

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
SUMQAYIT DÖVLƏT UNIVERSİTETİNİN NƏZDİNDƏ
SUMQAYIT DÖVLƏTEXNİKİ KOLLECI

Elektrotexnika və elektronika

fənnindən mühazirələr

Orta İxtisas Təhsil müəssisələrində
fənnin tədrisi üçün nəzərdə tutulub

SUMQAYIT- 2020

Mövzuların adı

1. Elktrotexnikanın əsasları.
2. Elektrik dövrəsi.
3. Elektrik cərəyanı və cərəyan şiddəti.
4. Müqavimət və keçiricilik.
5. Gərginlik və e.h.q-si.
6. Om qanunu.
7. Kirxhof qanunları.
8. Cərəyanın işi, gücü və istilik təsiri.
9. Rezistorlar.
10. Kondensatorlar.
11. Ekvivalent generator üsulu.
12. İnduktiv sarğaclar
13. Maqnit sahəsinin əsas kəmiyyətləri.
14. Tam cərəyan qanunu.
15. Elektromaqnit induksiyası hadisəsi.
16. Qarşılıqlı induksiya və özünəinduksiya.
17. Sinusoidal dəyişən cərəyan e.h.q.-nın alınma
18. Transformatorların soyudulması.
19. Asinxron mühərriklər. Asinxron mühərriklərin təyinatı və iş prinsipi
20. Asinxron mühərriklərin ekvivalent sxemi.
21. Asinxron mühərriklərin işə qoşulması və mexaniki xarakteristikası.
22. Sinxron maşınlar. Sinxron maşınların təyinatı və iş prinsipi
23. Sinxron generatorun xarakteristikaları.
24. Elektrik intiqalı haqqında ümumi məlumat.
25. Elektrik intiqalı üçün mühərrikin seçilməsi
26. Elektrik intiqalının iş rejimləri
27. Ölçmə prosesi haqqında ümumi anlayış
28. Elektrik ölçmə qurğuları.
29. Ölçmələrin növləri.
30. Kompensasiya ölçmə üsulu.
31. Ölçmə cihazlarının və çeviricilərinin xətləri.
32. Elektron ölçmə cihazları.
33. Fasiləsiz kəmiyyətlərin koda çevriləməsi üsulları
34. Rəqəm ölçmə cihazları və rəqəm ölçmə qurğularının təsnifatı.
35. İkiqütblülər.
36. Dördqütblülər.
37. Elektrik süzgəcləri.
38. Avtorəqs dövrələri.
39. Paylanmış parametrləri dövrələr haqqında ümumi məlumat.
40. Bircins uzun xətlərin paylanmış parametrləri.
41. Elektronikanın predmeti.
42. Bərk cisimli elektronika
43. Elektronikanın təsnifatı və inkişaf perspektivləri. Vakuum elektronikası
44. Pyezoelektronika.
45. Elektron lampaları
46. Elektrovakuum pentodları.
47. Elektron -şüa və fotoelektron təcəhazları
48. Kineskoplar
49. Elektron ossiloqrafları
50. Yarımkeçirici diodlar. Düzləndirici diodlar
51. Bipolar tranzistorlar
52. Bipolar tranzistorların iş prinsipi
53. Bipolar tranzistorların qoşulma sxemləri
54. Bipolar tranzistorların iş rejimləri
55. Tiristorlar haqqında ümumi məlumat
56. Tiristorun ekvivalentsxemi
57. Gücləndiricilərin qurulmasının əsasları
58. Gücləndiricilərdə əks əlaqə
59. Əməliyyat gücləndiriciləri haqqında ümumi məlumat.
60. Elektrik rəqsləri generatorları

61. Kompratorlar
62. Verici elektron -şüa cihazları
63. Kvant elektronikası.Optik kvant generatorları

Elektrotexnikanın əsasları

Elektrotexnika- elektrik hadisələrinin praktiki tətbiqiilə bağlı olan proseslər haqqında olan elmdir. Bu elm sahəsi elektrik və maqnit hadisələrinin qanunauyğunluqlarını, elektrik enerjisinin hasilatı,ötürülməsi, paylanması və tətbiqini tədqiq edir. Bu texnika sahəsi elektrik enerjisinin iqtisadiyyatın bütün sahələrində, hərbi işdə və məişətdə tətbiqi ilə əlaqədardır.1758- ci ildə rus alimi F.Epunas ilk dəfə olaraq «elektrik qüvvəsi» ilə maqnetizm arasında sıx əlaqə olduğunu söyləmişdir. 1785-ci ildə Ş.Kulon elektrikləşmiş cisimlər arasındaki qarşılıqlı təsir qanununu və maqnitqütbləri arasında qarşılıqlı təsir qanunlarını müəyyən etmişdir. 1820- ci ildə H.K.Ersted elektrik çərəyanının maqnitəqrəbinə mexaniki təsirini müşahidə etmiş, A.Amper isə çərəyanlı solenoidin maqnit xassəsinə malik olduğunu kəşf etmişdir. Bu tədqiqatlar elektrik və maqnit hadisələri arasında sıx əlaqə olduğunu müəyyən etmişdir. 1831- ci ildə M.Faradey tərəfindən elektromaqnit induksiyası hadisəsi kəşf olunduqdan sonra elektrik maşınlarının yaradılmasının əsası qoyulmuşdur.

Qövs lampaları (P.N.Yablockov,1876) və eləcə də közərmə lampaları (A.N.Lodigin,1872 və T.Edison, 1879) vasitəsilə elektrik işıqlanma sistemləri hazırlanı. Elektrikin bu praktiki tətbiqi elektrotexnikanın inkişaf etməsinə səbəb oldu.Üçfazalı çərəyan texnikasının yaranması elektro -energetikanın inkişafında müasir mərhələnin başlanğıçı oldu.

Rus alimi M.O.Dolivo- Dobrovolskinin qısa qapanmış və faza rotorlu üçfazalı asinxron mühərriklər,üçfazalı transformatorlar, avtotransformatorlar, elektrik enerjisinin üç və dördməftilli xəttlər sistemi haqqında yaratdığı əsərlər üçfazalı çərəyan sisteminin işlənməsinə səbəb oldu.

Elektrotexnikanın nəzəri əsaslarını maqnit və elektrik dövrələri nəzəriyyəsi və elektromaqnitsahəsi nəzəriyyəsi təşkil edir.

Maqnit və elektrik dövrələr nəzəriyyəsinin əsasını Om qanunu (1827), Coul-Lents qanunu (1844) və Kirxhof qanunu (1847) təşkil edir. Elektromaqnit sahəsi haqqındaki müasir elm elektromaqnit dalğalarının mövçud olduğunu və onların işıq sürəti ilə yayıldığı sübut etmiş Ç.K.Maksvellin nəzəri tədqiqatlarına əsaslanır. Bu nəzəriyyə təcrübə yolu ilə H.Herts, elektromaqnit dalğalarının alınması və yayılması təcrübəsilə P.N.Lebedev və dünyada ilk dəfə (1895) radio rabitəni həyata keçirmiş A.S.Popov tərəfindən,həmçinin radiotexnikanın sonrakı inkişafı ilə təsdiq edilmişdir.

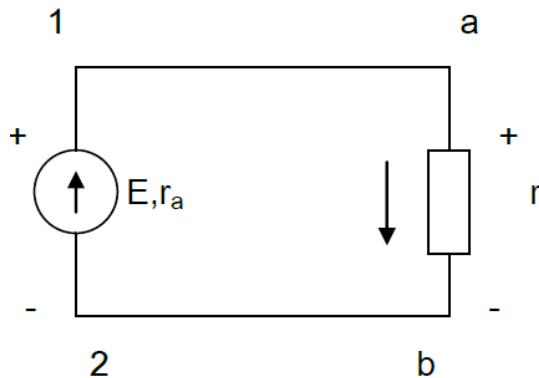
Elektrik dövrəsi

Məlumdur ki, yüksək həssəciklərin istiqamətləndirilmiş hərəkəti elektrik çərəyanını yaradır. Yüksək həssəciklərin fasilesiz istiqamətləndirilmiş hərəkətini almaq üçün qapalı elektrik konturunu yaratmaq lazımdır. Bu kontur enerji hasıl edən, enerji sərf edən və enerji nəql edən hissələrdən ibarət olmalıdır. Elektrotexnikada belə konturlara elektrik dövrəsi deyilir.

Elektrik dövrələrində elektrik enerjisi hasıl edən elementləri mənbə, elektrik enerjisi sərf edən elementləri işlədici və enerjini nəql edən elementləri isə xətlər adlandırırlar.

Qeyd edilən elementlərdən başqa real elektrik dövrələrində kommutasiya aparatlarından, çevirici qurğularдан, düzləndiricilərdən, ölçmə cihazlarından və s. istifadə olunur. Elektrik dövrəsindəki hər bir elementin xüsusiyyəti onların parametrləri ilə xarakterizə olunur.

Elektrik dövrəsinin real elementlərinə müqavimət (r), induktivlik (L) və tutum (C) aiddirlər. Bir parametrlə xarakterizə olunan dövrə ideal dövrə adlanır. Şək.1.1- də qapalı elektrik dövrəsinin sxemi göstərilir.



Şek.1.1. Qapalı elektrik dövrəsinin sxemi.

Baxılan dövrənin ab hissəsində yüklü hissəciklər potensialın azalan istiqamətində, 1-2 hissəsində isə potensialın artan istiqamətində hərəkət edirlər. Yüklü hissəciklərin qapalı dövrədə hərəkəti ancaq xarici təsir qüvvəsi hesabına baş verə bilər. Xarici təsir qüvvəsinin intensivliyi elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.- E) ilə xarakterizə olunur. Elektrik dövrələrindən istər cərəyan keçdikdə, istərsə də cərəyan keçmədiqdə bir sıra hadisələr baş verir. Ki, onların da mahiyyəti fiziki qanunlara əsasən izah olunur.

Elektrik cərəyanı və cərəyan şiddəti

Bütün metal cisimlərin tərkibində sərbəst hərəkət edən elektronlar vardır. Onlar atomlar arasındaki fazada arası kəsilmədən nizamsız surətdə hərəkət edirlər. Metal cisimlərin daxilində elektrik sahəsi yaradılsada, mənfi yüklü hissəciklər (sərbəst elektronlar) nizamlı hərəkətə gəlir və metalın müsbət potensialı ucuna cəzb olunacaqdır. Bu hadisə metal cisimlərin elektrik keçiriciliyi ilə xarakterizə olunur. Elektrik keçiricisi içərisində sərbəst elektronların müntəzəm istiqamətlənmiş hərəkətinə elektrik cərəyanı (I) deyilir. Elektrik cərəyanının istiqaməti şərti olaraq müsbətdən potensialdan mənfi potensiala qəbul olunur.

Cərəyanın qiyməti (I) vahid zamanda (1 saniyədə) naqılın en kəsiyindən keçən elektrik yüklerinin miqdarı ilə təyin olunur. Əgər cərəyanın qiyməti zamanla əlaqədar dəyişmirsə, onda

$$I = q/t \quad (1.1)$$

olur. Burada q - hər hansı t zaman müddətində naqılın en kəsiyindən keçən yüklerin miqdarını göstərir. Cərəyanın qiyməti zaman keçdikcə dəyişir (1.1) ifadəsi aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$I = \frac{dt}{dq} \quad (1.2)$$

burada i - cərəyanın istənilən t anındakı qiymətidir.

Bu kəmiyyət, elektrik cərəyanının qiymətini, yəni elektrik miqdarının dəyişmə sürətini göstərdiyi üçün cərəyan şiddəti adlanır. Elektrik cərəyanının şiddətindən başqa cərəyanın sıxlığı anlayışından da istifadə edilir. Vahid zamanda keçiricinin vahid en kəsiyindən (S) keçən elektrik miqdarına cərəyanın sıxlığı (δ) deyilir. Sabit cərəyan üçün $\delta = I/S$ və dəyişən cərəyan üçün isə $\delta = di/dS$ olur. Beynəlxalq vahidlər sistemi üzrə (S) cərəyanın vahidi 1 Amper (A), cərəyanın sıxlığı isə A/m^2 qəbul edilib (1 A=1 kl/san, yəni kulon/saniyə). Bundan başqa cərəyanın törmə vahidləri kimi kiloamperdən (1 $kA=10^3 A$), milliamperdən (1 $mA=10^{-3} A$) və mikroamperdən (1 $mkA=10^{-6} A$) istifadə edilir.

Müqavimət və keçiricilik

Elektrik enerjisindən istifadə edilməsinə imkan yaratmaq üçün elektrik dövrələri qurulmalıdır. Elektrik dövrələri keçiricilərdən qurulur. Belə keçirici mühitdən keçən elektrik yükleri həmin mühiti təşkil edən elektron və nüvələrə toxunur və belə toxunmalardan əmələ gələn ümumi müqavimətə rast gəlinir. Elektrik cərəyanına göstərilən xarakterli müqavimətin qiyməti keçiricinin uzunluğu ilə düz və en kəsiyinin sahəsi ilə tərs mütənasibdir:

$$r = \rho \frac{l}{S} \quad (1.3)$$

Burada r - keçiricinin elektrik müqaviməti, Ω ilə; l -keçiricinin uzunluğu, m ilə; S -keçiricinin en kəsiyininsahəsi, mm^2 ilə və ρ - keçiricinin materialının xüsusi elektrik müqavimətidir:

$$[\rho] = [rS/l] = \Omega \cdot mm^2/m \quad (1.4)$$

Xüsusi müqavimətin tərs qiymətinə xüsusim keçiricilik deyilir:

$$\gamma = 1/\rho [m/\Omega \cdot mm^2], \quad (1.5)$$

Metal naqilin elektrik müqavimətinin temperaturdan asılılığı aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$r_{\theta_2} = r_{\theta_1} [1 + \alpha (\theta_2 - \theta_1)] \quad (1.6)$$

burada r_{θ_2} və r_{θ_1} - θ_2 və θ_1 temperaturlarda naqilin

müqavimətidir; α - naqilin temperatur əmsalıdır (mis üçün 0,004- ə və alüminium üçün isə 0,00416- ya bərabərdir). Naqillərin müqavimət vahidi Ω , keçiricilik vahidi isə Simensdir (Cm).

Elektrik müqaviməti və keçiriciliyi verilən cisim üçün sabit qalmır. Bu kəmiyyətlər götürürlən keçiriciyə təsir edən fiziki göstəricilərin (istiliyin və təzyiqin) dəyişməsindən də asılıdır.

Gərginlik və elektrik hərəkət qüvvəsi

Hərəkət edən yüklü hissəcik mühiti keçmək üçün müəyyən enerji sərf edir. Buna görə də həmin yüklü hissəciyin, öz yoluna başlamazdan əvvəl, lazım olan qədər enerjisi olmalıdır. Vahid yüklü bir hissəcik öz hərəkəti zamanı keçiricinin müxtəlif nöqtələrindən keçirse o, özündə əvvəlcədən topladığı ehtiyat enerjini tədricən sərf etməlidir. Vahid yüklü hissəciyin hər bir nöqtədəki enerjisini bilmək üçün həmin nöqtədəki enerjini, əvvəlcədən məlum olan bir nöqtənin enerjisi ilə müqayisə etmək lazımdır. Həmişə sistemin yerlə əlaqədar bir nöqtəsi məlum nöqtə kimi götürülür. Buna görə də dövrənin istənilən bir nöqtəsindəki vahid yükün, yerlə əlaqədar olan başqa bir nöqtədəki vahid yükə nisbətən enerjisinə həmin nöqtənin potensialı deyilir.

Elektrik potensialının azalması və ya ona bərabər qiymətdə potensiallar fərqi dövrə hissəsinin gərginliyi adlanır.

Verilmiş dövrə hissəsində (şək.1.2) gərginlik aşağıdakı kimi tapılır:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \frac{A_{12}}{q} \quad (1.7)$$

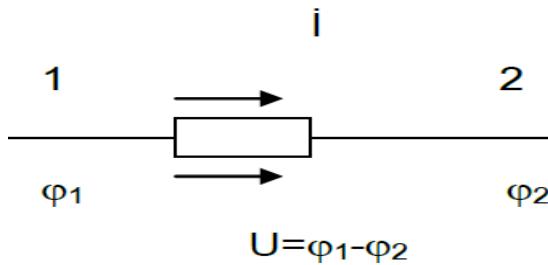
burada φ_1 və φ_2 - 1 və 2 nöqtələrinin potensialları; q - köçürürlən yükün miqdarı; A_{12} - q yükünün 1 nöqtəsindən 2 nöqtəsinə köçürülməsi üçün görülən işdir. Bir Kulon yükü hərəkət etdirmək üçün mənbəyin gördüyü iş onun elektrik hərəkət qüvvəsinə (E) bərabər olur:

$$E = \frac{A}{q} \quad (1.8)$$

1 və 2 nöqtələri arasındaki gərginlik isə aşağıdakı kimi qiymətləndirilir:

$$U_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \text{Coul/kulon} = 1 \text{ Volt} \quad (1.9)$$

Beynəlxalq vahidlər sistemi üzrə (Si) gərginliyin və e.h.q.-nin vahidi Volt (V) qəbul edilib (1 V=1 Coul/Kulon). Bundan başqa onların törəmə vahidləri kimi kilovoltdan (1 kV=10³ V), millivoltdan (1 mV=10⁻³ V) və mikrovoltdan (1 mkV=10⁻⁶ V) istifadə edilir.



Şək.1.2. Elektrik hərəkət qüvvəsi olmayan dövrə hissəsi.

Om qanunu

Qapalı elektrik dövrələrini xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər cərəyan şiddəti, elektrik hərəkət qüvvəsi və müqavimət arasındaki asılılığın riyazi ifadəsi ilk dəfə 1827-ci ildə Om tərəfindən verilmişdir. Odur ki, bu asılılıq Om qanunu adlanır. Om qanununa görə dövrə hissəsindən axan cərəyan bu hissədəki gərginliklə düz mütənasibdir:

$$I = U^*g \quad (1.10)$$

Mütənasiblik əmsali g dövrə hissəsinin keçiriciliyi adlanır. Keçiriciliyin tərs qiyməti

$$r = 1/g \quad (1.11)$$

kəmiyyətcə dövrə hissəsinin müqavimətini göstərir. Dövrə hissəsi üçün Om qanunu belə ifadə olunur:

$$I = U/r \quad (1.12)$$

qapalı elektrik dövrəsinə ardıcıl birləşdirilmiş bütün elementlərdən ejni bir cərəyan (I) axlığından onun qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$I = \frac{E}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{E}{r_1 + r_{xar}} \quad (1.13)$$

burada r_1 - generatorun müqaviməti; r_2 - birləşdirici xəttin müqaviməti; r_3 - yük müqaviməti; $r_{xar} = r_2 + r_3$ - xarici dövrənin ümumi müqavimətidir. Qapalı dövrə üçün Om qanunu belə də ifadə oluna bilər:

$$E = Ir_1 + Ir_2 + Ir_3 \quad (1.14)$$

Cərəyanla müqavimətin hasili gərginlik düşgüsü adlanır. Xarici dövrədə gərginlik düşgüsü generatorun sıxaclarındakı gərginliyə bərabərdir:

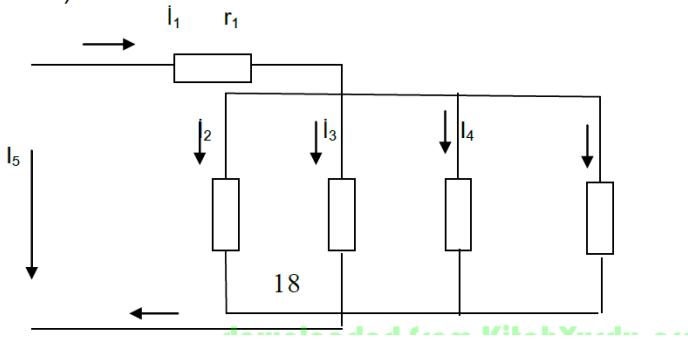
$$U = E - Ir \quad (1.15)$$

Buradan Om qanununun böyük əhəmiyyəti olan aşağıdakı nəticəsini alırıq: qapalı dövrələrdə mənbəyin e.h.q.-si iki gərginlik düşgüsünün, mənbə yin daxili və xarici dövrədəki gərginlik düşgülərinin cəminə bərabərdir.

Kirxhof qanunları

Mənbə və işlədicilərin öz aralarında paralel və ardıcıl birləşdirilməsi nəticəsində yaranan mürəkkəb elektrik dövrələrini təhlil etdikdə və hesablaşdırıldığda elektrik sxemini tərtib edib bütün birləşmələri göstərmək lazımdır. Ardıcıl birləşdirilmiş bir və ya bir neçə element budaq təşkil edir. Budaqdakı ardıcıl bağlanmış hər bir elementdən eyni cərəyan axır. Üç və üçdən çox budağın birləşdiyi yer düyüñ nöqtəsi adlanır. Budaqlanmış dövrələrin müqavimətləri eyni olmadığı halda onlardan keçən cərəyan müxtəlif olur

(şək.1.6).



Şək.1.6. Budaqlanan dövrə

Kirxhofun birinci qanunu belə bir budaqlanan dövrədə cərəyanın itməməsi qanununu ifadə edir: dügün nöqtəsinə gələn cərəyanların cəmi həmin nöqtədən çıxan cərəyanların cəminə bərabər olur.

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5 \quad (1.24)$$

və ya elektrik dövrəsinin dügün nöqtəsindəki cərəyanların cəbri cəmi sıfır bərabərdir:

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0 \quad (1.25)$$

Kirxhofun ikinci qanunu mürəkkəb dövrələrdə gərginliklərin paylanması müəyyən edir və belə ifadə edilir: qapalı konturda elektrik hərəkət qüvvələrinin cəbri cəmi həmin konturdakı gərginlik düşşülərinin cəbri cəminə bərabərdir:

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{j=1}^m I_j r_j \quad (1.26)$$

Konturdan keçən cərəyanların istiqamətlərini əvvəlcədən şərti olaraq seçirik. Qapalı konturu saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində dolanan cərəyanlar və e.h.q.- lər müsbət, eks halda isə mənfi qəbul edilir.

Cərəyanın işi, gücü və istilik təsiri

Uclarında φ_1 və φ_2 potensialları olan keçiricidən vahid elektrik yükü keçdiyi zaman ($\varphi_1 - \varphi_2$) qədər iş görür. Yükün miqdarı q olarsa, görülən iş $A = q (\varphi_1 - \varphi_2)$ olur. Nəzərə alsaq ki, $u = (\varphi_1 - \varphi_2)$ və $q = It$, onda

$$A = \int uidt \text{ və ya } A = i^2 rt \quad (1.27)$$

alırıq. Dəyişən cərəyan dövrələri üçün

$$A = \int uidt \text{ və ya } A = \int i^2 r dt \quad (1.28)$$

Elektrik işinin tənliyindən istifadə etməklə, vahid zamanda görülən işi tapmaq olar:

$$A = \frac{A}{t} \text{ və ya } P = \frac{dA}{dt}; \quad P = UI \text{ və ya } P = ri^2 \quad (1.29)$$

Elektrik gücünün vahidi Watt, bəzi hallarda isə VA (volt*amper) adlanır. Elektrik cərəyanının istilik təsiri keçiricilərin qızması ilə izah olunur. Cərəyanın istilik təsirinin riyazi modeli Coul-Lents tərəfindən verilib və Coul-Lents qanunu adlanır. Qanunda belə deyilir: keçiricidən cərəyan keçdikdə ayrılan istiliyin miqdarı cərəyan şiddətinin kvadratı, keçiricinin müqaviməti və cərəyanın təsir müddəti ilə düz mütənasibdir, yəni

$$Q = kri^2 t \quad (1.30)$$

burada Q - ayrılan istiliyin miqdarı (kalori ilə) və k isə mütənasiblik əmsalıdır ($k=0,24$).

$$Q = 0,24rl^2 \quad (1.31)$$

Dövrədən keçən cərəyan şiddəti dəyişən olduqda isə alınan istilik miqdarı aşağıdakı ifadədən tapılır:

$$Q = 0,24 \int r l^2 t \quad (1.32)$$

Elektrik cərəyanının istilik təsirindən texnikada geniş istifadə olunur. Bu imkan elektrik qövsünün kəşfindən sonra mümkün olmuşdur.

Rezistorlar

Rezistorlar (müzavimətlər) – elektron qurğularının ən geniş yayılmış elementlərindən biridir. Bu elementlərin vasitəsi ilə elektron qurğularının principial elektrik sxemləri, dövrələri və digər elementləri arasında elektrik enerjisinin paylanması və tənzimlənməsi yerinə yetirilir. Rezistorların əsas elektrik xarakteristikası onun müzavimətidir. Verilmiş gərginlikdə naqıldəki cərəyan şiddəti bu kəmiyyətdən asılıdır. Rezistorun müzaviməti elə bil ki, rezistorda cərəyanın yaranmasına onun göstərdiyi eks təsirin ölçüsüdür. Om qanununun köməyilə naqılın müzavimətini hesablamaq olar:

$$R = \frac{U}{I}$$

Müzavimət, rezistorun hazırlandığı materialdan və onun həndəsi ölçülərindən asılıdır:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

burada ρ - naqılın xüsusi müzaviməti (vahid uzunluğa və vahid en kəsiyinə malik naqılın müzaviməti); l – müzavimətin uzunluğu və s - onun en kəsiyinin sahəsidir.

Rezistorlar təyinatlarından asılı olaraq iki qruppa bölünür: ümumi təyinatlı rezistorlar. Onların müzavimətlərinin nominal qiymətlərinin dəyişmə diapazonu $-1 \text{ Om} \div 10 \text{ mOm}$ və onlarda ayrılan gücün nominal qiymətlərinin diapazonu $-0.062 \div 100 \text{ Vt}$ olur; xüsusi təyinatlı rezistorlar – bu tip rezistorlar da aşağıdakı tiplərə bölünür: böyük omlu müzavimətlər (qiymətləri $10 \div 100 \text{ Mom}$ və işçi gərginlikləri $100 \div 400 \text{ V}$ olur); yüksəkgərginlikli rezistorlar (müzavimətləri 10^{11} Om və işçi gərginlikləri $1 \div 100 \text{ kV}$ a qədər olur); yüksək tezliklirezistorlar (məxsusi tutumlari və induktivlikləri çox kiçik olur); yüksək dəqiqlikli (presizion) rezistorlar ($0.001 \div 1\%$ dəqiqlikli, zaman ərzində qiyməti stabil qalan, nominal qiymətləri $0.1 \text{ Om} \div 10 \text{ mOm}$ və onlarda ayrılan nominal güc 2 Vt a qədər olur). Müzaviməti idarə olunan rezistorlar dəyişən rezistorlar adlanır. Onlar da sazlayıcı və tənzimləyici rezistorlara bölünür. Sazlayıcı rezistorlar sxemlərdə elektrik rejimlərinin sazlanması yerinə yetirmək üçün nəzərdə tutulurlar və onların etibarlığı az olur (hərəkət edən hissənin 1000 dəfəyə qədər yerdəyişməsinə yol verilə bilər). Tənzimləyici rezistorlarla isə elektrik dövrələrində çoxlu sayıda tənzimləmələri yerinə yetirmək olar. Belə ki, onlar yüksək etibarlı (hərəkət edən hissənin 5000 dəfədən çox yerdəyişməsinə yol verilə bilər) malik olurlar. Hərəkət edən hissənin yerdəyişməsi nəticəsində rezistorların müzavimətlərinin dəyişmə xarakterinə görə onlar xətti və qeyri-xətti funksional xarakteristikalı rezistorlar bolunurlar.

Rezistorların keçirici elementləri, izolyasiyalı əsasın səthinə hordurulmuş təbəqə şəklində, naqıl və ya mikronaqıl, bir də müəyyən həcmə malik konstruksiya şəklində hazırlanır. Keçirici elementlərin hazırlandığı materiala görə rezistorlar naqilli, qeyri-naqilli və metal folqlılara bölünür. Konstruktiv quruluşlarına görə rezistorlar normal və tropik (bütün iqlimlər üçün) variantlarda, təcrid olunmuş və olunmamış (cərəyan keçirən hissələrə toxunmağın mümkünüyünə görə), hermetik (ətraf mühitdən təcrid olunmuş) hazırlanırlar. Bütün rezistorlar istilik küylərinə malik olurlar. Bu küylər yük daşıçılarının (elektronların) bərk cismin daxilində istilik hərəkəti (Braun hərəkəti) nəticəsində yaranır. Onların orta gücü Naykvist düsturuna görə tapılır:

$$P_{küy} = 4kT\Delta f$$

burada k - Bolsman sabiti, T - mütləq temperatur, $\Delta f = f_2 - f_1$ - gücün ölçüldüyü tezlik zolağıdır.

Kondensatorlar

Kondensatorlar, rezistorlar kimi elektron dövrələrində istifadə olunan kütləvi elementlərdən biridir. Onlardan əsasən özündə elektrik sahəsinin enerjisini toplamaq və yaxud həmin enerjini qısa müddətdə digər dövrə hissəsinə ötürməsi xassəsindən geniş istifadə olunur. Kondensator, qalınlığı naqillərin ölçülərinə nisbətən çox kiçik olan dielektrik qatı ilə bir-birindən ayrılmış iki naqildən ibarətdir. Bu naqillərə kondensatorun köynəkləri deyilir. Naqillər sistemin mühüm xarakteristikası elektrik tutumudur. İki naqilin elektrik yükünü toplamaq xassəsini xarakterizə edən fiziki kəmiyyətə elektrik tutumu deyilir. İki naqilin elektrik tutumu bu naqillərdən birinin yükünün, həmin naqillə onun qonşusu arasındaki potensiallar fərqinə olan nisbətinə deyilir:

$$C = \frac{q}{u}$$

Kondensatorun tutumu onun həndəsi ölçülərindən və lövhələr arası fəzanı dolduran mühitin dielektrik nüfuzluğundan asılıdır. Kondensatorların elektrik xarakteristikaları, konstruksiyası və tətbiq sahələri onların lövhələri arası fəzanı dolduran dielektrikin növündən asılıdır. Dielektrikin növünə görə sabit kondensatorlar beş qrupa bölünür: qazaoxşar dielektrikli-hava, qaz, vakuum; maye dielektrikli; bərk qeyri- üzvi dielektrikli- keramik, şüşə-keramik, slüda və s.; bərk üzvi dielektrikli-kağız, metalkağız, floroplast; oksid dielektrikli-elektrolit, oksid- yarımkeçirici, oksid-metal. Kondensatorlar nominal C_n və C_f tutumları ilə fərqləndirilir. Nominal tutum kondensatoru müşayiət edən sənədlərdə göstərilir, faktiki tutum isə verilmiş temperatur və məlum tezlikdə ölçülür.

Tutum dəyişməsinin buraxıla bilən həddi adətən faizlərlə verilir:

$$\Delta C_{nom} = \frac{C_f - C_{nom}}{C_{nom}} \cdot 100\%$$

Temperaturdan asılı olaraq tutumun qiymətinin dəyişməsi, tutumun temperatur əmsalı ($TT\Theta$) ilə xarakterizə olunur α_c :

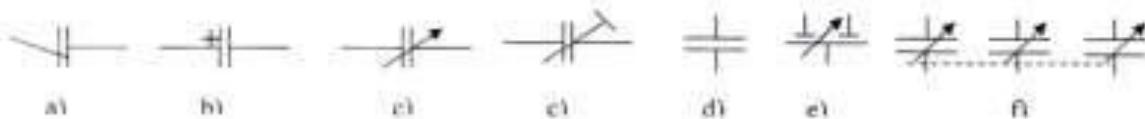
$$\alpha_c = TT\Theta = \frac{1}{C} \frac{dC}{dT}$$

Bu əmsal, ətraf mühitin temperaturu 1°K dəyişəndə kondensatorun tutumunun dəyişməsini göstərir. Kondensatorda istifadə olunan dielektrikin materialından asılı olaraq α_c ($TT\Theta$) müsbət, sıfır və mənfi ola bilər. Onun qiyməti, verilmiş tezlikdə kondensatorun markasında hərf, rəqəm və ya rəngli kodla göstərilir. Tutumun temperatur əmsalının normalaşmış qiymətindən kənara çıxmاسının buraxıla bilən qiymətinə görə kondensatorlar iki sinfə bölünurlər: A və B. A sinfindən olan kondensatorlarda $\alpha_c(TT\Theta)$ əmsali B sinfindən olanlardan 2-2,5 dəfə azdır. Müəyyən α_c - yə malik tutum almaq üçün, müxtəlif tutuma və $TT\Theta$ - yə malik olan kondensatorların paralel, ardıcıl və qarışq birləşməsindən istifadə edilir.

Kondensatorda akustik küylər, Kulon və elektrodinamik qüvvələrin təsiri nətiəsində onun lövhələrinin titrəyişi nəticəsində yaranır. Elektrolit tipli kondensatorlardan başqa, digərləri üçün onlara gərginliyin işarəsinin əhəmiyyəti yoxdur. Elektrolit kondensatorlar qütblü vəqütbsüz (K50-6) olurlar. Bu kondensatorlarda dielektrik kimi nazik metal oksid təbəqədən istifadə edilir. Oksid təbəqəsi ventil (açar) xassəsinə malik olduğundan, elektrolit kondensatorlar qütblü olurlar. Onlara gərginliyin qoşulması, elektrodlarda göstərilən qütblüyü nəzərə almaqla yerinə yetirilir. Elektrolit tipli kondensatorlarda dielektrik təbəqənin nazikliyi və dielektrik nüfuzluğunun böyük olması böyük tutumlu kondensatorların hazırlanmasına imkan verir. Elektrolit kondensatorlarının əsas parametrlərindən biri I_{sc} sızma cərəyanıdır:

$$I_{sc} = K C_{nom} U_{nom} + m$$

Burada: K və m- uyğun olaraq, kondensatorun növündən və tutumundan asılı olan əmsallardır ($K=10^{-4} \div 2 \cdot 10^{-6}$; $m=0 \div 10^{-2}$ mA); C_{nom} , U_{nom} - uyğun olaraq, kondensatorun nominal tutumu və gərginliyidir. Isc cərəyanı kondensatora sabit gərginlik veriləndən birdəqiqə sonra təyin olunur. Kondensatorların şərti işarələri Şək.1.12- də göstərilmişdir.



Şək. 1.12. Burada a) sabit tutum; b) elektrolit qütblü; c) dəyişən tutum; d) sazlayıcı kondensator; e) varikond; f) diferensial; g) çox seksiyalı kondensatordur.

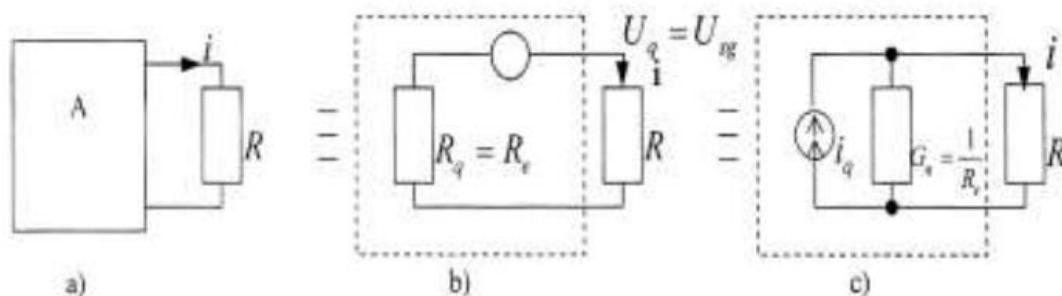
Tutumu idarə olunan kondensatorlar dəyişən və sazlayıcı kondensatorlar adlanır. Bu növ kondensatorların tutumu mexaniki və elektrik üsulları ilə dəyişdirilə bilir.

Mexaniki üsulla tutumun dəyişdirilməsi kondensatorun bir qrup lövhəsinin digərinə nəzərən paralel olaraq yerdəyişməsi nəticəsində baş verir. Bu zaman bu lövhələrin bir-birini qarşılıqlı örtməsi sahəsinin və ya onlar arasında məsafənin dəyişməsi nəticəsində tutum dəyişir.

Dəyişən kondensatorda tutum qiymətinin maksimal dəyişməsi 600-5000 pF- dan çox olmur. Bu zaman tutumun dəyişmə qanuna uyğunluğu lövhələrin formasının seçilməsindən asılı olaraq dəyişir. Dəyişən kondensatorlar üçün onların tutumunun maksimal C_{max} və minimal C_{min} qiymətləri, tutuma görə örtmə əmsali $K_c = C_{max}/C_{min}$, $TT\Theta$, $\operatorname{tg}\delta$ və tutumun dəyişmə qanuna uyğunluğu böyük əhəmiyyət kəsb edir. Elektronikada, tutumu elektrik sahəsinin gərginliyindən asılı olan və qeyri-xətti qanunla dəyişən kondensatorlardan geniş istifadə olunur. Bu kondensatorların $C=q/U$ statik tutumlari ilə diferensial tutumlari $C_{dif}=dq/dU$ heç zaman eyni olmur. Seqnetoelektrik (spontan poliarlaşmaya malik keramik dielektrik) əsasında yaradılan qeyri-xətti kondensatorlar varikond, p-n keçidinin xassəsinə əsaslananlar isə varikap adlanır.

Ekvivalent generator üsulu

Bu üsuldan bir budaqlaklı cərəyanı, gərginliyi və gücü tapmaq üçün istifadə edirlər. Bundan ötrü dövrənin qalan bütün hissəsinə ikiqütblü kimi baxırlar (Şək.2.3,a). İkiqütblü, elektrik enerjisi mənbəyinə malikdirsə aktiv (A), eks halda passiv (P) adlanır. Bu üsulun iki modifikasiyası var: ekvivalent gərginlik mənbəyi üsulu və ekvivalent cərəyan mənbəyi üsulu. Birinci üsul Tevenin teoreminə əsaslanır: Xəttielektrik dövrəsinin istənilən budağının birləşdiyi



Şək. 2.3. Ekvivalent generator üsuluna aid aktiv ikiqütblünün sxemi (a), aktiv ikiqütblünü gərginlik mənbəyi ilə əvəzləmə (b) və aktiv ikiqütblünü cərəyan mənbəyi ilə əvəzləmə (c) sxemləri.

aktiv ikiqütblünü, verdiyi gərginlik açıq budağın sixaclarındakı yüksüz gedis gərginliyinə və daxili müqaviməti açılmış budaq tərəfdən passiv ikiqütblünün giriş müqavimətinə bərabər olan ekvivalent gərginlik generatoru ilə əvəz olunarsa, onda bu budaqdan axan cərəyan dəyişmir. Bu teoremi sübut etmək üçün R elementli budağı açaq və yüksüz gedis gərginliyini təyin edək. Bu zaman R elementli budaqdakı cərəyan (şək.2.3,b) ilkin sxemdəki cərəyana nisbətən dəyişmir. Baxılan budaqdakı yekun cərəyanı superpozisiya prinsipinə görə tapmaq ola $i = i_A + i_1 + i_2$, burada i_A - aktiv ikiqütblü ilə əlaqədar cərəyan; $i_1 - u_{g1}$ mənbəyi ilə əlaqədar cərəyan; $i_2 - u_{g2}$ mənbəyi ilə əlaqədar cərəyandır. Lakin aktiv ikiqütblünün vəmənbənin (u_{g2}) gərginlikləri eks işarəli olduqları üçün $i_A + i_2 = 0$ olur. Uyğun olaraq, $i = i_1$ dövrəsindəki cərəyanancaq $u_{g1} = u$ mənbəyinin təsiri ilə yaranır. Əgər aktiv ikiqütblünün bütün verici gərginliklərini və cərəyanlarını sıfır bərabər qəbul etsək onda i cərəyanını tapmaq olar.

Bu zaman alınan passiv ikiqütblü ayrılan sixaclara nisbətən öz ekvivalent müqaviməti R ilə xarakterizə olunur. Aktiv ikiqütblünü ekvivalent mənbə ilə əvəz etdikdən sonra $i = u_{sg}/(R + R_e)$ alınır. Burada R_e - ni eksperimental və ya hesabat yolu ilə tapmaq olar. İkinci üsul Norton teoreminə əsaslanır: Xətti elektrik dövrəsinin istənilən budağının birləşdiyi aktiv ikiqütblünü, verdiyi gərginlik açıq budağın sixaclarındakı qısa qapanma cərəyanına və daxili keçiriciliyi açılmış budaq tərəfdən passiv ikiqütblünün giriş keçiriciliyinə bərabər olan ekvivalent cərəyan generatoru ilə əvəz olunarsa, onda bu budaqdan axan cərəyan dəyişmir. Bu teoremi sübut etmək üçün ekvivalent gərginlik generatorunu (şək.2.3,b) ekvivalent cərəyan generatoruna (şək.2.3,c) çevirək:

$G_g = 1/R_g$; $i_g = i_{qq} = u_{sg}G_g$ burada i_{qq} - baxılan budağın qısa qapanma cərəyandır.

(2.16) düsturundan passiv ikiqütblünün parametrlərini təyin edən düstur almaq olar:

$R_e = R_g = 1/G_g = u_{sg}/i_{qq}$ i_{qq} və R_e parametrlərini tapdıqdan sonra axtarılan cərəyanı aşağıdakı düsturla təyin etmək olar: $i = i_{qq}(R_e/(R + R_e))$ (2.18)

Göründüyü kimi ekvivalent generator üsulunun hər iki növü eyni nəticə verir. Onlardan hansının istifadəsi u və ya i parametrlərinin tapılmasından asılıdır.

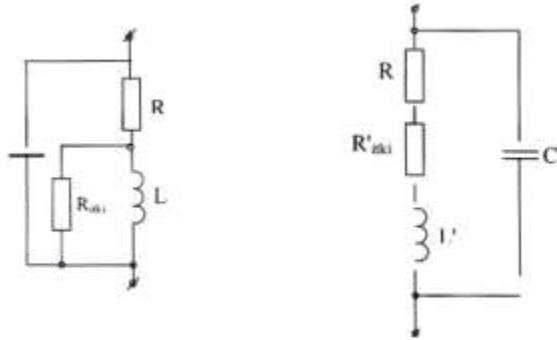
İnduktiv sarğaclar

Keçirici konturdan axan cərəyanla həmin konturla hüdudlanan səthdən keçən maqnit seli arasındaki mütənasiblik əmsalına konturun induktivliyi deyilir. İnduktivlik də tutum kimi, naqılın həndəsi xarakteristikasıdır. O naqılın ölçülərindən və formasından asılıdır, lakin ondakı cərəyandan bilavasitə asılı deyildir. Bundan başqa, induktivlik naqılın yerləşdiyi mühitin maqnit xassələrindən də asılıdır. BS- də induktivliyin vahidi Henri (Hn), şərti işarəsi isə L- dir.

İnduktiv sarğaclar, rezistor və kondensatorlar kimi elektron qurğularında geniş istifadə olunan elementlərdən (qida mənbələrində istifadə olunan drosselləri nəzərə almasaq) hesab olunmur. Kifayət qədər ölçülərə və kütləyə malik olmaları, mikrominiatur hazırlanmasında, xarakteristikaların və parametrlərinin təkrarlanmasında yaranan çətinliklər onlardan istifadə edilməsində məhdudiyyət yaradır. Buna baxmayaraq bəzi elektron qurğuları yaradanda onlarsız keçinmək mümkün olmur. Belə ki, xüsusi örtüklerdən (izolyasiya) hazırlanmış induktiv komponentlər 200-500 °S temperaturda daha etibarlı işləyirlər.

İnduktiv sarğaclar silindrik və ya spiralvari formaya malik sarğılardan ibarət olmaqla yanaşı birqat və ya çoxqat malik hazırlanırlar. Sarınma xarakteri induktiv sarğacın təyinatından asılı olur. Sarğılar arası mövcud olan tutumu azaltmaq üçün qarqara (karkas) üzərində sarğı müəyyən addımla və onlar bir-birinə nəzərən paralel yox, müəyyən bucaq altında sarınırlar. Sarğacın induktivliyini və keyfiyyət əmsalını artırmaq üçün sarğılar maqnitkeçiricili material üzərinə sarınır. Maqnitkeçiricili materialın parametrləri sabit və ya idarə olunan olurlar. Belə ki, bu materiallardan hazırlanmış qarqara daxilində ferromaqnit materialdan hazırlanmış içliklərin hərəkəti nəticəsində sarğacın induktivliyi dəyişir. İçlik kimi diamaqnidən, misdən, latundan istifadə etmək olar və sarğacın içində daxil olduğu zaman induktivlik azalır. Alçaq tezliklərdə istifadə olunan sarğacların maqnitkeçiricili materialları permaloydan və toroidal şəkilli hazırlanır. Yüksek tezliklərdə isə ferritlərdən istifadə olunur.

Elektrik dövrələrinin hesabı zamanı, induktivliyin şək.1.13- də göstərilən ekvivalent sxemlərindən biri istifadə olunur.



Şək.1.13. İnduktivliyin ekvivalent sxemləri.

Şəkildə R- induktivlik dolağının aktiv müqaviməti, L- induktivliyi, R_{itki} -maqnit keçiricisində itki müqaviməti, C- sarğılar arası və hər bir sarğının tutumunu nəzərə alan ekvivalent tutumdur. Qeyd etmək lazımdır ki, L və L', R_{it} və R'_{it} biri- birinə bərabər deyildirlər. İnduktiv sarğacın əsas parametirlərindən biri olan keyfiyyət əmsali, onun tam müqavimətinin xəyalı hissəsi X-in aktiv hissəsi R-ə olan nisbəti kimi tapılır: $Q=X/R$. Sarğacın keyfiyyət əmsali tezlikdən asılıdır. Əgər induktiv sarğacda ferromaqnitdən istifadə edilmirsə ($R_{itki} \rightarrow \infty$, $R'_{itki}=0$) və C tutumu olduqca kiçikdirse, onda keyfiyyət əmsali L₁ və r-dən asılı olub, tezlik artdıqda böyükür. İnduktiv sarğacın növlərindən biridə drosseldir. Drossellərin əsas təyinatı – dəyişən cərəyanaya böyük müqavimət, sabit və kiçik tezlikli isə cüzi müqavimət göstərməkdir. Onlarda iki yerə bölünür: alçaq və yüksək tezlikli drossellər. Alçaq tezlikli drossellər düzləndirici qurğularda döyünmələri hamarlamaq üçün süzgəc kimi istifadə olunur. Yüksək tezlikli drossellər elektron dövrələrində yalnız nisbətən kiçik tezlikli siqnalları buraxmaq üçün nəzərdə tutulur.

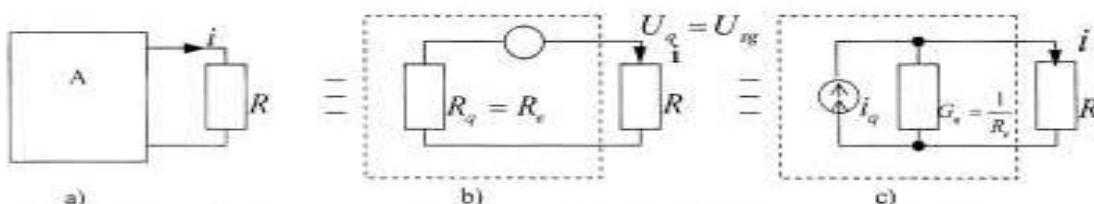
Ekvivalent generator üsulu

Bu üsuldan bir budaqlakı cərəyanı, gərginliyi və gücü tapmaq üçün istifadə edirlər. Bundan ötrü dövrənin qalan bütün hissəsinə ikiqütblü kimi baxırlar (şək.2.3,a).

Ikiqütblü, elektrik enerjisi mənbəyinə malikdirsə aktiv (A), əks halda passiv (P) adlanır.

Bu üsulun iki modifikasiyası var: ekvivalent gərginlik mənbəyi üsulu və ekvivalent cərəyan mənbəyi üsulu. Birinci üsul Tevenin teoreminə əsaslanır: Xətti elektrik dövrəsinin istenilən budağının birləşdiyi aktiv ikiqütblünü, verdiyi gərginlik açıq budağın sıxaclarındakı yüksək gediş gərginliyinə və daxili müqaviməti açılmış budaq tərəfdən passiv ikiqütblünün giriş müqavimətinə bərabər olan ekvivalent gərginlik generatoru ilə əvəz olunarsa, onda bu budaqdan axan cərəyan dəyişmişir.

Bu teoremi sübut etmək üçün R elementli budağı açaq və yüksək gediş gərginliyini təyin edək. Bu zaman R elementli budaqdakı cərəyan (şək.2.3,b) ilkin sxemdəki cərəyana nisbətən dəyişmir.



Şək. 2.3. Ekvivalent generator üsuluna aid aktiv ikiqütblünün sxemi (a), aktiv ikiqütblünü gərginlik mənbəyi ilə əvəzləmə (b) və aktiv ikiqütblünü cərəyan mənbəyi ilə əvəzləmə (c) sxemləri.

Baxılan budaqdakı yekun cərəyanı superpozisiya prinsipinə görə tapmaq olar: $i=i_A+i_1+i_2$, burada i_A - aktiv ikiqütblü ilə əlaqədar cərəyan; i_1-ug_1 mənbəyi ilə əlaqədar cərəyan; i_2-ug_2 mənbəyi ilə əlaqədar cərəyandır. Lakin aktiv ikiqütblünün və mənbənin (ug_2) gərginlikləri əks işarəli olduqları üçün $i_1+i_2=0$ olur. Uyğun olaraq, $i=i_1$ dövrəsindəki cərəyan ancaq $ug_1=u$

mənbəyinin təsiri ilə yaranır. Əgər aktiv ikiqütblünün bütün verici gərginliklərini və cərəyanlarını sıfıra bərabər qəbul etsək onda i cərəyanını tapmaq olar. Bu zaman alınan passiv ikiqütblü ayrılan sıxaclara nisbətən öz ekvivalent müqaviməti R ilə xarakterizə olunur. Aktiv ikiqütblünü ekvivalent mənbə ilə əvəz etdikdən sonra $ni = usg/(R+Re)$ alınır. Burada Re - ni eksperimental və ya hesabat yolu ilə tapmaq olar. İkinci üsl Norton teoreminə əsaslanır: Xətti elektrik dövrəsinin istənilən budağının birləşdiyi aktiv ikiqütblünü, verdiyi gərginlik açıq budağın sıxaclarındakı qısa qapanma cərəyanına və daxili keçiriciliyi açılmış budaq tərəfdən passiv ikiqütblünün giriş keçiriciliyinə bərabər olan ekvivalent cərəyan generatoru ilə əvəz olunarsa, onda bu budaqdan axan cərəyan dəyişmir. Bu teoremi sübut etmək üçün ekvivalent gərginlik generatorunu (şək.2.3,b) ekvivalent cərəyan generatoruna (şək.2.3,c) çevirək: $Gg = 1/Rg; ig = iqg = usgGg$ burada iqg - baxılan budağın qısa qapanma cərəyanıdır.

Maqnit sahəsinin əsas kəmiyyətləri

Maqnit sahəsi istənilən anda və hər bir şəraitdə elektrik cərəyanı tərəfindən yaradılan bir fiziki hadisədir. Elektrik sahəsində olduğu kimi maqnit sahəsinin də hər bir nöqtəsində müəyyən qüvvə təsir edir. Lakin elektrik sahəsi elektrik yükündə əmələ gəldiyi üçün, ancaq elektrik yüklərinə təsir edə bilir. Maqnit sahəsi isə elektrik cərəyanından yaranır və ancaq elektrik cərəyanına təsir edə bilir. Maqnit sahəsi elektrik cərəyanı tərəfindən yaradıldığı üçün elektrik cərəyanı olan yerdə maqnit sahəsi, maqnit sahəsi olan yerdə isə elektrik cərəyanı axtarılmalıdır.

Maqnit sahəsi, onun içərisinə gətirilən başqa bir cərəyanlı keçiriciyə etdiyi təsirə görə aşkarlanır. Odur ki, maqnit sahəsinin öyrənilməsinə, həmişə onun başqa cisimlərdə əmələ gətirdiyi bu və ya digər xarakterli hadisələrin intensivliyini təyin etməklə yanaşmaq lazımdır. Maqnit sahəsini xarakterizə edən əsas kəmiyyət maqnit sahəsinin induksiya vektorudur (B). Induksiya vektorundan qarşılıqlı təsir qüvvəsinin qiymətini və istiqamətini təyin etmək üçün istifadə edilir. Amper qanununa görə maqnit sahəsinin cərəyanlı məftilə etdiyi təsir qüvvəsi, məftilin növündən və en kəsiyindən asılı olmayıb onun sahə içərisində qalan uzunluğundan (aktiv uzunluğundan), sahəyə görə aldığı vəziyyətdən, məftildən keçən cərəyanın şiddətindən və sahənin sıxlığından asılıdır:

$$F = B * I * l * \sin\alpha \quad (3.1)$$

burada B - maqnit induksiyası; I - məftildən keçən cərəyan, A ; l - məftilin aktiv uzunluğu, m ; α - məftilə sahənin istiqamətləri arasındaki bucaqdır.

Təsir qüvvəsinin istiqaməti həm cərəyanın, həm də sahənin istiqamətinə perpendikulyar olur və sol əl qaydası ilə müəyyən edilir (3.1) ifadəsindən maqnit induksiyasını tapmaq olar:

$$B = \frac{F}{l \sin\alpha} \quad (3.2)$$

$I = 1A$, $l = 1 \text{ m}$, $\alpha = 90^\circ$ olduqda, $B = F$ olur. Maqnit induksiyasının vahidi BS sistemində tesladır (Tl): $1 \text{ Tl} = 10^4 \text{ Vs}$ (Qauss).

Maqnit sahəsinin mühit içərisində paylanması göstərmək üçün maqnit qüvvə xətlərindən istifadə edilir. Maqnit qüvvə xətləri konsentrik çevrələr şəklində olur, məftilə perpendikulyar yerləşən müstəvilər üzərində yerləşir və həmişə qapalı konturlar təşkil edir.

İnduksiya vektoru (B) qüvvə xətlərinin istənilən nöqtəsində onlara toxunur. Qüvvə xətlərinin istiqaməti burğu üsulu ilə təyin edilir.

Burğunu, məftildən keçən cərəyan istiqaməti ilə irəli hərəkət etdirək, onun dəstəyinin soldan sağa fırlanma istiqaməti maqnit qüvvə xəttinin istiqamətini göstərəcək.

Tam cərəyan qanunu

İrəlidəki bəhsdə tədqiq etdiyimiz maqnit induksiyası qanunu diferensial bir ifadəyə malik olduğundan, tətbiqatı bir çox çətinliklər töredir. Sadə konfiqurasiyalı maqnit dövrələrinin hesablanması üçün həmin qanun asanlıqla tətbiq olunur, mürəkkəb quruluşlu dövrələrdə isə bu iş çox da asanlıqla görülə bilinmir. Bu səbəbdən, maqnit dövrələrinin asanlıqla hesablanmasına imkan verən əlverişli bu hesab formulasına gətiriyac hiss olunur. Həmin

formula, maqnit induksiya qanununun cərəyan şiddətinə nəzərən həll edilməsindən alınır və aşağıdakı şəkildə yazılır:

$$\oint \mathbf{B} d\mathbf{l} = \mu_0 \sum i$$

və ya sahə qüvvəsinə keçməklə daha ümumi bir ifadə ala bilirik ki:

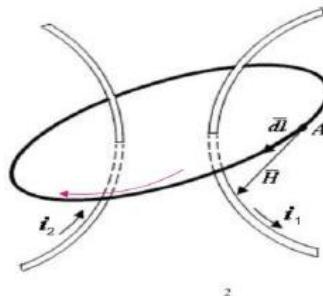
$$\oint (\bar{H} d\mathbf{l}) = \sum i \quad (1.47)$$

elektrotexnikada buna tam cərəyan qanunu deyilir.

Tam cərəyan qanunu şəkil 1.19-da göstərilmiş maqnit dövrəsi üçün yazılırsa, həmin konturu

$$\oint \mathbf{H} d\mathbf{l} \cos(\mathbf{H}, d\mathbf{l}) = i_1 - i_2$$

keçən cərəyanların istiqə-mətləri nəzərə alınır:



Şəkil 1.19

Şəkil 1.19 Bu qanuna görə:

Qapalı maqnit dövrəsi üzrə (çox vaxt qapalı qüvvə xətti üzrə) götürülmüş maqnit sahə qüvvəsinin sirkulyasiyası, həmin qapalı konturdan keçən cərəyanların cəbri cəminə bərabərdir.

Konturdan keçən cərəyanlardan, istiqaməti burğu ilə tətbiq olunanına – **müsbat**, əksinə istiqamətlənlərlərə isə **mənfi** işarələr verilir.

Tam cərəyan qanununun tətbiq olunması induksiya qanununun tətbiq olunmasından asan və əlverişlidir.

Konkret misal olaraq silindrik cərəyanlı keçiricinin həm daxili (keçiricinin içərisində əmələ gəlir), həm də xarici sahələrinin gərginliklərini təyin edək.

Şəkil 1.20-də silindrik en kəsikli bir keçirici və bu keçiricidən keçən sabit cərəyandan əmələ gələn maqnit sahəsinin gərginlik əyrisi göstərilmişdir.

Keçiricinin daxili sahəsinin gərginliyi məsafədən asılı olaraq düzxətt qanunu ilə dəyişir. Misal üçün, keçiricinin **A** nöqtəsindən keçən **rx** radiuslu çevrə üçün tam cərəyan qanunu:

$$\oint_x H_x d\mathbf{l} = i_x$$

və ya

$$H_x \oint_x d\mathbf{l} = \delta \cdot s_x$$

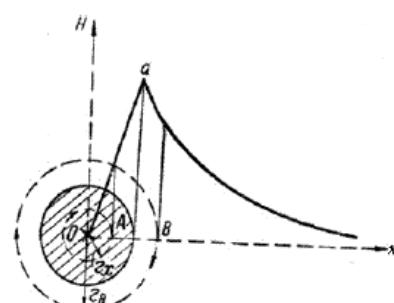
şəkildə yazılır. Burada $\oint_x d\mathbf{l} = 2\pi r^x$ və $s^x = \pi r_x^2$

qiymətlərini yerlərinə qoymaqla:

$$r_x = \delta \cdot \pi \cdot r_x^2$$

və

$$H_x = \frac{\delta}{2} r_x = \frac{i}{2\pi r^2} \cdot r_x$$



Şəkil 1.20

daxili sahənin hər hansı nöqtəsi üçün sahə qüvvəsini alırıq. Burada dəyişən kəmiyyət ancaq r radiusu olduğundan $H = f(x)$ əyrisi Oa düzxətlisi şəklində alınır. Keçiricinin xaricində yaranan maqnit sahəsinin hər hansı bir B nöqtə-sindəki qüvvəsi yenə də tam cərəyan qanununun tətbiqi ilə təyin oluna bilər. Bu nöqtədən keçən rB radiuslu çevre üzrə alınan qapalı integraldan:

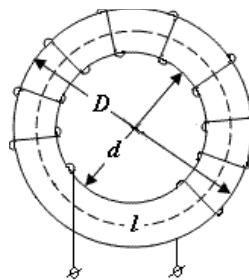
$$\oint H dl = i$$

və ya

$$H 2\pi r_B = i$$

$$H = \frac{i}{2\pi r_B}$$

həmin nöqtədəki sahə qüvvəsi tapılır. Burada rB dəyişən kəmiyyət olduğundan $H = f(x)$ əyrisi hiperbola şəklində alınır.



Şəkil 1.21

Tam cərəyan qanunu daha başqa şəkili dövələrə də tətbiq etməklə həmişə cərəyan şiddəti ilə maqnit sahə qüvvəsi arasındakı rabiənin şəklini təyin etmək mümkün olur. Misal üçün şəkil 1.21-də göstərilmiş elektrik sarğacının tapalı dəmir nüvə içərisində əmələ gətirdiyi maqnit sahəsinin qüvvəsi, nəzərə alınan orta qüvvə xətti boyunca sabit qalır. Tam cərəyan

$$\oint \Phi l H dl = i \varpi$$

$$H = \frac{i \varpi}{l}$$

qanununa görə:

bərabər alınır ki, həmin nəticəyə irəlidə induksiya qanunu yolu ilə də gəlmişdik. Burada w – sarğacın sarğıları sayı; – dəmir nüvənin orta hesabla uzunluğu, yəni onun əsas ölçüləri vasitəsilə təyin olunan:

$$l = \frac{\pi(D + d)}{2}$$

bir kəmiyyətdir.

Elektromaqnit induksiyası hadisəsi

Elektromaqnit induksiyası hadisəsi prinsipcə ondan ibarətdir ki, bir keçirici maqnit qüvvə xətlərini kəsərək hərəkət etdikdə onun uclarında e.h.q. yaranır. Bu hadisə 1831-ci ildə M.Faradey tərəfindən kəşf edilmişdir. Faradeyə görə maqnit sahəsində yerləşən keçirici hər

hansı üsulla maqnit xətlərini kəsdikdə onda e.h.q. yaranır. Elektrik enerjisinin bir növdən başqa bir növə çevrilmesi, uzaq məsafələrə ötürülməsi, paylanması, informasiyanın ötürülməsi və qücün istifadə olunan qurğuların çoxunun işləmə prinsipi elektromaqnitinduksiyası hadisəsinə əsaslanır. C.Maksvell tərəfindən müəyyən edilmişdir ki, induksiyalanmış e.h.q.-nin qapalı konturda davametmə müddəti kontura nüfuz edən maqnit selinin dəyişməsi müddətindən asılıdır. 1833-cü ildə elektromaqnit induksiyası E.X.Lents tərəfindən qanun halına salınmışdır. O sübut etmişdir ki, hər hansı üsulla induksiyalanmış e.h.q., onun yaradan səbəbə əks təsir göstərəcək istiqamətdə olur. Qapalı konturda induksiyalanmış e.h.q.-nin qiyməti maqnit selinin dəyişmə sürəti ilə düz mütənasib olur:

$$e = \frac{d\phi}{dt} \quad (3.13)$$

Konturdakı sarğıların sayı W qədər olarsa, onda induksiyalanmış e.h.q.-nin qiyməti

$$e = W \frac{d\phi}{dt} \quad (3.14)$$

olacaq. Lents qanunu nəzərə alındıqda bu ifadə aşağıdakı şəkildə olacaqdır:

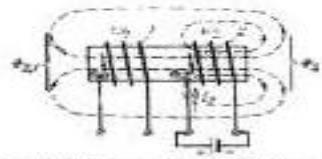
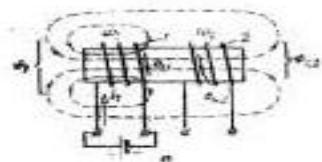
$$e = -W \frac{d\phi}{dt} \quad (3.15)$$

Düsturdakı mənfi işaretə induksiyalanmış e.h.q.-nin onu yaradan səbəbə qarşı həmişə əks təsir etməyə çalışacağını göstərir.

Qarşılıqlı induksiya və özünəinduksiya

Məlumdur ki, cərəyanlı keçiricilərin ətrafında maqnit sahəsi yaranır və cərəyanla maqnit sahəsi qarşılıqlı təsirdə olur. Cərəyan keçirən 2 məftildəki cərəyanlardan birinin qiyməti və ya istiqaməti dəyişdikdə, məftil ətrafında yaranan maqnit sahəsi də dəyişir. Eyni hadisə ikinci məftildəki cərəyan dəyişdikdə də baş verir.

Beləliklə, qarşılıqlı təsirdə olan cərəyanlı məftillərin birində dəyişən cərəyan digər məftildə müəyyən bir e.h.q.-ni induksiyalayacaqdır. Cərəyanlı məftillərdən birinin təsirindən digərində e.h.q.-nin induksiyalanması hadisəsi qarşılıqlı induksiya hadisəsi adlanır. Bu hadisəni maqnit rabitəli 2 sarğaclarla araşdırırıq.



Şək.3.6. Maqnit rabitəli dövra.

Dövrəyə qoşulmuş 1 sarğacından keçən i_1 cərəyanının yaratdığı maqnit selinin bir hissəsi ona yaxın yerləşdirilən və dövrəyə qoşulmayan 2 sarğacının sarğıları ilə kesişir.

Ferromaqnit mühit olmadıqda F_1 özünəinduksiya, F_{12} qarşılıqlı induksiya seli və buna uyğun olaraq $\psi_1 = W_1 F_1$ və $\psi_{12} = W_1 F_{12}$ kəsişmə selləri i_1 cərəyanına mütənasib olacaqdır:

$$\psi_1 = L_1 i_1 \text{ və } \psi_{12} = M_{12} i_1, \quad (3.16)$$

burada M_{12} - 1 və 2 sarğacları arasında qarşılıqlı induktivlikdir. 1 sarğacında i_1 cərəyanı dəyişdirdikdə 2 sarğacında induksiyalanmış e.h.q. aşağıdakı qiymətə bərabər olur:

1 sarğacında i₁ cərəyanı dəyişdirkə 2 sarğacındainduksiyalanan e.h.q. aşağıdakı qiymətə bərabər olur:

$$e_{M2} = - \frac{\psi_{1,2}}{dt} = - M_{12} \frac{di_1}{dt} \quad (3.17)$$

burada e_{M2} - 2- ci sarğacdakı qarşılıqlı induksiya e.h.q.- sidir.

Birinci saracı dövrəyə qoşub ikinci saracı açıq saxladıqda, birinci sarğacdakı qarşılıqlı e.h.q.- si aşağıdakı qiymətə malik olur:

$$E_{M1} = - \frac{\psi_{2,1}}{dt} = - M_{21} \frac{di_2}{dt} \quad (3.18)$$

Hər iki sarğacdan axan cərəyanlar eyni zamanda dəyişərsə, onda sarğaclarda həm özünəinduksiya, həm də qarşılıqlı induksiya e.h.q.- ləri yaranur:

$$E_{L1} = -L_1 \frac{di_1}{dt}, \quad E_{M1} = -L_1 \frac{di_1}{dt}, \quad E_{12} = -L_2 \frac{di}{dt}, \quad E_{M2} = -M \frac{di_1}{dt} \quad (3.19)$$

Xüsusi maqnit selinin dəyişməsi nəticəsində qapalı konturda e.h.q.- nin yaranması hadisəsi özünəinduksiya adlanır. Həm qarşılıqlı induksiya, həm də özünəinduksiyahadisələri konturda maqnit enerjisi ilə əlaqədar olduğu üçün onun induktivliyini xarakterizə edir. Özünəinduksiya e.h.q.- si üçün aşağıdakı ifadə doğrudur:

$$E_L = -L \frac{di}{dt} \quad (3.20)$$

İnduktivliyin vahidi Henridir ($1\text{Hn} = \text{Vb/A} = \text{Vsan./A} = 1 \text{ Om}^* \text{san.}$). İnduktivlik vahid cərəyan şiddətinə düşən maqnit selinə (ψ) bərabərdir:

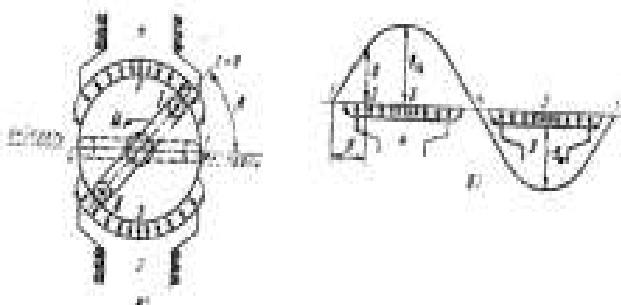
$$\psi = Li \quad (3.21)$$

Düsturdan görünür ki, cərəyan şiddətinin eyni qiymətində dövrənin induktivliyi ancaq maqnit selindən asılı olaraq dəyişə bilər.

Sinusoidal dəyişən cərəyan elektrik hərəkət qüvvəsinin alınması

Qiymət və istiqamətcə sabit qalmayan cərəyanlara dəyişən cərəyanlar deyilir. Zamandan asılı olaraq cərəyanların dəyişmə qanunları müxtəlif ola bilər. Müasir elektrotexnikada sinus qanunu ilə dəyişən cərəyanlar daha çox istifadə edilir. Onlara sinusoidal cərəyanlar deyilir. Elektrik dövrələrindən keçən periodik dəyişəncərəyanlar mənbələrdə (generatorlarda) induksiyalanan, həmin qanunla periodik dəyişən e.h.q.-nin təsiri ilə alınır. Ona görə də dövrədəki cərəyanın dəyişmə qanunu, əsas etibarı ilə, onu yaradan e.h.q.-nin dəyişməsindən asılı olaraq təyin olunur. E.h.q.-nin dəyişməsini xarakterizə edən əsas kəmiyyət onun bir tam dəyişməsinin zamanı və və vahid zamanda alınan tam dəyişmələrin sayıdır. Bir tam dəyişmənin zamanına period (T), 1 saniyədə əmələ gələn tam dəyişmələrin sayına isə tezlik (f) deyilir ($f=1/T$). Göründüyü kimi, tezlik periodun əks qiymətinə bərabərolur və Hertsə ölçülür ($1 \text{ Hs} = 1/\text{saniyə}$). Sənaye tezliyi 50 Hs qəbul edilmişdir.

Periodik dəyiqən elektrik hərəkət qüvvələri generatorlarda alınır. Sinusoidal dəyişən cərəyan generatorlarının çoxunda aktiv keçiricilər hərəkətsiz, maqnit sahəsi isə hərəkətli olur. Bu maşınların sadə nümunəsi, bircinsli maqnit sahəsi içərisində sabit sürətlə fırıldırılan qapalı bir konturdan ibarətdir (şək.4.1).



Şek.4.1. Maqnit fırılanan qapalı kontur.

Qapalı konturun şəkildə göstərilən istiqamətdə bərabər sürətlə fırlanması zamanı AB məstəvisindən keçən maqnit selinin qiyməti həmin məstəvinin horizontal məstəvi ilə təşkil etdiyi α bucağının kosinusundan asılı olaraq dəyişəcəkdir. Konturun $\alpha=0$ vəziyyətindən başqa hər hansı bir qiymətində onun məstəvisindən keçən maqnit selinin qiyməti $\phi=\phi_{\max} \cos \alpha$ olacaqdır. Kontur bərabər sürətlə fırlandığı üçün onun müxtəlif vəziyyətlərini təyin edən α , bucaqların hərəkətinin bucaq sürəti (ω) vasitəsi ilə tapılır:

$$\alpha = \omega t; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f; \quad \phi = \phi_m \cos \alpha \quad (4.1)$$

Düsturdan göründüyü kimi dəyişən e.h.q.- nin tezliyi bucaq sürətindən asılıdır. Hərəkət etdirilən konturda induksiyalanan e.h.q., elektromaqnit induksiya qanununa əsaslanır:

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(\phi_{\max} \cos \omega t) = I\phi_{\max} \sin \omega t \quad (4.2)$$

Əgər hərəkətli konturun sarğıları sayı W olarsa, onda induksiyalanan e.h.q.- nin qiyməti

$$e = \omega W \phi_{\max} \sin \omega t \quad (4.3)$$

olur. $\alpha = 90^\circ$ olduqda e.h.q. maksimal qiymət alır:

$$E_{\max} = \omega W F_{\max}. \quad (4.4)$$

Transformatorun soyudulması

Az güclü transformatorlarda enerji itgisi azdır və transformatorun gücü artdıqca enerji itgisi də çoxalır. Buna görə də transformatorlar layihələndirildikdə əsas məsələlərdən biri transformatorun nüvəsində və dolaqlarında ayrılan istiliyin ətraf mühitə ötürülməsini təmin etməkdən ibarətdir. Bu zaman transformatorun gücünü artırmaq mümkün olur. Transformatorun normal iş rejiminində işləməmüddətini artırmaq üçün (15-20 il) onun bəzi hissələrinin temperaturu aşağıdakı kimi olmalıdır: dolqlarda 105°S -yə qədər; maqnit keçiricisinin üst səthində 110°S - yə qədər; yağın üst təbəqəsində 95°S - yə qədər. Soyudulma üsullarına görə transformatorlar quru və yağlı tiplərinə bölünürler.

Quru transformatorlar təbii hava ilə soyudulduğundan onun əsas hissələri hava ilə əlaqəli olur. Havanın istilik keçirmə əmsali az olduğundan onun gücünü çox artırmaq mümkün deyil (onların gücü- 10 MVA və yüksək gərginlik dolağının gərginliyi- 35 KV- a qədər). Quru transformatorlar açıq (C), mühafizə olunmuş (CZ) və hermetikləşdirilmiş (CQ) formada hazırlanır. Transformatorların səmərəli soyudulması üçün yüksək istilikkeçirmə və izolyasiya qabiliyyətlərinə malik olan transformator yağından istifadə edilir. Bu üsulda maqnitkeçirici, dolaqlarla birlidə, yüksək səviyyədə təmizlənmiş transformator yağı ilə doldurulmuş qab içərisinə yerləşdirilir. Maqnitkeçirici və dolaqlar transformator yağını içərisində qaldıqlarından, bu hissələrin istiliyi yağı tərəfindən alınaraq transformator qutusunun divarları vasitəsilə xarici mühitə ötürülür.

İş zamanı bakın daxilindəki yağın genişlənməsinə imkan yaratmaq üçün genişləndirici adlanan bakdan istifadə edilir. Eyni zamanda bu bak, transformator qabında olan yağı həmişə hidrostatik təzyiq altında saxlamaq və onun səviyyəsinin hava ilə temasının qarşısını almaq

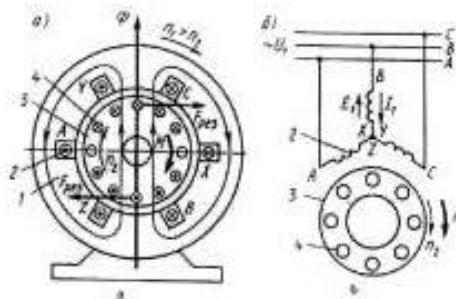
Üçündür. Büyük güç malik olan transformatorlarda (20-1800 kVA) soyuducu bakın üst hissesi müxtəlif formada (qabırğalı, dalğalı və s.) hazırlanaraq genişləndirilir.

Daha güclü transformatorlarda (10000-63000 kVA) soyutma süni üsullarla aparılır. Son zamanlar yanğın və partlayış təhlükəsi olan yerlərdə trasformatorları soyutmaq üçün maye dielektrikdən- sovtoldan istifadə edilir.

Asinxron mühərriklər Asinxron mühərriklərin təyinatı və iş prinsipi

Asinxron mühərriklərdən əsasən elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirmək üçün istifadə edilir. Hazırda, dünyada istehsal olunan, elektrik enerjisinin yarısına qədərini asinxron mühərriklər işlədir və onlardan istismarda olan mexanizmlərin əksər hissəsində elektrik intiqalı kimi istifadə edilir. Asinxron mühərrik M.O.Dolivo- Dobrovolski tərəfindən 1889- cu ildə ixtira edilmişdir və ilk dəfə üçfazalı cərəyanın köməyi ilə fırlanan maqnit sahəsini almaq üçün istifadə edilmişdir. Bundan sonra elektrotexnikada üçfazalı cərəyandan istifadə edilməyə başlandı.

Asinxron mühərrik hərəkətsiz stator və fırlanan rotordan ibarətdir (Şək.5.11,a). Dolaqlardan biri stator, digəri isə rotor üzərində yerləşdirilir. Statorla (1) rotor



Şək.5.11. Asinxron maşınının elektro maqnit (a) və dövrəye qoşulma sxemi(b).

arasındaki həva məsafəsi, dolaqlar arasındaki maqnit əlaqələrini yaxşılaşdırmaq üçün çox kiçik götürülür. Stator dolağı (2) stator çevrəsi üzrə bərabər ölçüdə yerləşdirilir.

Stator dolağının fazaları AX,BY,CZ ulduz və ya üçbucaq sxemi üzrə birləşdirilərək üçfazalı cərəyan dövrəsinə qoşulur (Şək.10,b). Rotorun xarici səthi üzərində uzununa yuvalar açılır və rotor dolağı (4) həmin yuvalarda yerləşdirilir. Konstruktiv quruluşca rotor dolağı qısa qapanmış dolağa və fazaya dolağına ayrılır. Statorun dolaqlarından üçfazalı dəyişən cərəyan buraxıldıqda onun içərisində fırlanan maqnit sahəsi yaranır. Sahənin fırınma sürəti aşağıdakı qiymətə bərabər olur: $n_1 = 60f_1/p$, burada p- cüt qütblərin sayıdır. Stator sahəsinin qüvvə xətləri rotordan keçdikdən sonra qapandığından, hərəkət edən qüvvə xətləri, rotorun özünü və onun üzərində yerləşdirilmiş məftilləri kəsir. Nəticədə rotorda dövri cərəyanlar, məftillərdə isə induksiyalanmış e.h.q. əmələ gəlir. Bu qüvvələrin yaratdığı fırladıcı moment, rotorda cərəyan induksiyalandıran səbəbin əksinə istiqamətlənəcəkdir. Maqnit selinin rotora görə aldığı nisbi yerdəyişmə cərəyan yaradır. Rotor cərəyanının aktiv təşkilediciləri fazaca induksiyalan e.h.q. ilə üst- üstə düşür, ona görə şəkildəki şərti işarələr (o və o) eyni

zamanda cərəyanın istiqamətini göstərir. Maqnit sahəsindəki cərəyanlı naqılı, istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunan, elektromaqnit qüvvəsi təsir edir. Rotorun bütün məftillərinə təsir edən elektromaqnit qüvvələrinin cəmi (F) elektromaqnit momenti (M) yaradır. Əmələ gələn moment maqnit seli ilə rotor arasındaki nisbi sürəti azaltmağa çalışacaqdır, yəni fırladıcı moment rotoru maqnit sahəsinin firlandığı istiqamətdə fırladacaqdır.

Rotorun oxuna xaricdən müqavimət momenti təsir etdiyindən rotorun sürəti, həmişə fırlanan maqnit rotor məftilləri fırlanan sahənin qüvvə xətləri ilə görüşübənləri kəsə bilir. Asinxron mühərrikin xarakterik xüsusiyyəti- maqnit sahəsinin fırınma sürəti (n_1) ilə rotorun fırınma sürəti (n_2) arasında fərqli olmasıdır (asinxron- eyni sürətli olmayan deməkdir). Çox

vaxt fırlanan sahənin sürəti sinxron, rotorun sürəti isə asinxron adalanır. Bu sürətlərin fərqi ($\Delta n = n_1 - n_2$) sahənin rotora nəzərən sürəti adlanır. Qeyd edilən sürətin sinxron sürətə olan nisbəti mühərrikin sürüşməsi (S) adlanır:

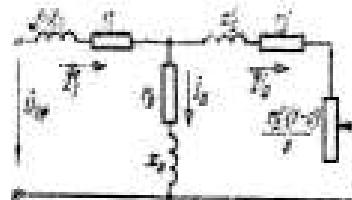
$$S = (n_1 - n_2) / n_1 ; S\% = ((n_1 - n_2) / n_1) * 100. \quad (5.13)$$

Asinxron mühərrikin iş rejimini təyin edən əsas elementlərdən biri sürüşmədir. Mühərrikin yüklenməsindən asılı olaraq sürüşmənin qiyməti 3%-dən 6%-dək dəyişir. Çox yüklenmiş mühərriklərdə sürüşmə çox, az yüklenmişlərdə isə az olur. Asinxron mühərriklərdə stator dolağı, elektrotexniki polad vərəqlərdən yiğilmiş, içibos silindrin daxili səthində açılmış yuvalarda yerləşdirilir və üçfazalı cərəyan şəbəkəsindən bəslənərək fırlanan maqnit sahəsi yaradır.

Stator dolağı yaranan maqnit selinin stator çevrəsi üzrə paylanmasıının sinusoidal olmasını və maqnit selinin qiymətinin maksimuma çatdırılmasını təmin etməlidir. Bu məqsədlə, hər fazaya aid dolağını bir neçə yuva arasında paylamaq lazımdır. Maqnit selinin stator çevrəsi üzrə paylanmasıının sinusoidallığı yaxınlaşmasını təmin etmək üçün, dolaqlar yerləşdirilən yuvalar, bir-birinə yaxın yerləşdirilməlidirlər.

Asinxron mühərrikin ekvivalent sxemi

Ekvivalent sxemin köməyi ilə asinxron mühərriklərin güc itgisini, gərginlik düşgüsünü və cərəyanı təyin etmək olar. Bu zaman nəzərə alınmalıdır ki, fırlanan rotorun dolaqlarındaki cərəyanın təsireddi qiyməti və tezliyi rotorun fırlanma tezliyindən asılıdır. Transformator prinsipi ilə işləyən asinxron mühərriki də ekvivalent sxem ilə əvəz edilə bilər. Mühərrikin T- şəkilli dördqütblü əvəzətmə sxemi şək.5.13- də göstərilmişdir.



Şək.5.13. Asinxron mühərrikinin ekvivalent sxemi.

Əvəzləmə sxemi stator və rotor dolaqlarının, eyni zamanda, onları əlaqələndirən maqnit sahəsinin parametrlərindən ibarətdir. Əvəzləmə sxemini qurmaq üçün ilk növbədə rotor dolağının parametrlərini stator dolağına nəzərən çevirmək lazımdır (aktiv və induktiv müqavimətləri). Fırlanan rotorun elektrik əvəzləmə sxemindən rotor cərəyanını tapmaq olar:

$$i_r = E_{rs} / Z_r = E_{rs} \sqrt{r_r^2 + x_{rs}^2} \quad (5.14)$$

$$X_{rs} = 2\pi f_r L_r = 2\pi f_1 L_{rs} = x_r S_3 \quad (5.15)$$

burada burada x_r - rotor dolağının induktiv müqavimətidir. Düsturlardakı E_{rs} və X_{rs} - in qiymətlərini yerinə yazsaq:

$$I_2 = sE_r / \sqrt{r_r^2 + s x_r^2} \quad (5.16)$$

$$I_2 = E_r / \sqrt{(r_r / s)^2 + (x_r^2)} \quad (5.17)$$

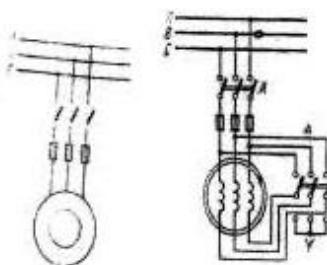
alırıq.

Burada E_r və x_r dəyişmir, R_r/s aktiv müqaviməti isə sürüşmədən (s) asılı olaraq dəyişir.

Sxemdən göründüyü kimi, stator dövrəsinin parametrləri (x_1 və r_1) yenə də ardıcıl birləşdirilir və dövrəyə U gərginliyi tətbiq edilir. Əvəzləmə sxemində maqnitləşdirici konturun müqavimətləri r_0 və x_0 ilə göstərilir.

Asinxron mühərrikin işə qoşulması və mexaniki xarakteristikası

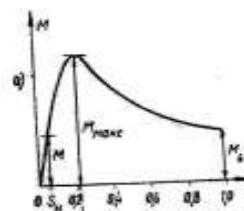
Mühərriklərin işə qoşulma xüsusiyyəti hər şeydən əvvəl onların dövrədən aldıqları cərəyanların və fırladıcı momentin qiymətləri ilə xarakterize olunur. Bəzi işçi maşınlar (məsələn, ventilyatorlar) işə qoşulma prosesinin başlanğıcında çox kiçik müqavimət momenti yaradır və sürət artıqca çoxalır. Digər qrupp maşınlar işə (kompressorlar, xırdalayıcılar və s.) nominal momentə qədər, bəzən ondan çox, işə qoşulma momenti tələb edirlər. Buna görə asinxron mühərriklərin işə qoşulma üsulları seçildikdə, onun uzunmüddətli və müntəzəm işləməsi, işə qoşulma sxeminin mürəkkəbliyi və səmərəli olması nəzərə alınmalıdır. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikləri bilavasitə işə salmaq mümkünündür, yəni üçqütblü açarlar vasitəsilə mühərrikin stator dolağı bilavasitə üçfazalı dövrə ilə əlaqələndirilir. Üsulun sadə olmasına baxmayaraq, işə qoşulma zamanı gərginlik düşgüsünün artması nəticəsində mühərrikin gücü məhdudlaşdırılır. Bunun səbəbi, başlanğıc anda, işə qoşulma cərəyanının qiymətinin artmasıdır ($k_q = I_q/I_n = 4:7$). İşə qoşulma cərəyanının (I_q) azaldılması üçün mühərrikin sıxaclarındakı gərginliyi azaltmaq lazımdır. Bu məqsədlə ulduz- üçbucaq açarı vasitəsilə işə qoşulma üsulu tətbiq edilir (şək.5.14).



Şək. 5.14. Asinxron mühərrikin işə qoşulma sxemleri.

Bu üsul normal iş rejimində stator dolağı üçbucaq qoşulacaq mühərriklər üçün tətbiq edilə bilər. Nəticədə mühərrikin hər faza dolağına düşən gərginlik 3 dəfə, işə qoşulma momenti isə 3 dəfə azalacaq. Mühərrik normal sürətini aldıqdan sonra A2 açarı sürətlə «üçbucaq» vəziyyətinə keçirilərək işə qoşulma prosesini sona çatdırırlar. Gərginliyi azaltmaqla işə qoşulma üsulu, gücü 20 kWt- a qədər olan mühərriklər üçün daha səmərəlidir. Böyük güclü məhərrikləri, gərginliyi azaltmaqla işə qoşduqda ya reaktiv müqavimətdən, ya da avtotransformatorlardan istifadə edilir. Rotorun fırlanma sürətinin (n_2), fırladıcı momentdən (M) asılılığına asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası deyilir. Ayri- ayri iş mexanizmlərini hərəkətə gətirmək üçün asinxron mühərriklər seçildikdə onun mexaniki xarakteristikasından istifadə edilir. Məsələn bəzi dəzgahlarda, yükün artmasına baxmayaraq, rotorun fırlanma sürətinin dəyişməz qalması olunur. Buna görə dəyişən yük altında işləyən işçi maşınlarında yükün dəyişməsinə uyğun olaraq mühərrikin fırlanma sürətinin dəyişməsi tələb olunur.

Bu səbəbdən intiqal üçün mühərrik seçidikdə onun mexaniki xarakteristikası böyük rol oynayır. Fırlanma sürətinin fırladıcı sürətdən asılılığı şək.5.15- da verilmişdir



Şək. 5.15. Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası.

Bu asılılıq n_2 (M) və M(S) kimi işaret edilir və hər ikisi birləşdirilərək bir əyri kimi göstərilir.

Xarakteristikadan göründüyü kimi mühərrikin başlanğıc momenti $M_{baş}$, rotorun fırlanması süreti sifra və süretlər arasındaki sürüşmə vahidə bərabər olduqda alınır. Başlanğıc moment həmişə müəyyən qiymətə malik olduğuna baxmayaraq kiçik qiymətlərdə mühərrik işləmir. Mühərrikin maksimal momenti (M_{max}) onun böhran sürüşməsinə (S_b) uyğun gələn momentdir.

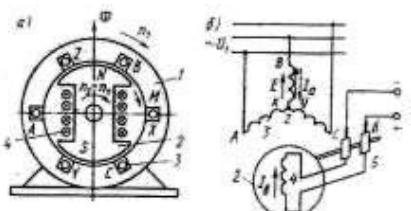
Sürətlər arasında sürüşmə olmadıqda ($n_1 = n_2$) fırladıcı moment sifra bərabər olur. Belə bir hal mühərrikin itgiziz işləməsinə uyğun gəlir. Asinxron mühərrikin nominal iş rejimini təmin etmək üçün əsas tələblərdən biri onun hansı mexanizmi işlədəcəyini qabaqcadan bilməkdir. Bu məqsədlə asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikasına icra mexanizminin mexaniki xarakteristikası ilə birgə baxmaq lazımdır.

Sinxron maşınlar Sinxron maşınlarının təyinatı və iş prinsipi

Sinxron maşınlardan, başlıca olaraq, üçfazalı dəyişən cərəyan mənbəyi kimi istifadə edilir. Onlar istilik, hidravlik və atom elektrik stansiyalarında, teplovozlarda və təyyarələrdə tətbiq olunur. Sinxron maşınlar generator və mühərrik rejimində işləyən üçfazalı dəyişən cərəyan maşınlarıdır.

Sinxron generatorun kontstruksiyası əsasən intiqalın növünə görə təyin edilir. Bundan asılı olaraq onlar turbin, hidravlik və dizel generatorlarına ayrıılır. Gücü 100 kW- dan çox olan və sabit fırlanması sürətinə malik olan mexanizmlərdə (kompressorlarda, ventilatorlarda, nasoslarda və s.) sinxron maşınlardan mühərrik kimi istifadə edilir. Məişət elektrik cihazlarında, idarəetmə sistemlərində və s. sahələrdə müxtəlif konstruksiyalı sinxron maşınlardan geniş istifadə olunur. Sinxron maşının sxemi şək.5.12- də göstərilmişdir.

Asinxron maşınlarda olduğu kimi sinxron maşının da



Şək.5.16. Sinxron maşının quruluşu və işsəsalma sxemi.

statorunda (1) üçfazalı dolaq (3) yerləşdirilir. Sabit cərəyanla qidalanan rotor dolağı (4) maşında maqnit seli yaratdıqdan təsirlənmə dolağı adlanır. Sabit cərəyan mənbəyi ilə fırılanan maqnit dolağı, kontakt halqları (5) və fırçalar 6 vasitəsilə əlaqələndirilir (şək.5.16,b).

Rotor müəyyən sürətlə firlandıqda təsirlənmə seli stator dolağının məftillərini kəsərək onlarda f_1 tezlikli dəyişən e.h.q. yaradır:

$$f_1 = Pn_2/60 \quad (5.18)$$

Əgər stator dolağını hər hansı yüksək qoşsaq, onda bu dolaqdə axan çoxfazalı cərəyan fırılanan maqnit sahəsi yaradır. Bu sahənin fırlanması sürəti aşağıdakı düsturla müəyyən olunur:

$$n_1 = 60f_1/P \quad (5.19)$$

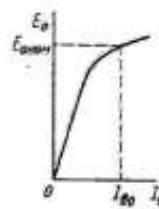
$n_1 = n_2$ olduğundan yuxarıdakı düsturlardan görünür ki, stator dolağında yaranan fırılanan maqnit selinin fırlanması sürəti rotorun fırlanması sürəti ilə eynidir - sinxrondur. Buna görə də bu cür maşınlar sinxron maşınlar adlanır. Sinxron maşınlarda əsas maqnit seli yaradan hissə təsirlənmə sistemi, e.h.q. induksiyalanan hissə isə lövbər adlanır. Beləliklə, göstərilən sxemdə stator- lövbər kimi, rotor isə təsirlənmə dolağı kimi təsvir edilir. Qərarlaşmış işləmə rejimində sinxron maşınlar aşağıdakı xarakterik xüsusiyyətlərə malikdirlər: istər generator, istərsə də mühərrik rejimində işləyən sinxron maşının rotorunun fırlanması sürəti (n_2) maqnit

selinin fırınma sürətinə (n_1) bərabərdir; lövbər dolağında induksiyalanan e.h.q.-nin dəyişmə tezliyi rotorun fırınma tezliyi ilə mütənasibdir; təsirlənmə dolağında e.h.q. induksiyalarınır; təsirlənmə dolağında yaranan m.h.q. maşının işləmə rejimində asılı deyil və təsirlənmə cərəyanı ilə müəyyən edilir.

Sinxron generatorun xarakteristikaları

Sinxron generatorların işləmə prinsipini təhlil etməklə maşının müxtəlif xarakteristikalarını çıxarmaq olar.

Yüksüz işləmə xarakteristikası. Sabir sürətlə fırınan maşının əsas maqnit sahəsi tərəfindən yaranan e.h.q. (E_0) ilə onun təsirlənmə cərəyanı (I_t) arasındaki asılılıq sinxron maşının yüksüz işləmə xarakteristikası adlanır. Təsirlənmə cərəyanının kiçik qiymətlərində maqnit seli az olduğundan, maşının polad içliyi doyma həddinə çatmir və onun maqnit müqaviməti kiçik olur. Bu halda maqnit seli, statorla rotor arasındaki hava məsafəsindəki maqnit müqaviməti ilə təyin edildiyi üçün bu hissədə yüksüz işləmə xarakteristikası düz xət formasında olur (Şək.5.17).



Şək.5.17. Sinxron generatorun yüksüz işləmə xarakteristikası.

Selin artması nəticəsində polad içliklərdə maqnit müqaviməti də artır. Poladdakı induksiyanın 1,7- 1,8 Tl- dən böyük qiymətlərində polad içliyin maqnit müqavimətinin sürətlə artması nəticəsində yüksüz işləmə xarakteristikası qeyri- xətti alınır. Sinxron maşının normal iş rejimi elə seçilməlidir ki, təsirlənmə cərəyanının kiçik dəyişmələri (ΔI_t) e.h.q.- yə təsir etməsin. Bu rejim xarakteristikanın doyma hissəsinə uyğun gəlir. Həmin hissənin doyma əmsali $k_d = ab/bc = 1,1-1,2$ olur.

Xarakteristikanın 1 hissəsi doyma olmadıqda maşının işləmə prinsipinə, 2 hissəsi isə maşının maqnit dövrəsində doymanın olması halına uyğun gəlir. Yüksüz işləmə xarakteristikasından mühərrikin təsirləndirmə cərəyanı təyin edilir.

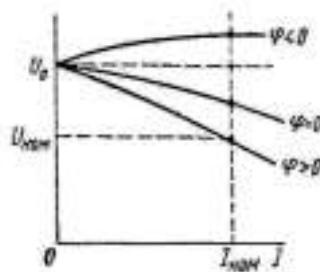
Sinxron generatorun xarici xarakteristikası. Təsirləndirmə cərəyanı I_t , yerdəyişmə bucağı I_t , tezlik f_1 və rotorun fırınma sürəti n_2 dəyişmədikdə U gərginliyinin ly yük cərəyanından asılılığına xarici xarakteristika deyilir. Sinxron maşının ən böyük gərginliyi onun yüksüz işləmə rejimində alınır. Maşının yükü tədricən artdıqca stator reaksiyasının təsirindən gərginlik azalır. Şək.5.18- da aktiv ($\varphi=0$), aktiv- induktiv ($\varphi >0$) və aktiv- tutum ($\varphi <0$) təbiətli yüklerdə sinxron maşının xarici xarakteristikası verilmişdir. Bu xarakteristikalar $E_0 = \text{const}$ və ya $I_t = \text{const}$ hallarında çıxarılıb, yəni hər bir əyri yük dəyişdirdə $\cos \varphi$ - nin dəyişməz qaldığı hala uyğundur.

Xarici xarakteristikalar vasitəsilə sinxron maşının istənilən rejimi və istənilən qiymətli yükü üçün gərginliyin dəyişməsini təyin etmək mümkündür. Bunun üçün maşının yüksüz işləmə gərginliyinin (U_0) hər hansı yük rejiminə aid gərginlik itgisini $\Delta U = U_0 - U_n$ şəkildə tapmaq mümkündür.

Yüksüz işləmə rejimində nominal yüklenmə rejiminə keçdiqdə gərginliyin faizlə dəyişməsi aşağıdakı düsturla xarakterize olunur:

$$\Delta U = \frac{U_0 - U_n}{U_n} \cdot 100\% \quad (5.20)$$

Avtomatlaşdırma və idarəetmə elementlərindən, icra mexanizmindən, əlaqələndirici vasitələrdən, ötürücü mexanizmdən və elektrik mühərrikindən ibarət olan elektromexaniki qurğu elektrik intiqalı adlanır. İntiqallardan iqtisadiyyatın bütün sahələrində texnoloji əməliyyatları yerinə yetirmək üçün istifadə edilir. İstehsal maşın və mexanizmləri əsasən elektrik intiqalı vasitəsilə hərəkətə gətirilir (Şək.5.18)



Şək. 5.18. Sinxron generatorun xarici xarakretistikası.

Elektrik intiqalının elektrik hissəsi elektrik mühərrikindən, idarəetmə aparatından və istehsal maşın-mexanizmindən ibarətdir. Xidmət olunan istehsal maşınlarının sayından və mexaniki ötürmənin mərhələsindən asılı olaraq elektrik intiqalları qrup, fərdi və çoxmərhələli növlərə bölündür. Qrup elektrik intiqallarında, transmissiya sistemi vasitəsilə ayrı-ayrı işçi maşına mexaniki enerji bir elektrik mühərriki vasitəsilə verilir. Bu növ elektrik intiqalının bir sıra texniki-iqtisadi nöqsanları olduğundan (mürəkkəb quruluşlu, aşağı f.i.e. və s.) istifadə olunmur. Fərdi elektrik intiqalında hər bir işçi mexanizmi hərəkətə gətirmək üçün fərdi elektrik mühərrikindən istifadə olunur. Nəticədə aralıq ötürmələrin quruluşu sadələşir, itgilər azalır və işçi maşınlarının fırlanma sürəti elektrik üsulu ilə tənzimlənir. Bu növ intiqallar iqtisadiyyatda çox geniş istifadə olunur. İşçi mexanizm müstəqil təsir göstərən bir neçə icra orqanından ibarət olduqda, yəni işçi maşının manqaları arasında əlaqə olmadıqda, çox mühərrikli elektrik intiqalından istifadə edilir. Bu zaman işçi maşının kinematikası sadələşir, qovşaqların sayı azalır və enerji sərfi azalır.

Elektrik intiqalı üçün mühərrikin seçilməsi

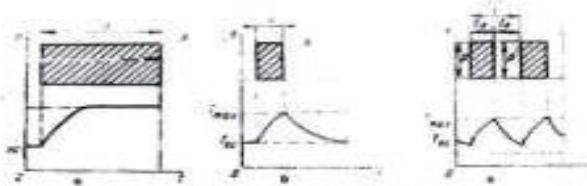
Elektrik intiqalı üçün mühərrikin düzgün seçilməsi nəticəsində yüksək iqtisadi və energetik göstəricilər əldə etmək olar. İntiqal üçün elektrik mühərriki seçdikdə, təkcə onun nominal gücü ilə məhdudlaşmaq olmaz. Eyni zamanda, mühərrikin işləmə rejimi, işçi maşın və icra mexanizmlərinin işləmə şəraiti də nəzərə alınmalıdır.

Buna görə də, mühərrük seçildikdə bir-biri ilə əlaqədə olan bir sıra məsələlər həll olunmalıdır: intiqalın tipinin seçilməsi (tənzimlənən və ya tənzimlənməyən); elektrik mühərrikinin növünün seçilməsi (cərəyanın və ya gərginliyin növünə görə, nominal fırlanma sürətinə görə); birləşmə sxeminin növünə görə; konstruktiv quruluşa görə (açıq, mühafizəli, bağlı, kip bağlı və s.) və iqtisadi göstəricilərinə görə. Beləliklə istifadə olunan elektrik intiqali bütün texniki-iqtisadi göstəricilərə cavab verməli, uzun müddətli və etibarlı işləməli, sadə kontsruksiyaya malik olmalıdır. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrük göstərilən tələblərə daha çox cavab verir.

Elektrik intiqalının iş rejimləri

Elektrik mühərrikinin normal işləmə müddəti onun üçün nəzərdə tutulmuş iş rejimində asılıdır. İstifadə olunan istehsal maşınları və mexanizmləri iş rejiminə görə 3 qrupa bölündür: uzunmüddətli, qısamüddətli və təkrar-qısamüddətli.

Uzunmüddətli iş rejimində elektrik maqşınının və elektrik intiqalının bütün hissələrinin temperaturu müəyyən vaxtdan sonra qərarlaşmış (T_q) səviyyəyə çatır və intiqalın işləmə müddəti bu temperaturdan asılı olur. (Şək.5.22)



Şek. 5.22. Elektrik intiqalının iş rejiminin grafikleri; a, uzunmüddetli, b, qısamüddetli, c, tekrar qısamüddetli.

Qısamüddetli iş rejimində elektrik intiqalı azmüddetdə işçi vəziyyətdə olur və bu müddət ərzində onun temperaturu qərarlaşməs qiymətə çatmır. Fasilələrdə isə intiqalın temperaturu ətraf mühitin temperaturuna qədər azalır. Bu mühərriklərin yüksəlmə müddəti 10, 30, 60 və 90 dəqiqə olur. Qısa müddətli iş rejimi təyyarələrin təkərlərində və aralanan körpülərdə istifadə edilir (şək.5.22,b).

Təkrar- qısamüddetli iş rejimində (5.22,c) işperiodları müntəzəm olaraq fasilələrlə əvəz olunur və heç bir periodda (t_p) elektrik intiqalının temperaturu qərarlaşmış qiymətə çatmır. Fasilə zamanı (t_0) elektrik intiqali heç bir periodda ətraf mühitin temperaturuna ($T_{ətr}$) qədər soyuya bilmir. Mühərrikin bir iş tsikli $t_t = t_p + t_0$ olur. Təkrar- qısamüddətli rejim nisbi işəqoşulma müddəti ilə xarakterizə olunur və faizlə ifadə olunur:

$$n_b = \frac{t_p}{t_p + t_0} \cdot 100\% = \frac{t_p}{t_s} \quad (5.23)$$

Bunun standart qiymətləri 15, 25, 40 və 60% müəyyən edilir. Bir tsiklin davaetmə müddəti isə 10 dəqiqədən çox olmamalıdır.

Ölçmə prosesi haqqında ümumi anlayış

Xüsusi texniki vasitələrin təcrübə yolu ilə fiziki kəmiyyətin qiymətinin təpilmasına ölçmə deyilir. «Elm ölçməyə başlanan andan başlayır. Dəqiq elmləri ölçüsüz təsəvvür etmək olmaz». Bu sözlər böyük rus alimi D. İ. Mendeleyevə məxsusdur. Ölçmələrin elmi əsaslarını metrologiya fənni təşkil edir. Ölçmənin nəticəsi verilmiş ölçülən fiziki kəmiyyətin xassələri haqqında miqdari informasiya verən, fiziki kəmiyyət üçün qəbul edilmiş vahidlərin sayıdır. Ölçmənin əsas düsturu aşağıdakı kimidir:

$$X = Ax/X_v, \quad (6.1)$$

burada X- ölçülən kəmiyyətin ədədi qiyməti; Ax- ölçülən kəmiyyət; X_v- ölçmə vahidiidir.

Fiziki kəmiyyətin qiyməti fiziki obyektin və ya fiziki istemin xassələrinin, onların və onlarda gedən proseslərin miqdardı xarakteristikasıdır. Uzunluq, kütlə, zaman, boru kəmərində qazın təzyiqi, kondensatorun tutumu, cismin elektrik müqaviməti və s. fiziki kəmiyyətlərdir. Ölçmələr ümumi qəbul olunmuş vahidlərdə verinə yetirilməlidir. Bizim ölkədə 1963- cü ildə Si adlı Beynəlxalq vahidlər sistemi qəbul olunmuşdur (DÜİST 9867-61). Bu sistemdə 7 əsas vahid qəbul olumuşdur və qalan vahidlər (törəmə vahidlər) onların vasitəsilə ifadə olunurlar. Əsas vahidlər bunlardır: kütlə- kilogram uzunluq- metr (m); zaman- saniyə (s); cərəyan şiddəti- Amper (A); termodinamik temperatura- Kelvin (K); işıq şiddəti- kandela (Kd); maddə miqdarı- mol (mol). Fiziki kəmiyyətlərin vahidləri maddiləşməlidir, yəni onun ölçüsü zamanda sabit qalmalı və xarici təsirlərdən asılı olmamalıdır. Fiziki kəmiyyətlər xüsusi ölçmə

vasitələrində-etalonlarda və ölçülərdə maddiləşdirilir. Fiziki kəmiyyətlərin dəqiq canlanan vahidlərinin olması müxtəlif yerlərdə, vaxtlarda və vasitələrin köməyi ilə aparılan ölçmələrin vahidliyini (eyniliyini) təmin etməyə imkan verir.

Ölçmələr zamanı istifadə olunan və normalaşdırılmış metroloji xassələrə malik olan texniki vasitələr ölçmə vasitələri adlandırılır. Ölçmə vasitələrinin aşağıdakı növləri mövcuddur: ölçülər, ölçmə cihazları, ölçmə çeviriciləri, ölçmə qurğuları və ölçmə sistemləri. Ölçü, verilmiş

ölçüdə olan fiziki kəmiyyəti əvvəlcədən müəyyən olunmuş dəqiqliklə canlandırıran ölçmə vasitəsidir.

Ölçülər birölcülü, çoxölcülü və ölçülər toplusu şəklində olurlar. Birölcülü ölçü ancaq bir ölçüdə olan fiziki kəmiyyəti canlandırır (məs., normal element, sabit tutumlu kondensator, sabit müqavimətli rezistor, sabit induktivlikli sarğac, çəki daşı və s.). Çoxölcülü ölçü müxtəlif ölçüdə eyni fiziki kəmiyyətlərin qiymətləri silsiləsini canlandırır (məs., dəyişən tutumlu kondensator, induktivlik variometri, dəyişən müqavimətli rezistor, millimetrik bölgüləri olan xətkeş və s.). Ölçülər toplusu eyni adlı fiziki kəmiyyətləri canlandırmaq üçün ölçülər komplektinin qiymətlərinin xüsusi qiymətlərini özündə əks etdirir (məsələn, müqavimətlər, tutumlar və induktivliklər mağazaları, çəki daşları toplusu və s.). Bu ölçülər həm ayrı-ayrıqda, həm də birlikdə istifadə oluna bilərlər.

Ölçülər mağazası- konstruktiv olaraq birləşdirilmiş ölçülər toplusudur. Ölçmə cihazları ölçüdən kəmiyyətin qiymətləri haqqında, müşahidəciyə əlverişli formada olan informasiya siqnallarını formalasdırıran ölçmə vasitəlidir. Ölçmə cihazları müxtəlif əlamətlərə görə təsnif olunurlar. Göstərişləri ölçüdən kəmiyyətin fasılısız funksiyası olan ölçmə cihazları analoq ölçmə cihazları, əksinə- fasılılı şəkildə olarsa, rəqəm ölçmə cihazları adlanırlar. Sonuncuların göstərişləri rəqəm şəklində olur. Ölçmə cihazları göstərici tipli (göstərişləri yalnız operator tərəfindən oxuna bilər) və qeydedici tipli (göstəriş müxtəlif informasiya daşıyıcıları üzərində qeyd oluna bilər) olurlar. Fiziki kəmiyyətlərin ölçmə nəticəsinin alınması üçün ölçü hökmən iştirak etməlidir. Giriş gəmiyyəti bir istiqamətdə girişdən çıxışa qədər çevrilən, birbaşa təsirli cihazların əksəriyyətində ölçü rolunu xüsusi qurğu oynayır. Sonuncu, cihaz hazırlanan zaman ölçünün köməyi ilə kalibrənir. Ölçmə cihazları stasionar və səyyar olurlar.

Stasionar cihazların quraşdırma yerində sərt bərkidilməsi üçün xüsusi korpusları olur. Səyyar cihazlarda isə belə bir korpus olmur.

Elektrik ölçmə qurğuları

Elektrik ölçmə qurğuları ölçmənin aparılması üçün lazımlı olan funksional və konstruktiv cəhətdən birləşmiş ölçmə vasitələrinin və köməkçi qurğuların toplusudur. Ölçmə qurğusu müəyyən ölçmə üsulunu reallaşdırır və ölçmə xətasını qiymətləndirməyə imkan verir. Ölçmə vasitələrini onların qurğularının xarakter əlamətlərinə, işləmə prinsipinə və təyinatına görə təsnif edirlər. İformasiya- ölçmə sistemləri informasiya mənbələrindən ölçmə informasiyasını avtomatik olaraq çevirən, toplayan, uzuq məsafəyə ötürən, emal edən və digər əməliyyatları yerinə yetirən qurğuların toplusuna deyilir.

İformasiya- ölçmə qurğuları 4 növ olurlar: ölçmə sistemləri. Onlar yuxarıda təsvir olunan funksiyaları yerinə yetirir və informasiyanı göstərici və ya qeydedici cihaza ötürür; avtomatik nəzarət sistemləri. Bunlar nəzarət olunan parametrlərin müəyyən sərhəddən kənara çıxması haqqında informasiya verir; texniki diaqnostika sistemləri. Bu sistemlər obyektlərin və ya proseslərin nasazlığının səbəblərini aydınlaşdırmağa və onların tapılmasına imkan verir; obrazları tanıma sistemləri. Bunlar müəyyən obyektlərin və ya proseslərin etalon obyektlərə və ya prosesslərə uyğun gəlməsini təyin etmək üçündür.

Ölçmə sistemləri öz aralarında rabitə kanalı vasitəsilə birləşdirilmiş ölçmə vasitələrinin və köməkçi qurğularının toplusudur. İstehsalatda və elmi- tədqiqat işlərində çoxlu sayda kəmiyyətlər haqqında informasiya zərurəti yaranır. Bunların hər birindən ötrü ölçmə çeviricisi qoymaq əlverişli deyil. Bundan başqa bu informasiyanı emal etmək lazımlı olur. Bu hallarda ölçmə sistemlərindən istifadə edilir. Onların vəzifəsi bir sıra informasiya mənbələrindən ölçmə informasiyasının avtomatik olaraq alınması, həmcinin ötürülməsi, emalı və bu və ya digər formada təqdim olunmasından ibarətdir. Çox uzaq məsafədə yerləşən obyektlərə xidmət

edən ölçmə sistemləri teleölçmə sistemləri adlanır. Bu sistemlərdə ölçmə informasiyasının ötürülməsi üçün məftillərdən və radiokanallardan istifadə edilir. İformasiyanın operatora təqdim olunması imkanı nəzarətə tutulan ölçmə sistemlərinə informasiya- ölçmə (DÜİST 8.437-81) və ya ölçmə informasiya sistemləri deyilir. Ölçmə sistemlərinin tərkibinə kompüter daxildirsə, onda onları ölçmə- hesablama kompleksləri adlandırırlar.

Avtomatik nəzarət sistemləri texnoloji prosesləri müşahidə etmək üçün nəzarət olunan parametrlərin verilmiş nominal qiymətlərdən fərqlənməsini siqnalizasiya edir. Onları 2 qrupa

ayırımaq olar: məmələtlərin zaman ərzində dəyişməyən parametrlərinə və zaman ərzində dəyişən fiziki kəmiyyətlərə avtomatik nəzarət sistemləri. Obrazları tanıma sistemləri. İnsanın ali əsəb sisteminin ayrı- ayrı işləmə funksiyalarının təzahürünün modelləşdirilməsi problemi ilk növbədə tanıma məsələsinin formallaşdırılması ilə bağlıdır. Bu zaman insan ətraf mühitin çoxlu sayda vəziyyətlərinin qəbulu və obyektlərin və ya hadisələrin xarakteristikalarının konkret qiymətlərinin toplusunun hər hansı bir təsnifat sinfində, xassələrinin yaxınlığına görə birləşdirilməsi baş verir. Uyğun təsnifat məsələlərinin dairəsi çox genişdir: texniki və tibbi diaqnostika, proqnozlaşdırma məsələlərində müxtəlif fiziki təbiətli proseslərin təsnifatı, görmə və eşitmə obrazlarının tanınması, məqsədə uyğun idarəetmələrin seçilmesi üçün mürəkkəb sistemlərin vəziyyətlərinin tanınması və s. Obrazların tanınması nəzəriyyəsində obyektlərin təsnifat əlamətləri dedikdə obyektin və ya hadisənin hər hansı bir üsulla ölçülən və ya təsvir olunan, sonra isə kodlaşdırılmış xassələri başa düşülür. Çoxluq təşkil edən obyektlərin müəyyən xassələrinin ümumiliyi əsasında birləşməsinə təsnifat sinifləri deyilir. Təsvir- baxılan obyektin hər hansı fəzaya (əlamətlərin fəzasına) əks olunması deməkdir.

Obraz- təsnifat obyektlərinin təsnifat əlamətlərinin yaxınlığına görə xarakterizə olunan təsvirlər çoxluğudur. Ayri- ayrı obraz (və ya obyektlər sinfinə) $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ əlamətlər toplusu ilə xarakterizə olunan X təsvirlərinin ayrıca bir faktor- elementi uyğun gəlir.

Tanıma- obyektin (təsvirin) təsnifat əlamətlərinə görə bu və ya digər təsnifat sinfinə aid edilməsi prosesidir.

Ölçmə çeviriciləri ölçülən kəmiyyət haqqında olan informasiyanı münasib formaya çevirmək, ötürmək, emal etmək və yadda saxlamaq üçün istifadə olunan ölçmə vasitələridir. Lakin bu siqnalları operator vizual şəkildə müşahidə edə bilmir. Ölçmə çeviricilərinin girişində çevriləməyə məruz qalan kəmiyyət (x), çıxışında isə çevirmə funksiyası $y=f(x)$ ilə əlaqədar olan çıxış kəmiyyəti olur. Ölçmə çeviriciləri aşağıdakı qruplara bölünlərlər: kəmiyyətini elektrik kəmiyyətinə çeviricilər (məs., elektrik kəmiyyətlərini rəqəm koduna çeviricilər, gərginlik- tezlik və gərginlik- period çeviriciləri və s.); qeyri- elektrik kəmiyyətlərini elektrik kəmiyyətinə çeviricilər (onları vericilər adlandırırlar) (məsələn, termoelektrik çeviriciləri, termorezistorlar, tensorezistorlar, fotoçeviricilər və s.); maqnit kəmiyyətlərini elektrik kəmiyyətinə çeviricilər (məsələn, induksion, qalvanomagaqnit və kvant çeviriciləri); elektrik kəmiyyətlərini qeyri- elektrik kəmiyyətinə çeviricilər (elektromexaniki cihazların ölçmə).

Ölçmələrin növləri

Ölçülən kəmiyyətin alınma üsullarından asılı olaraq birbaşa, dolayı və birgə ölçmələr mövcuddur. Birbaşa ölçmələr zamanı nəticə (y) kəmiyyətin özünün (x) ölçülməsi ($y=x$) ilə alınır (məsələn, ampermetrlə cərəyanın, voltmetrlə gərginliyin, vattmetrləğünün ölçülməsi və s.).

Dolayı ölçmələr zamanı nəticə (y) ölçmə zamanı alınan bir və ya bir neçə kəmiyyətdən (x_1, x_2, \dots, x_n) hesablama yolu ilə tapılır ($y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$). Məsələn, müqavimət R gərginliyin (U) və cərəyanın (I) ölçülənqiymətlərindən istifadə etməklə Om qanunu əsasında tapılır. Birgə ölçmələr dəyişən şəraitdə aparılan birbaşa və dolayı ölçmələr əsasında aparılır. Ölçmələr nəticəsində tənliklər sistemi qurulur və bu sistemi həll etməklə axtarılan nəticə tapılır. Məsələn, naqılın müəyyən temperaturdakı müqavimətini birgə ölçmələr nəticəsində tapmaq olar. Fərz edək ki, naqılın müqaviməti ilə temperatura arasında aşağıdakı asılılıq mövcuddur: $R_t = R_{20}[1 + \alpha(t-20) + \beta(t-20)^2]$, burada R_{20} , α və β - uyğun olaraq, normal temperaturada ($+20^\circ\text{C}$) naqılın müqaviməti və naqılın materialından asılı olan əmsallardır.

Müxtəlif temperaturalarda naqılın müqavimətlərini ölçüb aşağıdakı tənliklər sistemi qurulur:

$$R_{t1} = R_{20}[1 + \alpha(t-20) + \beta(t-20)^2] \quad (6.2)$$

$$R_{t2} = R_{20}[1 + \alpha(t-20) + \beta(t-20)^2] \quad (6.3)$$

$R_{t3} = R_{20}[1 + \alpha(t-20) + \beta(t-20)^2]$ Alınan tənliklər sistemindən R_{20} , $R_t=R_{20}$, α və β parametrlərini tapmaq olar.

Kompensasiya ölçmə üsulu

Kompensasiya ölçmə üsulunun mahiyyəti elektrik cəhətdən əlaqəsi olmayan iki gərginliyin və ya e.h.q.-nin, və ya 2 ayrı- ayrılıqda tənzimlənən cərəyanların tarazlayıcı indikatora əks istiqamətdə qoşulmasından ibarətdir. Ölçmə üsulu yüksək dəqiqlik təmin edir və üsulu reallaşdırılan qurğulara kompensatorlar və ya potensiometrlər deyilir. Kompensatorlarda yüksək dəqiqliyi normal elementin e.h.q.-si vasitəsilə əldə edirlər. Normal elementlər zaman ərzində sabit və 200°S temperaturada qiyməti 1,01865 V olan e.h.q. istehsal edirlər. Onların daxili müqaviməti 500-1000 Om və dolub- daşma cərəyanı 1 mkA -dır. Otağın temperaturasının dəyişməsi ilə normal elementin də e.h.q.-si (E_t) aşağıdakı düsturla dəyişir:

$$E_t = E_{20} - 0,00004(t-20) - 0,000001(t-20)^2 \quad (6.29)$$

Normal elementin e.h.q.-sinin yüksək dəqiqliklə təyin olunması və maqnitoelektrik sistemi qalvanometrlərin yüksək dəqiqliyi sayəsində kompensatorlar sabit cərəyan dövrələrində çox yüksək ölçmə dəqiqliyi təmin edirlər.

Dəyişən cərəyan dövrələrində yüksək dəqiqlik təmin edən gərginlik mənbəyi və ölçmə mexanizmi olmadığından dəyişən cərəyan kompensatorları adı ölçmə cihazlarından fərqlənmirlər.

Ölçmə cihazlarının və çeviricilərinin xətaları

Ölçmə prosesi zamanı ölçmə cihazının dəqiqliyindən və metodikanın düzgünlüyündən asılı olmayaraq ölçülən kəmiyyət həqiqi qiymətdən fərqli olur. Ölçmənin xətası xarici faktorların təsirindən (temperaturanın dəyişməsindən, titrəyişdən, xarici elektrik və maqnit sahələrindən), metodik və alət xətalarından, hesabatın qeyri-dəqiqliyindən və s. yaranır. Xətaların qiymətləndirilməsini təhlil edək.

Fərqli ki, çevirici $Y_n=F_n(X)$ nominal çevirmə funksiyasına malikdir. Müxtəlif səbəblər üzündən çeviricinin real çevirmə funksiyası nominaldan fərqlənir və $Y=F(X)$ olur. Çeviricinin girişinə X_1 kəmiyyəti verildikdə onun çıxışında $Y_n=F_n(X_1)$ əvəzinə $Y_1=F(X_1)$ kəmiyyəti alınır. $\Delta y=Y_1-Y_n$ fərqli çevirmənin mütləq xətası adlanır. Bu xətaya bəzən çıxışdakı xəta da deyirlər. Mütləq xətanın əks işaretə ilə götürülmüş qiymətinə düzəliş ($\Delta_{\text{düz}}= -\Delta$) deyilir. Onu ölçülən kəmiyyətin üstünə əlavə etməklə kəmiyyətin daha dəqiq qiymətini

$$(x_h=x_o+\Delta_{\text{düz}}) \text{ tapmaq olar.}$$

Nisbi xətanın qiyməti (δ) ölçmənin mütləq xətasının giriş kəmiyyətinin həqiqi qiymətinə (x_h) olan nisbətinin faizlə ifadə olunmuş qiymətinə bərabərdir:

$$\delta=(\Delta/x_h)*100\%. \quad (6.30)$$

Praktikada giriş kəmiyyətinin həqiqi qiymətini təyin etmək mümkün olmadığı üçün nisbi xətanı aşağıdakı düsturla təyin edirlər:

$$\delta=(\Delta/x_o)*100\%. \quad (6.31)$$

Ölçmə nəticəsi həqiqi qiymətdən böyük olarsa xəta müsbət, əks halda isə mənfi olur. Nisbi xəta ölçünü xarakterizə etdiyi üçün onun vasitəsilə ölçmə cihazını xarakterizə etmir. Odur ki, ölçmə cihazlarını xarakterizə etmək üçün gətirilmiş xəta anlayışından istifadə edilir.

Gətirilmiş xəta mütləq xətanın ən böyük qiymətinin cihazın normalaşdırılmış (nominal) qiymətinə olan nisbətinin faizlərlə ifadə olunmuş qiymətinə deyilir:

$$\gamma_{\text{gət}}=(\Delta X'/X_n)*100\% \quad (6.32)$$

burada X_n - cihazın şkalasının işçi hissəsinin ən böyük qiyməti götürülür.

Normal iş şəraitində təyin olunmuş ən böyük gətirilmiş xəta cihazın əsas xətası adlanır. Normal şərait dedikdə ətraf mühitin temperaturası 20°C və ya cihazın sənədlərində göstərilmiş temperatura, xarici elektrik və maqnit sahələrinin olmaması, gərginliyin və tezliyin nominal qiymətləri, cihazı qidalandıran dəyişən cərəyanın əyrisinin sinusoidal forması və s. nəzərdə tutulur. Cihazın əsas xətası ancaq onun mənfi cəhətlərində asılı olur. Cihazın dəqiqlik sinfi onun əsas xətasına görə təyin edilir (əsas xətanın ən böyük buraxıla bilən iymətinin faizlərlə ifadə olunur). DÜİST 1845-59 – a əsasən ölçmə cihazları 8 dəqiqlik sinfinə bölünürlər: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

Əlavə xətalar xarici təsirlərin (temperaturanın, təzyiqin, manelərin və s.) normal qiymətlərindən kənara çıxması üzündən ölçmə vasitələrində yaranan xətalardır. Ölçülən kəmiyyətin zamandan asılı olaraq dəyişməsinə görə statik və dinamik xətalar mövcuddur. Statik xətalar zaman ərzində dəyişməyən kəmiyyəti ölçən zaman yaranır. Dinamik xəta-dinamik rejimdəki xəta ilə baxılan zaman anında ölçülən kəmiyyətin qiymətinə uyğun olan statik xəta arasındaki fərqdir. Ölçmə xətalarının dəyişməsindən asılı olaraqsistematik, təsadüfi və kobud xətalar mövcuddur. Sistematiq xətalar ölçmə zamanı öz qiymətini və işarəsini sabit saxlayır və ya müəyyən qanunla dəyişirlər. Sistematiq xətalara metodik, alət, subyektiv vəs.xətalar aiddirlər. Onları aradan qaldırmaq və ya azaltmaqmumkündür. Sistematiq xətaların təbiətini öyrənmək, uyğun düzəlişlərin daxil edilməsi, ölçmə metodunun və avadanlığının düzgün seçilməsi, həmçinin başqa üsullar sistematik xətaları azaltmağa imkan verir. Kobud xətalar (səhvlər) gözləniləndən dəfələrlə böyük olan xətalara deyilir. Onların yaranma səbəbləri göstərişin düzgün götürülməməsi, sxemlərdə və ölçmə cihazlarında olan nasazlıqdır. Kobud xətaları aradan qaldırmaq üçün onları yaranan səbəblər ləğv olunmalıdır. Kobud xətaları adətən nəzərdən atırlar.

Ölçmə vasitələrinin və çeviricilərinin ölçmə xətalarının 2 təşkili dəcisi var: tətbiq olunan ölçmə vasitəsinin xətalarından asılı olan alət xətası və ölçmə üsulunun təkmil olmamasından irəli gələn metodik xəta. Alət xətalarına ölçmə cihazının xətaları, şkalanın düzgün dərəcələnməməsi, cihazın düzgün yerləşdirilməməsi, bir cihazın digərinə təsiri, rezistiv gərginlik bölücsünün müqavimətlərinin düzgün seçilməməsi üzündən yaranan xətalar aiddirlər.

Elektron ölçmə cihazları

Elektron ölçmə qurğuları çoxlu sayıda çeviricidən ibarət olan mürəkkəb qurğudur. Onlar müəyyən formalı elektrik rəqslərinin generasiyası, bir növ cərəyanın başqacərəyana çevrilməsi, güclənmə və s. Funksiyaları yerinə yetirir. Elektron ölçmə cihazlarının elektromexaniki ölçmə cihazlarından fərqi ondan idarətdir ki, onların giriş dövrəsinə müxtəlif elektron ölçmə çeviriciləri qoşulur (məsələn, zəif giriş siqnallarını gücləndirmək üçün gücləndiricilər, dəyişən gərginliyin amplitud qiymətini ayırmak üçün amplitud detektorları, dəyişən gərginliyin orta qiymətini ölçmək üçün düzləndirici körpülər, böyük tezlik diapazonunda stabil və dəqiqlik ölçmələr aparmaq üçün düzləndirici sxemlər və s.).

Elektron ölçmə cihazları 4 əsas qrupa bölünür: siqnalların parametrlərini və xarakteristikalarını ölçən cihazlar (elektron voltmetrləri, tezlikləçənlər, ossiloqraflar, spektr analizatorları və s.); elektrik və elektron sxemlərinin parametrlərini və xassələrini, həmçinin aktiv və passiv ikiqütbü və dördqütbüllərin xarakteristikalarını ölçən cihazlar (məsələn, müqavimət, tutum, induktivlik, elektron lampaları və tranzistorların parametrlərini ölçən cihazlar); müxtəlif səviyyəli, formalı və tezlikli siqnallar mənbəyi olan ölçmə generatorları; ölçmə sxemlərinin elementləri (məsələn, fazafırladıcıları, attenuatorlar- siqnal zəiflədiriciləri və s.). Elektron ölçmə cihazlarının elektromexaniki cihazlara nisbətən aşağıdakı üstünlük'ləri var:

giriş müqaviməti çox böyük olduğu üçün ölçülən dövrədən az enerji sərf edir; daha geniş tezlik dapazonuna malikdirlər; daha yüksək cəldişləməyə malikdirlər; həssaslığı daha yüksəkdir. İnteqral sxemlərin texnologiyası inkişaf etdikcə onların dəqiqliyi, stabilliyi və etibarlılığı daha da artır və ölçüləri, çəkisi və enerji sərfi daha da azalır. Elektron ölçmə cihazlarının nöqsanları göstərişlərin ölçülən cərəyanın və ya gərginliyin formasından asılılığı, qida mənbəyinə olan tələbat və nisbətən baha olmalarıdır.

Fasiləsiz kəmiyyətlərin diskret formada təqdimi

Ümumiyyətlə kəmiyyətlər aşağıdakı kimi təsvir olunurlar:

1. Analoq şəklində bu zaman kəmiyyətlər zamana və qiymətinə görə fasiləsiz olurlar. Bu kəmiyyət üzərində zamana görə diskretləşdirmə əməliyyatı aparmaq olar.
2. Diskret şəkildə- bu zaman kəmiyyət diskret zaman anında fasiləsiz qiymətə malik olur. Zaman oxunda iki qonşu hesabat nöqtəsi arasındaki məsafə diskretləşmə addımı adlanır (t_d). Buna stroboskop prinsipi və ya zaman darvazaları deyilir. Zaman intervalı kiçik olduqda kəmiyyətin bərpa olunma dəqiqliyi də artır. Dinamik ölçmələrdə diskretləşmə addımını dəqiq seçmək lazımdır. Əks halda informasiya itgisi çox böyük ola bilər. Praktikada diskretləşdirmə addımını seçmək üçün **Kotelnikov teoremindən** istifadə olunur. Bu teoremə görə diskretləşdirmə addımı aşağıdakı düsturla hesablanmalıdır:

$$t_d = \frac{1}{2F_m} \quad (6.41)$$

burada F_m - giriş siqnalının tezlik spektrindəki ən böyük tezlikdir.

3. Səviyyəyə görə kvantlama zamanı kəmiyyət ancaq 2 diskret qiymət ala bilir. Bu zaman fasiləsiz kəmiyyətə ən yaxın kvantlama pilləsinin nömrəsi verilir. İki qonşu pillə arasındaki məsafəyə kvantlama addımı deyilir. Aydındır ki, fasiləsiz kəmiyyətlərin kvantlanması xətaya gətirib çıxarıır. Fərz edək ki: $\sigma_{kv}^a = \pm \Delta_{kv} / 2$.

Bəzi hallarda kəmiyyətə ən yaxın aşağı və ya yuxarı pillənin nömrəsi verilir. Bu zaman $\Delta_{kv}^0 = \Delta_{kv}$ olur. Kvantlama xətasını mümkün qədərazaltmaq olar. Bu xətanın nisbi qiyməti belə hesablanır:

$$\Delta_{kv} = \pm (\Delta_{kv} / A_{max}) * 100 \% \quad (6.42)$$

burada A_{max} - kvantlanan kəmiyyətin maksimal qiymətidir.

RÖQ- də kvantlama səviyyələrinin sayı (diapazondakı bölgülərin sayı) anlayışı vardır:

$$N = A_{max} / \Delta_{kv} + 1 \quad (6.43)$$

Düsturda dəyişiklik aparsaq:

$$\Delta_{kv} = (1 / N) * 100 \% \quad (6.44)$$

Hər bir ölçülən kəmiyyət kvantlama səviyyəsinin nömrəsini yazmaqla kodlaşdırılır və fasiləsiz kəmiyyət rəqəm şəklində təsvir olunur.

Rəqəm ölçmə cihazları və rəqəm ölçmə qurğularının təsnifatı

Rəqəm ölçmə texnikası nisbətən yeni və sürətlə inkişaf edən sahədir. İlk rəqəm ölçmə qurğuları (RÖQ) elektromexaniki tipli idilər, yəni onların qurulmasında elektron lampalarından və elektromaqnit relelərdən istifadə olunurdu. Sonralar tranzistor və diod əsaslı elementlərdən, daha sonra isə integrallı sxemlərdən daha çox istifadə edilməyə başlandı. Bu da RÖQ- in etibarlılığını, işləmə sürətini və dəqiqliyini artırmağa, güc sərfini və ölçülərinə azaltmağa imkan vermişdir.

RÖQ- in üstünlüklerinə nəticənin qeyd olunmasının əlverişli və obyektiv olması, yüksək həllətmə qabiliyyəti zamanı ölçmənin diapazon genişliyi, mexaniki keçid elementlərinin olmaması hesabına yüksək işləmə sürəti (adi əqrəbli cihazlardan fərqli olaraq) və başqa xüsusiyyətlər daxildir. Mənfi cəhətləri isə onların istehsal texnologiyasının nisbətən mürekkebliyi və baha olmasıdır. RÖQ müasir ölçmə texnikasına qoyulan tələblərə, yəni ölçmə prosesinin avtomatlaşdırılması və zəruri dəqiqliyi saxlamaqla ölçmə sürətinin artırılmasına tam

cavab verir.

Hal-hazırda geniş diapazonlu texniki xarakteristikalara malik olan RÖQ buraxılır (voltmetrlər, ampermetrlər, aktiv müqavimətləri, tutumları və induktivlikləri ölçənlər, tezlikölçənlər, fazaölçənlər, saygacalar, saatlar və s.). Onlardan ən çox yayılmış rəqəm voltmetrləridir və onlar bəzi hallarda 0,001%-dən də az gətirilmiş xətaya malik olurlar.

Rəqəm çeviricilərinin isə işləmə sürəti saniyədə bir neçə milyon çevirməyə çatır. RÖQ-lərin girişindəki kəmiyyətlər zamana və qiymətinə görə fasilesiz ola bilərlər. Odur ki, fasilesiz siqnalları rəqəm formasına çevirmək üçün analoq-rəqəm çeviricilərindən (ARÇ) istifadə edilir. ARÇ-nin girişində ölçülən analoq kəmiyyəti, çıxışında isə rəqəm kodu olur. Bu rəqəm kodu (adətən ikilik kod) kompüterə emal üçün daxil olur. Texnolojiobyektlərin idarəetməsini həyata keçirmək üçün kompüterin çıxışına rəqəm-analoq çeviricisi (RAÇ) qoşulur. Bu çevirici, girişinə verilən rəqəmi analoqsinqnalına çevirərək texnoloji obyektin idarəetmə orqanlarına təsir edir. ARÇ-nin çıxışına rəqəmindikatorları qoymaqla hesabatı əlverişli şəkildə aparmaqlıdır. Hal-hazırda ARÇ-lər ayrıca blok şəklində (birkristalda) hazırlanır. RÖQ daxilində qida mənbəyi, çıxışında isə rəqəm indikatoru olan bir cihazdır və rəqəm qeyddedicisinin qoşulması üçün xüsusi çıxışa malikdirlər. Rəqəm-analoq çeviriciləri rəqəm idarəli sistemlər müstəqil əhəmiyyətə malikdirlər (məs., programla idarə olunan dəzgahlar).

Bütün cihazlar kimi rəqəm ölçmə qurğuları da birbaşa və tarazlaşma çevirməli olurlar. Bəzi çeviricilərdə yerli xarakterli əks əlaqə olur. Bu cür cihazların ümumi xarakteristikası- nisbi sadəlik, orta səviyyəli dəqiqlik və yüksək işləmə sürətidir. Tarazlaşan çevirməli cihazların xarakterik cəhəti ümumi mənfi əks əlaqənin olmasına təsdiq edir. Ayrıca çeviricilərdə yerli xarakterli əks əlaqə ola bilər. Əks əlaqə bloku üçün giriş siqnalı rəqəm, çıxış siqnalı isə analoq şəklində olur, yəni bu blok rəqəm-analoq çeviricisi kimi işləyir. Bu cihazlar nisbətən baha və mürəkkəb, lakin yüksək dəqiqliyə malik olurlar. Əks əlaqənin olması keçid prosesi yaratdığı üçün işləmə sürəti kiçik olur. Dəqiqliyin daha da artırılması cihazın mürəkkəbləşməsi və işləmə sürətinin azalması hesabına həyata keçirilir.

İkiqütblülər

İkiqütblülər iki sıxacı (iki qütbü) olan qurğularıdır. Onlardan biri giriş sıxacıdır və mənbəyə qoşulur. Digəri isə çıkış sıxaclarıdır və digər elektrik dövrəsinə qoşulur.

İkiqütblülər çıxışdakı gərginliyin və cərəyanın girişdəki gərginlikdən və cərəyandan asılılığına görə xətti və qeyri-xətti olurlar. Bu, onların tərkibindəki elementlərin xətti və ya qeyri-xətti olmasından asılıdır. İkiqütblülər passiv və ya aktiv olurlar. Passiv ikiqütblülərin tərkibində aktivlərdən fərqli olaraq elektrik enerjisi mənbəyi olmur. Aktiv ikiqütblüyə nümunə olaraq tranzistoru, passivlərə isə R,

L, C, LC, RC və RLC sxemlərini göstərmək olar. İkiqütblülərin nəzəriyyəsinin əsas məsələsi onun giriş və çıkış gərginlikləri və cərəyanları (U_1, U_2, i_1, i_2) arasındaki asılılıqları (ikiqütblünün ötürmə tənliklərini) tapmaqdır. Tənliklərdəki kəmiyyətlərə isə ikiqütblünün parametrləri deyilir. İkiqütblülər nəzəriyyəsinin köməyi ilə ötürmə tənliklərinə əsasən ikiqütblünün sxemini sintez və təhlili etmək mümkündür.

Dördqütblülər

Dördqütblülər çıxışdakı gərginliyin Dördqütblülər iki cüt sıxacı (dörd qütbü) olan qurğularıdır. Onlardan ikisi giriş sıxaclarıdır və mənbəyə qoşulur. Digər ikisi isə çıkış sıxaclarıdır və yükə qoşulur. Dördqütblünün girişinə (1-1) verdiyi gərginliyi U və daxili müqaviməti Z olan elektrik enerjisi mənbəyi qoşulur. Çıxış sıxaclarına (2-2) isə müqaviməti Z olan yük qoşulur. Giriş sıxaclarındaki gərginlik U və çıkış sıxaclarındaki isə U olur. Giriş sıxaclarından i , çıkış sıxaclarından isə i cərəyanları axır. Mənbə və yük kimi başqa dördqütblü də iştirak edə bilər. Və cərəyanın girişdəki gərginlikdən və cərəyandan asılılığına görə xətti və qeyri-xətti olurlar. Bu, onların tərkibindəki elementlərin xətti və ya qeyri-xətti olmasından asılıdır. Dördqütblülər passiv və ya aktiv olurlar. Passiv dördqütblülərin tərkibində aktivlərdən fərqli olaraq elektrik enerjisi mənbəyi olmur. Aktiv dördqütblüyə nümunə olaraq gücləndiriciləri, passivlərə isə LC və ya RC sxemlərini göstərmək olar.

Dördqütblülərin nəzəriyyəsinin əsas məsələsi onun giriş və çıxış gərginlikləri və cərəyanları (U_1 , U_2 , i_1 , i_2)arasındaki asılılıqları (dördqütblünün ötürmə tənliklərini) tapmaqdır. Tənliklərdəki kəmiyyətlərə isə dördqütblünün parametrləri deyilir. Dördqütblülər nəzəriyyəsinin köməyi ilə ötürmətənliklərinə əsasən dördqütblünün sxemini sintez və təhliletmək mümkündür.

Dördqütblünün giriş müqaviməti $Z_{gir.1}=U_1/i_1$ tənliyilə təyin olunur. Dördqütblünün giriş müqaviməti təkcədördqütblünün xassələrindən deyil, həmçinin xarici dövrənin (yükün) xassələrindən də asılıdır. Bu sözlər çıkış müqavimətinə də aiddir. Ona görə də dördqütblünün parametrlərini təyin etdikdə fiksasiya olunmuş vəziyyətlərdən istifadə edirlər. Bunlara yüksüz gedis və qısa qapanma rejimləri aiddirlər. Məsələn, çıkış sıxaclanı yüksək gedis rejimində onun giriş müqavimətini ($Z_y.g.1$) və ya giriş sıxaclanı mənbədən yüksək gedis rejimində onun çıkış müqavimətini ($Z_y.g.2$) təyin edirlər. Eynilə çıkış sıxaclanı qısa qapadıqda qısa qapanma rejimində onun giriş müqavimətini ($Z_q.q.1$) və ya giriş sıxaclanı qısa qapadıqda qısa qapanma rejimində onun çıkış müqavimətini ($Z_q.q.2$) təyin edirlər. Bu parametrlərin təyin olunması, xüsusilə dördqütblü «qara yesik» şəklində təqdim olunduqda, çox vacibdir.

Dördqütblünün aşağıdakı ötürmə funksiyalarından istifadə olunur: $H_u = U_2/U_1$ - gərginliyə görə kompleks ötürmə əmsalı (aktiv dördqütblülərdə, məsələn, gücləndiricilərdə gərginliyə görə güclənmə əmsalı adlanır); $H_i=i_2/i_1$ - cərəyanaya görə kompleks ötürmə əmsalı (aktiv dördqütblülərdə - cərəyanaya görə güclənmə əmsalı adlanır); $H_z=U_2/i_1$ - kompleks ötürmə müqaviməti; $H_Y=i_2/U_1$ - kompleks ötürmə keçiriciliyidir.

Elektrik süzgəcləri

Süzgəc dedikdə, müəyyən tezlikli siqnalları çıkışa ötürərək başqa tezlikli siqnalları zəiflədən elektron qurğuları nəzərdə tutulur. Aktiv süzgəclər dedikdə isə tərkibində gücləndirici element olan süzgəclər nəzərdə tutulur.

Süzgəclərin ən çox yayılmış növləri aşağı tezlikli, yuxarı tezlikli, zolaqlı və çəpərləyən süzgəclərdir. Süzgəclərin əsas xarakteristikası onun ötürmə əmsalının giriş siqnalının tezliyindən asılılığıdır. Ötürmə əmsalı dedikdə, məlum olduğu kimi çıkış siqnalının amplitudasının, giriş siqnalının amplitudasına olan nisbəti nəzərdə tutulur.

Aşağı tezlikli süzgəclər (ATS) müəyyən f kəsmə tezliyinə qədər olan tezlikli siqnalları buraxıb, ondan yüksək tezlikli siqnalları saxlayırlar. ATS-ə klassik nümunə integratorlardır. Sxemin süzülmə xüsusiyyəti kondensatorun dolub-boşalması ilə əlaqədardır.

Kondensator ətalətli element olduğu üçün yüksək tezlikli siqnallara reaksiya verə bilmir. Ona görə yüksək tezlikli siqnallar integrallanır. Kəsilmə tezliyini qiyməti RC elementlərinin qiymətindən asılıdır. Kəsilesi tezliklər artıqca, müqavimətin sabit qiymətində tutumun qiyməti azalmalıdır. Ona görə də elektron sxemlərində çox yüksək tezlikli siqnalların sxemə təsirini azaltmaq üçün həmin dövrələrdə sxemin ümumi nöqtəsi arasında kiçik tutumu nə qədər böyük götürürlərsə, kəsilmə tezliyi də o qədər az olar. Məs., qida mənbələrində şəbəkənin yaratdığı döyünməni azaltmaq üçün yüzlərlə və bəzən minlərlə mF tutumlu kondensator çıkışa paralel olaraq qoşulur. Kəsilmə tezliyini təyin etmək üçün RC dövrəsinin zaman sabitinin $\vartheta = RC$ dəsturundan istifadə etmək lazımdır. R müqavimətini girişdəki cərəyanın qiymətinə görə seçməkə C tutumu təpilir və standarta uyğunnominal qiymət götürülür və buna görə də kəsilmə tezliyi təpilir.

Çıxışla giriş arasında kondensator qoyulduğu üçün aşağı tezlikli siqnallar bir başqa çıkışa ötürüle bilmir. Burada cərəyan kondensatorun lövhələrində dəyişən işarəli potensialların yaranması hesabına əmələ gəlir. Ona görə də tezlik nə qədər yüksək olarsa, cərəyan da o qədər böyük olar. Cərəyanın qiymətinə tutumun və müqavimətin qiymətləri də

təsir edir. Tutum nə qədərkiçik olarsa, kəsilmə tezliyi də o qədər böyük olar. RC_2 dövrəsi integrallayıcı kimi f - dən yüksək tezlikləri buraxmir.

Yuxarı tezliklər süzgəclərində isə RC dövrəsi diferensiallayıcı rolunu oynayır və f_k tezliyindən aşağı tezlikləri zəiflədərək yuxarı tezlikləri çıkışa ötürür. Birlikdə bu iki süzgəc f_k və

f_k tezlikləri arasında olan tezlikləri buraxır, digərlərini isə süzürlər. Burada f_k kəsilmə tezliyini yuxarı tezliklər süzgəci, f_k kəsilmə tezliyini isə aşağı tezliklər süzgəci yaradır.

Avtorəqs dövrələri

Xarici faktorların təsiri olmadan yaranan elektrik rəqslerinə avtorəqlər deyilir. Onları yaradan qurğulara isə avtorəqs generatorları deyilir. Sadə adlandırılın generatorlar elektronikada və elektronikanın tətbiq olunduğu əksər sahələrdə çox geniş istifadə olunur. Alınan rəqsler sinusoidal və qeyri-sinusoidal ola bilər. Onlar qeyri-xətti rezonans gücləndiricilərindən və əks əlaqə blokundan ibarətdir. Birinci bloka bipolyartranzistorlu, sahə tranzistorlu və ya əməliyyat gücləndiricili kaskad və RC və ya LC rəqs konturu daxildir. Əks əlaqə dövrəsinin vəzifəsi düz əlaqə dövrəsinin çıxışındaki gərginliyi müəyyən qiymətlə və ya işarə ilə aktiv elementin girişinə verməkdən ibarətdir. Avtorəqlərin yaranma mexanizmi belədir. Məlum olduğu kimi hər bir rəqs konturunda

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{və ya} \quad f = \frac{1}{2\pi\sqrt{RC}} \quad (7.1)$$

tezlikli məxsusi rəqsler yaranır. Həmin tezlikli rəqsler üçün konturun daxili müqaviməti çox kiçik olduğu üçün onların çıxış qiymətləri böyük olur. Həmin çıxış rəqsleri aktiv element tərəfindən gücləndirilərək, əks əlaqə ilə əlavə enerji şəklində yenidən rəqs konturuna qaytarılır. Beləliklə, rəqs konturunda rəqslerin güclənməsi baş verir. Lazımı səviyyəyə çatdıqda, yəni əlavə olunan enerji və rəqs konturunda olan enerji itgisi bərabərləşdikdə artım azalır. Sonradan əks əlaqənin verdiyi enerji konturda olan itgiyə bərabər olur. Bu zaman parametrləri stabil olan avtorəqlər alınır. Bundan ötrü generatorlarda amplitudlar balansı olmalıdır. Yəni düz və əks əlaqə dövrələrinin ötürmə əmsalları elə bir qiymət almalıdır ki, əlavə olunan enerji generatorda olan enerji itgisinə bərabər olsun. Əlavə olunan enerji itgisinin yerini doldurması üçün əks əlaqə siqnalının da işarəsi fazalar balansı şərtini ödəməlidir:

$$k_{\text{düz}} \times k_{\text{əks}} = 1 \quad (7.1)$$

$$\phi_{\text{düz}} + \phi_{\text{əks}} = 360^\circ \quad (7.3)$$

Bu şərtlər yerinə yetirildikdə, stasionar rəqsler alınır. Generatorun parametrləri rəqs konturunun elementlərinin qiymətləri ilə xarakterizə edilir. Ona görə də dəqiq generatorlar qurulduğda, rəqs konturunun keyfiyyətinə çox fikir verilir. Ən sadə generator RC rəqs konturu olan generatordur. Çünkü induktivlik böyük həcmə malik olduğu üçün dəqiqlik vacib olmayan sxemlərdə keyfiyyət əmsalının böyük olduğuna baxmayaraq istifadə olunmur. Odur ki, keyfiyyət əmsalını artırmaq üçün təbii və süni rezonatorlardan (məs., kvarsdan) istifadə olunur. Kvarsın ekvivalent sxeminin tərkibində induktivlik L, dinamik C1 və statik C2 tutumlar və itgini xarakterizə edən R müqaviməti olan iki paralel budaq vardır.

Birinci budağa L, C1 və R elementləri, ikinci budağa isə C2 elementi daxildirdirlər. Statik tutum kvarsın elektrodları arasındaki təbii tutum hesab olunur. Bu dövrədə ardıcıl və paralel rezonans hadisələri baş verə bilər. Ardıcıl rezonans L və C1 elementləri olan ardıcıl dövrədə, paralel rezonans isə L və C2 elementləri olan paralel dövrədə olur. Həmin parametrlər kvarsın ölçülərindən asılıdır. Məlum düsturlarla kvarsın ölçüləri seçilir və lazımlı olan tezliklər yüksək stabililiklə alınır. Kvarsın daha bir üstünlüyü ondan ibarətdir ki, ondan yüksək harmonikalı rəqsler də yüksək stabililiklə alınır. Bu da onun ölçülərini kiçik götürməyə imkan verir. Bundan başqa yüksək tezliyin alınması kvarsın ölçüləri ilə tərs mütanasibdir. Kvarsın xassələri temperaturdan asılı olduğu üçün çox yüksək stabililik tələb olunan sxemlərdə kvarslar xüsusi termostatlarda yerləşdirilir. Aktiv süzgəclərlə generatorların ümumi fərqi generasiya şərtlərinin

yerinə yetirilməsindən ibarətdir. Uyğun sxemlərin əks əlaqə əmsalını dəyişməklə onları süzgəc və ya generator kimi işlətmək mümkündür.

Paylaşmış parametrlər dövrələr haqqında ümumi məlumat

İndiyə qədər L, Ç və R elementlərindən ibarət elə dövrələrə baxılırdı ki, onların parametrləri müəyyən nöqtələr ətrafında toplanmışdı: induktivlik makarada (makaranın maqnit sahəsinin enerjisi onun maqnit keciriçisində lokallaşmışdır); tutum kondensatorda toplanıb (elektrik sahəsinin enerjisi kondensatorun lövhələri arasında lokallaşmışdır); aktiv müşavimət rezistorda toplanıb (rezistorda elektrik enerjisinin istiliyə cevirləməsi rezistorun çərəyan kecirən təbəqəsində həyata kecirilir). Bu cür parametrləri dövrələrə toplanmış parametrləri dövrələr deyilir. Lakin bütün dövrələri həmişə toplanmış parametrləri dövrələr şəklində göstərmək mümkün deyil. Məsələn, rabitə xəttində, fiderdə, antennada, dalğaötürəndə və s. elektromaqnit enerjisinin ötürülməsini hesablayan zaman nəzərə alınmalıdır ki, elektrik və maqnit sahələri bu qurğuların bütün uzunluğu boyu paylanmasıdır və elektromaqnit enerjisinin istiliyə cevirləməsi həmcinin qurğunun bütün uzunluğu boyu baş verir. Bu dövrələrdə qurğunun bütün uzunluğu boyu paylanmış induktivliklərə, tutumlara və aktiv müşavimətlərə rast gəlirik. Ona görə də bu dövrələrə paylanmış parametrləri dövrələr deyilir. Bu dövrələrdə sonlu kicik sahənin çıxışındaki gərginlik və çərəyan girişdəki gərginlik və çərəyandan həm qiymətinə görə, həm də fazasına görə fərqlənirlər. Odur ki, paylanmış dövrələrin istənilən nöqtəsindəki gərginlik və çərəyan həm zamanın, həm də fəza koordinatlarının (məsələn, dövrənin başlanğıçından həmin nöqtəyə qədər olan məsafənin) funksiyası olur.

Qeyd edək ki, dövrələrin paylanması və ya toplanmış parametrləri növlərinə bölünməsi şərtidir. Cünki, eyni bir dövrə işlədiyi tezlikdən asılı olaraq həm toplanmış, həm də paylanmış parametrləri sistem kimi baxıla bilər. Həqiqətən, əgər dövrənin girişində sinusoidal gərginlik mövçuddursa, elektromaqnit rəqslərinin yayılma sürətinin sonlu olduğuna görə (ışığın sürətinə yaxındır) rəqslər bir period ərzində $L=\frac{1}{\omega}T=\frac{1}{\omega f}$ qədər məsafə qət edəcəklər (burada, ω - ışığın sürəti, f - rəqslərin tezliyidir). Odur ki, məsafə nə qədəp böyük olarsa, pəqslərin son nöqtəyə geçikməsi də o qədər böyük olaçaqdır. Dövrənin uzunluğu rəqslərin perioduna nisbətən çox böyük olarsa, bu dövrə paylanmış parametrləri sistem olur və çıxış gərginliyi və çərəyanı zamandan və məsafədənəsli olur.

Dövrənin uzunluğu rəqslərin periodundan kicikdirsə, onda geçikmə baş vermir və çıxışındaki gərginlik və ya çərəyan ancaq zamanın funksiyası olur. Bu dövrələrə toplanmış parametrləri dövrələr deyilir. Məsələn, uzunluğu 30 sm olan koaksial kabel maksimal tezliyi 8,5 m/Hs olan televiziya siqnalları üçün toplanmış parametrləri ($I=s/f = 3 \cdot 10^8 / (8,5 \cdot 10^6) = 35$ m), desimetri dalgalar üçün isə (I - onlarla santimetrə catır) paylanmış parametrləri sistem olur. Uzunluğu 1 km olan koaksial kabel isə televiziya siqnalları üçün də paylanmış parametrləri sistem olur.

Bircins uzun xətlərin paylanmış parametrləri

Uzun xəttlər müxtəlif konstruksiyaya malikdirlər. Məsələn, iki məftilli hava xətti paralel, izolyasiyasız 2 məftildən ibarətdir. Onlar izolyatorlar vasitəsilə xüsusi dayaqlara birləşdirilir. Simmetrik kabel dövrəsi 2 biri-birinə burulmuş izolyasiyalı məftillərdən ibarətdir.

Koaksial kabel silindrin içərisində yerləşdirilmiş fasılısız kəsikli məftildən ibarətdir. Uzun xəttlər elektrik xassələri vahid xətt uzunluğuna gətirilmiş ilkin parametrlərlə (məftil rabitəsi zamanı xəttin 1 kilometrinə nisbətən və radio rabitəsi zamanı xəttin 1 metrinə nisbətən) xarakterizə olunurlar. İlkin parametrlər aşağıdakılardır: xəttin vahid uzunluğunun aktiv müşaviməti R (Ω/km və ya Ω/m), xəttin vahid uzunluğunun induktivliyi L (H/km və ya H/m), xəttin vahid uzunluğunun tutumu S (F/km və ya F/m) və xəttin vahid uzunluğunun izolyasiyasının keciriçiliyi (Cm/km və ya Cm/m). Məsələn, iki məftilli xəttin müşaviməti

$$R=2\Delta I/S=2000\Delta/Br_2 [\Omega/km],$$

burada p - 20ES temperaturda məftilin materialının xüsusi müşaviməti [$\Omega \cdot m/mm^2$]; I - xəttin uzunluğu [m]; S - məftilin en kəsiyi sahəsi [mm^2]; r - məftilin radiusudur [mm]. 20ES- dən fərqli temperaturlarda məftilin müşaviməti aşağıdakı kimi hesablanır: $R_t=R[1+\Phi_t(T-20E)]$, burada

Φ_t - temperatur əmsalı [$1/dərəcə$] və T - temperaturdur. Belə ki, 1 km uzunluqlu və 4 mm diametrlı mis məftilin 20ES temperaturda $f=0$ tezliyi üçün müşaviməti 2,84 Ω/km - dir. Səh

effektinin olması (tezlik artdıqda çərəyanın məftilin daxili təbəqələrindən onun səthinə qovulması) tezliyin artması ilə aktiv müqavimətin artmasına gətirib çıxarır.

İnduktivlik L vahid uzunluqlu kontura ilişən maqnit selinin bu seli yaradan çərəyana olan nisbətidir. Xəttin induktivliyi xarıçı və daxili intuktivliklərdən toplanır. Xarıçı induktivlik xəttin həndəsi ölçüləri ilə təyin olunur və tezlikdən asılı deyil. Daxili induktivlik isə məftillərin materialından, onların diametrindən və tezlikdən asılıdır. Səth effekti tezlik artdıqça daxili induktivliyi azaldır.

Məsələn, iki məftilli mis dövrənin kilometrlik induktivliyi $L=4[\ln(I_{mef}/r+k_{s.e.})]/10^4$ düsturuna görə məftillərin radiusu $r=2$ mm, məftillər arasındaki məsafə $I_{mef}=200$ mm, $f=10$ Hz (maqnit nüfuzluluğu $\gamma=1$ və səth effekti əmsalı $k_{s.e.}=1,8$) olduqda, $1,89$ mHn/km olur. Tutum Ç vahid uzunluqlu xəttə düşən elektrik yükünün xəttin məftilləri arasındaki gərginliyə olan nisbətidir. İki məftilli xəttin tutumu $\mathcal{C}=\gamma/36\ln(I_{mef}/r)$ mF/km olur, burada γ - məftillər arasındaki fəzada olan materialın dielektrik nüfuzluluğudur. Məsələn, iki mis məftilli hava dövrəsinin kilometrlik tutumu məftillərin radiusu $r=2$ mm, məftillər arasındaki məsafə $I_{mef}=200$ mm olduqda (havanın dielektrik nüfuzluluğu $\gamma=1$) $7,4$ nF/km olur.

Keciriçilik G izolyasiyanın təkmil olmaması ilə əlaqədardır və vahid uzunluqlu xəttin məftilləri arasındaki izolyasiyanın keciriçiliyinin aktiv toplananını təşkil edir. Hava xətlərində izolyasiyanın keciriçiliyi iqlim şəraitində (rütubətdən, temperaturdan və s.), izolyatorların səthinin təmizliyindən və s. asılıdır. Izolyasiyanın keciriçiliyi tezlik artdıqça artır (xüsusi kabel dövrələri üçün). Buna səbəb dielektrikdə itgilərinartmasıdır. Hava dövrələri üçün

$$G=G_0+k_{tg}*f \text{ [Cm/km]} \text{ olur,}$$

burada G_0 - sabit çərəyanda izolyasiyanın keciriçiliyi, k_{tg} - dəyişən çərəyanda dielektrikdə yaranan itgiləri nəzərə alan əmsal, f - tezlikdir.

Kabel dövrələri üçün $G=G_0+Tg*f$ [Cm/km] olur, burada Tg - dielektrik itgiləri buçağının tangensidir. İlkin parametrləri daxil etdikdən sonra birçins uzun xətlər anlayışını dəqiqləşdirmək olar. Birçins dedikdə elə xətlər nəzərdə tutulur ki, onların ilkin parametrləri onun bütün uzunluğu boyu dəyişməsin.

Elektronikanın predmeti

İnsan cəmiyyətinin inkişafının müasir mərhələsi elektronikanın insanların həyat və fəaliyyətinin bütün istiqamətlərinə artma sırası ilə nüfuz etməsi ilə bağlıdır. Elektronika sahəsində olan nailiyyətlər əhəmiyyətli dərəcədə mürəkkəb elmi- texniki problemlərin uğurla həllinə, elmi tədqiqatların effektivliyinin artmasına, yeni maşın və avadanlığın yaranmasına, effektiv texnologiya- ların və idarəetmə sistemlərinin işlənməsinə, informasiyanın toplanması və emalı proseslərinin inkişafına kömək edir. Elektron elmi və texnikası çərçivəsində, elmi tədqiqatların predmeti elektron və digər yüksək hissəciklərin elektromaqnit sahələri ilə qarşılıqlı təsiri qanunlarının öyrənilməsi və bu qarşılıqlı təsirin informasiyanın ötürülməsi, toplanması, yadda saxlanması və emalı, eyni zamanda digər zəruri problemlərin həll olunması məqsədi ilə elektromaqnit enerjisinin çevrilməsində istifadə olunan elektron cihazlarının yaradılmasıdır.

Elektronun həddən artıq kiçik ətalətə malik olması, həm elektron cihazının işçi sahəsində (makrosahələrdə), həm də atom daxilindəki sahələrdə (mikrosahələrdə) molekullarla və ya kristal qəfəslərlə onun qarşılıqlı təsirində 10^{12} Hz tezliyə qədər elektro- maqnit rəqslərinin qənerasiyası, çevrilməsi və qəbulu üçün, həmçinin infraqırmızı, görünən, rentgen və qamma- şüalanmalarının (10^{12} - 10^{20} Hz) qəbulu və çevrilməsi üçün istifadə etməyə imkan verir. Elektromaqnit spektrinin öyrənilməsi elektronikanın inkişafının xarakterik xüsusiyyətidir.

Elektron proseslərinin və hadisələrinin öyrənilməsinin nəticələri, həmçinin, elektroncihazlarının və qurğularının yaradılması metodlarının işlənməsi, elektron texnikasının müxtəlif vasitələrində özünü göstərir. Bu tətbiq 2 istiqamətdə gedir: müxtəlif təyinatlı elektron cihazlarının yaradılması, onların istehsal texnologiyası və sənaye istehsalı; elektron cihazları əsasında insanın elmi və praktiki fəaliyyətinin müxtəlif sahələrində istifadə olunan və mürəkkəb məsələləri həllitməyə qadir olan avadanlıqların yaradılması

Elektronikanın təsnifatı və inkişaf perspektivləri.

Vakuum elektronikası

Elektronika özündə 3 əsas tədqiqat sahəsini birləşdirir: vakuum elektronikası, bərk cisimli elektronika və kvant elektronikası. Bu sahələrdən hər biri iş prinsipi yaxın olan elektron cihazlarının işlənməsi üçün fundamental əhəmiyyətə malik müxtəlif fiziki- kimyəvi hadisələri və proseslərin tədqiqini, həmçinin bu cür cihazların hazırlanması və hesablanması üsullarını özündə birləşdirir.

Vakuum elektronikası sahəsindəki əsas tədqiqatların aşağıdakı istiqamətləri mövcuddur: elektron emissiyası (xüsusiylə, termo- və fotoemissiya, tunel emissiyası); elektronların və ionların selinin formalaşdırılması və bu selin idarə olunması; rezonatorların, yavaşıldıçı sistemlərin və enerjinin daxi- letmə və xaricetmə qurğularının köməyi ilə elektromaqnit sahələrinin formalaşdırılması; katod lüminessensiyası; yüksək dərəcəli vakuumun fizikası və texnikası (onun alınması, saxlanması və ölçülməsi); elektron cihazlarının işlənməsi və hazırlanma texnologiyası ilə əlaqədar istilik- fiziki proseslər; elektrodların və izolyatorların səthindəki fiziki- kimyəvi proseslər; səthlərin emalı texnologiyası (o cümlədən elektron, ion və lazer emalı); qazboşalma cihazlarının daxilində qazın optimal tərkibinin, təzyiqinin alınması və saxlanması və s.

Vakuum elektronikasının inkişafının əsas istiqamətləri aşağıdakı növ elektrovakuum cihazlarının yaradılması ilə əlaqədardır; elektron lampaları (diodlar, triodlar, tetrodlar, pentodlar və s.); ən yüksək tezlikli (ƏYT) elektrovakuum cihazları (maqnetron, klistron, qaçan və əks dalğalar lampaları və s.); güclü relyasiyalı cihazlar (girotronlar, ubitronlar və s.); difraksiya hadisələri əsasında işleyən cihazlar; elektron-şúa və fotoelektron cihazlar (kineskoplar, vidikonlar, superortikonlar, elektronoptik çeviricilər, fotoelektron vurucuları və s.); qazboşalma cihazları (tiratronlar, qazboşalma indikatorları və s.); rentgen boruları və s.

Bərk cisimli elektronika

Bərk cisimli elektronika, elektronikanın bir bölməsidir. O, bərk cisimlərdə gedən elektron proseslərini öyrənməklə yanaşı həm də həmin prosesləringəniş tezlik diapazonunda (sabit cərəyandan rentgen və γ - şüalanmasına qədər), elektromaqnit enerjisinin çevrilməsi ilə məşğul olur. Bərk cisimli elektronikanın praktiki vəzifəsi elektromaqnit rəqslərinin generasiyası, gücləndirilməsi, indi- kasiyası, elektromaqnit enerjisi sellərinin idarə olunması, yaddaş, emal və əksolunma qurğularında hesab və məntiq əməllərinin yerinə yetirilməsi üçün istifadə olunan elektron bərk cisimli cihazların və qurğuların yaradılmasıdır.

Elektrovakuum cihazlarına nisbətən bərk cisimli elektron cihazlarının bir sıra üstünlükləri var: kiçik ölçüləri; aşağı işçi gərginliyi; daha yüksək etibarlılığı və uzunömrü, zərbələrə və titrəyişə davamlılığı, ucuzluğu və s. Bərk cisimlərdə elektronların həddən artıq konsentrasiyası atom örtüklerində lokallaşdırılmış elektronlar üçün (10^{22} - 10^{24} sm⁻³), hərəkət edən elektronlar üçün (10^{18} - 10^{22} sm⁻³) bu tip cihazların praktiki olaraq məhdudiyyət olmadan miniatürləşdirilməsi üçün imkan yaradır. Bu zaman ölçülər mikrometrin hissələrinə qədər azala bilər. Bərk cisimli elektronika aşağıdakı bölmələrdən ibarətdir; yarımkəcəricilər elektronikası- yarımkəcərici maddələrdə elektron proseslərini öyrənir və onların əsasında elektron cihazları və qurğuları yaradır; maqnitoelektronika maqnit materiallarındakı elektronlarla elektromaqnit sahələrinin qarşılıqlı təsirini öyrənir və onların əsasında elektromaqnit enerjisinin sellərinin idarə olunması üçün bərk cisimli elektron cihazları və qurğuları, həmçinin maqnit domenləri əsasında yaddaş qurğuları yaratmaqla məşğul olur; dielektrik elektronikası- dielektriklərdə, xüsusiylə dielektrik təbəqələrində elektron proseslərinin öyrənilməsi ilə məşğul olur. Bu öyrənmədən həm metal kontaktlar vasitəsilə dielektrik təbəqəsinə elektronların injeksiyasına əsaslanan cihazlar yaratmaq üçün, həm də onların digər bərk cisimli elektron cihazları üçün istifadə edirlər; xüsusi bərk cisimli cihazlar pyezoelektriklərin, seqnetoolektriklərin və piroelektriklərin əsasında yaradılır. Bərk cisimli elektronikada maqnit yarımkəcəricilərinin, şüşəyə bənzər yarımkəcəricilərin, yarımmetalların, kompozisiyalı materialların, xüsusilə müxtəlif yarımkəcəricilərin epitaksial təbəqələrindən təşkil olunmuş heterostrukturların tətbiqi artır. İstifadə olunan fiziki hadisələrin və cihazların hazırlanması prinsiplərinin xüsusiyyəti bərk cisimli elektronikada aşağıdakı istiqamətlərin

ayırılmasına səbəb oldu: çox yüksək tezlikli bərk cisimli elektronika; optoelektronika bərk cisimlərdə elektronlarla optik diapazonlu elektromaqnit şüalanmasının qarşılıqlı təsirini öyrənir və bunun əsasında cihazlar və qurğular hazırlayır (şüalanmanın mənbəyi və qəbulədicisi, optronlar, çox yüksək sürətli EHM- lərin elementləri, lif- optik rabitə xətləri, informasiyanın emalı və eks olunmasıqurğuları və s.); akustoelektronika- akustik dalğalarla və rəqsərlə bərk cisimlərin elektronlarının qarşılıqlı təsirini öyrənir və bunun əsasında miniatür bərk cisimli, xüsusilə informasiyanın analoq şəklində emalı üçün cihazlar hazırlayırlar.

Krioelektronika- elektromaqnit sahələrinin aşağı temperaturlarda bərk cisimlərdəki yüksək daşıyıcıları ilə qarşılıqlı əlaqəsi əsasında işləyən elektron cihazlarını hazırlayır. Bərk cisimli elektronika aşağıdakı məsələləri həll edir: bərk cisimli materialların (yarımkeçirici, dielektrik, maqnit və s.) xassələrinin öyrənilməsi; materialların strukturunun xüsusiyyətlərinin və qarışqlarının bu xassələrə təsiri; müxtəlif materialların təbəqələri öyrənilməsi; kristalda müxtəlif tipli keçiricilikli epitaksiya, diffuziya, ion daxiledilməsi (implantasiyası) və b. sahələrin yaradılması; yarımkəçirici materiallar əsasında plazma zəhərlənməsi, optik, elektron, ion və rentgen litoqrafiyası metodlarının köməyi ilə dielektrik və metal təbəqələrinin alınması; geterokeçidlərin və ya çoxtəbəqəli strukturların yaradılması; dinamik qeyri-bircinsliliyin tədqiqi; mikron və submikron ölçülü funksional qurğuların, həmçinin bu parametrlərin ölçüməsi metodlarının yaradılması. Bərk cisimli elektronikanın əsas istiqaməti yarımkəçiricilər elektronikasıdır. Bu istiqamət müxtəlif tipli yarımkəçirici cihazların; yarımkəçirici diodları tranzistorların, tiristorların müxtəlif integrasiya dərəcəli analoq və rəqəm integralları şəxslərinin, optoelektron cihazlarının (ışık diodlarının, fotodiöldərin, fototranzistorların, optronların, ışık və fotodiöldərin matrislərinin) işlənməsi və hazırlanması ilə məşğul olur.

Yarımkəçiricilər elektronikası yarımkəçirici materialarda elektromaqnit sahəsi ilə elektronların qarşılıqlı münasibətini tədqiq etməklə və bu münasibətdən elektromaqnit enerjisinin çevriləməsi üçün istifadə edilən elektron cihazları və qurğuları yaradılması ilə məşğul olur. Yarımkəçirici elektronikanın köməyi ilə xalq təsərrüfatının bütün sahələrində istifadə olunan kiçik qabaritlı, yüksək etibarlılıq, enerjini az tələb edən yarımkəçirici cihazlar və qurğular yaradılmışdır.

Yarımkəçiricilər elektronikasının inkişafı yarımkəçiricilər fizikasında və bərk cisimlərin kvant nəzəriyyəsindəki fundamental nailiyyətlərin sayəsində mümkün olmuşdur. Yarımkəçiricilər elektronikasının işinin əsasında aşağıdakı elektron prosesləri və xassələr durur; hərəkətli yüksək daşıyıcılarının iki tipinin eyni zamanda mövcudluğu (mənfi- keçiricilik elektronlarının və müsbət deşiklərin) iki tipli- elektron və deşik elektrik keçiriciliyinin yaranması; qarışığın atomlarının tipindən və konsentrasiyadan elektrik keçiriciliyinin tipinin və qiymətinin güclü asılılığı; yarımkəçiricilərin xassələrinin işığın, istiliyin, elektrik və maqnit sahələrinin, mexaniki gərginliyin təsirinə yüksək həssaslığı; yarımkəçiricilərin hissələrinin sərhəddində müxtəlif tipli elektrik keçiriciliyinin və ya metal- yarımkəçirici kontaktında praktiki olaraq bir istiqamətli keçiriciliyə malik olan elektron- deşik keçidinin (p-n kecidi) və ya Şottki baryerinin yaranması; p-n keçidlərinə cərəyanın keçməsi istiqamətdə gərginlik tətbiq etdikdə yüksək daşıyıcılarının əsas hesab olunduğu hissələrdən qeyri- əsas hesab olunan digər hissələrə injeksiyası qabiliyyəti; potensial baryerdən içərisindən daşıyıcıların tunel keçidi; güclü elektrik sahəsində yüksək daşıyıcılarının lavin çoxalması; daşıyıcıların effektiv kütlələrini və hərəkətliliyini dəyişməklə, bir energetik zonadan digərinə keçməsi (Qann effekti əsasında) və b.

Yarımkəçiricilər elektronikası üçün vacib əhəmiyyətə tranzistor effekti (açıq kecidin cərəyanı ilə bağlı keçidin cərəyanını idarə etmək), həmçinin yarımkəçiricinin nazik təbəqəsinin (kanalın) keçiriciliyinin sahə ilə modulyasiyası malikdirlər. Bu effektlər əsasında əsas tipli yarımkəçirici cihazlar, bipolar və sahə tranzistorları işləyirlər. Bərk cisimli elektronikanın başqa əsas istiqamətləri- akustik dalğalarla kondensə olunmuş mühitdə keçiricilik elektronları ilə (akustoelektronika), optik diapazonun elektromaqnit dalğalarının bərk cisimlərdəki elektronlarla (optoelektronika), elektromaqnit sahələrinin aşağı temperaturlarda bərk cisimlərdəki yüksək daşıyıcıları ilə (krioelektronika) qarşılıqlı əlaqəsi əsasında işləyən elektron cihazlarının, həmçinin, pyezoelektrik effekti əsasında (pyezoelektronika), bərk cisimlərdə maqnithadisələri əsasında işləyən elektron cihazlarının yaradılmasıdır.

Pyezoelektronika (pyezo- yunanca sıxmaq, təzyiq etmək c elektronika) elektronikanın bir bölməsi olub, pyezoelektrik effekti əsasında təsir edən cihazların və funksional qurğuların işlənməsi və praktiki istifadəsi ilə məşğul olur.

Pyezoelektronika 1888- ci ildən sonra pyezoelektrik effekti kəşf olunduqdan sonra tədqiq olunmağa başlanılmışdır. Pyezoelektrik effekti mexaniki deformasiyanın təsiri altında dielektriklərin polyarlaşması hadisəsinə (düz pyezoeffekt) və elektrik gərginliyinin təsiri altında dielektriklərdə mexaniki deformasiyanın yaranması (əks pyezoeffekt) hadisələrinə deyilir. Bu effektlər ilk dəfə 1880- ci ildə fransız alimi P. Küri tərəfindən seqnet duzları kristallarında tapılmışdır. Pyezoelektrik effektinin mövcudluğunun əsas şərti dielektrikin strukturunda simmetriya mərkəzinin olmamasıdır (polyar istiqamətlərin olması). Pyezoelektrik effektinə malik olan dielektriklərə pyezoelektriklər deyilir. Pyezoelektrik effekti bəzi yüksək müqavimətli yarımkəcəricilərdə də müşahidə olunur. Bu maddələrə pyezoyerimkecəricilər deyilir.

Elektron lampaları

Elektron lampalarının və digər qurğularının kontsruksiyasının əsasını elektron emissiyası hadisəsi təşkil edir. Elektron emissiyası elektronların bərk və bəzi maye cisimləri tərk edərək vakuum və ya qaz mühitinə çıxmazı hadisəsidir. Cisimləri qızdırmaqla (termoelektron emissiyası), elektromaqnit dalğaları ilə təsir etməklə (fotoelektron emissiyası), onların səthini mexaniki emal etməklə (ekzoelektron emissiyası), yüklü zərrəciklərlə bombardman etməklə (ikinci elektron emissiyası- dinatron effekti) elektronlara, cismi tərk etmək üçün lazımlı əlavə enerjini verməklə elektron emissiyasını yaratmaq olar. Bunlardan başqa çox güclü elektrik sahəsinin təsiri ilə də elektron emissiyasını (avtoelektron emissiyasını- tunel emissiyasını) almaq olar. Sürətləndirici elektrik sahəsinin çıxış işinin azalması doyma cərəyanının artmasına səbəb olur (Şottki effekti).

Elektron emissiyası mənbəyi kimi metallar, yarımkəcəricilər və maye civə işlədir. Elektron lampaları şüşə, metal- şüşə, metal- keramika və ya keramikadan hazırlanmış və içərisində vakuum (10^{-7} mm civə sütunu) yaradılmış, həmçinin elektrodlar (anod, katod və torlar) yerləşdirilmiş qapalı hermetik balondan ibarətdir.

Zəif güclü lampaların anodu Ni, Mo və Ta əsaslı materialdan, güclü elektron lampalarının anodu isə mis və ya kovardan (tərkibində 18% co və 29% Ni olan Fe əsaslı ərinti) və katodu adətən volframdan hazırlanır.

Elektrovakuum pentodları

Pentod [penta- beş c elektrod]- katod, anod, idarəedici, ekranlayıcı və qoruyucu (antidinatron) torlarının- dan ibarət 5 elektroldlu elektron lampasıdır. Tetrodun anod xarakteristikasının əyilməsi anoda çatan sürətli elektronların təsiri ilə onun səthindən 2-ci elektron emissiyası (dinatron effekti) nəticəsində baş verir. Bu hal lampanın işinə mənfi təsir göstərir. Pentodlarda dinatron effektini aradan qaldırmaq üçün ekranlayıcı torla anod arasında qoruyucu tor yerləşdirilir. Pentodlardan alçaq və yüksək tezlikli elektrik rəqslərini generasiya etmək, gücləndirmək və başqa məqsədlər üçün istifadə edilir.

Pentod tetroddan, güclənmə əmsalının və daxili müqavimətinin çox olması, keçid tutumunun isə az olması ilə fərqlənir. Pentodun daha bir üstün cəhəti anod mənbəyinin aşağı gərginliyində, təhrif olunmadan, signallı gücləndirməkdir. Pentodun əsas parametrləri aşağıdakılardır:

1. Volt- amper xarakteristikasının dikliyi anod, ikinci və üçüncü torların gərginliklərinin sabit qiymətində aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$S = \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta U_t} \quad (10.7)$$

2. Lampanın daxili müqavimətini birinci, ikinci və üçüncü torların gərginliklərinin sabit qiymətində aşağıdakı kimi tapmaq olar:

$$R_i = \frac{\Delta U_\alpha}{\Delta I_\alpha} \quad (10.8)$$

3. Güclənmə əmsali $\mu = R_i S$ düsturu ilə təyin olunur. Elektrodlararası gərginlikdən və dövrəyə qoşulma sxemlərindən asılı olaraq pentod müxtəlif rejimlərdə işləyə bilər. Lampanın 20 növdən çox xarakteristikası var. Onlardan təcrübədə ən çox istifadə olunanı anod xarakteristikasıdır.

Elektron- şüa və fotoelektron cihazları

Elektron- şüa cihazlarının (EŞc) işləmə prinsipi, bir nazik dəstəyə (elektron şüasına) fokuslanan, intensivliyinə və fəzada vəziyyətinə görə idarə olunan, cihazın mişeni (ekranı) ilə qarşılıqlı təsirdə olan elektron selinin istifadəsinə əsaslanır. Elektron dəstəsi elektron projektoru tərəfindən formalaşdırılır və intensivliyinə görə idarə olunur. Elektron şüasının ekranda vəziyyətinin dəyişməsi meyletdirici sistemlə yerinə yetirilir. Mişenin fiziki keyfiyyətindən asılı olaraq elektrik və işıq siqnalları formasında təqdim olunmuş informasiyanın müxtəlif çevrilmələri baş verir. Elektron- şüa cihazlarında elektron şüası müəyyən olunmuş qanunla meyl edərək (açılış) ekranın lokal işıqlanmasını təmin edir və ya onun miqdari optik xassələrini dəyişir (işıq buraxması, eksolunma və s.). Bununla da elektrik siqnallarının zaman ardıcılığını görünən iki ölçülü təsvirə çevirir. Bu cür elektron- şüa cihazları informasiyanın eks olunması və ya şəffaf qurğuları kimi istifadə edirlər.

Elektron- şüa cihazlarının əsas nümayəndələri kineskoplar (televiziya qəbuledicilərinin baş elementi), indikator elektron- şüa cihazları (radiolokasiya sistemlərində, EHM-in displaylərində), ossiloqrafik elektron- şüa cihazları (ölçmə texnikasında) geniş istifadə edilir. Qəbuledici elektron- şüa cihazlarının mişen materialı kimi ya elektron həyəcanlandırması zamanı işıq şüalandıran maddələr (məs., lüminofor), ya da işıq- klapanlı elektron- şüa cihazlarında olduğu kimi şüa ilə idarə olunan işıq modulyasiyalı mühit istifadə edilir. İformasiya ya birbaşa elektron- şüa cihazlarının ekranında, ya da (proyeksiyalı elektron- şüa cihazlarında) ayrıca əksetmə və ya şəffaf ekranda eks olunur.

Görünən təsvirli və yaddaşlı elektron- şüa cihazlarının, uzun müddət, bir dəfə yazılmış informasiyanı dəfələrlə canlandırmaq qabiliyyəti olur. Yüksek işləmə sürəti, böyük informasiya tutumu və enerjinin çevrilməsinin yüksək effektivliyi elektron- şüa cihazlarının iqtisadiyyatın çox sahələrində geniş istifadəsinə imkan yaratdı (real zaman miqyasında böyük həcmli informasiyanı çevirmək və eks etdirmək üçün).

Kineskoplar

Kineskop, televiziya təsvirlərini canlandırmaq üçün qəbuledici elektron- şüa cihazıdır. Kineskop ağı-qara və rəngli təsvirlərin bilavasitə cihazın ekranında və ya təsvirləri xarici ekrana proyektləndirdikdə müşahidə etmək üçün tətbiq olunur. Monoxrom (adətən ağı- qara) və rəngli kineskoplar mövcuddur. Kineskop, içərisində vakuum yaradılan kolbadan ibarətdir. Kolbanın ekran adlanan tərəfində daxili tərəfdən lüminofor təbəqə ilə örtülüb. Kolbanın eks tərəfində isə elektron dəstəsi formalaşdırıran elektron projektoru yerləşir. Fokuslanmış (adətən elektrostatik sistem vasitəsilə) elektron şüasının düşdüyü nöqtələrdə ekran işıqlanır. Nöqtənin işıqlığı, düşən elektron dəstəsinin intensivliyindən, rəngi isə ekranı formalaşdırıran zaman istifadə olunan lüminoforanın tərkibindən asılıdır. Elektron dəstəsinin intensivliyi idarəedici elektroda (modulyatora) verilən videosiqnala uyğun olaraq dəyişir. Meyletmə sistemi (adətən maqnit) vasitəsilə modulyasiya olunmuş elektron dəstəsi, verici televiziya cihazının rastri ilə sinxronizasiya olunmuş, düzbucaqlı rastrla açılır. Bu zaman lüminessent ekranda verilən təsvir sətir- sətir və kadr- kadr işıqlanır. İnsan görməsinin ətaləti sayəsində ekranda tərpənməz təsvir görünür. Elektron dəstəsinin meyletməsi sahəsində potensialın sabitliyini təmin etmək üçün kolbanın daxilində yan tərəfə və boğaz hissəsinə anodun sıxaclarına birləşdirilən elektrik keçiricilikli təbəqə çəkilir.

Bu təbəqə ilə kolbanın xaricinə çəkilən keçirici təbəqə yüksək gərginlikli düzləndiricinin süzgəcinin kondensatorunu əvəz edir. Təsvirin işıqlığını artırmaq üçün və ion ləkəsinin yaranmasını aradan qaldırmaq üçün (ekranın mərkəzində mənfi ionlar selinin təsiri ilə lüminoforanın yanmasını) lüminoforanın səthinə elektronlar üçün şəffaf olan alüminium təbəqəsi

tozlandırılır (0,05- 0,3 mkm qalınlıqlı). Hərəkət edən obyektləri canlandırmaq üçün işıqlanma müddəti 0,01- 0,1 san. olan lüminoforlar götürülür. Ağa yaxın rəngin ekranda alınması üçün işıqlandırıqda əlavə rəng verən iki lüminoforanın tozşəkilli qarışığından istifadə edilir. Lüminofor kimi gümüşlə aktivləşdirilmiş sink sulfiddən (göy işıqlanma) və gümüşlə və ya mislə aktivləşdirilmiş sink- kadmium sulfiddən (sarı işıqlanma) istifadə olunur.

Rəngli elektron - şüa borusu

Elektronikanın inkişafı onun müxtəlif sahələrində yeni nailiyyətlərin əmələ gəlməsinə səbəb oldu. Bu nailiyyətlərdən biri televiziya təsvirlərini təbii rənglərində verməkdən ibarətdir. Rəngli televiziyada təsvir daha aydın və dəqiq alınır. Çünkü, aq- qara ekranda təsvirin eyni parlaqlığa və müxtəlif rəngə malik olan qonşu elementləri biri- birinə qarışır, rəngli ekranda isə onlar ayrı- ayrı görünür. 1766- ci ildə İ. Nyuton aşağıdakı keşfi etmişdir: aq rəng dəstəsini şüşə prizmadan buraxdıqda, çıxan dəstə işıq bənövşəyidən (dalğa uzunluğu- 400-450 mm) qırmızıya (dalğa uzunluğu- 600-700 mm) qədər olan fasılısiz rənglər spektrini özündə eks etdirəcək. Əgər müxtəlif rəngli işıq sellərini biri- birinə qarışdırısaq, onda yekun rəng onların hər ikisindən fərqlənəcək. Məsələn, yaşıl və qırmızı rənglərini qarışdırmaqla sarı rəngi, yaşıl, qırmızı və göy rəngləri qarışdırmaqla aq rəngi almaq olar. Yekun rəng göz tərəfindən yeni bir ton kimi qəbul olunur. Çünkü, göz, mürəkkəb rəngin ayrı- ayrı tərkib hissələrini görmək imkanına malik deyil.

Normal insan gözü 180- a qədər rəngi seçə bilir. Lakin, insan gözü üçrəngli xassəyə malik olduğu üçün, onlar rəngli təsvirləri ötürmək üçün zəruri deyil. Bu xassənin mahiyyəti ondan ibarətdir ki, üç əsas rəngi yaşıl, qırmızı və göy) müəyyən proporsiyada qarışdırıldıqda insan gözünün qəbul etdiyi istənilən rəngi almaq olar. Odur ki, bütün rəngləri ötürməyə ehtiyac yoxdur. Adı çəkilən 3 rəng ona görə seçilir ki, onlar vasitəsilə daha çox rəng almaq olur. Bundan başqa, bu rənglərdən heç birini başqa rəngləri qarışdırıldıqda almaq olmur. Standarta görə qırmızı rəngi R, yaşılı- G və göyü isə- B hərfi ilə işaret edirlər.

Rəngli televiziyada rəngli təsvirləri almaq üçün eyni vaxtı və növbəli üsullardan istifadə olunur. Əgər eyni zamanda ekrana 3 mənbədən qırmızı, yaşıl və göy rəngli şüaları göndərsək, onda 3 biri- birini örtən dairədən ibarət figur alınır. İki- iki örtülən sahələrdə narancı- sarı, göy- yaşıl və purpur rəngləri alınır. 3 rəngin düzgün proporsiyada toplanması aq rəngi verir. Bu üsul eyni vaxtı adlanır. Rənglərin növbəli toplanması prinsipi ondan ibarətdir ki, aq rəng mənbəyinin qarşısında işıq süzgəcləri olan fırlanan disk qoyulur. Bu zaman ekranda rənglərin növbə ilə toplanması baş verir. Diskin fırlanması sürəti çox böyük olmalıdır ki, ekranda rənglərin dəyişməsi bilinməsin. Texniki- iqtisadi göstəricilərinin yaxşı olduğuna görə rənglərin eyni vaxtı toplanmasından istifadə edirlər.

Hal-hazırda qəbul olunan təsvirin keyfiyyətini saxlamaqla ötürülən tezliklər zolağını standarta qədər azaltmaq üçün texniki üsullar tapılmışdır. Bundan ötrü 3 videosiqnal ayrıldıqdan sonra onlar 3 proeksiyalanan elektron- şüa borusunun idarəetmə elektrodlarına verilir. Bu elektron- şüa borularının lüminoforları 3 əsas rənglərdən birini işıqlandırır.. Onun ekranı «qırmızı», «yaşıl» və «göy» tipli, mozaika şəklində yerinə yetirilmiş, yüz minlərlə katodluminofordan ibarətdir. Bu o deməkdir ki, elektrik şüasının təsirindən həmin katodluminofor uyğun rənglə işıqlanır. Nöqtəvi katodluminoforlar R, G və B rəngli 3 nöqtədən ibarət qrupları təşkil edirlər. Bu qruplar sətir boyu sistematik olaraq təkrar olunurlar. Növbəti sətirdə katodluminoforlar başqa ardıcılıqla elə düzülür ki, 3 müxtəliv rəngdən ibarət olan (lüminofor triadaları) üçbucagları əmələ gətirirlər. Bu ekranın uyğun olaraq elektron- şüa borusunda 3 ayrıca elektron projektoru olur. Onlardan hər biri bir rəngi işıqlandırmaq üçündür.

Elektron şüalarından hər biri ekranə çataraq lüminofordakı öz nöqtəsinə düşməsindən ötrü ekrandan müəyyən məsafədə kölgə maskası yerləşdirilir. Maskə elektron şüalarını buraxmaq üçün çoxlu sayıda deşiklərdən ibarət olan sferik formali 0,15 mm qalınlıqlı metal vərəqdən düzəldilir. Deşiklərin sayı lüminofor triadalarının sayına bərabər olur. Deşikləri elə yerləşdirirlər ki, müxtəliv bücaqlar altında keçən 3 elektron şüalarından hər biri açılış zamanıancaq öz katodluminoforunu işıqlandırır. Məsələn, «qırmızı» siqnallarla modulyasiya olunan elektron şüası ancaq «qırmızı» katodluminoforu qıcıqlandırır, «göy» işığın elektron şüası ancaq «göy» katodluminoforu, «yaşıl» işığın elektron şüası- ancaq «yaşıl» katodluminoforu qıcıqlandırır. Bu şüaların intensivliyi biri-birindən asılı olmayan uyğun ER, EG, EB

gərginliklərinin elektron- şüa borusunun idarəedici elektroduna verilməsi ilə idarə olunur. Bu zaman sətirlər və kadrlar üzrə açılış, bütün şüalar üçün bir ümumi meyletmə sistemi ilə eyni zamanda yerinə yetirilir. Lüminoforların bir triadasını 3 projektorun elektron şüaları ilə eyni zamanda bombardman etdikdə rənglər qarışır və yekun rəng hər bir şüanın enerjisindən asılı olur. Məsələn, sarı rəngi, qırmızı və yaşıl rənglərin toplanması hesabına almaq olar. Bu zaman göy rəngin enerjisi çox az olmalıdır. Əgər qırmızı rəngin enerjisi artarsa, onda ekran qızarmağa başlayır və s. Şüaların enerjisinin mütənasibliyinə riayət etdikdə aq rəng alınır. Bu cür elektron- şüa borusuna 3 rəng siqnalı verildikdə, onda hər bir şüa digər şüalardan asılı olmayaraq, ekrannda öz ilkin rəngində təsvir yaradacaq.

Elektron ossiloqrafları

Elektron-şüa ossiloqrafları (EŞO) əsasən tezdəyişən prosesləri müşahidə və qeyd etmək üçün tətbiq olunurlar. Bununla bərabər EŞO- ları tədqiq edilən siqnalların parametrlərinin təyini üçün də istifadə edirlər. Elektron ossiloqrafinin əsas üstünlükləri onun böyük giriş müqavimətinə, kiçik ətalətliliyə və yüksək həssaslığa malik olmasıdır. Bu da öz növbəsində onların ölçmə məqsədi ilə istifadəsinə imkan verir. Dəyişən gərginliyin tezliyinin və periodunun ölçülməsini buna misal götirmək olar. Elektron ossiloqrafinin müxtəlif tipli olmalarına baxmayaraq onları, tədqiq olunan siqnalların xarakterinə görə, iki struktur sxem üzrə təsvir etmək olar.

Giriş kaskadı 1 ossiloqrafın tədqiq olunan obyektə minimal təsirini və onun həssaslığının tənzim oluna bilməsini təmin etməlidir. Giriş kaskadının çıxışından siqnal, güclənmə əmsali ossiloqrafın həssaslığının ən böyük qiymətini müəyyən edən, 2 gərginlik gücləndiricisinə verilir. Gücləndiricini elektron- şüa borusu ilə əlaqələndirmək üçün 3 çıxış parafaz gücləndiricidən istifadə olunur. Parafaz güclənməni tətbiq etməkdə məqsəd meyletdircilövhələrin tutuma malik olması ilə əlaqədar olaraq siqnalın səciyyəvi pozulmalarını, həmçinin lövhələrin orta potensiallarının boruda elektronların hərəkət sürətinə təsirini azaltmaqdır.

Ossiloqrafın 4 açılış generatorunun yaratdığı xətti dəyişən gərginlik şüanı üfqı istiqamətdə 5 meyletdirmə gücləndiricisi ilə gücləndirilir və 6 çıxış parafaz gücləndiriciyə verilir. Borunun ekranında tərpənməz təsvir almaq üçün açılış generatorunun tezliyi geniş tezlik diapazonunda tənzim oluna bilir. Horizontal meyletdirmə gücləndiricisinin tənzim olunması üfqı ox üzrə təsvirin miqyasını dəyişməyə imkan verir. Şüanın əks istiqamətdə hərəkəti vaxtı ekranın işıqlanması üçün açılış generatorunun diferensiallanmış gərginliyi borunun parlaqlıq modulyatoruna (Z girişi) verilir. Bu cür ossiloqraflarda açılış generatoru tezliyin qeyri-stabilliyindən təsviri uzun müddət tərpənməz saxlaya bilmir. Ona görə də tədqiq olunan siqnalın tezliyi ilə açılış generatorunun tezliyi arasında tam nisbət almaq üçün generator tədqiq olunan siqnalla sinxronlaşdırılır. Sinxronlaşdırıcı siqnal ossiloqrafın 7 sinxronlaşdırma qovşağında yaranır. Tənzimləmə bəndi borunun ekranında təsvirin miqyasını dəyişmək, lazımlı olan parlaqlıq və fokuslamani seçmək üçündür. Ossiloqrafların bəndləri 8 stabilşdırılmış qida mənbəyindən qidalanır.

Ossiloqrafların iş prinsipi ilə tanış olmaq üçün kiçik ölçülü universal C1-73 tipli ossiloqrafın iş prinsipini açıqlayaq. Bu ossiloqraf $0 \div 5$ mHs tezlikli dəyişən elektrik siqnallarının formasını müşahidə etməyə, onların amplitudunu 0.02 V- dan 120 V- a qədər ($1:10$ bölcüsü ilə 350 V- a qədər) və zaman intervalını 0.4×10^{-6} saniyədən 0.5 saniyəyə qədər ölçməyə imkan verir. Ossiloqrafın şaquli meyletdirmə traktının $0.01; 0.02; 0.05; 0.1; 0.5; 1; 2; 5; 10$ və 20 V/bölgü kalibrənmiş meyletdirmə əmsallarının əsas xətası $\pm 7\%$ - dən artıq deyildir. $0.1; 0.5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1 \times 10^3; 2 \times 10^3; 5 \times 10^3; 1 \times 10^4; 2 \times 10^4$ və 5×10^4 mksan/böl kalibrənmiş açılış əmsallarının əsas xətası $\pm 7\%$ - dən artıq olmur. Zaman intervalını ölçüdükdə ölçmə dəqiqliyi EŞB- nin ekranında ölçülen intervalın uzunluğu böyükçə artır. Ölçülən interval iki kəmiyyətin hasili ilə müəyyən olunur: ekrannda üfqı ox istiqamətində ölçülen zaman intervalının bölgülərlə uzunluğunun «Uzunluq Zaman/ bölgü» çevirgəciniin verilmiş

vəziyyətində zamanın qiymətinin bölgüyə nisbətinə hasilinə görə. Sıqnalın tezliyini onun periodunu ölcəməklə müəyyən etmək olar. Amplitudanı ölçükdə sıqnalı şkalanın lazım olan bölgüləri ilə, dəstəklərin köməyi ilə, üst- üstə salırlar və təsvirin şaquli istiqamətdə açılışını bölgülərdə təyin edirlər. Ölçülən sıqnalın qiyməti təsvirin bölgülərlə ölçülümiş qiymətinin «Volt/bölgü» çevirgəcinin rəqəm işarəli göstərişinə hasilinə bərabərdir.

Verici elektron- şüa cihazları

Verici elektron- şüa cihazları (verici televiziya borusu) işq təsvirlərini televiziya videosıqnalına çevirirlər. Verici elektron- şüa cihazları televiziya traktının, verilən təsviri qəbul edən, əsas giriş elementi və uyğun olaraq verici televiziya kameralarının əsas qurğusudur. Verici elektron- şüa cihazlarının iş prinsipi fotoeffekt hadisəsinə əsaslanır və 2 mərhələdən ibarətdir. Birinci mərhələdə işq təsvirinə uyğun olaraq potensial relyefi şəklində elektron təsviri yaradılır. İkinci mərhələdə isə bu təsvirin elementləri nizamlı şəkildə kommutasiya olunur.

Beləliklə bu cihazlar həmçinin fotoelektron cihazlara da aiddirlər. Xarici fotoeffekt zamanı əvərcidə işığahəssas element kimi fotokatod işlədir. O, işqlanma zamanı elektronlar buraxır. Daxili fotoeffekt zamanı mişeni işıqlandırıldıqda onun elektrik keçiriciliyi dəyişir. Verici elektron- şüa cihazlarında təsvirin elementlərinin kommutasiyası mişenin bütün səthini ardıcıl olaraq elektron şüası ilə yoxlayır. Bu zaman mişenin səthi televiziya rastrını yaranan yüzlərlə sətirə ayrıılır. Bu zaman sətir təsvirin ayrı- ayrı elementar sahələrinin ardıcılılığı kimi baxılır.

Videosıqnalın formalaşmasına görə birbaşa (ani) təsirli və yükü toplayan verici elektron- şüa cihazları mövcuddur. Birinci tip cihazlarda verilən təsvirin elementar hissəciyinə uyğun olan elektrik sıqnalının qiyməti işığahəssas elementin həmin anda lokal işıqlığının ani qiymətinə mütənasib olur. İkinci tip cihazlarda bütün təsvirin verilməsi zamanı (verilən kadın) işığahəssas elementin hissəciyinin işqlanmasının integrallı qiymətinə mütənasib olur. Bu zaman ərzində mişenin üzərində fotoeffekt sayəsində obyektin işqlanmasına uyğun yüklerin və potensialın paylanması (potensial relyefi) yaranır. Əsas əlamətlərinə görə müasir verici elektron- şüa cihazları aşağıdakı növlərə bölündür: superortikonlar xarici fotoeffektde işləyirlər. Onlar üçün təsvirin köçürülməsi seksiyasının, ikitərəfli mişenin və ikinci- elektron vurucusu ilə gücləndirilən sıqnalın eks şüa vasitəsilə çıxarılması olması xarakterikdir. Vidikonlar daxili fotoeffektə əsaslanan iş prinsipinə malikdirlər və yükü toplayan verici elektron- şüa cihazlarıdır. Bu tip verici elektron- şüa cihazlarında işığahəssas element və potensial relyefi daşıyan element fotokeçirici mişendə yerləşdirilir. Elektrik sıqnalı mişenin tərkibinə daxil olan sıqnal elementindən çıxarılır. Supervidikonlar vidikonlardan təsvirin köçürülməsi seksiyasının olması ilə, deməli, fotokatodla potensial relyefinin daşıyıcısının funksiyalarının bölünməsi ilə fərqlənirlər. Pirovidikonlar isə vidikonlardan əsasən mişenə görə fərqlənirlər. Onlarda təsvirin ayrı- ayrı hissələrinin istilik şüalanmasının mişenə təsirindən yaranan temperaturdan asılı olaraq mişenin xassələrinin dəyişməsi baş verir. Dissektorlar birbaşa təsirli xarici fotoeffektə əsaslanan iş prinsipinə malikdirlər və fotokatoddan çıxan elektron selinin təsvirin köçürülməsi seksiyasında açılışına və ikinci- elektron vurucusu ilə gücləndirməsinə görə fərqlənirlər.

Verici elektron- şüa cihazlarının inkişafı mövcud televiziya sistemlərinin imkanlarını təyin edir. Superor-tikonlar və vidikonlar sənaye televiziyasının erasını açdı. Plümbikonlar rəngli televiziya sisteminin inkişafına imkan verdi. Supervidikonlar isə kosmik aparatlarda genişistifadə edilir. Perspektivdə 2000 xətdən çox ayırma qabiliyyətli verici elektron- şüa cihazlarının yaradılması əsas götürülür.

Yarımkeçirici diodlar.Düzləndirici diodlar

Yarımkeçirici diodlar yarımkəcirlər elektronikasının ən sadə elementləri hesab olunurlar. Yarımkeçirici diod fiziki cəhətdən 2 yarımkəciri materialın bir- birinə lehimlənməsindən əmələ gəlir. Bu materialların birində elektronların artıqlığı (akseptorlar), digərində isə elektron

(donorlar) çatışmazlığı olur. Bunlardan birinə elektron (p), digərinə isə deşik keçiriciliyi (n) deyilir. Bu 2 təbəqənin arasında bir keçid zonası yaranır və ona p-n keçidi deyilir. Yarımkeçirici diodların iş prinsipi ilə tanış olaq. Seçilmiş 2 yarımkəçirici təbəqə bir-birinə lehimləndikdən sonra keçidin içərisində elektronların və deşiklərin diffuziyası baş verir (Şək.11.1). Diffuziya hadisəsinin müyyəyen mərhələsində elektronların və deşiklərin hərəkəti dayanır. Ona görə də bu təbəqələrə sabit gərginlik verildikdə həmin gərginliyin müyyəyen qiymətindən başlayaraq elektronların katoddan (akseptordan) anoda (donora) doğru hərəkəti başlayır. Keçidin müqaviməti böyük olduğu üçün ilk mərhələdə bu hərəkət zəif olur. Gərginlik artdıqca elektronların hərəkət sürəti artmağa başlayır, bu asılılıq eksponenta üzrə davam edir və gərginliyin müyyəyen qiymətində keçidinfiziki cəhətdən deşilməsi baş verir. Bu xarakteristikaya diodun volt-amper xarakteristikasının düz hissəsi deyilir. Dioda verilən sabit gərginliyin işarəsini dəyişdikdə elektronlar və deşiklər bir-birini əks etdiyi üçün keçidən cərəyan axmir.

Yarımkeçirici diodlar aşağı tezlikli, yüksək tezlikli, çox yüksək tezlikli və impuls tipli olurlar. Onların tezliklərdə normal işləməsi üçün p-n keçidi və yarımkəçirici materialı xüsusi olaraq hazırlanmalı və hissəciklər daha mütəhərrik olmalıdır. Impuls rejimində isə yarımkəçirici diodların impulsun formasını təhrif etməməsi üçün p-n keçidinin elektron tutumu kiçik olmalıdır.

Diodun ən böyük tətbiqi onun düzləndirici kimi istifadə olunmasıdır. Düzləndirici dedikdə, dəyişən gərginlik mənbəyindən sabit cərəyan almaq üçün onu bir istiqamətli cərəyanaya çevirmək nəzərdə tutulur. Diodun uclarına sinusoidal gərginlik verildikdə müsbət yarımpəriod ərzində p-n keçidindən cərəyan axacaq, mənfi yarımpəriod ərzində isə cərəyan axmayacaq. Bu cür düzləndiricilərə bir yarımpərioduclu düzləndiricilər deyilir. Zaman diaqramından göründüyü kimi bu cür düzləndiricilərin səmərəliliyi kiçik olur. Ona görə ki, sinusoidun ancaq bir yarımpəriodundan istifadə olunur. Ona görə də 2 və ya 4 dioddan istifadə etməklə iki yarımpərioduclu düzləndiricilər düzəldilir.

İkinci yarımpəriodda isə əksinə. Lakin hər iki yarımpəriod ərzində yükdən eyni istiqamətdə cərəyan keçir. Diodların sayına qənaət etməkdən ötrü başqa sxemdən istifadə etmək olar. Bu zaman güc transformatorunun ikinci dolağından orta nöqtə çıxarılır və sıfır xətti kimi qəbul olunur.

Bipolar tranzistorlar

Tranzistorlar ilk dəfə 1948-ci ildə təklif olunub. Tranzistorlar 3 elektroldulu (emitter, baza və kollektor) və 2 keçidli yarımkəçirici cihazdır. Emitter elektronları və ya deşikləri bazaya istiqamətləndirir, kollektor isə onları öz dövrəsinə cəlb edir. Elektron lampaları ilə müqayisədə emitter katoda, baza idarəedici tora, kollektor isə anoda uyğun gəlir. Emitter və kollektor eyni, baza isə əks keçiriciliyə malikdirlər. Ona görə də tranzistorlar p-n-p və ya n-p-n keçiriciliklərinə malikdirlər. Yarımkeçirici tranzistorların lampalı tiriodlardan fərqi odur ki, lampada gedən proseslər gərginliklə, tranzistorda isə cərəyanla idarə olunur.

Tranzistor bir-birinə əks istiqamətdə qoşulmuş 2 dioddan ibarətdir (n-p-n tipli tranzistor isə bunun tərsinə olmalıdır). Tranzistorda olan keçidlərə emitter – baza və baza – kollektor keçidləri deyilir. Gərginlik emitter – baza keçidinə açılma istiqamətində, baza- kollektor keçidinə isə bağlanma istiqamətində verilir. Dövrəyə gərginlik verildikdə əsas yükdaşıyıcılarının istiqamətlənmiş hərəkəti nəticəsində emitter – baza dövrəsindən cərəyan axır. Cərəyanın dövrəsi belə olur. cE_{baza} , baza, emitter, - E_{baza} . Baza – kollektor dövrəsində isə qeyri- əsas yükdaşıyıcılarının hərəkəti sayəsində kiçik əks cərəyan axır. Bu cərəyanın isə dövrəsi belədir: cE_k , kollektor, baza, - E_k . Beləliklə, emitter- baza və baza- kollektor keçidləri hər biri özünü ayrıca diod kimi aparır. Hər iki dövrəyə gərginlik verildikdə, hər iki keçidən cərəyan axır və emitter cərəyanı baza cərəyanı ilə kollektor cərəyanının cəminə bərabər olur.

Beləliklə, emitterin əsas yükdaşıyıcılarının hesabına kollektorda cərəyan yaranır. Bu onunla izah olunur ki, kiemitter- baza keçidinə gərginlik düz istiqamətdə tətbiq olunduğu üçün, emitter- baza keçidinin potensial manəesi azalır və yükdaşıyıcılarının konsentrasiyasının müxtəlifliyi nəticəsində emitterin elektronları bazaya, bazonın eşikləri isə emitterə doğru hərəkət edirlər. Baza- kollektor keçidinə verilən gərginliyin sayəsində kollektor həmin yükdaşıyıcılarını öz dövrəsinə toplayır. Elektron lampalarında olduğu kimi, tranzistorlarda bazaya verilən gərginliyin qiyməti kiçik və bazonın həcmi az olmalıdır.

Bipolar tranzistorların iş prinsipi

Dövrə açıq olduqda, emitter dövrəsindən cərəyan axmır. Bu zaman kollektor dövrəsindən əks cərəyan adlanan kiçik bir cərəyan axır və İkbo ilə işarə olunur. Bu cərəyanın kiçik olmasının səbəbi ondan ibarətdir ki, kollektor keçidinin əks sürüşməsi zamanı potensial çəpər çox hündür olur və kollektorun əsas daşıyıcıları- deşiklər və bazarın müstəqil elektronları üçün keçilməz olur. Kollektorda qarışqlar bazaya nisbətən daha güclü və kollektorda bazaya nisbətən qeyri- əsas daşıyıcılar xeyli kiçik olduğu üçün kollektorun əks cərəyanı əsasən qeyri- əsas daşıyıcılar hesabına yaranır (istilik rəqsəri sayəsində bazada generasiya olunan deşiklər və kollektorda generasiya olunan elektronlar sayəsində).

Dövrənin qapanması emitter dövrəsində cərəyan əmələ gəlməsinə səbəb olur. Çünkü, bu zaman emitter keçidi düz istiqamətdə sürüşdüyü üçün emitterdən bazaya keçən deşiklər və bazadan emitterə keçən elektronlar üçün potensial çəpər azalır. Biz ancaq deşikləri nəzərə alırıq, çünkü kollektor cərəyanının artmasını onlar yaradır (deşiklər bazaya injeksiya olunurlar).

Adı tranzistorun bazasında elektrik sahəsi olmadığı üçün injeksiya olunan deşiklərin sonrakı hərəkəti diffuziya prosesi ilə təyin olunur. Tranzistorun bazasının qalınlığı rekombinasiyaya qədər deşiyin azad qaçışınızı unluğundan dəfələrlə kiçik olduğu üçün, injeksiya olunan deşiklərin böyük hissəsi kollektor keçidinə çatır və bunun nəticəsində kollektor cərəyanı artır. Ancaq deşiklərin çox kiçik bir hissəsi bazarın elektronları ilə rekombinasiya edir. Odur ki, kollektor keçidindən keçən cərəyanın qiyməti emitter keçidindən keçən cərəyanın qiyməti ilə təyin olunur. Baxılan tranzistorların xarakterik xüsusiyyəti, iki müxtəlif tipli yük daşıyıcılarının (elektronların və deşiklərin) mövcudluğu və tranzistorun işində yaxından iştirakıdır. Ona görə də bu cihazlar bipolar (iki işaretli) tranzistorlar adlanırlar.

Bipolar tranzistorların qoşulma sxemləri

Bipolar tranzistorlar dördqütblü kimi də göstərilə bilər. Bu zaman onun 2 girişi və 2 çıxışı olmalıdır. Bundan başqa məlumdur ki, dördqütblülərin çıkış və girişqütblerindən biri ümumi olduğu üçün tranzistorları da sxemə qoşmaqdan ötrü onun bir elektrodunu ümum hesab etmek lazımdır. 1-ci sxem ümumi emitterli, 2-ci ümumi bazalı, 3-cüsə ümumi kollektorlu sxemlərdir. 1-ci sxemdə girişgərginliyi baza- emitter gərginliyinə, çıkış gərginliyi isə kollektor-emitter gərginliyinə uyğun gəlir. Bu sxemlərin fərqli cəhətlərini ayırd edək. Ümumi bazalı sxemdə cərəyan idarə olunmadığı üçün güclənmə ancaq gərginliyə görə ola bilər. Cərəyanı isə gücləndirmək olmur və gücə görə güclənmə əmsali kiçik olur. Tranzistorun giriş müşqaviməti az olur ($0,1 \div 100 \text{ Om}$), çıkış müşqaviməti isə çox böyük olur. Yük müşqaviməti artdıqca giriş müşqaviməti də artır. Ümumi emitterli sxemdə həm gərginliyi, həm də cərəyanı gücləndirmək olur. Ona görə də gücə görə gücləndirmə əmsali və giriş müşqaviməti böyükdür.

Yük müşqaviməti artdıqda, giriş müşqaviməti azalır. Ümumi kollektorlu sxemlərdə giriş müşqaviməti çox böyük olur, çıkış müşqaviməti isə daha kiçikdir. Gərginliyi gücləndirə bilmir, cərəyanı isə gücləndirir. Bu sxemlərdən kiçik çıkış müşqaviməti tələb olunduqda istifadə edilir.

Bipolar tranzistorların iş rejimləri

Tranzistorlar 3 rejimdə işlədir. Açıq, bağlı və aktiv. Açıq rejimə doyma rejimi də deyilir. Doyma rejimində hər 2 kecid açıq olur və onlardan böyük cərəyan axır, keçidlərin müşqaviməti sıfır yaxındır və tranzistor doyma_rejimində olduğu üçün giriş siqnalının təsirindən onun vəziyyəti dəyişmir. Bağlı rejimdə tranzistorun hər 2 kecidi bağlıdır və giriş- çıkış müşqavimətləri çox böyükdür, keçidlərdən ancaq kiçik istilik cərəyanları axır. Odur ki, giriş siqnalı tranzistorun vəziyyətini dəyişmir. Aktiv rejimdə emitter- baza kecidi açıq olur, kollektor kecidi isə əks tərəfə sürüşdürü üçün bağlıdır. Giriş siqnalının təsirindən bu keçidlərin vəziyyəti dəyişə bilər. Elektrodlarındaki gərginliyə görə n-p-n tipli ümumi emitterli sxem üzrə qoşulmuş ($U_e=0$) tranzistorun iş rejiminin tapılmasına baxaq:

A). U_b (bazarın potensialı)= $c0,6 \text{ V}$; U_k (kollektorun potensialı)= $c0,2 \text{ V}$;

B). U_b (bazanın potensialı) = -1 V; U_k (kollektorun potensialı) = c10 V;

c). U_b (bazanın potensialı) = c0,65 V; U_k (kollektorun potensialı) = c5 V.

Həlli. Tranzistorun p-n keçidlərindəki gərginlikləri

hesablayaqla.

a). $U_{eb} = U_e - U_b = 0 - 0,6 = -0,6 \text{ V} < 0$; $U_{kb} = U_k - U_b = 0,2 - 0,6 = -0,4 \text{ V} < 0$; $U_{ke} = U_k - U_e = 0,2 - 0 = c0,2 \text{ V}$; $U_{be} = U_b - U_e = 0,6 - 0 = 0,6 \text{ V}$; $U_{ke} < U_{be}$; $U_{eb} < 0$, $U_{kb} < 0$ və $U_{ke} < U_{be}$ olduqda tranzistor doyma rejimində olur;

b). $U_{eb} = U_e - U_b = 0 - (-1) = c1 \text{ V} > 0$; $U_{kb} = U_k - U_b = c10 - (-1) = c11 \text{ V} > 0$; $U_{ke} = c10 - 0 = c10 \text{ V}$; $U_{be} = 0,6 - 0 = 0,6 \text{ V}$; $U_{eb} > 0$, $U_{kb} > 0$ olduqda tranzistor bağlı rejimdə olur;

c). $U_{eb} = U_e - U_b = 0 - 0,65 = -0,65 \text{ V} < 0$; $U_{kb} = U_k - U_b = 5 - 0,65 = c4,35 \text{ V} > 0$; $U_{eb} < 0$, $U_{kb} > 0$ olduqda tranzistor aktiv rejimdə olur.

Ümumi emitterli sxem üzrə qoşulmuş tranistorun aktiv iş rejimində baza cərəyanı giriş, kollektor cərəyanı isə çıxış olur. Kirxhofun birinci qanununa görə $I_e = I_k C_{ib}$; $I_k = \beta I_e$ olduğu üçün $I_b = I_e(1-\beta)$. $\beta \approx 1$ olduqda baza cərəyanı emitter və kollektor cərəyanlarından dəfələrlə kiçik olur. Baza cərəyanının kiçik dəyişməsi çıxış (kollektor) cərəyanının çox dəyişməsinə səbəb olur. Kaskadı idarə etmək üçün kiçik idarəedici cərəyan tələb olunur. Bu zaman kaskadın cərəyanına görə güclənmə əmsali böyük olur:

$$\alpha = I_k/I_b = \beta I_e/(I_e(1-\beta)) = \beta/(1-\beta). \quad (12.1)$$

Bu əmsal ümumi emitterli sxemdə tranzistorun cərəyana görə statik güclənmə əmsalı adlanır: $\beta \rightarrow 1$ olduqda $\alpha \gg 1$ olur. p-n-p tipli tranzistorlarda rejimlər analoji olaraq yaranır. Lakin orada işaretlər tərsinə götürülməlidir və bazada qeyri- əsas daşıyıcılar deşiklər olur.

Tiristorlar haqqında ümumi məlumat

Tiristor, p-n-p-n tipli çoxtəbəqəli strukturlu yarımkəcirici monokristal əsasında hazırlanmış yarımkəcirici cihazdır. Bu cihazların 3 və ya daha çox elektron- deşik keçidi olur. Tiristorlar elektrik ventilinin xassələrinə malikdirlər. Adətən tiristorların 3 elektrodu olur. Onlardan ikisi (katod və anod) monokristalın kənar sahələri ilə kontaktda olur. Üçüncü elektrod (idarəedici) isə aralıq təbəqələrin biri ilə kontaktda olur. Bu cür idarə olunan tiristorlara triod tiristoru və ya trinistor deyilir. Ancaq iki elektrodu (katod və anod) olan və idarə olunmayan tiristora isə diod tiristoru və ya dinistor deyilir. Tiristorların volt- amper xarakteristikası S- şəkilli görünüşə malikdir. Tiratronlarla müqayisədə tiristorlar asanlıqla bağlı vəziyyətdən (aşağı keçiricilikdən- volt- amper xarakteristikasındaki A nöqtəsindən) açıq vəziyyətə (yüksek keçiriciliyə və ya diferensial müqavimətin sıfır yaxın qiyməti V nöqtəsinə) və ya tərsinə keçə bilirlər. Volt amper xarakteristikasının SD sahəsi tiristorun mənfi diferensial müqaviməti vəziyyətinə uyğun gəlir. İki dayanıqlı vəziyyətə və həmçinin aşağı səpələnmə gücünə malik olması tiristorların müxtəlif qurğularда istifadəsinə şərait yaradır.

Əger tiristorun anoduna (xarici p- təbəqəsinə) katoda (xarici n- təbəqəyə) nisbətən müsbət potensial verilərsə, onda kənar elektron- deşik keçidləri (P_1 və P_3) düz istiqamətdə sürüşmiş olurlar. P_2 mərkəzi keçidi isə eks istiqamətdə sürüşür. P_1 və P_3 keçidləri vasitəsilə P_2 keçidinə söykənən sahələrə qeyri- əsas yük daşıyıcıları injeksiya olunurlar. Bu zaman P_2 keçidinin müqaviməti azalır və ondan keçən cərəyan artır. Anod gərginliyinin artması ilə tiristordan keçən cərəyan əvvəlcə yavaş- yavaş artır (volt- amper xarakteristikasındaki OA hissəsi). Bu rejimdə P_2 keçidinin müqaviməti hələ böyük olur. Bu da tiristorun bağlı vəziyyətinə uyğun olur. Tiristora verilən gərginliyin artması ilə P_2 keçidinə tətbiq olunan gərginliyin payı azalır və P_1 və P_3 keçidlərinə düşən birbaşa gərginlik artır. Bu da tiristordan keçən cərəyanın artmasına və P_2 keçidinə qeyri- əsas daşıyıcıların injeksiyası güclənir. Çevrilmə gərginliyi adlanan qiymətdə (onlarla və yüzlərlə V) (volt- amper xarakteristikasındaki S nöqtəsi), tiristor yüksək eçiricilikli vəziyyətə keçir. Bu zaman tiristordakı cərəyan xarici mənbəyin gərginliyi və xarici dövrənin müqaviməti ilə təyin olunur.

Tiristorun ekvivalent sxemi

Tiristorun sıçrayışla çevrilməsi prosesini izah edək. Bu zaman P₁ və P₃ keçidləri p-n-p (T₁) və n-p-n (T₂) tranzistorlarının toplananlarının emitter keçidləri kimi baxılmalıdır. P₂ keçidi isə ümumi kollektor kimi qəbul olunur. Özü də T₂-nin bazası T₁-in kollektoru ilə və T₁-in bazası isə T₂-nin kollektoru ilə birləşdirilir. Xarici dövrədən axan cərəyan (I₁) birinci və ikinci tranzistorların emitter cərəyanları olur (I_{e1} və I_{e2}). Onunla bərabər bu cərəyan iki kollektor cərəyanlarının və kollektor keçidinin əks cərəyanının (I_o) cəminə bərabər olur:

$I = I_{e1} + I_{e2} + I_o = \alpha_1 I_{e1} + \alpha_2 I_{e2} + I_o$. Bu düsturda α_1 və α_2 - uyğun olaraq tranzistorların emitter cərəyanlarını ötürmə əmsallarıdır. $I = I_{e1}$ və $I = I_{e2}$ olduğu üçün $I = I_o / (1 - \alpha_1 - \alpha_2)$ olur. Kiçik cərəyanlarda əmsallar vahiddən kiçik və $I = I_o$ (birinci tranzistor dayanıqlı vəziyyətdə) olur. Cərəyan artdıqca əmsalların qiyməti artır və uyğun olaraq I cərəyanı da artır. Bu cərəyanın qiyməti qoşulma cərəyanına bərabər olduqda, əmsalların cəmi vahidə yaxın olur və tiristorun açıq vəziyyətə keçməsinə və cərəyanın kəskin artmasına səbəb olur. Tiristorların kecid gərginliyi ikinci tranzistorun lavin deşilməsi gərginliyinə yaxın, lakin ondan kiçik olur. Əmsalların cəmi vahiddən böyük olduqda (volt- amper xarakteristikasında B nöqtəsi) tranzistorların bütün keçidləri doyma rejiminə keçir. Tiristordan keçən cərəyan xarici dövrənin müqaviməti ilə məhdudlaşır. Gərginlik isə 1-2 V olur. Tiristordan keçən cərəyanı azaltdıqda müəyyən qiymətdə (volt- amper xarakteristikasında D nöqtəsi) tiristor bağlanır və keçiriciliyi aşağı düşür.

Açıq vəziyyətdə minimal cərəyan saxlama cərəyanı adlanır (idarəedici elektroddan keçən cərəyan sıfır olduqda). Əgər ($I = I_{\text{saxlama}} \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 1$ və ikinci tranzistorun mərkəzi kecidində gərginlik sıfır olduqda, tiristor açıq vəziyyətdə uzun müddət qala bilər (hətta idarəedici cərəyanın qiyməti sıfır bərabər olduqda)). Çünkü, bu halda tranzistor bir- birini doyma rejimində saxlayırlar (ikinci tranzistorun kollektor cərəyanı birinci tranzistorun baza cərəyanıdır və tərsinə). α_2 -nin cərəyandan artan asılılığı P₂ emitter kecidini şuntladıqda daha da artır.

Şuntlayıcı rezistor istehsal zamanı yaradılır. İdarəedici elektrodun dövrəsinə cərəyan verildikdə tranzistor güclənməsi effekti nəticəsində, tiristordan keçən ümumi cərəyan artır. α_1 və α_2 cərəyanları artdığından tiristor çevrilmə gərginliyinin kiçik qiymətlərində açıq vəziyyətə keçir. Tiristor qoşulduğda gücə görə güclənmə əmsali 10^5 -ə çatır. Əgər anoda katoda nisbətən mənfi gərginlik tətbiq olunarsa, onda tiristordan keçən cərəyan əks istiqamətdə sürüşmiş və ardıcıl qoşulmuş P₁ və P₃ kecidlərinin müqavimətləri ilə təyin olunur. Tiristorlar təyinatına və iş prinsipinə görə bağlanan (idarəedici elektrod dövrəsi üzrə qoşulan), sürətli, impuls, simmetrik və ya iki istiqamətli (iki tərəfli keçiricilikli), fototiristorlar, binistorlar və b. siniflərə bölündür. Onlardan tənzimlənən qida mənbələrində (məs., elektrik intiqallarında), güclü impuls generatorlarında, sabit cərəyan elektrik enerjisinin ötürülməsi xətlərində, avtomatik idarəetmə sistemlərində və s. sahələrdə istifadə olunurlar.

Gücləndircilərin qurulmasının əsasları

Gücləndircilərin əsas vəzifəsi qida mənbəyinin enerjisi hesabına giriş siqnalının gücünü artırmaqdır. Gücləndircilərdə az güclü giriş siqnalı, qida mənbəyinin enerjisini, lazım olan yüksətmişini idarə edir. Gücləndircilərə aktiv dördqütbülli kimi baxmaq olar. Onun giriş və çıxış dövrəsinin əksər halda birümumi nöqtəsi olur. Bu nöqtəyə «yer» və ya «torpaqlanmış nöqtə» deyilir. Giriş siqnalı mənbəyi U_{gir} kimi verici və ya daxili müqaviməti R₀ olan digər gücləndircili ola bilər. Gücləndircicinin çıxış tərəfini isə E gərginlik mənbəyi və öz daxili müqaviməti R_{çix} kimi göstərmək olar. Strukturuna görə gücləndircilər bir və ya çox kaskadlı ola bilərlər. Belə kaskadların arasındaki dövrələr (əlaqələr) gücləndirilən siqnalların xarakterindənəsli olaraq müxtəlif cür ola bilər (RÇ- əlaqəli, transformatorlu, qalvanik (birbaşa), optoelektronlu və s.).

Gücləndircilərin əsas parametrləri ilə tanış olaq: 1. Gücləndirmə əmsali- gücləndircicinin çıxışındaki artımın girişindəki artımdan necə dəfə çox olduğunu göstərir. Beləliklə, cərəyanı, gərginliyə və gücə görə güclənmə əmsalları mövcuddur:

$$k_i = I_{çix}/I_{gir}; k_u = U_{çix}/U_{gir}; \quad (15.1)$$

$$k_p = P_{çix}/P_{gir} \text{ və ya } k_p = E_2 R_{gir}/4U_{gir} R_{çix} \quad (15.2)$$

n -ardıcıl qoşulmuş kaskadlı gücləndircicinin ümumi güclənmə əmsali belə təyin olunur:

$$k_{\text{üm}} = \prod_{i=1}^n k_i . \quad (15.3)$$

Loqarifmik vahidlə isə (desibellə)

$$k_u (\text{db}) = 20 \lg (U_{\text{çix}}/U_{\text{gir}}) = 20 \lg k \quad \text{və} \quad k_{\text{üm}} (\text{db}) = \sum_{i=1}^n k_i (\text{db}). \quad (15.4)$$

Gücləndirmə zamanı çıkışla giriş arasında faz sürüşməsi baş verir.

Gücləndircilərdə eks əlaqə

Gücləndircilər girişə verilən kəmiyyəti müəyyən bir əmsal daxilində gücləndirir. Bu xüsusiyyət çox zaman müəyyən xətalar yaradır. Cihazlarda istifadə olunan xətti gücləndircilərə tələbat çox böyükdür. Bu tələblər ondan ibarətdir ki, additiv və multiplikativ xətalar, həmcinin tezlik xətaları çox kiçik olsun. Additiv xəta dedikdə, giriş gərginliyi sıfır bərabər olduqda, çıkışda mövcud olan sıfırdan fərqli sabit gərginlik nəzərdə tutulur. Bu xəta gücləndircicinin ötürmə xarakteristikasını şaquli istiqamətdə özünə paralel olaraq yerdəyişməyə məruz qoyur. Multiplikativ xətalar isə gücləndircicinin və ya istənilən çeviricinin güclənmə əmsalının hansı səbəbdənsə ideal qiymətdən fərqlənən zaman çıkış parametrlərinin dəyişməsi nəzərdə tutulur. Multiplikativ xətanı yaranan səbəblər elektron qurğusunun işlədiyi mühitdə temperaturun öz nominal qiymətindən fərqlənməsi, otaqdakı rütubətin dəyişməsi, havanın təzyiqinin dəyişməsi, şəbəkədəki gərginliyin dəyişməsi hesabına, qida gərginliyinin nominal qiymətdən fərqlənməsi, cihaza elektrik və maqnit sahələrinin zərərli təsiri və digərləri ola bilər. Bu təsirləri aradan qaldırmaqdən ötrü bir sıra tədbirlər həyata keçirilir. Məs., temperaturun təsirini azaltmaq üçün elektron qurğularına həmin təsiri kompensasiya edən əlavə hissələr qoyulur. Multiplikativ xəta gücləndircicinin ötürmə xarakteristikasının dikiliyini və uyğun olaraq güclənmə əmsalını dəyişir. Bundan başqa gücləndircilərin ötürmə xarakteristi-kaları tezlikdən asılı olaraq dəyişə bilər. Bu dəyişməyə tezlik xətası deyilir. Tezlik xətasının yaranmasına səbəb gücləndircicinin tərkibində kompleks müqaviməti tezlikdən asılı olan elementlərin, məsələn tutumun və induktivliyin, olmasıdır.

Tezlik xətalarını azaltmaq üçün geniş zolaqlı xətti gücləndircilərdən istifadə olunur. Qida mənbəyinin gərginliyinin dəyişməsi də gücləndircicinin ötürmə funksiyasını formaca və miqdarca dəyişə bilər. Odur ki, onun təsirini azaltmaq üçün qida gərginliyinin stabilisi yüksək səviyyədə olmalıdır. Elektrik və maqnit sahələrinin təsirini azaltmaq üçün ekranlamadan və digər tədbirlərdən istifadə olunur. Məs., temperatur xətasını minimallaşdırmaqdən ötrü həssas orqan termostatlarda yerləşdirilə bilər. Bütün bu tədbirlə isə cihazların strukturunun mürəkkəbləşməsinə səbəb olur. Ona görə də elektron qurğularının geniş imkanlarını nəzərə alaraq, bu xətaları sxemotexniki yollarla minimallaşdırmaq mümkündür. Bu yollardan biri gücləndircilərə eks əlaqənin qoşulmasından ibarətdir. Eks əlaqə mənfi və ya müsbət ola bilər. Mənfi eks əlaqə çıkışla inversləyən giriş arasında olaraq gərginliyin qiymətini dəyişərək girişə verir və ondan müəyyən hissəni çıxır:

$$U_{\text{çix}} = k_{\text{Ugir}} / (1+k\beta) \quad (15.7)$$

Burada β - eks əlaqə əmsalıdır.

Eks əlaqə əmsali dedikdə, girişə verilən gərginliyin və ya cərəyanın sxemin çıkışında olan gərginliyə və ya cərəyana olan nisbəti nəzərdə tutulur. $\beta = 0$ olduqda, $U_{\text{çix}} = k_{\text{Ugir}}$ olur. Yəni eks əlaqə olmur. β -nın sıfırdan böyük qiymətlərində çıkış gərginliyi giriş gərginliyinin k - ya hasılindən fərqlənir. Bu sxemin üstün cəhəti ondan ibarətdir ki, hər hansı bir səbəb üzündən güclənmə əmsali dəyişir, onda özündə xətanı cəmləyən çıkış gərginliyinin bir hissəsi yenidən girişə verilərək ondan çıxılır və beləliklə, həmin xətanı müəyyən qədər kompensasiya edir. Eks əlaqə dövrəsinin seçilməsi ilə multiplikativ xətanı tələb olunan qiymətə gətirmək olar. Bundan əlavə xarici təsirlər hər 2 dövrəyə təsir etdiyi üçün kompensasiyaedici təsir yaranır.

Eks əlaqə dövrələri gərginliyə görə və cərəyana görə ola bilər. Gərginliyə görə eks əlaqə yük gərginliyindən birbaşa olaraq götürülür. Cərəyana görə eks əlaqədə isə gücləndircicinin çıkışında yükün yaratdığı cərəyanın bir hissəsi girişə ötürülür. Bundan başqa eks əlaqə ardıcıl,

ardıcıl- paralel və paralel ola bilər. Ardıcıl (paralel) əlaqə zamanı əks əlaqə yük müqavimətinə ardıcıl (paralel) olaraq qoşulur. Ardıcıl- paralel əlaqə zamanı isə həm ardıcıl, həm də paralel əks rabitədən istifadə olunur. Bu əks əlaqələrin üstünlükleri elektron qurğularının işləmə şəraitindən asılıdır. Ona görə də müəyyən məqsədlər daxilində bu və ya digər əks əlaqə dövrələrindən istifadə olunur. Bir hali qeyd etmək lazımdır ki, əks əlaqə əmsalı maksimal qiymətə malik olduqda, sxemin güclənmə əmsalı vahidə bərabər olur. Bu cür sxemlərə gərginlik təkrarlayıcısı deyilir.

Əməliyyat gücləndiriciləri haqqında ümumi məlumat

Yarımkeçiricilər texnikasının sonrakı inkişafı onların ölçülərinin mikrominiatürləşməsi ilə bağlıdır. Bu sahədə çox böyük nailiyyətlər əldə edilmişdir. Analoq texnikasında ən böyük nailiyyətlərdən biri universal və çox yüksək texniki- iqtisadi xassələrə malik olan sabit cərəyan gücləndiricilərinin hazırlanmasıdır. Bu tələblərə diferensial və balans sxemi şəklində qurulmuş əməliyyat gücləndiriciləri (ΘG) malikdirlər. Onların giriş müqaviməti çox böyük (10 kOm- dan yuxarı), çıxış müqaviməti çox kiçik (1 kOm- a qədər), ötürmə əmsalı çox böyük (minlərlə dəfə) və additiv xətası çox kiçik olmalıdır. Universallığı isə onunla bağlıdır ki, giriş siqnalları üzərində müxtəlif riyazi əməliyyatlar aparmaq mümkün olur. Əməliyyat gücləndiriciləri strukturca giriş, aralıq və son kaskadlardan ibarətdir. Giriş kaskadı belə bir sxematik əsasda qurulmuşdur. Bu sxemdə elementlər eyni olduğu üçün, sonrakı kaskadın girişinə eyni təsir göstərməlidirlər. Lakin bu elementlər arasında gizli fərq olduğu üçün onların ötürülməsində azca fərq olur.

Güclənmə əmsalının çox böyük olduğunu nəzərə alsaq, bu gizli fərq çox böyük additiv xəta yarada bilər. Ona görə də xüsusi sürüşmə dövrəsi tətbiq etməklə, paralel kanallardaki simmetrikləri bərpa edirlər. Əməliyyat gücləndiricilərinin çıxış kaskadı isə emitter təkrarlayıcısı olur. Burada gərginlik emitterdən alındığı üçün bazadakı gərginliyi təkrar edir. Bu kaskadın üstünlüyü, onun çıxış müqavimətinin çox kiçik və cərəyanaya görə güclənmə əmsalının böyük olmasıdır. Göründüyü kimi əməliyyat gücləndiricilərinin 2 giriş olmalıdır. Onlardan birinə siqnal verdikdə, çıxışdakı siqnal girişdəki siqnalın işaretini təkrar edir. Bu cür girişə inversləməyən giriş deyilir. Digər girişdəki siqnalın işaretini çıxışdakı siqnalın işaretini ilə əks fazada olur. Ona görə də bu girişə inversləməyən giriş deyilir və onlara təsir edən zərərli siqnallar sxemdə çıxılaraq, biri- birini kompensasiya edir. Buna görə də əməliyyat gücləndiricilərinin maneələrə davamlılığı çox böyük olur. Əməliyyat gücləndiriciləri 2 prinsipdə qurula bilər: daxilində kondensatorların olmaması və MDM (modulyator- demodulyator) prinsipindən istifadə olunması. İkinci prinsiplə girişdəki sabit cərəyan başqa bir yüksək tezlikli cərəyanı modulyasiya edir və dəyişən gərginliyə çevirilir, lazımlı olan qədər gücləndirilir və sonradan yenidən demodulyasiya edilərək sabit cərəyanə çevirilir. Modulyasiya hər hansı bir siqnalın parametrlərinin dəyişdiyi qanunla başqa bir siqnalın parametrlərindən birinin dəyişməsi prosesinə deyilir. Bu modulyasiya amplituda modulyasiyasıdır. Demodulyasiya isə modulyasiya olunmuş siqnaldan ilkin siqnalın alınması prosesidir. Ona görə də əməliyyat gücləndiricilərinin strukturu açıq xarakterli və müxtəlif tipli yarımkəçirici elementlərdən ibarət olduğu üçün müxtəlif tipli təsirlərə məruz qalır. Məs., temperaturun artması və ya giriş gərginliyinin öz- özünə dəyişməsi çıxışdakı gərginliyi arzu olunmaz şəkildə dəyişə bilər.

Bundan başqa gücləndiriciləri generasiya rejimində işlətmək üçün, onun güclənmə əmsalını süni olaraq sonsuzluğa qədər qaldırmaq lazımlı olur. Bundan ötrü əks rabitəli sxemdən istifadə edilir. Bu sxemlər düz rabitəli sxemlərdən fərqli olaraq, çıxışdakı siqnalın müəyyən hissəsini girişə verir. Hansı girişə verildiyindən asılı olaraq, həmin girişdə giriş siqnalı ilə əks əlaqə siqnalının toplanması və ya çıxılması gedə bilər. Birinci hala müsbət, ikinci hala isə mənfi əks rabitə deyilir. Mənfi əks rabitədə çıkış siqnalının bir hissəsi girişdə çıxıldığı üçün əməliyyat gücləndircisinin güclənmə əmsalına stabillik verir.

Müsbət əks rabitədən isə əsasən generatorların qurulması üçün istifadə edilir:

$$U_{\text{çix}} = (U_{\text{gir1}} - U_{\text{gir2}}) * K \quad (15.14)$$

Əməliyyat gücləndiricilərinin çıkış- giriş asılılığını təhlil etdikdə, məlum olur ki, giriş siqnalının müəyyən qiymətinə qədər əməliyyat gücləndiricilərinin güclənmə əmsalı çox böyük və sabitdir. Həmin qiymətdən başqa bir qiymətə qədər qeyri- xəttidir və kiçikdir. Bundan sonra isə üfqü hissə başlayır. Üfqü hissədə güclənmə olmur. Ona görə də amplitud

məhdudlaşdırıcısı hazırlamaq üçün xarakteristikanın həmin hissəsindən istifadə edilir. Əməliyyat gücləndiriciləri 2 işarəli siqnalları gücləndirdiyi üçün bipolar gərginliklə qidalanır.

Elektrik rəqsləri generatorları

Elektrik rəqsləri generatoru müxtəlif formalı elektrik enerjisini elektrik (elektromaqnit) rəqslərinin enerjisine çevirən qurğulara deyilir. Elektrik rəqslərinin generasiyası adətən sabit cərəyan mənbələrinin enerjisinin elektron cihazları vasitəsilə çevriləməsi yolu ilə yerinə yetirilir. İstifadə olunan elektron cihazlarının tipindən asılı olaraq elektron lampalı, yarımkəcərici cihazlı, maqnetron cihazlı, qazboşalmalı cihazlı (tiratron generatorları) generatorlar, həmçinin kvant generatorları (lazerlər və mazerlər) mövcuddur. Elektrik rəqslərinin formasına görə sinusoidal (harmonik) rəqslər generatorları, düzbücaqlı impulslar generatorları və xüsusi formalı rəqslər generatorları istifadə olunurlar. Aşağı və yuxarı tezliklər generatorları kimi toplanmış parametrlə (rezistorlu, tutumlu və induktivlikli) generatorlardan istifadə olunur. Bu elementlərdə elektrik və maqnit sahələri ayrı-ayrı fəzada yerləşirlər. Daha yüksək tezliklərdə paylanmış parametrlə generatorlardan istifadə edilir.

Elektrik rəqsləri generatorlarının zəruri elementləri enerji mənbəyi, elektrik rəqslərinin yarandığı və saxlandığı dövrələr (passiv dövrələr) və qida mənbəyinin enerjisini elektrik rəqslərinin enerjisine çevirən aktiv elementdir. Aktiv element kimi adətən idarəedici və ya əlaqə dövresi (əks əlaqə dövrələri) olan elektron cihazları istifadə edilir. Əgər passiv dövrəyə verilən enerji bu dövrədə itən enerjidən böyükdürse, onda bu dövrədə yaranan istənilən rəqs proses artacaq. Əgər itən enerji daxil olan enerjidən çoxdursa, onda rəqslər sönür. Elektrik rəqsləri generatorlarının stasionar rejiminə uyğun gələn energetik tarazlıq, elementlərdə qeyri-xətti xassəli sistemin olması zamanı mümkündür. Əks halda, elektrik rəqsləri generatorlarında ya artan amplitudalı, ya da sənən rəqslər yaranır və stasionar elektrik rəqslərinin yaranması mümkün deyil.

Əgər elektrik (elektromaqnit) rəqslərinin yarandığı və saxlandığı dövrələr rəqs xassələrinə malikdirlər (məsələn, rəqs konturu, rezonator və s.), onda generasiya olunan rəqslərin tezliyi və forması bu dövrələrin məxsusi rəqslərinin tezliyi və forması ilə təyin olunur.

Kompratorlar

Komparatorların (müqayisə qurğularının) vəzifəsi ölçmə prosesini idarə etmək məqsədi ilə ölçülən və nümunəvi kəmiyyətlər arasındaki fərqiñ qiymətini və işarəsini aşkar etməkdən ibarətdir. Komparatorlar aşağıdakı parametrlərlə xarakterizə olunurlar: işləmə astanası (komparatorun həssaslığı). Bu parametr ölçülən və nümunəvi kəmiyyətlər arasındaki fərqiñ komparatorun çıxışında siqnal əmələ gətirə bilən minimal qiymətidir; komparatorun işləmə zamanı- komparatorun girişinə siqnalın verilmə momenti ilə onun çıxışında siqnalın yaranma momenti arasındaki zaman fasılısidir. Göründüyü kimi, ideal xarakteristika rele xarakteristikasıdır və astana gərginliyini sıfıra yaxınlaşdırımağa çalışırlar. Lakin, bütün elektron sxemlərində təsadüfi xarakter daşıyan kuy effekti, daxili və xarici maneelər olduğu üçün komparatorun işləmə vaxtını dəqiq təyin etmək mümkün deyil. Odur ki, həmişə işləmə zonası verilir və bu zonanın sağ ucu işləmə astanası kimi qəbul olunur. Çünkü bu qiymətdə komparator həmişə işləyir. Bəzi komparatorlarda histerezis hadisəsi olur. Bu zaman işləmə nöqtəsi U_1 ilə buraxma nöqtəsi U_b üst- üstə düşmür. Bu faktora kuy effektlərini nəzərə almaqla baxmaq olar. Göründüyü kimi işləmə və buraxma zonalarının olması labüddür. Odur ki, elementlərin işləmə sürətindən asılı olmayaraq komparatorun cəldiliyi məhdud olur. Ona görə də, çıxış siqnalının cəbhələri maili olurlar və siqnalın bir səviyyədən digərinə keçməsi üçün vaxt tələb olunur. Bu keçid nanosaniyelərlə, bəzən də mikrosaniyelərlə ölçülür.

Komparatorların vacib xarakteristikalarından biri onun daxili müqavimətidir. Onun 2 girişini olduğu üçün hər giriş üzrə ayrıca daxili müqavimətinə və differensial müqavimətinə baxılır. Bəzi komparatorlarda daxili müqavimət giriş siqnallarının fərqindən asılı olduğu üçün dəyişən olur.

Kvant elektronikası. Optik kvant generatorları

Kvant elektronikası, bərk cisimlərin atomlarının və molekullarının məcburi şüalanması effekti əsasında elektromaqnit rəqslərinin generasiyası və güclənməsi üçün üsulların və qurğuların yaradılması ilə əlaqədar olan problemlər məşğul olur. Kvant elektronikasının ən əsas istiqamətləri- optik kvant generatorlarının (lazerlərin), kvant gücləndiricilərinin, molekulyar gücləndiricilərin və s. yaradılmasıdır. Kvant elektronikasını başqa elektron cihazlarından fərqləndirən əsas cəhətlər onların rəqslərinin tezliklərinin yüksək stabilliyə malik olması, məxsusi küylərin aşağı səviyyədə olması, şüalanma impulsunda böyük enerjinin olmasıdır. Bu üstün cəhətlər yüksək dəqiqliklı məsafəölçənlərin, tezliyin kvant standartlarının, kvant giroskoplarının, çoxkanallı optik rabitə sistemlərinin, uzaq kosmik rabitələrin, real təyinatlı texnoloji avadanlığının, tibbi sistemlərin və başqa qurğuların yaradılması üçün istifadə oluna bilər.

Optik kvant generatorları (lazerlər)- təsirlə şüalanma vasitəsilə optik diapazonda monoxromatik elektromaqnit dalğaları generasiya edən cihazlardır. Lazerlər, içərisində həyecanlanmış atomlara malik olan maddə (fəal mühit) olan rezonatordan ibarətdir. Adətən, həyecanlanmış atomlar nisbətən az enerjili səviyyəyə bir- birindən asılı olmayaraq özbaşına keçirlər. Buna görə də atom qrupunun buraxdığı işıq qeyri- koherent olur. Lazerlərdə isə bu keçid nizamlı olur. Atom rəqslərinin fazaya görə belə nizamlanması rezonatorla vətəsirlə şüaburaxma vasitəsilə əldə edilir. Həyecanlanmış atom nisbətən az enerjili səviyyəyə işıq kvantının təsiri ilə keçdikdə, onun buraxdığı fotonun tezliyi və fazası təsireddi fotonun tezlik və fazasına bərabər olur. Bu, işığı koherent gücləndirməyə imkan yaratır. İşığın gücləndirilməsi üçün yuxarı enerji səviyyəsindəki atomların sayı aşağı enerji səviyyəsindəki atomların sayından böyük olmalıdır. Atomlar sisteminin belə halı məskunluq adlanır.

Lazerlərdəki aktiv mühit invers məskunluq halına malik atom sistemidir. Onlarda adətən rezonator rolunu bir- birinə paralel iki müstəvi (Fabri- Pero interferometrii tipli) güzgü sistemi oynayır. Fəal mühit yaratmaq üçün müxtəlif üsullardan istifadə edilir. Optik doldurma daha geniş yayılmışdır. Güclü işıqmənbəyi vasitəsilə Cr³⁺ ionları əsas haldan (E₁) həyecanlanmış halların təşkil etdiyi 1 və 2 enerji zolağına keçirilir (optik doldurma). Nisbətən qısa müddətdə (10⁻⁸ san.) bu ionlar şüalanmasız keçidə məruz qalaraq

«Elektrotexnika və elektronika» fənnindən imtahan sualları

- 1.Elektrotexnikanın əsasları.
- 2.Elektrik dövrəsi.
- 3.Elektrik cərəyanı və cərəyan şiddəti.
- 4.Müqavimət və keçiricilik.
- 5.Gərginlik və e.h.q-si.
- 6.Om qanunu.
- 7.Kirxhof qanunları.
- 8.Cərəyanın işi, gücü və istilik təsiri.
- 9.Rezistorlar.
10. Kondensatorlar.
- 11.Ekvivalent generator üsulu.
- 12.İnduktiv sarğaclar
13. Maqnit sahəsinin əsas kəmiyyətləri.
- 14.Tam cərəyan qanunu.
- 15.Elektromaqnit induksiyası hadisəsi.
- 16.Qarşıılıqlı induksiya və özünəinduksiya.
- 17.Sinusoidal dəyişən cərəyan e.h.q.-nin alınm
- 18.Transformatorların soyudulması.
19. Asinxron mühərriklər. Asinxron mühərriklərin təyinatı və iş prinsipi
20. Asinxron mühərriklərin ekvivalent sxemi.
21. Asinxron mühərriklərin işə qoşulması və mexaniki xarakteristikası
22. Sinxron maşınlar. Sinxron maşınların təyinatı və iş prinsipi
23. Sinxron generatorun xarakteristikaları.
24. Elektrik intiqalı haqqında ümumi məlumat.
25. Elektrik intiqalı üçün mühərrikin seçilməsi
26. Elektrik intiqalının iş rejimləri
27. Ölçmə prosesi haqqında ümumi anlayış
28. Elektrik ölçmə qurğuları.
29. Ölçmələrin növləri.
30. Kompensasiya ölçmə üsulu.
31. Ölçmə cihazlarının və çeviricilərinin xətləri.
32. Elektron ölçmə cihazları.
33. Fasiləsiz kəmiyyətlərin koda çevriləməsi üsulları
34. Rəqəm ölçmə cihazları və rəqəm ölçmə qurğularının təsnifatı.
35. İkiqütblülər.
36. Dördqütblülər.
37. Elektrik süzgəcləri.
38. Avtorəqs dövrələri.
39. Paylanmış parametrlər dövrələr haqqında ümumi məlumat.
40. Bircins uzun xətlərin paylanmış parametrləri.
41. Elektronikanın predmeti.
42. Elektronikanın təsnifatı və inkişaf perspektivləri.Vakuum elektronikası
43. Bərk cisimli elektronika.
44. Pyezoelektronika.
45. Elektron lampaları
46. Elektrovakuum pentodları
47. Elektron -şüa və fotoelektron tcihazları
48. Kineskoplar
49. Elektron ossiloqrafları
50. Verici elektron -şüa cihazları
51. Yarımkeçirici diodlar. Düzləndirici diodlar.

52. Bipolyar tranzistorlar
53. Bipolyar tranzistorların iş prinsipi.
54. Bipolyar tranzistorların qoşulma sxemləri
55. Bipolyar tranzistorların iş rejimləri.
56. Tiristorlar haqqında ümumi məlumat.
57. Tiristorun ekvivalent sxemi
58. Gücləndiricilərin qurulmasının əsasları
59. Gücləndiricilərdə əks əlaqə
60. Əməliyyat gücləndiriciləri haqqında ümumi məlumat
61. Elektrik rəqsləri generatorları
62. Kompratorlar
63. Kvant elektronikası.Optik kvant generatorları

ƏDƏBİYYAT

1. R.Q.Məmmədov, A.Ə.Hacıyev “Elektrotexnikanın və elektronikanın əsasları” Bakı-2013
2. V.S.Popov, S.A.Nikolayev “ Elektronika əsasları ilə ümumi elektrotexnika haqqında məlumat ” M- 1977
3. V. M. Xorçenko “ Elektronikanın əsasları ” M - 1982 -ci il
4. V.A.Qerasimov “ Sənaye elektronikası ” M - 1982 -ci il