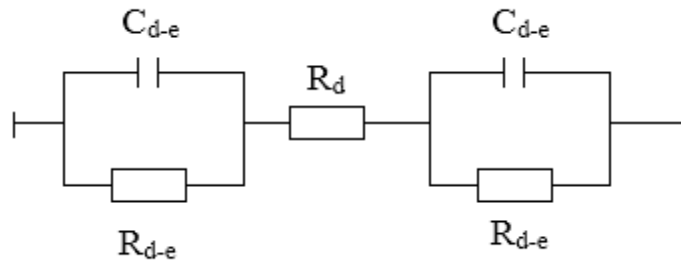
Giriş

Biotexniki sistemlərin qovşaq və elementləri tibbi avadanlıqların quraşdırılması və istismarı , həmçinin müxtəlif təyinatlı tibbi sistem və komplekslərin elektron sxemlərinin, oxunması, müxtəlif element bazasında tibbi qurğuların hazırlanması, elektron dövrlərin analizi və layihələndirilməsi kimi kompentant peşəkar biliklər formalaşdırmaq, sistemli bilik və bacarıqlar aşılamaq, akademik və sosial-fərdi kompetensiyaları inkişaf etdirmək və möhkəmləndirməkdən ibarətdir.

Fənnin tədrisinin əsas vəzifəsi təhsil alan subbakalavrlara tibbi aparatların elektron sistemlərin və onların modulyar səviyyədə quruluşunu və iş prinsipini başa düşmək üçün bilik və bacarıqların aşılmasından ibarətdir.

Mühazirə 1 Elektrodlar vasitəsilə dəri üzərində kontakt yaratmaqla biopotensialların gücləndirilməsi

İnsan orqanizminin bioloji strukturunun təsəvvüründə onun müxtəlif orqanlarının və toxumalarının müqaviməti və uyğun olaraq keçiriciliyi müxtəlif ölçü sxemləri ilə təyin olunmuş olur. Dəri ilə piy toxuması arasında toxuma ilə sümük arasında müqavimətin qiymətləri müxtəlif ola bilər və bu müqavimətləri ekvalent olaraq kondensator və rezistor şəklində ardıcıl və paralel konturda təsvir etmək olar.



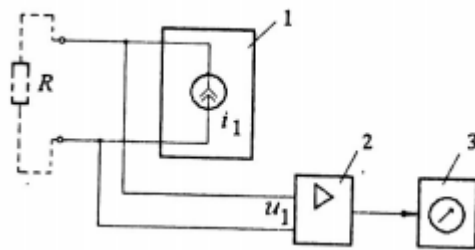
Orqanizmin keçiriciliyini təyin etmək üçün göstərilən sxemdə daxili müqavimətin kiçik olan gərginlik mənbəyindən istifadə olunur(1). Həmin mənbə ilə ardıcıl olaraq cərəyan gərginlik çeviricisi olan (2) blok qoşulmuşdur. Həmin blokda kiçik daxili müqavimətə malikdir. Bundan başqa sxemdə (3) siqnal gücləndiricisi və (4) qeydedici qurğu vardır. Sxemin girişinə qoşulan elektrodların materyalı elə seçilməlidir ki, o böyük keçiriciliyə malik olsun, eyni zamanda tibbi cəhətdən steril olsun. Bunun üçün AgCl materyalından elektrod kimi istifadə olunur. Elektrodların

ölçüləri və diametridə müəyyən hədd daxilində seçilir ki, diametri 1 sm, uzunluğu isə olduğu qədər kiçik olmalıdır. Bu sxemdə yük müqavimətinin qiymətinin dəyişməsi gərginliyin dəyişməsinə təsir göstərməməlidir. Əgər ölçmə prosesi dəyişən cərəyanda aparılırsa onda gərginliyin pik qiymətindən istifadə olunur.

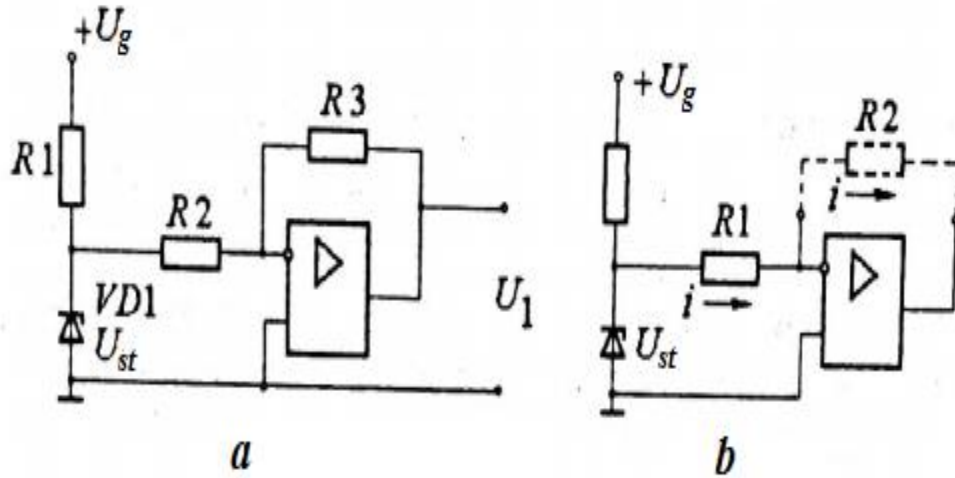
Müqaviməti ölçmək üçün ikinci variant cərəyan mənbəyindən istifadə etməklə müqavimət təyin edilməsidir ki, orada da sxemin çıxış cərəyanı yük müqavimətindən asılı olmamalıdır.

$$R=UI$$

Götürülmüş gərginlik cərəyan gərginlik çeviricisi olmadan gücləndiriciyə verilir. Həmin gərginlik gücləndirilərək qeydedici qurğuya verilir.



Qeydedici qurğu kimi sadə halda milliampermetr və yaxud voltmetr götürülür. Mürəkkəb qurğu kimi isə analoq-rəqəm çeviricisi və onun çıxışına qoşulan mikrokontroller və yaxud mikroprosessor götürmək olar ki, onlarda bilavasitə kompüterə qoşulmuş olur. Adətən dəyişən gərginlikdə ölçmə apardıqda 1 kilohers tezlikli generatordan istifadə edilir ki, o da ölçmə zamanı dəri üzərinə qoyulan elektrodların sayından asılı olaraq zond methoduna əsaslanır. Adətən elektroqrafiyada göstərilən tezlikdən ən çox istifadə olunur. Yüksək tezlikdə isə elektrik müqavimətini ölçmək çətinləşir. Aşağıdakı sxemlərdə gərginlik və cərəyan generatorlarının əməliyyat gücləndiricisi üzərindəki qurulma prinsipi göstərilmişdir.

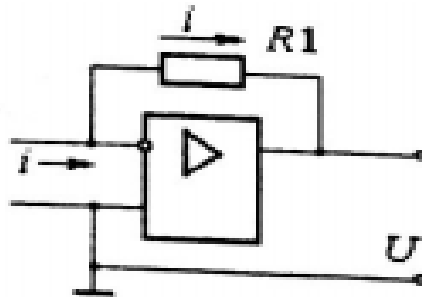


$$I = \frac{U_{st}}{R_1}$$

$$U_1 = -U_{st} \frac{R_3}{R_1}$$

$$R_{\text{çix } \infty} = R_{\text{çix}} \frac{1}{1 + Ku \beta}$$

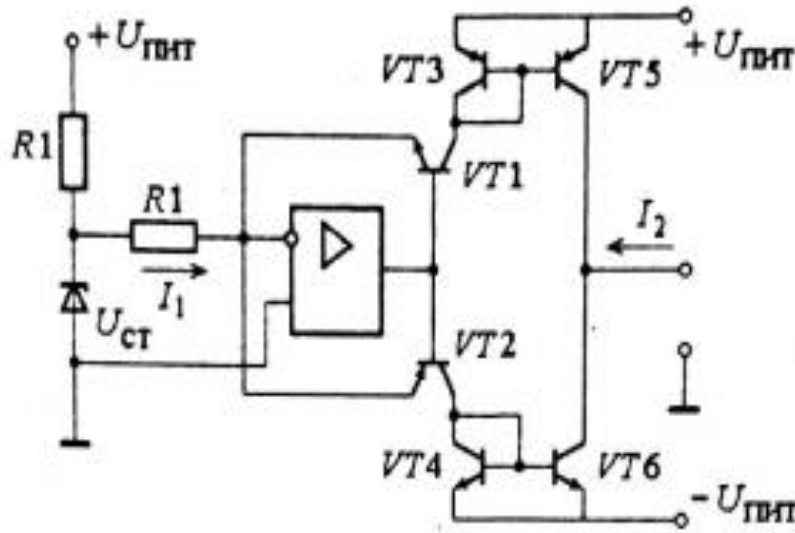
$$\beta = \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$



“cərəyan-gərginlik” çeviricisi

Gərginlik və cərəyan mənbələri bir-birindən yalnız əks əlaqə müqaviməti ilə fərqlənir. Göründüyü kimi gərginlik mənbəyində R_3 əks əlaqə rezistorundan istifadə olunur. Cərəyan mənbəyində isə həmin rezistor olmur. Hər iki sxemdə girişə stablitron qoşulmuşdur ki, o da gərginliyin stabilliyini təmin edir.

Cərəyan mənbəyinin digər sxemidə vardır ki, oda sadə sxemdən onunla fərqlənir ki, orada əməliyyat gücləndiricisinin çıxışına 6 ədəd tranzistor qoşulmuşdur ki, buradada çıxış cərəyanı başlanğıc halda giriş cərəyanınınına bərabər olur. Eyni zamanda cərəyanın qiyməti yük müqavimətində daha çox olur. Buda böyük qida gərginliyi tələb edir.

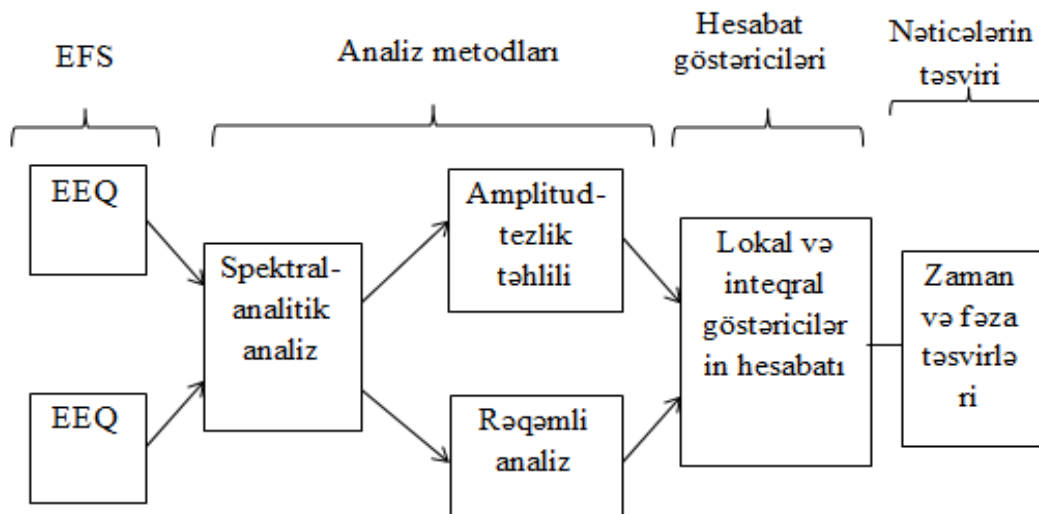


Müəyyən güc əldə etmək üçün güc qida mənbəyindən istifadə olunur ki, burada da idarə olunan qida mənbəyi götürülür. Bu mənbədə əməliyyat gücləndiricisi üzərində qurulur. bu sxemdə həm cərəyan gərginlik çeviricisindən həm də gərginlik bölücüsü sxemindən istifadə olunur ki, onunda seriyası 525PC2 götürülür. R_1 və R_2 rezistorları az qiymətlə seçilir və oda elektrik gücünə az təsir göstərir.

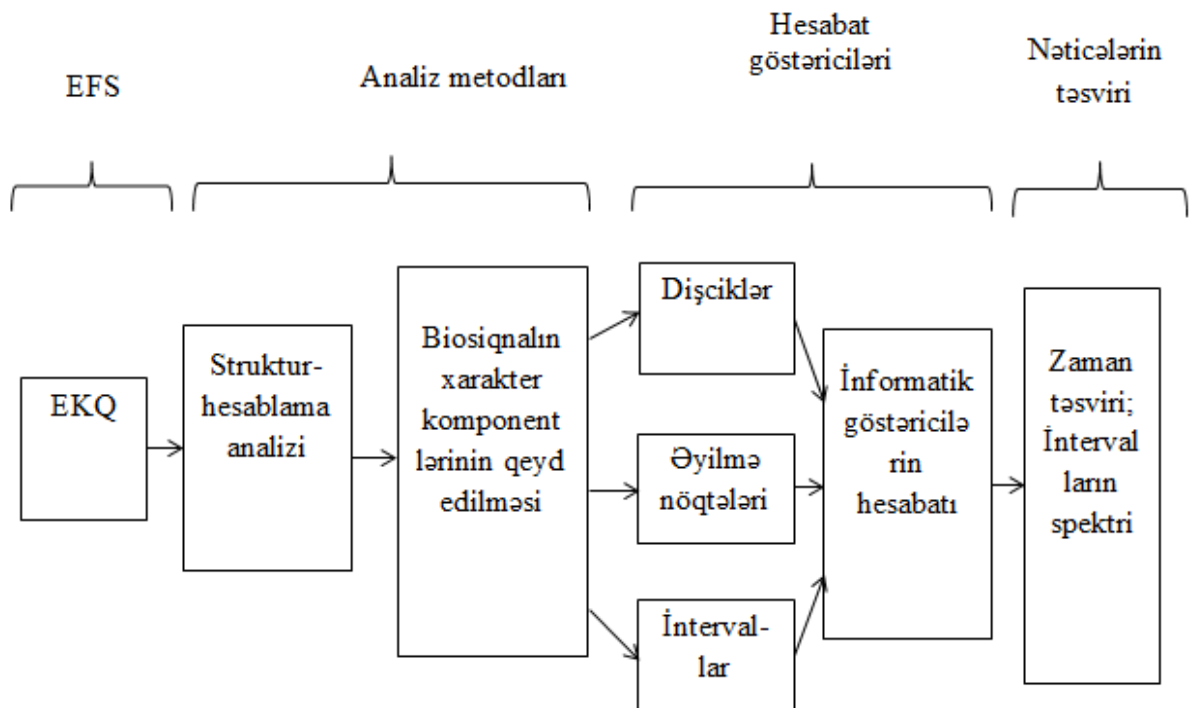
Mühazirə 2. Rəqəm qovşaqlarında və aparatlarda biotibbi siqnalların ötürülməsi.

Elektrofizioloji siqnalların emal prosesi çoxpilləli xarakter daşıyır və ardıcıl olaraq xarakterik əlamətlərinin seçilməsi əlaqədardır. Sonra isə bunlar nəticəsində orqanizmin və ya ayrı-ayrı orqanların vəziyyəti haqqında nəticə çıxarılır. Çox hallarda siqnalların vəziyyəti haqqında nəticə çıxarılır. Siqnalların emalı bəzi əlamətlərin miqdarca ifadəsinin alınması ilə məhdudlanır. Məsələn, tibbi göstəricilərin sonradan onlardan simptomokompleksin formalaşdırılmasıdır ki, onlar da həkimə orqanizmin vəziyyəti barədə hər hansı mülahizənin çıxarılmasına imkan verir. Bəzi hallarda belə emal kifayət qədər uzun müddətli ola bilər ki, bu da müəyyən zaman ərzində tibbi-bioloji göstərilənlərin tədqiqinin lazım olması ilə və yaxud da pasientlərin müəyyən şəkildə seçilməsinə əlaqədar lazımdır. Giriş informasiya həcmi artırılaraq ölçmə prosesinin və eksperimental verilənlərin avtomatlaşdırılması tələbatı yaranır. Beləliklə, elektrofizioloji siqnalların emal qurğularını iki sinifə bölmək olar.

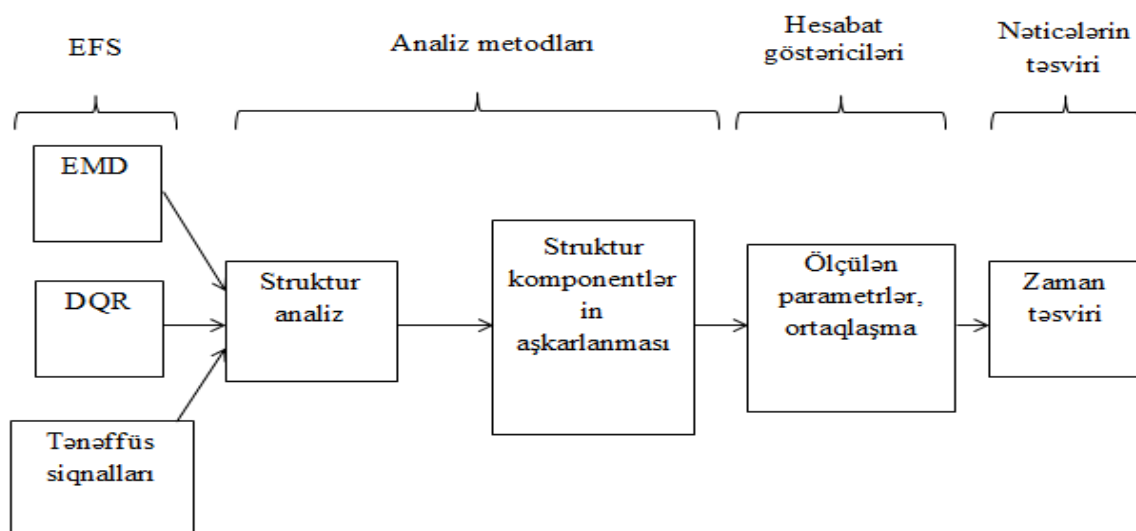
Birinci sinifə bioobyekti birbaşa emal aparatı olan rabitə xəttinə qoşmaqla real zaman miqyasında emal edən qurğular aiddir. Bunlar çox zaman geniş tətbiqatlı xüsusişdirilmiş elektron tibb aparatlarının tərkib hissəsi olur və verilənlərin tədqiqat şəraitində və ya ekstremal hallarda operativ emalında tətbiq olunur.



a)



b)



c)

Şəkil 2.4. Elektrofizioloji siqnalların təhlil metodları.

Mühazirə 3. Daxil və xaric olan verilənlərin emalı zamanı siqnallara qoyulan tələblər (standartlar).

İnsan orqanizminin hər hansı bir orqanı kimyəvi və bioloji proseslər nəticəsində elektrik siqnallarını hasil edir. Bu siqnalların alınması və ölçülməsi, sonradan isə həmin siqnalların parametrlərinin ölçülməsi nəticəsində təhlil olunan orqanın funksional vəziyyəti haqqında diaqnozun verilməsi elektrofiziologiyanın əsas məqsədi sayılır. Alınan elektrofizioloji siqnalların (EFS) təsnifatına uyğun onları üç qrupa ayırmaq olar (şəkil 1):

- birbaşa ölçülən EFS-lər;
- dolaylı yolla ölçülən EFS-lər;
- çevrilmə nəticəsində alınan EFS-lər.

Birinci qrupa daxil olan elektrofizioloji siqnallar aşağıdakılardır:

EKQ-ürəyin elektrik aktivliyini və bunun nəticəsində alınan elektrik siqnallarıdır. Bunlara elektrokardioqrafik siqnallar deyilir;

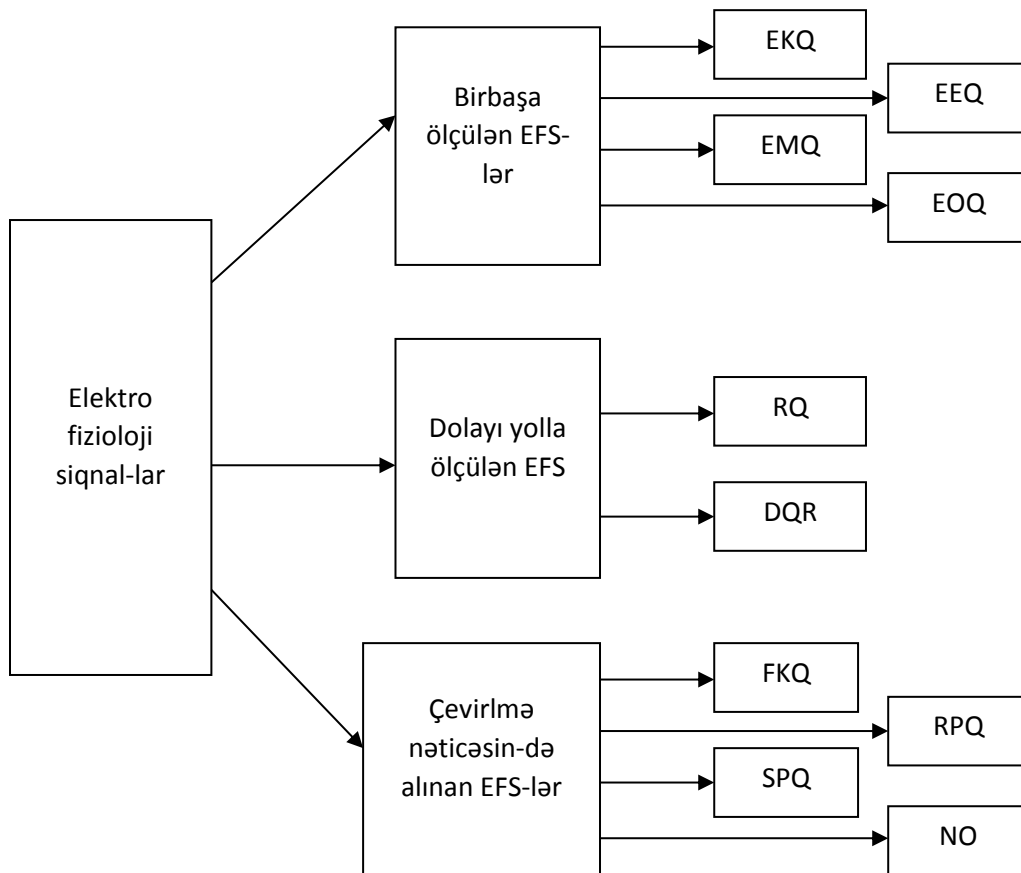
EEQ-elektroensefaloqrafik siqnallar. Bu siqnallar baş-beyində biopotensialların dəyişməsini təsvir edir. Bəzi hallarda EEQ siqnalları çağrılmış potensiallarla (ÇP) müşahidə olunur; bu potensialların yaranması işıq, səs, xarici elektromaqnit sahələri və s. digər qıcıqlanma təsirlərlə əlaqəlidir;

EMQ-elektromioqrafik siqnallar. Bu siqnallar əzələlərin elektrik aktivliyini təsvir edir;

EOQ-elektrookuloqrafik siqnallar. Bu siqnallar göz bəbəyini idarə edən əzlələrin elektrik aktivliyini təsvir edir.

İkinci qrupa daxil olan elektrofizioloji siqnallar bunlardır:

RQ-reoqrafik və ya elektropletizmoqrafik siqnallardır. Bu siqnallar qan damarlarında qan axını zamanı baş verən elektrik müqavimətinin dəyişməsinə təsvir edən siqnallardır.



Şəkil 1. Elektrofizioloji siqnalların (EFS) təsnifatı

DQR-dəri-qalvanik reaksiya siqnallarıdır. Bu siqnallar həyəcanlanma zamanı müşahidə olunan tərləmə prosesi nəticəsində insan dərisinin elektrik müqavimətini dəyişməsinə təsvir edir.

Bu qrupa daxil olan EFS-lər dolayı yolla alınır, çünki tədqiq olunan orqandan elektrik cərəyanı keçiyi halda həmin orqanın elektrik müqaviməti dəyişir.

III qrupa daxil olan EFS-lər qeyri-elektrik xarakterlidir. Bu qeyri-elektrik parametrləri ya elektrik gərginliyi, ya da elektrik cərəyanına çevrilməsi nəticəsində insan orqanizmində gedən biokimyəvi və ya biofiziki prosesləri təhlil etmək mümkündür. Bu qrupa daxil olan siqnallar bunlardır:

FKQ-fonokardioqrafik siqnallar. Bu akustik siqnalların vasitəsilə ürək-damar isteminin funksional vəziyyətini öyrənmək mümkündür;

RPQ-reopletizmoqrafik siqnallar. Bu siqnalların yaranması qan damarlarında nəbz dalğalarının yayılması ilə əlaqədardır. Həmin siqnalların təhlili üçün optik vericilərdən istifadə edilir;

SPQ-spiroqrafik siqnallar. Tənəffüs prosesində, yəni nəfəsalmada və nəfəs verməyə ağciyər ağciyərdə hərəkət edən hava həcmiyyəsinin dinamikasını təsvir edən siqnallardır.

NO-nəbzoksimetrik siqnallardır. Qan tərkibində olan oksigen konsentrasiyasını təyin etmək üçün istifadə edilən siqnallardır.

Siqnallar bir sıra parametrlərlə xarakterizə olunur və ümumi halda bu parametrlər üç əsas qrupa bölünür:

struktur; identifikasiyaedici; məlumat daşıyan parametrlər.

Struktur parametrlər-siqnalın sərbəstlik dərəcələrinin sayını göstərir.

İdentifikasiyaedici parametrlər-faydalı siqnalı digər (lazım olmayan) siqnalların içərisindən seçib ayırmaq üçündür.

Məlumatdaşıyıcı parametrlər-ötürülən məlumatı kodlaşdırmaq üçün istifadə olunur.

Elektrofizioloji siqnalların əsas parametrləri

Hər hansı bir üsulla alınan elektrofizioloji siqnallar müxtəlif göstəricilərlə xarakterizə edilirlər.

Elektrofizioloji siqnalları xarakterizə edən əsas parametrlərindən onların amplitud gərginliyidir. Amplitud qiyməti mikrovolt və millivolt diapazonunda dəyişir, çox nadir hallrda həmin qiymət bir neçə voltla ölçülür (məsələn, elektrokardoqrafik siqnalına dail olan R-dişciyinin amplitudası).

Beləliklə, bu siqnalların təhlili üçün onlar mütləq güclənməlidir və bu məqsədlə elejktrofizioloji cihazlarda bu siqnalların amplitud qiyməti bir neçə volta qədər geclənməlidir. Nəzərə alsaq kiş müassir tibbi komplekslər kompüter əsasında təşkil olunur və bu komplekslərin tərkibinə analoq-rəqəm çeviriciləri daxildir, onda elektrofizioloji siqnalların amplitud qiyməti, 5-10V səviyyəyə qədər çatdırılmalıdır. Beləliklə elektrofizioloji siqnalları gücləndirmək üçün gücləndiricilər böyük güclənmə əmsalına malik olmalıdırlar ($k \leq 10000$).

Digər tərəfdən süzgəc bloklarının istifadə edilməsi faydalı bioelektrik siqnalları müşahidə edən maneəedici siqnallardan (artefaktlardan) ayırmağa imkan yaradır.

Elektrofizioloji siqnalların texniki vasitələri.

Elektrofizioloji siqnalların texniki vasitələri informasiyanın çıxarılması və yığılması sistemlərilə uzlaşdırılan mürəkkəb hesablama kompleksləridir. Verilənlərin analizini yerinə yetirən belə sistemlər real zaman miqyasında işlənmir və siqnalların belə emal sistemlərinin işləmə alqoritmi olduqca mürəkkəbdir və

hesablamaq üçün böyük zaman tələb edir. Belə qurğular üçün eksperiment verilənlərinin kifayət qədər yüksək tezliklə emalını təmin edən tətbiqi proqramlar paketini hazırlamaq lazımdır.

Elektrofizioloji siqnalların texniki vasitələri dedikdə, həmçinin ilkin emal qurğuları nəzərdə tutulur. Öz növbəsində birinci qurğuların siqnallarını (şəkil 2. a-da) iki növ ilkin emalı qurğularına ayırmaq olar, ilkin emal qurğuları aşağıdakı əsas məsələləri həll edə bilər .

- gücləndirmə, süzülmə, differensiaslama və s. ilə əlaqəli olan siqnalların ilkin emalı;
- xarakterik nöqtələrin (minimum, maksimum izoxətlərin kəsişməsi tipini və s.);
- siqnalın ayrı-ayrı parametrlərinin ölçülməsi (amplitudunun, müddətin, tezliyin və s.);
- bir neçə siqnalların sadə funksiyalarının və ya mürəkkəb parametrlərin və ya mürəkkəb parametrlərin hesablanması.

İlkin emal məsələləri kimi amplitud və tezlik spektrinin hesablanması, siqnalların spektral çevirmələri, nəticələrin statistik analizi, obrazların tanınması məsələsinin həlli, verilənlər bazasının formalaşdırılması, diaqnostika üzrə tövsiyələrin hazırlanması və s. məsələlər ola bilər. Bundan başqa emal qurğularının layihələndirilməsi zaman elektrik təhlükəsizliyinə xüsusi diqqət ayrılmalıdır, çünki belə texniki vasitələrdə pasient elektrik cərəyanının radiasiya və digər şüalanmaların təsiri altında olur. Bu məqsədlə məhdudlaşdırıcı və digər şüalanmaların təsiri altında olur. Bu məqsədlə məhdudlaşdırıma və mühafizə sxemləri nəzərdə tutulur ki, bunlar da cihazlara xidmətin təhlükəsizliyini təmin edir.

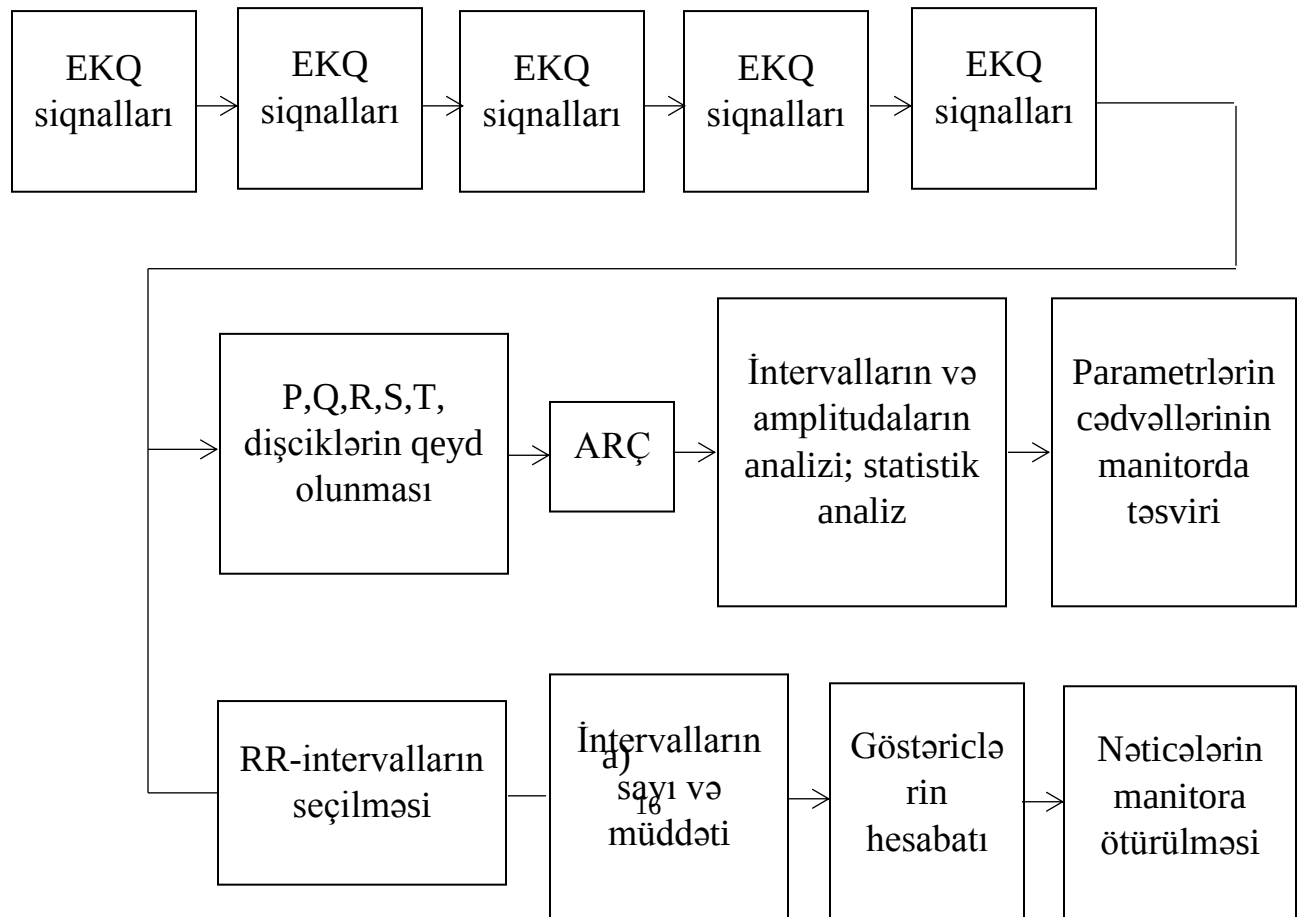
Elektrofizioloji siqnalların ilkin emal qurğularının müxtəlifliyinə baxmayaraq onların tərkibinə daxil olan çoxlu sayda düyün və blokların texniki həlli

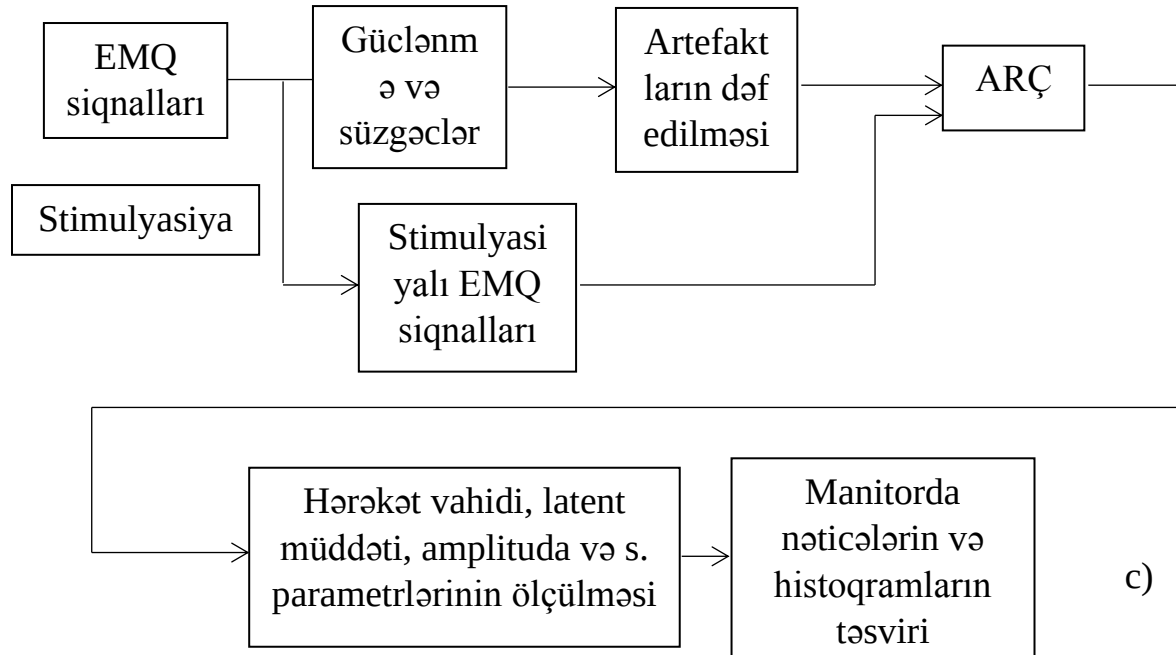
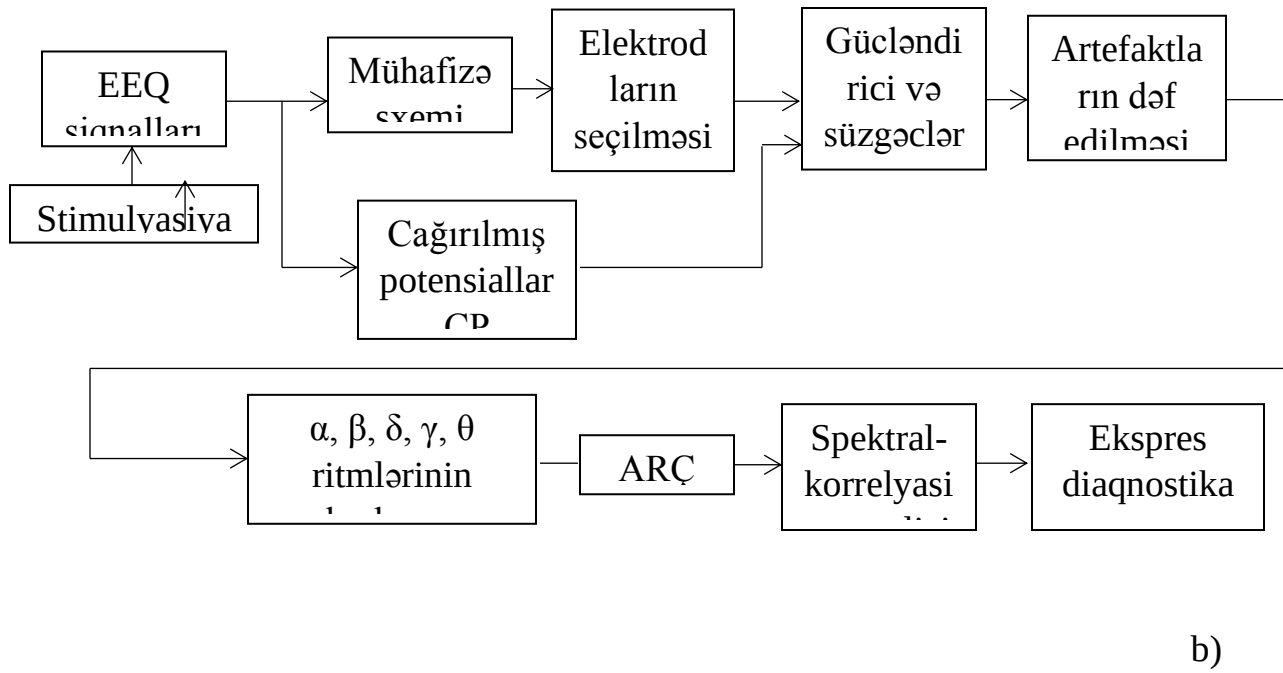
ümumiləşdirilə bilər, başqa sözlə unifikasiyalasdırıla bilər, bu da layihələndirmədə vahid element və sxemotexniki bazanın istifadə edilməsinə imkan yaradır.

Şəkil 2. -də misal kimi bir sıra elektrofizioloji siqnalların ilkin emalı üçün əsas düyün və bloklar göstərilmişdir.

Müasir cihazlarda siqnalların ilkin emalı məsələlərini həll etmək üçün müxtəlif tipli və təyinatlı mikroprosessor və emal alqoritmlərin reallaşdırılması proqram üsulu ilə yerinə yetirilir. Emal nəticələri istifadəçiyə qrafik şəkilində, cədvəllər formatında təqdim oluna bilər, lakin saxlama qurğularına da daxil edilə bilər. Məsələn, statistik emal qurğularına, tibbi verilənlər bazasına (fərdi kompüterin istifadəsinə əsaslanan) və s. Bu halda fərdi kompüterlər elektrofizioloji siqnalların alınması və emalı qurğuları ilə əlaqə üçün xüsusi interfeyslərlə təmin olunur

EFS-lərin ilkin emalı blokları

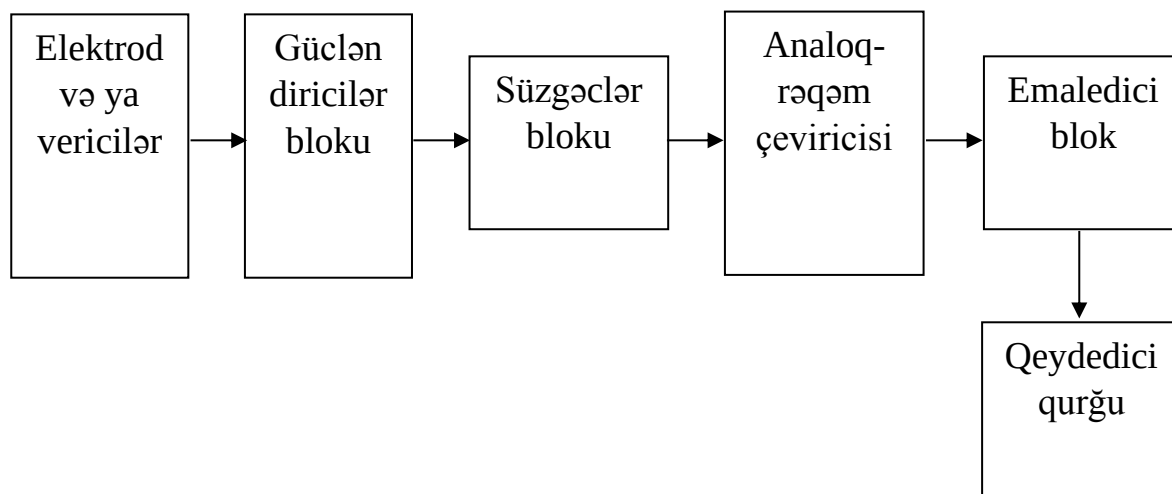




Şəkil 2-Elektrofizioloji siqnalların ilkin emalı blokları

Elektrofizioloji siqnalları ölçmə və emal traktına daxil olan bloklar

İnsan orqanizmində yaranan biopotensialları ölçmək məqsədilə, yəni bioelektrik potensiallarının alınması və qeyd edilməsi üçün ölçmə traktında istifadə olunan bütün qurğularına qoyulan tələblər bir-birindən fərqlənir. Ölçmə traktına daxil olan bloklar şəkil 3-də göstərilir.



Şəkil 3. Elektrofizioloji siqnalların ölçmə və emal traktına daxil olan bloklar

Elektrodlar-dedikdə, dövrəni bioloji sistemə birləşdirən xüsusi formalı keçiricilər nəzərdə tutulur. Diaqnotika zamanı elektrodlardan həm elektrik siqnallarını ötürmək məqsədilə, həm də xarici elektromaqnit təsirini bioobyektə çatdırmaq məqsədilə istifadə olunur. Elektrodları qızıl (A_u), platin (P_t), cıvə (H_g), gümüş (A_g), paslanmayan polad, iridium xəlitələri və.s dən hazırlayırlar.

Müalicə və elektrostimulyasiya zamanı da elektrodlardan istifadə edilməsi zəruridir. Elektrodlar müxtəlif tələblərə cavab verməlidir.

- qeyd olunan biopotensialların təhrifsiz təmin olunması və bioloji toxumalarda qıcıqlandırma təsirinin minimuma endirilməsi (toksik reaksiya);
- bədənə hər bir hissəsində elektrodların cəld fiksasiyası və elektrodlardan faydalı siqnalın artefaktlırsız və küy siqnallarsız alınmasını təmin edən konstruksiyalarının işlənməsi;
- hazırlanması zaman yüksək texnologiyaları tətbiq etməklə kifayət qədər mexaniki davamlılığı, elastikliyi olan elektrodların alınması;
- yüksək istismar xarakterli və iqtisadi səmərəliliyi təmin edən eksperiment zaman asan quraşdırılan və steril qoşulmasını təmin edən elektrodların tətbiqi.

Elektrik prosesləri haqqında məlumat almaq üçün əsasən iki elektroddan istifadə edilir:

- dəriüstü (səthi)-insan orqanizminə daxil edilməyən elektrodlar;
- dərialtı (iynəli)-insan orqanizminə daxil olan elektrodlar (invaziv üsulda istifadə olunan elektrodlar).

Elektrodlar bədənə müxtəlif sahələrinin biopotensiallarını əldə etmək üçün istifadə olunur. Elektrodların birləşməsi zamanı onların sayı minimum iki olmalıdır və adətən bu elektrodlar arasında olan potensial fərqi ölçülür.

Mühazir 4 . Biopotensialların qeyd edilməsində əməliyyat gücləndiricisinin tətbiq sxemləri, diferensial gücləndirici vasitəsil maneələrin aradan qaldırılması.

Əməliyyat gücləndiricisi termini, uyğun əks əlaqə tətbiq olunmaqla müxtəlif riyazi əməliyyatları (diferensiallama, inteqrallama, cəmləmə, loqarifmləmə, müqayisə və s.) modelləşdirmək üçün analoq hesablama texnikasında tətbiq olunan belə gücləndiricilərin hesabına yaranmışdır. Nisbətən ucuz və yüksək texniki xarakteristikalara malik inteqral mikrosxem (İS) şəklində yerinə yetirilən yarımkeçirici ƏG-lərin yaranması, ƏG-lərin ən geniş tətbiq olunan universal İS olmasına gətirib çıxarmışdır.

İnteqral ƏG-lərin prinsipial sxeminə, adətən, bir, iki, yaxud, üç gərginlik gücləndirici kaskadı, belə ki, giriş kaskadı diferensial sxem üzrə yerinə yetirilir, çıxış kaskadı emitter təkrarlayıcısı sxemi üzrə yerinə yetirilmiş cərəyan gücləndiricisi, razılaşdırıcı kaskad rolunu yerinə yetirir.

İlk ƏG analoq hesablama qurğularında riyazi əməlləri yerinə yetirmək üçün yaradılmışdır. İlk lampa ƏG 1942-ci ildə L. Culi (ABŞ) tərəfindən işlənmişdir. Yeddi germanium tranzistordan və varikap körpüsündən ibarət olan ilk tranzistor əsaslı ƏG-lər 1959-cu ildə R. Malter (ABŞ) tərəfindən işlənib hazırlanmışdır. İlk inteqral ƏG 1963-cü ildə geniş tətbiq olunmağa başlanmışdır. Hal-hazırda ƏG-lərin 100-lərlə nomenklaturası mövcuddur, hansı ki, kiçik korpuslarda buraxılır və ucuzdur, bu hesaba da geniş tətbiq olunurlar.

ƏG, sıfır gərginliyinin və giriş cərəyanlarının sürüşməsi kiçik və yüksək gücləndirmə əmsalı olan yavaş dəyişən siqnallar gücləndiricisidir.

Müasir ƏG-lər öz ölçülərinə və qiymətinə görə bəzi tranzistorlardan fərqlənmirlər. Bununla yanaşı ƏG sxemi ilə signalın çevrilməsi əsasən, gücləndiricinin əks əlaqəsi dövrəsinin xassələri ilə müəyyən olunur və yüksək stabilliyi və təkrarlılığı ilə fərqlənir. ƏG-lərin praktiki ideal xarakteristikaları hesabına onların əsasında müxtəlif elektron sxemlərin yerinə yetirilməsi diskret elementlər əsasında olanlardan çox sadədir. Analox sxemotexnikanın bir çox sahələrində sxemlərin elementləri olan ayrı-ayrı tranzistorları tam sıxışdırıb çıxarmışdır.

Elektrik sxemlərində ƏG-ləri üçbucaq şəklində işarə edirlər. Sol tərəfdə göstərilən düz, yaxud, invertləməyən adlanan girişi “+” ilə, invertləyən girişi isə “-”-la, yaxud dairəciklə işarə olunur,

ƏG-lər fiksə olunmuş əmsala və dəqiq sintez edilmiş ötürmə funksiyalara malik olan sxemlərin yerinə yetirilməsinə imkan verir. ƏG-lər böyük güclənmə əmsalına, yüksək stabilliyə, az səviyyəli küylərə və sıfır səviyyəsinə, geniş buraxma zolağına, yüksək giriş və az çıxış müqavimətinə malikdirlər. ƏG olduqca müxtəlif qurğuların sxemlərinin: gərginlik stabilizatorlarının, signal generatorlarının, aktiv süzgəclərin, miqyaslayıcı, loqarifmləyici, diferensiallayıcı, integrallayıcı və digər tipli gücləndiricilərin qurulması üçün geniş istifadə olunurlar. ƏG həm diferensial (sabit cərəyan), həm də aralıq, aşağı və yüksək tezlik gücləndiriciləri kimi tətbiq olunaraq bir sıra məsələləri müvəffəqiyyətlə həll etməyə imkan verir. Standart ƏG 150-dən çox qoşulma sxemlərində istifadə oluna bilər.

ƏG-lərin prinsipial sxemləri bir sıra sxemotexniki elementlərdən: stabil cərəyan generatorlarından, diferensial gücləndiricilərdən, dayaq elementlərindən, səviyyə sürüşməsi kaskadından, çıxış gücləndiricilərdən və onların müdafiə sxemlərindən ibarətdir

Əməliyyat gücləndiricilərinin yaradılması prinsipi və tətbiq sahələri

Əməliyyat gücləndiricisi (ƏG) ideal gücləndirici element olub, müasir analog elektron qurğularının əsasını təşkil edir. Mikroelektronikanın nailiyyətləri bir yarımkəçirici kristal üzərində mürəkkəb struktura malik ƏG yaratmağa imkan vermişdir. Bu isə onların enerji və istismar göstəricilərinin kəskin yaxşılaşmasına, tətbiq sahələrinin genişlənməsinə səbəb olmuşdur.

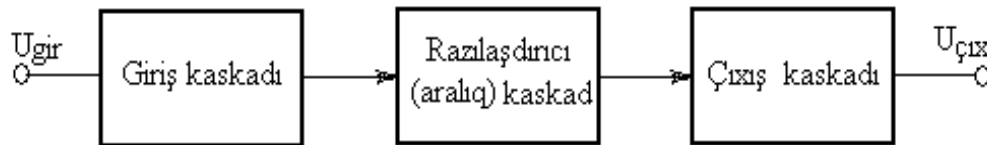
Element bazasının, funksional imkanlarının, hazırlanma texnologiyasının müxtəlifliyindən asılı olmayaraq, İS şəklində yaradılan analog elektron qurğularının sxem texnikasının əsasını diferensial sabit cərəyan gücləndiriciləri - əməliyyat gücləndiriciləri təşkil edir.

ƏG xarici mənfi əks rabitə ilə əhatə oluna bilən diferensial sabit cərəyan gücləndiricisi olub, analog kəmiyyətlər üzərində müxtəlif riyazi əməliyyatlar yerinə yetirməyə imkan verir. ƏG böyük güclənmə əmsalına, böyük giriş və kiçik çıxış müqavimətinə malikdir. ƏG vasitəsi ilə müxtəlif əməliyyatların yerinə yetirilə bilməsi əks rabitə dövrəsinin elementləri və onların parametrləri ilə müəyyən olunur. ƏG diferensial girişə (invers və qeyri-invers girişlərə) və qeyri-simmetrik çıxışa malikdir. Çıxış signalının səviyyəsi qida gərginliyi diapazonunda dəyişə bilər. Qeyri-invers (+) girişdəki potensial invers (-) girişdəki potensiala nəzərən müsbət olduqda çıxış signalı müsbət istiqamətdə və əksinə, qeyri-invers (+) girişdəki potensial invers (-) girişdəki potensiala nəzərən mənfi olduqda çıxış signalı mənfi istiqamətdə dəyişir.

ƏG aşağıdakı iki qaydaya əsaslanaraq işləyir:

1. Çıxış gərginliyi, girişlər arasındakı gərginlik fərqinin sıfır qiymətini təmin etməyə çalışır;
2. Girişlər cərəyan tələb etmirlər.

ƏG giriş, razılaşdırıcı və çıxış güclənmə kaskadlarından təşkil edilmiş struktura malikdir (şəkil 1). Giriş kaskadı «sıfır dreyfı» gərginliyini maksimum azaltmaq, böyük güclənmə əmsalı almaq, girişdə təsir göstərən sinfaz gərginlik toplananını maksimum zəiflətmək üçündür və bu məqsədlə diferensial gücləndiricidən istifadə edilir.



Şəkil 1. ƏG struktur sxemi.

Razılaşdırıcı (uzlaşdırıcı) kaskadın vəzifəsi diferensial gücləndiricinin çıxış signalı ilə çıxış kaskadın giriş signalı arasında uzlaşmanı, signalın cərəyana və gərginliyə görə lazım olan güclənməsini və signalların fazaya görə razılaşmasını təmin etməkdir. Çıxış kaskadı signalın gücə görə güclənməsini təmin edir və adətən, ikitəktli sxemlər üzərində yaradılır.

Əməliyyat gücləndiricilərinin əsas parametrləri və xüsusiyyətləri

Əməliyyat gücləndiricilərinin əsas parametrlərinə güclənmə əmsalı, giriş və çıxış sürüşmə gərginlikləri, giriş cərəyanı, giriş cərəyanlarının fərqi, giriş və çıxış müqavimətləri, buraxma zolağı, sinfaz signalın zəiflədilməsi əmsalı, işə düşmə müddəti, çıxış gərginliyinin maksimum dəyişmə sürəti və s. aid edilir.

1. *Gərginliyə görə güclənmə əmsalı* K diferensial güclənmə əmsalı adlanır və mənfi əks rabitə olmadığı halda sonsuzluğa yaxınlaşır. Real gücləndiricilərdə güclənmə əmsalı 5000 ... 100000 arasında dəyişir. Əks rabitə dövrəsi qoşulduqda güclənmə əmsalı kəskin azalır.

$$K = -U_{\text{çıl}} / (U_1 - U_2) = -U_{\text{çıl}} / U_{\text{gir.d}} = -\infty,$$

və ya

$$K_U = \Delta U_{\text{çıl}} / \Delta U_{\text{gir}},$$

burada «-» işarəsi göstərir ki, giriş və çıxış gərginlikləri əks fazadadırlar. Diferensial giriş gərginliyi $U_{\text{gir.d}}$ əslində o qədər kiçikdir ki, invers və qeyri-invers girişlər arasındakı potensiallar fərqi sifra bərabər götürmək olar.

2. *Giriş sürüşmə gərginliyi* $U_{\text{gir.s}}$ giriş diferensial gücləndiricinin tranzistorlarının emitter keçid gərginliklərinin eyni qiymətli olmaması ilə əlaqədar yaranan gərginlikdir. Bu gərginlik qiymətcə eia olmalıdır ki, o, girişə təsir etdikdə çıxış gərginliyi sifra bərabər olsun. Bəzən bu gərginlik «sıfırı sürüşdürən» gərginlik adlanır. Bu gərginliyin tipik qiyməti 1 ... 10 millivoltlarla ölçülür.

3. *Çıxış sürüşmə gərginliyi* $U_{\text{çıl.sür}}$ giriş diferensial gərginlik $U_{\text{gir.d}} = 0$ olduqda çıxışın yerə və ya sxemin ümumi nöqtəsinə nəzərən olan gərginliyidir. İdeal halda $U_{\text{çıl.sür}} = 0$ olur. Real sxemlərdə qeyri simmetriklik və balansın pozulması üzündən çıxışda, $U_{\text{gir.d}} = 0$ halında belə, bir qədər gərginlik alınır.

4. *Giriş cərəyanı* I_{gir} girişlərdən axan sürüşmə cərəyanıdır və giriş kaskadın tranzistorlarının sabit cərəyanı görə tələb olunan iş rejimlərini təmin etmək üçündür. Bu cərəyanın tipik qiymətləri bir neçə mikroamperlə yüzlərlə nanoamper arasında olur.

5. *Giriş cərəyanlarının fərqi* ΔI_{gir} giriş kaskadın tranzistorlarının ötürmə əmsallarının eyni olmaması üzündən yaranır və qiymətcə giriş cərəyanlarının fərqi moduluna $\Delta I_{\text{gir}} = |I_{\text{gir1}} - I_{\text{gir2}}|$ bərabər olur. Bu parametrin tipik qiymətləri bir neçə mikroamperlə nanoamperin onda biri arasında olur.

6. *Giriş müqaviməti* R_{gir} diferensial giriş $R_{gir.dif}$ və sinfaz giriş $R_{girsinfaz}$ müqavimətlərinə ayrılır. Diferensial giriş müqaviməti ƏG-nin 1 və 2 girişlərinə nəzərən olan müqavimətidir və ideal halda $R_{gir} = \infty$ olur. Bu müqavimətin real qiyməti 5 kOm ilə 20 MOm arasında dəyişir. Mənfi əks rabitə olduğu halda R_{gir} kəskin artır. Sinfaz giriş müqaviməti birləşmiş girişlərlə sıfır şini arasındakı müqavimətdir.

Diferensial giriş siqnalı təsir etdikdə ƏG, özünü yükə nəzərən gərginlik generatoru kimi aparır. Odur ki, yüksüz iş rejimində ƏG $KU_{gir.d}$ gərginliyi hasil edən siqnal mənbəyi kimi təsvir oluna bilər. Məhz belə generatorun daxili müqaviməti ƏG-nin çıxış müqavimətinə bərabər olur və ideal halda $R_{çix} = 0$ olur. Real gücləndiricilərdə $R_{çix}$ bir neçə Om ilə bir neçə yüz Om arasında olur. Mənfi əks rabitə olan halda $R_{çix}$ kəskin azalır və sıfıra yaxınlaşır.

7. *Buraxma zolağı* elə tezlik diapazonuna deyilir ki, bu diapazonda giriş gərginliyinin amplitudunun dəyişməz qiymətində çıxış gərginliyi özünün maksimum qiymətinin 0,707 səviyyəsinə qədər azalmış olsun. İdeal gücləndiricinin buraxma zolağı sonsuz böyük olur. Real gücləndiricilərdə isə buraxma zolağı 1Mhs və daha az olur. Yaxşı güclənmə halında buraxma zolağı bir neçə kHs olur.

8. *Sinfaz siqnalın zəiflədilməsi əmsalı* $K_{z.sf}$ giriş siqnalının sinfaz toplananının zəifləməsi dərəcəsini göstərir. Bu əmsalın tipik qiymətləri 50 ... 70 dB olur.

9. *İşə düşmə müddəti* girişdə gərginliyin dəyişməsi anından çıxış gərginliyinin dəyişməsi anına qədər olan müddətə bərabər olur.

ƏG bu parametrlərdən başqa qida gərginliyi, çıxış siqnalı, işçi temperatur, səpələnmə gücü, giriş sinfaz gərginliyi, giriş diferensial gərginliyi kimi istismar parametrləri ilə də xarakterizə olunur.

Əməliyyat gücləndiriciləri əsasında tipik qurğuların sxemotexnikası

Hal-hazırda ƏG müxtəlif analoq və impuls elektron qurğularında geniş tətbiq edilir. Bu onunla bağlıdır ki, siqnalların düzünə və əksinə ötürmə dövrəsinə xətti və qeyri-xətti dövrələr daxil etməklə giriş siqnalının lazım olan çevrilmə alqoritmini həyata keçirə biləcək düyünlər sintez etmək olar.

ƏG istifadə etməklə qurula bilən tipik qurğulara baxaq. Bu zaman fərz edəcəyik ki, ƏG idealdır və onun elektrik parametrlərinə olan tələblər yerinə yetirilir. ƏG-nin real parametrlərinin işlənən qurğunun xüsusiyyətinə təsirinin nəzərə alınması lazım olan hallara ayrıca baxılacaqdır.

Ayrı-ayrı qurğulara baxılan zaman aşağıdakı işarələrdən istifadə olunacaqdır:

$U_{\text{gir.inv.}}$ - inverslədirici girişdəki gərginlikdir,

$U_{\text{gir.q/inv}}$ - qeyri-invers (inversləməyən) girişdəki gərginlikdir,

$U_{\text{çix}}$ - çıxış gərginliyidir,

K_{U0} – sabit cərəyan halında güclənmə əmsalıdır.

Diferensial gücləndirici

Diferensial gücləndirici (DG) iki siqnalın fərqlərini gücləndirən qurğulara deyilir və analoq İS-in yaradılmasında geniş istifadə edilir. Yaradılma prinsipinə görə DG paralel tipli balans (körpü) gücləndirici kaskadlara aiddir. DG müxtəlif destabilləşdirici faktorların təsiri zamanı yüksək sabilliyə, diferensial siqnallar üçün böyük güclənmə əmsalına və sinfaz siqnalları və maneələri kəskin zəiflətmək xüsusiyyətinə malikdir.

Strukturuna görə DG ümumi emitter rezistoru olan iki kaskaddan ibarətdir (şəkil 2.38,a). Sxem elementləri körpü yaradır. Körpünün diaqonallarından birinə qida gərginliyi, digərinə isə yük müqaviməti qoşulur.

Əvəzləmə sxemindən (şəkil 2.b) körpünün balans şərtini, yəni çıxış gərginliyinin sıfıra bərabərliyi şərtini almaq olar:

$$U_a = U_q R_{VT1} / (R_{VT1} + R_{k1}) = U_b = U_q R_{VT2} / (R_{VT2} + R_{k2})$$

və yaxud
$$R_{VT1} R_{k2} = R_{VT2} R_{k1}.$$

Bu şərtin pozulması körpünün balansının pozulmasına və buna uyğun çıxış gərginliyinin yaranmasına səbəb olur. Balansın pozulması tranzistorların çıxış R_{VT1} və R_{VT2} müqavimətlərinin dəyişməsi nəticəsində baş verir. Bu müqavimətlərin dəyişməsi, öz növbəsində, giriş U_{gir1} və U_{gir2} gərginliklərindən asılı olur. Əgər sxem elementləri eyni olarsa, çıxış gərginliyi istənilən təsiredici faktorlar halında belə dəyişməz qalır.

DG iki girişə və iki çıxışa malikdir, yəni burada siqnalların simmetrik artımını vermək və almaq mümkündür. Odur ki, çıxış gərginliyi üçün

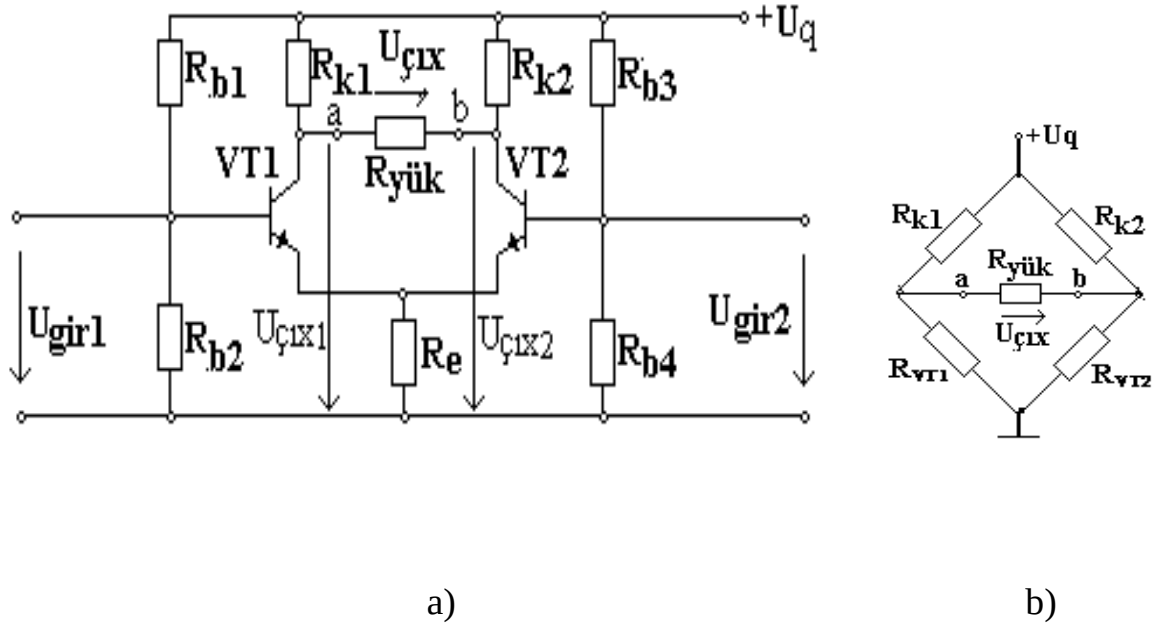
$$U_{çix} = U_{çix1} - U_{çix2} = -K_1 U_{gir1} - (-K_2 U_{gir2})$$

yazmaq olar. Burada K_1 və K_2 uyğun olaraq VT1 və VT2 tranzistorlarındakı kaskadların güclənmə əmsallarıdır. Ümumi halda

$$U_{gir1} = -U_{gir2} \text{ və } U_{gir} = U_{gir1} - U_{gir2} = 2U_{gir1} \quad \text{olduqda}$$

$$U_{\text{çix}} = -U_{\text{gir}} (K_1 + K_2)/2 = -U_{\text{gir}} K_{\text{DG}}$$

yazmaq olar. Doğrudan da, gücləndiricinin girişinə əks fazalı siqnallar təsir etdikdə kollektorlardan axan cərəyanlar müxtəlif istiqamətə malik olurlar və onların R_e rezistorunda yaratdıqları gərginlik düşküləri bir-birini kompensasiya edir. Nəticədə, tranzistorların emitter potensialları yerin potensialına uyğun gəlir və kaskadlar adı ÜE-li reostat kaskada çevrilirlər. Məlumdur ki, belə kaskadların güclənmə əmsalları kifayət qədər böyük olur.



Şəkil 2. Diferensial gücləndirici və onun əvəzləmə sxemi.

DG-nin girişlərinə sinfaz siqnallar təsir etdikdə, yəni $U_{\text{gir1}} = U_{\text{gir2}}$ ($U_{\text{gir}} = U_{\text{gir1}} - U_{\text{gir2}} = 0$) olduqda, kollektor cərəyanları eyni istiqamətdə axır və onların R_e müqavimətində yaratdıqları gərginlik düşküləri toplanır. Tranzistorların emitterlərində müsbət potensial artır. Nəticədə kollektor – emitter keçidinin potensialları fərqi kəskin azalır, tranzistorlar bağlanır, gücləndiricinin güclənmə əmsalı kəskin azalır.

Real DG-də sxemin qeyri-simmetrik olması, xarici təsirlər nəticəsində çıxışda «sıfır dreyfi» gərginliyinin yaranmasına gətirib çıxarır. «Sıfır dreyfinin» kompensasiya olunması dərəcəsi giriş sinfaz gərginliklərin zəiflədilməsi əmsalı ilə xarakterizə olunur.

Çıxış sinfaz gərginliklərin zəiflədilməsi əmsalı gücləndiricinin çıxış gərginliyinin eyni cür dəyişməsinə səbəb olan sinfaz və diferensial giriş gərginlikləri artımlarının nisbətinə deyilir, yəni

$$K_{z.sin.} = U_{gir.sin} / U_{gir} = K_{uk} / K_{sin.}$$

Müasir DG-də bu əmsal 10000 ...100000 (80...100 dB) qiymətini alır.

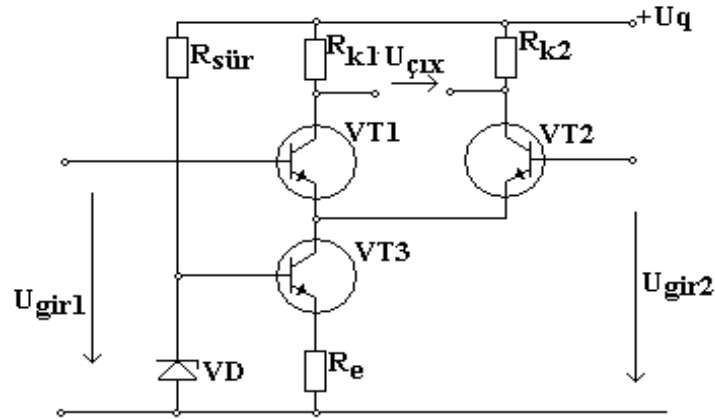
Beləliklə, DG-nin «sıfır dreyfini» azaltmaq üçün iki variant mümkündür:

- eyni parametrlərə malik cüt tranzistorları seçmək,
- R_e müqavimətini artırmaq.

Birinci variantın həyata keçirilməsi ancaq texnoloji yolla – hər iki tranzistorun bir kristalda eyni zamanda və eyni texnoloji rejimdə yaradılması yolu ilə, yəni integral texnologiyanın tətbiqi ilə mümkündür.

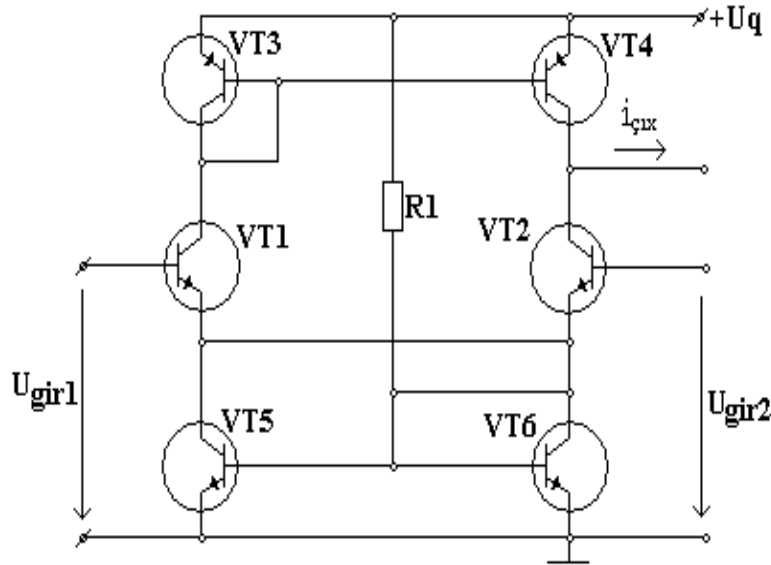
İkinci variantı texnoloji yolla həll etmək mümkün deyil. R_e müqavimətinin artırılması qida gərginliyinin maksimum qiyməti ilə məhdudlaşır. Belə ki, R_e müqavimətinin artırılması tranzistorların kollektor-emitter aralığındakı gərginliyi azaldır və bu halda, gücləndiricinin çıxış signalının amplitudu azalır. Bu səbəbdən də R_e -nin artması R_k müqavimətinin artırılmasını məhdudlaşdırır və kaskadın güclənmə əmsalını aşağı salır. Göstərilən ziddiyyətləri aradan qaldırmaq üçün emitter dövrəsində passiv R_e rezistoru əvəzinə qeyri-xətti ikiqütblüdən, məsələn

tranzistorda yaradılan cərəyan mənbəyindən istifadə etmək olar. Belə mənbələr kiçik gərginlik düşküsi halında dəyişən toplanan üçün böyük daxili müqavimətə (diferensial müqavimətə) malik olurlar (şəkil 3).



Şəkil 3. Cərəyan mənbəyinə malik diferensial gücləndiricinin sxemi.

DG-nin güclənmə əmsalını artırmaq üçün R_k müqavimətini tranzistorlarda yaradılan aktiv yüklə əvəz etmək lazımdır. Belə yük kimi «cərəyan güzgüsü» sxemindən (VT3,VT4) və (VT5,VT6) istifadə olunmuş gücləndiricinin sxemi şəkil .4-da göstərilmişdir. Bu yük bəzən dinamiki yük də adlanır.



Şəkil 4. Dinamiki yükə («cərəyan güzgüsü» sxeminə)

malik diferensial gücləndiricinin sxemi.

DG-nin giriş müqavimətini artırmaq üçün giriş tranzistorları kimi sahə tranzistorlarından və bipolyar tərkibli tranzistorlardan istifadə etmək olar. Nəticədə, gücləndiricinin giriş cərəyanı azalır ki, bu da inteqral sxemlərin yaradılmasında mühüm rol oynayır.

İnformasiya və idarəetmə sistemlərində vericilərdən alınan informasiyanın müəyyən hissəsi və yaxud hamısı analoq formasında təqdim olunur. Onu rəqəm hesablama maşınlarına və rəqəm idarəedici qurğulara daxil etmək üçün analoq - rəqəm çeviriciləri (ARÇ) çox geniş tətbiq edilirlər.

Hal - hazırda analoq - rəqəm çeviricilərinin çoxlu sayda müxtəlif metodları, məsələn ardıcıl sayma, mərtəbəli müvazinətləndirmə, ikiqat inteqrallama, gərginliyi tezliyə çevirmə, paralel çevirmə və s. işlənmişdir.

Mühazirə 5 Aktiv elektrik süzgəcləri , analoq rəqəm elementi,

Aktiv elektrik süzgəcləri

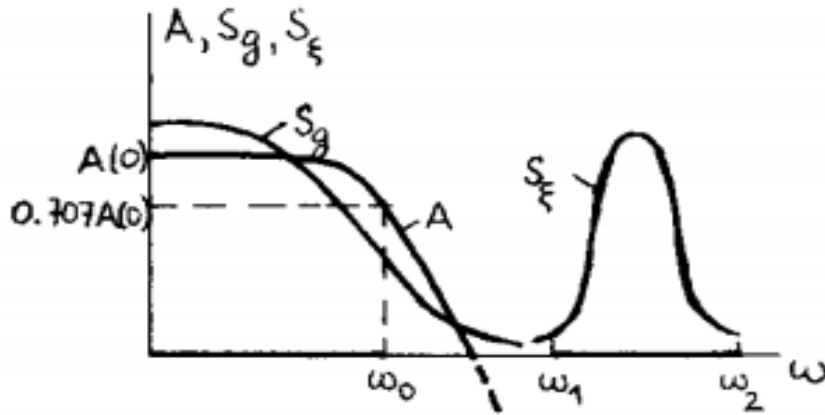
Süzgəclənmə faydalı siqnalın ona təsir edən küylərdən ayrılması deməkdir. Süzgəcləmə alqoritmini yerinə yetirən qurğu süzgəc adlanır. Küy faydalı siqnala nisbətən daha yüksək tezlikli olur. Siqnalın tezlik xarakteristikaları $S_g(w)$ və $S_k(w)$ spektral sıxlıqlar vasitəsilə ifadə olunur. Bu funksiyalar siqnalın enerjisinin tezlik w üzrə paylanmasını xarakterizə edir. Enerjinin əsas hissəsinin paylandığı tezlik intervalı tezlik spektri adlanır.

Hər hansı bir w tezlikli siqnalın müəyyən qurğudan nə dərəcədə keçə bilməsi bu qurğunun tezlik xarakteristikasından asılıdır. Məlum olduğu kimi, dinamik qurğuların müxtəlif tezlili siqnalları buraxma qabiliyyəti onun $A(w)$ ATX ilə xarakterizə olunur. Amplitud tezlik xarakteristikasının buraxma zolağı $[0, w_0]$ siqnalın tezlik spektrinə yaxın olduqca siqnalın əsas tezlikləri qurğudan keçəcəkdir. Qurğunun (bundan sonra süzgəcin) parametrlərini dəyişməklə buraxma zolağını faydalı siqnalın tezlik spektrinə yaxınlaşdırarsak, süzgəcləmə məsələsini qismən həll etmiş olarıq. Yada salaq ki mühəndis praktikasında w_0 tezliyi kimi adətən ATX –nin $0,707A(0)$ qiymətinə uyğun gələn tezlik qəbul olunur.

Ən sadə hal faydalı siqnalın və küyün spektrlərinin müxtəlif tezlik diapazonunda yerləşməsidir. Bu halda maneənin süzülməsini zolaq süzgəclərinin köməyi ilə həyata keçirmək mümkün olur.

Ağ küy üçün $S_x(w)=const$ olduğundan belə küyün tezlik spektri bütün tezlik diapozonunu əhatə edir. Bu səbəbdən ağ küyü zolaq süzgəcinin köməyi ilə ayırmaq mümkün deyil.

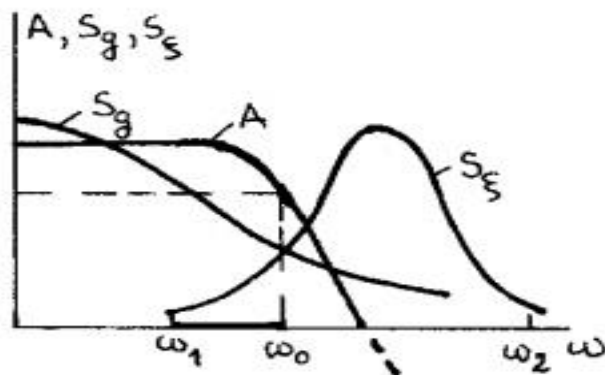
Maneənin tezlik spektri, şəkil-1 də göstərilib.



Şəkil 1. Maneənin tezlik spektri.

Əgər faydalı siqnal ilə maneənin spektrləri kəsişirsə , faydalı siqnalı ayırmaq üçün statistik üsullardan istifadə edirlər. Bu halda faydalı siqnalın dəqiq qiymətlərini almaq prinsipial olaraq mümkün olmadığından bu üsulların məqsədi maneələrin təsirini minimuma endirməkdən ibarətdir.

Şəkil -2 də spektrlərin qismən üst üstə düşməsi halı göstərilmişdir. Şəkildə göstərilmiş ω $[\omega_1 \omega_2]$ tezlik zolaqında süzgəcin $y(t)$ çıxış siqnalın çirklənməsi baş verir. Süzgəci düzgün seçmək üçün faydalı siqnalın və maneənin tezlik xarakteristikaları, burada spektral sıxlıqlar məlum olmalıdır.

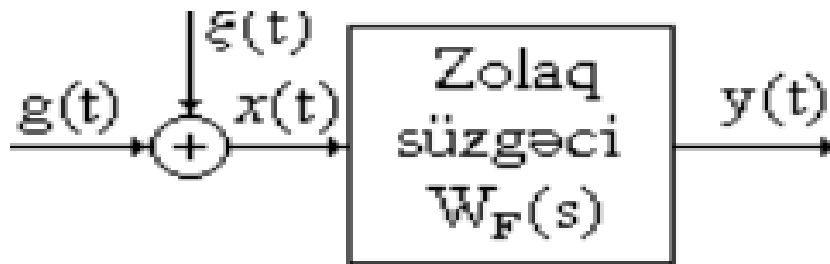


Şəkil 2

Məlumatın ilkin emalı məsələsində siqnalların maneələrdən təmizlənməsi əsas yerlərdən birini tutur. Bu əməliyyat süzgəclərin köməyi ilə həyata keçirilir.

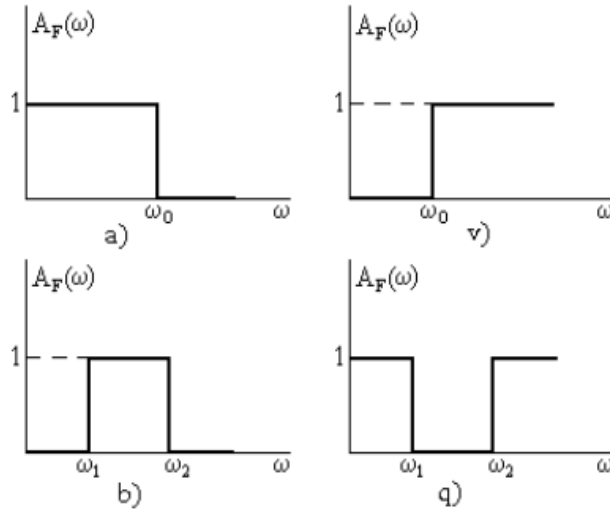
Siqnalların rəqəmli emalında Battervort, Cebisev, Elliptik, Bessel və s. süzgəclərdən istifadə olunur. Süzgəclər aşağıdakı qruplara bölünür.

1. Aşağı tezlikli süzgəclər ATS tezliyi w_0 kəsmə tezliyindən kiçik olan $w < w_0$ siqnalı buraxır. Ümumi halda $w_0=0,707A_0$ qiymətinə uyğun olan tezlikdir.
2. Yuxarı tezlikli süzgəclər YTS tezliyi $w > w_0$ olan siqnalı buraxır.
3. Zolaq süzgəcləri ZS tezliyi yalnız məhdud $w_1 \leq w \leq w_2$ diapozonunda olan siqnalı buraxır.
4. Rejektor süzgəclər RS müəyyən w daxildir $[w_1, w_2]$ diapozonunda yerləşən tezlikdən başqa (tıxac) bütün digər tezlikləri buraxır. Şəkil 3 də süzgəcin sxemi göstərilmişdir. $W_F(s)$ süzgəcin axtarılan ötürmə funksiyasıdır.



Şəkil 3. Zolaq süzgəci

Şəkil 4 də uyğun ideal süzgəclərin ATX $A(w)$ göstərilmişdir. Süzgəci sazlaya bilmək üçün faydalı siqnalın w_0, w_1 və w_2 tezlikləri məlum olmalıdır. Real süzgəclərin qurulma prinsip onların ATX –nin hündürlüyü 1 bərabər olan düzbucaqlıya mümkün qədər yaxınlaşdırmağa əsaslanır.



Şəkil 4.

Lakin şəkildə göstərilən ideal (düzbucaqlı) ATX fiziki realizasiya oluna bilmir. Təbii ki, real süzgəclərin ATX düzbucaqlıdan müəyyən qədər fərqlənəcəkdir. Süzgəcin sintezi elə qurğu yaratmaqdan ibarətdir ki, onun otürmə funksiyası şəkil 4 də göstərilən düzbucaqlı ATX xarakteristikalarını dəqiq aproksimasiya edən ATX ya malik olsun. Axrınıcı 3 süzgəc aşağı tezlikli süzgəcdən alınır.

Analoq - rəqəm və rəqəm - analoq çeviriciləri bir sıra rəqəmlərlə təqdim olunan parametrlərlə və sistemdə çeviricilərin xarici əlaqələrini müəyyən edən bir sıra xüsusiyyətlərlə xarakterizə olunurlar. Belə xüsusiyyətlərin ən mühümünə giriş və çıxış analoq kəmiyyətlərinin və kodların təqdim olunma formaları aiddir.

Analoq - rəqəm çeviricilərinin daha geniş yayılmış giriş kəmiyyətləri və rəqəm - analoq çeviricilərinin (RAÇ) çıxış kəmiyyətləri zaman intervalı, faz sürüşməsi, tezlik, bucaq və ya xətti yerdəyişmə, gərginlik və ya cərəyandır.

ARÇ - lərin əsas parametrlərinə aşağıdakılar aiddir:

- 1) giriş və çıxış kəmiyyətlərinin dəyişmə diapazonu;
- 2) müddət parametrləri:
 - a) kvantlama periodu;

b) çevirmə - gecikmə (giriş - çıxış) tsiklinin müddəti;

c) çevirmə müddəti.

3) aşağıdakı kəmiyyətlərlə xarakterizə olunan çevirmə dəqiqliyi:

a) çıxış kodundakı mərtəbələrin sayı ilə təyin olunan səviyyəyə görə kvantlama xətası;

b) ayrı - ayrılıqda hər bir çevirmənin alət xətası;

c) zamana görə kvantlama ilə əlaqədar olan dinamik xəta;

4) etibarlılıq.

Giriş və çıxış kəmiyyətlərinin dəyişmə diapazonu. Çeviricinin tipini seçərkən analoq kəmiyyətlərinin dəyişmə hüdudunu nəzərə almaq lazımdır. Bu halda analoq kəmiyyətinin həm maksimal x_{maks} və minimal x_{min} qiymətləri, həm də onun dinamik dəyişmə diapazonu mühüm rol oynayıb:

$$D = \frac{x_{maks}}{x_{min}}$$

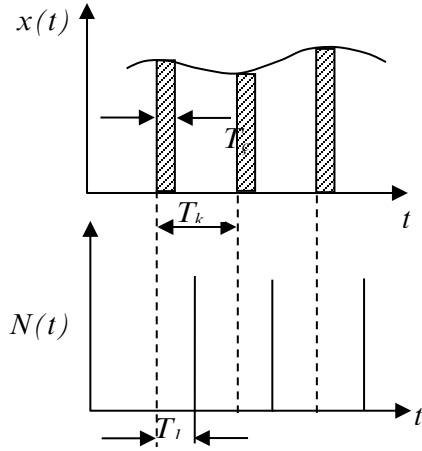
$x_{min} = 0$ olduğu halda dinamik diapazon

$$D = \frac{x_{maks}}{\delta}$$

kimi təyin olunur. Burada δ - çevirmənin analoq formasında ifadə olunan buraxıla bilən mütləq xətasıdır.

Müddət parametrləri. Analıq - rəqəm çevirməsi yerinə yetirilərkən giriş siqnalı zamana görə kvantlanır; bu halda müəyyən zaman (adətən eyni) aralıqlarında ayrımlar götürülür; başqa sözlə, giriş siqnalının cari qiymətləri müəyyənləşdirilir. ARÇ - nin hər bir ayırmada alınan çıxış kodu çevirmə anı adlanan müəyyən zaman anında giriş siqnalının qiymətinə uyğun gəlir.

ARÇ - nin üç müddət parametrini göstərmək olar (şəkil 5).



Şəkil 5

- kvantlama periodu T_K - iki ardıcıl çevirmə arasındakı interval; kvantlama periodunun tərs qiymətinə uyğun kəmiyyət kvantlama tezliyi adlanır: $f_k = 1/T_k$.
- çevirmə tsiklinin müddəti - giriş kəmiyyətinin ARÇ -yə verildiyi andan kodun aşkar edilməsi anına qədər olan gecikmə T_i ;
- çevirmə müddəti - giriş signalının bilavasitə ARÇ ilə qarşılıqlı əlaqədə olduğu zaman intervalı T_ϕ . Birinci yaxınlaşmada hesab etmək olar ki, T_ϕ intervalından kənarda giriş kəmiyyəti çevirmə nəticəsinə təsir göstərmir. Daha dəqiq qiymətləndirmədə ARÇ -nin strukturunu və giriş signalının xarakterini nəzərə almaq lazımdır.

RAÇ - lar üçün iki müddət parametrlərini qeyd etmək olar:

- çevirmə nəticələrinin verilməsinin iki qonşu anları arasındakı interval - T_k (bu parametr ARÇ - lərdə kvantlama perioduna uyğundur);
- çevirmə müddəti (tsiklin müddətinə bərabərdir) - T_c .

Çevirmə xətası. Giriş və çıxış siqnalları zamanın kəsirməz funksiyaları olan sistemə analoq - rəqəm çeviricisinin qoşulması sistemin çıxışında xətanın yaranmasına səbəb olur. Bu xəta iki müxtəlif təbiətli komponentlərdən təşkil olunur: giriş siqnalının zamana görə kvantlanmasından yaranan xəta (dinamik xəta) və

ayrıca ayırmanın statik xətası. Bu xəta özü də iki hissədən ibarətdir: səviyyəyə görə kvantlamadan yaranan rəqəm təqdim olunmanın və yaxud yuvarlaqlaşdırmanın xətası və çeviricinin alət xətası.

Çevirmə prosesi müəyyən qədər vaxt aparır və buna görə də əgər ARÇ - nin girişinə dəyişən kəmiyyət verilmişsə, çevirmə intervalında çevirmənin nəticəsi qeyri - müəyyən olacaqdır. Bu qeyri - müəyyənlik isə özünün rəqəmli ifadəsini ARÇ - nin dinamik xətasında tapır. Dinamik xəta dedikdə ARÇ - nin çıxışında çıxış kəmiyyətinin təsbit edilmiş qiyməti $x_{çix}(t_n) \sim N_{çix}$ ilə baxılan t_n anındakı həqiqi qiyməti $x(t_n)$ arasındakı fərq başa düşülür:

$$\Delta_{din}(t_n) = x_{çix}(t_n) - x(t_n).$$

ARÇ - nin iki növ dinamik xətası vardır:

- 1) Sıqnalın ARÇ - nin girişindən çıxışına ötürülməsində iştirak edən elementlərin ətalətliliyindən yaranan dinamik xəta. Bu xəta adətən keçid prosesləri şəklində meydana çıxır və onların müddətləri ilə təyin olunur;
- 2) Giriş kəmiyyətinin çevirmə prosesində dəyişməsi nəticəsində yaranan dinamik xəta. Bu xəta (ikinci növ dinamik xəta) giriş sıqnalının dəyişmə sürətindən, daha doğrusu, giriş sıqnalının spektral xassələrindən asılıdır.

Çeviricinin etibarlılığı. Etibarlılıq sistemin bütün elementlərinə, o cümlədən də ARÇ və RAÇ - lara qoyulan əsas tələblərdən biridir. Jeviçicilərin etibarlılığı dedikdə onların təkcə müəyyən müddət ərzində imtinasız işləmə ehtimalı yox, eləcə də bu müddət ərzində tələb olunan dəqiqliyi saxlamaları da nəzərdə tutulur.

ARÇ - lərdə imtinaları üç növə ayırmaq qəbul olunmuşdur:

- faciəli və yaxud gözlənilməz imtinalar. Bu imtinalar çeviricilərin normal iş recimini pozur;

- müvəqqəti imtinalar - küylərlə və maneələrlə əlaqədar olub, çevirmənin səhv nəticəsinə gətirib çıxarır;
- tədrici və yaxud tənəzüllü imtinalar - ARÇ - nin qovşaqlarının parametrlərinin dəyişməsindən yaranır və çeviricinin normal iş rejimini pozmur.

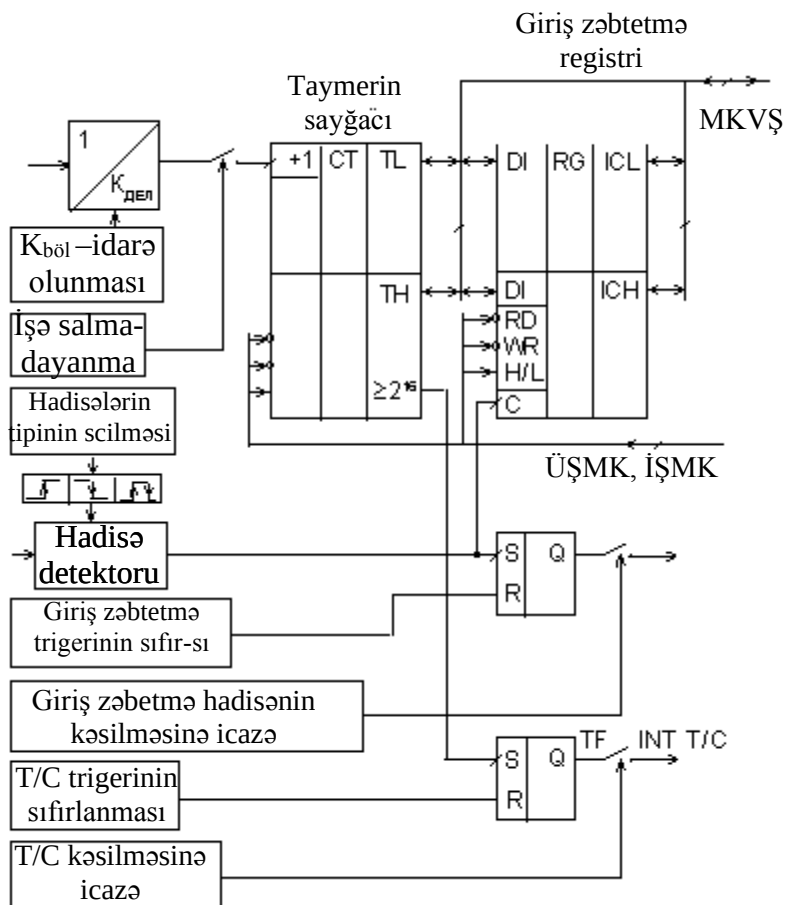
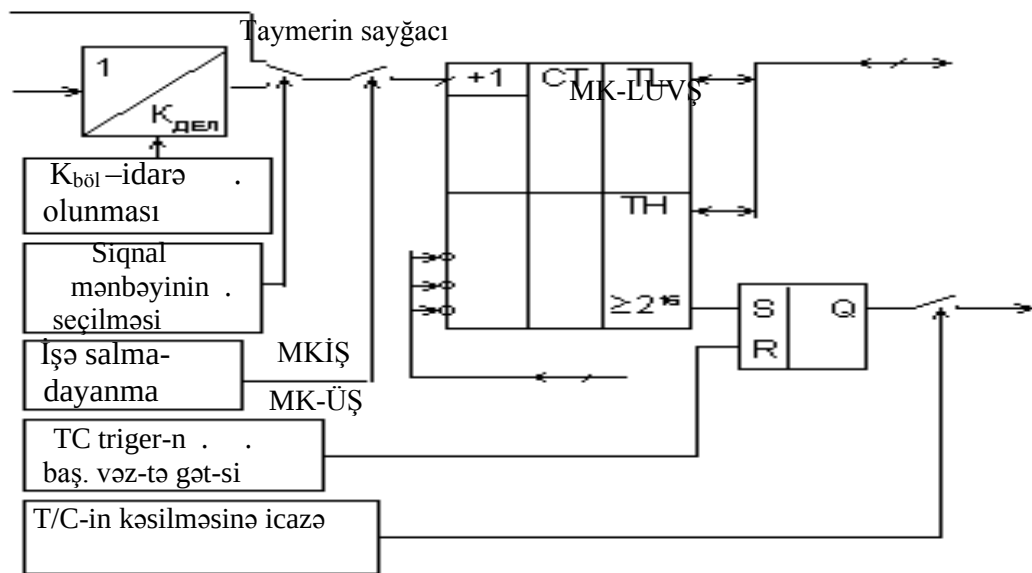
Beləliklə, tədrici imtinada ARÇ - nin «normal» iş qabiliyyəti saxlanılır, lakin onun xətası böyük olacaqdır, başqa sözlə, ARÇ - nin ayrı - ayrı qovşaqlarının xarakteristikalarının qeyri - stabilliyindən alət xətası artacaqdır. Xarakteristikaların dəyişməsi isə öz növbəsində müxtəlif təsirlərdən: detalların köhnəlməsi, qida gərginliyinin, ARÇ - ni əhatə edən mühitin temperaturunun, nəmliyin və yaxud təzyiqin dəyişməsi nəticəsində yaranır.

ARÇ - nın məhsuldarlığı giriş signalının çevirici tərəfindən vahid zamanda sayılmaların sayı ilə təyin olunur. Başqa sözlə, çeviricinin məhsuldarlığı bir tam çevirmənin yerinə yetirilməsinə sərf olunan müddətin tərs kəmiyyəti kimi hesablanır.

Mühazirə 6. Gözləyici taymerlər və onların xüsusiyyətləri

Bu taymer qurulmuş RC generatorundan və sayğacdən ibarət olmaqla onların, sayğacın daşması nəticəsində prosessoru sıfıra gətirir. Qurulmuş generator xarici dövrə tələb etmir və o, prosessorun takt generatorunun işləməməsi halında da, yəni, sleep rejimində də öz işini davam etdirir. Generatorla sayğac arasında bölücü qoyulur ki, onunda parametrləri OPTION_REG registrinin bitləri ilə verilir. Gözləyici taymerin gözləmə vaxtı temperaturdan, qida gərginliyindən və bölücünün bölmə əmsalından asılıdır. Əgər bölücünün maksimal bölmə əmsalı 1:128 olarsa onda, gecikmə vaxtı 2,5 san təşkil edir. ancaq tezlik bölücüsüz nominal gecikmə 18msan təşkil edir. Gözləyici taymerin əsas vəzifəsi qurğunun aparatlı dayanmasının qarşısını almasıdır. Yüksək tezlikli impuls maneə siqnallarının OPTION_REG registrinə təsiri MK-in digər modullarının və xarici qurğularının işinə təsir edən bu maneələr proqramın dayanmasına səbəb ola bilər. əgər taymer qoşulubsa onun sayğacı periodik olaraq sıfıra gətirilməlidir, nəticədə qurğu özündə təkrari insiallaşdırılır. Göstərilən bu maneələrdən maksimal olaraq qorunmaq üçün aşağıdakı şərtlər ödənməlidir.

- Gözləyici taymerin imkan daxilində intervallarının sayını azaltmaq və onu proqramın müxtəlif yerlərində sıfıra gətirmək lazımdır. **Şəkl.1. Gözləyici taymer**



Qurğunun aparat hissəsi prosessorun istənilən sıfırlanması halında insiallaşmalıdır və bu hal təkcə qida mənbəyini qoşmaqla yaxud RESET düyməsini basmaqla yerinə yetirilir.

CLRWDT və SLEEP əmrləri ilə taymerin sayğacı sıfıra gətirilir. Beləliklə, prosessorun sıfıra gətirilməsi də baş verir və yeni vaxt intervalının formalaşması başlayır. Gözləyici taymer eləcədə prosessoru SLEEP rejimindən də çıxara bilər. Bu zaman sıfıra gətirməklə deyil proqramın normal davam etməsi baş verir. Taymerin işi yalnız proqramtorda WDTE konfigurasiya bitini qurmaqla yaxud da sıfıra gətirməklə tənzimləmək olar.

Mühazirə 7 Relaksasiya generatorlar, zaman impuls çeviricili analoq rəqəm çeviricilər

Elektrik rəqsləri yaradan qurğuları *signal generatorları* adlandırırlar.

İş rejimləri nöqtəyi-nəzərindən onları *avtogeneratorlara* və *xaricdən həyəcanlandırılan generatorlara* bölürlər. Çox vaxt avtogeneratorları *öz-özünə həyəcanlanan generatorlar* da adlandırırlar. Avtogenerator, sabit cərəyan enerjisini tələb olunan tezlikli və formalı elektrik rəqslərinin enerjisinə çevirən qurğudur. Xaricdən həyəcanlandırılan generator, yalnız onun girişinə həyəcanlandırma (işəsalma) siqnalları daxil olduqda rəqslərin generasiyası, formalaşdırılması, yaxud gücləndirilməsi rejiminə keçir.

Generasiya olunan gərginliklərin formasından asılı olaraq generatorlar *harmonik* və *relaksasiya (impuls) generatorlarına* bölünürlər. Relaksasiya generatorlarının bir xüsusi növü xətti gərginlik avtogeneratorlarıdır. Avtogeneratorların bir xüsusi növü isə təsadüfi rəqslər (siqnallar, yaxud küylər) generatorları – küy generatorlarıdır.

Harmonik rəqs generatorları mütləq darzolaqlı rəqs sisteminə malik olmalıdırlar.

Relaksasiya generatorlarının iş prinsipi genişzolaqlı enerji tutumlu müsbət əks əlaqə yüklənmə-boşalma, yaxud yığılma-udulma hadisələrinə əsaslanmışdır.

Harmonik rəqs generatorları (onlara həm də İYT-generatorlar aiddirlər) spektri praktiki olaraq yalnız bir harmonikaya malik olan rəqs hasil edir. Harmonik rəqs generatorlarının əsas elementi keçid prosesi rəqsi xarakterli olan rezonatorudur. Ən sadə rezonator rəqs konturudur. Əgər rəqs konturuna açar vasitəsilə enerji versək, onda konturun keyfiyyətliyi kifayət qədər yüksək olduqda ($Q \gg 1$) zaman keçdikdə sönən cərəyan rəqsləri yaranır. Rəqslərin amplitudunun azalması konturda

güc itkiləri ilə izah olunur. Ona görə də harmonik rəqs generatorları yaratmaq üçün yüksək keyfiyyətliliyə malik olan rezonator istifadə etmək və itkiləri kompensə etmək lazımdır. Sonuncu şərtin yerinə yetirilməsi üçün rezonatora həyəcanlandırılan rəqslərlə sinxron, periodik olaraq elektromaqnit enerji daxil etmək lazımdır.

Yüksək tezlik diapazonunda LC - konturlardan başqa kvars lövhələr; İYT diapazonda – paylanmış parametrlili xətt parçaları, dielektrik şaybalar, ferit sferalar və s. tətbiq olunur.

Relaksasiya generatorlarının çıxış rəqsləri çox vaxt eyni ölçülərdə olan harmonik toplananlar spektrinə malik olur.

Radiotexnikada elektromaqnit rəqsləri generasiya edən rəqs sistemləri xüsusi əhəmiyyət kəsb edirlər. Sabit cərəyan mənbəyinin enerjisini sönməyən rəqslərin enerjisinə çevirən və rəqslərinin əsas xarakteristikaları (amplituda, tezlik, forma və s.) əsasən sistemin özünün parametrləri ilə təyin olunan dinamik sistemə *rəqs sistemi*, yaxud *öz-özünə həyəcanlanmalı qurğu* deyilir. Verilmiş formalı və tezlikli rəqslərin generasiyası prosesini *elektrik rəqslərinin generasiyası* adlandırırlar. Rəqs sistemlərinin riyazi modelləri baxımından rəqs sistemlərini xətti və qeyri-xətti, avtonom və qeyri-avtonom sistemlərə bölürlər. Bu sistemlərin əsas sinfi *avtorəqs sistemləri*, yaxud *generatorlardır*.

Rabitə sistemlərinin radioötürücülərində avtogeneratorları əsasən daşıyıcı tezlikli elektromaqnit rəqsləri yaradan kaskadlar kimi tətbiq edirlər. Generatorlara qoyulan əsas tələb generasiya olunan rəqslərin tezliyinin yüksək stabilliyidir. İfrat yüksək tezlik (İYT) - diapazonlu avtogeneratorlar adətən, ötürücülərin çıxış kaskadları kimi istifadə olunur. Belə generatorlara qoyulan tələblər güc gücləndiricilərinə qoyulan tələblərlə eynidir - yüksək f.i.ə, çıxış gücü və tezliyin stabilliyi olmaqla, güclü rəqslərin təmin edilməsidir.

Geniş tətbiq tapmış avtogeneratorları bir sıra xüsusi əlamətlərinə görə təsnifatlandırırlar.

1. Generasiya olunan rəqslərin tezlik diapazonundan asılı olaraq avtogeneratorları üç böyük qrupa bölürlər: aşağıtezlikli, yüksəktezlikli və İYT generatorlar. Fərqli əlamət tək generasiya olunan rəqslərin tezliyinin qiyməti yox, həm də onda istifadə olunan elektrik dövrlərinin tipi ola bilər. Aşağı tezlikli və yüksəktezlikli generatorlarda belə dövrlər toplanmış parametrlərə, ifrat yüksəktezlikli dövrlərdə isə paylanmış parametrlərə malik olan, yəni fiderli və zolaqlı xətlər və dalğaötürənlərdir.

2. Radiotexniki qurğunun tərkibində istifadəsinə görə avtogeneratorlar aşağıdakı növlərə bölünürlər:

- qurğunun bütün hissələrinin və kaskadlarının işini sinxronlaşdıran tezliyi yüksək stabilliyə malik olan *dayaq*, yaxud *etalon generatorları*;

- tezliyə görə, o cümlədən sintezatorların tərkibində köklənən *diapazon generatorları*;

3 . Aparaturanın başqa qovşaqları ilə qarşılıqlı əlaqəsinə görə:

- avtonom rejimdə;
- xarici siqnalla tezliyinin sinxronlaşdırılması rejimində;
- tezliyin avtomatik köklənməsi sxeminin tərkibində işləyən generatorlara bölünürlər.

Sabit cərəyan mənbəyinin enerjisini elektrik rəqslərinin enerjisinə çevirmək üçün aktiv element tələb olunur. Aktiv (gücləndirici) element kimi elektron lampası, bipolyar və sahə tranzistorları, inteqral mikrosxemlər (əməliyyat gücləndiriciləri və elektrik siqnallarının generasiyası, çevrilməsi və gücləndirilməsi üçün nəzərdə

tutulan analoq mikrosxemlər), həmçinin generator diodları – tunel, lavin-uçuş, Qann diodları və c.

4. Yarımkeçirici gücləndirici elementin tipinə və sxeminə görə generatorları iki tipə bölürlər:

- rezonator və müsbət əks əlaqə dövrəsi istifadə etməklə gücləndirici element (tranzistor, yarımkeçirici cihaz, və ya integral mikrosxem) əsasında qurulan generatorlar;

- İYT-diod (Qann diodu, tunel, və ya lavin-uçuş diodu) generatoru, yəni ekvivalent sxemdə mənfə müqavimətə malik olan ikiqütblü tətbiq etməklə qurulan generatorlar.

Avtogeneratorlarda müsbət əks əlaqə (Müs.ƏƏ) xarici və daxili ola bilər. Gücləndirici əsaslı avtogeneratorun iş prinsipi onda güc gücləndiricisində olduğuna yaxın olan iş rejiminin təmin olunması ilə əlaqəlidir. Belə ki gücləndiricinin girişinə rəqsləri xarici mənbədən yox, məxsusi rəqs sistemindən (konturdan, yaxud rezonatordan) xarici müsbət əks əlaqə vasitəsilə verirlər. Əks əlaqənin daxil edilməsi bir tərəfdən bir sıra hallarda dövrlərin xarakteristikalarını xeyli yaxşılaşdırmağa imkan verir, digər tərəfdən müəyyən şəraitlərdə bu dövrlər qeyri-dayanıqsız olur, və onlarda avtorəqslər yaranır. Bu prinsip əsasında *avtorəqs sistemləri*, ilk növbədə *harmonik rəqs avtogeneratorları* qurulublar.

Diod avtogeneratorları generator diodlarında baş verən daxili fiziki proseslər (VAX-da mənfə diferensial müqavimət sahəsinin yaranması) hesabına stasionar rəqslər təmin edirlər, belə ki, əks əlaqə bu generatorlara daxildir və xüsusi əlavə elementlər tətbiq etmədən avtomatik olaraq həyata keçirilir.

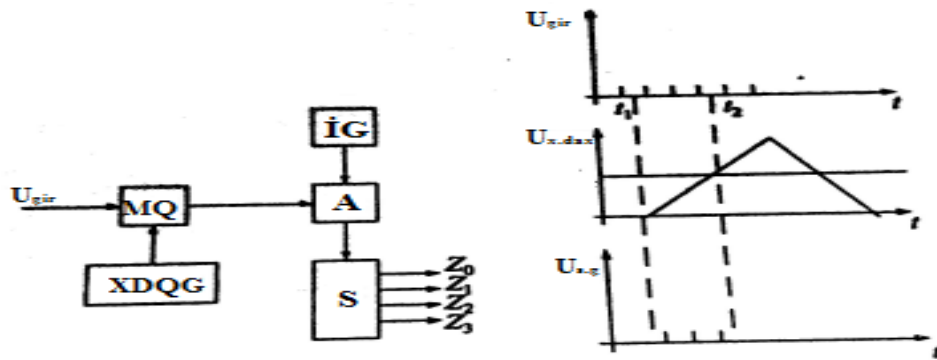
Avtogenerator radioötürücü və radioqəbuledici qurğuların tərkibinə daxil olan əsas kaskadlardan biridir. Radioötürücülərin digər kaskadlarından avtogenerator

daha çox onunla fərqlənir ki, rəqslərin tezliyi və amplitudu xarici qida mənbəyi ilə yox, məxsusi rəqs sisteminin və aktiv elementin parametrləri ilə müəyyən olunur.

Elektromaqnit rəqs generatorlarının əsas parametrləri tezlik diapazonu, yaxud fiksə edilmiş tezliyin qiyməti, avtorəqsin yükdəki gücü, tezliyin uzunmüddətli və qısamüddətli qeyri-stabilliyidir.

Zaman impuls çeviricili ARÇ-lər

Göstərilən ARÇ-lərdə əvvəlkilərinə nisbətən xətti dəyişən gərginlik generatorlarında istifadə olunur. Müqayisə qurğusundan, impuls generatorundan, elektron açarından və sayğacdən istifadə olunur. Bu ARÇ-nin iş prinsipi müəyyən zaman kəsiyində xətti dəyişən gərginliyin artması ilə giriş gərginliyinə yaxınlaşana qədər çevirmə prosesi onların bərabərləşdiyi anında baş verir ki, buda sayğacın çıxışında giriş gərginliyinə bərabər olur.



Şəkil 1

Şəkildə 1: MQ-miqyas qurğusu; İG-impuls generatoru ;A-açar; XDQG-xətti dəyişən qurğu generatoru; S-sayğacdır.

Bu tipli ARÇ-lərin iş prinsipinə baxsaq sxemdən və gərginliklər diaqramından göründüyü kimi başlanğıc t_1 müddətində xətti dəyişən gərginlik generatorunun impulslarının amplitud qiyməti başlanğıc anda sıfıra bərabər olduğu üçün sayğacın çıxışında (Z_0 -da) 0 kodu yazılmış olur. Xətti dəyişən gərginlik generatorunun

gərginliyinin qiyməti giriş gərginliyinin qiymətinə bərabər olduqda yəni t_2 müddətində gərginliklər müqayisə olunur və bu zaman sayğacın çıxışında giriş gərginliyinin qiymətinə uyğun olan kod yaranmış olur. Göründüyü kimi bu tipli ARÇ-lərdə xətanın qiyməti nisbətən çox olur, eyni zamanda bu sxemin cəld işləmə qabiliyyəti az olur. Belə mənfi cəhəti aradan qaldırmaq üçün ikiqat inteqrallayıcı ARÇ-lərdən istifadə etmək olur.

Mühazirə 8. İkinci qida mənbələri . Düzləndirici və hamarlayıcı süzgəclər

Dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə çevirən elektron sxemlərinə düzləndirici deyilir. Sənaye elektronikasi qurğularını qidalandıran əsas sabit cərəyan mənbəyi düzləndiricilərdir. İlk qida mənbələrinin fazları sayından asılı olaraq düzləndiricilər bir fazlı və üçfazlı olur.

Elektron qurğuları əsasən birfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsindən işləyən alçaq güclü düzləndiricilər vasitəsiylə qidalanırlar. Güclü sənaye qurğularını qidalandırmaq üçün üçfazlı şəbəkədən işləyən orta və böyük güclü düzləndiricilərdən istifadə olunur.

Bu qurğular idarəolunmayan və idarəolunan düzləndiricilərə bölünür. İdarəolunmayan düzləndiricinin çıxışında gərginliyin qiyməti sabit olur. İdarəolunan düzləndiricilərdən çıxış gərginliyinin və ya cərəyanın qiymətinin dəyişməsi tələb olunanda istifadə olunur. Düzləndirilmiş gərginliyin formasından asılı olaraq düzləndiricilər biryarımperiodlu və ikiyarımperiodlu olurlar. Bir yarımperiodlu düzləndiricilərdə transformatorun ikinci dolaqlarından cərəyan şəbəkə gərginliyinin tam periodu ərzində yalnız bir dəfə, ikiyarımperiodlarda isə iki dəfə (əks istiqamətlərdə) axır.

Yükün xarakteri (aktiv, aktiv induktiv , aktiv tutum, əks e.h.q-li) düzləndiricinin işinə çox təsir göstərir. Alçaq güclü düzləndiricilər aktiv və aktiv-tutum , orta və böyük güclü düzləndiricilər isə əsasən aktiv- induktiv yüklə işləyirlər. Düzləndirici sabit cərəyan mühərrikini qidaladırsa və ya akkumulyatorları doldurursa, onun yükü əks e.h.q-li olur.

Düzləndiricinin əsas parametrləri aşağıdakılardır.

-düzləndirilmiş gərginlik və cərəyanın orta qiymətləri ($U_{y.or}$ və $J_{y.or}$);

-xarici xarakteristika: $U_{y.or} = U_{y.o} - (\Delta U_y + \Delta U_{tr} + J_y R_c)$

Burada- $U_{y.o}$ - yüksüz işləmədə ($J=0$) düzləndirilmiş gərginliyin orta qiyməti ;
 ΔU_y – sxemin bir qolundakı diodlardakı orta gərginliyin qiyməti; ΔU_{tr}
transformatorun dolaqlarından düşən ikinci dolağa gətirilmiş orta gərginlik düşgüsü;
 R_c – yüklə ardıcıl qoşulmuş hamarlayıcı süzgəcin elementlərinin aktiv müqavimətidir.

f.i.ə.- μ ;

-döyünmə əmsalının buraxıla bilən qiyməti $K_d=(U_{\sim 1}/U_y)$ 100%-əsas harmonikanın dəyişən toplananın amplitudunun düzləndirilmiş gərginliyin orta qiymətinə nisbətidir.

Güc transformatoru ayrı-ayrı dolaqların gərginlik və cərəyanlarının təsiredici qiymətilə, diodlar cərəyanının orta, təsiredici və maksimal qiymətilə, əks gərginliklə xarakterizə olunurlar. Süzgəclər onlardan axan sabit cərəyanın və hamarlama əmsalının qiymətilə xarakterizə olunurlar. Düzləndiricinin elementlərinin parametrləri sırasına şəbəkənin gərginliyi və tezliyi də daxildir.

Müxtəlif düzləndirici sxemlərini araşdıraraq.

Birfazlı düzləndiricilər.

Ən sadə birfazlı düzləndirici sxemi biryarımperiodlu düzləndiricidir. O, transformatorun ,onun ikinci dolağına qoşulmuş dioddan və yük müqavimətindən ibarətdir. Sxemin üstün cəhəti onun sadəliyi , çatışmazlığı isə döyünmə əmsalının böyük, düzləndirilmiş cərəyan və gərginliyin qiymətinin kiçik olmasıdır. Düzləndiricilərin əsas parametrləri :

-düzləndirilmiş cərəyan və gərginliyin orta qiymətləri

-yük qurğusunun gücü

-düzləndirilmiş gərginliyin əsas harmonikasının amplitudu.

Biryarımpériodlu düzləndiricilər adətən yüksək döyünməyə icazə verən böyük müqavimətli yük qurğularını qiymətləndirmək üçün istifadə edilir. Bunların gücü 10-15Vt həddində olur.

Birfazlı ikiyarımpériodlu düzləndiricilər

Birfazlı ikiyarımpériodlu düzləndiricilər iki yerə bölünürlər: transformatorun ikinci dolağının orta nöqtəsindən çıxış olan və körpü sxemli düzləndiricilər. Ən geniş yayılmış birfazlı iki yarımpériodlu düzləndirici körp sxemidir. Körpü sxeminə görə üstün cəhət diodların sayının iki dəfə az olmasıdır. Sxemin mənfi cəhətlərindən biri də ondadır ki, bir yarımpériodlu və körpü sxeminə nisbətən transformatorun ölçüləri, kütləsi və dəyəri böyükdür, çünki ikinci dolağın sarğılarının sayı iki dəfə çox olur və orta nöqtədən çıxış təşkil olunur. İkiyarımpériodlu düzləndiricilər alçaq və orta güclü yük qurğularını qidalandırmaq üçün istifadə olunurlar.

Üçfazlı düzləndiricilər.

Üçfazlı düzləndiricilər orta və böyük güclü işlədiciləri qidalandırmaq üçün istifadə olunur.

Belə düzləndiricilərin əsas iki növü olur: neytral(sıfır) çıxışlı və körpü sxemləri.

Neytral çıxışlı sxem dolaqları ulduz sxemi ilə birləşmiş üçfazlı transformatorlardan, hərəsi transformatorun bir fazasına qoşulmuş üç dioddan və yük müqavimətindən ibarətdir.

Körpü sxemində diodların sayının iki dəfə artıq olmasına baxmayaraq, bu sxem neytral çıxış düzləndiricidən digər bütün göstəricilərə görə üstündür.

Hamarlayıcı süzgəclər.

Hər bir düzləndiricinin çıxışındakı gərginlik sabit toplanandan əlavə dəyişən toplanan da malik olur. Gərginliyin döyünmələri o qədər böyük olur ki, yükün bilavasitə düzləndiricidən qidalandırılması yalnız işlədici dəyişən toplanana həssas

olamayan halda mümkün olur. Bu və ya digər elektron qurğusunun təyinatından , onun sistemin girişindən və ya çıxışında olmasından asılı olaraq döyünmə əmsalının qiyməti müxtəlif olmalıdır.

Döyünmələrin səviyyəsini azaltmaq üçün düzləndirici ilə yük arasında hamarlayıcı süzgəc qoşulur. Süzgəclərin işini xarakterizə edən əsas parametr onların girişindəki döyünmə əmsalının çıxışlarındakı döyünmə əmsalına nisbətində bərabər olan hamarlama əmsalıdır.

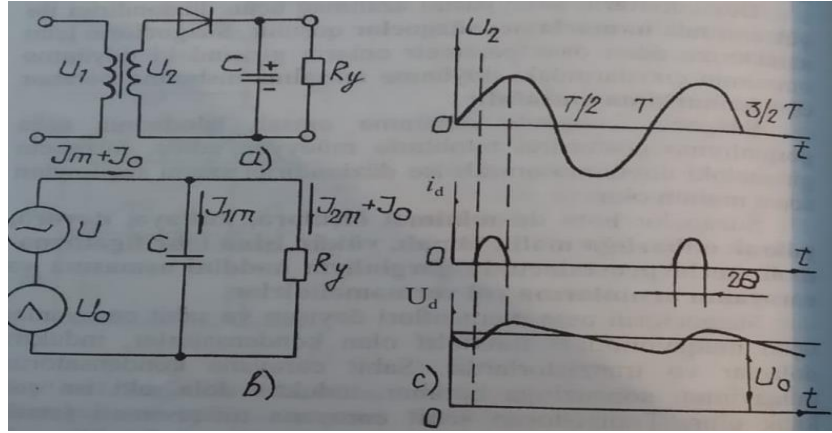
Süzgəcin çıxışında döyünmə əmsalı işlədicinin qida gərginliyinə göstərdiyi tələblərlə müəyyən olunur. Süzgəcin girişindəki döyünmə əmsalı ilə düzləndirici sxemi seçildəndən sonra məlum olur.

Süzgəclər həm də minimal ölçülərə , kütləyə, dəyəərə , yüksək etibarlılığa malik olmalı, yükün işinə təhrif gətirməli, keçid proseslərində gərginliyin həddini aşmasına və cərəyanın artımlarına yol verməməlidirlər.

Süzgəclərin əsas elementləri dəyişən və sabit cərəyanlar üçün müqavimətləri müxtəlif olan kondensatorlar, induktiv dolaqlar və tranzistorlardır. Sabit cərəyana kondensatorun müqaviməti sonsuzluğa bərabər , induktiv dolağınki isə çox kiçik olur. Tranzistorun sabit cərəyana müqaviməti onun dəyişən cərəyana müqavimətindən bir-iki tərtib az olur. Hamarlayıcı elementik növündən asılı olaraq tutumlu, induktiv və elektron süzgəcləri mövcuddur. Hamarlayıcı manqaların sayına görə onlar birmanqalı və çoxmanqalı olurlar.

Sadə tutumlu hamarlayıcı süzgəc.

Sadə tutumlu süzgəcin sxemi və diaqramları aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.



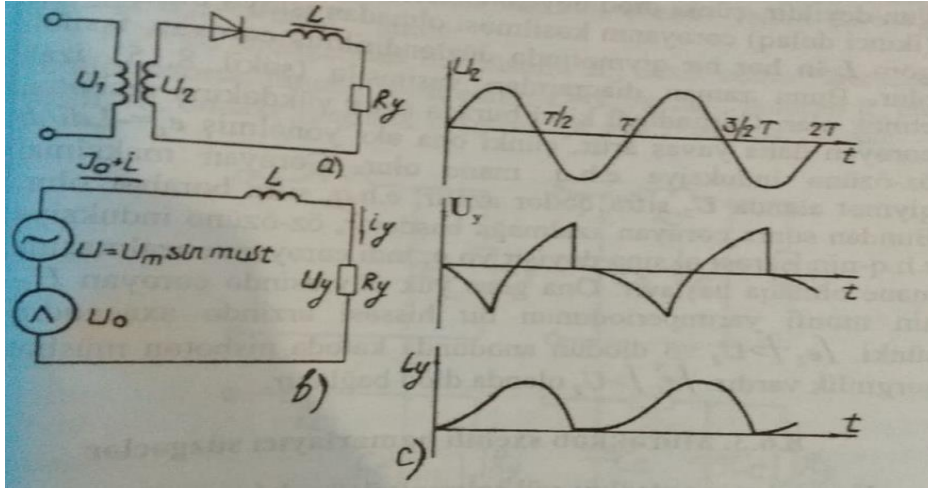
Şəkil 1. Sadə tutum süzgəcin prinsipial (a) , ekvivalent (b) sxemləri və zaman diaqramları (c)

Əgər düzləndirilmiş cərəyanın yüksək harmonikalarının təsirini nəzərə alsaq süzgəcin hesablanması üçün düzləndiricinin ekvivalent sxemini tərtib etmək olar. Burada düzləndirici ardıcıl qoşulmuş U_0 gərginlikli sabit cərəyan və $u=U_m \sin \omega t$ gərginlikli dəyişən cərəyan generatorlarından ibarət təsvir edilmişdir.

Düzləndirilmiş cərəyanın sabit toplananın süzgəcin kondensatorundan keçmir və yalnız yük dövrəsindən axır. Düzləndirilmiş cərəyanın dəyişən toplananı isə həm kondensatordan , həm də yükdən axır.

Sadə induktiv hamarlayıcı süzgəc

Sadə induktiv hamarlayıcı süzgəcin sxemləri və zaman diaqramları aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir.



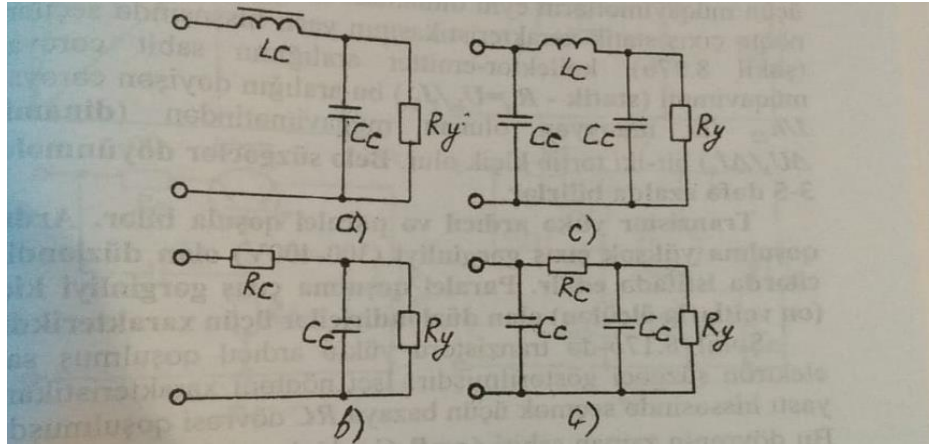
Belə sxemdə U_2 –nin müsbət yarımdalğasında i_y artır və drossel enerji toplayır, ona görə mənfi yarımdalğada toplanmış enerji yük cərəyanının qiymətinin saxlanmasına sərf olunur. Hesablamanı sadələşdirmək üçün süzgəcin yalnız induktiv müqavimətə malik, aktiv müqavimətin isə sıfıra bərabər olduğunu qəbul edək. Süzgəcin drosselinin dolaqlarından düzləndirilmiş cərəyanın həm dəyişən, həm də sabit toplananı axdığından əlavə maqnitləşmə yaradan sabit cərəyanın təsirini azaltmaq üçün nüvəni qeyri-maqnit aralıqlı düzəldirlər.

Sadə induktiv süzgəcləri R_y –ün kiçik qiymətlərində, yəni düzləndirilmiş gərginliyin kiçik və cərəyanın böyük qiymətlərində işlətmək məqsədə uyğundur.

Mürəkkəb sxemli hamarlayıcı süzgəclər.

Hamarlama əmsalını yüksəltmək üçün daha mürəkkəb Γ və Π şəkilli süzgəclərdən istifadə edilir.

Γ şəkilli (a,b) və Π şəkilli mürəkkəb hamarlayıcı süzgəclərin sxemi aşağıdakı şəkildə öz əksini tapmışdır.



Süzgəcin hesablanması seçilən düzləndirmə sxeminə və hamarlama əmsalının verilən qiymətinə görə aparılır:

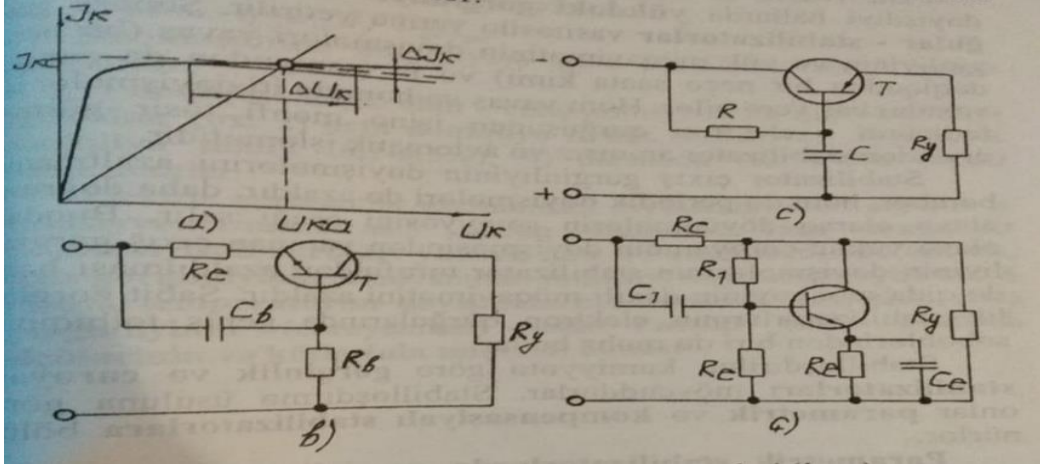
$$LC = S_{LC} / m^2 w^2$$

Buradan kondensatorun tutumunu seçməklə drosselin induktivliyinin tələb olunan qiyməti tapır. Γ şəkili LC süzgəclərini güclü düzləndiricilərdə işlətmək mümkündür. Yüklə cərəyanının və hamarlama əmsalının kiçik qiymətlərində RC tipli süzgəclərdən istifadə olunur. RC süzgəcin mənfi cəhəti rezistorda gərginlik düşgüsünün böyük olmasıdır.

Elektron hamarlama süzgəclər.

Son vaxtlar düzləndirici sxemlərində elektron süzgəcləri geniş istifadə olunur. Burada induktiv dolaqların yerinə tranzistorlar qoşulur. Bu yükün və düzləndiricinin işinə mənfi təsir edən keçid proseslərini təsirinin azalmasına və düzləndiricinin ölçülərini, kütləsini və dəyərini azaltmağa imkan verir. Tranzistorun bu məqsədlə istifadə edilməsi kollektor cərəyanının dəyişən və sabit toplananları üçün müqavimətlərin eyni olması ilə əlaqədardır. Əgər işçi nöqtə çıxış statik xarakteristikasının yastı hissəsində seçilərsə kollektor- emitter aralığına sabit cərəyan müqaviməti bu aralığın dəyişən cərəyanına $1/h_{22}$ ilə müəyyən olunan müqavimətindən bir-iki tərtib kiçik olur. Belə süzgəclər döyünmələri 3-5 dəfə azalda bilirlər.

Tranzistor yükü ardıcıl və paralel qoşula bilər. Ardıcıl qoşulma yüksək çıxış gərginliyi olan düzləndiricilərdə istifadə edilir. Paralel qoşulma çıxış gərginliyi kiçik olan düzləndiricilər üçün xarakterikdir.



Əgər yük müqaviməti emitter dövrəsinə qoşularsa düzləndirici ilə süzgəcin kiçik çıxış müqaviməti təyin olunur və belə süzgəc yük cərəyanının dəyişmələrinə az həssas olur. Məhz buna görə emitter təkrarlayıcı olan belə süzgəc çox geniş yayılmışdır.

Tranzistorun yükə paralel qoşulması düzləndirilmiş gərginliyin kiçik qiymətlərində istifadə edilir. Son zamanlar integral sxemlərdə yığılan və daha səmərəli işliyə elektron süzgəclər çox yayılmışdır. Məsələn, əməliyyat gücləndiricilərində yığılmış süzgəclərin hamaralama əmsalı bir neçə min ola bilər.

Mühazirə 9 Parametrik və kombinasiya tipli gərginlik stabilizatorlarının sxemotexnikası

Elektrik sxemlərindəki yükdəki gərginlik təkcə yük cərəyanının dəyişməsindən yox, həm də bir sıra başqa amillərin təsirindən dəyişə bilər. Bu amillərdən şəbəkə gərginliyinin və tezliyinin, ətraf mühitin temperaturunun dəyişməsini göstərmək olar. Məsələn, praktikada şəbəkə gərginliyi özünün nominal qiymətindən +5-15% həddində dəyişə bilər.

Elektron qurğularını, xüsusən tərkibində mikrosxemlər olan qurğuları qidalandırmaq üçün gərginliyin yüksək sabilliyini (+ 0,0001-0,5%) təmin etmək tələb olunur.

Bu vəzifə şəbəkə gərginliyinin və yük müqavimətinin dəyişdiyi hallarda yükdəki gərginliyi sabit saxlayan qurğular – stabilizatorlar vasitəsilə yerinə yetirilir. Şəbəkə gərginliyinin və yük müqavimətinin dəyişmələri yavaş və iti baş verə bilər. Həm yavaş və həm də iti dəyişmələr işlədiciyə – elektron qurğusunun işinə mənfi təsir göstərdiyindən stabilizator aramsız və avtomatik işləməlidir.

Stabilizator çıxış gərginliyinin dəyişmələrini azaltmaqla bərabər, həm də periodik dəyişmələri də azaldır, daha doğrusu əlavə olaraq döyülmələrin səviyyəsini aşağı salır. Bundan əlavə yükün cərəyanını dəyişməsindən yaranan çıxış gərginliyinin dəyişmələrinin stabilizator tərəfindən azaldılması həm də qida mənbəyinin daxili müqavimətini azaldır. Sabit gərginlik stabilizatorlarının elektron qurğularında geniş tətbiqinin səbəblərindən biri də məhz budur.

Stabilləşdirilən kəmiyyətə görə gərginlik və cərəyan stabilizatorları mövcuddur. Stabilləşdirmə üsuluna görə onlar parametrik və kombinasiyalı stabilizatorlara bölünürlər.

Parametrik stabilizatorlarda gərginliyin stabilləşdirilməsi qeyri-xətti elementin volt-ampere xarakteristikasının qeyri-xəttiliyi hesabına əldə edilir.

Kompensasiya tipli stabilizatorlar prinsipcə avtomatik tənzimləyici sistemlərdən ibarətdir. Burada stabilləşdirmə sxemə daxil edilən tənzimləyici elementin parametrlərinin dəyişməsi hesabına əldə edilir.

Stabilizatorları xarakterizə edən əsas parametrlər aşağıdakılardır:

1. Sərginliyi stabilləşdirmə əmsalı – girişdə gərginliyin nisbi dəyişməsinin, onun çıxışındakı nisbi dəyişməsinə nisbəti:

$$K_{st} = (\Delta U_{gir} / U_{gir}) / (\Delta U_{çix} / U_{çix})$$

2. Çıxış müqaviməti – çıxışdan gərginliyin artımının bu artımı yaradan yük cərəyanının artımına nisbəti :

$$R_{çix} = -\Delta U_{çix} / \Delta J_y$$

Mənfi işarəsi onu göstərir ki, yük cərəyanı artdıqca çıxış gərginliyi azalır və əksinə.

3. Stabilləşdirmə dəqiqliyinə görə stabilizatorlar 4 qrupa bölünürlər:

1. dəqiqliyi kiçik olan – çıxış kəmiyyətinin qeyri-stabilliyi 2.5%-dən çox,

2. orta dəqiqliyə malik (0.5-2.5%)

3. yüksək dəqiqliyə malik (0.1-0.5%)

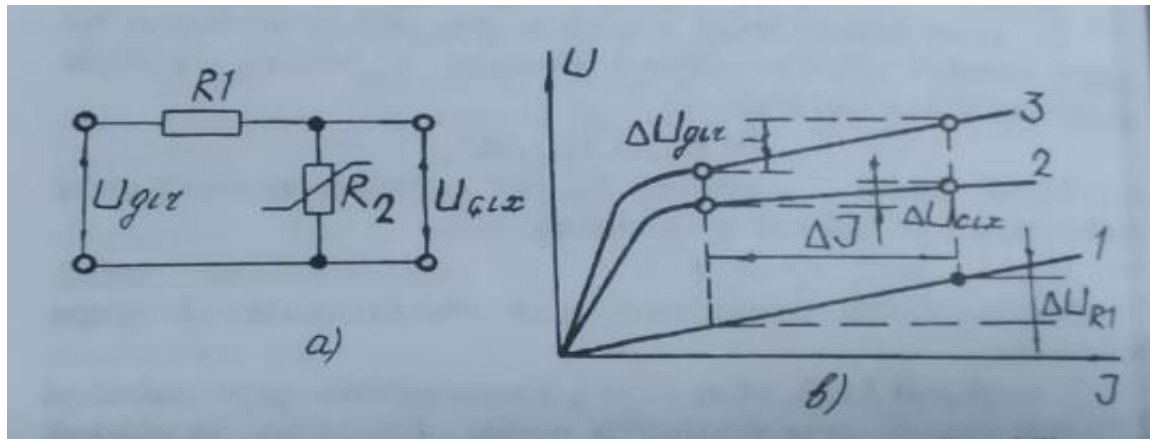
4. presizion (0.1%-dən kiçik) stabilizatorlar.

Elektrik qidalanma sxemlərinin təyinatından və onların iş xüsusiyyətlərindən asılı olaraq stabilizatorlara aşağıdakı tələbələr irəli sürülür: yüksək f.i.ə. və stabilləşdirmə əmsalı, çıxış gərginliyinin minimal döyünməsi , yüksək iş sürəti, temperaturun

dəyişmələrinə minimal həssaslıq, çıxış gərginliyinin səlis tənzim edilə bilməsi, ölçülərinin və kütləsinin minimal olması.

Parametrik stabilizatorlar

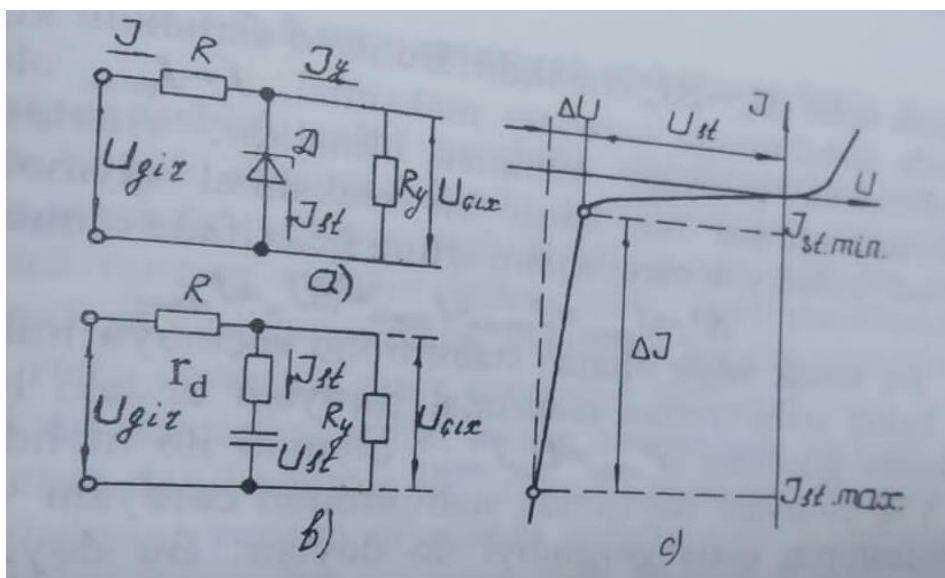
Belə stabilizatorun ən sadə sxemi xətti və qeyri-xətti rezistorların ardıcıl birləşməsindən ibarətdir. Giriş gərginliyi burada hər iki müqavimətə verilir. Stabiləşdirilmiş gərginlik isə qeyri-xətti elementdən götürülür. Stabiləşdirmə



Şəkil 1. Xətti və qeyri-xətti rezistorlardan ibarət parametrik stabilizatorun sxemi (a) və volt-amper xarakteristikası (b)

yalnız o vaxt mümkündür ki, qeyri-xətti müqavimətin volt-amper xarakteristikasında gərginliyin cərəyandan az asılı olan sahə mövcud olsun. Həqiqətən də stabilizatorun volt-amper xarakteristikasından 3 əyrisi görünür ki, giriş gərginliyi ΔU_{gir} qədər dəyişəndə çıxış gərginliyi ondan az dəyişir. Qeyri-xətti müqavimətin xarakteristikasının dikliyi bu sahədə daha çox olduğundan giriş gərginliyinin artımının çıxış hissəsi bu elementin payına düşür. (ΔU_{R1}).

Stabilitron və rezistor üzərində qurulmuş parametrik stabilizatorun prinsipial, ekvivalent sxemləri və volt-ampere xarakteristikası şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Stabilitron və rezistorda qurulmuş parametrik stabilizatorun prinsipial (a), ekvivalent (b) sxemləri və volt-ampere xarakteristikası.

Belə sxemin işçi rejimi U_{giz}/U_{st} olan və R rezistorunda kifayət qədər gərginlik düşküsi yaranan hala uyğun gəlir. R -dəki gərginlik düşküsi giriş gərginliyinin dəyişmələri nəticəsində dəyişərək çıxış gərginliyinin sabit saxlanmasına kömək edir. U rejimə uyğun gələn ekvivalent sxemdə (şəkil 2 b) stabilləşdirmə gərginliyi və dinamik müqavimət $r_d = \Delta U / \Delta J$ stabilitronun volt-ampere xarakteristikasından təyin olunur. Ekvivalent sxemə əsasən ayrıca olaraq giriş gərginliyinin və yük müqavimətinin dəyişdiyi hallar üçün stabilizatorun işini araşdırmaq.

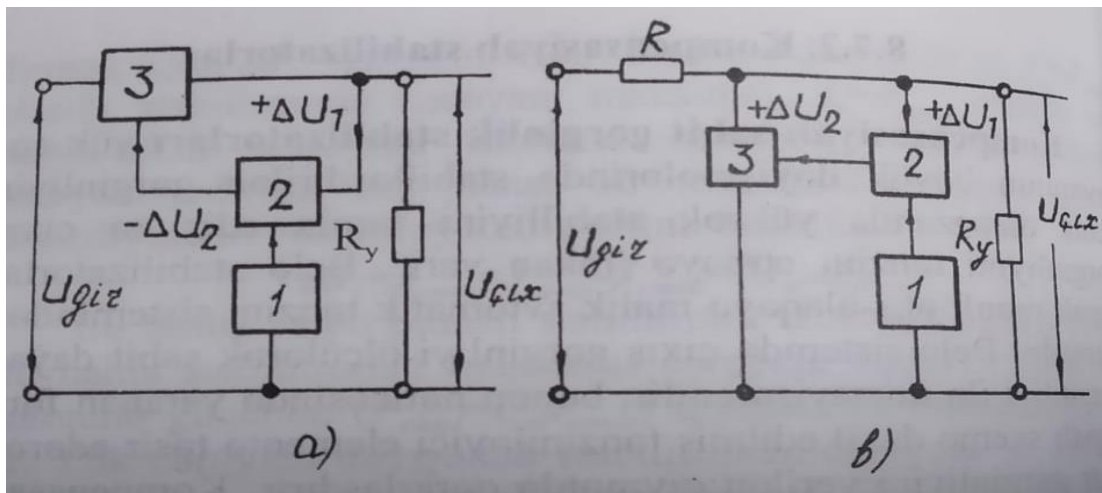
Stabilləşdirilən gərginliyin qiymətini artırmaq üçün bir neçə stabilitron ardıcıl qoşulur. Stabilitronları paralel qoşmaq olmaz. Çünki real sxemdə həmişə stabilləşdirmə gərginliyinin qiymətlərində müəyyən fərq olur. Əgər çıxış

gərginliyinin sabilliyini artırmaq tələb olunnursa çoxkaskadlı parametrik stabilizatorlardan istifadə olunur.

Parametrik stabilizatorun müsbət cəhəti sxemin sadəliyi, mənfi cəhətləri isə f.i.ə.-nin kiçik olması, çıxış gərginliyinin tənzim edilə bilməməsi, daxili müqavimətin böyük (5-20 Om), stabilləşdirmə əmsalının kiçik olması və bu sxemlərin yalnız yük cərəyanının kiçik qiymətlərində işləyə bilməsidir.

Kompensasiyalı stabilizatorlar.

Kompensasiyalı sabir gərginlik stabilizatorları yük cərəyanının böyük dəyişmələrində stabilləşdirilən gərginliyin geniş diapazonda yüksək sabilliyini təmin edir və çıxış gərginliyini tənzim etməyə imkan verir. Belə stabilizatorlar qapalı mənfi əks-əlaqəyə malik avtomatik tənzim sistemindən ibarətdir. Belə sistemdə çıxış gərginliyi ölçülərək sabit sabit dayaq gərginliyi ilə müqayisə edilir, bunun nəticəsində yaranan fərq siqnalı sxemə daxil edilmiş tənzimləyici elementə təsir edərək çıxış gərginliyi verilən qiymətdə qərarlaşdırır. Kompensasiyalı stabilizatorlar xətti və acar tipli olurlar. Burada yalnız xətti stabilizatorların işi öyrənilir. Omlar tənzimləyici elementin yüklə qoşulma qaydasından asılı olaraq ardıcıl və paralel tipli stabilizatorlara bölünürlər. Onun struktur sxemi aşağıdakı şəkildə öz əksini tapmışdır.



Şəkil 3 Kompensasiyalı ardıcıl (a) və paralel (b) tipli stabilizatorların struktur sxemləri.

Bu sxemlərin hər ikisində dayaq gərginlik mənbəyi (1) rolunu parametrik stabilizator, müqayisə sxemi (2) rolunu isə sabit cərəyan gücləndiricisi oynayır. Tənzimləyici element (3) kimi güclü elektron cihazı, tranzistor işlədilir. Ardıcıl sxemdə ıxış gərginliyi tənzimləyici elementdəki gərginlik düşküünün dəyişilməsi hesabına tənzim edilir. Parametrik sxemdə çıxış gərginliyi tənzimləyici elementdən axan cərəyanı dəyişməklə tənzim edilir. Çıxış gərginliyi azalanda hər iki sxemdə əks tənzimləmə prosesləri baş verir. Ardıcıl sxemin f.i.ə. daha yüksək olduğundan onlar çox geniş yayılmışdır. Yüksək gərginliklər üçün onlar lampalarda, alçaq gərginliklər üçün isə tranzistorlarda yığılır.

Xətti kompensasiyalı stabilizatorların müsbət cəhətləri çıxış gərginliyinin böyük dəqiqliklə stabilləşdirilə bilməsi və şıxış müqavimətinin çox kiçik olmasıdır. Onların çatışmazlığı ondadır ki, belə stabilizatorlardan düzləndiricinin bütün enerjisi yükə verilir, gücün artığı stabilizatorlarda ayrılır, bi f.i.ə.-nı aşağı salır, sxemin kütləsini və ölçülərini artırır.

Mühazirə 10. Biotibbi sistemlərə qoşulmaq üçün interfeyslər. Fərdi komputerlərə qoşulan interfeys magistralları

İnterfeys (ingilis *interface* sözündəndir və qoşmaq, uzlaşdırmaq deməkdir) dar mənada qoşulma qurğularına, geniş mənada isə mexaniki, elektriki və proqram vasitələrinin yığılmasına deyilir. İnterfeys bu yığım modullarını sistem şəklində birləşdirməyə, qoşmağa imkan verir. Çoxlu sayda interfeyslər mövcuddur və onları təyinatından asılı olaraq 3 növə ayırmaq olar: maşın; sistem-modul və sistem-cihaz.

Maşın interfeysi mərkəzi prosessoru EHM-nın digər blokları ilə birləşdirmək, ətraf qurğuları qoşmaq və əlaqə qurğularını obyektə qoşmaq funksiyalarını yerinə yetirir.

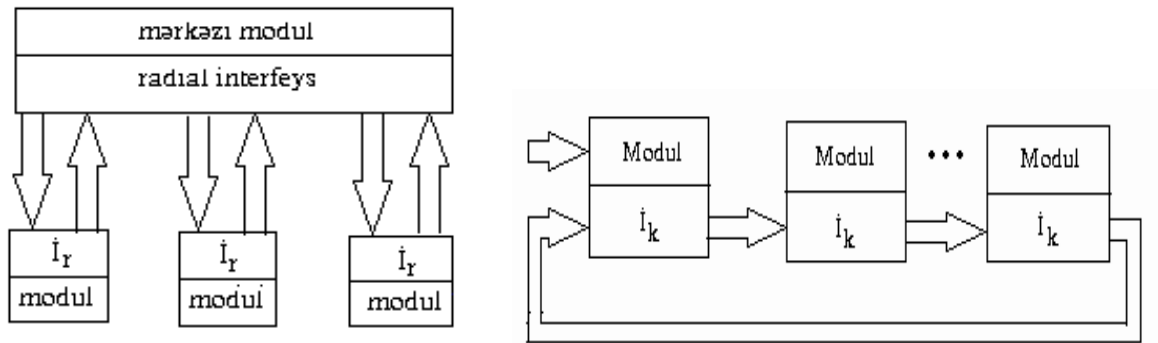
Sistem-modul interfeysləri sistemdə işlənməsi nəzərdə tutulan modulların qoşulmasının unifikasiyası məsələsini həll edən interfeyslərə deyilir. Bu növ interfeyslərin tətbiqinə əsaslanan modullar avtonom cihazlar kimi, yəni sistemdən kənarda istifadə oluna bilməzlər.

Sistem-cihaz növlü interfeyslər avtonom işləyə bilən cihazları –modulları birləşdirən interfeyslərdir və bunlar geniş funksional imkanlara malikdirlər.

İnterfeyslər, modulların öz aralarında və sistemin mərkəzi modulu ilə birləşmə sxemlərindən asılı olaraq, 3 növə ayrılırlar: kaskad, radial və magistral birləşmə sxemli interfeyslər.

Kaskad sxemində informasiyanın ümumi axını istənilən zaman anında, məsələn, ancaq bir tədqiqat obyekti, bir sınaq siqnalları mənbəyi və ya bir ölçü cihazı əlaqələndirilir (şəkil- 1,a).

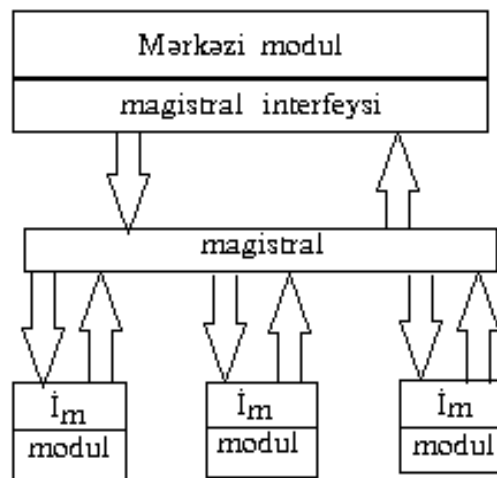
Radial sxemdə bir neçə modul mərkəzi modula bilavasitə qoşulurlar (şəkil - 1,b).



Şək. 1. Kaskad (a) və radial (b) birləşmə sxemli interfeyslər

Mərkəzi modulun kanallarının sayı tələb olunan saydan az olduğu hallarda ayrı-ayrı modullar mərkəzi modulla ümumi magistral sxem üzrə zamana görə ardıcıl olaraq ünvana müraciət etməklə qoşulurlar. Bu halda, hər sorğu zamanı mərkəzi modula yalnız ünvanı proqramla çağırılan modul qoşulur (şəkil 2).

Bu növ qoşulmalarla yanaşı kaskad-radial və kaskad-magistral kimi kombinə olunmuş qoşulma sxemləri də mümkündür.



Şək. 2. Magistral birləşmə sxemli interfeyslər

Mikroprosessorlu sistemlərin tipik interfeysləri

İstənilən mikrokontroller konkret bir obyektin fiziki parametrlərinə nəzarət və onların idarə funksiyalarını yerinə yetirmək üçün nəzərdə tutulur. İdarə və nəzarət funksiyaları idarə obyektindən daxil olan ikilik rəqəm informasiyanı emal və ondan sonra istifadə etməyi nəzərdə tutur. Bu informasiya idarə obyektindən MK-nın obyektə qoşulan müxtəlif qurğularından əlaqə xətti ilə ötürülür. Belə qurğular kimi müxtəlif analoq fiziki parametrlərin çeviriciləri və onlarla əlaqədar olan normallaşdırıcı elektrik signal çeviriciləri, analoq-rəqəm çeviriciləri, müxtəlif rəqəm informasiya çeviriciləri və s. ola bilər. İnformasiyanın MK-dan verilməsi zamanı MK ilə rəqəm indikatorları, icra mexanizmləri, displeylər, rəqəm - çap qurğuları və informasiyanın emalı nəticələrinin yadda saxlanması, qorunması və istifadə olunması vasitələri ilə qarşılıqlı əlaqədə olur.

Çoxlu sayda müxtəlif xarici qurğuların MK şinləri ilə birləşməsi interfeyslər vasitəsi ilə həyata keçirilir. İnterfeys müxtəlif qurğuların vahid sistemdə birləşməsi vasitəsidir.

İstənilən interfeys iki məsələnin həllini təmin etməlidir. Birinci, interfeys öz aparat hissəsi ilə müxtəlif elektrik və konstruktiv parametrlərə malik xarici qurğuların konkret mikrokontrollerin şin sistemi ilə elektrik birləşməsini təmin etməlidir. Bu zaman əlaqə xətlərinin sayı, elektrik signallarının səviyyələri və gücü, və s. kimi parametrlər nəzərə alınmalıdır.

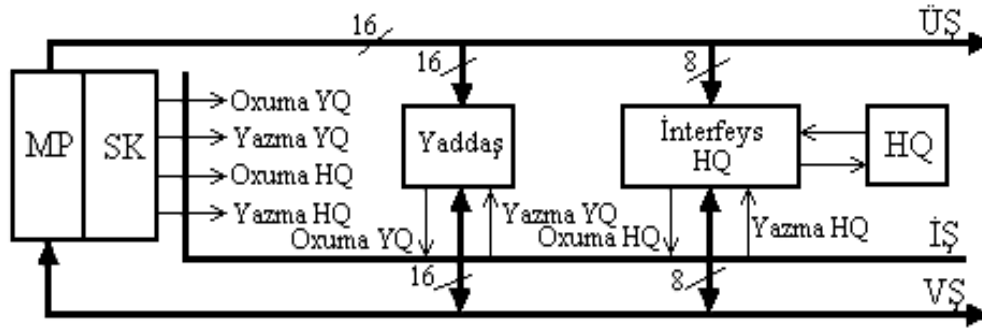
İkinci, interfeys bütün qoşulan xarici qurğuların çevik proqram idarəsini təmin etməlidir. Bu hissədə interfeys nəinki hesab qurğusunun iş qabiliyyətini, həm də mərkəzi MP ilə müxtəlif hesab qurğularının cəldliyə görə uzlaşmasını təmin etməlidir.

Beləliklə, interfeys dedikdə, MP ilə bir vahid sistemdə birləşmiş xarici qurğular arasında informasiya mübadiləsinin təşkili üçün nəzərdə tutulan unifikasiya olunmuş proqram-aparat qurğusu başa düşülür.

İnterfeyslər təyinatına görə daxili və xarici olurlar. Daxili interfeys MK BİS-i, yaddaş modulunu və giriş-çıxışın idarə vasitəsinə birləşdirir. Xarici interfeys MK-nın informasiya şinlərinin xarici qurğulara qoşulmasını təmin edir. MP idarə sistemlərinin yaradılması zamanı təcrübədə iki növ sistem interfeyslərindən istifadə edilir: izolə edilmiş şinlərə malik interfeys; qarışıq şinlərə malik interfeys.

İzolə edilmiş şinlərə malik (ünvanlanmış) interfeys. Bu növ interfeysin fərqli xüsusiyyəti yaddaşın və xarici qurğuların ayrı-ayrılıqda ünvanlanmasıdır. Belə ki, KP580 MP bazasında qurulan sistemlərdə yaddaşın ünvanlanması zamanı bütün 16-dərəcəli ünvan şini və sistem kontrolleri SK vasitəsi ilə formalaşdırılan “Oxuma” və “Yazma” idarə siqnalları istifadə olunur (şəkil 3). Bu zaman MP ilə yaddaş arasında verilənlər mübadiləsi üçün mikroprosessorun kifayət qədər böyük sayda əməllərindən istifadə olunur.

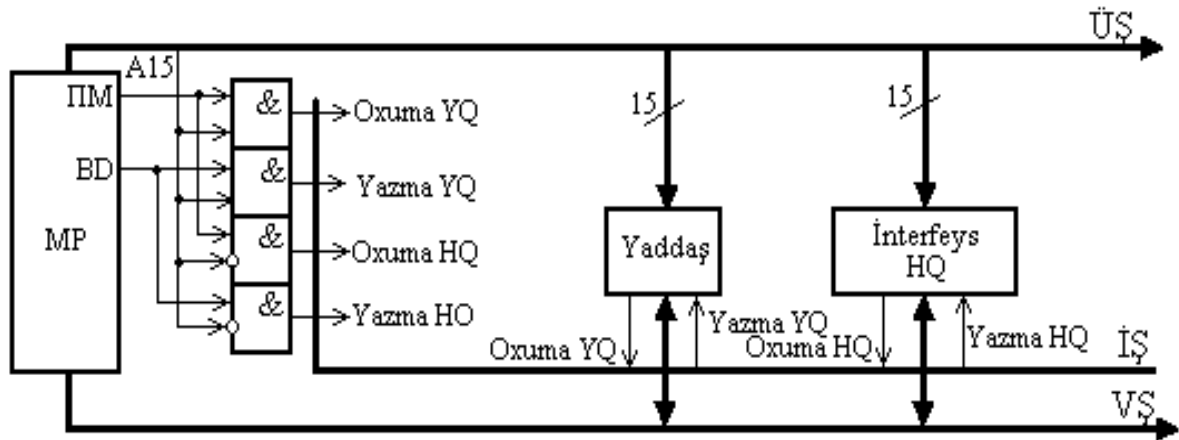
Xarici qurğuların ünvanlanması üçün isə ünvan şininin 8 dərəcəsi və “Oxuma” və “Yazma” idarə siqnalları istifadə olunur. MP ilə HQ arasında verilənlərin mübadiləsi üçün ancaq iki xüsusi əmərdən – verilənlərin daxil edilməsi - İN ADR və verilənlərin çıxarılması – OUT ADR əməllərindən istifadə edilir. Bu əməllər verilənlərin mübadiləsini MP-nin akkumulyatoru vasitəsi ilə həyata keçirirlər. Bu cür mübadilə sistemin ümumi məhsuldarlığını aşağı salır, çünki yaddaşla HQ arasında verilənlərin mübadiləsi üçün əlavə olaraq bir neçə əmərdən istifadə etmək lazım gəlir. Bu əməllər HQ ilə mübadiləyə qədər akkumulyatorun məzmununun saxlanması və mübadilədən sonra bərpa edilməsini təmin etməlidir.



Şəkil 3. İzolə edilmiş şintlərə malik interfeys

Bu növ interfeyslərin müsbət cəhəti yaddaşın ünvanlanması üçün bütün ünvan şininin istifadə olunmasıdır ki, bu da maksimum həcmə malik yaddaş modulunun qurulmasına (təşkilinə) imkan verir. Belə ki, 16-dərəcəli ünvan şini yaddaşın 64K yuvasının ünvanlanmasına imkan verir.

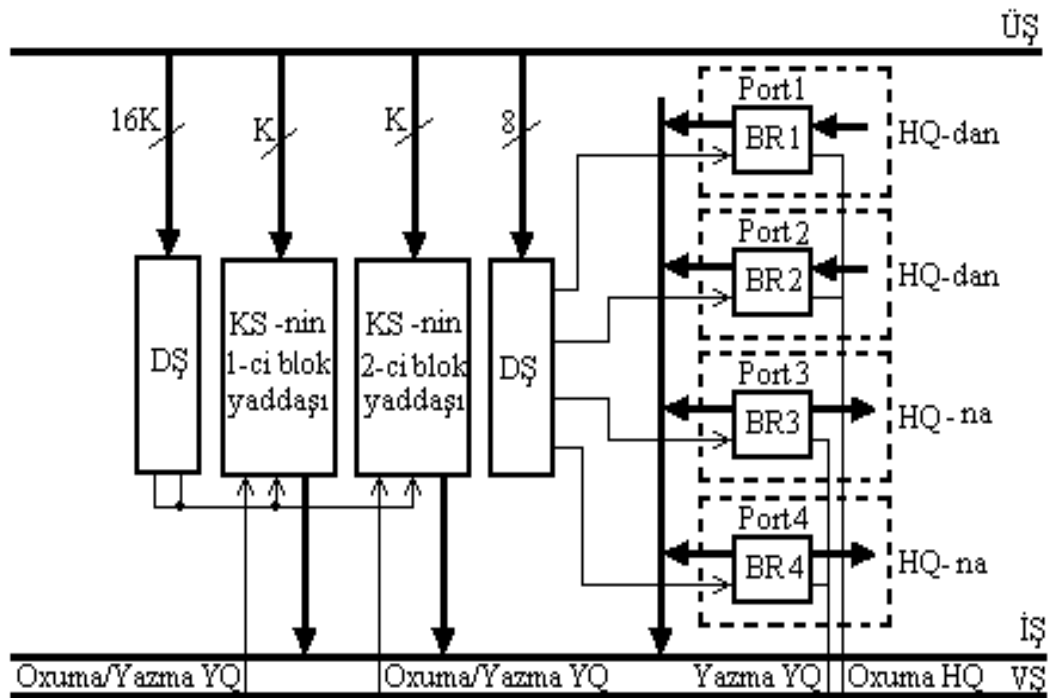
Qarışıq ünvan şinlərinə malik interfeys. Bu növ interfeyslər həm yaddaşın, həm də xarici qurğuların üçün bütün ünvan şinindən istifadə etməyə imkan verir. Bu interfeysi bəzən ümumi şinə malik interfeys adlandırırlar. Bu interfeysin üstünlüyü verilənlərin MP və HQ arasında mübadiləsi zamanı yaddaşla mübadilə üçün tətbiq edilən bütün əmrlərdən istifadə etməyə imkan verməsidir. Ünvan şininin bir dərəcəsi (məsələn, yüksək A15 dərəcəsi) yaddaşa və ya HQ-na müraciətin ayrılması üçün istifadə edildikdə (şəkil 4), ümumi şinə malik interfeysin modifikasiyası mümkündür. HQ-na müraciət üçün idarə siqnallarının formalaşdırılması mikroprosessorun birbaşa müraciət (BM) və BD siqnallarından və ünvan şininin A15 dərəcəsiindən istifadə etməklə mümkündür.



Şəkil 4. Ümumi şinə malik interfeys

Ümumi şinə malik interfeysin əsas üstünlüyü HQ-na müraciət üçün əmrlər yığımının genişləndirilə bilməsi imkanındır. Bu isə mübadilə üçün lazım olan proqram əmrlərinin ixtisarı hesabına sistemin məhsuldarlığını artırmağa imkan verir. Ümumi şinə malik interfeys ünvanlanan HQ-nın sayını artırmaqla bərabər birbaşa ünvanlanan yaddaşın həcmi azaldır. Lakin bu çatışmazlıq deşifrasiya sxemini bir qədər mürəkkəbləşdirməklə və səhifə üzrə ünvanlamanın təşkili ilə aradan qaldırılabilir. Səhifə üzrə ünvanlama makro- və mikro-EHM qurğularında istifadə edilir.

МК interfeysinın strukturu. Funksional müxtəlifliyinə baxmayaraq, daxili interfeyslər ünvanlanan qurğunun seçilməsinin eyni qaydasından – ünvan kodunun dekodlaşdırılmasından istifadə edir. Şəkil 5-də daxili (yaddaşa müraciət üçün) və xarici (HQ-na müraciət üçün) interfeyslərin qarışıq struktur sxemi göstərilmişdir. Hər iki halda deşifrator bir məqsəd üçün – onun girişində ünvan kodunu dekodlaşdırmaq və çıxış signalının aktiv səviyyəsinin köməyi ilə ünvanlanan qurğunun seçimini təmin etmək üçün istifadə edilir. Deşifrasiya sxemlərinin müxtəlifliyi ünvan şininin dərəcəsi ilə, deşifratorun prinsipial sxemi ilə və əlbəttə ki, qurğunun ünvanı ilə fərqlənirlər.



Şəkil 5. MK interfeyslərinin struktur sxemi

Yaddaş blokunun həcmi onun mikrosxemlərinin dərəcəsi ilə müəyyən edilir. Belə ki, yaddaş yuvasının ünvanı üçün K dərəcə tələb olunursa, onda 16 -dərəcəli ünvan şininin $16-K$ sayda dərəcəsi sistemin müxtəlif yaddaş bloklarının ünvanlanması üçün istifadə oluna bilər. Bu məqsəd üçün çox vaxt ünvan şininin böyük dərəcələri istifadə olunur. Deşifratorun çıxış siqnalları yaddaş mikrosxeminin KS (kristal seçmə) girişinə verilir.

Xarici interfeysin strukturu müəyyən qədər fərqlənir. İnterfeys, deşifratorun əlavə verilənləri müvəqqəti yadda saxlamaq üçün bufer registrlərinə malik olur. Bufer registrləri verilənlərin MP və HQ arasında mübadiləsinə imkan yaradırlar (keçid rolunu oynayır və bu keçiddən mübadilə həyata keçirilir). Bu registrlər giriş-çıkış portları da adlanırlar. Çıkış portunu təşkil etmək üçün portun nömrəsini təyin edən idarə siqnalı və informasiyanın ötürülməsi istiqamətini təyin edən sistem idarə siqnalı lazımdır. Şəkildən göründüyü kimi, bufer registrlərinin girişinə “HQ-nu

oxuma” idarə signalı daxil olur. Bu signal 1 və 2 portlarını giriş portları kimi müəyyən edir. Əksinə, 3 və 4 portları isə çıxış portları olur, çünki onların BR3 və BR4 bufer registrlərinin girişlərində “yaddaş qurğusuna yazma” idarə signalı qoşulmuşlar. Bufer registrlərinin dərəcəliyi verilənlər şininin dərəcəsi ilə razılaşdırıla bilər . Bəzi hallarda ondan fərqli də ola bilər. Bu halda proqram vasitələri ilə verilənlərin MP-yə verilənlər şini ilə daxil edilməsi zamanı istifadə olunmamış dərəcələri təmizləmək lazımdır.

HQ-nin çıxış kodunun dərəcəsi verilənlər şininin dərəcəsindən böyük olarsa, bu halda HQ-dən daxil olan verilənləri formalaşdırmaq üçün bir neçə əlavə əmrdən istifadə etmək lazım gəlir.

Bufer registri eyni zamanda güc gücləndiricisi kimi də istifadə olunur və MK-nın verilənlər şininin xarici qurğunun kiçik Omlu çıxışı ilə uzlaşmasını asanlaşdırır. Bəzən giriş-çıxış portlarında bufer registrləri olmur. Bu hallarda onlar şin formalaşdırıcıları əsasında qurulur. Bu halı sistemin proqram təminatı işləyən zaman nəzərə almaq lazım gəlir.

İnterfeysin işləməsi alqoritmi aşağıdakından ibarətdir. HQ-na müraciət əmrinin yerinə yetirilməsi zamanı MP-nin ünvan şininə HQ-nun ünvanı yerləşdirilir. Deşifrator ünvan kodunu deşifrasiya edir və deşifratorun çıxışından uyğun siqnalla verilənlərin qəbul dövrəsi hazırlanır. Əmrin sonrakı taktında verilənlər MP-dən ünvanlanan bufer registrinə ötürülür və “yaddaş qurğusuna yazma” idarə signalı ilə seçilmiş bufer registrinə yazılır. Bundan sonra verilənlər HQ üçün açıq, mümkün olur.

MP ilə HQ arasında qarşılıqlı əlaqə xüsusi interfeys BİS-adapterlərdən istifadə etməklə sadələşir. İnterfeys BİS-adapterlər verilənlərin mübadiləsinin müxtəlif üsullarını təmin edir.

Mühazirə 11. Biotibbi və biotexniki sistemlərdə tətbiq edilən ardıcıl interfeyslər

Ardıcıl interfeys. Yuxarıda baxılan interfeyslər paralel interfeyslər sinfinə aiddirlər. MP ilə HQ arasındakı verilənlərin mübadiləsi paralel kodla yerinə yetirilir, yəni kodun bütün dərəcələri eyni zamanda ötürülür. Məsələn, 8-dərəcəli paralel kodla mübadilə apardıqda rəqəm kodunun bütün dərəcələri 8 əlaqə xətti ilə eyni zamanda ötürülür. Rəqəm kod mənbəyi kontrollerdən uzaq məsafədə yerləşdiyi hallarda əlaqə xəttinə sərf olunan xərclər artır, etibarlılıq aşağı düşür.

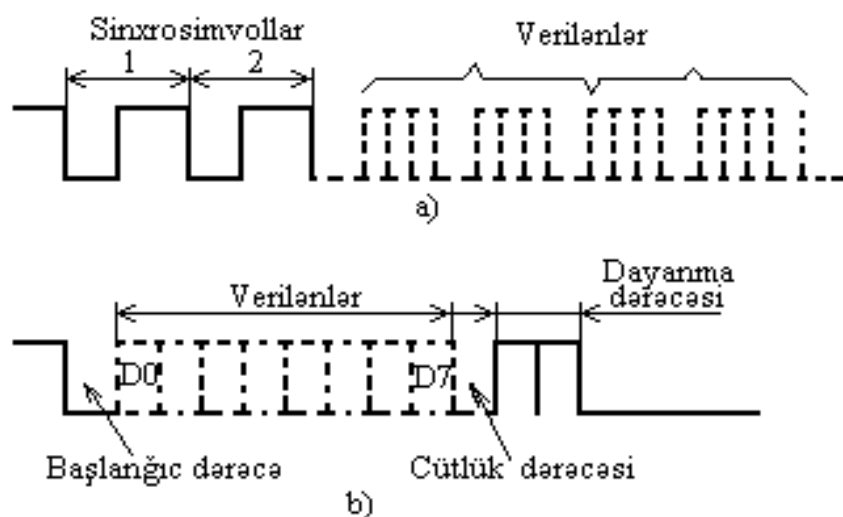
Ardıcıl interfeysdə verilənlərin bir əlaqə xətti ilə ötürülməsi hesabına ümumi xərclər azalır. Burada kodun dərəcələri (biti) bir-bir ardıcıl ötürülür. Paralel kodun ardıcıl koda çevrilməsi üçün müəyyən tezliyə malik impulsar ardıcılığı ilə taktlanan sürüşdürücü registrlər üzərində qurulan xüsusi sxemlərdən istifadə edilir. Hər bir takt impulsu ilə paralel rəqəm kodu bir mövqe (dərəcə) sürüşür və əlaqə xəttinə ötürülür. Beləliklə, rəqəm kodu standart səviyyəli impulsar ardıcılığına çevrilir. Verilənlərin ötürülməsi zamanı faydalı informasiya ilə verilənlərin başlanğıcını və sonunu təyin etməyə imkan verən xidməti informasiya da ötürülür.

Ardıcıl interfeyslə mübadilənin sürəti bitlərlə ölçülür və onlarla bitdən bir neçə min bit/san arasında dəyişir. Ardıcıl interfeyslə HQ-dan verilənlərin mübadiləsi sinxron və asinxron rejimlərdə həyata keçirilir. Bu rejimlər arasındakı fərq verilənlərin göndərilməsinin hər bir ardıcılığını müşayiət edən xidməti informasiyanın sayındadır. Verilənlərin ardıcıl göndərilməsinin formatı şəkil 1- də göstərilmişdir.

Sinxron rejimdə əvvəl bir və ya iki sinxro-simvol göndərilir, sonra isə verilənlərin fiksə olunmuş dərəcələri ardıcılığı ötürülür.

Asinxron rejimdə verilənlərin hər bir sözünün ötürülməsindən əvvəl start bit, sonra isə verilənlər sözü ötürülür. Verilənlərin sonunda bir dərəcə cütlük və bir və ya iki dərəcə dayanma xidmət informasiyası göndərilir. Bu cür xidmət informasiyası hər bir sözü müşayiət etdiyindən verilənlərin ardıcıl interfeyslə ötürülməsi sürəti asinxron rejimdə sinxron rejimə nəzərən kifayət qədər aşağı olur.

Verilənlərin ardıcıl mübadiləsi interfeysi adətən xüsusi BİS əsasında həyata keçirilir, məsələn, BİS KP580BB51.



Şəkil 1. Sinxron (a) və asinxron (b) mübadilənin formatı

MP və HQ arasında verilənlərin mübadiləsi üsulları . Xarici qurğu akkumulyatorda və ya bilavasitə sistemin yaddaşında olan verilənlərlə mübadilə apara bilər. Birinci halda mübadilə üçün ayrı-ayrı şintlərə malik interfeys, ikinci

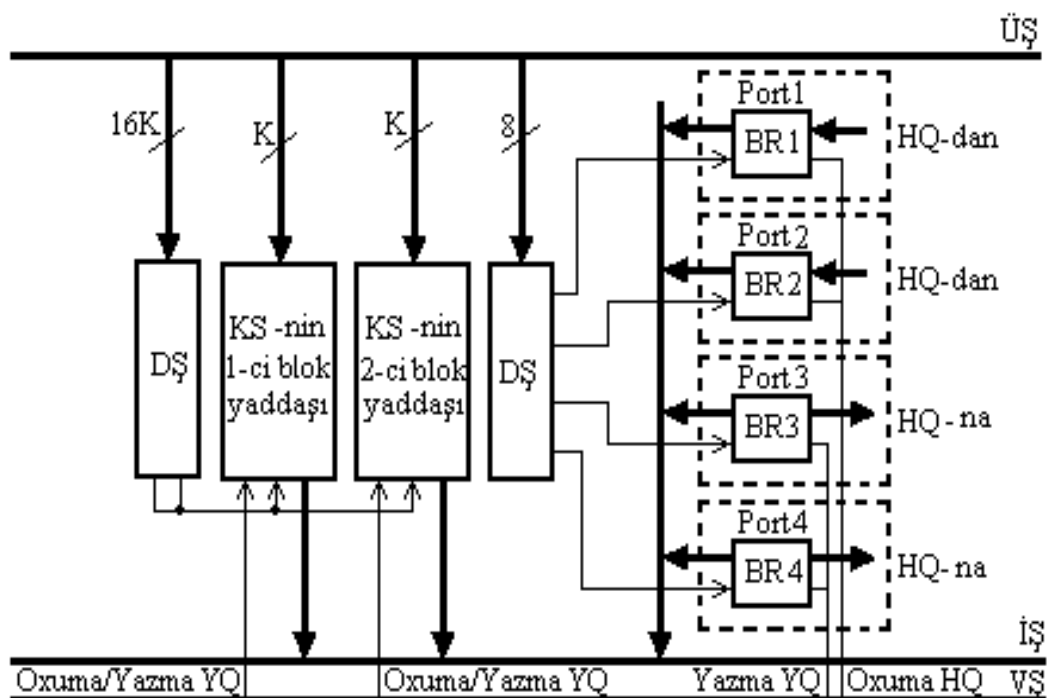
halda isə ümumi şinə malik interfeys (və yaxud yaddaşa birbaşa daxil olma rejimindən) istifadə edilir. Verilənlərin mübadilə sürəti mübadilənin seçilmiş qaydasından kəskin asılı olur. Verilənlərin mübadiləsini istifadə olunan qaydalarına baxaq.

Verilənlərin sinxron mübadiləsi. Mübadilənin ən sadə qaydası sinxron qaydasıdır. Bu halda fərz edilir ki, hesablama qurğusu istənilən zaman anında mübadiləyə hazırdır. Aydındır ki, hesablama qurğusu MP-nin əmrləri yerinə yetirməsi tempində işləməlidir. Hesablama qurğusunun mübadiləyə hazır olması siqnalları MP tərəfindən analiz edilmir. Sinxron mübadilə interfeysinin strukturu şəkil 10.5-də göstərilən interfeys strukturundan fərqlənmir. İstənilən zaman giriş və çıxış əmrlərinin deşifrator vasitəsi ilə yerinə yetirilməsi əmrdə göstərilən mübadilə portunun ünvanı seçilir və “Oxuma HQ” (Yazma HQ) idarə siqnalının əmələ gəlməsi ilə verilənlərin mübadiləsi sistemin şini vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Mühazirə 12. Standart RS232 tipli interfeysi və MK interfeysinin struktur sxemi

RS232 interfeysi (RS465 interfeysi ilə eynidi). RS232 standart interfeys olub verilənlərin 2 istiqamətli ardıcıl ötürülməsini təmin edərək sinxron və asinxron rabitəni dəstəkləyir. Eləcə də bu interfeysdən kompyuterdə standart olaraq printer, skaner, modem, mausu və digər qurğuları qoşmaq üçün istifadə olunur. Eləcə də 2 kompyuter arasında əlaqə yaratmaq üçün istifadə olunur. Onun maksimal verilənlərin ötürmə sürəti saniyədə 115k bitdir. Bundan başqa bu interfeys informasiyanı 15 metr məsafəyə qədər ötürə bilir. Həmin interfeys xarici qurğularla 125 kontakt vasitəsilə əlaqə saxlayır. Eyni zamanda burada 2 rabitə xəttindən istifadə olunur. Bəzi kompyuterlər USB kabelləri çox yayıldığı üçün RS232 interfeysi üçün keçid ötürücülərindən istifadə olunur. RS232 nin 8 portu PCI, MOXA, CP1684U platasının üzərində olan yuvaya qoşulur və orada USB ilə RS232 arasında da əlaqə yaradılır.

MK interfeysinin strukturu. Funksional müxtəlifliyinə baxmayaraq, daxili interfeyslər ünvanlanan qurğunun seçilməsinin eyni qaydasından – ünvan kodunun dekodlaşdırılmasından istifadə edir. Şəkil 1-də daxili (yaddaşa müraciət üçün) və xarici (HQ-na müraciət üçün) interfeyslərin qarışıq struktur sxemi göstərilmişdir. Hər iki halda deşifrator bir məqsəd üçün – onun girişində ünvan kodunu dekodlaşdırmaq və çıxış signalının aktiv səviyyəsinin köməyi ilə ünvanlanan qurğunun seçimini təmin etmək üçün istifadə edilir. Deşifrasiya sxemlərinin müxtəlifliyi ünvan şininin dərəcəsi ilə, deşifratorun prinsipial sxemi ilə və əlbəttə ki, qurğunun ünvanı ilə fərqlənirlər.



Şəkil 1. MK interfeyslərinin struktur sxemi

Yaddaş blokunun həcmi onun mikrosxemlərinin dərəcəsi ilə müəyyən edilir. Belə ki, yaddaş yuvasının ünvanı üçün K dərəcə tələb olunursa, onda 16 -dərəcəli ünvan şininin $16 \cdot K$ sayda dərəcəsi sistemin müxtəlif yaddaş bloklarının ünvanlanması üçün istifadə oluna bilər. Bu məqsəd üçün çox vaxt ünvan şininin böyük dərəcələri istifadə olunur. Deşifratorun çıxış siqnalları yaddaş mikrosxeminin KS (kristal seçmə) girişinə verilir.

Xarici interfeysin strukturu müəyyən qədər fərqlənir. İnterfeys, deşifratorun əlavə verilənləri müvəqqəti yadda saxlamaq üçün bufer registrlərinə malik olur. Bufer registrləri verilənlərin MP və HQ arasında mübadiləsinə imkan yaradırlar (keçid rolunu oynayır və bu keçiddən mübadilə həyata keçirilir). Bu registrlər giriş-çıkış portları da adlanırlar. Çıkış portunu təşkil etmək üçün portun nömrəsini təyin edən idarə siqnalı və informasiyanın ötürülməsi istiqamətini təyin edən sistem idarə siqnalı lazımdır. Şəkildən göründüyü kimi, bufer registrlərinin girişinə “HQ-nu

oxuma” idarə signalı daxil olur. Bu signal 1 və 2 portlarını giriş portları kimi müəyyən edir. Əksinə, 3 və 4 portları isə çıxış portları olur, çünki onların BR3 və BR4 bufer registrlərinin girişlərində “yaddaş qurğusuna yazma” idarə signalı qoşulmuşlar. Bufer registrlərinin dərəcəliyi verilənlər şininin dərəcəsi ilə razılaşdırıla bilər . Bəzi hallarda ondan fərqli də ola bilər. Bu halda proqram vasitələri ilə verilənlərin MP-yə verilənlər şini ilə daxil edilməsi zamanı istifadə olunmamış dərəcələri təmizləmək lazımdır.

HQ-nin çıxış kodunun dərəcəsi verilənlər şininin dərəcəsindən böyük olarsa, bu halda HQ-dən daxil olan verilənləri formalaşdırmaq üçün bir neçə əlavə əmrdən istifadə etmək lazım gəlir.

Bufer registri eyni zamanda güc gücləndiricisi kimi də istifadə olunur və MK-nın verilənlər şininin xarici qurğunun kiçik Omlu çıxışı ilə uzlaşmasını asanlaşdırır. Bəzən giriş-çıxış portlarında bufer registrləri olmur. Bu hallarda onlar şin formalaşdırıcıları əsasında qurulur. Bu halı sistemin proqram təminatı işləyən zaman nəzərə almaq lazım gəlir.

İnterfeysin işləməsi alqoritmi aşağıdakından ibarətdir. HQ-na müraciət əmrinin yerinə yetirilməsi zamanı MP-nin ünvan şininə HQ-nun ünvanı yerləşdirilir. Deşifrator ünvan kodunu deşifrasiya edir və deşifratorun çıxışından uyğun siqnalla verilənlərin qəbul dövrəsi hazırlanır. Əmrin sonrakı taktında verilənlər MP-dən ünvanlanan bufer registrinə ötürülür və “yaddaş qurğusuna yazma” idarə signalı ilə seçilmiş bufer registrinə yazılır. Bundan sonra verilənlər HQ üçün açıq, mümkün olur.

MP ilə HQ arasında qarşılıqlı əlaqə xüsusi interfeys BİS-adapterlərdən istifadə etməklə sadələşir. İnterfeys BİS-adapterlər verilənlərin mübadiləsinin müxtəlif üsullarını təmin edir.

Mühazirə 13. Mikrokontrollerlərin strukturları və tibbi aparatlarda onların tətbiqi.

Mikrokontroller müxtəlif elektron qurğularının, sistemlərin idarə olunması üçün nəzərdə tutulmuş xüsusi növ BİS-dir. Mikrokontrollerlər ilk ümumi təyinatlı mikroprosessorlarla eyni vaxtda ilk dəfə 1971-ci ildə meydana gəlmişdir.

Mikrokontroller yaradıcıları çox ağıllı olan prosessor, yaddaş, DYQ və periferiya qurğularını adi mikrosxemə oxşar bir korpusun içərisində birləşdirilməsi ideyasını fikirləşib həyata keçiriblər. Elə buna görə də mikrokontrollerlərin illik istehsalı mikroprosessorların istehsalından olduqca çoxdur, ancaq onlara tələbat isə heç azalmır.

Qeyd olunduğu kimi çoxlu kompaniyalar mikrokontrollerlər istehsal edir, belə ki, yalnız müasir 32-bitli yox, həm də 16-, hətta 8-bitli (İ8051 və onların anloqları) mikrokontrollerlər də istehsal olunur. Hər bir BİS ailəsinin daxilində tez-tez demək olar ki, eyni olan, mərkəzi prosessor qurğusunun (MPQ) sürəti və yaddaşın həcmi ilə fərqlənən modellərə rast gəlmək olar.

Mikrokontrollerlər əsasən daxili sistemlərdə, oyuncaqlarda, dəzgahlarda, kütləvi məişət texnikasında, prosessorun böyük gücü tələb olunmayan məişət və sənaye avtomatikasındakı, ən başlıcası qiymət və yerinə yetirilə biləcək funksiyalar arasındakı nisbətə saxlanılması tələb olunan halda tətbiq olunurlar.

Ona görə də mikrokontrollerlərin hətta ən köhnə tipləri bir sıra avtomatlaşdırma məsələlərində tətbiq olunmaqdadır.

Mikrokontroller çoxlu sayda parametrlərlə xarakterizə olunur, o, eyni zamanda proqramla idarə olunan qurğu və elektron cihazdır (mikrosxemdir). Mikrokontroller sözündə "mikro" sözünü onun mikroelektron texnologiyası üzrə yerinə yetirildiyini bildirir.

İşlədiyi zaman mikrokontroller yaddaşdan, yaxud giriş portundan əmrləri oxuyur və onları yerinə yetirir. Hər bir əmr mikrokontrollerin əmrlər sistemi ilə müəyyən olunur. Əmrlər sistemi mikrokontrollerin arxitekturasında qoyulub və əmrlərin kodlarının yerinə yetirilməsi mikrosxemin daxili elementləri tərəfindən mikroəmaliyyatların yerinə yetirilməsində ifadə olunur.

Mikrokontroller müxtəlif elektron və elektrik qurğularının asanlıqla (elastik) idarə olunmasına imkan verir.

Adətən mikrokontrollerlərin yaddaşı 2-dən 128KB-yə qədər olur. Əgər proqram həcmi kiçikdirsə, proqramı Assemblerdə, yaxud Fortranda yazmaq lazım gəlir, əgər imkan varsa Beysikin, Paskalın, xüsusən də Ci proqramının xüsusi versiyaları istifadə olunur. Mikrokontrolleri tamamilə proqramlaşdırmaq üçün, ilk növbədə onu proqram, yaxud aparat simulyatorlarında test edirlər.

Mikrokontrollerlər (MK) mikroprosessorlu sistemlərin (mikro – EHM-lərin) bir növü olub texniki qurğuların və texnoloji proseslərin idarə olunması alqoritmlərinin realizə edilməsinə yönəldilmişdir.

Universal mikro EHM-lərlə müqayisədə mikrokontrollerlər daha sadədir və 30 ildən çoxdur ki, MK-nın sxemotexnikasının bir kristal üzərində yerləşdirilməsinə nail olmuşlar. İlk vaxtlar MK-lara verilən adlardan biri də “birkristallı mikro EHM” – dir. MK-ların yaradılması onu bildirir ki, müəyyən sinifdən olan məsələlərin tam həcmdə həll olunmasına imkan verən belə funksional tamamlanmış böyük İS-lərin (BİS) yaranmasını bildirir.

MK-nın universal EHM-dən əsas fərqi yaddaş həcmnin az olması və xarici qurğularının tərkibinin çox az fərqlənməsidir. Universal mikro –EHM-in tərkibinə böyük həcmli yaddaşın və yüksək cəld işləməyə malik olan yaddaş modulları daxil olur, YQ-nin ierarxiyası mürəkkəbdir, çünki çox məsələləri (avtomatlaşdırılmış

layihələndirmə, kompüter qrafikası, multimediya əlavələri və s.) bunsuz həll etmək qeyri-mümkündür. MK üçün vəziyyət tam başqadır, onlar əvvəldən məlum olan mürəkkəb olmayan alqoritmləri yerinə yetirir, və proqramın yerləşdirilməsi üçün, geniş təyinatlı mikro-EHM-lərdə olduğundan bir neçə tərtib az olan yaddaş tələb olunur. Nəticədə mikro EHM-in modulları konstruktiv müstəqildirlər, MK isə tərkibində eyni funksional təyinatlı modullar olmağına baxmayaraq, bir kristalda yerinə yetirilir.

Mikroprosessoru (yəni sistemin əsas elementi olan mərkəzi prosessoru) və MK-nı (yəni bütövlükdə sadə olan mikrosxemi) müqayisəsindən görünür ki, MK kommersiya nöqtəyi nəzərindən daha çox üstünlüklərə malikdir. Ona görə də MK istifadəçilərinin sayı MP-lərin digər mikrosxemlərinin istifadəçilərindən dəfələrlə çoxdur.

İlk MK (səkkiz dərəcəli MK 8048) 1976-cı ildə İntel firması tərəfindən buraxılmışdır. Hal-hazırda çoxlu şirkətlər tərəfindən 8-, 16-, 32-dərəcəli, yaddaş həcmi onlarla Kbayt olan, böyük olmayan verilənlər OYQ-si və paralel və də ardıcıl daxiletmə/çıxarma portları kimi olan interfeys və periferiya sxemlərinə, , taymerlərə, analoq-rəqəm və rəqəm-analoq çeviricilərə, eninə-impul modulyatorlara və s. MK-lar buraxırlar.

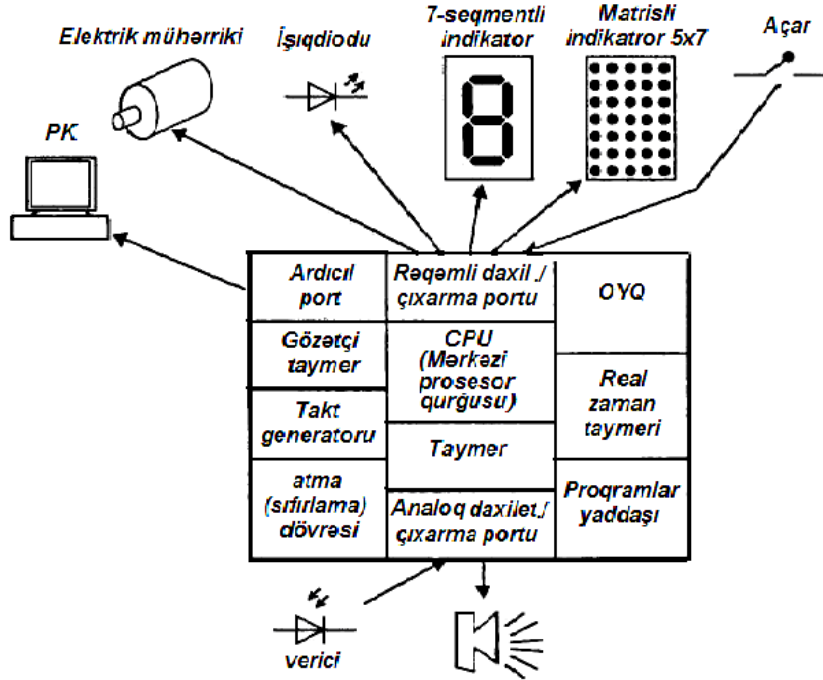
Buraxılan MK-lar arasında 8 - dərəcəli MCS – 51/151/251 və 16 – dərəcəli MCS – 96/196/296 (İntel firması) kontrollerlər ailəsi daha geniş tətbiq tapmışdır. Çoxlu istehsalçılar bu qrupun analoqu olan, yaxud onlarla uzlaşa bilən MK-lar buraxırlar. Keçmiş SSRİ məkanında və hal hazırda Rusiyada K1816BE51, K1830BE51 nomenklaturalı 8-dərəcəli MK-lar və onların modernləşdirilmiş markaları buraxılır. Son illər İntel öz gücünü kompüterlər üçün nəzərdə tutulmuş mürəkkəb MP-lərin istehsalına yönəlmişdir və sadə MK-ların istehsalı bazarı sektorunu digər firmalara , o cümlədən, İntel firmasının 8-dərəcəli MK-lar ailəsinin

funksional analoqu olub, proqramların Fleş-yaddaşı ilə olan məşhur AT89 seriyalı MK-ları istehsalçısı Atmel firmasına vermişdir.

16- və 32-dərəcəli yeni nəsil MK-ların olmasına baxmayaraq, 8-dərəcəli MK-lar geniş tətbiq olunmaqdadır, belə ki, MK-ların realizə bazarının yarıya qədəri (10 milyarddan çox) 8-dərəcəli MK-lara məxsusdur.

Hal-hazırda istənilən ölçmə sisteminin və idarəetmə sisteminin baza elementi mikro-EHM (mikrokontroller) olub, bu sistemin miniatürləşdiril-məsinə, funksional imkanlarının genişləndirilməsinə, xarici sadə daxiletmə/ çıxarma qurğularının (düymələrin və işıq diodlarının) qoşulmasını yerinə yetirməyə, RS-232 və digər bu tipli interfeyslər vasitəsilə kompüter və mikrokontroller arasında əlaqə yaratmağa imkan verir. Digər tərəfdən mikrokontrollerlər bir çox müasir qurğu və cihazların, o cümlədən məişət avadanlıqlarının əsasını təşkil edir. Konstruktor-layihələndirici nöqtəyi-nəzərindən mikrokontrollerlərin əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, onun köməyi ilə müxtəlif sxemləri daha asan və çox vaxt olduqca ucuz realizə etmək olar. Şəkil 1-də müasir çoxfunksiyalı tipik mikrokontrollerin struktur sxemi verilmişdir.

Şəkildən göründüyü kimi mikrokontrollerlər minimal əlavə qovşaqlar (düyünlər) olmaqla müxtəlif qurğuların idarə olunmasını və onlardan verilənlərin qəbul olunmasını təmin edə bilər, çünki periferiya qurğularının əksəriyyəti artıq mikrokontrollerin kristalında var. Bu öz növbəsində konstruksiyanın ölçülərini kiçildilməsinə və qida mənbəyindən tələb olunan enerjinin azaldılmasına imkan verir.



Şəkil 1. Çoxfunksiyalı tipik mikrokontrollerin struktur sxemi

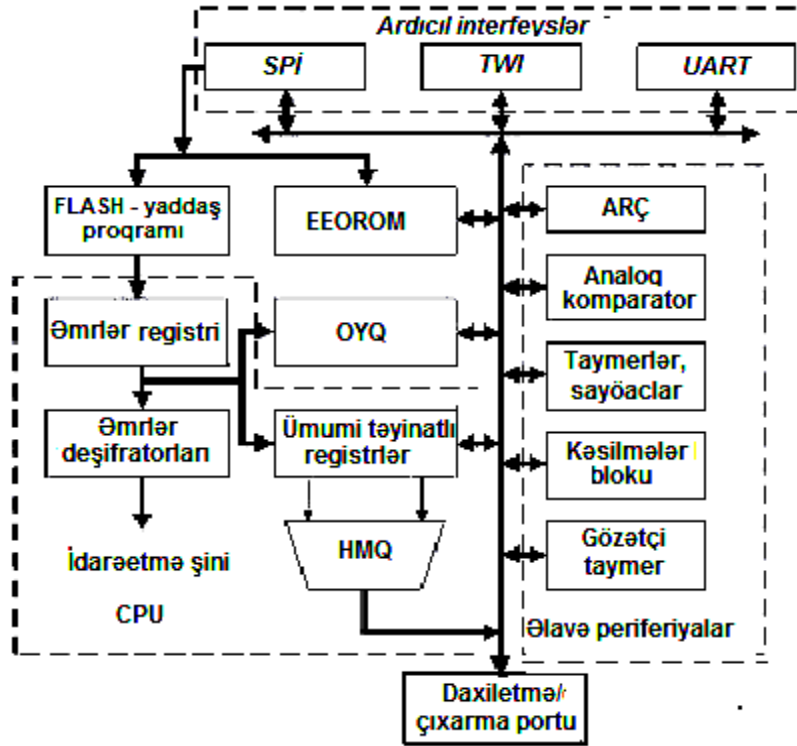
Müqayisə üçün qeyd etmək lazımdır ənənəvi mikroprosessoru istifadə etdikdə digər qurğularla uzlaşmanı təmin etmək məqsədilə çəki, ölçü parametrlərinin və enerji sərfinin artmasına gətirib çıxaran əlavə elementlərin istifadə olunması zərurəti yaranır.

Mikrokontrollerlərdə olan tipik struktur sxemi nəzərdən keçirək:

Mərkəzi prosessor qurğusu (CPU) mikrokontrollerin ürəyidir. O, proqramlar yaddaşından əmrlər kodlarını qəbul edir, onları dekodlaşdırır və yerinə yetirir. CPU registrlərdən, hesab-məntiq qurğusundan (HMQ) və idarəetmə qurğusundan ibarətdir. *Proqram yaddaşında*, ardıcılığı mikro-kontroller üçün fəaliyyət proqramını formalaşdıran əmrlərin kodları saxlanılır. *Operativ verilənlər yaddaşında (OYQ –Operativ yaddaş qurğusu)*, dəyişən proqramlar saxlanılır. Mikrokontrollerlərin əksəriyyətində bu qurğuda həm də stek yerləşmişdir. *Takt generatoru*, mikrokontrollerin işinin sürətini təyin edir. *Atma (sıfırlama) dövrəsi*,

mikrokontrollerin düzgün işə salınmasına xidmət edir. *Ardıcıl port*, çox lazımlı element olub, çox az sayda naqillərlə xarici qurğularla verilənlərin mübadiləsini aparmağa imkan verir. *Rəqəmli daxiletmə/çıxarma portları (xətləri)*, ardıcıl portlarla müqayisədə bu xətlərin köməyi ilə eyni vaxtda bir neçə xətti idarə etmək (yaxud bir neçə xətti yoxlamaq) olar. *Taymer*, zaman intervallarının sayılması (hesablanması) üçün istifadə olunur. *Gözetçi taymer*, xüsusi taymer olub, proqramlarda baş verən pozulmaların qarşısını almaq üçün nəzərdə tutulub. Bu taymer belə işləyir: işə salınmadan sonra verilmiş zaman intervalını saymağa başlayır. Əgər proqram onu bu zaman intervalı başa çatana kimi yenidən işə salmazsa, onda gözetçi taymer mikrokontrolleri yenidən işə salır. Beləliklə proqram, gözetçi taymerə iş rejiminin qaydada olması signalı verməlidir. Əgər proqram bunu etməzsə, deməli hər hansı bir səbəbdən pozulma baş verib.

Son illər geniş tətbiq tapan AVR mikrokontrollerləri bir çox xüsusiyyətləri ilə fərqlənirlər. AVR-in tipik mikrokontrollerlərdən fərqli cəhətləri, onun əksər markalarına xas olan struktur sxemindən aşkar görünür (şəkil -2).



Şəkil 2. AVR-mikrokontrollerinin struktur sxemi

AT89C ailəsindən olan MK strukturunda verilənlərin Fləş və OYQ tipli proqram yaddaşlarının ayrı-ayrı blokları (Harvard arxitektirası) istifadə olunur.

Mühazirə 14 . Tibbi rəqəm qurğuların avtomatlaşdırılmasının metodikası

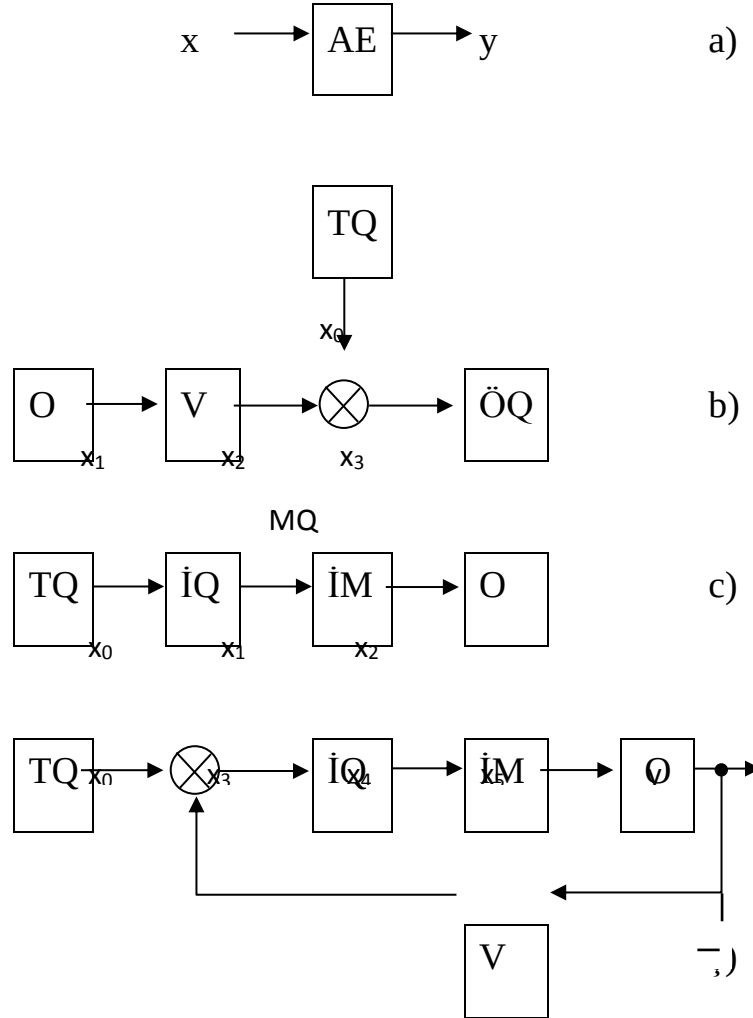
Avtomatik sistemlər bir – biri ilə əlaqədə olan, müəyyən funksiyaları yerinə yetirən və ümumiyyətlə, bütün idarəetmə prosesini, başqa sözlə, ilkin informasiyanın alınmasını, informasiya signalının gücləndirilməsini və onların idarəedici signalara çevrilməsini, icra mexanizmlərinə təsirini və s. təmin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

Avtomatik sistemlərin element və qurğuları özlərinin konstruksiyalarına, iş prinsiplərinə, xarakteristikalarına, çevrilən signalların 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 signalı 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 verilir.



Şəkil 1.1

ciyə V daxil olur və orada ölçmək üçün münasib olan x_2 kəmiyyətinə çevrilir. x_2 signalı x_0 etalon signalı ilə müqayisə qurğusunda MQ müqayisə olunur. x_0 etalon signalı tapşırıq qurğusundan TQ daxil olur. Müayisə nəticəsində alınan signal x_3 ölçmə qurğusuna ÖQ verilir.

Avtomatik nəzarət istənilən prosesin avtomatlaşdırılmasının birinci pilləsidir.

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

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

Avtomatik tənzimləmə sistemlərində tənzimləmə kəmiyyətinin 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 signalları obyektədən götürülən x_1 və vericinin çıxışında alınan x_2 signalı ilə x_0 tapşırıq signalının müqayisəsindən alınır. Əgər x_0 və x_2 signalları biri – birinə bərabər deyilsə, tənzimləyici təsir tələb olunur və müqayisə qurğusunun çıxışında x_3 signalı 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. *İzləyici 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 parametrin 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, gücləndiricilərə, 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 signalını x elektrik y signalına çevirir.

Gücləndiricilər –avtomatika elementi olub, giriş signalını 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 yaranan 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 yaranan 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 signalların avtomatik idarə olunan kommutatorları kimi, verilənləri yığma və ötürmə sistemlərində, avtomatik nəzarət, signalizasiya, 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.

Mühazirə 15. Sxemotexnikanın elementləri və onların nəzəri əsasları

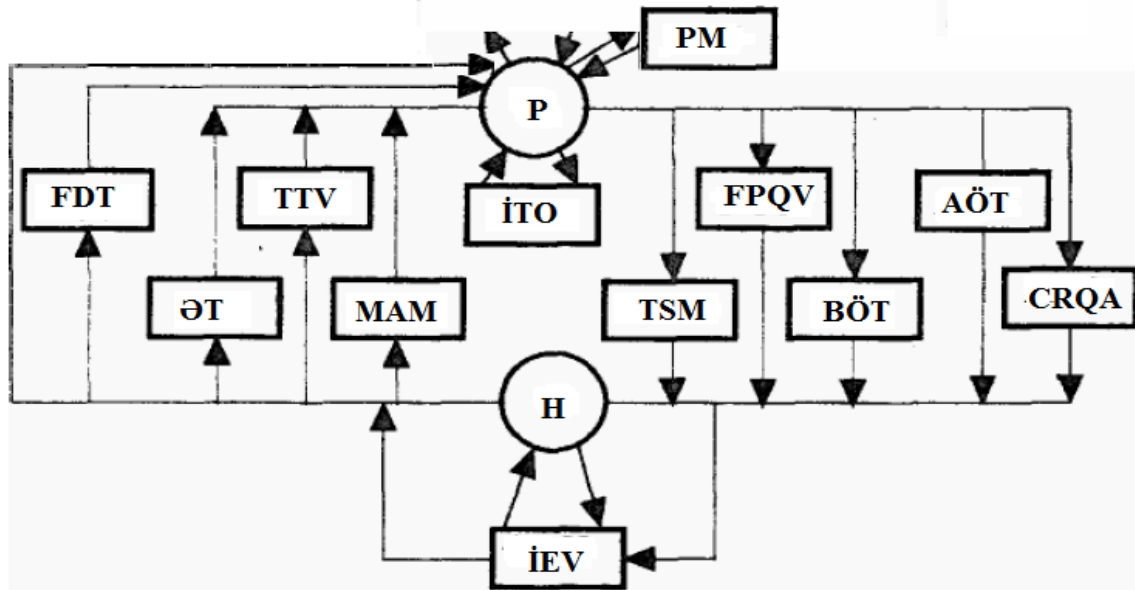
Biotibbi sistemlərdə istifadə olunan texniki vasitələr olduqca geniş təsnifata malikdirlər. Belə sistemlərdə həm elektron texnikasının elementləri həm də ölçü çevirmələrinin element və qurğuları tətbiq edilir. Müasir tibbi aparatların əsas qovşaqları rəqəmsal texnika üzərində qurulduğu üçün həmin rəqəm texnikası elementləri kimi analoq rəqəm və rəqəm analoq çeviricilərindən geniş istifadə olunur ki, onlarda bioloji obyektlərdən daxil olan siqnalların çevrilməsi üçün istifadə olunur. Beləki orqanizmdən götürülüb ölçülən siqnalların xarakteri sinusoidə yaxın olduğu üçün yəni analoq siqnalı olduğu üçün bu siqnalları analoq rəqəm çeviricisi vasitəsilə rəqəm kodlarına çevirməsi lazım gəlir ki, onların çıxışında alınan impulslar mikrokontrollərə yada mikroprosessorlara daxil olaraq emal edilir. Bəzi siqnalların analoq siqnallarına çevrilməsi lazım gəldikdə isə rəqəm analoq çeviricilərindən istifadə olunur. Göstərilən bu çeviricilərin olduqca geniş növləri vardır. Bundan başqa ölçülən informasiyanın çevrilməsindən sonra onun yadda saxlanması üçün bir sıra yaddaş qurğularından istifadə olunur ki, onlarada misal olaraq operativ yaddaş qurğularını, sabit (daimi) yaddaş qurğularından başqa yenidən proqramlaşdırılan yaddaş qurğularından istifadə olunur. Yeni proqramlaşdırılan yaddaş qurğularından ən çox mikrokontrollerlərdən istifadə olunur ki, orayada informasiyanı bir neçə dəfə yazmaq və pozmaq mümkündür. Orqanizmi ayrı-ayrı sistemlərində biopotensialların ölçülməsi və diaqnostika məqsədi ilə bir sıra methodlardan və ölçü çeviricilərindən istifadə olunur. Belə çeviricilərə misal olaraq rezistiv, tutum, induksiya, pyezovericiləri, tenzovericiləri və ultrasəs qurğularında istifadə olunan vericiləri göstərmək olar. Orqanizmdə qanın axın sürətini və konsentrasiyasını ölçmək üçün dopler methodundan istifadə edilir ki, oradada ultrasəs vericiləri olan pyezovericilərdən istifadə olunur. Göründüyü kimi tibbi

aparatların yaradılmasında elektron elementləri ilə bərabər informasiya çeviriciləri böyük rol oynayırlar. Bioelektrik potensialını qeyd edən texniki elementlərdir ki, onlarda impedansı, optik xarakteristikaları sıxlığı, temperaturu, təzyiqi ölçən vasitələrdir.

Tədqiq olunan obyektin idarə olunması qurğuları daxildir. Ətraf mühitin parametrlərinin idarə olunmasında istifadə olunan vasitələrdir ki, onlarda nəmliyi, oksigenin miqdarını və digər parametrlərini təyin etmək üçün lazım olan vasitələrdir. Öz funksiyasını itirmiş orqanların funksional olaraq müəyyən zaman ərzində bərpasını təmin edən vasitələrdir ki, onlarda sünni qan dövranını yaradan aparatlar sünni böyrəklər, ürəyin şuntlanması istifadə edilən protezləri ayrı-ayrı orqanların stimullaşdırılmış şəkildə elektrokardiostimulyatorları, əzələlərin stimulyatorlarını göstərmək olar.

İnformasiyanın avtomatlaşdırılmış sistemini göstərmək olar ki, burada da verilənlərin analizi və proqram vasitəsilə bioloji obyektlərin vəziyyətinin idarə olunmasını göstərmək olar. Burada əsas məsələ informasiyanın interaktiv rejimdə emalını aparmaqdır ki, o da proqramla real vaxt rejimində yerinə yetirilir.

Vəziyyətin normallaşdırılmasını təmin edən vasitələr daxildir ki, bunlarda xüsusi növ aparatlar vasitəsilə yerinə yetirilir.



PM-protez məmulatı; P-patsient; FDT-funksional dozalaşmış təsir; ƏT-əməliyyat texnikası; TTV-terapevtik təsir vasitəsi; MAM-müalicənin adi methodu; İTQ-implentanan texniki qurğu; H-həkim; İEV-informasiyanın emal vasitəsi; TSM-tədqiqatın sadə methodu; FPQV-fizioloji proseslərin qeydetmə vasitəsi; BÖT-bioloji ölçü texnikası; AÖT-analitik ölçü texnikası; CRQA-cavab reaksiyasının qeydi və analizi; XT-xəstəxana texnikası.

Biotibbi sistemlərdə ən çox istifadə olunan biotibbi vasitələr kimi diaqnostika aparatlarında, terapiya aparatlarında və bir sıra komputer tomoqrafiya və ultrasəs tədqiqat aparatlarında istifadə olunan texniki vasitələri göstərmək olar. Göstərilən bu aparatlarda tətbiq edilən elektron qurğuları olduqca böyük təsnifata malikdirlər. Belə ki, bu aparatlarda ən çox istifadə edilən gücləndiriciləri müxtəlif generatorları, analoq rəqəm çeviricilərini və rəqəm analoq çeviricilərini göstərmək olar.

1. Əsas ədəbiyyat

1. Н.А.Кореневский, Е.П.Попечителев. Узли и элементы биотехнических систем. Старый оскол, ТНТ, 2012-448 С.
2. В .Г. Гусев. Получение информации о параметрах и характеристиках организма и физические методы воздействия на него. –М.: Машиностроение, 2004 – 597 с
3. Н.А. Кореневский, Е.П. Попечителев, С.А. Филист Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы. Курск ,ОАО «ИПП Курск», 2009, 285 с.

2 Əlavə ədəbiyyat

4. R.T.Hümbətov. Elektronika I hissə. Bakı, Maarif, 2002, 283 səh.
5. R.T.Hümbətov. Elektronika II hissə. Bakı, Maarif, 2010, 310 səh.