

Kitayev V. E, Şlyapintox. L. S

**SƏNAYE ELEKTRONİKASININ ƏSASLARI
İLƏ BİRLİKDƏ
ELEKTROTEXNİKA**

PEŞƏ-TEXNİKİ MƏKTƏBLƏRİ ÜÇÜN DƏRS VƏSAİTİ

*SSRİ Nazirlər Sovetinin Dövlət-Peşə texniki təhsili komitəsinin elmi
şurası tərəfindən bəyənilmişdir*

BAKI –2021

Kitabda elektrostatika, sabit cərəyan qanunları, elektromaqnetizm və elektromaqnit induksiyası, bir fazalı və üç fazalı dəyişən cərəyan, elektrik - ölçü cihazları və elektrik ölçmələri, transformatorlar, sabit və dəyişən cərəyan elektrik maşınları, elektrik aparatları və elektronika elementləri-elektron lampaları, qaz boşaltma cihazları, yarımkeçirici cihazlar, fotoelementlər və fotorelelər haqqında məlumat verilir.

Kitab, peşə-texniki məktəblərinin ixtisası energetika olmayan tələbələri, kollec məzunları üçün dərs vəsaitidir. Bu kitabdan, elektrotexnika və elektronika ilə maraqlanan geniş oxucu kütləsi də istifadə edə bilər.

Kitab kiril əlifbasından latın əlifbasına düzəlişlərlə və əlavələrlə yenidən ərsəyə gətirilmişdir.

Kitayev V. E, Şlyapintox. L. S

Sənaye elektronikasının əsasları ilə birlikdə elektrotexnika. Peşə Texniki məktəbləri üçün dərs vəsaiti, 1965, səh 463

Tərcüməçi(kiril əlifbası ilə): Mehraliyev. K

Latın əlifbasına gətirənlər:

1. Abbasov Varis- Socar kadr hazırlığı təşkili mərkəzinin "elektrik mühəndisliyi" təlimi üzrə mütəxəssisi

2. Məcidov Səfa- GLENSOL şirkətinin Texniki xidmətin göstərilməsi üzrə nəzarətçisi, Elektrik- Avtomatika mühəndisi

Redaktor: Rəna Cəbrayilova- AzMİU SABAH mərkəzinin kordinatoru, Fizika kafedrasının doktorantı

Kompüter dizayneri: Səfa Məcidov

Əlaqə: *majidov90@gmail.com*, +994 50 6653216

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	10
1-ci fəsil. ELEKTROSTATİKA.....	12
§1. MADDƏNİN QURULUŞUNUN ELEKTRON NƏZƏRİYYƏSİ HAQQINDA ANLAYIŞ	12
§2. YÜKLƏRİN QARŞILIQLI TƏSİRİ. KULON QANUNU	14
§3. CİSİMLƏRİN ELEKTRİKLƏNMƏSİ	16
§4. ELEKTRİK SAHƏSİ.....	20
§5. POTENSİAL.....	21
§ 6. SAHƏNİN GƏRGİNLİYİ.....	23
§7. ELEKTRİK CƏRƏYANI HAQQINDA ANLAYIŞ.....	25
§8. NAQİLLƏR VƏ DİELEKTRİKLƏR.....	27
§9. ELEKTRİK TUTUMU	33
§10. KONDENSATORLARIN DOLDURULMASI VƏ BOŞALDILMASI.....	36
§11. KONDENSATORLARIN BİRLƏŞDİRİLMƏSİ	43
§12. METALLARIN ELEKTRİK QIĞILCIMI İLƏ EMALI HAQQINDA ANLAYIŞ	48
2-ci fəsil. SABİT CƏRƏYAN	50
§13. SABİT CƏRƏYAN DÖVRƏSİ	50
§14. ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ	52
§15. ELEKTRİK MÜQAVİMƏTİ	53
§16. OM QANUNU.....	57
§17. KİRXXHOFUN BİRİNCİ QANUNU.....	61
§18. MÜQAVİMƏTLƏRİN ARDICIL BİRLƏŞDİRİLMƏSİ.....	63
§19. MÜQAVİMƏTLƏRİN PARALEL BİRLƏŞDİRİLMƏSİ	67
§20. MÜQAVİMƏTLƏRİN QARIŞIQ BİRLƏŞDİRİLMƏSİ.....	72
§21. KİRXXHOFUN İKİNCİ QANUNU	75
§22. ELEKTRİK CƏRƏYANININ İŞİ VƏ GÜCÜ.....	79
§23. FAYDALI İŞ ƏMSALI	84

§24. COUL -LENS QANUNU	85
§25. ELEKTRİK CƏRƏYANINƏN İSİTİLİK TƏSİRİNDƏN İSTİFADƏ OLUNMASI	87
§26. ELEKTRİK QÖVSÜ	90
§27. ELEKTRİK QÖVSÜNÜN İSİTLİK TƏSİRİ.....	92
§28. ELEKTRİK CƏRƏYANININ KİMYƏVİ TƏSİRİ	95
§29. FARADEYİN QANUNLARI.....	96
§30. QALVANİK ELEMENTLƏR.....	100
§31. AKKUMLYATORLAR	106
§32. TERMOELEMENTLƏR.....	115

3-cü fəsil. ELEKTROMAQNƏTİZM VƏ ELEKTROMAQNİT

İNDUKSİYASI.....	119
§33. MAQNİTLƏR.....	119
§34. ELEKTRİK CƏRƏYANININ MAQNİT SAHƏSİ	120
§35. MAQNƏTİZMA ANLAYIŞI	122
§36. MAQNİT KEÇİRİCİLİYİ	123
§37. MAQNİT SAHƏSİNİN GƏRGİNLİYİ	124
§38. MAQNİT İNDUKSİYASI.....	125
§39. MAQNİT SELİ	126
§40. POLADIN TƏKRAR MAQNİTLƏNMƏSİ. SAXLAYICI QÜVVƏ	127
§41. TƏKRAR MAQNİTLƏNMƏ ÜÇÜN ENERJİ İTKİSİ	129
§42. ELEKTROMAQNİT VƏ BUNUN TƏTBİQİ	132
§43. MAQNİT SAHƏSİNDƏ CƏRƏYAN KEÇƏN NAQİL	138
§44. ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI.....	141
§45. ÖZ - ÖZÜNƏ İNDUKSİYA.....	147
§46. QARŞILIQLI İNDUKSİYA.....	151
§47. BURULĞAN CƏRƏYANLARI	152

4-cü fəsil. BİRFAZALI DƏYİŞƏN CƏRƏYAN

§48. DƏYİŞƏN ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN ALINMASI.....	154
§49. DƏYİŞƏN CƏRƏYANI XARAKTERİZƏ EDƏN ƏSAS KƏMİYYƏTLƏR.....	158
§50. DƏYİŞƏN GƏRGİNLİKLƏRİN VƏ CƏRƏYANLARIN TOPLANMASI ANLAYIŞI.....	163
§51. VEKTORLAR VƏ VEKTOR DİAQRAMLARI ANLAYIŞI...	164
§52. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ AKTİV MÜQAVİMƏT.....	167
§54. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ AKTİV VƏ İNDUKTİV MÜQAVİMƏTLƏR.....	172
§55. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ TUTUM.....	175
§56. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ AKTİV VƏ TUTUM MÜQAVİMƏTLƏR.....	180
§57. AKTİV, İNDUKTİV VƏ TUTUM MÜQAVİMƏTLƏRİ QOŞULMUŞ DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİ.....	182
§58. GƏRGİNLİKLƏR REZONANSI.....	184
§59. CƏRƏYANLAR REZONANSI.....	188
§60. BİRFAZALI DƏYİŞƏN CƏRƏYANIN GÜCÜ.....	192
5-ci fəsil. ÇOXFAZALI CƏRƏYANLAR.....	196
§61. ÇOX FAZALI GENERATORLAR.....	196
§62. GENERATOR DOLAQLARININ BİRLƏŞDİRİLMƏSİ.....	198
§63. ÜÇ FAZALI CƏRƏYAN ŞƏBƏKƏSİNƏ YÜK QOŞULMASI.....	204
§64. ÜÇFAZALI CƏRƏYANIN GÜCÜ.....	208
§65. FİRLANAN MAQNİT SAHƏSİ.....	211
6-cı fəsil. ELEKTRİK - ÖLÇÜ CİHAZLARI VƏ ÖLÇMƏLƏR	219
§66. ÜMUMİ MƏLUMAT.....	219
§67. ELEKTROMAQNİT CİHAZLAR.....	224
§68. MAQNİT - ELEKTRİK CİHAZLAR.....	227

§69. ELEKTRODİNAMİK CİHAZLAR	228
§70. İNDUKSIYA CİHAZLARI.....	230
§71. CƏRƏYAN ŞİDDƏTİNİN ÖLÇÜLMƏSİ. AMPERMETRLƏ ÖLÇMƏ HƏDDİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ	231
§72. GƏRGİNLİYİN ÖLÇÜLMƏSİ. VOLTMETR ÖLÇMƏ HƏDDİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ.....	233
§73. MÜQAVİMƏTİN ÖLÇÜLMƏSİ. OMMETR, MEQOMETR	235
§74. UNİVERSAL-ELEKTRİK CİHAZLARI	239
§75. MÜQAVİMƏTLƏRİ ÖLÇMƏK ÜÇÜN KÖRPÜ.....	241
§76. ELEKTRİK GÜCÜNÜN VƏ ENERJİSİNİN ÖLÇÜLMƏSİ....	242
§77. QEYRİ-ELEKTRİK KƏMİYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLMƏSİ ANLAYIŞI.....	244

7-ci fəsil. TRANSFORMATORLAR.....	249
§78. TRANSFORMATORLAR HAQQINDA MƏLUMAT	249
§79. TRANSFORMATORUN İŞ PRİNSİPİ VƏ QURULUŞU	251
§80. TRANSFORMATOR DOLAQLARININ ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏLƏRİ	256
§81. TRANSFORMATORUN İŞ PRİNSİPİ.....	260
§82. ÜÇFAZALI TRANSFORMATORLAR	263
§83. YÜKSÜZ İŞLƏMƏ VƏ QISAQAPANMA TƏCRÜBƏSİ.....	265
§84. TRANSFORMATORUN FAYDALI İŞ ƏMSALI	267
§85. AVTOTRANSFORMATORLAR	270
§86. ÖLÇÜ TRANSFORMATORLARI	273
§87. AZ GÜCLÜ TRANSFORMATORLARIN HESABLANMASI	275
§88. AZ GÜCLÜ TRANSFORMATORUN HESABLANMASINA MİSAL	282

8-ci fəsil. ASİNXRON MÜHƏRRİKLƏR	285
§89. ASİNXRON MÜHƏRRİKLƏRİN İŞLƏMƏ PRİNSİPİ	285
§90. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN MAŞINLARININ DOLAQLARI	288
§91. ASİNXRON MÜHƏRRİKİNİN QURULUŞU	294

§92. ASINXRON MÜHƏRRİKİN YÜK ALTINDA İŞLƏMƏSİ.....	297
§93. ASINXRON MÜHƏRRİKİN FİRLADICI MOMENTİ.....	299
§94. ASINXRON MÜHƏRRİKİN İŞ XARAKTERİSTİKALARI ...	303
§95. ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRİN İŞƏ SALINMASI.....	305
§96. ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRDƏ FİRLANMA SÜRƏTİNİN TƏNZİM EDİLMƏSİ.....	308
9-cu fəsil. SİNXRON MAŞINLAR.....	311
§97. SİNXRON GENERATORUN İŞLƏMƏ PRİNSİPİ.....	311
§98. SİNXRON GENERATORUN QURULUŞU.....	314
§99. SİNXRON GENERATORUN YÜK ALTINDA İŞLƏMƏSİ ...	317
§100. SİNXRON MÜHƏRRİKLƏR.....	321
10-cu fəsil. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARI.....	325
§101. SABİT CƏRƏYAN GENERATORUNUN İŞ PRİNSİPİ.....	325
§102. SABİT CƏRƏYAN GENERATORUNUN QURULUŞU.....	328
§103. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARI LÖVBƏRLƏRİNİN DOLAQLARI.....	331
§104. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARININ ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ.....	334
§105. CƏRƏYANIN KOMMUTASİYASI.....	336
§106. SABİT CƏRƏYAN GENERATORLARININ..... TƏSİRLƏNDİRİLMƏ ÜSULLARI.....	340
§107. SABİT CƏRƏYAN GENERATORUNUN İŞ PRİNSİPİ.....	342
§108. SABİT CƏRƏYAN MAŞINININ ELEKTROMAQNİT..... MOMENTİ.....	346
§109. SABİT CƏRƏYAN MAŞINININ MÜHƏRRİK REJİMİNDƏ İŞLƏMƏSİ.....	349
§110. SABİT CƏRƏYAN MÜHƏRRİKLƏRİN İŞƏ SALINMASI.	352
§111. PARALEL TƏSİRLƏNƏN MÜHƏRRİK.....	352
§112. ARDICIL TƏSİRLƏNƏN MÜHƏRRİK.....	354
§113. QARIŞIQ TƏSİRLƏNƏN MÜHƏRRİKLƏR.....	357

§114. SABİT CƏRƏYAN MÜHƏRRİKLƏRİNDƏ FİRLANMA ...	358
SÜRƏTİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİ	358
§115. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARININ İTKİSİ VƏ, F. İ. Ə ...	360

11-ci fəsil. ELEKTRİK İDARƏETMƏ VƏ MÜHAFİZƏ

APARATLARI	362
§116. ŞTEPSEL ROZETİ VƏ HAÇASI	362
§117. AÇARLAR	363
§118. AVTOMATLAR.....	365
§119. KƏSƏN AÇARLAR.....	366
§120. QORUYUCULAR.....	367
§121. REOSTATLAR.....	370
§122. KONTROLLERLƏR.....	371
§123. İDARƏETMƏ DÜYMƏLƏRİ VƏ DÜYMƏ STANSİYALARI	372
§124. KONTAKTOR. MAQNİTİŞƏSALICI	373
§125. İSTİLİK RELESİ.....	376

12-ci fəsil. SƏNAYE ELEKTRONİKASI.....

§126. ELEKTRON EMİSSİYASI	379
§127. İKİELEKTRODLU LAMPA.....	380
§128. DİODUN XARAKTERİSTİKASI VƏ PARAMETRLƏRİ ...	386
§129. DƏYİŞƏN CƏRƏYANIN DÜZLƏNDİRİLMƏSİ	388
§130. ÜÇ ELEKTRODLU LAMPA.....	391
§131. TRİODUN XARAKTERİSTİKASI VƏ PARAMETRLƏRİ ..	393
§132. ELEKTRİK RƏQSLƏRİNİN GÜCLƏNDİRİLMƏSİ PRİNSİPİ	395
§133. LAMPALI GENERATOR.....	399
§135. ELEKTRON ÖLÇÜ QURĞULARINDA TRİODDAN İSTİFADƏ OLUNMASI	402
§136. DÖRDELEKTRODLU LAMPA(TETROD)	402
§137. BEŞELEKTRODLU LAMPA.....	404

§138. ELEKTRON ŞÜA BORUSU OSSİLOQRAF.....	405
§139. İON CİHAZLARI.....	414
§140. STABİLİVOLT.....	422
§141. QAZOTRON.....	424
§142. CİVƏLİ DÜZLƏNDİRİCİ	427
§143. TİRATRON	430
§144. RADİOAKTİV ŞÜALANMANIN QAZBOŞALMA SAYĞACI.....	434
§145. YARIMKEÇİRİCİ CİHAZLAR.....	435
§146. ELEKTRON VƏ DEŞİK KEÇİRİCİLİYİ ANLAYIŞI	438
§147. YARIMKEÇİRİCİNİN QATIŞIQ KEÇİRİCİLİYİ	439
§148. BAĞLAYICI TƏBƏQƏNİN YARANMASI.....	440
§149. YARIMKEÇİRİCİ DİODLAR.....	442
§150. YARIMKEÇİRİCİ DÜZLƏNDİRİCLƏR.....	446
§151. YARIMKEÇİRİCİ GERMANİUM TRİODLAR.....	450
§152. FOTOELEMENTLƏR VƏ FOTORELE	453
§153. QEYRİ-XƏTTİ YARIMKEÇİRİCİ MÜQAVİMƏTLƏR- TERMİSTOR VƏ VARİSTORLAR	463

Giriş

Elektrik enerjisi xalq təsərrüfatında mühüm yer tutmaqla bərabər, neft qaz və kimya sənayesinin inkişafında da həlledici rol oynayır. Elektrik enerjisi bir şəkildən başqa şəkilə çevirilə bildiyi kimi, başqa növ enerjilərdə elektrik enerjisinə çevrilə bilər. Elektrik enerjisinin istehsalı, mənbələrdən işlədicilərə çatdırılması və işlədicilər arasında paylanması məsələlərini öyrənən elmə *elektrotexnika* deyilir.

Elektrik enerjisi asanlıqla istehsal olunur, uzaq məsafələrə göndərilməsi və işlədilməsi rahatdır. Elektrik enerjisinin nəticəsidir ki, sənayedə elektroliz, elektrik qaynağında poladın yüksək tezlikli cərəyanlarla alovlandırılmasında, metalların əridilməsində elektrik enerjisindən istifadə olunur. Elektrik nəqliyyatının, elektricləşdirilmiş kənd təsərrüfatı maşınlarının, telefon, radio və televiziyanın işində elektrik enerjisi ilə əlaqədardır.

Elektrik və maqnit hadisələri haqqında ilk məlumatı qədim zamanlarda Yunanıstanda əldə etmişlər. Elektrik anlayışı, yunanların *kəhraba* mənasını verən “*elektron*” sözündən alınmışdır. Həmçinin maqnit anlayışı maqnezitə-maqnit xassəli dəmir filizlərinin olduğu mahal sözündən doğulmuşdur; bu isə, maqnit hadisələrinin qədim yunanlara məlum olmasını göstərir. Elektrik və maqnit hadisələrinin hər ikisinin eyni mənbədən yaranmaqla eyni təbiətə malik olmasını, ilk dəfə 1753-1758-ci illərdə rus akademikləri M. V. Lomonosov və Epinus sübut etmişlər. 1785-ci ildə Kulon, elektrik yüklərinin bir-birini qarşılıqlı cəzb və ya dəf qüvvələri haqqında öz qanununu kəşf etmişdir.

1819-cu ildə Ersted elektrik cərəyanının, maqnit əqrəbinə təsirini, 1820-ci ildə Amper elektrik sarğılarının bir adi maqnit kimi iki qütbə malik olduğunu, 1831-ci ildə Faradey “elektromaqnit induksiya hadisəsini, 1833-cü ildə isə E. X. Lens elektromaqnit qanununu kəşf etmişlər.

Elektrik enerjisinin istiliyə çevrilməsini müəyən edən qanun d Lens tərəfindən(Coul-Lens qanunu) verilmişdir. Rus alimlərindən P. İ. Yabloçkov 1876-cı ildə elektrik transformatorunu, Elektrik işıq şamını, A. N. Ladigin, 1873-cü ildə elektrik közərmə lampasını, N. İ. Benardos və N. G. Slavyanov həmin illərdə elektrik qaynağını ixtira etməklə elektrik texnikasını zənginləşdirmişlər. M. O. Dolivo-Dobrovolski üçfazlı dəyişən cərəyanın yaradıcısıdır. 1889-cu ildə

üçfazlı asinxron mühərrikin kəşfi onun adı ilə bağlıdır. Doliva-Dobrovolskinin işləri nəticəsində bu günkü sənaye elektronikasını yaradılmışdır.

Elektrotexnika elmi bütün dünyada inkişaf etdiyi kimi, Azərbaycanda da inkişafdadır. Ölkəmizdə XIX əsrin əvvəllərindən başlayaraq bu günə qədər inkişaf edən elektrotexnika elminin çox böyük nailiyyətləri vardır. Azərbaycanda ilk dəfə olaraq 1906-cı ildə yaradılmış Ağ şəhərdəki istilik elektrik stansiyalarında 2000V gərginlikli hava xəttinin çəkilməsi ilə başladı. İkinci dünya müharibəsi ərəfəsində ilk istilik elektrik mərkəzi Sumqayıt İEM işə başladı. Sonrakı illər ərzində elektrik enerjisi sisteminin gücünün artması ilə inşa olunan Mingəçevir su elektrik stansiyası işə buraxıldı. 1981-ci ildə Mingəçevirdə inşa edilən Azərbaycan DRES-də 300 meqavat gücündə birinci blokun işə buraxılması üçün bir qədər də genişləndirildi. Azərbaycanda dövlət müstəqilliyimizi əldə etdikdən sonra Respublika prezidentinin sərəncamı ilə 1996-cı ildə Azər enerjisi idarəsinin bazasında Azər enerjisi Açıq Səhmdar Cəmiyyətinin yaradılması iqtisadiyyatın bu sahəsinin inkişafına güclü təkan vermişdir. Ölkədə elektroenergetika sektoruna xarici investisiyaların yönəldilməsi nəticəsində elektrik stansiyalarının əksəriyyətində yenidən qurma işləri aparılmış, o cümlədən Yenikənd SES-in tikintisi başa çatdırılmışdır. Bütün bunlarla yanaşı, istehlakçıların elektrik enerjisi ilə təminatını daha da yaxşılaşdırmaq məqsədi ilə, gələcəkdə respublikanın bütün bölgələrində alternativ modul tipli elektrik stansiyalarının inşası nəzərdə tutulmuşdur.

Beləliklə, bu gün də ölkəmizdə elektrotexnika elminin nailiyyətlərinə əsaslanan xeyli işlər görülməkdədir.

BİRİNCİ HİSSƏ

1-ci fəsil

ELEKTROSTATİKA

§1. MADDƏNİN QURULUŞUNUN ELEKTRON NƏZƏRİYYƏSİ HAQQINDA ANLAYIŞ

Bütün, həm sadə və həm də mürəkkəb maddələr molekulardan, molekular isə atomlardan ibarətdir. Sadə maddələr- mis, alüminium, sink, qurğuşun və s. Həmin maddələrin eyni atomlarından təşkil olunmuşdur. Bu o deməkdir ki, misin molekulalarında ancaq misin atomları, alüminium molekulalarında isə ancaq alüminium atomları vardır. Mürəkkəb maddələrin molekuları müxtəlif kimyəvi elementlərin atomlarından əmələ gəlmişdir. Məsələn xörək duzunun(natrium xloridin) molekulları xlor və natrium atomlarından, su molekulaların tərkibi hidrogen və oksigen atomlarından və s. ibarətdir. Molekullar və atomlar öz ölçü və çəkirlərinə görə çox kiçikdir. Ən yüngül element olan hidrogen atomunun diametri təxminən

$\frac{1}{100.000.000} sm - dir.$

Əgər hidrogen atomlarını bir sıraya düzmək olsaydı, 1sm uzuluğundakı sahədə yüz milyon atom yerləşərdi. Mis atomun çəkisi $10 \cdot 10^{-22}$ qramdır. $1sm^3$ misdə $8 \cdot 10^{22}$ atom vardır, yəni bu ədəd, yanında 22 sıfırı olan 8 rəqəmi ilə ifadə edilir.

Hər bir atomun protonlardan, neytronlardan və digər hissəciklərdən ibarət olan nüvəsi vardır. Atom nüvəsinin ətrafında müəyyən orbitlərdə elektronlar hərəkət edir. Elektronların, protonların və atomların digər hissəciklərin ölçüləri millimetrdən çox kiçik olan vahidlərlə ölçülür. Bu ölçü vahidlərinə *mikron*, *millimikron* və *angstrom* deyilir.

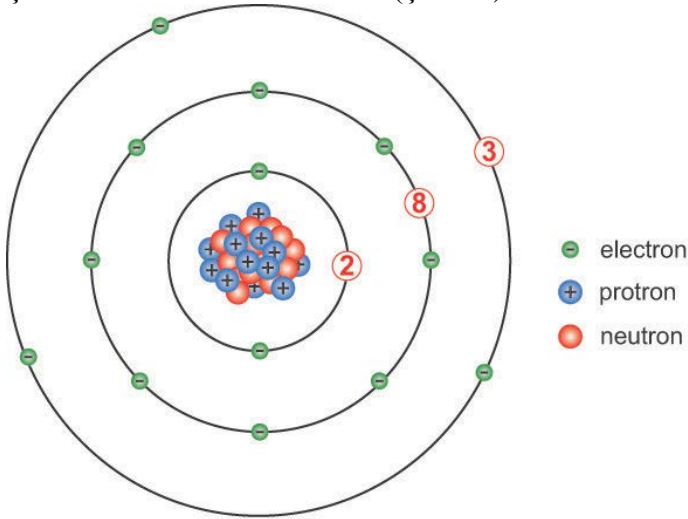
$$1mikron(mk) = \frac{1}{1000}mm;$$

$$1millimikron (mmk) = \frac{1}{1000}mk;$$

$$1 angstrom (a) = \frac{1}{10}mmk;$$

Adi halda bütün cisimlərin atomları bərabər miqdarda elektronlar və protonlardan ibarətdir. Məsələn hidrogen atomunun bir elektronu və bir protonu, selen atomunun isə 34 elektronu vardır. Elektronlar və

protonlar elektrik yükü olan maddənin hissəcikləridir. Elektronlar mənfi, protonlar isə müsbət elektrik yükü daşıyır. Kimyəvi elementlərin atomlarında olan elektronların sayı D. İ. Mendeleyevin dövrü sistemində hər bir elementin nömrəsinə uyğun gəlir. Elektronların və protonların yükləri qiymətcə eynidir, elektronun çəkisi protonun çəkisindən təxminən 1840 dəfə kiçikdir. Misal olaraq bəzi metalların atomların quruluşunu nəzərdən keçirək. Mendeleyevin cədvəlində 13-cü nömrədə yerləşən alüminium atomunun quruluş sxemini 13 protonu olan nüvə şəklində təsəvvür edə bilərik (Şəkil 1).



Aluminum Atom

Şəkil 1. Alüminium atomunun quruluş sxemi

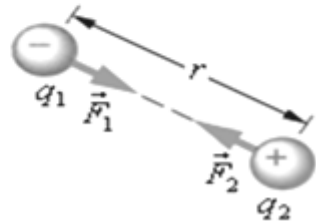
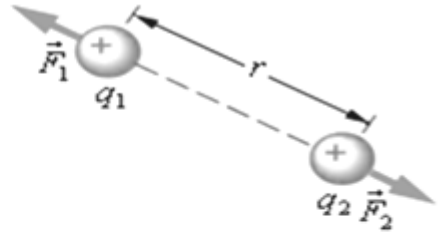
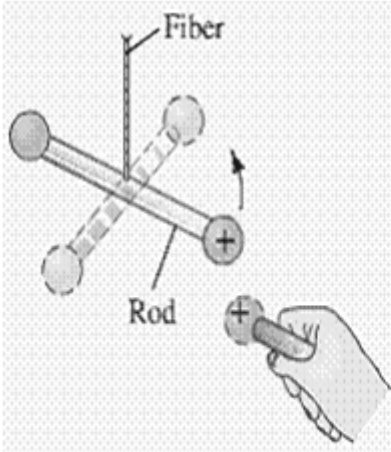
Nüvənin ətrafında, üç elektron təbəqəsində 13 elektron yerləşmişdir. Birinci qatda (təbəqədə) iki elektron, ikincidə səkkiz, nüvədən daha çox uzaqda olan üçüncüdə isə üçelektron yerləşir. Mis atomunda 29 elektron və o qədər də proton vardır. Mis atomunun elektronları nüvə ətrafında dörd təbəqədə yerləşmişdir. Birinci təbəqədə iki elektron, ikincidə səkkiz, üçüncüdə on səkkiz nüvədən uzaqda olan dördüncüdə isə bir elektron vardır. Nüvədən daha uzaqda olan təbəqədəki elektronların sayı Mendeleyevin dövrü sistemində həmin elementin qrup nömrəsinə uyğun gəlir, atomun elektronlarının ümumi mənfi yükü isə nüvədəki protonların müsbət yükünə bərabərdir. Qiymətcə bərabər olan müsbət və mənfi yüklər xarici mühitə nisbətən elektriki tarazlaşır-

qarşılıqlı neytrallaşır. Bu səbəbdən atomlar və ümumiyyətlə, cisimlər adi halda elektriki neytral olur.

§2. YÜKLƏRİN QARŞILIQLI TƏSİRİ. KULON QANUNU

Elektrik yüklər bir-birinə qarşılıqlı təsir edir. Bu qarşılıqlı təsir ondan ibarətdir ki, eyniadlı yüklər qarşılıqlı olaraq bir-birini itələyir, müxtəlifadlı yüklər isə bir-birini cəzb edir. Elektrik yüklərinin qarşılıqlı təsir qüvvələri Kulon qanunu ilə müəyyən olunur və yüklərin cəmləşdiyi nöqtələri birləşdirən düz xətt istiqamətində olur.

Kulon qanuna görə *iki nöqtəvi yükün qarşılıqlı təsir qüvvəsi yüklərin miqdarı ilə düz və onların arasındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəsb olub, bu yükləri birləşdirən xətt boyunca yönəlir və yüklərin yerləşdiyi mühtdən asılıdır.*



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

Bu düsturda yüklərin qarşılıqlı təsir qüvvəsi F hərfi ilə (nyutonla ölçülür) - [1nyuton (N) 10²q qüvvəyə; bu, 1m yolda 1 coul iş görən qüvvədir], hər yükün elektrik miqdarı q₁ və q₂ kulonla ölçülür (kulon = 6, 3 · 10¹⁸ elektrik yükü) yüklər arasındakı məsafə r (metr) hərfi ilə

işarə olunur; ϵ_a -isə qarşılıqlı təsir edən yüklərin olduğu mühitin elektrik xassələrini xarakterizə edən kəmiyyətdir.

$\epsilon_a = \epsilon \epsilon_0$ kəmiyyətinə **mühitin mütləq dielektrik keçiriciliyi** deyilir. Bu, praktiki vahidlər sistemində $\frac{\text{farad}}{\text{metr}}$ F/milə ölçülür.

ϵ_0 - **elektrik sabitidir**, vakumun (boşluğun) mütləq dielektrik keçiriciliyinə bərabərdir. Bu $8,86 \cdot 10^{12}$ f/m – bərabərdir.

ϵ – kəmiyyəti göstərir ki, həmin mühitdə elektrik yükləri vakuma nisbətən öz aralarında neçə dəfə az təsir göstərir, buna **dielektrik keçiriciliyi** deyilir. ϵ –kəmiyyətini həmin materialın mütləq dielektrik keçiriciliyinin vakumun dielektrik keçiriciliyinə nisbəti kimi ifadə etmək olar.

$$\epsilon = \frac{\epsilon_a}{\epsilon_0}$$

Vakum üçün $\epsilon = 1$

Bəzi materiallar üçün ϵ – *n* dielektrik keçiriciliyinə dair məlumat 1-ci cədvəldə verilmişdir.

Kulon qanunundan göründüyü kimi, böyük elektrik yükləri kiçik elektrik yüklərinə nisbətən bir – birinə daha çox qarşılıqlı təsir edir. Yüklər arasındakı məsafə artdıqca bunların qarşılıqlı təsir qüvvəsi xeyli zəifləyir. Məsələn, yüklər arasındakı məsafəni 6 dəfə artırıldıqda bunların qarşılıqlı təsir qüvvəsini 36 dəfə azaltmış oluruq. Yüklər arasındakı məsafəni 9 dəfə azaldıqda bunların qarşılıqlı təsir qüvvəsi 81 dəfə artacaqdır. Yüklərin təsir qüvvəsi yüklərin arasında olan materialdan da asılıdır.

Elektrik yükləri vakumda F_v qüvvəsi ilə qarşılıqlı təsir edirsə, onların arasına, məsələn-çini yerləşdirsək, bunların qarşılıqlı təsir qüvvəsi ϵ dəfə, yəni 6, 5 dəfə zəifləyəcəkdir. Deməli, yüklər arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvəsini belə bir nisbətlə müəyyən etmək olar:

$$F = \frac{F_v}{\epsilon}$$

Cədvəl 1

Maerialın adı	Dielektrik keçiriciliyi
Mika	6-7
Çini	6, 5
Mərmər	10
Parafınli kağız	2, 2
Bakelit	3, 8-5
Getinaks	7-8
Karbolit	3-5
Lak-parça	3, 5 – 3, 6
Təbəqə rezin	2, 6 – 3, 5
Şüşə	5, 5 -10
Ebonit	2, 4 – 4, 5

Misal. Eyni adlı iki elektrik yükü arasındakı boşluğa mərmər doldurulmuş və bunlar vakumda bir-birinə 0, 5 N (51 g) qüvvə ilə təsir edir. Bu yüklərin bir-birini hansı qüvvə ilə itələyəcəyini müəyyən etməli?

Həlli. 1-ci cədvələ uyğun olaraq mərmərin dielektrik keçiriciliyi

$\epsilon = 10$. Yüklərin qarşılıqlı təsir qüvvəsi

$$F = \frac{F_{\text{vakum}}}{\epsilon_{\text{material}}} = \frac{0,5}{10} = 0,05 \text{ N}$$
, bu da 5q edir. (deməli vakumdakından 10 dəfə zəifdir).

§3. CİSİMLƏRİN ELEKTRİKLƏNMƏSİ

Məlumdur ki, elektronlar atom nüvəsindən müxtəlif məsafələrdə yerləşir. Buna görə də Kulon qanununa görə, nüvəyə yaxın qatda yerləşən nüvənin müsbət yüklənmiş protonları nisbətən uzaq qatda yerləşmiş protonlara nisbətən elektronlarla daha şiddətli qarşılıqlı təsirdə olur. Həmin maddənin atomlarından nüvə ilə zəif rabitəli, (sərbəst), mənfi yükü olan bir və ya bir neçə elektron “qopartsaq” atomlarda elektrik tarazlığı pozulacaq və maddə müsbət elektrik yükü

ilə yüklənəcəkdir. Müsbət yükü olan atoma **ion** (ion yunan sözü olub, mənası gedən deməkdir) deyilir.

Əksinə, maddənin atomlarında elektronların miqdarı protonların miqdarından çox olarsa, cisim mənfi elektrik yükü alır. Mənfi yükü olan iona **mənfi ion** deyilir. Müxtəlif bərk materialların atomlarında elektronların miqdarını dəyişməklə, məsələn işıq enerjisi ilə təsir etməklə, qızdırmaqla, kimyəvi proseslərdən istifadə etməklə kristalları deformasiya etməklə və s. ilə cismi elektricləndirmək olar.

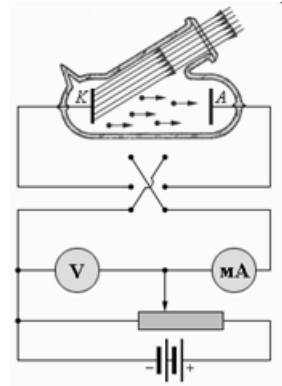
İşıq enerjisi ilə elektriclənmə.



A.G. Stoletov

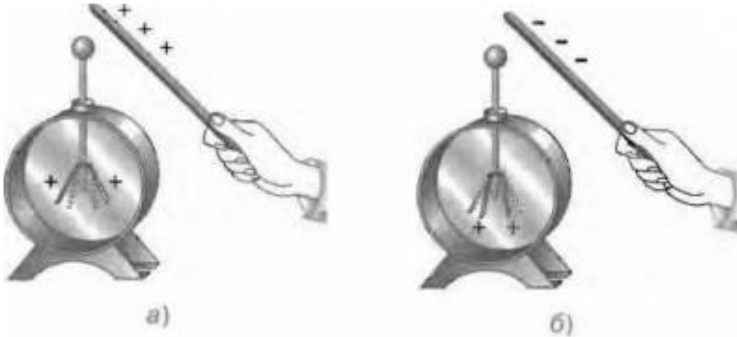


Elektroskop



Fotoeffekt

Professor A. G. Stoletov 1988-ci ildə müəyyən etmişdir ki, işıq təsiri ilə bir sıra materiallardan (sink, alüminium, natrium, qurğuşun, kalium və s.) elektronlar çıxır və bu materiallar müsbət elektriclə yüklənir. Həmin hadisənin həqiqiliyini təcrübə ilə yoxlamaq olar.



Elektroskop götürüb, onun çubuğunda cilalanmış sink disk bərkidək.

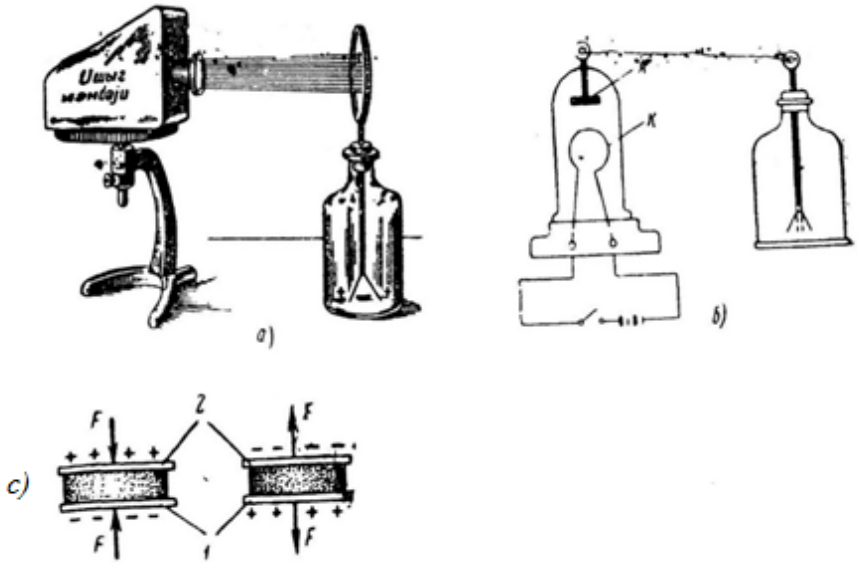
Bu diskdə elektrik yükü olmadıqda elektrskopun vəraqələri aşağı düşəcəkdir. Bu diskə işıq axını yönəltmək (şəkil 2 a) elektroskopun vəraqələri bir- birini itələyərək müəyyən bucaq qədər aralanacaqdır. Bu onu göstərir ki, elektroskopun çubuğa bərkidilmiş diskini və vəraqələr eyniadlı elektrik yükü ilə yüklənmişdir. Vəraqələrin aralanma bucağına görə yükün qiymətini müəyyən etmək olar. Işığın təsiri ilə materiallardan elektronların çıxması hadisəsinə **fotoeffekt** deyilir. Fotoelementlərin təsiri fotoeffektdən istifadə edilməsinə əsaslanır. **Qızdırmaqla elektriclənmə.** Metalları şiddətlə qızdırdıqda onlardan kənara elektronlar çıxır. Nəticədə metal öz elektronlarını “ itirir” və müsbət elektriclə yüklənir.

Vakumda yerləşdirilmiş A metal lövhəsinə (şəkil 2, b) elektroskop birləşdirilib K telini qızdırsaq, elektroskopun vəraqələri bir-birini itələyərək müəyyən bucaq qədər aralanacaqdır. Bu hal közərdilmiş teldən elektronlar çıxması ilə izah olunur. Həmin elektronlar A lövhəsi vasitəsi ilə elektroskopa keçib, onu yükləyir. Şiddətlə qızdırılmış metallardan ətraf mühitə elektronlar çıxması hadisəsinə **termoelektron emissiyası** deyilir. Elektron lampaların işi elə bu hadisəyə əsaslanmışdır. (Fəsil 12)

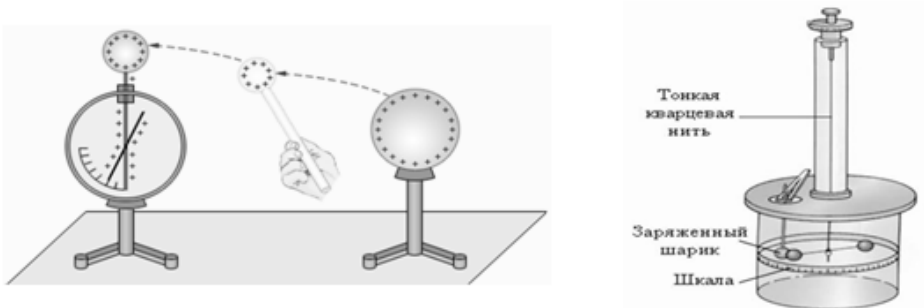
Kimyəvi reaksiya zamanı elektriclənmə. Elektrik enerjisinin kimyəvi mənbələrində (elementlərdə, akkumulyatorlarda) iki qütb vardır “+” və “-“. Müsbət və mənfi yüklər element və akkumulyatorlarda gedən oksidləşmə və bərpa reaksiyaları nəticəsində əmələ gəlir. Oksidləşmə zamanı maddənin atomları öz elektronlarını verir. Bu halda atomlar və maddə “+” yük alır. Kimyəvi bərpa reaksiyasında maddənin atomları elektronları özünə birləşdirir və mənfi yük (“-“) alır.

Təzyiqlə elektriclənmə. Texnikada elə materiallardan istifadə olunur ki, bunlarda elektrik yükləri təzyiq altında yaranır. Belə materiallara **pyezoelektrik** (yunan sözü olub * basırım* deməkdir) materiallar deyilir.

Belə materiallardan kvarts, segnet duzu, ammonium-fosfat və s. göstərmək olar. Pyezoelektrik materialdan hazırlanmış lövhəni(şəkil2c) iki elektrodun arasında yerləşdirib, buna F qüvvəsi ilə təsir etsək onun bir tili müsbət, qarşıdakı tili isə mənfi elektriclə yüklənəcəkdir. Qüvvələrin təsir istiqaməti dəyişildikdə uzadıcı təsir zamanı pyezoelektrikdə yükün işarəsi dəyişir.



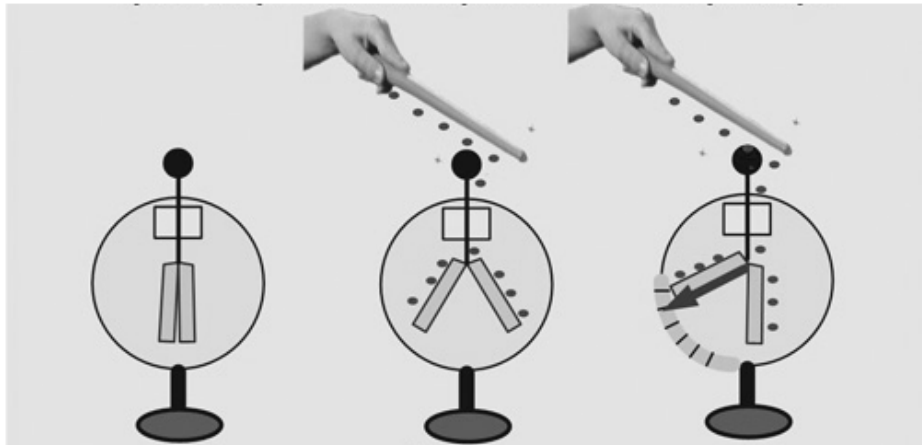
Şəkil 2. Cismin elektriclənmə hadisəsi:
 a) işıq axınının təsiri ilə; b) teli qızdırdıqda; c) kristalın təzyiç altında elektriclənməsi; 1- pyzoelektrik; 2- elektrodlar (oxlarla qüvvələrin təsir istiqaməti göstərilmişdir)



Bu, maddə atomlarının elektrik yüklərinin mexaniki qüvvənin təsiri ilə öz yerini dəyişməsi ilə əlaqədardır. Pyzoelektrikə təsir edən qüvvə nəqədər çox olarsa, o daha çox elektriclənəcəkdir.

Pyezoelektrikin elektriclənmə xassəsindən elektronikada, avtomatlaşdırmada və yeni texnikanın digər sahələrində istifadə olunur.

Elektroskop və elektrometrin iş prinsipi



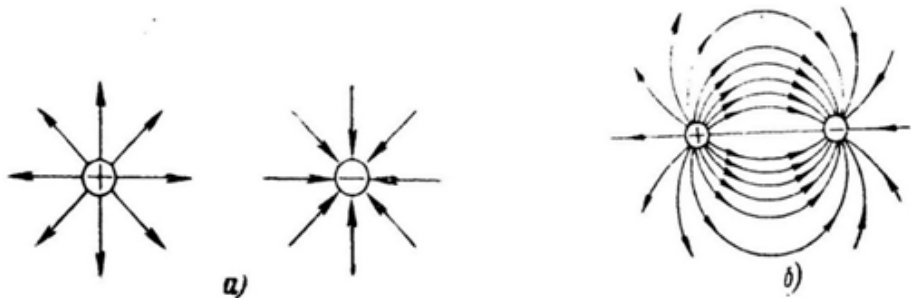
Yüksüz elektroskop

Yüklü elektroskop Elektrometr

§4. ELEKTRİK SAHƏSİ

Hər hansı bir qüvvənin təsiri aşkar edilən fəzaya həmin qüvvələrin sahəsi demək olar. Yüklənmiş hissəciklərə və cisimlərə qüvvə təsiri edən fəzaya **elektrik sahəsi** deyilir. Elektrik sahəsi yükədən ayrılmazdır, onunla birlikdə mövcuddur və onu əhatə edir. Elektrik sahəsi qüvvələriniştirakı ilə yüklərin yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz qarşılıqlı təsiri – bunların bir- birini cəlb etməsi və itələməsi baş verir. Elektrik sahəsi, hər hansı bir mühitdə yükün ətrafında və hətta vakumda belə yaranır. Yüklənmiş hər bir cismin sahəsi ayrı-ayrı elementar yüklərin – elektron və protonların sahələrindən ibarət olur.

Elektrik sahəsində nümunəvi yük yerləşdirsək, həmin sahənin qüvvələri ona təsir edərək müəyyən istiqamətdə yerini dəyişməyə çalışacaqdır. Elektrik sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə nümunəvi müsbət yükün hərəkət edəcəyi xəttə **qüvvə xətti** deyilir. Elektrik sahəsi qüvvə xətləri ilə ifadə olunur.



Şəkil 3. Elektrik sahəsi:
a) müsbət və mənfi yüklərin, b) müxtəlif işarəli iki yükün

3-cü a) şəkildə müsbət və mənfi yüklərin elektrik sahəsi, 3-cü b) şəkildə isə qiymətcə eyni, işarəcə əks olan iki yükün yaratdığı elektrik sahəsinin qüvvə xətlərini göstərilmişdir. Qüvvə xətlərinin uclarındakı ox işarəsi nümunəvi müsbət yükün hərəkət istiqamətini göstərir.

§5. POTENSIAL

Potensial və sahənin gərginliyi elektrik sahəsini xarakterizə edən əsas kəmiyyətlərdir. Elektrik yükünü elektrik sahəsinə daxil etdikdə həmin sahə qüvvələrini dəf olunması üçün müəyyən iş görmək lazım gəlir. Elektrik sahəsinin həmin nöqtəsinin potensialı qiymətcə bir kulonluq yükün sonsuzluqdan sahənin bu nöqtəsinə daxil edilməsinə sərf olunan iş bərabərdir. Bu iş, sahənin nəzərdən keçirdiyimiz nöqtəsində bir kulonun malik olduğu potensial enerjiyə bərabərdir.

Beləliklə,

$$\varphi = \frac{A}{Q}$$

Elektrik sahəsi qüvvələrinin A işi müvafiq qüvvənin yola vurulma hasili kimi müəyyən edilir:

$$A = FS$$

F qüvvəsi nyutonla, S yolu metrle ölçüldüyündən A işi Nyuton x metr ilə ölçülür. Elektrik miqdarı $-Q$ kulonla ölçülür. Həmin kəmiyyətləri

$$\varphi = \frac{A}{Q}$$

düsturunda yerinə qoysaq

$$\varphi = \frac{\text{nyuton.metr}}{\text{kulon}}$$

1Nyuton x metr = 1 coul (c) olduğundan, $\varphi = \frac{\text{coul}}{\text{kulon}}$

Elektrotexnikada $\frac{\text{coul}}{\text{kulon}}$ (c/k) vahidinə **volt(V)** deyilir. Deməli potensial volt ilə ölçülür.

Müsbət yükün sahəsində istənilən nöqtənin potensialı müsbət, mənfi yükün sahəsində isə mənfidir

Elektrik sahəsinin müxtəlif nöqtələrinin potensialını yerin potensialı ilə müqayisə edirlər(cismin temperaturunun potensialı buzun ərimə temperaturu ilə müqayisəsi kimi); yerin potensialı sıfıra bərabər qəbul olunmuşdur. Deməli, yerlə elektriki birləşdirilmiş naqilin potensialı sıfıra bərabərdir. Müsbət potensial yerin potensialından və mənfi potensialdan yüksəkdir, mənfi potensial isə yerin potensialından kiçikdir. Elektrik sahəsi həddində, potensialları uyğun surətdə φ_A və φ_B olan yükləri A nöqtəsindən B nöqtəsinə hərəkət etdirdikdə, sahə qüvvələrinin gördüyü iş həmin yükün öz yolunun başlanğıc və son, yəni A və B nöqtələrindəki potensial enerjinin fərqinə bərabər olacaqdır.

Beləliklə , yükün A işi aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$A = Q (\varphi_A - \varphi_B) .$$

$\varphi_A - \varphi_B$ potensiallar fərqinə **gərginlik** deyilir, U hərfi ilə işarə olunur və potensialda olduğu kimi **volt** ilə ölçülür.

4- cü şəkildə hər hansı yüklə əmələ gətirilən elektrik sahəsinin nöqtələri göstərilmişdir. A nöqtəsində potensial $\varphi_A = 15\text{v}$ (yerə nisbətən), B nöqtəsində isə $\varphi_B = 10\text{v}$ C nöqtəsində isə

$\varphi = - 2\text{v}$ - dur.

$$U_{AB} = 5\text{V}$$

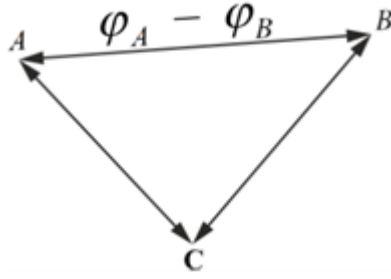
$$U_{AB} = 15 - 10 = 5\text{V}$$

$$U_{AC} = 10 - (-2) = 12\text{V}$$

$$U_{BC} = -2 - (+ 15) = -17\text{V}$$

$$U_{BC} = 12\text{V}$$

$$U_{AC} = -17$$



Şəkil 4. Elektrik sahəsinin müxtəlif nöqtələri arasındakı potensiallar fərqi.

Asanlıqla başa düşmək olur ki, yük sahənin bir nöqtəsindən digər nöqtələrinə hərəkət etdikdə müxtəlif iş görüləcəkdir. Bu da onunla əlaqədardır ki, sahənin müxtəlif nöqtələri arasında elektrik potensiallarının fərqi müxtəlif olur. Elektrik yükü hərəkət edərkən elektrik sahəsi qüvvəsinin işini hesablayaq. A nöqtəsindən B nöqtəsinə, B nöqtəsindən C nöqtəsinə və C nöqtəsindən A nöqtəsinə yük hərəkət edərkən $Q = 5\text{ k}$

$$A_{AB} = QU_{AB} = 5 \cdot 5 = 25 \text{ coul}$$

$$A_{BC} = Q U_{BC} = 5 \cdot 12 = 60 \text{ coul}$$

$$A_{CA} = Q U_{CA} = 5 \cdot 17 = 85 \text{ coul}$$

Deyilənlərdən aydın olur ki, sahənin iki nöqtəsi arasındakı gərginlik elektrik sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə elektrik yükünün digər nöqtələrə hərəkəti zamanı elektrik yükü vahidinin gördüyü işi (coul ilə) müəyyən edilir.

§ 6. SAHƏNİN GƏRGİNLİYİ

Elektrik sahəsi öz nöqtələrinin hər birində gərginliklə (burada intensivlik) xarakterizə olunur. E sahəsinin onun hüdudlarına daxil edilmiş Q yükünə etdiyi F qüvvəsi nə qədər çox olarsa, sahənin gərginliyi də o qədər çox olacaqdır. Elektrik sahəsinin müxtəlif nöqtələrində gərginlik müxtəlif ola bilər. Sahənin gərginliyi elektrik sahəsinin hüdudlarına daxil edilmiş yükün Q kəmiyyətinə təsir edən F qüvvəsinin nisbəti ilə təyin olunur.

Deməli, sahənin gərginliyi

$$E = \frac{F}{Q}, \quad (1)$$

Burada F- elektrik sahəsinin yükə təsir qüvvəsi, nyuton (n) ilə Q- elektrik yükünün kəmiyyətidir, kulon (k) ilə.

Məlumdur ki, elektrik sahəsi qüvvələrinin coul ilə ölçülən işi qüvvənin yola vurma hasilinə bərabərdir:

$$A = FS$$

Coul = nyuton x metr.

Bu ifadədən aydın olur ki, $F = \frac{coul}{metr}$ (c / m)

Qüvvənin bu ifadəsini (1) düsturunda yerinə qoyduqda:

$$E = \frac{coul}{met.kulon}$$

Lakin $\frac{coul}{kulon} = volt$ olduğundan, elektrik sahəsinin gərginliyi:

$$E = \frac{Fvolt}{Qmetr} (v/m).$$

Misal olaraq Q= 0, 002k nümunəvi yükə $F_1 = 0, 5$ n və $F_2 = 0, 3$ n qüvvəsi ilə təsir edən iki elektrik sahəsinin gərginliyini hesablayaq.

Birinci sahənin gərginliyi:

$$E_1 = \frac{F_1}{Q} = \frac{0,5}{0,002} = 250 v/m$$

İkinci sahənin gərginliyi

$$E_2 = \frac{F_2}{Q} = \frac{0,3}{0,002} = 150v/m$$

olacaqdır

“Elektrik sahəsinin gərginliyi” və “gərginlik” anlayışlarını qarışdırmaq olmaz.

Elektrik sahəsinin gərginliyi sahənin hər hansı bir nöqtəsində bu nöqtəyə daxil edilmiş tək bir yükə təsir edən qüvvə vasitəsi ilə xarakterizə edir, gərginlik isə elektrik sahəsinin iki nöqəsi arasındakı potensiallar fərqi, yəni tək bir yük bir nöqtədən digərinə hərəkət etdikdə sahənin qüvvələri ilə görülən işdir.

Elektrik sahəsinin xüsusiyyətlərindən və elektrik yüklərinin qarşılıqlı təsirindən praktiki istifadə edilməsinə misal olaraq detalların elektrik sahəsində rənglənməsini göstərə bilərik. Detaiların rənglənməsinin bu üsulu ondan ibarətdir ki, tozlandırıcıdan çıxan boyaya və rənglənən məmulata müxtəlif elektrik yükləri (“+” və “- “) verilir. Bu halda boyanın tozlandırılmış hissəcikləri yaradılmış elektrik

sahəsindəelektriklənir və bərabər qatla çökür. Detalların elektrik sahəsində rənglənməsi axın-kütləvi istehsalatda geniş tətbiq olunur; bu üsul əmək məhsuldarlığını xeyli yüksəltməyə, lak boya materiallarına qənaət etməyə və fəhlələrin əmək şəraitini yaxşılaşdırmağa imkan verir.

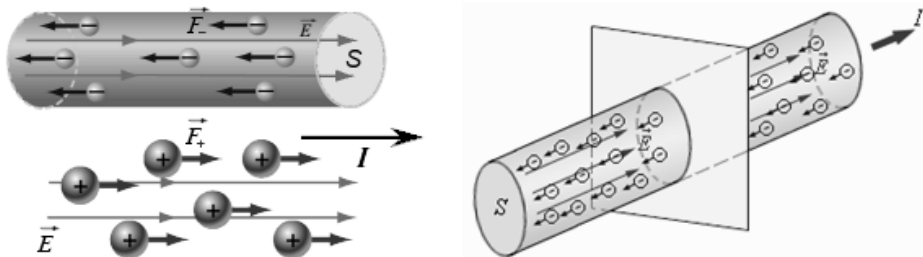
§7. ELEKTRİK CƏRƏYANI HAQQINDA ANLAYIŞ

Yuxarıda göstərilədiyi kimi, elektronlar atom nüvəsindən müxtəlif məsafələrdə yerləşir. Bununla əlaqədar olaraq nüvənin elektrik sahəsi elektronlara müxtəlif qüvvə ilə təsir edir. Metallarda hər bir atomun nüvəsi ətrafında onunla zəif rəbitəli elektronlar vardır. Bu elektronların öz nüvələrindən ayrılmış bir hissəsi qarışıq hərəkət edir. Belə elektronlara *sərbəst elektronlar* deyilir. Elektrik sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə sərbəst elektronların hərəkətini qaydaya salmaq və onları müəyyən istiqamətdəhərəkətə məcbur etmək olar. Sərbəst elektronların müəyyən istiqamətdə hərəkətinə *elektrik cərəyanı* deyilir. Elektrik cərəyan şiddətinin vahidi *amperdir*.

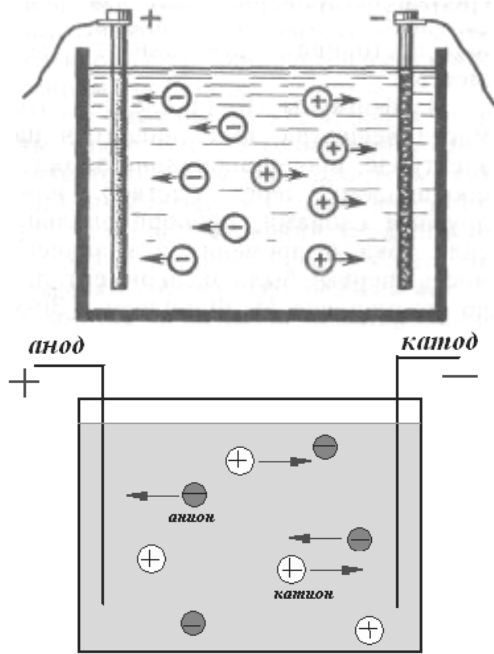
Bir amper – naqilin en kəsiyindən bir saniyə ərzində bir kulon elektrik yükü, yəni $6,3 \times 10^{18}$ elektron keçdikdə cərəyanın şiddətidir (bir saniyə ərzində gümüş duzu məhlulundan (AgNO_3) 1,118 –mq saf gümüşü ayıra bilən cərəyan şiddəti bir amper qəbul edilmişdir). Cərəyan şiddəti *ampermetrlə* ölçülür.

Şərti olaraq qəbul edilmişdirki, cərəyanın istiqaməti mənfi yüklərin – elektronların yerdəyişmə istiqamətinin əksinədir.

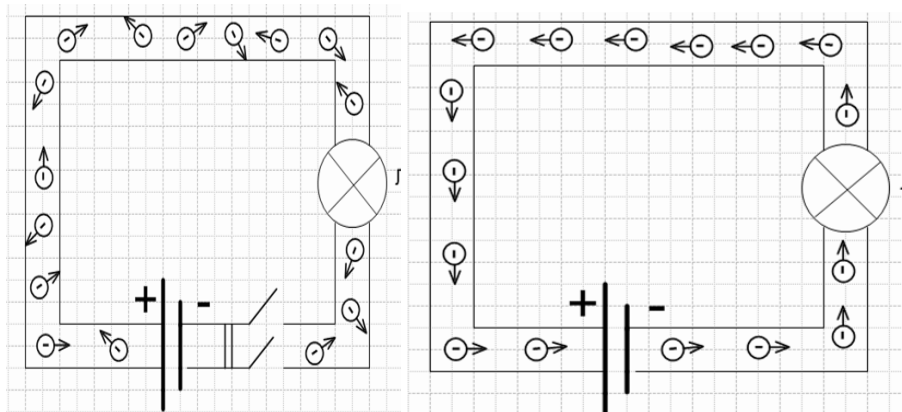
Elektrik cərəyanın bu tərifinə ancaq bərk (metal) naqillər üçün doğrudur. Ümumi halda cərəyan elektronlarının və ionların istiqaməti: müsbət ionların – cərəyan istiqamətində, elektronların və mənfi ionların - cərəyanın əks istiqaməti ilə yəradılır.

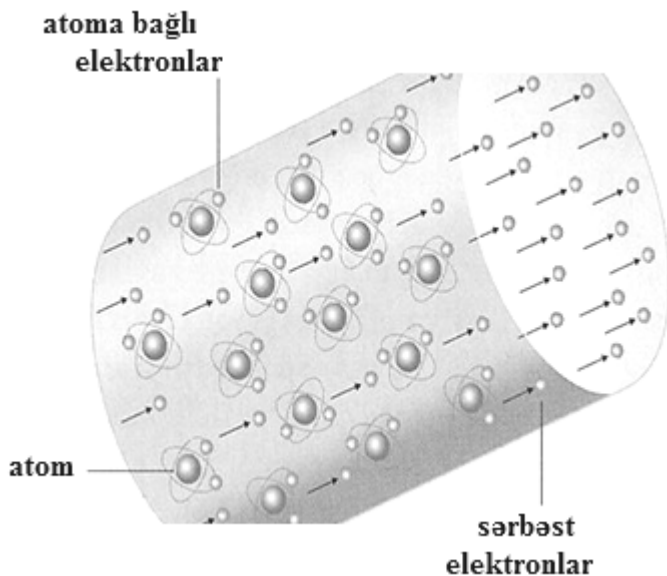


Naqillərdə elektronların hərəkət istiqaməti



Elektrolitlərdə ionların hərəkət istiqaməti





§ 8. NAQİLLƏR VƏ DİELEKTRİKLƏR

Elektronların müəyyən istiqamətdə hərəkəti və elektrik cərəyanının yaranması bütün materiallarda mümkün deyildir.

Məsələn, müxtəlif elektrik yükləri ilə yüklənmiş iki elektroskopu rezin, çini, yaxud şüşə çubuqla birləşdirsək, elektroskopların kürəciklərindəki yüklər qalacaq və elektroskopun vərəqələri aralanmayacaqdır. Bu onunla izah edilir ki, çini, rezin, mərmər və mika kimi materiallarda sərbəst elektronlar yoxdur, olan bütün elektronlar isə nüvə ilə sıx rəbitədədir. Buna görə də yüklərin elektrik sahələri elektronların müəyyən istiqamətdə hərəkətini yaratmır və belə materiallardan elektrik cərəyanı keçmir. Belə materiallara *qeyri naqillər-dielektriklər* deyilir.

Hava, mika, mərmər, plastik kütlələr, lak və emallar, elektrik çinisi, lak-parçalar, şüşə lifləri və bir çox digər materiallar dielektrik hesab edilir. Hava, ən çox yayılmış qazvari dielektrikdir. Hava, trolleybus xəttinin məfilləri arasındakı boşluğu doldurur, yüksək gərginlik xətlərinin cərəyan aparan məfillərini və tramvay şəbəkəsini yerdən izolyasiya edir, kondensatorlarda, müxtəlif elektrik maşınlarında izolyasiya rolunu oynayır.

Mika, bir sıra dəyərli elektrik- izolyasiya xassələrinə rutubətə və istiliyə davamlılığa, elastikliyə malikdir; mexaniki və elektrik möhkəmliyi yüksəkdir. Mika elektrik maşınlarında, turbo-generatorlarda, hidro-generatorlarda, elektrik mühərriklərində geniş tətbiq olunur. Bundan başqa, elektrik lehimpləyici, kondensatorlar, radio lampaları hazırlayanda da mikadan istifadə olunur. Müxtəlif elektrik maşınları istehsal etmək üçün böyük təbəqə və ya lent şəklində izolyasiya lazımdır, mika lövhələrin ölçüləri isə, adətən böyük deyildir. Buna görə də mikalı mikanitlər hazırlayırlar. Mikanit, mika vərəqlərinin lak və qətran vasitəsi ilə yapışdırılıb, təbəqə və ya rulon şəklində hazırlanmış materialdır. Bu halda əsas qat kimi kağız və parçadan istifadə olunur. Mikanitlə yanaşı mika kağızı, mika kordonu və mika lentindən istifadə edilir.

Elektrik izolyasiya materiallarının elektrik möhkəmliyi

İzolyasiya materialı	Xüsusi çəkisi (kg/dm ²)	Elektrik möhkəmliyi (kv/mm)
Azbest	2, 2	1, 5-3, 0
Bakelit (vərəq şəklində)	1, 3-1, 4	10-20
Beryoza	0, 65- 0, 88	3 – 5
Kabel kağızı	0, 8	6 – 9
Hava	0, 0013	3 – 4
Getinaks (vərəq şəklində)	1, 3 – 1, 4	10-20
Parafinli palıd	0, 76	4 – 7
Laklı parça	1, 1 – 1, 35	32 – 45
Transformator yağı	0, 85- 0, 89	5 – 18
Mikanit	2, 2	15 – 20
Mərmər	2, 72	15 – 30
Quru pressspan	0, 9 – 1, 3	8 – 10
Rezin (vərəq şəklində)	1, 3 – 1, 8	10 – 15
Slyuda	2, 8	120 – 200
Şüşə	2, 4 – 2, 7	10 – 40
Forfor	2, 4 – 2, 7	6 – 10
Fibra	1, 2 – 1, 4	4 – 11
Şifer	2, 7 – 2, 9	1, 5 – 3
Ebonit	1, 25-1, 45	8 – 10

Bunlar xırda mika tullantılarını isti emal və kimyəvi emal etməklə hazırlanır.

Plastik kütlələr, yüksək temperaturda yumşala bilən müxtəlif amorf maddələri presləməklə və ya təzyiç altına tökmək yolu ilə alınan materiallardır. Bunların mexaniki möhkəmliyi yüksək, çəkili isə yüngül olur. Qatlı plastik kütlələrdən- getinaks və tekstolit elektronikada geniş yayılmışdır. Bunları təbəqələr, silindrlər və formalı məmulat şəklində buraxırlar. Belə məmulatları mexaniki emal etmək olur. Elektrotexnikada polixlorovinil də geniş yayılmışdır. Yaxşı elektrik- izolyasiya xassələrinə, elastikliyinə və rütubətə davamlılığına görə məftil və kabellərin izolyasiyasında istifadə olunur.

Lak və emalların elektrik-izolyasiya xassələri yüksəkdir. Laklar qatran, bitium və yağların uçan həlledicilərdə hazırlanmış məhsullarıdır. Məmulata çəkilməş lakların quruması prosesində həlledici uçar, əsas (qatran, bitium, yağ) bərkilərək lak pərdəsi əmələ gətirir. Bu pərdə məmulatı kip örtür.

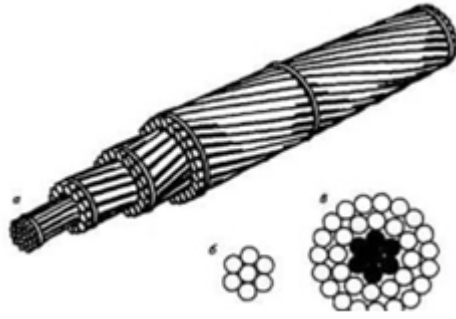
Elektrik çinisi, müxtəlif izolyasiya məmulatları; izolyatorlar, diyircəklər, elektrik açarının detalları, patronlar, oymaqlar, qıflar və s. hazırlamaq üçün istifadə olunur.

Elektrik cərəyanı keçirən materiallara **keçiricilər** deyilir. Bütün metallar, duzların, turşuların və qələvilərin məhlulları keçiricidir.

Elektrik enerjisi qəbuledicilərə mis, alüminium və polad məftillərlə verilir. İzolyasiyaedici örtüyü olmayan məftillərə **çılpaq məftillər** deyilir.



A-35



AC-95

Nüvəsi polad olan çox telli çılpaq alüminium məftilləri

İzolyasiya olunmuş məftillərin rezindən və ya plastik kütlələrdən örtük qatı vardır. Məftillər quruluşlarına görə birözəkli və ya çoxözəkli olurlar. Bir və ya bir- birinə burulmuş bir neçə məftilə **özək** deyilir. Çoxözəkli məftillərdə özləklər bir- birindən izolyasiya olunur. Məftillər müxtəlif markalı və en kəsikli hazırlanır.

Daxili elektrik xətti üçün müxtəlif markalı məftillərdən istifadə olunur. İP məftili (Şəkil 5) – rezin izolyasiyalı birözəkli məftildir, hopdurulmuş iplik hörməsi vardır. Gərginliyi 380 v- a qədər qurğular üçün en kəsiyi 0, 5 – 150mm² olan İP-380 məftilindən, gərginliyi 500v-a kimi olan qurğular üçün isə en kəsiyi 0, 75- 400 mm² olan İP-500 məftilindən istifadə olunur.



Şəkil 5 İP məftili:

Qalaylanmış mis özək; 2- iplik hörmə; 3-vulkanlaşdırılmış rezin; 4- asvalt hopdurulmuş ipli; 5- çini izolyator

İPD məftili- ikiözəkli mis məftildir, bu özləklərin hər birinin iplik hörməli rezin izolyasiyası vardır. İkiözəkli bu məftilin hər bir özəyinin en kəsiyi 0, 5 – 6 mm² ola bilər. Ondan elektrik xəttini, qızdırılan

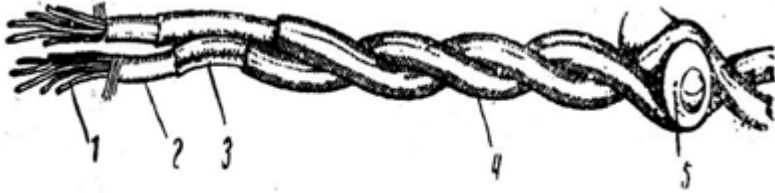
quru binalarda diyircəklərdə çəkdikdə 380-v-a qədər gərginlikdə istifadə edirlər.

ИПД-500 məftili – özəyi elastik, burulmuş nazik mis məftillərdən hazırlanır; hopdurulmuş iplik hörməli rezin izolyasiyası vardır. Bu məftilin en kəsiyi ИП məftilindəki kimidir. Elastik olduğundan, ИПГməftilindən dəzgah və maşınların hərəkət edən hissələrinə qoyulmuş elektrik mühərriklərinə və digər elektrik aparatlarına elektrik xətti çəkdikdə istifadə edilir.

ИПФ məftilinin rezin izolyasiyalı rezinləşdirilmiş parçaləndən, kabel kağızının dolağı olan və sinkləşdirilmiş poladdan, ya da alüminiumdan ümumi nazik boruşəkilli örtüklü bir, iki yaxud üç mis özəyi vardır. Bu məftil 500 v gərginlik üçün hazırlanır, özəklərinin en kəsiyi 1 – 95mm² olur; ondan, elektrik xəttini quru binalarda çəkdikdə istifadə olunur.

Quru və qızdırılan binalarda diyircəklərdə çəkmək üçün, eləcə dəstolüstü və səyyar elektrik lampalarını və məişətdə işlədilən elektrik-qızdırıcı cihazları birləşdirmək üçünşnurlardan istifadə olunur. İzolyasiya edilmiş iki özək bir-birinə burulmuş olduqda buna **şnur** deyilir.

ИП – şnurunun(Şəkil 6) rezin izolyasiyalı və hər özəyin üstündə iplik parçadan hörməsi olan çoxməftilli iki mis özəyi vardır. Bu şnur 220v gərginlik üçün hazırlanır, özəklərinin en kəsiyi 0, 75; 1 və 1, 5 mm² olur.



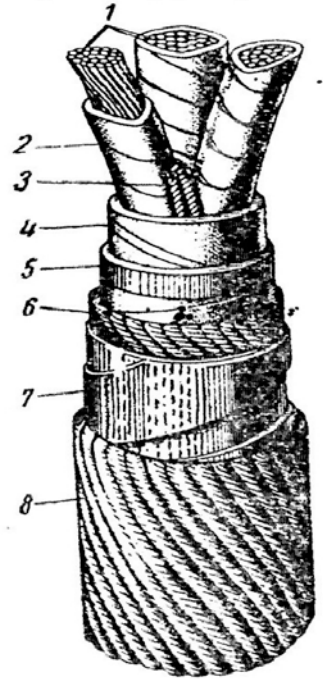
Şəkil 6. ИП – şnurunu

1-qalaylanmış mis özəklər; 2- iplik sap (corab); 3- vulkamlaşdırılmış rezin; 4- iplik parça (corab); 5- çini diyircək

Səyyar elektrik cihazları üçün ИПГC şnurundan istifadə olunur. Bu şnurun ümumi rezin örtük – şlanq içərisində yerləşən rezin izolyasiyalı iki (və ya üç) mis özəyi vardır.

Elektrik enerjisini məsafəyə vermək üçün yeraltı güc kabellərindən istifadə olunur.

Özəkləri və bunların izolyasiyasını rütubətin təsirindən və mexaniki zədələnmədən mühafizə etmək üçün ümumi qurğuşun, alüminium, yaxud vinilit örtük içərisinə alınmış və bir-birindən izolyasiya olunmuş bir neçə məftilə **kabel** deyilir. ÇB kabelinin (şəkil 7) üç özəyi (1) vardır. Bu özəklərdən hərəsi birlikdə burulmuş mis məftildən ibarətdir. Cərəyan keçirən özəklər kabel kağızı lenti (2) ilə sarınmışdır. Özəklərin arası burulmuş kağızla (3) doldurulmuşdur.



Şəkil 7. ÇB kabeli:

- 1-özəklər; 2-kabel kağızından lent ,
- 3 -burulmuş kağız, 4 kağız izolyasiya,
- 5- qurğuşun örtük, 6-kəndir altlıq,
- 7- polad zireh, 8- kəndir ipliği

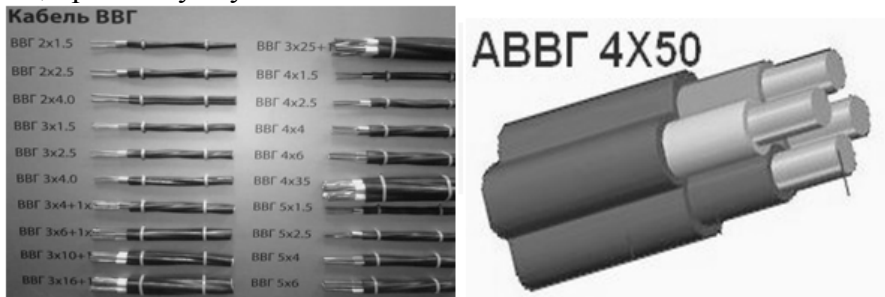


ACB ACBF ACBл ACB2Л

1. Cərəyan aparan alüminium özək;
2. Özəyin hopdurulmuş kağız izolyasiyası;
3. Kəmərlə izolyasiya (6-10kv-gərginlik üçün, yarımkeçirici kağız);
4. Qurğuşun qatı;
5. Zireh qatının altında yastıq;
6. İki polad lent arasında zireh;
7. Çöl örtük;

Özəklərin (fazaların) üzərinə ümumi kağız izolyasiya (4) sarınır;

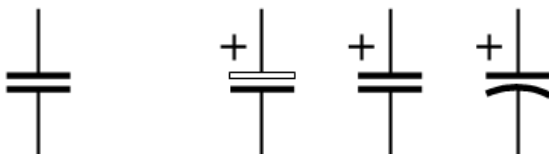
buna *qurşaq izolyasiyası* deyilir. Qurğuşun örtük (5), izolyasiyanı oksidləşmədən mühafizə edir. Mexaniki zədələnmələrə yol verməmək üçün kabelin üzünə polad lent (7) və ya məftil sarınır. Bu zireh qatının qurğuşunu zədələməməsi üçün polad zirehin altında kəndirdən altlıq (6) yerləşdirilir. Zireh qatının üstündən bitum tərkibi ilə hopdurulmuş kəndir sarınır. Bu örtük qatı zirehi rütubətdən və kimyəvi təsirdən mühafizə edir. Elektrik maşınlarının, aparatlarının və cihazlarının dolaqlarını hazırlamaq üçün iplikdən və ya emaldan izolyasiyası olan mis və ya alüminium özəkli dolaq məftillərindən istifadə olunur. İzolyasiya qatı emaldan olan məftillərin qısa işarəsi ПЕЛ, iplik izolyasiyalı məftillərinki isə БП-dir



Müxtəlif en kəsikli kabellər

§ 9. ELEKTRİK TUTUMU

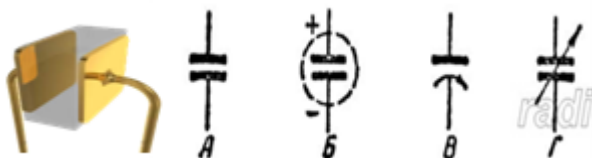
İzolyatorla ayrılmış iki naqıldən ibarət olan tərtibatın elektrik tutumu, belə tərtibatın sərbəst elektrik yüklərin yığıma qabiliyyətini xarakterizə edir. Texnikada kondensatorlardan (latınca- qatılaşdırıcı deməkdir) -nisbətən kiçik ölçülü olmasına baxmayaraq böyük elektrik yükləri yığa bilən tərtibatlardan(şəkil 8), geniş istifadə olunur. Kondensatorlar, energetika qurğuların işini yaxşılaşdırmaq üçün radio və televiziyanın verən və qəbul edən tərtibatlarında, avtomatlaşdırma qurğularında və s geniş istifadə olunur. Sadə quruluşlu kondensator, hava, mika parafinli kağız və s kimi dielektriklə bir-birindən ayrılmış iki metal lövhədən-içlikdən ibarətdir. Dielektrikin növündən asılı olaraq kağız, mika, hava və s kondensatorlar vardır.



qeyri polyar-qütblsüz

polyar-qütblü

Şəkil 8. Sabit tutumlu kondensatorlar



A— Tutumun vəya kondensatorun ümumi görünüşü; B—Elektrolitli kondensator; B — Yarım dəyişən tutumlu kondensator; Γ — Dəyişən tutumlu kondensator;

Kondensatorun lövhələrini elektrik enerjisi mənbəyinin qütbləri ilə birləşdirdikdə bu lövhələrdən birini müsbət, o birin isə mənfə yükləndiririk. Kondensatorun elektrik yükü toplama qabiliyyətini, yəni onun elektrik tutumunu, kondensatorun doldurulduğu yükün lövhələr arasındakı gərginliyə nisbəti ilə müəyyən edirlər. Deməli elektrik tutumu belə olacaqdır:

$$C = \frac{Q}{U}$$

Burada C – tutum, farad (f) ilə;

Q – yükün kəmiyyəti, kulon (k) ilə

U – gərginlikdir, volt (v).

Bu tərifdən aydın olur ki, kondensatorun yükünü bir kulon elektrik qədər artırıqda onun içlikləri arasındakı gərginlik bir volt artarsa, kondensatorun tutumu bir **farada** bərabərdir.

Farad çox böyük tutum vahididir, praktikada tədbiq olunmur. Adətən kiçik tutum vahidlərindən: mikrofarad (mkf) və pikofarad(pf) istifadə olunur. Farad, bir milyon mikrofarada bərabərdir:

1 f = 10⁶ mkf. Mikrofaradda bir milyon pikofarad vardır:

1mkf= 10⁶pf; Farad trilyon pikofarada bərabərdir:

1 f = 10¹² pf.

Kondensatorun tutumu onun lövhələrinin sahəsindən asılıdır. Lövhələrin sahəsi böyük olan kondensator daha çox elektrik yükləri qəbul edə bilər və buna görə də tutumu, lövhələrin ölçüsü kiçik olan eyni kondensatorun tutumundan çox alınır. Kondensatorun tutumu lövhələrin arasındakı məsafədən(dielektrikin qalınlığından) asılıdır. Lövhələri bir-birindən daha uzaq məsafədə yerləşən kondensatorun tutumu, lövhələri daha yaxın yerləşmiş eyni kondensatorun tutumundan çoxdur. Bunu belə izah etmək olur ki, lövhələr arasındakı məsafə kiçik olduqda bunlarda müxtəlif adlı yüklərin qarşılıqlı təsiri daha şiddətli alınır və buna görə də kondensator çox miqdarda elektrik yığa bilər.

Yastı kondensatorun tutumu nəinki lövhələrin sahəsindən və lövhələrin arasındakı dielektrikin qalınlığından, həm də dielektrik materialının xassələrindən-onun dielektrik keçiriciliyindən asılıdır. Məsələn, lövhələri eyniölçülü və bunların arasındakı məsafə bərabər olduqda belə, dielektriki mikadan hazırlanmış kondensatorun tutumu dielektriki havadan ibarət olan kondensatorun tutumundan 6 dəfə çox alınır. Eyni şəraitdə kağız kondensatorunun tutumu hava kondensatorun tutumundan müvafiq surətdə 2, 2 dəfə çoxdur.

İki lövhəsi olan yastı kondensatorun tutumunu hesablamaq üçün aşağıdakı düsturdan istifadə edirlər:

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} f = 0,09 \frac{\varepsilon S}{d} n f$$

Burada C-kondensatorun tutumu;

S-bir lövhənin sahəsi, sm² ilə;

d-lövhlər arasındakı məsafə, sm ilə;

ε -dielektrik keçiriciliyi (1-ci cədvələ bax);

0, 09-cavabı pikofarad ilə almaq üçün daxil edilən əmsaldır, mütləq dielektrik keçiriciliyi

Lövhlərin sayı n qədər olan yastı kondensatorun tutumu aşağıdakı düsturla hesablayırlar:

$$C = \frac{\varepsilon S (n-r)}{d} \cdot 0,009$$

Misal: İki lövhədən ibarət olan hər bir lövhəsinin sahəsi $120sm^2$

lövhlərin arasındakı mikanın qalınlığı isə $d = 00,5 sm$ olan yastı kondensatorun tutumunu hesablamalı. Mikanın dielektrik keçiriciliyi $\varepsilon = 6$

Həlli: $C = \frac{\varepsilon S}{d} \cdot 0,009 = \frac{6 \cdot 120}{0,05} \cdot 0,09 = 1296 nF$

§10. KONDENSATORLARIN DOLDURULMASI VƏ BOŞALDILMASI

Kondensator elektrik yüklərini toplamaq-dolmaq qabiliyyətinə malikdir. Kondensatoru elektrik enerjisi mənbəyinə qoşduqda elektrik yüklərini toplayır.

Kondensatorun doldurulma prosesi. 9-cu şəkildə bir-biri ilə birləşdirilmiş B batareyası, milliampermetr, C kondensatoru və A açarı göstərilmişdir. A açarını 1 kontaktında qoyduqda kondensatorun lövhləri batareyaya qoşulacaq və onlarda müxtəlif adlı elektrik yükləri (“+” və “-“) alınacaqdır. Kondensator dolacaq və onun lövhləri arasında elektrik sahəsi yaranacaqdır. Kondensatoru doldurduqda sağ lövhənin sərbəst elektronları batareyanın müsbət qütbü istiqamətində naqillə hərəkət etdiyindən bu lövhədə elektronlar çatışmazlığı yaranacaq, yəni o müsbət elektrik yükü alacaqdır. Sərbəst elektronlar batareyanın mənfi qütbündən kondensatorun sol lövhəsinə hərəkət edəcək və bu lövhədə elektron artığı-mənfi elektrik yükü alınacaqdır.

Beləliklə kondensatorun lövhlərini batareyaya ilə birləşdirən məftillərdə elektrik cərəyanı(milliampermetr ilə ölçülür) axacaqdır. Kondensatorla batareyanın arasında böyük müqavimət qoşulmamışdırsa, kondensator çox az müddətdə dolur və məftillərdən cərəyan qısa müddət ərzində axır.

Kondensatoru doldurduqda batareyanın enerjisi kondensatorun lövhələri arasında elektrik sahəsinin enerjisinə çevrilir. Elektrik sahəsinin enerjisi kondensatorun tutumundan və onun lövhələrindəki gərginlikdən asılıdır:

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

Burada

C – kondensatorun tutumu, f ilə

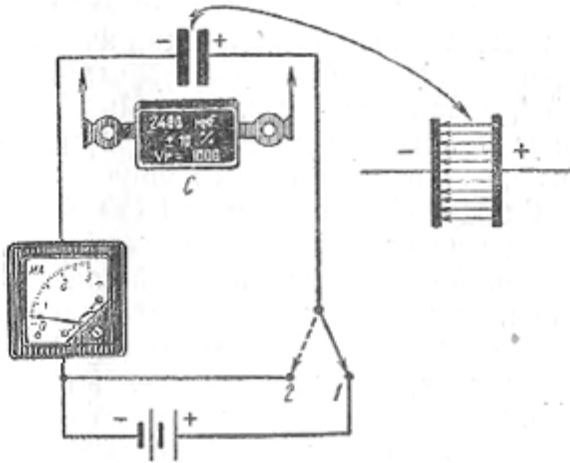
U – gərginlik

W- enerjidir, coul (c) ilə

Tutaq ki, tutunu $2 \cdot 10^{-6}$ f (2mkf) olan kondensator 80 v-a qədər doldurulmuşdur. Onda belə çıxır ki, kondensatorda toplanmış enerji.

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 80^2}{2} = 6400 \cdot 10^{-6} = 0,0064C \text{ olacaqdır}$$

Kondensatorların boşaldılma prosesi(Şəkil 9). Kondensatorun boşaldılma sxeminə C kondensatoru, mA milliampmetr və A açarı daxildir.



Şəkil 9. Kondensatorun doldurulması və boşaldılması sxemi

$$W_p = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon\epsilon_0 SE^2 d^2}{2d} \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} V$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

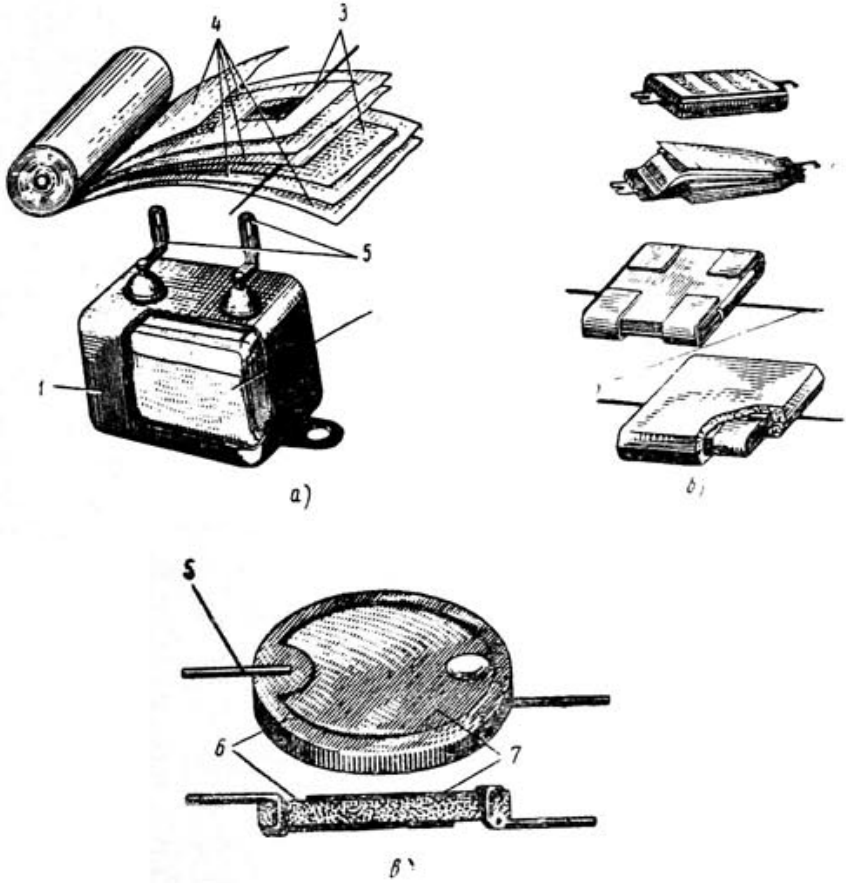
Açarı 2 kontaktında qoyduqda, doldurulmuş kondensatorun lövhələri bir-biri ilə birləşdiyindən milliampmetrin əqrəbi ani olaraq tərpənəcək

və sonra yenidən sıfır vəziyyətində dayanacaqdır. Bu halda kondensator boşalır və onun lövhələri arasındakı elektrik sahəsi yox olur. Kondensatoru boşaltdıqda onun sol lövhəsindəki "artıq" elektronlar çatışmamazlıq hiss olunan sağ lövhəyə naqillərlə hərəkət edir və kondensator lövhələrində elektronların miqdarı eyni alındıqda boşalma prosesi qurtarır, məftillərdə cərəyan yox olur. Kondensatoru boşaltdıqda elektrik sahəsinin enerjisi yüklərin yerdəyişməsinə - elektrik cərəyanının yaradılmasına sərf olunur. Kondensatorun müqaviməti kiçik olan məftillərlə boşaldılma müddəti də çox azdır. Kondensatorun doldurulması və boşaldılması prosesindən müxtəlif qurğularda geniş istifadə olunur. Sabit tutumlu kağız, mika, saxsı və elektrolit kondensatorlar daha geniş yayılmışdır.

КБГтиpli kağız kondensator (şəkil 10, a) içərisində paket (2)olan kip qapanmış metal gövdədən (1) ibarətdir. Bu paket alüminium falqası (3) şəklində hazırlanmış, bir-birindən izolyasiya materialı (serezin, galovaks) hopdurulan nazik kağızla (4) izolyasiya olunmuş lövhələrdən ibarətdir. Kondensatorun lövhələri gövdədən izolyasiya olunmuş çıxış vərəqələrinə (5) birləşdirilir.

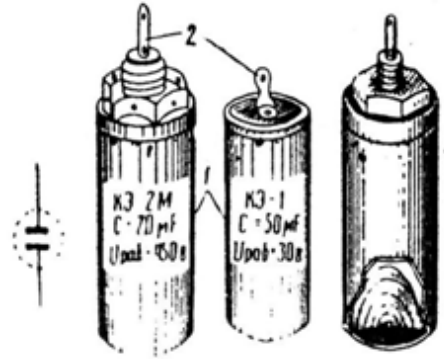
KCO tipli mika kondensator (şəkil 10, b) iki metal lövhə paketindən və mika araqatından ibarətdir. Ayrı-ayrı paketlərə məxsus hər cüt lövhənin arasına nazik mika araqatı qoyulur. Belə yığılmış kondensatorlar plastik kütləyə preslənilir. Bundan kənara iki naqıl – hər lövhə paketindən bir naqıl çıxarılır. Bu naqillər kondensatoru sxemə qoşmaq üçündür.

KDK tipli saxsı kondensator (şəkil 10, c) saxsı diskdən (6) ibarətdir. Bu diskdə nazik gümüş qatından hazırlanmış və diskin səthinə çəkilməmiş iki lövhə(7) vardır. Lövhələrə naqillər(5) birləşdirilir. Belə kondensatorlar 500V-a qədər işlək gərginliyə hesablanır, tutumu 1-100 pF- a qədər olur.



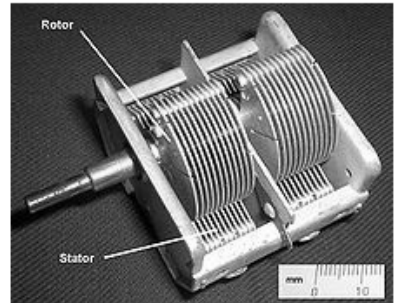
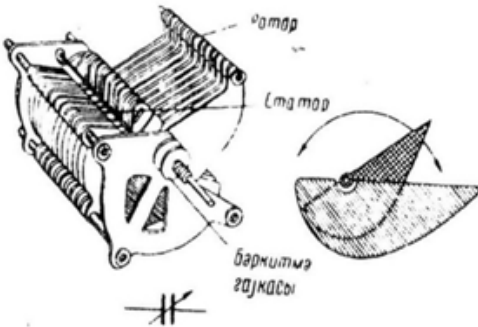
Şəkil 10. Müxtəlif markalı kondensatorlar; a-КБГ tipli kağız kondensatorl; b-КМО tipli mika kondensator; c-КДК saxsı kondensator

KE- 2M tipli elektrolit kondensatoru(şəkil 11) içərisində rulon halında burulmuş iki alüminium lent yerləşdirilən alüminium stəkandan (1) ibarətdir. Bu lentlərin arasına elektrolit hopdurulmuş süzgəc kağızı qoyulur. Alüminium lentlərdən biri stəkanın gövdəsinə, o birisi isə stəkanın üst qapağına bərkidilmiş kontakta (2) birləşdirilir. Kondensatoru doldurduqda cərəyan mənbəyinin müsbət qütübünə qoşulan alüminium lentin səthində alüminium oksidi pərdəsi yaranır ki, bu da dielektrikdir.



Şəkil 11. Elektrolit kondensatorlar: alüminium stəkanlar; 2- kontaktlar

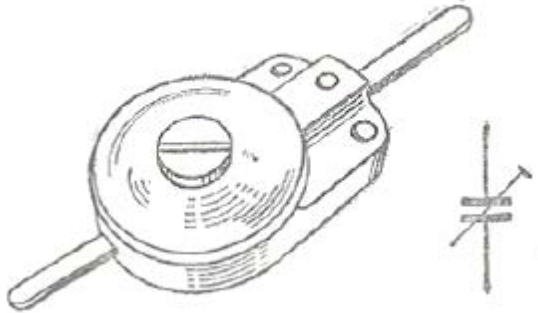
Bu pərdə çox nazik olduğundan elektrolit kondensatorların tutumu çox böyük alınır. Elektrolit kondensatorlar 200 mkf qədər tutuma hazırlanır. Tutumu dəyişdirmək mümkün olan kondensatorlara **dəyişən tutumlu kondensatorlar** deyilir (şəkil 12). Belə kondensator hərəkət etməyən lövhələrdən (statordan) və oxda bərkidilmiş hərəkət edən lövhələrdən (rotordan) ibarətdir



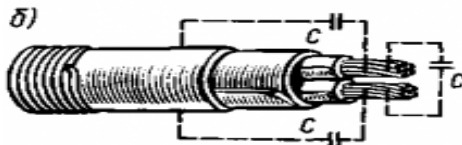
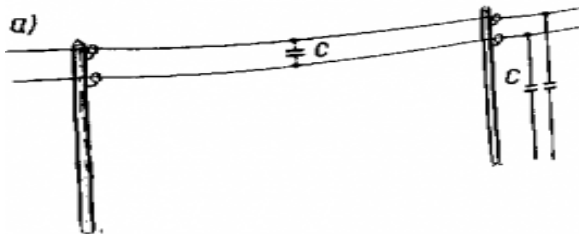
Şəkil 12. Dəyişən tutumlu kondensator

Oxu səlis döndərərkən hərəkət edən lövhələr hərəkət etməyən lövhələrin arasına az və ya çox dərəcədə daxil olduğundan kondensatorun tutumu da səlis surətdə artır. Hərəkət edən lövhələr hərəkət etməyən lövhələrin arasına tam daxil olduqda kondensatorun

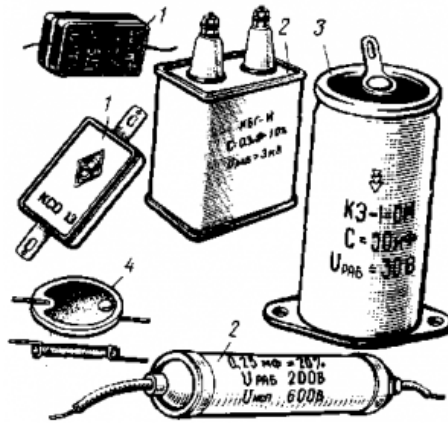
tutumu ən yüksək kəmiyyətinə çatır. Dəyişən tutumlu kondensatorlardan əlavə yarımdeyişən tutumlu kondensatorlardan da istifadə olunur (şəkil 13). КПК-1 tipli kondensatorun hərəkət etməyən lövhəsi (stator) və hərəkət edən lövhəsi (rotoru) vardır. Lövhənin əsası saxsıdan hazırlanır və səthinə gümüş qatı çəkilir. Rotor vintlə bərkidirlər. Bu vinti burduqda rotoru hərəkət etdirir və beləliklə kondensatorun tutumunu 2-30 pf həddində dəyişdirmək olur



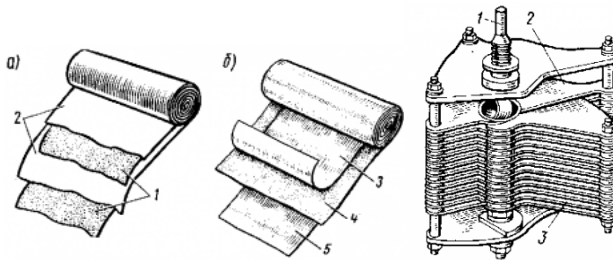
Şəkil 13. Yarımdeyişən tutumlu kondensator



Hava xətləri və özəklər arasında yaranan tutum



Kondensatorların ümumi görünüşü: 1 — slyudali; 2 — kağız; 3 — elektrolitli; 4 — saxsı



kağız (a) və elektrolitli (b) kondensatorların quruluşu



§11. KONDENSATORLARIN BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

Kondensatorların ümumi tutumunu artırmaq lazım gələrsə, bunları bir-biri ilə paralel birləşdirirlər (şəkil 14). Bu üsulla birləşdirmədə lövhələrin ümumi sahəsi ayrılıqda kondensatorun lövhəsinin sahəsinə nisbətən artır. Paralel birləşdirilmiş kondensatorların ümumi tutumu ayrı-ayrı kondensatorların tutumlarının cəminə bərabərdir və belə düsturla hesablanır:

$$C_{\text{ümumi}} = C_1 + C_2 + C_3$$

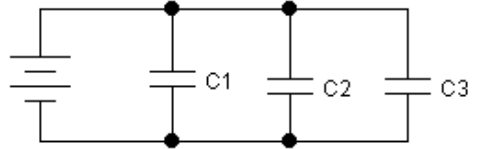
Bu tərifini aşağıdakı kimi təsdiq etmək olar. Paralel birləşdirilmiş bütün kondensatorlar U volta bərabər eyni gərginlik altında olur; bu kondensatorların ümumi tutumu isə Q kulon qədər alınır. Bu halda kondensatorların hər biri müvafiq olaraq Q_1, Q_2, Q_3 və i. a. yükü alır. Deməli

$$Q_{\text{üm}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots$$

(3)

$C = \frac{Q}{U}$ düsturundan aydın olur ki, $Q_{\text{üm}} = C_{\text{üm}}U$, yüklər isə

$Q_1 = C_1U$; $Q_2 = C_2U$; $Q_3 = C_3U$. Bu ifadələri (3) düsturunda yerinə qoysaq:



Şəkil 14. Kondensatorların paralel birləşdirilməsi

$$C_{\text{üm}}U = C_1U + C_2U + C_3U$$

Bu tənliyin sol və sağ tərəflərini bütün kondensatorlar üçün bərabər olan U kəmiyyətinə bölüb, ixtisar apardıqdan sonra aşağıdakı düsturu alırıq

$$C_{\text{üm}} = C_1 + C_2 + C_3$$

Misal. Tutumları müxtəlif: $C_1 = 2$ mkf, $C_2 = 0,1$, $C_3 = 0,5$ mkf olan üç kondensator paralel birləşdirilmişdir. Bu kondensatorların ümumi tutumunu hesablamalı.

Həlli:

$$C_{\text{üm}} = C_1 + C_2 + C_3 = 2 + 0,1 + 0,5 = 2,6 \text{ mkf}$$

Tutumları eyni olan və paralel birləşdirilmiş kondensatorların ümumi tutumu aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$C_{\text{üm}} = Cn \quad (4)$$

Burada C - bir kondensatorun tutumu

n - kondensatorların sayı

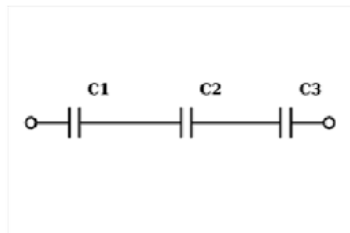
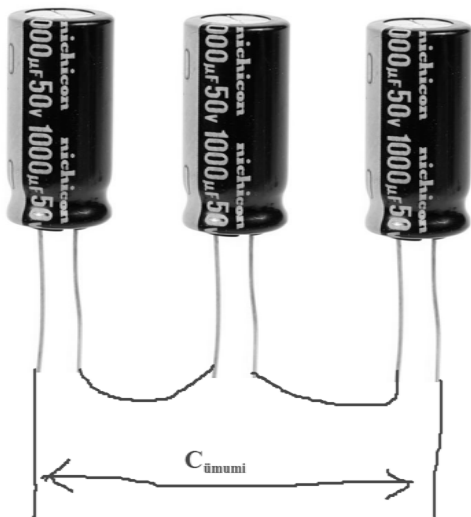
Misal. Hər birinin tutumu 2mkf olan 5 kondensator paralel birləşdirilmişdir. Bunların ümumi tutumunu hesablamalı.

Həlli:

$$C_{\text{üm}} = C_n = 2 \cdot 5 = 10 \text{ mkf}$$

Kondensatorları ardıcıl birləşdirmək də olar (Şəkil 15). Qurğunun işlək gərginliyi kondensator izolyasiyasının hesablandığı gərginlikdən yüksək olduqda kondensatorları ardıcıl birləşdirirlər. Bu halda birinci kondensatorun sağ lövhəsini ikincinin sol lövhəsinə, ikinci kondensatorun sağ lövhəsini isə üçüncünün sol lövhəsinə və i. a. birləşdirirlər. *Ardıcıl birləşdirilmiş kondensatorların ümumi tutumunun tərs qiyməti $1/C_{\text{üm}}$ ayrı-ayrı kondensatorların tərs qiymətlərin cəminə bərabərdir

$$\frac{1}{C_{\text{üm}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$



Şəkil 15. Kondensatorların ardıcıl birləşdirilməsi

*Tərifini aşağıdakı kimi təstiqləmək olar. Kondensatorlardakı ümumi gərginlik $U_{\text{üm}}$, kondensatorun hər birində isə U_1 , U_2 , U_3 olarsa,

$$U_{\text{üm}} = U_1 + U_2 + U_3 \quad (6)$$

$C = \frac{Q}{U}$ düsturundan belə çıxır ki, gərginlik $U_{\text{üm}} = \frac{Q}{C_{\text{üm}}}$
Gərginliklər isə,

$$U_1 = \frac{Q}{C_1}; U_2 = \frac{Q}{C_2}; U_3 = \frac{Q}{C_3}$$

Bu ifadəni (6) düsturunda yerinə qoysaq,

$$\frac{1}{C_{\text{üm}}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

Bu tənliyin sağ və sol tərəflərini Q kəmiyyətinə bölüb, ixtisar aparsaq, aşağıdakını alırıq:

$$\frac{1}{C_{\text{üm}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Misal. Tutumları $C_1 = 2$ mkf, $C_2 = 4$ mkf, $C_3 = 8$ mkf olan üç kondensator ardıcıl birləşdirilmişdir. Bu kondensatorların ümumi tutumunu təyin etməli.

Həlli:

$$\frac{1}{C_{\text{üm}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} = \frac{7}{8}$$

Buradan

$$C_{\text{üm}} = \frac{8}{7}$$

Tutumları eyni olan kondensatorlar ardıcıl birləşdirilərsə, bunların ümumi tutumu belə bir düsturla hesablamaq olar

$$C_{\text{üm}} = \frac{C}{n},$$

Burada C - bir kondensatorun tutumu

n - kondensatorların sayı

Misal. Hər birinin tutumu 1000 pf olan 4 ədəd kondensator ardıcıl birləşdirilmişdir. Bu kondensatorların ümumi tutumunu hesablamaq.

Həlli.

$$C_{\text{üm}} = \frac{C}{n} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ pf}$$

Tutumları müxtəlif olan iki kondensator ardıcıl birləşdirərsə, bunların ümumi tutumu aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$C_{\text{üm}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Misal. Tutumu $C_1 = 200$ pf, $C_2 = 300$ pf olan iki kondensator ardıcıl birləşdirilmişdir. Bu kondensatorların ümumi tutumunu hesablamaq olar.

Həlli:

$$C_{\text{üm}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = \frac{60.000}{500} = 120 \text{ pf}$$

Bu misallardan aydın olur ki, ardıcıl birləşdirilmiş kondensatorların ümumi tutumu birləşdirməyə daxil olan kondensatorların ən az tutumundan da az alınır. Kondensatorları tutumuna və sxemə qoşarkən lövhələrə verilən işlək gərginliyə görə seçirlər. Gərginlik yol verilən həddən yüksək olduqda kondensatordakı dielektrik dəşilir. Belə gərginliyə **deşilmə gərginliyi** deyilir. Dielektrikindəşilməsi zamanı elektrik boşalması- xarakterik çatıltı səs çıxaran qılgıncım yaranır. Qalınlığı eyni olan müxtəlif materiallar üçün dəşmə gərginliyi müxtəlif alınır.

Hər bir dielektrik müəyyən elektrik möhkəmliyinə, yənideşilməyə davamgətirmə xassəsinə malikdir. Elektrik möhkəmliyi $\frac{\text{volt}}{\text{santimetr}}$ (v/sm) ilə ölçülür və belə bir düsturla müəyyən edilir:

$$E_{\text{möh}} = \frac{U}{d}$$

Burada U volt, d isə santimetr ilə ölçülür.

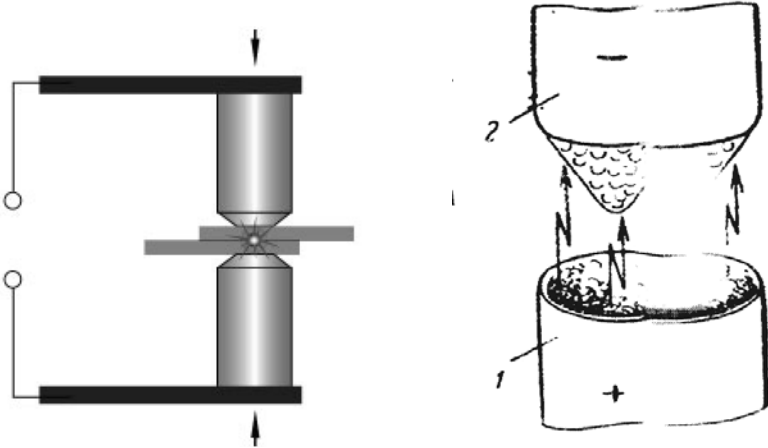
Bəzi dielektriklərin elektrik möhkəmliyinə dair məlumat

2-ci cədvəldə verilmişdir.

Dielektrikin adı	Sabit gərginlikdə dielektrikin elektrik möhkəmliyi v/sm ilə
Hava	30 000
Kabel kağızı	60 000 – 90 000
Mərmər	20 000 – 50 000
Parafin	150 000 - 500 000
Mika	1 200 000 – 2 000 000
Çini	60 000 – 100 000
Şüşə	100 000 – 400 000

§12. METALLARIN ELEKTRİK QIĞILCIMI İLƏ EMALI HAQQINDA ANLAYIŞ

Metalları emal etmək üçün elektrik boşalmalarından istifadə olunur. Rus ixtiraçılarından B. R. Lazerenko və N. İ. Lazarenko metalları emal etmək üçün yeni üsul işləyib hazırlamışlar. Buna *elektrik qığılcımı* üsulu deyilir.



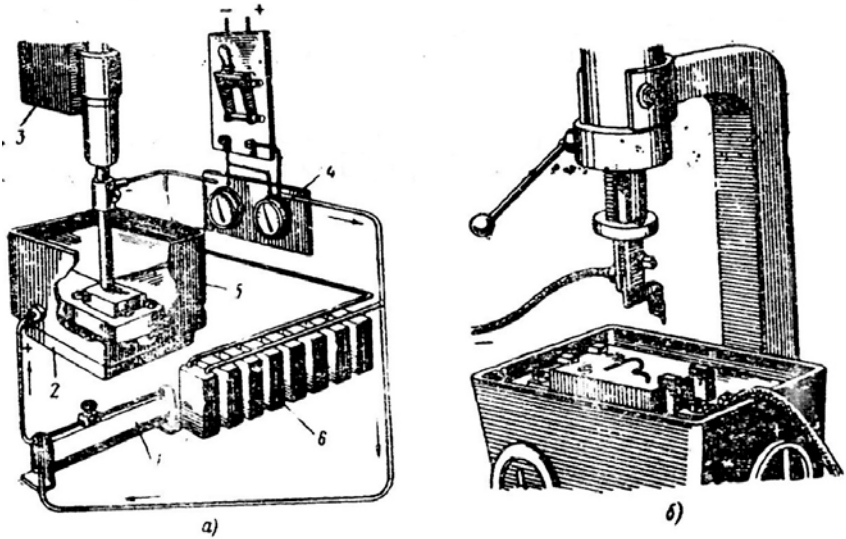
Şəkil 16. Elektrik boşalması zamanı metal hissəciklərinin qığılcımla birlikdə bir elektrodan digərinə köçürülməsi

Bu üsul ona əsaslanmışdır ki, elektrik boşalması zamanı qığılcımla birlikdə 1 elektrodundan metal hissəcikləri çıxır; bunagörə də metalda oyuk, 2 elektrodunda isə çıxıntı alınır(Şəkil 16). Elektrik boşalmasının təsiri ilə elektrodların səthinin dağılmasına *elektrik eroziyası* deyilir.

Metalları elektrik qığılcımı ilə emal etdikdə (şəkil 17) detalı su, yağ və ya kerosindolu vannada yerləşdirib, buna elektrik enerjisi mənbəyinin müsbət qütübünü (anodu) birləşdirirlər.

“Alət” olaraq mis-qrafit lövhədən istifadə edilir; bu lövhənin forması emal edilən detalda açılacaq deşiyin forması kimi olmalıdır. “Alətə” elektrik enerjisi mənbəyinin mənfi qütübünü (katodu) birləşdirirlər. “Aləti” (katodu) toxundurmadan emal olunan detal (anoda) deşilmə-qığılcımı alınana qədər yaxınlaşdırırlar. Metal hissəciklərdetaldan (anoddan) çox böyük sürətlə qoparaq katoda yönəlib, mayeyə düşür. Bu da “alətin” formasını saxlamağa imkan verir.

“Alət” metalın kütləsinə tərəf hərəkət etdikcə avtomatik surətdə endirilir. Buna görə də “alətlə” detal arasında boşalmaya lazım olan məsafə saxlanılır. Məmulatı emal etməyə başladıqdan bir neçə dəqiqə sonra çox sərt metalda istənilən forma və ölçüdə dəşik açılır.

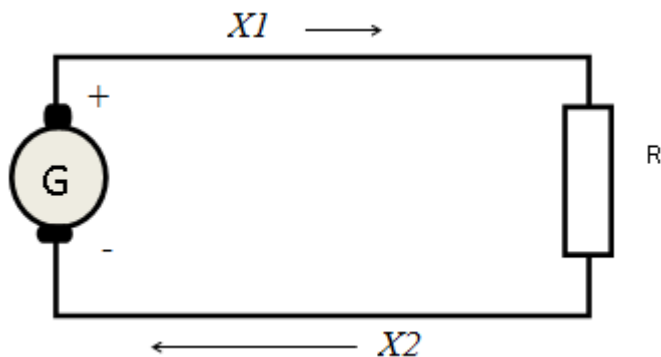


Şəkil 17. Metalların elektrik qığılıcı ilə emalı:
elektrik qığılıcı emalının sxemi; b- elektrik eroziya dəzgahı;
1 - reostat 2- izolyasiya, 3- elektrodları avtomatik verən rele,
4- elektrik ölçü cihazları, 5- vanna, 6 – tutumlar mağazası

Elektrik qığılıcı üsulundan istifadə etməklə müxtəlif formalı ikitəfli və birtərəfli dəşiklər açmaq, müxtəlif ştamplar, presformalar hazırlamaq, səthləri cilalamaq, bərk xəlitələrdən hazırlanmış kəsikləri itiləyib uyğunlaşdırmaq, müxtəlif bərklikdə metalları kəsmək, metal səthlərə üz çəkmək, yiv açmaq və bir çox digər metal emalı işlərini yerinə yetirmək mümkündür.

2-ci fəsil
SABİT CƏRƏYAN
§13. SABİT CƏRƏYAN DÖVRƏSİ

Hərəkət etməyən elektrik yüklərinin qüvvə sahəsi, elektrotexniki qurğularının tutumu və izolyasiyası haqqında əsas birinci fəsildə izah edildi. Lakin praktiki hesablamalar üçün yüklərin hərəkət etdiyi hal daha əhəmiyyətlidir. Bu kimi hallarda qapalı elektrik dövrəsində cərəyan yaranır və elektrik qüvvəsi ilə iş görülür. Ən sadə elektrik dövrəsində (şəkil 18) elektrik enerji mənbəyi (G), enerji qəbulediciləri (R) və enerji mənbəyini enerjiqəbulediciləri ilə birləşdirən (X_1 və X_2) iki məftil olur.



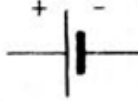
Şəkil 18 Sadə elektrik dövrəsi

Məftillər enerji mənbəyinə iki sıxaqla birləşdirilir; bunlara elektrik enerji mənbəyinin müsbət (+) və mənfi (-) qütbləri deyilir. Elektrik enerji mənbəyi olaraq generatorlardan (hər hansı bir mühərriklə hərəkətə gətirilən elektrik maşınları), akkumlyatorlardan, qalvanik elementlərdən və digər elektrik enerji mənbələrindən istifadə edilir. Elektrik enerji qəbulediciləri olaraq işıqlandırma lampalarından, elektrik mühərriklərindən, elektrik qızdırma cihazlarından və s istifadə edilir. Sabit cərəyan generatorları şərti olaraq 19-cu şəkildəki kimi işarə edilir. Akkumlyatorların və qalvanik elementlərin şərti işarəsi 20-ci şəkildəki kimidir. Həm qalvanik elementləri, həm də akkumlyatorları batereya tərtib etmək üçün bir-birinə müvafiq surətdə birləşdirirlər. Bir çox elementdən təşkil olunmuş batereyanı 21-ci şəkildəki kimi işarə edirlər.

Elektrik enerji mənbəyi, buna birləşdirilmiş məftillər və enerji qəbulediciləri qapalı elektrik dövrəsini təşkil edir. Bu dövrdə elektrik cərəyanı arası kəsilmədən hərəkət edir. Metal naqillərdə sabit cərəyan sərbəst elektronların qapalı dövrdə müəyyənlanmış irəliləmə hərəkətindən (daha doğrusu onların dreyfindən) ibarətdir.



Şəkil 19. Sabit cərəyan generatorunun şərti işarəsi



Şəkil 20. Qalvanik elementin və batareyanın şərti işarəsi



Şəkil 21. Ardıcıl birləşmiş batareyaların və akkumulyator batareyasının şərti işarəsi

Bir-birindən müəyyən məsafədə olan iki naqildən keçən cərəyan bu naqillərdə qarşılıqlı təsir edən mexaniki qüvvələrə səbəb olur. Cərəyan şiddətinin ölçü vahidi amperdir (A). Beynəlxalq vahidlər sistemində (SI) amper-vakuumda yerləşdirilən və aralarındakı məsafə bir metr olub, bir-birinə paralel qoyulan sonsuz uzun və çox kiçik dairəvi en kəsikli iki naqildən cərəyan keçdikdə onların arasındakı bir metr uzunluğunda $2 \cdot 10^{-7}$ nyutona* bərabər qüvvə yaradan dəyişməyən cərəyan şiddətidir.

Elektrik cərəyanı vahid zaman ərzində naqilin en kəsiyindən keçən elektrikin miqdarıdır. Naqildən 1 A cərəyan keçərsə, ondan 1 san ərzində 1 Kl elektrik yükü axacaqdır. Naqildəki cərəyan I olarsa, t müddəti ərzində bu naqilin en kəsiyindən aşağıdakı miqdarda elektrik(yükü) keçəcəkdir:

$$Q = It$$

t müddətində naqilin en kəsiyindən Q miqdarda elektrik keçirsə cərəyan şiddəti I aşağıdakı ifadə ilə təyin edilə bilər :

$$I = \frac{Q}{t}$$

Bu asılılıq, cərəyanın şiddəti t müddətində sabit qalan hal üçün doğrudur.

Beləliklə, naqilin en kəsiyindən 5 san ərzində 40 Kl elektrik keçirsə, dövrdəki cərəyan şiddəti aşağıdakı kimi olacaqdır :

$$I = \frac{40}{5} = 8 \text{ a.}$$

***Nyuton**–Beynəlxalq vahidlər sistemində $\frac{kg.m}{san^2}$ –a bərabər olan vahiddir, burada kg- kiloqramlarla kütlə, m- metr, san- saniyədir.

Naqıl və enerji qəbulediciləri birlikdə xarici dövrəni təşkil edir. Bu dövrədə cərəyan enerji mənbəyinin müsbət qütübündən mənfə qütübünə yönəlir. Xarici dövrədə cərəyan enerji mənbəyinin sıxaclarındakı potensiallar fərqi ilə axır və daha yüksək potensiallı nöqtədən (müsbət sıxacdan) daha az potensiallı nöqtəyə (mənfə sıxac) yönəlir. Elektrik mənbəyinin daxilində, və ya başqa cür desək, daxili dövrədə elektrik yükləri elektrik hərəkət qüvvəsinin (ehq) təsiri ilə az potensiallı nöqtədən, yəni enerji mənbəyinin mənfə sıxacından yüksək potensiallı nöqtəyə, yəni müsbət sıxac doğru hərəkət edir. Beləliklə, qapalı elektrik dövrəsi yaranır (şəkil 18).

§14. ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, qapalı elektrik dövrədə elektrik cərəyanı enerji mənbəyinin elektrik hərəkət qüvvəsinin (e. h. q) təsiri ilə yaranır. Enerji mənbəyi öz sıxaclarında potensiallar fərqi yaradır və naqılın sərbəst elektronlarına, bunların hərəkəti üçün lazım olan enerji verir. Elektrik hərəkət qüvvəsi (EHQ) elektrik miqdarı vahidləri keçdikdə cərəyan mənbəyinin enerjisinə və ya gördüyü işə deyilir. Elektrik hərəkət qüvvəsinin ölçü vahidi volt, enerjinin ölçü vahidi isə couludur (nyuton* metr). Deməli, cərəyan mənbəyi dövrədən keçən 10 Kl elektrikə 500 coul (C) enerji verirsə, bu enerji mənbəyinin EHQ 500: 10 = 50 V olacaqdır.

Boşuna gediz zamanı (yüksüz rejim), yəni dövrədə cərəyan olmadıqda EHQ enerji mənbəyinin sıxaclarındakı potensiallar fərqi bərabərdir.

E. h. q-nin olmasını yəqin etmək üçün enerji mənbəyinin qütblərinə **voltmetr** adlanan cihazı qoşmaq lazımdır. Bu halda voltmetrin əqrəbi göstəricisi müəyyən bucaq qədər hərəkət edəcəkdir. Enerji mənbəyinin e. h. q-nə qədər çox olarsa, əqrəb o qədər çox hərəkət edəcəkdir. Lakin voltmetr e. h. q –nin kəmiyyətini deyil, aşağıda görəcəyimiz kimi cərəyan mənbəyinin sıxaclarındakı gərginliyi göstərəcəkdir; bu da e. h. q –si kimi volt ilə ölçülür.

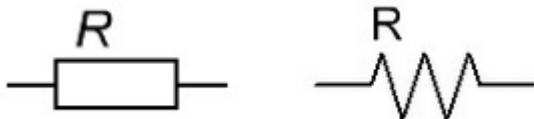
Yüksək gərginliyi ölçdükdə **kilovolt (kv)** adlanan vahiddən istifadə olunur. Kilovolt, volt dan 1000 dəfə çoxdur, yəni

1 kV = 1000 V. EHQ -nin kiçik kəmiyyətlərini ifadə etmək üçün voltndan 1000 dəfə kiçik olan vahiddən istifadə edilir. Buna millivolt (mV) deyilir; 1 mV = 0,001 V

§15. ELEKTRİK MÜQAVİMƏTİ

Elektrik cərəyanı naqillərin yolda rast gələn molekulları və atomlarının mane olduğu elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş hərəkətindən ibarətdir. Buna görə də həm xarici dövrə və həm də enerji mənbəyi cərəyanın keçməsinə mane olur; buna *elektrik müqaviməti* deyilir.

1 Mom(meqo om)= 1000 Kom(kilo om)= 1000 000 Om



Şəkil 22. Müqavimətin şərti işarələri

Qapalı elektrik dövrəsinə qoşulmuş elektrik enerji mənbəyi xarici və daxili dövrlərin müqavimətinə üstün gəlmək üçün enerji sərf edir. Elektrik müqaviməti r hərfi ilə işarə olunur və sxemlərdə 22- cişəkdəki kimi göstərilir.

Müqavimətin ölçü vahidi **Om**-dur. Naqilin uclarında potensiallar fərqi həmişə 1V olduqda keçən cərəyan şiddəti 1 A olan həmin naqilin elektrik müqavimətinə Om deyilir.

$$1 \text{ om} = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Böyük müqavimətləri ölçdükdə omdan min və milyon dəfə böyük olan vahidlərdən istifadə edilir. Belə vahidlərə kilo om (*kom*) və meqa om (*Mom*) deyilir. Beləliklə, $1 \text{ Kom} = 1000 \text{ om}$; $1 \text{ Mom} = 1000000 \text{ om}$.

Müxtəlif maddələrin vahid həcmində müxtəlif miqdarda elektronlar vardır, bu elektronların arasında hərəkət edən atomlar isə müxtəlif cür yerləşir. Buna görə də naqillərin elektrik cərəyanına müqaviməti onların hazırlandığı materialdan asılıdır. Bundan başqa, müqavimət naqilin uzunluğundan və en kəsiyi sahəsindən də asılıdır. Eyni materialdan hazırlanmış iki naqili müqayisə etsək, nisbətən uzun

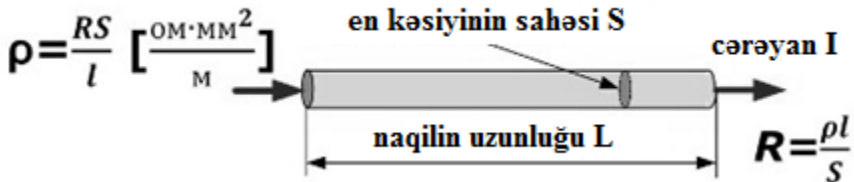
naqilin müqaviməti en kəşik sahələrinin bərabər olmasına baxmayaraq daha çox alınacaqdır. Uzunluğu eyni olan iki naqıldən en kəşiyi sahəsi daha çox olanının müqaviməti az olacaqdır. Naqıl metalını elektrik müqaviməti cəhətdən qiymətləndirmək üçün xüsusi müqavimət ifadəsindən istifadə olunur. Xüsusi müqavimət, həmin materialdan uzunluğu 1 m və en kəşiyi sahəsi 1 mm^2 hazırlanmış naqilin om ilə ifadə olunan müqavimətidir. Xüsusi müqavimət ρ hərfi ilə işarə olunur.

Xüsusi müqaviməti olan materialdan hazırlanmış naqilin uzunluğu l , en kəşiyi sahəsi isə S kvadrat millimetr olarsa, bu naqilin müqaviməti :

$$r = \rho \frac{l}{S} \text{ om}$$

olacaqdır.

Xüsusi müqavimət ρ ilə işarə olunur



Bu düstur göstərir ki, naqilin müqaviməti onun hazırladığı materialın xüsusi müqaviməti, eləcə də onun uzunluğu ilə düz, en kəşiyi sahəsi ilə tərs mütənəsbdir.

Naqillərin müqaviməti temperaturdan asılıdır, həm də metal naqillərin müqaviməti temperatur yüksəldikcə artır. Kömürün və mayelərin müqaviməti isə temperatur yüksəldikcə azalır. Hər bir metal, maye və kömür üçün müəyyən temperatur əmsalı adlanan müqavimət mövcuddur; bu temperatur bir Selsi dərəcə dəyişdikdə naqıl müqavimətinin bir om başlanğıc müqavimətə aid edilmiş müqavimətə nisbətən artımını ifadə edir.

Beləliklə, müqavimətin temperatur əmsalı:

$$\alpha = \frac{r_2 - r_1}{r_1(T_2 - T_1)} = \frac{1}{d\alpha r}$$

burada r_1 -temperatur T_1 olduqda naqilin müqaviməti;

r_2 -temperatur T_2 olduqda eyni naqilin müqavimətidir.

Müqavimətin temperatur əmsalı üçün olan ifadəsini misalla izah edək. Tutaq ki, temperatur $T_1 = 15^\circ\text{C}$ olduqda mis xətt məftilinin müqaviməti $r_1 = 50$ om, temperatur $T_2 = 75^\circ\text{C}$ olduqda isə $r_2 = 62$ om-dur. Deməli,

temperatur $75-15=60^{\circ}\text{C}$ qədər dəyişdikdə müqavimət artımı $62-50=12$ om olur. Beləliklə, temperaturun 1 dəyişməsinə müvafiq gələn müqavimət artımı $12:60=0,2$ alınır.

Müqavimətin temperatur əmsalını müəyyən etmək üçün müqavimətin artımını başlanğıc müqavimətin bir om-una aid etmək, yəni 50-yə bölmək lazımdır. Bu əməliyyatı apardıqda mis üçün müqavimətin temperatur əmsalı kəmiyyətini alarıq, yəni:

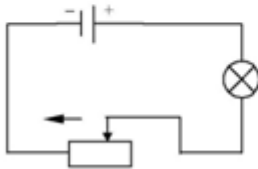
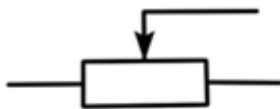
$$\alpha = \frac{0,2}{50} = 0,004 \frac{1}{\text{dər}}$$

(2) düsturundan r_2 və r_1 müqavimətləri arasındakı nisbət aydın olur, yəni:

$$r_2 = r_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

Nəzərdə tutmaq lazımdır ki, bu nisbət təxminidir və temperatur təxminən 200°C həddində dəyişdikdə doğrudur.

Tənzimlənən müqavimətlərə **reostat** deyilir. Reostatları xüsusi müqaviməti yüksək olan məftildən, məsələn nixromdan hazırlayırlar. Reostatların müqaviməti səlis və pilləli dəyişə bilər.



Şəkil23. Reostatların şərti işarələri və həqiqi görünüşü

Mayeli reostatlardan da istifadə edilir. Belə reostat elektrik cərəyanını keçirən hər hansı bir məhlul, məsələn, sodanın suda məhlulu, doldurulmuş metal qabdan ibarətdir. Reostatları sxemlərlə 23-cü şəkildəki kimi işarə edirlər. Reostatların quruluşunu aşağıda öyrənəcəyik.

Naqilin elektrik cərəyanını keçirmə xassəsi onun keçiriciliyi ilə xarakterizə olunur. Naqilin keçiriciliyi müqavimətə əks kəmiyyətdən

ibarətdir və g hərfi ilə işarə olunur. Keçiriciliyin ölçü vahidi simensdir(sm).

Beləliklə, naqilin müqaviməti ilə keçiriciliyi arasında belə bir nisbət vardır:

$$g = \frac{1}{r} \text{ və } r = \frac{1}{g}$$

Naqil materialının xüsusi müqavimətinə əks olan kəmiyyətə xüsusi keçiricilik deyilir ; bu γ hərfi ilə işarə olunur. Beləliklə, maddənin xüsusi müqaviməti və xüsusi keçiriciliyi arasında belə bir nisbət vardır

$$\gamma = \frac{1}{\alpha} \text{ və } \alpha = \frac{1}{\gamma}$$

Bəzi metalların və kömürün xüsusi müqaviməti, xüsusi keçiriciliyi və temperatur əmsallarına dair məlumat 3-cü cədvəldə verilmişdir.

Adı	Xüsusi müqavimət, $\frac{om \cdot mm^2}{m}$	Xüsusi keçiricilik, $\frac{m}{om \cdot mm^2}$	0 – 200°C üçün temperatur əmsalı
Mis	0,0175	57,2	0,004
Aluminium	0,028	35,7	0,004
Dəmir	0,135	7,4	0,005
Qurğuşun	0,21	4,75	0,004
Manqanın	0,43	2,32	0,000006
Konstantan	0,5	2	0,00004
Nixrom	1	1	0,00017
Kömür	10	0,1	0,0005

Misal 1. Uzunluğu 1 km və diametri 4mm olan polad məftilin müqavimətini və keçiriciliyini təyin etməli; poladın xüsusi müqaviməti

$$0,135 \frac{om \cdot mm^2}{m} - \text{dir.}$$

$$\text{Həlli : } r = \rho \frac{1}{q} = \rho \frac{1}{\frac{\pi d^2}{4}} = 0,135 \frac{1000}{3,14 \cdot 4} = 10,7 \text{ om}$$

$$g = \frac{1}{r} = \frac{1}{10,7} = 0,093 \frac{1}{om}$$

Misal 2. Uzunluğu 1 km, en kəsik sahəsi 5 mm^2 olan alüminium məftilin müqaviməti 5,6 om-dur. Bu məftilin xüsusi müqavimətini təyin etməli.

Həlli:

$$r = \rho \frac{l}{q}$$

$$\rho = r \frac{l}{q} = 5,6 \frac{5}{1000} = 0,028 \frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

§16. OM QANUNU

Qapalı dövrdə EQ, müqavimət və cərəyan arasındakı nisbət **Om qanunu** ilə ifadə olunur. Bu qanun belə ifadə edilə bilər: qapalı dövrdəki cərəyan elektrik hərəkət qüvvəsi ilə düz, bütün dövrənin müqaviməti ilə tərs mütənəsbidir. Cərəyan dövrdə EQ-nin təsiri ilə hərəkət edir, həm də bunların arasında düz mütənəsbilik vardır: enerji mənbəyinin EQ-si nə qədər çox olarsa, qapalı dövrdəki cərəyan şiddəti də o qədər çox olacaqdır. Dövrənin müqaviməti cərəyanın keçməsinə mane olur, deməli dövrənin müqaviməti nə qədər çoxdursa, cərəyan şiddəti bir o qədər az olacaqdır, yəni tərs mütənəsbilik mövcüddür. Enerji mənbəyinin eq-ni $-E$; xarici, dövrənin müqavimətini $-r$; daxili dövrənin (enerji mənbəyinin) müqavimətini $-r_0$; dövrdəki cərəyan şiddətini isə I ilə işarə etsək Om qanunu belə bir düsturla ifadə etmək olar :

$$I = \frac{E}{r+r_0} \quad (3)$$

və ya

$$E = I (r + r_0) \quad (4)$$

Bu düsturlarda cərəyan şiddəti-ampere, elektrik hərəkət qüvvəsi-volt, müqavimət isə *om* ilə ifadə olunmuşdur.

Kiçik cərəyanları ifadə etmək üçün ampere əvəzinə ondan 1000 dəfə kiçik olan milliamper (*mA*) adlanan ölçü vahidindən istifadə edirlər. Beləliklə, $1 \text{ A} = 1000 \text{ mA}$.

Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, elektrik hərəkət qüvvəsi *volt* ilə ölçülür. Elektrik enerji mənbəyi yük vahidinə (bir kulona) bir coul enerji verirsə, bu enerji mənbəyinin EQ-si bir volta (V) bərabər olacaqdır.

(4) düsturundan bütün dövrənin müqavimətini EHQ-nin bu dövrədəki cərəyan şiddətinə nisbəti kimi müəyyən etmək olar, yəni:

$$r + r_0 = \frac{E}{I}$$

Qapalı dövrədə bir voltluq EHQ-nin təsiri ilə bir amper şiddətində cərəyan axırsa, bu dövrənin müqaviməti bir Om-a bərabərdir, yəni:

$$1 \text{ om} = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Om qanunu nəinki bütün dövrə üçün, həm də dövrənin istənilən sahəsi üçün doğrudur.

Dövrənin passiv, yəni enerji mənbəyi olmayan sahəsini nəzərdə tutaq. Generator elektrik dövrəsinin hər hansı bir sahəsində cərəyanı saxlamaq üçün məlum enerji sərf edərək bu sahənin başlanğıcı və qurtaracağı arasında potensiallar fərqi yaradır. Bu potensiallar fərfinə nəzərdən keçirilən sahənin başlanğıcı və qurtaracağı arasındakı gərginlik deyilir. Gərginlik də EHQ kimi millivolt, volt və kilovolt ilə ölçülür.

Dövrənin passiv sahəsi üçün Om qanunu tətbiq edərək (3) və (4) düsturlarındakı EHQ-ni bu sahənin başlanğıcı və qurtaracağı arasındakı U gərginliyi, bütün dövrənin $(r + r_0)$ müqavimətini isə nəzərdən keçirilən sahənin r müqaviməti ilə əvəz edək.

Belə olduqda, elektrik dövrəsinin passiv sahəsi üçün Om qanununu ifadə edən düstur aşağıdakı şəkllə düşəcəkdir:

$$I = \frac{U}{r} \quad (5)$$

Om qanununu belə ifadə etmək olar: Elektrik dövrəsinin sahəsində cərəyan şiddəti bu sahənin sıxaclarındakı gərginliyin həmin sahənin müqavimətinə bölünməsinə bərabərdir. (5) düsturundan belə çıxır ki,

$$U = Ir$$

Yəni dövrənin sahəsindəki gərginlik, cərəyanın bu sahənin müqavimətinə vurulma hasilinə bərabərdir. (4) düsturuna qayıdaraq mütərizələri açsaq ;

$$E = Ir + Ir_0(6)$$

burada Ir – gərginliyin r müqavimətində, yəni xarici dövrədə düşməsi və ya enerji mənbəyinin (generatorun) sıxaclarındakı U gərginliyidir.

(6) düsturunu aşağıdakı kimi yazırıq:

$$E = U + Ir_0 \quad (7)$$

Ir_0 hasili r_0 müqavimətində. Yəni enerji mənbəyinin (generatorun) daxilində gərginliyin düşməsidir. Bu, enerji mənbəyinin daxili

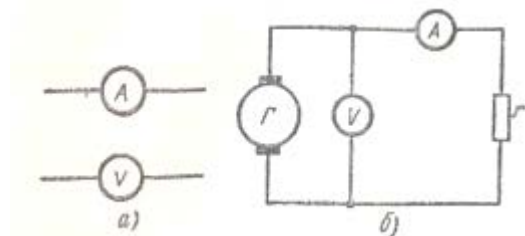
müqavimətindən cərəyanın keçirilməsinə sərf olunan EHQ-nin bir hissəsini müəyyən edir.

Dövrədə cərəyan şiddətini ölçmək üçün **ampermetr (milliampermetr)** adlanan elektrik ölçü cihazından istifadə olunur. Yuxarıda göstəriləyi kimi, gərginlik **voltmetr** ilə ölçülür. Ampermetrin və voltmetrin quruluşunu sonra öyrənəcəyik. 24-cü şəkildə ampermetrin və voltmetrin şərti işarəsi göstərilmişdir. Ampermetri qoşmaq üçün cərəyanın dövrəsini qırırırlar və məftillərin uclarını ampermetrin sıxaclarına 25-ci şəkildə göstəriləyi kimi birləşdirirlər. Beləliklə, ölçülən cərəyanın hamısı cihazdan keçir. Belə qoşmaya paralel qoşmadan fərqli olaraq ardıcıl qoşma deyilir. Dövrə sahəsinin başlanğıcına və axırına qoşulmuş voltmetr həmin sahədə gərginliyin azalmasını göstərir. Voltmetri eyni zamanda enerji mənbəyinin müsbət qütübü olan daxili dövrənin axırına, yəni enerji mənbəyinin mənfi qütübünə qoşsaq, bütün xarici dövrədə gərginliyin azaldığını göstərəcəkdir; bu eyni zamanda enerji mənbəyinin sıxaclarındakı gərginliyin azalmasıdır.

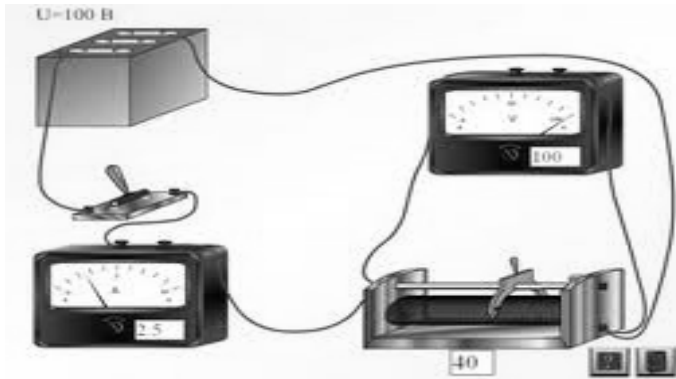
(7) düsturunu aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:

$$U = E - Ir_0 \quad (8)$$

Yəni enerji mənbəyinin (generatorun) sıxaclarındakı gərginlik EHQ və bu mənbənin daxili müqavimətindən gərginliyin düşməsi fərqlərinəbərabərdir.



Səkil 24. Ölçü cihazları işarəsi: Şəkil-25. Ampermetr və voltmetrin birgə qoşulması
Ampermetr; V- Voltmetr



Xarici dövrənin r müqavimətini azaltsaq, bütün dövrənin $r + r_0$ müqaviməti də azalacaq, dövrədəki cərəyan şiddəti isə (3) düsturundan görüldüyü kimi artacaqdır. Cərəyan şiddəti artdıqca, (8) düsturundakı $I r_0$ hasilı (bu, enerji mənbəyinin daxilində gərginliyin düşməsidir) artacaqdır, çünki enerji mənbəyinin daxili müqaviməti r_0 bu zaman sabit qalır. Deməli, (8) düsturundan aydın olur ki, xarici dövrənin müqaviməti azaldıqca enerji mənbəyinin sıxaclarındakı gərginlik də azalır. Enerji mənbəyinin sıxaclarını müqaviməti praktiki olaraq sıfıra bərabər olan naqıl ilə birləşdirsək, bu hal üçün (4) düsturu aşağıdakı şəkllə düşəcəkdir

$$I = \frac{E}{r_0}$$

Bu ifadə həmin enerji mənbəyinin dövrəsində alına bilən cərəyanın ən yüksək şiddətini göstərir. Xarici dövrənin müqaviməti praktiki olaraq sıfıra bərabər olan hala ***qısaqapanma*** deyilir.

Daxili müqaviməti az olan enerji mənbələri, məsələn elektrik generatorları (elektrik maşınları) və turşulu akkumulyatorlar üçün

qısaqapanma çox təhlükəlidir; qısaqapanma baş verdikdə bunlar yararsız hala düşür.

Qısaqapanma çox tez-tez, məsələn qəbuledicini enerji mənbəyi ilə birləşdirən məfillərin izolyasiyası xarab olduqda baş verir. İzolyasiya örtük qatı olmayan metal, adətən mis xətt məfilləri bir-birinə toxunduqda çox az müqavimət yaranır; bunu cərəyan qəbuledicinin müqavimətinə nisbətən sıfır qəbul etmək qərara alınmışdır.

Elektrotexniki aparatları qısaqapanma cərəyanlarından mühafizə etmək üçün, aşağıda görəcəyimiz kimi, müxtəlif qoruyucu quruluşlardan istifadə olunur.

Misal 1. $E_{HQ}=42$ və daxili müqaviməti $0,2$ om olan akkumlyator batareyası müqaviməti 4 om olan enerji qəbuledicisinə qapanmışdır. Dövrədəki cərəyan şiddətini və batareyanın sıxaclarındakı gərginliyi təyin etməli.

Həlli.

$$I = \frac{E}{r + r_0} = \frac{42}{4,2} = 10 \text{ a}$$

$$U = Ir = 10 \cdot 4 = 40 \text{ v} \text{ və ya } U = E - Ir_0 = 42 - 10 \cdot 0,2 = 40 \text{ v}$$

Misal 2. Turşulu akkumlyatorun $E_{HQ}=2$ və daxili müqaviməti $r_0 = 0,05$ om. Xarici müqaviməti bu akkumlyatora qoşduqda 4 a şiddətində cərəyan axır. Xarici dövrənin müqavimətini təyin etməli.

Həlli.

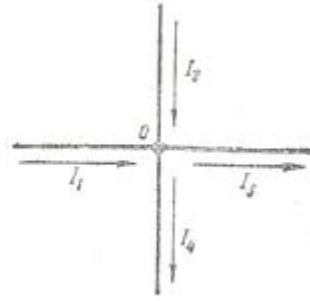
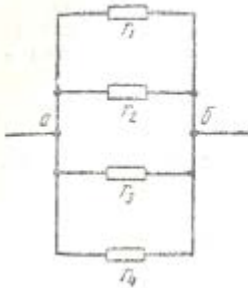
$$I = \frac{E}{r + r_0}$$

buradan,

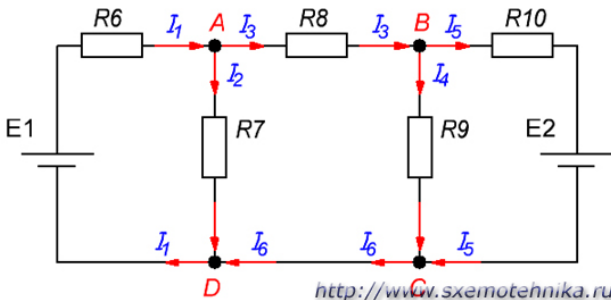
$$r = \frac{E}{I} - r_0 = \frac{2}{4} - 0,05 = 0,45 \text{ om}$$

§17. KİRXHOFUN BİRİNCİ QANUNU

Ardıcıl birləşdirilmiş enerji mənbəyindən və enerji qəbuledicisindən ibarət olan dövrlərdə cərəyan E_{HQ} və bütün dövrənin müqaviməti arasındakı nisbət və ya cərəyan, gərginlik və dövrənin hər hansı bir sahəsinin müqaviməti arasındakı nisbət Om qanunu ilə müəyyənedilir.

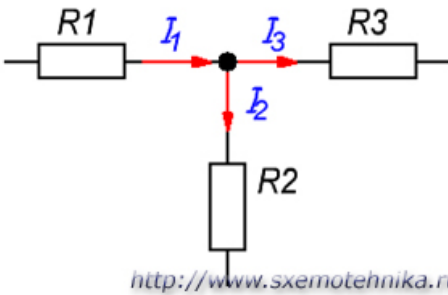


Şəkil-26. Budaqlara ayrılmış dövrə. Şəkil-27. Qovşağ nöqtəsi



Mürəkkəb elektrik dövrə.

Lakin praktikada əsasən elə dövrlərlə iş görmək lazımdır gəlir ki, bunlarda cərəyan hər hansı bir məntəqədən



müxtəlif yollarla verilə bilər və bunlarda, yəqin ki, bir neçə naqilin görüşdüyü nöqtələr vardır. Bu nöqtələrə **qovşaqlar**(qovşağ nöqtələri), iki qonşu qovşağı birləşdirən dövrə sahəsinə isə **dövrənin budaqları** deyilir. Fərz edək ki, *a* qovşağında (Şəkil 26) dövrə 4

budağa ayrılır və bunlar sonradan *b* qovşağında görünür. Budaqlara ayrılmış dövrədəki cərəyanı *I*, budaqlardakı cərəyanı isə müvafiq surətdə *I*₁, *I*₂, *I*₃ və *I*₄ işarə edək. Belə bir dövrədə cərəyanlar arasında aşağıdakı nisbət alınacaqdır :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Qovşaqda cərəyanlarının istiqaməti müxtəlif olan bir neçə məftil görüşərsə (şəkil 27), bu qovşağın cərəyanları üçün aşağıdakı tənlik alınır :

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Bu ifadə Kirxhofun birinci qanunudur. Bu qanunu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar : elektrik dövrəsinin qovşağına (qovşaq nöqtəsinə) gedən bütün cərəyanların cəmi, həmin qovşaqdan çıxan bütün cərəyanların cəminə bərabərdir və ya elektrik dövrəsinin qovşaq nöqtəsində cərəyanların cəbri cəmi sıfıra bərabərdir, həm də qovşağa gələn cərəyanlar, müsbət qovşaqdan çıxan cərəyanlar isə mənfi hesab edilir.

Misal. Gərginliyi 120 v olan şəbəkəyə müqaviməti müvafiq surətdə 20, 40, 60 və 30 om olan dörd müqavimət paralel qoşulmuşdur (26-cı şəkil). Budaqlanmış dövrədə cərəyan şiddətini təyin etməli.

Həlli. Ayrı-ayrı budaqlarda cərəyan şiddəti belə olacaqdır :

$$I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{120}{20} = 6 \text{ a} ; I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{120}{40} = 3 \text{ a} ;$$

$$I_3 = \frac{U}{r_3} = \frac{120}{60} = 2 \text{ a} ; I_4 = \frac{U}{r_4} = \frac{120}{30} = 4 \text{ a} .$$

Budaqlara ayrılmamış dövrədə isə cərəyan şiddəti aşağıdakı kimi alınacaqdır :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 6 + 3 + 2 + 4 = 15 \text{ a} .$$

§18. MÜQAVİMƏTLƏRİN ARDICIL BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

Elektrik dövrəsini nəzərdən keçirdikdə enerji mənbəyinin bir enerji qəbuledicisi ilə qapandığını fərz edirik.

Ümumi halda elektrik dövrəsində müxtəlif müqavimətlil bir neçə enerji qəbuledicisi ola bilər.

Fərz edək ki, generatorun xarici dövrəsi müqavimətləri müvafiq surətdə r_1 , r_2 və r_3 olan üç enerji qəbuledicisindən ibarətdir. Cərəyan qəbuledicilərinin belə birləşdirilməsinə **ardıcıl birləşdirmə** deyilir. (Şəkil. 28). Bu halda cərəyan qəbuledicisinin birinin ucu o birisinin başlanğıcı, o birisinin qurtaracağı isə üçüncünün başlanğıcı ilə birləşdirilir və i. a. Yəqin ki, bu zaman cərəyan bütün qəbuledicilərdə eyni, xarici dövrənin müqaviməti isə qəbuledicilərin müqavimətinin cəminə bərabər olacaqdır. Bu nisbət məftilləri ardıcıl birləşdirdikdə xüsusilə əyani görünür. Müqavimət məftilin uzunluğu ilə düz mütənasibdir, lakin bir neçə məftilin qoşulması cərəyanın yolunu artırdığından müqavimətdə çoxalır. Nəzərdən keçirdiyimiz hal üçün Om qanununun düsturunu aşağıdakı şəkildə yazı bilərik :

$$I = \frac{E}{r_0 + r_1 + r_2 + r_3}.$$

Beləliklə, ardıcıl birləşdirilmiş üç cərəyan qəbuledicisi olduqda dövrənin ümumi müqaviməti :

$$r = r_0 + r_1 + r_2 + r_3 ,$$

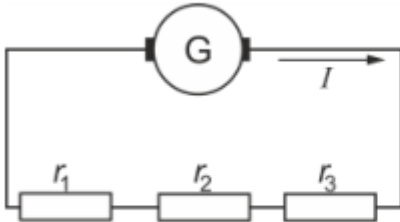
xarici dövrənin müqaviməti isə

$$r = r_1 + r_2 + r_3$$

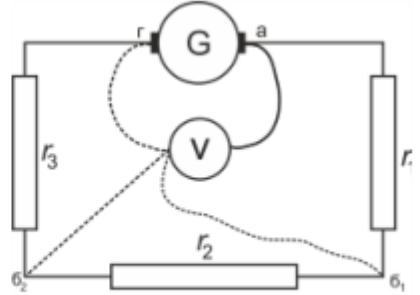
alınır. Dövrədə cərəyan şiddəti üçün yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz düsturu aşağıdakı kimi dəyişdirmək olar :

$$E = Ir_0 + Ir_1 + Ir_2 + Ir_3$$

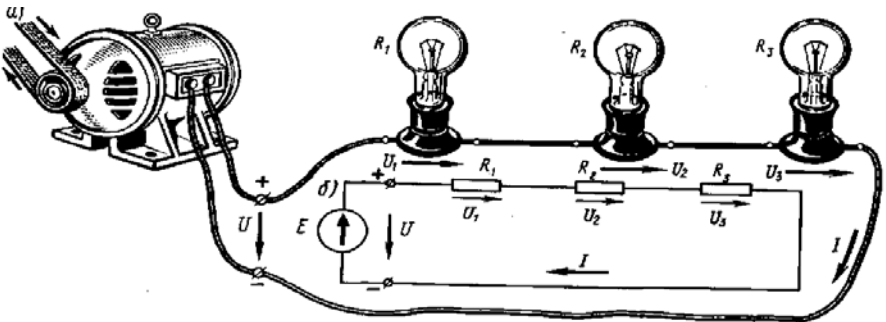
Cərəyan şiddətinin müqavimətə hasili Ir_1, Ir_2, Ir_3 müvafiq enerji qəbuledicisinin sıxaclarındakı gərginliyi Ir_0 hasili isə enerji mənbəyinin daxilində gərginlik itkisini göstərir.



Şəkil 28. Müqavimətlərin ardıcıl birləşdirilməsi



Şəkil 29. Mürəkkəb elektrik dövrəsi



Ardıcıl birləşmiş lampaların qida mənbəyinə praktiki birləşdirilməsi

Budaqlanma olmadıqda dövrənin bütün sahələrində cərəyanın qiyməti eyni alındığından budüsturdan aydın olur ki, **ardıcıl birləşdirilmiş**

məftillərdən ibarət dövrdəki gərginlik həmin məftillərin müqavimətinə mütənəsib olaraq paylaşdırılır. Bundan başqa, həmin düsturdan görünür ki, enerji mənbəyinin EHQ–si sabit qaldıqda cərəyan qəbuledicilərindən birinin müqavimətin dəyişməsi dövrdə cərəyanın dəyişməsinə, habelə həm bu qəbuledicidə, həm də digər qəbuledicilər və enerji mənbəyinin daxilində gərginliyin dəyişməsinə səbəb olur. Enerji mənbəyinin sıxaclarındakı gərginlik bunun EHQ-dən həmin enerji mənbəyindən daxilindəki gərginlik düşküsünün çıxılmasına bərabərdir yəni ;

$$U = E - Ir_0$$

olduğundan yaza bilərik ki,

$$U = Ir_1 + Ir_2 + Ir_3 .$$

Bu ifadədən görünür ki, enerji mənbəyinin sıxaclarındakı gərginlik xarici dövrənin ayrı-ayrı sahələrindəki gərginliyin cəminə bərabərdir.

Fərz edək ki, müqavimətləri $r_1 = 16 \text{ om}$, $r_2 = 14 \text{ om}$ və $r_3 = 10 \text{ om}$ olan üç naqıl (şəkil 29) ardıcıl birləşdirilmiş və $U = 20 \text{ v}$ gərginlik verən generatorun sıxaclarına qoşulmuşdur. Bu dövrdəki cərəyan şiddətini belə bir düsturla hesablaya bilərik :

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{20}{16 + 14 + 10} = 0,5 \text{ A} .$$

a-b sahəsində gərginlik $Ir_1 = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ v}$; b-v sahəsində $Ir_2 = 0,5 \cdot 14 = 7 \text{ v}$; v-q sahəsində isə $Ir_3 = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ v}$.

Generatorun sıxaclarındakı gərginlik xarici dövrənin bütün sahələrindəki gərginliyin cəminə bərabərdir, yəni

$$U = 8 + 7 + 5 = 20 \text{ v} .$$

a və b nöqtələrinə qoşulmuş voltmetr 8 v ; a və b nöqtələrində $8 + 7 = 15 \text{ v}$; a və q nöqtələrində isə $8 + 7 + 5 = 20 \text{ v}$ göstərəcək, xarici dövrənin müqaviməti isə belə olacaqdır.

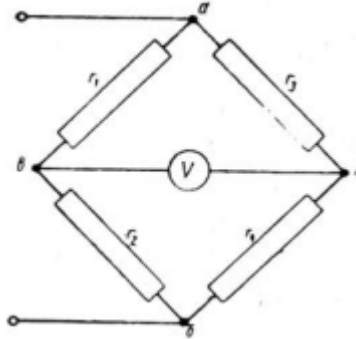
$$r = r_1 + r_2 + r_3 .$$

Əlavə olaraq cərəyan qəbuledicisi qoşulması hesabına xarici dövrdə müqavimətin artırılması cərəyan şiddətinin azalmasına və deməli, xarici dövrənin bütün sahələrində gərginliyin azalmasına səbəb olur. Tutaq ki, müqaviməti $r = 6 \text{ om}$, naqıl gərginliyi $U = 24 \text{ v}$ olan elektrik enerji mənbəyinə qoşulmuşdur. Bu halda naqıldəki cərəyan aşağıdakı kimi olacaqdır :

$$I = \frac{U}{r} = \frac{24}{6} = 4 \text{ a} .$$

Bu naqilə ardıcıl olaraq müqaviməti $r'' = 2$ om olan ikinci bir naqil də qoşsaq dövrədəki cərəyan:

$$I'' = \frac{U}{r+r''} = \frac{24}{6+2} = 3 \text{ A}$$



Şəkil 30. Müqavimətlərin birləşdirilməsinə misal

Birinci qəbuledicidəki gərginlik isə

$$I'' r = 3 \cdot 6 = 18 \text{ v}$$

alınacaqdır.

Əlavə müqavimətlərin ardıcıl qoşulmasından praktikada gərginliyi azaltmaq üçün istifadə edilir (işəsalma və tənzimləmə reostatları).

Əlavə müqavimətlərdən- ölçü cihazlarının, məsələn voltmetrin ölçmə həddini genişlətmək üçün də istifadə edirlər.

Misal 1. Daxili müqaviməti 0,5 om olan sabit cərəyan generatorunun sıxaclarına müqavimətləri müvafiq surətdə 3, 2 və 1,5 olan enerji qəbulediciləri ardıcıl birləşdirilmişdir. Bütün dövrənin müqavimətini və xarici müqavimətini təyi etməli.

Həlli: Bütün dövrənin müqaviməti:

$$r = r_0 + r_{\text{xar}} = 0,5 + 3 + 2 + 1,5 = 7 \text{ om}$$

xarici dövrənin müqaviməti isə

$$r_{\text{xar}} = 3 + 2 + 1,5 = 6,5 \text{ om}$$

olacaqdır.

Misal: Daxili müqaviməti $r_0 = 2000 \text{ om}$ olan voltmetr 50 v-a qədər gərginliyi ölçmək üçündür. Bu voltmetrlə 200 v-a qədər gərginliyi ölçə bilmək üçün ardıcıl qoşulacaq əlavə müqaviməti təyin etməli.

Həlli : Voltmetri gərginliyi 50 v olan şəbəkəyə qoşduqda voltmetrdən keçən cərəyan şiddəti :

$$I = \frac{50}{2000} = 0,025 \text{ a}$$

alınacaqdır.

200 v-a qədər gərginliyi ölçmək üçün voltmetrə elə əlavə müqaviməti ardıcıl qoşmaq lazımdır ki, onda $U = 200 - 50 = 150 \text{ v}$ olan izafi gərginlik söndürülə bilsin.

Deməli, əlavə müqavimət ;

$$r = \frac{U}{I} = \frac{150}{0,025} = 6000 \text{ om}$$

köçürülməlidir.

§19. MÜQAVİMƏTLƏRİN PARALEL BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

Dörd müqavimətin paralel birləşdirilmə sxemi 26-cı şəkildə göstərilmişdir. Belə birləşdirmədə eyni gərginliyə qoşulmuş müqavimətlər cərəyan üçün dörd yol yaradır ki, buda ümumi müqaviməti azaldır və ya dövrənin ayrı-ayrı budaqlarının keçiriciliyi cəminə bərabər olan ümumi keçiriciliyi artırır.

Paralel birləşdirilmiş naqillərin sayının artmasını cərəyanın keçdiyi naqilin en kəsik sahəsinin artması kimi qəbul etsək, buna asanlıqla əmin olmaq mümkündür. Məlum olduğu kimi, ümumi müqavimət naqilin en kəsik sahəsinə tərs mütənəsb, keçiricilik isə düz mütənəsbdir.

Beləliklə, bütün naqillərin keçiriciliyini birlikdə g hərfi, naqillərindən hər birinin keçiriciliyini g_1, g_2, g_3 və g_4 ilə işarə etsək, nəzərdən keçirdiyimiz hal üçün aşağıdakı tənliyi alarıq :

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4.$$

Lakin keçiricilik müqavimətə əks kəmiyyət olduğundan, bu ifadəni belə də yazmaq olar :

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} .$$

Bu ifadədə r paralel birləşdirilmiş dörd naqilin tam müqavimətini ifadə edir; bu müqavimət həmin dörd müqavimətin hər birindən kiçikdir.

Alınmış bu nisbəti sübut edək. a qovşağına gedən cərəyanı I ilə ; r_1, r_2, r_3, r_4 naqillərindən keçən cərəyanı müvafiq surətdə

I_1, I_2, I_3, I_4 ; a və b nöqtələri arasındakı gərginliyi U ; həmin nöqtələr arasındakı ümumi müqaviməti isə r ilə işarə edək (şəkil 26).

Om qanuna əsasən aşağıdakı bərabərliyi yazaq :

$$I = \frac{U}{r}; I_1 = \frac{U}{r_1}; I_2 = \frac{U}{r_2}; I_3 = \frac{U}{r_3}; I_4 = \frac{U}{r_4}.$$

Kirxhofun birinci qanuna əsasən :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

Cərəyanların qiymətini həmin bərabərlikdə yerinə qoyaq :

$$\frac{U}{r} = \frac{U}{r_1} + \frac{U}{r_2} + \frac{U}{r_3} + \frac{U}{r_4}$$

Alınmış ifadənin hər iki tərəfini U kəmiyyətinə ixtisar etsək ,

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}$$

alarlıq. Bunu sübut etmək lazım idi.

Alınmış bu nisbəti belə ifadə edə bilərik : paralel birləşdirilmiş enerji qəbuledicilərinin keçiriciliyi bu qəbuledicilərin keçiriciliyi cəminə bərabərdir.

Biz dörd cərəyan qəbuledicisinin paralel birləşdirilməsini nəzərdən keçirdik. Lakin müəyyən etdiyimiz nisbət paralel birləşdirilmiş istənilən sayda cərəyan qəbuledicisi üçün doğrudur.

Xüsusi halda elektrik dövrəsində müqavimətləri r_1 və r_2 olan iki cərəyan qəbuledicisi paralel birləşdirildikdə ümumi keçiricilik aşağıdakı kimi olacaqdır :

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

Bu bərabərliyi axtarılan və paralel birləşdirilmiş iki enerji qəbuledicisinin müqaviməti bu qəbuledicilərin müqavimətləri hasilinin həmin müqavimətlərə bölünməsinə bərabərdir.

Paralel birləşdirilmiş n sayda naqillərin r müqavimətləri eynidirsə, belə dövrənin ümumi müqaviməti bir naqilin müqavimətindən n dəfə az alınacaqdır, yəni :

$$r_{\gamma m} = \frac{r}{n}$$

26-cı şəklə əsasən aşağıdakı nisbəti yazaq :

$$I_1 r_1 = U; I_2 r_2 = U; I_3 r_3 = U; I_4 r_4 = U$$

Bu bərabərliklərin sağ tərəfləri bir-birinə bərabər olduğundan sol tərəfləri də bərabər olmalıdır :

$$I_1 r_1 = I_2 r_2 = I_3 r_3 = I_4 r_4$$

Həmin bərabərliklərdən belə bir nisbət alırıq :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1} ; \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{r_3}{r_2} ; \quad \frac{I_3}{I_4} = \frac{r_4}{r_3} ; \quad \frac{I_4}{I_1} = \frac{r_1}{r_4}$$

Bu nisbətlərdən aydın olur ki, paralel qoşulmuş müqavimətləri olan dövrlərdə cərəyan həmin müqavimətlərə tərs mütənasib bölüşdürülür. Beləliklə, paralel qoşulmuş müqavimətin kəmiyyəti nə qədər çox olarsa, bu müqavimətdə cərəyan şiddəti o qədər az olacaq və əksinə.

Müqavimət keçiriciliyə əks kəmiyyət olduğundan aşağıdakı bərabərlikləri yaza bilərik :

$$I_1 g_2 = I_2 g_1 ; \quad I_2 g_3 = I_3 g_2 ; \quad I_3 g_4 = I_4 g_3 ; \quad I_4 g_1 = I_1 g_4$$

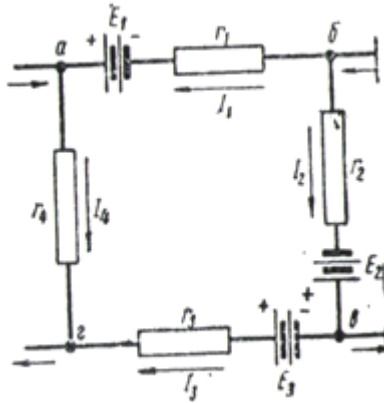
burada g_1, g_2, g_3, g_4 – birinci, ikinci, üçüncü və dördüncü budaqların keçiriciliyidir.

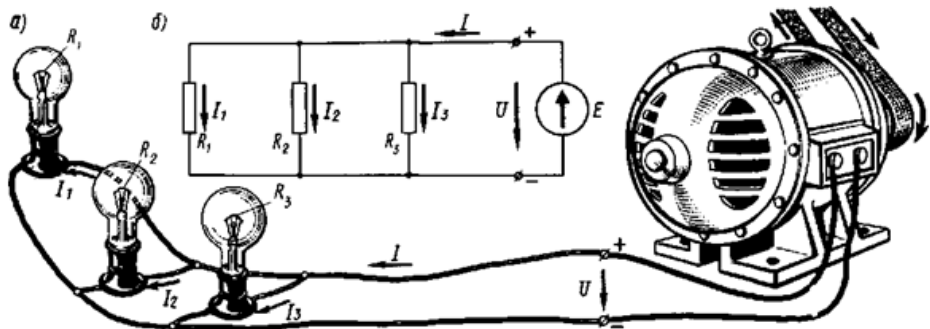
Həmin bərabərliklərdən aşağıdakı nisbətləri alırıq :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{g_1}{g_2} ; \quad \frac{I_2}{I_3} = \frac{g_2}{g_3} ; \quad \frac{I_3}{I_4} = \frac{g_3}{g_4} ; \quad \frac{I_4}{I_1} = \frac{g_4}{g_1}$$

Bu nisbətləri belə ifadə etmək olar : cərəyan qəbulediciləri paralel birləşdirilmiş dövrlərdə cərəyan həmin qəbuledicilərin gərginliyinə düz mütənasib bölüşdürülür.

Qovşaqlar arasındakı gərginlik dəyişmədikdə, həmin qovşaqların arasına qoşulmuş enerji qəbuledicilərindəki cərəyan ardıcıl qoşulmuş qəbuledicilərdən fərqli olaraq bir-birindən asılı deyildir.





Lampaların enerji mənbəyinə paralel olaraq qoşulması (ev işıqlanması kimi)

Bir və ya bir neçə cərəyan qəbuledicisinin dövrədən çıxarılması dövrəyə qoşulmuş qalan digər qəbuledicilərin işinə təsir göstərmir. Buna görə də işıqlandırma lampalarını, elektrik mühərriklərini və digər elektrik enerji qəbuledicilərini dövrəyə əsasən paralel qoşurlar. Lakin cərəyan qəbuledicisinin dövrə sahələrindən birinə paralel olaraq əlavə qoşulması həm bütün dövrədə, həm də həmin sahədə cərəyanın dəyişilməsinə səbəb olur.

Məsələn,

gərginliyi $U = 120 \text{ v}$ olan şəbəkəyə $r_1 = 10 \text{ om}$ və $r_2 = 30 \text{ om}$ olan müqavimətləri qoşduqda (şəkil 31) bu müqavimətlərdən keçən cərəyan şiddəti belə olacaqdır :

$$I = \frac{U}{r_1 + r_2} = \frac{120}{10 + 30} = 3 \text{ a}$$

A kəsən açarını qapamaqla r_2 müqavimətinə paralel olaraq $r_3 = 60 \text{ om}$ müqavimətini qoşsaq, cərəyan şiddəti həmin dövrənin budaqlanmamış sahəsində, həm də r_2 müqavimətində dəyişəcəkdir.

İki paralel qolun müqaviməti belə olacaqdır :

$$r_{2;3} = \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3} = \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = 20 \text{ om}$$

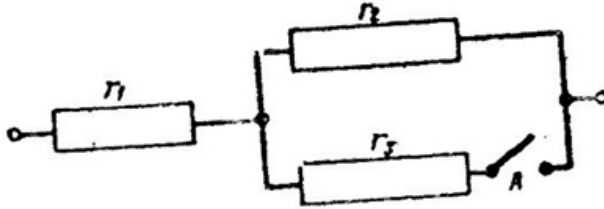
Budaqlanmamış dövrədə cərəyan şiddəti bu halda aşağıdakı kimi

$$I' = \frac{U}{r_1 + r_{2;3}} = \frac{120}{10 + 20} = 4 \text{ a}$$

r_2 müqavimətində cərəyan şiddəti isə

$$I_2 = \frac{U - I' r_1}{r_2} = \frac{120 - 4 \cdot 10}{30} = 2,67 \text{ a}$$

alınacaqdır.



Şəkil 31. Müqavimətlərin dövrəyə qoşulması misal

Elektrik dövrəsinin sahəsində müqavimətlərin paralel qoşulması praktikada həmin sahədə cərəyanı azaltmaq üçün istifadə edilir. Paralel qoşulan və **şunt** adlanan belə müqavimətdən, xüsusilə ampermetrlə cərəyanların ölçmə həddini genişlətmək üçün istifadə edirlər. Bu halda şunt olduğundan cihaza ölçülən cərəyanın ancaq bir hissəsi verilir. Şuntu dövrəyə ardıcıl qoşur və ampermetri buna paralel birləşdirirlər.

Misal 1. Müqavimətləri müvafiq surətdə 10 ; 15; 25 və 30 om olan dörd enerji qəbuledicisi paralel qoşulmuşdur. Təyin etməli : 1) bu dörd enerji qəbuledicisinin ümumi müqavimətini ; 2) enerji qəbuledicilər $E_{HQ} = 170 \text{ v}$ və daxili müqaviməti 0, 55 om olan generatorun sıxaclarına qoşulduqda paralel budaqlardakı və budaqlanmamış dövrədəki cərəyanları.

Həlli .

Dörd paralel budağın müqaviməti aşağıdakı kimi olacaqdır :

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{25} + \frac{1}{30} = \frac{12}{50} \frac{1}{om}$$

buradan isə təxmini olaraq

$$r = 4,15 \text{ om}$$

Bütün qapalı dövrənin müqaviməti :

$$r_0 + r = 0,55 + 4,15 = 4,7 \text{ om ;}$$

budaqlanmamış dövrədə cərəyan şiddəti isə

$$I = \frac{E}{r_0 + r} = \frac{170}{4,7} = 36 \text{ a}$$

olacaqdır.

Generatorun sıxaclarındakı gərginlik :

$$U = E - Ir_0 = 170 - 36 \cdot 0,55 = 150 \text{ v};$$

paralel budaqlardakı cərəyan şiddəti isə

$$I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{150}{10} = 15 \text{ a}; \quad I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{150}{15} = 10 \text{ a};$$

$$I_3 = \frac{U}{r_3} = \frac{150}{25} = 6 \text{ a}; \quad I_4 = \frac{U}{r_4} = \frac{150}{30} = 5 \text{ a}$$

Kirxhofun birinci qanununa əsasən:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 15 + 10 + 6 + 5 = 36 \text{ a}$$

Misal 2. Daxili müqaviməti $r = 0,12 \text{ om}$ olan ampermetr $I = 5 \text{ a}$ cərəyan şiddətini ölçmək üçündür. Həmin ampermetrlə $I_1 = 35 \text{ a}$ cərəyan şiddətini ölçmək üçün ona paralel qoşulacaq r_1 müqavimətini təyin etməli.

Həlli. Ampermetr 5 a -ə qədər cərəyan şiddətini ölçmək üçün olduğundan şuntdan keçən cərəyan şiddəti

$$I' = I_1 - I = 35 - 5 = 30 \text{ a}$$

Ampermetri və şuntu paralel birləşdirdikdə cihazdan və şuntndan keçən cərəyanın bunların müqavimətinə tərs mütənasib bölüşdürüldüyünü nəzərə alaraq belə bir bərabərliyi yazı bilərik :

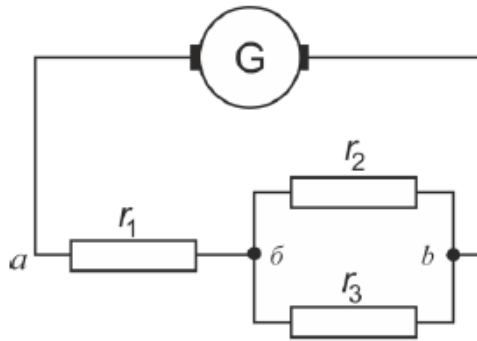
$$\frac{I}{I'} = \frac{r_1}{r} \text{ buradan şuntun müqaviməti}$$

$$r_1 = r \cdot \frac{I}{I'} = 0,12 \cdot \frac{5}{30} = 0,02 \text{ om}$$

olacaqdır.

§20. MÜQAVİMƏTLƏRİN QARIŞIQ BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

Elektrik dövrəsi ardıcıl və paralel birləşdirilmiş naqillərdən ibarət olarsa, naqillərin belə birləşdirilməsinə qarışıq birləşdirmə deyilir. (şəkil 32). Qarışıq birləşdirilmiş bir neçə naqilin ümumi müqavimətini təyin etmək üçün əvvəlcə paralel və ya ardıcıl birləşdirilmiş naqillərin müqavimətini tapır, sonra bunları müqaviməti, tapılmış müqavimətə bərabər olan bir naqilə əvəz edirlər. Beləliklə, sxemi sadələşdirmək müqaviməti naqillərin mürəkkəb dövrəsinin ümumi müqavimətinə bərabər olan bir naqilə bərabər edirlər. Məsələn, a və b nöqtələri arasındakı müqavimətləri təyin etmək üçün (32-ci şəklə bax) əvvəlcə bv və un nöqtələri arasındakı müqaviməti tapırlar.



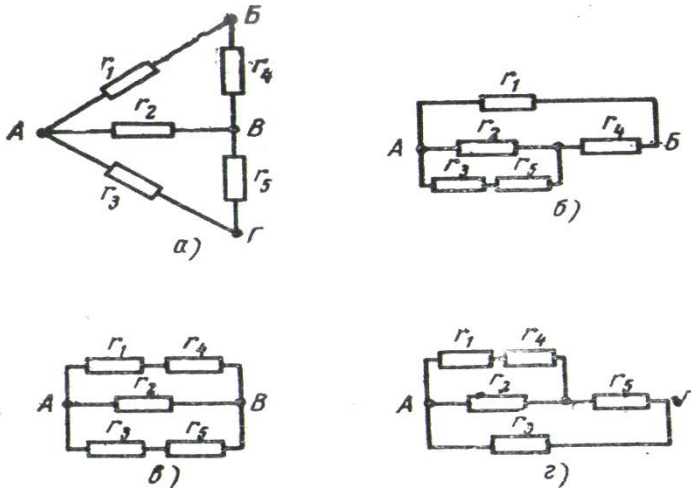
Şəkil 32. Müqavimətlərin qarışıq birləşdirilməsi

$$r' = \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3}$$

Sonra müqavimətlərin alınmış qiymətini r_1 müqaviməti ilə toplayırlar

$$r = r_1 + \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3}$$

Misal 1. Bir neçə müqavimət 33-cü a) şəklindəki sxem üzrə birləşdirilmişdir. Müqavimətlərdən $r_1 = 5 \text{ om}$; $r_2 = 15 \text{ om}$; $r_3 = 25 \text{ om}$; $r_4 = 10 \text{ om}$; $r_5 = 20 \text{ om}$. A və B , A və V , A və Q nöqtələri arasında müqaviməti təyin etməli.



Şəkil 33. Müqavimətlərin birləşdirilmə sxemi

Həlli. A və B nöqtələri arasında iki budaq birləşdirilmişdir. Bunlardan birinin müqaviməti r_1 , ikincisinininki isə r_2, r_3, r_4 və r_5 – dir. (Şəkil 33, b). Müqavimətlərdən r_3 və r_4 ardıcıl birləşdirildiyindən bunların ümumi müqaviməti :

$$r_{3-5} = r_3 + r_5 = 25 + 20 = 45 \text{ om}$$

r_{3-5} müqavimətinə paralel olaraq r_2 müqaviməti qoşulmuşdur. Beləliklə,

A və B nöqtələri arasında ikinci qolun müqaviməti aşağıdakı kimi olacaqdır :

$$r = r_4 + \frac{r_2 \cdot r_{3-5}}{r_2 + r_{3-5}} = 10 + \frac{15 \cdot 45}{15 + 45} = 21,25 \text{ om}$$

A və B nöqtələri arasındakı müqavimət :

$$r_{AB} = \frac{r_1 r}{r_1 + r} = \frac{5 \cdot 11,25}{5 + 11,25} = 3,46 \text{ om}$$

A və V nöqtələri arasındakı müqavimət (Şəkil 33, v) isə aşağıdakı kimi təyin edilir :

$$\frac{1}{r_{AB}} = \frac{1}{r_1 + r_4} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3 + r_5} = \frac{1}{5 + 10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{25 + 20} = \frac{7}{45},$$

buradan

$$r_{AB} = \frac{45}{7} = 6,43 \text{ om} .$$

A və Q nöqtələri arasındakı müqavimət belə alınır (Şəkil 33, q)

$$r_{AQ} = \frac{r r'}{r_3 + r'}$$

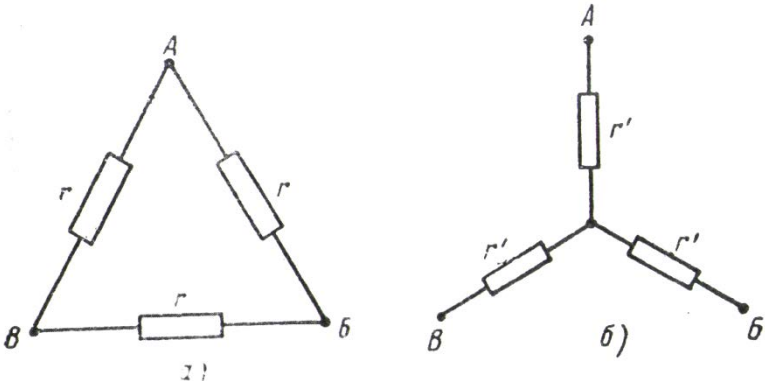
burada

$$r' = r_5 + \frac{r_2 (r_1 + r_4)}{r_2 + r_1 + r_4} = 20 + \frac{15 (5 + 10)}{15 + 5 + 10} = 27,5 \text{ om}$$

buradan

$$r_{AQ} = \frac{25 \cdot 27,5}{25 + 27,5} = 13,1 \text{ om}$$

Misal 2. $r = 15 \text{ om}$ olan üç eyni müqavimət üçbucaq birləşdirilmişdir. (Şəkil 34, a). Ulduz birləşdirməsinə (Şəkil 34, b) istənilən iki nöqtə arasındakı (A və B , B və V , V və A) ümumi müqavimət, üçbucaq birləşdirmədə istənilən iki nöqtə arasındakı ümumi müqavimətə bərabər olan eyni r' müqavimətlərini təyin etməli



a – üç eyni müqavimət üçbucaq birləşdirilmişdir; *b* – üç eyni müqavimət ulduz birləşdirilmişdir

Həlli. İstənilən iki nöqtə (*A*, *B* və *V*) arasında ümumi müqavimət üçbucaq birləşmədə belə olacaqdır :

$$r_{\Delta} = \frac{r(r+r)}{r+(r+r)} = \frac{15 \cdot 30}{45} = 10 \text{ om}$$

r' müqavimətlərini ulduz birləşdirdikdə ümumi müqavimət

$$r_Y = r' + r' = 2 r'$$

Lakin, məsələnin şərtinə görə $r_Y = r_{\Delta}$ olduğundan

$$r' = \frac{10}{2} = 5 = \frac{r}{3}$$

§21. KİRXHOFUN İKİNCİ QANUNU

Kirxhofun ikinci qanununu belə ifadə etmək olar: istənilən hər bir qapalı elektrik dövrəsində bütün EHQ -lərinin cəbri cəmiyyərinin bu dövrəyə ardıcıl qoşulmuş müqavimətlərin cəbri cəminə bərabərdir.

Yəni

$$E_1 + E_2 + E_3 + v \text{ və } i.a. = I_1 r_1 + I_2 r_2 + I_3 r_3 + v \text{ və } i.a.$$

Cəbri cəm işarəni nəzərə alır. Elektrik dövrəsinə EHQ -ləri istiqamətcə uyğun gələn iki enerji mənbəyi qoşulmuşdursa (Şəkil 35, a), bütün dövrənin EHQ bu enerji mənbələrinin EHQ cəminə bərabərdir :

$$E = E_1 + E_2$$

Dövrəyə EHQ -ləri əks istiqamətli iki enerji mənbəyi qoşulmuşdursa (Şəkil 35, b) , dövrənin ümumi EHQ həmin enerji mənbələrinin EHQ fərqinə bərabərdir :

$$E = E_1 - E_2$$

Elektrik dövrəsinə EHQ -ləri müxtəlif istiqamətdə olan bir neçə enerji mənbəyini ardıcıl qoşduqda, ümumi EHQ həmin enerji mənbələrinin EHQ -nin cəbri cəminə bərabərdir. Biristiqamətli EHQ -lərini topladıqda müsbət işarəli, əksistiqamətli EHQ -lərini cəmlədikdə isə mənfi işarəliləri götürürlər. Tənlik

tərtib etdikdə, konturdan yana getmə istiqamətini seçir və cərəyanların istiqamətlərini ixtiyari götürürlər. Adətən, qapalı dövrə, məsələn 36-cı şəkildə göstəriləyi kimi, mürəkkəb dövrənin bir hissəsini təşkil edir. Qapalı dövrə bu şəkildə a, b, v və qh ərfləri ilə işarə edilmişdir. a, bv və vn öqtələrində budaqlara ayrılma olduğundan I, I_2, I_3 və I_4 cərəyanlarının şiddəti fərqlənəcək və istiqamətləri müxtəlif ola biləcəkdir. Belə bir dövrə üçün Kirxhofun ikinci qanununa əsasən yazıla bilər :

$$E_1 - E_2 - E_3 = I_1(r_{01} + r_1) - I_2(r_{02} + r_2) - I_3(r_{03} + r_3) + I_4 r_4$$

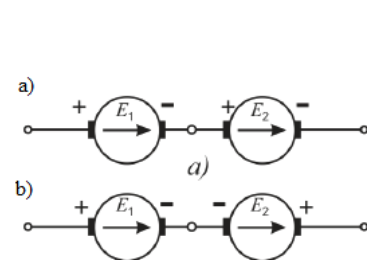
burada $r_{01}; r_{02}; r_{03}$ – enerji mənbələrinin daxili müqavimətləri ;

$r_1; r_2; r_3$ və r_4 – enerji qəbuledicilərinin müqavimətləridir.

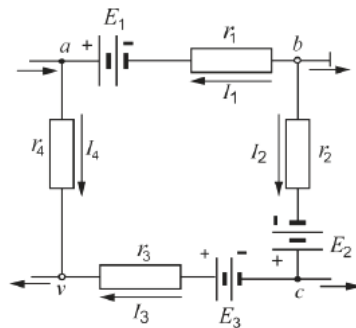
Budaqlanma olmadıqda və naqillər ardıcıl birləşdirildikdə xüsusi hallarda ümumi müqavimət bütün müqavimətlərin cəminə bərabər olur.

Daxili müqaviməti r_0 olan enerji mənbəyinin xarici dövrəsi, məsələn ardıcıl birləşdirilmiş və müqavimətləri müvafiq surətdə r_1, r_2, r_3 olan üç naqildən ibarətdirsə (28-ci şəklə bax), Kirxhofun ikinci qanununa əsasən yazıla bilər ki :

$$E = I r_0 + I r_1 + I r_2 + I r_3$$



Şəkil 35. Elektrik enerji mənbələrinin birləşdirilməsi
a) razılaşdırılmış b) qarşıqlıq



Şəkil 36. Müəkkəb elektrik dövrəsi

Enerji mənbəyi bir neçə ədəd olduqda həmin bərabərliyin sol tərəfində bu mənbələrin EHQ -lərinin cəbri cəmi alınardı. İki və ya bir neçə enerji mənbəyini paralel qoşduqda bunlardan keçən cərəyanlar eyni olmur.

EHQ E_1 və E_2 , daxili müqaviməti r_1 və r_2 olan paralel birləşdirilmiş iki enerji mənbəyini hər hansı bir xarici müqavimətə qapasaq (Şəkil 37) xarici dövrədəki cərəyan şiddəti I – ni və mənbələrdəki I_1 və I_2 -ni aşağıdakı ifadələrdən təyin etmək olar:

$$I = I_1 + I_2; \quad I = \frac{U}{r};$$

$$I_1 = \frac{E_1 - U}{r_1}; \quad I_2 = \frac{E_2 - U}{r_2}.$$

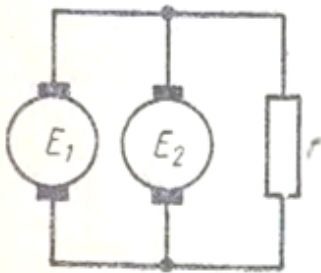
Buradan xarici dövrədəki cərəyan şiddəti

$$I = \frac{E_1 r_2 + E_2 r_1}{r_1 r_2 + r_1 r + r_2 r};$$

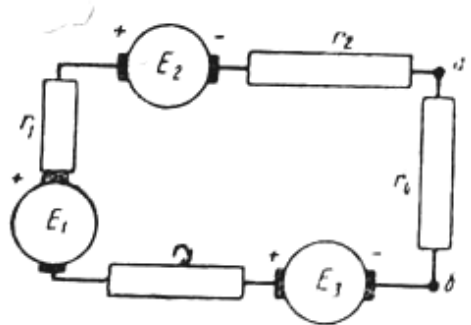
birinci və ikinci enerji mənbələrindən keçən cərəyan şiddəti isə

$$I_1 = \frac{E_1 - Ir}{r_1}; \quad I_2 = \frac{E_2 - Ir}{r_2}$$

olacaqdır.



Şəkil 37. Xarici müqavimətə qaplanmış paralel birləşdirilmiş generatorlar



Şəkil 38. Elektrik dövrəsinin sxemi

Misal 1. 38-ci şəkildə verilmiş sxem enerji mənbələrinin e. h. q –ləri və enerji qəbuledicilərinin müqavimətləri belədir:

$$E_1 = 12 \text{ V}; E_2 = 6 \text{ V}; E_3 = 9 \text{ V};$$

$$r_1 = 8 \text{ om}; r_2 = 5 \text{ om}; r_3 = 4 \text{ om}; r_4 = 10 \text{ om}.$$

Bütün enerji mənbələrinin daxili müqaviməti eyni və $r_0 = 1$ om olarsa qapalıdövrədə cərəyan şiddətini, habelə a və b nöqtələri arasında gərginliyi təyin etməli.

Həlli: Dövrədə e h q –nin cəbri cəmi belə olacaqdır:

$$E_1 - E_2 + E_3 = 12 - 6 + 9 = 15 \text{ v}$$

Bu ifadədə E_2 –nin EQ , ikinci enerji mənbəyi birinci və üçüncüyə qarşı- qarşıya qoşulduğundan mənfə götürülmüşdür.

Dövrənin ümumi müqaviməti:

$$3r_0 + r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 3 + 8 + 5 + 4 + 10 = 30 \text{ om}$$

Dövrədə cərəyan şiddəti

$$I = \frac{E_1 - E_2 + E_3}{3r_0 - r_1 + r_2 + r_3 + r_4} = \frac{15}{30} = 0,5 \text{ a}$$

A və B nöqtələri arasındakı gərginlik

$$U_{AB} = Ir_4 = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ v}$$

olacaqdır.

Misal 2. Paralel birləşdirilmiş iki generator müqavimətinə qapanmışdır(37-ci şəklə bax). Bu generatorların e. h. q $E_1 = 15\text{v}$ və $E_2 = 10 \text{ v}$, bunların daxili müqavimətləri $r_0 = 1$ om-dur.

İkinci generatorda cərəyan şiddətinin sıfıra bərabər olduğu xarici r müqaviməyinin qiymətini təyin etməli.

Həlli: İkinci generatorun e h q-si birinci generatorun sıxaclarındakı gərginliyə bərabər olduqda, ikinci generatorda cərəyan şiddəti sıfıra bərabərdir, yəni:

$$E_2 = U_1 = E_1 - I_1 r_0 = 10 \text{ v}$$

$$I_1 r_0 = E_1 - U_1 = E_1 - E_2 = 15 - 10 = 5 \text{ v}$$

Birincigeneratorun cərəyan şiddəti:

$$I_1 = \frac{E_1 - E_2}{r_0} = \frac{5}{1} = 5 \text{ a.}$$

Xarici müqavimət

$$r = \frac{U_1}{I_1} = \frac{10}{5} = 2 \text{ om}$$

Misal 3. E h q- ləri $E_1 = E_2 = 120 \text{ v}$ və daxili müqaviməti $r_1 = 3 \text{ om}$, $r_2 = 6 \text{ om}$ olan paralel birləşdirilmiş iki generator (37-ci şəklə bax) $r = 18 \text{ om}$ müqavimətinə qapanmışdır.

Xarici dövrədəki cərəyan şiddətini və həm birinci, həm də ikinci generatorda cərəyan şiddətini təyin etməli.

Həlli: Paralel birləşdirilmiş iki generatorun daxili müqaviməti belə olacaqdır

$$r_0 = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 \text{ om}$$

Xarici dövrədəki cərəyan şiddəti:

$$I = \frac{E}{r_0 + r} = \frac{120}{2 + 18} = 6 \text{ a}$$

Birinci və ikinci generatorda cərəyanlar həmin generatorların daxili müqavimətinə tərs mütənasibdür, yəni:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{6}{3} = 2$$

Beləliklə

$$I_1 + I_2 = 3I_2 = 6 \text{ a}$$

Buradan isə $I_2 = 2 \text{ a}$ və $I_1 = 4 \text{ a}$

§22. ELEKTRİK CƏRƏYANININ İŞİ VƏ GÜCÜ

Cismin işgörmə qabiliyyətinə onun **enerjisi** deyilir. Məsələn, hündürlüyə qaldırılmış hər hansı bir yük müəyyən enerji ehtiyatına malikdir və hündürlükdən düşərkən iş görür. Bu cismin enerjisi nə qədər çox olarsa, o, öz hərəkəti zamanı daha çox iş görəcəkdir. Enerji yox olmur, bir formadan digərinə keçir. Məsələn, elektrik enerjisi mexaniki, istilik, kimyəvi enerjilərə; mexaniki enerji elektrik enerjisinə və s. çevrilə bilər. Qapalı elektrik dövrəsində cərəyan axır ki, bildiyimiz kimi, bu da elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş irəliləmə hərəkətindən ibarətdir. Qapalı dövrədə yükləri hərəkət etdirmək üçün elektrik enerji mənbəyi müəyyən enerji sərf edir; bu, enerji mənbəyi EHQ E -nin həmin dövrədən keçən q elektrik miqdarının hasilinə, yəni Eq -yə bərabərdir. Lakin bu enerjinin hamısı faydalı olmur, yəni enerji mənbəyinin gördüyü bütün iş enerji qəbulədicisinə verilmir; bunun bir hissəsi mənbənin və naqillərin daxili müqavimətinin dəf edilməsinə sərf olunur. Beləliklə, elektrik enerji mənbəyinin gördüyü faydalı iş:

$$A = Uq$$

Burada U – enerji qəbulədicisinin sıxaclarındakı gərginlikdir.

Elektrikin miqdarı keçdiyi müddət ərzində dövrədəki cərəyan şiddətinin hasilinə bərabər olduğundan, (yəni $q = It$) iş düsturunu aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$A = UI t$$

Bu düsturdan aydın olur ki, elektrik enerjisi və ya cərəyanın işi dövrədəki gərginliyin cərəyanına və bu cərəyanın keçmə müddətinə vurulma hasilidir.

Dövrə hissəsinin sıxaclarındaki gərginliyi cərəyanın həmin sahə müqavimətinə hasili, yəni :

$$U=Ir$$

kimi ifadə etsək iş düsturunu belə də yazı bilərik :

$$A = I^2rt$$

Lakin bu göstərilən düsturlardan heç biri həmin işin alındığı elektrik enerjisi generatorlarının ölçülərini müəyyən etmir; belə ki, həm böyük və həm də kiçik generatorlar eyni, lakin müxtəlif müddətlərdə iş verə bilərlər. Buna görə də generatorun ölçüləri görülmüş işlə deyil, onun gücü ilə müəyyən edilir. Bu, elektrik enerjisini istehsal etməyən, enerjini işlədən istənilən elektrotexniki aparat və maşınlar(məsələn, elektrik mühərriklərinə, elektrik lampalarına, qızdırıcı cihazlara və s.) aiddir.

Bir saniyə ərzində görülən (və ya sərf edilən) işə güc deyilir. Güc aşağıdakı kimi ifadə olunur :

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Uq}{t} = UI = I^2r$$

İş və güc düsturlarında gərginlik- volt, cərəyan şiddəti- amper, müqavimət- om, zaman- saniyə ilə ifadə olunarsa, iş nyuton- metr və ya vatt- saniyə, yəni coul, güc isə vatt ilə alınır.

Kiçik gücləri ölçmək üçün bir vattadan 1000 kiçik olan ölçü vahidindən istifadə olunur ; buna millivatt (mvt) deyilir. 1 vt =1000 mvt

Böyük gücləri ifadə etmək üçün vattadan 100 və 1000 dəfə böyük olan ölçü vahidindən istifadə edilir ; bunlar hektovatt (hvt) və kilovatt (kvt) adlanır. 1 hvt=100 vt ; 1 kvt=1000 vt

Lakin vatt-saniyə (coul) nisbətən kiçik kəmiyyət olduğundan, iş, adətən, daha iri ölçü vahidləri ilə : vatt-saat (vt. s) və kilovatt-saat (kvt. s) ilə ifadə olunur. Bu ölçü vahidləri və vatt-saniyə arasında belə bir nisbət vardır : 1 vt·s = 3600 vt·san, 1 kvt·s = 1000 vt·s

Elektrik cərəyanının işi və kiloqrammetr (kgm) ilə ölçülən mexaniki iş arasında belə bir nisbət vardır : 1 vt·san=0, 102 kgm. Mexaniki gücü ölçmək üçün saniyədə (kgm. / san) vahidindən istifadə olunur:

1 kgm. / san = 9, 81 vt.

Generatorun sıxaclarındaki gərginlik U olduqda xarici dövrədə I cərəyanı ilə ayrılan güc gərginliyin cərəyanına hasili kimi ifadə olunur, yəni:

$$P = UI$$

Xarici müqavimət (r) çox kiçik olduqda dövrədəki cərəyanı xeyli çox, generatorun sıxaclarındaki gərginlik isə xeyli kiçik olur. Xarici dövrənin r müqaviməti sıfıra bərabər olduqda generatorun sıxaclarındaki U gərginliyi də sıfıra bərabər alınır. Deməli, xarici dövrəyə verilən P gücü də sıfıra bərabər olacaqdır :

$$P = 0I = 0$$

Xarici müqavimət çox böyük olduqda (xarici dövrə açılmış olduqda onun müqaviməti sonsuz böyük kəmiyyət təşkil edir) dövrədəki cərəyan şiddəti sıfıra bərabərdir. Bu kimi hallarda da xarici dövrəyə verilən yük sıfıra bərabər olacaqdır :

$$P = U0 = 0$$

Beləliklə, xarici dövrənin müqaviməti artdıqca güc əvvəlcə sıfırdan hər hansı bir ən böyük (maksimal) kəmiyyətə qədər yüksəlir, sonra isə sıfıra qədər azalır.

Gücün belə dəyişməsinə izah edək. Tutaq ki, elektrik hərəkət qüvvəsi $E = 48$ v və daxili müqaviməti $r_0 = 8$ om olan elektrik enerji mənbəyini r müqaviməti 0 (qısaqapanma), 2; 4; 8; 16; 32; 48; və 96 om olan xarici dövrəyə ardıcıl qapayıraq. I cərəyan şiddətini və bu müqavimətlərin hər birində xarici dövrəyə verilən P gücünü hesablayaq.

Xarici dövrənin r müqavimətindən asılı olaraq cərəyan şiddətinin və gücün dəyişməsinə əyani təsəvvür etmək üçün 4-cü cədvəli düzəldək.

Generatorun ən çox güc verəcəyi xarici dövrənin r müqavimətini tapaq.

Generatorun daxili müqaviməti r_0 , xarici dövrənin müqaviməti isə r olarsa, dövrədəki I cərəyanında generatorun daxilində ayrılan güc $P_0 = I^2 r_0$, xarici dövrədə ayrılan güc isə $P = I^2 r$ olacaqdır.

Beləliklə, generatorun hasil etdiyi tam güc :

$$P_{TAM} = P + P_0 = I^2 r + I^2 r_0 = I(Ir + Ir_0)$$

Axırıncı bərabərliklərin sağ hissəsindəki mütərizəyə alınmış cəm generatorun EQ E -ni ifadə edir, yəni :

$$E = Ir + Ir_0$$

Deməli, generatorun tam gücünü aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar :

$$P_{TAM} = P + P_0 = EI$$

Buradan

$$P = EI - P_0 = EI - I^2 r_0$$

Cədvəl 4.

Xarici dövrənin müqaviməti, om ilə	0	2	4	8	16	32	48	96
Cərəyan şiddəti $I = \frac{E}{r_0 + r}, a$ ilə	6	4,8	4	3	2	1,2	1,2	0,855
Xarici dövürdəki güc $P = I^2 r$, vt ilə	0	46	64	72	64	46	34,5	18,8

Bu sonuncu bərabərliyin hər iki hissəsini $r_0 - abölsək :$

$$\frac{P}{r_0} = \frac{EI}{r_0} - I^2$$

Bu bərabərliyin sağ hissəsindən $\frac{E^2}{4r_0^2}$ çıxsaq və toplasaq

$$\frac{P}{r_0} = \frac{EI}{r_0} - I^2 + \frac{E^2}{4r_0^2} - \frac{E^2}{4r_0^2} = \frac{E^2}{4r_0^2} - \left(I^2 - \frac{EI}{r_0} + \frac{E^2}{4r_0^2} \right)$$

Mötərizəyə alınmış ifadə $I - \frac{E}{2r_0}$ ikihədlisinin kvadratından ibarətdir.

Deməli :

$$\frac{P}{r_0} = \frac{E^2}{4r_0^2} - \left(I - \frac{E}{2r_0} \right)^2$$

Yəqin ki $\frac{P}{r_0}$ -in (və ya r_0 sabit olduğundan P gücünün) ən böyük qiyməti çıxılan $\left(I - \frac{E}{2r} \right)^2$ sıfıra bərabər olduqda, yəni :

$$I - \frac{E}{2r} = 0$$

alınacaqdır. Buradan

$$I = \frac{E}{2r_0}$$

Alınmış düsturu

$$I = \frac{E}{r + r_0}$$

Düsturu ilə müqayisə etsək, aydın olar ki, xarici dövürdə gücün ən böyük alınması üçün

$$2r_0 = r + r_0$$

Və ya

$$r = r_0$$

Olmalıdır.

Beləliklə, xarici dövrdə ən böyük güc almaq üçün bu dövrənin müqaviməti generatorun daxili müqavimətinə bərabər olmalıdır.

Nəzərdən keçirdiyimiz misal bu qaydanı təsdiq edir. Həqiqətən də, 4-cü cədvəldən görüldüyü kimi, generator (enerji mənbəyi) ən böyük (72 vt) gücü müqaviməti 8 om, yəni generatorun daxili müqaviməti qədər olan xarici dövrəyə verir.

Lakin nəzərdə tutmaq lazımdır ki, generatorun daxili müqaviməti xarici dövrənin müqavimətinə bərabər olduqda, generatorun faydalı təsiri çox az alınır və belə bir şəraitdə generatorun işi qənaətli deyildir; çünki generatorun hasil etdiyi gücün yarısı onun daxili müqavimətinin dəf edilməsinə verilir-sərfəsiz işlənir, həm də bu halda generator qızır.

Misal 1. Mənzildə hər birinin gücü 50 vt olan 6 elektrik lampası və aşağıdakı məişət cihazları vardır: 2 a şiddətində cərəyan sərf edən paltar yuyan maşın, 1 a şiddətində cərəyan sərf edən elektrik tozsoranı, 500 vt güc sərf edən elektrik ütüsü.

Lampalar gündə 5 saat, paltaryuyan maşın həftədə 3 saat, tozsoran həftədə 6 saat, elektrik ütüsü 3 saat işləyərsə bir ay ərzində sərf olunacaq elektrik enerjisinin orta dəyərini tapmalı. 1 kvt enerjinin qiyməti 4 qəp., Şəbəkədəki gərginlik isə 220 v-dur.

Həlli. Ay (30 gün) ərzində lampaların yanma müddəti –

$5 \cdot 30 = 150$ saat. Ay (4 həftə) ərzində məişət cihazlarının işləmə müddəti belədir: paltar yuyan maşın - $3 \cdot 4 = 12$ saat; tozsoran - $6 \cdot 4 = 24$ saat; elektrik ütüsü - $3 \cdot 4 = 12$ saat.

Ay ərzində lampalar $6 \cdot 50 \cdot 150 = 45\,000$ vt*saat = 45 kvt*s; paltaryuyan maşın - $2 \cdot 220 \cdot 12 = 520$ vt*s = 5, 280 vt*s; tozsoran – $1 \cdot 220 \cdot 24 = 5\,280$ vt*saat = 5, 28 kvt*s; elektrik ütüsü – $500 \cdot 12 = 6\,000$ vt*s enerji sərf edir. Ay ərzində lampaların və cihazların sərf etdiyi enerji bu qədər olacaqdır:

$45 + 5,28 + 5,28 + 6 = 61,56$ kvt*saat

Elektrik enerjisinin qiyməti bu qədər alınır:

$61,56 \cdot 4$ qəp. = 246 qəp. = 2 man. 46 qəp

Misal 2. EHQ 10 v və daxili müqaviməti 10 om olan qalvanik elementlər batareyası vardır. Bu batareyanın xarici dövrəyə verə biləcəyi maksimal gücü təyin etməli.

Həlli: Enerji mənbəyi xarici dövrənin müqaviməti enerji mənbəyinin daxili müqavimətinə bərabər, yəni

$$r = r_0 = 10 \text{ om}$$

olduqda xarici dövrəyə maksimal güc verir.

Xarici müqavimət belə olduqda dövrədəki cərəyan şiddəti

$$I = \frac{E}{r+r_0} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ a.}$$

Enerji qəbuledicisinin sərf etdiyi güc isə

$$P = I^2 r = 0,5 * 10 = 2,5 \text{ vt}$$

olacaqdır.

§23. FAYDALI İŞ ƏMSALI

Yuxarıda göstərdiyimiz kimi xarici dövrədə cərəyanın ayırdığı güc generatorun sıxaclarındakı gərginliyin cərəyan şiddətinə hasilinə bərabərdir, yəni

$$P = U \cdot I$$

Bu, generatorun faydalı gücü, yəni generatorun elektrik enerjisi qəbuledicisinə verdiyi gücdür.

Generatorun hasil etdiyi güc e. h. q –nin cərəyan şiddətinə hasilinə ifadə olunur, yəni

$$P_n = E \cdot I$$

Enerjinin saxlanması qanununa uyğun olaraq generatorun faydalı gücü onun hasil etdiyi gücdən azdır, çünki iş zamanı generatorun mütləq enerji itkisi baş verir. Həmin generatordan elektrik enerjisi alan qurğunun şəraitini qiymətləndirmək üçün generatorun faydalı iş əmsalından (f. i. ə.) istifadə olunur. Generatorun faydalı iş əmsalı xarici dövrəyə verilən gücün (generatorun faydalı gücünün) generatorun hasil etdiyi tam gücə nisbətinə deyilir, yəni: P

$$\eta = \frac{P_n}{P} = \frac{U}{E} \quad (11)$$

Deməli, generatorun f. i. ə. yüklənmə zamanı generatorun sıxaclarındakı gərginliyin onun e. h. q -nə nisbətindən ibarətdir. Bu nisbəti 100-ə vurub F. İ. Ə – ni faiz ilə alırıq:

$$\eta\% = \frac{P_n}{P} 100 = \frac{U}{E} 100\%$$

(11) düsturunu aşağıdakı şəkildə yaza bilərik:

$$\eta = \frac{U}{U+Ir_0} = \frac{Ir}{Ir+Ir_0} = \frac{r}{r+r_0} = \frac{1}{1+r_0/r}$$

Bu ifadədən görüldüyü kimi, r_0/r nisbəti, yəni xarici dövrənin müqavimətinə nisbətən generatorun daxili müqaviməti nə qədər az olarsa, generatorun f. i. ə. , o qədər az alınacaqdır.

Misal 1. EHQ $E=230$ v və daxili müqaviməti 0, 5 om olan cərəyan generatoru $r=11$ om olan xarici müqavimətə qapanmışdır. Generatorun faydalı gücünü, alınan gücü və f. i. ə-nı təyin etməli.

Həlli. Qapalı dövrdə cərəyan şiddəti

$$I = \frac{E}{r+r_0} = \frac{230}{11,5} = 20 \text{ a}$$

Generatorun faydalı gücü və hasil etdiyi güc

$$P = I^2 r = 20^2 \cdot 11 = 4400 \text{ vt} = 4,4 \text{ kv}$$

$$P_n = EI = 230 \cdot 20 = 4,6 \text{ kv}$$

Generatorun f. i. ə.

$$\eta = \frac{P}{P_n} = \frac{I^2 r}{EI} = \frac{4,4}{4,6} = 0,956 = 95,6 \%$$

Misal 2. Yüklənmə $I=60$ a və f. i. ə. 85% olduqda EHQ $E=115$ v olan sabit cərəyan generatorun faydalı gücünü təyin etməli.

Həlli. Generatorun hasil etdiyi güc

$$P_n = EI = 115 \cdot 60 = 6,9 \text{ kv}$$

Generatorun faydalı gücü

$$P = \eta P_n = 0,85 \cdot 6900 = 5865 \text{ vt}$$

§24. COUL -LENS QANUNU

Elektrik cərəyanı naqildən keçdikdə naqıl qızır. Bu, onunla izah edilir ki, cərəyan mənbəyi cərəyanı naqildən keçirtmək üçün müəyyən enerji sərf edir və bu enerji istiliyə çevrilir. Müqavimətin dəf edildiyi hər bir hərəkətə enerji sərf etmək lazım gəlir. Məsələn, hər hansı bir cismi hərəkət etdirmək üçün sürtünmə müqaviməti dəf olunur və buna sərf olunmuş iş istiliyə çevrilir. Naqilin elektrik müqaviməti də sürtünmə müqavimətinin rolunu oynayır. Məlum olduğu kimi, istilik miqdarının ölçü vahidi böyük və kiçik kaloridir. Böyük kalori (kiloqram-kalori-kkal) bir kiloqram suyun temperaturunu bir dərəcə Selsi qədər artırmaq üçün sərf olunacaq istiliyin miqdarıdır. Kiçik kalori (qram kalori-kal)

bir qram suyun temperaturunu bir dərəcə Selsi qədər artırmaq üçün sərf olunacaq istiliyin miqdarıdır. Beləliklə, kiçik kalori böyük kaloridən 1000 dəfə kiçik olan ölçü vahididir. Rus akademiki Lens və ingilis fiziki Coul eyni vaxtda bir-birindən asılı olmayaraq müəyyən etmişlər ki, naqıldən cərəyan keçərkən onun ayırdığı istiliyin miqdarı cərəyan şiddətinin kvadratı ilə, naqilin müqaviməti və cərəyanın naqıldə sabit saxlandığı zamanda düz mütənasibdir. Bu qanuna Lens-Coul qanunu deyilir. Cərəyanın ayırdığı istiliyin miqdarını Q , naqıldəki cərəyan şiddətini I , naqilin müqavimətini r və naqıldən cərəyanın keçmə müddətini t həfləri ilə işarə etsək Lens-Coul qanununu riyazi şəkildə belə ifadə edə bilərik : $Q = KI^2rt$

burada K - cərəyan şiddəti, müqavimət və cərəyanın keçmə müddəti üçün seçilmiş vahidlərdən asılı olaraq mütənasiblik əmsəlidir.

Təcrübə yolu ilə müəyyən edilmişdir ki, *müqaviməti 1 om olan naqıldə 1A şiddətində cərəyan 1 san ərzində 0, 24 kiçik kalori qədər istilik ayırır.* Deməli, cərəyan-ampere, müqavimət-om, zaman-saniyə ilə ifadə olunur. Lens-Coul qanununu belə yazıla bilərik :

$$Q = 0, 24I^2rt \text{ kal(12)}$$

Lakin Om qanununa görə

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

olduğundan

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

(12) düsturunda I və r - i göstərilən qiymətlərlə əvəz etsək ;

$$Q = 0, 24 \frac{U^2}{r} t = 0, 24UI t$$

Misal 1. Qızdırıcı cihazın müqaviməti 24 om-dur və o gərginliyi 110 v olan şəbəkəyə qoşulmuşdur. 0, 5 saat ərzində bu cihazın ayırdığı istiliyin miqdarını təyin etməli.

Həlli. Cərəyanın keçmə müddəti (saniyə ilə) aşağıdakı kimi olacaqdır: $t = 0, 5 \text{ saat} = 30 \text{ dəq} = 30 \cdot 60 = 1800 \text{ san.}$

Cihazın ayırdığı istiliyin miqdarı isə

$$Q = 0, 24 \frac{U^2}{r} t = 0, 24 \frac{110^2}{24} 1800 = 217 \text{ kal}$$

olacaqdır.

Misal 2. Tutumu 2 L olan elektrik qaynadıcısında başlanğıc temperaturu 20° olan su 15 dəqiqədən sonra qaynayır. Bu qaynadıcıdakı elementin müqavimətini, habelə göstərilən miqdarda suyu qaynatmaq

üçün cərəyanın gücünü və işini təyin etməli ; qaynadıcı 220 v gərginlikdə işləyir və f. i. ə. 80%-dir.

Həlli. Suyun başlanğıc temperaturu 20° olduğundan onu qaynatmaq üçün temperaturu 100 -20 = 80⁰yüksəltmək lazımdır. Beləliklə, su qaynadıcının elementindən

$$80 \cdot 2000 = 160000 \text{ kkal}$$

İstilik almalıdır.

Lakin qaynadıcının f. i. ə. olduğundan qızdırıcı elementin qaytardığı istiliyin miqdarı

$$160000 : 8 = 200000 \text{ kal} = 200 \text{ kkal}$$

olacaqdır. Qaynadıcıdan keçən cərəyanın şiddətini isə aşağıdakı düsturla tapırıq :

$$Q = 0,24UIt$$

buradan

$$I = \frac{Q}{0,24Ut} = \frac{200000}{0,24 \cdot 220 \cdot 15 \cdot 60} = 4,2 \text{ a}$$

Qızdırıcı elementin müqaviməti

$$r = \frac{U}{I} = \frac{220}{4,2} = 52,4 \text{ om}$$

Qaynadıcının sərf etdiyi güc

$$P = UI = 220 \cdot 4,2 = 924 \text{ vt}$$

Qaynadıcıda sərf olunan elektrik enerjisi

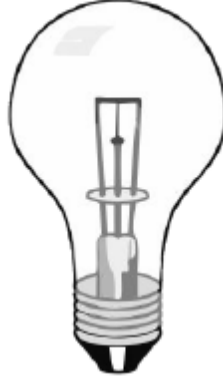
$$W = UIt = 220 \cdot 4,2 \cdot 15 \cdot 60 = 831600 \text{ coul}$$

§25. ELEKTRİK CƏRƏYANINƏN İSİTİLİK TƏSİRİNDƏN İSTİFADƏ OLUNMASI

Naqillərin elektrik cərəyanı ilə qızmasının çox böyük praktiki əhəmiyyəti vardır. Bu, elektrik işıqlandırmasında, elektrik qızdırma cihazlarında, elektrik peçlərində, ölçmə və tibb aparatlarının bir çoxunda və s. yerlərdə istifadə edilir. 1873-cü ildə A. N. Lodikin tərəfindən ixtira olunmuş közərmə elektrik lampası süni işıqlandırmanın bütün növlərindən daha geniş yayılmışdır. Belə lampada naqil cərəyanıtəsiri ilə ağ rəngə qədər közərir və buna görə də işıq saçır. Müasir közərmə lampasının (şəkil 39) əsas hissələri közərmə telindən və şüşə balondan (kolbadan) ibarətdir. İşıqlandırma lampalarının közərmə telini hazırlamaq üçün volframdan (torium oksidi və digər

elementlərin qarışığı ilə birlikdə) istifadə olunur. Bu metalın ərimə temperaturu çox yüksək (3660) , mexaniki möhkəmliyi çox böyükdür.

Normal işıqlandırma lampaları 110, 120/127 və 220 v gərginlik üçün DÜİST 2239-43 standartı üzrə buraxılır. Közərməş telin yanmaması, yəni telin metalının havanın oksigeni ilə birləşməməsi üçün kolbadan oksigeni çıxarırlar.



Şəkil 39. Közərmə lampası

Gücü 60 vt-a qədər olan lampaların kolbasından hava çıxarılır (vakuum lampalar) və azotun, yaxud kriptonun seyrəkləşdirilmiş qatışığını doldururlar (qaz dolu lampalar). Kolbaya inert qaz doldurulması volframın buxarlanmasını azaldır, bu isə telin közərmə temperaturunu yüksəltməyə imkan verir.

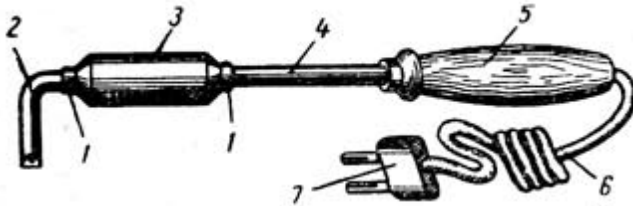
Közərmə telini sarğıları bir -birinə yaxın yerləşən spiral burulmuş nazik məftildən hazırlayırlar.

Közərmə lampalarının əsas xarakteristikaları nominal gərginlikdən, gücdən, saçılan işıq axınından, işləmə müddətindən və işıq verimindən ibarətdir. Işıq verimi işıq axınının gücə nisbətindən ibarət olub, lampanın qənaətliliyini müəyyən edir. Nominal gərginlikdə lampanın arası kəsilmədən yanma müddətinə (bu müddət ərzində lampa öz başlanğıc işıq axınının 10%-ni itirir) lampanın xidmət müddəti deyilir. DÜİST 2239-43 lampaların xidmət müddətinin 1000 saat olmasını müəyyən edir. Lampanın saçdığı işıq axını ona görə azalır ki, ağ közərmə temperaturunda tel metalının en kəsiyi sahəsi metalın buxarlanıb, toz şəklində kolbanın divarlarına çökməsi nəticəsində tədricən kiçilir. Bu, közərmə telinin müqavimətinin artmasına və işıq

şiddətinin azalmasına səbəb olur. Lampaların düzgün istismarı üçün tələb olunan şərait şəbəkə gərginliyinin sabitliyidir.

Hər bir qızdırıcı cihazın işi elektrik cərəyanı ilə naqillərin qızmasından istifadə olunmasına əsaslanır. Məsələn olaraq 40-cı şəkildə göstərilmiş elektrik lehimləyicini nəzərdən keçirək. Bu elektriklehimləyicisi bir ucuna iki tərəfli deşiyi olan taxta dəstək (5) taxılmış metal borudan-gövdədən (4) ibarətdir. Bu borunun o biri ucuna çox böyük müqavimətli məftildən(məsələn, nixromdan) sarğısı olan mis mil (2) taxılır. Bu sarğı örtük (3) ilə mühafizə olunur. Örtük halqalarla (1) bərkidilir və lehimləyicinin gövdəsindən mika ilə izolyasiya olunur. Sarğının ucları borunun içərisindən keçən şnur (6) birləşdirilir. Bu şnurun ucuna lehimləyicini şpəsel rozetkasına birləşdirmək və beləliklə elektrik şəbəkəsinə qoşmaq üçün olan şpəsel çəngəli (7) bərkidilir. Cərəyan lehimləyicinin sarğısından keçdikdə onu və mis mili qızdırır; bu mis mil lehimləyicinin işlək hissəsidir.

Naqillərin elektrikle qızması həmişə faydalı deyildir. Məsələn, elektrik veriş xətlərinin məftillərində qızma, elektrik enerjisinin hədəf yerə sərfinə səbəb olur, cərəyanında həddindən artıq yüklənmədə isə yangın təhlükəsinə səbəb ola bilər. Xətt məftillərinin, habelə elektrik aparatlarında izolyasiyalı məftillərdən hazırlanmış müxtəlif dolaqların həddindən artıq qızmasına yol verməmək üçün həmin məftillərdən və ya dolaqdan keçirilən cərəyanların maksimal norması müəyyən edilmişdir.



Şəkil 40. Elektrik lehimləyicisi:
1-halqalar; 2- mis mil; 3- örtük; 4- gövdə;
5-dəstək; 6-şnur; 7-çəngəl

Adətən, bu və ya digər elektrik qurğusu üçün yolverilən cərəyanı cərəyanın yolverilən sıxlığını hesablamaqla normalaşdırırlar. Cərəyanın sıxlığı məftilin bir kvadrat millimetr en kəsik sahəsinə düşən cərəyanla müəyyən edilir.

Məsələn, en kəsik 6 olan məftildən 30A qədər cərəyan keçirsə bu məftildə cərəyanın sıxlığı $30:6=5$ olacaqdır. Aparat və cihazları çox yüksək cərəyanların keçməsinə mühafizə etmək üçün cərəyanın kəmiyyəti yolverilən normadan artıq olan kimi dövrəni avtomatik surətdə kəsən qoruyucu quruluşlardan istifadə olunur. Məişətdə işlədilən qurğularda tıxacı qoruyuculardan geniş istifadə olunur. Belə qoruyucularda müəyyən diametrlə qurğusun məftil əriyən taxmaqoruyucu kimi işlədir; qurğusun məftilin diametri həmin qurğuda cərəyanın nominal qiymətindən asılı olaraq götürülür.

§26. ELEKTRİK QÖVSÜ

Elektrik qövsü ilk dəfə olaraq V. V. Petrov tərəfindən 1802-c ildə kəşf edilmişdir. Elektrik enerji mənbəyinin qütblərinə kömür çubuq-elektrodlar birləşdirib, bunları bir-birinə yaxınlaşdırısaq, qapalı elektrik dövrəsi yaranacaq və bundan cərəyan keçməyə başlayacaqdır. Lakin kömür elektrik cərəyanını pis keçirdiyindən, yəni müqaviməti çox olduğundan cərəyan keçərkən kömür elektrodalarda xeyli miqdarda istilik ayrılacaqdır. Kontakt yerində, yəni kömür elektrodların toxunma nöqtəsində müqavimət artır. Buna görə də kömür çubuqların bir-birinə yaxınlaşdırılmış ucları çox yüksək temperatura qədər qızıb, işıq saçmağa başlayır.

Qızdırılmış bu elektrodları ucları bir-birinə toxunmayacaq qədər araladıqda dövrədəki cərəyan kəsilir və elektrodların ucları arasında şiddətli işıqlanma başlanır, elektrik qövsü yaranır.

Kömür çubuqların temperaturu yüksəldikcə kömürdə olan elektronların hərəkət sürəti də artır. Şiddətli qızma zamanı sərbəst elektronların hərəkət sürəti o qədər artır ki, kömürləri bir-birindən araladıqda da çubuqlardan elektrodlararası boşluğa elektronlar uçar.

Bu halda elektron emissiyası, yəni sərbəst elektronların kömür çubuqdan xarici mühitə özbaşına çıxımı başlanır. Elektrodların temperaturu yüksəldikcə emissiya artır.

Sərbəst elektronlar havaya mənfi elektrodan (katoddan) müsbət elektroda (anoda) çox böyük sürətlə uçar. Sərbəst elektronların çox böyük enerjisi olduğundan havanın neytral atomları ilə toqquşaraq onları müsbət və mənfi yüklənmiş hissəciklərə-ionlara parçalayır. Bu prosesə toqquşma ilə ionlaşma deyilir.

Elektronların enerjisi neytral atomları ionlaşdırmaq üçün kifayət etmədikdə elektronların neytral atomlarla toqquşması nəticəsində bu atomlar daha sürətlə hərəkət edir və elektrodların arasındakı havanın temperaturu bir neçə min dərəcəyə çatır, bunun nəticəsində də başqa ionlaşma prosesi-istilik yaranır.

Elektrodların qızmış uclarından işığın sürətlə saçması da elektrikle yüklənmiş hissəciklər yaradır, yəni fotoionlaşma baş verir.

Bütün bu proseslər nəticəsində elektrodların arasındakı hava ionlaşır və elektrik neytrallığını itirir. Közərmis qazların (məsələn, yüksək temperatura qədər qızdırılmış kömürdən ayrılan karbon qazının) olması elektrodların arasındakı boşluğun elektrik keçiriciliyini yüksəldir. Beləliklə də bir-birindən aralanmış elektrodlar arasında elektrik cərəyanını yaxşı keçirən qaz aralığı yaranır və qövsün boşalması başlanır.

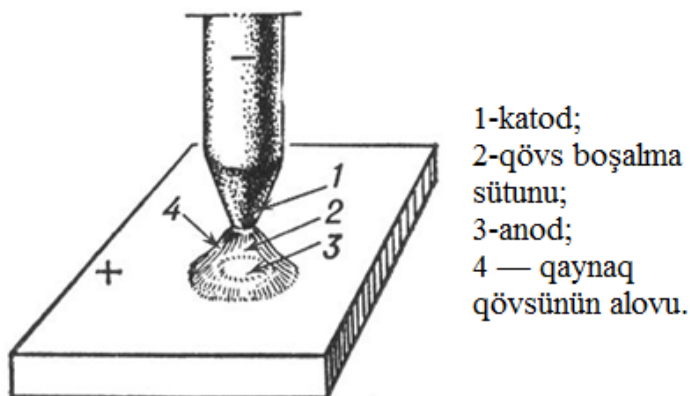
Elektrodlar arasında havanın ionları, karbon elektronları və buxarları ilə dolmuş işıldayan aralığa sütun, elektrodların uclarında işıldayan sahəyə isə ləkələr deyilir.

Elektronların arasındakı boşluqda olan sərbəst elektronlar çox böyük sürətlə müsbət elektroda tərəf yönəlir, onu bombardman edir və yüksək temperatura qədər qızdırır. Enerji mənbəyinin müsbət qütbü ilə birləşdirilmiş elektrodun ucunda (anodda), ağappaq közərmis ləkədən ibarət və oyuğu yaxud “krateri” olan anod ləkəsi yaranır.

Enerji mənbəyinin mənfə qütbü ilə birləşdirilmiş elektrodun ucu (katod) iti olur və orada işıldayan kiçik anod ləkəsi yaranır.

Qövs boşalmasının sxemi 41-ci şəkildə göstərilmişdir. Işıq mənbəyi “kraterdir”. Katod ləkənin işıq saçması 10%-dən çox deyilsə sütunun işıq saçması isə qövs boşalması ilə yaradılan bütün işıq axınının çoxu 5%-nə bərabərdir.

Elektrodlararası boşluqda ionlaşmadan başqa həm də rekombinasiya və neytrallaşma kimi əks proseslər baş verir. Elektronlar və müsbət ionlar bir-biri ilə birləşərək neytral atomlar əmələ gətirir. Bu hissəcikləri parçalamaq üçün elektronların sərf etdiyi istilidir. Ayrılmış enerji istilik və elektromaqnit dalğaları şəklində təzahür edir.



- 1-katod;
- 2-qövs boşalma
sütunu;
- 3-anod;
- 4 — qaynaq
qövsünün alovu.

Şəkil 41. Qaynaqda qövs boşalmasının sxemi

Qövs boşalması prosesində kömür elektrodlar hava ilə kimyəvi birləşmə nəticəsində tədricən çatlayır və tökülür.

Enerji mənbəyinin müsbət sıxacına birləşdirilmiş elektrod mənfı sıxaca birləşdirilmiş elektroda nisbətən daha tez ə

yildiyindən, anod üçün götürülən kömür çubuğun diametri katod üçün olan çubuğun diametrindən iri olur.

Hazırda qövs boşalmasından bəzi hallarda uzaq təsirli projektorlarda və kinoproyektorlarda işıqlandırma üçün istifadə edirlər.

§27. ELEKTRİK QÖVSÜNÜN İSİTLİK TƏSİRİ

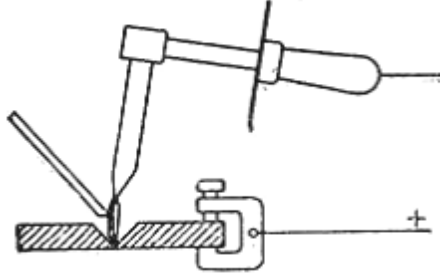
Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, qövs boşalması zamanı çoxlu miqdarda istilik ayrılır və elektrodların arasındakı boşluğun temperaturu bir neçə min dərəcəyə çatır. Elektrik qövsünün istilik təsirindən metalları elektrikle qaynaq etmək üçün istifadə olunur.

Metalları qaynaq etmək üçün elektrik qövsü tətbiqini ilk dəfə rus alimi N. N. Benardos 1882-ci ildə təklif etmişdir.

Bu alümin təklif etdiyi üsulun mahiyyəti ondan ibarətdir ki, elektrik enerji mənbəyinin sıxaclarından birini qaynaq ediləcək əşyaya, ikinci qütbünü isə qaynaqçının əlində saxladığı dəstəyin içərisində yerləşdirilmiş kömür elektroda birləşdirirlər (şəkil 42) .

Elektrik qövsü nəinki iki kömür elektrodun, həm də cərəyanı keçirən materiallardan hazırlanmış iki çubuğun arasında da əmələ gələ bilər.

Kömür çubuğu əşyanın qaynaq ediləcək yerinə toxundurduqda bu çubuqla həmin əşya arasında elektrik qövsü yaranacaqdır.



Şəkil 42. Kömür elektrodla qaynaq edilməsinin sxemi

Qövsün təsiri ilə bu əşyanın qaynaq ediləcək hissələri ərimə temperaturuna qədər qızır və qaynayan maye metaldan kiçik gölməçə yaranır. Tikiş metalından hazırlanmış metal çubuğu qövsün alovuna daxil etsək həmin çubuq yüksək temperaturun təsiri ilə əriyib damcıdamcı qaynaq vannasına düşəcəkdir. Ərimiş metal soyuduqda bütöv qabarıq tikiş əmələ gətirərək, qaynaq edilən əşyanın ayrı-ayrı hissələrini birləşdirəcəkdir.

Bu qaynaq üsulu çox mükəmməl deyildi və bunu xeyli yaxşılaşdırmaq tələb olunurdu. Havanın tərkibində olan oksigen tikiş yerinə keçərək tikişi kövrəkləşdirdiyindən tikişin ərimiş metalını havaya toxunmaqdan qorumaq lazım idi. Kömür çubuq yandıqda tikişə artıq miqdarda karbon düşdüyündən bu da oksigen kimi tikişin metalını kövrəkləşdirirdi. Bundan başqa, tikiş metalının verilməsini də təkmilləşdirmək lazım idi, çünki qaynaqçı, metal çubuğu uzun müddət ərzində saxlamaqda çətinlik çəkirdi.

1888-ci ildə N. Q. Slavyanov elektrikle qaynağın başqa, daha mükəmməl üsulunu təklif etmişdi. N. Q. Slavyanov metalın karbonla dolması və həddən artıq qızmasının qarşısını almaq üçün kömür çubuq əvəzinə metal çubuqdan istifadə etməyi təklif etdi. Bu metal çubuq elektrik qövsü əmələ gətirib əridikdə tikişi doldurmaq üçün maye metal verəcəkdir. N. Q. Slavyanov ərimiş metalı hava oksigeninin təsirindən mühafizə etmək üçün qaynaq aparılan yerə döyülmüş şüşə tökməyi

təklif etdi. Döyülmüş şüşənin bir hissəsi əriyərək metal tikişin üstünü nazik şlak pərdəsi ilə örtüb, onu havanın zərərli təsirindən qoruyur.

N. Q. Slavyanov, qövsün uzunluğunu avtomatik tənzimləyən elektrik əridicisini də ixtira etmişdir ; N. N. Benardosun üsulunda isə qövsün uzunluğu əl ilə tənzimlənirdi. Qövs qaynağında elektrodların arasındakı məsafə 3-10 mm-dir.

Hazırda elektrik qaynağından sənaye binaları və yaşayış binalarının, su-elektrik stansiyalarının, gəmilərin karkaslarını, boru kəmərlərinin, qazanların və s. qurulmasında geniş istifadə olunur. Elektrik qaynağı metal konstruksiya elementlərini birləşdirmək üçün əsas üsul olub, qadaqla birləşdirmə üsulunu, demək olar ki, tamamilə aradan çıxarmışdır.

Elektrik qövsündən metalları su altında qaynaq etdikdə də istifadə olunur. Bunun üçün polad elektrodun üzərinə təbaşirdən, dəmir surikindən, titan filizindən, çöl şpatından və maye şüşədən mühafizə örtüyü çəkilir.

Qövs boşalması yarandıqda polad çubuğun ucu əriyir. Çubuğun soyuq su ilə əhatə olunmuş xarici örtüyü polad çubuğa nisbətən daha ləng əridiyindən, elektrodun ucunda həmişə halqavari çixıntı yaranır ki, buda mühafizəedici rol oynayır. Bu çixıntının altında qövsün yüksək temperatur təsiri ilə ərimiş metal buxarı, örtük qatının tərkibinə daxil olan mineral maddələrin qaz və buxarları, suyun parçalanma məhsulları olan hidrogen və oksigen əmələ gəlir. Bütün bu maddələr çixıntının altındakı boşluğu sudan mühafizə edən qaz qabarcığı yaradır.

Elektrik qaynağı üçün həm sabit və həm də dəyişən cərəyandan istifadə olunur.

Kömür və ya metal çubuğun qaynaq ediləcək əşyaya hər dəfə toxundurulması elektrik enerji mənbəyi üçün qısaqapanmaya yaxın olan rejim yaradır. Buna görə də qaynaq qurğularını qidalandırmaq üçün xüsusi elektrik enerji mənbələrindən (generatorlardan, transformatorlardan) istifadə olunur. Bunlar xarab olmadan qısaqapanmaya davam gətirə bilər.

Elektrik qövsünün istilik təsirindən, polad və əlvan metalları əritmək üçün olan elektromarten və ya qövs peçlərində də istifadə edilir. Qövs peçi alova davamlı kərpiçdən tikilir və bayır tərəfdən polad örtüklə mühafizə edilir. Bu peçin üst hissəsini (tağını) çıxardır və kömür, ya da

qrafit elektrodları buradan iş sahəsinə endirirlər. Peçdə elektrodların arasında temperatur yaranır.

Qövs peçi cərəyanın şiddətini dəyişməklə temperaturu çox asanlıqla tənzimləməyə imkan verir. Xüsusi binada yandırılan yanacağın törətdiyi istiliyi metala verərkən mütləq baş verən enerji itgisi bu peçdə olmadığından o qənaətlidir.

Alət poladı, paslanmayan polad, istiyədavamlı və istiyədözümlü polad kimi xüsusi növlü poladlar hazırda ancaq elektrik peçlərində əridilir.

§28. ELEKTRİK CƏRƏYANININ KİMYƏVİ TƏSİRİ

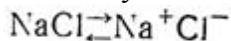
Duzların və turşuların suda və ya hər hansı digər həlledicidəki məhlulu elektrik cərəyanını keçirir. Bunlara, birinci naqillər adlanan metal naqillərdən fərqli olaraq, elektrolitlər və ya ikinci naqillər deyilir.

Məlum olduğu kimi, elektrik cərəyanı yüklərin naqildə istiqamətli irəliləmə hərəkətindən ibarətdir. Buna görə də, cərəyan hərəkət edə bilən və elektrikle yüklənmiş hissəcikləri olan mühitdən keçə bilər.

Duzları və turşuları suda və ya hər hansı bir həlledicidə (etil spirtində, benzində, benzolda və s.) həll etdikdə molekulların bir hissəsi iki hissəyə parçalanır (bunlara ionlar deyilir), həm də bunların bir hissəsində müsbət yük, digər hissəsində mənfi yük olur.

Beləliklə, elektrik yükü elektronlarla ötürülən metal naqillərdən fərqli olaraq, elektrolitlərdə elektrik ionlarla ötürülür. İonlar sadə və mürəkkəb ola bilər. Sadə ion maddənin bir atomundan ibarətdir. Bir neçə atomdan ibarət olan ionlara isə mürəkkəb ionlar deyilir.

Həlledicilərin təsiri ilə kimyəvi birləşmələrin ionlara parçalanmasına elektrolit dissosiasiyası deyilir. Bu, sol tərəfində parçalanan maddənin kimyəvi simvolları, sağ tərəfində isə həmin maddələrdən yaranan ionlar yerləşdirilən adi kimyəvi tənliklə ifadə olunur. Məsələn, xörək duzunun (natrium xloridin) dissosiasiyası tənliyi aşağıdakı kimi yazılır :



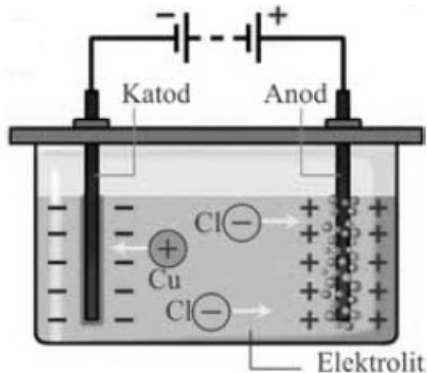
Daha mürəkkəb birləşmələr üçün dissosiasiya prosesi bir neçə mərhələdə gedə bilər.

İonları müəyyən istiqamətlərdə hərəkət etdirmək üçün elektrolitdə elektrik cərəyanı yaranır. Cərəyanın elektrolitdən keçməsi zamanı kimyəvi proseslər baş verir ; buna elektroliz deyilir.

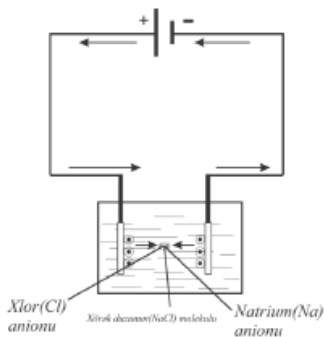
Fərz edək ki, içərisində elektrolit olan qaba elektrod adlanan iki metal lövhə salınmışdır (şəkil 43). Bu lövhələr, sabit cərəyan enerji mənbəyinə məftillərlə birləşdirilmişdir.

Elektrodlar arasında potensiallar fərqi olduqda elektrodan cərəyan keçəcək, yəni yüklənmiş hissəciklər istiqamətli hərəkət edəcəkdir.

Elektrolitdəki ionlar elektrodla doğru çəkilərək əks istiqamətlərdə : müsbət ionlar (kationlar)-katoda, mənfi ionlar (anionlar) isə anoda tərəf hərəkət edir.



Şəkil 43. Cərəyanın elektrolitdən keçməsi



Şəkil 44. Xörək duzu məhlulunun elektrolizi

Kationlar katoda yaxınlaşdıqda çatışmayan elektronları ondan alır və elektriki neytral atomlar əmələ gətirir. Anodda əks proses baş verir-anionlar öz artıq elektronlarını anoda verir. Məsələn, xörək duzu məhlulunu elektroliz etdikdə katodda natrium kationları, anodda isə xlor anionları çökür (şəkil 44).

Elektronlar arası kəsilmədən katoddan ionlara keçdiyindən və onlar anoda daxil olduğundan, elektrik enerji mənbəyini elektrodlarla birləşdirən məftillərdə elektronlar hərəkət edə bilər.

§29. FARADEYİN QANUNLARI

Elektrik cərəyanı elektrolitdən keçdikdə elektrodlarda müəyyən miqdarda maddə ayrılır; bu, elektrolitdə kimyəvi birləşmələr şəklində olan maddədir. Ayrılan maddənin cərəyan şiddətindən asılılığı Faradeyin iki qanunu ilə müəyyən edilir.

Faradeyin birinci qanunu belə ifadə olunur: elektroliz zamanı hər bir elektrolitdə ayrılan maddənin miqdarı elektrolitdən keçən elektrikin miqdarı ilə düz mütənasibdir. Bir kulon elektrik keçdikdə elektrolitdən müəyyən miqdarda maddə ayrılır, buna həmin maddənin elektrokimyəvi ekvivalenti deyilir.

Praktiki hesablamalarda elektrikin miqdarını təyin etmək üçün kulon əvəzinə amper-saatdan (a. s) istifadə etmək əlverişlidir. Bir kulon amper-saniyəyə bərabər olduğundan amper-saat və kulon arasında belə bir mibət vardır : 1 a. s=60·60=3600 a. san=3600 k.

Elektrokimyəvi ekvivalent bir amper-saat elektrikin (q/a·s) miqdarına aid edilmiş qram ilə ifadə olunur, yəni bu elektrolitdən bir amper-saat miqdarında elektrik keçdikdə elektrolitdən ayrılan və qram ilə ifadə olunan maddənin çəkilə miqdarını müəyyən edir.

t saat ərzində elektrolitdən keçən cərəyanın dəyişməz şiddətini I , həmin maddənin elektrokimyəvi ekvivalentini isə k ilə işarə etsək,

Faradeyin birinci qanununa əsasən həmin müddət ərzində ayrılmış maddənin qramlarla miqdarını (q) aşağıdakıifadə ilə təyin edə bilərik :

$$q = kIt$$

Məsələn, mis-turş elektrolitdən 1 a şiddətində cərəyan keçdikdə katodda 1 saat ərzində 1, 186 q mis ayrılırsa cərəyan şiddəti 10 a olduqda həmin məhluldan 10 saat ərzində 1, 186·10·10=118, 6 q mis ayrılacaqdır.

Faradeyin ikinci qanunu belə ifadə olunur: ***Müxtəlif elektrolitlərdən keçən elektrikin miqdarı eyni olduqda elektrodlarda ayrılan maddələrin miqdarı bunların kimyəvi ekvivalenti ilə mütənasibdir.***

Kimyadan bilirik ki, birvalentli elementin atom çəkisi onun kimyəvi ekvivalentinə bərabərdir, n -valentli elementin kimyəvi ekvivalenti isə atom çəkisindən n dəfə kiçikdir, yəni : $a=A/n$

burada A-atom çəkisi ;

n -valentlik;

a -maddənin kimyəvi ekvivalentidir.

Məsələn, alüminiumun atom çəkisi $A= 27$, valentliyi $n = 3$ -dir

$$A = \frac{27}{3} = 9$$

olacaqdır.

Beləliklə, Faradeyin birinci qanununa müvafiq olaraq eyni elektrik miqdarında müxtəlif elektrolitlərdən elektrodlarda ayrılan

maddənin miqdarı həmin maddələrin k elektrokimyəvi ekvivalentləri ilə mütənasibdir. Faradeyin ikinci qanununa müvafiq olaraq eyni miqdarda elektrikin təsiri ilə ayrılan maddənin miqdarı həmin maddələrin kimyəvi ekvivalenti a ilə mütənasibdir. Bu iki halı müqayisə etdikdə aydın olur ki, elektrokimyəvi ekvivalentlər bunların kimyəvi ekvivalentləri ilə mütənasibdir, yəni :

$$k_1/a_1=k_2/a_2=k_3/a_3=...$$

burada k_1, k_2, k_3 -müxtəlif maddələrin elektrokimyəvi ekvivalenti a_1, a_2, a_3 -həmin maddələrin kimyəvi ekvivalentləridir. Ardıcıl birləşdirilmiş müxtəlif elektrolitlərdən, məsələn azot- gümüş duzundan ($AgNO_3$) və natrium xloriddən ($NaCl$) 1 a s qədər elektrik keçirtsək, həmin elektrolitlərdə 4, 025 q gümüş (Ag) və 0, 86 q natrium (Na) ayrılacaqdır. Maddənin alınmış miqdarını onun kimyəvi ekvivalentinə bölsək:

$$\text{gümüş (Ag) üçün } 4, 025:107, 88=3, 72 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{natrium (Na) üçün } 0, 86:23=3, 72 \cdot 10^{-2}$$

Deməli, elektrokimyəvi ekvivalentləri onların kimyəvi ekvivalentlərinə nisbəti aşağıdakı qədər olan sabit kəmiyyətdir:

$$\frac{k}{a}=3, 72 \cdot 10^{-2}=0, 0372=1/26, 8$$

Beləliklə, Faradeyin ikinci qanunu aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$k=a/26,8=A/26,8 n$$

Bəzi qalvanik proseslər üçün materialların elektrokimyəvi ekvivalentləri 5-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 5.

Metal	Dəmir	Gümüş	Mis (tursu elektrolitdən)	Nikel	Natrium	Qurğuşun	Xrom	Sink	Qalay(tursu elektrolitdən)	Qalay (qələvi elektrolitdən)
Atom çəkisi	55,85	107,88	63,54	58,69	23	207,21	52,01	65,38	118,7	118,7
Valentlik	2	1	2	2	1	2	6	2	2	4
Elektrokimyəvi ekvivalent $q/a \cdot s$ ilə	1,042	4,025	1,186	1,095	0,86	3,865	0,324	1,22	2,214	1,107

Misal 1. Elektrolitdən 10 saat ərzində 50 q sink ayrılmışdır. Elektrolitdən keçən cərəyanın şiddətini təyin etməli.

Həlli. 5-ci cədvəldən göründüyü kimi $k=1$, $22 \text{ q/a}\cdot\text{s}$ -dir.

Faradeyin birinci qanuna əsasən :

$$q=kIt$$

buradan,

$$I=q/kt=50/1\cdot 22\cdot 10=4, 1a$$

Misal 2. Mis-sulfat vannasından $t=4$ saat ərzində $I=25$ cərəyan keçirilərsə, katodda misin miqdarını təyin etməli.

Həlli : Misin elektrokimyəvi ekvivalenti

$k=1$, $186 \text{ q/a}\cdot\text{s}$

Elektroda ayrılmış misin miqdarı isə $q=kIt=118, 6 \text{ q}$

Elektroliz, sənayenin müxtəlif sahələrində geniş tətbiq olunur. Elektrolizdən ilk dəfə qalvanoplastika (relyeflərdən surət çıxarılması) üçün istifadə olunmuşdur. Bu məqsədlə relyefin gips surətini (neqativi) qrafit qatı ilə örtür və metal duzunun məhluluna salırlar. Metal, katodda olduğu kimi, bu surətin üzərinə çökür. Gipsi kənar etdikdən sonra relyefin metal surəti alınır. Bir metalın səthini nazik pərdə şəklində digər metalla örtmək üçün elektrolizdən daha geniş istifadə olunur. , buna qalvanostegiya deyilir. Qalvanostegiya məmulata bəzəkli görkəm vermək və onu korroziyadan mühafizə etmək üçün istifadə olunur. Bu yolla metalın səthində zərləmə, gümüşləmə, nikəlləmə və s. aparılırlar.

Metalları, məsələn, misi təmizləmək (rafina etmək) üçün də elektrolizdən istifadə edirlər. Filizi yandırmaq yolu ilə alınmış tökmə mis lövhəsini içərisində mis kuporosu məhlulu olan və elektrolitin keçiricilik qabiliyyətini artırmaq üçün xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış vannaya anod kimi salırlar. Belə vannalarda katod rolunu nazik mis fırçalar görür. , elektrolit mis, bu fırçaların üzərinə çökür. Natriumun, kaliumun və xlorun qələvi məhlullarını almaq üçün elektrolit üsulundan geniş istifadə olunur. Xlorid turşusu ilə turşulaşdırılmış suyu parçalamaq yolu ilə oksigen və hidrogen almaq üçün də elektrolizdən istifadə edirlər. Elektroliz halı bir sıra yeraltı tikililər üçün təhlükəlidir. Elektrolizin təsiri ilə kabellərin zireh qatı, su və qaz boru kəmərləri. habelə digər metal qurğular azmış cərəyanlarla zədələnib dağıla bilər. Belə cərəyanların əsas mənbəyi nəqliyyatın-tramvayların və elektriləşdirilmiş dəmir yolların elektrik avadanlığıdır. Qoşqu elektrik

mühərriklərini qidalandıran və relslərlə dövr etdirilən cərəyanlar yerə keçərək metal borulara və yeraltı kabellərin zireh qatına ötürülür. Azmış cərəyanlar bu borulardan və zireh qatından çıxarkən metalı elektroliz edərək, yeraltı qurğuları parçalayır. Azmış cərəyanlar, örtük qatı çılpaq qurğuşundan ibarət olan yeraltı telefon kabellərinə xüsusilə zərərli təsir edir. Məhlulun elektrodlarda ayrılan parçalanma məhsulları EHQ yaradır ki, bu da enerji mənbəyini EHQ-nin əksinə yönəldilir. Buna elektrodların polyarizasiyası deyilir. Məhlulun parçalanması üçün lazım olan enerji mənbəyinin EHQ polyarizasiya ilə yaranan EHQ-dən çox olmalıdır, əks halda məhlul parçalanmayacaqdır. Dövrəni açıb məhlulu parçalayan cərəyanı kəssək və elektrodları hər hansı bir müqavimətə qapasaq, müəyyən vaxt ərzində polyarizasiya EHQ-nin təsiri ilə cərəyan almaq mümkün olacaqdır. Belə cərəyana polyarizasiya cərəyanı deyilir, bu məhlulu parçalayan cərəyanın əks istiqamətinə yönəldilmiş olur.

§30. QALVANİK ELEMENTLƏR

Sabit cərəyan mənbəyi kimi istifadə edilən qalvanik elementlərdə həm birinci (bərk) və həm də ikinci naqillər (maye elektrolitlər) birlikdə götürülür. Qalvanik elementlərdə iş zamanı ionlar hərəkət edir və elementin elektrodlarında elektrolitdən ayrılmış maddə çökür. Sadə qalvanik elementə misal olaraq mis-sink elementini göstərə bilərik.

(şəkil 44). Sulfat turşusunun (H_2SO_4) suda (H_2O) məhlulu doldurulmuş şüşə qaba mis (Cu) və sink (Zn) lövhələri salınır, həmin lövhələr elementin müsbət və mənfi qütbləridir. Elementi hər hansı bir naqillə qapadıqda elementin içərisində mənfi sinklövhədən müsbət mis lövhəyə. xarici dövrdə isə misdən sinkə doğru cərəyan axmağa başlayacaqdır. Cərəyanın təsiri ilə elementin içərisində yüklər öz yerlərini dəyişəcəkdir, hidrogen (H_2) kationları cərəyanın istiqaməti ilə, turşu qalığının (SO_4) anionları isə əks istiqamətdə hərəkət edəcəkdir. Hidrogenin kationları mis lövhə ilə toqquşduqda öz yükünü ona verəcək, hidrogen isə qaz qabarcıqları şəklində lövhənin səthində toplanacaqdır. Eyni vaxtda sulfat turşusu qalığının anionları öz yüklərini sink lövhəyə verərək, onu həll edəcək və sink kuprosu ($ZnSO_4$) əmələ gətirəcəkdir. Beləliklə, element lövhəsinin yükləri arası kəsilmədən yerini dəyişdirir ki, bu da elementin sıxaclarında potensiallar fərqi (gərginliyi) saxlamağa imkan verir. Həm də bu

haldə kimyəvi enerji hesabına sink həll olur və bütün sink lövhəsi elektrolitdə əriyib qurtardıqda proses dayanır. Elementin mis lövhəsində hidrogenin ayrılması onun təsirini zəiflədir və elementi polyarizə edir. Polyarizasiya hadisəsi ondan ibarətdir ki, müsbət elektrodda toplanmış hidrogen, elektrod metalı ilə birlikdə əlavə potensiallar fərqi yaradır, buna *polyarizasiyanın elektrik hərəkət qüvvəsi* deyilir. Bu EQ elementin EQ istiqamətinin əksinə istiqamətlənir. Bundan başqa, mis lövhənin bir hissəsini örtən hidrogen qabarcıqları onun səthini azaldığından, elementin daxili müqavimətinin artmasına səbəb olur. Bu iki səbəb nəticəsində cərəyan şiddəti azalır.

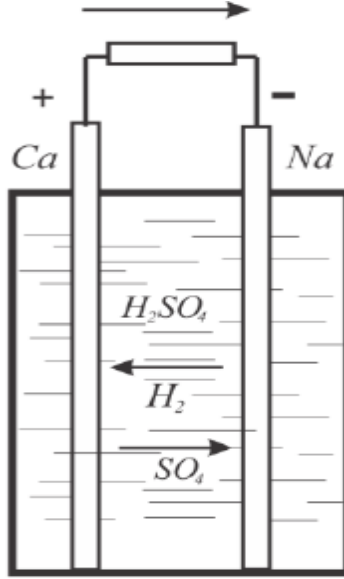
Nəzərdən keçirdiyimiz bu elementdə polyarizasiya o qədər qüvvətlənir ki, həmin elementi praktiki məqsədlər üçün yararsız edir. Müasir elementlərdə polyarizasiya hadisəsini aradan qaldırmaq üçün uduculardan istifadə olunur. Depolyarizator adlanan bu uducular elementin tərkibinə daxil edilir. Depolyarizator, hidrogeni udmaq üçün və elementin müsbət qütündə hidrogenin toplanmasına imkan verməmək üçündür. Tərkibində oksigen və ya xlor zəngin olan kimyəvi preparatlardan depolyarizator kimi istifadə edilə bilər.

Qalvanik elementin EQ elementi təşkil edən maddələrin kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərindən asılıdır, nə ölçüsündən, nə də onun daxili quruluşundan asılı deyildir. Lakin elementin daxili quruluşunun və ayrı-ayrı hissələrinin ölçüsünün daxili müqavimətə böyük təsiri vardır. Elementin daxili müqaviməti bunlardan asılıdır:

- 1) qütblər arasındakı məsafədən (bu məsafə azaldıqda elementin daxili müqaviməti də azalır),
- 2) mayeyə daldırılmış elektrodların səthinin ölçüsündən (elektrodların səthi çoxaldıqda elementin daxili müqaviməti azalır),
- 3) elementə doldurulan mayenin kimyəvi tərkibindən.

Qeyd etmək lazımdır ki, qalvanik elementlərin daxili müqaviməti sabit kəmiyyət deyildir. (Element işlədikcə kəmiyyət get-gedə artır).

Praktikada istifadə edilən qalvanik elementlər depolyarizasiya üsulundan asılı olaraq iki növə bölünür. , depolyarizator olaraq hər hansı bir duzun məhlulu elektrolitin özündə istifadə edilən elementlər (məsələn, mis-sink elementləri) və anodu depolyarizator qatı, məsələn manqan peroksidi ilə əhatə edilən elementlər (məsələn, kömür-sink elementləri).

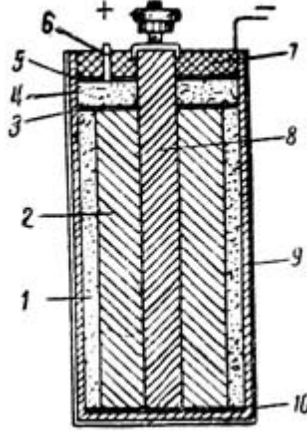


Şəkil. 45. Mis-sink qalvanik elementi

Belə qalvanik elementlər elektrotexnikada geniş tətbiq edilir. Mis-sink elementinin EHQ 1, 1 v, iş müddətindən asılı olaraq daxili müqaviməti isə 5-10 om-dur. Kömür-sink elementində müsbət qütbü kömür lövhədən, mənfi qütb isə sink çubuqdan ibarətdir. Bu elementdə depolyarizator rolunu böyük təzyiqlə preslənmiş və manqan peroksidi ilə qrafitdən ibarət olan qatışıq görür. Belə qatışıqdan hazırlanmış parçaya **aqlomerat** deyilir. Kömür-sink elementində elektrolit olaraq ammonium-xloridin (NH_4Cl) sulu məhlulundan istifadə edilir. Kömür-sink elementinin EHQ boşalmanın əvvəllərində orta qiymətdə 1, 4-1, 5 v olanda 0, 9-1, 1 v bərabərdir, daxili müqaviməti isə elementin quruluşundan asılı olaraq boşalmanın əvvəllərində 0, 25-0, 7 om, boşalmanın axırında isə 1, 4-5 om arasında tərəddüd edir.

Ölkəmizdə kömür-sink elementləri quru elementlər şəklində buraxılır, belə elementlər, aparılmaq və daşınmaq üçün çox rahatdır. Bu elementlərdən, məsələn cib elektrik fənlərində istifadə edilir. Quru elementlərdə (şəkil 46) müsbət qütbü (8) aqlomeratla (2) birlikdə sink qutunun (9) içərisində yerləşdirirlər. Bu sink qutu elementin mənfi qütbü olur. Sink qutunun divarları və aqlomerat arasındakı boşluğa

ammonium-xlorid məhlulu, kartof və buğda unundan hazırlanan pasta (1) doldururlar. Aqlomeratın üstündə parafin hopdurulmuş karton araqaatı (3) yerləşdirib, üzərinə ağac kəpəyi (4) səpirlər, ağac kəpəyinin üzərinə araqaatı (5) qoyurlar. Sonra elementə qatran (7) töküüb, boru (6) qoyurlar. Bu boru, elementin içərisində əmələ gələn qazları kənar etmək üçündür.



Şəkil 46. Quru qalvanik element:

1 – pasta, 2-aglomerat, 3 və 5 – kardon araqaatlar, 4- ağac kəpəyi, 6 – boru, 7- qatran, 8 - müsbət qütb, 9 - mənfə qütb(cing qutu), 10 – izolyasiyaedici araqaatı

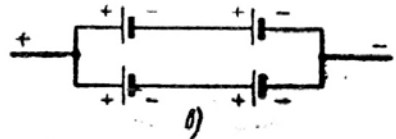
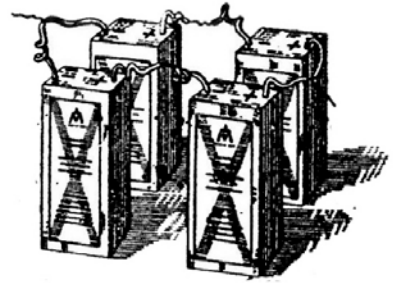
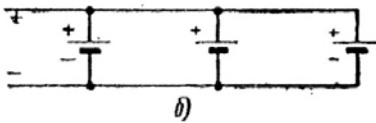
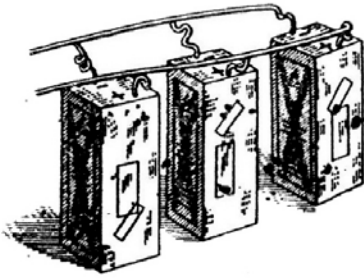
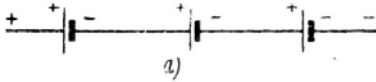
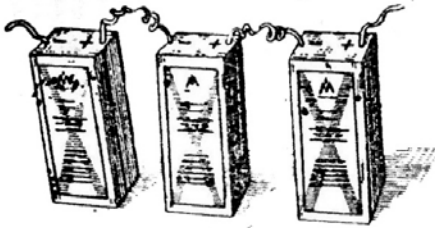
Qatrandan bayıra çıxan kömür elektroda naqili birləşdirmək üçün vinti və qaykası olan mis qalpaq taxırlar, qutunun yuxarı hissəsinə (sink qütbə) izolyasiyalı elastik naqıl lehimpləyirlər. Qutunun dib hissəsinə izolyasiyaedici araqaatı (10) döşəyirlər. Hazırda VDL tipli elementlərdən geniş istifadə olunur. Bu elementlərdə elektrodlar sinkdən və havadakı oksigeni adsorbsiya edən aktivləşdirilmiş məsaməli kömürdən, elektrolit isə kalium qələvi məhlulundan ibarətdir. Belə elementlərin üstün cəhəti odur ki, onlarda boşalma zamanı gərginlik az dəyişir. VDL tipli elementlər kip olduğundan kalium qələvi məhlulu öz xassəsini çox dəyişmir və buna görə də elementləri uzun müddət saxlamaq olur. Element tam boşaldıqdan sonra kömür elektrod iş qabiliyyətini saxladığından elementi sinki və elektroliti dəyişmək yolu ilə bərpa etmək mümkündür. Elementi bu cür iki dəfə bərpa etmək

olar. VDL elementinin EHQ 1,4 v, normal boşalma rejimində gərginliyi 1,2-1,25 v, boşalmanın axırında gərginliyi isə 0,9 v-dur.

Sink, az tapılan və dəyəri yüksək olduğundan mənfi elektrod kimi hər hansı digər metaldan, məsələn, dəmirdən istifadə edilməsi məsləhətdir. Son illərdə VDJ tipli dəmir-kömürlü qələvi elementlər hazırlanmışdır, belə elementlər xidmət edilməsi çətin olan yerlərdə radio qurğularını qidalandırmaq üçün istifadə olunur. Lakin sinkin dəmirlə əvəz olunması elementdə EHQ-nin azalması ilə nəticələnir. VDJ tipli elementin başlanğıc gərginliyi 0,75 v, boşalmanın axırındakı gərginliyi isə 0,45 v-dur. Belə elementləri uzun müddət saxlamaq mümkündür və onlar hətta 0 °C temperaturda belə normal işləyir.

Batareya tərtib etmək üçün qalvanik elementləri bir-biri ilə ardıcıl, paralel və qarışıq birləşdirirlər. Ardıcıl birləşdirmədə birinci elementin müsbət qütbünü ikinci elementin mənfi qütbünə, ikinci elementin müsbət qütbünü üçüncünün mənfi qütbünə birləşdirirlər və i. a. Ardıcıl birləşdirilmiş 3 elementdən düzəldilmiş batareyaya nümunə 47-ci a şəklində göstərilmişdir. Batareya, hər bir elementin EHQ E_0 , daxili müqaviməti r_0 om olan ardıcıl birləşdirilmiş n elementdən ibarətdirsə, bu batareyanın EHQ $E = nE_0$ v, daxili müqaviməti isə $r = n r_0$ om olacaqdır. Elementləri paralel birləşdirdikdə bütün elementlərin müsbət qütbləri də bir-birinə birləşdirirlər; bu halda mənfi qütbləri də bir-birinə birləşdirmək lazımdır. Nəticədə batareyaların iki ümumi qütübü: müsbət və mənfi qütübü alınacaqdır. Paralel birləşdirilmiş üç elementdən tərtib olunan batareya nümunəsi 47-ci b şəklində verilmişdir. Batareyanın hər bir elementinin EHQ-si E_0 və daxili müqaviməti r_0 om olan paralel birləşdirilmiş m elementdən ibarətdirsə, batareyanın EHQ $E = mE_0$ v, daxili müqaviməti isə $r = r_0 / m$ om olacaqdır.

Qarışıq birləşdirilmiş elementlərdən batareya tərtib etmək üçün bütün elementləri qruplara ayırırlar; bu halda hər qrupdakı elementin sayı eyni götürülməlidir. Hər bir qrupdakı elementləri paralel yaxud ardıcıl, ikinci halda paralel birləşdirirlər. Elementlərin qarışıq birləşdirilməsinə misal 47-ci v şəklində göstərilmişdir. Qrupların yaxud qrupdakı ardıcıl birləşdirilmiş elementlərin sayı n , qrupların və ya qrupda paralel birləşdirilmiş elementlərin sayı m , hər bir elementin EHQ E_0 daxili müqaviməti isə $r_{0/m}$ om olacaqdır.



Şəkil 47. Qalvanik elementlərin birləşdirilməsi sxemləri:
a-ardıcıl; b-paralel; v-qarışıq

Qarışıq birləşdirilmiş elementlərdən batareyaya tərtib etmək üçün bütün elementləri qruplara ayırırlar; bu halda hər qrupdakı elementin sayı eyni götürülməlidir. Hər bir qrupdakı elementləri paralel yaxud ardıcıl, ikinci halda paralel birləşdirirlər. Elementlərin qarışıq birləşdirilməsinə misal 47-ci v şəklində göstərilmişdir. Qrupların yaxud qrupdakı ardıcıl $r_{0/m}$ om olacaqdır. Qarışıq birləşdirilmiş elementlərdən batareyaya tərtib etmək üçün bütün elementləri qruplara ayırırlar; bu halda hər qrupdakı elementin sayı eyni götürülməlidir. Hər bir qrupdakı elementləri paralel yaxud ardıcıl, ikinci halda paralel birləşdirirlər. Elementlərin qarışıq birləşdirilməsinə misal 47-ci v şəklində göstərilmişdir. Qrupların yaxud qrupdakı ardıcıl birləşdirilmiş elementlərin sayı n , qrupların və ya paralel birləşdirilmiş elementlərin

sayı m , hər bir elementin EHQ götürülərsə batareyanın EHQ ; E_0 , daxili müqaviməti isə r_0 götürülərsə batareyanın EHQ ; $E=nE_0$ v, daxili müqaviməti isə $r=r_0 n/m$ om, olacaqdır.

Misal 1. Hər birinin EHQ =1, 6 v və daxili müqaviməti $r_0=8$ om olan dörd qalvanik element paralel birləşdirilmişdir. Bu batareya 6 om xarici müqavimətə qapanarsa, dövrədəki cərəyan şiddətini təyin etməli.

Həlli: Batareyanın EHQ $E=1, 6$ v, daxili müqaviməti $r=r_0 /m=8/4=2$ om. Deməli, dövrədəki cərəyan şiddəti

$$I=1,6/2+6=0, 2 \text{ a}$$

olacaqdır. Müqaviməti 5 om olan 10 qalvanik element ardıcıl birləşdirilmişdir. Bu batareya 30 om xarici müqavimətə qapanarsa, dövrədəki cərəyan şiddətini təyin etməli.

Həlli: Batareyanın EHQ $E=10 \cdot 1, 2=12$ v, daxili müqaviməti isə $r=10 \cdot 5=50$ om. Deməli, dövrədəki cərəyan şiddəti

$$I=12/50+30=0, 15 \text{ a}$$

olacaqdır.

§31. AKKUMLYATORLAR

Elektrik enerjisini kimyəvi proseslər nəticəsində toplamaq və müəyyən vaxt ərzində saxlamaq qabiliyyəti olan cihazlara akkumlyator deyilir. Akkumlyatora dönən prosesli qalvanik element kimi baxmaq olar. Akkumlyatorlar elektrolitin tərkibindən asılı olaraq turşulu və qələvili olur. Ən sadə turşulu akkumlyator elektrolitə salınmış iki qurğusun lövhədən (elektrodlardan) ibarətdir. Elektrolit olaraq azacıq miqdarda sulfat turşusu əlavə edilmiş su götürülür. Kənar mənbəyin sabit cərəyanı elektrolitdən keçərək onu tərkib hissələrinə ayırır. Elektrolitin daxilində ionların: kationların-hidrogenin (H_2) cərəyan mənbəyinin mənfəi sıxacı ilə birləşdirilmiş lövhəyə, anionların-oksigenin (O) cərəyan mənbəyinin müsbət sıxacı ilə birləşdirilmiş lövhəyə hərəkəti baş verir. Elektroliz nəticəsində müsbət elektrodda qurğusun oksidləşir və mənfəi elektrodda süngərvarı qurğusun əmələ gəlir. Beləliklə, elektrik enerjisi kimyəvi enerjiyə çevrilir və akkumlyator doldurulur. Enerji belə bir formada müəyyən vaxt ərzində saxlanıla bilər və lazım gəldikdə elektrik enerjisinə çevrilir. Akkumlyatoru cərəyan mənbəyindən açıb, hər hansı bir enerji qəbul edicisinə birləşdirsək, akkumlyatorun özü, qalvanik elementdə

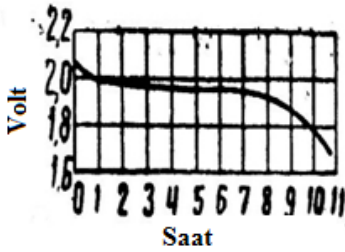
olduğu kimi, enerji mənbəyinə çevriləcəkdir. Burada elektrod rolunu kimyəvi tərkibi ilə bir-birindən fərqlənən lövhələr görür.

Akkumlyatorda, qalvanik elementdə olduğu kimi, elektrik cərəyanı kimyəvi proseslər nəticəsində alınır. Lakin akkumlyatordan fərqli olaraq, qalvanik elementdə alınan kimyəvi birləşmələr ikinci dəfə parçalanıb, kənar cərəyan vasitəsi ilə öz əvvəlki halına qaytarıla bilmir. Buna görə də qalvanik elementlərə ilk, akkumlyatorlara təkrar və ya dönən elementlər deyilir. Təkrar doldurma və boşalmalar akkumlyatora nəinki zərər vermir, hətta onun xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırır, çünki bu zaman lövhələrin daha dərin qatları işdə iştirak etdirilir. Turşulu akkumlyatoru doldurduqda onun sıxaclarındakı gərginlik sürətlə 2,2 v-a yüksəlir (şəkil 48), sonra yavaş-yavaş 2,3 v-a çatır, bundan sonra sürətlə 2, 6 v olur və nəhayət, yavaş-yavaş 2,7- 2,75 v-a qədər yüksəlir; gərginlik bu həddən artıq alınmır. Gərginlik 2, 2 v-a çatdıqda

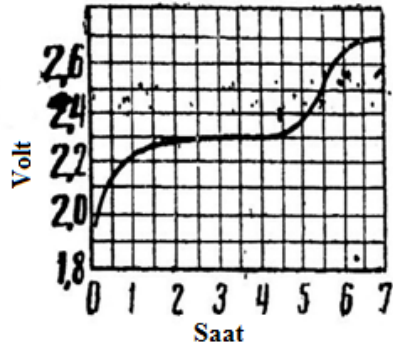
akkumlyatorun mənfə lövhəsində hidrogen qabarcıqları ayrılmağa başlayır; gərginlik 2, 3 v-a çatdıqda isə müsbət lövhənin yanında oksigen qabarcıqları görünür. 2, 5 v gərginlikdə hər iki lövhənin yanında şiddətli qaz ayrılmağa başlayır. gərginlik 2, 6-2, 75 v-a çatdıqda akkumlyator, necə deyərlər qaynamağa başlayır. Turşulu akkumlyatoru boşaltdıqda sıxaclardakı gərginlik birdən-birə 2-1, 95 v-a düşür (şəkil 49), sonra yavaş-yavaş 1, 85-1, 8 v-a çatır, bundan sonra isə yenidən yavaş-yavaş azalaraq sifra qədər enir.

Akkumlyatoru praktiki olaraq 1, 8 v-a qədər boşaldırlar, çünki gərginliyin 1. 8 v-dan az olması akkumlyatorun yararsız hala düşməsinə səbəb olur. Belə hallarda akkumlyatorların lövhələri qurğuşun-sulfatın irikristallı ağ təbəqəsi ilə qismən örtülür; bu isə pis keçirici olduğundan akkumlyatoru nominal tutuma qədər doldurmağa imkan vermir. Bu hala akkumlyator lövhələrinin sulfatlaşması deyilir.

Akkumlyatorun, boşalma zamanı yolverilən gərginliyə qədər müəyyən cərəyanla verdiyi elektrikin miqdarına akkumlyatorun tutumu deyilir.



Şəkil 48. Doldurma zamanı turşulu akkumlyatordakı gərginlik



Şəkil 49. Boşalma zamanı turşulu akkumlyatordakı gərginlik

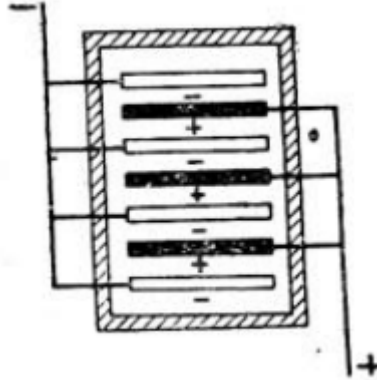
Akkumlyatorun tutumu, cərəyanın boşalma şiddətinin (amper ilə) boşalma müddətinə (saat ilə) hasilinə bərabərdir və amper-saat ilə ifadə olunur. Akkumlyatorun tutumu aktiv kütlənin miqdarından, cərəyanın boşalma şiddətindən və temperaturdan asılıdır. Nominal tutum dedikdə tam doldurulmuş akkumlyatorun 10 saatlıq boşalma rejimində və + 25°C temperaturda verdiyi elektrikin miqdarı nəzərdə tutulur. Beləliklə, akkumlyator 10 saat ərzində boşalaraq cərəyan şiddəti onun nominal tutumunun 0, 1-i qədər olan nominal tutumunu verir. Cərəyanın boşalma şiddəti artdıqda, lövhələrin səthi qurğuşun-sulfat qatı ilə örtüldüyündən və bu isə elektrolitin aktiv kütlənin daxili qatlarına keçməsinə çətinləşdirdiyindən, akkumlyatorun tutumu azalır. Temperatur azaldıqda elektrolitin özlülüyü artır, bu isə onun aktiv kütlənin daxili qatlarına keçməsinə çətinləşdirdiyindən akkumlyatorun tutumunun azalmasına səbəb olur. Doldurulmuş akkumlyator dövrədən açılmış vəziyyətdə tutumunun bir hissəsini itirir. Buna öz-özünə boşalma deyilir. Temperatur və elektrolitin sıxlığı artdıqca akkumlyatorun öz-özünə boşalması çoxalır.

Turşulu akkumlyatorun müsbət lövhələrini əsasən səthli hazırlayırlar.

Belə tipli lövhələri qurğuşundan hazırlayır və səthi artırmaq üçün üzərində dərin cığırlar açılırlar. Zirehli tipli akkumlyatorlarda müsbət lövhələrin aktiv kütləsi ebonit borularda (zirehlərdə) yerləşdirilir. Bu borularda elektrolitin keçməsi üçün çoxlu miqdarda kiçik deşiklər açılır. Zirehli tipli lövhələr səthli lövhələrə nisbətən az qurğuşun tələb edir.

Səthli lövhələrin işləmə müddəti isə daha çox olur. Turşulu akkumlyatorların mənfi lövhələri qutuşəkilli hazırlanır. Belə tipli

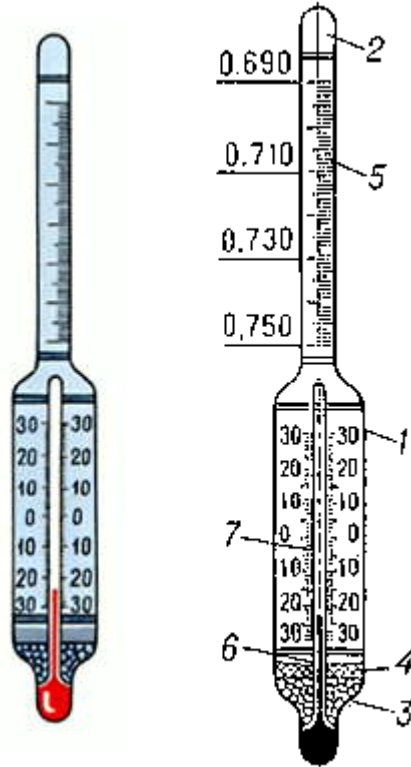
lövhələr bölmələrində aktiv kütlə (qurğuşun qleti) yerləşdirilən şəbəkədən ibarətdir. Aktiv kütlənin üstü tor ilə qapanır. Müsbət lövhələrin rəngi tünd qəhvəyi, mənfi lövhələrin ki isə açıq boz olur. Akkumlyatorlarda bir neçə mənfi lövhəni paralel birləşdirirlər. Mənfi lövhələrin arasında sayca onlardan bir ədəd az olan müsbət lövhələr qoyulur. Belə olduqda müsbət lövhələr hər iki tərəfdən işləyir (müsbət lövhələr bir tərəfdən işlədikdə əyilib bükülür ki, bu da mənfi lövhəyə toxunmaya-qısaqapanmaya səbəb ola bilər).



Şəkil 50. Turşulu akkumlyatorada lövhələrin birləşdirilmə sxemi

Akkumlyatorun tutumunu artırıqda eyni işarəli bir neçə lövhəni 50-ci şəkildə göstəriləyi kimi paralel birləşdirirlər. Bu halda müsbət və mənfi lövhələrin hər qrupu böyük bir lövhə kimi işləyir; bu lövhənin sahəsi paralel birləşdirilmiş lövhələrin sahəsi cəminə bərabər olur. Müsbət lövhələr mənfi lövhələrin arasında qoyulduğundan mənfi lövhələrin sayı müsbət lövhələrin sayından bir ədəd artıq olmalıdır. Stasionar turşulu akkumlyatorları şüşə və ya saxsı qablarda hazırlayırlar. Böyük tutumlu akkumlyatorların qabları taxtadan hazırlanır, içərisinə qurğuşun yaxud turşuyadavamlı izolyasiya materialı çəkilir. Yuxarıda qeyd edildiyi kimi, turşulu akkumlyatorlarda elektrolit olaraq müəyyən sıxlığı sulfat turşusu məhlulu işlədilir. Məhlulun sıxlığı yaxud xüsusi çəkisi həmin məhlulun çəkisinin eyni həcmli suyun çəkisindən neçə dəfə çox olduğunu göstərən ədədə deyilir. Stasionar akkumlyatorlara tökmək üçün sıxlığı 15°C temperaturda 1,18 olan sulfat turşusu məhlulundan istifadə edilir. Zirehli akkumlyatorlarda elektrolitin sıxlığı bir qədər

yüksəkdir (1, 22).



Şəkil 51. Areometr

Gəzdirmə(səyyar) tipli akkumlyatorlarda sıxlığı 1, 21 olan sulfat turşusu məhlulundan istifadə edilir. Elektrolitin sıxlığını areometr ilə təyin edirlər. Bu, hər iki ucu lehimlənmiş və içərisində bölgülü şkalası olan şüşə borudan ibarətdir (şəkil 51). Areometrin aşağı gen hissəsinə civə və ya qırma doldurulduğundan şüşə boru şaquli üzür. Areometri, içərisində elektrolit olan qaba salırlar. Elektrolitin sıxlığı nə qədər çox olarsa, areometr də mayedən bir o qədər çox çıxır. Cihazın maye səviyyəsində olan bölgüsü elektrolitin sıxlığını bildirir. Akkumlyatorlar üçün məhlul hazırladıqda sulfat turşusunu nazik şırnaqla suya tökürlər. Əksinə edilsə, yəni sulfat turşusunun üstünə su töksək, turşu şiddətlə sıçramağa başlayacaq ki, bu da yanma hallarına səbəb ola bilər. Elektrolit üçün distillə olunmuş sudan istifadə etmək lazımdır.

Akkumlyatorların daxili müqaviməti qalvanik elementlərin daxili müqavimətinə nisbətən çox az olur. Bu da akkumlyator batareyasının sıxaclarındakı gərginliyi onun EHQ-nə bərabər götürməyə imkan verir. Lakin daxili müqavimət sabit kəmiyyət deyildir. Bu müqavimət lövhələrin tərkibindən, bunların arasındakı məsafədən, elektrolitin sıxlığından və temperaturundan, akkumlyatorun doldurulma dərəcəsiindən asılıdır. Belə ki, boşalmış akkumlyatorun müqaviməti doldurulmuş akkumlyatorun müqavimətindən 1, 5-2 dəfə çox olur. Turşulu akkumlyator stasionar tipli elektrotexniki qurğularda və avtomobil nəqliyyatında istifadə edilir. Gəzdirmə tipli akkumlyatorlar əsasən qələvili akkumlyatorlardır. Elektrodlarının materialından asılı olaraq qələvili akkumlyatorlar kadmium-nikel, dəmir-nikel, gümüş-sink, qızıl-sink və qaz tipli ola bilər. Baha başa gəlmiş üçün qızıl-sink akkumulyatorlarından, kütləvi surətdə istifadə olunmur. Qaz akkumulyatorları yüngül olur, ucuz başa gəlir; lakin bunların istehsal texnologiyası kifayət qədər işlənməmişdir.

Kadmium-nikel (KN) və dəmir-nikel (DN) akkumulyatorlar daha geniş yayılmışdır. Belə akkumulyatorlarda elektrolit olaraq kalium-hidroksidin suda məhlulu götürülür; elektrolitin sıxlığı 1,2 olur. KN və DN tipli akkumulyatorlar quruluşca və elektrik göstəricilərinə görə birbirindən çox az fərqlənir. Belə akkumulyatorlarda aktiv kütlə briket (paket) şəklində preslənir, sonra bu briketlərdən ayrı-ayrı lövhələr yığılır. DN tipli akkumlyatorada mənfə lövhələr müsbət lövhələrdən bir ədəd artıq olur. KN tipli akkumlyatorada isə müsbət lövhələr mənfə lövhələrdən bir ədəd artıq götürülür. Akkumlyatorun qütblərindən biri qab ilə birləşdirilir (bu DN tipli akkumlyatorada mənfə, KN tipli akkumlyatorada isə müsbət qütb). Belə tipli akkumlyatorada qablar nazik təbəqə poladdan qaynaq edilir və xarici səthinə nikel çəkilir. Qabın qapağının mərkəzində akkumlyatora elektrolit tökmək üçün deşik olur. Qələvili akkumlyatorlarda EHQ lövhələrin aktiv kütləsinin vəziyyətindən asılıdır. EHQ elektrolitin temperaturundan və sıxlığından çox az asılı olur, ancaq sıfıra yaxın alçaq temperaturlarda akkumlyatorun EHQ kəskin surətdə dəyişilir. Akkumlyatorun doldurulmasının sonunda gərginlik təxminən 1, 8 v, doldurmanın axırında isə 1, 5÷1, 55 v olur; boşalmış akkumlyatorun EHQ 1, 27÷1, 3 v-dur. Qələvili akkumlyatorların gərginliyi boşalmanın sonunda boşalma rejimindən asılıdır və 8 saatlıq boşalmada 1, 1 v; 5 saatlıqda 1

v; 3 saatlıqda 0, 8 v və 1 saatlıqda isə 0, 5 v-dur. Kadmium-nikel akkumulyatorlarda müsbət lövhələrin aktiv kütləsi nikel-hidroksiddən ibarətdir; daha yaxşı keçirici olması üçün bunu qrafitlə qatışdırırlar. Mənfi lövhələrin aktiv kütləsi kadmium və dəmir-hidroksidindən ibarətdir. Hazırda məsaməli lövhələri olan akkumulyatorlardan geniş istifadə edilir. Belə akkumulyatorlar adi kadmium-nikel akkumulyatorlardan lövhələrinin tozvarı nikeldən hazırlanması ilə fərqlənir. Belə lövhələr adi akkumulyatora nisbətən daxili müqaviməti 10 dəfə azaltmağa imkan verir. Buna görə də məsaməli lövhəli akkumulyatorlarda boşalma cərəyanı daha çox alınır və bunlar qısamüddətli rejimdə işləyə bilər. Dəmir-nikel akkumulyatorlarda müsbət lövhələrin aktiv kütləsi qrafitlə qatışdırılmış nikel 2-hidroksiddən, mənfi lövhələr isə xüsusi hazırlanmış dəmir tozundan ibarətdir. Qələvili akkumulyatorun daxili müqaviməti turşulu akkumulyatora nisbətən xeyli çox olur. Qələvili akkumulyatorların üstün cəhəti ciddi xidmət tələb etməməsidir. Belə akkumulyatorlar titrəmədən qorxmur, boşalmış vəziyyətdə uzun müddət qala bilər, heç bir zərərə səbəb olmadan qısaqapanmaya davam gətirir; turşulu akkumulyatorlar üçün isə qısaqapanma çox təhlükəli hesab olunur. Yüksək istismar göstəricilərinə görə son illərdə gümüş-sink akkumulyatorlar geniş yayılmışdır. Bunlar, müxtəlif növlü qələvili akkumulyatorlardan biridir. Gümüş-sink akkumulyator, içərisində müsbət və mənfi elektrodlar (bunlar ayrı-ayrı lövhələrdən təşkil edilir) yerləşdirilmiş plastik kütlə qabdan ibarətdir. Sink oksidi lövhələrindən hazırlanmış mənfi elektrodlar mühafizəedici paketdə yerləşdirilir. Bu paket elektroliti yaxşı keçirir, metal hissəcikləri isə tutub saxlayır. Müsbət lövhələr saf gümüşdən hazırlanır. Elektrodlar çıxış sıxacları ilə sərt birləşdirilir ki, bu da lövhələri qabın içərisində saxlamağa imkan verir. Elektrodlar belə bərkidildikdə saxlayıcı seperator və şəbəkə qoymaq lazım gəlmir. Müxtəlif tipli akkumulyatorlarda isə, lövhələri müəyyən vəziyyətdə bərkitmək üçün seperator və şəbəkə qoyurlar. Gümüş-sink akkumulyatorlarda elektrolit olaraq kalium hidroksidin sulu məhlulundan istifadə edilir. Akkumulyatorun normal işləməsi üçün az miqdarda elektrolit tələb olunur; bu, akkumulyatoru yarımquru halda istifadə etməyə və onu istənilən vəziyyətdə (şaqli və ya üfüqi) işlətməyə imkan yaradır. Qabı qapayan borucuq su keçirmir və ancaq doldurma zamanı açılır. Doldurma zamanı akkumulyator şaquli

vəziyyətdə qoyulmalıdır. Tam doldurulmuş akkumulyatorun EQ 1, 82÷1, 86 v, boşalma zamanı gərginliyi təxminən 1, 5 v-dur. Gümüş-sink akkumulyatorun üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bunların daxili müqaviməti az, çəkisi yüngüldür. Belə tipli akkumulyatorlar turşulu və qələvili akkumulyatorlara nisbətən xeyli (4-6 dəfə) yüngül, həcmi isə nisbətən kiçik olur. Gümüş-sink akkumulyatorlar -59°C temperaturda, yəni elektrolitin dolmağa başlamasına qədər olan temperaturda yaxşı işləyir. Belə akkumulyatorlar üçün temperaturun yüksək həddi $+80^{\circ}\text{C}$ -dir. Bunlar ətraf mühitin yüksək təzyiqlə düşküsünə nisbətən yaxşı davam gətirir. Qısamüddətli boşalmalarda digər tipli akkumulyatorlara nisbətən gümüş-sink akkumulyatorların üstünlüyü xüsusilə nəzərə çarpır, çünki belə akkumulyatorlar çox böyük boşalma cərəyanına malikdir. Məsələn, tutumu 0, 5 a·s olan akkumulyator 600 a-ə qədər qısamüddətli cərəyan verə bilər.

Akkumulyatorun işi onun tutum verimi və enerji verimi ilə xarakterizə olunur. Doldurma zamanı akkumulyatorun aldığı Q elektrik miqdarına akkumulyatorun doldurma tutumu deyilir.

$$Q = I_d T$$

burada I_d -doldurma zamanı cərəyan, A ilə;

T-doldurma müddətidir, saat ilə.

Boşalma zamanı akkumulyatorun verdiyi q elektrik miqdarına akkumulyatorun boşalma tutumu deyilir. Boşalma cərəyanını I_b , boşalma müddətini t ilə işarə etsək, boşalma zamanı akkumulyatorun tutumu belə olacaqdır :

$$q = I_b t$$

Boşalmada tutumun doldurma tutumuna olan nisbətinə akkumulyatorun tutum və ya elektrik miqdarına görə verimi deyilir. Bunu η_1 hərfi ilə işarə edib aşağıdakı ifadəni yazaq:

$$\eta_1 = q/Q = I_b t / I_d T$$

Turşulu akkumulyatorlar üçün η_1 -in orta qiyməti 0, 85 qələvili akkumulyatorlar üçün isə 0, 65-dir. Doldurma zamanı akkumulyatorun gərginliyinin orta qiymətini U_d və doldurma müddətini T ilə işarə etsək I_d doldurma cərəyanında akkumulyatorun doldurulmasına sərf edilmiş elektrik enerjisi və ya iş aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$A_1 = U_d I_d T \text{ vt} \cdot s$$

Orta gərginlik U_b və boşalma cərəyanı I_b olduqda akkumulyatorun t saat ərzində boşalmasından alınan elektrik enerjisi müvafiq olaraq

$$A_2 = U_b I_b t v t \cdot s$$

alınacaqdır.

Boşalma zamanı akkumulyatordan alınmış enerjinin onu doldurarkən sərf edilmiş enerjiyə nisbətində akkumulyatorun enerji verimi deyilir. Bu nisbəti η_2 hərfi ilə etsək $\eta_2 = A_2/A_1 = U_b I_b t / U_d I_d T$ η_2 -nin orta qiyməti turşulu akkumulyatorlar üçün isə 0,45-dir.

Akkumulyator batareyası təşkil etmək üçün bir neçə elementi ardıcıl birləşdirirlər, yəni birinci akkumulyatorun katodunu ikincinin anoduna, ikincinin katodunun üçüncünün anoduna və s. calayırlar. Bu halda alınan sərbəst elektrodlar (birinci elementin anodu və sonuncu elementin katodu) müvafiq olaraq akkumulyator batareyasının müsbət və mənfi qütbüdür. Turşulu akkumulyatorlardan düzəldilmiş batareyanın EQ-ni müəyyən etdikdə bir elementin EQ 2 v qəbul edilir. Deməli, akkumulyator batareyasının tərkibində n element olarsa, onun EQ $E = 2 n v$, daxili müqaviməti isə, $r = n r_0$ om olacaqdır, burada r_0 -bir elementin daxili müqavimətidir. Elementlərin ardıcıl birləşdirilməsindən gərginliyi artırmaq üçün istifadə edirlər.

Akkumulyatorları paralel də birləşdirmək olar: bunun üçün elementlərin müsbət və mənfi qütblərini ayrıldıqda bir-birinə calamaq lazımdır. Alınan ümumi müsbət və mənfi qütblər batareyanın qütbləri olur.

Batareya paralel birləşdirilmiş m elementindən ibarət olarsa, onun EQ $E = 2 v$, daxili müqaviməti isə $r = \frac{r_0}{m}$ olacaqdır.

Az gərginlikdə batareyadan bir akkumulyatorun yol verilən cərəyanından yüksək cərəyan almaq lazım gəldikdə akkumulyatorları paralel birləşdirirlər. Akkumulyatorların bütün tipləri üçün müəyyən doldurma və boşalma cərəyanları mövcuddur. Belə cərəyanlar lövhələrin ölçülərindən asılı olub, adətən, akkumulyatorun hazırlandığı vod tərəfindən göstərilir. Batareya ardıcıl birləşdirilmiş n və paralel birləşdirilmiş m turşulu akkumulyatorlardan tərtib olunarsa, bunun EQ $E = 2 n v$, daxili müqaviməti isə $r = r_0 n/m$ olacaqdır. Qələvili akkumulyatorun EQ onun doldurulma dərəcəsiindən asılı olaraq xeyli dəyişilir. Qələvili akkumulyatorun EQ turşulu akkumulyatora nisbətən az olduğundan, eyni EQ almaq üçün qələvili akkumulyator batareyasında turşulu akkumulyatorlara nisbətən ardıcıl birləşdirilmiş daha çox element götürülməlidir.

Misal 1. SK-2 tipli turşulu akkumulyatorun 10 saat ərzində boşalmasında tutumu $72 \text{ A}\cdot\text{S}$ və tutum verimi $\eta_1=0,85$ -dir. Təyin etməli: akkumulyatoru 6 saat ərzində doldurmaq üçün tələb olunan cərəyanı; boşalma zamanı verdiyi və doldurma prosesində aldığı enerjini; doldurmada orta gərginlik $2,35 \text{ v}$, boşalmada isə $1,9 \text{ v}$ olarsa, akkumulyatorun enerji verimini. Həlli. Akkumulyatoru doldurmaq üçün tələb olunan cərəyan:

$$I_d = Q/T = q/\eta_1 T = 72/0,85 \cdot 6 = 14,1 \text{ a.}$$

Boşalma zamanı akkumulyatorun verdiyi enerji:

$$A_2 = U_b I_b t = 1,9 \cdot 72 = 136,8 \text{ vt}\cdot\text{s}$$

Doldurma zamanı akkumulyatorun aldığı enerji:

$$A_1 = U_d I_d T = 2,35 \cdot 14,1 \cdot 6 = 198,8 \text{ vt}\cdot\text{s}$$

Akkumulyatorun enerji verimi:

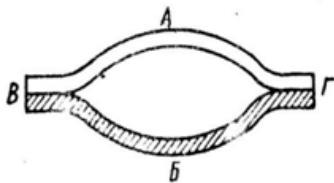
$$\eta_2 = A_2/A_1 = 136,8/198,8 = 0,68.$$

Misal 2. Avtomatik telefon stansiyasını elektrikli qidalandırmaq üçün 60 v gərginlikli sabit cərəyan tələb olur. Batareyadakı ardıcıl birləşdirilmiş turşulu akkumulyatorların sayını təyin etməli; bu batareya boşalmanın sonunda tələb olunan gərginliyi tələb etməlidir.

Həlli. Boşalmanın sonunda turşulu akkumulyatorun gərginliyi $1,8 \text{ v}$ olduğundan, batareyadakı akkumulyatorun sayı $n=60/1,8=33$ olacaqdır.

§32. TERMOELEMENTLƏR

52-ci şəkildə müxtəlif metallardan hazırlanmış, V və Q nöqtələrində lehirlənmiş A və B məftilləri göstərilmişdir. Lehirlənmə yerlərində temperatur eyni olarsa, belə bir qapalı konturda cərəyan yaranmayacaqdır, çünki belə lehirlənmə yerlərində bərabər və əks EQ-ləri alınır.



Şəkil 52. Termocüt

Ancaq həmin lehirlənmə yerlərindən birini qızdırdıqda və bunun

temperaturu o biri lehimplənmə yerinin temperaturundan yüksək olduqda EHQ bərabərliyi pozulacaq və bu dövrdə elektrik cərəyanı yaranacaqdır. Müxtəlif metallardan hazırlanmış belə naqillər cütünə termocüt, orada yaranan e.h.q-nə isə termoelektrik hərəkət etdirici qüvvə deyilir. Fərz edək ki, A naqili misdən, B naqili isə bismutdan hazırlanmışdır. Lehimplənmə yerlərindən birini, məsələn Q nöqtəsini qızdırsaq, bismut məftilin potensialı misməftilin potensialından yüksək olacaqdır və buna görə də elektrik cərəyanı bismutdan daha soyuq V nöqtəsinə, sonra mis məftillə daha isti Q nöqtəsinə axacaqdır. Bu halda elə bil bismut qalvanik elementin müsbət, mis isə mənfi qütbü olacaqdır. Q lehimplənmə nöqtəsini, qızdırmaq əvəzinə buzla soyutsaq və V nöqtəsini öz əvvəlki temperaturunda saxlasaq, bu halda da elektrik cərəyanı yaranacaqdır; lakin bu cərəyan əksinə istiqamətli olacaqdır.

Termoelektrik hərəkət qüvvəsinin (termo-EHQ) və deməli, termocütdən keçən cərəyanın qiyməti A və B naqilləri üçün seçilmiş metallardan və lehimplənmə yerlərində temperatur fərqiindən asılıdır. Təcrübə ilə müəyyən edilmişdir ki, temperatur fərqi çox kiçik olduqda termo-EHQ lehimplənmə yerlərində temperatur fərqi ilə mütənasibdir. Temperatur fərqi çox olduqda bu asılılıq pozulur. Termo-EHQ və temperatur fərqi arasındakı mütənasiblik temperaturu ölçmək üçün (məlum hədlərdə) termocütdən istifadə etməyə imkan verir.

Qurğuşundan və 6-cı cədvəldə göstərilmiş maddələrin birindən hazırlanmış termocüt üçün lehimplənmə yerində temperatur fərqi 1°C olduqda EHQ-nin voltun milyonda biri (mikrovolt) ilə qiyməti 6-cı cədvəldə verilmişdir. Bu məlumatdan istifadə edərək cədvəldəki maddələrdən biri ilə düzəldilmiş istənilən termocütün EHQ-ni təyin etmək mümkündür. Bu halda EHQ seçilmiş 2 maddə üçün cədvəldə göstərilən rəqəmlərin fərqiindən ibarət olacaqdır. Məsələn, kobalt və dəmirdən tərtib olunmuş termocütün EHQ lehimplənmə yerinin temperaturu 1°C götürüldükdə, aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$+22 - (-17, 5) = 39, 5 \text{ mkv} = 0, 0000395 \text{ v}$$

$$\text{Lehimplənmə yerində temperatur fərqi } 100^\circ\text{C olduqda isə EHQ} \\ 0, 0000395 \cdot 100 = 0, 00395 \text{ v}$$

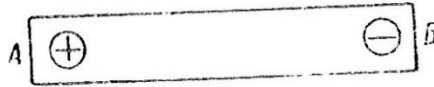
alınır. Çünki 100°C temperaturda EHQ və temperatur fərqi arasında mütənasiblik mövcuddur. İki müxtəlif maddə bir-birinə toxundurulduqda və toxunma yeri qızdırıldıqda da termo-EHQ yaranır. Termocütlərin EHQ-si nicbətən kiçikdir. Hər hansı bir maddə bərabər

surətdə qızdırılmadıqda da termo-EHQ yarana bilər.

Cədvəl 6

Termocüt üçün qurğuşunla birlikdə götürülən maddə	EHQ , mkv ilə	Termocüt üçün qurğuşunla birlikdə götürülən maddə	EHQ , mkv ilə
Bismut	+97	Sürmə	-2, 8
Kobalt	+22	Gümüş	-3
Qurğuşun	0	Sink	-3, 7
Qalay	-0, 1	Mis	-3, 8
Platin	-0, 9	Dəmir	-17, 5
Qızıl	-1, 2	Selen	-807

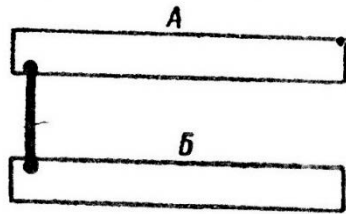
Məsələn, metal çubuğun uclarındakı temperatur müxtəlif olduqda (şəkil 53) bunların arasında potensial fərqi və ya həmin uclarda temperatur fərfinə mütənəsib olan EHQ yaranacaqdır.



Şəkil 53. Uclarının temperaturu müxtəlif olan metal çubuq

Bu, elektron qaz nəzəriyyəsi ilə izah edilir. Həmin nəzəriyyəyə görə metalın sərbəst elektronları özlərini adi qaz kimi aparır və ideal qaz qanunlarına tabe olur. Metal çubuğun temperaturu yüksək olan ucunda elektronların kinetik enerjisi çox olacaqdır. Deməli, həmin sahədə, "elektron qazın" təzyiqi də yüksək olmalıdır. Bu metal çubuğun A ucunu B ucuna nisbətən daha şiddətlə qızdırsaq, A ucunda elektronların kinetik enerjisi və „elektron qazın“ təzyiqi B ucuna nisbətən çox olacaqdır. Qaz qanunlarına görə çubuqda „elektron qaz“ təzyiqləri tənzimlənəcək və elektronların bir hissəsi A ucundan B ucuna keçəcəkdir. Beləliklə, A ucunda elektronlar çatışmazlığı B ucunda isə elektronlar artığı yaranacaqdır; nəticədə A ucu müsbət potensial, B ucu isə mənfi potensial kəsb edəcək, yəni bunların arasında potensiallar

fərqi yaranacaqdır. A və B ucları arasındakı temperatur fərqi yüksək olduqda bir ucdan digərinə keçən elektronların sayı da artacaq və deməli EQH çox alınacaqdır. A və B metallarından hazırlanmış iki naqıl götürüb, uclarını məftil ilə birləşdirsək (şəkil 54), birləşdirilən uclarda temperaturun eyni olmasına baxmayaraq, potensiallar fərqi yaranacaqdır. Bu, A və B naqillərinin hazırlandığı metallarda „elektron təzyiqinin“ bərabər olmaması ilə izah edilir. Elektronların bir hissəsi "elektron təzyiqi" çox olan metaldan „elektron təzyiqi“ az olan metala keçəcək və nəticədə məftillə cərəyan yaranacaqdır.



Şəkil 54. Müxtəlif metallardan hazırlanmış iki naqilin elektriki birləşdirilməsi

Termoelementlər az güclü elektrik enerji mənbəyi kimi məsələn, radioqəbulediciləri qidalandırmaq üçün istifadə olunur. Sadə quruluşlu termoelektrik generatoru lehimlənmə uclarınının biri qızdırılan, o biri isə kifayət qədər alçaq temperaturda olan termocüt batareyasından ibarətdir (şəkil 55).



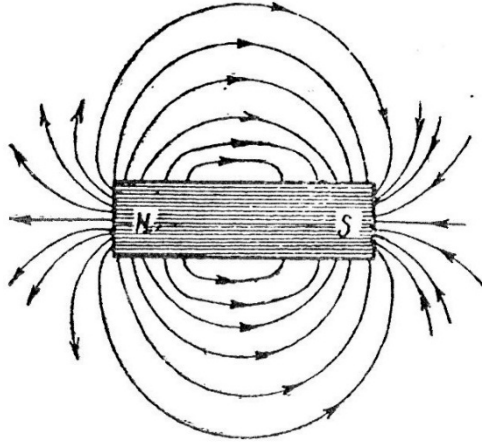
Şəkil 55. Termoelektrik generatorun sadə sxemi

Termocütün lehimlənmə uclarında temperatur fərqi olduğundan termo-EHQ yaranır və xarici dövradən cərəyan keçməyə başlayır. Hər bir termocüt müxtəlif növlü iki naqıldən, müxtəlif növlü iki yarımkeçiricidən, ya da naqıldən və yarımkeçiricidən ibarət ola bilər. Metal termocütlərin istilikkeçiriciliyi böyük olduğundan lehimlənmə nöqtələrində xeyli yüksək temperatur fərqi almağa və deməli böyük qiymətli termo-EHQ yaratmağa imkan vermir. Buna görə də termogeneratorlarda yarımkeçiricili termocütlərdən, bəzən isə naqıldən və yarımkeçiricidən hazırlanmış termocütlərdən istifadə olunur. Yarımkeçiricilər cütünün termo-EHQ metal cütün termo-EHQ-dən xeyli çox olur.

3-cü fəsil

ELEKTROMAQNƏTİZM VƏ ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI §33. MAQNİTLƏR

Dəmiri özünə çəkə bilən filiz hələ qədim zamanlarda məlum idi. Dəmirlə oksigenin kimyəvi birləşməsindən ibarət olan belə maqnit filizi təbii maqnitdir. Texnikada təbii maqnitdən deyil, süni sabit maqnitlərdən istifadə olunur. Maqnitləndirilmiş polad parçasına və ya xüsusi xəlitələrə *süni maqnit* deyilir. Sabit maqnitlər müxtəlif formalı: düzbucaqlı, rombşəkilli, nalaoxşar, halqavarı və s. ola bilər. Hər bir sabit maqnitin iki qütbü: şimal və cənub vardır. Maqnitlərin eyniadlı qütbləri bir-birini itələyir, müxtəlifadlı qütbləri isə bir-birini cəlb edir. Ölçüsü və formasından asılı olmayaraq hər bir maqnitin ətrafında maqnit sahəsi vardır. Maqnit sahəsi materialın formalarından biridir. Maqnit sahəsi olduğundan maqnitin yaxınlığında yerləşdirilən polad parça maqnitə cəlb edilir. Elə bu səbəbə görə də maqnitlərin qarşılıqlı təsiri-bir-birini cəlb etməsi və itələməsi baş verir.



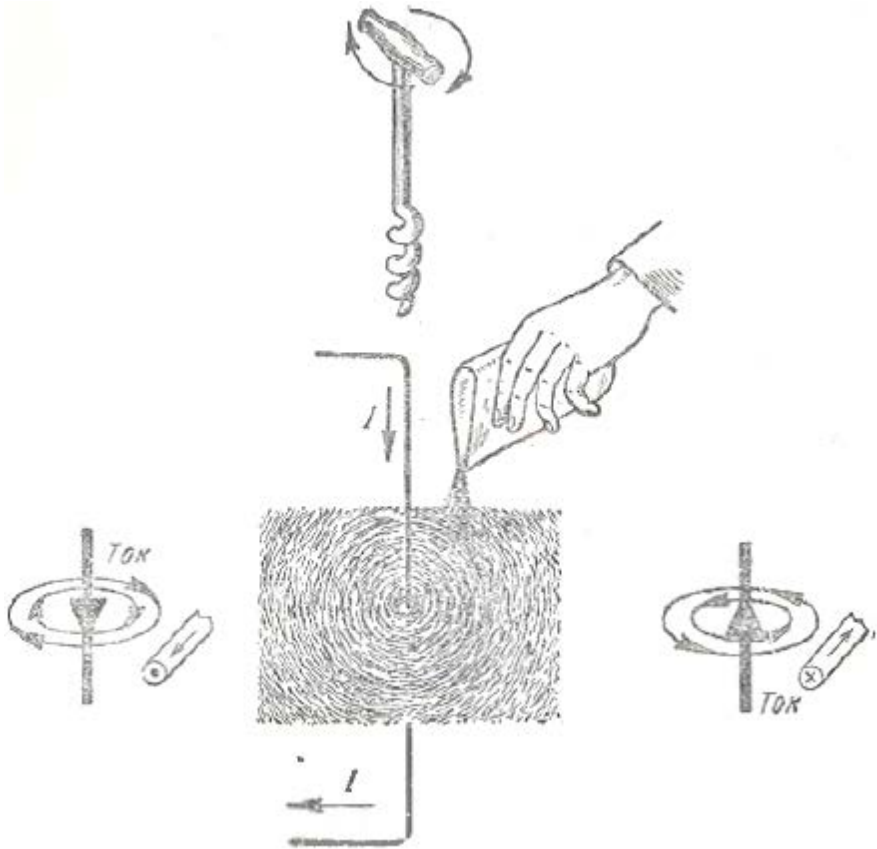
Şəkil 56. Sabit maqnitin maqnit sahəsi

Kompasın əqrəbi Yer maqnetizmi və əqrəbin maqnit qütblərinin maqnit sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə müəyyən istiqamətdə durur. Maqnit sahəsi maqnit xətləri (induksiya xətləri) ilə əyani olaraq göstərilir; maqnit xətlərinin boyu uzunluq cəlbədicə və itələyicə qüvvələr təsir edir. Qəbul edilmişdir ki, maqnit xətlərinin istiqaməti şimal qütbündən cənub qütbünə tərəfdir. Bununla əlaqədar olaraq maqnit sahəsini əks etdirdikdə maqnit xətlərini 56-cı şəkildə göstərildiyi kimi oxlarla qeyd edirlər.

§34. ELEKTRİK CƏRƏYANININ MAQNİT SAHƏSİ

Maqnitvə elektrik hadisələri bir-biri ilə sıx əlaqədardır. Bunatəcrübədə əminolabilərək. Ucu şiş mildə oturdulmuş maqnit əqrəbini düz mis naqilə yaxınlaşdıraraq. Əqrəb elə dönəcəkdir ki, bunun birucu şimalı, o biri ucu isə cənubu göstərəcəkdir. Həmin naqildən elektrik cərəyanı buraxdıqda, naqilə yaxınlaşdırılan əqrəb dönərək naqilin oxuna perpendikulyar istiqamət alacaqdır.

Cərəyan verilməsini kəsdikdə əqrəb öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdacaqdır. Naqildəki cərəyanın istiqamətini dəyişdikdə əqrəb əks tərəfə dönəcəkdir. Bu təcrübədən belə bir nəticə çıxartmaq olar: naqildən elektrik cərəyanı keçdikdə naqilin ətrafında maqnit sahəsi yaranır.



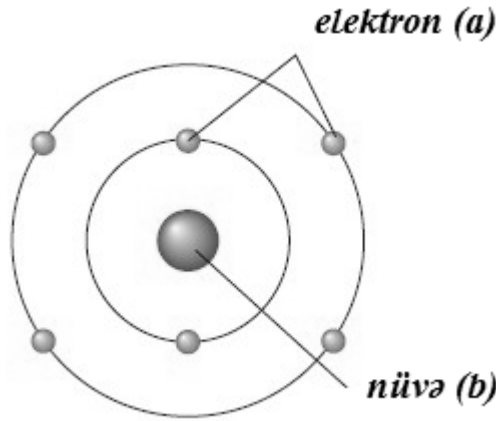
Şəkil 57. Elektrik cərəyanı keçəndüznaqilin ətrafındayaranan maqnit sahəsi

Cərəyan verilməsi kəsildikdə isə maqnit sahəsi yox olur. Cərəyan keçən naqilin ətrafında yaranan maqnit xətləri-induksiya xətləri mərkəzi naqilin oxu olan çevrələr üzrə yerləşir. Bunu sadə bir təcrübə ilə asanlıqlasübutədə bilərik. Bir təbəqə kartonun deşiyindən naqil keçirib, ona elektrik cərəyanı verək (şəkil 57). Kartonun üzərinə polad yonqarı tökək. Kartona barmaqla yüngülcə vurduqda görürük ki, yonqar naqilin ətrafında müəyyən qaydada: maqnit xətlərinə müvafiq olan çevrələr üzrə-yerləşir. Cərəyan keçən naqilin ətrafında yaranan maqnit sahəsini əks etdirdikdə həmin sahənin mərkəzində naqili deyil, ancaq onun en kəsiyini göstərirlər. Cərəyanın istiqaməti bizdən olduqda naqilin en kəsiyini göstərən dairənin içərisində \times işarəsi qoyur, cərəyanın

istişamətı bızə tərəf olduqda isə nöqtə qeyd edirlər. Maqnit xətlərinin istişamətı burğu qaydasına əsasən müəyyən edilir. Bu qayda belədir: burğunun irəliləmə hərəkəti cərəyanın naqildəki istişamətində olarsa, burğu dəstəyinin fırlanma istişamətı naqilin ətrafında yaranan maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin istişamətini göstərəcəkdir. Maqnit sahəsi nəinki cərəyan keçən düz naqilin, həm də halqa şəklində əyilmiş naqilin ətrafında yaranır. Bu halda halqəşəkilli naqildə, sabit maqnitdə olduğu kimi iki: şimal və cənub qütbləri olur. Halqəşəkilli naqilin maqnit sahəsinin bu xassəsindən elektromaqnitlərdə istifadə edilir.

§35. MAQNETİZMA ANLAYIŞI

Elektrik cərəyanının maqnit sahəsi XIX əsrin əvvəllərində Ersted tərəfindən kəşf olunmuşdur. Bu kəşf belə bir fikir yürütməyə imkan verdi ki, maqnetizm-molekulların daxilində yaranan elektrik cərəyanı ilə əlaqədardır. Bizim dövrümüzdə müəyyən edilmişdir ki, maqnitlənmiş cisimlərdə maqnit sahəsi öz oxu və atom nüvəsinin ətrafında fırlanan elektronlarla yaranır (şəkil 58 a və b). Məlum olduğu kimi, elektronların hərəkəti elektrik cərəyanından ibarətdir, cərəyanın keçməsi isə maqnit sahəsi yaradır. Deməli, elektronlar atomun daxilində hərəkət edərək atom daxili cərəyanlar yaradır ki, buda maqnit sahəsi alınmasına səbəb olur. Materialların bəzisində maqnit sahəsinin çox, bəzisində isə heç olmadığını nə ilə izah etmək olar? Bunu belə izah edə bilərik ki, atomlarda ayrı-ayrı elektronların oxları və fırlanma orbitləri bir-birinə nisbətən müxtəlif vəziyyətlərdə ola bilər; deməli, hərəkət edən elektronların yaratdığı maqnit sahələri də həmin vəziyyətdə olur. Maqnit sahələrinin qarşılıqlı yerləşməsindən asılı olaraq bunlar güclənir və ya zəifləyir. Birinci halda atomun maqnit sahəsi və deyildi ki kimi maqnit momenti olacaq, ikinci halda isə olmayacaqdır. Atomlarının maqnit momenti olmayan materiallara diamagnet materiallar deyilir; belə materialları maqnitləndirmək mümkün deyildir.



Şəkil 58. Elektronların özoxuvə atomnünüvəsi ətrafındahərəkətsxemi: a-özoxu ətrafında; b-atomnünüvəsi ətrafında

Təbiətdə rastgələn maddələrin çoxu, o cümlədən metallardan bismut, mis, qurğuşun, gümüş, sink və s. diamaqnit materiallardır. Atomların bəzi maqnit momenti olan materiallara paramaqnit materiallar deyilir; belə materiallar maqnitlənmə qabiliyyətinə malikdir. Paramaqnit materiallara aluminium, qalay, manqan və s. aiddir. Atomların maqnit momenti çox olan materiallar xüsusi qrup təşkil edir; belə materiallara ferromaqnit materiallar deyilir. Bunları asanlıqla maqnitləndirmək olur. Dəmir silisiumlu və dəmir-nikel xəlitələrin, karbonlu, volframli, kobaltlı, xromlu və s. poladların aid olduğu ferromaqnit materiallar elektrotexnikanın geniş inkişafı üçün şərait yaratmışdır. Ferromaqnit materialların xassəsini müəyyən edən əsas parametrlər bunlardır: maqnit keçiriciliyi, maqnit induksiyası, sahə gərginliyi, saxlayıcı qüvvə, təkrar maqnitlənməyə enerji itkisi və burulğan cərəyanlara itki.

§36. MAQNİT KEÇİRİCİLİYİ

Ferromaqnit materialı maqnitləndirmək üçün onu cərəyanla yaradılan maqnit sahəsində yerləşdirirlər. Materialın çox və ya az dərəcədə maqnitlənmə xassəsi onun mütləq maqnit keçiriciliyi μ_m ilə müəyyən edilir. Vakuunun, havanın və digər qeyri-maqnit materialların maqnit keçiriciliyi təxminən eynidir. Belə materiallarda maqnit keçiriciliyi

$4\pi 10^7$ henri/metrə (hn/m) bərabər olub, μ_0 hərfi ilə işarə edilir. Bu kəmiyyətə maqnit sabiti deyilir. Ferromaqnit materialların mütləq maqnit keçiriciliyi μ_M materialın növündən asılıdır, sabit deyildir, vakuumin maqnit keçiriciliyindən bir çox dəfə artıqdır. Ferromaqnit materialın mütləq maqnit keçiriciliyi μ_M -in maqnit sabiti μ_0 -dan neçə dəfə çox olduğunu göstərən rəqəmə nisbi maqnit keçiriciliyi deyilir. Nisbi maqnit keçiriciliyi μ ilə işarə olunur. Beləliklə:

$$\mu = \frac{\mu_M}{\mu_0}$$

Məsələn, poladın maqnit keçiriciliyi $\mu = 7000$ olarsa, onun mütləq keçiriciliyi μ_M maqnit sabiti μ_0 -dan 7000 dəfə çoxdur, yəni

$$\mu_M = 7000 \frac{4\pi}{10^7} = 0,00879 \text{ hn/m}$$

§37. MAQNİT SAHƏSİNİN GƏRGİNLİYİ

Maqnit sahəsi gərginliyin (bəzi ədəbiyyatlarda intensivlik) kəmiyyəti ilə xarakterizə olunur. Maqnit sahəsinin gərginliyi H ilə işarə edilir. Makaradan cərəyan keçdikdə maqnit sahəsi yaranır və bu makaranın içliyi maqnitlənir. İçlik materialının maqnitlənməsi makaradan keçən cərəyan şiddəti I və makaradakı dolaqların sayı ω ilə düz mütənasibdir. Deməli, maqnitləndirmə qüvvəsi $F = I\omega$ amper-sarğı (as) Cərəyanla yaradılan maqnit sahəsinin gərginliyi adi halda aşağıdakı nisbətə müəyyən edilir:

$$H = \frac{I\omega}{l}$$

burada I - cərəyan şiddəti, α ilə;

ω - sarğılardan sayı;

l - içlikdəki maqnit xətlərinin orta uzunluğu, m ilə;

H - maqnit sahəsinin gərginliyidir, α/m ilə (MKSA).

$1 \alpha/m$ -dən 80 dəfə çox olan kəmiyyətə ersted deyilir (mütləq elektromaqnit vahidlər sistemi-CGSM-ə görə);

$$1 \text{ e} = 80\alpha/m.$$

Bu düstur, makaranın uzunluğu onun diametrindən bir çox dəfə (20 dəfə) artıq olarsa, makaranın daxilində sahə gərginliyini təyin etməyə imkan verir.

Misal. Sarğılardan sayı 500 olan makardan 0,3 A cərəyan keçərsə, həmin makarada maqnit sahəsinin gərginliyini təyin etməli. Makaranın

uzunluğu 0, 2 m-dir.

Həlli.

$$H = \frac{Iw}{l} = \frac{0,3 \cdot 500}{0,2} = 750 \text{ a/m}$$

§38. MAQNİT İNDUKSIYASI

Maqnit sahəsini xarakterizə edən parametrlərdən biri də maqnit induksiyasıdır; bu V hərfi ilə işarə olunur. Maqnit induksiyasını maqnitlənmiş materialın sahə vahidinə düşən maqnit xətlərinin miqdarı ilə təsəvvür etmək olar (bunu qrafiki təsvir etsək). Maqnit induksiya vahidinə tesla və bu hər kvadrat metrə veber ilə ölçülür (MKSA). Tesladan 10000 dəfə kiçik olan kəmiyyətə qauss deyilir (CGSM).

$$1 \text{ vb} / \text{m}^2 = 10000 \text{ qs}$$

B maqnit induksiyası H sahənin gərginliyindən və materialın maqnit keçiriciliyindən asılıdır:

$$B = \mu_M H$$

Lakin

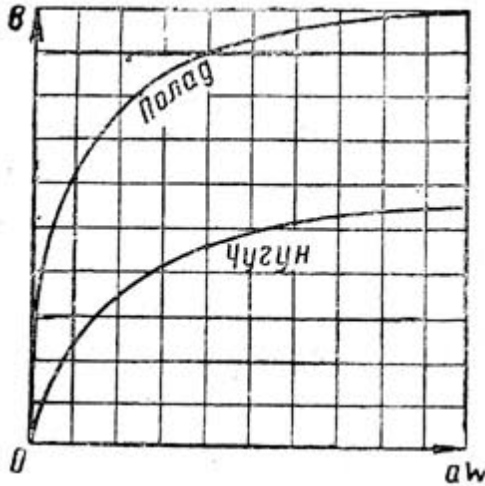
$$H = \frac{Iw}{l} \text{ olduğundan } B = \frac{\mu_M Iw}{l}$$

$B = \mu_M H$ bərabərliyindən görünür ki, materialın maqnit keçiriciliyi sahənin gərginliyinə nisbətindən ibarətdir :

$$\mu_M = \frac{B}{H}$$

Maqnitləndirən maqnit sahəsinin gərginliyindən asılı olaraq polad və çuqunun maqnit induksiyasının dəyişilmə əyriyələri 59-cu şəkildə göstərilmişdir. Sahənin gərginliyi böyük olmadıqda materialdakı maqnit induksiyası tez artır, sonra maqnitləndirmə qüvvəsinin artımından asılı olaraq material get-gedə daha yavaş maqnitlənir (maqnit induksiyası artır).

Xarici maqnit sahəsinin artması maqnitlənmənin artmasına səbəb olmadıqda maqnitlənən materialın vəziyyətinə maqnit doyumluluğu deyilir. 59-cu şəkildən görüldüyü kimi, materialların maqnitlənmə xassəsi-bunların maqnit keçiriciliyi, maqnitlənmənin əvvəlində çox olur, sonra tədricən azalır. Beləliklə, materialların maqnit keçiriciliyi materialların maqnitlənmə dərəcəsiindən asılı olan, dəyişilən kəmiyyətdir.



Şəkil 59. Polad və çuqunun maqnitlənmə əyriləri

Eyni maqnit sahəsi gərginliyində poladda maqnit induksiya çuqundakından çoxdur. Bu onunla izah edilir ki, poladın maqnit keçiriciliyi çuqunun maqnit keçiriciliyindən çoxdur.

§39. MAQNİT SELİ

Maqnit sahəsi maqnit seli adlanan kəmiyyətlə də xarakterizə olunur. Maqnit xətlərinə perpendikulyar S sahəsindən keçən F maqnit seli maqnit induksiyanın sahəyə hasilindən ibarətdir, yəni :

$$F = VS$$

Maqnit induksiyanın tesla ilə ifadə olunan qiymətini və sahənin m^2 ilə qiymətini bu düsturda yerinə qoysaq, maqnit selini (veber ilə) alarıq. Bundan başqa maqnit selini maksvell (mks) ilə də ölçmək olar. Bu ölçü vahidi (CGSM sistemində) bir veberdən yüz milyon dəfə kiçikdir. Deməli, $1 \text{ vb} = 100\,000\,000 \text{ mks}$ -dir

$$1 \text{ mks} = \frac{1}{100\,000\,000} \text{ vb} .$$

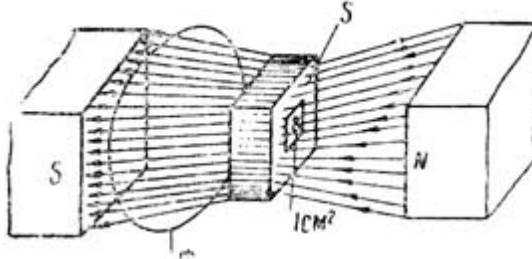
Maqnit induksiya

$$V = \mu_M \frac{Iw}{l}$$

Olduğundan maqnit seli

$$F = \frac{\mu_M I \omega}{l} S .$$

Maqnit selinin maqnit xətlərinin istiqamətinə perpendikulyar səthdən keçən maqnit xətlərinin (şəkil 60) miqdarı ilə təsəvvür etmək olar (bunu qrafiki təsvir etsək).



Şəkil 60. Maqnit seli

Misal. İnduksiya $V=0,3$ mV, içliyin en kəsiyi sahəsi $S=0,05$ m² olarsa, maqnit selini hesablamalı.

Həlli.

$$F = VS = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ vB} .$$

Lakin $1 \text{ vB}=100\,000\,000$ mks olduğundan, $0,015 \text{ vB}=1\,500\,000$ mks alınacaqdır. Deməli, içlikdən $1\,500\,000$ maqnit xətti keçir.

Maqnit induksiyası-gauss, maqnit selinin keçdiyi materialın en kəsiyi sahəsi-kvadrat santimetr ilə ifadə olunarsa, maqnit selinin qiyməti CGSMvahidlər sistemində maksvell ilə ifadə olunacaqdır.

§40. POLADIN TƏKRAR MAQNİTLƏNMƏSİ. SAXLAYICI QÜVVƏ

Polad maqnitlənməsi və təkrar maqnitlənməsi prosesini təsəvvür etmək üçün 61-ci a şəklinə nəzər yetirək. Toroidal içliyi olan və sarğılarının ω olan makara ikiqat çevirgəc (ç) vasitəsi ilə sabit cərəyan mənbəyinə qoşulmuşdur. Makaradan keçən cərəyanı ölçmək üçün dövrəyə reostat (R), cərəyanı ölçmək üçün isə ampermetr (A) qoşulmuşdur. Makaradan keçən cərəyan şiddətini reostat vasitəsi ilə dəyişsək, maqnit sahəsinin gərginliyi

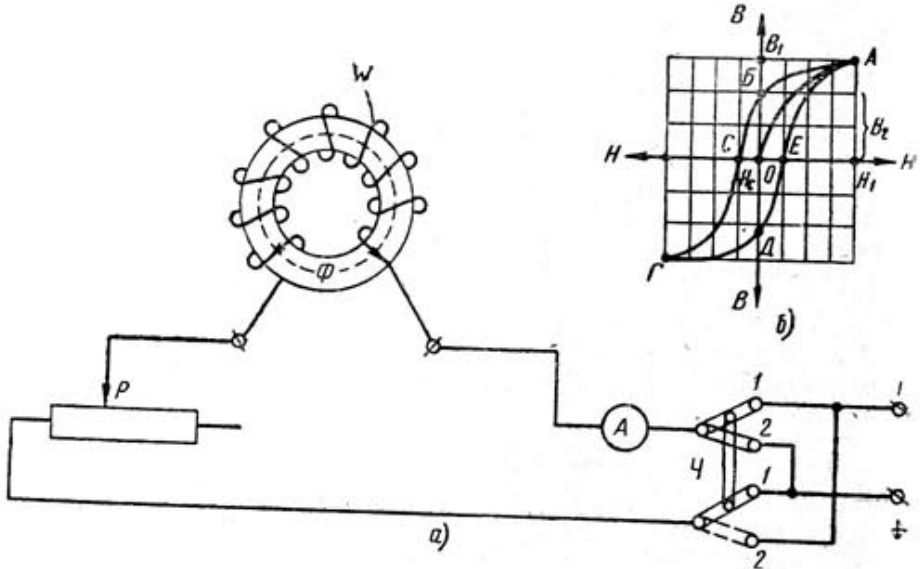
$$H = \frac{Iw}{l}$$

Dəyişsək və içliyin maqnit induksiyası

$$V = \mu_M H$$

Olacaqdır.

Makarada cərəyan artdıqca içliyin maqnitlənməsi də (maqnit induksiyası) artacaq və H_1 olduqda maqnit doymumluluğu yaranacaqdır (A nöqtəsi) Maqnit induksiyası V_1 qiymətinə çatacaqdır. Cərəyan azaldıqca polad maqnutsizləşəcəkdir (çunki maqnit sahəsinin gərginliyi azaldıqda maqnit induksiyası da azalır).



Şəkil 61. Poladın təkrar maqnitlənməsi sxemi və histerezis ilməyi:
a-sxem ; b-histerezis ilməyi

Lakin maqnit induksiyası başlanğıc maqnitlənmənin OA əyrisi üzrə deyil, OA-dan yuxarıda yerləşən digər AB əyrisi üzrə azalacaqdır.

Cərəyan şiddəti azalaraq sıfıra bərabər olduqda makaranın maqnitlənmə sahəsi də sıfıra bərabər olacaqdır; içlikdə maqnit induksiyası isə sıfıra çatmayıb, bəzi qiymətini saxalayacaqdır (bu OB parçası ilə müəyyən edilir).

Bu OB parçası V, qalıq maqnit induksiyasının qiymətini xarakterizə edir. Xarici maqnit sahəsi olmadıqda materialın maqnitlənməni saxlamasına qalıq maqnetizm deyilir. Polad içliyin tam maqnutsizlənməsi üçün əks istiqamətli maqnit sahəsi yaratmaq lazımdır. Bu məqsədlə toroidin dolağından əks istiqamətli cərəyan keçirdirlər (çevirgəci 2-2 vəziyyətində qoymaqla). Əks istiqamətdə axan cərəyan artdıqca mənfi istiqamətli sahənin gərginliyi çoxalacaq və gərginlik OS parçasının qiymətinə bərabər olduqda V_q qalıq maqnit induksiyası sıfıra bərabər alınacaq, içlik isə tam maqnutsizlənəcəkdir. Maqnutsizləndirmə zamanı maqnit induksiyasının sahənin gərginliyindən geri qalma hadisəsinə histerezis deyilir (bu, yunan sözüdür, gecikmə deməkdir).

OS parçası poladın maqnutsizlənmə müqavimətini xarakterizə edir; buna maqnitləndirilmiş materialın saxlayıcı qüvvəsi deyilir; H_q ilə işarə olunur. Makarada cərəyan daha da artdıqda sahənin gərginliyi çoxalacaq və içlik yenidən maqnitlə doyacaqdır (Q nöqtəsi). Makarada cərəyanın azalması içliyin maqnutsizlənməsinə səbəb olur və $H = 0$ olduqda qalıq induksiyası (qalıq maqnetizm) OD parçasına bərabər alınacaqdır. Cərəyanın istiqaməti təkrar dəyişildikdə (bunun üçün çevirgəci yenidən 1-1 vəziyyətində qoymaq lazımdır) və cərəyan artdıqda içlik yenidən maqnutsizlənəcəkdir. Sahənin gərginliyi OE parçasına bərabər olacaqdır. Cərəyan sonradan daha da artırıldıqda və deməli, sahənin gərginliyi çoxaldıqda, maqnit induksiyası maqnitlənmənin ilk əyrisindəki A nöqtəsinə çatacaqdır. Poladın təkrar maqnitləndirilmə prosesi ABSQDE qapalı əyrisi üzrə baş verir: buna maqnitlənmənin dövrü əyrisi və ya histerezis ilməyi deyilir (şəkil 61, b)

§41. TƏKRAR MAQNİTLƏNMƏ ÜÇÜN ENERJİ İTKİSİ

Elektrik maşınlarının və transformatorların bir çox detalları təkrar maqnitlənməyə məruz qalır (bax, fəsil 7, 8, 9 və 10). Bu halda, yuxarıda qeyd olunduğu kimi, geri qalma halı baş verir, yəni maqnit sahəsi gərginliyinin dəyişməsindən materialın maqnitlənməsi və maqnutsizlənməsi gecikir. Materialın təkrar maqnitlənməsi enerji itkisi ilə əlaqədardır. İstiliyə çevrilən bu enerji maqnit materialların qızmasına səbəb olur. Poladın təkrar maqnitlənməsinə sərf olunan enerjinin miqdarı histerezis ilməyinin (ilgəy) sahəsi ilə düz

mütənasibdir. Təkrar maqnitlənmə itkilərini azaltmaq üçün dəyişən cərəyanlı maşın və aparatlarda histerezis ilməyinin sahəsi az olan maqnit materiallarından istifadə edilməsi əlverişlidir. Ferromaqnit materialı vaxtaşırı təkrar maqnitləndikdə həmin materialda maqnit seli də vaxtaşırı dəyişilir. Dəyişilən bu maqnit seli naqıl materialla kəşşərək onda burulğan cərəyanları induksiylayır. Burulğan cərəyanları və histerezis enerji itkiləri arzuolunmaz hallardır. Maqnit materialları xüsusiyyətlərindən və iş şəraitindən asılı olaraq maqnit-yumşaq və maqnit-sərt materiallara bölünür. Maqnit-yumşaq materiallara maqnit keçiriciliyi yüksək, saxlayıcı qüvvəsi az və təkrar maqnitlənmədə itkiləri cüzi olan materiallar daxildir. Bu qrupa saf dəmir, silisiumlu dəmir, dəmir-nikel xəlitələri və digər materiallar aiddir. Lakin saf dəmirin elektrik müqaviməti nisbətən çox olmadığından onda yaranan burulğan cərəyanlar çox alınır, həm də saf dəmirin alınması bir çox çətinliklərlə əlaqədardır. Buna görə də texnikada maqnit xassələri kimyəvi tərkiblərindən asılı olan ferromaqnit xəlitələrdən istifadə edirlər. Elektrik generatorları, mühərrikləri və transformatorları üçün ucuz maqnit materialı dəmir-silisiumlu xəlitələrdən istifadə edilir.

Silisium qatışı(4-5%) xəlitənin elektrik müqavimətini saf dəmirə nisbətən 6 dəfə artırmağa və beləliklə də burulğan cərəyanlarına sərf olunan itkiləri azaltmağa imkan verir. Dəmir-silisium materiallardan Armko tipli elektrotexniki təbəqə polad geniş yayılmışdır. Belə təbəqə polad müxtəlif markalı olur. Hər markanın öz işarəsi vardır. Məsələn, Ə1AБ markasının mənası belədir: Ə- elektrotexniki, 1- silisiumun faizlə miqdarı, A- itkiləri azaldılmış, Б- maqnit induksiyası artırılmış.

Ə4AA markalı poladın işarəsini belə başa düşmək lazımdır: elektrotexniki poladdır, tərkibində 4% silisium vardır, yüksək keyfiyyətlidir, itkisi azdır. Ə4, Ə4A və Ə4AA markalı transformator poladları geniş tətbiq olunur. Dəmir-nikel xəlitələr zəif maqnit sahəsində yaxşı maqnit xassələrinə malikdir. Belə xəlitələrin maqnit keçiriciliyi μ_M çoxdur, on minlərcə vahidə(alsifer 1040 xəlitəsi) və həta yüz minlərcə vahidə çatır(supermalloy); dəmir-silisiumlu xəlitələrdə isə maqnit keçiriciliyi ancaq yüzlərcə vahidə bərabərdir. Bundan başqa, həmin xəlitələr saxlayıcı qüvvənin çox az olması ilə də xarakterizə edilir. Belə ki, 21% dəmirdən və 87% nikeldən ibarət olan permalloy xəlitəsini zəif maqnit sahələrində maksimal maqnit keçiriciliyi

transformator poladından 15-20 dəfə çoxdur, bu xəlitənin saxlayıcı qüvvəsi isə 0,05 e qədərdir. Bəzi maqnit yumşaq materialların əsas xarakteristikaları 7 ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 7

Materialın adı	Başlangıç maqnit keçiriciliyi μ	Maksimal maqnit keçiriciliyi μ	Saxlayıcı qüvvə (koersitiv)
Dəmir	200	5000	1.0
Silisiumlu dəmir	450	8000	0.6
1040 xəlitəsi	40 000	100 000	0.02
Supermalloy	100 000	900 000	0.004

Maqnit-sərt materiallara saxlayıcı qüvvəsi və qalıq induksiyası çox olan ferromaqnit xəlitələr daxildir. Belə materiallar elektrik ölçü cihazlarında, mikrafonlarda, reproduktorlarda, səsgötürənlərdə, telefon dəstəklərində(qulaqcıqlarda) və bir çox digər qurğularda istifadə olunan maqnitləri hazırlamaq üçün işlədilir. Hələ bu yaxınlaraqədər volframlı və xromlu poladlardan geniş istifadə edirlər. Tərkibində 2% xrom və 1% karbon olan xromlu poladın qalıq induksiyası 9500 Qs(qaus), saxlayıcı qüvvəsi 60 e-dir. Qalıq induksiyası 10 000 Qs olan volframlı poladın saxlayıcı qüvvəsi 65 e-dir. Hazırda sabit maqnitlər hazırlamaq üçün əsasən bir çox hallarda digər elementlərlə cinsləşdirilmiş nikelli dəmir xəlitələrindən(alni, alniko və maqaniko xəlitələrindən), habelə kobaltlı poladdan geniş istifadə olunur. Maqniko xəlitəsinin tərkibində 8% alüminium, 14% nikel, 24% kobalt, 3% mis və 51 % dəmir vardır. Bu xəlitənin qalıq induksiyası 12000 - 13000 Qs, saxlayıcı qüvvəsi isə 500 - 550 e-dir. Bəzi maqnit-sərt materialların xassələri 8-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 8

Materialın adı	Qalıq maqnit induksiyası Q_s ilə	Saxlayıcı qüvvə, e ilə
Karbonlu polad	200	5000
Volframlı polad	450	8000
Xromlu polad	40 000	100 000
Kobaltlı polad	100 000	900 000

§42. ELEKTROMAQNİT VƏ BUNUN TƏTBİQİ

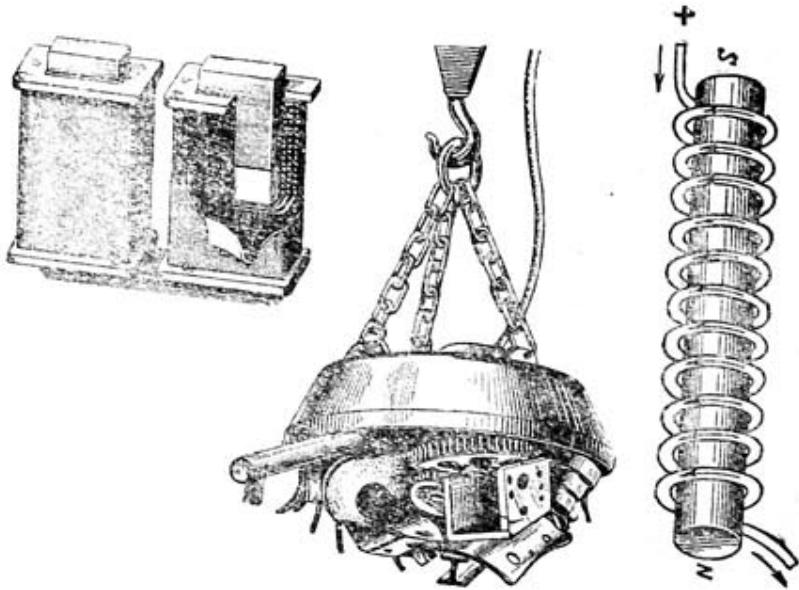
Spiral şəkildə burulmuş naqıldən elektrik cərəyanı keçirək. Belə spiralin, ya da deyildiyi kimi, solenoidin hər bir sarğısının ətrafında maqnit xətləri yaranacaqdır.

Bu maqnit xətləri ümumi bir maqnit sahəsi təşkil edəcəkdir. Solenoiddəki cərəyan və sarğuların sayı nə qədər çox olarsa, onun yaratdığı maqnit sahəsi də o qədər güclü olacaqdır. Maqnitləndirmə qüvvəsi (F) elektromaqnit dolağındakı sarğular sayının (ω) ondan keçən cərəyan şiddətinə hasilindən ibarətdir:

$$F = I\omega$$

burada I - cərəyan şiddəti A ilə; F - maqnitləndirmə qüvvəsidir AV ilə.

Solenoidin maqnit sahəsi düz sabit maqnitin maqnit sahəsinə çox oxşayır. Solenoiddə də sabit maqnitdə olduğu kimi iki qütb var: şimal və cənub. Solenoidin içərsində polad yerləşdirib, sarğılardan elektrik cərəyanı keçirtsək, bu içlik maqnitlənəcək və sabit maqnitdə olan xassələri alacaqdır. Polad içliyi olan solenoidə elektromaqnit deyilir. Müxtəlif növlü elektromaqnitlər 62 ci şəkildə göstərilmişdir. Elektromaqnit dolağının dövrəsini açıqda polad içlik maqnitləşlənəcəkdir.

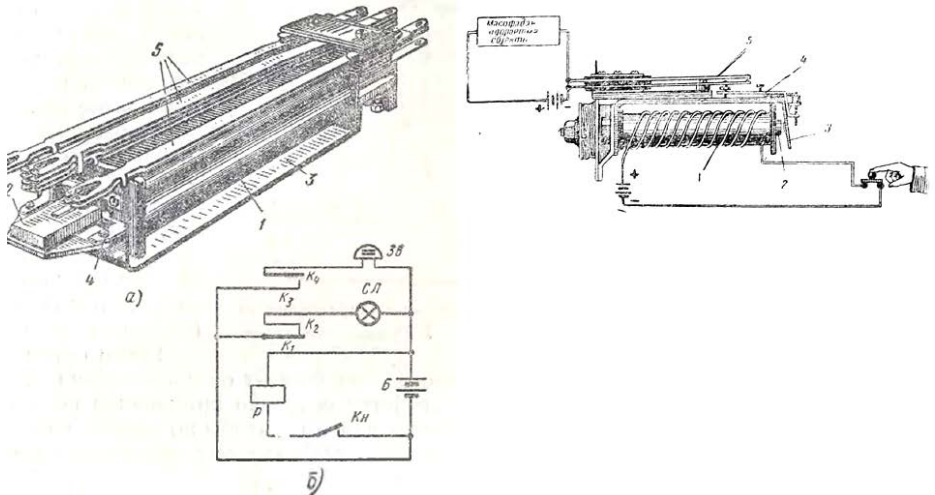


Şəkil 62. Elektromaqnitlər

Elektromaqnit sahəsində maqnit xətlərinin istiqamətini müəyyən etmək üçün burğu qaydasından istifadə olunur. Praktiki olaraq elektromaqnitin qütblərini müəyyən etmək üçün maqnit əqrəbindən istifadə oluna bilər. Elektromaqnitdəki maqnit sahəsi solenoiddəki maqnit sahəsindən bir çox dəfə kiçikdir. Bu, ferromaqnit materialdan hazırlanmış içliyin maqnitləndirildikdə ümumi maqnit sahəsini bir çox dəfə artırması ilə izah edilir. Elektromaqnitdən texnikada geniş istifadə olunur. SSRİ Elmlər Akademiyasının elektrofizika laboratoriyasında qoyulmuş və çəkisi 36000 ton, diametri isə 60 m olan elektromaqnit dünyada ən iri elektromaqnit sayılır. Qaldırıcı kranlardan asılmış güclü elektromaqnitlər poladdan və bunların xəlitələrindən hazırlanmış məmulatı daşımaq üçün istifadə edilir. Elektrik mühərriklərində, elektrik-ölçü cihazlarında, habelə bir çox digər maşın və aparatlarda da elektromaqnitdən istifadə olunur. Avtomatlaşdırma qurğularında elektromaqnit rele və axtarıcılardan geniş istifadə olunur.

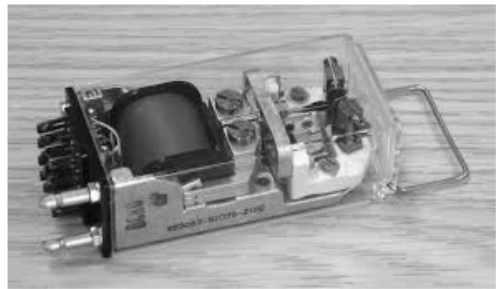
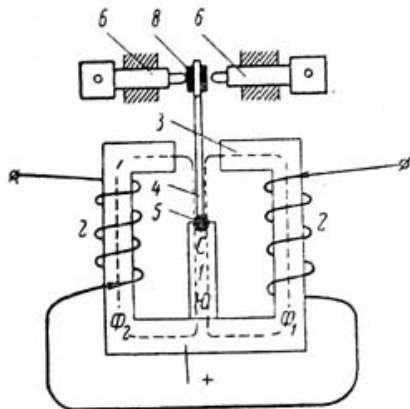
Elektromaqnit reləsi- böyük güclü elektrik dövrəsini öz kontakt yayları ilə qapayan və açan (işə düşdükdə), az elektrik cərəyanı ilə hərəkət edən cihazdır. Elektromaqnit relələri, iki cür olur: sadə və polarizə olunmuş. Sadə elektromaqnit reləsinin(şək 63) əsas hissələri

içliyi olan elektromaqnitdən, lövbərdən, körpücükdən və kontakt yaylarından ibarətdir. Elektrik cərəyanı dolağdan(1) keçdikdə polad içlik(2) maqnitlənir və lövbəri(3) özünə çəkir. Lövbər körpücüyü(4) ilə kontakt yaylarında(5) təsir edir; idarə olunan elektrik dövrələrinin məftillərini bu kontakt yaylarına qoşurlar. Dolağdan keçən cərəyan kəsildikdə içlik maqnitsizlənir və lövbər öz əvvəlki vəziyyətinə qaydır. Bu halda relenin kontaktları yenidən qoşulur. Reledə bir neçə cüt kontakt yayları ola bildiyindən, kontaktlara qoşulmuş bir neçə müxtəlif obyektə eyni vaxtda idarə edə bilər(işə düşdükdə). Polyarizə olunmuş elektromaqnit sabit maqnitlə birlikdə elektromaqnitdən ibarətdir. Buna görə də həmin reledə, iki maqnit seli yaranır. Bu maqnit sellərinin biri(işlək sel) elektromaqnitlə, o biri(yardımcı sel) isə sabit maqnitlə yaranır. Polyarizə olunmuş relenin quruluş prinsipi 64-cü şəkildə göstərilmişdir. Bu relenin əsas hissələri yardımcı maqnit seli yaradan sabit maqnitdən(7), işlək maqnit seli yaradan maqnitləndirmə makaralarından(2), polad içlikdən(3), oxda(5) oturdulmuş lövbərdən və aralarında kontaktlı(8) lövbərin hərəkət etdiyi kontaktlardan (6) ibarətdir. Maqnitin maqnit seli iki: Φ_1 və Φ_2 axınına ayrılıb, içliyin uclarını eyniadlı polyarlıqla maqnitləndirir.



Şəkil 63. Sadə elektromaqnit reləsi və onun qoşulma sxemi
1-dolaq, 2- içlik, 3- lövbər, 4- körpücük, 5- yay

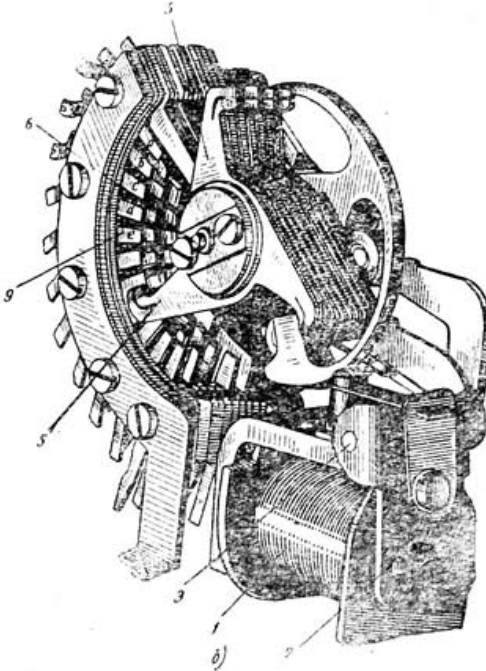
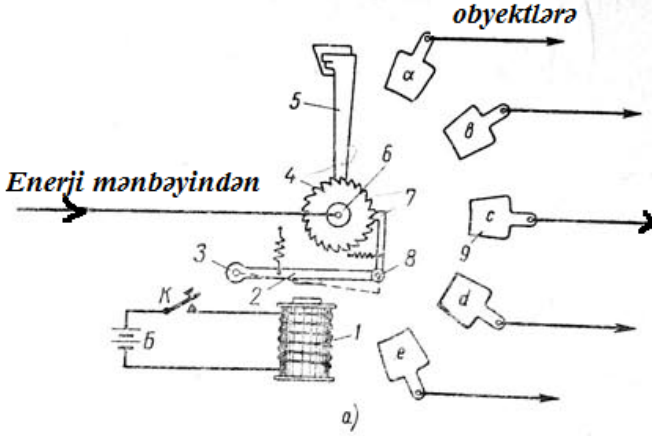
Rele aşağıdakı kimi işləyir. Relenin dolağında(2) cərəyan(idarəetmə signalı) olmadıqda lövbər(4) öz kənar vəziyyətlərindən birində dayanıb, kontaktlardan birini (6) qapayır. Lövbər bu vəziyyətdə sabit maqnitin yaratdığı maqnit seli ilə içlikdə saxlanılır. Tutaq ki, lövbər sol kontaktın yanındadır. Lövbəri sağ vəziyyətə keçirmək üçün relenin dolağından elə istiqamətdə cərəyan(idarəetmə signalı) keçirtmək lazımdır ki, sağ dolağından axan cərəyanın yaratdığı Φ_e maqnit seli Φ_1 maqnit seli ilə cəmlənsin, sol makaranın maqnit sahəsi isə Φ_2 maqnit selindən çıxaraq onu zəiflətsin. Bu halda maqnit selinin sağ hissəsinin qiyməti($\Phi_e + \Phi_1$) sol hissənin selindən ($\Phi_e - \Phi_2$) qədər çox olacaqdır; relenin lövbəri içliyin sağ ucuna çəkiləcək və sürətlə sağ vəziyyətə keçəcəkdir.



Şəkil 64. Polyarizə olunmuş elektromaqnit rele və bunun işləmə prinsipi

Lövbəri öz əvvəlki(sol) vəziyyətinə keçirmək lazım gəldikdə onun dolağından əks istiqamətli cərəyan buraxılmalıdır. Bu halda içliyin sol hissəsində maqnitlənmə güclənəcək ($\Phi_e + \Phi_2$), sağ hissəsində isə zəifləyəcəkdir ($\Phi_e - \Phi_1$). Beləliklə, polyarizə olunmuş relenin işləməsi dolağından keçirilən cərəyanın istiqamətindən asılıdır. Relenin dolağından keçən cərəyanın bir istiqamətində lövbər sol kontaktın dövrəsini, digər istiqamətdə isə sağ kontaktın dövrəsini qapayır. Quruluşunun belə olması reledən eyni məftillə iki müxtəlif komanda, məsələn "qoşulmuşdur" və "açılmışdır", yaxud "hə" və "yox" və. s vermək lazım gələn hallarda istifadə etməyə imkan verir. Relenin

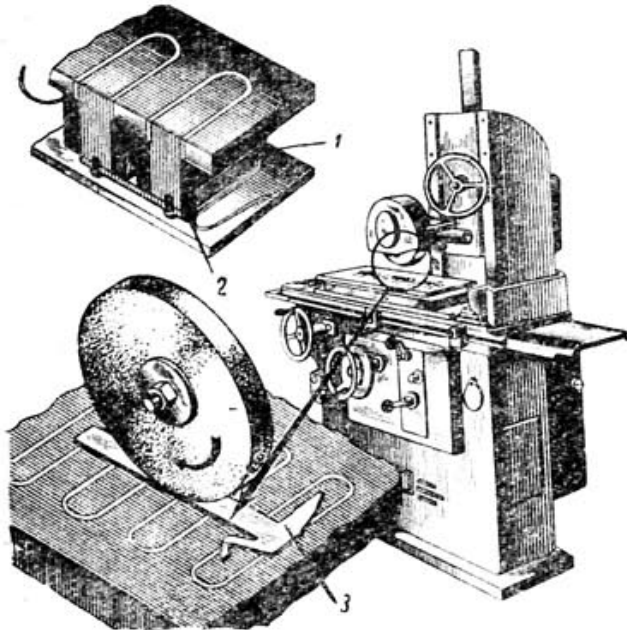
işləməsi üçün çox az cərəyan və çox az vaxt tələb olunur. Elektromaqnit axtarıcı(şəkil 65) müxtəlif mexanizmləri məsafədən idarə etmək üçün istifadə olunur. Bunun dördə cərgə kontaktı(hər cərgədə 11 kontakt olur)- axtarıcı ilə idarə olunan obyektləri bu kontaktlara birləşdirirlər; dörd kontakt fırçası(hər cərgə üçün biri) vardır.



Şəkil 65. Addımlı elektromaqnit axtarıcı və bunu işləmə prinsipi

a) quruluş sxemi b) xarici görünüşü; 1- elektromaqnit; 2- lövbər; 3- lövbərin oxu; 4- xırxıra; 5- kontakt fırçası; 6- xırxıranın oxu; 7- dilçə; 8- dilçənin oxu; 8- kontakt sahəsi

Elektromaqnitin(1) dövrəsi qapandıqda lövbər(2) içliyə dartılır, dilçə(7) enərək fırçası(5) olan və oxda(6) bərkidilmiş xırxıranı(4) döndərir. Fırça kontakt sahəsinin(9) kontaktına(a) keçir. Elektromaqnit dövrədən açıldıqda lövbər yayın təsiri ilə içlikdən aralanır, dilçə yuxarıya qalxaraq xırxıranın növbəti dişinə ilişir. Elektromaqnit təkrar qapayıb açmaqla axtarıcı bir neçə "irəlilətmək və beləliklə də onun fırçasını tələb olunan kontaktda qoymaq mümkündür. Elektromaqnitlərdən dəzgah avadanlığında istifadə olunur. Dəlmə, yastı cilalama və digər dəzgalarda elektromaqnit tavalardan istifadə edilir. Belə tavanın içərisində(şəkil 66) elektromaqnit yerləşdirilərək sabit cərəyan mənbəyinə qoşulur. Elektromaqnit emal edilən məmulatı dəzgalda saxlayır.

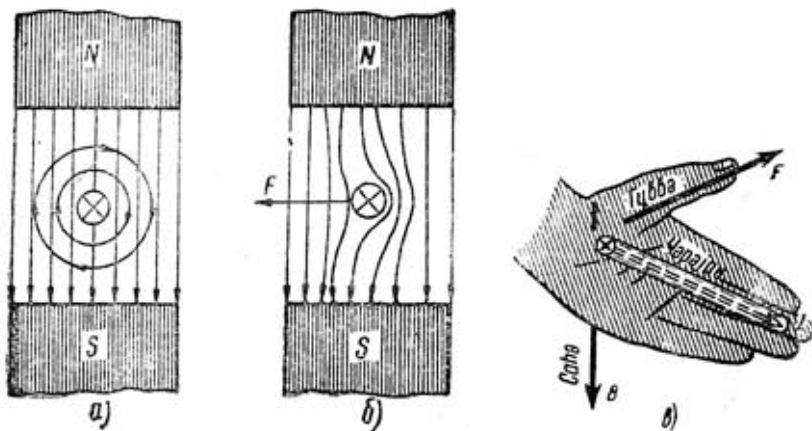


Şəkil 66. Elektromaqnit tavasılı olan yastı cilalama dəzgalı:
1- elektromaqnit ; 2- dolağ; 3- emal edilən detal

Detalı emal etdikdən sonra cərəyanı açır və məmulatı dəzgahı götürürlər. Məmulat ştamplanmasında əmək məhsuladarlığını xeyli artırmağa imkan verən elektromaqnit presin işi də elektromaqnitdən istifadə olunmasına əsaslanır. Bu pres çatı üzərində bərkidilmiş və sürüngəclə birlikdə hərəkət edən elektromaqnitdən, habelə qaytarma yayından ibarətdir. Cərəyan, elektromaqnitin dolaqlarından keçdikdə lövbər maqnitlənir və qaytarma yayının müqavimətinə üstün gələrək maqnitə dartılır. Bu lövbər preslə emal olunan materiala zərbə ilə təsir edən sürüngəci hərəkətə gətirir. Cərəyan verilməsi kəsildikdə lövbər sürüngəclə birlikdə qaytarma yayının təsiri ilə öz əvvəlki vəziyyətinə qaydır.

§43. MAQNİT SAHƏSİNDƏ CƏRƏYAN KEÇƏN NAQİL

Elektrik cərəyanı keçən naqili maqnit sahəsində yerləşdirsək, bu naqil maqnit sahəsi qüvvəsinin təsirinə məruz qalacaqdır. Maqnit sahəsinin qüvvələri bu naqili öz yerindən tərpətməyə cəhd edəcəkdir. Bu hal maqnit sahəsinin cərəyan keçən naqilə təsiri nəticəsində baş verir. Bu halda maqnit xətlərinin və naqilin sağ tərəfində cərəyanla yaradılan maqnit sahəsinin istiqaməti (şəkil 67 a) bir-birinə müvafiq gəlib, ümumi maqnit sahəsini gücləndirir. Eyni zamanda sol tərəfdə hər iki maqnit sahəsinin maqnit xətləri qarşılıqlı təsir etdiyindən ümumi sahəni zəiflədir.



Şəkil 67. Cərəyan keçən naqilin maqnit sahəsindən itələnməsi və sol əl qaydası

Ümumi sahənin maqnit xətləri elə bir qısalmağa cəhd edərək naqilə əqrəblə göstərilmiş istiqamətdə təsir edən qüvvə yaradır. Nəticədə naqil maqnit sahəsindən F qüvvəsi ilə itələnir(şəkil 67 б). Maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyan keçən naqilə təsir edən qüvvələrin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur. Bu qayda aşağıdakı kimi ifadə olunur: sol əli maqnit sahəsində elə yerləşdirək ki, maqnit xətləri ovcun içərisinə daxil olsun və əlin dörd barmağı cərəyanın istiqamətini göstərsin; onda baş barmaq naqilə təsir edən qüvvənin istiqamətini göstərəcəkdir.

Təcrübədən aydın olduğu kimi, cərəyan keçən naqilə maqnit sahəsinin təsir etdiyi F qüvvəsi, I cərəyanının l işlək uzunluğu(maqnit sahəsində yerləşdirilmiş naqilin uzunluğu) və maqnit sahəsinin intensivliyi-maqnit induksiyası B ilə mütənasibdir(şəkil 67 в). Bu asılılığı riyazi olaraq aşağıdakı düsturla ifadə edirlər:

burada vahid olaraq, F - nyuton, I -amper, l -metr, B isə Tesla ilə ifadə olunur.

Qeyri-bərabər maqnit sahəsində maqnit xətlərinə perpendikulyar yerləşdirilmiş, 1 A cərəyan keçən, uzunluğu 1 m olan naqilə 1N qüvvə təsir edirsə, belə sahənin maqnit sahənin maqnit induksiyası 1 Tl olacaqdır.

$$F = BIl$$

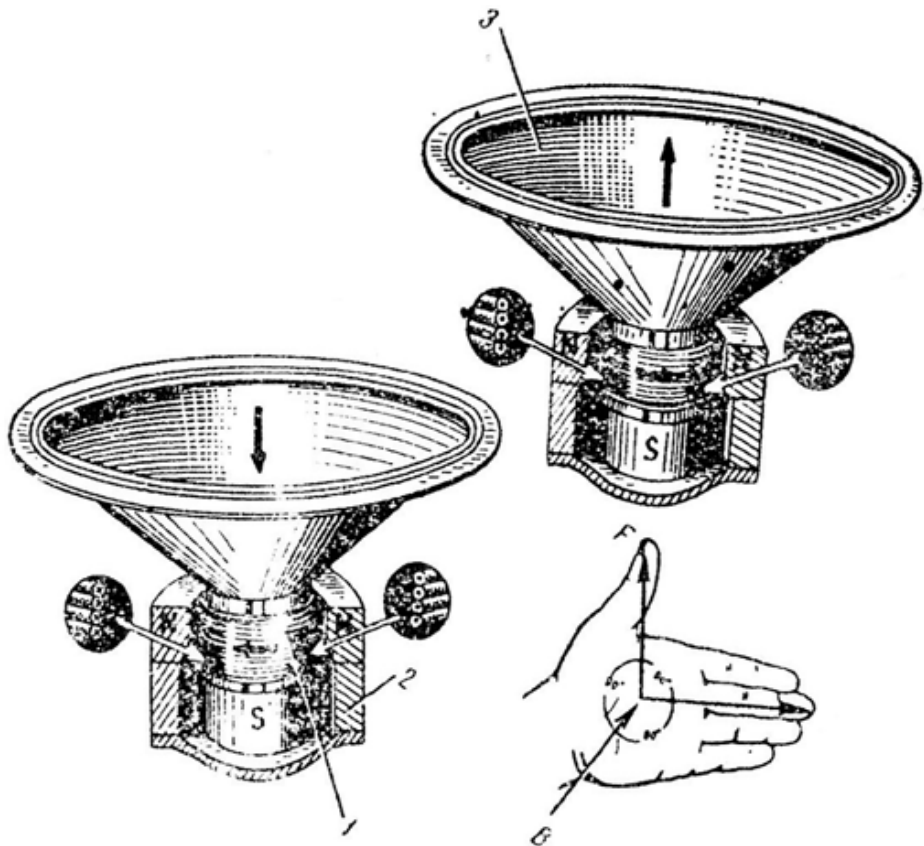
düsturdan göründüyü kimi, maqnit induksiyası belə bir nisbətlə təyin edilir:

$$B = \frac{F}{Il}$$

Deməli, maqnit sahəsinin intensivliyini xarakterizə edən maqnit induksiyası B maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyan keçən naqilə edilən təsir haqqında mühakimə yürütməyə imkan verən kəmiyyətdir. Maqnit induksiyası istiqamətli kəmiyyətdir- naqili itələyən qüvvəyə perpendikulyar vektordur.

Müxtəlif elektrik maşınları və cihazlarının, cümlədən elektrik mühərriki və maqnit-elektrik ölçü cihazlarının quruluşu maqnit sahəsinin və cərəyan keçən naqilin qarşılıqlı təsirinə əsaslanmışdır. Hazırda geniş yayılmış elektrodinamik reproduktorların (səsucaldıcıların) işləməsi də buna əsaslanmışdır. Reproduktorun quruluşu belədir: sabit maqnitin(1) maqnit sahəsində hərəkət edə bilən makara(2) və kağız diffuzor(3) yerləşdirilir.

Makaranın dolağından keçən cərəyan maqnit sahəsi əmələ gətirir. Bu maqnit sahəsi makaradan keçən cərəyana qarşılıqlı təsir etdiyindən, o, diffuzorla birlikdə hərəkət edir.



Şəkil 68. Elektrodinamik reproduktor:
maqnit; 2- makara; 3- diffuzor.

Makaranın sol qaydası ilə müəyyən edilən yerdəyişmə istiqaməti ondan keçən cərəyanın istiqamətindən asılıdır.

Cihazın makarasından qiymətə və istiqamətə dəyişən cərəyan (yəni, dəyişən cərəyan) keçdikdə o diffuzorla birlikdə titrəməyə başlayacaqdır. Bu da havanı kifayət qədər qüvvə ilə titrədə bildiyindən səs alınmasına səbəb olacaqdır.

§44. ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI

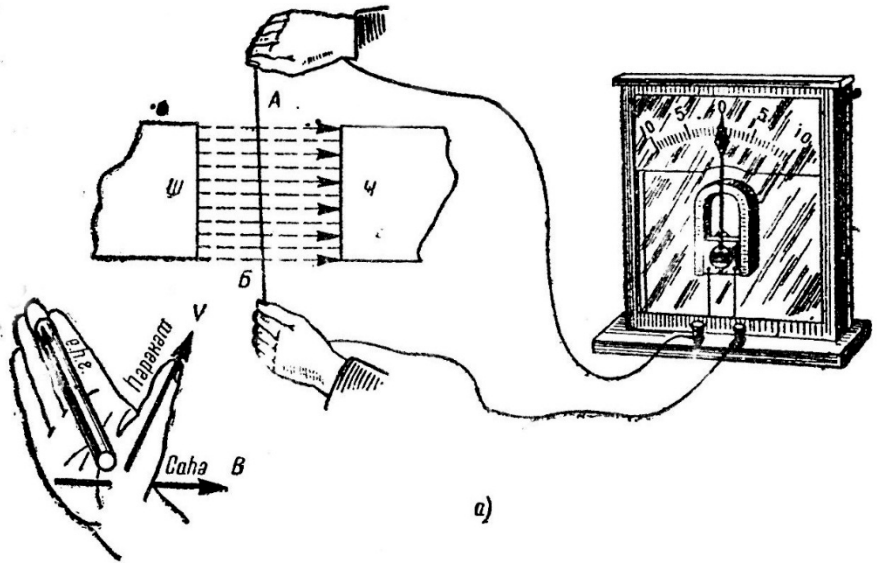
Yuxarıda elektrik cərəyanının və onun yaratdığı maqnit sahəsinin qarşılıqlı təsirini nəzərdən keçirdik. Elektrik və maqnit hadisələri arasındakı əlaqə bir də onunla təsdiq olunur ki, *naqili (sarğını) maqnit sahədə hərəkət etdirdikdə, yaxud onun ətrafındakı maqnit selini dəyişdirdikdə naqildə (sarğıda) elektrik hərəkət qüvvəsi induksiyanır.* İnduksiyanmış e. h. q- nin təsiri ilə qapalı naqildə elektrik cərəyanı yaranır. İnduksiya e h q-nin yaranmasına əmin olmaq üçün belə bir təcrübə edək.

Maqnit qütbləri arasında AB naqilini elə yerləşdirək ki, maqnit xətlərini kəssin (şəkil 69, a). Bu naqillə birləşdirilmiş ölçü cihazının əqrəbi müəyyən qədər yana hərəkət edəcəkdir. Naqili maqnit qütbləri arasında hərəkətsiz saxlasaq və ya onu maqnit xətlərinin istiqaməti üzrə hərəkət etdirsək, cihazın əqrəbi heç bir şey göstərməyəcəkdir. Deməli, bu təcrübədən aydın olur ki, naqil maqnit xətlərini kəsdikdə onda EQY yaranır.

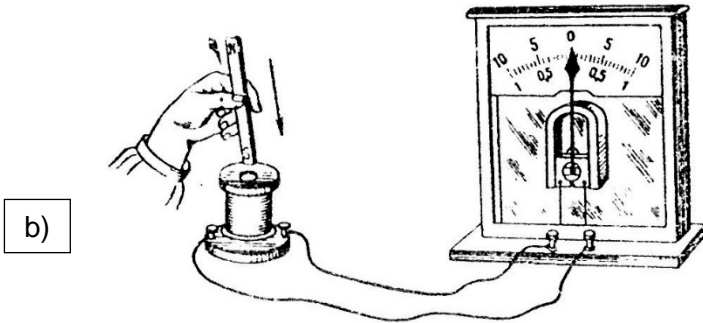
Başqa bir təcrübə edək. Maqnitə məftil makaranın içərisinə yerləşdirib, qalvonometri bu makaranın çıxışlarına birləşdirək (şəkil 69, b). Maqnit makaradan sürətlə çıxarıldıqda cihazın əqrəbi hərəkət edəcək və sonra öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdacaqdır. Maqnitə yenə də makaranın içərisinə qoyduqda cihazın əqrəbi ancaq əks istiqamətdə hərəkət edəcəkdir.

Deməli, maqnitə naqilə nisbətən hərəkət etdirdikdə də naqildə induksiya EQY yaranır. İnduksiya e h q –nin istiqamətini sağ əl qaydası ilə müəyyən etmək (bax şəkil 69 a). Bu qayda aşağıdakı kimi ifadə edilir: *sağ əl maqnit sahəsində elə yerləşdirilir ki, maqnit xətləri ovcunun içərisinə daxil olsun, baş barmaq isə naqilin maqnit sahəsində hərəkət istiqamətini göstərsin, onda əlin dörd barmağı induksiya e. h. q –nin istiqamətini göstərəcəkdir.*

Maqnit xətləri ilə kəsişdikdə naqildə yaranan induksiya EQY B maqnit induksiyasından, l – naqilin uzunluğundan və onun maqnit sahəsində v hərəkət sürətindən asılıdır. Bu asılılığı belə bir **düsturla*** ifadə etmək olar:



a)



b)

Şəkil 69. İnduksiya e. h. q -nin alınması: a-mağnit xətləri naqıl ilə kəsişdikdə h q -nin istiqaməti sağ əl qaydası ilə müəyyən olunur; b-mağnit makarada hərəkət etdirildikdə

*Bu düstur naqillə maqnit xətləri düzbucaq altında kəsişdikdə doğrudur. Naqıl maqnit selini hər hansı bucaq altında kəsərsə, $E = BLV \sin\alpha$ olacaqdır, burada α - naqilin hərəkət istiqaməti və maqnit selinin istiqaməti arasındakı bucaqdır.

$$E = BLV,$$

Burada E - induksiya e. h. q ,
(V) ilə maqnit induksiyası, T ilə
 L - naqilin uzunluğu, mil

V – naqilin maqnit sahəsində hərəkət sürətidir, m / san ilə

Maqnit induksiyası $B = 2 Ts$ olduqda işlək uzunluğu $L = 0,4 m$ olan naqil maqnit xətlərinə nisbətən 90^0 bucaq altında,

$v = 15 m / san$ sürətlə hərəkət edərsə, onda yaranan induksiya EHQ aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E = BLV = 2 * 0,4 * 15 = 12 v$$

Elektromaqnit induksiyasının Faradey tərəfindən kəşf olunması, iş prinsipi bu hadisəyə əsaslanan bir sıra elektrik maşınları və cihazları qurmağa imkan verdi. Belə maşın cihazlardan elektromaqnit generatoru, elektrodinamik mikrofonu, valları oxutmaq üçün gramofonda qoyulan səsgötürən(adapter) və s. daha geniş yayılmışdır. Elektrodinamik mikrofon (şəkil 70) güclü sabit maqnitdən (1), alüminium falgadan hazırlanmış membrandan (2) və hərəkət edən makaradan (3) ibarətdir.



Şəkil 70. Elektromaqnit mikrofon:

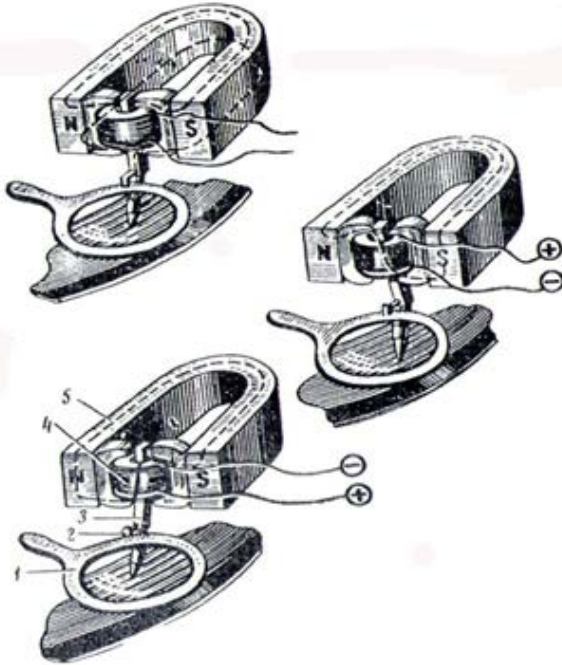
a – səs dalğaları membrana düşdükdə; b – membranın ətrafında seyrəklik yarananda; 1- maqnit, 2- membran, 3 – makara

Bu makara dolağının ucları transformatorun birinci dolağına birləşdirilir. Səs dalğaları mikrofonun membranına düşdükdə (şəkil 70, a) membran makara ilə birlikdə aşağıya hərəkət edir, buna görə də maqnit xətləri ilə kəsişmə nəticəsində onda induksiya EHQ yaranır. Bu e.h. q-nin təsiri ilə transformatorun birinci dolağından cərəyan keçir.

Membranın ətrafında seyrəklik yarandıqda (şəkil 70, b) o, makara ilə birlikdə yuxarıya hərəkət edir.

Bu halda makarada yaranan induksiya EQ transformatorun birinci dolağında əks istiqamətdə hərəkət edən cərəyan əmələ gətirir. Səs dalğaları mikrofonun membranına təsir etdikdə, membran tirəyişlə hərəkət edir. Maqnit sahəsində yerləşdirilmiş hərəkət edən makara maqnit xətləri ilə kəşişir və bundan dəyişən EQ induksiyanır. Bu e. h. q-nin təsiri ilə transformatorun dövrəsində dəyişən cərəyan əmələ gəlir, bu da gücləndiricidən keçərək repraduktora daxil olur.

Səsgötürən (şəkil 71) qütbləri arasında makara (4) yerləşdirilmiş nalşəkilli maqnitdən (5) ibarətr. Bu makaranın emal izolyasiyası olan nazik məftildən dolaqları vardır. Makaranın içərisində polad lövbər – iynətutucu (3) yerləşdirilir. İynə (1) lövbərin deşiyinə taxılıb, vintlə (2) bərkidilir. İynə, gramfon valının cızıqları üzrə sürüşdükdə titrəmə hərəkəti edir.

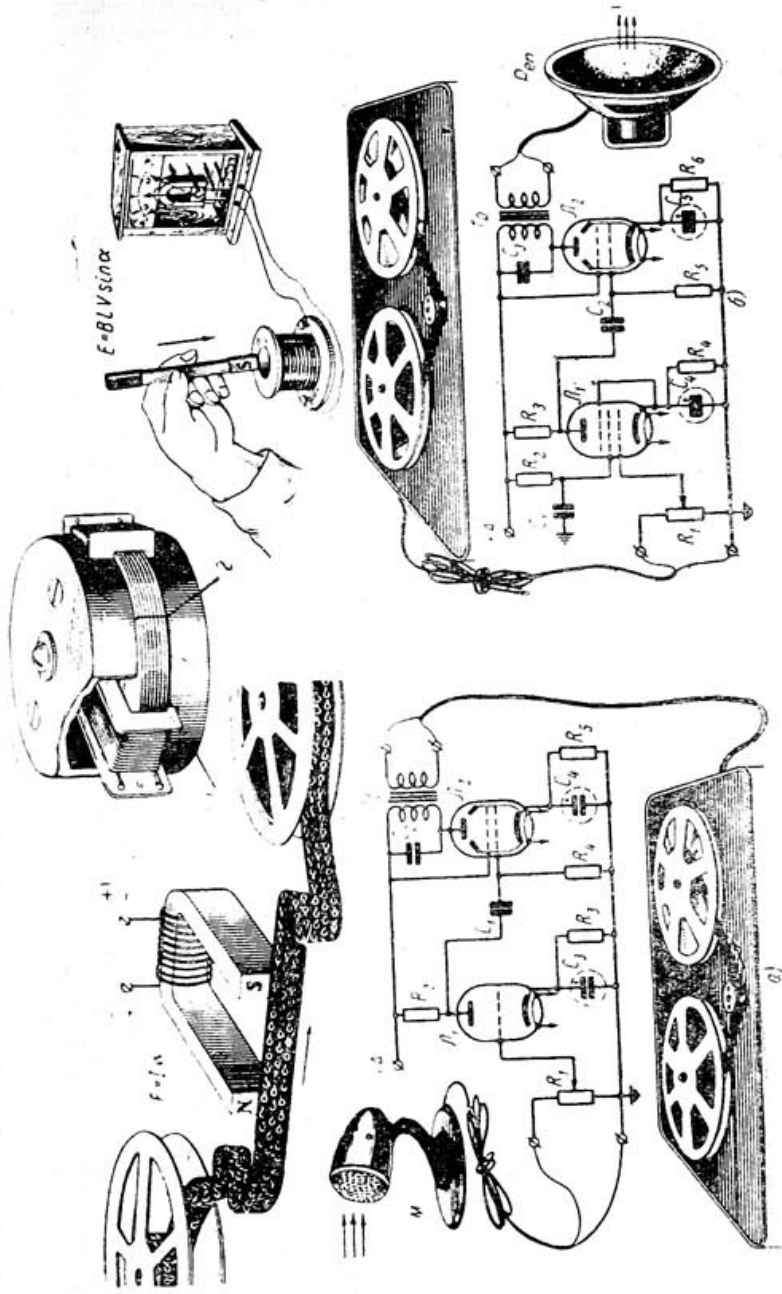


Şəkil 71. Səsgötürənin işləmə prinsipi
iynə, 2- vint, 3- iynətutan (lövbər), 4- makara, 5- maqnit

Bu halda, iynə ilə birlikdə səsgötürənin lövbəri də titrəmə hərəkəti edir. Lövbəri dəlib keçən maqnit selinin qiyməti sabit olmur. Bu onunla əlaqədardır ki, lövbər maqnitin qütblərinə yaxınlaşdıqca lövbərdən keçən maqnit seli artır, qütblərdən uzaqlaşdıqca isə azalır. Bundan başqa, lövbərdə maqnit selinin istiqaməti də dəyişir. İynə sağ tərəfə verildikdə lövbərdəki maqnit seli yuxarıdan aşağıya yönəlir, iynə sola verildikdə isə maqnit seli aşağıdan yuxarıya yönəlir. Beləliklə, səsgötürənin makarası qiymətcə və istiqamətcə dəyişilən maqnit sahəsində yerləşir. Bunun nəticəsində də makarada dəyişən elektrik cərəyanı induksiyanır. Bu da cərəyan gücləndiricidən keçərək reproduktora daxil olur; bu halda grammofon valına yazılmış səslər reproduktordan lazımı qədər ucadan eşidilir.

Maqnit yazısı və bunun oxunması da elektromaqnit hadisəsinə əsaslanmışdır. Səsi maqnitlə yazan və oxuyan aparata **maqnitofon deyilir**. Səsin maqnit yazısının sxemi 72-ci a) şəklində göstərilmişdir. Səs, xüsusi ferromaqnit lentə yazılır; bu lent **yazan başlıq və maqnit başlığı**(1) adlanan elektromaqnit qütbləri arasında bərabər sürətlə hərəkət etdirilir. Maqnitofonun yazan başlığı elektromaqnitinin dolğuna cərəyan, mikrofonun birləşdirildiyi gücləndiricidən daxil olur.

Biz mikrofonun qabağında dayanıb danışdıqda, səs dalğaları membrana düşərək onu titrədir. Bu halda mikrofonun membranla birləşdirilmiş hərəkət edən makarası maqnit seli ilə kəşifir və makarada dəyişən EHQ induksiyanır; bu da gücləndiriciyə təsir edir. Gücləndirilmiş titrəyişli hərəkətlər maqnitofonun yazan başlığı elektromaqnitinin dolağına verilir. Başlığın makarasında cərəyan şiddəti mikrofon qarşısında çıxarılan səsin taktından asılı olaraq dəyişilir. Yazan başlığın elektromaqnitini ilə yaranan maqnit seli də bunun kimi dəyişilir. Bu maqnit sahəsi, hərəkət edən ferromaqnit lenti mikrofondan daxil olan cərəyan şiddətinin dəyişilməsinə uyğun surətdə, müxtəlif intensivliklə maqnitləndirir. Maqnit lentində qalıq maqnetizm olduğundan gözə görünməyən maqnit izi – səsin “izi” uzun müddət saxlanıla bilər. Maqnit yazısının oxunması- ifa olunması elektromaqnit induksiyasına əsaslanır. Maqnit yazısının oxunma sxemi 72-ci b) şəklində verilmişdir. Nitq və ya musiqi əsəri yazılmış maqnit lenti maqnit başlığı elektromaqnitinin qütbləri qarşısında bərabər sürətlə hərəkət etdirilir. Başlıq elektromaqnitinin dolağı gücləndiricidən keçirməklə reproduktora birləşdirilir.



Şekil 72. Mağnit yazısı ve onun oxunması sxemi
a- yazma; b- oxunma

Müxtəlif intensivliklə maqnitləndirilmiş lent, elektromaqnitinin qütbləri qarşısında hərəkət etdirildikdə dolaqda dəyişən EHQ induksiyanır və bu EHQ lentin maqnit sahəsinin dəyişilməsinə uyğun olaraq dəyişilir.

Maqnitofonun başlığı elektromaqnitindən daxil olan bu elektrik titrəyişləri gücləndirilərək reproduktora verilir. Lentə yazılmış səslər reproduktorda eşidilir. Maqnitofon, lentdə yazılmış səsləri də“pozur”, buna görə də maqnit lentini təkrar yazmaq üçün dəfələrlə istifadə etmək mümkündür.

Maqnit yazısı və bunun oxunması nəinki məişətdə, həm də istehsalat məqsədləri üçün istifadə edilir. Müxtəlif mexanizmləri avtomatik idarə etmək üçün programı maqnit lentinə yazmaq olar. Maqnit lentinə yazılmış səs titrəyişləri maqnitofonda elektrik signalına çevrilir; bu signallar istehsalat elektrik signalına çevrilir; bu signallar istehsalat obyektlərini idarə edən cihazlarla qəbul olunur.

§45. ÖZ - ÖZÜNƏ İNDUKSIYA

Elektrik cərəyanı naqıldən, və ya məftil makaradan keçdikdə maqnit sahəsi yaranır. Cərəyanı kəsədikdə isə bu maqnit sahəsi yox olur. Makaranın dövrəsini açıb – bağlasaq, onun ətrafında maqnit sahəsi yaranacaq və yox olacaqdır. Dəyişən maqnit sahəsi makaranın dolaqları ilə kəsişəcək və onda öz- özünə induksiya EHQ əmələ gətirəcəkdir. Makaranın “öz” maqnit sahəsi hər dəfə dəyişdikdə onun sarğıları “öz” maqnit xətləri ilə kəsişir və onda öz-özünə induksiyanma EHQ yaranır.

Sarğıların sayı W olan makaradan I cərəyan keçərsə, bu cərəyan sarğılarla kəsişir Φ maqnit seli yaradır. Maqnit selinin sarğılar sayının hasilinə *sel ilişməsi* deyilir. Sel ilişməsi (ψ) hərfi ilə işarə edilir.

$$\psi = \Phi W$$

burada Φ və ψ veber ilə ifadə olunur.

Nəzərdən keçirdiyimiz makarada sel ilişməsi onun sarğılarından keçən cərəyanla mütənasibdir. Buna görə də

$$\psi = L I$$

burada L - mütənasiblik əmsəlidir, buna **induktivlik** deyilir. Bu düsturdan göründüyü kimi, induktivlik $L = \frac{\Phi}{I}$, yəni sel ilişməsinin makaradakı cərəyanın qiymətinə nisbəti ilə təyin edilir.

İnduktivlik **henri (hn)** ilə ölçülür. Naqildə cərəyan 1 san. ərzində 1 a -ə bərabər sürətdə dəyişdikdə 1v qədər öz-özünə induksiya EQQ yaranarsa, belə naqilin induktivliyi 1 hn olacaqdır. İnduktivliyi ölçmək üçün istifadə olunan daha kiçik ölçü vahidinə **milli henri (mhr)** deyilir. $1hn = 1000 mhr$. Henridən milyon dəfə kiçik olan ölçü vahidi də vardır. İnduktivliyin belə ölçü vahidinə mikrohenri (mkhr) deyilir; $1hn = 1000\ 000 mkhn = 10^6 mkhn$; $1mhn = 1000 mkhn$.

Uzunluğu l , bir qatda yerləşdirilmiş və I cərəyanı keçirilən W dolaqları olan makarada induktivliyin necə olacağını aydınlaşdırmaq (makara karkasının diametri makaranın uzunluğundan bir neçə dəfə çoxdur).

Makaranın sarğularından keçən cərəyan maqnit sahəsi yaradır. Bu sahənin gərginliyi

$$H = \frac{Iw}{\ell}$$

Maqnit induksiyası isə

$$B = \mu_M H \text{ və ya } B = \frac{\mu_M I W}{\ell}$$

olacaqdır. Cərəyanla yaradılan maqnit seli

$$\Phi = BS \text{ və ya } \Phi = \frac{\mu_M I W S}{L}$$

Sel ilişməsi isə $\phi = w\Phi$

Lakin induktivlik

$$L = \frac{\phi}{I} \text{ olduğundan } L = \frac{W\Phi}{\ell} \text{ və ya } L = \frac{\mu_M I w S}{\ell}$$

Bu ifadədə dəyişiklik aparsaq induktivlik

$$L = \frac{w^2 \mu_M S}{\ell}$$

olacaqdır.

Misal. Uzunluğu 0, 1 m olan silindrik karkasa bir qatda 150 dolaq məftil sarınmışdır. Makaranın ön kəsik sahəsi $S = 0,04 m^2$. Makarada içlik qoyulmamışdır :

$$\mu_M = \mu_0 = \frac{4\pi}{10^7} hn/m$$

Makaranın induktivliyini təyin etməli.

Həlli. Makaranın induktivliyi

$$L = \frac{\omega^2 \mu_M S}{\ell} = \frac{150 \cdot 150 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 0,04}{10^7 \cdot 0,1} \approx 0,01 \text{ hn}$$

Müxtəlif məftilli makaralar (dolaqlar) özündə müxtəlif öz-özünə induksiya EQ oyada bilir-bunların induktivliyi müxtəlif olur. Polad içliyi olan makaranın induktivliyi içlik qoyulmamış makaraya nisbətən xeyli yüksək alınır. İçliyi olmayan məftil makaranın induktivliyini vahid qəbul etsək, polad içlik qoyulmuş eyni makarada induktivlik təxminən 3500 olacaqdır. Bu hal onunla izah edilir ki, polad içliyi cərəyankeçən makaraya daxil etdikdə içlik maqnitlənin və buna görə də makaranın sarğıları ilə kəşişən maqnit seli xeyli artır və sel ilişməsi çoxalır. Polad içliyin nisbi maqnit keçiriciliyi havanın keçiriciliyindən təxminən 3500 dəfə çox olduğundan, içliyi daxil etdikdə makaranın induktivliyi də bu qədər artır. Lakin bu induktivlik sabit deyildir, cunki poladda μ_M sahənin H gərginliyindən vədeməli, cərəyan şiddətindən asılıdır.

Makaranın induktivliyi onun en kəsiyindən və uzunluğundan da asılıdır. Makaranın en kəsiyi nə qədər çox olarsa, onun induktivliyi o qədər artıq alınacaqdır. Sarğıların sayı eyni saxlandığı halda makaranın uzunluğu artırıldıqda induktivlik azalır.

Makarada yaranan öz-özünəinduksiya EQ -nin qiyməti onun induktivliyindən və cərəyanın makarada dəyişilmə tezliyindən, yəni maqnit selinin dəyişilməsi sürətindən asılıdır.

İnduktivliyi L (hn) olan dövrdə cərəyan çox az müddətdə $-\Delta t$ san. ərzində kiçik ΔI a qədər dəyişərsə, belə dövrdə öz-özünəinduksiyanın EQ yaranacaqdır :

$$E_l = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

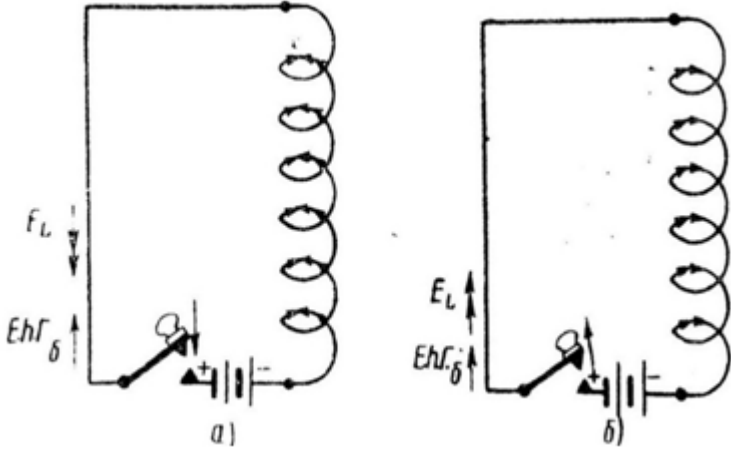
Bu düsturdakı mənfi işarəsi onu göstərir ki, öz-özünəinduksiya EQ cərəyanın dəyişilməsinə əks təsir edir.

Misal. İnduktivliyi $L=5$ hn olan makaradan elektrik cərəyanı keçir və bu gücü 2 san. ərzində 10 a qədər dəyişir. Makarada yaranan öz-özünəinduksiya EQ -ni hesablamalı.

Həlli.

$$E_l = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 5 \frac{10}{2} = 25 \text{ a} .$$

Məşhur rus alimi E. X. Lens sübut etmişdir ki, induksiya EQ və o cümlədən öz-özünəinduksiya EQ həmişə elə yönəlmişdir ki, onu yaradan səbəbə əks təsir göstərir. Buna Lens qanunu deyilir.



Şəkil 73. Öz-özünə induksiya EQ-nin yaranması :
a-dövrəni qapadıqda ; b-dövrəni açdıqda

Dövrə qapandıqda batareyanın EQ 73-cü a şəklində oxlarla göstərilən istiqamətdə yönəlmişdirsə, öz-özünəinduksiya EQ Lens qanununa görə bu halda əks istiqamətə yönələcək (şəkildə iki oxla göstərilmişdir) və cərəyanın axmasına mane olacaqdır. Dövrənin açılması momentində isə əksinə (şəkil 73, b) öz-özünəinduksiya EQ-nin istiqaməti batareyaya EQ -nin istiqamətinə müvafiq olacaq və cərəyanın azalmasına mane olacaqdır.

Deməli, induktivliyi olan dövrənin qapanması momentində EQ yaranan öz-özünəinduksiya EQ -nin qiyməti qədər azalacaqdır.

Cərəyan mənbəyinin gərginliyini U , öz-özünəinduksiya EQ-nin qiymətini E_L , yekunlaşdırma gərginliyini U_j ilə işarə etsək:

$$U_j = U - E_L$$

Dövrənin açılması momentində yekunlaşdırıcı gərginlik artır :

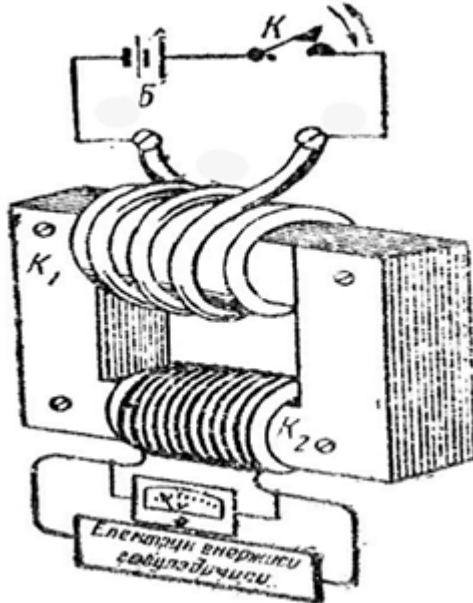
$$U_j = U + E_L$$

Elektrik dövrlərində öz-özünəinduksiya EQ cərəyan mənbəyinin gərginliyindən dəfələrlə çox ola bilər. Bununla əlaqədar olaraq induktivliyi böyük olan dövrlərin açılmasında kəsən açarların və açarların kontaktları arasındakı hava araboşluğu deyil, qılgılcım və ya

qövs əmələ gəlir; bu da kontaktların yanmasına və qismən əriməsinə səbəb olur. Bundan başqa, öz-özünə induksiya EHQ makara məftillərinin izolyasiya qatını da dəlib keçə bilər.

§46. QARŞILIQLI İNDUKSIYA

İki makara bir-birindən müəyyən məsafədə olarsa və bunlardan birindən (K_1) dəyişilən cərəyan keçərsə, bu cərəyanın yaratdığı maqnit sahəsi ikinci makaranın (K_2) sarğılarını keçəcək və bunda EHQ yaradacaqdır; buna qarşılıqlı induksiya EHQ deyilir (şəkil 74)



Şəkil74. Qarşılıqlı induksiya EHQ-nin alınması sxemi

Qarşılıqlı induksiya EHQ -nin təsiri ilə ikinci makaranın qapalı dövrəsində qarşılıqlı induksiya elektrik cərəyanı əmələ gəlir. Bu cərəyan maqnit sahəsi yaranmasına səbəb olur. Həmin maqnit sahəsi birinci makaranın dolaqları ilə kəsişdiyindən onda qarşılıqlı induksiya EHQ vardır. Buna qarşılıqlı induksiya deyilir.

İkinci makarada yaranan qarşılıqlı induksiya EHQ -nin qiyməti makaraların ölçüsündən, qarşılıqlı yerləşdirilməsindən, içliklərin maqnit keçiriciliyindən, habelə birinci makarada cərəyanın dəyişilmə

sürətindən $\left(\frac{\Delta I}{\Delta t}\right)$ asılıdır. Bu asılılığı düsturla aşağıdakı kimi ifadə etmək olar :

$$E_{qarş} = -M \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Burada ΔI – cərəyan şiddətinin Δt san. ərzində dəyişilməsi a ilə ;

M – makaraların ölçüsündən, onların yerləşdirilməsindən və mühitin maqnit keçiriciliyindən asılı olan kəmiyyətdir. Buna qarşılıqlı induktivlik deyilir və **henri** ilə ölçülür.

Bu düsturdakı mənfi işarəsi onu göstərir ki, qarşılıqlı induksiya EQQ onu törədən səbəbə əks təsir edir.

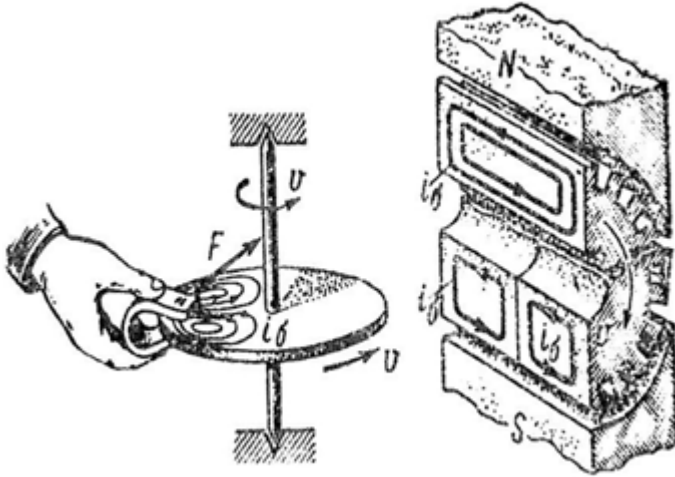
İki dövrdə hn qarşılıqlı induktivlik o zaman ola bilər ki, bunların birində cərəyan bərabər sürətdə 1 san. ərzində 1 a qədər dəyişdikdə, digərində 1 v qarşılıqlı induksiya EQQ yaranır.

Transformatorların işi qarşılıqlı induksiyadan istifadə olunmasına əsaslanır.

§47. BURULĞAN CƏRƏYANLARI

Metal lövhəni (iriölçülü naqili) dəyişən maqnit sahəsində yerləşdirsək, həmin sahənin maqnit xətləri ilə kəsişəcək və onda elektrik cərəyanları induksiyalanacaqdır; belə cərəyanlara burulğan cərəyanlar deyilir. Belə iri naqillərin (məsələn, elektrik maşınları və transformatorlarının polad və çuqun hissələri) en kəsiyi böyük olduğundan elektrik müqaviməti az olur və bunları çox böyük burulğan cərəyanlar yaranır. Bu halda həmin naqillər qızdığından çox böyük elektrik enerjisi itkisinə səbəb olur. Bütöv metal kütlələr maqnit sahəsində fırlanıqda və onun maqnit xətləri ilə kəsişdikdə də (şəkil 75) burulğan cərəyanlar yaranır. İnduksiya cərəyanlarında olduğu kimi, burulğan cərəyanlar da Lens qanununa görə onları yaradan səbəbə əks təsir edir və xüsusilə onları törədən maqnit sahəsini zəiflədir. Elektrik qurğularının çoxunda burulğan cərəyanlar arzu olunmur və bunları azaltmaq üçün yarana bilən naqillərin müqavimətini artırırılar. Bu məqsədlə naqilin materiallarına xüsusi aşqarlar əlavə olunur. Bundan başqa, elektrik maşınlarının təkrar maqnitlənməyə məruz qalan ferromaqnit detallarını 0, 35-0, 5 mm qalınlığında təbəqə poladdan

hazırlayıb, ayrı-ayrı təbəqələri bir-birindən lak, nazik kağız, yaxud dəmir yanığı ilə izolyasiya edirlər.



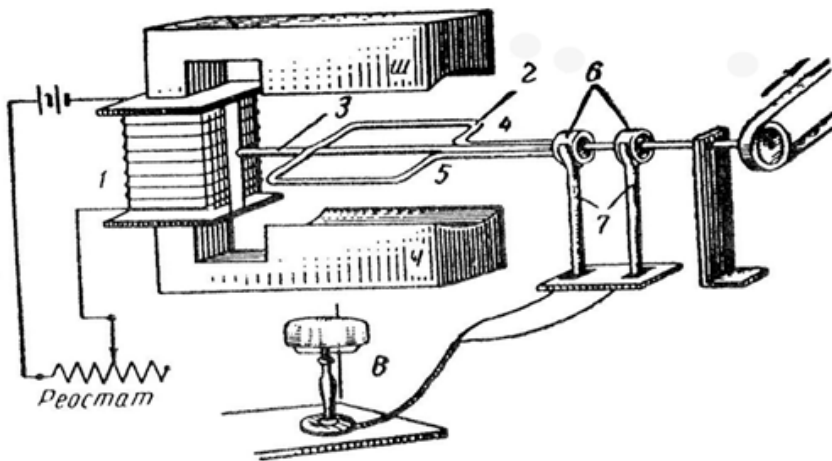
Şəkil 75. Burulğan cərəyanların yaranması

Lakin bəzi qurğu və cihazlarda burulğan cərəyanların yaranması arzu olunan haldır. Məsələn, metalları əritmək üçün olan induksiya elektrik peçlərinin və induksiya elektrik- ölçü cihazlarının (enerji sayğaclarının) işi burulğan cərəyanlardan istifadə olunmasına əsaslanır. İnduksiya peçi boru şəkilli mis məftildən hazırlanmış makaranın içərisində yerləşdirilən tigeldən ibarətdir. Metalı bu tigelin içərisinə yerləşdirirlər. Peçin dolağından sabit elektrik cərəyanı keçirildikdə onun daxilində dəyişən maqnit sahəsi yaranır. Bu sahənin maqnit xətləri metalda burulğan cərəyanlar induksiylayır ki, bu da metalın qızmasına səbəb olur. Nəticədə metal əriyir. Polad məmulatın tavlandırılmasının elektrik metodları da qarşılıqlı induksiya e.h.q. və burulğan cərəyanlardan istifadə olunmasına əsaslanır. Bu metodun sənayedə tətbiqi rus akademiki V. P. Vologdin tərəfindən əsaslandırılmışdır.

Zavodlarda müxtəlifölçülü polad məmulatı tavlandırmağa imkan verən müxtəlifgüclü elektrik qurğularından istifadə olunur.

4 - cü fəsil
BİRFAZALI DƏYİŞƏN CƏRƏYAN
§48. DƏYİŞƏN ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİNİN
ALINMASI

Müəyyən vaxt ərzində qiymət və istiqaməti periodik dəyişən elektrik cərəyanına *dəyişən cərəyan* deyilir. Dəyişən cərəyanı almaq üçün generatorlardan istifadə olunur. Dəyişən cərəyan generatorunun işi elektromaqnit induksiya hadisəsinə əsaslanmışdır. Generatorun iş prinsipini nəzərdən keçirək və elektrik dövrəsində dəyişən cərəyanın axmasına səbəb olan dəyişən e. h. q – nin necə yarandığını aydınlaşdıraraq. Generatorun maqnit sahəsi (şəkil 76) dolaqlarından xarici elektrik mənbəyindən verilən cərəyan keçən elektromaqnit (1) ilə yaradılır.



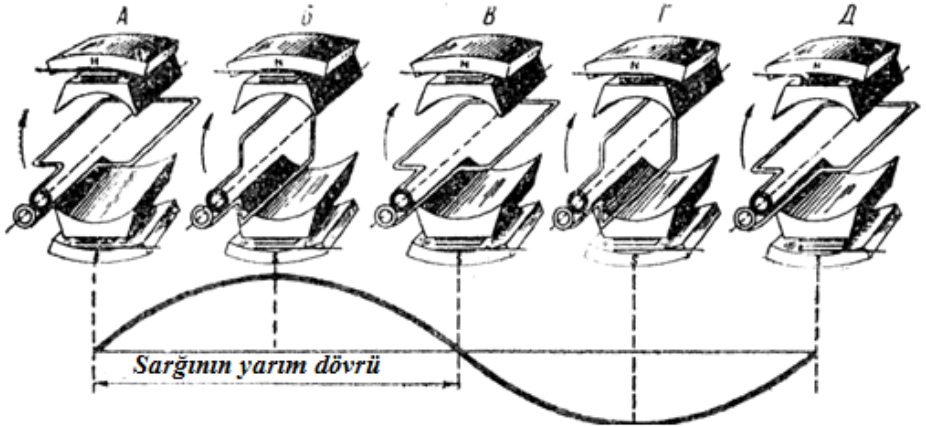
Şəkil 76. Generatorun quruluş sxemi:
elektromaqnitlər; 2- mis məftil; 3 – ox; 4 və 5 – sarğıların ucları;
6 – kontakt halqaları; 7- kömür fırçalar; 8 – enerji qəbulediciləri

Mis məftildən hazırlanıb, oxda (3) bərkidilən və bunun ətrafında hər hansı mühərriklə fırladılan sarğı (2) maqnit sahəsində yerləşdirilir . Bu sarğının ucları (4 və 5) oxda bərkidilmiş kontakt halqalarına (6) birləşdirilir. Elektrik enerji qəbuledicilərinin (8) birləşdirildiyi və hərəkətsiz bərkidilmiş kömür fırçalar (7) dolağın uclarına sıxılır.

Bildiyimiz kimi maqnit seli ilə kəsişdikdə naqildə yaranan induksiya e. h. q -nin qiyməti B maqnit induksiyasından, naqilin işlək uzunluğundan, maqnit sahəsindəki v hərəkət sürətindən, naqilin hərəkət istiqaməti ilə maqnit selinin istiqaməti arasındakı bucağın sinusundan asılıdır:

$$e = Blv \sin \alpha$$

Generatorun eynicinsli maqnit sahəsində bərabər sürətlə fırlanan sarğının müxtəlif vəziyyətləri 77-ci şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 77. Dəyişən elektrik hərəkət qüvvəsinin alınması

A vəziyyətində sarğının hərəkət istiqaməti maqnit selinin hərəkət istiqamətinə uyğun gəlir. Deməli, sarğı maqnit xətləri ilə kəsişmir, naqilin hərəkət istiqaməti və maqnit selinin istiqaməti arasındakı α bucağı sıfıra bərabər olur, $\sin 0^\circ = 0$ alınır. Buna görə də sarğıda induksiyanmış elektrik hərəkət qüvvəsi

$$e = Blv \sin 0^\circ = 0.$$

Sarğı çevrə üzrə hərəkət edərək müəyyən vaxtdan sonra $\alpha = 45^\circ$ bucaq qədər dönəcək və B vəziyyətini tutacaqdır. Bu halda sarğı daha çox maqnit xətləri ilə kəsişəcəkdir.

Bu zaman sarğıda induksiyanmış e. h. q – nin qiyməti daha çox olacaqdır. $\sin 90^\circ = 1$ olduğundan

$$e = Blv \sin 90^\circ = Blv$$

Sarğı fırlanmaqda davam edərək B vəziyyətindən sonra B vəziyyətini alacaq və maqnit selinin $\alpha = 180^\circ$ bucaq altında kəsəcəkdir. Həmin

induksiyalanmış elektrik hərəkət qüvvəsi tədricən azalıb sifra bərabər olacaqdır. Bu onunla əlaqədardır ki, sarğı vəziyyətində maqnit selini kəsməyəcəkdir.

$$\sin 180^{\circ} = 0 \text{ olduğundan } e = Blv \sin 180^{\circ} = 0.$$

Sarğı maqnit sahəsində çevrə üzrə A vəziyyətindən B vəziyyətinə hərəkət etdikdə ondakı e. h. q – nin istiqamətini sağ əl qaydası ilə müəyyən edək.

EHQ bizdən, cizginin müstəvisi arxasına yönələcəkdir. E. h. q-nin bu istiqamətini şərti olaraq müsbət qəbul edək. Sonra sarğı fırlanıqda növbə ilə Γ , Δ vəziyyətlərini tutacaq və yenidən A vəziyyətinə qayıdacaqdır.

Sağ əl qaydasını istifadə etməklə əmin ola bilirik ki bu halda sarğıdakı elektrik hərəkət qüvvəsi öz istiqamətini dəyişib, bizə tərəf yönələcəkdir. E. h. q – nin bu istiqamətini mənfi hesab edək.

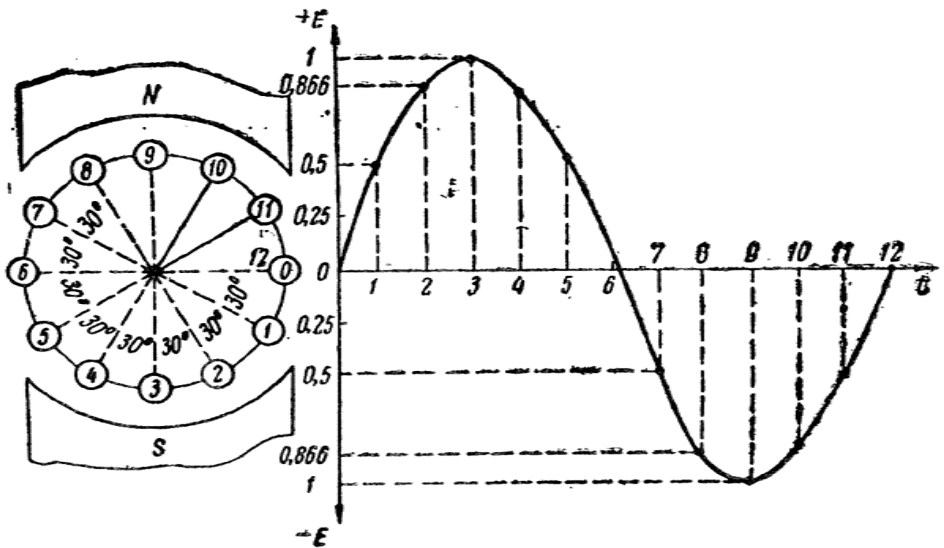
Sarğıdakı elektri hərəkət qüvvəsi tədricən artır və Γ vəziyyətində ən yüksək qiymət ($\alpha = 270^{\circ}$ olduqda) kəsb edir, sonra EHQ Δ vəziyyətində azalıb, yenidən sifra bərabər olur ($\sin 360^{\circ} = 0$); bundan sonra e. h. q – nin dəyişilmə prosesi yenidən başlanır. Sarğının tam dövretmə müddəti sarğıda induksiyaalanan EHQ –nin bir periodunun davam etmə müddətinə bərabərdir.

Maqnit, sahəsində dönmə bucağından asılı olaraq sarğıda yaranan e. h. q – nin dəyişilmə qrafikini quraq. Bunun üçün müxtəlif bucaqlardan (0° –dən 360° –yə qədər) ötrü sinusların qiymətlərini triqonometrik funksiyalar cədvəlindən götürək

Bucaq(α). dər. ilə	$\sin\alpha$	Bucaq(α). dər. ilə	$\sin\alpha$
0	0	210	0,5
30	0,5	240	0,866
60	0,866	270	1
90	1,0	300	0,866
120	0,866	330	0,5
150	0,5	360	0
180	0		

Üfiqi oxda (şəkil 78) sarğının maqnit sahəsində çevrə üzrə fırlanaraq bir dövretmə müddətini, yəni dəyişən e. h. q-nin bir periodunun

müddətini, şaquli oxda isə e. h. q-nin E qiymətini qeyd edək. Vaxtı 12 hissəyə bölək. Hər bir bölgü çevrənin 1/12 hissəsinə və ya $360 : 12 = 30^{\circ}$ –yə müvafiq olacaqdır. 0 nöqtəsi sarğının maqnit selini kəsmədiyi və ondakı e. h. q-nin sifira bərabər olduğu vəziyyətə uyğun gəlir. Sarğı 30° –yə qədər döndükdə 0 – 1 parçasına bərabər olan vaxt keçəcəkdir. Bu momentdə sarğıdakı EHQ vahid qəbul edilən ən böyük qiymətinin yarısına bərabər olacaqdır. Bu onunla əlaqədardır ki, $\sin 30^{\circ} = 0,5$ olur. Sarğı 60° döndükdə e. h. q –nin ən böyük qiymətinin 0,866 –na bərabər olacaqdır ($\sin 60^{\circ} = 0,866$). Sarğı 90° döndükdə EHQ ən çox olacaqdır ($\sin 90^{\circ} = 1$) və i. a.



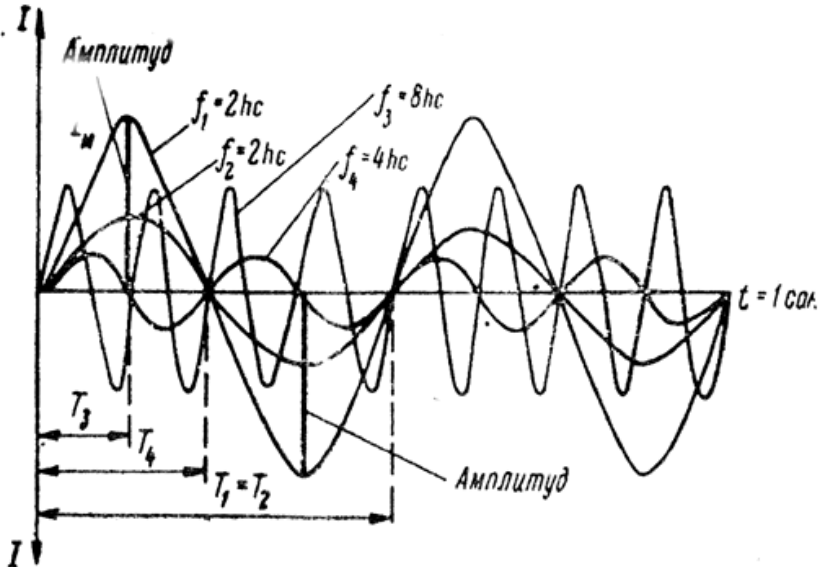
Şəkil 78. Naqildə e. h. q-nin dəyişilmə grafiki

Sarğı 180° –dən böyük bucaq qədər: 210° , 240° , 270° , 300° , 330° , və 360° döndükdə induksiyanmış EHQ öz istiqamətini dəyişəcək və sonra həmin bucaqların sinusunun dəyişilməsindən asılı olaraq dəyişməkdə davam edəcəkdir. Qrafikin 0- t vaxt hissəsində seçdiyimiz 12 vaxt momentindən hər biri üçün sarğının maqnit sahəsində dönmə bucağından asılı olaraq induksiyanmış e. h. q- nin qiymətlərini ifadə edən perpendikulyarları çəkək. Müxtlif vaxt momentlərində e. h. q –nin qiymətlərini ifadə edən hissələrin zirvələrini xətt ilə birləşdirsək *sinusoid* alırıq. Sinusoid üzrə dəyişilən e.h.q-nə sinusoidal deyilir.

Belə e.h.q –nin təsiri ilə elektrik dövrlərindən sinusoidal dəyişən cərəyan axır. Vaxta görə dəyişilən e.h.q-ni, cərəyan şiddətini, gərginliyi və gücü bu kəmiyyətlərin ani qiymətləri adlandırır və bunları kiçik (sətri)hərflərlə işarə edirlər.

§49. DƏYİŞƏN CƏRƏYANI XARAKTERİZƏ EDƏN ƏSAS KƏMİYYƏTLƏR

Dəyişən e. h q , dəyişən gərginlik, habelə dəyişən cərəyan- period, tezlik, maksimal və təsiredən qiymətlərlə xarakterizə olunur. Sinusoidal elektrik hərəkət qüvvəsinin təsiri ilə elektrik dövrlərində sinusoidal dəyişən cərəyan axır. Dəyişən e. h. q –nin (gərginliyin və ya cərəyanın) qiymətcə və istiqamətcə bir tam dəyişilməsinə (bir tsiklə) **period** deyilir. Period T hərfi ilə işarə olunur və saniyə ilə ölçülür. 79-cu şəkildə periodu və tezliyi müxtəlif olan dəyişən cərəyanların qrafiki verilmişdir.



Şəkil 79. Periodu və tezliyi müxtəlif olan dəyişən cərəyanların qrafiki

Dəyişən EQ 1/50 san. ərzində bir tam dəyişirsə , bu e. h. q –nin periodu 1/50 saniyəyə bərabərdir. Dəyişən e. h. q –nin (gərginliyin və cərəyanın) bir saniyə ərzində tam dəyişilmə saylarına **tezlik** deyilir.

Tezlik f hərfi ilə işarə olunur və (hs) ilə ölçülür. Bir saniyə ərzində dəyişən cərəyan 50 dəfə tam dəyişirsə, bu cərəyanın tezliyi $f = 50$ hs olacaqdır. Dəyişən cərəyanın tezliyi $f = 800$ hs olarsa, bir saniyə ərzində dəyişən cərəyan 800 dəfə tam dəyişilməyə məruz qalır. Böyük tezlikləri ölçmək üçün *kilohers (khs)* və *megohers (mhs)* adlanan vahidlərdən istifadə olunur; $1\text{khs} = 1000$ hs, $1\text{mhs} = 1000\ 000$ hs = 10^6 hs. Dəyişən cərəyanın tezliyi nə qədər çox olarsa, onun periodu o qədər az alınar. Beləliklə, tezlik perioda əks olan kəmiyyətdir:

$$f = \frac{1}{T}$$

Misal 1. Dəyişən cərəyanın bir periodu $1/50$ san. ərzində baş verir. Cərəyanın tezliyini təyin etməli.

Həlli. Dəyişən cərəyan $1/50$ san. ərzində bir tam dəyişilir. Deməli bir saniyə ərzində belə dəyişilmə 50 dəfə baş verir. Onda tezlik:

$$f = \frac{1}{T} = 1 : \frac{1}{50} = 50 \text{ hs}$$

Period da tezliyə əks kəmiyyətdir:

$$T = \frac{1}{f}$$

Misal 2. Cərəyanın tezliyi 2000 hs – dir (2 khs). Bu dəyişən cərəyanın periodunu təyin etməli.

Həlli: Dəyişən cərəyan bir saniyə ərzində 2000 dəfə belə tam dəyişilməyə məruz qalır. Deməli, cərəyanın bir tam dəyişilməsi- bir periodu saniyənin $1/2000$ ərzində baş verir. Onda period

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2000} \text{ san.}$$

Sarğı maqnit sahəsində fırlanıqda, onun bir dövrü 360^0 yə və ya 2π radiana* müvafiq gəlir. Məsələn, sarğı $T = 3$ san. ərzində bir dövr edirsə, onun bir san. ərzində fırlanmasının bucaq sürəti:

$$v = \frac{360\text{dər}}{T} = \frac{360\text{dər}}{3\text{ san.}} = 120 \text{ dər/san}$$

Bu sarğının $\text{rad} / \text{san.}$ ilə ifadə olunmuş fırlanma bucaq sürəti müvafiq olaraq $\frac{2\pi}{T}$ nisbəti ilə təyin edilir. Bu kəmiyyətə bucaq tezliyi deyilir və ω hərfi ilə işarə olunur.

Beləliklə,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ yaxud } \omega = 2\pi \frac{1}{T}$$

Dəyişən cərəyanın tezliyi $f = \frac{1}{T}$ olduğundan f - in bu qiymətini bucaq tezliyi ifadəsində yerinə qoysaq:

$$\omega = 2\pi \frac{1}{T} = 2\pi f \frac{\text{rad}}{\text{san.}}$$

alarıq.

Cərəyanın rad/san ilə ifadə olunmuş bucaq tezliyi ω , hers ilə ifadə olunan f tezliyindən 2π dəfə çoxdur.

Dəyişən cərəyanın tezliyi $f = 50$ hs olarsa, bucaq tezliyi

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ rad/san alınacaqdır.}$$

Müxtəliftezlikli dəyişən cərəyandan texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə olunan, elektrik stansiyalarında $f = 50$ hs tezlikdə dəyişən e. h. q-si istehsal edən generatorlar qoyulmuşdur. Radiotexnikada və elektronikada tezliyi onlarca vahiddən bir çox milyon hersə qədər olan dəyişən cərəyanlardan istifadə edilir.

Dəyişən e. h. q—nin (gərginliyin və ya cərəyanın) bir period ərzində çatdığı ən böyük qiymətə onun **maksimal qiyməti** (amplitudu) deyilir. Elektrik hərəkət qüvvəsinin maksimal qiyməti

E_m , gərginliyi U_m , cərəyanı I_m ilə işarə olunur.

79- cu şəkildən görüldüyü kimi, dəyişən EQ bir period ərzində iki dəfə maksimal qiymətə çatır.

Məfillərdən keçən elektrik cərəyanı öz istiqamətindən asılı olmayaraq məfilləri qızdırır. Bununla əlaqədar olaraq istilik nəinki sabit cərəyan dövrlərində, həm də dəyişən cərəyanın keçdiyi elektrik dövrlərində ayrılır.

***bir radian $57^{\circ}17'44''$ - ə bərabərdir**

Əgər naqıldən müqaviməti r om olan dəyişən elektrik cərəyanı keçərsə, hər bir saniyə ərzində Q kalori (kal) qədər istilik ayrılacaqdır. Bu istilik miqdarı dəyişən cərəyanın maksimal qiymətinə mütənasib olacaqdır.

Elə sabit cərəyan seçmək olar ki, dəyişən cərəyanın keçdiyi eyni müqavimətdən keçdikdə bərabər miqdarda istilik (Q kal qədər) ayırsın. Belə olduqda deyə bilərik ki, dəyişən cərəyanın ayrılmış istiliyin miqdarına görə təsiri (effektivliyi) sabit cərəyanın təsirinə bərabərdir. Eyni vaxt ərzində dəyişən cərəyanın keçdiyi eyni müqavimətdən keçən sabit cərəyan eyni miqdarda istilik ayırsa, cərəyanın bu şiddətinə onun **təsir edən (təsiredici) qiyməti** deyilir.

Dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş elektrik- ölçü cihazları onun təsir edən qiymətini ölçür.

Sinusoidal dəyişən cərəyan üçün təsir edən qiymət maksimal qiymətdən 1,41 dəfə, yəni $\sqrt{2}$ dəfə kiçikdir.

$$I = \frac{I_m}{1,41}; \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad I = I_m 0,707.$$

Buna müvfiq olaraq dəyişən e. h. q- nin və gərginliyin qiyməti onların maksimal qiymətlərindən 1,41 dəfə kiçikdir:

$$E = \frac{E_m}{1,41}; \quad E = E_m 0,707; \quad U = \frac{U_m}{1,41}; \quad U = U_m 0,707$$

Dəyişən cərəyan şiddətinin, gərginliyin və ya e. h. q –nin maksimal qiymətlərini onların təsir edən ölçülmüş qiymətlərinə görə hesablamaq mümkündür:

$$E_m = E 1,41; \quad U_m = U 1,41; \quad I_m = I 1,41.$$

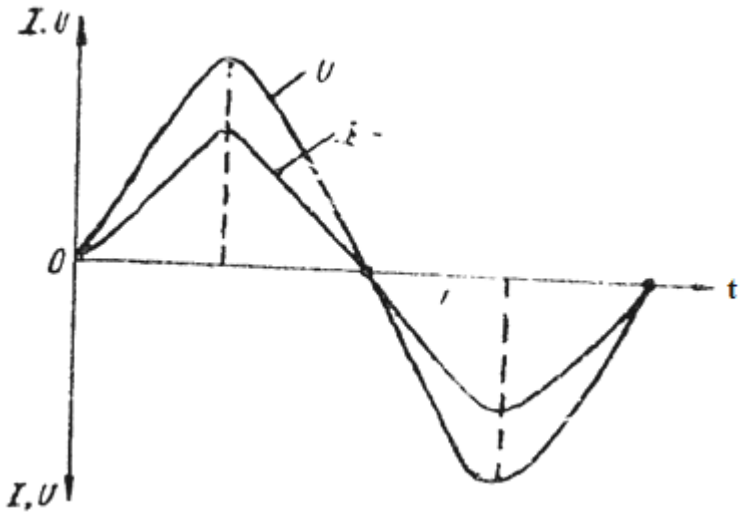
Misal. Dövrənin sıxaclarına qoşulmuş voltmetr təsir edən gərginliyin $U = 127$ V olduğunu göstərir. Bu dəyişən gərginliyin maksimal qiymətini- amplitudunu hesablamalı.

Həlli: Gərginliyin maksimal qiyməti təsir edən gərginlikdən $\sqrt{2}$ dəfə çoxdur. Buna görə də

$$U_m = U\sqrt{2} = 127*1,41 = 179,07 \text{ V}$$

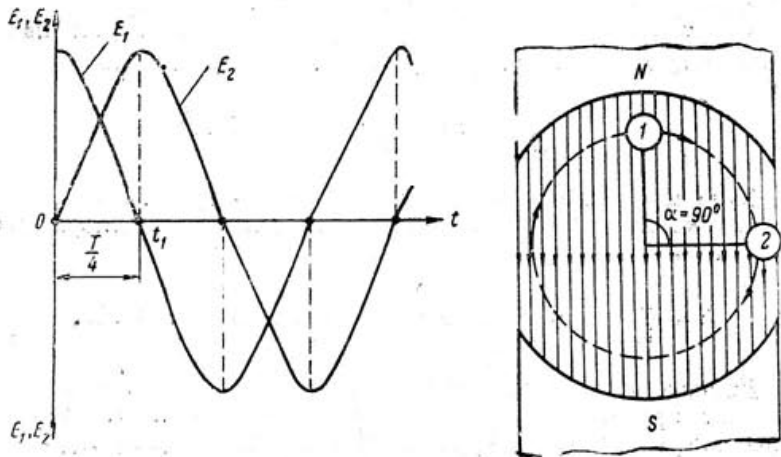
Hər bir dəyişən e. h. q-ni, dəyişən gərginliyi yaxud dəyişən cərəyanı xarakterizə etmək üçün periodu, tezliyi və cərəyanın maksimal qiymətini bilmək kifayətdir.

İki və daha çox dəyişən sinusoidal kəmiyyəti (EHQ, gərginliyi və ya cərəyanı) müqayisə etdikdə, onu da nəzərə almaq lazımdır ki, bu kəmiyyətlər vaxt etibarlı ilə eyni dəyişməyə bilər və müxtəlif vaxt momentlərində öz maksimal qiymətlərinə çata bilər. Elektrik dövrəsində cərəyan zaman etibarlı ilə e. h. q – ninki kimi dəyişərsə, yəni EHQ sıfır bərabər və dövrədəki cərəyan sıfır olursa, eləcə də EHQ müsbət maksimal qiymətə çatırsa, dövrədəki cərəyan şiddəti eyni vaxtda artaraq öz maksimal qiymətini kəsb edir və sonra EHQ sıfır qədər azaldıqda cərəyan şiddəti eyni vaxtda cərəyan şiddəti eyni vaxtda sıfır bərabər olursa və i. a. (şəkil 80), belə bir dövrədə dəyişən EHQ və dəyişən cərəyanın fazaları bir- birinə uyğun gəlir. Hər bir periodik prosesin nisbi momentinə- sıfır qiymətinə, maksimal qiymətinə və s. *faza* deyilir.



Şəkil 80. Fazaca bir-birinə müvafiq olan dəyişən cərəyanın və gərginliyin diaqramı.

81- şəkildə iki naqilin maqnit sahəsində fırlanması və məftillərdəki e. h. q-lərinin dəyişilmə qrafikləri göstərilmişdir.



Şəkil 81. İki naqilin maqnit sahəsində fırlanması və e. h. q-nin dəyişilmə qrafikləri

1 və 2 məftilləri öz yerini $\phi = 90^\circ$ dəyişdirmişdir. Maqnit seli ilə kəsişdikdə bu məftillərin hər birində dəyişən e. h. q yaranır. Elektrik

hərəkət qüvvəsi 2 məftilində sıfıra bərabər olduqda məftilində maksimal qiymətə çatacaqdır. EHQ 2 məftilində tədricən artır və t_1 momentində maksimal qiymətə çatır, 1 məftilində isə induksiyaalanan EHQ tədricən azalır və bu momentdə sıfıra bərabər olur. Beləliklə, məftillərdə induksiyaalanan EHQ faza üzrə bir- birinə müvafiq gəlmir və bir- birindən fazaca $\phi = 90^\circ$ və ya $\frac{1}{4}$ period fərqlənir. Bundan başqa, EHQ 1 məftilində 2 məftilinə nisbətən maksimum qiymətə daha tez çatır və deyildi ki, 1 məftilin EHQ 2 məftilinin e. h. q-ni faza üzrə qabaqlayır, yaxud 2-cinin EHQ 1- cinin e. h. q-dən faza üzrə geri qalır. Dəyişən cərəyan dövrlərini hesabladıqda dəyişən gərginlik və cərəyan arasında fazalar fərqlinin böyük əhəmiyyəti vardır.

§50. DƏYİŞƏN GƏRGİNLİKLƏRİN VƏ CƏRƏYANLARIN TOPLANMASI ANLAYIŞI

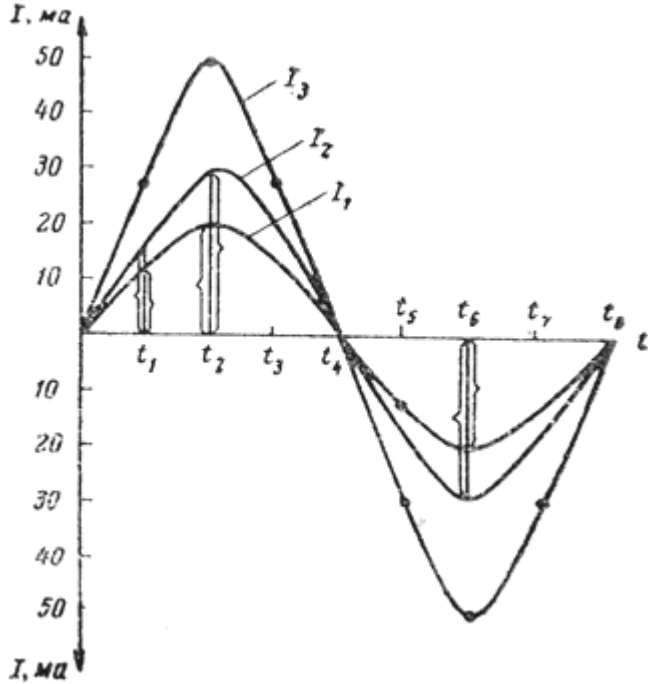
Dəyişən cərəyan dövrlərini öyrəndikdə dəyişən gərginlikləri, dəyişən cərəyanları vəgücləri toplamaq lazım gəlir. Bu halda nəzərə almaq lazımdır ki, bunlar qiymət və istiqamətdə dəyişilir, həm də bundan başqa fazalar üzrə bir- birinə uyğun gələ bilər, ya da onların arasındafazalar fərqi vardır. Fazaca bir- birinə uyğun gələn, lakin maksimal qiymətləri müxtəlif olan iki dəyişən cərəyanın toplanması 82-ci şəkildə göstərilmişdir. \dot{I}_1 və \dot{I}_2 sinusoidləri ilə ifadə olunmuş bu iki dəyişən cərəyanın cəmi üçüncü \dot{I}_3 cərəyan sinusoididir. Sinusoidləri toplamaq üçün eyni zaman momentində \dot{I}_1 və \dot{I}_2 cərəyan şiddətlərini ifadə edən kəsikləri toplamaq lazımdır. t_1 momentində cərəyan şiddəti $\dot{I}_1 = 12$ ma, cərəyan şiddəti

$\dot{I}_2 = 15$ ma. Bu anda ümumi cərəyan şiddəti:

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 = 12 + 15 = 27 \text{ ma.}$$

t_2 zaman momentində cərəyan şiddəti $\dot{I}_1 = 20$ ma, $\dot{I}_2 = 30$ ma.

Bu halda ümumi cərəyan şiddəti $\dot{I}_3 = 50$ ma. Qalan zaman momentlərində (t_3 , t_4 və i. a.) də cərəyanı bu yolla toplayırlar. Qrafikdə hər bir zaman momenti üçün cərəyan şiddətinin ümumi qiymətini qeyd edir, sonra qrafikdə bütöv xətt ilə göstərilmiş nöqtələri birləşdirərək iki cərəyanın (\dot{I}_1 və \dot{I}_2) cəmini ifadə edən t_3 sinusoidini alırıq.



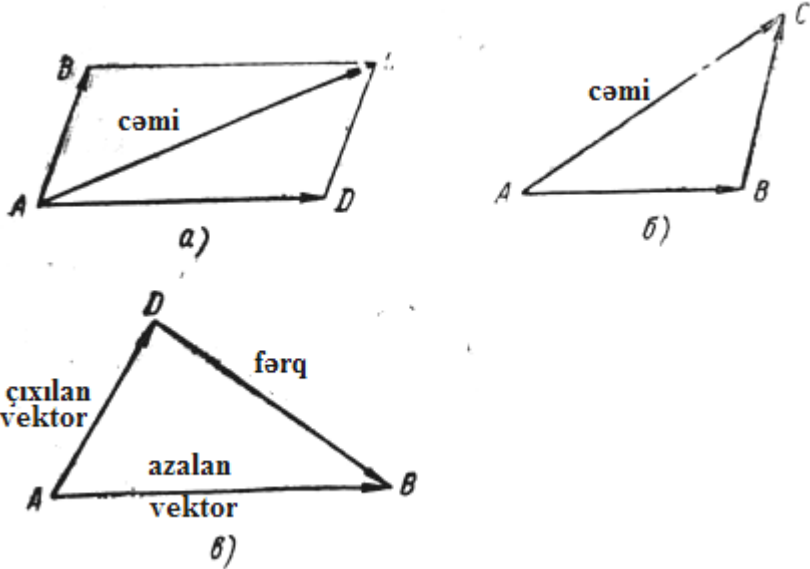
Şəkil 82. Fazaca bir- birinə uyğun gələn iki dəyişən cərəyanın toplanması

Faza üzrə bir- birinə uyğun gəlməyən dəyişən gərginlik və cərəyanlar da eyni qayda ilə toplanılır.

§51. VEKTORLAR VƏ VEKTOR DİAQRAMLARI ANLAYIŞI

Dəyişən cərəyan dövrlərini öyrəndikdə və hesabladıqda sinusoidal EQ –nin, gərginliyin və cərəyanların vektorlarla ifadə olunan vektor diaqramlarından istifadə edilməsi çox rahatdır. Belə diaqramların tətbiqi dövrlərin öyrənilməsini və hesablanmasını sadələşdirməklə, keçirilən nisbətlərin əyani olmasına imkan verir. Sinusoidal kəmiyyətin vektorunu ucunda ox işarəsi olan düz xətt parçası ilə göstərilər. Başlanğıcı A və sonu B olan vektoru AB kimi işarə edirlər. Ancaq ölçüləri eyni olan vektorları müqayisə etmək olar.

İki vektoru- \overline{AB} və \overline{CD} bərabərliyini $\overline{AB} = \overline{CD}$ kimi işarə edirlər. Vektorları toplamaq olar. İki vektorun \overline{AB} və \overline{AD} cəminə (şəkil 83 a) tərəflərini toplanan vektorlar təşkil edən paralelqramın diagonalı olan üçüncü AC vektoru deyilir. A və B vektorları düz xətt üzərində yerləşərsə, vektorların cəmi onların C vektoru ilə ifadə olunan cəbri cəminə bərabərdir. Vektorların cəmi toplama qaydasından asılı deyildir: $A + B + C = C + B + A$. Vektorları üçbucaq qaydası üzrə toplamaq olar.

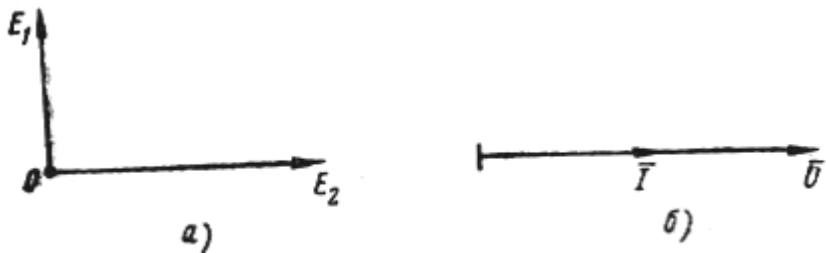


Şəkil 83. Vektorların toplanması və çıxılması

AB vektorunu \overline{AC} vektoru ilə toplamaq üçün belə edirlər: A nöqtəsindən (şəkil 83 b) \overline{AB} vektorunu qurur, bunun ucundan isə \overline{BC} vektorunu qururlar. Onda bir vektorun başlanğıcını o birinin sonu ilə birləşdirən \overline{AC} vektoru həmin vektorların cəmi olacaqdır. Bunu belə yazıla bilər: $AB + BC = AC$. Vektorları çıxmaq da olar.

AB vektorundan (azaldılan) AD vektorunu (çıxılan) çıxmaq üçün AB vektorunun üzərinə əks istiqamətdə AD vektorunu əlavə etmək lazımdır. İki AB və AD vektorunun başlanğıcı eyni olarsa (şəkil 83 v), bunların fərqi həndəsi olaraq çıxılan vektorun sonundan azaldılan vektorun sonuna gedən vektorla ifadə edilir.

Vektoru ədədə vurmaq olar. \overline{AB} vektorunun tam m ədədinə hasilinə yeni ABm vektoru deyilir (bunun uzunluğu ABm -ə bərabərdir). Bu vektorun istiqaməti $m > 0$ olduqda \overline{AB} – ninki kimidir, $m < 0$ olduqda isə buna düzmütənasübdür; $m = 0$ olduqda isə AB -nin m -ə hasilini sıfır vektorudur



Şəkil 84. Vektor diaqramları: a) fazaca 90° fərqlənən iki EHQ –i üçün; b – fazaca bir-birinə uyğun gələn cərəyan və gərginlik üçün

Vektoru müəyyən bir ədədə bölmək olar. \overline{AB} vektorunu sıfırdan fərqlənən ədədə bölmək üçün həmin vektoru buna əks ədədə vurmaq lazımdır: $\frac{AB}{m} = AB \frac{1}{m}$

Alınan yeni vektorun uzunluğu \overline{AB} vektorunun m -ə bölünmüş uzunluğuna bərabərdir və $m > 0$ olduqda istiqaməti buna uyğun gəlir, $m < 0$ olduqda isə buna əks olur.

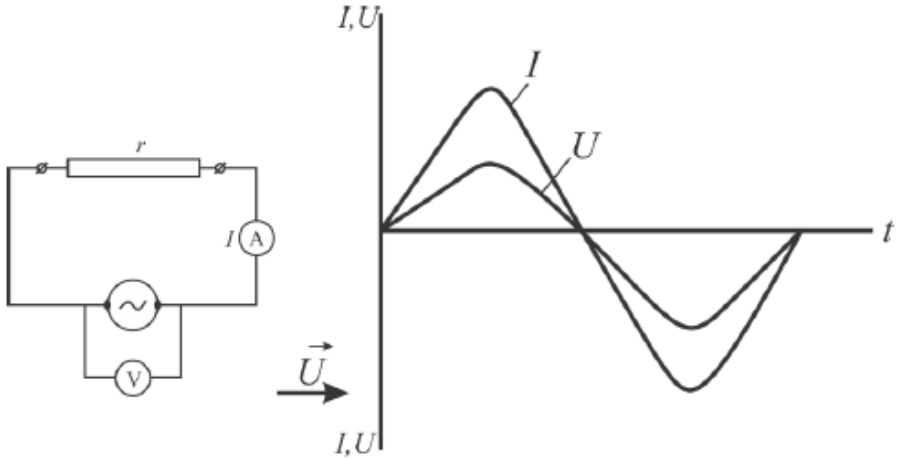
Dəyişən cərəyan, dəyişən EHQ və dəyişən gərginlik uzunluğu miqyasda ifadə olunan kəmiyyətlərin mövcud qiymətlərinə bərabər olan vektorlar şəklində ifadə olunur. Belə vektorlar uyğun olaraq I , E , U kimi işarə olunur. 84 – cü şəkildə iki vektor diaqramı göstərilmişdir. Diaqramda (şəkil 84, a) fazaca fərqlənən iki dəyişən e.h.q –nin vektorları* göstərilmişdir. Bu vektorların uzunluğu müxtəlif olduğundan maksimal qiymətləri də müxtəlifdir.

84- cü şəkildəki diaqramdan aydın olur ki, gərginlik və cərəyan faza üzrə bir- birinə uyğun gəlir.

***Şərti olaraq belə qəbul edək ki, vektorlar saat əqrəbinin fırlanma istiqamətinin əksinə hərəkət edir.**

§52. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ AKTİV MÜQAVİMƏT

Elektrik enerjisinin istilik enerjisinə çevrildiyi dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş müqavimətə aktiv müqavimət deyilir. “Xalis” aktiv müqavimətə elektrik kəzərmə lampaları və elektrik qızdırıcı cihazları daxildir.



Şəkil 85. Aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi; dalğa və vektor diaqramları

Aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsinə nəzərdən keçirək (şəkil 85). Belə dövrədə dəyişən gərginliyin təsiri ilə dəyişən cərəyan axır. Dövrədə cərəyanın dəyişilməsi Om qanununa görə dövrənin sıxaclarına qoşulmuş gərginliyin dəyişilməsindən asılıdır. Gərginlik sıfıra bərabər olduqda dövrədəki cərəyan da sıfıra bərabər alınır. Gərginlik artdıqca dövrədəki cərəyan artır və gərginlik maksimal qiymətdə olduqda cərəyan daha çox alınır. Gərginlik azaldıqda cərəyan da azalır. Gərginlik öz istiqamətini dəyişdikdə, cərəyan da istiqamətini dəyişir və i. a. Bu deyilənlərdən aydın olur ki, aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsində gərginliyin dəyişilməsindən asılı olaraq, eyni vaxtda cərəyanın qiyməti və istiqaməti də dəyişilir. Bu o deməkdir ki, cərəyan və gərginliyin fazaları bir- birinə uyğun gəlir. Aktiv müqavimət qoşulmuş dövrə üçün cərəyan və gərginliyin vektor diaqramını quraq. Bunun üçün üfüqi xətdə seçdiyimiz miqyas üzrə U

gərginliyin vektorunu qeyd edək. Dövrədə gərginliyin və cərəyanın fazaca bir- birinə uyğun gəldiyini ($\phi = 0$) vektor diaqramında göstərmək üçün gərginlik vektorunda \dot{I} cərəyan vektorunu qeyd edirik. Belə bir dövrədə cərəyanın qiyməti Om qanuna əsasən təyin edilir:

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

Bu dövrədə aktiv müqavimətin sərf etdiyi gücün orta qiyməti cərəyan və gərginliyin təsir qiymətlərinin hasililə ifadə olunur:

$$P = IU \text{ və ya } I^2 r, \text{ yaxud } U^2 / r.$$

Misal. Aktiv müqaviməti $r = 55$ om olan dəyişən cərəyan dövrəsinə gərginliyin maksimal qiyməti $U_M = 310, 2$ v olan generator qoyulmuşdur.

Təyin etməli: 1) generatorun sıxaclarına qoşulmuş voltmetrin göstərişini; 2) dövrəyə qoşulmuş ampermetrin göstərişini; 3) müqavimətin sərf etdiyi gücün orta qiymətini.

Həlli. Məlumdur ki, dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulan elektrik - ölçü cihazları təsir edən qiyməti ölçür. Buna görə də gərginliyi ölçən voltmetrin göstərişi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$U = U_M / 1,41 = \frac{310,2}{1,41} = 220$$

Cərəyanın təsir edən həddini ölçən ampermetrin göstərişi isə

$$I = \frac{U}{r} = \frac{220}{55} = 4 \text{ a}$$

olacaqdır. Müqavimətin sərf etdiyi gücün orta qiyməti

$$P = IU = 220 \cdot 4 = 880 \text{ vt} \text{ və ya } P = I^2 r = 4^2 \cdot 55 = 16 \cdot 55 = 880 \text{ vt}$$

alınacaqdır.

§53. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ İNDUKTİVLİK

Elektrik cərəyanı naqıldən və ya makaradan keçdikdə maqnit sahəsi əmələ gəlir.

İnduktivlik makarası* qoşulmuş dəyişən cərəyan elektrik dövrəsinə nəzərdən keçirək (şəkil 86, a).

Generatorun e. h. q – nin təsiri ilə dövrədən dəyişən cərəyan keçir və bu cərəyan dəyişən maqnit seli yaradır. Bu maqnit seli makaranın “öz” sarğıları ilə kəsişir və onda öz- özünəinduksiya elektrik hərəkət qüvvəsi yaranır.

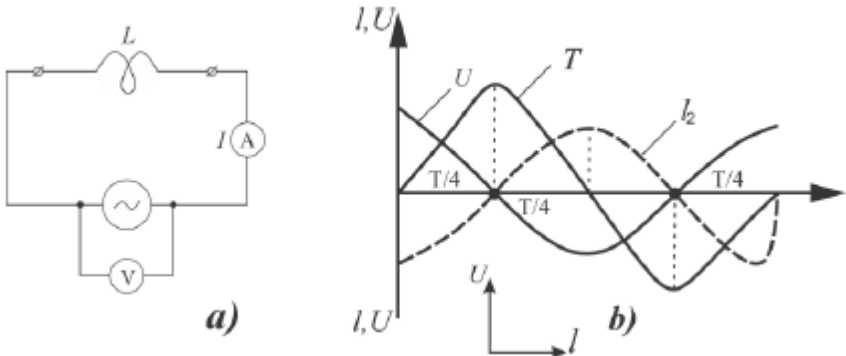
$$E_{\text{özind.}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Bu düsturda L makaranın induktivliyi, $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ isə makarada cərəyanın dəyişilmə sürətidir.

Öz- özünəinduksiya e. h. q –si Lens qanuna görə həmişə elə istiqamətlənir ki, onu törədən səbəbə əks təsir edir.

***Bu makaranın aktiv müqavimətini nəzərə almırıq, zənn edirik ki, $r = 0$**

Öz- özünəinduksiyanın e. h. q. generatorun EQH ilə yaradılan dəyişən cərəyanın dəyişilməsinə həmişə əks təsir etdiyindən, dəyişən cərəyanın keçməsinə mane olur; bunu da hesablamalarda induktiv müqavimət vasitəsi ilə nəzərə alırıq.



Şəkil 86. a. İnduktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi, dalğa və vektor diaqramı (gərginliyin cərəyandan asılılığı)

İnduktiv müqavimət (X_L) om ilə ölçülür. Bu müqavimət öz-özünəinduksiya e. h. q-də olduğu kimi cərəyanın makarada dəyişilmə sürətindən (ω bucaq tezliyindən) və L makarasının induktivliyindən asılıdır:

$$X_L = \omega L$$

burada X_L – induktiv müqavimət, om ilə; ω – dəyişən cərəyanın bucaq tezliyi, rad/san ilə;

L – makaranın induktivliyi, hn ilə ölçülür.

Dəyişən cərəyanın bucaq tezliyi ω olduğundan induktiv müqavimət aşağıdakı kimi göstərilə bilər: $f = 2\pi f$ olduğundan

İnduktiv müqavimət aşağıdakı kimi göstərmək olar

$$X_L = 2\pi fL$$

burada f –dəyişən cərəyanın tezliyidir, h_s ilə ölçülür.

Misal. İnduktivliyi $L = 0,5$ Hn olan makara tezliyin $f = 50$ Hs olan dəyişən cərəyan mənbəyinə birləşdirilmişdir. Makaranın induktiv müqavimətini təyin etməli. Bu makaranın tezliyi $f = 800$ Hs olan dəyişən cərəyana induktiv müqavimətini hesablamaq lazımdır.

Həlli: Tezliyi $f = 50$ Hs olduqda dəyişən cərəyana induktiv müqavimət

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5 = 157 \text{ om}$$

tezlik $f = 800$ Hs olduqda isə

$$X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3,14 \cdot 800 \cdot 0,5 = 2512 \text{ om alınacaqdır.}$$

Nəzərdən keçirdiyimiz bu misaldən aydın olur ki, makaranın induktiv müqaviməti ondan keçən dəyişən cərəyanın tezliyinin çoxalmasından asılı olaraq artır. Cərəyanın tezliyi azaldıqca induktiv müqavimət də azalır. Sabit cərəyan üçün - cərəyan makarada dəyişmədikdə və maqnit seli makaranın dolaqları ilə kəsişmədikdə, öz- özünəinduksiya EQQ yaranmadıqda, makaranın induktiv müqaviməti X_L sıfıra bərabər olur. Sabit cərəyan üçün induktivlik makarası

$$r = \rho \frac{L}{S}$$

müqavimətindən ibarət olur.

İnduktivlik makarasından dəyişən cərəyan keçdikdə öz-özünəinduksiya e. h. q-nin necə dəyişildiyini aydınlaşdırmaq. Məlumdur ki, makaranın induktivliyi dəyişilmədikdə öz-özünəinduksiyanın EQQ cərəyan şiddətinin dəyişilmə sürətindən asılı olur və onu törədən səbəbə qarşı istiqamətlənir.

Qrafikdə (şəkil 86, a) dəyişən cərəyan sinusoidlər kimi (bütöv xətt ilə) göstərilmişdir. Periodun birinci yarısında cərəyan şiddəti i sıfırdan maksimal qiymətinə qədər artır. Öz- özünəinduksiyanın $e_{\text{öz. ind.}}$ EQQ - si Lens qanununa görə cərəyanın dövrdə artmasına mane olacaqdır. Buna görə də qrafikdə (qırıq xətlərlə) göstərilir ki, $e_{\text{öz. ind.}}$ - nin qiyməti bu vaxt mənfəi olur. Periodun ikinci dördədən birində makarada cərəyan şiddəti sıfıra qədər azalır. Bu vaxt öz- özünəinduksiyanın EQQ öz istiqamətini dəyişir və cərəyan şiddətinin azalmasına mane olmaqla artır. Periodun üçüncü dördədən birində cərəyan öz istiqamətini dəyişir

və tədricən maksimal qiymətinə qədər artır; bu vaxt öz-özünəinduksiya e. h. q-nin qiyməti müsbət olur və cərəyan şiddəti azaldıqda öz-özünəinduksiyanın EHQ yenə də öz istiqamətini dəyişir və yenidən dövrdə cərəyan şiddətinin azalmasına mane olur. Bu deyilənlərdən aydın olur ki, dövrdəki cərəyan və öz-özünəinduksiyanın EHQ faza üzrə bir-birinə uyğun gəlmir. Cərəyan öz-özünəinduksiyanın EHQ-ni fazaca periodun dördüdə biri və ya $\varphi = 90^0$ bucaq qədər qabaqlayır. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, r-i olmayan induktivli dövrdə hər bir zaman momentində öz-özünə elektrik hərəkət qüvvəsi $e_{\text{öz ind}}$ generatorun U gərginliyinə qarşı yönəldilmiş olur. Bununla əlaqədar olaraq gərginlik və öz-özünəinduksiya e. h. q. yerlərini bir-birinə nisbətən fazaca 180^0 dəyişmiş olur.

Bu deyilənlərdən aydın olur ki, ancaq induktivliyi olan dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan generatorun hasil etdiyi gərginlikdən $\varphi = 90^0$ bucaq (periodun dördüdə biri) qədər gecikir və öz-özünəinduksiya e. h. q-ni 90^0 qabaqlayır. Cərəyanı götürdükdə isə induktiv dövrdə gərginlik cərəyanı fazaca 90^0 qabaqlayır. İnduktiv müqaviməti olan dəyişən cərəyan dövrəsi üçün cərəyan və gərginliyin vektor diaqramını quraq. Bunun üçün İ cərəyanın vektorunu seçdiyimiz miqyasda üfüqi xətdə qeyd edək. Gərginliyin cərəyanı fazaca $\varphi = 90^0$ qabaqladığını vektor diaqramında göstərmək üçün U gərginliyi vektorunu yuxarıya doğru 90^0 bucaq altında qeyd edirik. İnduktivliyi olan dövrə üçün Om qanunu aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$\dot{I} = \frac{U}{X_L} \text{ yaxud } \dot{I} = \frac{U}{\omega L} = \frac{U}{2\pi f L}$$

Dəyişən cərəyana induktiv müqavimət və aktiv müqavimət arasında çox böyük fərq olduğunu xususi ilə qeyd etməliyik. Dəyişən cərəyan generatoruna aktiv yükləmə qoşulduqda enerji qaytarılmadan aktiv müqavimətlə sərf olunur.

Dəyişən cərəyan mənbəyinə $r = 0$ olan induktiv müqavimət qoşulduqda isə enerjimaqnit sahəsi yaradılmasına sərf olunur və busahənin təsiri ilə öz-özünəinduksiya EHQ yaranır. Maqnit sahəsində toplanmış enerji öz-özünəinduksiya e.h.q-nin təsiri ilə yenidən generatora qaytarılır. Bildiyimiz kimi dəyişən cərəyan kəmiyyətə və istiqamətə dəyişilir. Periodun birinci dördüdə birində induktivliyi olan dövrdəki cərəyan şiddəti artır və cərəyan şiddətinin enerjisi

maqmitsahəsində toplanır. Bu vaxt öz-özünəin-ya EHQ- nin istiqaməti gərginliyə əks olur.

Cərəyan şiddəti öz maksimal qiymətinə çatıb periodun ikinci dörrdə birində azalmağa başladıqda öz-özünəinduksiyanın e. h. q. istiqamətini dəyişərək dövrədəki cərəyanı saxlamağa cəhd edir. Elə buna görə də maqnit sahəsinin enerjisi generatora-enerji mənbəyinə qaytarılır.

Bu halda generator mühərrik rejimində işləyərək elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirir.

Periodun üçüncü dörrdə birində dövrədəki cərəyan şiddəti generatorun EHQ-nintəsiri ilə artırvə əks istiqamətdə axır. Bu halda generatorun enerjisi yenidən induktivliyin maqnit sahəsində toplanır. Periodun dördüncü dörrdə birində dövrədəki cərəyan azalır, maqnit sahəsində toplanmış enerji isə öz-özünəinduksiya EHQ-nin təsiri ilə yenidən generatora qaydır.

Beləliklə, hər bir perodun birinci və üçüncü dörrdə birində dəyişən cərəyan generatoru induktivlik olan dövrədə öz enerjisini maqnit sahəsiyaradılmasına sərf edir, hər bir periodun ikinci və dördüncü dörrdə birində isə makaranın mznit sahəsində toplanmış enerji öz-özünəinduksiya EHQ-nin təsiri ilə yenidən generatora qaydır.

Bu deyilənlərdən aydın olur ki, induktiv yüklənmə aktiv yüklənmədən fərqli olaraq generatorada hasil olunan enerjini sərf etmir, induktivlik olan dövrədə isə enerji generatordan makaraya və əksinə verilir.

Elə buna görə də induktiv müqavimət *reaktiv müqavimət* deyilir.

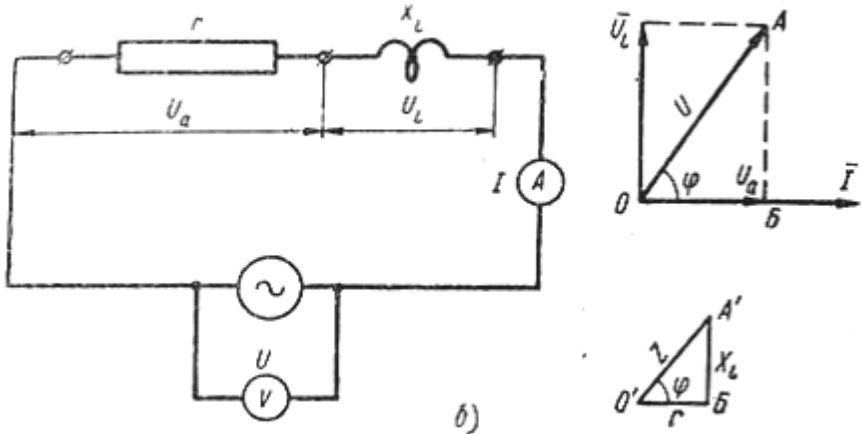
Reaktiv müqaviməti olan dövrədə enerji generatordan yüklənməyə və əksinə “verilir”. φ

§54. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ AKTİV VƏ İNDUKTİV MÜQAVİMƏTLƏR

Dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş hər bir məftil makaranın məftilin materialından, uzunluğundan, en kəsiyindən asılı olan aktiv müqaviməti ($r = \rho \frac{L}{S}$) və makaranın induktivliyindən və ondan keçən dəyişən cərəyanın tezliyindən ($X_L = \omega L = 2\pi f L$) asılı olan induktiv müqaviməti vardır. Belə makaranın aktiv və induktiv müqavimətlərini ardıcıl birləşdirilmiş enerji qəbuledicisi kimi nəzərdən keçirmək olar.

İnduktivlik makarası qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsini (Şəkil 85. b) nəzərdən keçirək. Burada aktiv müqavimət r ; induktiv müqavimət X_L ; aktiv müqavimətdə gərginliyin azalması $U_a = \bar{I}r$; induktiv müqavimətdə gərginliyin azalması isə $U_L = \bar{I}X_L$. Bu dövrə üçün cərəyan və gərginliyin vektor diaqramını quraq. Seçdiyimiz miqyasda üfqi xətdə \bar{I} cərəyanın vektorunu qeyd edək. Aktiv müqaviməti olan dövrədə cərəyan və gərginlik fazaca bir-birinə uyğun gəldiyindən aktiv müqavimətdə gərginliyin azalması vektorunu ($U_a = \bar{I}r$) cərəyan vektoru üzrə göstərək.

İnduktivliyi olan dövrədə cərəyan gərginlikdən $\varphi = 90^\circ$ bucaq qədər gecikir. Buna görə də induktiv müqavimətdə gərginliyin azalması vektorunu ($U_L = \bar{I}X_L$) diaqramda yuxarıya doğru cərəyan vektoruna nisbətən 90° bucaq altında qeyd edirik



Şəkil 86, b. Akti və induktiv müqavimətlər qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi

Dövrəyə verilmiş ümumi gərginliyi təyin etmək üçün U_a və U_L vektorlarını toplayaq. Bu vektorların cəmi paraleloqramın diognalı – U vektoru olacaqdır. Tərəfləri müvafiq olaraq U_a , U_L və ümumi gərginliyini ifadə edən $A O B$ üçbucağına **gərginlik üçbucağı** deyilir. Pifagor teoreminə əsasən: **düzbucaqlı üçbucaqda hipetonuzun kvadratı katetlərin kvadratları cəminə bərabərdir**. Deməli, ümumi gərginlik

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2}$$

Misal. Aktiv müqavimətdə gərginliyin azalması $U_a = 15\text{v}$. İnduktivlik müqavimətdə gərginlik $U_L = 26\text{v}$. Dövrəyə verilmiş ümumi gərginliyi hesablamalı.

Həlli. Aktiv və induktiv müqavimətləri ardıcıl birləşdirilmiş dəyişən cərəyan dövrəsinin sıxaclarındakı ümumi gərginlik belə olacaqdır:

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_L^2} = \sqrt{15^2 + 26^2} = \sqrt{225 + 676} = \sqrt{901} = 30\text{V}$$

İndi isə aktiv və induktiv müqaviməti olan dəyişən cərəyan dövrəsinin tam müqavimətini necə təyin etməyi nəzərdən keçirək.

Bunun üçün $U_a = \dot{I}r$ və $U_L = \dot{I}X_L$ vektorlarını dövrədəki cərəyan şiddətini ifadə edən \dot{I} ədədinə bölərək, tərəfləri gərginlik üçbucağın tərəflərindən i dəfə kiçik olan $A''O''B''$ üçbucağını quraq. Alınmış bu üçbucağa müqavimətlər üçbucağı deyilir. Həmin üçbucağın tərəfləri r_1 , X_L müqavimətləri və dövrənin tam müqaviməti Z -dir. Pifaqor teoremindən istifadə edərək yazı bilərik ki,

$$Z^2 = r^2 + X_L^2$$

Buradan isə dövrənin tam müqaviməti

$$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2}$$

Misal. Makaranın aktiv müqaviməti $r = 7\text{ om}$, induktiv müqaviməti isə $X_L = 24\text{om}$. Makaranın dəyişən cərəyana tam müqaviməti belə olacaqdır:

$$Z = \sqrt{r^2 + X_L^2} = \sqrt{7^2 + 24^2} = \sqrt{49 + 576} = \sqrt{625} = 25\text{ om}$$

Aktiv və induktiv müqavimətləri olan dövrədə cərəyan şiddəti O_m qanuna görə təyin edilir:

$$\dot{I} = \frac{U}{Z} \text{ yaxud } \dot{I} = \frac{\sqrt{U_a^2 + U_L^2}}{\sqrt{r^2 + X_L^2}}$$

Vektor diaqramından görünür ki, aktiv və induktiv müqavimətləri olan dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan və gərginlik fazaca bir- birinə uyğun gəlmir

Cərəyan gərginlikdən φ bucağı qədər gecikir.

Cərəyan və gərginlik arasında fazaların sürüşmə bucağını, həmin bucağın kosinusu məlum olduqda təyin etmək olar.

Gərginlik üçbucağında fazaların sürüşmə bucağının kosinusu

$$\cos\varphi = \frac{U_a}{U}$$

$\cos\varphi$ -ni hesablayıb, triqonometriya funksiyaları cədvəlindən istifadə etməklə φ bucağını təyin etmək olar.

Misal. Makaranın aktiv müqavimətində gərginliyin düşməsi $U_a = 30$ v-dur. Makaranın sıxaclarında ümumi gərginlik $U = 60$ v. Dövrədəki cərəyan və gərginlik arasında fazaların sürüşmə bucağını təyin etməli.

Həlli: Bizə məlum olan kəmiyyətlərdən istifadə etməklə tapırıq ki,

$$\cos\varphi = \frac{U_a}{U} = \frac{30}{60} = 0,5$$

Triqonometriya funksiyaları cədvəlinə əsasən müəyyən edirik ki,

$$\cos\varphi = 0,5 \text{ olduqda fazaların sürüşmə bucağı } 60^0 \text{ - dir.}$$

Müqavimətlər üçbucağına əsasən cərəyan və gərginlik arasında fazaların sürüşmə bucağını təyin etmək olar.

Bu üçbucaqdan aydın olur ki,

$$\cos\varphi = \frac{r}{z}$$

Misal. Makaranın aktiv müqaviməti 5 om, tam müqaviməti $z = 20$ om. Fazaların sürüşmə bucağını təyin etməli.

Həlli:

$$\cos\varphi = \frac{r}{z} = \frac{5}{20} = 0,25$$

$\cos\varphi = 0,25$ olduqda $\varphi = 75^0$ olacaqdır.

§55. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ TUTUM

Sabit cərəyan dövrəsinə qoşulmuş kondensatorun doldurulmavə boşaldılma prosesini 1-ci fəslin 10-cu paragrafında nəzərdən keçirdik.

İndi isə elektrik tutumu (kondensator) qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsinə nəzərdən keçirək (şəkil 87).

Tutum qoşulmuş dövrəyə birləşdirilən dəyişən cərəyan generatoru sıxaclarının polyarlığı $\omega = 2\pi f$ tezliyi ilə dəyişilir.

Periodun birinci dördə birində kondensator dolur və onun lövhələrində işarələri əks olan elektrik yükləri meydana çıxır (sol lövhədə müsbət, sağ lövhədə isə mənfi). Kondensatoru doldurduqda generatorla lövhələri birləşdirən məftillərdən elektrik yükləri hərəkət edəcəkdir, deməli, bu məftillərdən milliampernetrlə ölçülən doldurma axacaqdır(kondensatorun dielektrikindən cərəyan keçmir). Kondensatoru doldurarkən periodun birinci dördə birində lövhələrdəki gərginlik sıfırdan maksimal qiymətinə qədər yüksəlir(87-ci şəkilə bax). Cərəyan şiddəti əksinə, doldurmanın əvvəlində maksimal olur, axırında isə kondensatordakı gərginlik(U_K) generatorun gəginliyinə

(U_G) bərabər olduqda sıfıra qədər azalır. Perodun ikinci dörrdə birində generatorun gərginliyi tədricən azalır və sıfıra bərabər olur. Bu vaxt kondensator boşalır. Bu halda məftillərdən keçən boşalma cərəyanının istiqaməti əksinə olacaqdır. Perodun üçüncü dörrdə birində generatorun sıxaclarındakı polyarlıq dəyişiləcək və gərginlik yenidən sıfırdan ən böyük qiymətinə qədər yüksələcəkdir. Bu vaxt kondensator yenidən dolacaq, lakin lövhələrin polyarlığı dəyişilməyəcəkdir. Sol lövhədə mənfi, sağ lövhədə isə müsbət olacaqdır. Məftillərdən, kondensatorun doldurulmasının axırında, $U_G = U_K$ olduqda şiddəti sıfıra bərabər olan doldurma cərəyanı axacaqdır. Perodun dördüncü hissəsində generatorun gərginliyi azalaraq sıfıra bərabər olur. Bu vaxt kondensator ikinci dəfə boşalır və generatoru kondensatorun lövhələri ilə birləşdirən müsbət istiqamətli doldurma cərəyanı axmağa başlayır.

Bu deyilənlərdən aydın olur ki, bir period ərzində kondensatorada iki dəfə doldurma və boşalma prosesi baş verir və bu halda onun dövrəsindən dəyişən cərəyan axır. Bundan başqa, kondensatoru doldurduqda və boşaltdıqda dövrədəki cərəyan və gərginlik fazaca birbirinə uyğun gəlmir. Cərəyan, gərginliyi periodun dörrdə biri qədər, yəni 90^0 qabaqlayır. Tutum qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi üçün vektor diaqramı quraq. Bunun üçün I cərəyanı vektorunu seçdiyimiz miqyas üzrə üfq xətdə qeyd edək. Gərginliyin cərəyandan

$\varphi = 90^0$ gecikdiyini vektor diaqramında göstərmək üçün gərginlik vektorunu aşağıya tərəf 90^0 bucaq altında qeyd edirik. Tutum qoşulmuş dövrədə cərəyan qiymətinin nədən asılı olduğunu aydınlaşdıraraq*.
 *(dövrənin aktiv müqavimətini nəzərə almırıq və $r = 0$ hesab edirik)

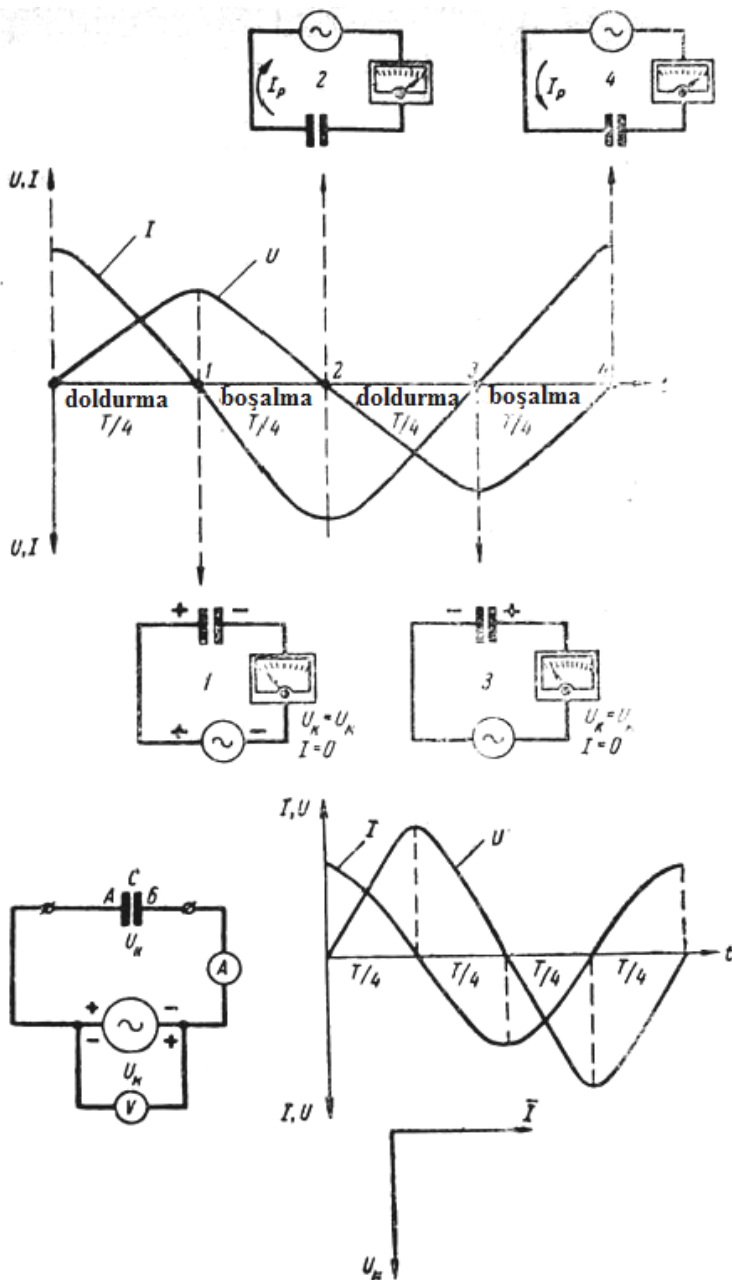
Bu dövrənin müqavimətini X_m ilə işarə edib, **tutum müqaviməti** adlandıraraq. Belə olduqda həmin dövrə üçün Om qanununu belə yaza bilirik:

$$i = \frac{U}{X_m}$$

Burada U-generatorun gərginliyi, v ilə;

X_m - tutum müqaviməti, om ilə;

I - cərəyan şiddəti, a ilə.



Şəkil 87. Tutum qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi; dalğa və vektor diaqramları.

Məlumdur ki, dövrədəki cərəyan şiddəti zaman vahidi ərzində naqilin en kəsiyi sahəsindən keçən elektrik yüklərin miqdarı ilə təyin edilir:

$$i = \frac{q}{t}.$$

Zaman vahidi ərzində məftillərdən çoxlu miqdarda elektrik yükü keçərsə, cərəyan şiddəti yüksək olacaq və əksinə, hər bir saniyə ərzində məftillərdən az miqdarda elektrik yükü keçərsə, cərəyanın şiddəti də kiçik alınacaqdır.

Fərz edək ki, generatorun hasil etdiyi dəyişən cərəyanın tezliyi çoxdur. Bu halda hər bir saniyə ərzində kondensator dəfələrlə (tez-tez) dolacaq və boşalacaqdır. Generatordan kondensatorun lövhələrinə gedən məftillərdən hər bir saniyə ərzində çoxlu miqdarda elektrik yükləri hərəkət edəcəkdir. Buna görə də deyə bilərik ki, nəzərdən keçirdiyimiz dövrədə böyük cərəyan şiddəti yaranacaq və bu halda dövrənin tutum müqaviməti X_m Om qanuna əsasən az olacaqdır.

Generatorun hasil etdiyi dəyişən cərəyanın tezliyi az olduqda, kondensator hər bir saniyə ərzində oqədər az dolacaq və boşalacaqdır. Bununla əlaqədar olaraq dövrənin məftillərindən hər bir saniyə ərzində keçən yüklərin miqdarı cüzi olacaq və cərəyan şiddəti az alınacaqdır; deməli, bu halda dövrənin tutum müqaviməti əksinə böyük olacaqdır. Deyilənlərdən belə bir nəticə çıxartmaq olar: Tutummüqaviməti dəyişən cərəyanın tezliyi ilə tərs mütənasibdir.

Tutum müqaviməti nəinki dəyişən cərəyanın tezliyindən, həm də dövrəyə qoşulmuş tutumun qiymətindən də asılıdır. Tutaq ki, dövrəyə böyük tutumlu kondensator qoşulmuşdur. Kondensatorun doldurulma zamanı topladığı və boşalma zamanı verdiyi elektrikin miqdarı onun tutumu ilə düz mütənasibdir:

$$Q = C U$$

Dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş kondensatorun tutumu nə qədər çox olarsa generatordan kondensatorun lövhələrinə gedən məftillərdən doldurma və boşalma zamanı daha çox miqdarda elektrik keçəcəkdir. Buna görə də məftillərdə böyük şiddətli cərəyan yaranır və dövrənin tutum müqaviməti X_M Om qanununa görə az alınır.

Dövrəyəqoşulmuş tutum az olduqda doldurma və boşalma zamanı məftillərdən daha az miqdarda elektrik yükü keçəcək və cərəyan şiddəti

az olacaqdır; deməli dövrənin tutum müqaviməti əksinə, çox alınacaqdır.

Bu deyilənlərdən belə nəticə çıxarmaq olar ki, tutum müqaviməti tutumla tərs mütənasibdir.

Beləliklə, tutum müqaviməti aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$X_m = \frac{1}{\omega C}$$

X_m – Om ilə ifadə olunur

ω – dəyişən cərəyanın bucaq tezliyi, rad/ san tutumdur, farad ilə (f)

Məlumdur ki, bucaq tezliyi $\omega = 2\pi f$

Buna görə də tutum müqavimətini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$X_M = \frac{1}{2\pi f C}$$

Burada f –dəyişən cərəyanın tezliyi, hs ilə; tutumdur, farad (f) ilə

Dövrəyə qoşulmuş tutum mikrofaraad ilə ölçülürsə tutum müqaviməti

$$X_m = \frac{100\,000}{2\pi f C} \text{ yaxud } X_m = \frac{100\,000}{\omega C}$$

Olacaqdır. Tutum pikofaraad ilə ölçüldükdə isə

$$X_m = \frac{10^{12}}{\omega C} \text{ yaxud } X_m = \frac{10^{12}}{2\pi f C}$$

Onu qeyd etməliyə ki, tutum müqaviməti və aktiv müqavimət arasında çox böyük fərq vardır. Bildiyimiz kimi, aktiv yüklənmə dəyişən cərəyan generatorunun enerjisini qaytarmadan sərf edir.

Dəyişən cərəyan mənbəyinə tutum qoşulduqda, yuxarıda nəzərdən keçitdiyimiz kimi, generatorun enerjisi kondensator doldurulduqda lövhələrin arasında elektrik sahəsinin yaradılmasına sərf olunur və boşalma zamanı yenidən generatora qaydır. Bundan belə çıxır ki, tutum yüklənməsi generatorun enerjisini sərf etmir, tutum qoşulmuş dövrədə enerji generatordan kondensatora və əksinə verilir.

Elə bu səbəbə görə tutum müqavimətinə və induktiv müqavimətə **reaktiv müqavimət** deyilir.

Misal. Tutumu $C = 2$ mkf olan kondensator, tezliyi $f = 50$ hs olan dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuşdur. Bu kondensatorun tutum müqavimətini təyin etməli. Həmin kondensatorun tezliyi $f = 500$ hs olan dəyişən cərəyana tutum müqavimətini də hesablamalı.

Həlli. Kondensatorun dəyişən cərəyana tutum müqaviməti tezlik $f = 50$ hs olduqda

$$X_m = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{100\,000}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2} = \frac{100\,000}{628} \approx 1592 \text{ om}$$

Tezlik $f = 500$ hs olduqda isə

$$X_m = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{100\,000}{2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 2} \approx 1592 \text{ Om}$$

Bu misaldan aydın olur ki, kondensatorun tutum müqaviməti tezliyin artmasından asılı olaraq azalır, dəyişən cərəyanın tezliyi azaldıqca tutum müqaviməti artır. Sabit cərəyan üçün dövrədəki cərəyan dəyişilmədikdə, kondensatorun müqaviməti əməli olaraq sonsuzdur və buna görə də sabit cərəyanı özündən keçirmir.

§56. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİNDƏ AKTİV VƏ TUTUM MÜQAVİMƏTLƏR

88-ci şəkildə ardıcıl olaraq aktiv müqavimət r və tutum müqaviməti X_M qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi göstərilmişdir.

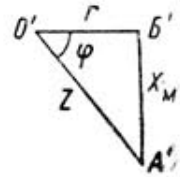
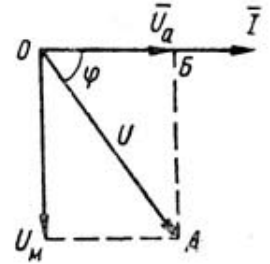
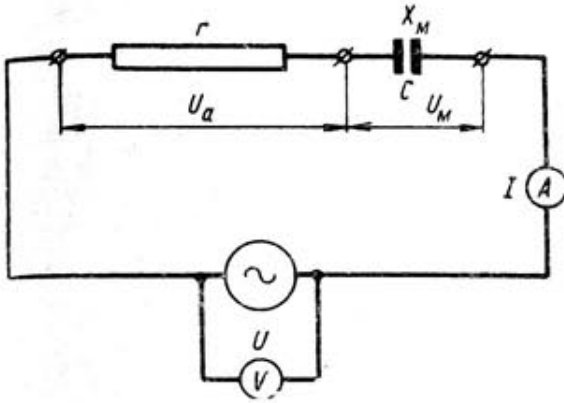
Bu dövrədə tezliyi f hs olan dəyişən cərəyan keçir. Generator gərginliyinin aktiv müqavimətdə sərf olunan hissəsi $U_a = I_r$.

Tutum müqavimətində gərginlik düşküsü $U_m = I X_m$.

Nəzərdən keçirtdiyimiz bu dövrə üçün cərəyan və gərginliyin vektor diaqramını quraq.

İ cərəyanı vektorunu üfq xətdə seçdiyimiz miqyasla qeyd edək.

Aktiv müqavimət qoşulmuş dövrədə cərəyan və gərginlik fazaca birbirinə uyğun gəldiyindən aktiv müqavimətdə gərginliyin azalması vektorunu ($U_a = I_r$) cərəyan vektorunda qeyd edirik. Tutum qoşulmuş dövrədə cərəyan gərginliyi $\varphi = 90^\circ$ bucaq qədər qabaqlayır. Buna görə də tutum müqavimətində gərginliyin azalması vektorunu ($U_m = I X_m$) diaqramda aşağıya tərəf, cərəyan vektoruna 90° bucaq altında qeyd edirik.



Şəkil 88. Aktiv və tutum müqavimətləri qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi, vektor diaqramı

Dövrəyə verilmiş ümumi gərginliyi təmin etmək üçün U_a və U_M vektorlarını toplayırıq. Bu iki vektorun cəmi dövrənin sıxaclarındakı ümumi gərginliyi ifadə edən U vektoru- paralelqramın diaqonalı olacaqdır.

Pifaqor teoreminə əsasən yazıb bilərik ki, $U^2 = U_a^2 + U_M^2$. Buradan ümumi gərginlik $U = \sqrt{U_a^2 + U_M^2}$.

Misal. Dəyişən cərəyan dövrəsində ardıcıl olaraq aktiv müqavimət və tutum birləşdirilmişdir. Bu dövrədən $I = 0,2$ A cərəyan keçir. Aktiv müqavimət $r = 25$ Om. Tutum müqavimət isə $X_m = 75$ Om. Hər bir müqavimətdə gərginliyin azalmasını və dövrənin sıxaclarındakı ümumi gərginliyi hesablamalı.

Həlli. Aktiv müqavimətdəki gərginlik

$$U_a = I r = 0,2 \cdot 25 = 5 \text{ V}$$

Tutum müqavimətindəki gərginlik:

$$U_M = I X_m = 0,2 \cdot 75 = 15 \text{ V},$$

dövrənin sıxaclarındakı ümumi gərginlik isə

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_M^2} = \sqrt{5^2 + 15^2} = \sqrt{25 + 225} = \sqrt{250} = 15,81 \text{ V}$$

olacaqdır.

İndi isə aktiv və induktiv müqavimətləri qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsinin tam müqavimətini necə təyin etməyi aydınlaşdıraraq.

Bunun üçün $U_a = \dot{I}r$ və $U_m = \dot{I}X_m$ vektorlarını dövrədəki cərəyan şiddətini bildirən ədədə bölək və AOB müqavimətlər üçbucağını quraq. Bu üçbucağın katetləri r və X_m , hipotenuzu isə dövrənin tam müqaviməti Z -dir. Pifaqor teoremindən istifadə edərək yazsaq ki,

$$Z^2 = r^2 + X_m^2$$

Buradan isə dövrənin tam müqaviməti belə olacaqdır:

$$Z = \sqrt{r^2 + X_m^2}$$

Misal. Dövrənin aktiv müqaviməti $r = 5 \text{ Om}$, tutum müqaviməti isə $X_M = 150 \text{ Om}$. Dövrənin tam müqavimətini hesablamalı.

$$Z = \sqrt{r^2 + X_m^2} = \sqrt{5^2 + 150^2} = \sqrt{25 + 22500} = \sqrt{22525} \approx 150,1 \text{ Om}$$

Aktiv və tutum müqavimətləri qoşulmuş dövrədəki cərəyan şiddəti I qanunu ilə təyin edilir:

$$I = \frac{U}{Z} \text{ yaxud } I = \frac{\sqrt{U_a^2 + U_m^2}}{\sqrt{r^2 + X_m^2}}, \text{ ya da } I = \frac{\sqrt{(\dot{I}r)^2 + (\dot{I}X_m)^2}}{\sqrt{r^2 + \left(\frac{1}{2\pi fC}\right)^2}}$$

Vektor diaqramından görünür ki, aktiv və tutum müqavimətləri qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsində gərginlik cərəyandan φ bucağı qədər geri qalır. Gərginliklər üçbucağından $\cos \varphi = \frac{U_a}{U}$, müqavimətlər üçbucağından isə $\cos \varphi = \frac{r}{Z}$.

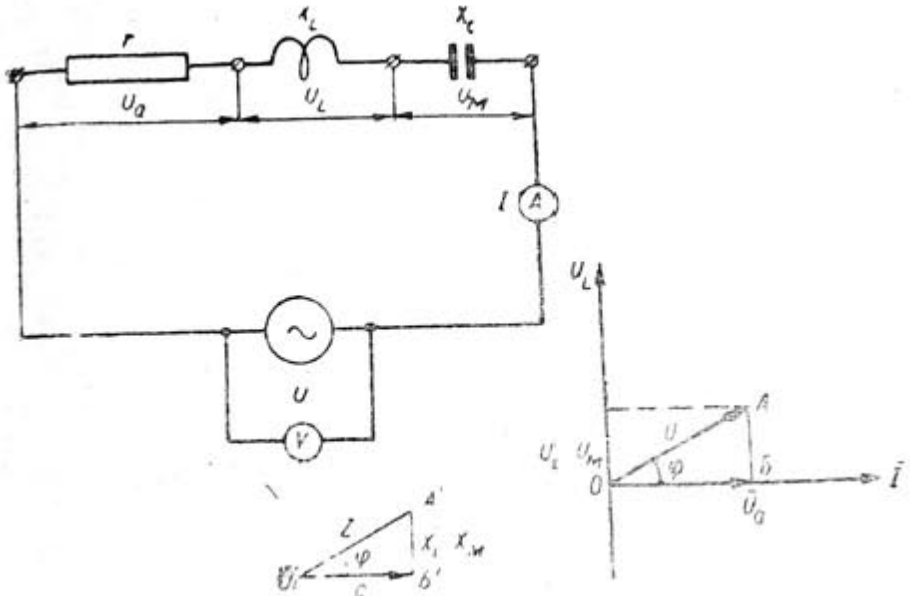
§57. AKTİV, İNDUKTİV VƏ TUTUM MÜQAVİMƏTLƏRİ QOŞULMUŞ DƏYİŞƏN CƏRƏYAN DÖVRƏSİ

89-cu şəkildə ardıcıl olaraq aktiv müqaviməti r , induktiv müqaviməti X_L olan induktivlik L və tutum müqaviməti X_C olan tutum C qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi təsvir edilmişdir. Dəyişən gərginliyin təsiri ilə budövrədən dəyişən cərəyan keçir.

Generatorun U gərginliyi $U_a = \dot{I}r$ aktiv müqavimətində $U_L = \dot{I}X_L$ induktiv müqavimətində və $U_m = \dot{I}X_m$ tutum müqavimətində sərf olunur. Dövrənin sığaclarındakı ümumi gərginliyin nəqədər olduğunu aydınlaşdıraraq. Həmin dövrə üçün cərəyan və gərginliyin vektor diaqramını quraq. Müqavimətlər ardıcıl birləşdirildiyindən onlardan

eyni cərəyan keçir. I cərəyan vektorunu seçdiyimiz miqyas üzrə üfüqi xətdə qeyd edək. Aktiv müqavimət qoşulmuş dövrdə cərəyan və gərginlik fazaca bir-birinə uyğun gəlir, buna görə də U_a gərginlik vektorunu cərəyan vektorunda qeyd edirik.

İnduktivlik gərginliyi cərəyanı $\varphi = 90^\circ$ bucaq qədər qabaqlayır. Buna görə də U_M vektorunu yuxarıya doğru, cərəyan vektoruna 90° bucaq altında qeyd edirik.



Şəkil 89. Ardıcıl olaraq aktiv, induktiv və tutum müqavimətləri qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi və vektor diaqramı

Tutum qoşulmuş dövrdə əksinə, gərginlik cərəyandan $\varphi = 90^\circ$ bucaq qədər gecikir. Buna görə də U_M vektorunu diaqramda aşağıya doğru, cərəyan vektoruna 90° bucaq altında qeyd edirik.

Dövrənin sıxaclarında verilmiş ümumi gərginliyi təyin etmək üçün U_L və U_M vektorlarını toplayaq. Bu məqsədlə U_L vektorundan U_M vektorunu çıxıb, bu iki gərginliyin cəmini ifadə edən $U_L - U_M$ vektorunu alırıq. İndi isə U_L , U_M və U_a vektorlarını toplayaq. Bu vektorların cəmi dövrənin sıxaclarındakı ümumi gərginliyi ifadə edən U vektoru—paralelqramın diaqonalı olacaqdır.

Pifaqor teoreminə əsasən AOB gərginliklər üçbucağından

$$U^2 = U_a^2 + (U_L - U_M)^2,$$

Buradan ümumi gərginlik

$$U = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_M)^2},$$

İndi isə aktiv, induktiv və tutum müqavimətləri olan dəyişən cərəyan dövrəsinin tam müqavimətini necə təyin etməyi aydınlaşdırıq.

Bunun üçün AOB gərginliklər üçbucağının tərəflərini dövrədəki cərəyan şiddətini ifadə edən İlədədinə bölək: bu halda A'O'B' gərginliklər üçbucağını alırıq. Bu üçbucağın tərəfləri r, X_L - X_m və dövrənin tam müqaviməti Z- dir.

Pifaqor teoremindən istifadə edərək yazı bilərik ki,

$Z^2 = r^2 + (X_L - X_M)^2$. Buradan dövrənin tam müqaviməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_M)^2},$$

Aktiv, induktiv və tutum müqavimətləri olan dövrədə cərəyanın qiyməti Om qanunu ilə təyin edilir

$$İ = \frac{U}{Z} \text{ yaxud } İ = \frac{\sqrt{U_a^2 + (U_L - U_M)^2}}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_M)^2}}.$$

Vektor diaqramından (89-cu şəklə bax) görünür ki, nəzərdən keçirdiyimiz dövrədə generatorun cərəyanı və gərginliyi fazaca birbirinə uyğun gəlmir. Gərginliklər üçbucağından məlumdur ki,

$$\cos \varphi = \frac{U^2}{U^2}$$

müqavimətlər üçbucağından isə

$$\cos \varphi = \frac{r}{Z}.$$

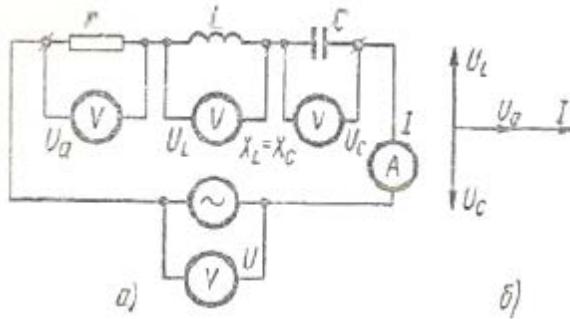
§58. GƏRGİNLİKLƏR REZONANSI

Ardıcıl birləşdirilmiş aktiv və tutum müqavimətləri olan dəyişən cərəyan dövrəsində (şəkil 90) gərginliklər rezonansı yarana bilər.

Belə rezonansda induktiv və tutum müqavimətlərindəki gərginlik dövrənin sıxaclarındakı gərginlikdən xeyli çox ola bilər.

Gərginliklər rezonansının başlanması üçün elə şərait yaradılmalıdır ki, X_L induktiv müqaviməti və X_m tutum müqaviməti bir-birinə bərabər olsun: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. Bu düsturdan belə çıxır ki, həmin şərt L induktivliyini və C tutumunun qiymətlərini dəyişməklə və ya dövrəniqidalandıran generatorun tezliyini elə seçməklə həyata keçirilə bilər ki, mövcud L və C-də X_m induktiv müqaviməti tutum müqavimətinə bərabər olsun.

Dövrədə rezonansın başlanğıcı $\omega = 1/\sqrt{LC}$ tezliyinə **rezonans tezliyi** deyilir.



Şəkil 90. Gərginliklər rezonansı olduqda dəyişən cərəyan dövrəsi üçün vektor diaqramı

Tutaq ki, induktivliyi və tutum seçməklə, yaxud tezliyi dəyişməklə $X_L = X_m$ olan şərait yaratmışıq.

Dövrə rezonansa sazlamadıqda onun tam müqaviməti belə olacaqdır:

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_m)^2},$$

Bu dövrədə rezonans zamanı $X_L = X_m$ alınacaqdır; buna görə də dövrənin tam müqaviməti $Z = \sqrt{r^2}$ və ya $Z = r$ olacaqdır.

Beləliklə, rezonans zamanı dövrənin tam müqaviməti aktiv müqavimətə bərabər alınır. Dövrənin tam müqavimətinin azaldılması bu dövrədə cərəyan şiddətinin artmasına səbəb olur. Dövrəyə qoşulmuş dəyişən cərəyan generatorunun gərginliyi aktiv, induktiv və tutum müqavimətlərində sərf olunur. İnduktivlik gərginliyi Om qanuna əsasən cərəyan şiddətinin induktiv müqavimət hasilini kimi təyin edilir. Dövrədə cərəyan şiddəti artdığından

$U_L = IX_L$ gərginliyi də artır.

Tutum gərginlik də cərəyanın tutum müqavimətinə hasili ilə təyin edilir. Buna görə də $U_m = \dot{I}X_m$ tutum gərginlik də artır. Rezonans şəraitini pozmadan hər iki X_L və X_m reaktiv müqavimətlərini eyni vaxtda artırısaq, müvafiq olaraq hər iki U_L və U_m gərginlikləri də artacaq, dövrədəli cərəyan şiddəti isə dəyişməyəcəkdir. Bu yolla U_L və U_m -nin qiymətini dövrənin sıxaclarındakı gərginliyindən bir neçə dəfə artıq almaq mümkündür. Ardıcıl birləşdirilmiş müqavimətlərdən eyni cərəyan keçdiyindən və rezonans zamanı X_L induktiv müqaviməti X_m tutum müqavimətinə bərabər olduğundan, induktivliyə və tutuma gərginliklər bərabər alınacaqdır:

$$U_L = U_m \text{ yaxud } \dot{I}X_L = \dot{I}X_m$$

Nəzərdən keçirdiyimiz bu dövrə üçün vektor diaqramı quraq, \dot{I} cərəyanının vektorunu seçdiyimiz miqyasda üfqi xətdə qeyd edək. Aktiv müqavimətdə cərəyan və gərginlik fazaca bir-birinə uyğun gəlir.

Buna görə də U_a gərginlik vektorunu cərəyan vektorunda qeyd edək. İnduktivlikdə gərginlik cərəyanı 90° qabaqladığından, U_L vektorunu yuxarıya tərəf, 90° bucaq altında qeyd edirik. Tutuma gərginlik cərəyandan 90° gecikir. Buna görə də U_L vektoruna bərabər olan U_m vektorunu aşağıya tərəf, cərəyan vektoruna 90° bucaq altında qeyd edirik. Vektor diaqramından görünür ki, induktivliyə gərginlik və tutum gərginlik bir-birinə nisbətən fazaca 180° fərqlənir və qarşılıqlı surətdə əvəz olunur.

Rezonans zamanı cərəyan və gərginlik arasında fazaların sürüşmə bucağı sıfıra bərabərdir. Bu o deməkdir ki, cərəyan və gərginlik fazaca bir-birinə uyğun gəlir (aktiv müqavimət qoşulmuş dövrədə olduğu kimi).

Misal. Dəyişən cərəyan dövrəsinə ardıcıl olaraq $r = 5$ sm aktiv müqavimət, $L = 0,005$ Hn induktivlik və $63,5$ mKf tutum qoşulmuşdur.

Bu dövrəyə qoşulmuş generator rezonans tezliyi $f = 285$ Hz olan $U = 2,5$ V dəyişən gərginlik hasil edir. İnduktiv və tutum müqavimətlərini, dövrənin tam müqavimətini, dövrədən keçən cərəyanı, tutum gərginliyi və induktivliyə gərginliyi təyin etməli.

Həlli. İnduktiv müqavimət:

$$X_L = 2\pi fL = 2 * 3,14 * 285 * 0,005 \approx 8,90 \text{ Om}$$

Tutum müqaviməti:

$$X_m = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1000000}{2 * 3,14 * 285 * 63,5} \approx 8,90 \text{ Om}$$

Deməli, induktiv müqavimət tutum müqavimətinə bərabərdir.

Dövrənin tam müqaviməti

$$Z = \sqrt{3^2 - (8,9 - 8,9)^2} = \sqrt{9} = 3 \text{ om}$$

Dövrədəki cərəyan şiddəti:

$$I = \frac{U}{r} = \frac{2,5}{3} = 0,83 \text{ A}$$

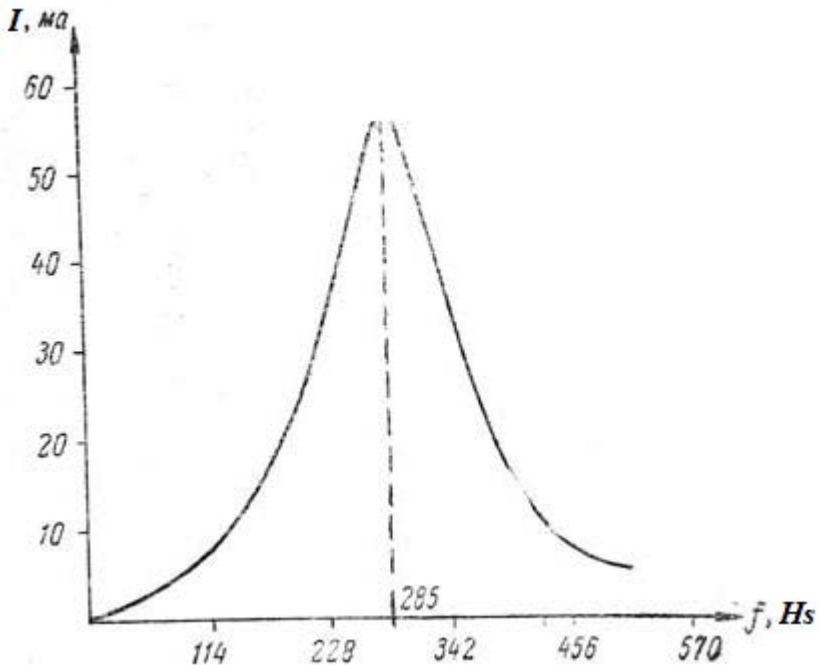
İnduktivliyə gərginlik:

$$U_L = IX_L = 0,83 * 8,9 = 7,4 \text{ v}$$

Tutuma gərginlik:

$$U_m = IX_m = 0,83 * 8,9 = 7,4 \text{ v}$$

Bu misaldan görüldüyü kimi, induktivliyə və tutuma gərginlik bərabərdir, həm də generatorun gərginliyindən yüksəkdir. İ, L və C qoşulmuş dövrənin tam müqaviməti rezonans zamanı generatorun gərginliyi sabit olduqda tezlikdən asılı olaraq dəyişilir.



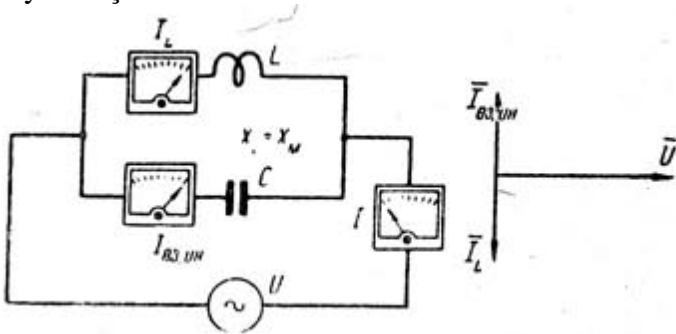
Şəkil 91. Cərəyanın tezlikdən asılı olaraq dövrədə dəyişilməsi qrafiki

Qrafikdən aydın olur ki, tezlik, rezonans tezliyindən az olduqda dövrənin tam müqaviməti çox olur və buna görə də cərəyan şiddəti az alınır. Tezlik artdıqca və rezonans tezliyinə çatdıqca, dövrənin müqaviməti azalır, cərəyan şiddəti isə artır. X_L induktiv müqaviməti X_m tutum müqavimətinə bərabər olan rezonans tezliyində dövrənin müqaviməti ən az ($Z = r$) cərəyan şiddəti isə ən çox olur.

Tezlik sonradan daha artdıqda dövrənin müqaviməti yenidən çoxalır və cərəyan şiddəti kəskin surətdə azalır. Qrafikdən aydın olur ki, rezonans tezliyi 285 hs-ə bərabərdir. Dövrənin aktiv müqaviməti nə qədər az olarsa, rezonans əyrisi o qədər də şif uclu alınacaqdır.

§59. CƏRƏYANLAR REZONANSI

İnduktiv və tutum paralel birləşdirilmiş dəyişən cərəyan dövrəsində *cərəyanlar rezonansı* yaranı bilər (şəkil 92). Cərəyanlar rezonansı nəticəsində dövrədəki ümumi cərəyan çox az olur, induktivlikdə və tutumda isə elektrik rəqsləri yaranır- ümumi cərəyandan xeyli çox olan dəyişən cərəyan keçir.



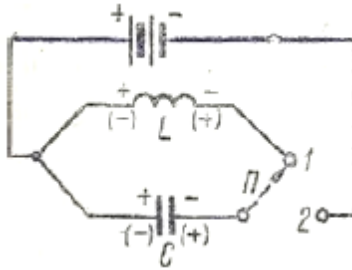
Şəkil 92. Cərəyanlar rezonansı zamanı dəyişən cərəyan dövrəsi üçün vektor diaqramı

Cərəyanlar rezonansının mahiyyətini başa düşmək üçün paralel birləşdirilmiş induktivlikdən və tutumdan ibarət olan konturdakı elektrik rəqslərinin necə alındığını izah edək.

Bu məqsədlə 93-cü şəkildəki sxemi nəzərdən keçirək. Çevirgəci (Ç) 1 vəziyyətində qoyduqda kondensator elektrik enerji mənbəyinin gərginliyinə qədər dolur. Çevirgəci 2 vəziyyətinə keçirdikdə

kondensator elektrik enerji mənbəyindən ayrılır və induktivlik makarasına birləşdirilir. Bu halda kondensator boşalır və makarasından boşalma cərəyanı axır. Bu boşalma cərəyanı makaranın “öz” dolaqları ilə kəsişən maqnit sahəsi yaranmasına və cərəyanın artmasına mane olan öz-özünəinduksiya EQ-nə səbəb olur. Bununla əlaqədar olaraq, cərəyan tədricən çoxalır və kondensatorun boşalma anında ən yüksək qiymətinə çatır. Bu zaman kondensator elektrik sahəsinin enerjisi induktivlik makarası maqnit sahəsinin enerjisinə çevrilir.

Belə fərz etmək olar ki, kondensatorun boşalması ilə konturdakı cərəyan kəsiləcəkdir.



Şəkil 93. Konturda elektrik rəqslərinin yaranmasını izah edən sxem.

Lakin əmələ gələn öz-özünəinduksiyanın EQ cərəyanının azalmasına mane olduğundan bu fikir səhvdir. Bununla əlaqədar olaraq cərəyan makaradan keçməkdə davam edir, sifra qədər tədricən azalır, öz-özünəinduksiya EQ vasitəsi ilə kondensatoru boşaldır. Bu halda kondensatorun üst lövhəsi müsbət elektrikle, alt lövhəsi isə mənfi elektrikle yüklənir; bundan sonra kondensator yenidən boşalmağa başlayır. Lakin bu dəfə boşalma cərəyanı əks (mənfi) istiqamətli olur.

Kondensatorun enerjisi yenidən makaranın maqnit sahəsi enerjisinə keçir, sonra kondensator yenidən təkrar boşalır: üst lövhədə müsbət elektrik, alt lövhədə isə mənfi elektrik yükü alınır. Bu proses vaxtaşırı təkrar olunur. Beləliklə də **rəqs konturu** adlanan LC konturunda sərbəst elektrik rəqsləri yaranır. Bu rəqslər elektrik enerjisi mənbəyinin təkrar qoşmadan kondensatorun ilk doldurulması nəticəsində yaranır. Konturda cərəyanın ən böyük şiddəti, amplitudu kondensatorun ilk doldurulma qiymətindən, konturdakı sərbəst elektrik

rəqslərinin tezliyi isə öz növbəsində kontura qoşulmuş makaranın L induktivliyindən və kondensatorun C tutumundan asılıdır.

Məlumdur ki, cərəyanlar rezonansında induktiv müqavimət tutum müqavimətinə bərabər olur:

$$2\pi fC = \frac{1}{2\pi fL},$$

$$4\pi^2 f^2 LC = 1;$$

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

Düsturundan aydın olur ki, konturun tutumunu və ya induktivliyini dəyişməklə sərbəst rəqslərintezliyini dəyişmək- tənzimləmək , yəni konturu müəyyən tezliyə sazlamaq olar.

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}},$$

burada, f - cərəyanın tezliyi, Hs

L- induktivlik, Hn

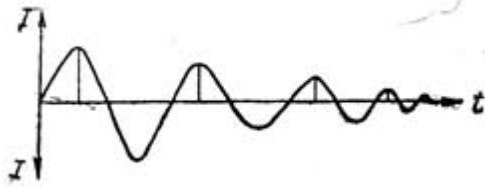
C- tutum, F

Rəqs konturunda yaranan sərbəst elektrik rəqsləri həmişə sönən rəqslər olur. Sönən rəqslərin qrafiki 94-cü şəkildə göstərilmişdir. Konturda rəqslərin sönməsi onunla əlaqədardır ki, elektrik cərəyanı keçdikdə konturda enerji induktivlik makarasının və birləşdirmə məftillərinin qızmasına sərf olunur.

Vektor diaqramından görünür ki, induktivlikdə və tutumdakı cərəyanlar fazaca bir-birindən $\varphi = 180^0$ bucaq qədər fərqlənir və bir-birinə bərabərdir. Deməli, cərəyanlar rezonansında ümumi cərəyan sıfıra bərabərdir, dövrənin tam müqaviməti isə sonsuz dərəcədə çoxdur.

Ümumi cərəyanın sıfıra bərabər olmasına baxmayaraq kondensatorun $r = \infty$ olduqda paralel birləşdirilmiş induktivlikdə və tutumda dəyişən cərəyan axacaq və ya deyildiyi kimi **rəqs konturu** adlanan konturda elektrik rəqsləri yaranacaqdır. Həqiqətən də ümumi cərəyan çox kiçik olacaq, lakin sıfıra bərabər alınmayacaqdır. Bu, generatorun verdiyi və konturda enerji itkisini əvəzləyən aktiv cərəyandır.

Rəqs konturu generatorla birləşdirildikdə məcburi rəqslərin tezliyi konturda sərbəst rəqslərin tezliyindən fərqli olaraq konturun tutumu və induktivliyindən deyil, generatorun hasil etdiyi dəyişən cərəyanın tezliyindən asılı olur.



Şəkil 94. Sönən elektrik rəqslərin qrafiki

Beləliklə, rəqs konturunu rezonansa aşağıdakı kimi saxlamaq mümkündür:

Generatorun məcburi rəqslərə səbəb olan tezliyini o qədər dəyişdirirlər ki, generatorun tezliyi konturdakı məxsusi tezliyə bərabər olsun;

Tutumu və induktivliyi tənzimləməklə konturun məxsusi tezliyini o qədər dəyişdirirlər ki, o generatorun tezliyinə bərabər olsun.

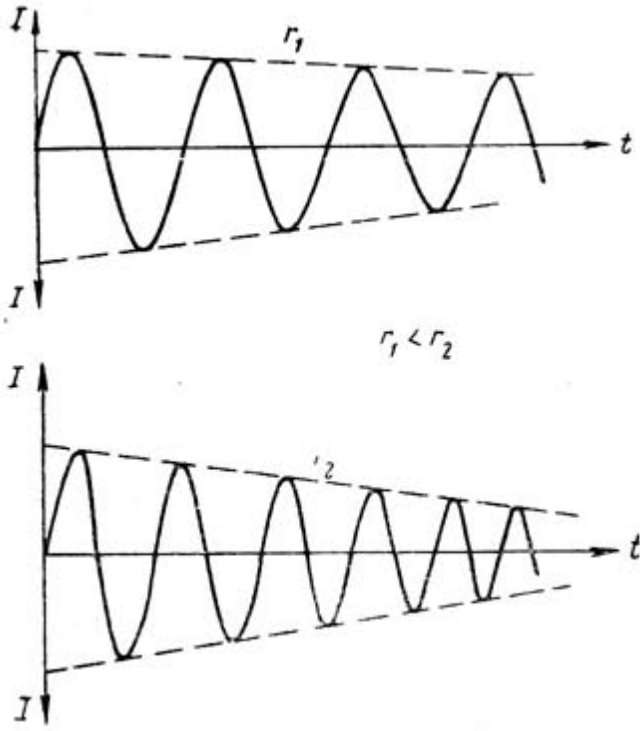
Konturda enerji itkisi rəqslər amplitudunun tədricən azalmasına və bunların tam dayanmasına səbəb olur. Konturda enerji itkisi və bununla əlaqədar olaraq rəqslərin sönmə sürəti konturun müqavimətindən asılıdır.

95-ci şəkildə konturda rəqslərin sönməsinin konturun müqavimətindən asılılığını izah edən qrafik göstərilmişdir. Bu qrafikdən görüldüyü kimi, konturun müqaviməti nə qədər çox olarsa, rəqslər onda daha sürətlə sönür. Elektronika qurğuları üçün amplitudu uzun müddətə sabit qalan sönməyən elektrik rəqsləri alınması vacib məsələdir. Sönməyən rəqslər almaq üçün kontura dəyişən cərəyan generatoru qoşurlar (92-ci şəklə bax).

Dövrədə cərəyanlar rezonansı alması üçün elə şərait yaratmaq lazımdır ki, I_L induktivliyindəki cərəyan I_M induktivliyindəki cərəyan bir-birinə bərabər olsun ($I_L = I_M$).

X_L induktiv müqaviməti X_M tutum müqavimətinə bərabər olduqda həmin şəraiti təmin etmək mümkündür.

Fərz edək ki, induktivliyi və tutumu seçməklə yaxud tezliyi dəyişməklə $X_L = X_M$ olan şərait yarada bilmişik. Paralel birləşdirilmiş X_L və X_M müqavimətlərində gərginlik eynidir. İnduktivlikdəki cərəyan $I = \frac{U}{X_L}$, tutumdakı cərəyan isə $I_M = \frac{U}{X_M}$. Nəzərdən keçirdiyimiz bu dövrə üçün vektor diaqramı quraq (92-ci şəkilə bax).



Şəki 95. Müqavimətin iki müxtəlif qiymətində konturda rəqslərin sönmə qrafiki

Seçdiyimiz miqyasda U gərginlik vektorunu qeyd edək. İnduktivlikdəki cərəyan gərginlikdən $\varphi = 90^{\circ}$ bucaq qədər gecikir. Buna görə də \dot{I}_L cərəyan vektorunu aşağıya tərəf U gərginlik vektoruna 90° bucaq altında qeyd edirik. Cərəyan tutumunda gərginliyi $\varphi = 90^{\circ}$ qabaqladığından cərəyan rezonansı şərtlərinə görə \dot{I}_L cərəyan vektoruna bərabər olan \dot{I}_M cərəyan vektorunu yuxarıya tərəf U gərginlik vektoruna 90° bucaq altında qeyd edirik.

§60. BİRFAZALI DƏYİŞƏN CƏRƏYANIN GÜCÜ

Dəyişən cərəyan generatorunun tam gücü cərəyanın gərginliyə hasilinə bərabərdir:

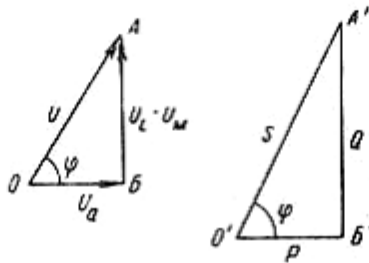
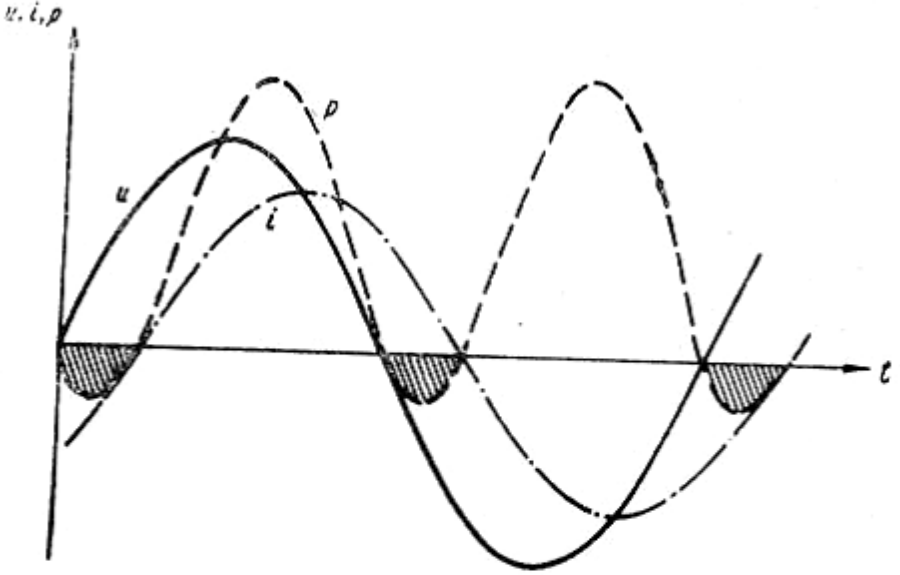
$$S = UI,$$

S - tam güc, (VA) ilə;

İ- generator dolağının hesablanmış olduğu cərəyanın təsir edən siddəti, (a) ilə;

U- generator gərginliyinin təsir edən hesablama qiymətidir, (v) ilə.

Generatorun ölçüləri onun hesablandığı tam gücdən asılıdır. Bu onunla əlaqədərdir ki, dolaq məftillərinin en kəsiyi cərəyan şiddətinə görə, izolyasiyanın qalınlığı və dolaqdakı sarğıların sayı isə generatorun hasil edəcəyi gərginliyə görə hesablanır.



Şəkil 96. Dəyişən cərəyanın ani gücünün dəyişməsi qrafiki və güc üçbucaqları

Aktiv və reaktiv müqavimətlər olan dövrəyə qoşulmuş dəyişən cərəyan generatorunun tam gücü iki hissədən ibarətdir:

Aktiv müqavimətdə sərf olunan güc;
İnduktiv və tutum müqavimətlərinin aid edildiyi reaktiv müqavimətlərinin sərf etdiyi güc.

Aktiv müqavimətdə elektrik enerjisi faydalı işə və ya ətrafa verilən istiliyə çevrilir.

Gücün reaktiv hissəsi cərəyan və ya gərginlik artdıqda maqnit və elektrik sahələrinin yaranmasına sərf olunur və cərəyan ya da gərginlik azaldıqda reaktiv müqavimətlərin sahəsində toplanmış cərəyan dövrəyə qoşulmuş generatora qaydır. Enerjinin generator və dövrədəki reaktiv qəbuledicilər arasındakı dəyişilməsi xətti və generatoru sərfəsiz yükləyir və enerji itkisinə səbəb olur.

Dəyişən cərəyanın ani gücünün dəyişilməsi qrafiki 96-cı şəkildə göstərilmişdir. Bu qrafikdə zaman oxundan yuxarıda yerləşmiş cızıqlanmamış sahələr generatorun elektrik şəbəkəsinə verdiyi enerjini, həmin oxdan aşağıda yerləşən cızıqlanmış sahələr isə reaktiv müqavimətlərin generatora qaytardığı enerjini göstərir. Bu sahələrin fərqi faydalı işə sərf olunan enerjini ifadə edir. Güc üçbucağından istifadə etməklə aktiv və reaktiv gücün necə təyin edildiyini aydınlaşdırmaq.

Güc üçbucağını qurmaq üçün gərginliklər üçbucağının tərəflərini (96-cı şəkilə bax) cərəyanın I qiymətinə vuraq; bu halda AOБ güc üçbucağını alırıq. Bu üçbucağın OB tərəfi aktiv gücə (P), BA tərəfi reaktiv gücə (Q), AO hipotenuzu isə tam gücə (S) bərabərdir.

Güc üçbucağından aydın olur ki, aktiv güc $P = IU \cos \varphi$.

Aktiv güc sabit cərəyan gücü kimi vatt ilə ölçülür. Reaktiv güc

$Q = IU \sin \varphi$ reaktivin volt-amperi (var) ilə ölçülür. Tam güc

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ volt-amper ilə ölçülür.

Tam gücün hansı hissəsinin aktiv (faydalı) güc kimi sərf edildiyinin, hansı hissəsinin reaktiv (faydasız) güc olduğunu bilmək üçün aktiv gücü tam gücə ayırmaq lazımdır. Güc üçbucağından görünür ki, bu nisbət həmin dövrədəki cərəyan və gərginlik arasındakı fazaların sürüşmə bucağının kosinusu ilə xarakterizə olunur:

$$\frac{P}{S} = \cos \varphi$$

Beləliklə, $\cos \varphi$ dəyişən cərəyanın güc əmsəlidir.

Misal. Qurğunun tam gücü $S = 800$ VA. Gücün aktiv hissəsini ölçən vattmetr 720 vt göstərir. Güc əmsalını təyin etməli.

Həlli. Güc əmsalı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{720}{800} = 0,9$$

Deməli, tam gücün 90%-ni aktiv güc kimi faydalı işə, 10%-i isə reaktiv faydasız işə sərf olunur.

Aktiv müqaviməti olan dəyişən cərəyan dövrəsində cərəyan və gərginlik fazaca bir-birinə uyğun gəlir; bu halda fazaların sürüşmə bucağı sıfıra bərabər olur. $\cos\varphi = 1$ olduğundan belə dövrə üçün aktiv güc $P = \dot{U}I$, yəni tam gücə bərabərdir. Bu halda generatorun bütün gücü faydalı işə sərf olunur.

Cərəyan və gərginlik arasında fazaların sürüşmə bucağı dövrəyə qoşulmuş aktiv və reaktiv müqavimətlərin nisbətindən asılıdır. Aktiv müqavimətin artması fazaların sürüşmə bucağının azalmasına, deməli, həmin bucaq kosinusunun böyüməsinə- güc əmsalının artmasına səbəb olur. İnduktiv yükün dövrəyə qoşulması isə əksinə, fazaların sürüşmə bucağını artırır- güc əmsalını azaldır. Güc əmsalının az alınmasına bünlar səbəb ola bilər: elektrik dəzgahları və maşınlarının boşuna işləməsi; böyük güclü dəzgahda kiçik detallar emal edildikdə dəzgahın yüklənməməsi; dəzgahda qoyulan mühərrikin gücünün düzgün seçilməməsi; mühərrikin təmir keyfiyyətinin yüksək olmaması; mühərrikin pis yağlanması və s.

Mühərrik normal yükləndikdə onun güc əmsalı 0,83- 0,85 olur. Mühərrik boşuna işlədikdə isə güc əmsalı azalır və cəmi 0,1 – 0,3 olur. Bu isə aktiv gücün az olduğunu göstərir. Güc əmsalını artırmaq üçün müəssisənin induktiv yüklənməsinə paralel olaraq kondensatorlar qoşurlar. Belə kondensatorların tutum müqavimətini elə seçirlər ki, yüklənmənin induktiv müqavimətinə təxminən bərabər olsun. Belə olduqda cərəyan və gərginlik arasında fazaların sürüşmə bucağı kiçilir, güc əmsalı isə 0,83- 0,85-a qədər artır.

Müəyyən edilmişdir ki, ölkəmizin enerji sistemlərində güc əmsalının cəmi 0,01 qədər artırılması hər il 500 milyon kvt*saat elektrik enerjisinə qənaət etməyə imkan verir.

Beləliklə, güc əmsalının artırılması və elektrik enerjisindən qənaətlə istifadə olunması mühüm dövlət işidir.

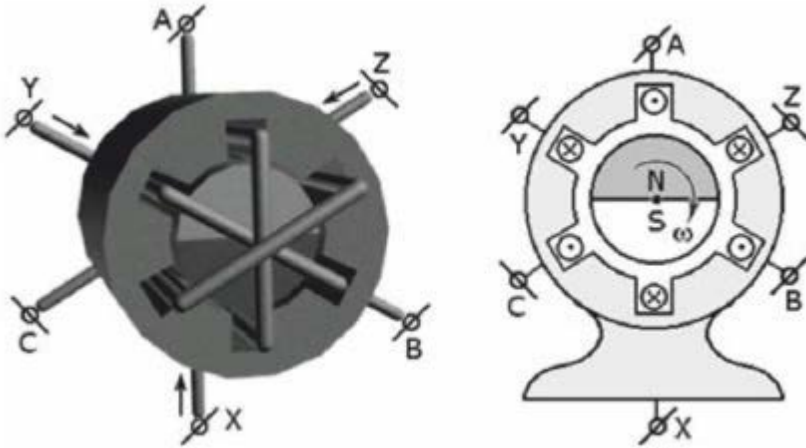
5-ci fəsil
ÇOXFAZALI CƏRƏYANLAR
§61. ÇOX FAZALI GENERATORLAR

Birfazlı dəyişən cərəyanın xüsusiyyətlərini 4-cü fəsildə nəzərdən keçirdik. Lakin birfazlı elektrik mühərrikləri mükəmməl quruluşlu olmadığından birfazlı sistem qənaətli deyildir. Məsələn, qabarit ölçüləri, aktiv materialların (polad və mis) çəkisi və enerji itkiləri eyni olan birfazlı mühərrikin gücü üçfazlı mühərrikin gücündən 1,5 dəfə az alınır.

Eyni tezlikli lakin faza bucaqları qarşılıqlı surətdə fərqlənən, iki və daha çox EHQ-nin təsir etdiyi dəyişən cərəyan dövrəsinə, yaxud şəbəkəsinə *çoxfazlı sistem* deyilir. Çoxfazlı sistemi təşkil ayrı-ayrı dövrlərə *fazalar* deyilir. Üçfazlı dəyişən cərəyan dövrəsi daha geniş yayılmışdır. Üç fazlıcərəyanın məsafəyə verilməsi rus alimi M. O. Doliva-Dobrovolski tərəfindən 1891-ci ildə dünyada ilk dəfə olaraq həyata keçirilmişdir.

Üçfazlı sistem, enerji mənbələrinin EHQ eyni tezlikdə olan, lakin fazaca bir- birindən üçdə bir period qədər fərqlənən üç elektrik dövrəsindən ibarətdir. Fazaların hər üçündə EHQ-nin amplitudu eyni olarsa, belə üçfazlı sistemə simmetrik sistem deyilir.

97-ci şəkildə sadə ikiqütblü üçfazlı quruluş sxemi göstərilmişdir.

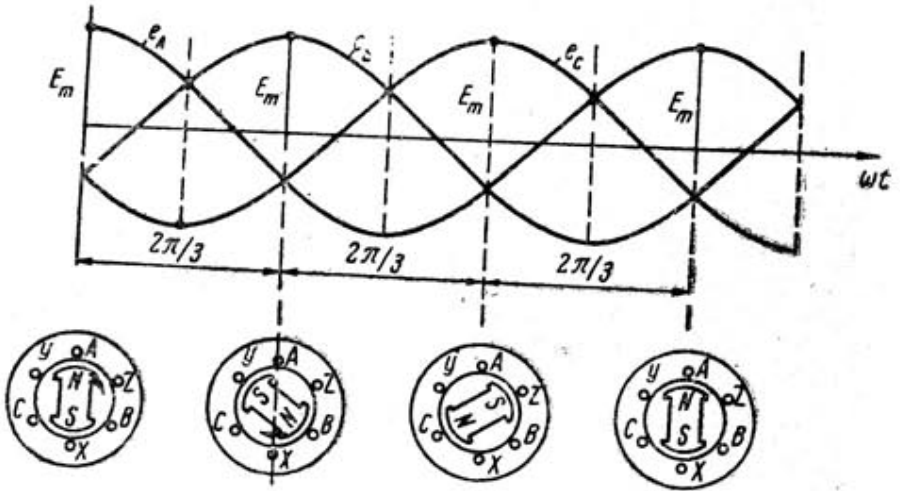


Şəkil 97. Sadə üçfazlı generatorun quruluş sxemi

Statorun (generatorun hərəkət etməyən hissəsi) oyuqların fəzada bir-birindən çevrənin üçdə biri (120^0) qədər fərqlənən üç makara yerləşdirilmişdir: A-X, B-Y, C-Z.

Statorun içərisində rotor (generatorun fırlanan hissəsi) yerləşdirilir. Bu rotor sabit cərəyanla qidalandırılan ikiqüblü elektromaqnitdən ibarətdir. Rotor hər hansı bir mühərriklə fırlandırılır. Qüvvə xətləri rotorla birlikdə fırlanaraq statorun oyuqlarında yerləşdirilmiş makaraların məftilləri ilə kəsişir və bu makaralarda sinusoidal dəyişilən EQ induksiya olur.

Lakin A, B və C fazalarının EQ sinusoidləri bir-birindən periodun üçdə biri qədər fərqlənəcəkdir (şəkil 98).



Şəkil 98. Rotor fırlanarkən generatorun üçfazlı dolağında EQ-nin dəyişilmə əyriləri

Həqiqətən də fərz edək ki, A – X makarasında EQ-nin müsbət maksimumu E_M A tərəfi şimal qütbünün mərkəzi qarşısında, X tərəfi isə cənub qütbünün mərkəzi qarşısında olduqda alınır. B – Y makarasında EQ-nin müsbət maksimumu E_M o zaman alınır ki, şimal qütbünün mərkəzi B naqilinin altında, cənub qütbünün mərkəzi isə Y naqilinin altında olsun. Bunun üçün rotor çevrənin üçdə biri (120^0) qədər dönməlidir; bu da periodun üçdə birinə bərabər vaxta müvafiq gəlir.

C – Z makarasında EHQ-nin müsbət maksimumu E_M B – Y makarasındakı eyni maksimumdan sonra periodun üçdə birindən sonra başlanır ki, bu da rotorun çevrənin üçdə biri qədər dönməsinə müvafiq gəlir. 98-ci şəkildə A – X, B – Y və C – Z makaralarında e. h. q- nin dəyişilmə əyriləri və rotorun bu makaralardakı EHQ-nin müsbət maksimumuna (E_M) müvafiq olan vəziyyətləri göstərilmişdir.

Generator yükləndikdə onun dolağının uclarında gərginlik müəyyənləşir; buna *faza gərginliyi* deyilir. Yüklənmə olmadıqda (boşuna gedix zamanı) faza gərginliyi statorun makaralarında induksiyaalanan EHQ-nə bərabər alınır.

§62. GENERATOR DOLAQLARININ BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

97-ci şəkildə bir-birindən asılı olmayan üç birləşməli dövrəsi olan generatorun quruluşu göstərilmişdir. Bu dövrlərdə EHQ eynidir, amplitudlar bərabərdir və fazaca periodun üçdə biri qədər sürüşmüşdür. Generator statoru dolağının hər bir cüt sıxacına yüklənməyə cərəyan verən məftilləri qoşmaq olar (şəkil 99).

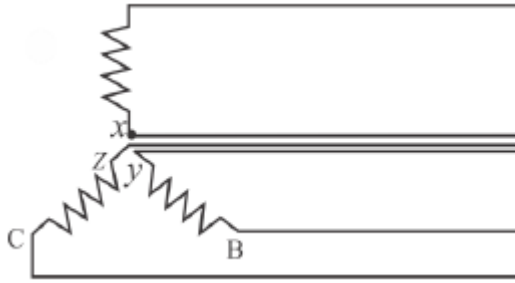
Bu üç fazanı ümumi üçfazlı sistemə birləşdirmək daha əlverişlidir. Bunun üçün generatorun dolaqlarını bir- birinə ulduz və ya üçbucaq birləşdirirlər.

Dolağın hər bir fazasının başlanğıc və qurtaracaq tərəfləri vardır.

Fazanın başlanğıcını A B və C hərfləri, qurtaracağını isə uyğun olaraq X Y və Z ilə işarə edirlər.

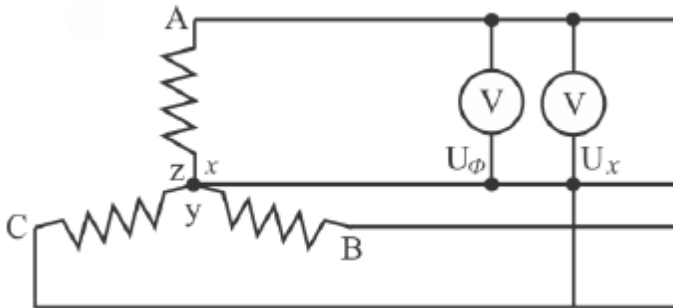
Fazaların başlanğıc və qurtaracaq tərəflərinin işarəsi ixtiyarı götürülür;

Lakin fazaların başlanğıc tərəflərini elə seçmək lazımdır ki, onlar bir-birindən (rotor ikiqütblü olanda) çevrənin üçdə birinə bərabər məsafədə yerləşsin, yəni fəzada 120^0 bucaq altında olsun. Generatorun dolaqlarını ulduz birləşdirdikdə (şəkil 100) X Y və Z fazalarının uclarını (və ya A, B və C fazaların başlanğıcını) bir-birinə birləşdirir və enerjini şəbəkəyə vermək üçün başlanğıcdan (və ya qurtaracaqdan) məftil ayırırlar. Alınmış bu üç məftilə *xətti məftillər*, istənilən iki xətti məftillərin arasındakı gərginliyə *xətti gərginlik* (U_X) deyilir. Üç fazanın birləşdirildiyi ümumi nöqtədən (ulduz birləşdirmənin sıfır nöqtəsindən) dördüncü məftil də ayrıla bilər; buna *sıfır məftili* deyilir.



Şəkil 99 Əlaqələndirilməmiş üçfazlı sistemin sxemi

Fazaların qurtaracaq tərəfləri də fəzada 120^0 bucaq altında yerləşdirilməlidir.



Şəkil 100. Generator dolağının ulduz birləşdirilmə sxemi

Bu üç məftildən istənilən hər biri ilə sıfır məftili arasındakı gərginlik bir fazanın başlanğıcı və sonu arasındakı gərginliyə, yəni faza gərginliyinə bərabər olmalıdır.

Generator dolağının bütün fazaları, adətən eyni düzəldilir; buna görə də fazalarda EHQ-nin təsir edən qiyməti bərabərdir, yəni $E_A = E_B = E_C$.

Generatorun fazasının hər bir dövrəsinə yüklənmə qoşsaq bu dövrlərdən cərəyan keçməyə başlayacaqdır. Cərəyan qəbul edicisinin bütün üç fazasında müqavimət qiymət və xarakterinə görə eyni olduqda, yəni bərabər yüklənmədə fazalardakı cərəyan şiddəti eyni olacaq və fazaca öz gərginliyinə nisbətən eyni φ bucağı qədər sürüşəcəkdir. Bərabər yüklənmədə faza gərginliyinin həm maksimal və həm də təsir edən qiymətləri bərabərdir, yəni $U_A = U_B = U_C$. Vektor diaqramında (şəkil 101) göstəriləndiyi kimi bu gərginliklər bir-birindən fazaca 120^0 fərqlənir. Sxemin istənilən nöqtələri arasındakı gərginlik (100-cü şəklə bax) eyni nöqtələr arasındakı gərginlik vektorlarına (101-ci şəklə

bax) uyğun gəlir. Məsələn, sxemin A və O nöqtələri arasındakı gərginlik

(U_A faza gərginliyi) diaqramın A-O vektoruna müvafiqdir, sxemin A və B xəttinaqilləri arasındakı gərginlik isə diaqramın A-B xətti gərginliklər vektoruna uyğundur. Vektor diaqramına əsasən xətti və faza gərginlikləri arasındakı nisbəti asanlıqla müəyyən etmək olur.

AaO üçbucağından aşağıdakı nisbəti yaza bilərik:

$$\frac{1}{2}U_X = U_F \cos 30^\circ = U_F \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

buradan

$$U_X = \sqrt{3}U_F \text{ və ya } U_F = \frac{U_X}{\sqrt{3}}.$$

Yəni **generatorun dolaqlarını ulduz birləşdirdikdə xətti gərginlik faza gərginliyindən $\sqrt{3}$ dəfə çoxdur (bərabər yüklənmədə)**

Bərabər yüklənmədə faza gərginliyinin ani qiymətləri üçün aşağıdakı ifadələri yazmaq olar

$$u_A = U_m \sin \omega t;$$

$$u_B = U_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right);$$

$$u_C = U_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right),$$

fazalardakı cərəyanın ani qiymətləri üçün bu ifadələri yaza bilərik

$$i_A = I_m \sin (\omega t - \varphi);$$

$$i_B = I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi \right);$$

$$i_C = I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi \right).$$

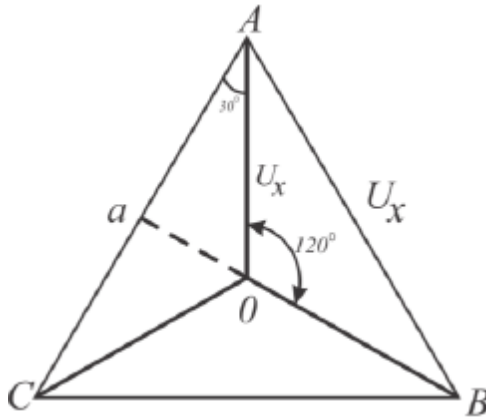
Sxemdən (100-cü şəklə bax) görünür ki, generatorun dolaqlarını ulduz birləşdirildikdə xətti naqıldəki cərəyan generatorun fazasındakı cərəyana bərabərdir, yəni $I_X = I_F$

Kirxhofun birinci qanununa əsasən yaza bilərik ki, sıfır **məftilindəki cərəyan, generatorun fazalarındakı cərəyanların həndəsi cəminə bərabərdir**, yəni:

$$I_0 = I_A + I_B + I_C$$

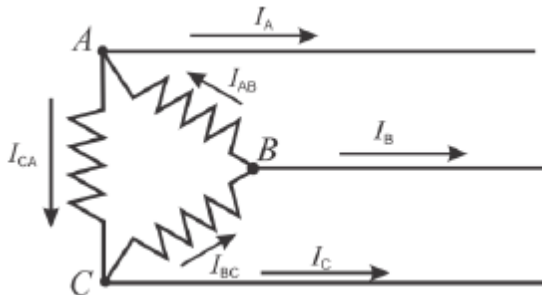
Bərabər yüklənmədə generatorun fazalarındakı cərəyanlar bir- birinə bərabərdir vəfəzaca bir-birindən perodun üçdə biri qədər fərqlənir. Bu

haldə üç fazada cərəyanların cəbri cəmi sıfır bərabərdir, yəni sıfır məftilində cərəyan olmayacaqdır.



Şəkil 101. Generatorun dolaqlarını ulduz birləşdirdikdə gərginliyin vektor diaqramı

Buna görə də ulduz birləşdirmədə sıfır məftilinin olması məcbur deyildir. Generatorun dolaqlarını üçbucaq birləşdirdikdə (şəkil 102) hər fazanın başlanğıcını (və ya qurtaracağını) digər fazanın qurtaracağı (və ya başlanğıcını) ilə birləşdirirlər. Beləliklə, generatorun üç fazası, generatorun fazalarında induksiyanmış EHQ –nin təsir etdiyi qapalı kontur əmələ gətirir. Generatorun fazalarında e. h. q. bərabər olduğundan və fazaca bir-birindən periodun üçdə biri qədər fərqləndiyindən bunların həndəsi cəmi sıfır bərabər olacaq və deməli, üçbucaq şəkilli birləşdirilmiş üçfazlı sistemin qapalı konturunda xarici yüklənmə olmadıqda heç bir cərəyan olmayacaqdır.



Şəkil 102. Generator dolaqlarının üçbucaq birləşdirilməsinin sxemi

Üçbucaq birləşdirmədə xətti məfillər bir fazanın başlanğıcı ilə obiri fazanın qurtaracağına birləşdirilmə nöqtələrinə qoşulur. Xətti məfillər arasındakı gərginlik bir fazanın başlanğıcı və qurtaracağı arasındakı gərginliyə bərabərdir. Beləliklə, generatorun dolaqlarını üçbucaq birləşdirdikdə xətti gərginlik faza gərginliyinə bərabər olur, yəni

$$U_X = U_F$$

Bərabər yüklənmədə generator dolaqlarının fazalarında faza gərginliyinə nisbətən eyni φ bucağı, yəni $\dot{I}_A = \dot{I}_{BC} = \dot{I}_{CA}$ qədər sürüşdürülmüş (102-ci şəklə bax) bərabər cərəyanlar keçir. Faza gərginliklərinin ani qiymətlərini bu ifadələrlə təyin etsək:

$$u_{AB} = U_m \sin \omega t;$$

$$u_{BC} = U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3});$$

$$u_{CA} = U_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3});$$

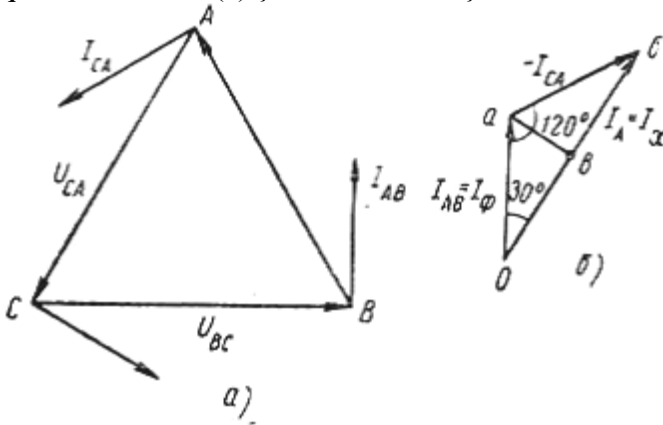
onda faza cərəyanlarının ani qiymətlər üçün aşağıdakı ifadələri yazma bilərik:

$$i_{AB} = \dot{I}_m \sin(\omega t - \varphi)$$

$$i_{BC} = \dot{I}_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi)$$

$$i_{CA} = \dot{I}_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi)$$

Faza gərginlikləri və cərəyanlarının vektorları göstərilmiş vektor diaqramları 103-cü (a) şəklində verilmişdir.



Şəkil 103. Vektor diaqramı:

a-dolaqlar üçbucaq birləşdirdikdə generatorun fazalarındakı gərginlik və cərəyanlar; b- faza cərəyanları və xətti cərəyanlar

. Fazaların və A, B, C xətti məftillərinin birləşdirilmə nöqtələri budaqlanma nöqtələridir; deməli üçbucaq birləşdirmədə xətti cərəyanlar faza cərəyanlarına bərabər alınmır. Faza və xətti cərəyanlarının 102-ci şəkildə göstərilən istiqamətlərini müsbət qəbul edib, Kirxhofun birinci qanununa əsasən cərəyanların ani qiymətləri üçün aşağıdakı ifadəni yaza bilərik:

$$i_A = i_{AB} - i_{CA}; \quad i_B = i_{BC} - i_{AB}; \quad i_C = i_{CA} - i_{BC}.$$

Cərəyanların sinusoidallığını nəzərə alaraq cərəyanların ani qiymətlərinin riyazi çıxılmasını, onların təsir edən qiymətlərini göstərən vektorların həndəsi çıxılması ilə əvəz edək:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC};$$

\dot{I}_A xətti məftillərin cərəyanı \dot{I}_{AB} və \dot{I}_{CA} faza cərəyanları vektorlarının həndəsi fərqi ilə təyin edilir.

\dot{I}_A xətti cərəyanının vektorunu qurmaq üçün \dot{I}_{AB} faza cərəyanının vektorunu götürüb (şəkil 103, b) bunun ucundan \dot{I}_{CA} vektorunu qururuq, bu \dot{I}_{CA} vektoruna bərabərdir və istiqamətcə ona əks yönəldilmişdir (şəkil 103, a). \dot{I}_{AB} vektorunun başlanğıcını \dot{I}_{CA} vektorunun qurtaracağı ilə birləşdirən \dot{I}_A xətti cərəyan vektoru olacaqdır.

\dot{I}_B və \dot{I}_C xətti cərəyan vektorlarını da eyni cür qura bilərik.

Vektor diaqramından (103-cü şəklinə bax) generatorun dolaqları üçbucaq birləşdirildikdə xətti və faza cərəyanları arasındakı nisbəti asanlıqla müəyyən etmək olar. (o a b) üçbucağından yaza bilərik ki,

$$\frac{1}{2} \dot{I}_X = \dot{I}_F \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2} \dot{I}_F$$

buradan

$$\dot{I}_X = \sqrt{3} \dot{I}_F,$$

yəni generatorun dolaqları üçbucaq birləşdirildikdə xətti cərəyan faza cərəyanından $\sqrt{3}$ dəfə çoxdur (bərabər yüklənmədə).

Misal. Statorun dolaqları ulduz birləşdirilmiş üçfazlı dəyişən cərəyan generatoru tam yükləndikdə xətti cərəyan 10 a olduqda 220 v xətti gərginliyə malikdir. Statorun dolaqları üçbucaq birləşdirildikdə generator tam yüklənərsə, xətti gərginliyi və cərəyanı təyin etməli.

Həlli. Generatorun faza gərginliyi

$$U_F = \frac{U_X}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ v}$$

faza cərəyanı

$$\dot{I}_F = \dot{I}_X = 10 \text{ a}$$

olacaqdır.

Generatorun dolaqlarını üçbucaq birləşdirdikdə xətti gərginlik faza gərginliyinə bərabərdir, yəni:

$$U_X = U_F = 127 \text{ v}$$

Xətti cərəyan faza cərəyanından $\sqrt{3}$ dəfə çoxdur, yəni

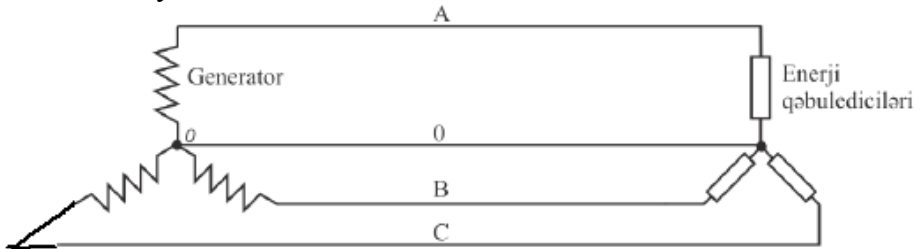
$$\dot{I}_X = \sqrt{3}\dot{I}_F = \sqrt{3} \cdot 10 = 17,3 \text{ a}$$

§63. ÜÇ FAZALI CƏRƏYAN ŞƏBƏKƏSİNƏ YÜK QOŞULMASI

Əvvəlki paraqrafda göstərilmişdir ki, üç fazlı cərəyan dörd və ya üç məftilli sistemlə verilir. Enerji işlədiciləri həm dördməftilli və həm də üçməftilli sistemdə şəbəkəyə ulduz və üçbucaq sxemi üzrə qoşula bilər. Enerji qəbulediciləri ulduz birləşdirilmiş dördməftilli sistem 104-cü şəkildə göstərilmişdir. Enerji qəbulediciləri bir məftillə xətti məftillə, o biri məftillə isə sıfır məftilinə birləşdirilir. Yuxarıda göstərilmişdir ki, bərabər yüklənmədə dolaqları ulduz birləşdirdikdə, gərginlik və cərəyanların xətti və faza qiymətləri arasında belə bir nisbət vardır.

$$U_X = \sqrt{3}U_F \text{ və } \dot{I}_X = \dot{I}_F$$

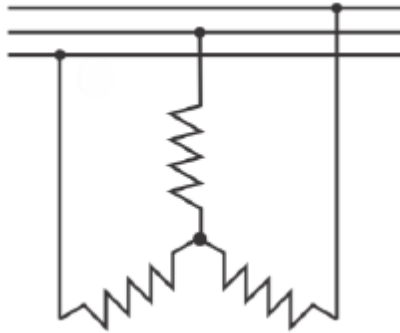
Yuxarıda qeyd olunduğu kimi bərabər yüklənmədə üç fazadakı cərəyanların həndəsi cəminə bərabər, yəni $\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$ olan sıfır məftilinin cərəyanı sıfır alınır.



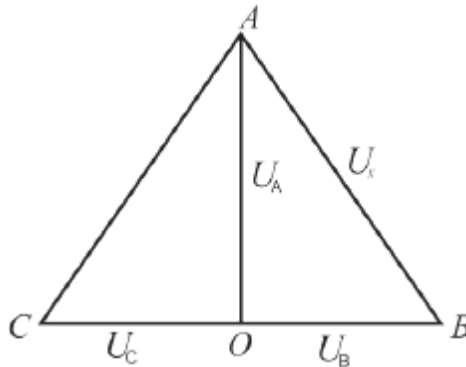
Şəkil 104 Enerji qəbulediciləri ulduz birləşdirilmiş dördməftilli sistem

Deməli, bu halda sıfır məftilindən cərəyan keçməyəcək və belə bir məftilin olmasına ehtiyac qalmayacaqdır. Məsələn, üçfazlı dəyişən cərəyan mühərriklərini şəbəkəyə, 105-ci şəkildən görüldüyü kimi, sıfır məftili olmadan ulduz birləşdirirlər.

Qeyri-bərabər yüklənmədə sıfır məftilində cərəyan sıfır olmur və bu məftili saxlayırlar; lakin bunun ən kəsiyi xətti məftilin ən kəsiyindən, adətən az götürülür. Sıfır məftili olmadıqda və ya sıfır məftili qırdıqda qeyri-bərabər yüklənmə zamanı gərginlik kəskin surətdə təhrif olunur. Məsələn, A fazasında yüklənmə olmadıqda B və C fazalarında bərabər yüklənmədə (şəkil 106) sıfır məftili olmazsa B və C fazalarındakı yüklənmə xətti gərginliyə ardıcıl qoşulmuş olacaq və onların arasında bərabər paylanacaqdır (yüklənmənin bərabər paylanması şərtinə görə).



Şəkil 105. Üçfazlı cərəyan qəbuledicisinin şəbəkəyə sıfır məftili olmadan ulduz birləşdirilməsi sxemi



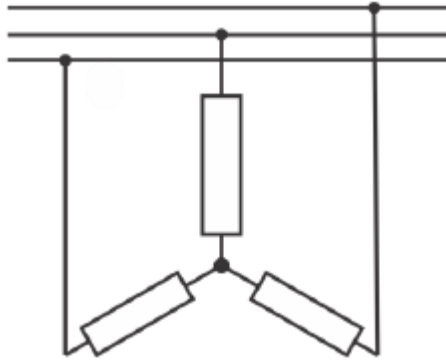
Şəkil 106. Sıfır məftili olmadıqda və fazalar qeyri-bərabər yükləndikdə gərginliklərin vektor diaqramı

Deməli, B və C fazalarında yüklənmənin müqaviməti xətti gərginliyin yarısına bərabər, yəni

$$U_B = U_C = \frac{U_X}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_F = 0,86 U_F$$

gərginliyinə məruz qalacaqdır

Ulduz birləşdirmənin neytral nöqtəsi öz yerini O nöqtəsinə elə dəydirəcəkdir ki, A fazasının gərginliyi $U_A = 1,5 U_F$ -ə bərabər olacaqdır. Beləliklə, qeyri -bərabər yüklənmədə sıfır məftilinin çıxarılmasına yol verilə bilməz. Buna görə də sıfır məftilini həmişə elə hazırlayırlar ki, onun dövrəsində qoruyucu açarlar və s. olmasın. Yüklənməni üçfazlı cərəyan şəbəkəsinə üçbucaq birləşdirmə ilə qoşduqda (şəkil 107) bu yüklənmə qruplarının hər biri iki xətti məftilin arasına qoşulur. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, enerji qəbuledicilərini üçbucaq birləşdirdikdə gərginliklərin xətti və faza qiymətləri arasında belə bir nisbət vardır: $U_X = U_F$, $I_X = \sqrt{3} I_F$ (bərabər yüklənmədə).



Səkil 107. Üçbucaq birləşdirilmiş enerji qəbuledicilərinin şəbəkəyə qoşulması sxemi

Dördməftilli sistemin ən qiymətli xüsusiyyəti iki müxtəlif gərginlik almağa imkan verməsidir. Enerji qəbuledicilərini xətti məftillərinin və sıfır məftilinin arasına qoşduqda biz onları ulduz birləşdiririk. Bu cərəyan qəbulediciləri faza gərginliyinə qoşulmuş olacaqdır. Qəbulediciləridigər qrupunu elə üçbucaq birləşdirək ki, onlar ancaq xətti məftillərin arasına qoşulmuş olsun və faza gərginliyindən $\sqrt{3}$ dəfə çox olan xətti gərginliyinə məruz qalsın. Dördməftilli sistem, işıqlandırma qurğularını və qarışıq işıqlandırma-güc yüklənmələrini cərəyanla təchiz etmək üçün geniş tətbiq olunur. Işıqlandırma qurğuları

faza gərginliyinə (220v), güc yüklənmələri isə xətti gərginliyə (380v) qoşulur. Birfazlı dəyişən cərəyan üçün çıxarılmış nisbətlər üçfazlı sistem üçün də doğrudur. Fazadakı cərəyan

$$\dot{I}_F = \frac{U_F}{Z_F}$$

və

$$\cos\varphi = \frac{r_F}{Z_F}$$

burada U_F, Z_F, r_F – nəzərdən keçirdiyimiz fazanın gərginliyi tam və aktiv müqavimətləridir.

Misal 1. Faza gərginliyi 127 v olan dördməftilli sistem vardır.

A lampasına iki lampa, B fazasına səkkiz lampa qoşulmuş, C fazası isə dövrədən açılmışdır. Sıfır məftili açılmış olduqda A və B fazalarındakı lampaların gərginliyini təyin etməli.

Həlli. C fazası açılmış olduğundan, sıfır məftili qırıldıqda A və B fazaları xətti gərginliyə ardıcıl qoşulacaqdır:

$$U_X = \sqrt{3}U_F = \sqrt{3} * 127 = 220 \text{ v}$$

A fazasının müqaviməti B fazasının müqavimətindən $\frac{8}{2} = 4$ dəfə çoxdur. Buna görə də A fazasının lampalarına $\frac{4}{5}$, B fazasının lampalarına isə $\frac{1}{5}$, yəni aşağıdakı qədər xətti gərginlik düşür:

$$U_A = \frac{4}{5} * 220 = 176 \text{ v} \quad \text{və} \quad U_B = \frac{1}{5} * 220 = 44 \text{ v}$$

A fazasının 127 v gərginliyə hesablanmış lampaları yüksək gərginliyə məruz qaldığından yanib xarab olacaqdır.

Misal 2. Xətti gərginliyi 220 v olan üçfazlı cərəyan şəbəkəsinə hər birinin müqaviməti 10 om olan üç müqavimət ulduz birləşdirilmişdir. Sonra bu müqavimətləri həmin şəbəkəyə üçbucaq qoşulmuşlar. Ulduz birləşdirmədən üçbucaq birləşdirməyə keçdikdə xətti və faza cərəyanlarının necə dəyişdiyini təyin etməli.

Həlli. Müqavimətləri ulduz birləşdirdikdə faza gərginliyi;

$$U_F = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127 \text{ v,}$$

Faza cərəyanı:

$$\dot{I}_F = \frac{U_F}{Z_F} = \frac{127}{10} = 12,7 \text{ a,}$$

Xətti cərəyan:

$$I_X = I_F = 12,7 \text{ a.}$$

Müqavimətləri üçbucaq birləşdirdikdə isə faza gərginliyi:

$$U_F = 220 \text{ v}$$

Faza cərəyanı:

$$I_F = \frac{220}{10} = 22 \text{ a}$$

Xətti cərəyan:

$$I_X = \sqrt{3} * I_F = \sqrt{3} * 22 = 38,1 \text{ a}$$

olacaqdır.

Beləliklə, müqavimətləri ulduz birləşdirmədən üçbucaq birləşdirməyə keçirdikdə xətti cərəyan $\frac{38,1}{12,7} = 3$ dəfə, faza cərəyanı isə $\frac{22}{12,7} = \sqrt{3}$ dəfə artmışdır.

§64. ÜÇFAZALI CƏRƏYANIN GÜCÜ

Üçfazlı cərəyan şəbəkəsindən yüklənmənin işlətdiyi güc ayrı-ayrı fazaların işlətdiyi güclərin cəminə bərabərdir:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Bərabər yüklənmədə hər bir fazanın işlətdiyi güc aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P_F = U_F I_F \cos \varphi,$$

Burada

U_F - faza gərginliyi

I_F - faza cərəyanı

$\cos \varphi$ - yüklənmənin güc əmsəlidir.

Fazaların üçünün də sərf etdiyi güc belə olacaqdır:

$$P = 3 U_F I_F \cos \varphi.$$

Enerji qəbuledicilərini ulduz birləşdirdikdə gərginliyin və cərəyanın xətti və faza qiymətləri arasında belə bir nisbət yaranacaqdır:

$$U_X = \sqrt{3} U_F \text{ v } I_X = I_F.$$

Deməli, yüklənmənin üçfazlı şəbəkədən işlətdiyi güc aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P = 3 \frac{U_X}{\sqrt{3}} I_X \cos \varphi = \sqrt{3} U_X I_X \cos \varphi.$$

Enerji qəbuledicilərini üçbucaq birləşdirdikdə gərginlik və cərəyanın xətti və faza qiymətləri arasındakı nisbət belədir:

$$U_X = U_F \text{ və } \dot{I}_X = \sqrt{3} \dot{I}_F.$$

Deməli, yüklənmə aşağıdakı qədər güc sərf edəcəkdir:

$$P = 3U_X \frac{\dot{I}_X}{\sqrt{3}} \cos\varphi = \sqrt{3}U_X \dot{I}_X \cos\varphi$$

Beləliklə, bərabər yüklənmədə üçfazlı şəbəkədən sərf olunan güc yüklənmənin qoşulma üsulundan asılı olmayaraq aşağıdakı düsturla ifadə edilir.

$$P = \sqrt{3}U_X \dot{I}_X \cos\varphi = 1,73U_X \dot{I}_X \cos\varphi$$

Misal 1. Üçfazlı işıqlandırma qurğusunun xətti gərginliyi 220 v, xətti cərəyanı isə 9, 9 a-dir. Fazalar üçbucaq birləşdirdikdə hər fazaya paralel olaraq neçə lampa qoşulduğunu, hər bir lampa 0, 52 a-ə qədər cərəyan sərf edərsə, qurğunun ümumi gücünün nə qədər olduğunu təyin etməli.

Həlli. Faza gərginliyi xətt gərginliyə bərabərdir, yəni

$$U_F = U_X = 220\text{v}$$

faza cərəyanı isə belə olacaqdır

$$\dot{I}_F = \frac{\dot{I}_X}{\sqrt{3}}$$

Hər bir fazaya paralel qoşulmuş lampaların sayı belədir

$$\frac{5,72}{0,52} = 11$$

Yəni cəmi $3 \times 11 = 33$ lampa qoşulmuşdur.

İşıqlandırma yüklənməsində $\cos\varphi = 1$ olduğunu nəzərə alaraq, bütünqurğunun gücünü aşağıdakı düsturla müəyyən edirik:

$$P = \sqrt{3}U_X \dot{I}_X \cos\varphi = \sqrt{3} * 220 * 9,9 * 1 = 3768 \text{ vt}$$

Misal 2. Xətti gərginlik $U = 35000 \text{ v}$ və $\cos\varphi = 0,8$ olduqda

$P = 4200 \text{ kv}$ gücün $l = 20 \text{ km}$ məsafəyə verilməsi tələb olunur. Bu gücü elə vermək lazımdır ki, xətdəki güc itkisi ΔP faydalı gücün 5%-dən, ox olmasın. Elektrik veriliş xətti birfazlı və üçfazlı sistemlərlə hazırlandıqda xəttə nə qədər mis sərf ediləcəyini tapmalı.

Həlli. Elektrik veriliş xətti bir sistemli olduqda xətdəki cərəyan

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi} = \frac{4200 \cdot 10^3}{35\,000 \cdot 0,8} = 150 \text{ a}$$

Xətdəki güc itkisi

$$\Delta P = I^2 r = 150^2 \cdot r = 4\,200 \cdot 10^3 \cdot 0,05,$$

Buradan isə məftillərin müqaviməti

$$r = \frac{4200 \cdot 10^3 \cdot 0,05}{150^2} = 9,34 \text{ om}$$

olacaqdır. Misin xüsusi müqaviməti

$$\rho = 0,0175 \frac{\text{om} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

olduğundan məftillərin en kəsiyi sahəsi

$$S = \rho \frac{l}{r}$$

yəni

$$S = 0,0175 \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3}{9,34} = 0,75 \text{ sm}^2$$

alınacaqdır.

Xəttin hazırlanmasına sərf ediləcək misin çəkisi (bunun xüsusi çəkisi $8,9 \text{ kg/dm}^3$) aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$G = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,75 \cdot 8,9}{10^3} = 2676 \text{ kq} . \text{ Üçfazlı elektrik veriliş sistemində}$$

ulduz birləşdirmədə yüklənmənin faza gərginliyi:

$$U_F = \frac{35\,000}{\sqrt{3}} = 20\,200 \text{ v}$$

Hər faza ilə verilən güc

$$P_1 = \frac{4200}{3} = 1400 \text{ kv}$$

Fazalardakı cərəyan

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} U_X \cos \varphi} = \frac{4200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 86,7 \text{ a}$$

Məftillərdə ümumi güc itkisi

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot r = 3 \cdot 86,7^2 \cdot r = 0,05 \cdot P = 0,05 \cdot 4200 \cdot 10^3$$

Buradan hər bir xətti məftilin müqaviməti:

$$r = \frac{0,05 \cdot 4200 \cdot 10^3}{3 \cdot 86,7^2} = 9,3 \text{ om}$$

və hər məftilin en kəsiyin sahəsi

$$S = 0,0175 \frac{20 \cdot 10^3}{9,34} = 36,6 \text{ mm}^2 = 0,376 \text{ sm}^2$$

olacaqdır

Üçfazlı sistemdə xətti məftillərə sərf edilmiş misin çəkisi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$G = \frac{3 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,376 \cdot 8,9}{10^3} = 20080 \text{ kq} .$$

Alınmış bu nəticələri müqayisə etdikdə görürük ki, elektrik verilişində üçfazlı sistemin tətbiqi misə 25% qənaət etməyə imkan verir.

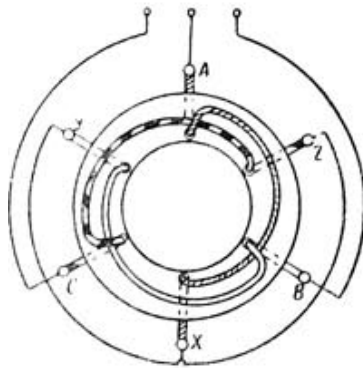
§65. FIRLANAN MAQNİT SAHƏSİ

Hər bir çoxfazlı dəyişən cərəyanın işi fırlananmaqnit sahəsindən istifadə olunmasına əsaslanır. Fırlanan maqnit sahəsi istənilən çoxfazlı dəyişən cərəyan sistemi, yəni fazaların sayı iki, üç və s. qədər olan sistemlə yaradıla bilər. Yuxarıda qeyd edilmişdir ki, üçfazlı dəyişən cərəyan daha geniş yayılmışdır. Buna görə də dəyişən cərəyan maşınında üçfazlı dolağın fırlanan maqnit sahəsini nəzərdən keçirək. 108-ci şəkildə üçfazlı cərəyan şəbəkəsinə qoşulmuş sadə quruluşlu üçfazlı dolaq göstərilmişdir. Bütün dəyişən cərəyan maşınlarında edildiyi kimi, təbəqə poladdan yığılmış statorda üç makara yerləşdirilmişdir, həm də bu makaraların oxları bir-birindən 120° bucaq qədər fərqlənir. Hər bir makarada əyani olmaq üçün statorun iki oyuğunda yerləşən birdolaqlı göstərilmişdir. Həqiqətdə isə makaranın dolaqların sayı xeyli çox olur. Makaraların başlanğıcları A, B, C qurtaracaqları isə X, Y, Z hərfləri ilə işarə olunmuşdur. Makaralar ulduz birləşdirdikdə X, Y, Z ucları bir-biri ilə birləşdirilib, ümumi neytral təşkil edir. A, B, C-nin başlanğıcı isə şəbəkənin üç fazasına qoşulur. Makaralar üçbucaq birləşdirilə bilər. Həmin makaranın kəsiyi 109-cu şəkildə göstərilmişdir. Fazaları periodun üçdə biri qədər sürüşdürülmüş makaraların üçündən də eyni amplitudlu (\dot{I}_m) və eyni tezlikli ($\omega = 2\pi f$) sinusoidal cərəyanlar keçir. (110-cu şəklə bax)

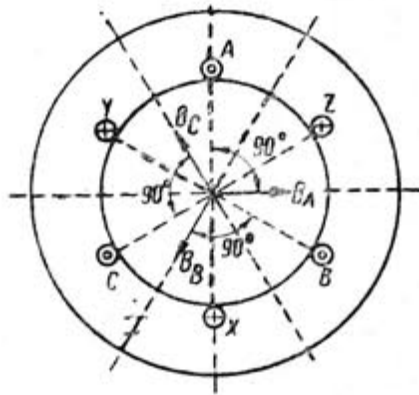
$$\dot{I}_A = \dot{I}_m \sin \omega t;$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right).$$



Şəkil 108. Ənsadə quruluşlu üçfazlı dolaq



Şəkil 109. Sadə quruluşlu üçfazlı dolağın kəsiyi

Cərəyanlarınkeşdiyi makaralar sinusoidal maqnit selləri yaradır. Maksimal cərəyan keçdikdə makaranın yaratdığı maksimal maqnit selinin Φ_m ilə işarə etsək, hər makaranın yaratdığı selin ani qiymətləri üçün aşağıdakıifadələri alarıq:

$$\Phi_A = \Phi_m \sin \omega t;$$

$$\Phi_B = \Phi_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

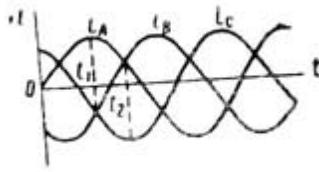
$$\Phi_C = \Phi_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$$

Bu sellərin maqnit xətləri – makaraları onların müstəvilərini şaquli istiqamətdə kəsəcəkdir. Deməli orta maqnit xətt və ya A – X makarası ilə yaradılan maqnit sahəsinin oxu həmin makaranın müstəvisinə 90° bucaq altında yönələcəkdir.

109-cu şəkildə makaraların üçünün dəmaqnit sahələrinin istiqaməti bir-birindən 120^0 fərqlənən B_A , B_B və B_C vektorları ilə göstərilmişdir. Makaralarda hər fazanın dolağının başlanğıcından qutaracağına kimi cərəyanların istiqamətini müsbət qəbul etməyi qərara alaq. Bu halda A, B və C başlanğıc nöqtələrinə qoşulmuş statorun naqillərində müsbət qəbul etdiyimiz cərəyanlar müşahidəçiyə tərəf, X, Y və Z qutaracaq nöqtələrinə qoşulmuş naqillərdə isə müşahidəçidə əks istiqamətdə yönələcəkdir.

Cərəyanların müsbət istiqamətlərinə 109-cu şəkildə göstərilən və burğu qaydasına əsasən təyin edilən maqnit sahələrinin müsbət istiqamətləri uyğun gələcəkdir.

110-cu şəkildə makaraların ucunda cərəyan ayrıları göstərilmişdir, bu ayrılar hər bir zaman momentində hər makaradakı cərəyanın ani qiymətini tapmağa imkan verir.

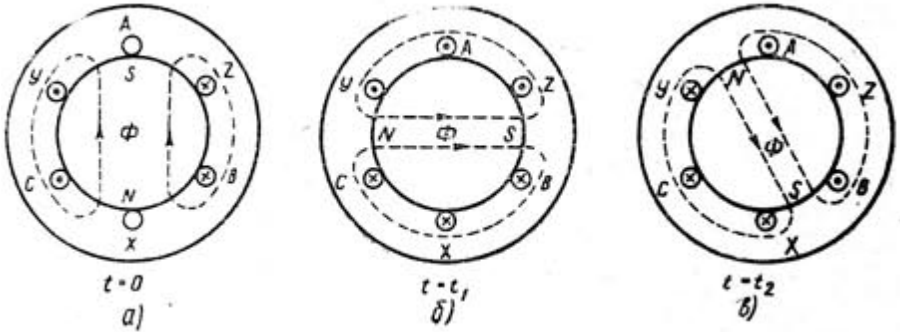


Səkil 110. üçfazlı dolaq cərəyanlarının zamana görə dəyişməsi.

Bu halın miqdar cəhətinə toxunmadan, müxtəlif zaman momentləri üçün üçfazlı dolaqla yaradılan maqnit sahəsinin istiqamətlərini təyin edək. $t=0$ momentində A-X makarasındakı cərəyan 0 bərabər olacaq, B-Y makarasında mənfi, C-Z makarasında isə müsbət alınacaqdır. Deməli A və X naqillərində bu momentində cərəyan yoxdur, C və Z naqillərində cərəyanın istiqaməti müsbət, B və Y naqillərində isə mənfidir (şəkil 111, a). Beləliklə, seçdiyimiz $t=0$ momentində C və Y naqillərində cərəyanın istiqaməti müşahidəçiyə tərəf, B və Z naqillərində isə müşahidəçiyə əks istiqamətdə olacaqdır.

Cərəyan istiqaməti belə olduqda maqnit sahəsinin yaratdığı maqnit xətləri burğu qaydasına əsasən aşağıdan yuxarıya yönələcək, yəni statelin daxili çevrəsinin aşağı hissəsində şimal qütbü yuxarı hissəsində isə cənub qütbü olacaqdır. t_1 momentində A fazasında cərəyanın istiqaməti müsbət, B və C fazalarda isə mənfidir. Deməli Y, A və Z naqillərində cərəyanın istiqaməti müşahidəçiyə tərəf, C, X və B naqillərində isə müşahidəçidən əks istiqamətdə olacaqdır. (şəkil 111, b).

Bu halda maqnit sahəsinin maqnit xətləri öz əvvəlki istiqamətinə nisbətən saat əqrəbinin hərəkəti üzrə 90° dönəcəkdir.



Şəkil 111. Müxtəlif zaman momentlərdə üçfazlı dolağın maqnit sahəsi: a- $t=0$ olduqda; b- $t=t_1$ olduqda; c- $t=t_2$ olduqda.

t_2 momentində A və B fazalarındakı cərəyan müsbət, C fazasında isə mənfidir. Deməli, A, Z və B naqillərində cərəyanın istiqaməti müşahidəçiyə tərəf, Y, C və X naqillərində isə müşahidəçidən əks istiqamətdə olacaqdır; bu halda maqnit sahəsinin maqnit xətləri öz əvvəlki istiqamətinə nisbətən daha çox bucaq qədər dönəcəkdir (şəkil 111, b). Beləliklə, üçfazlı dolağın yaratdığı maqnit sahəsinin maqnit xətləri öz istiqamətini zaman ərzində aras kəsilmədən və bərabər sürətdə dəyişəcək, yəni bu maqnit sahəsi sabit sürətdə fırlanacaqdır. Bizim nəzərdən keçirdiyimiz halda maqnit sahəsi saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində fırlanır.

Üçfazlı dolağın fazalarının növbələşməsini dəyişdirsək, yəni üç makaradan istənilən ikisinin şəbəkəyə başqa cür qoşsaq maqnit sahəsinin fırlanma istiqamətində dəyişəcəkdir. 112-ci şəkildə B və C makaralarının şəbəkəyə qoşulması dəyişdirilmiş üçfazlı dolaq göstərilmişdir. Əvvəlcədən seçilmiş zaman momentləri $t=0$, $t=t_1$ və $t=t_2$ üçün maqnit sahəsi maqnit sahəsi maqnit xətlərinin istiqamətindən görünür ki, indi maqnit sahəsi saat əqrəbinin hərəkətinə əks istiqamətdə fırlanır.

Makaraların simmetrik sistemində üçfazlı dəyişən cərəyanla yaradılan maqnit seli sabit kəmiyyətdir və istənilən zaman momentində bir fazanın maksimal seli qiymətinin 1, 5-nə bərabərdir, yəni

$$\Phi = \frac{3}{2} \Phi_M.$$

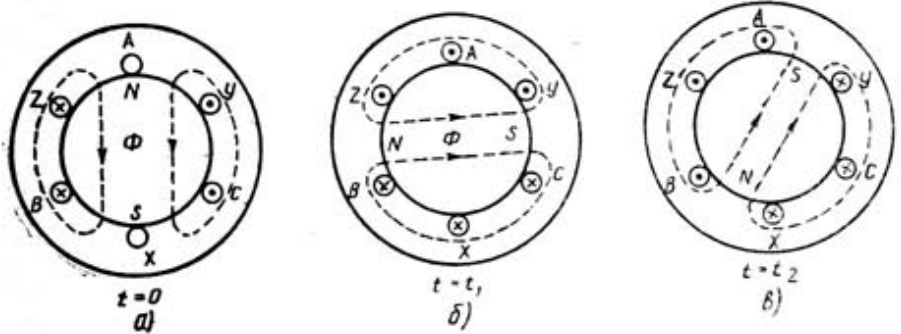
Bunu, istənilən zaman momenti üçün Φ nəticələndirici maqnit selini təyin etməklə sübut edə bilərik. Beləki $\omega = 90^\circ$ olduqda t_1 momenti üçün makaralardakı cərəyanın qiyməti aşağıdakı kimi olur:

$$I_A = I_m \sin 90^\circ = I_m$$

$$I_B = I_m \sin(90^\circ - 120^\circ) = -\frac{1}{2} I_m$$

$$I_C = I_m \sin(90^\circ - 240^\circ) = -\frac{1}{2} I_m$$

Deməli, A makarasının Φ_A maqnit seli seçdiyimiz momentdə ən böyük qiymətə malikdir və bu makaranın oxu üzrə, yəni müsbət istiqamətdə yönəlmisdir. B və C makaraları maqnit selləri maksimaldan iki dəfə azdır və mənfidir.



Səkil 112. Fazaların növbələşdirilməsi dəyişdirdikdə müxtəlif zaman momentində üçfazlı dolağın maqnit sahəsi: a- $t=0$ olduqda; b- $t=t_1$ olduqda c- $t=t_2$ olduqda.

t_2 momentində A və B fazalarındakı cərəyan müsbət, C fazasında isə mənfidir. Deməli, A, Z və B naqillərində cərəyanın istiqaməti müşahidəciyə tərəf, Y, C və X naqillərində isə müşahidəçidən əks istiqamətdə olacaqdır; bu halda maqnit sahəsinin maqnit xəttləri öz əvvəlki istiqamətinə nisbətən daha çox bucaq qədər dönəcəkdir (şəkil 111, b). Beləliklə, üçfazlı dolağın yaratdığı maqnit sahəsinin maqnit xəttləri öz istiqamətini zaman ərzində arası kəsilmədən və bərabər

surətdə dəyişəcək, yəni bu maqnit sahəsi sabit surətdə fırlanacaqdır. Bizim nəzərdən keçirdiyimiz halda maqnit sahəsi saat əqrəbinin hərəkəti istiqamətində fırlanır. Üçfazlı dolağın fazalarının növbələşməsini dəyisdirsək, yəni üç makaradan istənilən ikisinin şəbəkəyə başqa cür qoşsaq maqnit sahəsinin fırlanma istiqamətində dəyişəcəkdir. 112-ci şəkildə B və C makaralarının şəbəkəyə qoşulması dəyisdirilmiş üçfazlı dolaq göstərilmişdir. Əvvəlcədən seçilmiş zaman momentləri $t=0$, $t=t_1$ və $t=t_2$ üçün maqnit sahəsi maqnit xətlərinin istiqamətindən görünür ki, indi maqnit sahəsi saat əqrəbinin hərəkətinə əks istiqamətdə fırlanır.

Yəni, həmin makaraların oxlarının istiqaməti üzrə yönəlmişdir (şəkil 113). Φ_A , Φ_B , Φ_C sellərinin həndəsi cəmini bunları seçdiyimiz miqyasda pərmalar şəklində ardıcıl olaraq qurmaqla tapa bilərik. Birinci parçanın başlanğıcını axırının qurtaracağı ilə birləşdirsək,

Φ nəticələndirici maqnit seli parçasını alırıq. Bu sel bir fazanın maksimal selindən miqdarca 1,5 dəfə çox olacaqdır.

Məsələn, t_1 zaman momenti üçün 113-cü şəkildə müvafiq olaraq nəticələndirici maqnit seli aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\Phi_P = \Phi_A + \Phi_B \cos 60^\circ,$$

Çünki bu momentdə nəticələndirici sel Φ_A selinə müvafiq gəlir,

Φ_B və Φ_C sellərindən 60° qədər fərqlənir.

$$t_1 \text{ momentində makaraların maqnit selləri } \Phi_A = \Phi_M, \Phi_B = \Phi_C = \frac{1}{2}\Phi_M$$

olduğundan nəticələndirici maqnit selini aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

$$\Phi_P = \Phi_M + \frac{1}{2}\Phi_M \cos 60^\circ + \frac{1}{2}\Phi_M \cos 60^\circ = \Phi_M(1 + \cos 60^\circ) = \frac{3}{2}\Phi_M.$$

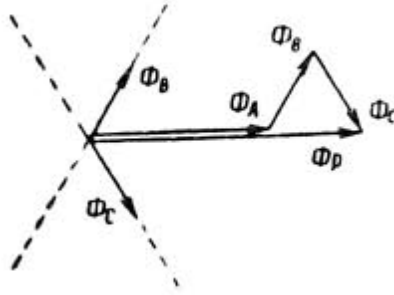
$t = 0$ momentində nəticələndirici maqnit sahəsi şaquli ox üzrə istiqamətlənir (111-ci a şəklinə bax). Makaralarda cərəyanın dəyişilməsinin bir perioduna bərabər müddət ərzində maqnit seli fəzada bir tam dövr edəcək və istiqaməti yenidən $t = 0$ momentindəki kimi şaquli ox üzrə olacaqdır.

Cərəyanın tezliyi f olarsa, yəni cərəyan bir saniyə ərzində f period dəyişərsə, üçfazlı dolağın maqnit seli bir saniyə ərzində f və ya bir dəqiqədə $60f$ dövr edəcəkdir, yəni

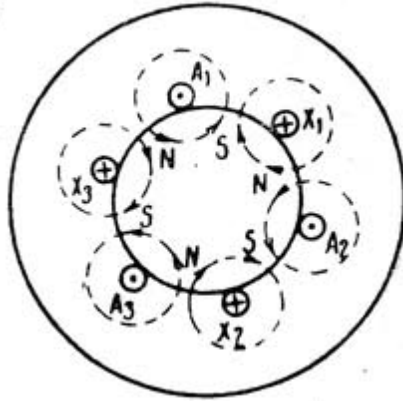
$$n_1 = 60f_1,$$

burada n_1 - fırlanan maqnit sahəsinin dəqiqədə dövrlər sayıdır.

Biz dolağın bir cüt qütbü olan halı nəzərdən keçirdik.



Şəkil 113. Üçfazlı dolağın nəticələndirici maqnit seli



Şəkil 114. Çoxqütblü maşında stator dolağın sxemi

Stator dolağını elə hazırlamaq olar ki, hər fazanın məftilləri statorun çevrəsi üzrə simmetrik yerləşən 2, 3, 4 və s. eyni qruplara bölünsün: belə olduqda qütblər cütünün sayı da müvafiq surətdə 2, 3, 4 və s. alınacaqdır. 114-cüşəkildə statorun çevrəsi üzrə simmetrik yerləşmiş

üç makaradan ibarət olan və altı qütb yaxud üç cüt qütb əmələ gətirən bir fazanın dolaqları göstərilmişdir.

Çoxqütblü dolaqlarda maqnit sahəsi cərəyanın bir perod dəyişilməsi ərzində eyni adlı iki qütbün arasındakı məsafəyə müvafiq bucaq qədər dönür. Beləliklə dolağın 2, 3, 4 və s. cüt qütbü varsa, maqnit sahəsi cərəyanın dəyişilməsinin bir perodu ərzində stator çevrəsinin $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4},$ və s. hissəsi qədər dönür. Ümumi halda qütblər cütünün sayını (p) hərfi ilə

işarə edib, tapa bilərik ki, cərəyanın dəyişilməsinin bir periodu ərzində maqnit sahəsinin keçdiyi yol stator çevrəsinin $\frac{1}{p}$ hissəsinə bərabərdir.

Deməli, bir dəqiqə ərzində maqnit sahəsinin dövrlər sayı qütblərcütü sayına tərs mütənasıbdır, yəni

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Göründüyü kimi, fırlanan maqnit sahəsinin dəqiqədə dövrlər sayı sabitdir və cərəyan tezliyinin 60-a vurulub qütblər cütü sayına bölünməsinə bərabərdir.

Misal 1. Qütblər cütünün sayı $p = 1, 2, 3, 4$ olan və $f=50$ hs tezlikli şəbəkədən işləyən maşının maqnit sahəsinin dövrlər sayını təyin etməli.

Həlli. Maqnit sahəsinin dövrlər sayı

$$n_1 = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{p} = \frac{3000}{p}$$

$p = 1$ olduqda

$$n_1 = \frac{3000}{1} = 3000 \text{ dövr/dəq}$$

$p = 2$ olduqda

$$n_1 = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ dövr/dəq}$$

$p = 3$ olduqda

$$n_1 = \frac{3000}{3} = 1000 \text{ dövr/dəq}$$

$p = 4$ olduqda

$$n_1 = \frac{3000}{4} = 750 \text{ dövr/dəq}$$

Misal 2. Tezliyi 50 hs olan şəbəkəyə qoşulmuş maşının maqnit sahəsi dəqiqədə 1500 dövr edir. Bu maşın tezliyi 60 hs olan cərəyan şəbəkəsinə qoşularsa, maqnit sahəsinin dövrlər sayını təyin etməli.

Həlli. Maşının qütblər cütünün sayı:

$$n_1 = \frac{60f}{p},$$

buradan

$$p = \frac{60f}{n_1} = \frac{60 \cdot 50}{1500} = 2$$

Digər tezlikli cərəyanda isə maqnit sahəsinin dövrlər sayı aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ dövr/dəq}$$

6-cı fəsil
ELEKTRİK - ÖLÇÜ CİHAZLARI VƏ ÖLÇMƏLƏR
§66. ÜMUMİ MƏLUMAT

Elektrik – ölçü cihazları müxtəlif elektrik kəmiyyətlərini: cərəyan şiddətini, gərginliyi, müqaviməti, gücü, enerjini, eləcə də çox qeyri-elektrik kəmiyyətləri, o cümlədən temperaturu, təzyiqli, rütubətliyi, sürəti, maye səviyyəsini, materialın qalınlığını və s. ölçmək üçün istifadə olunur. Elektrik – ölçü cihazlarının ən mühüm üstünlüyü göstərişin dəqiq alınmasıdır. Lakin mütləq dəqiq cihazlar olmadığından elektrik – ölçü cihazlarının göstərişləri ölçülən kəmiyyətlərin həqiqi qiymətlərindən biri qədər fərqlənir.

Ölçülmüş qiymətlərlə kəmiyyətlərin həqiqi qiymətləri arasındakı fərqə cihazın *mütləq xətası* deyilir. Məsələn, dövrdə cərəyan şiddəti $I = 10$ a

olarsa və bu dövrəyə qoşulmuş ampermetr $I_{ölç} = 9,85$ göstərəsə, cihazın göstərişinin mütləq xətası $\Delta A = I - I_{ölç} = 10 - 9,85 = 0,15$ a olacaqdır.

ΔA mütləq xətasının, cihazın həmin şkalası ilə ölçmək mümkün olan

kəmiyyətin A_{maks} qiymətə nisbətinə cihazın *çevrilmiş xətası* $\gamma_{çev}$ deyilir.

$$\gamma_{çev} = \frac{\Delta A}{A_{maks}}$$

Normal iş şəraitində (temperatur 20^0 , cihazın yaxınlığında ferromaqnit kütlələr olmadıqda, şkala normal iş şəraitində saxlandıqda və s.) olan cihazda təyin edilmiş çevrilmiş xətaya cihazın əsas xətası deyilir.

Fərz edək ki, normal şəraitdə $I = 4$ a olan cərəyan şiddətini ölçdükdə şkalası $0 - 10$ a olan ampermetrdən istifadə edilib və ampermetr dövrdə cərəyan şiddətinin $4,1$ a olduğunu göstərmişdir. Cihazın dəqiqliyini xarakterizə edən əsas xətanı hesablayaq:

$$\gamma_{dəq} = \frac{\Delta A}{A_{maks}} * 100 = \frac{4,1-4}{10} * 100 = 1\%$$

Elektrik- ölçü cihazları yolverilən əsas xətadan asılı olaraq səkkiz dəqiqlik sinfinə bölünür: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5 və 4.

Dəqiqlik sinfinin rəqəmi xəta işarəsindən asılı olmayaraq cihazın yol verilən əsas A_{maks} xətasının qiymətini göstərir.

Dəqiqlik sinfi

$$K = \frac{\Delta A}{A_{maks}} * 100.$$

Dəqiqlik sinfi daha kiçik rəqəmlə müəyyə edilən cihaz çox böyük dəqiqliklə ölçməyə imkan verir.

Cihazın dəqiqlik sinfini və həmin cihazın şkalası ilə ölçmək mümkün olan mütləq xətasını təyin etmək olar:

$$\Delta A_{maks} = \pm \frac{K A_{maks}}{100}.$$

Tutaq ki, ampermetrlə ölçəcəyimiz cərəyanın ən böyük şiddəti 15 a, cihazın dəqiqlik sinfi isə $K = 4$.

Bu halda şkalanın istənilən nöqtəsində ölçmə zamanı ən böyük mümkün mütləq xəta aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$\Delta A_{maks} = \frac{K A_{ən b.}}{100} = \frac{4 * 15}{100} = 0,6 \text{ a}$$

Ölçülən kəmiyyət cihazla ölçülməsi mümkün olan qiyməti nə qədər yaxın olarsa, digər bərabər şəraitdə nisbi xəta o qədər az alınacaqdır.

Ölçmə üçün cihazın ölçmə həddini seçdikdə bunu nəzərə almaq lazımdır.

Elə şkalalı cihaz seçmək lazımdır ki, ölçmə zamanı cihazın əqrəbi şkalanın ikinci yarısında olsun.

Elektrik-ölçü cihazları ölçülən kəmiyyətə, işləmə prinsipinə, dəqiqlik dərəcəsinə və ölçülən cərəyanın növünə görə ayrılır, bundan başqa həm də istismar qruplarına bölünür.

Ölçülən kəmiyyətin növünə görə cihazlar aşağıdakı qruplara bölünür: **ampermetrlər** – cərəyan şiddətini ölçür; **voltmetrlər** – gərginliyi ölçür; **ommetrlər** – müqaviməti ölçür; **vattmetrlər** – gücü ölçür; **sayğaclar** – elektrik enerjisini ölçür; **elektrik termometrləri** – temperaturu ölçür; **elektrik taxometrləri** – dəqiqədə dövrlər sayını ölçür və s.

Cihazlar ölçmə mexanizminin işləmə prinsipinə görə aşağıdakı sistemlərə ayrılır: elektromaqnit, maqnitoelektrik, elektrodinamik, induksiya, düzləndiricili, termoelektrik, elektron, vibrasiya və elektrostatik.

Cərəyanın növündən asılı olaraq dəyişən cərəyanı və ya sabit cərəyanı ölçən bundan başqa həm dəyişən, həm dəüç əsas istismar qrupuna (A,


Б və B) aid olan olan cihazlar buraxılır. müxtəlif istismar qruplu elektrik ölçü cihazlarının şərti işarələri 9-cu cədvəldə verilmişdir. də sabit cərəyanı ölçən cihazlar vardır.


“A” qrupuna məxsus olan cihazlar ətraf havanın temperaturu $+10^{\circ}\text{S}$ -dən $+35^{\circ}\text{S}$ -yə qədər olduqda istifadə edilə bilər. Grupun işarəsi “A” cihazın şkalasında göstərilir.

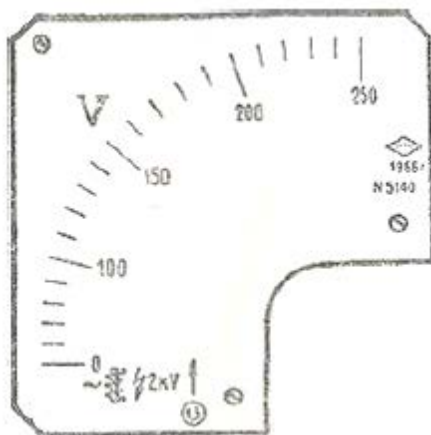
“B” qrupuna məxsus olan cihazlar -30°S -dən $+40^{\circ}\text{S}$ -yə qədər temperaturda istifadə edilə bilər. “B” qrupuna məxsus olan cihazlar

iki yarımqrupuna bölünür: B_1 (-40°S -dən $+50^{\circ}\text{S}$ -yə qədər temperatur üçün) və B_2 (-50°S -dən $+60^{\circ}\text{S}$ – yə qədər temperatur üçün).

Hər bir elektrik-ölçü cihazının şkalasında cihazın konstruksiyasına və istismarına dair lazımməlumat şərti işarələrlə göstərilmişdir. Həmin şərti işarələr 9-cu cədvəldə verilmişdir. Bu işarələri bildikdə cihazın şkalasına görə xarakteristikasını tərtib etmək olar. Məsələn, şkalası 115-ci şəkildə göstərilmiş cihazın xarakteristikası belədir: elektromaqnit sistemli vpltmetr (v); 0-250v həddində dəyişən gərginliyi (\sim) ölçmək üçündür; gərginliyi ölçərkən cihazı (T) şaquli qoymaq lazımdır;






izolyasiyası 2kv gərginliklə sınıanılmışdır (); dəqiqlik sinifi 1, 5-

dir; zavod nömrəsi 4534; buraxıldığı il 1960; istismar qrupu 



Şəkil 115. Voltmetrin şkalası

Elektrik ölçü cihazların şərti işarələri
Ölçülən kəmiyyətin növünə görə





Ölçülən kəmiyyət və cihazın adı	Şərti işarə
Cərəyan şiddəti - Ampermetr	
Gərginlik - Voltmetr	
Elektrik müqaviməti - Ommetr	
Elektrik gücü - Vattmetr	
Cərəyan Tezliyi - Tezlikölçən	

Cihazın təsir prinsipinə görə




İşarələrin adı	İşarəsi
Maqnitoelektrik	
Elektromaqnit	
Elektrodinamik	
Ferrodinamik	
İnduksiya	
Dəyişən cərəyan	
Sabit cərəyan	
Dəyişən və sabit	
Şaquli vəziyyətdə	

Bütün sistemli elektrik ölçü cihazlarından aşağıdakılar tələb olunur: bunlar dəqiq, işdə etibarlı olmalı, ucuz başa gəlməli, asan quraşdırılmalıdır; bunlar az güc sərf etməli və ölçülən dövrənin elektrik parametrlərində nəzərə çarpacaq dəyişiklik etməməli, bölgüləri bərabər olmalı, mümkün qədər daha çox artıq yükə davam gətirməli, keyfiyyətləri pisləşmədənuzun müddət xidmət etməli, cərəyan keçən hissələri gövdədən etibarlı izolyasiya olunmalıdır. Müxtəlif sistemli bir sıra elektrik ölçü mexanizmlərinin quruluşunu, bunlarınüstün cəhətlərini və nöqsanlarını nəzərdən keçirək.

Ölçülən cərəyanın növünə görə

Ölçülən cərəyanın növü	Şərti işarə
Dəyişən cərəyan	
Sabit cərəyan	
Dəyişən və Sabit cərəyan	
Üçfazlı cərəyan	

Ölçmə zamanı cihazın vəziyyətinə görə

Ölçmə zamanı cihazın vəziyyəti	Şərti işarə
Şaquli	
Üfüqi	
30° bucaq altında	

Digər işarələr

Ölçmə zamanı cihazın vəziyyəti	Şərti işarə
Dəqiqlik sinifi məsələn, 1. 5 olduqda	15
Ölçmə dövrəsi gövdədən izolyasiya olunmuş və məsələn, 2000 V gərginliklə sınımlıdırsa	
Ehtiyatlı ol! Ölçmə dövrəsində izolyasiyanın möhkəmliyi gövdəyə nisbətən normaya müvafiq deyildir	
Buraxıldığı il	1963
Zavod nömrəsi	21226
İstismar qrupu	

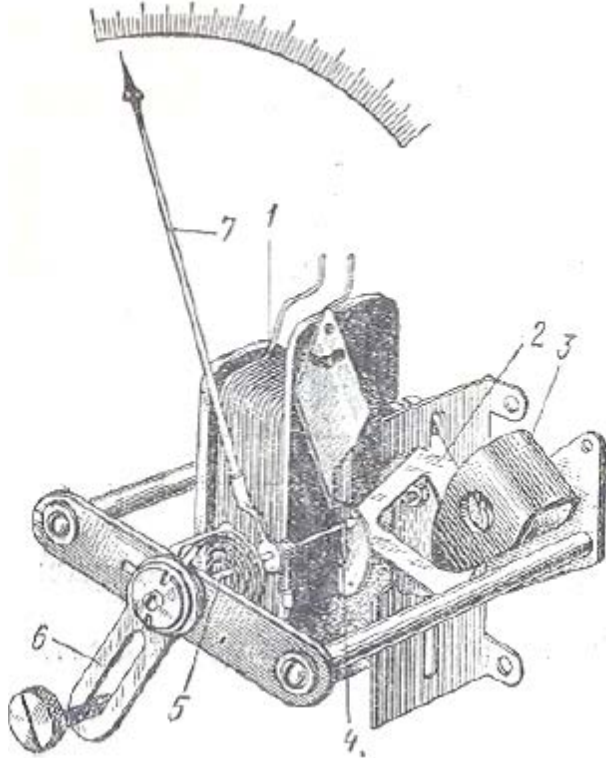
§67. ELEKTROMAQNİT CİHAZLAR

Yastı makarası olan elektromaqnit cihazın quruluşu 116-cı şəkildə göstərilmişdir. Bu cihazın hərəkətsiz hissəsi izolyasiyalı mis məftildən dolağı olan yastı makaradan (1) ibarətdir. Dolağın ucları sıxaqlara birləşdirilir. Cihazın hərəkətli hissəsində dabanaltılarda qoyulmuş, üzərində polad içlik, əqrəb (4) və sakitləşdiricinin seqmenti (8) bərkidilmiş ox (6) vardır. Əks-təsir momentini yaradan polad yayın (3) bir ucu korrektorla (5), o biri yəu isə oxa birləşdirilmişdir. Korrektorun oyuğunda vint başlığı olan eksentrik çivi yerləşdirilir.

Makaranın dolağından elektrik cərəyanı keçdikdə maqnit sahəsi yaranır və polad içlik makaraya dartılır. Cərəyan şiddətindən asılı olaraq içlik makaraya az və ya çox dartılaraq əqrəblə birlikdə oxu müəyyən bucaq qədər döndərirş Bu halda əqrəb ölçülən kəmiyyəti cihazın şkalasında göstərir. Cərəyan kəsildikdə əqrəb spiral yayın (3) təsiri ilə öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdır. İçlik dolaqdan hansı cərəyanın (sabit və ya dəyişən) keçməsindən asılı olmayaraq makaraya dartılır. Hər iki halda cərəyan içliyə təsir edən maqnit sahəsi yaradır. Buna görə də elektromaqnit cihazlar həm sabit cərəyan və həm də dəyişən cərəyan dövrlərində ölçmə aparmaq üşüm yararlıdır. Lakin sabit cərəyan dövrəsində içliyin histerezisi cihazın xətasını bir qədər artırır bilər.

Əqrəbi sıfır vəziyyətində qoymaq üçün korrektordan (5) istifadə olunur. Eksentrik çivini çevirdikdə korrektorun alt çiyinə basaraq onu

kənara çevirir. Korrektorun yuxarı hissəsi hərəkət edərək spiral yayı da özü ilə dartır; bu da əqrəblə birlikdə oxu döndərir. Ölçmə zamanı cihazın əqrəbinin mümkün qədər tez dayanması üçün **sakitləşdirici** adlanan xüsusi quruluşdan istifadə olunur. Bu məqsəd üçün maqnit-induksiya və hava sakitləşdiricilərindən daha çox istifadə edilir.

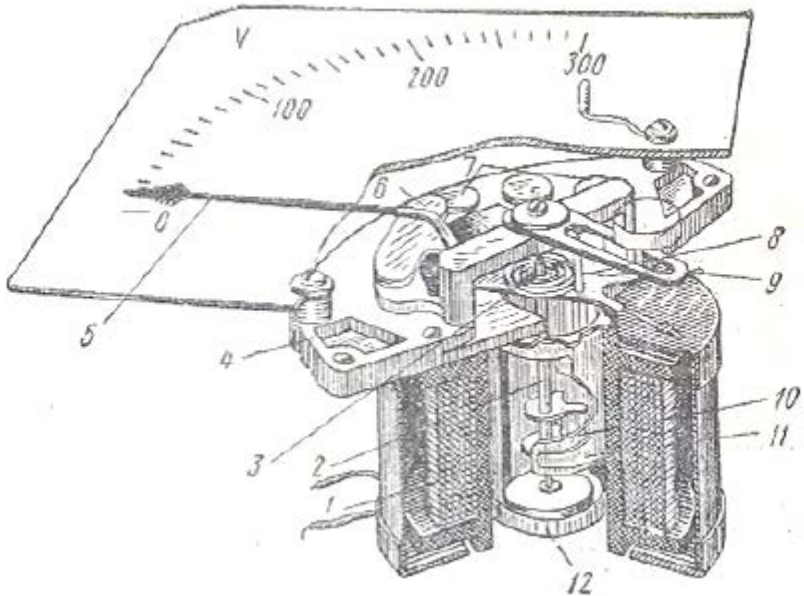


Şəkil 116. Yastı makarası olan elektromaqnit cihazın quruluşu

Maqnit – induksiya sakitləşdiricisinin təsiri burulğan cərəyanlarından istifadə olunmasına əsaslanmışdır. Sakitləşdiricinin alüminium seqmenti (8) sabit maqnitin (9) qütbləri arasında hərəkət etdikdə bu seqmentdə burulğan cərəyanlar yaranır. Maqnit sahəsinin və burulğan cərəyanlarının qarşılıqlı təsiri isə **Lens** qanuna əsasən seqmentin və deməli, əqrəblə birlikdə cihazın bütün hərəkətli hissəsinin tormozlamasını (sakitləşməsinə) təmin edir. Hava sakitləşdiricisinin təsiri qapalı qutunun içərisində hərəkət edən yüngül qanadığın qarşılaşdığı havanın müqavimətinə əsaslanmışdır.

Elektromaqnit sistemli cihazın başqa bir konstruksuyası 117-ci şəkildə göstərilmişdir. Cihazın nərəkətsiz hissəsi dolağı olan dairəvi makaradan ibarətdir. Bu makaranın içərisində hərəkətsiz polad içlik bərkidilmişdir. Cihazın hərəkətli hissəsi hərəkət edən polad içlik bərkidilmiş oxdan ibarətdir. Şkala boyunca hərəkət edən əqrəb oxda bərkidilir. Osla korrektor spiral yay vasitəsi ilə birləşdirilmişdir.

Makaranın dolağından cərəyan keçdikdə içliklərin ucları eyni polyarlıqla maqnitlənir. Buna görə də hərəkətli içlik hərəkətsiz içlikdən itələnərək, əqrəb bərkidilmiş oxu müəyyən bucaq qədər döndərir. Elektromaqnit cihazlardan cərəyanı və gərginliyi ölçmək üçün istifadə olunur. Bu cihazların üstünlüyü quruluşun sadə olması, ucuz başa gəlməsi, istismarda etibarlılığı, həm sabit və həm də dəyiçən cərəyanları ölçmək üçün yararlı olması, ifrat yüklənmələrə xeyli davamlılığıdır.



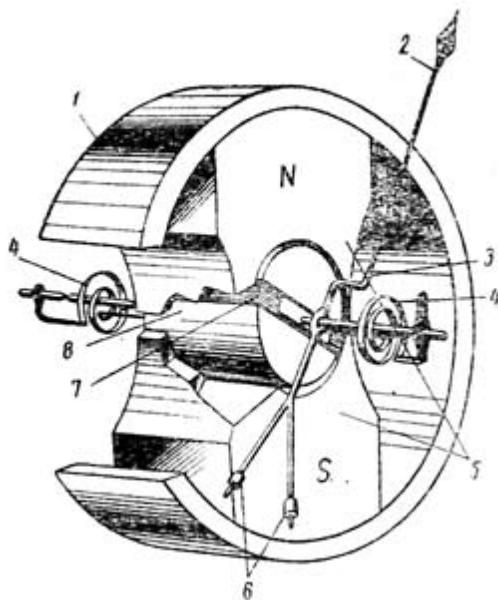
Şəkil 117. Dairəvi makarası olan elektromaqnit cihazın quruluşu: 1-makara; 2- ox; 3- əks-təsir edən yay; 4- sakitləşdirici; 5- əqrəb; 6- sakitləşdiricinin seqmenti; 7- sakitləşdiricinin maqnitləri; 8- yaytutucu; 9- korrektor; 10- əks-yüklər; 11- makara ekranının üst qapağı; 12- lövbər; 13 – hərəkətsiz içlik; 14- makaranın ekranı; 15 – makara ekranının alt qapağı; 16- alüminium stəkan; 17 - əlavə müqavimət

Bu cihazların nöqsan cəhəti şkalanın başlanğıc hissəsinin qeyri-bərabər olması, göstərişlərin xarici maqnit sahələrinin təsirindən asılılığı və nisbətən az çox güc sərf etməsidir.

§68. MAQNİT - ELEKTRİK CİHAZLAR

Maqnit – elektrik cihazın quruluşu 118-ci şəkildə göstərilmişdir.

Bu cihaz sabit maqnitdən, yumşaq poladdan hazırlanmış maqnitkeçiricidən (1), qütb ucluqlarından (5), polad silindrdən (8), və üzərinə nazik izolyasiyalı mətil sarınmış yüngül alüminium çərçivədən (7) ibarətdir. İki yarımoxda qoyulmuş çərçivəyə əqrəblə (2) birlikdə əqrəbtutucu (3) bərkidilmişdir. Çərçivə əks-təsir edən yaylarla (4) əlaqəlidir. Əqrəbi sıfır vəziyyətində qoymaq üçün korrektorndan istifadə olunur.



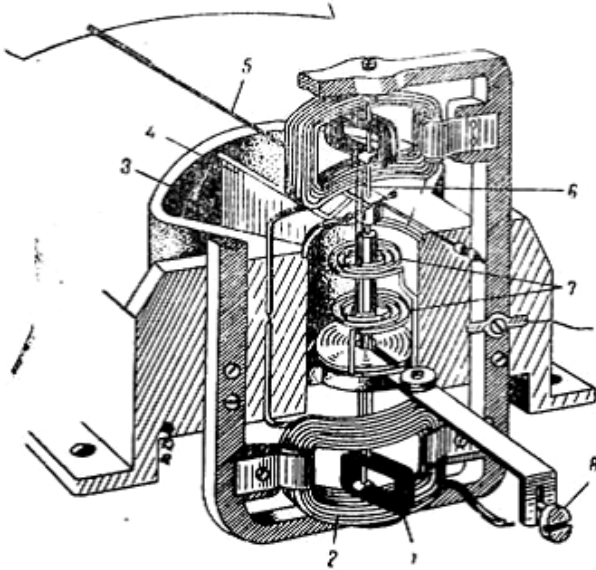
Şəkil 118 Maqnit- elektrik cihazın quruluşu:

1- Maqnitkeçirici; 2- əqrəb; 3 - əqrəbtutucu; 4- əks-təsir edən yaylar; 5- qütb ucluqları; 6 – ballast yüklər; 7- dolağı olan çərçivə; 8 – polad silindr

Cihazın işi sabit maqnitlə yaradılan maqnit sahəsinin çərçivənin dolaqlarından keçən cərəyana qarşılıqlı təsirinə əsaslanmışdır. Bu qarşılıqlı təsir nəticəsində çərçivə cərəyanın istiqamətindən asılı olaraq döndərilir. Maqnit- elektrik sistemli cihazların sıxaclarında “+” və “-” işarələri vardır; bu işarələr dolaqda cərəyanın lazımı istiqamətdə alınması üçün cihazın necə qoşulacağını göstərir.

Alüminium çərçivə sabit maqnitlə yaranan maqnit sahəsində fırlandıqda həm çərçivədə və həm də dolaqda cərəyan induksiyanır. Bu cərəyanın maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri cihazın hərəkətli hissəsinin sakitləşməsinə təmin edir. Maqnit- elektrik sistemli cihazların üstün cəhətləri bunlardır: yüksək dəqiqlik, çox az güc sərfi, şkalanın bərabər bölgülü olması, göstərişlərin xarici maqnit sahələrindən asılı olmaması. Bu cihazların nöqsan cəhətlərindən aşağıdakıları göstərə bilərik: dəyişən cərəyanı ölçmək üçün yararlı olmaması, nisbətən baha başa gəlməsi və ifrat yüklənmələrə həssas olması.

§69. ELEKTRODİNAMİK CİHAZLAR

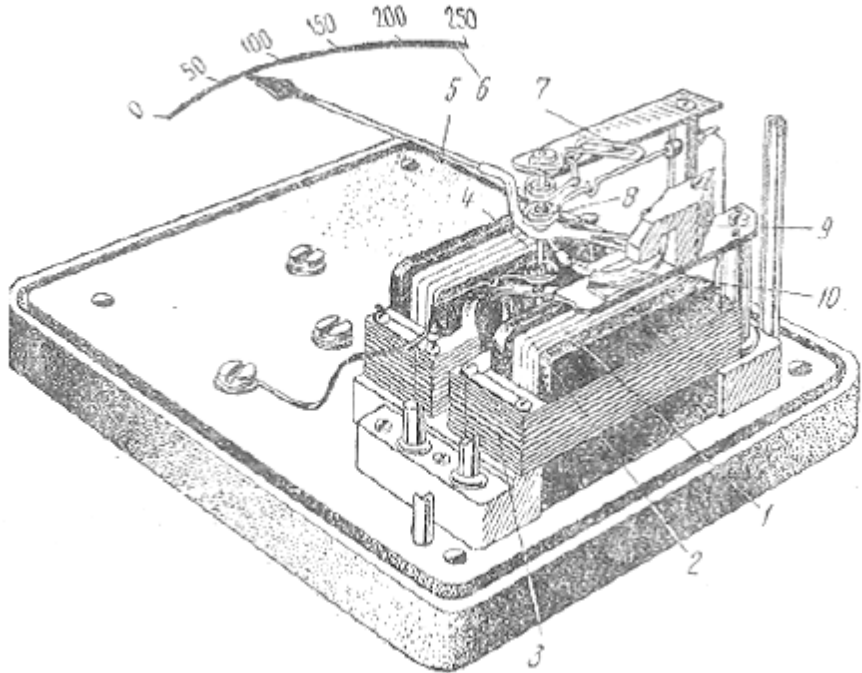


Səkil 119 Elektrodinamik cihazın quruluşu:

- 1- hərəkətli makara; 2- hərəkətsiz makara; 3- kamera; 4- sakitləşdirici; 5- əqrəb; 6- ox; 7- əks-təsir edən spiral yaylar; 8- korrektor

Elektrodinamik cihazın konstruksiyası 119-cu şəkildə göstərilmişdir. Bu cihazın əsas hissələri əqrəb (5) bərkidilmiş oxda (6) oturdulan hərəkətsiz makaradan (2) və hərəkətli makaradan (1) ibarətdir. Ox makarada (3) yerləşdirilən hava sakitləşdiricinin (4) alüminium qanadcıği ilə əlaqələndirilmişdir. Cərəyan, hərəkətli makaraya əks-təsir momenti yaradan spiral yaylarla (7) verilir. Korrektor (8) aşağıdakı yayla birləşdirilmişdir. Elektrodinamik sistemli cihazların işi bu iki dolaqdakı cərəyanların qarşılıqlı təsirinə əsaslanır.

Qarşılıqlı təsir qüvvəsi nəticəsində əqrəb və oxla birlikdə hərəkətli dolaq müəyyən bucaq qədər dönmür. Dönmə bucağı dolaqlardan keçən cərəyan şiddətindən və spiral yayların əks təsir qüvvəsindən asılıdır. Elektrodinamik sistemli cihazları sabit və dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə etmək olar. Bunu onunla izah edə bilirik ki, dəyişən cərəyanın istiqaməti eyni vaxtda hər iki makarada dəyişildiyindən, bunların arasındakı qarşılıqlı təsir qüvvəsinin istiqaməti də eyni qalır- dəyişilmir.



Şəkil 120. Ferrodinamik cihazın quruluşu:

- 1- hərəkətsiz dolaqlar; 2- hərəkətli dolaqlar; 3- polad içlik; 4- ox; 5- əqrəb; 6- şkala; 7- korrektor; 8- əks-təsir edən yaylar; 9- sakitləşdiricinin maqneti; 10- sakitləşdiricinin alüminium seqmenti

Elektrodinamik sistemli cihazlar cərəyan şiddətini, gərginliyi və gücü ölçmək üçün istifadə olunur. Belə sistemli cihazların üstün cəhəti həm sabit və həm də dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə etməklə yanaşı dəqiqliyin xeyli yüksək olmasıdır. Bu cihazların nöqsan cəhəti xarici maqnit sahələrinin ölçmə nəticələrinə təsir etməsi, xeyli çox məxsusi güc tələb etməsi, ifrat yüklənmələrə nisbətən az davamlı olması, az həssaslığı və dəyərinin yüksək alınmasıdır. Elektrodinamik sistemli cihazların başqa bir növü geniş istifadə olunan ferrodinamik cihazlardır (**şəkil 120**). Bu cihazların işi elektrodinamik sistemli cihazlarda olduğu kimidir. Lakin ferrodinamik cihazlarda elektrdinamik cihazlardan fərqli olaraq hətəkətsiz dolaqlar polad içlikdə yerləşdirilir; bu isə cihazın maqnit sahəsini gücləndirir və xarici maqnit sahələrinin cihazın göstərişinə təsirini azaldır. Elektromaqnit cihazların makaraları bir-biri ilə cihazların təyinatından asılı olaraq birləşdirilir. Ampermetrlərdə makaraları bir –birinə adətən paralel, voltmetrlərdə ardıcıl birləşdirirlər, vattmetrlərdə isə dolağın biri dövrəyə ardıcıl, digəri isə paralel qoşulur.

§70. İNDUKSIYA CİHAZLARI

Elektrik enerjisi sərfini hesablamaq üçün olan sayğaclar (**şəkil 121**)

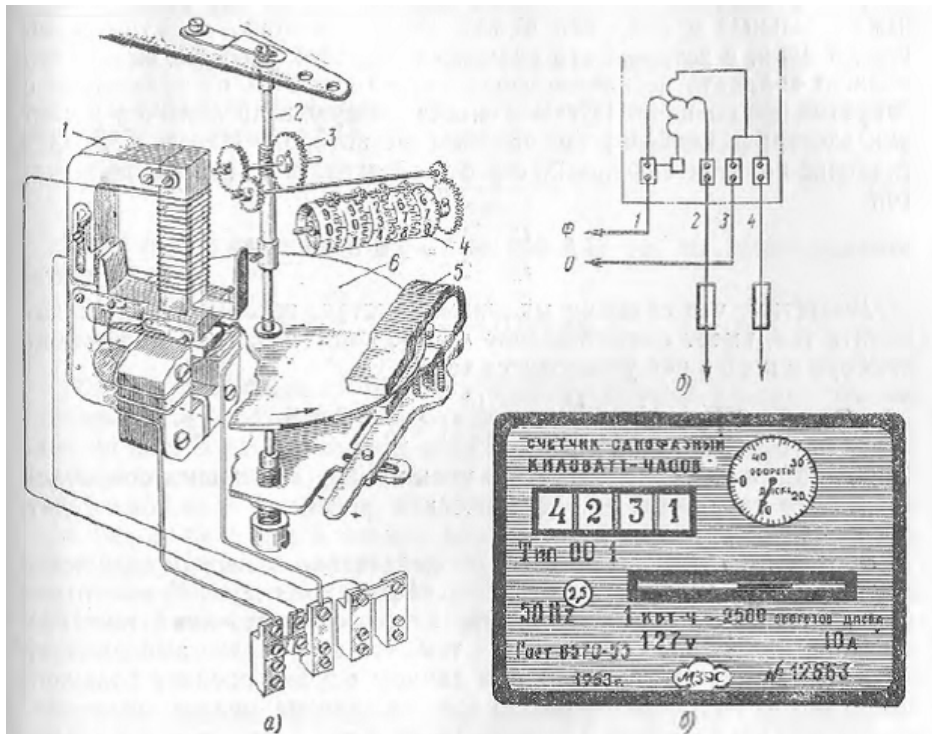
İnduksiya sistemli cihazlara aiddir. Sayğacın əsas hissəsi iki dolağı olan maqnit sistemindən(1) ibarətdir Bu dolaqlardan biri dövrəyə ardıcıl, o biri isə paralel qoşulur. Hər bir dolaqdan keçən dəyişən cərəyanlar dəyişən maqnit selləri yaradır, bunlar isə fırlanan maqnit sahəsi əmələ gətirir. Dəyişən maqnit seli sayğacın alüminium diski (6) ilə kəşisərək, onda burulğan cərəyanları induksiyalayır. Maqnit selləri ilə yaradılmış fırlanan maqnit sahəsinin burulğan cərəyanlara təsiri nəticəsində disk fırlanmağa başlayır. Diskin oxu (2) fırlanma hərəkətini dişli çarxlar (3) vastəsi ilə hesablama mexanizminə (4) ötürür. Maqnit sahəsinin burulğan cərəyanlara təsiri cərəyanın gərginliyə hasili ilə mütənasübdür (yəni gücə mütənasübdür), deməli diskə gücə mütənasüb olan fırlanma momenti təsir edir:

$$M_{\text{fir}} = K_{\text{fir}}P$$

Burada K_{fi} – sabit əmsaldır.

Sayğacın diski fırlanarkən sabit tormozlama maqnitinin(5) qütbləri arasından keçib, onun maqnit xətləri ilə kəşisir. Buna görə də sabit maqnit diskdə burulğan cərəyanlar induksiyalayır. Sabit maqnitlə

yaradılan maqnit sahəsinin və burulğan cərəyanların qarşılıqlı təsiri diskin lazımi qədər, fırlanma sürətinə mütənasib olaraq tormozlanmasını təmin edir.



Şəkil 121. Elektrik enerjisi sərfini hesablayan sayğac və onun dövrəyə qoşulması:

1-maqnit sistemi; 2- ox; 3- ötürmə dişli çarxları; 4- hesablayıcı mexanizm; 5- tormozlama maqnit; 6- alüminium disk

§71. CƏRƏYAN ŞİDDƏTİNİN ÖLÇÜLMƏSİ. AMPERMETRLƏ ÖLÇMƏ HƏDDİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ

Elektrik dövrlərində cərəyan şiddətini ölçmək üçün müxtəlif sistemli ampermetrlərdən, milliampermetrlərdən istifadə olunur. Bunları dövrəyə ardıcıl qoşurlar və deməli, dövradən keçən cərəyanın hamısı cihazdan keçir. Müxtəlif elektrik ölçmələrində ölçü cihazının

qoşulduğu dövrənin elektrik rejimini mümkün qədər az dəyişdirməsinin çox böyük əhəmiyyəti vardır.

Bu səbəbə görə də ampermetrin müqavimətidövrənin müqavimətinə nisbətən çox cüzi olmalıdır.

Fərz edək ki, elektrik dövrəsində gərginliyi $U=10\text{v}$ olan elektrik enerji mənbəyi qoşulmuşdur. Cərəyan işlədicisinin müqaviməti $r_{i\text{sl}} = 20 \text{ om}$. Om qanuna görə cə aşağıdakı kimi olacaqdır:

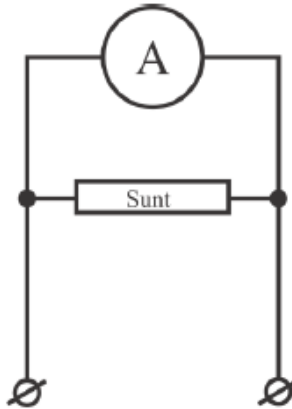
$$\dot{I} = \frac{U}{r_{i\text{sl}}} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ a.}$$

Fərz edək ki, cərəyanı ölçmək üçün istifadə edəcəyimiz milliampmetrin dolağının müqaviməti $r_a = 30 \text{ om}$. Belə olduqda cihazı dövrəyə qoşarkən onda bu qədər cərəyan qərarlaşacaqdır:

$$\dot{I} = \frac{U}{r_{i\text{sl}} + r_a} = \frac{10}{20 + 30} = 0,2 \text{ a.}$$

Beləliklə, cihazı dövrəyə qoşmaqla biz dövrənin elektrik rejimini pozmuş və cərəyan şiddətini 0,3 a xəta ilə ölçmüş oluruq.

Bu misaldan aydın olur ki, dövrədə cərəyan şiddətini elə cihazla ölçmək lazımdır ki, onun məxsusi müqaviməti ən az olsun. Ampermetri yüklənmə olmadan cərəyan mənbəyinin qütblərinə qoşmaq olmaz. Çünki bu halda ampermetrin müqaviməti az olan dolaqlarından çox cərəyan keçəcək və dolaqlar yanıb xarab olacaqdır. Elə bu səbəbə görə ampermetri yüklənməyə paralel qoşmaq olmaz.



Şəkil 122. Ampermetrin şuntla birləşdirilməsi sxemi

Ampermetrin ölçmə hədlərini genişləndirmək üçün cihazın dolağına nisbətən kiçik sabit müqavimət birləşdirirlər; buna **şunt** deyilir ($r_{\text{ş}}$). Şuntla birlikdə ampermetrin qoşulma sxemi 122-ci şəkildə verilmişdir.

Şuntu belə qoşduqda cərəyanın dövrədən keçən n hissəsindən cihazdan ancaq bir hissəsi, şuntndan isə qalan $n-1$ dəfə dəf az götürülür.

n ədədi ampermetrlə ölçmə həddini neçə dəfə artırmaq istədiyimizi göstərir.

Tutaq ki, bizdə olan ampermetr $I_a = 5$ a cərəyan şiddətini ölçməyə imkan verir. Biz isə bu cihazla $I = 30$ a cərəyan şiddətini ölçməliyik.

Deməli, cihazın ölçmə həddini $n = \frac{I}{I_a} = \frac{30}{5} = 6$ dəfə artırmaq lazımdır.

Ölçmə həddini bu qədər artırma bilmək üçün ampermetrə paralel birləşdiriləcək şuntun müqavimətini aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$r_{\text{ş}} = \frac{r_a}{n-1}$$

Ampermetrin müqaviməti $r_a = 0,15$ om olarsa, şuntun müqaviməti

$$r_{\text{ş}} = \frac{15}{6-1} = 0,03 \text{ om alınacaqdır}$$

Şuntu cihazla birləşdirdikdən sonra cihazın şkalasının hər bir bölməsi ondan göstərilən kəmiyyətdən n dəfə çox kəmiyyətə müvafiq olacaqdır. Nəzərdən keçirdiyimiz misalda şunt qoşulmuş cihazın əqrəbi 5 bölgüsünü üzərində dayanarsa, bu onu göstərəcəkdir ki, dövrədən

$$I = 5 n = 5 * 6 = 30 \text{ A}$$

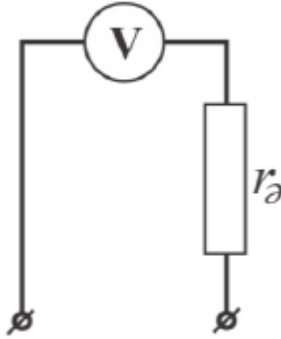
cərəyan keçəcəkdir. Kontaktorların keçid müqavimətlərinin şuntun müqavimətinə təsirini aradan qaldırmaq üçün şuntnda dörd sıxac olmalıdır. Şuntları, müqavimətlərin tempertur əmsalı əməli olaraq sıfıra bərabər olan xəlitədən – manganindən hazırlayırlar.

§72. GƏRGİNLİYİN ÖLÇÜLMƏSİ. VOLTMETR ÖLÇMƏ HƏDDİNİN GENİŞLƏNDİRİLMƏSİ

Gərginliyi ölçmək üçün müxtəlif sistemli voltmetrlərdən və mikrovoltmetrlərdən istifadə olunur. Bu cihazlar yüklənməyə paralel qoşulduğunda, bunların müqaviməti mümkün qədər çox olmalıdır. Bu halda cihaz daha az enerji sərf edir və ölçmənin düzgünlüyü artır.

Voltmetrin ölçü həddini genişləndirmək üçün bunun dolağına ardıcıl olaraq çoxoxumlu müqavimət qoşurlar; buna **əlavə müqavimət** deyilir ($r_{\text{ə}}$).

Əlavə müqaviməti olan voltmetrin qoşulması sxemi 123-cü şəkildə göstərilmişdir.



Şəkil 123. Əlavə müqaviməti olan voltmetrin qoşulması sxemi

Belə sxemdə ölçüləcək gərginliyin (n) hissəsindən cihazın dolağına ancaq bir hissəsi düşür, qalan $n-1$ hissəsi isə əlavə müqavimətə verilir. Bu ona görə belə olur ki, (r_a) müqaviməti voltmetrin müqavimətindən $n-1$ dəfə çox götürülür:

$$r_a = r_v(n-1)$$

Ölçülmüş ümumi gərginlik, bu müqavimətlərdə gərginliyin azalması cəminə bərabərdir.

n - ədədi voltmetrlə ölçmə həddini nə qədər genişləndirmək istədiyimizi göstərir. Tutaq ki, bizdə olan voltmetr $U_v = 30$ v gərginliyi ölçməyə imkan verir, biz isə bu cihazla $U = 120$ v gərginliyi ölçməliyik. Deməli, voltmetrin ölçmə həddini $n = \frac{U}{U_v} = \frac{120}{30} = 4$ dəfə genişləndirməliyik.

Voltmetrə ardıcıl olaraq qoşacağımız əlavə müqaviməti belə düsturla təyin edirik:

$$r_a = r_v(n-1).$$

Voltmetrin müqaviməti $r_v = 3000$ om olarsa, cihazın ölçmə həddini 4 dəfə genişləndirmək üçün əlavə müqavimət aşağıdakı kimi olmalıdır:

$$r_a = r_v(n-1) = 3000 \cdot (4-1) = 9000 \text{ om}$$

Əlavə müqaviməti voltmetrə qoşduqdan sonra cihazın şkalasının hər bir bölgüsü orada göstərilən kəmiyyətdən n dəfə artıq kəmiyyətə uyğun gələcəkdir. Məsələn, yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz halda, cihazın əqrəbi 30 rəqəminin üstündə dayanarsa, deməli, gərginlik

$$U = 30 \cdot n = 120 \text{ v olacaqdır.}$$

Əlavə müqaviməti əksər hallarda manganin və ya konstantandan hazırlayırlar. Bu materialların hər ikisinin xüsusi müqaviməti yüksək və müqavimətli temperatur əmsalı azdır (şuntlar üçün konstantan yaramır).

Şuntları və əlavə müqavimətləri cihazların gövdəsi içərisinə qoymaq və ya ölçmə zamanı sıxaclara qoşmaq olar.

§73. MÜQAVİMƏTİN ÖLÇÜLMƏSİ. OMMETR, MEQOMETR

Müqaviməti ölçmək üçün ommetrdən istifadə olunur. Müqavimətin sadə ommetrlə ölçülməsi ona əsaslanır ki, sabit gərginlikdə cərəyan şiddəti müqavimətdən asılıdır. Bu asılılıq dövrədəki cərəyanın qiymətinə görə müqaviməti təyin etməyə imkan verir. Ommetrin əqrəbi şkalada cihazın sıxaclarına qoşulmuş müqavimətin qiymətini göstərir.

Maqnit-elektrik ommetrin sadələşdirilmiş sxemi 124-cü şəkildə göstərilmişdir. Bu sxemdən istifadə edərək, cihazın çərçivəsinin dönməsinə görə ölçülən müqavimətin qiymətini necə təyin edəcəyimizi nəzərdən keçirək.

Fərz edək ki, dolağın müqavimətindən və r_s əlavə müqavimətindən ibarət olan cihazın daxili müqaviməti 2250 om-dur. Cihaza 4, 5 v gərginlik qoşduqda əqrəb şkala üzrə axıra qədər hərəkət edir. Cihazın dövrəsinə U gərginliyi bu qədər olan batereya qoşub sıxacları (1 və 2) qapayaq (şəkildə qırıq xətlərlə göstərilmişdir).

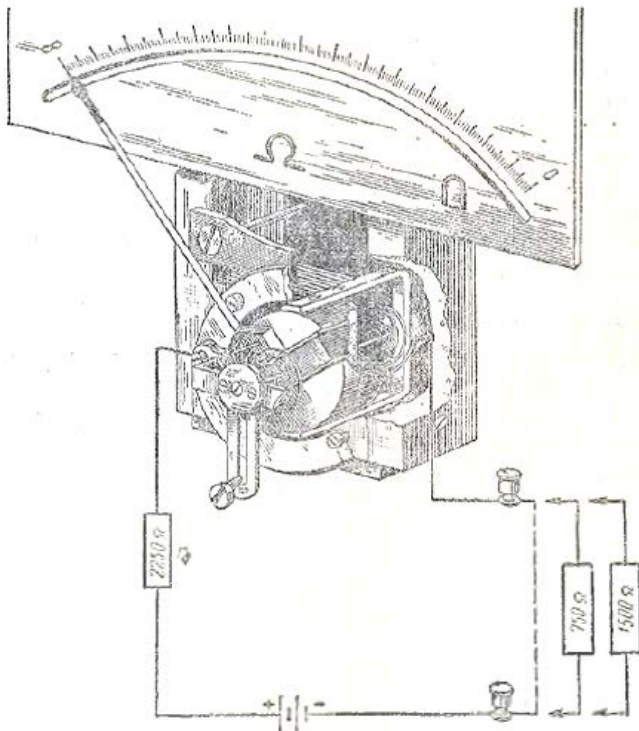
Çərçivənin dolağındakı cərəyanı Om qanunu ilə təyin edək:

$$I = \frac{U}{r} = \frac{4,5}{2250} = 0,002 \text{ a}$$

0,002 a olan cərəyan əqrəblə birlikdə çərçivəni şkalanın axırına kimi hərəkət etdirir. Bu halda xarici müqavimət sıfıra bərabər olduğundan əqrəbin şkaladakı hərəkətinin son nöqtəsi qarşısında sıfır qeyd edə bilərik.

Cərəyan mənbəyinin gərginliyini dəyişmədən 1, 2 sıxaclarına şəkildə qırıq xətlərlə göstərilmiş birləşdiricini götürüb, $r = 750$ om müqavimət qoşaq. Bu halda dövrənin tam müqaviməti $2250 + 750 = 3000$ om olacaqdır. Ümumi müqavimətin 750 om qədər artırılması çərçivəni hərəkət etdirən cərəyanın azalmasına səbəb olacaq və buna görə də çərçivənin dönmə bucağı az alınacaqdır. Əqrəbin şkaladakı bu

hərəkətini qoşulmuş xarici müqavimətin qiymətinə müvafiq olan 750 om rəqəmi ilə qeyd edək.

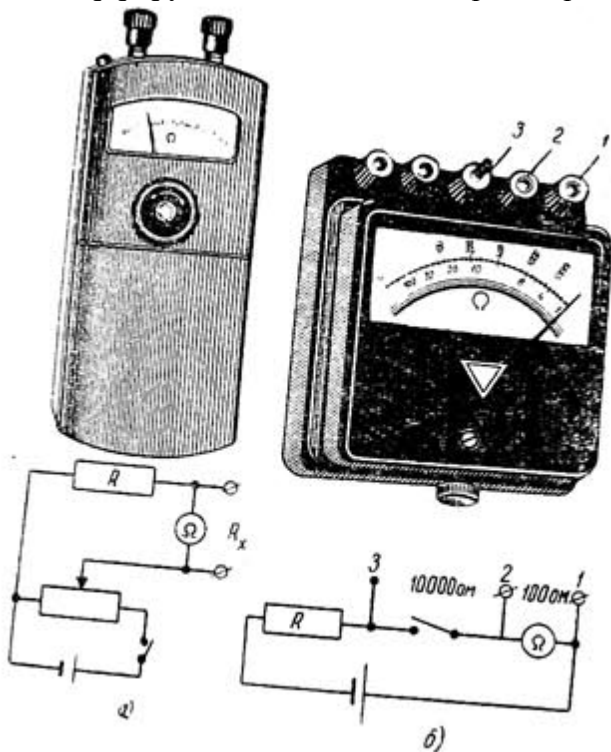


Şəkil 124. Maqnit-elektrik sistemli ommetrin sadələşdirilmiş sxemi

Sonra cihazın sıxaclarına digər xarici müqavimət, məsələn 1500 Om birləşdirək. Əqrəb daha az hərəkət edəcəkdir. Əqrəbin bu hərəkətini isə şkalada 1500 om rəqəmi ilə qeyd edək.

Təcrübəni davam etdirərək müqaviməti artıraraq və şkalanın başlanğıcında dayanana qədər əqrəbin hərəkətlərini müvafiq rəqəmlərlə qeyd edək. Əqrəb şkalanın başlanğıcında o zaman dayanacaqdır ki, xarici müqavimət xeyli çox olduğundan dövrədəki cərəyan əməli surətdə sıfıra bərabər alınacaqdır. Dövrədə cərəyanın olmamasına müvafiq gələn bölgünün üzərində sonsuz dərəcədə böyük müqavimət işarəsini qeyd edək. Hər bir ölçü cihazının şkalasının nişanlanmasına *dərəcələmə* deyilir. Nəzərdən keçirdiyimiz halda biz cihazın şkalasını om ilə dərəcələndiyimizdən, bu cihazdan ommetr kimi istifadə edə bilərik. Bir daha qeyd edək ki, əqrəbin göstərişləri

ancaq cərəyan mənbəyinin gərginliyi sabit olduqda xarici müqavimətlərin həqiqi qiymətlərinə 1% müvafiq olacaqdır.

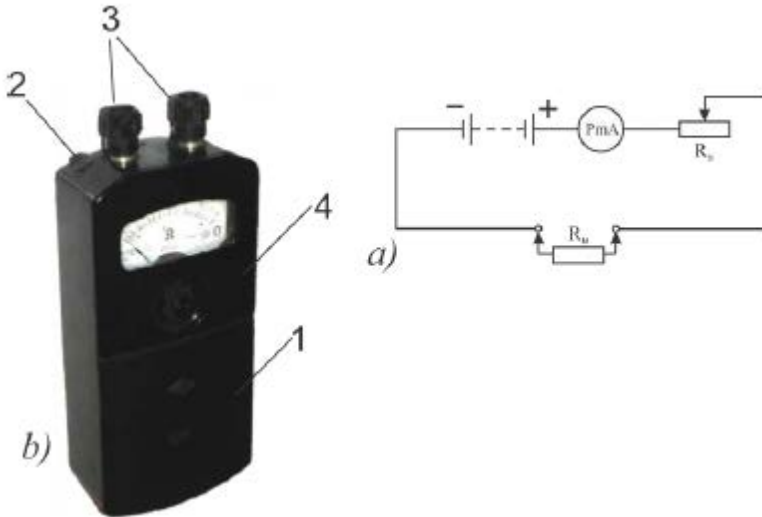


Şəkil 125. Gəzdirmə tipli ommetrlər və onların sxemləri:
a- birhədli; b- ikihədli; 1, 2, 3 - sıxaclar

125-ci şəkildə 10- 5000 om müqaviməti ölçmək üçün nəzərdə tutulmuş maqnit-elektrik sistemli gəzdirilən cib ommetri göstərilmişdir. Bu cihaz, gərginliyi 4, 5 v olan cib fənəri batereyasından qidalanır. Cihazın şkalası om ilə dərəcələnməmişdir. Şkalada sıfır bölgüsü sağda, sonsuz dərəcədə böyük müqavimət işarəsi isə solda göstərilmişdir. 125-ci b) şəklində göstərilmiş ommetr də maqnit-elektrik sistemli cihazdır. Bu, gərginliyi 1, 4 v olan quru elementdən qidalanır; quru element cihazın gövdəsində yerləşdirilir və asanlıqla dəyişdirilə bilər. Xarici cərəyan mənbəyini qoşmaq üçün cihazın ili sıxacı vardır. Bu ommetr ikihədlidir. Şkalanın aşağısındakı rəqəmlər 0 - 100 om, yuxarisındakı rəqəmlər isə 0- 10 000 om müqavimətə müvafiqdir. Hər bir elektrik qurğusunun

etibarlılığı hə məftillərin, həm də məftillərlə maşınının gövdəsi və ya yer arasında izolyasiyanın vəziyyətindən çox asılıdır. İzolyasiyanın vəziyyəti onun müqaviməti ilə təyin edilir; izolyasiyanın müqavimətini vaxtaşırı ölçmək lazımdır. Alçaq gərginlik elektrik qurğularının istismarı qaydalarında nəzərdə tutulmuşdur ki, dövrə sahəsində **izolyasiyanın müqaviməti işlək gərginliyin bir voltu üçün 1000 om-dan az olmamalıdır.**

Məsələn, gərginlik 127 v olduqdaməftillərin izolyasiyanın müqaviməti $127 \cdot 1000 = 127\,000 \text{ om} = 127 \text{ kom}$ olmalıdır.



Şəkil 126. Meqommotr: a-sxemi b- ümumi görünüşü;

Elektrik dövrlərinin elektrik maşınları və elektrik qurğuları dolaqlarının müqavimətini ölçmək üçün **meqommotr**(milyon om müqaviməti ölçən cihazdır) adlanan maqnit-elektrik sistemli gəzdirmə tipli cihazlardan istifadə olunur.

Meqommotr (şəkil 126) iki əsas hissədən : ölçmə qurğusundan və elektrik enerji mənbəyindən - əl inteqrallı sabit cərəyan generatorundan ibarətdir. Generatorun işlək gərginliyi 100, 500 və 1000 v-dur. Meqommotrlə ölçmənin yuxarı həddi 100 v gərginlik üçün 100 Mom, 500 v gərginlik üçün 500 Mom və 1000 v gərginlik üçün 1000 Mom-dur. İzolyasiyanın müqavimətini məftillərin arasında ölçmək üçün qoruyucuları çıxarmaqla məftilləri şəbəkədən açıb birini “J” sıxacına, o birini “3” sıxacına birləşdirmək lazımdır. Meqommotr generatorunun

dəstəyini fırlatmaqla əqrəbin cihazın şkalasındakı vəziyyətinə görə izolyasiyanın müqavimətini müəyyən etmək olar. İzolyasiyasının müqavimətini mühərrikin dolaqları arasında ölçüldükdə belə edirlər: mühərrikin klemlər panelində birləşdiriciləri çıxarıb birinci dolağın qurtaracağını meqometrın “J” sıxacı, ikinci dolağın qurtaracağını “3” sıxacı ilə birləşdirirlər. Cihazın dəstəyini fırladaraq dolaqların arasında izolyasiyanın müqavimətini şkalaya görə təyin edirlər. Mühərrik dolağı izolyasiyasının mühərrikin gövdəsinə görə müqavimətini ölçmək lazım gəldikdə dolağı müvafiq surətdə meqometrın “J” sıxacına, gövdəni isə “3” sıxacına birləşdirmək lazımdır.

§74. UNİVERSAL-ELEKTRİK CİHAZLARI

Gəzdirmə tipli çoxhədli universal elektrik – ölçü cihazları-ampervoltmetrlər geniş yayılmışdır.

0, 2 – 500 ma sabit cərəyanı, 10-1000 v sabit və dəyişən gərginliyi; 1–2 000 000 om müqaviməti ölçməyə imkan verən milliampervoltmetrin xarici görünüşü 127-ci şəkildə göstərilmişdir.

Belə cihaz amperi, voltu və omu ölçməyə imkan verdiyindən onu bəzən qısa olaraq *avometr* adlandırırlar.

Cihazın siferblatında üç şkala vardır. Ω ilə işarə olunmuş üst şkala müqaviməti ölçmək üçündür. “~” ilə işarə olunmuş orta şkala dəyişən gərginliyi hesablamaq üçündür. Yanında “=” işarəsi olan alt şkala sabit cərəyanın və gərginliyin qiymətini təyin etməyə imkan verir. Cihazın sxemi elə tərtib olunmuşdur ki, cərəyanı ölçdükdə müxtəlif şuntları, gərginliyi ölçdükdə - əlavə müqavimətləri, dəyişən gərginliyi ölçdükdə isə yarımkeçiricili düzləndiricini dövrəyə qoşmağa imkan verir.



U-20



TT-1

Şəkil 127. U-20 və TT-1 tipli universal elektrik ölçü cihazları

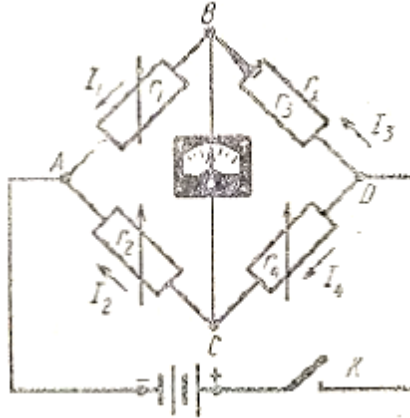
Cihazın **ştekker** adlanan ucluqları olan müxtəlif rəngli iki elastik məftili vardır. Bu məftillərin uclarının bir hissəsi ştekker vasitəsi ilə cihazın üz tərəfindəki yuvacılara taxılır, digər hissəsi isə cərəyan, gərginlik və müqavimət ölçülən dövrəyə qoşulur. Müasir dövrdə artıq bu ölçü cihazlarından istifadə olunmurlar, lakin bu cihazların iş prinsipinə əsaslanmış analoq və rəqəmsal multimetrler (tester) inkişaf etdirilərək istifadəçilərin öhtəliyinə verilmişdir.



Müxtəlif növ müasir universal ölçü cihazları. Multimetrler və ya Testerlər

§75. MÜQAVİMƏTLƏRİ ÖLÇMƏK ÜÇÜN KÖRPÜ

Müqavimətləri ölçmək və digər elektrik ölçü işlərində körpü sxemindən geniş istifadə olunur. Müqavimətləri ölçmək üçün olan və bu sxemdən istifadə olunancihazlara müqavimətləri ölçmək üçün **körpü** deyirlər. Belə körpünün sxemi 128-ci şəkildə göstərilmişdir. Sxemdən görüldüyü kimi, r_1 r_2 və r_4 r_3 müqavimətləri körpünün çiyinlərini təşkil edir. Körpünün r_3 çiyini ölçülən naməlum müqavimətdir ($r_3 = r_x$). Körpünün çiyinləri paralel iki budaq təşkil edir. ACD budağı ardıcıl qoşulmuş r_2 və r_4 müqavimətlərindən ibarətdir. Körpünün BC diognalı maqnit-elektrik sistemli qalvonometr, AD diognalına isə gərginliyi U_B olan sabit cərəyan mənbəyi qoşulur.



Şəkil 128. Müqaviməti ölçmək üçün olan körpünün prinsipal sxemi

r_1 , r_2 və r_4 müqavimətlərinin qiymətlərini seçməklə ona nail ola bilərik ki, qalvonometrin dövrəsinin BC sahəsində cərəyan olmasın. Bu halda körpü “tarazlaşır” deyirlər. Qalvonometrdə cərəyan sıfıra bərabər olduqda B və C nöqtələrindəpotensiallar müxtəlif olarsa, qalvonometrdən cərəyan keçəcək və körpü tarazlıq vəziyyətindən çıxacaqdır. B və C nöqtələrində potensiallar bir-birinə o zaman bərabər olur ki, AB və CA sahələrindəgərginlik eyni dərəcədə düşsün.

Bu bərabərliyi aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$I_1 r_1 = I_2 r_2$$

BD və CD sahələrində gərginliyin düşküsü eyni olduqda həmin nöqtələrdəpotensiallar bir-birinə bərabər olacaqdır.

Bərabərliyi yazaq:

$$I_3 r_3 = I_4 r_4$$

Birinci bərabərliyi ikinci bərabərliyə bölüb, belə bir tənəsüb alırıq:

$$\frac{I_1 r_1}{I_3 r_3} = \frac{I_2 r_2}{I_4 r_4}$$

r_1 və r_3 müqavimətləri ardıcıl birləşdirildiyindən I_1 və I_3 cərəyanları da bir-birinə bərabər olacaqdır. r_2 və r_4 müqavimətləri də ardıcıl birləşdirildiyindən I_2 və I_4 cərəyanları bir- birinə bərabər alınacaqdır.

Bərabər nöqtələrin tənəsübündə ixtisar aparsaq:

$$\frac{r_1}{r_3} = \frac{r_2}{r_4}$$

Buradan naməlum müqaviməti təyin etmək olar:

$$r_x = r_3 = \frac{r_1}{r_2} r_4$$

Körpünün r_1 , r_2 və r_4 müqavimətlərinin qiymətləri məlum olduğundan, bunları düsturda yerinə qoyub, naməlum r_x müqavimətinin qiymətini tapa bilərik.

Müqavimətləri belə körpü ilə ölçmək üçün: naməlum müqaviməti körpünün X sıxacına qoşmaq; “+” və “-” sıxaclarına isə sabit cərəyan mənbəyini birləşdirmək; körpünün r_1 və r_2 çiyinləri arasındakı nisbəti müəyyən etmək; qalvonometri qoşmaq və körpünün çiyininin r_4 müqavimətini elə seçmək lazımdır ki, qalvonometrin əqrəbi sıfır bölgüsü üzərində dayansın (bu körpünün tarazlıq vəziyyətini göstərir);

$r_x = \frac{r_1}{r_2} r_4$ düsturunda $r_1 r_2$ və r_4 – ünməlum qiymətlərini yerinə qoyub, ölçülənmüqavimətin qiymətini hesablamak lazımdır.

§76. ELEKTRİK GÜCÜNÜN VƏ ENERJİSİNİN ÖLÇÜLMƏSİ

Elektrik dövrəsinin sərf etdiyi sabit cərəyanın gücü gərginliyi cərəyan şiddətinəhasili ilə təyin edilir:

$$P = I U.$$

Bu tərifə görə gücü təyin etmək üçün dövrəyə voltmetr və ampermetr qoşub, bunların göstərişlərini bir- birinə vurmaq lazımdır.

Sabit və dəyişən cərəyanın gücünü də elektrodinamik sistemli vattmetrlə ölçmək olar. Bunun üçün vattmetri 129-cu şəkildə göstərilən sxem üzrə qoşmaq lazımdır.

Cihazın hərəkətsiz dolağı dövrəyə ardıcıl (ampermetr kimi), hərəkətli dolağı isəyüklənməyə paralel (voltmetr kimi) qoşulur.

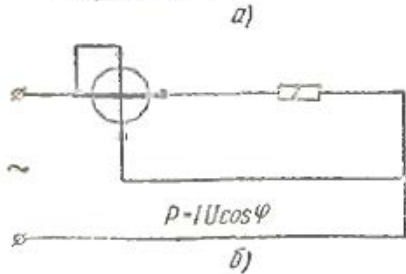
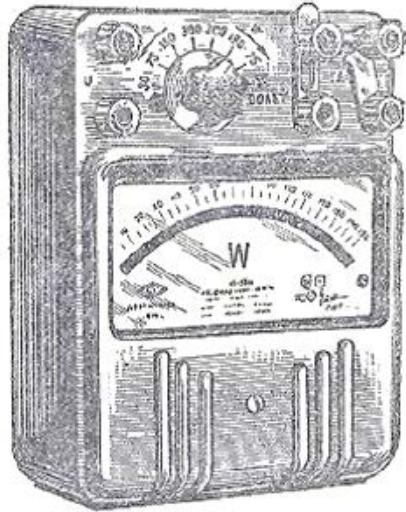
Dəyişən cərəyanın gücünü ölçükdə elektrodinamik sistemli vattmetrin göstərişləri gərginliyin cərəyan şiddətinə və güc əmsalına hasili ilə düzmütənasibdir:

$$P = I U \cos \varphi$$

Dəyişən cərəyan elektrik enerji sərfini ölçmək üçün induksiya sayğaclarından istifadə olunur.

Sayğacı dövrəyə 121-ci şəkildə göstərilmiş sxem üzrə qoşulur.

Vattmetrdəki kimi sayğacın bir dolağı dövrəyə ardıcıl, o biri dolağı isə yükə paralel qoşulur.



Şəkil 129. Vattmetr və onun qoşulma sxemi

Şəbəkənin məftilləri 1 və 3 sıxaclarına, əriyən qoruyuculardan yüklənməyə gedən məftillər isə 2 və 4 sıxaclarına birləşdirilir.

Sayğacın cədvəlində onun hansı gərgiliyə, cərəyan şiddətinə və tezliyə hesablandığı, enerjini hansı vahidlərlə ölçdüyü, 1 kv^t*ş enerji sərfinin diskin neçə dövrlər sayına uyğun gəldiyini göstərilir. Müəyyən zaman fasiləsində enerji sərfini hesablamaq üçün sayğacın ilk və axırını göstərişlərini bilmək lazımdır. Bu göstərişlərin fərqi istifadə olunmuş elektrik enerjisinin miqdarını bildirəcəkdir. Məsələn, sayğacın ilk göstərişi 603 kv^t*ş, axırını göstərişi isə 790 kv^t*ş olarsa, enerji sərfi $790 - 603 = 187$ kv^t*ş alınacaqdır. 1 kv^t*ş enerjinin dəyəri 4 qəpik olduğundan sərf edilmiş enerjinin ümumi qiyməti $187 \times 4 = 748$ qəp. və ya 7 man. 48 qəp. olacaqdır.

§77. QEYRİ-ELEKTRİK KƏMIYYƏTLƏRİN ÖLÇÜLMƏSİ ANLAYIŞI

İstehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılması ilə əlaqədar olaraq müxtəlif elektrik- kəmiyyətlərin elektrik ölçülməsindən geniş istifadə olunur.

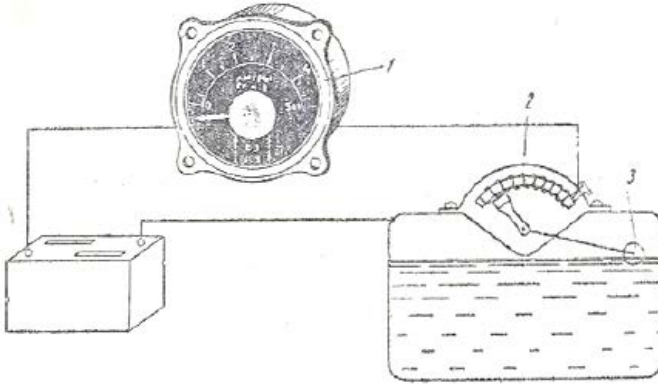
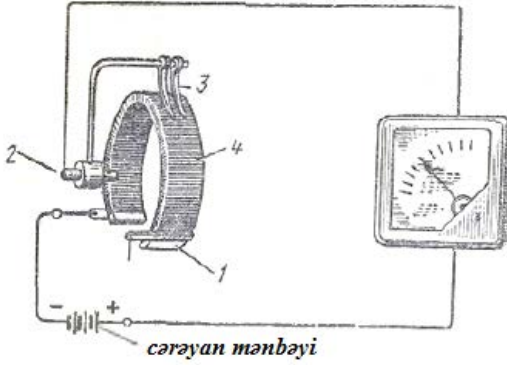
Qeyri elektrik-kəmiyyətlərin ölçülməsi üçün olan sistemin əsas hissələri vericidən (dadçıkdən), aralıq qurğularından və intikatorlardan ibarətdir. Qeyri elektrik-kəmiyyətlərin elektrik ölçülməsinin mahiyyəti belədir: verici qeyri elektrik-kəmiyyət, məsələn, maye səviyyəsini, temperaturun, hərəkət sürətinin və s. dəyişilməsini müqavimətin, cərəyanın və gərginliyin dəyişilməsinə çevirir ki, bu da adi elektrik-ölçü cihazı olan intikatorla ölçülür.

Bəzi elektrik vericilərinin quruluşunu və qeyri elektrik-kəmiyyətlərin elektrik ölçmələri üçün bunların tətbiqini nəzərdən keçirək:

Reostatlı verici (şəkil 130) izolyasiya materialından hazırlanmış və üzərinə xüsusi müqaviməti çox yüksək olan məftil (7) sarınmış əyri (və ya düz) lövhədən (4) ibarətdir. Ox (5) dönərkən, vericinin hərəkətli kontakt-fırçası (6) məftilin üzəri ilə hərəkət etdiyindən müqaviməti dəyişir, bu da elektrik-ölçü cihazı ilə qeyd olunur. Reostatlı vericinin bəkdəki maye səviyyəsini ölçmək üçün istifadə olunmasını misal göstərə bilərik.

Bəkdəki mayenin miqdarını təyin etmək üçün olan cihazın işi – müqaviməti maye səviyyəsindən qalxması və ya enməsindən asılı olaraq dəyişilən reostatlı vericinin tətbiqinə əsaslanır. Cihaz (130-cu şəklə bax) vericidən (2) və indikatorlardan (1) ibarətdir. Vericinin sürüngəci bəkdəki

mayenin səthində üzən üzgəclə (3) rıçaqlar sistemi ilə birləşdirilmişdir. Burada indikator olaraq şkalası litr ilə dərəcələnməmiş maqnit-elektrik sistemli cihazdan istifadə edilir.



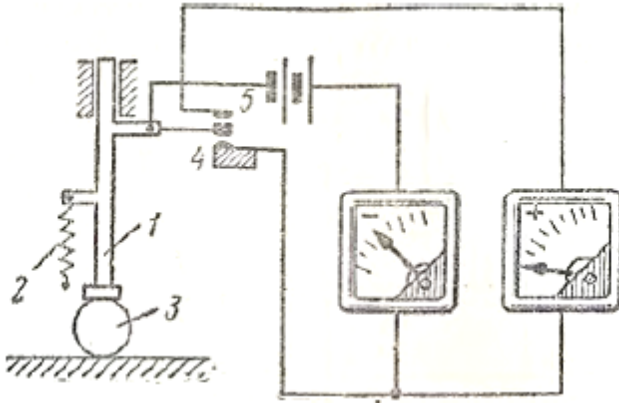
Şəkil 130. Reostatlı vericinin və maye səviyyəsini ölçmək üçün olan cihazın quruluşu

Bakda çox maye olduqda üzgəc yuxarıya qalxır. Vericinin fırçası da üzgəclə birlikdə hərəkət etdiyindən müqaviməti azalır. Dövrədəki cərəyan artdığından indikatorun əqrəbi böyük bucaq qədər hərəkət edib, şkalada mayenin miqdarını göstərir. Üzgəc endikdə vericinin müqaviməti artır, dövrədəki cərəyan azalır və cihazın əqrəbi sola tərəf hərəkət edir.

Elektrik –kontaktlı vericilər nəzarət edilən obyektin səthinə toxunan ölçü ştokunun mexaniki hərəkətini elektrik dövrəsinin qapanması və açılmasına çevirir. Bir cüt kontaktı olan birhədli verici ən sadə elektrik-

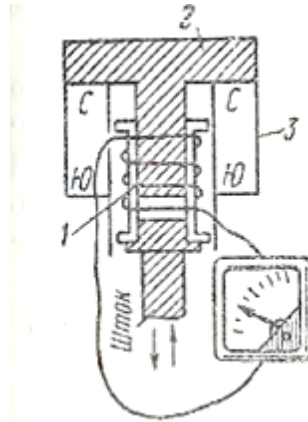
kontaklı vericidir. Bir neçə cüt kontaklı olan çoxhədli vericilər eyni vaxtda beşə qədər müxtəlif obyektə nəzarət edə bilər. Elektrik- kontaklı vericinin quruluş sxemi və işləməsi 131-ci şəkildə göstərilmişdir. Ölçü ştoku (1) yayın (2) təsiri ilə vericinin gövdəsindən aşağıya tərəf cəhd edir. Nəzarət edilən detalın (3) həndəsi ölçüləri müəyyən edilmiş həddən böyük olduqda ölçü ştoku qalxaraq kontaklı (4) açır. Ölçüləri müəyyən edilmiş həddən kiçik olan məlumat ştokun altında kontakt (5) qapanır. Nəzarət edilən detalın ölçüləri normal olduqda isə kontaktlar (4 və 5) açıq vəziyyətdə qalır.

Vericiyə elektrik-ölçü cihazlarını qoşmaq olar. Bu halda cihazlardan birində əqrəbin hərəkəti detalın böyük ölçüsünə, obirində isə kiçik ölçüsünə müvafiq olacaqdır. Əqrəblərin sıfır ölçüsü qarşısındakı vəziyyəti onu göstərir ki, verici ştokun altında ölçüləri müəyyən edilmiş həddə olan detallar keçir.



Şəkil 131. Elektrik –kontaklı vericinin quruluş sxemi və işlənməsi:
1-ölçü ştoku; 2- yay; 3-nəzarət edilən detal; 4 və 5 kontaktlar

Vericiyə elektrik-ölçü cihazları əvəzinə elektromaqnit sayğaclar qoşmaq olar; bu halda sayğaclar üç kotiqoriyalı: böyük, kiçik və normal ölçülü detalların miqdarını hesablayacaqdır. Sayğacları, müxtəlif rəngli siqnal lampaları ilə əvəz etmək olar. **İnduksiya vericiləri** qeyri-elektrik kəmiyyətləri elektrik- ölçü cihazı ilə ölçülən induksiyanmış e. h. q- nə çevirir. İnduksiya vericinin quruluş prinsipi 132-ci şəkildə göstərilmişdir.

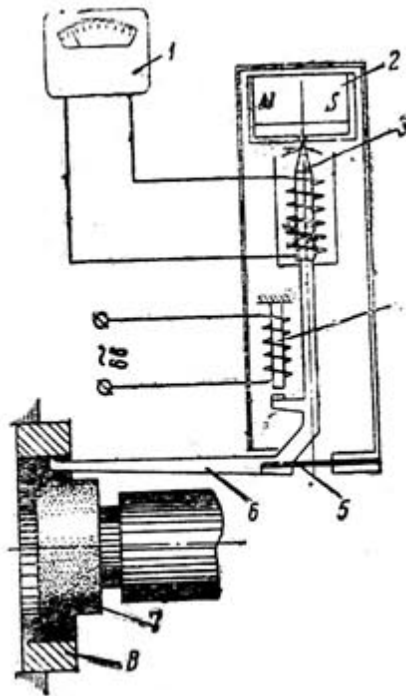


Şəkil 132. İnduksiya vericinin quruluş sxemi:
1 –makara; 2 – içlik

Burada içlikdə (2) yerləşdirilmiş makara (1) sabit maqnitin (3), ya da elektromaqnitin arasında hərəkət etdiyindən onda EQ induksiyanı. Dəzqahda emal prosesində detalın ölçülərinə avtomatik nəzarət etmək üçün induksiya vericisi olan titrəyiş-kontaktlı cihazdan istifadə edilir. Bu cihaz dəzqahların məhsuldarlığını xeyli artırmağa, fəhlələrin əməyinin yüngülləşdirməyə, brak hallarını kəskin sürətdə azaltmağa imkan verir. Titrəyiş –kontaktlı cihazın quruluş sxemi 133-cü şəkildə göstərilmişdir. Emal olunan detalın ölçülərinə rıçaq şəklində hazırlanmış verici-mil vastəsi ilə nəzarət edilir. Bu mil, yastı yayın (5) təsiri ilə detala (8) sıxılır. Elektromaqnitdən (4) dəyişən cərəyan keçdikdə milin çıxıntısı bu elektromaqnitin içliyinə ya dartılır, ya da bundan irəli çıxır. Beləliklə, həmin mil şaquli istiqamətdə titrəmə hərəkəti (saniyədə yüz dəfə) edir.

Milin yuxarı ucu sabit maqnitlə (2) maqnitləndirilmiş dolağı elektrik – ölçü cihazı –indikator (1) ilə birləşdirilmiş ikinci elektromaqnitin içliyi (3) ilə birləşdirilir. İndikatorun şkalası millimetrlərlə dərəcələnməmişdir. Mil titrəmə hərəkəti etdikdə içliyin (3) maqnit sahəsi elektromaqnitin sarğıları ilə kəşişir və sarğılarda EQ induksiyanı; bu isə ölçü cihazının dolağından cərəyan keçməsinə səbəb olur. Emal edilən detala yaxılaşdırıldıqda milin işlək hissəsi detalın səthinə toxunur. Detal emal olunduqca milin titrəmə dərəcəsi və bununla birlikdə elektromaqnitdə induksiyanı EQ Və indikatora cərəyan siddəti dəyişilir. Fəhlə ,

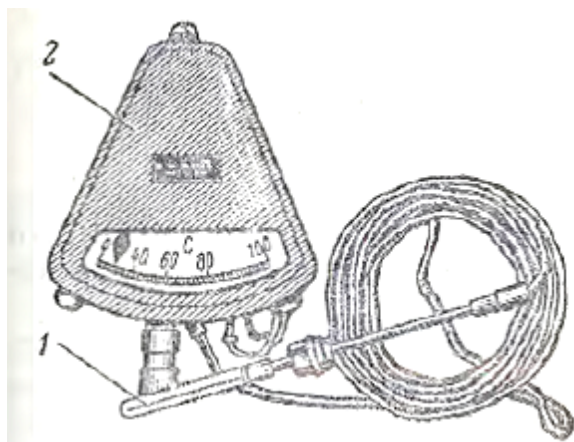
indikatorun şkalasında əqrəbin vəziyyətinə görə detalın ölçülərinə nəzarət edir.



Şəkil 133. Detalın ölçülərinə avtomatik nəzarət etmək üçün olan titrəyiş-kontaktlı cihazın quruluş sxemi:

1-elektrik ölçü cihazı-indikator; 2-sabit maqnit; 3- içlik; 4- elektromaqnit; 5- yay; 6- mil; 7- cilalama dairəsi; 8- emal edilən detal

Belə cihaz avtomatik işləyə bilər və detalın ölçüsü müəyyən olunmuş həddə çatanda dəzgahı xüsusi qurğu ilə dayandırmaq olar. Valın fırlanma sürətini ölçmək üçün elektrik taxometrlərindən istifadə olunur. Bu cihaz induksiya vericisindən və indikordan ibarətdir. Bu generatorun verdiyi gərginlik generatorun oxunun fırlanma sürətinə mütənəsüb olaraq dəyişir. Vericinin sıxaclarına indikator-şkalası sürət vahidləri ilə dərəcələnməmiş voltmetr qoşulur.



Şəkil 134. Temperaturu ölçmək üçün termoelektrik cihaz:
1- verici; 2- indikator

Maşında valın fırlanma sürətini təyin etmək üçün vericinin oxunu dişli ötürmə, yaxud hər hansı bir digər ötürmə vasitəsi ilə valla birləşdirirlər. Vericinin dolğında valın fırlanma sürətinə mütənasib olan EHQ induksiyanır. Valın fırlanma sürəti cihazın şkalasında əqrəblə göstərilir. Temperaturu ölçmək üçün termocütün xassələrindən istifadə olunur (termocütdə e. h. q- nin qiyməti lehimləmə yerlərində qızdırılma temperaturundan asılıdır). Temperaturu ölçmək üçün termoelektrik cihaz 134-cü şəkildə göstərilmişdir. Bu cihaz termocüt şəklində olan vericidən (1) və elektrik- ölçü cihazından – şkalası temperatur dərəcələri ilə göstərilmiş idikatorndan (2) ibarətdir. Belə elektrik termometri ilə temperaturu, 0-100⁰ S həddində, ölçmək olar.

7-ci fəsil

TRANSFORMATORLAR

Ş78. TRANSFORMATORLAR HAQQINDA MƏLUMAT

Transformator bir gərginlikdə dəyişən cərəyanı eyni tezlikdə , lakin başqa gərginlikdə dəyişən cərəyanı çevirmək üçün olan iki (və ya daha artıq) dolaqlı statik elektromaqnit aparatıdır. Transformatorda enerji, dəyişən maqnit sahəsi vasitəsi ilə çevirir. Transformatorlar , elektrik enerjisini uzaq məsafələrə verdikdə, enerjini qəbuledicilər arasında bölüşdükdə, eləcədə müxtəlif düzləndiricilərdə, gücləndiricilərdə ,

siqnal qurğularında geniş tətbiq olunur. Elektrik enerjisini elektrik stansiyasından işlədicilərə verdikdə bu xətdə enerji itkisi və xəttin çəkilməsi üçün əlvan metallar sərfi xətlə verilən cərəyandan asılıdır.

Məftillərin ən kəsiyi sahəsi və məftillərdə güc itkiləri aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$S = \frac{1}{\delta}; \quad P_{\text{güc}} = I^2 r$$

Burada S- məftilin ən kəsik sahəsi, mm^2

I- məftildən keçən cərəyan, a – ilə

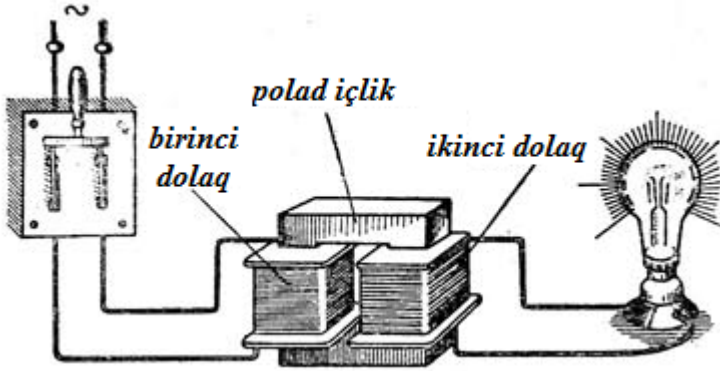
δ - məftilin 1mm^2 – də cərəyan sıxlığı, a – ilə

$P_{\text{güc}}$ – məftillərdə güc itkisi, vt- ilə

r- məftillərin elektrik müqavimətidir, om -ilə

Verilən güc eyni olmaqla gərginliyi artırısaq, cərəyan da bu qədər azalacaq; deməli ən kəsiyi sahəsi daha kiçik olan məftillərdən istifadə etmək mümkün olacaqdır. Bu isə elektrik veriliş xətlərinin çəkilməsinə əlvan metallar sərfini və bu xəttə enerji itkilərini azaltmağa imkan verəcəkdir. Gərginliyi artırmaq üçün yüksəldici transformatorlardan istifadə olunur. Elektrik enerji qəbulediciləri (kəzərmə lampaları, elektrikli mühərrikləri və s.) təhlükəsizlik nöqtəyi nəzərindən daha alçaq gərginliyə (110–380v) hesablanır. Buna görə də qəbulediciləri qidalandırmaq üçün bilavasitə enerjinin verildiyi yüksək gərginlikdən istifadə etmək olmaz; buhalda enerji, işlədicilərə alçaldıcı transformatorlardan verilir.

Rus alimi P. N Yabloçkov öz elektrik şamlarını qidalandırmaq üçün dəyişən cərəyanın transformatorundan keçirilməsini ilk dəfə 1889-cu ildə tətbiq etmişdir. 135-ci şəkildə transformatorun prinsipal sxemi göstərilmişdir; aydın olması üçün dolaqlar burada polad içliyin ayrı-ayrımillerində yerləşdirilmişdir. Həqiqətdə isə hər bir dolaq hər iki mildə elə yerləşdirilir ki, iki dolağın yarısı içliyin sol o biri yarısı isə sağ milində yerləşir. Dolaqlar belə yerləşdirildikdə bunların arasında daha yaxşı maqnit rabitəsi yaranır ki, bu da enerjinin transformasiya prosesində iştirak etməyən yayılma sellərinin azalmasına səbəb olur.



Şəkil 135. Transformatorun prinsipial sxemi

Elektrik enerjisi mənbəyinin şəbəkəsinə qoşulmuş dolağa **birinci dolaq**, enerjinin qəbulediciyə verildiyi dolağa isə **ikinci dolaq** deyilir.

Birinci və ikinci dolaqların gərginliyi, adətən, eyni olmur.

Birinci gərginlik ikincidən az olduqda belə transformatora **yüksəldici** ; birinci dolağın gərginliyi çox olduqda isə **alçaldıcı** transformator deyilir.

Hər bir transformatorndan həm yüksəldici və həm də alçaldıcı kimi istifadə etmək olar.

§79. TRANSFORMATORUN İŞ PRİNSİPİ VƏ QURULUŞU

Transformatorun işi elektromaqnit induksiya qanununa əsaslanmışdır. Transformatorun birinci dolağını dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşsaq, transformatorndan I_1 dəyişən cərəyanı keçəcək, bu isə transformatorun içliyində dəyişən maqnit seli yaradacaqdır. Bu maqnit seli ikinci dolağın sarğıları ilə kəsişərək orada E_2 EQ induksiyalayacaqdır. İkinci dolağı hər hansı bir enerji qəbuledicisi ilə qapasaq (135-ci şəkildə enerji qəbuledicisi olaraq közərmə lampası göstərilmişdir), induksiyalanan E_2 EQ-nin təsiri ilə bu dolaqdan və enerji qəbuledicisindən I_2 cərəyanı keçəcəkdir. Beləliklə, elektrik enerjisi transformasiya olunaraq birinci şəbəkədən ikinciyə veriləcək və burada ikinci şəbəkəyə qoşulmuş enerji qəbuledicinin hesablandığı gərginlikdə istifadə olunacaqdır. Birinci və ikinci dolaqların arasında maqnit rabitəsinə yaxşılaşdırmaq üçün dolaqları polad içlikdə yerləşdirirlər.

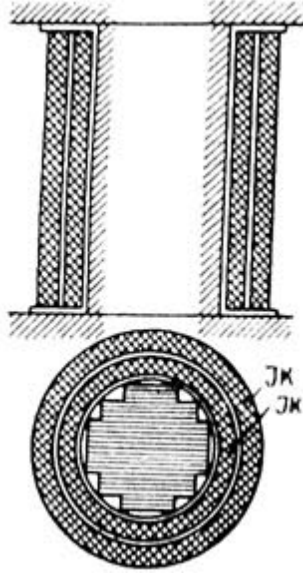
Burulğan cərəyanlarda itkini azaltmaq üçün transformatorun içliklərini nazik transformator poladı təbəqələrindən hazırlayır və bunları izolyasiya etmək üçün lakdan və ya yanıqdan istifadə edirlər. Cərəyanın tezliyi 50hs olduqda içliyi 0, 35 və ya 0, 5 mm qalınlıqda polad təbəqələrdən yığırlar. Yüksək -400, 500hs və daha böyük tezliklərdə polad lövhələrin qalınlığı 0, 2; 0, 1 və 0, 08 mm -ə qədər azalır.

E-41 və E -42 markalı transformator poladında itki adi elektrotexniki polada nisbətən az alınır. Məlum olduğu kimi, poladların markalarında (E) hərfi bunun elektrotexniki polad olduğunu göstərir, bu hərfdən sonra gələn rəqəm isə poladı legirləndiyini (məsələn, E -1 – azlegirli polad, E- 2 isəortalegirli polad, E- 4 isə yüksəklegirli polad deməkdir), ikinci rəqəm isə itkiləri göstərir (məsələn, 1- azaldılmış itkilər, 2- alçaq itkilər deməkdir). Transformator poladı 5, 5%- ə qədər silisium qatqısı olan yüksəklegirli poladdır. Silisium qatqısı poladın mexaniki, elektrik və maqnit xüsusiyyətlərini dəyişdirir. Transformator poladı E-1 markalı adi elektrotexniki poladdan bir qədər yüngüldür, daha kövrəkdir, çətinliklə emal olunur. Bu poladın xüsusi müqviməti xeyli (təxminən 4 dəfə) çoxdur, bu isə burulğan cərəyanlarda itkini azaldır. Hazırda transformatorların içliklərini hazırlamaq üçün E-310 markalı soyuq yayılmış poladdan geniş istifadə olunur; bu poladda itki E-42 poladdakından azdır. Bu poladın maqnit keçiriciliyi prokat istiqamətində yüksək olduğundan içlikdə maqnit induciasını artırmağa imkan verir; nəticədə isə həm içliyin öz çəkisi, həm də mis dolaqların çəkisi azalır.

Yüksək tezlikli (800, 1200 hs və s.) transformatorların içliklərini E-43 və E-44 markalı yüksək tezlikli poladlardan (BÇ -1 və BÇ-2 markalı), habelə permalloy ferromaqnit xəlitəsindən hazırlayırlar. E-43 və E-44 markalı yüksək tezlikli poladların itkisi, E-42 markalı polada nisbətən xeyli azdır; lakin bunların maqnit keçiriciliyi də yüksək deyildir.

Transformatorun dolaqlarını az cərəyanlarda izolyasiya olunmuş yumru mis məfillərdən, böyük cərəyanlarda isə düzbucaqlı en kəsikli mis şinlərdən əsasən silindr şəklində hazırlayırlar. Alçaq gərginlik dolağı içliyə daha yaxın yerləşdirilir (çünki bu dolağı içlikdən yüksək gərginlik dolağına nisbətən daha asanlıqla izolyasiya etmək olar). Dolaqların transformator içliyində yerləşdirilməsi 136-cı şəkildə göstərilmişdir. Alçaq gərginlik dolağını içlikdən hər hansı bir izolyasiya

materialı qatı ilə izolyasiya edirlər. Yüksək və alçaq gərginlik dolaqları arasında belə izolyasiya araqatı qoyulur.



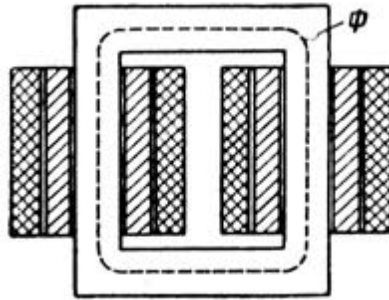
Şəkil 136. Güc transformator dolaqlarının içlikdə yerləşdirilməsi

Böyük güclü transformatorlarda dolaq hazırlamaq üçün böyük en kəsikli məftillərdən istifadə olunur; bu halda məftil bucaq altında əyilmədiyindən izolyasiya qatı və məftilin özü dağılıb xarab olur.

Buna görə də güclü transformatorların dolaqlarlarını içliyə keçirilən konsentrik makaralar şəklində hazırlayırlar (136-cı şəklə bax). Dolaqlar belə hazırlandıqda içliyin en kəsiyi, dolaqlarla əhatə olunan sahədə hava aralığı qalmasın deyə dairəvi şəkildə hazırlansa daha yaxşı olar. Hava aralığı nə qədər az olarsa, dolaq sarğılarının uzunluğu o qədər az olacaq və deməli, polad içliyin bu en kəsiyində misin çəkisi daha az alınacaqdır. Lakin dairəvi en kəsikli içliklər buraxılmır. Bildiyimiz kimi, içliyi nazik polad təbəqələrdən yığırlar və içliyin dairəvi en kəsikli alınması üçün müxtəlif endə çoxlu polad təbəqə sərff etmək lazım gələrdi. Bu isə xeyli çox sayda ştamp hazırlanmasını tələb edir. Buna görə də böyük güclü transformatorlarda içliyin en kəsiyi pilləli hazırlanır (pillələrin sayı çevrənin dördüdə birində olan bucaqların sayı ilə müəyyən edilir. 136-cı şəkildə içliyin en kəsiyinin üç pilləsi göstərilmişdir. Transformatorların daha yaxşı soyudulması üçün güclü

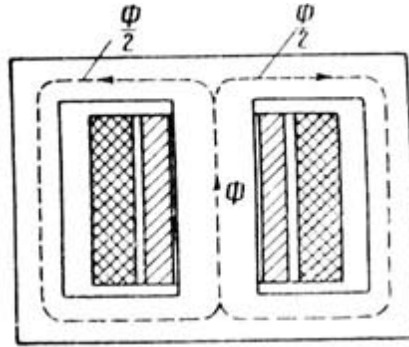
transformatorların içliyində polad təbəqələrin müstəvisinə paralel və perpendikulyar ventilyasiya kanalları düzəldilir. Azgüclü transformatorlarda məftilin en kəsiyi sahəsi kiçik olduğundan dolaqları asanlıqla hazırlayırlar. Belə transformatorlarda içliklərin en kəsiyi tərəfləri $\frac{a}{b} = 1, 2 - 2$ olandüzbucaqlıdır. Transformatorlar içliyin konstruksiyasından asılı olaraq iki yerə bölünür: çubuqlu və zirehli. Birfazlı çubuqlu transformatorun içliyi transformatorun dolaqları yerləşdirilmiş iki çubuqdan ibarətdir

(şəkil 137). İçliyin çubuqları haçalarla elə birləşdirilmişdir ki, maqniteli poladda qapanır. Zirehli transformatorun içliyində (şəkil 138) bir çubuq vardır. Transformatorun dolaqlarını bu çubuqda yerləşdirirlər. Çubuq hər iki tərəfdən haça ilə əhatə olduğundan (zirehləndirildiyindən) dolaq mexaniki zədələnmədən qismən qorunmuş olur.



Şəkil 137. Çubuq transformatorunun sxemi

Yüksək gərginlik transformatorlarını hazırda çubuqlu içliklə hazırlayırlar; belə içlikdə yüksək gərginlik dolaqlarını asanlıqla izolyasiya etmək olur. Alçaq gərginliklərdə dolaqlar içlikdən daha asanlıqla izolyasiya edilir. Nəticədə isə alçaq gərginlikli və aşağı güclü transformatorları bir çox hallarda zirehli içlikli hazırlayırlar. Zirehli içlikdə maqnit seli çubuqdan çıxaraq iki bərabər hissəyə şaxələnir. Deməli, bu halda haçada qapanan maqnit seli çubuqdakından iki dəfə az olur. Buna görə də haçanın en kəsiyini çubuğun en kəsiyindən iki dəfə az götürürlər. Lakin bəzi hallarda transformatorların içliklərində geniş ölçülü, yəni en kəsiyi çubuğun en kəsiyindən çox götürülmüş haça olur.



Şəkil 138. Zirehli transformatorun sxemi

Bu, haçada maqnit induksiyasını azaltdığından, poladda itkinin və transformatorların şəbəkədən maqnitləndirici reaktiv cərəyan sərfinin azalmasına səbəb olur. Transformatorun pasportunda onun nominal gücü volt-ampər (vA) və kilovolt-ampər (kva), gərginlik U_1 və U_2 volt (v) və kilovolt (kv), I_1 və I_2 cərəyanları ampər (a) ilə göstərilir. Tam (nominal) yüklənmədə ikinci dolağın verdiyi tam gücə transformatorun nominal gücü deyilir. Nominal güc tam güc vahidləri, yəni volt-ampər və kilovolt-ampər ilə ifadə olunur. Transformatorun aktiv gücü, yəni elektrik enerjisindən mexaniki, istilik, kimyəvi və s. çevirilə bilən güc, vatt və kilovatt ilə ölçülür. Dolaqlarda və maşının bütün hissələrində, ya da hər bir elektrotexniki aparatda məftillərin ən kəsiyi cərəyanın aktiv toplananı və ya aktiv gücü ilə deyil, naqıldən keçən tam cərəyan və deməli, tam güc ilə müəyyən edilir. Azgüclü transformatorların xüsusi soyudulma səthi daha böyükdür və buna görə də belə transformatorlarda təbii hava soyudulması tamamilə kifayət edir.

Böyük güclü transformatorları yağ soyuduculu hazırlayırlar. Bu məqsədlə transformatorları mineral yağla doldurulmuş metal baklarda yerləşdirirlər. Belə bakların divarlarını soyutmaq üçün təbii havadan geniş istifadə olunur. Bakların soyudulma səthini artırmaq üçün onların divarlarına radiator və ya borular qoşurlar. Axar su olan yarımstansiyalarda bəzən transformatorların süni su-yağ soyudulması da tətbiq edilir. Belə transformatorlarda qızdırılmış yağ nasos vasitəsi ilə spiral borudan keçirilir. Spiral boru, içərisindən su axan soyuducunun bakında yerləşdirilir. Bir çox hallarda güclü

transformatorlarda süni üfürmə soyudulmasından istifadə olunur. Ventilyatorla verilən hava axını xüsusi hava borusundan keçərək transformatorun bak və radiatorlarını soyudur. Bu halda bakın səthində istilik vermə prosesi xeyli sürətlənir. Transformatorun bakındakı yağ istismar prosesində ətraf mühitin havası ilə təmas etdiyindən oksidləşir, rütubətlənir və çirklənir ki, bunun nəticəsində yağın elektrik möhkəmliyi azalır. Transformatorun normal işləməsi üçün yağın temperaturuna müntəzəm olaraq nəzarət etmək, yoxlamaq, yağ vaxtaşırı qurutmaq, təmizləmək və yenisi ilə əvəz etmək lazımdır. Transformatorada temperaturun dəyişilməsi yağ səviyyəsinin də dəyişilməsinə səbəb olur. Buna görə də transformator baklarında genişləndiricilər qoyulur. Təbəqə poladdan silindr şəklində hazırlanmış genişləndirici, qapağın üzərində qoyulur və bakla qısa boru vasitəsi ilə birləşdirilir. Genişləndiricinin həcmi bakdakı yağın həcmnin 10%-i qədər olmalıdır. Genişləndiricisi olan bakda yağ səviyyəsinin dəyişilməsi yağın müəyyən hissəsinin genişləndiriciyə verilməsinə səbəb olur. Bu isə yağın hava ilə təmas səthini azaltmağa, habelə yağ çirklənmədən və rütubətlənmədən qorumağa imkan verir.

§80. TRANSFORMATOR DOLAQLARININ ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏLƏRİ

Hər hansı bir sarğı ilə ilişmiş maqnit sahəsi hər dəfə dəyişildikdə bu sarğıda EHQ induksiyanır; bu EHQ maqnit selinin zaman ərzində dəyişilmə qiymətinə bərabər və işarəcə buna əksdir.

Beləliklə, sarğı ilə kəşifən maqnit seli Δt ərzində ΔF qədər dəyişildikdə, busarğıda

$$e = - \frac{\Delta F}{\Delta t}$$

BU düsturda ΔF maqnit selinin dəyişilməsi *veber*, Δt samanı isə *saniyə* ilə ifadə olunarsa, EHQ *volt* ilə ifadə ediləcəkdir.

Düsturdakı mənfi işarəsi induksiyanmış EHQ-nin istiqamətini göstərir; sarğıda bunun təsiri ilə yaranan cərəyan əsas maqnit selinin dəyişilməsinə mane olan maqnit seli yaradır. Məsələn, əsas maqnit seli artarsa (ΔF -nin qiyməti müsbətdirsə), EHQ-nin təsiri ilə sarğıda yaranan cərəyanın istiqaməti əsas maqnit selinə müvafiq gələn maqnit seli yaradır.

Transformatorun dolaqlarında, adətən, sarğuların sayı çox olur. Birinci və ikinci dolaqların hər bir sarğısında, bu dolaqların bütün sarğuları eyni maqnit seli ilə ilişmiş olduğundan eyni EQ induksiyanı alır.

Beləliklə, hər bir dolağın EQ bütün sarğuların EQ-nin cəminə, yəni sarğular sayının bir sarğıda induksiyanmış EQ hasilinə bərabərdir.

Birinci dolağın sarğular sayının ω_1 , ikinci dolaqdakı sarğular sayını ω_2

İlə işarə etsək, birinci və ikinci dolaqların EQ müvafiq surətdə aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$e_1 = -\omega_1 \frac{\Delta F}{\Delta t};$$

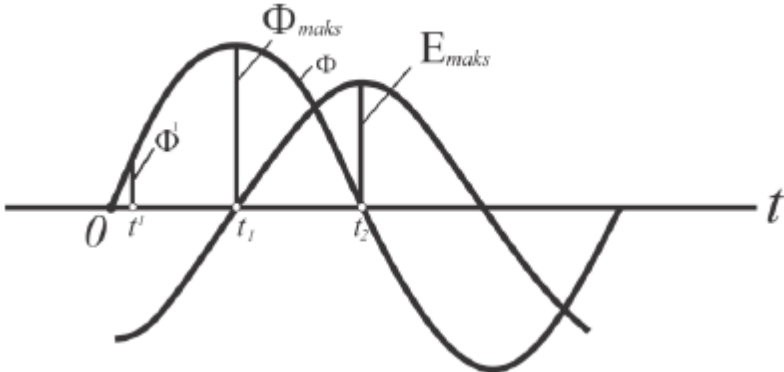
$$e_2 = -\omega_2 \frac{\Delta F}{\Delta t};$$

Tutaq ki, transformatorun içliyində yaranmış maqnit seli zamandan asılı olaraq sinusoidal dəyişilir (şəkil 139.)

yəni

$$F = F_T \sin \omega t$$

İçlikdə maqnit seli, transformatorun birinci dolağı gərginliyi sinusoidal olan şəbəkəyə qoşulmuşdursa, zamandan asılı olaraq sinusoidal dəyişəcəkdir.



Şəkil 139. Transformatorun içliyində maqnit selinin və birinci dolaqda EQ-nin zamandan asılı olaraq dəyişilməsi

Zamandan asılı olaraq dəyişilən maqnit seli transformatorun birinci və ikinci dolaqlarında dəyişilən EQ-ni induksiylayacaqdır. İçlikdə maqnit seli nə qədər sürətlə dəyişilərsə, bu EQ-nin qiyməti o qədər çox alınacaqdır. 0-dan t_1 -ə qədər müddət ərzində maqnit seli artır, yəni bu halda artım müsbət olur ($\Delta F > 0$). Deməli, dolaqların EQ mənfidir.

Maqnit seli $t = 0$ momentində daha sürətlə dəyişilir; t_1 müddətində maqnit selində dəyişiklik olmur. Beləliklə $t = 0$ momentində EQ maksimal, t_1 momentində isə sifıra bərabər olur.

t_1 -dən t_2 -yə qədər olan müddətlərdə maqnit seli azalır, yəni bu halda artım mənfəi olur ($\Delta F < 0$). Deməli, transformatorun dolağının induksiylanan EQ müsbətdir. Beləliklə, istənilən müddətdə transformatorun birinci və ikinci dolaqlarının EQ-ni təyin etmək olar.

139-cu şəkildə transformatorun birinci dolağının e_1 EQ-nin zamandan asılı olaraq dəyişilmə əyrisi göstərilmişdir. İkinci dolağın EQ-nin dəyişilməsi buna oxşar əyri ilə göstərilir, lakin dolaqlardakı sarğıların sayı müxtəlif olduğundan istənilən momentdə birinci və ikinci dolaqlarının EQ-nin qiyməti müxtəlif alınır.

$t = 0$, t_2 və s. zaman momentlərində EQ-nin qiyməti ən çox alınır. EQ-nin ədədi qiymətini təyin etmək üçün t' momentini elə seçirik ki, 0 ilə t' arasında Δt zaman parçası çox kiçik alınsın. Δt müddəti ərzində maqnit seli 0-dan F -yə qədər dəyişəcəkdir, yəni:

$$\Delta F = F' = F \sin \omega t'.$$

Biz çox kiçik zaman parçası götürdüyümüzdən ($\Delta t = t'$)

$\omega t'$ bucağı da çox kiçik alınacaqdır. Belə kiçik bucaqda aşağıdakı təxmini bərabərlik ola bilər:

$$\sin \omega t' = \omega t'.$$

Beləliklə zamandan asılı olaraq maqnit selinin daha sürətlə dəyişməsi

$$\left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}\right)_{maks} = \frac{F'}{t'} = \frac{\Phi_t \sin \omega t'}{t'} = \frac{\Phi_t \omega t'}{t'} = \Phi_t \omega,$$

Transformatorun birinci dolağının e_1 EQ-nin ən böyük qiyməti isə belə olacaqdır

$$E_{1maks} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}_{maks} = \omega_1 \Phi_t \omega = 2\pi f \omega_1 \Phi_t,$$

çünki $\omega = 2\pi f$, burada f - şəbəkədəki cərəyanın tezliyidir.

EQ-nin ən böyük E_{1maks} və təsir edən E_1 qiymətləri arasında məlum olduğu kimi belə bir nisbət vardır:

$$E_1 = \frac{E_{1, maks}}{\sqrt{2}}$$

Deməli, transformatorun birinci dolağının EHQ-nin təsir edən qiyməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} W_1 f F_T$$

lakin $\frac{2\pi}{\sqrt{2}} = 4,44$ olduğundan

$$E_1 = 4,44 W_1 f F_T$$

Transformatorun ikinci dolağında sarğuların sayı (W_2), adətən, başqa cür olur və deməli, bu dolağın EHQ-nin təsir edən qiyməti

$$E_2 = 4,44 W_2 f F_T$$

Bu düsturlarda maqnit seli veber ilə ifadə olunmuşdur.

Misal 1. Dolaqların EHQ $E_1 = 220$ v, $E_2 = 30$ v, şəbəkədəki cərəyanın tezliyi $f = 50$ hs olduqda içlikdəki maqnit seli $F_T = 0,00125$ vbolarsa, transformatorun birinci və ikinci dolaqlarındakı sarğuların W_1 və W_2 sayını təyin etməli.

Həlli. Transformatorun birinci və ikinci dolaqlarında EHQ-nin təsir edən qiymətləri aşağıdakı ifadələrlə təyin olunur:

$$E_1 = 4,44 W_1 f F_T \text{ və } E_2 = 4,44 W_2 f F_T$$

Deməli, transformatorun birinci dolağında sarğular sayı

$$W_1 = \frac{E_1}{4,44 f F_T} = \frac{220}{4,44 * 50 * 0,00125} = 800 \text{ sarğı}$$

İkinci dolağın sarğular sayı isə

$$W_2 = \frac{E_2}{4,44 W_2 f F_T} = \frac{30}{4,44 * 50 * 0,00125} = 108 \text{ sarğı olacaqdır.}$$

Misal 2. Tezliyi $f = 50$ hs olan dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulmuş transformatorun içliyində $F_T = 0,001$ vb maqnit seli oyandırılmışdır. Transformatorun dolaqlarındakı sarğuların sayı $W_1 = 572$ və $W_2 = 108$ olarsa, birinci və ikinci dolaqların EHQ-ni təyin etməli.

Həlli. Birinci dolaqda EHQ-nin təsir edən qiyməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E_1 = 4,44 W_1 f F_T = 4,44 * 572 * 50 * 0,001 = 127 \text{ v}$$

İkinci dolaqda EHQ-nin təsir edən qiyməti isə

$$E_2 = 4,44 W_2 f F_T = 4,44 * 108 * 50 * 0,001 = 24 \text{ v}$$

alınacaqdır.

§81. TRANSFORMATORUN İŞ PRİNSİPI

Tutaq ki, transformatorun birinci dolağı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulmuşdur (şəkil 140). Birinci dolaqdan keçən I_1 dəyişən cərəyanı transformatorun içliyində F dəyişən maqnit selini oyandırır və bu maqnit seli hər iki dolağın sarğuları ilə kəşisərək orada EHQ induksiylayır. Bildiyimiz kimi, birinci və ikinci dolaqda EHQ-nin təsir edən qiyməti aşağıdakı düsturla tapılır:

$$E_1 = 4,44W_1f F_T$$

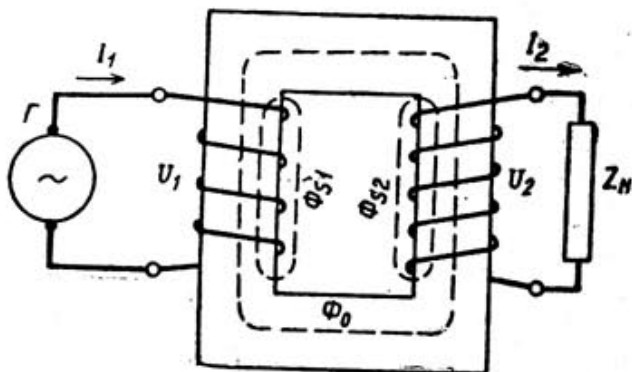
$$E_2 = 4,44W_2f F_T$$

burada E_1 və E_2 - EHQ-nin təsir edən qiymətləri, (v) ilə;

W_1 və W_2 birinci və ikinci dolaqlardakı sarğuların sayı;

f - cərəyanın tezliyi;

F_T - transformatorun içliyində maqnit selinin ən böyük qiymətidir, vb ilə



Şəkil 140. Transformatorun iş sxemi

Transformatorun dolaqlarında gərginlik düşküsi çox kiçikdir və birinci dolağın U_1 gərginliyini onun E_1 EHQ- nə, ikinci dolağın U_2 gərginliyini isə onun E_2 EHQ – nə bərabər qəbul edə bilərik:

$$U_1 = E_1 \text{ və } U_2 = E_2.$$

Transformatorun birinci və ikinci dolaqlarının sıxaclarındakı gərginliklərin nisbətinə **transformasiya əmsali** deyilir; bu K hərfi ilə işarə olunur:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44W_1f F_T}{4,44W_2f F_T} = \frac{W_1}{W_2}$$

Beləliklə, birinci və ikinci dolaqlarının sarğularını sayı müxtəlif olan transformator hazırlasaq, birinci dolağı gərginliyi U_1 olan dəyişən

cərəyan şəbəkəsinə qoşduqda ikinci dolağın sıxaclarında U_1 gərginliyinə bərabər olmayan U_2 gərginliyi yaranacaqdır. İkinci dolaqdakı sarğuların sayı birinci dolaqdakı sarğuların sayından az olduqda, ikinci dolağın sıxaclarındakı gərginlik birinci dolağın sıxaclarındakı gərginlikdən o qədər az alınacaqdır; deməli, bu halda transformator alçaldıcı kimi işləyəcəkdir. İkinci dolaqlardakı sarğuların sayı birinci dolaqdakı sarğular sayından çox olduqda isə ikinci dolağın gərginliyi birinci dolağın gərginliyindən çox alınacaq və deməli, transformator yüksəldici kimi işləyəcəkdir. Beləliklə

$$U_2 = \frac{W_1}{W_2} U_1 = \frac{1}{K} U_1;$$

Məsələn, sarğuların sayı $W_1 = 660$ olan transformatorun birinci dolağın gərginliyi $U_1 = 220$ v olan. şəbəkəyə qoşulduqda, sarğuların sayı $W_2 = 36$ olan ikinci dolağın sıxaclarındakı gərginlik

$$U_2 = \frac{36}{660} 220 = 12 \text{ v}$$

alınacaqdır.

Transformatorun ikinci dolağında gərginlik və EHQ sarğuların sayından asılıdır. Buna görə də transformatorun gərginliyini tənzimləmək üçün ən sadə üsul dolaqlardan birində, bir çox hallarda yüksək gərginlik dolağında, sarğuların sayının azaldılmasıdır.

Sarğuların sayını, adətən, nominalın $\mp 5\%$ -i həddində dəyişirlər; bunun üçün dolağın uclarından birində çıxışlar düzəldirlər.

Transformatorun ikinci dolağında hər hansı elektrik enerji qəbuledicisinə qoşsaq (140-cı şəkilə bax), bundan I_2 cərəyanı, birinci dolaqda isə I_1 cərəyanı axacaqdır.

Transformatorun birinci və ikinci dolaqları arasında elektrik əlaqə yoxdur. Lakin nəzərə almaq lazımdır ki, bu dolaqlar arasında maqnit rabitəsi olduğundan ikinci dolaqda I_2 cərəyanının dəyişilməsi birinci dolaqda I_1 cərəyanının da müvafiq dəyişilməsinə səbəb olacaqdır.

Cərəyan ikinci dolaqda artarsa, birinci dolaqda da artacaqdır. Əksinə, ikinci dolaqda cərəyan azalarsa, birinci dolaqda da azalacaqdır. İkinci dolağı açsaq cərəyan orada sıfıra bərabər olacaq, birinci dolaqda isə çox kiçik kəmiyyətə qədər azalacaqdır. İkinci dövrə açıq olduqda transformatorun birinci dolağından axan I_0 cərəyanına **boşuna gediş cərəyanı və ya yüksüz cərəyan** deyilir; bu da transformatorun nominal cərəyanından xeyli az olur.

Yüklənmə zamanı birinci və ikinci dolaqlardan bir-birinə bərabər olmayan cərəyanlar axır. Transformatorada gücün çox kiçik itkilərini nəzərə almasaq, yaza bilərik ki, transformatorun enerji qəbulədcisinə verdiyi $U_2 \dot{I}_2$ gücü onun enerji mənbəyi şəbəkəsindən sərf etdiyi $U_2 \dot{I}_2$ gücünə bərabərdir.

$$U_2 \dot{I}_2 = U_1 \dot{I}_1$$

buradan

$$\frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = K \quad \text{və} \quad \dot{I}_2 = K \dot{I}_1.$$

Transformatorun birinci dolağında gərginliyin müqavimətlərdə azalmasını nəzərə almasaq, yuxarıda göstəriləyi kimi, istənilən hər bir yüklənmədə tətbiq edilən U_1 gərginliyinin mütləq qiyməti və birinci dolağın bu gərginliyi tənzimləyən EHQ-nin təxminən bərabər olduğunu, yəni $U_1 = E_1$ alındığını zənnədə bilərik.

Bu bərabərliyə əsasən deyə bilərik ki, tətbiq edilmiş gərginlik dəyişilmədikdə transformatorun içliyindəki maqnit seli yüklənmə dəyişillədikdə belə əməli olaraq dəyişilməyəcəkdir.

Yüklənmədə transformatorun ikinci dolağından keçən \dot{I}_2 cərəyanı öz maqnit selini yaradacaq və bu, Lens qanununa görə içlikdəki maqnit selinə qarşı yönələrək onu azaltmağa cəhd edəcəkdir. İçlikdəki nəticələndirici maqnit selinin dəyişməz qalması üçün ikinci dolağın qarşısındakı maqnit seli birinci dolağın maqnit seli ilə qarşılıqlı surətdə tənzimləməlidir. Deməli, ikinci dolağın \dot{I}_2 cərəyanı artdıqda bu dolağın maqnitəzləşdirici maqnit seli də artır və həm birinci dolağın \dot{I}_1 cərəyanı, həm də bu cərəyanla yaradılan maqnit seli artır. Lakin, birinci dolağın maqnit seli ikinci dolağın maqnitəzləşdirici selini tənzimlədiyindən içlikdəki nəticələndirici maqnit selinin qiyməti dəyişməz qalacaqdır.

Alçalıcı transformatorada birinci dolağın U_1 gərginliyi ikinci dolağın U_2 gərginliyindən K dəfə çoxdur, deməli, ikinci dolaqdakı \dot{I}_2 cərəyan şiddəti dolağın \dot{I}_1 cərəyan şiddətindən K dəfə çox olacaqdır. Yüksəldici transformatorada dolaqların gərginliyi ilə bu dolaqlardan keçən cərəyan arasında əks nisbət vardır.

Məsələn, birinci və ikinci dolaqlarının gərginliyi $U_1 = 220$ v, $U_2 = 24$ v olan transformatoru tam yüklənməyə qoşsaq, birinci dolaqda cərəyanın nominal qiymət $\dot{I}_1 = 0,3$ a olduqda ikinci dolaqda cərəyan şiddəti aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$\dot{I}_2 = 0,3 \frac{220}{24} = 2,75$$

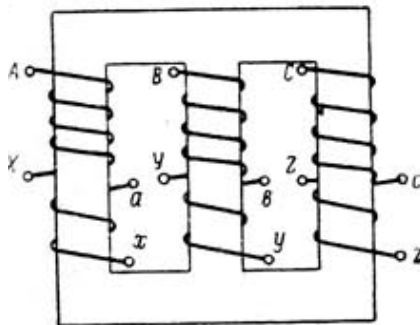
Birinci və ikinci dolaqların gərginliyi müvafiq surətdə $U_1 = 127$ v, $U_2 = 510$ v olarsa, ikinci dolaqdakı cərəyan şiddəti $I_2 = 0,2$ a alındıqda, birinci dolaqda cərəyan şiddəti təxminən aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$I_1 = I_2 \frac{U_2}{U_1} = 0,2 \frac{510}{127} = 0,8 \text{ a}$$

Beləliklə, daha yüksək gərginlik dolağında sarğılarən sayı çox olur və bu sarğılar alçaq gərginlik dolağındakına nisbətən en kəsiyi daha az olan məftillərdən hazırlanır, çünki yüksək gərginlik dolağındakı cərəyan şiddəti alçaq gərginlik dolağından azdır.

§82. ÜÇFAZALI TRANSFORMATORLAR

Üçfazlı transformatorları M. O. Dolvo-Dobrovolski ixtira etmişdir. O, 1891- ci ildə elektrik enerjisi veriliş xəttinin tikilməsində ilk dəfə olaraq üçfazlı transformatorlardan istifadə etmişdir. Üçfazlı transformatorların bir-birinə haça ilə birləşdirilmiş və dolaqlar yerləşdirilən çubuqdan ibarət içliyi vardır (şəkil 141). Yüksək gərginlik dolaqlarının sıxacları baş hərflərlə: dolaqların başlanğıcları A, B, C, dolaqların qurtaracaqları isə X, Y, Z ilə işarə olunur. Alçaq gərginlik dolaqlarının sıxacları isə sətiri hərflərlə: dolaqların başlanğıcları a, b, c qurtaracaqları x, y, z ilə göstərilir. Dolaqlardan çıxarılmış sıfır nöqtələri müvafiq olaraq O və o ilə işarə olunur. Yüksək və alçaq gərginlik dolaqları ulduz və üçbucaq birləşdirilə bilər.



Şəkil 141. Üçfazlı transformatorun prinsipial sxemi

Üçfazlı transformatorların dolaqlarının ulduz birləşdirilməsi Y, üçbucaq birləşdirilməsi icə Δ ilə işarə olunur; əgər dolaqlar ulduz birləşdirilmişsə və sıfır nöqtəsi vardırsa belə birləşdirmə Y_0 ilə göstərilir.

<i>Dolaqların birləşdirilməsi sxemləri</i>		<i>Şərti işarələr</i>
<i>Yüksək gərginlik</i>	<i>Alçaq gərginlik</i>	

Şəkil 142. Üçfazlı transformator dolaqlarının birləşdirilməsinin standart sxemləri

142-ci şəkildə üçfazlı transformatorların birləşdirilməsinin standart sxemləri və bu sxemlərin şərti işarələri verilmişdir. Cızığın üstündəki işarə yüksək gərginlik dolaqlarının birləşdirilmə sxemini, cızığın altındakı işarə isə alçaq gərginlik dolaqlarının birləşdirilmə sxemini göstərir.

142-ci şəkildən görünür ki, yüksək gərginlik dolaqları ulduz birləşdirilir, çünki belə bitləşdirmədə faza gərginliyi xətt gərginlikdən $\sqrt{3}$ dəfə az olur və dolaqların izolyasiyası üçbucaq birləşdirmədəkindən sadə alınır. Alçaq gərginlik dolaqlarını əksər hallarda üçbucaq

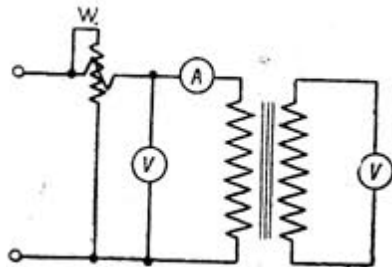
birdəşdirirlər, çünki, bu halda transformator fazaların yüklənməsindəki qeyri - bərabərliyə daha az həssas olur.

§83. YÜKSÜZ İŞLƏMƏ VƏ QISAQAPANMA TƏCRÜBƏSİ

Transformatorun yüksüz işləmə təcrübəsində (şəkil 143) ikinci dolaq açılır və onda cərəyan olmur ($I_2 = 0$). Birinci dolağı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşsaq, bu dolaqdan transformatorun nominal cərəyanına nisbətən çox kiçik qiyməti olan yüksüz işləmə cərəyanı keçəcəkdir.

Böyük güclü transformatorlarda yüksüz işləmə cərəyanı nominal cərəyanın 6- 10%-i qədər alına bilər. Az güclü transformatorlarda yüksüz işləmə cərəyanı nominal cərəyanın 20 – 25%-i qədər olur.

Yüksüz işləmə cərəyanı I_0 transformatorun içliyində maqnit seli yaradır. Transformator maqnit seli yaradılmasına şəbəkədən reaktiv güc sərf edir. Yüksüz işləmə zamanı aktiv güc içlikdə güc itkisinin əvəzinə sərf olunur; içlikdə güc itkisi histerezis və burulğan cərəyanlarla əlaqədardır.



Şəkil 143 Yüksüz işləmə təcrübəsinin sxemi

Transformatorun yüksüz işləməsində reaktiv güc aktiv gücdən çox olduğundan transformatorun güc əmsalı ($\cos \varphi$) çox kicikdir və adətən 0, 2-0, 3 olur. Transformatorun yüksüz işləmə təcrübəsində yüksüz işləmə cərəyanını I_0 , içliyin poladındakı itkini $-P_{pol}$ və transformasiya əmsalını $-K$ təyin edirlər. Yüksüz işləmə cərəyanı - I_0 transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş ampermetrlə ölçülür.

Üçfazlı transformatoru sınaqda yüksüz işləmənin faza cərəyanını təyin edilir. Transformatorun birinci dolaqları ulduz birləşdirildikdə

$\dot{I}_0 = \dot{I}$, üçbucaq birləşdirildikdə isə $\dot{I}_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} \dot{I}$ olacaqdır, burada \dot{I} yüksüz işləmə təcrübəsində ölçülmüş cərəyandır.

İçliyin poladındakı P_{pol} itkisini transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş vattmetr ilə ölçürlər. Transformatorun yüksüz işləmə təcrübəsində ikinci dolaqda cərəyan sıfıra bərabərdir, birinci dolaqdan isə çox az yüksüz işləmə cərəyanı keçir. Buna görə də birinci tərəfin qızmasına sərf olunam güc az, ikinci dolağındakı isə sıfıra bərabərdir. Buna görə də belə zənn edə bilərik ki, yüksüz işləmə təcrübəsində transformatorun sərf etdiyi güc ancaq poladdakı itkilərin əvəzini çıxmaq üçündür. Transformasiya əmsalını birinci və ikinci dolaqların dövrəsinə qoşulmuş voltmetrlərin göstərişinə əsasən müəyyən edirlər. Transformator yüksüz işlədikdə ikinci dolaqda cərəyan olmur və deməli, bu dolaqda gərginlik düşküsü də yoxdur. Buna görə də ikinci dolaqda induksiyalanan E_2 EQH həmin dolağın sıxaclarındakı U_2 gərginliyinə bərabərdir: $E_2 = U_2$.

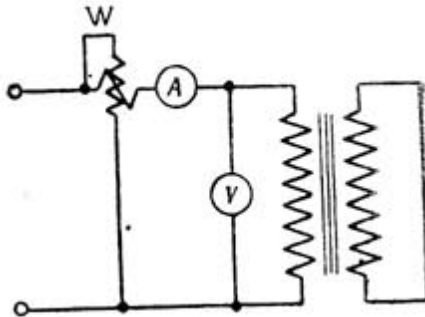
Transformatorun birinci dolağının sıxaclarına verilən gərginlik bu dolaqda maqnit seli ilə induksiyalanan E_1 EQH ilə əməli olaraq tarazlaşır. Deməli, gərginliyin və EQH-nin mütləq qiymətləri arasında aşağıdakı təxmini bərabərliyin olmasına yol verilə bilər:

$$U_1 = E_1.$$

Buradan transformasiya əmsalı aşağıdakı kimi alınacaqdır.

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44W_1f F_T}{4,44W_2f F_T} = \frac{W_1}{W_2}.$$

Qısaqapanma təcrübəsində (şəkil 144) transformatorun ikinci dolağı qısa qapanır, yəni bu dolağın sıxaclarındakı gərginlik sıfıra bərabər olur.



Şəkil 144. Transformatorun qısaqapanma təcrübəsinin sxemi

Birinci dolaq isə çox alçaldılmış gərginlik verən və bu halda dolaqlardakı cərəyan nominala bərabər olan cərəyan mənbəyinə qoşulur. Belə alçaq gərginliyə **qısa qapanma gərginliyi** deyilir.

Qısaqapanma gərginliyi bir çox hallarda nominal qiymətinin 5, 5%-ə bərabərdir.

Qısaqapanma təcrübəsi ilə qısaqapanma gərginliyini – $U_{q.q.}$ dolaqların qızmasına itkiləri (misdə P_{mis} itkisini) və qısaqapanma zamanı transformatorun $Z_{q.q.}$ müqavimətini təyin edirlər.

Qısaqapanmanın gərginliyini transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş voltmetrlə ölçürlər. Transformatorun qısaqapanma təcrübəsində birinci dolağa verilən gərginlik az olduğundan transformatorun içliyindəki maqnit seli də az olacaqdır. Buna görə də maqnit selinin kvadratına mütənasib olan poladda itkilər də az alınacaq və qısaqapanma zamanı transformatorun işlətdiyi

güc əməli olaraq ancaq misdəki itkilərin əvəzinə sərf olunacaqdır.

Deməli, dolaqların misində itkilər qısaqapanma təcrübəsi zamanı transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş vattmetrin göstərişini müəyyən edəcəkdir.

Transformatorun qısaqapanma müqavimətini aşağıdakı ifadələrdən tapırlar:

$$Z_{q.q.} = \frac{U_{q.q.}}{I}; R_{q.q.} = \frac{P_{q.q.}}{I^2}; X_{q.q.} = \sqrt{Z_{q.q.}^2 - R_{q.q.}^2}$$

burada $Z_{q.q.}$, $R_{q.q.}$, $X_{q.q.}$ – transformatorun qısaqapanmasında tam, aktiv və reaktiv müqavimtlər;

$U_{q.q.}$, I , $P_{q.q.}$ – transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş cihazlarla ölçülən gərginlik, cərəyan və gücdür.

Üçfazlı transformatoru sınıqda, gərginliyin, cərəyanın və gücün faza qiymətlərini yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz ifadələrdə yerinə qoymaq lazımdır.

§84. TRANSFORMATORUN FAYDALI İŞ ƏMSALI

Transformatorun faydalı iş əmsalı onun P_2 faydalı gücünün elektrik enerji mənbəyi şəbəkəsində sərf etdiyi P_1 gücünün nisbətinə deyilir:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Sərf olunan P_1 gücü P_2 faydalı gücündən həmişə az alınır; çünki transformator işlədikdə çevrilən enerjiddə itkilər olur. Transformatoradakı itkilər içliyin poladında histerezis və burulğan cərəyanlara P_{pol} itkisindən və dolaqlardan keçən cərəyanla bu dolaqların qızdırılmasına sərf olunan P_{mis} mis itkisindən ibarətdir. Poladda itkilər transformatorun yüksüz işləmə təcrübəsi, misdə itkilər isə qısaqapanma təcrübəsi ilə müəyyən edilir.

Beləliklə, transformatorun sərf etdiyi güc aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P_1 = P_2 + P_{\text{pol}} + P_{\text{mis}}$$

Transformatorun faydalı gücü aşağıdakı nisbətlərlə təyin edilir.

Birfazlı transformator üçün

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi$$

Üçfazlı transformator üçün

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi$$

Deməli, f. i. ə-nı aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

Birfazlı transformator üçün

$$\eta = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_p + P_m}$$

Üçfazlı transformator üçün

$$\eta = \frac{\sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_p + P_m}$$

Transformatorun ən böyük f. i. ə. poladdakı itkiləri misdəki itkilərə bərabər olan yüklənmədə alınacaqdır. Müasir transformatorlarda FİƏ çox yüksəkdir və yüklənmədə 95-99, 5% təşkil edir.

F i. ə. Transformatorun birinci və ikinci dolaqlarının dövrəsinə qoşulmuş vattmetrlər sərf olunan P_1 və faydalı P_2 gücünü göstərən təcrübə ilə müəyyən edilə bilər.

Lakin FİƏ-nin belə müəyyən edilməsi elektrik enerjisinin sərfi ilə əlaqədardır; müvafiq surətdə aktiv, induktiv və tutum yükləri ola bilən iri reostatlar, induktiv makaralar və kondensator batareyaları tələb edilir.

Bundan başqa $P_1 - P_2$ arasındakı fərq az olduğundan belə ölçmələr dəqiq nəticə vermir və deməli, vattmetrlərin azacıq xətası f. i. ə -nin təyininə çox böyük xətalara səbəb ola bilər.

Buna görə də təcrübədə transformatorun FİƏ - ni istənilən P_2 yüklənməsi üçün yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz düsturla müəyyən

edirlər. Bu halda P_2 faydalı gücü məsələn, nominal gücün 0, 25, 50, 75, 100, 125%-i verilir və seçilmiş hər bir güc üçün transformatoradakı itkiləri tapırlar.

İçliyin poladındakı P_p itkisi poladın markasından, şəbəkədəkicərəyanın tezliyindən və içlikdəki maqnit induksiyasından asılıdır. Transformator işləyərkən cərəyanın tezliyi və maqnit induksiyası dəyişilmədiyindən poladda itkilər yüklənmədən asılı deyildir və sabit qalır.

Dolaqların misindəki, bu dolağın məfillərinin qızmasına sərf olunan itkilər cərəyanın ikinci dərəcəsinə mütənasibdir. Beləliklə nominalın 0, 5 –i qədərdirsə bərabər yüklənmədə dolaqlardakı cərəyan nominal yüklənmədən iki dəfə, dolağın misindəki itkiləri isə dörd dəfə az alınacaqdır.

Misal. Gücü $P_2 = 5$ kva olan transformatorun tam (100%) yüklənmədə poladdakı itkisi $P_p = 60$ vt və misdəki itkisi $P_m = 185$ vt-dır. Yüklənməni aktiv ($\cos \varphi = 1$) qəbul etməklə nominalın 100, 75, və 25%- də olan yüklənmə zamanı FİƏ -ni təyin etməli.

Həlli. Tam yüklənmə zamanı transformatorun faydalı gücü

$$P_2 = P_{2N} \cos \varphi = 5 * 1 = 5 \text{ kvt} = 5000 \text{ vt}$$

FİƏİsə

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_p + P_m} = \frac{5000}{5000 + 60 + 185} = 0,95$$

olacaqdır.

Yüklənmə 0, 75 P_{2N} olduqda faydalı güc

$$P_2 = 0,75 * 5000 = 3750 \text{ vt},$$

Misdə itkilər

$$P_m (0,75)^2 P_{2N} = (0,75)^2 * 185 = 104 \text{ vt}$$

f. i. ə isə

$$\eta = \frac{3750}{3750 + 60 + 104} = 0,955$$

olacaqdır.

Yüklənmə, 0, 5 P_{2N} olduqda faydalı güc

$$P_2 = 0,5 * 5000 = 2500 \text{ vt},$$

misdə itkilər

$$P_m = (0,5)^2 * 185 = 46 \text{ vt}$$

FİƏİsə

$$\eta = \frac{2500}{2500+60+46} = 0,96$$

alınacaqdır.

Yüklənmə

$(0,25)^2 P_{2N}$ olduqda faydalı güc

$$P_2 = 0,25 * 5000 = 1250 \text{ vt,}$$

Misdə itkilər

$$P_m = (0,25)^2 * 185 = 10,9 \text{ vt,}$$

f. i. ə. isə

$$\eta = \frac{1250}{1250+60+10,9} = 0,94$$

olacaqdır.

§85. AVTOTRANSFORMATORLAR

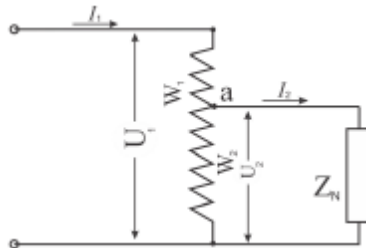
Avtotransformatorlar, alçaq gərginlik dolağı yüksək gərginlik dolağının bir hissəsini təşkil edən transformatorlardan ibarətdir. Avtotransformatorlar alçaldıcı və yüksəldici ola bilər.

Alçaldıcı avtotransformatorun prinsipial sxemi **145-ci şəkildə** göstərilmişdir. Sxemdən görüldüyü kimi A – X dolağının ardıcıl birləşdirilmiş w_1 sarğıları vardır və gərginliyi U_1 olan dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulmuşdur. Sarğılardan sayı w_2 olan dolağın a – X hissəsi Z_n enerji qəbuledicisinə qapanmışdır.

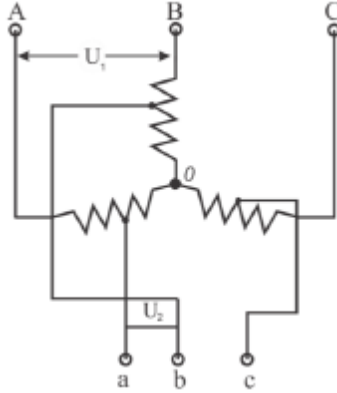
Avtotransformatorun dolaqlarında induksiya olunan EMF A – X dolağında $E_1 = 4,44w_1f F_T$

Dolağın a – X hissəsində isə $E_2 = 4,44w_2f F_T$ olacaqdır.

Avtotransformator yüksüz işlədikdə birinci şəbəkənin U_2 gərginliyi dolağın a- X hissəsində induksiya olunan E_2 EMF-nə, birinci şəbəkənin U_1 gərginliyi isə A-X dolağında induksiya olunan E_1 e. h. q-yə miqdarca bərabərdir, yəni $U_2 = E_2$ və $U_1 = E_1$



Şəkil 145 Alçaldıcı avtotransformatorun sxemi



Şəkil 146. Dolaqları ulduz birləşdirilmiş üçfazlı avtotransformatorun sxemi

Yüksüz işlədikdə avtotransformatorun birinci gərginliyinin ikinci gərginliyinə nisbəti onun transformasiya əmsalına və ya w_1 və w_2 dolaqların sarğılarının nisbətində bərabərdir,

yəni

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44w_1f F_T}{4,44w_2f F_T} = \frac{w_1}{w_2} = K.$$

Avtotransformator yüklənmiş olduqda birinci və ikinci şəbəkələrinin gücünü, avtotransformatordakı nisbətən az itkiləri nəzərə almasaq, bərabər hesab edə bilərik, yəni

$$\dot{I}_1 U_1 = \dot{I}_2 U_2$$

Nəzərdən keçirdiyimiz bu halda w_1 sarğılarının sayı w_2 sarğılarının sayından çoxdur, çünki U_1 birinci gərginliyi U_2 ikinci gərginliyindən yüksəkdir; deməli, ikinci şəbəkədəki \dot{I}_2 cərəyan şiddəti birinci şəbəkədəki \dot{I}_1 cərəyan şiddətindən yüksəkdir.

Beləliklə, seçdiyimiz momentdə dolağın a - X hissəsində X nöqtəsindən (a) nöqtəsinə gedən \dot{I}_2 cərəyanı və (a) nöqtəsindən X nöqtəsinə gedən \dot{I}_1 cərəyanı axır, yəni dolağın a - X hissəsindəki \dot{I}_{1-2} cərəyan şiddəti hər bir momentdə \dot{I}_2 və \dot{I}_1 cərəyan şiddətinin fərqi bərabərdir. Bu halda

$$\dot{I}_{1-2} = \dot{I}_2 - \dot{I}_1$$

Deməli, dolağın a - X hissəsi, burada cərəyan şiddəti $\dot{I}_2 - \dot{I}_1$ fərqi bərabər olduğundan kiçik en kəsikli məftillərdən hazırlana bilər.

Adi transformatorlara nisbətən avtotransformatorun əsas üstünlüyü az mis və polad tələb etməsi və enerji itkisinin az olmasıdır.

Avtotransformatorların transformasiya əmsalı ən çoxu 2 olmalıdır, çünki bu əmsal artdıqda, material sərfi cəhətdən adi transformatorlara nisbətən avtotransformatorun üstünlüyü azalır. Avtotransformatorların ən böyük nöqsanı odur ki, yüksək və alçaq gərginlik şəbəkələri elektriki birləşdikdə alçaq gərginlik şəbəkəsi yüksək gərginlik altına düşə bilər. Avtotransformatorlarda transformasiya əmsalının çoxalması bunlara xidmətin təhlükəliliyini artırır.

Üçfazlı şəbəkələrdə üçfazlı transformatorlardan istifadə edilir (**şəkil 146**).

Avtotransformator quruluşca adi transformatorlardan fərqlənmir. Zirehli və ya çubuq tipli içlikdə müxtəlif en kəsikli məftillərdən hazırlanmış və bir-biri ilə elektriki birləşdirilmiş iki dolaqyerləşdirilir.

İçliyin en kəsiyi avtotransformatorun aşağıdakı düsturla ifadə olunan elektromaqnit hesablama gücünə görə müəyyən edilir:

$$P_h = P_2 \left(1 - \frac{1}{K}\right)$$

Burada P_2 - avtotransformatorun faydalı gücü;

K – transformasiya əmsalıdır.

Dolaqlarda məftillərin en kəsiyi dolaqlardan keçən cərəyanlara görə müəyyən edilir (145 –ci şəkilə bax):

$$\dot{I}_{Aa} = \dot{I}_A; \dot{I}_{ax} = \dot{I}_a - \dot{I}_A.$$

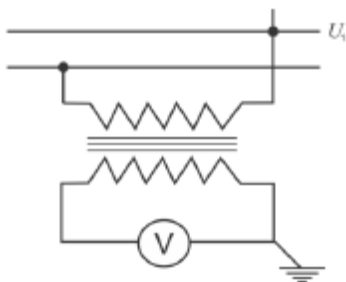
Dolaqlarda sarğılardan sayı hesablama gərginliklərinə görə, yəni

$U_{Aa} = U_{AX} - U_{ax}$ üçün w_{Aa} və U_{ax} üçün w_{ax} təyin edilir.

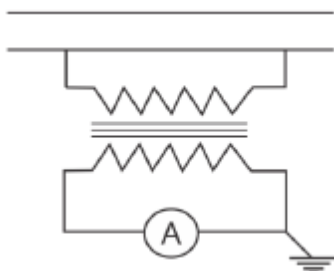
Dəyişən cərəyan şəbəkəsində gərginliyi tənzimləmək üçün LATR tipli tənzimlənən laboratoriya avtotransformatorlarından geniş istifadə olunur. LATR, sarğılardan bir hissəsindən izolyasiyası götürülmüş avtotransformatorlardan ibarətdir. Dolağın çılpaq naqillərinin üzəri ilə kömür fırça hərəkət edir; bu fırçanın eni elə götürülür ki, ən çoxu iki naqilin üstünü örtür, yəni ən çoxu bir sarğına qısa qapayır. LATR dolaqlarının naqilləri və kömür fırça arasında yaranan çox böyük keçid müqaviməti qısa qapanmış sarğıda cərəyan şiddətini məhdudlaşdırır.

§86. ÖLÇÜ TRANSFORMATORLARI

Ölçü transformatorları iki cür olur: gərginlik transformatoru və cərəyan transformatoru. Bu transformatorlar ölçü cihazlarının ölçmə həddini genişlətmək və həmin cihazları yüksək gərginlik altında olan cərəyan keçən hissələrdən izolyasiya etmək üçün dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə olunur.



Şəkil 147. Gərginlik transformatorunun sxemi



Şəkil 148. Cərəyan transformatorunun sxemi

Gərginlik transformatoru (şəkil 147) quruluşca adi azgüclü transformatorudur. Birinci dolaq şəbəkənin gərginliyi ölçülən məftillərinə qoşulur: ikinci dolağa bir-birinə paralel olmaqla voltmetr və ya vattmetrin, sayğacın və s. paralel dövrləri birləşdirilir. Transformasiya əmsalı elə seçilir ki, ilkin nominal gərginlikdə transformatorun ikinci dolağının gərginliyi 100 v alınsın. Gərginlik transformatorunun iş rejimi adi transformatorun yüksüz işləmə rejiminə bənzəyir, çünki vattmetrin, sayğacın və s. dolaqlarına paralel qoşulmuş voltmetrin müqaviməti yüksəkdir və buna görə də ikinci dolaqda cərəyan şiddəti nisbətən az alınır.

Gərginlik transformatorunun ikinci dolağına bir çox ölçü cihazların qoşulması arzu olunur. İkinci dolağa qoşulmuş voltmetrə paralel olaraq bir voltmetr və ya vattmetrin, sayğacın və s. paralel dolağını da birləşdirsək, ikinci dolaqda cərəyan artacaqdır; bu isə ikinci dolaqda gərginliyin dəyişilməsinə səbəb olacaq və nəticədə cihazların göstəriş dəqiqliyi azalacaqdır. Cərəyan transformatorları çoxşiddətli dəyişən cərəyanı azşiddətli cərəyanə çevirmək üçündür. Belə transformatorları elə hazırlayırlar ki, birinci dolaqda cərəyan şiddəti normal olduqda ikinci dolaqdakı cərəyan şiddəti 5 (a) alınır. Transformatorun birinci dolağı(şəkil 148) cərəyan şiddəti ölçülən xəttmətilinəqoşulur. (yüklənməyə ardıcıl olaraq);ikinci dolaq ampermetrə, vattmetrin, sayğacın və s. ardıcıl dolağına, yəni az müqavimətli ölçü cihazına qapanır, həm də bu ölçü cihazları eyni ikinci cərəyanın keçməsi üçün bir-birinə ardıcıl birləşdirilir. Cərəyan transformatorunun iş rejimi adi transformatorun iş rejimindən xeyli fərqlənir. Adi transformatorda verilən gərginlik eyni qalmaqla yüklənmə dəyişdikdə içlikdəki maqnit seli sabit qalır. Yüklənmə, yəni adi transformatorun ikinci dolağında cərəyan şiddəti azaldıqda, birinci dolaqdakı cərəyan şiddəti də azalır, ikinci dolaq açıldıqda isə birinci dolaqdakı cərəyan şiddəti yüksüz işləmə cərəyan şiddətinə qədər azalır. Cərəyan transformatorunda ikinci dolaq müqaviməti az olan ölçü cihazına qapanır və iş rejimi qısaqapanma rejiminə yaxın alınır, buna görə də cərəyan transformatorun içliyində maqnit seli az olur. Cərəyan transformatorun ikinci dolağını açsaq, onda cərəyan olmayacaq, birinci dolaqda isə cərəyan adi transformatorunda olduğu kimi , azalmayıb dəyişməz qalacaqdır.

Beləliklə, cərəyan transformatorunun ikinci dolağı açılmış olduqda birinci dolağın cərəyanı ilə yaradılan və ikinci dolağın cərəyanının maqnitləşdirmə təsiri ilə qarşılaşmayan içlikdəki maqnit seli çox böyük alınacaqdır. Deməli, sarğıların sayı çox olan ikinci dolağın EHQ xidmət edən heyətin həyatı üçün təhlükəli sayılan çox böyük qiymətə (2, 5 kv-a qədər) çatacaqdır. Buna görə dəölçü cihazlarını cərəyan transformatorunun ikinci dolağının dövrəsindən açdıqda bu dolağı əvvəlcədən qısaqapanmaq lazımdır. Cərəyan transformatorun ikinci dolağının dövrəsinə bir çox ölçü cihazları qoşulması ölçmə dəqiqliyinin azalmasına səbəb olur. Cərəyan transformatorun lövhəsində ikinci dolağın dövrəsini qapadıqda yolverilən ən böyük

müqavimətin həddi göstərilir. Cərəyan transformatoru təyinatından asılı olaraq müxtəlif konstruksiyalı hazırlanır; stasionar və gəzdirmə tipli olur. Ölçü transformatorları ilə işlədikdə birinci dolaqların izolyasiyası deşilə bilər və nəticədə birinci dolaq içliklə və ya ikinci dolaqla elektriki birləşər. Ölçü transformatorları ilə işlədikdə təhlükəsizliyi təmin etmək məqsədi ilə ikinci dolağın bir sıxacını və içliyi yerlə əlaqələndirirlər.

§87. AZ GÜCLÜ TRANSFORMATORLARIN HESABLANMASI

Azgülü transformatorların hesablanmasında məlum kəmiyyət olaraq içlik poladının çəkisinin, dolaqların misinin çəkisinə nisbətini, aktiv materialların elektromaqnit yüklənməsini, yəni maqnit induksiyasını və cərəyan sıxlığını götürmək daha yaxşıdır.

Hesablamada verilmiş kəmiyyətlər aşağıdakılardır:

- 1) transformatorun nominal tam gücü S_N , yəni tam yüklənmədə ikinci dolağın elektrik enerjisi qəbuledicisinə verdiyi güc, (VA) ilə;
- 2) Birinci dolağın gərginliyi U_1 , v ilə;
- 3) İkinci dolağın gərginliyi U_2 , v ilə;
- 4) Şəbəkədəki cərəyanın tezliyi f , hs ilə.

Azgülü transformatorlarda hava soyudulmasından istifadə olunur, kiçik adətən, zirehli hazırlanır. Zirehli tipli içlik standart lövhələrdən yığıldığından zirehli içliyi olan transformatoru asanlıqla hazırlamaq olur. Lakin bəzi hallarda içlik çubuq tipində ola bilər.

Məsələn, transformatorun dolaqlarından biri yüksək (1000V-dan çox) gərginlikdə işləyəcəkdirsə, içlik çubuq tipli götürülməlidir; çünki yuxarıda göstəriləni kimi, bu halda transformatorun yüksək gərginlik dolağını içlikdən daha asanlıqla izolyasiya etmək mümkündür.

Hesablamaya başlamazdan əvvəl verilmiş məlumatları (aşağıda göstərilən hədlərdə) qəbul edirik.

1. İçlik poladının çəkisinin transformator dolaqlarının çəkisinə nisbəti:

$$\alpha = \frac{G_N}{G_M} = 2 \div 6$$

Transformatorun gücü nə qədər az olarsa, α o qədər çox götürülməlidir; çünki güc az olduqda məftillərin en kəsiyini kiçik götürülür və dolaq məftillərin dəyəri çox alınır.

2. Transformatorun birinci və ikinci dolağında cərəyan sıxlığı:

$$j = 2 \div 3,5a / mm^2$$

3. İçliyin çubuğunda maqnit induksiyası (şəbəkədəki cərəyanın tezliyi 50hs olduqda):

$$B = 10\,000 \div 14\,000gs$$

Transformatoru aşağıdakı qayda üzrə hesablayırıq:

1) transformasiya əmsalı:

$$K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{U_1}{U_2};$$

2) ikinci dolağın cərəyan şiddəti:

$$I_2 = \frac{S_N}{U_2};$$

3) birinci dolağın cərəyan şiddəti:

$$I_1 = \frac{S_N}{\eta U_1}$$

Burada η - transformatorun f. i. ə-dır, $0,85 \div 0,95$ götürülür;

4) dolaq məftillərin en kəsiyi :

birinci dolaqda

$$q_1 = \frac{I_1}{j}.$$

İkinci dolaqda

$$q_2 = \frac{I_2}{j}.$$

burada j - cərəyan sıxlığıdır(hesablamanın əvvəlində qəbul olunur)

dolaq misin çeşidi ən yaxın standart q_1 və q_2 en kəsiyini 10-cu cədvəldən seçirik.

İzolyasiyasız məftilin d' diametrini və izolyasiyalı məftilin d diametrini də həmin cədvəldəngötürürük;

5) dolaqlarda cərəyanın həqiqi sıxlığı:

birinci dolaqda

$$j_1 = \frac{I_1}{q_1}.$$

İkinci dolaqda

$$j_2 = \frac{I_2}{q_2}.$$

Burada q_1 və q_2 – birinci və ikinci dolaqların məftillərinin seçdiyimiz standart en kəsiyidir.

Cərəyanın orta sıxlığı belə olacaqdır:

$$j = \sqrt{j_1 j_2}$$

6) içlik çubuğunun en kəsiyi:

$$S_{\zeta} = C \sqrt{\frac{S_N \alpha 10^2}{f B j}} \text{ sm}^2$$

Burada C- zirehli içlikdə əmsal 0, 6 ÷ 0, 8 götürülür;

S_{ζ} – verilmiş güc;

f – cərəyanın tezliyi

α , B, j- hesablamamanın əvvəlində götürülmüş kəmiyyətlərdir.

Cərəyanın tezliyi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$S_{\zeta} = (1, 2 \div 1, 4) \sqrt{S_N} \text{ sm}^2$$

7) içliyin çubuğunda maqnit seli:

$$F = B S_{\zeta} \text{ mks}$$

8) dolaqlardakı sarğılar sayı

birinci dolaqda

$$\omega_1 = \frac{U_1 10^5}{4,44 f F}$$

İkinci dolaqda

$$\omega_2 = \frac{U_2 10^5}{4,44 f F}$$

F – 50hs olduqda

$$\omega_1 = \frac{4,5 U_1 10^5}{4,44 f F} \quad \text{və} \quad \omega_2 = \frac{4,5 U_2 10^5}{F}$$

9) içlik pəncərəsinin sahəsi

$$Q_{pən} = \frac{\omega_1 q_1 - \omega_2 q_2}{K_{pən}} \text{ mm}^2$$

$K_{pən}$ – içlik pəncərəsinin mislə doldurulma əmsalıdır.

Bu əmsal məftilin izolyasiyasını, dolaqların arasındakı izolyasiyanı və dolaqların içlikdən izolyasiyasını nəzərə alır. Məftillərin markasından asılı olaraq $K_{pən} = 0, 25 \div 0, 35$ alınır. Emal izolyasiyalı məftil üçün $K_{pən} = 0, 3$ götürülə bilər;

10) içlik çubuğun ölçüləri. Azgüclü transformatorlar üçün tərəflərinin nisbəti aşağıdakı kimi olan içlik çubuğunun en kəsiyini düzbucaqlı qəbul etmək olar:

$$\frac{b}{a} = 1, 2 \div 2.$$

Deməli, çubuğunun kəsiyinin kiçik tərəfi

$$\alpha = \sqrt{\frac{S_{\zeta}100}{1,2 \div 2}} mm^2$$

Olacaqdır (içliyin en kəsiyinin mm^2 ilə ifadə etmək üçün kök altında 100 rəqəmi götürülmüşdür).

İçliyin müəyyən etdiyimiz α eninə və içlik pəncərəsinin sahəsinə görə standart lövhələr seçirik. İçliyin ölçüləri 149-cu şəkildə göstərilmişdir.

Lövhələri elə seçmək lazımdır ki, pəncərənin 11-ci cədvəldə göstərilmiş sahəsi transformatorun hesablanması üçün **9-cub**əndində müəyyən edilmiş sahəyə bərabər alınsın və ya bundan çox olsun.

İçliyin en kəsiyinin böyük tərəfi:

$$b = \frac{S_{\zeta}100}{\alpha} mm.$$

İçliyi yığmaq üçün tələb olunan lövhələrin sayını aşağıdakı düsturla müəyyən edilir:

$$n = \frac{b}{\Delta}$$

burada

Δ - polad təbəqələrin qalınlığıdır, 5 və ya 0,35mm götürülür;

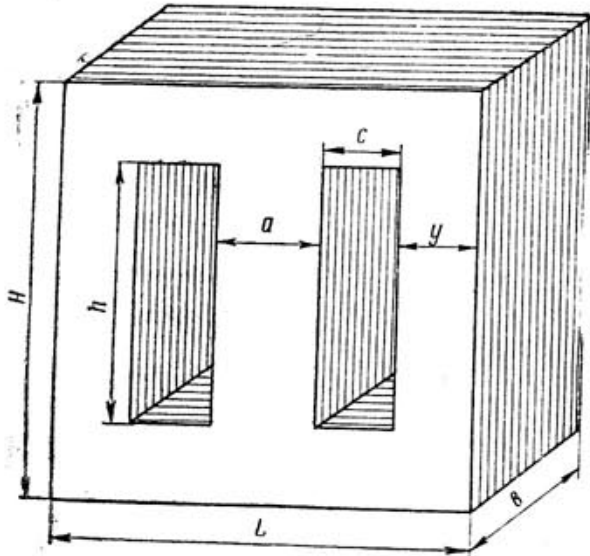
11) içlikdə dolaqların yerləşdirilməsi.

İçliyin yuxarı və aşağı tərəflərində 2mm qalınlıqda presspan araqatı qoyulur.

Cədvəl 10

E- 2II6 markalı dolaq məftillərinə dair məlumat
(IIƏ-əmal izolyasiyalı mis məftildir)

<i>Misin en kəsiyi</i>	<i>İzolyasiyasız məftilin diametri</i>	<i>İzolyasiyalı məftilin diametri</i>	<i>Misin en kəsiyi</i>	<i>İzolyasiyasız məftilin diametri</i>	<i>İzolyasiyalı məftilin diametri</i>
0,0079	0,10	0,115	0,2043	0,51	0,515
0,0095	0,11	0,125	0,2376	0,55	0,590
0,0113	0,12	0,135	0,2734	0,59	0,630
0,01333	0,13	0,145	0,3217	0,64	0,680
0,0154	0,14	0,155	0,3739	0,69	0,730
0,0177	0,15	0,165	0,4300	0,74	0,790
0,0201	0,16	0,175	0,5026	0,80	0,850
0,0227	0,17	0,185	0,5810	0,86	0,910
0,0255	0,18	0,195	0,6793	0,93	0,980
0,0284	0,19	0,205	0,7854	1,00	1,050
0,0314	0,20	0,215	0,9161	1,08	1,140
0,0346	0,21	0,230	1,0570	1,16	1,220
0,0416	0,23	0,250	1,1310	1,20	1,260
0,0491	0,25	0,270	1,2272	1,25	1,310
0,0573	0,27	0,295	1,4314	1,35	1,410
0,0661	0,29	0,315	0,6513	1,45	1,510
0,0755	0,31	0,340	1,9113	1,56	1,620
0,0855	0,33	0,360	2,2167	1,68	1,740
0,0962	0,35	0,380	2,5730	1,81	1,870
0,1134	0,38	0,410	2,9865	1,95	2,010
0,1320	0,41	0,440	3,2047	2,02	2,080
0,1521	0,44	0,475	3,4637	2,10	2,160
0,1735	0,47	0,505	4,0115	2,26	2,320
0,1885	0,49	0,525	4,6759	2,44	2,500



Şəkil 149 zirehli tipli içliyin ölçüləri

Cədvəl 11

Ə-41, Ə-42, Ə-310 markalı poladdan hazırlanmış vu tipli(genişləndirilmiş haçalı) standart lövhələr

Lövhənin tipi	çubuğun eni	haçanın eni	pəncərənin eni	pəncərənin hündürlüyü	pəncərənin sahəsi	içliyin uzunluğu	içliyin hündürlüyü
VIII-10	10	6,5	6,5	18	117	36	31
VIII-12	12	8	8	22	176	44	38
VIII-14	14	9	9	25	225	50	43
VIII-16	16	10	10	28	280	56	48
VIII-19	19	12	12	33,5	402	67	57,5
VIII-22	22	14	14	39	546	78	67
VIII-26	26	17	17	47	799	94	81
VIII-30	30	19	19	53	1 010	106	91
VIII-35	35	22	22	61,5	1 350	123	105,5
VIII-40	40	26	26	72	1 870	144	124

Bundan başqa, dolağın hər bir makarasına 0, 2 mm qalınlıqda iplik parçadan lent sarınır. Deməli, çubuğun hündürlüyü üzrə boşluq və ya dolağın hündürlüyü aşağıdakı kimi alınır:

$$h_D = h - 2 \cdot 2 = h - 4, 4 \text{ mm,}$$

burada h – içlik pəncərəsinin hündürlüyüdür, seçilmiş standart lövhələr üçün 11-ci cədvəldən götürülür.

Çubuğun hündürlüyü üzrə dolaqdakı sarğıların sayı belə olacaqdır:
birinci dolaqda

$$w_1 = \frac{h_1}{d_1}$$

İkinci dolaqda

$$w_2 = \frac{h_1}{d_2}$$

Burada d_1 və d_2 - birinci və ikinci dolaqda izolyasiyalı məftillərin diametridir.

Pəncərənin eni üzrə dolaq cərgələrinin sayı aşağıdakı kimi alınacaqdır:

birinci dolaqda

$$K_1 = \frac{w_1}{w_1}$$

İkinci dolaqda

$$K_2 = \frac{w_2}{w_2}$$

Cərgələrin sayı yaxın tam ədədə qədər yuvarlasaq aşağıdakı kimi alınacaqdır.

Makaraların qalınlığı belə olacaqdır

Birinci

$$\delta_1 = K_1 d_1 \text{ mm,}$$

İkinci

$$\delta_2 = K_2 d_2 \text{ mm,}$$

9) içliyin pəncərəsində dolaqların yerləşdirilməsinin yoxlanılması.

Dolaqları içlikdən izolyasiya etmək üçün dolağın üzərinə 1, 5 mm qalınlıqda presspan giliz taxılır.

Birinci və ikinci dolağın arasına təxminən 2 mm qalınlıqda presspan araqatı qoyulur.

Bundan başqa, dolağın qatları arasına nazik kağız izolyasiyası da qoyular ki, bunu nəzərə almamaq da olar.

Deməli, içlik pəncərəsinin eni üzrə dolağın və izolyasiya araqlarının radial ölçüləri aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$b = b_1 + b_2 + 1, 5 + 2 = b_1 + b_2 + 3, 5 \text{ mm.}$$

İçliyin pəncərəsində dolaqlar haçadan bu qədər məsafədə yerləşdirilməlidir:

$$b_c = c - b$$

burada c – içlik pəncərəsinin enidir, seçdiyimiz lövhə üçün 11-ci cədvəldən tapılır.

b_c məsafəsi $4 \div 5$ mm götürülməlidir.

Lakin b_c –nin çox böyük götürülməsi arzu olunmayan haldır;

Bu transformatorun ölçüləri və çəkisinin artması ilə nəticələnir. Buna görə də b_c -dən çoxu 8 və ya 10mm olmalıdır.

Hesablama nəticəsində b_c -nin 4-dən az və ya 10 mm-dən çox olması müəyyən edilərsə, içlik hazırlamaq üçün birinci halda pəncərəsinin sahəsi çox, ikinci halda isə az olan standart lövhə nömrəsi götürmək lazımdır.

b_c yolverilən həddə olarsa, transformatorun konstruksiya hesablanması bitmiş hesab edib, polad içliyin transformator dolağının həcmi və çəkisini, dolaqların müqavimətini, dolaqlarda və içlikdə itkiləri, f. i. ə-nı, habelə yüksüz işləmə cərəyanını təyin etmək olar.

§88. AZ GÜCLÜ TRANSFORMATORUN HESABLANMASINA MİSAL

Tutaq ki, birinci və ikinci dolaqlarının gərginliyi $U_1 = 127$ v,

$U_2 = 12$ v, gücü $S_k = 60$ va olan transformatoru hesablamaq lazımdır. Şəbəkədəki cərəyanın tezliyi $f = 50$ hs,

İçlik isə zirehli tiplidir.

Hesablama üçün poladın çəkisinin misin çəkisinə nisbətini

$\alpha = 5, 5$ maqnit induksiyasını $B = 13000$ gs və cərəyan sıxlığı $j = 2, 5$ a/mm² götürək. Hesablama üçün yuxarıda qəbul etdiyimiz qaydaya əsasən aşağıdakıları təyin edirik:

1) transformasiya əmsalını:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{127}{12} = 10, 6$$

2) ikinci dolağın cərəyanını:

$$I_2 = \frac{S_n}{U_2} = \frac{60}{12} = 5 \text{ a}$$

3) birinci dolağın cərəyan şiddəti

$$I_1 = \frac{S_n}{\eta U_1} = \frac{60}{0,85 \cdot 127} = 0,56 \text{ a}$$

(f. i. ə-nı $\eta = 0,85$ qəbul edirik)

4) birinci və ikinci dolaqlarda məftillərin en kəsiyini:

$$q_1 = \frac{i_1}{j} = \frac{0,56}{2,5} = 0,22 \text{ mm}^2, \quad q_2 = \frac{i_2}{j} = \frac{5}{2,5} = 2 \text{ mm}^2$$

Məftillərin yaxın standart en kəsiyini 10-cu cədvəldən seçib, izolyasiyalı və izolyasiyasız diametrini yazırıq:

$$q_1 = 0,24 \text{ mm}^2, \quad d_1 = 0,55 \text{ mm}, \quad d_1 = 0,59 \text{ mm}$$

$$q_2 = 2,22 \text{ mm}^2, \quad d_2 = 1,68 \text{ mm}, \quad d_2 = 1,74 \text{ mm}$$

5) Dolaqlarda cərəyanın həqiqi sıxlığını:

$$j_1 = \frac{i_1}{q_1} = \frac{0,56}{0,24} = 2,33 \text{ a/mm}^2, \quad .$$

$$j_2 = \frac{i_2}{q_2} = \frac{5}{2,22} = 2,26 \text{ a/mm}^2,$$

Cərəyanın orta sıxlığı belə olacaqdır:

$$j = \sqrt{j_1 j_2} = \sqrt{2,33 \cdot 2,26} \text{ a/mm}^2 = 2,3 \text{ a/mm}^2$$

$$S_\zeta = c \sqrt{\frac{S_n \alpha 10^6}{f B j}} = 0,7 \sqrt{\frac{60 \cdot 5,5 \cdot 10^6}{50 \cdot 13000 \cdot 2,3}} = 10 \text{ sm}^2.$$

Təxmini düstura görə də içlik çubuğun en kəsiyi

$$S_\zeta = 1,3 \sqrt{S_n} = 1,3 \sqrt{60} = 10 \text{ sm}^2 \text{ alınacaqdır};$$

7) İçliyin çubuğundamaqnit selini;

$$F = B S_\zeta = 10 \cdot 13000 = 1,3 \cdot 10^5 \text{ mks}$$

8) Dolaqlardakı sarğılar sayını:

$$w_1 = \frac{4,5 U_1 \cdot 10^5}{F} = \frac{4,5 \cdot 127}{1,3} = 440,$$

$$w_2 = \frac{4,5 U_2 \cdot 10^5}{F} = \frac{4,5 \cdot 12}{1,3} = 42$$

Dolağın bir sarğısında EHQ aşağıdakı kimi alınacaqdır:

$$e = \frac{U_1}{w_1} = \frac{U_2}{w_2} = \frac{127}{440} = 0,286 \text{ v}$$

9) içlik pəncərəsinin sahəsini:

$$Q_{pən} = \frac{q_1 w_1 + q_2 w_2}{K_{pən.}} = \frac{440 \cdot 0,24 + 42 \cdot 2,22}{0,3} = 685 \text{ mm}^2$$

($Q_{pən}$ -ni 0, 3 qəbul edirik);

10) içliyin ölçülərini.

Çubuğun en kəsiyinin kiçik tərəfi belə olacaqdır:

$$\alpha = \sqrt{\frac{S_c \cdot 100}{1,2 \div 2}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 100}{1,2 \div 2}} = 22,5 \div 29 \text{ mm}$$

Ölçüləri aşağıdakı kimi olan VIII-26 standart lövhələri 11-ci cədvəldən seçirik:

$a = 26 \text{ mm}$; $y = 17 \text{ mm}$; $c = 17 \text{ mm}$; $h = 47 \text{ mm}$;

$Q_{pən} = 799 \text{ mm}^2$; $L = 94 \text{ mm}$; $H = 81 \text{ mm}$.

Seçilmiş lövhələrin pəncərəsinin 9-cu bənddə hesabladığımız sahəsi ($Q_{pən} = 685 \text{ mm}^2$) dolaqları yerləşdirmək üçün çoxdur və deməli seçilən lövhələr dolaqları içliyin pəncərəsində yerləşdirməyə imkan verir.

Çubuğun en kəsiyinin böyük tərəfi aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$b = \frac{S_c \cdot 100}{a} = \frac{10 \cdot 100}{a} = 37,4 \text{ mm}$$

Lövhələrin sayı bu qədər götürülməlidir:

$$n = \frac{b}{\Delta} = \frac{37,4}{0,35} = 107;$$

11) içlikdə dolaqların yerləşdirilməsini

Dolağın hündürlüyü:

$$h_D = h - 4,4 = 42,6 \text{ mm}$$

Çubuğun hündürlüyü üzrə dolaqlardakı sarğıların sayı:

$$w'_1 = \frac{h_D}{d_1} = \frac{42,6}{0,59} = 72; \quad w'_2 = \frac{h_D}{d_2} = \frac{42,6}{1,74} = 24$$

Pəncərənin eni üzrə dolaqlar cərgəsinin sayı:

$$K_1 = \frac{w_1}{w'_1} = \frac{440}{72} = 7; \quad K_2 = \frac{w_2}{w'_2} = \frac{42}{24} = 2$$

(yaxın böyük ədədə qədər yuvarlaq götürülür)

İçlik pəncərəsinin eni üzrə makaranın qalınlığı belə olacaqdır:

$$b_1 = K_1 d_1 = 7 \cdot 0,59 = 4,15 \text{ mm}; \quad b_2 = K_2 d_2 = 2 \cdot 1,74 = 3,5 \text{ mm};$$

12) içliyin pəncərəsində dolaqların yerləşdirilməsinin yoxlanılması

İçlik pəncərəsinin eni üzrə izolyasiyalı dolaqların radial ölçüləri belə alınır:

$$b = b_1 + b_2 + 3,5 \text{ mm} = 4,15 + 3,5 + 3,5 = 11,15 \text{ mm}.$$

Dolaqlı içliyin haçası arasında qalan boşluq isə belədir:

$$b_{\text{boş}} = c - b = 17 - 11,5 = 5,5 \text{ mm},$$

yəni, bu boşluq dolaqları içlikdə yerləşdirməyə imkan verir.

Beləliklə, transformatorun konstruksiya hesablanması qurtarmış olur. Transformatoru yuxarıdakı hesablamalara əsasən hazırlasaq içliyin çəkisi $G_p = 1,75 \text{ kg}$, dolaqdakı misin çəkisi $G_M = 0,31 \text{ kg}$, tam yüklənmə $F\text{I}\Theta\eta = 0,87$ alınacaqdır. Artırılmış tezlik üçün olan transformatoru da eyni qayda ilə hesablayırlar, lakin bu halda poladdakı itkiləri azaltmaqdan ötrü içlikdə maqnit induksiyasını azaltmaq lazım gəlir. Tezlik 50 Hz olduqda içlikdəki maqnit induksiyası $10\,000 \div 14\,000 \text{ Qs}$ həddində alınarsa, $400 \div 800 \text{ gs}$ - a qədər azaldılmalıdır.

8-ci fəsil

ASINXRON MÜHƏRRİKLƏR

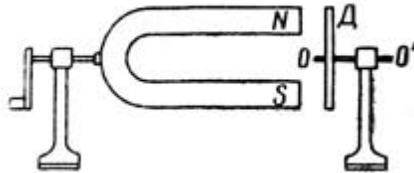
§89. ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRİN İŞLƏMƏ PRİNSİPI

Elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən maşına *elektrik mühərriki* deyilir. Elektrik mühərriklərindən ilk dəfə M. O. Dobrovolskinin konstruksiya etdiyi üçfazlı asinxron mühərriki daha geniş yayılmışdır. Asinxron mühərrik konstruksiyasının sadəliyi və asan xidmət edilməsi ilə fərqlənir. Asinxron mühərrik, hər bir dəyişən cərəyan maşınında olduğu kimi. İki əsas hissədən: statordan və rotordan ibarətdir. *Stator* maşının hərəkətsiz hissəsinə, *rotor* isə fırlanan hissəsinə deyilir. Hər bir maşını, o cümlədən asinxron mühərrik çevirmə xassəsinə malikdir, yəni həm generator rejimində (mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirmək üçün), həm də mühərrik rejimində istifadə oluna bilər. Asinxron generatorlar bəzi mühüm nöqsanlara görə əməli olaraq istifadə edilmir, asinxron mühərriklər isə, yuxarıda qeyd olunduğu kimi, geniş yayılmışdır. Buna görə də biz asinxron maşının işini mühərrik rejimində, yəni elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevrilməsi prosesində nəzərdən keçirəcəyik. Hər bir çoxfazlı dəyişən cərəyan maşınının işi, məlum olduğu kimi, fırlanan maqnit sahəsindən istifadə edilməsinə əsaslanır. Çoxfazlı dəyişən cərəyan dolağı dəqiqədə dövrlər sayı, yuxarıda müəyyən olduğu kimi $n_1 = \frac{60f_1}{p}$ olan fırlanan maqnit sahəsi yaradır. Rotor, maqnit sahəsinin

fırlanma sűrətinə bərabər olan n_2 sűrəti ilə fırlanırsa ($n_2 = n_1$), yəni maqnit sahəsi ilə sinxrondursa, buna **sinxron** sűrət deyilir.

Rotorun sűrəti maqnit sahəsinin fırlanma sűrətinə bərabər deyildirsə ($n_2 \neq n_1$) buna **asinxron** sűrət deyilir.

Asinxron műhərrikdə iş prosesi ancaq asinxron sűrətdə, yəni rotorun fırlanma sűrəti maqnit sahəsinin fırlanma sűrətinə bərabər olmadıqda gedə bilər. Rotorun sűrəti maqnit sahəsinin sűrətindən çox az fərqlənə bilər, lakin műhərrik işləyərkən bu sűrət həmişə az alınır ($n_2 < n_1$). Asinxron maşınlar, rotorun fırlanma sűrəti statorun maqnit sahəsinin fırlanma sűrətinə həmişə bərabər olan sinxron maşınlardan əsasən elə bununla fərqlənir. Asinxron műhərrikin işi Arago-Lens diski adlanan hadisəyə əsaslanır (şəkil 150). Bu hadisə aşağıdakılardan ibarətdir: N-S sabitmaqnitin qűtbləri qarşısında OO oxunda sərbəst oturdulmuş D mis diskini yerləşdirib, maqnit dəstəkdən istifadə edərək bunu oxu ətrafında fırlatmağa başlasaq, mis diskdə eyni istiqamətdə fırlanacaqdır. Bu, maqnit fırlatdıqda onun sahəsini maqnit xətlərinin şimal qűtbündən cənub qűtbünə qapanaraq, diski keçib onda burulğan cərəyanları induksiyanması ilə izah olunur.



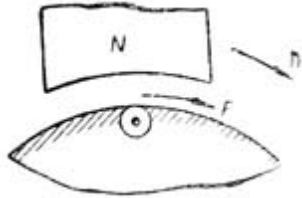
Şəkil 150. Arago-Lens diski

Nəticədə burulğan cərəyanları nmaqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri diski fırlandıran qüvvə yaranmasına səbəb olur. Lens qanuna əsasən induksiyanmış hər bir cərəyanın istiqaməti elə alınır ki, onu törədən səbəbə əks təsir edir. Buna görə də diskin gövdəsində burulğan cərəyanlar maqnitin fırlanmasını dayandırmağa cəhd edir, lakin buna imkanı olmadığından diski elə hərəkət etdirir ki, disk maqnitin arxasınca fırlanmağa başlayır. Bu halda diskin fırlanma sűrəti maqnitin sűrətindən həmişə az olur. Diskin və maqnitin fırlanma sűrəti hər hansı bir səbəbə görə eyni olsaydı maqnit xətləri disklə kəsişməzdi və deməli, diskdə burulğan cərəyanlar yaranmazdı, yəni diski fırladan qüvvə olmazdı.

Asinxron mühərriklərdə sabit maqnit, üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşduqda statorun üçfazlı dolağı ilə yaradılan fırlanan maqnit sahəsi ilə əvəz olmuşdur.

Statorun fırlanan maqnit sahəsi rotor dolağının naqilləri ilə kəsişir və burada EQ induksiylayır. Rotorun dolağı hər hansı bir müqavimətlə və ya qısa qapanmışdırsa induksiylanan EQ-nin təsiri ilə ondan cərəyan keçəcəkdir. Stator dolağının fırlanan maqnit sahəsi rotorun dolaqlarını kəsərək orada EQ induksiylayır, qarşılıqlı təsiri nəticəsində fırlanan moment yaranır və bunun nəticəsində rotor fırlanmağa başlayır.

151-ci şəkildə dolağının bir naqiliolan rotor çevrəsinin bir hissəsi göstərilmişdir. Statorun sahəsi fəzada və rotorun ətrafında saat əqrəbinin hərəkət istiqaməti üzrə dəqiqədə n_1 dövrlər sayı ilə fırlanan N şimal qütbü ilə göstərilmişdir. Deməli, N qütbü rotor naqilinə nisbətən soldan sağa hərəkət edir və nəticədə bu naqildə EQ yaranır, sağ əl qaydasına görə bu EQ-nin istiqaməti müşahidəçiyə tərəf olur (şəkildə nöqtə ilə işarələnmişdir). Rotorun dolağı qapanmış olarsa, bu dolaqdan EQ-nin təsiri ilə cərəyan keçəcəkdir; götürdüyümüz naqildə bu cərəyanın istiqaməti də müşahidəçiyə tərəf olacaqdır.



Şəkil 151. Asinxron mühərrikin işləmə prinsipi

Rotor dolağının naqilində cərəyanın maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində E qüvvəsi yaranır. Bu qüvvə naqili sol əl qaydası ilə təyin edilən istiqamətdə, yəni soldan sağa hərəkət etdirir. Bu halda naqillə birlikdə rotor da hərəkət edir. Rotor dolağının naqilinə təsir edən F qüvvəsini bu naqilin rotor oxundan olan məsafəsinə vursaq (qüvvənin tətbiq çiyini), həmin naqilin cərəyanı ilə yaradılan fırlanma momentini alarıq. Rotorda çoxlu miqdarda naqil yerləşdirildiyindən naqillərin hər birinə təsir edən qüvvələrin bu naqillərin rotorun oxundan olan məsafəyə vurulması cəmi mühərrikdəki fırlanma momentini müəyyən edir.

Fırlanma momentinin təsiri ilə rotor, maqnit sahəsinin fırlanma istiqamətində fırlanmağa başlayır. Beləliklə, mühərriki *reversləmək*, yəni rotorun fırlanma istiqamətini dəyişmək üçün stator dolağı ilə yaradılmış maqnit sahəsinin fırlanma istiqamətini dəyişmək lazımdır. Bu stator dolağı fazalarının növbələşməsini dəyişməklə əldə edilir: bunun üçün maşını şəbəkəyə qoşan üç məftildən istənilən ikisinin yerini şəbəkənin sıxaclarına nisbətən dəyişmək lazımdır. Reversiv işləyən mühərriklərdə stator dolaqları fazalarının növbələşməsini və deməli, rotorun fırlanma istiqamətini dəyişmək üçün çevirgəc qoyulur.

Rotorun sürəti (n_2) fırlanma istiqamətindən asılı olmayaraq statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətindən həmişə az alınır.

Hər hansı bir moment ərzində rotorun dövrlər sayının statorun sahəsinin dövrlər sayına bərabər olduğunu fərz etsək, onda rotorun dolağının naqilləri statorun sahəsinin maqnit xətləri ilə kəsişməyəcək və rotorda cərəyan olmayacaqdır. Bu halda fırlanma momenti sıfıra bərabər alınacaq və rotorun fırlanma sürəti statorun sahəsinin fırlanma sürətinə nisbətən azalacaqdır.

§90. DƏYİŞƏN CƏRƏYAN MAŞINLARININ DOLAQLARI

Maşının dolağında EHQ yaranır və enerjinin çevrilməsi prosesi baş verir. Maşının təyinatından, gücündən və iş şəraitindən asılı olaraq dolaqların konstruktiv forması müxtəlif olur. Dəyişən cərəyan maşınlarında əsasən 1) makaraşəkilli; 2) çubuqşəkilli; 3) xüsusi tipli dolaqlardan istifadə edilir.

Makaraşəkilli dolağı, ən kəsiyi dairəvi olan izolyasiyalı mis məftildən, çubuqşəkilli dolağı isə ən kəsiyi düzbucaqlı olan mis şinlərdən hazırlayırlar. Xüsusi dolaqlar asinxron mühərriklərin rotorlarının qısa qapanmış dolaqlarını, sinxron maşınların işəsalma və sakitləşdirmə dolaqlarını, bir lövbərli çeviriciləri və s. hazırlamaq üçün istifadə olunur.

Dolaqlar oyuqlarda yerləşdirilməsindən asılı olaraq birqatlı və ikiqatlı hazırlanır; hazırlanma üsulundan asılı olaraq əl ilə və ülgü ilə yığılır; qütbədə və q fazasındakı oyuqların sayından asılı olaraq q tam ədədli və q kəsir ədədli ola bilər.

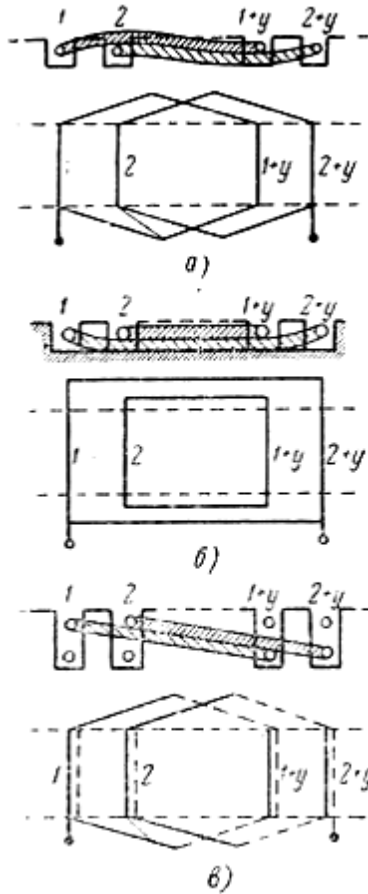
Dəyişən cərəyan maşınlarında əsasən ikiqatlı dolaqlardan istifadə olunur. Azgüclü maşınlarda isə birqatlı yerləşdirdikdə stator və ya

rotorun uc tərəflərində yerləşən təpə birləşmələri eyni müstəvi üzərində olacaqdır; buna görə də şablonla dolaq hazırlamaq qeyri mümkündür. 152-ci a) şəklində birqatlı dolağın eyni fazasının iki makarası göstərilmişdir. Bu makaralar bir-birindən təxminən qütb bölgüsünə, yəni müxtəlif adlı qütblərin mərkəzləri arasındakı məsafəyə bərabər olan dolağın y addımı məsafəsində dayanan aktiv naqillərdən ibarətdir. 1 və $1+y$, 2 və $2+2$ və s. məftilləri arasındakı təpə birləşdirməsi eyni müstəvi üzərində yerləşir və deməli, sarıdıqda bu birləşdirmələri müxtəlif istiqamətlərdə əymək lazımdır.

Aktiv naqillərin birləşdirilmə qaydasını 152-ci b) şəklində göstərilmiş kimi dəyişdirsək, təpə birləşdirmələri müxtəlif müstəvilərdə olan birqatlı sarğı da hazırlamaq olar. Lakin dolağı belə hazırladıqda makaraların ölçüləri müxtəlif alınır və deməli, belə dolağı hazırlamaq üçün bir neçə ülgü tələb olunur.

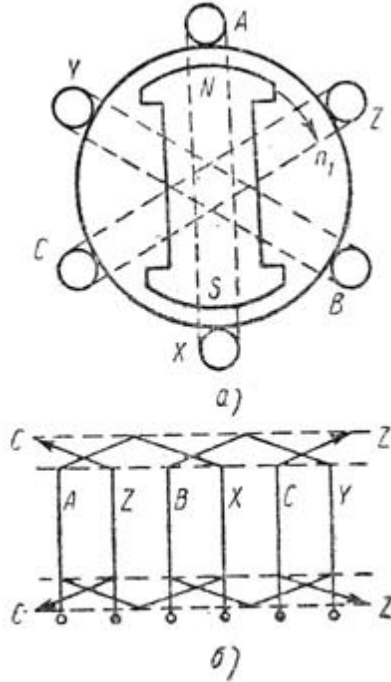
İki qatlı dolaqlarda (şəkil 152, b) oyuğun üst qatında yerləşdirilmiş aktiv naqıl oyuğun alt qatında yerləşdirilən və başlanğıcdan y məsafəsində dayanmış naqıl ilə birləşdirilir. Belə dolaqda təpə birləşdirmələri kəsişmir və müxtəlif müstəvilərdə yerləşir; bu isə makaraların ölçüləri və forması eyni alındığından ülgü ilə sarımadan istifadə etməyə imkan verir. Dolaqlar birfazlı və çoxfazlı ola bilər. Bir çox hallarda üçfazlı dolaqlardan istifadə edilir. Üçfazlı maşının gücü, qabarit ölçüləri və enerji itkisi eyni alındığı halda birfazlı maşının gücündən 1,5 dəfə çox olur.

153-cü şəkildə sadə üçfazlı dolaq və bunun açılış sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 152. Dəyişən cərəyan maşınları üçün dolaqların makaraları:
a) kəsişən təpə birləşdirməli, birqatlı; b) müxtəlif makaralı, birqatlı;
v) -ikiqatlı

Bu dolaq oxları fəzada bir-birindən 120° sürüşdürülmüş üç eyni makaradan ibarətdir. N və S qütblü maqnit firlandıqda bu makaralarda qiymətləri bərabər, fazaca bir-birindən periodun üçdə biri qədər fərqlənən EQY yaranacaqdır.



Şəkil 153. Sadə üçfazlı dolağın sxemi:
a) radial; b) açılış

Birfazlı dolaqlar azgüclü maşınlarda tətbiq edilir. Lakin birfazlı maşınlarda stator çevrəsinin $\frac{2}{3}$ hissəsi dolaqla tutulur, $\frac{1}{3}$ hissəsi isə boş qalır. Bu halda birfazlı maşının gücü bir qədər az alınır da dolaq məftilinə xeyli qənaət edilir.

Fazası bir makaradan ibarət olan dolaqlar tətbiq edilmir.

Praktikada bir fazaya məxsus olan sargıları bir neçə cüt oyuğun arasında bərabər sürətdə bölüşdürülən dolaqlardan istifadə olunur. Belə bölüşdürülmüş dolaqda maqnit induksiyaının fazada bölüşdürülməsi əyrisi sinusoidə yaxın alınır.

Bölüşdürülmüş dolaqlar qütbədə və fazadakı oyuqlarının sayı ilə xarakterizə olunur:

$$q = \frac{Q}{2pm}$$

burada Q- statorun (və ya rotorun) çevrəsi üzrə oyuqların sayı;
2p- qütblərin sayı;

m – fazaların sayıdır.

Lakin bölüşdürülmüş dolaqlarda EHQ bir qədər azalır.

Bunu onunla izah edə bilərik ki, bir fazaya ardıcıl qoşulmuş makaraların oxları bir-birinə uyğun gəlmir və deməli, bu makaralarda yaranmış EHQ faza üzrə bir-birinə müvafiq olmur. Fazaların EHQ bu fazanı təşkil edən makaraların EHQ-nin həndəsi cəminə bərabərdir; bu həmin EHQ-lərinin riyazi cəmindən az alınacaqdır.

Dəyişən cərəyan maşını dolağının bütün makaralarında bunlar zaman etibarı ilə dəyişən maqnit seli ilə kəsişdiyindən EHQ-nin təsir edən qiyməti aşağıdakı kimidir.

$$E_M = 4,44 \omega_M f_1 F_T$$

burada ω_M – makaradaki sarğılardan sayı

f_1 – makara sarğılarının fırlanan maqnit sahəsi ilə

kəsişmə tezliyidir; bu, tərپənməyən

makaralarda qidalandırma

şəbəkəsindəki cərəyanın tezliyinə bərabər olur;

F_T – maqnit selinin amplitududur, veber (vr) ilə.

EHQ əyrisinin formasını yaxşılaşdırmaq üçün dəyişən cərəyan maşınlarının dolaqlarını qütb bölgüsündən kiçik addımlı (qısaldılmış addımlı) hazırlayırlar. Lakin dolaq addımının qısaldılması EHQ-nin bir qədər azalmasına səbəb olur və bu zaman dolağın makaraları qütbün bütün seli ilə deyil, bunun ancaq bir hissəsi ilə kəsişir.

Beləliklə, dəyişən cərəyan maşını fazasında EHQ-nin təsir edən qiyməti aşağıdakı kimi olur:

$$E = 4,44 K_0 \omega_1 f_1 F_T$$

burada K_0 – dolağın bölüşdürülməsi və dolaq addımının

qısaldılması hesabına maşının EHQ –nin azalmasını

nəzərə alan dolaq əmsəlidir (vahiddən kiçikdir);

ω_1 – dolağın bir fazasında sarğılardan sayıdır;

bir makaradakı sarğılardan sayının (ω_M) ardıcıl

birləşdirilmiş makaraların sayı hasilinə bərabərdir.

154-cü şəkildə qısaldılmış addımlı ikiqatlı üçfazlı dolağın açılış sxemi göstərilmişdir. Oyuqların sayı $Q = 24$, qütblərin sayı $2p = 4$,

fazaların sayı $m = 3$. Deməli, qütblərdə və fazada oyuqların sayı aşağıdakı kimi olacaqdır:

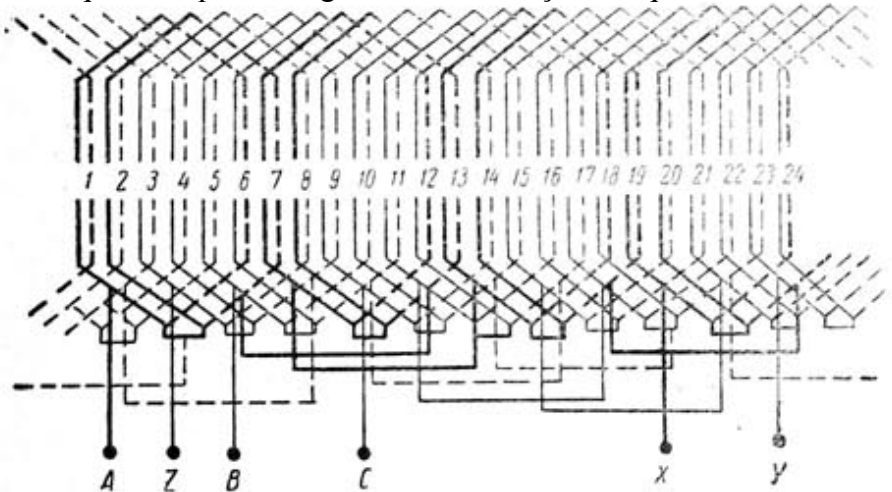
$$q = \frac{Q}{2pm} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2.$$

Qütb bölgüsü belə olacaqdır:

$$\tau = \frac{Q}{2p} = \frac{24}{4} = 6.$$

Dolağın addımı qütb bölgüsündən kiçikdir (qısaldılmışdır).

$y = 5$ qəbul edirik. Dolağın açılmış sxemini göstərmək üçün dörd qütb götürək ($2p = 4$) və cütlərinin sayı fazaların sayına bərabər olan naqilləri (makaraların aktiv tərəflərini) göstərək, $Q = 24$. Oyuğun üst qatında yerləşən naqilləri şərti olaraq bütöv xətt, oyuğun alt qatındakını isə qırıq xətlə göstərək. Əyani olması üçün A fazasının naqillərini qara xətlə göstərək. A fazasını oyuğun (1) üst naqilindən başlayaq. Oyuğun (2) üst naqilini də $q = 2$ olduğundan bu faza üçün tutaq.



Şəkil 154. Üçfazlı ikiqatlı dolağın açılmış sxemi

Oyuğun (1) üst qatının naqilin $1+y = 1+5 = 6$ oyuğunun alt qatının naqili ilə birləşdirmək lazımdır; nəticədə A fazasının birinci makarasının bor sarğısını alır. Bu sarğıya ardıcıl olaraq ikinci sarğı qoşulur; bu sarğının naqilləri birinci sarğıda olduğu kimi 1 oyuğunun üst qatında və 6 oyuğun alt qatında yerləşir. Sonra makaranı bütün w_M sarğıları birləşdirilənə qədər üçüncü, dördüncü və s. sarğıları ardıcıl birləşdirirlər.

A fazasının ikinci makarası 2 oyuğunun üst qatında və 7 oyuğunun alt qatında yerləşən naqillərdən ibarətdir. Bu iki makara (1 - 6 və 2 - 7) ardıcıl birləşdirilir (6 - oyuğunun alt qatındakı axırıncı naqil 2 oyuğunun üst qatındakı birinci naqillə birləşdirilir).

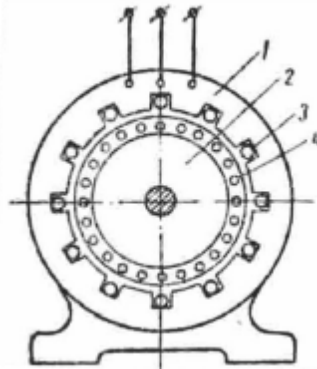
Sonrakı iki oyuğun (3 və 4)üst qatındakı naqillər başqa fazaya (C), daha sonrakı iki oyuğun (5 və 6) üst qatındakı naqillər isə üçüncü fazaya (B) mənsubdur. A fazasına mənsub olan 7 və 8 oyuqlarının üst qatındakı naqillər $7 + y = 7 + 5 = 12$ və $8 + y = 8 + 5 = 13$ oyuqlarının alt qatındakı naqillərlə birləşdirilir.

Beləliklə, iki makara (7 – 12 və 8 – 13) araraq bunları bir-biri ilə ardıcıl birləşdiririk. Bu makaraları 1- 6 və 2 – 7 makaraları ilə ardıcıl birləşdirmək lazımdır. Lakin 1 – 6 və 2 – 7 makaralarının müvafiq tərəfləri eyni (seçdiyimiz momentdə N) polyarlıqlı qütbün altında, 7 - 12 və 8 – 13 makaraları isə digər polyarlıqlı qütbün altında yerləşdiyindən birinci iki və axırcı iki makarada induksiyanmış EHQ-nin istiqaməti bir-birinə əks alınacaqdır. Buna görə də bu iki makara cütünü qarşılıqlı birləşdirmək lazımdır (2 -7 makarasının qurtaracağı 8 – 13 makarasının qurtaracağı ilə birləşdirilir). A fazasının digər makaraları :13-18, 14-19, 19-24 və 20-1, eyni üsulla hazırlanır. A fazasının bütün makaraları ardıcıl birləşdirildiyindən fazaların EHQ fazanı təşkil edən bütün makaraların EHQ-nin həndəsi cəminə bərabərdir. Fazanın iki çıxımı vardır: başlanğıc (A) və sonu (X). B fazasının başlanğıcı 5 oyuğunun üst qatında yerləşir. B fazasının makaralarını da eyni yolla hazırlayırlar. Bütün makaraları ardıcıl birləşdirildikdə iki çıxım alınır: başlanğıc (B) və sonu (Y). B fazasının EHQ-si A fazasının EHQ-nə bərabərdir, lakin fazaca periodun üçdə biri qədər sürüşdürülmüş olur. Başlanğıcı 9 oyuğunun üst qatında, qurtaracağı 3 oyuğunun üst qatında olan C fazasının makaralarında eyni üsulla hazırlayırlar.

§91. ASINXRON MÜHƏRRİKİNİN QURULUŞU

Asinxron maşın statorun (hərəkətsiz hissədən) və rotordan (fırlanan hissədən) ibarətdir. Asinxron maşının quruluş sxemi 155-ci şəkildə göstərilmişdir. Statorun içliyi 0, 35 və 0, 5 mm qalınlıqda polad lövhələrdən yığılır. Lövhələr oyuqlu ştamplanır və burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq üçün lak, yanıt ilə və ya nazik kağızla izolyasiya edilir. Lövhələr ayrıca paketdə yığılır və mühərrikin çatısına bərkidilir. Rotor valının dirəndiyi yataqların yerləşdirildiyi yan lövhələr də çatıya bərkidirlər. Mühərrikin çatısı özül üzərində qoyulur.

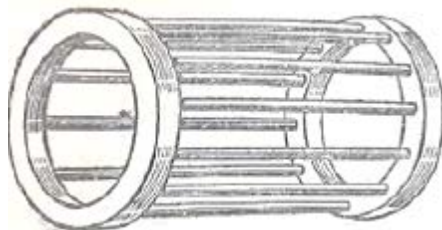
Statorun uzununa oyuqlarında bir-biri ilə müvafiq surətdə birləşdirilərək üçfazlı sistem əmələ gətirmiş dolağın naqillərini yerləşdirirlər. Maşının lövhəsində faza dolaqlarının başlanğıcını və sonunu birləşdirmək üçün altı sıxac vardır. Statorun dolaqlarını üçfazlı şəbəkəyə qoşmaq üçün onlar ulduz və üçbucaq birləşdirilə bilər; bu isə mühərrikin müxtəlif iki xətti gərginliyi olan şəbəkəyə qoşmağa imkan verir. Məsələn, mühərrik , gərginliyi 220 və 127 v və ya 380 v və 220 v olan şəbəkədən işləyə bilər. Maşının lövhəsində mühərrikin hesablandığı hər iki gərginlik, yəni 220/127 v və ya 380/220 v göstərilmişdir. Lövhədə göstərilmiş alçaq gərginlik üçün statorun dolağını üçbucaq, yüksək gərginlik üçün isə ulduz birləşdirirlər. Rotorun içliyini də 0,5mm qalınlığında, burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq üçün lak, yanq ilə və ya nazik kağızla izolyasiya olunan polad lövhələrdən yığırlar. Bu lövhələr oyuqlu ştamplanır və paketə yığılır. Paketləri maşının valına bərkidildə uzununa oyuqlu silindr alınır. Bu oyuqlarda rotorun naqillərini yerləşdirirlər. Dolağın tipindən asılı olaraq asinxron maşınlar faza rotorlu və qısa qapanmış rotorlu olur. Rotorun faza dolağı stator dolağı kimi hazırlanır, yəni naqillər bir-biri ilə müvafiq surətdə birləşdirilərək üçfazlı sistem təşkil edir. Üç fazanın dolaqları ulduz (çox az hallarda üçbucaq) birləşdirilir



Şəkil 155. Asinxron mühərrikin quruluş sxemi
1-stator; 2- rotor; 3- stator dolağı; 4- rotorun dolağı

Bu dolaqların başlanğıcı rotorun valında bərkidilən üç ədəd mis kontakt halqasına qoşulur. Bu halqalar bir-birindən , həm də rotorun valından izolyasiya olunur və rotorla birlikdə fırlanır. Halqalar fırlandıqda bunların səthi halqaların üzərində hərəkətsiz bərkidilmiş

kömür və ya mis fırçaların üzəri ilə sürüşür. Rotorun dolağı hansı bir müqavimətə və ya bu fırçaların vasitəsi ilə qısa qapana bilər. Rotorun qısa qapanmış dolağı “*dələ çarxı və ya qafəsi*” tipində hazırlanır (şəkil 156).



Şəkil 156. Asinxron mühərrikin rotorunun qısa qapanmış dolağı

Rotorun oyuqlarında uc tərəfdən mis halqalarla birləşdirilmiş iri çubuqlar yerləşdirilir. Rotorun qısa qapanmış dolağını bir çox hallarda alüminiumdan hazırlayırlar. Qaynar alüminiumu təzyiq altında rotorun oyuqlarına tökürlər. Belə dolaq həmişə qısa qapanır və buna müqavimət qoşmaq mümkün deyildir. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklər faza rotorlu asinxron mühərriklərə nisbətən daha asanlıqla istismar olunur və işdə daha etibarlıdır. Lakin, aşağıda görəcəyimiz kimi, faza rotorlu mühərriklər daha yaxşı işəsalma və tənzimləmə xassələrinə malikdir. Hazırda asinxron mühərriklər əsasən qısa qapanmış rotorlu hazırlanır; ancaq çoxgüclü mühərriklərdə və xüsusi hallarda rotorun faza dolağından istifadə edilir. Stator dolağının gərginliyi 6 kv-a qədər olduqda gücü 40-60 vatt dan 15 000 kvt-a qədər olan asinxron mühərriklər istehsal olunur. Statorla rotor arasında hava araboşluğu olur; araboşluğunun ölçüsü mühərrikin iş xassələrinə çox təsir edir. Asinxron mühərrikin sadə konstruksiyası, asan xidmət edilməsi və ucuz başa gəlməsi və s. kimi müsbət xassələri ilə yanaşı, bir sıra nöqsanları da vardır. Asinxron mühərrikin ən mühüm nöqsanı güc əmsalının ($\cos \varphi$) nisbətən az olmasıdır. Belə mühərriklərdə tam yüklənmə zamanı $\cos \varphi$ 0,85 – 0,9 ola bilər; tam yüklənmədikdə isə $\cos \varphi$ çox azalır və yüksüz işlədikdə 0,2- 0,3 alınır. Asinxron mühərriklərdə güc əmsalının az alınması maqnit sahəsini təsirləndirmək üçün çox reaktiv güc sərf etməsi ilə əlaqədardır. Bu mühərrikdə maqnit seli öz yolu üzərində statorla rotor arasındakı hava boşluğuna rast gəlir.

Bu araboşluğu maqnit müqavimətini və deməli, mühərrikin sərf etdiyi reaktiv gücü xeyli artırır.

Asinxron mühərriklərin güc əmsalını artırmaq məqsədi ilə hava araboşluğunun mümkün qədər az alınmasına çalışırlar. Kiçik ($2 \div 5 \text{ kv}$) mühərriklərdə hava araboşluğu 0, 3 mm-ə qədər saxlanılır. Çoxgüclü mühərriklərdə hava araboşluğunu konstruktiv mülahizələrə görə artırmaq lazım gəlir; buna baxmayaraq belə mühərriklərdə araboşluğu $2 \div 2, 5$ mm-dən çox olmur.

§92. ASINXRON MÜHƏRRİKİN YÜK ALTINDA İŞLƏMƏSİ

Mühərrikin rotoru iş rejimində dəqiqədə n_2 dövrlər sayı ilə fırlanır; bu da rotorla eyni istiqamətdə fırlanan statorun maqnit sahəsinin n_1 dövrlər sayından az olur. Buna görə də sürətlə fırlanan maqnit sahəsi bu sahənin və rotorun dövrlər sayının fərqinə bərabər dövrlər sayı, yəni:

$$n_s = n_1 - n_2 \text{ dövr/dəq}$$

ilə rotora nisbətən sürüşür.

Rotorun, statorun maqnit sahəsindən nisbi gecikməsi S sürüşməsi ilə xarakterizə olunur.

Sürüşmə, statorun maqnit sahəsinin fırlanan rotora nisbətən dövrlər sayının stator sahəsinin fəzada dövrlər sayına nisbətindən ibarətdir, yəni

$$S = \frac{n_s}{n_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Bu düstur sürüşməni nisbi vahidlərlə təyin etməyə imkan verir. Sürüşmə faiz ilə ifadə oluna bilər:

$$S\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100\%$$

Rotor hərəkətsiz ($n_2 = 0$) olarsa, sürüşmə vahidə və ya 100%-ə bərabərdir.

Rotor maqnit sahəsi ilə sinxron, yəni eyni sürətlə fırlanarsa ($n_2 = n_1$), sürüşmə sıfıra bərabər olur.

Beləliklə, rotorun fırlanma sürəti nə qədər çox olarsa, sürüşmə o qədər az alınır.

Asinxron mühərrikin iş rejimində sürüşmə az olur. Müasir asinxron mühərriklərdə tam yüklənmə zamanı sürüşmə $3 \div 5\%$ -ə bərabərdir,

yəni rotorun fırlanma sürəti statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətindən çox az fərqlənir.

Yüksüz işləmədə, yəni vala yük düşmədikdə sürüşmə son dərəcə az olur ki, sifıra bərabər götürülə bilər.

Rotorun fırlanma sürətini aşağıdakı nisbətlərdən təyin etmək olar.

$$n_2 = n_1 - n_s = n_1(1 - S) = \frac{60f_1}{p}(1 - S)$$

Momentlər tarazlığı yarandıqda, yəni mühərrikin fırladıcı momenti (M_{fir})

mexaniki enerji qəbuledicisinin, məsələn, torna dəzgahı kəskisinin mühərrikin valında yaratdığı tormozlayıcı momentdə ($M_{torm.}$) bərabər olduqda mühərrik dayanıqlı işləyəcəkdir. Deməli, yaza bilirik ki,

$$M_{fir} = M_{torm}$$

Maşının istənilən yükləməsinə rotorun müəyyən n_2 dövrlər sayı və müəyyən S sürüşməsi müvafiqdir.

Statorun maqnit sahəsi rotora nisbətən n_s dövrlər sayı ilə fırlanaraq, rotorun dolağında E_2 EQ induksiyalayır. Bu EQ-nin təsiri ilə rotorun qapalı dövrəsində I_2 cərəyanı keçir.

Maşının valındakı yüklənmə çoxaldıqda, tormozlayıcı moment artdıqda, momentlər tarazlığı pozulacaqdır (çünki bu halda tormozlayıcı moment fırladıcı momentdən çox olacaqdır). Bu isə rotorun fırlanma sürətinin azalmasına və deməli, sürüşmənin artmasına səbəb olacaqdır. Sürüşmə artdıqca statorun maqnit sahəsi rotor dolağının naqilləri ilə tez-tez kəsişəcək və rotorun dolağında induksiylanan E_2 EQ artacaq, nəticədə isə həm rotorda cərəyan şiddəti və həm də mühərrikdə yaradılan fırladıcı moment tormozlayıcı momentə bərabər olana qədər artmaqda davam edəcəkdir. Mühərrikin yüklənməsi azaldıqda rotorun dövrlər sayının və yaradılan momentin dəyişməsi prosesi eyni qaydada gedir. Mühərrikin valına yüklənmə azaldıqca tormozlayıcı moment fırladıcı momentdən az alınır ki, bu da rotorun fırlanma sürətinin artmasına və deməli, sürüşmənin azalmasına səbəb olur. Nəticədə rotorun dolağında EQ və cərəyan şiddəti, deməli fırladıcı moment azalır və bu yenidən tormozlama momentinə bərabər olur. Statorun maqnit sahəsi statorun naqilləri ilə kəsişərək onda E_1 EQ induksiylayır; bu EQ şəbəkənin tətbiq olunan U_1 gərginliyini tarazlaşdırır. Stator dolağının müqavimətində gərginliyin azalmasını (EQ-nə nisbətən çox olmur) nəzərə almasaq, tətbiq olunan

gərginliyin və stator dolağı EHQ-nin mütləq qiymətləri arasında aşağıdakı bərabərliyin yarandığını qəbul edə bilərik:

$$U_1 = E_1$$

Beləliklə, şəbəkənin gərginliyi dəyişmədikdə stator dolağının EHQ də dəyişməyəcəkdir. Deməli, maşının hava boşluğundakı maqnit seli, transformatorada olduğu kimi, yüklənmə dəyişdikdə sabit qalacaqdır. Rotor dolağının cərəyanı, istiqaməti stator dolağının cərəyanı ilə yaradılan maqnit sahəsinə qarşı yönəldilmiş öz maqnit sahəsinə təsirləndirir. Mühərrikin yüklənməsi istənilmədiyi kimi dəyişdikdə nəticələndirici maqnit selinin maşında eyni qalması üçün rotor dolağının maqnutsizləşdirici maqnit sahəsi stator dolağının maqnit sahəsi ilə tarazlaşdırılmalıdır. Buna görə də rotorun dolağında cərəyan şiddəti artdıqda stator dolağında cərəyan şiddəti də artır. Beləliklə, asinxron mühərrikin işi, ikinci dolağında cərəyan şiddəti artdıqda birinci dolağında da cərəyan şiddəti artan transformatorun işindən prinsipcə fərqlənmir.

§93. ASINXRON MÜHƏRRİKİN FIRLADICI MOMENTİ

Asinxron mühərrikin fırladıcı momenti statorun fırlanan maqnit sahəsinin rotor dolağının naqillərindəki cərəyanlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranır. Buna görə də fırladıcı moment həm statorun F_M maqnit selindən, həm də rotorun dolağında I_2 cərəyanından asılıdır.

Lakin fırladıcı momentin yaradılmasında maşının şəbəkədən işlətdiyi ancaq aktiv güc iştirak edir. Buna görə də fırladıcı moment, ümumiyyətlə, rotorun dolağında I_2 cərəyanından deyil, bunun aktiv toplananından, yəni $I_2 \cdot \cos\psi_2$ –dən asılı olur; burada ψ_2 – rotorun dolağında EHQ və cərəyan arasında faza bucağıdır.

Beləliklə, asinxron mühərrikin fırladıcı momenti aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$M = C F_M I_2 \cos\psi_2$$

burada M- mühərrikin fırladıcı momenti, kiloqrammetr və ya coul ilə;

C- maşının konstruktiv sabitidir; qütblərin və fazaların, habelə stator dolağında sargıların sayından,

dolağınkonstruksiyasından və qəbul edilmiş vahidlər sistemindən asılıdır;

F_M – stator dolağı ilə yaradılmış maqnit selinin maksimal qiyməti, V_b (veber) ilə;

$\dot{I}_2^* \cos\psi_2$ rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananıdır, A ilə.

Yuxarıda müəyyən etmişdik ki, gərginlik sabit olduqda statorun dolağı ilə yaradılan maqnit seli, mühərrikin yükünün dəyişilməsindən asılı olaraq təxminən sabit qalır.

Beləliklə, fırladıcı moment ifadəsində C və F_M kəmiyyətləri sabitdir və fırladıcı moment ancaq rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananı ilə mütənəsbidir, yəni

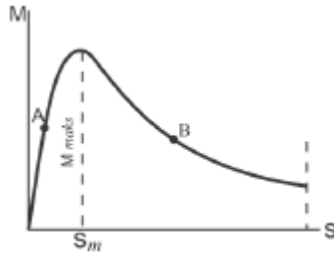
$$M = \dot{I}_2^* \cos\psi_2$$

Mühərrikin valında yüklənmənin və ya tormozlayıcı momentin dəyişməsi, bildiyimiz kimi, rotorun həm fırlanma sürətinin, həm də sürüşmənin dəyişməsinə səbəb olur. Tormozlayıcı momentin artması nəticəsində rotorun fırlanma sürəti azalır, yəni sürüşmə artır; əksinə tormozlayıcı moment azaldıqda rotorun fırlanma sürəti də artır, sürüşmə isə azalır. Sürüşmənin dəyişməsi rotorun dolağında cərəyan şiddətinin və bunun aktiv toplananı $\dot{I}_2^* \cos\psi_2$ -nin dəyişməsinə səbəb olur. Sürüşmə artdıqca rotora nisbətən statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürəti də artır, yəni rotor dolağı naqillərinin maqnit xətləri ilə kəsişmə tezliyi çoxalır; bu isə dolaqda EHQ-nin və cərəyan şiddətinin artmasına səbəb olur. Rotorun dolağında cərəyanın tezliyi artdığından bu dolağın induktiv müqaviməti də artır, $\cos\psi_2$ isə azalır. Beləliklə, sürüşmə artdıqda rotorun dolağında cərəyan da artır, $\cos\psi_2$ isə azalır. Buna görə də sürüşmənin dəyişməsi ilə rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananı və fırladıcı momenti də dəyişir; lakin bu dəyişmə qeyri bərabər baş verir. Cüzi sürüşmə zamanı (təxminən 20%-ə qədər) sürüşmənin artması \dot{I}_2 cərəyan şiddəti $\cos\psi_2$ -nin azalmasına nisbətən çox artdığından $\cos\psi_2$ -nin cüzi azalmasına səbəb olur. Nəticədə dolağın cərəyanın aktiv toplananı və deməli, maşının fırladıcı momenti artır. Sürüşmə çox (20%-dən çox) olduqda, sürüşmənin artması $\cos\psi_2$ -nin çox azalmasına səbəb olur. \dot{I}_2 cərəyan şiddəti $\cos\psi_2$ -nin azalmasına nisbətən çox az artır, buna görə də bu halda həm rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananı, həm də fırladıcı momenti azalır.

Fırladıcı momentin sürüşmədən asılı olması 157- ci şəkildə göstərilmişdir. Sürüşmə S_m qədər (təxminən 20%) olduqda mühərrik

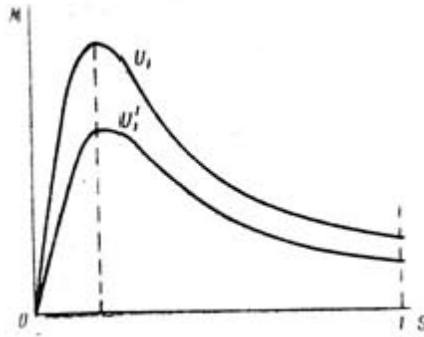
maksimal moment yaradır; bu isə mühərrikin ifrat yüklənmə qabiliyyətini müəyyən edir və adətən , nominal momentdən 2-3 dəfə çox olur. Momentin sürüşmədən asılı olmasının ancaq qalxan budağında, yəni sürüşmə 0- dan S_m -ə qədər dəyişdikdə mühərrik qərarlaşmış iş rejimində işləyə bilər. Həmin asılılığın düşən budağında, yəni $S > S_m$ sürüşməsində, tarazlıq təmin olunmadığından mühərrik işləməyəcəkdir.

A və B nöqtələrinə müvafiq olan şəraitdə fırladıcı moment tormozlayıcı momentə bərabər olduğunu ($M_{fir.} = M_{tor.}$) fərz edək, onda momentlər tarazlığı təsadüfən pozulduqda bəzi hallarda bərpa olunacaq, bəzi hallarda isə bərpa olunmayacaqdır. Tutaq ki, mühərrikin fırladıcı momenti hər hansı səbəbə görə (məsələn, şəbəkədə gərginlik düşdükdə) azalmışdır. Bu halda sürüşmə artmağa başlayacaqdır. Momentlər tarazlığı A nöqtəsinə müvafiq olduqda, sürüşmənin artması mühərrikin fırladıcı momentini artıracaq və fırladıcı moment yenidən tormozlayıcı momentə bərabər alınacaq, yəni momentlər tarazlığı bərpa olunacaqdır. Momentlər tarazlığı B nöqtəsinə müvafiq olduqda isə sürüşmənin artması fırladıcı momenti azaldacaqdır; fırladıcı moment həmişə tormozlayıcı momentdən az alınacaq, yəni momentlər tarazlığı bərpa olunmayacaq və rotorun fırlanma sürəti mühərrik dayanana qədər arası kəsilmədən azalacaqdır.

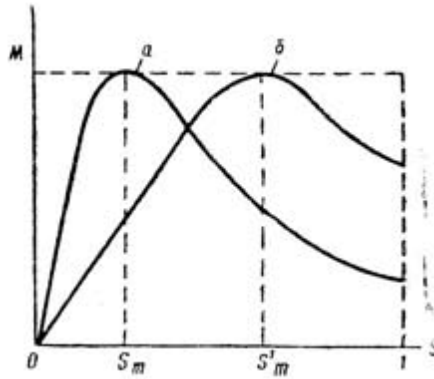


Şəkil 157 Asinxron mühərrikin fırladıcı momentinin sürüşmədən asılı olması

Beləliklə, A nöqtəsinə müvafiq olan rejimdə maşın dayanaqlı işləyəcək, B nöqtəsinə müvafiq olan rejimdə isə dayanaqlı iş mümkün olmayacaqdır. Mühərriki ifrat yükləsək, yəni onun valına maksimal momentdən çox olan tormozlayıcı moment tətbiq etsək, momentlər tarazlığı bərpa olunmayacaq və mühərrikin rotoru dayanacaqdır.



Şəkil 158. Şəbəkədəki müxtəlif gərginliklərdə fırladıcı momentin sürüşmədən asılı olması



Şəkil 159. Roto dolağının müxtəlif aktiv müqavimətlərində fırladıcı momentin sürüşmədən asılı olması

Mühərrikin fırladıcı momentini tətbiq edilən gərginliyin kvadratı ilə mütənasıbdır. Buna görə də şəbəkədə gərginliyin dəyişməsi fırladıcı momentin dəyişməsinə səbəb olur (şəkil 158).

Rotorda aktiv müqaviməti dəyişsək (məsələn, rotorun faza dolağı dövrəsinə reostat qoşsa), fırladıcı momentin sürüşmədən asılılığı da dəyişəcəkdir. Maksimal momentin qiyməti rotorun dolağında aktiv

müqavimətdən asılı deyildir, maksimal momentə müvafiq olan S_m sürüşməsi isə bu dolaqdakı aktiv müqavimətlə mütənasibdir.

Buna görə də rotorda aktiv müqavimət artdıqda, maksimal moment qiymətcə sabit qalaraq, sürüşmə daha çox olan sahələrə hərəkət edir(şəkil 159).

§94. ASINXRON MÜHƏRRİKİN İŞ XARAKTERİSTİKALARI

Asinxron mühərrikin iş xarakteristikaları S sürüşməsinin, rotorun n_2 dövrlər sayının, yaradılan M momentinin, sərf edilən I_1 cərəyan şiddətinin, sərf olunan P_1 gücünün, $\cos\varphi$ güc əmsalının və η i.ə-nin maşının valındakı P_2 faydalı gücündən asılılığından ibarətdir. Bu xarakteristikalar (şəkil 160), mühərrikin təbii iş şəraitində, yəni mühərrik tənziqləmədikdə, şəbəkənin f cərəyanın tezliyi və U_1 gərginliyi sabit qaldıqda, mühərrikin valında yüklənmə dəyişdikdə alınır.

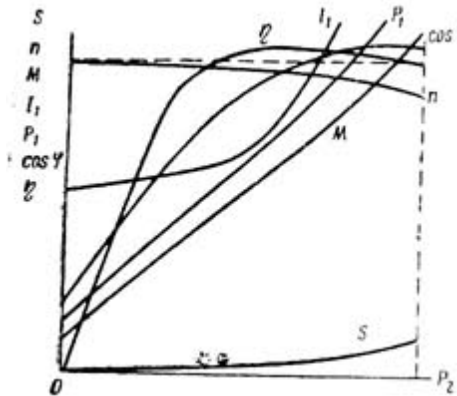
Mühərrikin valına düşən yüklənmə artırıldıqda, bildiyimiz kimi, sürüşmə də artır, həm də yüklənmədə sürüşmənin artımı az yüklənməyə nisbətən bir qədər tez olur.

Mühərrik yüksüz işlədikdə $n_2 \cong n_1$ və $S \cong 0$.

Nominal yüklənmədə sürüşmə, adətən, $S = 3 \div 5\%$ olur.

Rotorun fırlanma sürəti, məlum olduğu kimi, belədir:

$$n_2 = n_1(1 - S) = \frac{60f_1}{p}(1 - S)$$



Şəkil 160. Asinxron mühərrikin iş xarakteristikaları

Mühərrikin valına düşən yüklənmə artdıqca sürüşmə də artdığından, dövrlər sayı azalacaqdır. Lakin yüklənmə 0-dan nominala qədər artdıqda fırlanma sürəti cüzi dəyişir və 5%-dən çox olmur. Buna görə də asinxron mühərrikin sürət xarakteristikası sərt alınır- üfüqi oxa tərəf çox az maili olur.

Mühərrikin yaratdığı M fırladıcı momenti valdakı M_2 tormozlayıcı momentə və mexaniki itkilərin aradan qaldırılmasına sərf olunan M_0 momenti ilə tarazlaşır, yəni: ψ

$$M = M_2 + M_0 = \frac{P_2}{\Omega_2} + M_0 = \frac{P_2}{\frac{2\pi n_2}{60}} + M_0$$

Burada P_2 – mühərrikin faydalı gücü

Ω_2 - rotorun bucaq sürəti

Mühərrik yüksüz işlədikdə fırladıcı moment M_0 momentinə bərabər alınır; vala düşən yüklənmə artdıqca bu moment də artır, həm də rotorun sürəti bir qədər yavaş fırlandığından fırladıcı moment, valdakı faydalı gücün artmasına nisbətən daha sürətlə artır. Mühərrikin şəbəkədən sərf etdiyi I_1 cərəyan şiddəti mühərrikin valına düşən yüklənmə artdıqca qeyri-bərabər sürətdə dəyişir. Mühərrik yüksüz işlədikdə $\cos \varphi$ az alınır və cərəyanın reaktiv toplananı çox, aktiv toplananı isə az olur. Mühərrikin valında yüklənmə az olduqda stator cərəyanının aktiv toplananı reaktiv toplanandan çox alınır və buna görə də yüklənmənin dəyişməsi, sərf edilən I_1 cərəyan şiddətinin (bu da əsasən reaktiv toplanan ilə müəyyən edilir) çox az dəyişməsinə səbəb olur. Yüklənmə çox olduqda stator cərəyanının aktiv toplananı reaktiv toplanandan çox alınır və yüklənmənin dəyişməsi I_1 cərəyan şiddətini çox az dəyişdirir. Mühərrikin sərf etdiyi P_1 gücü qrafiki ifadə edildikdə, çox böyük yüklənmələrdə yuxarıya tərəf cüzi dəyişilən (bu da yüklənmə artdıqca stator və rotor dolaqlarının misindəki itkilərin artması ilə izah olunur) təxminən düz xətt şəklində alınır. Mühərrikin valında yüklənmə dəyişdikdə güc əmsalı aşağıdakı kimi dəyişir. Mühərrik yüksüz işlədikdə, stator cərəyanının maşında güc itkisindən asılı olan aktiv toplananı maqnit seli yaradan bu cərəyanın reaktiv toplananına nisbətən az alındığından $\cos \varphi$ az (0,2 qədər) olur. Valda yüklənmə artdıqda $\cos \varphi$, stator cərəyanı aktiv toplananının çoxalması hesabına artır (ən böyük: 0,8 ÷ 0,9 qiymətinə çatır). Çox böyük yüklənmədə $\cos \varphi$ bir qədər azalır,

çünkü rotorda sürüşmə və cərəyan tezliyi xeyli artdığından rotor dolağının reaktiv müqaviməti də artır.

η f. i. ə. əyrisi hər hansı bir maşında və ya transformatorada olduğu kimi alınır. Yüksüz işləmədə f. i. ə. sifira bərabərdir. Mühərrikin valına düşən yüklənmə artdıqca, f. i. ə. xeyli artır, sonra isə azalır. Poladda güc itkiləri və yüklənmədən asılı olmayan mexaniki itkilər statorun və rotorun dolaqlarındakı gücün yüklənmədən asılı olan mis itkilərinə bərabər alındıqda, f. i. ə. ən böyük qiymətinə çatır. Statorun və rotorun dolaqlarındakı mis itkiləri stator cərəyanının kvadratına və rotor cərəyanının kvadratına (müvafiq surətdə) mütənasibdir.

§95. ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRİN İŞƏ SALINMASI

Asinxron mühərriki dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulduqda onun statoru və rotorunun dolaqlarından nominaldan bir neçə dəfə yüksək olan cərəyan keçəcəkdir. Bunu belə izah etmək olar: fırlanan maqnit sahəsi hərəkətsiz rotorda dolağı fəzada maqnit sahəsinə bərabər olan böyük sürətlə kəsir və bu dolaqda çox böyük EHQ induksiyalayır.

Rotorun dövrlər sayı artdıqda sürüşmə azalır ki, bu da rotorun dolağında EHQ-nin və cərəyan şiddətinin azalmasına səbəb olur. Bu isə öz növbəsində statorun dolağında cərəyan şiddətini azaldır.

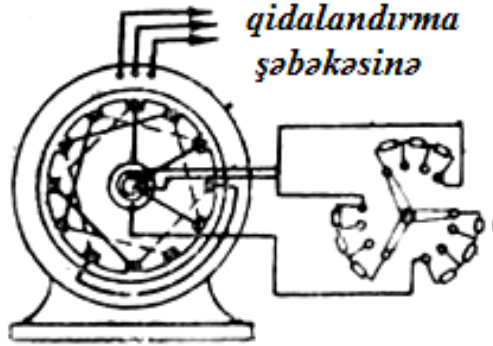
Böyük işəsalma cərəyan şiddəti həm mühərrik və həm də mühərrikin enerji aldığı cərəyan mənbəyi üçün arzu edilmir. Mühərriki tez-tez işə saldıqda cərəyan şiddəti mühərrikin dolaqlarında temperaturun yüksəlməsinə səbəb olur ki, bu da dolaq izolyasiyasının vaxtından əvvəl köhnəlməsi ilə nəticələnir. Cərəyan şiddəti çox olduqda şəbəkə gərginliyi azalır ki, bu da həmin şəbəkəyə qoşulmuş digər enerji qəbuledicilərin işinə mənfi təsir edəcəkdir. Buna görə də mühərriki bilavastə şəbəkəyə ancaq o zaman qoşmaq olar ki, mühərrikin gücü şəbəkəni qidalandıran cərəyan mənbəyinin və enerji verən bütün qurğuların gücündən xeyli az olsun.

Mühərrikin gücü cərəyan mənbələrinin bu gücündən xeyli çox olduqda, işəsalma zamanı mühərrikin sərf etdiyi cərəyan şiddətini azaltmaq lazımdır.

Faza rotorlu mühərrikin işə salınması. Belə tipli mühərriklər çox yaxşı işəsalınma xassəsinə malikdir. İşəsalma cərəyanını azaltmaq

üçün rotorun dolağını işəsalma reostatı adlanan aktiv müqavimətə qapayırlar (şəkil 161).

Belə müqaviməti rotor dolağının dövrəsinə qoşduqda, ondakı cərəyan şiddəti azalır, deməli statorun dolağındakı cərəyan şiddəti və mühərrikin şəbəkədən sərf etdiyi cərəyan şiddəti də azalır.

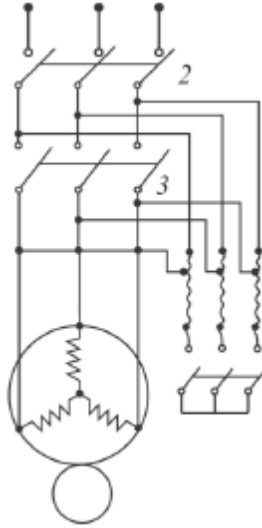


Şəkil 161. Asinxron mühərrikin faza rotoru dövrəsinə işəsalma reostatı qoşulmasının sxemi

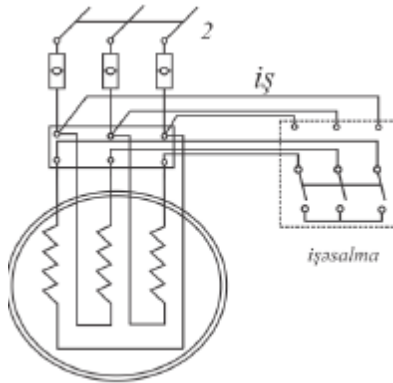
Bundan başqa aktiv müqaviməti rotor dolağının dövrəsinə qoşduqda $\cos\psi_2$, deməli işə saldıqda mühərriklə yaradılan fırlatma momenti də artacaqdır. Beləliklə, aktiv müqaviməti rotorun dövrəsinə qoşduqda işəsalma cərəyan şiddəti azalır, işəsalma momenti isə artır. İşəsalma reostatlarının bir neçə kontaktı olduğundan mühərrikin tam dövrlər sayı ilə işlədilməsi prosesində reostatın dəstəyini döndərməklə, rotor dolağının dövrəsinə daxil edilmiş müqaviməti tədricən azaltmaq olur. Rotorun sürəti normal həddə çatdıqda reostatı tamamilə kənar edir, yəni rotorun dolağını qısa qapayırlar. Rotorun sürəti normal olduqda sürüşmə və rotorun dolağında induksiyaalanan EQ da az olur. Buna görə də rotorun dövrəsində heç bir əlavə müqavimət lazım deyildir; bu müqavimətlər sərfəsiz itkilərə səbəb ola bilər. İşəsalma reostatı, mühərrikin dövrlər sayının normal həddə çatdırılması prosesində qısa müddət ərzində işləyir; buna görə də işəsalma reostatları qısamüddətli iş hesablanılır. Reostatı uzun müddət qoşulmuş vəziyyətdə qoysaq, o sıradan çıxacaqdır.

Qısa qapanmış rotorlu mühərriklərin işə salınması. Belə tipli mühərrikləri, gücü cərəyan mənbəyinin gücünə nisbətən az olduqda, bilavasitə şəbəkəyə qoşmaqla işə salırlar. Mühərriklərin gücü böyük

olduqda işə işəsalma cərəyanını xüsusi tərtibatla azaldılar. Belə işəsalma tərtibatlarından biri də avtotransformatordır (şəkil 162).



Şəkil 162. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriki işə salmaq üçün avtotransformatordan istifadə edilən qoşulma sxemi



Şəkil 163. Dolaqları ulduz birləşdirmədən üçbucaq birləşdirməyə qoşmaqla qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin işə salınması sxemi

Mühərriki işə saldıqda statorun sığaclarındakı gərginliyi alçaldıcı transformatorun köməyi ilə azaldılar; bunun üçün 1 və 2 kəsən

açarlarını qoşmaq lazımdır. Rotor normal sürətlə fırlanıqda mühərriki şəbəkənin tam gərginliyinə qoşurlar; bunun üçün 1 kəsən açarını açmaq, 3 kəsən açarını isə qoşmaq lazımdır. Bir çox hallarda mühərriki işə salmaq üçün statorun dolağını ulduz birləşdirmədən üçbucaq birləşdirməyə keçirirlər (şəkil 163).

İşəsalma momentində statorun dolağını ulduz birləşdirir, mühərriki normal həddə yaxın sürətlə işləməyə başladıqdan sonra isə üçbucaq birləşdirməyə keçirirlər. Mühərriki bu üsulla işə saldıqda şəbəkədəki işəsalma cərəyan şiddəti, işəsalma zamanı statorun dolaqları üçbucaq birləşdirilmiş olsaydı yaranacaq işəsalma cərəyan şiddətinə nisbətən təxminən 3 (üç) dəfə azalır.

Lakin bu işəsalma üsulunu, həmin gərginlikdə şəbəkədən qidalandırdıqda statorun dolaqları üçbucaq birləşdirmə ilə normal birləşən mühərriklərdə tətbiq etmək olar.

Şəbəkənin gərginliyini azaltmaq və statorun dolağını ulduz birləşdirmədən üçbucaq birləşdirməyə qoşmaq yolu ilə asinxron mühərriklərin nəzərdən keçirdiyimiz işəsalma üsullarının ümumi nöqsanı işəsalma momentinin xeyli azalmasıdır; işəsalma momenti faza gərginliyinin kvadratı ilə mütənasibdir. Buna görə də mühərrik tam yüklənmə ilə işə salınmadıqda bu üsullardan istifadə oluna bilər.

§96. ASINXRON MÜHƏRRİKLƏRDƏ FIRLANMA SÜRƏTİNİN TƏNZİM EDİLMƏSİ

Məlum olduğu kimi rotorun dövrlər sayı belə bir düsturla təyin edilir.

$$n_2 = n_1(1 - S)$$

və ya

$$n_2 = \frac{60f_1}{p}(1 - S),$$

burada n_2 – rotorun dəqiqədə dövrlər sayı;

n_1 – statorun maqnit sahəsinin dəqiqədə dövrlər sayı;

f_1 - dəyişən cərəyanın tezliyi, Hz ilə;

p – mühərrikin cüt qütblər sayı;

S – sürüşmədir

Deməli, mühərrikin fırlanma sürətini dəyişmək üçün rotorun dövrlər sayı düsturuna daxil olan üç kəmiyyətdən (f_1 , p , S) istənilən birini

dəyişmək kifayətdir. Buna görə də asinxron mühərrikin fırlanma sürətini bir neçə üsulla tənzimləmək olar.

Dəyişən cərəyanın tezliyini dəyişməklə. Bu üsulda mühərrikin, EQ-nin tezliyini lazım gəldikdə geniş hədlərdə dəyişmək mümkün olan xüsusi generatordan (tezlik çeviricisindən) qidalanır. Sürətin bu üsulla tənzim edilməsi generatordan istifadə olunmasını tələb etdiyindən, qənaətli deyildir. Bu üsul, bir neçə mühərrikin sürətini eyni vaxtda dəyişdirməli olduqda, habelə yüksək sürət (təxminən $10\,000 \div 24\,000$ dövr\dəq qədər) əldə etmək lazım gəldikdə tətbiq olunur.

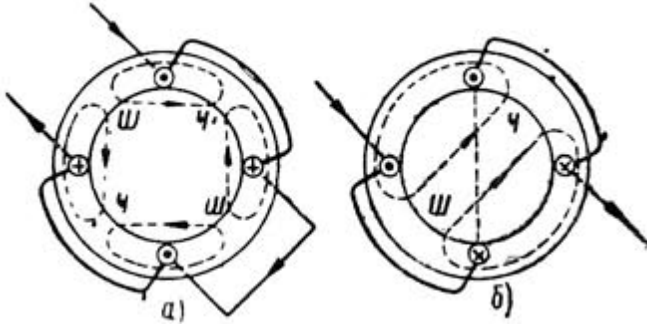
Mühərrikin qütblər sayını dəyişməklə. Bu üsulla mühərrikin statorunda ya qütblərin sayı müxtəlif olan iki dolaq, ya da müxtəlif qütblər sayına qoşmağa imkan verən bir dolaq yerləşdirirlər. Belə dolağın bir fazası 164-cü a) şəkildə bir fazanın ardıcıl birləşdirilmiş iki makarası sxematik olaraq verilmişdir. Cərəyan bu makaralardan keçərək dörd qütbü olan maqnit sahəsi yaradır.

Əgər makaraların birini digərinə qarşı qoşmaqla cərəyanın istiqamətini dəyişsək, dolaq iki qütblü maqnit sahəsi yaradacaqdır(şəkil 164, b). Stator dolağının qütblər sayı dəyişdikdə, bunun maqnit sahəsinin və deməli, mühərrikin rotorunun fırlanma sürəti də dəyişəcəkdir. Asinxron mühərrikin sürətini tənzimləməyin bu üsulu qənaətlidir; sürətin bu pilləli dəyişdirilməsi bu üsulun nöqsan cəhətlərindəndir; bundan başqa, statorun dolağı mürəkkəb quruluşlu olduğundan və maşının qabarit ölçüləri böyük alındığından mühərrikin maya dəyəri xeyli artır. Qütblərin sayını dəyişməklə sürətin tənzimləməsindən qısa qapanmış rotorlu mühərriklərdə istifadə olunur; kontakt halqalı mühərriklərdə isə istifadə olunmur. Çünki bu halda stator dolağında qütblərin sayını dəyişməklə bərabər, fırlanan rotor dolağında qütblərin sayını da eyni cür dəyişmək lazımdır; bu isə çox mürəkkəbdir.

İki, üç və dörd sürətli mühərriklər, məsələn sinxron fırlanma sürəti 500-750-1500 dövr\dəq olan mühərriklər istehsal olunur. Belə mühərriklərin statorunda iki dolaq vardır və bu dolaqların hər biri müxtəlif sayda qütblərə qoşmağa imkan verir.

Sürüşməni dəyişməklə. Sürüşməni dəyişmək üçün rotor dolağının dövrəsinə tənzimləmə reostatı əlavə etmək, habelə şəbəkənin gərginliyini dəyişmək lazımdır. Rotorun dövrəsinə tənzimləmə reostatı

qoşulması işəsalma reostatının qoşulmasından fərqlənir. Tənzimləmə reostatı işəsalma reostatından, cərəyanın uzun müddət keçməsinə hesablanması ilə fərqlənir.



Şəkil 164. Stator dolağının müxtəlif sayda qütblərə qoşulması sxemi

Fərz edək ki, mühərrik mexaniki enerji qəbuledicisini müəyyən sürətlə fırladaraq işləmişdir. Bu halda mühərrikin rotorunun dolağından I_2 cərəyanı keçərək, statorun F_1 maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində mühərrikin valındakı tormozlayıcı momentə bərabər olan fırladıcı moment yaradır. Tənzimləmə reostatı daxil etməklə rotor dolağının dövrəsində müqaviməti artırsaq, I_2 cərəyan şiddəti və deməli, mühərrikin yaratdığı fırladıcı moment azalacaqdır. Fırladıcı moment tormozlayıcı az alınacaq, bu isə rotorun fırlanma sürətinin azalmasına səbəb olacaq, yəni sürüşmə artmağa başlayacaqdır. Sürüşmə artdıqca rotorda I_2 cərəyan şiddəti çoxalacaqdır. Sürüşmə və rotorda cərəyan şiddəti – fırladıcı momenti tormozlayıcı momentə bərabər olana qədər, yəni rotorda cərəyan şiddəti öz əvvəlki qiymətinə çatıncaya qədər, artacaqdır. Mühərrikin sürətini dolağın dövrəsinə reostat qoşmaqla tənzimləmə üsulu rotorda faza dolağı olan mühərriklərdə mümkündür. Belə mühərriklərdə bu üsul sürəti səlis, həm də çox böyük hədlərdə tənzimləməyə imkan verdiyindən geniş yayılmışdır. Məsələn, qaldırıcı kranların mühərrikləri faza rotorlu hazırlanır və tənzimləmə reostatları ilə təchiz olunur (bu reostatlar həm də işəsalma müqavimətinin işini görür. Sürəti tənzimləməyin bu üsulunun nöqsan cəhəti qənaətli olmamasıdır; çünki tənzimləmə müqaviməti güc sərf edərək mühərrikin f. i. ə-nı azaldır.

Şəbəkənin gərginliyi dəyişdikdə də mühərrikin sürəti dəyişir. Mühərrik işləyərkən şəbəkənin gərginliyini azaltsaq, rotorun dolağında

cərəyan şiddəti azalacaqdır ki, bu da sürüşmənin, yəni rotorun fırlanma sürətinin azalmasına səbəb olacaqdır.

Lakin reostat qoşmaqla sürüşmənin dəyişdirilməsindən fərqli olaraq şəbəkə gərginliyinin azaldılması hesabına sürüşməni çox məhdud hədlərdə artırmaq olar. Şəbəkənin gərginliyi xeyli azaldıqda, mühərrikin gərginliyin kvadratı ilə mütənasib olan fırladıcı momenti o qədər çox azalacaqdır ki, mühərrik dayanıqlı işləyə bilməyəcək və rotor dayanacaqdır. Beləliklə, asinxron mühərriklər sürətin geniş hədlərdə səlis və qənaətli dəyişdirilməsini təmin etmir. Buna görə də həmin mühərriklər sürəti geniş hədlərdə tənzimləmək tələb olunan yerlərdə də tənzimlənməyən mühərriklərə aid edilir. Nəqliyyatda, qaldırıcı kranlarda, metallurgiyada və s. yerlərdə əsasən sabit cərəyan mühərriklərindən istifadə olunur; sonrakı fəsildən görəcəyimiz kimi sabit cərəyan mühərrikləri yaxşı tənzimlənmə xassələrinə malikdirlər.

9-cu fəsil

SİNXRON MAŞINLAR

§97. SİNXRON GENERATORUN İŞLƏMƏ PRİNSİPİ

Generator, mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirən elektrik maşınıdır.

Həm dəyişən və həm də sabit cərəyan generatorun işi elektromaqnit induksiya qanunundan istifadə edilməsinə əsaslanır. Bu qanuna görə *maqnit sahəsində hərəkət edən və edən və bu sahənin maqnit xətləri ilə kəsişən naqildə EQ yaranır.*

$$e = B * L * v * 10^{-8}$$

burada B- maqnit induksiyanın orta qiyməti;

L- naqilin uzunluğu;

v- maqnit sahəsində naqilin hərəkətmə sürətidir

Naqilin L- uzunluğu -sm, v- hərəkətmə sürəti- sm\san, B- maqnit induksiya- qauss ilə ifadə olunarsa, yuxarıdakı düsturla hesablanmış EQ volt ilə ifadə olunacaqdır. Lakin bu düstur ozaman doğru olur ki, naqil maqnit xətlərinin istiqamətinə perpendikulyar hərəkət etsin.

Naqili hər hansı bir elektrik enerji qəbuledicisi qapasaq, onda əmələ gətirilən EQ-nin təsiri ilə qapalı dövrədən cərəyan axmağa başlayacaqdır. Beləliklə, maqnit sahəsində naqilin hərəkət

etdirilməsinə sərf olunan mexaniki enerji elektrik enerjisinə çevrilir və bu enerji naqilin qapanmış olduğu cərəyan qəbul edicisinə verilir.

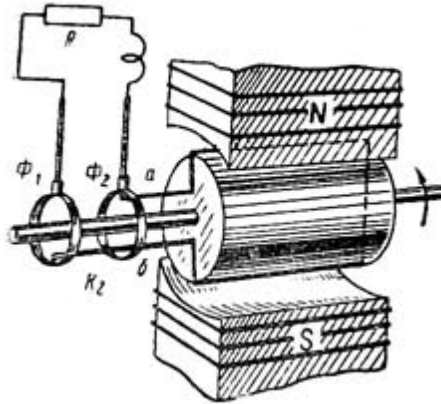
Deməli, generatorun işləməsi üçün maqnit sahəsi və bu sahədə hərəkət etdirildikdəEHQ yaradılan naqillər lazımdır. Buna görə də hər bir generator iki əsas hissədən ibarətdir: **induksiyalayıcı və induksiyalanan**.

İnduksiyalayıcı hissə maşının maqnit sahəsi yaradan hissəsinə deyilir. **İnduksiyalanan hissə** isə lövbərdir, yəni enerjinin çevirilmə prosesi gedən və EHQ yaradılan hissədir.

Dəyişən cərəyan generatoru kimi sinxron maşınlar geniş tətbiq edilir.

Sinxron maşın, fırlanma sürətcərəyanının tezliyi ilə qəti bir sürətdə olan maşına deyilir. Sadə quruluşlu dəyişən cərəyan generatoru maqnit sahəsində fırlanan mis məftil sarğısından (a-b) ibarətdir (şəkil 165).

Qütbləri rotorda, lövbəri statorda yerləşdirilmiş sinxron generatorlar geniş yayılmışdır. Belə generatorlarda,



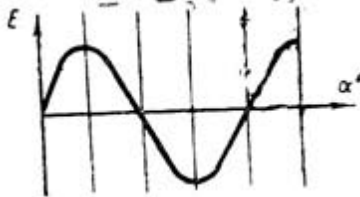
Şəkil 165. Sadə quruluşlu dəyişən cərəyan generatorunun sxemi

sarğı fırlandıqda a və b naqilləri N – S qütblərinin maqnit sahəsi ilə kəsişdiyindən sarğıda EHQ induksiyanacaqdır.

Sarğının ucları sarğı ilə birlikdə fırlanan halqalara birləşdirilir. Halqalarda hərəkətsiz fırçatutanlar (Φ_1 və Φ_2) yerləşdirib, elektrik enerji qəbuledicisiR ilə birləşdirsək, sarğıda yaradılan EHQ-nin təsiri iləsarğıdan, halqalardan, fırçalardan və enerji qəbuledicisindən ibarət olan qapalı dövrədən elektrik cərəyanı keçəcəkdir.

Belə sadə quruluşlu generatorada alınan EHQ maqnit sahəsində sarğının vəziyyətindən asılı olaraq arası kəsilmədən dəyişəcəkdir.

165-ci şəkildə göstərilmiş momentdə $a - b$ naqilləri qütblərin ortasında yerləşir və sarğını fırlatdıqda zaman vahidi ərzində maqnitsahəsinin ən çox maqnit xətləri ilə kəsişir. Deməli, həmin momentdə sarğıda induksiyaalanan EHQ-nin qiyməti ən çox olur. Sonradan sarğını döndərdikdə zaman vahidi ərzində $a - b$ naqillərinin kəsişdiyimaqnit sahəsinə maqnit xətlərinin sayı dəyişəcəkdir. Sarğının fəzada 90^0 döndərilməsinə müvafiq momentdə sarğının naqilləri şaquli istiqamətdə hərəkət edəcəkdir ki, bu da maqnit sahəsi maqnit xətlərinin istiqamətinə müvafiq olacaqdır. Deməli, $a - b$ naqilləri maqnit xətləri ilə kəsişməyəcək və sarğının EHQ sıfıra bərabər olacaqdır. Sarğını 90^0 -dən çox döndərdikdə a naqili çevrənin alt, b naqili isə üst hissəsində olacaqdır. Bu halda naqillərin maqnit sahəsindəki hərəkət istiqaməti dəyişəcəkdir. Sarğı fırlandıqda ilk momentlərdə a naqili maqnit sahəsində soldan sağa, b naqili isə sağdan sola hərəkət edərsə, 90^0 -dən çox döndükdə naqillərin hərəkət istiqaməti əksinə olacaq və deməli, sarğıda induksiyaalanan EHQ-nin də hərəkət istiqaməti dəyişəcəkdir. Maqnit sahəsi $N - S$ qütbləri arasında bərabər paylanırsa, EHQ zamandan asılı olaraq sinusoidal dəyişəcəkdir (şəkil 166). Sarğı fəzada bir dövr etdikdə onda induksiyaalanan EHQ bir period dəyişir.



Şəkil 166. Sarğının EHQ-nin zamandan asılı olaraq dəyişməsi əyrisi

Sarğı dəqiqədə n dövrlər sayı sabit olan hər hansı bir ilkin mühərriklə fırlandırılırsa, bu sarğıda tezliyi aşağıdakı kimi olan dəyişən EHQ induksiyaalanaqdır:

$$f = \frac{n}{60}$$

Çoxqütblü maşınlarda induksiyaalanan EHQ –nin tezliyi:

$$f = \frac{pn}{60}$$

burada p – cüt qütblər sayıdır.

Bu ifadədən aydın olur ki, induksiyaalanan EHQ – nin tezliyi maqnit sahəsində sarğının dövrlər sayından asılıdır. Sarğıdakı EHQ tezliyinin

sabit olması üçün sarğıını maqnit sahəsində sabit sürətlə fırlatmaq lazımdır.

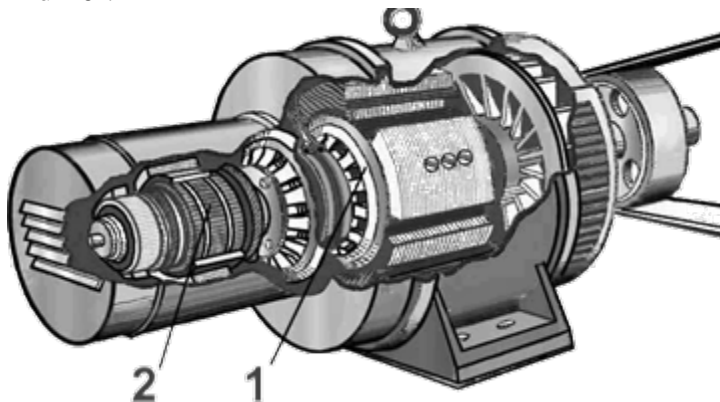
EHQ – ni artırmaq üçün sarğıların sayını çox götürür və bunları elə ardıcıl birləşdirirlər ki, EHQ – ləri cəmlənsin.

§98. SİNXRON GENERATORUN QURULUŞU

Naqıl maqnit sahəsinin maqnit xətləri ilə kəsişdikdə həmin naqıldə EHQ yaranır.

Buna görə də naqıllərdə EHQ həm bu naqıllər hərəkətsiz maqnit sahəsində hərəkət etdirildikdə, həm də maqnit sahəsinin maqnit xətlərini hərəkətsiz naqıllərə nisbətən hərəkət etdirildikdə yaranır. Birinci halda qütbləri, yəni maşının maqnit sahəsinə yaradan induksiyalayıcı hissəsini maşının hərəkətsiz sahəsində (stator), induksiyalanan hissəsini (lövbəri) isə maşının fırlanan hissəsində (rotor) yerləşdirirlər. İkinci halda qütblər rotor üzərində, induksiyalanan hissə (lövbər) isə stator üzərində yerləşdirilir. Qütbləri hərəkətsiz və lövbəri isə fırlanan sinxron generatorun işləmə prinsipini yuxarıda nəzərdən keçirdik. Belə generatorlarda hasil olunan enerji qəbulediciyə sürüşən kontaktlar – kontakt halqaları və fırçalar vasitəsi ilə verilir. Çoxgüclü dövrədə sürüşən kontaktın qoyulması xeyli enerji itkisinə səbəb olur: yüksək gərginlikdə isə belə kontaktın olması arzu edilmir. Buna görə də lövbəri fırlanan və qütbləri hərəkətsiz olan generatorlar ancaq alçaq gərginlik (380\220 v-a qədər) və az güc (15 kv-t-a qədər) üçün hazırlanır. Qütbləri rotorda, lövbəri isə statorda yerləşdirilmiş sinxron generatorlar geniş yayılmışdır. Belə generatorlarda maqnit sahəsi *təsirləndirmə cərəyanı* adlanan sabit cərəyanla yaradılır. Bu cərəyan ardıcıl birləşdirilmiş makaralardan ibarət olan və rotorun qütblərində yerləşdirilmiş təsirlənmə dolağından keçir. Təsirləndirmə dolağının ucları maşının valına bərkidilmiş kontakt halqalarına birləşdirilir. Kənar enerji mənbəyindən təsirləndirmə dolağına sabit cərəyan vermək üçün halqalarda hərəkətsiz fırçalar bərkidilir. Adətən, belə enerji mənbəyi olaraq *təsirləndirici* adlanan və gücü dəyişən cərəyan generatorundan az olan sabit cərəyan generatoru götürülür. Təsirləndirici, sinxron generatorla birlikdə eyni valda oturdulur. 167-ci şəkildə təsirləndiricisi olan sinxron generator göstərilmişdir.

Hazırda öz-özünə təsirlənən sinxron generatorlardan geniş istifadə olunur. Sabit cərəyan maşınlarında olduğu kimi belə generatorlarda qalıq maqnit selindən istifadə edilir. Bu maqnit seli, rotor fırlanmışda statorun dolağında EHQ yaradır. Təsirləndirmə dolağından stator dolağı EHQ-nin təsiri ilə yaranan və selen düzləndiricisi ilə çevrilmiş sabit cərəyan keçəcəkdir. Sinxron generatorun statoru içlikdən, dolaqdan və maşınlarda olduğu kimi, burulğan cərəyanlara itkiləri azaltmaq üçün bir-birindən lak və ya kağızla izolyasiya edilmiş polad lövhələrdən yığılır. Bu lövhələr oyuqlar, habelə bərkitmək və ventilyasiya üçün deşiklər ştamplanmış halqalar (və ya seqmentlər) şəklində hazırlanır. Lövhələrdən uzununa oyuqları olan paketlər yığıb çatıda bərkidirlər.

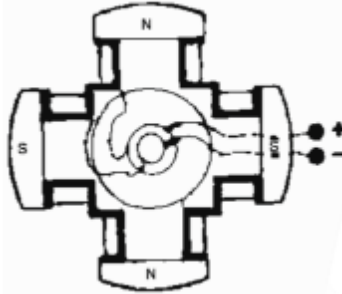


Şəkil 167. Sinxron generatorun quruluşu:
1-sinxron generator; 2- təsirləndirici

Çatı poladdan tökülür və maşının gövdəsi olur. Üzərində rotoru saxlamaq üçün yataqlar quraşdırılmış yan lövhələrini çatıya bərkidirlər. Çatı özül üzərində bərkidilir. Statorun uzununa oyuqlarında bir-birinə müvafiq surətdə birləşdirilərək üçfazlı sistem əmələ gətirmiş stator dolağının naqillərini yerləşdirirlər. Maşının lövhəsində hər faza dolağının başlanğıcını və sonunu birləşdirmək üçün 6 (altı) ədəd sıxac vardır. Statorun dolağını şəbəkəyə qoşmaq üçün üçbucaq və ya ulduz birləşdirmək olar; bu isə generatordan iki müxtəlf gərginlik, məsələn 127 və 220 v ya da 220 və 380 v almağa imkan verir.

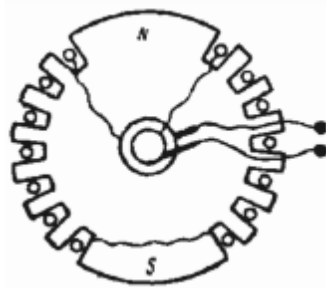
Generatorun pasportunda onun hesablanmış olduğu gərginliyin hər ikisi göstərilir, yəni 220/127V, ya da 380/220V və s. Generatorun

lövhdəsində göstərilmiş daha az gərginlik üçün statorun dolağını üçbucaq, daha yüksək gərginlik üçün ulduz birləşdirirlər. Statorun uc tərəflərində makraların təpə birləşdirmələrini rotoru öz yernə qoya bilmək üçün əyirlər. Sinxron generatorların rotorunu ya qütbləri kəskin ifadə olunan (çox çıxan), ya da kəskin ifadə olunmayan, yəni qütbləri çıxmayan şəkildə hazırlayırlar. Fırılanma sürəti nisbətən az (qütblərin sayı isə çox) olan maşınlarda rotor qütbləri kəskin ifadə olunan şəkildə hazırlanır; bu halda qütblər çevrə üzrə bir-birindən bərabər məsafədə yerləşdirilir (şəkil 168).



*Şəkil 168. Qütbləri kəskin ifadə olunan sinxron maşının rotoru:
1- içlik; 2- qütb ucluğu; 3- təsirləndirmə dolağının makarası*

Qütb içlikdən (1), qütb ucluğundan (2) və içlikdə yerləşdirilən təsirləndirmə dolağının makarasından(3) ibarətdir. Qütbləri kəskin ifadə olunan sinxron generatorlar üçün ilkin mühərrik kimi, adətən, yavaş sürətli maşın olan hidravlik turbin götürülür. Buna görə də qütbləri kəskin ifadə olunan sinxron generatorlara **hidrogenerator** deyilir. Yüksək fırlanma sürətində rotorun belə quruluşu lazımi mexaniki möhkəmliyi təmin edə bilmir, buna görə də yüksəksürətli maşınlarda rotor qütbləri kəskin ifadə olunmayan şəkildə hazırlanır (şəkil 169). Qütbləri kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru bir-birindən izolyasiya olunmuş nazik polad təbəqələrdən silindr şəklində hazırlanır. Rotorun səthində təsirləndirmə dolağının naqillərini yerləşdirmək üçün oyuqlar ştamplanır. Təsirləndirmə dolağını rotorda düzdükdən sonra oyuqlara paz vurulur, təsirləndirmə dolağının təpə birləşmələri isə rotorun uc hissəsində yerləşdirilən polad bandajlarla bərkidilir. Rotorun belə konstruksiyasında çevrəvi sürətin 180-200 m/san olmasına yol verilir.



Şəkil 169. Qütbləri kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru

Qütbləri kəskin ifadə olunmayan generatorlar üçün ilkin mühərrik kimi sürətli maşınlarla aid edilən, adətən, buxar turbinini götürülür. Qütbləri kəskin ifadə olunmayan və buxar turbinini ilə birləşdirilmiş sinxron generatora **turbogenerator** deyilir.

§99. SİNXRON GENERATORUN YÜK ALTINDA İŞLƏMƏSİ

Sinxron generator yüklənmədikdə, yəni boşuna işlədikdə statorun dolaqlarında cərəyan olmur. Qütblərdə təsirləndirmə cərəyanı ilə yaradılan maqnit seli statorun üçfazlı dolağında EQ induksiya edir. Generator yükləndikdə statorun dolağından cərəyan keçir. Yüklənmə simmetrik olduqda stator dolağının fazalarındakı cərəyanlar bərabər alınır və periodun üçdə biri qədər sürüşmüş olur.

Statorun cərəyanları dövrlər sayı aşağıdakı kimi olan fırlanan maqnit sahəsi yaradır:

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Statorda cərəyanın tezliyi

$$f = \frac{np}{60}$$

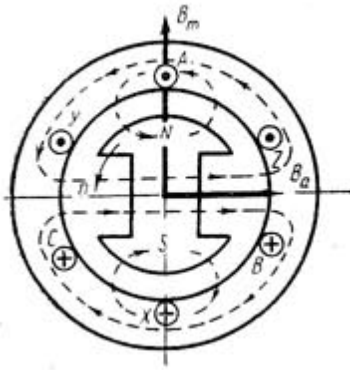
olduğundan

$$n_1 = n$$

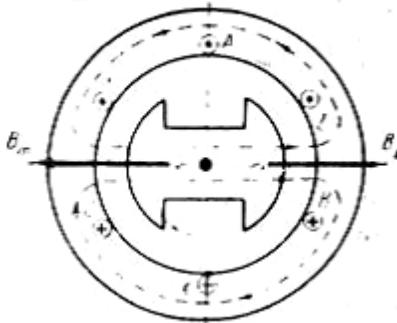
alınır, yəni statorun dolağındakı cərəyanlarla yaradılan maqnit sahəsi qütblərin maqnit sahəsi ilə sinxron fırlanır (düsturda n – rotorun və ya qütblərin maqnit sahələrinin dəqiqədə dövrlər sayıdır).

Statorun maqnit selinin çox hissəsi statorun və rotorun poladı ilə qapanaraq lövbərin (statorun) reaksiya selini yaradır. Statorun maqnit selinin az hissəsi isə stator dolağının naqilləri ətrafında

qapanaraq seyrəkləşmə seli yaradır; stator dolağının induktiv müqaviməti elə bununla əlaqədardır. Lövbər reaksiyası seli maşının maqnit dövrəsi üzrə qapanaraq qütblərin maqnit selinə təsir edib, onun qiymətini və fəzada paylanmasını dəyişdirir. Buna görə də yüklənmə zamanı maqnit seli, boşuna işləmədəki maqnit selinə bərabər alınmayacaqdır. Bu isə EHQ-nə və generatorun sıxaclarındakı gərginliyə təsir edir. Statorun sahəsi generatorun yüklənmə xarakterindən asılı olaraq qütblərin sahəsinə müxtəlif təsir edir; çünki statordakı aktiv, induktiv və tutum cərəyanlarında yaradılan maqnit sahəsi maqnit xətlərinin istiqaməti, qütblərin maqnit xətlərinə nisbətən müxtəlif olur. Aktiv yüklənmədə statordakı cərəyan fazaca EHQ-nə həmişə uyğun gəlir. Buna görə də seçdiyimiz momentdə şimal qütbünün altında olan Y, A və Z naqillərindəki həm EHQ, həm də cərəyan müşahidəçiyə tərəf (doğru), cənub qütbünün altında olan C, X və B naqillərində isə müşahidəçidən əks istiqamətdə yönəlir (şəkil 170). Bu halda lövbərin B_a reaksiya sahəsi qütblərin oxunun eni istiqamətdə olur. Lövbər reaksiyasının eninə sahəsi, qütblərin selini paylaşıdıraraq, bunu qütbün bir kənarı altında gücləndirir, obiri kənarı altında isə zəiflədir. Aktiv yüklənmədə nəticələndirici maqnit seli cüzi dəyişilir. Sinxron generatoru aktiv yükləndikdə gərginliyin çox az dəyişilməsini də elə bununla izah etmək olar. İnduktiv yüklənmədə cərəyan EHQ-dən 90° gecikir, stator dolağının naqillərində 171-c şəkildə göstəriləyi kimi istiqamətlənir. Bu halda lövbər reaksiyasının seli qütblərin uzununa oxu üzrə qapanır və qütblərin selinə qarşı istiqamətlənir, yəni qütblərin maqnit sahəsinə maqnitsizləşdirmə təsir edir. Buna görə də induktiv yüklənmədə nəticələndirici sel boşuna işləmədə olan maqnit selindən az alınır, yəni yüklənmə zamanı EHQ və generatorun sıxaclarındakı gərginlik azalır. Tutum yüklənməsində cərəyan EHQ-ni 90° qabaqlayır. Bu halda stator dolağının naqillərində cərəyanların istiqaməti 172-ci şəkildə göstəriləyi kimi olacaqdır. Belə olduqda, lövbər reaksiyası maqnit selinin maqnit xətləri qütblərin uzununa oxu üzrə qapanaraq qütblərin selinə müvafiq istiqamətlənəcək, yəni maqnit sahəsi güclənəcəkdir.

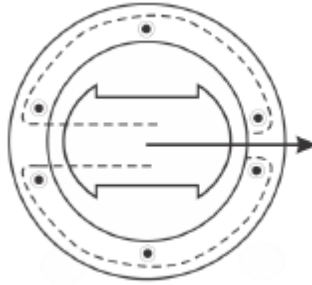


Şəkil 170. Aktiv yüklənmədə lövbər reaksiyası

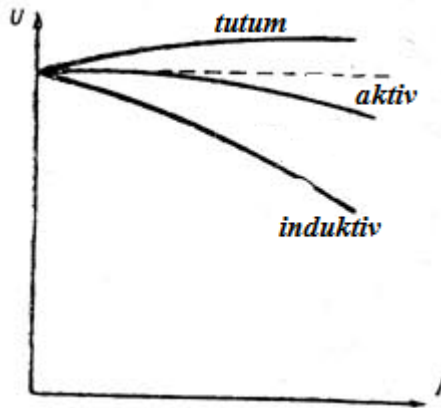


Şəkil 171. İnduktiv yüklənmədə lövbərin reaksiyası

Tutum yüklənməsində nəticələndirici maqnit seli boşuna işləmədə olduğuna nisbətən çox alınaraq, yəni EHQ və generatorun sxaclarındaki gərginlik artacaqdır. 173-cü şəkildə sinxron generatorun xarici xarakteristikaları verilmişdir. Bu xarakteristikalar aktiv və reaktiv yüklənmədə cərəyan şiddəti dəyişərkən generatorun sxaclarındaki gərginliyin dəyişməsinə göstərir. Sinxron generatorun stator dolağında yaranan EHQ-nin qiyməti qütblərin maqnit selindən asılıdır. Qütblərin maqnit seli az olduqda, statorun dolağında yaranan EHQ də çox az alınır.



Şəkil 172. Tutum yüklənməsində lövbərin reaksiyası



Şəkil 173. Müxtəlif xarakterli yüklənmədə sinxron generatorun xarici xarakteristikaları

Maqnit seli artdıqda maşının EHQ də artacaqdır. Beləliklə, EHQ təsirləndirmə dolağının naqillərindən keçən maqnit seli ilə mütənasübdür. Təsirləndirmə dolağında cərəyanı artırısaq. Qütblərin maqnit seli də artacaq və nəticədə statorun dolağında yaranan EHQ çoxalacaqdır. Deməli, təsirləndirmə dolağında cərəyanın dəyişməsi maşının EHQ-nin müvafiq surətdə dəyişməsinə səbəb olur və generatorun sıxaclarında gərginliyi tənzimləməyə imkan verir. Sinxron generator yüklənmədikdə (boşuna işlədikdə) statorun dolağında cərəyan olmur və generatorun sıxaclarındakı gərginlik stator dolağında yaradılan EHQ- nə bərabər alınır. Generator yükləndikdə statorun dolağındakı cərəyaya sıfır bərabər olmur və deməli, generatorun sıxaclarındakı gərginlik, stator dolağının müqavimətində (aktiv və reaktiv) gərginlik

düşküsu olduğundan EHQ-nə bərabər deyildir. Bundan başqa, statorun dolaqlarından keçən cərəyanlar lövbər reaksiyası seli yaradır; bu sel qütblərin selinə təsir etdiyindən, yüklənmədə maqnit seli generator boşuna işlədikdə qütblərin maqnut selinə bərabər olmur. Buna görə də yüklənmənin, yəni generatorun statorunda cərəyanın dəyişməsi, təsirləndirmə dolağındakı cərəyan dəyişməz qaldıqda generatorun sıxaclarında gərginliyin dəyişməsinə səbəb olacaqdır. Hər bir elektrik enerji qəbuledicisi şəbəkə gərginliyinin sabit olmasını tələb edir. Yüklənmə dəyişdikdə gərginliyin dəyişməməsi üçün sinxron generatorlarda təsirləndirmə cərəyanını dəyişdirirlər.

§100. SİNXRON MÜHƏRRİKLƏR

Sinxron maşın, hər bir elektrik maşını kimi, həm generator, həm də mühərrik ola bilər. Buna görə də sinxron mühərrikin konstruksiyası sinxron generatordan prinsipcə heç bir şeylə fərqlənmir. Mühərrikin statorunda üçfazlı dolaq yerləşdirilir. Bu dolağı üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşduqda, dəqiqədə dövrlər sayı aşağıdakı kimi olan fırlanan maqnit sahəsi yaranacaqdır:

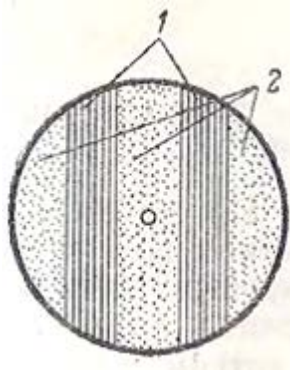
$$n = \frac{60f}{p}$$

Mühərrikin rotorunda sabit cərəyan şəbəkəsinə qoşulan təsirləndirmə dolağı yerləşdirilir. Təsirləndirmə cərəyanı qütblərin maqnit selini əmələ gətirir. Stator dolaqlarının cərəyanı ilə yaradılmış fırlanan maqnit sahəsi rotorun qütblərini öz arxasınca hərəkət etdirir. Bu halda rotor sinxron, yəni stator sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər sürətlə fırlanır; deməli, sinxron mühərrikin sürəti tam sabitdir. Sinxron mühərrikin əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o qabaqlayıcı cərəyan sərf edərək işləyə bilər, yəni mühərrik şəbəkə üçün tutum yüklənməsi ola bilər. Belə mühərrik, başqa enerji qəbuledicilərin reaktiv gücünü əvəzləyərək müəssisənin $\cos\varphi$ -ni yüksəldir. Asinxron mühərriklərə nisbətən qidalandırma şəbəkəsində gərginliyin dəyişməsinə az həssas olması sinxron mühərriklərin üstün cəhətlərindən biridir. Sinxron mühərriklərdə fırladıcı moment birinci dərəcədə şəbəkə gərginliyi ilə mütənasıbdır, asinxron mühərriklərdə isə gərginliyin kvadratı ilə mütənasıbdır. Sinxron mühərrikin fırladıcı momenti stator maqnit sahəsinin maqnitlənmiş rotora təsiri nəticəsində yaranır. Qidalandırıcı

şəbəkənin gərginliyindən stator sahəsi maqnit selinin ancaq amplitudu asılı olur. Sinxron mühərriklər əsasən qütbləri kəskin ifadə olunan hazırlanır və qabaqlayıcı $\cos\varphi = 8$ olan normal rejimdə istismar edilir. Sinxron mühərriklər ya təsirləndiricidən, ya da dəişən cərəyan şəbəkəsindən selen düzləndiricisi, yaxud mexaniki düzləndiricilər vasidəsi ilə təsirləndirilir. Sinxron mühərrikləri bilavasitə şəbəkəyə qoşmaq işə salmaq olmur, çünki statorun dolağını şəbəkəyə qoşduqda fırlanan maqnit sahəsi yaranacaqdır. Bu momentdə rotor hərəkətsizdir və deməli statorun və rotorun maqnit sahələri qarçılıqlı təsir etmir, yəni mühərrik fırladıcı moment yaratmır. Buna görə də mühərriki işə salmaq üçün rotoru sinxron və ya buna yaxın sürətə qədər əvvəlcədən fırlatmaq lazımdır. Hazırda sinxron mühərriklərin işə salınması üçün “asinxron işəsalma” adlanan üsul daha çox tətbiq edilir. Bu üsulun mahiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir. Sinxron mühərrikin qütb ucluqlarında “dələ çarxı” şəklində və asinxron maşın rotorunun qısa qapanmış rotoru kimi hazırlanan işəsalma dolağı yerləşdirilir. Statorun dolaqları üçfazlı şəbəkəyə qoşulur və mühərrik qısa-qapanmış rotorlu asinxron mühərrikdə olduğu kimi işə salınır. Mühərrikin fırlanma sürəti sinxron sürətə yaxın (təxminən 95%-ə qədər) olduqda, təsirləndirmə dolağı sabit cərəyan şəbəkəsinə qoşulur və sinxronlaşma yaranır, yəni rotorun fırlanma sürəti sinxron sürətə qədər artır. Mühərriki işə saldıqda, təsirləndirmə dolağı, bu dolağın müqavimətindən təxminən 10-12 dəfə artıq olan müqavimətə qapanır. Mühərriki işə saldıqda təsirləndirmə dolağını açıq və ya qısa qapanmış qoymaq olmaz. İşə saldıqda təsirləndirmə dolağı açıq qalarsa, burada həm dolağın izolyasiyası, həm də xidmət edən heyət üçün təhlükəli olan çox böyük EQY yaranacaqdır. Böyük EQY yaranması onunla izah edilir ki, mühərriki işə saldıqda statorun sahəsi tərənəməyən rotora nisbətən böyük sürətlə fırlanaraq, sarğıların sayı çox olan təsirləndirmə dolağının naqilləri ilə böyük sürətlə kəşişir. Təsirləndirmə dolağını işə saldıqda qısa qapasaq, yüklənmə ilə işə salınmış mühərrik sinxron sürətin yarısına yaxın sürətlə fırlanacaq və sinxronlaşma alınmayacaqdır. Şəbəkədən qabaqlayıcı cərəyan sərff etməklə işləyə bilməsi sinxron maşından kompensator kimi istifadə etməyə imkan verir. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, sinxron mühərrik şəbəkə üçün kompensator ola bilər və digər enerji qəbuledicilərinin reaktiv gücünü əvəzləyərək bütün qurğuda $\cos\varphi$ -ni yüksəldə bilər. Yüksüz işləyən və müəssisədə $\cos\varphi$ -ni

yüksəltmək üçünnəzərdə tutulmuş sinxron mühərrik kompensator olur. Beləliklə, kompensator reaktiv güc generatoru olur. Kompensator quruluşca sinxron mühərrikdən çox az fərqlənir. Kompensatora mexaniki yük düşmədiyindən onun valı və rotoru yüngül hazırlanır, hava araboşluğu isə mühərrikininkinə nisbətən kiçik olur. Həm dəyişən və həm də sabit cərəyan mənbəyi tələb edilməsi, sinxron mühərriklərin əsas nöqsanıdır. Sinxron mühərrikin təsirləndirmə dolağını qidalandırmaq üçün sabit cərəyan mənbəyi tələb edilməsi, güc az olduqda bu mühərrikin qənaətsiz işləməsi ilə nəticələnir. Buna görə də güc az olduqda sabit cərəyanla təsirləndirilən sinxron mühərriklər tətbiq dilmir. Güc az olduqda və fırlanma sürətinin sabit olması tələb edildikdə (avtomatlaşdırma telemexanika, səsli kino və s. qurğularında) reaktiv sinxron mühərriklərdən geniş istifadə edirlər. Reaktiv sinxron mühərrikin rotoru qütbləri kəskin ifadə olunan hazırlanır. Güc çox az olduqda rotoru alüminiumdan silindr şəklindətökürlər; bu zaman alüminiumun içərisinə yumşaq poladdan çubuqlar yerləşdirilir və bu çubuqlar kəskin ifadə olunan qütblər kimi təsir edir (şəkil 174). Rotor silindr şəkilli olduğundan emalı və tarazlaşdırılmasıasanlaşır, habelə maşın işləyərkən havaya sürtünmə itkiləri də azalır ki, azgüclü mühərriklərdə bunun böyük əhəmiyyəti vardır.

Reaktiv asinxron mühərriklərdə fırladıcı momentmaqnit sahəsində rotorun elə səmtləşməsi nəticəsində yaranır ki, bu zaman sahənin maqnit müqaviməti lap az olsun. Buna görə də rotor fəzada elə vəziyyət tutacaq ki, statorun fırlanan maqnit sahəsinin maqnit xətləri rotorun poladı ilə qapandığından rotor da statorun maqnit sahəsi ilə birlikdə fırlansın. Üçfazlı reaktiv mühərriklərlə yanaşı birfazlı mühərriklərdən də geniş istifadə olunur. Birfazlı reaktiv sinxron mühərrikin quruluş sxemi 175-ci şəkildə göstərilmişdir. Təbəqə poladdan yığılmış qütb içliklərində təsirləndirmə dolağı yerləşdirilir;dəyişən maqnit seli yaradan bu dolaq birfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulur. Rotor poladdan, səthində çıxıntılar olan disk şəklində hazırlanır.



*Şəkil 174. Reaktiv sinxron mühərrikdə rotorun quruluş sxemi:
1-yumşaq polad çubuqları; 2- alüminium*



Şəkil 175. Birfazlı reaktiv sinxron mühərrikin quruluşu

Belə mühərrikdə fırladıcı momentin yaranmasına onunla izah edə bilərik ki, maqnit seli artdıqda maqnit xətləri maqnit müqaviməti az olan yolda qapanmağa cəhd edərək rotorun çıxıntısını qütbə dartır.

Maqnit seli azaldıqda rotor ətalət ilə hərəkət edir və sonradan maqnit seli artdıqda növbəti diş qütbə dartılır.

Beləliklə, birfazlı sinxron mühərrikin fırladıcı momenti sabit və eyni istiqamətli qalmır, arasıkəsilmədən döyünür; bu isə mühərrikin qeyri – bərabər, sıçrayışlı hərəkətinə səbəb olur. Bu nöqsanı aradan qaldırmaq üçün belə mühərriklərin rotorunu iri hazırlayırlar. Maşının gövdəsində statorun elastiki bərkidilməsindən də istifadə olunur.

Rotorun dişləri qütblər kimi təsir etdiyindən, fırlanma sürəti dişlərin sayından asılı olur. Cərəyanın bir period dəyişməsində qütbün altından iki diş keçir və rotorun dəqiqədə dövrlər sayı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$n = \frac{60f}{z} = \frac{120f}{z},$$

burada z - rotorun dişlərinin sayı;

f - şəbəkə cərəyanının tezliyidir.

Rotorun dişlərinin sayı “maqnit yapışması” halı olmasın deyə tək götürülməlidir.

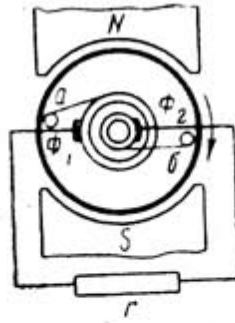
Birfazlı reaktiv mühərriki işə salmaq üçün rotoru kənar qüvvə - bir çox hallarda bilavasitə əl ilə fırlatmaq lazımdır. Rotorun fırlanma istiqaməti elə bu kənar qüvvə ilə müəyyənləşdirilir.

10-cu fəsil

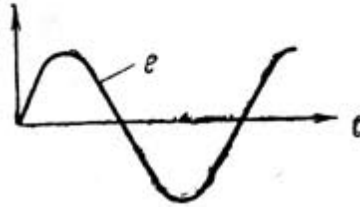
SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARI

§101. SABİT CƏRƏYAN GENERATORUNUN İŞ PRİNSİPİ

Hər bir elektrik generatorunun işi elektromaqnit induksiya qanunundan istifadə olunmasına əsaslanır. Bu qanuna görə maqnit sahəsində hərəkət edən və bu sahənin maqnit xətləri ilə kəsişən naqillərdə EQ induksiya olunur. Buna görə də sabit cərəyan generatoru, hər bir dəyişən cərəyan generatorunda olduğu kimi, qütblərdən və dolaqlarının naqilləri yerləşdirilmiş lövbərdən ibarətdir. Yuxarıda qeyd olunduğu kimi, sadə generator N-S maqnit qüblərinin maqnit sahəsində fırlanan sarğıdan ibarətdir (şəkil 176, a). Belə sarğıda zaman etibarlı ilədəyişən EQ induksiya olunur (şəkil 176, b). Buna görə də sarğının uclarını sarğı ilə birlikdə fırlanan kontakt halqalarına birləşdirdikdə, hərəkətsiz fırçalardan yüklənmə zamanı dəyişən cərəyan keçəcək, yəni bu maşın dəyişən cərəyan generatoru olacaqdır. Dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə çevirmək üçün kollektordan istifadə olunur. Kollektorun iş prinsipi aşağıdakılardan ibarətdir. a-b sarğısının ucları (şəkil 177) *kollektor lövhələri* adlanan iki ədəd mis yarımhalqaya (segmentə) birləşdirilir. Bu lövhələr maşının valına sərt bərkidilir və həm də bir-birindən, həm də valdan izolyasiya olunur.



a)

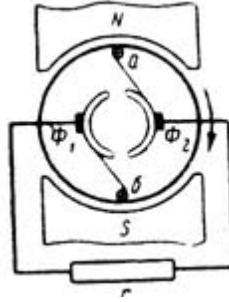


b)

*Şəkil 176. Dəyişən cərəyan generatoru:
a-quruluş sxemi; b- generator EHQ -nin zamandan
asılı olaraq dəyişməsi əyrisi*

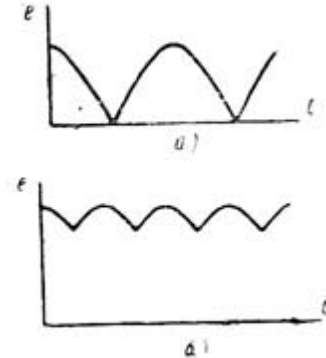
Fənerji qəbuledicisi ilə elektrik birləşdirilmiş hərəkətsiz fırçalar (Φ_1 və Φ_2) bu lövhələrin üzərində yerləşdirilir. Sağ firləndiqda kollektor lövhələrində maşının valı ilə birlikdə fırlandığından, hərəkətsiz Φ_1 və Φ_2 fırçalarının hərəsi lövhələrin ya biri, ya da digəri ilə toxunacaqdır. Kollektorda fırçaları elə qoymaq lazımdır ki, sarğıda induksiyalanan EHQ sifra bərabər olduqda fırçalar bir lövbərdən digərinə keçsin. Bu halda, yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz kimi, lövbər fırlandıqda a- b sarğısında dəyişən EHQ induksiyalanacaq, lakin fırçaların hər biri kollektor lövhəsinə və buna uyğun olaraq müəyyən polyarlıqda qütbün altındakı naqilə toxunacaqdır. Deməli, Φ_1 və Φ_2 fırçalarında EHQ işarəni dəyişdirmir və qapalı elektrik dövrəsinin xarici sahəsində r müqaviməti vastəsi ilə Φ_1 fırçasından Φ_2 fırçasına bir istiqamətdə keçir. Lakin xarici dövrədə EHQ-nin istiqaməti dəyişmədiyi halda, qiyməti zamandan asılı olaraq, 178-ci a şəkildə

göstəridiyi kimi dəyişir, yəni bu halda EQ sabit deyil, döyünən alınır.



Şəkil 177. Sabit cərəyan generatorun quruluş sxemi

177-ci şəkildən görünür ki, hər bir momentdə Φ_1 fırçası cənub qütbünün (S) altındakı naqillə, Φ_2 fırçası isə ancaq şimal qütbünün (N) altındakı naqillə kontaktda olur.



Şəkil 178. Maşında EQ zamandan asılı olaraq dəyişməsi əyrisi: a-kollektor lövhələri 2 ədəd olduqda; b- kollektor lövhələri 4 ədəd olduqda

Xarici dövrdəki cərəyan da bu halda döyünən olacaqdır.

Lövbərdə bir-birinə nisbətən 90° bucaq altında iki sarğı yerləşdirib, bunların uclarını dörd kollektor lövhəsi ilə birləşdirsək, xarici dövrdə EQ və cərəyanın döyünməsi xeyli azalacaqdır (şəkil 178, b). Kollektor lövhələrinin sayı artırıldıqda döyünmə çox azalır və hər qütblər cütünə 16 lövhə götürüldükdə EQ və cərəyan əməli olaraq sabit alınır.

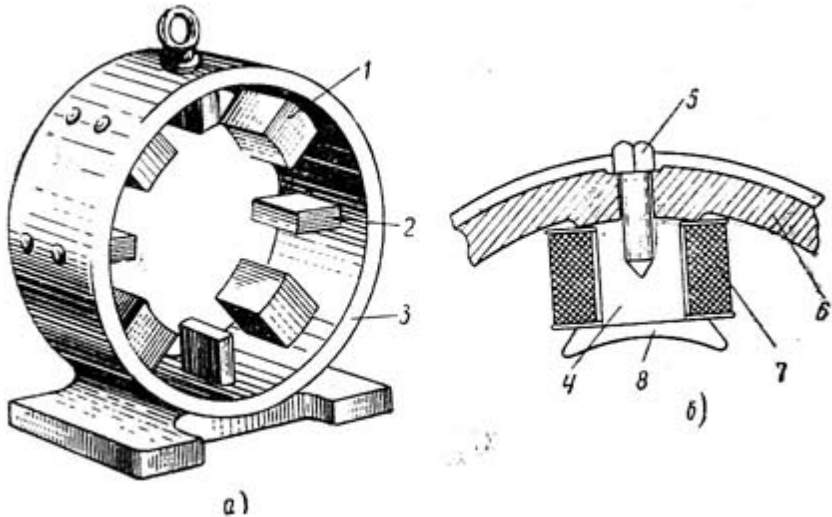
§102. SABİT CƏRƏYAN GENERATORUNUN QURULUŞU

Sabit cərəyan generatoru hər bir elektrik maşınında olduğu kimi hərəkətsiz və fırlanan hissələrdən ibarətdir. Sabit cərəyan maşınlarında hərəkətsiz hissə induksiyalayıcı, yəni maqnit sahəsi yaradan hissədir, fırlanan hissə induksiyanandır.

Maşının (şəkil 179, a) hərəkətsiz hissəsi əsas qütblərdən (1), əlavə qütblərdən (2) və çatıdan ibarətdir. Əsas qütb (şəkil 179, b) maqnit selini təsirləndirən elektromaqnitdən ibarətdir: o, içlikdən(4), təsirləndirmə dolağından (7) və qütb ucluğundan (8) təşkil olunmuşdur.

Qütbləri çatıya (6) boltlarla (5) bərkidirlər. Qütbün içliyi poladdan tökülür və en kəsiyi ovalşəkilli olur. Bu içlikdə izolyasiyalı mis məftildən sarınmış təsirləndirmə dolağının makarası yerləşdirilir. Bütün qütblərini ardıcıl birləşdirilən makaraları təsirləndirmə dolağını təşkil edir. Təsirləndirmə dolağından keçən cərəyan maqnit seli yaradır. Qütb ucluğu təsirləndirmə dolağını qütbə saxlayır və maqnit sahəsinin qütbün altında bərabər sürətdə paylanmasını təmin edir. Əlavə qütblərin də içliyi və burada yerləşdirilən makara şəkilli dolağı vardır.

Əlavə qütblər əsas qütblərin arasında orta nöqtələrdə yerləşdirilir; bunların sayı ya əsas qütblərin sayına bərabər, ya da bunlardan iki dəfə az ola bilər. Əlavə qütblər çoxgüclü maşınlarda qoyulur və fırçaların altında qığılcım əmələgəlməni dəf etmək üçündür. Azgüclü maşınlarda adətən , əlavə qütblər olmur. Haça poladdan tökülür və maşının özülü olur. Çatıda əsas və əlavə qütblər, uc tərəflərdə isə maşının valını saxlamaq üçün yataqlar oturdulmuş yan lövhələri bərkidilir. Çatı vasitəsi ilə maşını özülə bərkidirlər. Maşının fırlanan hissəsinə **lövbər** deyilir (şəkil 180, a). Lövbər içlikdən (1), dolaqdan (2) və kollektordan (3) təşkil olunur. Lövbərin içliyi elektrotexniki polad vərəqələrdən yığılmış silindrdən ibarətdir. Polad lövhələr burulğan cərəyanlara itkiləri azaltmaq məqsədi ilə bir-birindən lak və ya kağızla izolyasiya olunur. Polad lövhələr ülkü üzrə dəzgahda ştamplanır və lövbər dolağını naqillərini yerləşdirmək üçün oyuqları olur. Lövbərin dolağını və içliyini soyutmaq üçün lövbərin gövdəsində hava qanovcuqları açılır. Lövbərin dolağı izolyasiyalı mis məftildən və ya düzbucaqlı en kəsikli mis çubuqlardan hazırlanır.



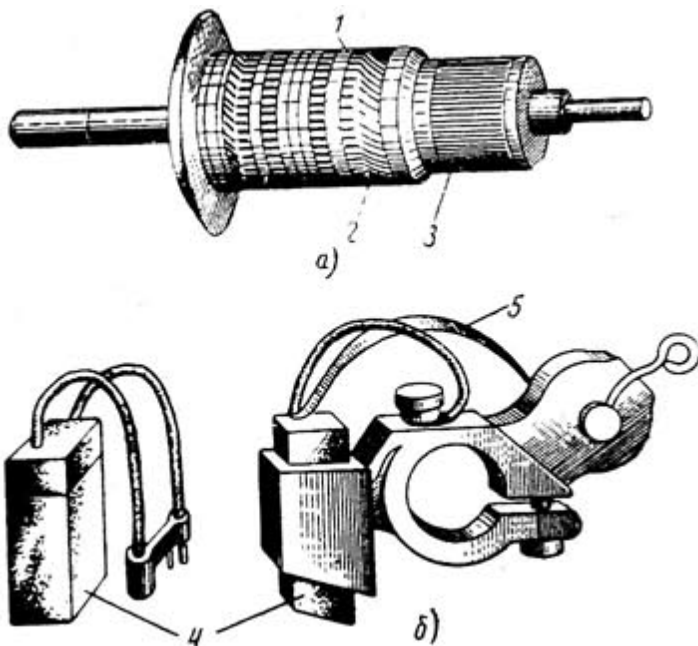
Şəkil 179. Sabit cərəyan maşını:

a-statorun quruluş sxemi; *b*- əsas qütblərin quruluş sxemi; 1- əsas qütblər; 2- əlavə qütblər; 3- çəta; 4- içlik; 5- boltlar; 6 – çəta; 7- təsirləndirmə dolağı; 8- qütb ucluğu

Dolaq, xüsusi ükilər üzrə hazırlanıb lövbər içliyinin oyuqlarında yerləşdirilən bölmələrdən (seksiyalardan) ibarətdir. Birsarğılı bölmə bir-biri ilə birləşdirilmiş iki aktiv naqıldən ibarətdir.

Aktiv naqillər lövbərin oyuqlarında yerləşdirilən, yəni EHQ yaradılan naqillərə deyilir. Bölmələrin oyuqlardan çıxan və aktiv naqilləri birləşdirən hissələri **təpə birləşdirmələri** adlanır. Bölmələrin bir deyil, bir çox sarğısı ola bilər. Belə bölmələrə **çoxsarğılı bölmələr** deyilir.

Dolaq içlikdən diqqətlə izolyasiya olunur və oyuqlarda taxta pazlarla bərkidilir. Təpə birləşdirmələri polad çənbərlərlə möhkəmləndirilir. Dolağın lövbərdə yerləşdirilmiş bütün dolaqları bir-birinə ardıcıl birləşdirilərək qapalı dövrə təşkil edir. Dolağın sxemi üzrə bir-birindən sonra gələn iki bölməni birləşdirən məftillər kollektor lövhələrinə calanır. Kollektor ayrı-ayrı lövhələrdən təşkil olunmuş silindrdən ibarətdir .



Şəkil 180. Sabit cərəyan maşını:

a-lövbər; *b*-fırça və fırçatutan; 1- içlik; 2-dolaq; 3- kollektor; 4- fırça; 5- yay

Kollektor lövhələri bərk dartılmış misdən hazırlanır, həm bir-birindən, həm də gövdədən mikanit araqaqlarla izolyasiya olunur. Kollektor lövhələri oymaqda bərkidilmək üçün qaranquş quyruğu şəklində hazırlanır və forması lövhənin kimi olan oymağın çıxıntısı və şaybanın arasında sıxılır. Şaybanı oymağa boltlarla bərkidirlər. Kollektor, konstruksiyaca maşının ən mürəkkəb və işdə ən məsul hissəsidir. Fırçaların döyünməsinə və qığılcım törətmə hallarına yol verməmək üçün kollektorun səthi tam silindr şəklində olmalıdır.

Lövbərin dolağını xarici şəbəkə ilə birləşdirmək üçün kollektorda hərəkətsiz fırçalar yerləşdirilir; bu fırçalar qrafit, kömür-qrafit və ya bürünc-qrafit ola bilər. Yüksək gərginlik maşınlarında fırça ilə kollektor arasında keçid müqaviməti yüksək olan grafit fırçalardan, alçaq gərginlik maşınlarında isə bürünc-qrafit fırçalardan istifadə edilir. Fırçalar xüsusi fırçatutanlarda (şəkil 180, b) yerləşdirilir. Fırçatutanın oboymasında yerləşdirilmiş fırça(4), yay(5) vasitəsi ilə kollektora sıxılır.

Hər fırçatutanda paralel işləyən bir neçə fırça qoyula bilər. Fırçatutanlar traversdə möhkəmləndirilmiş fırça bolt barmaqlarında bərkidilir. Fırça barmağında bərkitmək üçün fırça tutanda dəşik açılmışdır. Fırça barmaqları traversdən izolyasiya şaybaları və oymaqları ilə izolyasiya olunur. Fırçatutanların sayı, adətən, qütblərin sayına bərabər olur. Travers, azgüclü və ortagüclü maşınlarda yataq lövhəsində qoyulur və ya çoxgüclü maşınlarda çatıya bərkidilir. Traversi döndərmək və bununla da qütblərə nisbətən fırçaların vəziyyətini dəyişmək olur.

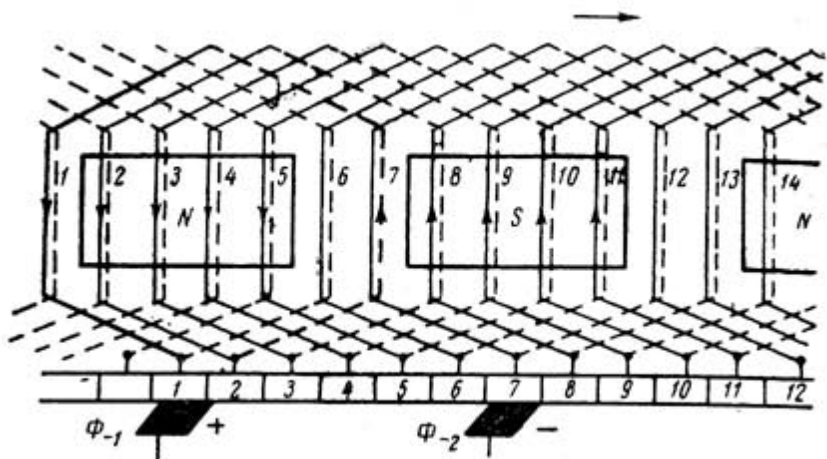
Travers, adətən elə vəziyyətdə qoyulur ki, bu halda fırçaların fəzada vəziyyəti əsas qütblərin orta nöqtələrinin yerləşməsinə uyğun gəlir.

§103. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARI LÖVBƏRLƏRİNİN DOLAQLARI

Yuxarıda göstəriləyi kimi, sabit cərəyan maşınlarının dolaqları izolyasiyalı mis məftillərdən və ya düzbucaq en kəsikli mis şinlərdən qapalı hazırlanır. Ayrı-ayrı bölmələrin birləşdirilmə sxemindən asılı olaraq dolaqlar paralel (halqavarı) və ardıcıl (dalğavarı) növlü olur. Həm paralel, həm də ardıcıl dolaqlar sadə və mürəkkəb quruluşlu ola bilər. Dolağı təşkil edən bütün naqillər bir qapalı dövrə yaratdıqda buna *sadə dolaq* deyilir. Dolağın naqilləri bir neçə qapalı dövrə təşkil etdikdə buna mürəkkəb dolaq deyilir. Sonrakı izahatlarda biz birsarğılı bölməsi olan sadə dolağı nəzərdə tutacağıq. Sabit cərəyan maşınlarında ülgü üzrə hazırlanmış iki sarğılı dolaqlardan xüsusilə daha çox istifadə edilir. Dolağın birsarğılı bölməsi bir-birindən qütb bölgüsü τ -ya, yəni müxtəlif adlı qonşu qütblərin orta hissələri arasındakı məsafəyə yaxın məsafə qədər dayanan iki aktiv naqıldən ibarətdir. Aktiv naqilləri arasındakı məsafə və ya dolağın addımı belə olduqda bu naqillərdə induksiyaalanmış EQ-nin istiqaməti müvafiq alınacaq və bölmənin EQ-nin qiyməti daha çox olacaqdır. Bölmənin aktiv naqillərindən biri oyuğun üst qatında, digəri isə alt qatında olur. Dolağın açılmış sxemlərini təsvir etdikdə, oyuğun üst qatındakı naqilləri bütöv xətlə, alt qatındakı naqilləri isə qırıq xətlə göstərilir. Bölmənin uçları dolağın həm digər bölmələri, həm də kollektor lövhələri ilə birləşdirilir. Dolağı elə hazırlayırlar ki, onu təşkil edən naqillər bir-birinə elə birləşdirilsin ki, bu halda hər naqıldə induksiyaalanmış EQ cəmlənsin,

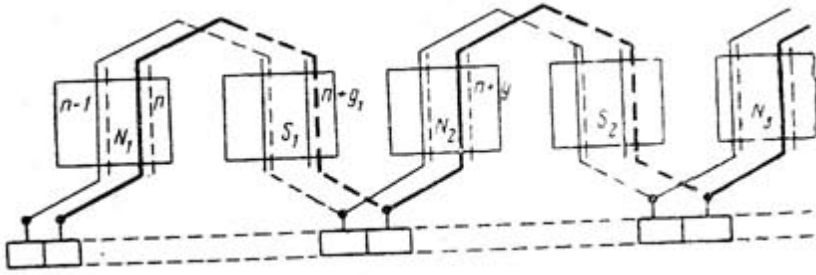
yəni istiqamətləri eyni olsun. Bunun üçün ardıcıl birləşdirilmiş bölmələrin başlanğıc(qurtaracaq) naqilləri hər bir anda eyni polyarlıqlı qütblərin altında olmalıdır. Paralel dolaqlarda bir-birinə ardıcıl birləşdirilmiş bölmələrin başlanğıc (qurtaracaq) aktiv tərəfləri eyni qütbün altında olur (şəkil 181). Dolağın qalın xətlə göstərilmiş birinci bölməsi naqillərin birinci cütünün üst naqilindən və naqillərin yeddinci cütünün alt naqilindən ibarətdir. Bu naqillərin arasındakı məsafə qütb bölgüsünə bərabərdir. Birinci bölmə, açılmış səthi şəkildə göstərilən kollektorun 1 və 2 lövhələri ilə birləşdirilir. İkinci bölmə ikinci cütün üst və səkkizinci cütün alt naqillərindən, üçüncü bölmə üçüncü cütün üst və doqquzuncu cütün alt naqillərindən ibarətdir və i. a. Bölmələr bir-birinə ardıcıl birləşdirilərək qapalı dövrə təşkil edir və kollektor lövhələrinə elə qoşulur ki, hər lövhə hər hansı bir bölmənin qurtaracağı və sxem üzrə sonrakı bölmə dolağının başlanğıcı ilə birləşdirilmiş olsun.

Beləliklə, paralel dolaqda bölmələrin başlanğıc tərəfləri 1, 2, 3 və s. seçilmiş zaman momentində eyni bir N qütbü altında olur və bunlarda induksiyaalanən EHQ-nin istiqaməti eyni alınır. Bu bölmələrin qurtaracaq aktiv tərəfləri də eyni S qütbü altında olur. 1, 2, 3 və s. bölmələr ardıcıl birləşdirildikdə onlarda induksiyaalanən EHQ-nin istiqaməti eyni alınacaq, Φ_1 və Φ_2 fırçaları arasında yaranan, həm də maşının EHQ-nə bərabər olan e. h. e. bu fırçaların arasında ardıcıl qoşulmuş bütün bölmələrin EHQ-in cəminə bərabər olacaqdır. Lövbərin sadə paralel dolağında naqillər 2 a paralel budağını təşkil edir və bunların sayı qütblərin sayına bərabər, yəni $2a = 2p$ olur. Qütblərin sayı çox olduqda dolaq bir çox paralel budaqlar təşkil edir ki, bu da budağın birində cərəyanı azaltmağa və dolağı daha kiçik en kəsikli məftillərdən hazırlamağa imkan verir. Buna görə də paralel dolaqlar alçaq gərginlik və yüksək cərəyan maşınlarında tətbiq olunur. 181-ci şəkildəki sxemdə göstərilmişdir ki, fırçalar qütblərin mərkəzləri altında yerləşdirilir. Bu halda müxtəlif polyarlıqlı fırçaların arasında yerləşən naqillərdəki EHQ dolağın sxemini dövr etdikdə eyni istiqamətli olacaq və maşının EHQ-nin qiyməti daha çox alınacaqdır. Fırçalar qütblərin mərkəz xətlərindən kənara çıxdıqda naqillərin bəzi hissindəki EHQ fırçaların arasına ardıcıl qoşulmuş bölmələrdəki EHQ-nə qarşı yönəlmiş olacaqdır. Paralel dolaqda fırçaların sayı həmişə qütblərin sayına bərabər olur.



Şəkil 181. Sadə paralel dolağın açılmış sxemi.

Ardıcıl dolaqlarda bölmələrin başlanğıc (qurtaracaq) aktiv naqilləri eyni polyarlıqlı müxtəlif qütblərin altında olur (şəkil 182). Ardıcıl dolaq sxemində ardıcıl birləşdirilmiş bölmələrin aktiv naqilləri müxtəlif qütblərin altında olur. Belə ki, dolağın sxemini üst n naqıldən dövr etsə, aktiv tərəfləri N_1 və S_1 qütbləri altında olan birinci bölməni alırıq (sxemdə bölmə qara xətlə göstərilmişdir). Birinci ilə ardıcıl birləşdirilmiş ikinci bölmənin aktiv tərəfləri N_2 və S_2 , üçüncü bölmənin N_3 və S_3 qütblərinin altında olur və i. a. Lövbərin çevrəsi üzrə tam dövr etdikdən sonra n naqillər cütü ilə yanaşı (daha yaxşısı solda) yerləşən $n-1$ üst naqillər cütünə gəlib çıxırıq; dolağın dövr edilməsinə də elə buradan başlamışdıq. Lövbərin çevrəsini yenidən dövr edib, $n-1$ naqilinin yanında yerləşən naqilə gəlib çatana qədər S_1 , N_2 , S_2 və s. qütblərinin altında yatan naqilləri ardıcıl olaraq $n-1$ üst naqillər cütünə birləşdiririk. Bundan sonra dolağın sxemi üzrə naqillər yenidən, bütün naqillər qapalı dövrəyə qoşulana qədər dövr etdirilir. Qütblərin sayından asılı olmayaraq sadə ardıcıl dolaq iki paralel budaq təşkil edir, yəni $2a = 2$ olur. Buna görə də qütblərin sayından asılı olmayaraq, lövbərin dolağı ardıcıldır, maşında ancaq iki fırça vardır, həm də bu fırçalar kollektor çevrəsinin $\frac{1}{2p}$ hissi qədər məsafədə yerləşdirilməlidir.



Şəkil 182. Sadə ardıcıl dolağın açılmış sxemi

Bu isə kollektorun bütün çevrəsini deyil, bunun ancaq bir hissəsini müayinə etməyə imkan verir. Ancaq paralel iki budağın olması onu göstərir ki, bu halda hər budağa ardıcıl olaraq bir çox aktiv naqillər qoşulur və maşının EHQ-nin qiyməti yüksək ola bilər. Buna görə də ardıcıl dolaqlar yüksək gərginlik maşınlarında tətbiq edilir.

§104. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARININ ELEKTRİK HƏRƏKƏT QÜVVƏSİ

Məlum olduğu kimi, maqnit sahəsində bu sahənin maqnit xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə hərəkət edən naqildə e. h. q. yaranır:

$$e = BLv,$$

burada B- maqnit induksiyasının orta qiyməti;

L- naqilin uzunluğu;

v – naqilin hərəkət sürətidir.

Maşının lövbərində çoxlu miqdarda aktiv naqillər yerləşdirilir; bunları N hərfi ilə işarə edək. Bu naqilləri 2a paralel budaqlarına bərabər miqdarda qoşurlar. Buna görə də dolağın hər bir paralel budağına $\frac{N}{2a}$

Qədər aktiv naqillər ardıcıl qoşulagaqdır. Beləliklə, bir paralel budağın EHQ ilə təyin edilən maşının EHQ aşağıda olduğu kimi olacaqdır:

$$E = \frac{N}{2a} BLv$$

Maqnit sahəsində naqillərin hərəkət sürəti:

$$v = 2p\tau \frac{n}{60}$$

burada 2p- maşında qütblər sayı;

τ - qütb bölgüsü;

n - lövbərin dəqiqədə dövrlər sayıdır.

Maqnit induksiyası B -nin orta qiymətinin qütbün oxu uzunluğu L -ə və qütb bölgüsü τ - hasilinin bir qütbün maqnit seli Φ -ə bərabər ($BL\tau = \Phi$)

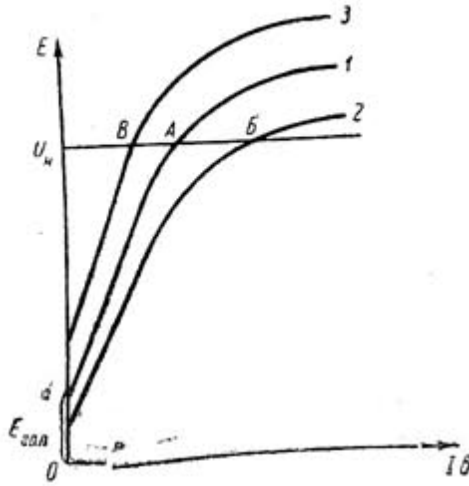
olduğunu nəzərə alsaq, maşının EQH üçün belə bir ifadə alarıq:

$$E = \frac{pN}{60 a} n \Phi,$$

Hər bir maşın üçün p , N və a kəmiyyətləri sabit olduğundan, $\frac{pN}{60 a} = C$ nisbəti həmin maşın üçün sabit kəmiyyətdən ibarətdir. Deməli, sabit cərəyan maşınının EQH belə bir ifadə ilə təyin edilir:

$$E = Cn\Phi$$

Maqnit seli Φ təsirləndirmə dolağının cərəyanı ilə yaradılır və deməli, ondan asılı olur. Maqnit selinin təsirləndirmə cərəyanından asılılığına maşının *maqnit xarakteristikası* deyilir. Generatorun lövbəri sabit sürətlə (n -sabitdir) fırlanarsa, onda maşının EQH ancaq maqnit selindən asılı olacaqdır. Buna görə də maşının maqnit xarakteristikasında maqnit seli əvəzinə EQH-ni başqa miqyasda qeyd etmək olar. Maşının EQH-nin təsirləndirmə cərəyanından asılılığına (şəkil 183) *yüksüz işləmə xarakteristikası* deyilir. Maşının maqnit dövrəsi doymamış olduqda maqnit seli təsirləndirmə cərəyanına mütənəsübdür və yüksüz işləmə xarakteristikasının müvafiq hissəsi düzxətli alınır. Təsirlənmə cərəyanı çox olduqda maşının maqnit dövrəsində poladın doyması qurtarır, təsirlənmə cərəyanı daha da artdıqda maqnit seli çox az dəyişir. Yüksüz işləmə xarakteristikasının maili hissəsi poladın doymasına uyğun gəlir. 1 əyrisi (183-cü şəkildə) sabit cərəyan generatorunun, lövbər nominal sürətlə fırlandıqda alınmış yüksüz işləmə xarakteristikasıdır. Generatorun nominal gərginlik nöqtəsi A maqnit xarakteristikasının əyilmə yerində alınır. Bu nöqtə iş zamanı maşının maqnit vəziyyətini müəyyən edir. Maşında lövbərin fırlanma sürəti dəyişdikdə, onun dolağında induksiya olunan EQH-də dəyişəcəkdir. Generatorun lövbərini nominaldan (pasportda göstəriləndən) az sürətlə fırladırsa, yüksüz işləmə xarakteristikası nominal sürətdə olduğuna nisbətən aşağı gedəcəkdir (2 əyrisi). Bu halda nominal gərginlik nöqtəsi B maqnit xarakteristikasının maili hissəsində alınacaq, yəni maşının maqnit dövrəsi doymamış olacaqdır.



Şəkil 183. Sabit cərəyan generatorunun yüksüz işləmə xarakteristikası:1-sürət nominal olduqda;2- sürət nominaldan az olduqda;3- sürət nominaldan çox olduqda

Lövbər nominaldan artıq sürətlə fırlandıqda, yüksüz işləmə xarakteristikası nominal sürətdə olduğuna nisbətən yuxarıya gedəcəkdir(3 əyrisi). Bu halda nominal gərginlik nöqtəsi B xətti sahədə alınacaq, yəni maşınınmaqnit dövrəsi doymamış olacaqdır. Beləliklə, generator lövbərinin fırlanma sürətinin dəyişməsi maşının maqnit vəziyyətinin dəyişməsinə, bu isə öz növbəsində maşının iş xüsusiyyətlərinin dəyişməsinə səbəb olur. Buna görə də generatorun normal işləməsi üçün elə mühərrik seçmək lazımdır ki, bunun sürəti generatorun nominal sürətinə mümkün qədər yaxın olsun. Yüksüz işləmə xarakteristi koordinatın başlanğıcından keçmir, çünki təsirləndirmə cərəyanı olmadıqda maşının çatısında və qütblərin içliklərində qalıq maqnetizminin maqnit seli saxlanır ki, bu da lövbərin dolağında E_{qal} E_{HQ} induksiylayır.

§105. CƏRƏYANIN KOMMUTASIYASI

Cərəyanın *kommutasıyası*- cərəyanın kollektordan fırçalarla götürülməsi prosesində deyilir ki, bu da dolaq bölmələrinin bir paralel budaqdan digərinə qoşulması ilə əlaqədardır.

Maşının lövbəri fırlanarkən, kollektor lövhələri növbə ilə fırçalara toxunur və buna görə də müəyyən zaman fasilələrində bölmə və ya bir neçə bölmə fırça ilə qapanır. Fırça və kollektor lövhəsi arasında keçid müqaviməti nisbətən az olduğundan, fırça ilə qapanması bunların qısa-qapanması kimi alınır.

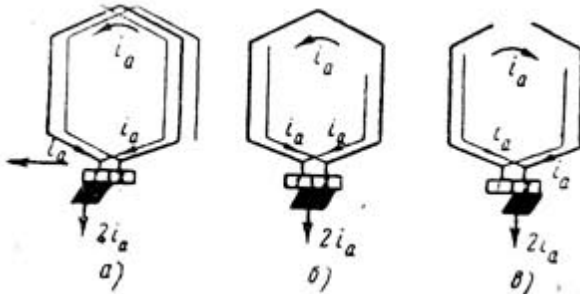
184-cü a şəkildə sadə paralel dolağın bölməsi göstərilmişdir. Bu bölmədən bir paralel budağın cərəyanı keçir:

$$I_a = \frac{I_a}{2a}$$

burada I_a - maşın lövbərinin cərəyanı;

$2a$ - dolağın paralel budaqlarının sayıdır.

Lövbər fırlanarkən onun dolağı və kollektor tərpənməz fırçaya nisbətən sağdan sola hərəkət edir. Kommunikasiyanın başlanğıcına müvafiq olan müəyyən bir momentdə kollektor lövhəsinə (1) toxunur (şəkil 184, a); bu lövhə hər birindən bir paralel budağının I_a cərəyanı keçən dolağının iki məftili ilə birləşdirilmişdir.

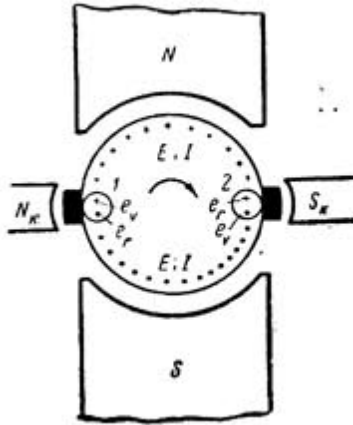


Şəkil 184. Dolağın kommutasiyalanan bölməsi:

a- kommutasiya başlamazdan əvvəl; b- kommutasiya prosesində; v- kommutasiya prosesi qurtarıqda

Beləliklə, kollektor lövhəsindən və fırçadan iki paralel budağın cərəyanı cəminə bərabər olan, yəni $2 \cdot I_a$ cərəyanı keçir. Ayırdığımız bölmədə cərəyan bir paralel budağın cərəyanına bərabərdir və bunun istiqaməti nəzərdən keçirilən momentdə saat əqrəbinin hərəkət istiqamətinə qarşı yönəlmişdir. Sonradan lövbər fırlandıqda fırça kollektor lövhələri (1 və 2) ilə toxunaraq ayırdığımız bölməni qapayacaqdır (şəkil 184, b). Müəyyən momentdə fırça tamamilə

kollektor lövhəsinin (2) üzərinə keçəcək və ayırdığımız bölmənin cərəyanı öz istiqamətini əksinə dəyişəcək (şəkil 184, v), yəni bölmə bir paralel budaqdan digərinə qoşulacaqdır. Bölmənin qoşulma müddəti (*buna kommutasiya periodu deyilir*) azdır və bu müddət ərzində bölmədə cərəyan şiddəti $+i_a$ - dan $-i_a$ - ya qədər dəyişir. Cərəyan şiddəti dəyişdikdə bölmədə öz-özünə induksiya EQ yaranır; bunun qiyməti nisbətən kiçik ola bilər. Bundan başqa, kommutasiya prosesi bir neçə bölmədə bütün fırçaların altında eyni vaxtda baş verdiyindən. Belə bölmədə EQ də yaranır. Reaktiv EQ adlanan öz-özünə induksiya və qarşılıqlı induksiya EQ fırçanın altında cərəyanın qeyri –bərabər paylanmasına səbəb olur; nəticədə qığılcımlama əmələ gəlir. Fırça dolağın bölməsindən ayrıldıqda qığılcımlama daha çox olur. Fırça və kollektor arasında potensiallar fərqi yarandıqda cərəyanın həddindən artıq sıxlığı qövs boşalmasına səbəb olur; bu da fırça ilə kollektorun arasındakı havanın ən nazik qatlarını ionlaşdıraraq qövsü daha da çoxaldır. Qövs, lövhədən lövhəyə yayılmaqla digər polyarlıqda fırçaya keçərək, kollektorda dairəvi alovlamaya səbəb ola bilər; bu işə maşının ağır zədələnməsi ilə nəticələnəcəkdir. Fırça bir sıra digər səbəblər nəticəsindən də qığılcımlana bilər. Belə səbəblərdən kollektor səthinin hamar olmamasını, fırçaların döyünməsinə, kollektor səthinin çirklənməsinə və orada rütubət olmasını və s. göstərə bilərik. Fırçaların azacıq belə qığılcımlaması arzu edilməyən haldır, çünki bu halda fırçalar və kollektor daha sürətlə yeyilir, fırça ilə kollektor arasında keçid müqaviməti yüksəldiyindən kollektor qızır. Kommutasiyanı yaxşılaşdırmaq üçün ən effektiv üsul reaktiv EQ-lərinin kompensasiya edilməsidir. Bunun üçün kommutasiyalanan bölmələrin aktiv tərəfləri yerləşən kommutasiya zonasında elə xarici maqnit sahəsi yaratmaq lazımdır ki, bu bölmələrdə fırlanan EQ e_v düzünə və əksinə reaksiya EQ e_r , yəni $e_v = -e_r$ induksiyalasin. Belə xarici maqnit sahəsini yaratmaq üçün əsas qütblərin arasında əlavə N_k və S_k qütbləri qoyurlar. 185-ci şəkildə lövbərin ilk mühərriklə ox ilə işarələnmiş istiqamətdə fırladılan generatorun sxemi göstərilmişdir.



Şəkil 185. Sabit cərəyan generatorların əlavə qütblərin polyarlığı

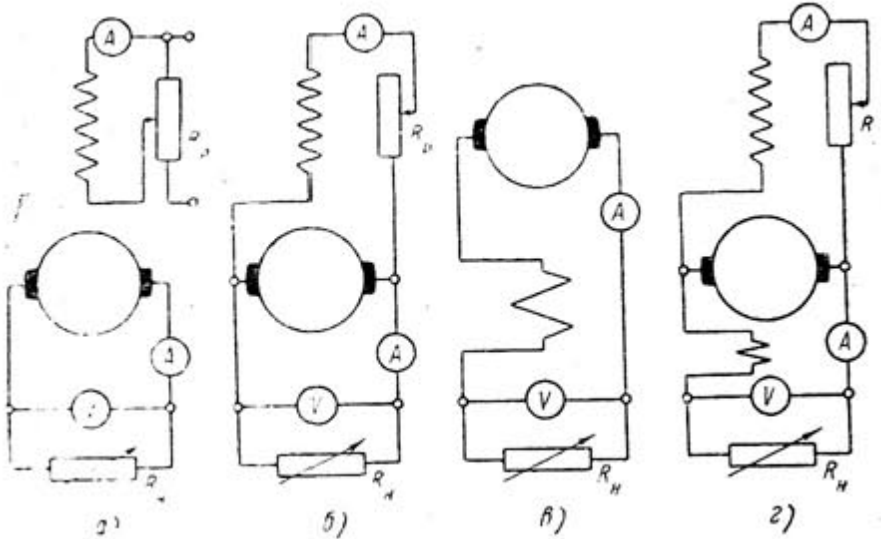
Lövbərin dolağında EHQ induksiyanılır və yülənmə zamanı cərəyan keçir. Dolağın naqillərində EHQ-nin və cərəyanın istiqaməti 185-ci şəkildə göstərilmişdir; kommutasiyalanan bölmənin naqilləri (1 və 2) sxemdə ayrılmışdır. Reaktiv EHQ e_r kommutasiyalanan bölmədə cərəyanın dəyişməsinə mane olaraq 1 və 2 naqillərində cərəyanın dəyişməsinə qarşı yönələcəkdir (185-ci şəkilə bax). Reaktiv EHQ-ni kompensasiya etmək məqsədi ilə 1 və 2 naqillərində $e_v = -e_r$ fırlanma EHQ yaratmaq lazımdır, elə bunun üçün də əlavə N_k və S_k qütbləri qoyulmuşdur.

Beləliklə, generatorda əlavə qütblərin polyarlığı lövbərin fiəlanma istiqamətində ondan sonra gələn əsas qütbün polyarlığına müvafiq olmalıdır. Mühərrikdə əlavə qütbün polyarlığı lövbərin fırlanması istiqamətində ondan əvvəlki əsas qütbün polyarlığına müvafiq olmalıdır. Əlavə qütblərin təsirləndirmə dolağı, maşın istənildiyi kimi yükləndikdə reaktiv EHQ-nin kompensasiya edilməsi üçün lövbərin dolağı ilə ardıcıl birləşdirilməlidir. Eyni məqsədlə əlavə qütblərin maqnit dövrləri doydurulmamış olur; bunun üçün lövbərin içliyi ilə əlavə qütb arasındakı hava araboşluğu nisbətən çox götürülür.

§106. SABİT CƏRƏYAN GENERATORLARININ TƏSİRLƏNDİRİLMƏ ÜSULLARI

Sabit cərəyan generatorları əsas maqnit sahəsinin təsirləndirilmə üsulundan asılı olaraq müstəqil təsirlənən generatorlara və öz-özünə təsirlənən generatorlara ayrılır; bu generatorların sxemləri 186-cı şəkildə verilmişdir. Müstəqil təsirlənən generatorlarda (şəkil 186, a) təsirləndirmə dolağı kənar sabit enerji mənbəyi (məsələn, akkumulyator batareyasına) qoşulur. Təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddətini tənzimləmək üçün bu dolağın dövrəsinə reostat, cərəyan şiddətini ölçmək üçün isə ampermetr qoşulur. Lövbərin sıxaclarına enerji qəbuledicisi, cərəyanın gərginliyi və şiddətini ölçmək üçün isə votmetr və ampermetr qoşulur. Belə tipli generatorlarda təsirləndirmə dolağı lövbər dolağının dövrəsi ilə elektriki əlaqələndirilmədiyindən təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddəti, tənzimləmə reostatının müqaviməti sabitdirsə, lövbərdə cərəyan şiddətinin dəyişməsinə asılı olaraq eyni qalacaqdır. Müstəqil təsirlənən generatorların nöqsanı təsirləndirmə dolağını qidalandıрмаq üçün kənar enerji mənbəyi tələb etməsidir. Buna görə də müstəqil təsirləndirmə geniş tətbiq olunmur; gərginlik yüksək olduqda və generatorun gərginliyini geniş hədlərdə tənzimlədikdə (generator –mühərrik sxemi üzrə) istifadə olunur. Yüksək gərginlik generatorlarında təsirləndirmə dolağını lövbərin dövrəsinə qoşmaq olmaz; bu konstruksiyanın xeyli mürəkkəbləşməsinə səbəb olmaqla, xidmət edən heyvətin maşını idarə işini təhlükəli edir. Müstəqil enerji mənbələrinin gərginliyi genertordakı yüksək gərgiliyə baxmayaraq 110 və ya 220V olur. Öz-özünə təsirlənən generatorlarda təsirləndirmə cərəyan mənbəyi generatorun özü olur və əlavə müstəqil enerji mənbəyi tələb edilmir.

Öz-özünə təsirlənən generatorlar təsirləndirmə dolağının qoşulma sxemindən asılı olaraq paralel təsirlənən (və ya şuntlu, şəkil 186, b), ardıcıl təsirlənən (və ya seri, şəkil 186, v) və qarışıq təsirlənən (və ya kompaund, şəkil 186, r) ola bilər.



Şəkil 186. Sabit cərəyan generatorlarının təsirləndirilmə sxemləri:
 a- müstəqil təsirlənən; b- paralel təsirlənən; v- ardıcıl təsirlənən ;
 z- qarışıq təsirlənən

Ardıcıl təsirlənən generatorlar praktikada tətbiq olunmur. Belə tipli generatorlarda təsirləndirmə dolağındakı cərəyan lövbərdəki cərəyana bərabərdir; çünki təsirləndirmə dolağı lövbərin dolağı ilə ardıcıl birləşdirilir. Buna görə də xarici yüklənmədə müqavimətin dəyişməsi cərəyanın həm lövbərdə, həm də təsirləndirmə dolağında dəyişməsinə səbəb olur. Təsirləndirmə cərəyanının dəyişməsi lövbərin dolağında EHQ-nin və maqnit selinin, beləliklə də gərginliyin dəyişməsinə səbəb olur.

Paralel təsirlənən (şuntlu) generatorlar praktikada daha geniş istifadə edilir. Bəzi hallarda qarışıq təsirlənən (kompaund) generatorlar da tətbiq edilir.

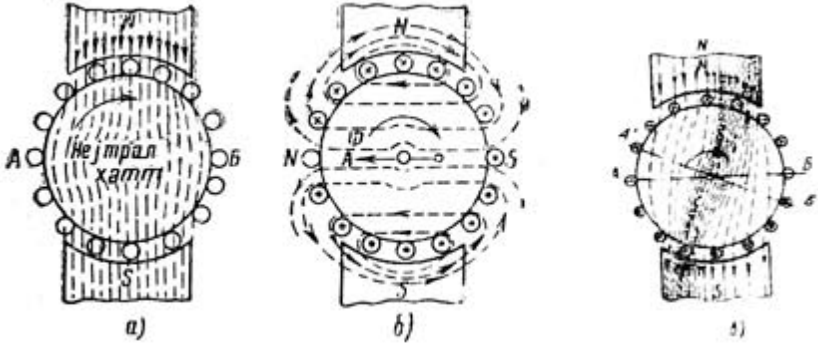
Öz-özünə təsirlənmə prosesi paralel və qarışıq təsirlənən generatorlarda eyni gedir. Buna görə də bu prosesi paralel təsirlənən generatorlarda nəzərdən keçirək (unutmamalıyıq ki, dediklərimiz hamısını qarışıq təsirlənən generatorlara da aid edə bilərik). Generatorun lövbərini hər hansı bir ilk mühərriklə fırlatmağa başlasaq, enerji qəbuledicisi açılmış və təsirləndirmə dövrəsi açıq olduqda lövbərin dolağında EHQ induksiyanacaq. Bu EHQ çatıdakı və

qütblərin içliklərindəki qalıq maqnetizmi ilə əlaqədardır. Təsirləndirmə dövrəsi qapandıqda lövbərin EHQ-nin təsiri ilə oradan cərəyan axacaqdır. Bu cərəyan təsirləndirmə dolağından keçərək öz maqnit selini yaradacaqdır. Təsirləndirmə dolaqlarını düzgün qoşduqda, bunun maqnitləndirmə qüvvəsi qalıq maqnetizm ilə müvafiq surətdə yönələcəkdir. Buna görə də maşının maqnit seli artacaq, bu isə generatorun EHQ-in çoxalmasına, EHQ-in artması isə öz növbəsində təsirləndirmə cərəyayı şiddətinin və deməli, maqnit selinin daha da çoxalmasına səbəb olacaqdır. İnduksiyalanan EHQ-nin qiyməti təsirləndirmə dövrəsindəki müqavimətdən asılı olan müəyyən bir həddə qədər artır. Bu müqavimət nə qədər çox olarsa, generatorun sıxaclarındakı gərginlik o qədər az alınacaqdır. Əgər təsirləndirmə dolağı qarşı-qarşıya qoşulmuşdursa, qalıq maqnetizm ilə yaradılan EHQ təsirləndirmə dolağında cərəyan əmələ gətirəcək; bu cərəyan qalıq maqnit induksiyasını zəiflətdiyindən generatorda generatorda öz-özünə təsirlənmə baş verməyəcəkdir. Bu halda təsirləndirmə dolağını elə qoşmaq lazımdır ki, orada cərəyanın istiqaməti əksinə yönəlmiş olsun. Qalıq maqnetizm olmadıqda generatorda öz-özünə təsirlənmə də alınmavacaqdır. Bu halda təsirləndirmə dolağından kənar enerji mənbəyindən verilən sabit cərəyan buraxmaq lazımdır. Bu dolağı kənar enerji mənbəyindən açıqdən sonra maşında yenidən qalıq maqnetizm olacaq və generator öz-özünə təsirlənə biləcəkdir.

§107. SABİT CƏRƏYAN GENERATORUNUN İŞ PRİNSİPİ

Maşın yüksüz işlədikdə lövbərin dolağında cərəyan olmur və maşının maqnit sahəsi təsirləndirmə dolağının cərəyanı ilə yaranır. Bu maqnit sahəsi hava ara-boşluğunda bərabər surətdə paylanır (şəkil 187, a). Maşın yükləndikdə lövbərin dolağından keçən cərəyan öz maqnit sahəsini yaradır (şəkil 187, b). Lövbərin sahəsi qütblərin maqnit sahəsinə təsər edərək onu dəyişdirir və təhrif edir. Lövbərin sahəsi qütbün bir kənarı altında qütblərin sahəsinə qarşı yönələrək bunu zəiflədi, o biri kənarı altında isə qütblərin sahəsinə müvafiq yönəlib bunu gücləndirir. Beləliklə, generator yükləndikdə nəticələndirici maqnit seli yaranır (şəkil 187, b). Poladın doyması hesabına qütbün bir kənarı altında maqnit selinin artımı maşın yükləndikdə qütbün o biri kənarı altında maqnit selinin azalmasına nisbətən çox olmur. Buna görə

də maşın yükləndikdə nəticələndirici maqnit seli yüksüz işləmədə alınan maqnit selindən az olur.



Şəkil 187, Sabit cərəyan maşınının maqnit selləri:
 a) qütblərin maqnit sahəsi; b) lövbərin maqnit sahəsi;
 c) yüklənmə zamanı nəticələndirici maqnit sahəsi

Lövbər sahələrinin qütblərin maqnit selinə təsirinə **lövbər reaksiyası** deyilir. Yüklənmə zamanı generatorun sıxaclarında gərginlik belə olacaqdır:

$$U = E - I_a r_a,$$

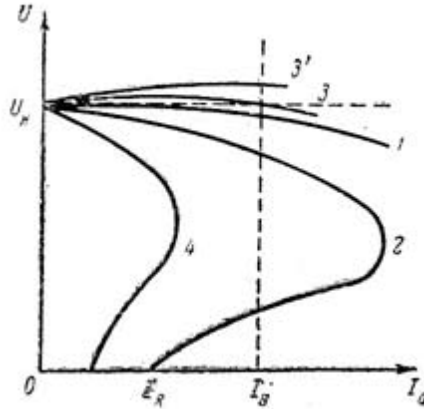
Burada E- lövbərin dolağında induksiylanan EMK ;

I_a - lövbərin dolağındakı cərəyan şiddəti;

r_a - lövbər dövrəsinin müqavimətidir; bu, aşağıdakı elementlərin müqavimətlərindən ibarətdir: lövbərin dolağı, fırça ilə kollektorun arasında olan keçid kontaktları, təsirləndirmənin ardıcıl dolaqları (qarışıq təsirlənən generator üçün). Generatorun yükünü artırıqda lövbərin dolağındakı cərəyan şiddəti də artır ki, bu da öz növbəsində lövbər reaksiyasının maqnit selini gücləndirir; bu maqnit seli isə qütblərin maqnit selinə təsir edərək onu və lövbərin dolağındakı EMK-ni azaldır.

Bundan başqa, generatorun yüklənməsini artırıqda lövbər dolağının müqavimətindəki gərginlik düşküsi də artır. Buna görə də generatorun yüklənməsini, lövbərdə cərəyan şiddətini artırıqda generatorun sıxaclarında gərginlik azalacaqdır. Müstəqil təsirlənən generatorlarda lövbərdə cərəyan şiddəti 0- dan nominal qiymətə qədər dəyişdikdə gərginlik 8-12% azalır. Paralel təsirlənən generatorlarda gərginlik daha çox dəyişir. Bunu belə izah etmək olar: Paralel təsirlənən

generatorlarda lövbər reaksiyasının artması və lövbər dolağının müqavimətində gərginliyin azalmasından başqa, yüklənmə çoxaldıqda təsirləndirmə cərəyan şiddəti də azalır. Yüklənmə artdıqca təsirləndirmə cərəyan şiddətinin azalmasını gərginliyin azalması ilə izah etmək olar.



Şəkil 188. Müxtəlif sistemli təsirlənən sabit cərəyan generatorlarının xarici xarakteristikaları:

1- müstəqil təsirlənən; 2- paralel təsirlənən; 3- qarışıq təsirlənən, normal təsirlənən; 3' – eyni, lakin çox təsirlənmiş; 4- təsirləndirmə dolağını qarşı-qarşıya qoşduqda qarışıq təsirlənən

188-ci şəkildə generatorların xarici xarakteristikaları göstərilmişdir, bu xarakteristikalar generatorun sıxaclarındaki gərginliyin lövbərdə cərəyan şiddətindən (və ya yüklənmə zamanı) asılılığını ifadə edir. Bu xarakteristikalar generatorun (maşın tənzimlənməyəndir) təbii şəraitində, yəni lövbərin fırlanma sürəti sabit və təsirləndirmə dolağı dövrəsinin müqaviməti dəyişməz olduqda alınır. 1 əyrisi müstəqil təsirlənən generatorun xarici xarakteristikası, 2 əyrisi paralel təsirlənən generatorun xarici xarakteristikasıdır.

Paralel təsirlənən generatorda xarici müqavimətin azalması cərəyan şiddətinin müəyyən qədər I_{kr} kritik qiymətə qədər artmasına səbəb olur; adətən, cərəyan şiddətinin nominal qiymətindən 1,5-2 dəfə çox alınır. Sonradan xarici müqavimət daha da azaldıqda cərəyan şiddəti də azalır. Bunu belə izah edə bilərik: Yüklənmə o qədər də çox olmadıqda generatorun sıxaclarında gərginlik yüksəkdir və maşının maqnit dövrəsi doymuşdur. Buna görə də təsirləndirmə cərəyan şiddətinin azalması EQ-nin cüzi azalmasına səbəb olur, nəticədə isə yüklənmə

müqavimətinin azalması lövbərdə cərəyan şiddətini çoxaldır. Yüklənmə çox, yəni yüklənmənin müqaviməti az olduqda, generatorun sıxaclarında gərginlik xeyli azalır və maşının maqnit dövrəsi maqnitsizləşir. Bu halda gərginlik azaldıqda təsirlənmə cərəyan şiddətinin azalması, EHQ-nin kəski surətdə azalmasına səbəb olur. Beləliklə, EHQ xarici müqavimətə nisbətən daha çox azalır. Buna görə də cərəyan şiddəti xarici müqavimət azaldıqda lövbərdə də azalacaq və qısaqapanma zamanı çox olmayacaqdır. Qısaqapanma zamanı maşının belə öz-özün maqnitsizlənməsi onun öz-özünə təsirlənməsinə əks prosesdir. Qısaqapanma zamanı generatorun sıxaclarında gərginlik sıfıra bərabərdir və təsirləndirmə dolağında cərəyan olmur. Buna görə də lövbərin dolağında ancaq qalıq maqnetizmi seli ilə əlaqədar olaraq azacıq EHQ induksiyanı. Qarışıq təsirlənən generatorlarda paralel və ardıcıl təsirləndirmə dolaqları uyğunlaşdırılmış və qarşı-qarşıya qoşula bilər. Dolaqları uyğunlaşdırılmış qoşduqda təsirləndirmənin maqnit seli eyni nistiqamətə yönələcək, yəni toplanacaqdır, qarşı-qarşıya qoşduqda isə müxtəlif tərəflərə yönələcək, yəni maqnit selinin cəmi bu dolaqların selləri fərqi bərabər olacaqdır.

Dolaqları uyğunlaşdırılmış qoşulan generatorada yüklənmə artdıqda həm lövbərdə, həm də ardıcıl təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddəti yüksəlir ki, bu da lövbərin dolağında maqnit selinin və EHQ-nin artmasına səbəb olur. Ardıcıl təsirləndirmə dolağının maqnitsizləşdirmə təsiri hesabına maşında EHQ-nin artması, lövbər reaksiyası selinin artması lövbər dolağı dövrəsinin müqavimətində gərginliyin azalması nəticəsində generatorun sıxaclarındakı gərginliyin azalmasını tam əvəz edirs, yüklənmə dəyişdikdə bu sıxaclardakı gərginlik təxminən dəyişməyəcəkdir (3 əyrisi). Bəzi hallarda belə tipli generatorları çox təsirlənmiş hazırlayırlar (3 əyrisi). Belə olduqda gərginlik yüklənmədən asılı olaraq artır ki, bu da birləşdirmə məftillərində gərginlik düşküsünü əvəz etməyə imkan verir. Təsirləndirmə dolaqları qarşı-qarşıya qoşulmuş generatorlarda ardıcıl dolaq ümumi maqnit selini azaldır. Buna görə də yüklənmə artdıqda ardıcıl təsirləndirmə dolağının maqnit seli də artır ki, bu da maşında ümumi maqni selinin və EHQ-nin kəskin surətdə azalmasına səbəb olur. Elə buna görə də belə generatorlarda yüklənmə artdıqda gərginlik kəskin surətdə azalır. Dolaqları qarşı-qarşıya qoşulmuş generatorlar çox az tədbiq olunur.

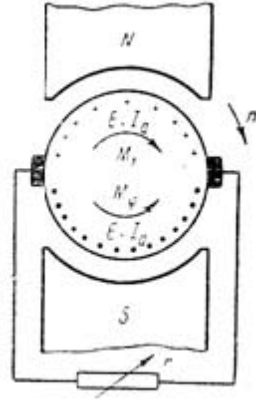
Belə generatorlardan qısaqapanma cərəyanlarını məhdudlaşdırmaq lazım gəldikdə, yəni normal iş rejimi qısaqapanma olan qəbuledicilərd istifadə edilir. Məsələn, elektrik qaynağı zamanı elektrodların bir-birinə toxundurulması generator üçün qısaqapanma rejimi olur. Müstəqil və paralel təsirlənən generatorlarda yüklənmə dəyişdikdə sıxaqlarda gərginliyin sabit olması üçün təsirləndirmə cərəyan şiddətini tənzimləyirlər. Yüklənmə artdıqda təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddətini də artırmaq lazımdır; bu isə lövbərin dolağında maqnit selini və EHQ -ni çoxaldacaqdır. Dolaqları uyğunlaşdırılmış qoşulan qarışıq təsirlənən generatorlarda təsirləndirmə cərəyan şiddətinin tənzimləməsindən istifadə olunmur; çünki belə generatorlar yüklənmə dəyişdikdə (boşuna işləmədən nominal yüklənməyə qədər) gərginliyin təxminən sabit alınmasını, adətən təmin edə bilər.

§108. SABİT CƏRƏYAN MAŞINININ ELEKTROMAQNİT MOMENTİ

Generatorun lövbəri M_1 fırladıcı moment yaradan hər hansı bir mühərriklə müəyyən n sürəti ilə fırladılır (şəkil 189). Lövbər dolağının qütblər sahəsinin maqnit xətləri ilə kəsişən naqillərində EHQ induksiyanılır və generator yükləndikdə bunun təsiri ilə cərəyan keçir. Lövbər dolağının naqillərində cərəyanın qütblərin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində naqillərə təsir edən F qüvvəsi yaradılır. Bu F qüvvəsini çiyinə, yəni lövbərin radiusuna vursaq, maşının $M\varphi$ elektromaqnit momentini təyin edərək. Qüvvənin və elektromaqnit momentinin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin edilir. Sol əl qaydası bildiyimiz kimi belədir:

Sol əli elə tutmaq lazımdırki, maqnit sahəsinin maqnit xətləri ovcun içindən keçsin, açılmış dörd barmaq naqillərdə cərəyanın istiqamətini göstərsin, onda yana açılmış baş barmaq qüvvənin təsir istiqamətini və M_φ elektromaqnit momentinin istiqamətini bildirəcəkdir.

Bu qaydanı generatorun sxeminə tətbiq etsək (şəkil 189) görərik ki, $M\varphi$ elektromaqnit momentinin istiqaməti lövbərin fırlanmasının əksinədir, yəni lövbəri saxlamağa cəhd edir. Beləliklə generatorun elektromaqnit momenti tormozlayıcı olur.



Şəkil 189. Sabit cərəyan generatorunda elektromaqnit momentinin istiqaməti

Birinci mühərrikin M_1 fırladıcı momenti generatorun elektromaqnit momenti ilə tarazlaşarsa, yəni $M_1 = M\varphi$ olarsa, maşının lövbəri sabit sürətlə fırlanacaqdır. Momentlər tarazlığı pozulduqda fırlanma sürəti aşağıdakı kimi dəyişəcəkdir. Birinci mühərrikin fırladıcı momenti generatorun elektromaqnit tormoz momentindən az olarsa, lövbərin fırlanma sürəti azalacaqdır; fırladıcı moment tormozlayıcı momentdən çox olduqda isə fırlanma sürəti artacaqdır. Sürətin dəyişməsi momentlər tarazlığı bərpa olununa qədər davam edəcəkdir.

Məsələn, tutaq ki, generator müəyyən bir yüklənmə ilə işləmiş və birinci mühərrikin fırladıcı momentini tarazlayan tormoz elektromaqnit momenti yaratmış, yəni $M\varphi = M_1$ olmuşdur. Bu halda generator lövbərinin fırlanma sürəti sabit idi. Birinci mühərrikin fırladıcı momenti hər hansı bir səbəbə görə azalmışdırsa, bu moment generatorun elektromaqnit tormoz momentindən az olduğundan, lövbərin fırlanma sürəti də azalacaqdır. Maşın lövbərinin fırlanma sürəti azaldıqda dolağın EHQ-si və deməli yüklənmədə cərəyan şiddəti də azalacaqdır. Cərəyan şiddətinin azalması generatorun elektromaqnit tormoz momentinin azalmasına səbəb olur. Maşın lövbərinin fırlanma sürəti momentlər tarazlığı bərpa oluncaya qədər, yəni elektromaqnit momenti birinci mühərrikin fırladıcı momentinə yenidən bərabər olmayınca azalmağa davam edəcəkdir. Birinci mühərrikin fırladıcı momenti hər hansı səbəbə görə generatorun elektromaqnit tormoz momentindən

çox olarsa, maşın lövbərinin fırlanma sürəti artmağa başlayacaqdır. Fırlanma sürəti də momentlər tarazlığı bərpa olunana qədər, yəni generatorunm elektromaqnit tormoz momenti birinci mühərrikin fırladıcı momentinə bərabər olana qədər artmaqda davam edəcəkdir. Generatorun elektromaqnit momenti lövbər dolağının naqilləridəki cərəyanın qütblərin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yarandığından, bu moment həm də lövbərdəki cərəyan şiddətindən, həm də qütblərin maqnit sahəsindən asılı olur. Sabit cərəyan maşınının elektromaqnit momentini təyin etmək üçün generatorun EHQ-nin tarazlığı tənliyinə qayıdaq; həmin tənlik belə idi:

$$U = E - I_a r_a$$

Tənliyin sağ və sol tərəflərini I_a cərəyanına vursaq, alarıq:

$$U I_a = E I_a - I_a^2 r_a$$

və ya

$$P_2 = P_\psi - P_k$$

burada $P_2 = U I_a$ - ceneratorun yüklənməyə verilən faydalı gücü;

P_ψ - maşının mexaniki enerjiden elektrik enerjisinə çevirdiyi elektromaqnit gücü;

$P_k = I_a^2 r_a$ - lövbərin dolağında, fırça kontaktlarında və ardıcıl təsirləndirmə dolağında (vardır) güc itkisidir.

Maşının elektromaqnit gücü belə olacaqdır:

$$P_\psi = E I_a = \frac{pN}{60 * a} \Phi n I_a$$

Elektromaqnit gücünü başqa yolla aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$P_\psi = M \varphi \Omega,$$

burada $M \varphi$ – maşının elektromaqnit momenti;

$$\Omega - \text{lövbərin bucaq sürətidir } \Omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Beləliklə, maşının elektromaqnit momenti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$M \varphi = \frac{P_\psi}{\Omega} = \frac{60}{2\pi n} P_\psi = \frac{pN}{2\pi a} \Phi I_a$$

Bu ifadədə həmin maşın üçün qütblər cütünün sayı- p , aktiv naqillər sayı- N , paralel budaqlar sayı- a dəyişməz qalır. Buna görə də $\frac{pN}{2\pi a} = K$ kəsrini konstruktiv sabit əmsal K ilə işarə etmək olar.

Beləliklə maşının elektromaqnit momenti

$$M\varphi = K\Phi I_a$$

Burada K – həmin maşın üçün sabit kəmiyyətdir; bu, konstruktiv parametrlərdən və götürülmüş vahidlər sistemindən asılıdır;

Φ - bir qütbün maqnit seli;

I_a - lövbərin dolağındakı cərəyandır.

§109. SABİT CƏRƏYAN MAŞINININ MÜHƏRRİK REJİMİNDƏ İŞLƏMƏSİ

Sabit cərəyan maşınları, hər bir elektrik maşınında olduğu kimi, çevirici xassəyə malikdir, yəni hər bir elektrik maşını ya generator, ya da mühərrik kimi istifadə edilə bilər. Sabit cərəyan generatoru lövbərinin dolağından hər hansı sabit enerji mənbəyinin cərəyanını buraxsaq, maşının lövbəri fırlanmağa başlayacaqdır. Beləliklə, maşın mexaniki iş görmək qabiliyyəti əldə edəcək, yəni mühərrik olacaqdır. Maqnit sahəsində naqıl yerləşdirib, bundan hər hansı bir enerji mənbəyinin cərəyanını buraxsaq, təsir edən qüvvə naqilin yerini dəyişəcəkdir. Naqilin yerdəyişmə istiqaməti sol əl qaydası ilə müəyyən edilir. Naqilə təsir edən qüvvə və ya elektromaqnit momenti naqildəki cərəyanın maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsirindən yaranır və buna görə də həm naqildəki cərəyan şiddətindən, həm də maqnit selindən asılı olur. Sabit cərəyan mühərriklərində fırladıcı moment, elektromaqnit tormozlayıcı momentində olduğu kimi, aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir.

$$M=K\Phi I_a$$

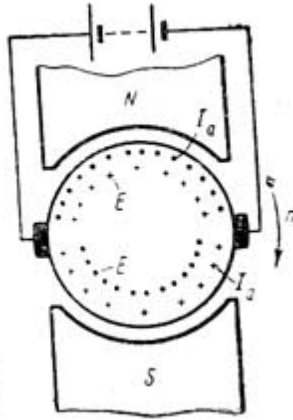
burada K - naqillərin sayından, lövbər dolağının tipindən və maşındakı qütblər sayından asılı olan sabit əmsal;

Φ - maqnit seli;

I_a – lövbərin dolağındakı cərəyan şiddətidir.

Mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək (reversləmək) üçün ya lövbər dolağında, ya da təsirləndirmə dolağında cərəyanın istiqamətini dəyişmək lazımdır. Cərəyanın istiqamətinin həm lövbərdə, həm də təsirləndirmə dolağında eyni vaxtda dəyişdirilməsi mühərrikin fırlanma

istiqlamətini dəyişdirmir. Təsirləndirmə dolağında induktivlik çox olduğundan, mühərriki reversləmək üçün, lövbərin dolağını başqa cür qoşurlar. Sabit cərəyan mühərriki konstruktiv cəhətdən generatordan heç fərqlənmir; güneratorun quruluşunu əvvəlki fəsillərdə nəzərdən keçirmişdik. Sabit cərəyan mühərriki, generatorda olduğu kimi, təsirləndirmə dolağının qoşulmasına görə paralel, ardıcıl və qarışıq təsirlənən hazırlanır. Mühərriki enerji mənbəyinə (məsələn, akkumlyator batereyasına) qoşduqda təsirləndirmə dolağından cərəyan keçəcək və bu cərəyan Φ maqnit seli yaradacaqdır. Lövbərin dolağından da I_a cərəyan şiddəti keçəcəkdir (şəkil 190).



Şəkil 190, Sabit cərəyan mühərrikin işləmə sxemi

Lövbərdəki cərəyanın qütblərin maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində $M = K\Phi I_a$ olan fırladıcı moment yaranacaqdır. Maşının lövbəri bu momentin təsiri ilə fırlanmağa başlayır; fırlanma istiqaməti sol əl qaydası ilə müəyyən edilir. Lövbərin dəqiqədə dövrlər sayı n hərfi ilə işarə olunur. Lövbər fırlandıqda dolağın naqilləri maqnit sahəsinin maqnit xətləri ilə kəsişdiyindən onlarda EHQ induksiyanlanır; EHQ-nin istiqaməti sağ əl qaydası ilə müəyyən edilir. Beləliklə, lövbərin dolağında yaradılan EHQ-nin istiqaməti cərəyana əks və deməli, verilən gərginliyə əks olacaqdır. Odur ki, buna **əks elektrik hərəkət qüvvəsi** (EHQ) deyilir. Mühərrik lövbərin dolağına verilən U gərginliyi əks EHQ E və lövbər dolağı dövrəsinin müqavimətində (lövbərin dolağında, fırçalı kontaktlarda, ardıcıl təsirləndirmə dolağında, əgər

varsa) gərginlik düşküsi r_a ilə tarazlaşır. Deməli, sabit cərəyan mühərriki üçün EQ-nintarazlıq tənliyini aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$U = E + I_a r_a,$$

buna əsasən mühərrik dolağında cərəyan şiddəti

$$I_a = \frac{U - E}{r_a}$$

olacaqdır.

Əks EQ-nin

$$E = Cn\Phi$$

olduğunu nəzərə alsaq, mühərrikin EQ-nin tarazlıq tənliyini belə yazmaq olar:

$$U = Cn\Phi + I_a r_a,$$

Buradan maşın lövbərinin dəqiqədə dövrlər sayı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$n = \frac{U - I_a r_a}{C\Phi}$$

Mühərrik işlədikdə, güc sərfini tənzimlədiyindən əks EQ-nin çox böyük əhəmiyyəti vardır. Mühərrikin valında yüklənməni (tormozlayıcı momenti) azaltsaq, fırlanma sürəti dəyişəcəkdir.

Valda tormozlayıcı moment artdıqda sürət azalmağa başlayacaq, tormozlama moment azaldıqda isə əksinə sürət artacaqdır. Sürət dəyişdikdə lövbərdə EQ də dəyişir ki, bu da cərəyan şiddətinin və sərf edilən gücün dəyişməsinə səbəb olur. EQ -nin istiqaməti cərəyana əks olduğundan EQ çoxalarkən lövbərdə cərəyan şiddəti azalır və əksinə, EQ azaldıqda lövbərdə cərəyan şiddəti çoxalır. Lövbərin dolağında cərəyan şiddətinin dəyişməsi fırladıcı momentin dəyişməsinə səbəb olur. Mühərrikin valında tormozlayıcı momentin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq sürətin, EQ-nin və lövbərdə cərəyan şiddətinin dəyişməsi fırladıcı momenti mühərrikin valında tormozlayıcı momentə bərabər olana qədər, yəni momentlər tarazlığı yaranana qədər davam edəcəkdir.

§110. SABİT CƏRƏYAN MÜHƏRRİKLƏRİN İŞƏ SALINMASI

Mühərriki işə saldıqda, yəni onu şəbəkəyə qoşduqda, maşının lövbəri hərəkətsiz olur və dolağında EHQ yaranmır. Buna görə də mühərriki işə salarkən ilk momentdə lövbərin dolağından nominaldan bir çox dəfə artıq olan böyük cərəyan şiddəti keçəcəkdir. B cərəyan şiddəti həm dolaq, həm də kollektor və fırçalar üçün təhlükəli olub, belə bir nisbətlə təyin edilir:

$$I_{i.s.} = \frac{U}{r_a}$$

İşəsalma cərəyanını azaltmaq üçün lövbərin dolağına ardıcıl olaraq əlavə müqavimət qoşurlar; bu müqavimətə *işəsalma reostatı* deyilir. İşəsalma reostatının müqaviməti elə seçilir ki, işəsalma cərəyan şiddəti yolverilən həddə qədər azaldılmaqla nominal cərəyanın qiymətindən iki dəfədən çox olmasın. Şəbəkəyə qoşduqda mühərrik işəsalma momenti yaradır,

($M_{i.s.} = K * I_{i.s.} * \Phi$); maşın bu momentin təsiri ilə fırlanmağa başlayır və dolağında əks EHQ yaranır. Lövbərin fırlanma sürəti artdıqca əks EHQ çoxalır və lövbərin dolağında cərəyan şiddəti azalır. Buna görə də lövbərin fırlanma sürəti artdıqca işəsalma reostatının müqaviməti tədricən azaldılır; bunun üçün işəsalma reostatının dəstəyini bir kontaktdan digərinə keçirirlər. İşəsalma reostatını mühərrik lövbərinin dövrəsindən tam açıqda əks EHQ-nin qiyməti təxminən şəbəkənin gərginliyi qədər olur. İşəsalma reostatı, mühərriki ancaq işə saldıqda qısa müddət ərzində qoşmaq üçün hesablanmış məftil müqavimətdən ibarətdir. İşəsalma reostatlarının qoşulma sxemləri aşağıda verilir. Maşın işləyərkən, işəsalma reostatı açılmış olmalıdır; çünki cərəyan uzun müddət keçərsə, çox qızdığından reostat xarab olacaqdır. Çox azgüclü mühərrikləri işə salmaq üçün bilavasitə şəbəkəyə qoşurlar; belə mühərriklərdə işəsalma reostatı qoyulmur.

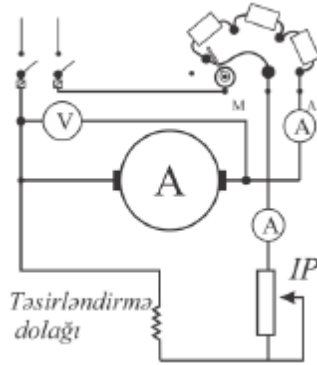
§111. PARALEL TƏSİRLƏNƏN MÜHƏRRİK

Paralel təsirlənən mühərrikdə lövbər və təsirləndirmə dolağı, 191-ci şəkildəki sxemdə göstəriləndiyi kimi, iki paralel budaq təşkil edir. Deməli, mühərrikin şəbəkədən sərf etdiyi cərəyan şiddəti lövbərin cərəyan

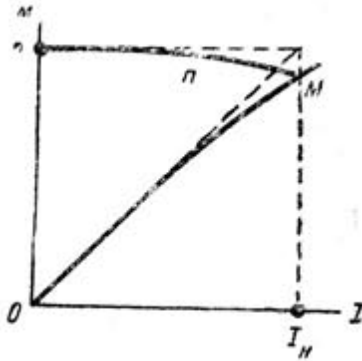
şiddətinin və təsirləndirmə dolağı cərəyan şiddətinin cəminə bərabərdir, yəni

$$\dot{I} = \dot{I}_L + \dot{I}_t$$

Cərəyanın işəsalma şiddətini məhdudlaşdırmaq üçün lövbərə ardıcıl olaraq işəsalma reostatı $\dot{I}R$ qoşulur. Təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddətini dəyişmək üçün bu dolağa ardıcıl olaraq tənzimləmə reostatı TR qoşulmuşdur.



Şəkil 191. Paralel təsirlənən mühərrikin sxemi



Şəkil 192. Paralel təsirlənən mühərrikin xarakteristikası

İşəsalma reostatının üç sıxacı vardır; bunlar X, M və L(JI) hərfləri ilə işarə olunur. X sıxacı (reostatın dəstəyi) şəbəkə açarının qütblərin birinə, L(JI) sıxacı (işəsalma müqavimətinin qurtaracağı) lövbərə, M sıxacı (reostat dəstəyinin kontaktı sürüşdürülən bürünc şin) isə tənzimləmə reostatı vasitəsi ilə təsirləndirmə dolağına birləşdirilir.

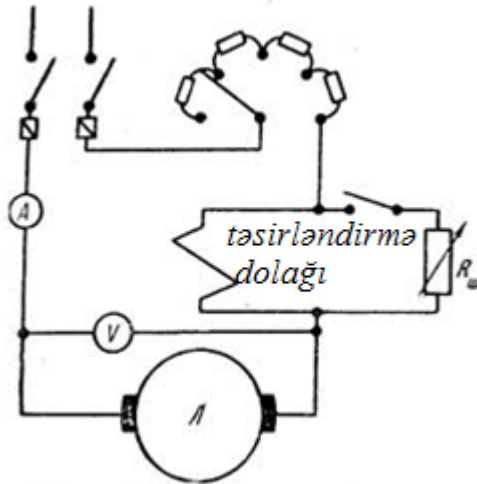
Lövbərin və təsirləndirmə dolağının qurtaracaq ucları (sxemdə solda) aralıq qoymaqla bir-brinə calanır və şəbəkə açarının ikinci qütbünə qoşulur.

Mühərriki şəbəkədən açmaq üçün işəsalma reostatının dəstəyini işəsalma müqaviməti ilə birləşdirilməmiş BK boşuna işləmə kontaktında qoyurlar; ancaq bundan sonra açarı açmaq olar. İşəsalma reostatının birinci kontaktı bürünc şin ilə birləşdirilir. Bunu ona görə belə edirlər ki, mühərrik dayandıqda təsirləndirmə dolağının dövrəsi işəsama müqavimətinə, lövbərin dolağına və tənzimləmə reostatına qapanmış olsun. Təsirləndirmə dolağının dövrəsi qırılmamalıdır; maqnit selinin kəskin surətdə azaldılması dolaqda çox böyük öz-özünəinduksiyanıma EHQ oyadır ki, bu da dolağın izolyasiyası üçün təhlükəlidir. Mühərriki işə saldıqda reostat tam qoşulur, tənzimləmə reostatı isə açılmış olur. Buna görə də təsirləndirmə dolağından daha çox cərəyan keçir və bu daha çox maqnit seli və deməli, böyük fırladıcı moment yaradır. Paralel təsirlənən mühərrikin təsirləndirmə dolağı şəbəkənin gərginliyi altında olduğundan, valda yüklənmə dəyişdikdə, tənzimləmə reostatının müqaviməti dəyişməzsə, maqnit seli əməli olaraq sabit qalacaqdır. Buna görə də mühərrikin yaratdığı fırladıcı momenti lövbərdəki cərəyan şiddəti ilə mütənəsüb olur. Belə tipli mühərrikin fırlanma sürəti yüklənmənin dəyişməsindən asılı olaraq çox az dəyişir. Bu, yüklənmə dəyişdikdə maqnit selinin təxminən sabit qalması ilə izah edilir. Paralel təsirlənən M fırladıcı momenti n dövrlər sayının lövbərdəki cərəyan şiddətindən asılılığı 192-ci şəkildə göstərilmişdir. Mühərrikə düşən yük artdıqca fırlanma sürəti lövbər dolağının və fırçaların müqavimətində gərginlik düşküsu hesabına bir qədər azalır. Lakin belə tipli mühərriklərdə fırlanma sürəti çox az dəyişir və yüklənmə sıfırdan nominala qədər dəyişdikdə sürət cəmi bir neçə faiz azalır.

§112. ARDİCİL TƏSİRLƏNƏN MÜHƏRRİK

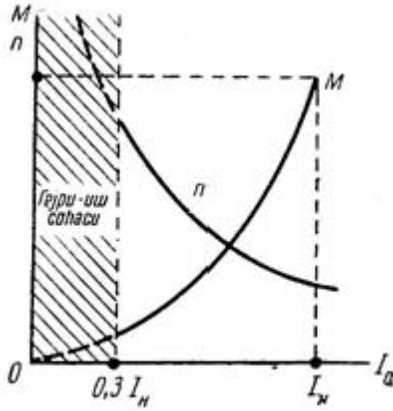
Belə tipli mühərriklərdə təsirləndirmə dolağı lövbərlə ardıcıl birləşdirilir. İşəsalma cərəyanını məhdudlaşdırmaq üçün, 193-cü şəkildəki sxemdən görüldüyü kimi, lövbərlə və təsirləndirmə dolağı ilə ardıcıl birləşdirilən işəsalma reostatından istifadə olunur

Ardıcıl təsirləndirmə mühərriki üçün olan işəsalma reostatının, təsirləndirmə dolağı və lövbər bir budaq təşkil etdiyindən ancaq iki sıxacı vardır. Fırlanma sürətinin və mühərrikin yaratdığı momentin lövbərdəki cərəyan şiddətindən asılılığını 194-cü şəkildə göstərilmişdir. Poladın doymasına əhəmiyyət verməsək, maqnit selini lövbərdəki cərəyan şiddətinə bərabər olan təsirləndirmə cərəyan şiddətinə mütənasib qəbul edə bilərik; çünki təsirləndirmə dolağı lövbərlə ardıcıl birləşdirilir. Buna görə də lövbərdəki cərəyan şiddətinə və maqnit selinin hasilinə mütənasib olan fırladıcı moment belə tipli mühərrikdə cərəyan şiddətinin kvadratına mütənasib olacaqdır. Beləliklə, lövbərdə cərəyan şiddəti artdıqca ardıcıl təsirlənən mühərrikin fırladıcı momenti kəskin sürətdə artır və əksinə, mühərrikin valında tormozlayıcı momentin xeyli çoxalması lövbərdə cərəyan şiddətinin nisbətən az artmasına səbəb olur. Buna görə də ardıcıl təsirlənən mühərriklər çox böyük fırladıcı moment yaradılması tələb edilən hallarda, məsələn çox böyük kütlənin ətalətinə üstün gəlmək və mühərrikin sürətini lazımı həddə çatdırmaq tələb olunduqda tətbiq edilir. İş şəraitindən asılı olaraq, nominal momentdən xeyli artıq olan uzunmüddətli yüklənmə halları baş verə bildikdə də ardıcıl təsirlənən mühərriklərin tətbiqi məsləhət görülür.



Şəkil 193. Ardıcıl təsirlənən mühərrikin sxemi

Ardıcıl təsirlənən mühərriklərin fırlanma sürəti kəskin sürətdə dəyişir və yüklənmə artdıqca azalır.



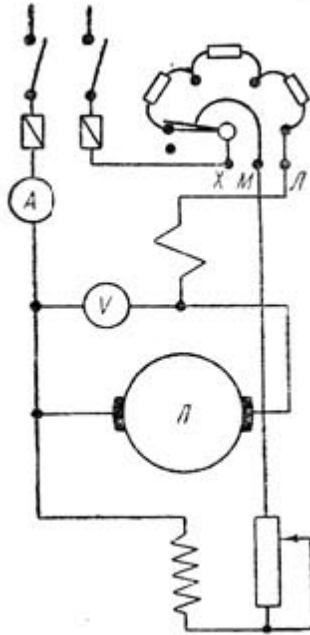
Şəkil 194. Ardıcıl təsirlənən mühərrikin xarakteristikası

Belə tipli mühərrikdə yüklənmənin dəyişməsi cərəyan şiddətinin həm lövbərdə və həm də təsirlənmə dolağında dəyişməsinə səbəb olur; bu isə maqnit selinin və lövbərin fırlanma sürətinin dəyişməsi ilə nəticələnir. Mühərrikin valında yüklənmə azaldıqda maqnit seli də azalır; bu isə sürətin artmasına səbəb olur. Mühərrikin valında yüklənməni arası kəsilmədən azaltsaq, mühərrikin fırlanma sürəti də arası kəsilmədən artacaq və az yüklənmədə maşının fırlanma hissələrinin mexaniki möhkəmliyi nöqtəyi – nəzərdən yolverilməyən həddə çatacaqdır. Mühərrik çox böyük sürətlərdə dağılır, yəni “yeyilməyə işləyir”. Bu kimi hallara yol verməmək üçün ardıcıl təsirlənən mühərrikin valında yüklənmə- nominalın 25-30%-dən az olmamalıdır. Beləliklə, ardıcıl təsirlənən mühərriklər yüklənmə olmadan və ya az yüklənmədə işləyə bilmir. Buna görə də iş şəraitindən asılı olaraq mühərrikin valında yüklənmə götürülə bildikdə, belə tipli mühərriklərdən istifadə olunmasına yol verilmir. Belə mühərriklər nəqliyyatda və qaldırıcı tərtibatlarda geniş tətbiq edilir. Təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddətini dəyişmək üçün $R_{\text{ş}}$ şuntlayıcı müqavimətdən istifadə olunur (193-cü şəklə bax); şuntlayıcı d müqavimət ardıcıl təsirləndirmə dolağına paralel qoşulur.

§113. QARIŞIQ TƏSİRLƏNƏN MÜHƏRRİKLƏR

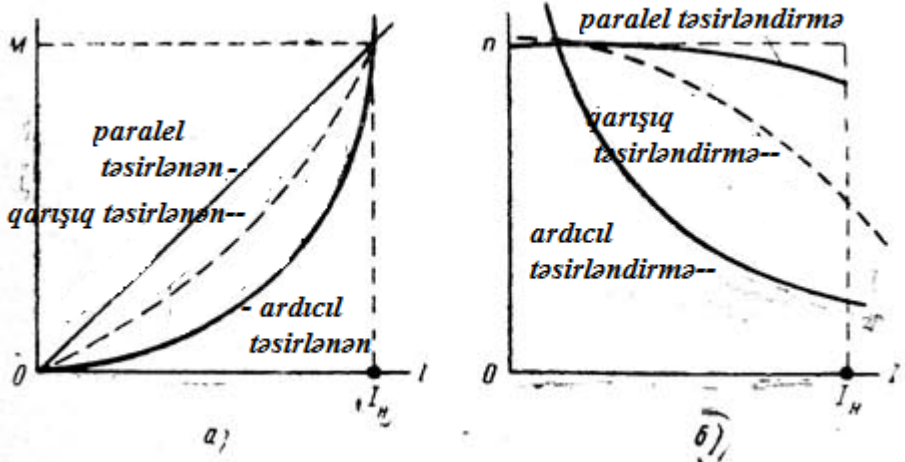
Qarışıq təsirlənən mühərriklərin qütblərində iki dolaq yerləşdirilir: paralel və ardıcıl. Paralel dolaqdan dövrədəki cərəyan şiddətindən xeyli az olan cərəyan keçir. Bu dolaq en kəsiyi sahəsi kiçik olan məftillərdən hazırlanır, sarğılarının sayı da az olur.

Ardıcıl dolaqda cərəyan şiddəti lövbərdəki cərəyan şiddətinə bərabərdir. Buna görə də ardıcıl dolaq iri en kəsikli məftillərdən (və ya mis şinlərdən) hazırlanır, sarğılarının sayı da az olur. Qarışıq təsirlənən mühərrikin sxemi 195-ci şəkildə göstərilmişdir. Ardıcıl və paralel dolaqlar uyğunlaşdırılmış surətdə qoşulur, yəni bunların yaratdığı maqnit selləri eyni istiqamətdə yönəldilir.



Şəkil 195. Qarışıq təsirlənən mühərrikin sxemi

Mühərriklərdə dolaqların qarşı-qarşıya qoşulmasından istifadə olunmur. Fırladıcı momentin və fırlanma sürətinin lövbərdəki cərəyan şiddətindən asılılığı ayrıləri paralel və ardıcıl təsirlənən mühərriklər üçün müvafiq asılılıq ayrıləri arasında orta vəziyyət tutur (şəkil 196).



Şəkil 196. Müxtəlif təsirlənmə sxemi olan sabit cərəyan mühərriklərinin sxemləri a- fırladıcı momentin lövbərdəki cərəyan şiddətindən asılılığı ayriləri; b- dövrlər sayının lövbərdəki cərəyan şiddətindən asılılığı ayriləri

Qarışıq təsirlənən mühərriklərdə yüklənmə artdıqda maqnit selini çoxaldan ardıcıl dolaq hesabına fırladıcı moment lövbərdəki cərəyan şiddətinə nisbətən daha çox artır (şəkil 196, a). Buna görə də paralel təsirlənən mühərriklərə nisbətən belə tipli mühərriklərin həddindən artıq yüklənmə qabiliyyəti daha yaxşıdır. Qarışıq təsirlənən mühərrikin fırlanma sürəti (şəkil 196, b) yüklənmə artdıqca paralel təsirlənən mühərrikdə olduğuna nisbətən daha çox azalacaqdır; bu azalma ardıcıl təsirlənən mühərrikdəki kimi kəskin olmur. Qarışıq təsirlənən mühərriklər yüksüz işlədikdə, paralel dolaqla yaradılan maqnit seli, sabit maqnit seli olduğundan “yeyilməyə işləmir”.

§114. SABİT CƏRƏYAN MÜHƏRRİKLƏRİNDƏ FIRLANMA SÜRƏTİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİ

Sabit cərəyan mühərrikləri çox dəyərli bir xüsusiyyətə malikdir: belə mühərriklərdə fırlanma sürətini geniş hədlərdə, həm də qənaətli və səlis sürətdə tənzim etmək olar. Bu səbəbdən sabit cərəyan mühərrikləri iş şəraitinə görə sürətin dəyişilməsi tələb olunan hallarda geniş istifadə edilir.

Maşın lövbərinin dəqiqədə dövrlər sayını belə bir ifadə ilə təyin etmişdik:

$$n = \frac{U - I_a r_a}{c\Phi}$$

Beləliklə, sabit cərəyan mühərrikinin fırlanma sürəti U gərginliyindən, lövbərin dövrəsindəki r_a müqavimətindən və Φ maqnit selindən asılı olur. Deməli, mühərrikin fırlanma sürətini tənzim etmək üçün bu üç kəmiyyətdən birini dəyişmək lazımdır. Mühərrikə verilən gərginlik çoxaldıqda fırlanma sürəti artır; əksinə gərginlik azaldıqda sürət də azalır. Lakin mühərrikin fırlanma sürətinin şəbəkə gərginliyi dəyişməklə tənzimlənməsi, mühərrik enerjini ancaq hər hansı bir generatordan aldıqda tətbiq edilir. Mühərrik enerjini ümumi şəbəkədən alırsa və bu şəbəkəyə digər enerji qəbulediciləri qoşulmuşdursa, sürəti bu üsulla tənzimləmək olmaz; çünki bu halda şəbəkə gərginliyinin dəyişdirilməsinə yol verilmir. Mühərrikin fırlanma sürətini lövbərin dövrəsində müqaviməti dəyişməklə də tənzimləmək olar. Bu müqaviməti dəyişmək üçün lövbərə ardıcıl olaraq tənzimləyici reostat qoşulur. Bu reostat işəsalma reostatından fərqli olaraq cərəyanın uzunmüddətli keçməsinə hesablanmalıdır. Lövbər dövrəsinin müqaviməti artdıqda mühərrikin fırlanma sürəti azalır və əksinə, müqavimət azaldıqda sürət də artır. Fırlanma sürətini tənzimləməyin bu üsulu geniş tətbiq edilir; bu üsulun nöqsanı qənaətli olmamasıdır. Tənzimləyici reostatda xeyli enerji itkisi alınır ki, bu da mühərrikin FIƏ-ni azaldır. Nəzərə almaq lazımdır ki, lövbər dövrəsi müqavimətinin dəyişməsi, maşının valında tormozlayıcı moment (mühərrikin yüklənməsi) dəyişmədikdə lövbərdə cərəyan şiddətini dəyişdirmir. İşləyən mühərrikin lövbəri dövrəsində tənzimləyici reostatla müqaviməti artırıbsaq, ilk momentdə cərəyan şiddəti azalacaq ki, bu da fırladıcı momentin azalması ilə nəticələnəcəkdir. Bu halda fırladıcı moment mühərrikin valında tormozlayıcı momentdən az olacaqdır. Buna görə də fırlanma sürəti azalmağa başlayacaq və maşının ək EQ-də azalacaqdır. Əks EQ-nin azalması lövbərdə cərəyan şiddətinin yüksəlməsinə səbəb olduğundan fırladıcı moment də artacaqdır. Lövbərin fırlanma sürətinin və maşının əks EQ-nin dəyişməsi o vaxta qədər davam edəcək ki, lövbərdə cərəyan şiddəti fırladıcı momenti mühərrikin valındakı tormozlayıcı momentə bərabər edəcək qiymətə çatsın. Buna görə də mühərrikin valında tormozlayıcı

moment dəyişmədikdə lövbərdəki cərəyan şiddəti, lövbərin dövrəsində müqavimətin dəyişməsinə baxmayaraq əməli surətdə dəyişməz qalacaqdır. Fırlanma sürətini dəyişməyin üçüncü üsulu (Φ maqnit selini dəyişməklə) xüsusilə geniş istifadə olunur. Bu üsul əlavə enerji sərfi ilə əlaqədar deyil, qənaətlidir və mühərrikin sürətini geniş hədlərdə dəyişməyə imkan verir. Maqnit selini dəyişmək üçün təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddətini dəyişdirirlər. Təsirləndirmə cərəyan şiddətini azaltdıqda maqnit seli də azalır, təsirləndirmə cərəyan şiddətini artırdıqda işə maqnit seli artır. Paralel təsirlənən mühərriklərdə təsirləndirmə cərəyan şiddətini dəyişmək üçün təsirləndirmə dolağının dövrəsinə tənzimləyici reostat qoşurlar (191-ci şəklə bax). Ardıcıl təsirlənən mühərriklərdə təsirləndirmə dolağının cərəyan şiddətini dəyişmək üçün bu dolağı şuntlayır, yəni təsirləndirmə dolağına paralel olaraq müqavimət qoşurlar (193-cü şəklə bax). Fırlanma sürəti maqnit seli ilə əks mütənəsübdədir, yəni maqnit seli azaldıqda sürət artır, maqnit seli çoxaldıqda isə azalır.

§115. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARININ İTKİSİ VƏ, F. İ. Ə.

Sabit cərəyan maşınları işlədikdə enerji itkisi alınır; bu itki aşağıdakı kəmiyyətlərdən ibarətdir.

Lövbərin içliyində yaranan və burulğan və histerezis cərəyanlara poladda P_n itkiləri. Maşının lövbəri fırlandıqda içliyin poladı arası kəsilmədən maqnitlənir. Poladın belə təkrar maqnitlənməsinə güc sərf olunur: **buna histerezis itkiləri** deyilir. Lövbər maqnit sahəsində fırlanarkən, onun içliyində burulğan cərəyanlarda induksiyanır. Histerezis və burulğan cərəyanlara itkilər (poladdakı itkilər)istiliyə çevrilərək lövbərin içliyini qızdırır. Poladda itkilər maqnit induksiyasından və lövbər içliyinin təkrar maqnitlənmə tezliyindən asılıdır. Maqnit induksiyası maşının EHQ-dən və başqa cür desək gərginlikdən, təkrar maqnitlənmə tezliyi isə lövbərin fırlanma sürətindən asılıdır. Buna görə də sabit cərəyan maşını generator və ya mühərrik rejimində işlədikdə poladda itkilər sabit alınacaq, lövbərin sıxaclarında gərginlik və lövbərin fırlanma sürəti sabitdirsə, yüklənmədən asılı olmayacaqdır.

Təsirləndirmə dolağı məftillərinin və lövbərin bunlardan keçən cərəyanlarla qızdırılmasına enerji itkiləri (misdə P_M itkisi).

Lövbərin dolağında və fırça kontaktlarında itki $P_a = I_a^2 r_a$ -dır; burada r_a - lövbər dolağının və fırçalı kontaktların müqavimətidir. Bu itkilər lövbərdəki cərəyandan asılı olur, yəni yüklənmədən asılı olaraq dəyişir.

Təsirləndirmə dolağında itki $P_{MT} = I_T^2 r_T$, burada r_T - təsirləndirmə dolağının müqavimətidir. Paralel təsirləndirmə dolaqlarında cərəyan maşın işləyərkən, adətən, dəyişmir və itki sabit olur.

Yataqlarda sürtünməyə, fırlanan hissələrin hava ilə və fırçaların kollektora sürtünməsinə əlavə olunan mexaniki itkilər (P_{mex}). Bu itkilər maşın lövbərinin sürətindən asılıdır. Buna görə də mexaniki itkilər sabitdir və yüklənmədən asılı olmur.

$$\text{Maşının f. i. ə. } \eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\%$$

burada P_2 - faydalı güc;

P_1 - maşının sərf etdiyi gücdür.

Maşın generator kimi işlədikdə onun faydalı gücü:

$$P_2 = UI,$$

burada U - generatorun sıxaclarındakı gərginlik

I – yüklənmə zamanı cərəyan şiddətidir.

Bu halda maşının sərf etdiyi güc

$$P_1 = P_2 + P_n + P_M + P_{mex} = UI + P_n + P_M + P_{mex}$$

və f. i. ə.

$$\eta = \frac{UI}{UI - P_n - P_M - P_{mex}} * 100\%$$

olacaqdır.

Maşın mühərrik kimi işlədikdə sərf etdiyi güc :

$$P_1 = UI$$

Burada U - qidalandıran şəbəkənin gərginliyi;

I – mühərrikin şəbəkədən sərf etdiyi cərəyan şiddətidir

Bu halda maşının faydalı gücü

$$P_2 = P_1 - P_n - P_M - P_{mex} = UI - P_n - P_M - P_{mex}$$

və f. i. ə.

$$\eta = \frac{UI - P_n - P_M - P_{mex}}{UI} * 100\%$$

olacaqdır.

Yüklənmə olmadıqda (maşın boşuna işlədikdə) maşının f. i. ə. sıfıra bərabərdir. Yüklənmə artdıqca f. i. ə. sürətlə çoxalır və müəyyən yüklənmədə (müxtəlif tipli və təyinatlı maşınlarda nominalın 50-100%-i qədər) ən böyük qiymətinə çatır və sonra cüzi olaraq azalır.

F. i ə-nın ən böyük qiyməti elə yüklənmə zamanı alınacaqdır ki, bu halda sabit itkilər (paralel təsirləndirmə dolağında poladda itkilər, mexaniki itkilər) dəyişən itkilərə (lövbər dolağında, fırça kontaktlarında, ardıcıl təsirləndirmə dolağında, əlavə qütblərin itkilər) bərabər olsun.

Müxtəlif güclü maşınlarda f. i. ə $65 \div 95\%$ –əçata billər, həm də maşının gücü nə qədər çox olarsa, tam yüklənmə zamanı f. i. ə-lı da o qədər yüksək alınacaqdır.

11-ci fəsil

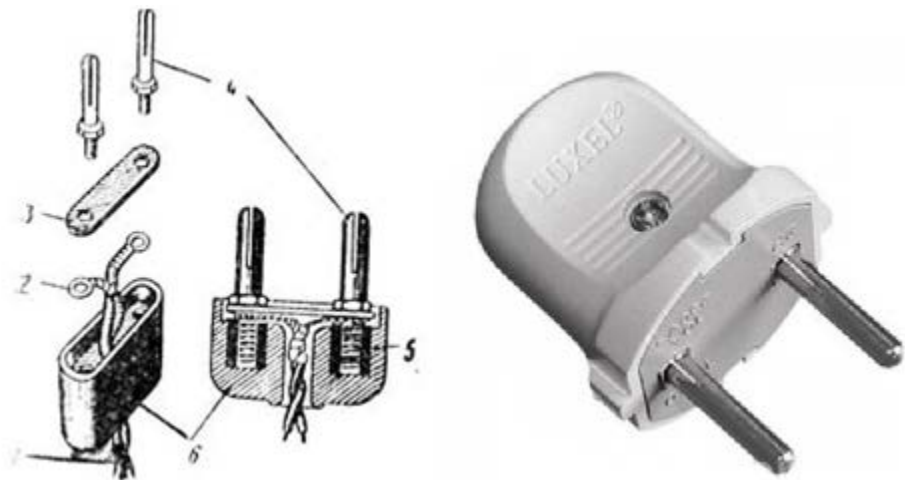
ELEKTRİK İDARƏETMƏ VƏ MÜHAFİZƏ APARATLARI

Elektrik maşınlarını, cihazlarını və şəbəkələrini qoşmaq və açmaq, eləcə də müxtəlif elektrotexniki qurğuların işini idarəetmək və normal iş rejimi pozduqda bunların ayrı-ayrı elementlərini mühafizə etmək üçün elektrik aparatlarından istifadə olunur.

İdarəetmə, tənzimləmə və mühafizə aparatları idarə olunma üsuluna görə əl ilə və məsafədən idarə olunan, gərginliyə görə isə **alçaq və yüksək gərginlik** aparatlarına ayrılır. Alçaq gərginlik elektrik aparatları müasir istehsalatın ən mühüm hissələrindən biridir. Bu aparatlar vasitəsi ilə elektrik avadanlığı idarə olunur. Unutmamalıyıq ki, istehsal olunan bütün elektrik enerjisinin 75%-i alçaq gərginlikdə istifadə edilir. Elektrik aparatlarına şpəsel haçaları(çəngəlləri) və rozetləri (elektrik yuvaları) açarlar, kəsən açarlar, çevirgəclər, minimal və maksimal avtomatlar, reostatlar, kontaktorlar, kontrolyorlar, rele və maqnit işəsalıcıları aiddir.

§116. ŞPƏSEL ROZETİ VƏ HAÇASI

Şpəsel rozetinin əsası izolyasiya materialından hazırlanır. Bunun üzərində iki yuvacığ bərkidilir. Elektrik şəbəkəsinin məftilləri bu yuvacıqlara vint vasitəsi ilə birləşdirilir. Elektrik enerjisi qəbuledicisini şəbəkəyə qoşmaq üçün şpəsel haçasından(şəkil 97) istifadə olunur.

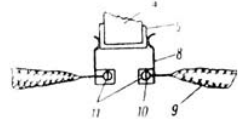
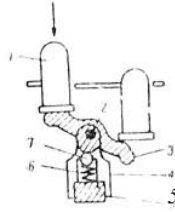
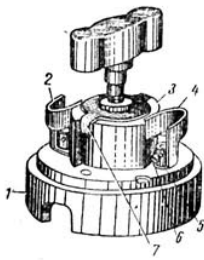


Şəkil 197. Ştəpsəl haçası: 1-elektriok enerjisi qəbuledicisinin məftilləri; 2- halqa; 3- izolyasiyaaraqatı; 4- kontakt milləri; 5- oymaq; 6- gövdə

Haçanın gövdəsi (6) izolyasiya materialından hazırlanır. Gövdəyə içərisində yiv açılmış iki metal oymaq (5) preslənir. Elektrik enerjisi qəbuledicisindən gələn məftillərin (1) ucu halqavarı(2) düzəldilib, oymaqların üzərində deşiklərin üstündə qoyulur. Mis kontakt milləri (4) izolyasiya araqaatının (3) deşiyindən keçirilib, oymaqlara burulur.

§117. AÇARLAR

Açarlar kommutasiya əl idarəetmə aparatıdır. Onlardan sənaye və məişət elektrik qurğularını elektrik işığını, qızdırıcı cihazları, azgüclü mühərrikləri, ventilyatorları və tozsoranları qoşmaq və açmaq üçün istifadə edilir. Açarların xarici görünüşü və quruluşu müxtəlif olur; dövrəyə ardıcıl qoşulur. 198-ci a şəklində burma açar göstərilmişdir. İzolyasiya materialından hazırlanan gövdədə iki ədəd hərəkətsiz yaylı kontakt(2 və 4) bərkidilir. Gövdənin ortasında kontakt lövhəsi (7) olan baraban (3) oxda oturdulur. Elektrik şəbəkəsi məftillərinin ucları kontaktların (5) deşiklərinə taxılaraq vintlə (6) bərkidilir.



a)

b)

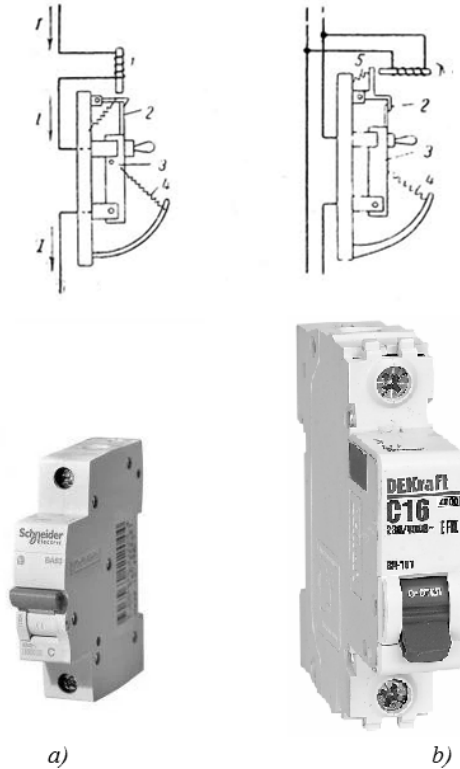
Şəkil 198. Açarlar: a- burma açar; b- düymə açar

Barabanı döndərdikdə kontakt lövhəsi yaylanan kontaktları (2 və 4) birləşdirərək elektrik dövrəsini qapayır. 198-ci b şəkildə düyməli açar göstərilmişdir. Bu açar hərəkətli və hərəkətsiz hissələrdən ibarətdir.

Hərəkətli hissənin (üstdəki) iki düyməsi (1), üççiyinli qolu (3) və bürünc kontakt lövhəsi (5) olan qapayıcısı (4) vardır. Qapayıcının gövdəsində spiral yay (6) və polad kürəcik (7) yerləşdirilir. Hərəkətsiz hissə (altdakı) kontakt yayları (8) olan iki kontaktdan ibarətdir; elektrik şəbəkəsinin məftillərini (9) vint vasitəsi ilə bu kontaktlara birləşdirirlər. Soldakı düyməni (1) basdıqda üççiyinli qol aşağı enir. Bu qolun sağ çiyini ikinci düymə ilə birlikdə yuxarı qaxır. Bu halda qolun orta üçüncü çiyini kürəcik (7) və spiral yay (6) vasitəsi ilə qapayıcıyı (4) sağa hərəkət etdirir. Qapayıcı, açarın hərəkətsiz hissəsinin kontakt yaylarında (8) öz lövhəsi (5) ilə birləşdirərək məftillərin (9) dövrəsini qapamış olur. Sağdakı düyməni basdıqda, qapayıcı sola hərəkət edərək dövrəni açır.

§118. AVTOMATLAR

Normal iş rejimi pozulduqda elektrik dövrələrini avtomatik açmaq və mühafizə etmək üçün avtomat açarlardan istifadə olunur. Belə açarlar iki tipli olur: maksimal və minimal.



Şəkil 199. Avtomatların quruluş sxemi:

*1-maksimal avtomat; b- minimal avtomat; 1-elektromaqnit;
2-lövbər-cəftə; 3- açarın bıçağı; 4 və 5- yaylar*

Cərəyan yolverilən həddən çox olduqda dövrəni açan avtomata **maksimal avtomat** deyilir. Belə avtomatın quruluşu 199-cu a şəkildə göstərilmişdir. Avtomatın əsa hissələri elektromaqnitdən, lövbər-cəftədən və açardan ibarətdir. Avtomatın dövrəsində cərəyan yolverilən həddən çox olduqda elektromaqnit (1) lövbər- cəftəni (2) özünə dartır.

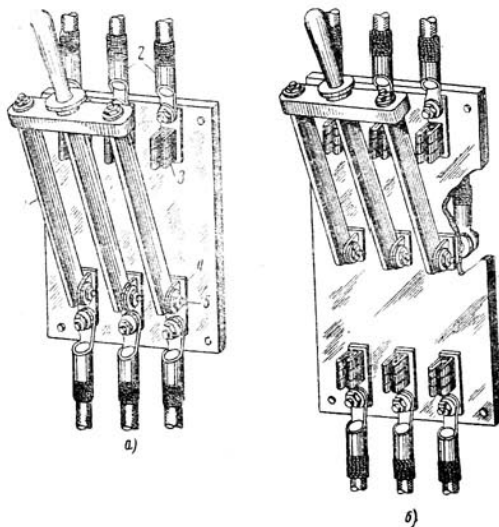
Bu halda açarın bıçağı (3) azad olaraq avtomatın qoşulduğu dövrəni yayın (4) təsiri ilə kəsir. Avtomatı əl ilə təkrar qoşurlar.

Gərginlik yol verilən həddən az olduqda dövrəni açan avtomata *minimal avtomat* deyilir. Belə avtomatın quruluşu 199-cu a şəklində göstərilmişdir. Avtomatın dövrəsində nominal gərginlik həddən az olduqda elektromaqnitin (1) içliyi lövbər-cəftənin şaquli çiyinini saxlaya bilmir. Bu halda yay (5) lövbəri elektromaqnitin içliyindən aralayır və cəftə (2) yuxarı qalxaraq açarın bıçağını (3) azad edir. Bıçaq isə avtomatla mühafizə olunan dövrəni yayın (4) təsiri ilə kəsir.

Avtomatları, dövrəni kəsmək üçün müəyyən gərginliyə tənzimləmək olur. Avtomatların ən böyük üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bunların müəyyən cərəyan şiddətinə qoyulma dəqiqliyi, dövrəni əriyən qoruyucularla mühafizə etdikdə alınan dəqiqliyə nisbətən xeyli çoxdur.

§119. KƏSƏN AÇARLAR

Cərəyan 6 A –dən yüksək olduqda 500 v –a qədər gərginlikdə elektrik qurğularını əl ilə qoşmaq və açmaq üçün kəsən açarlardan istifadə edilir. Birqütblü, ikiqütblü və üçqütblü kəsən açarlar vardır. Kəsən açarlar lövhə üzərində quraşdırılır.



Şəkil 200. Kəsən açarlar: a-üçqütblü; b-çevirgəclı; 1- bıçaqlar; 2- məftillər; 3- yaylanan kontaktlar; 4- hərəkətsiz kontaktlar; 5 - ox

Üçqütblü kəsən açarın əsas hissələri hərəkətsiz kontaktlarda (4) bərkidilmiş oxlarda (5) dönə bilən mis bıçaqlardan (1) ibarətdir (şəkil 200, a). Elektrik enerji qəbuledicisinin məftilləri kontaktların boltlarına qaykalarla birləşdirilir. Dövrəni qapadıqda mis bıçaqlar (1) sıxaclarına elektrik şəbəkəsinin məftilləri (2) qoşulmuş yaylanan kontaktların (3) arasına daxil olur. Adi kəsən açarlarla yanaşı çevirgəc kəsən açarlardan da istifadə olunur (şəkil 200, b). Belə çevirgəc kəsən açarlarda üst yaylanan kontaktlardan başqa eyni sayda alt kontaktlarda vardır. Çevirgəc kəsən açarın bıçaqlarını həm alt, həm də üst kontaktlarla birləşdirmək olur. Kəsən açarlar və çevirgəclər təhlükəsizlik texnika qaydalarına görə qoruyucu örtüklə örtülməlidir.

§120. QORUYUCULAR

Məftillərdən, habelə dövrəyə qoşulmuş elektrik maşınları və cihazlarından keçən elektrik cərəyanı qısaqapanma zamanı və şəbəkə çox yükləndikdə yüksəlir və yolverilən həddən artıq olur. Dövrənin məftilləri qızır və bunların izolyasiyası yana bilər, bu dövrəyə qoşulmuş elektrik maşın və cihazları isə xarab olub sıradan çıxa bilər. Belə hallara yol verməmək üçün elektrik dövrəsinə ardıcıl olaraq əriyən qoruyucular qoşulur. Qoruyucudan keçən cərəyan yolverilən həddən yüksək olduqda bu qoruyucunun teli əriyir, məftillər və aparatlar qızmamış qoşulmuş dövrəni açır. Hər bir qoruyucu, hesablanmış olduğu cərəyana uzun müddət davam gətirməlidir. Cərəyanın qoruyucularda göstərilən ən böyük yolverilən həddi, qoruyucunu seçmək üçün olan göstəricilərdən biridir. Bərabər yüklənmədə (cərəyan şiddəti dəyişməzsə) elektrik dövrəsində işlək cərəyan şiddəti $I = 10$ a olarsa, belə dövrəyə az cərəyan şiddətinə hesablanmış qoruyucu qoşmaq olmaz. Elektrik mühərrikləri qoşulan elektrik dövrəsi üçün qoruyucu seçdikdə işlək cərəyan şiddətindən təxminən 5-7 dəfə yüksək olan işəsalma cərəyan şiddətini nəzərə almaq lazımdır. Bunun üçün qoruyucu mühərrikin işəsalma cərəyan şiddətinin təxminən 40%-ni təşkil edən nominal cərəyan şiddəti üçün götürülməlidir. Onu da nəzərə almaq lazımdır ki, bu halda qoruyucu, mühərriki uzunmüddətli yüklənmədən mühafizə etmir. Əriyən qoruyucular müxtəlif konstruksiyalı olur.

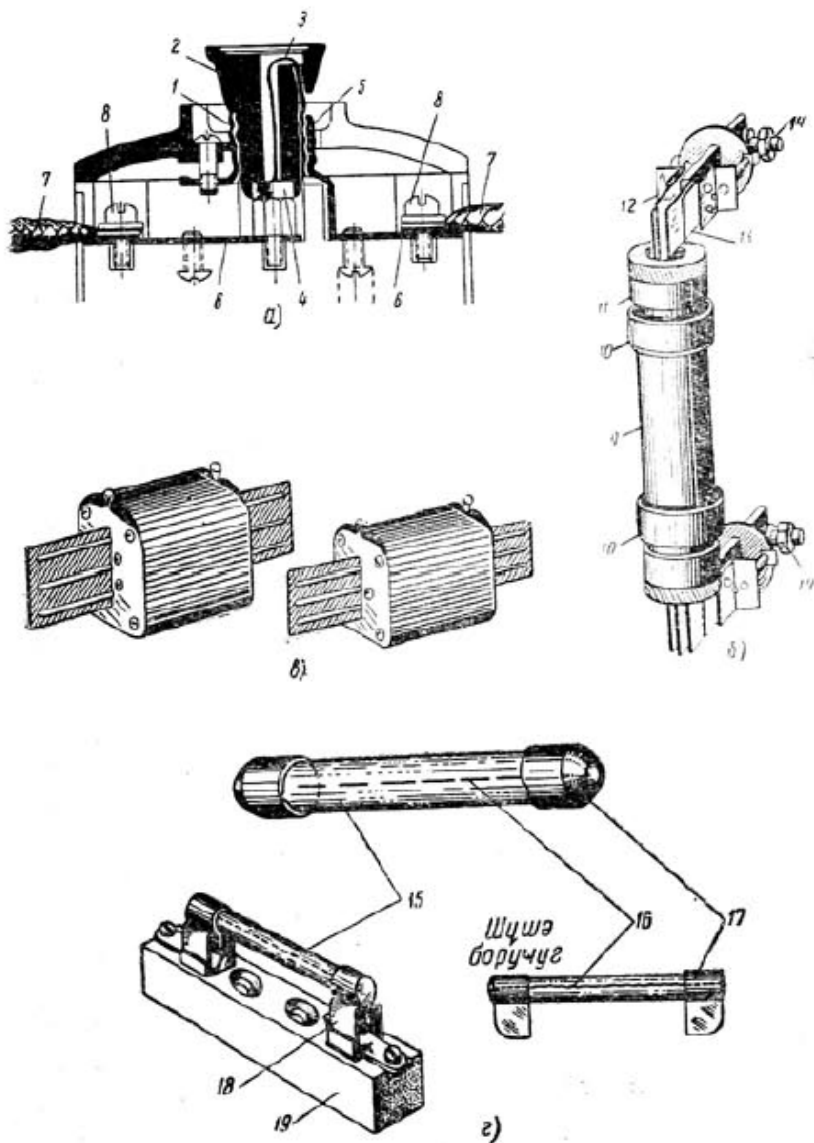
Tıxacşəkilli qoruyucu (şəkil 201, a)- 6, 10, 15 və ya 20 a cərəyana hesablanır, çini əsas (2) üzərində bərkidilən yivli metal silindrdən (1) ibarətdir. Müəyyən cərəyana hesablanmış tezəriyən məftilin (3) bir ucu bu silindrə (1), digər ucu isə kontakta (4) lehirlənir.

Qoruyucu tıxac izolyasiya materialından hazırlanmış patrona burulur. Bu patrondayivli metal giliz (5), iki ədəd kontakt lövhəsi (6), məftilləri (7)qoşmaq üçün iki sıxac və kontakt vintləri (8) bərkidilmişdir.

ІІР tipli bouşikilli əriyən qoruyucu (şəkil 201, b) gərginliyi 500 v-a qədər olan elektrik qurğularında istifadə edilir. Bu qoruyucu fibra borunun (9) içərisində yerləşdirilən əriyən taxmadan ibarətdir; fibra boruya bürünc halqalar(10) və kontakt dayaqlarının (13) lövhələri arasına taxılan biçaq kontaktları (12) ilə qurtaran qalpaq (11) burulub bərkidilir. Məftillər bu kontakt dayaqlaəna gaykalarla (14) birləşdirilir. Belə qoruyucular 15, 60, 100, 200, 350, 600 və 1000 a cərəyana hesablanır. **ІІН tipli əriyən qoruyucular** da buraxılır. Patronu qapalı və doldurmalı hazırlanan belə qoruyucular (şəkil, 201в) 500 v-a qədər olan dəyişən cərəyan elektrik qurğularını mühafizə etmək üçündür. Digər möbcud konstruksiyalı qoruyuculardan fərqli olaraq bunların qabariti və çəkisi az, dövrəni açma xassəsi isə yüksəkdir.

ІІН tipli bouşikilli əriyən qoruyucuların steatitdən hazırlanan patronları 40, 100, 250, 400 və 600 a cərəyan üçün hesablanır. Əriyən qoruyucular elə kaliblənir ki, onlar nominaldan 1, 3 dəfə artıq cərəyanla yükləndikdə 1 saat ərzində yanmır, yolverilən həddn 1, 6 dəfə çox olan cərəyanla yükləndikdə isə 1 saatdan bir qədər az vaxtda yanır.

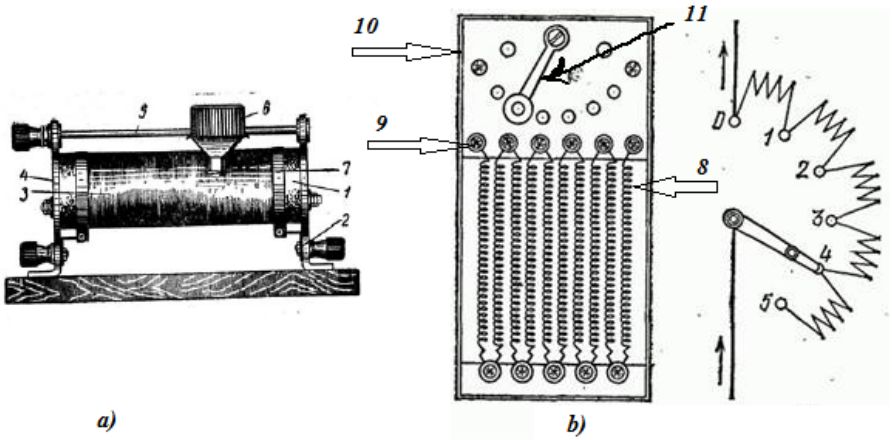
ІІР tipli qoruyucularda olduğu kimi, buqruyucuların da əriyən taxmasını bir neçə dəfə yenisi ilə əvəz etmək mümkündür. Alçaq gərginlik elektrik aparatlarında, radioqəbuledicilərdə və televizorlarda boruşəkilli şüşə qoruyucular (şəkil 201, r) qoyulur. Belə qoruyucuların tezəriyən məftili (16) şüşə borucuğun (15) içərisində yerləşdirilərək borucuğun uclarına geydirilmiş metal qalpaqlara (17) lehirlənir. Borucuq izolyasiyaedici əsas (19) üzərində bərkidilmiş yaylanan kontakt lövhələrində (18) oturdulur.



Şəkil 201. Müxtəlif tipli qoruyucular:
a-tıxacşəkilli qoruyucu; b- ПП tipli boruşəkilli əriyən qoruyucu; в-ПН tipli boruşəkilli əriyən qoruyucu; г- boruşəkilli şüşə qoruyucu

§121. REOSTATLAR

Reostatlar elektrik mühərriklərini işə salmaq, dayandırmaq və sürəti tənzimləmək üçün istifadə olunur. Reostatlar metal və maye tipli olur, hava və yağla soyudulur. Məftil reostatın (şəkil 202, a) iki şaquli dayaq (4) arasında bərkidilmiş çini əsası (1) vardır. Xüsusi müqaviməti yüksək olan məftili (3) bi çini əsasa sarıyırlar. Məftilin uclarını sıxaqlarla (2) birləşdirirlər. Məftilin üzərində yerləşdirilən milə (5) məftilə toxunan kontakt diyircəkləri (7) olan sürüngəc taxılmışdır. Sürüngəci (6) məftilin üzəri ilə hərəkət etdirməklə reostatın müqavimətini səlissurətdə dəyişmək olur. Reostatı dövrəyə həm ardıcıl və həm də paralel qoşmaq olar. Reostatın sürüngəcini sola hərəkət etdirdikdə, məftilin çox hissəsi dövrəyə qoşulduğundan müqavimət artacaqdır. Sürüngəci sağa hərəkət etdirdikdə isə reostatın dövrəyə qoşulmuş hissəsinin müqaviməti azalacaqdır. Hər bir reostatda, adətən, onun müqaviməti və hesablandığı cərəyan göstərilir.



Şəkil 202. Reostatlar:

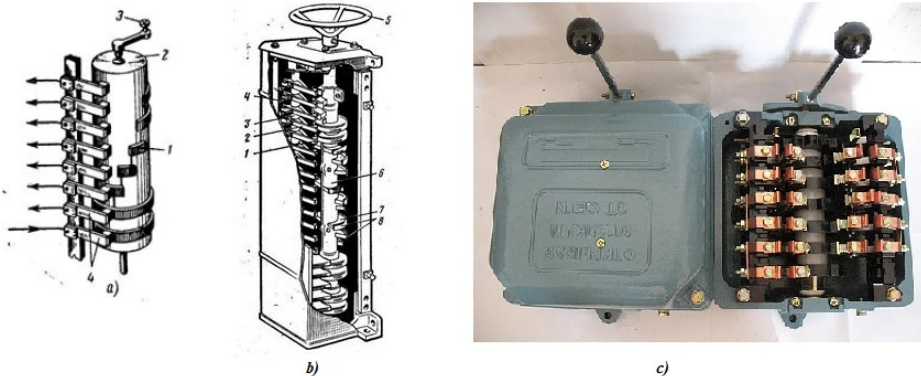
a-məftil reostat; b- rıçaqlı reostatın xarici görünüşü; 1-çini əsas; 2- sıxaqlar; 3-məftil; 4-şaquli dayaqlar; 5- mil; 6- sürüngəc; 7- dəyircək; 8- müqavimət; 9- kontaktlar; 10- panel; 11- rıçaq

Rıçaqlı reostatın sxemi və xarici görünüşü (202-ci b) şəklində göstərilmişdir. Məftil spiralların –müqavimətlərin (8) ucları paneldə (10) yerləşdirilən mis kontaktlara (9) birləşdirilmişdir. Rıçaqı (11) bu

kontaktların üzəri ilə hərəkət etdirmək olur. Sxemdən görüldüyü kimi rıçaqlı kontaktların üzəri ilə hərəkət etdirdikdə reostatın müqaviməti pilləli surətdə (sıçrayışla) dəyişir.

§122. KONTROLLERLƏR

Elektrik dövrlərində elektrik maşınlarını işə salarkən, sürəti tənzimləyərkən, elektrik mühərrikinin fırlanma sürətini dəyişərkən bir neçə qoşma işini eyni vaxtda yerinə yetirmək üçün kontrollerdən istifadə olunur. Kontrollerin quruluşu 203-cü a şəklində göstərilmişdir. Kontroller izolyasiyaedici materialdan hazırlanmış valda (2) bərkidilənmiş seqmentlərdən - halqa parçalarından (1) ibarətdir. Seqmentlər hərəkətli kontaktdır və dəstəyi (3) döndərdikdə val ilə birlikdə hərəkət edir. Kontrollerdə hərəkətli kontaktlardan başqa, bir-birindən izolyasiya olunmuş yaylanan hərəkətli kontaktlar da (4) vardır. Kontrollerdə seqmentlərin sayı kontroller ilə idarə edilən elektrik maşınlarından, reostatlardan və digər aparatlardan gələn məftillərin birləşdirildiyi yaylanan kontaktlara bərabər olur. Valı döndərdikdə seqmentlərin bəzisi hərəkətsiz kontaktlarla qapanır, bəzisi isə açılır. Beləliklə də elektrik mühərriklərini işə saldıqda, dayandırdıqda, fırlanma sürətini və istiqamətini dəyişdikdə elektrik dövrlərində lazımi mürəkkəb çevirmələr həyata keçirilir.



Şəkil 203. Kontrollerlər və bunun quruluş sxemi:

a- dəstək çevirgəçli; b- barabanşəkilli çoxseksiyalı; c- komandokontroller; 1-mis seqmentlər; 2- val; 3- dəstək; 4- kontaktlar

Gərginliyi 500 v-a qədər olan üçfazlı çoxsürətli dəyişən cərəyan asinxron mühərriklərini əl ilə işə salmaq, dayandırmaq və çevirmək üçün barabanşəkilli çoxseksiyalı çevirgəclərdən (şəkil 203, b) istifadə edilir. Aparatları məsafədən elektrik idarə etmək üçün komandokontrollərdən (şəkil 203, r) istifadə olunur.

§123. İDARƏETMƏ DÜYMƏLƏRİ VƏ DÜYMƏ STANSİYALARI

Müxtəlif dəzgahların, maşınların və qaldırma-nəqliyyat qurğularının elə elektrik avadanlığını məsafədən idarə etmək üçün idarəetmə düymələri və düymə stansiyalarından (şəkil 204) geniş istifadə olunur. Gərginliyi 500 v-a qədər olan dəyişən və sabit cərəyan elektromaqnit aparatlarını məsafədən idarə etmək üçün nəzərdə tutulmuş KY-1 tipli idarəetmə düyməsinin xarici görünüşü 204-cü a şəklində göstərilmişdir. Düymənin bir normal açıq və bir normal qapalı kontaktı vardır; düymə istənilən vəziyyətdə qoyula bilər. KC1-22 tipli düymə stansiyası (204, b) sabit və dəyişən cərəyan elektrik aparatlarını idarə etmək üçündür. Bu stansiya ətraf mühitin temperaturu $+35^{\circ}\text{S}$ dən çox və -40°S -dən az olmadığıda işləmək üçün hesablanmışdır.



a)



b)

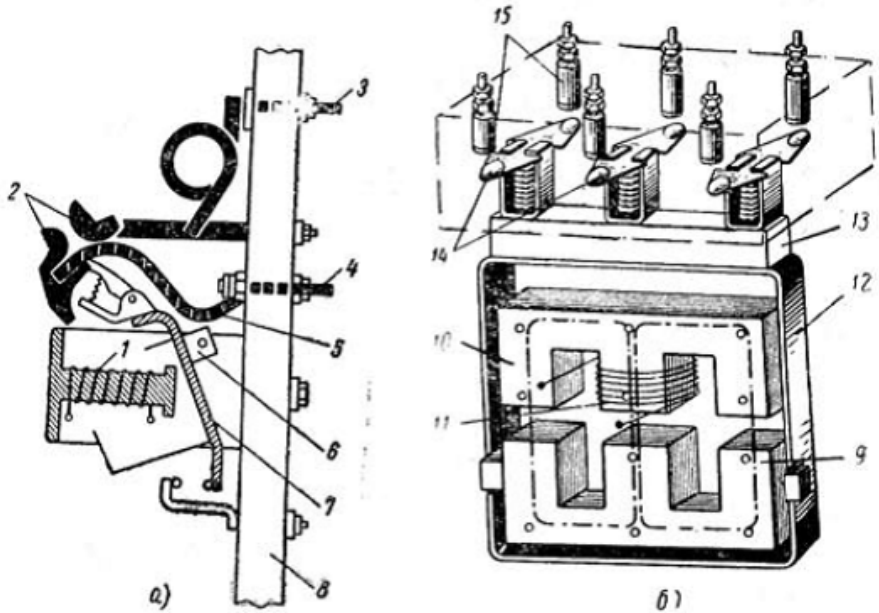


c)

*Şəkil 204. İdarəetmə düymələri və düymə stansiyaları:
a-KY-1 tipli idarəetmə düyməsinin xarici görünüşü; KC1-22 tipli
düymə stansiyası; e- IKK1- 6 tipli asma düymə stansiyası*

Stansiya hərəsinin bir normal açıq və bir normal bağlı kontaktı olan iki düymə elementindən ibarətdir. KC1-23 tipli düymə stansiyasının üç düymə elementi vardır və maqnitləşəsalıcıları məsafədən qoşmaq, açmaq, habelə çevirmək üçün istifadə edilir. II KC1- 6 tipli asma düymə stansiyası (şəkil 204, B) dəzgahların elektrik avadanlığını məsafədən idarə etmək üçündür. Bunun KY-1 tipli düymələri yerləşdirmək üçün 6 ədəd yuvacığı vardır. “Dayan” (“Stop”) idarəetmə düyməsi kürəyəyi olan rıçaqla təsir edir. Rıçaqa istənilən tərəfdən vurduqda “Dayan” düyməsi işə düşür. İdarəetmə düymələri sıra ilə yerləşdirilmişdir.

§124. KONTAKTOR. MAQNİTİŞƏSALICI

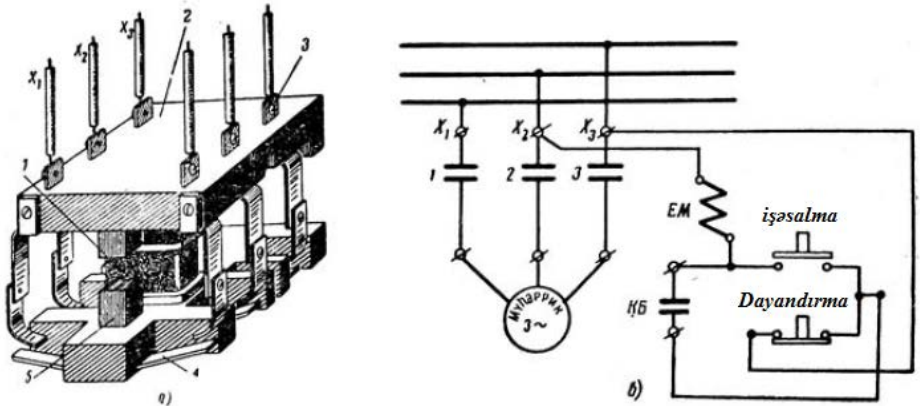


Şəkil 205. Kontaktorların quruluş sxemi:

a-dönən kontaktor; b- düzünə hərəkətli kontaktor; 3 və 4 sıxaclar; 5- elastik məftil; 6- ox; 7- lövbər; 8- panel; 9- maqnit sisteminin hərəkətli hissəsi; 10 – içlik; 11- elektromaqnit; 12- hərəkətli çərçivə; 13- köndələnə altlıq; 14- ikitərəfli kontaktlar; 15- hərəkətsiz kontaktlar

Kontaktor – elektrik dövrələrini məsafədən qapamaq və açmaq üçün daha çox istifadə edilən aparatdır. Elektrik dövrələrini əl ilə qoşulan və açılan aparatlardan (kəsən açarlardan) fərqli olaraq kontaktorlarda bu əməliyyat elrkrtrik cərəyanı ilə yaradılan maqnit sahəsinin qüvvəsi ilə avtomatik yerinə yetirilir. Əsasən iki cür kontaktor vardır: döndərilən və düzünə hərəkətli. Döndərilən kontaktorun quruluş sxemi 205-ci a şəkildə göstərilmişdir. Kontaktor elektromaqnitdən (1), oxda (6) oturdulmuş lövbərdən (7), əsas kontaktlardan(2) və elektrik şəbəkəsinin məftillərini birləşdirmək üçün sıxaclardan(3 və 4) ibarətdir. Kontaktorun bütün hissələri panelin (8) üzərində bərkidilir. Cərəyan, kontaktorun elektromaqnitindən keçdikdə içlik maqnitlənərək lövbəri özünə dartır. Lövbər öz oxunda dönərək əsas kontaktları qapayır. Cərəyan kontaktorun təşkil etdiyi dövrədə əsas kontaktlar (2) və elastik məftil (5) ilə sıxacdan (3) sıxaca (4), buradan isə kontaktorla idarə edilən elektrik maşınına verilir. Elektromaqnitin dövrəsi kəsildikdə içlik maqnitəsizləşir və lövbər dövrənin əsas kontaktlarını açır. Düzünə hərəkətli kontaktorun quruluş sxemi 205-ci b şəkildə göstərilmişdir. Bu kontaktorda maqnit sisteminin hərəkətli hissəsi – lövbər (9) dönən kontaktorda olduğu kimi öz oxunda dönmür, düzünə hərəkət edir. Kontaktlar III şəkili içlikdən (10), elektromaqnitdən (1), lövbərdən (9), hərəkətli çərçivədən (12), izolyasiyaedici materialdan hazırlanmış köndələnə altlıqdan (13), ikitərəfli kontaktlardan (14) və kontaktorla qapanan elektrik dövrəsinin məftillərini birləşdirmək üçün hərəkətsiz kontaktlardan (15) ibarətdir. Düzünə hərəkətli kontaktorda elektromaqnitin dolağından elektrik cərəyanı keçdikdə lövbər hərəkətsiz içliyə dartılaraq yuxarı qalxır və köndələnə altlıqda ikitərəfli kontaktları olan hərəkətli çərçivəni də özü ilə birlikdə qaldırır. İkitərəfli kontaktlar iki hərəkətsiz kontakta kip sıxılaraq onları birləşdirir. Beləliklə də kontaktorla idarə olunan dövrə qapanır. Sabit cərəyan dövrələri üçün kontaktorla birqütblü, dəyişən cərəyan dövrələri üçün isə üçqütblü olur. Üçfazlı dəyişən cərəyan elektrik mühərriklərini məsafədən idarə etmək üçün üçqütblü kontaktorlardan- **maqnitləşəsalıcılardan** istifadə edilir. 206-cı a şəkildə göstərilmiş düzünə hərəkətli maqnitləşəsalıcının üst əsasda (2) bərkidilmiş və polad içliyi olan Elektromaqnit (1) vardır. Bir-birindən izolyasiya olunmuş üç kontakt lövhələri – aralıqları (4) bərkidilmiş lövbər (5) aşağıda

yerləşdirilmişdir. İşəsalıcının əsası (2) üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinin X_1, X_2, X_3 məftillərini və elektrik mühərrikindən gələn məftili birləşdirmək üçün kontaktlarla (3) təmin olumuşdur. Elektrik cərəyanı elektromaqnitin dolağından keçdikdə maqnit sahəsi yaranır və lövbər içliyə dartılır. Lövbərin kontakt lövhələri üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinin məftillərini və elektrik mühərrikindən gələn məftilin qoşulduğu kontaktları bir-birinə birləşdirir. Cərəyanı kəsdikdə lövbər öz ağırlığının təsiri ilə aralanır və kontakt lövhələri mühərriki şəbəkədən açır. Mühərriki maqnit işəsalıcı ilə işə salmaq üçün 206-cı b şəkildə göstərilmiş sxem üzrə qoşmaq lazımdır. Bu halda maqnit işəsalıcının kontaktları (1, 2, 3) normal açılmış olur. İşəsalıcı elektromaqnitin (EM) bir ucu “İşəsalma” düyməsinin kontaktına, o biri ucu isə şəbəkənin X_2 məftilinə birləşdirilir. “Dayan” düyməsinin kontaktları normal qapalı, “İşəsalma” düyməsinin kontaktları isə açıq olur. Blok kontaktlar (BK) “İşəsalma” və “Dayan” düymələrinin kontaktlarına paralel qoşulur. Mühərriki işə salmaq üçün “İşəsalma” düyməsini basırlar; bu halda cərəyan X_2 məftilindən EM elektromaqnit dolağına, “İşəsalma” və “Dayan” düymələrinin qapalı kontaktlarına, oradan isə şəbəkənin X_3 məftilinə keçəcəkdir. Maqnit işəsalıcının lövbəri elektromaqnitin içliyinə dartılaraq əsas kontaktları (1, 2, 3) və blok kontaktı (BK) qapayacaqır.



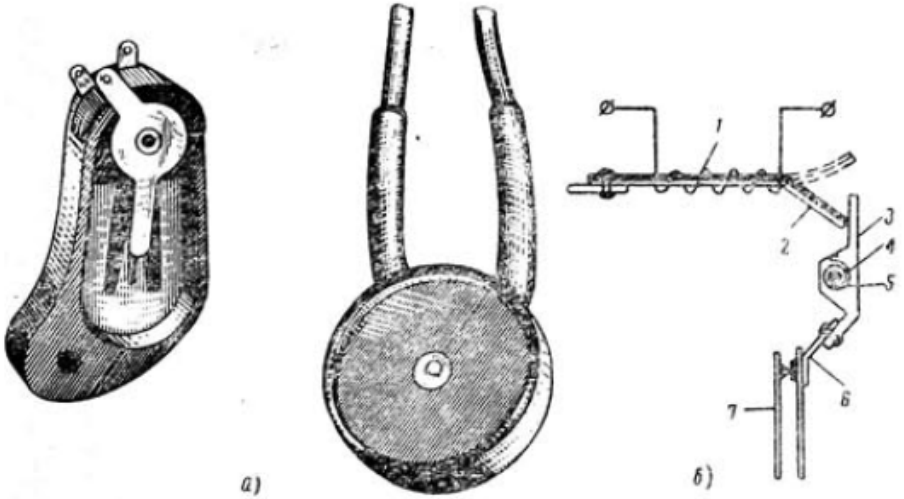
Şəkil 206. Maqnit işəsalıcı və bunun qoşulma sxemi:
a-düzünə hərəkətli maqnit işəsalıcı; *b*-qoşulma sxemi; 1-
 elektromaqnit; 2-üst əsas; 3-kontaktlar; 4-kontakt lövhəsi –aralığı; 5-
 lövbər

Bu halda cərəyan şəbəkədən mühərrikin dolağına veriləcək və mühərrik işləməyə başlayacaqdır. “İşəsalma” və “Dayan” düymələrinin kontaktlarına paralel qoşulmuş qapalı blok kontaktlar “İşəsama” düyməsini şuntlayır və buna görə də mühərrik işləyərkən həmin düyməni basılmış vəziyyətdə saxlamaq lazım gəlmir. Mühərrik “Dayan” düyməsini basmaqla dayandırılır. Bu halda işəsalıcıda elektromaqnitin dövrəsi kəsilir və lövbər öz əvvəlki vəziyyətə qaydır, işəsalıcının əsas kontaktları aralanır və mühərrik dayanır. İki üçqütblü kontaktordan istifadə etməklə asinxron mühərriki elə işə salmaq olar ki, mühərriki bu kontaktorlarla reversivləmək imkanı yaranar. Reversiv maqnit işəsalıcı düymə stansiyası üç düymədən: “İrəli” düyməsini basdıqda kontaktlardan birinin elektromaqnitinin lövbəri içliyə dartılaraq əsas kontaktları qapayacaqdır. “Dayan” düyməsini basdıqda həmin elektromaqnitin dövrəsi kəsildiyindən lövbər əsas kontaktları aralayacaq və mühərrikin dolağını şəbəkənin məftillərindən açacaqdır. Mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək üçün “Geri” düyməsini basmaq lazımdır. Bu halda ikinci kontaktorun elektromaqnitini qoşulacaqdır. Şəbəkənin cərəyanı ikinci işəsalıcının əsas kontaktları ilə mühərrikin dolağına daxil olacaqdır; bu kontaktlar elə qoşulur ki, mühərrik fırlanma istiqamətini dəyişir.

§125. İSTİLİK RELESİ

Temperaturun dəyişməsinə hiss edən releyə istilik relesi (termorele) deyilir. Belə relenin işi, qızdırıldıqda metalın genişlənməsi xassəsinə əsaslanır. Bimetalik istilik relesi daha geniş yayılmışdır. Belə relenin işlək hissəsi xətti genişlənmə temperatur əmsalları müxtəlif olan iki metaldan hazırlanmış bimetaldan lövhədən ibarətdir. Belə lövhələr üçün materialı elə seçirlər ki, metalların genişlənmə əmsalında mümkün qədər çox böyük fərq olsun: məsələn mis-polad, polad-nikel, invar-bürünc. Cərəyan yüklənməsi çox olduqda elektrik mühərriklərini mühafizə etmək üçün maksimal istilik relesindən (şəkil 207) istifadə olunur. Bu relenin elektrik qızdırıcısı (1) qəbul edən hissədir. Bimetal lövhə (2) aralıq hissə kimi istifadə olunur, icraedici hissə isə kontaktdır (7). Elektrik qızdırıcı, mühərrikin dövrəsinə ardıcıl, kontaktlar isə mühərriki işə salan işəsalıcı elektromaqnitinin dövrəsinə qoşulur.

Yüklənmə normal olduqda bimetal lövhə 207-ci b şəklində göstərilədiyi kimi əyilir. Bu halda rıçaq (3) üst çiyini ilə lövhəyə (2) dirənir, alt çiyini ilə isə relenin kontaktlarını qapayır.



Şəkil 207. İstilik reləsi: a- xarici görünüşü; b- quruluş sxemi

Cərəyan qızdırıcıda yolverilən həddən çox olduqda bimetal lövhə (2) istidən genişlənmə əmsalı az olan metal tərəfə , yəni yuxarıya tərəf əyilir. Bu halda rıçağın (3) üst çiyini ilə yayın (5) təsiri ilə oxda (4) sola, alt çiyini isə sağa dönür və relenin kontaktları qoşulmuş olduğu dövrəni açır. Releni iş vəziyyətinə gətirmək üçün rıçağın (3) üst çiyinini kənara verir və 207-ci a şəklində göstərilədiyi kimi qoyurlar. Əvvəlki vəziyyətinə qaytarmaq üçün istilik relələrinin çoxunda düymə olur. 207-ci a şəklində TT-1 tipli temperatur cərəyan reləsi göstərilmişdir. Bu rele gücü 600vt, gərginliyi 127 və 220 v olan birfazlı qısaqapanmış asinxron elektrik mühərriklərinin dolaqlarını yol verilməyən həddindən artıq qızmalardan mühafizə etmək üçündür. Relenin bimetal elementi vardır; bu element müəyyən temperatura qədər qızdıqda əyilmə istiqamətini sıçrayışlı hərəkətlə dəyişir, soyuduqda isə öz əvvəlki vəziyyətinə yenə də sıçrayışlı hərəkətlə qaydır. Gücü 120 və 600vt –a qədər olan mühərrikləri mühafizə etmək üçün nəzərdə tutulmuş reledə elementlərin forması müxtəlifdir.

Releni bilavasitə mühərrikdə quraşdırırlar. Relenin kontaktlarını mühərrikin qidalandırma dövrəsinə qoşurlar. Bu dövrəyə nixrom

qızdırıcını da ardıcıl olaraq qoşurlar. Mühərrikin dolaqlarından keçən cərəyanla nixrom qızdırıcı qızdıqda relenin bimetal elementi işə düşüb mühərrikin dövrəsini kəsir. Relenin bimetal elementinin işə düşmə temperaturu təxminən 120°C -yə bərabərdir. Bu elementin öz əvvəlki vəziyyətinə qayıtma temperaturu işə təxminən 80°C –dir. Relenin çəkisi 12 g-dan çox deyildir. Maqnit işəsalıcılar, yağ manometrləri, avtomobillərin soyutma sisteminin termometrləri və bir çox digər qurğular belə istilik relesi ilə təchiz olunur.

İKİNCİ HİSSƏ ELEKTRONİKA

12-ci fəsil SƏNAYE ELEKTRONİKASI

Sənayenin bütün sahələrində istehsalat proseslərinin avtomatlaşdırılması ilə əlaqədar olaraq elektronika- elektron və ion cihazlarının, habelə yarımkeçiricili quruluşların texniki istifadə edilməsi haqqında elmin hazırda sürətlə inkişaf edən sahəsi mühüm əhəmiyyət kəsb etmişdir. Elektron cihazlarının ümumi prinsiplər, bunlarda baş verən proseslərlə tanış olmaq və istehsalatda texniki vəzifələri həll etmək üçün bunlarda əməli istifadə olunmasını nəzərdən keçirək:

§126. ELEKTRON EMİSSİYASI

Elektron və ion cihazlarının elektron emissiyasına əsaslanmış işi elektronların metalların səthindən çıxmasından, elektrikli yüklənmiş hissəciklərin - elektron və ionların vakumda və seyrək qaz mühitində hərəkətindən ibarətdir. Bunlardan termoelektron emissiyası, ikinci elektron emissiyası və fotoelektron emissiyası daha geniş yayılmışdır.

Termoelektron emissiyası. Metallarda hər bir atomun ətrafında bununla zəif rəbitədə olan elektronlar vardır. Bu elektronların öz nüvələrindən ayrılmış bir hissəsi qarışıq hərəkət edir. Bu sərbəst elektronların qarışıq hərəkət sürəti metalın temperaturundan asılıdır. Temperatur nə qədər yüksək olarsa, elektronlarda o qədər sürətlə hərəkət edir. Temperaturun müəyyən qiymətində elektronların bir hissəsinin hərəkət sürəti o qədər artır ki, onlar atomların nüvələrinin cazibə qüvvəsinə üstün gələrək metaldan çıxır və ondan kənara uçar. Bu hadisəyə *termoelektron emissiyası* deyilir. Müxtəlif metallarda eyni temperaturda ayrılan elektronların sayı müxtəlif olur. Natrium, kalium, sezium, barium və bir sıra digər metalların termoelektron emissiyası daha yüksəkdir. Eyni metal müxtəlif temperaturda özündən müxtəlif miqdarda elektron ayırır. Çox yüksək temperaturda metal buxarlanmağa

başlayır ki, bu da temperaturu yüksəltməklə termoelektron emissiyasının artırma imkanını məhdudlandırır.

Təkrar elektron emissiyası. İkinci elektron emissiyası sürətlə hərəkət edən və materialın səthinə düşən elektronların(ionların) zərbəsi ilə yaranır. Vakumda elektronlar çıxan elektrodan müəyyən məsafədə metal lövhə yerləşdirilib, bunda müsbət potensial versək, elektrodan çıxan və mənfi elektrik yükü daşıyan elektronlar lövhəyə tərəf dartılacaq və çox böyük sürətlə lövhənin səthinə düşəcəkdir. Bu lövhənin səthindən sürətlə uçan elektronların təsiri ilə elektronlar qoparılacaqdır; buna *ikinci emissiya elektronları* deyilir. İkinci emissiyanın növlərindən biri də kütləsi elektronların kütləsindən xeyli çox olan elektrikle yüklənmiş hissəciklərin- ionların təsiri ilə elektronların emissiyasıdır. İon bombardmanın təsiri ilə elektronların materialın səthindən uçub çıxması ion cihazlarının işində istifadə edilir.

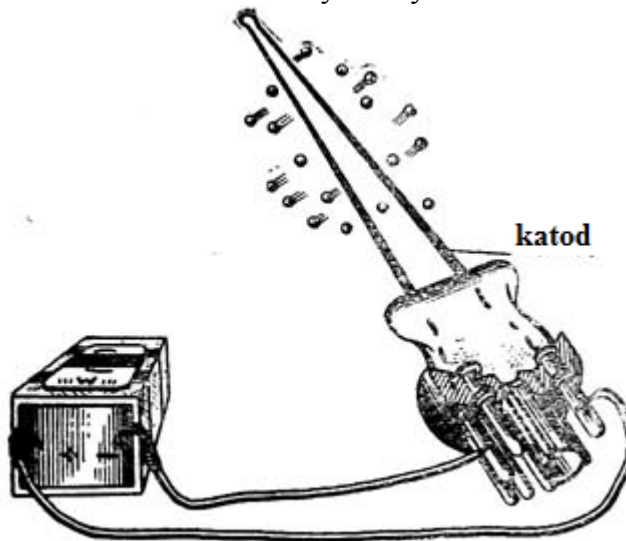
Fotoelektron emissiyası. Bu emissiya materialların səthinə düşən işıq şüası, ultrabənövşəyi şüa və digər şüaların təsiri ilə yaranır. Işıq şüasını fotonlar adlanan kiçik zərrəciklərin seli kimi götürmək olar. Fotonların hərəkət sürəti(işığın sürəti) 300 000 km/san -yə bərabərdir. Fotonlar materialın səthinə toxunaraq ondan elektronlar ayırır. Işıq enerjisinin təsiri ilə materialdan elektronlar ayrılması hadisəsinə *fotoeffekt* deyilir. Bu hadisədən fotoelementlərin işində istifadə olunur.

Elektron lampaları. Elektron lampaların işi termoelektron emissiyası hadisəsindən istifadə olunmasına əsaslanır. Texnikada müxtəlif elektron lampalarından istifadə olunur. Elektron lampaların quruluşunu və bunların tətbiq sahələrini nəzərdən keçirək.

§127. İKİELEKTRODLU LAMPA

İkielektrodlu elektron lampasının əsas detalları içərisindən hava çıxarılmış şüşə balonda yerləşdirilən katod və anoddan ibarətdir. Elektronlar mənbəyi olan ən sadə katod(şəkil 208) çətinəriyən volfram metal teldən ibarətdir. Katodun məftilindən elektrik cərəyanı keçirməklə katodu yüksək temperatura qədər qızdırmaq olur və bu halda onun səthindən elektronlar uçmağa başlayır. Volframdan hazırlanmış katodun, elektron lampasının işləməsi üçün lazımi miqdarda elektron buraxması üçün katod 2000 dərəcə selsi temperatura qədər qızdırılmalıdır. Belə yüksək temperaturu saxlamaq üçün közərmə

telindən xeyli cərəyan şiddəti keçirmək lazım gəlir. Buna görə də volfram(metal) katodlu elektron lampaları çox güc sərf edir və qənaətli deyildir; lakin volfram katodun emissiyası xeyli sabit alınır.

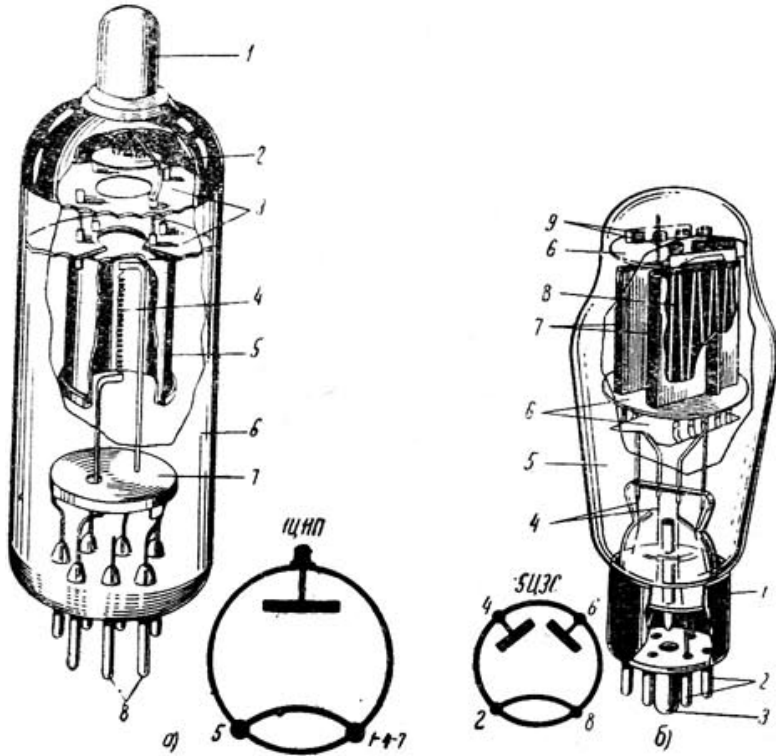


Şəkil 208. Düzüənə közərmə katodu

Belə katod üçün yüksək gərginlik lampalarında tətbiq edilir. Aktivləşdirilmiş metal katodlar daha qənaətlidir. Belə katodu olan lampa(şəkil 209 a) volframa nisbətən daha alçaq tempraturda kifayət qədər elektron emissiyası verir.

Oksid katodlar ən qənaətlidir. Belə katodlar elektron lampalarının çoxunda istifadə edilir. Bu katodların işlək tempraturu 700-900 dərəcə selsidir. Közərmə telinin səthi elektronlar mənbəyi olan katodlara(şəkil 209 b) düzüənə közərmə katodları deyilir. Düzüənə közərmə katodlarının nöqsanı odur ki, teli ancaq sabit cərəyan mənbəyindən közərtmək lazımdır və bu məqsədlə dəyişən cərəyandan istifadə etmək olmaz. Bu onunla əlaqədardır ki, düzüənə közərmə katodunu dəyişən cərəyanla qidalandırdıqda isitlik ətaləti az olduğundan katodun tempraturu dəyişən cərəyanın iki qat tezliyi ilə dəyişir; bu isə elektronlar selinin sabit alınmamasına səbəb olur. Buna görə də dolay közərmə katodlarından-əlavə qızdırılan katodlardan daha çox istifadə edilir. Belə katodlar dəyişən cərəyanla qidalandırılır. Dolay közərmə katodu(şəkil 210) səthi nazik oksidləşmə qatı ilə örtülmüş nikel borucuqdan

ibarətdir; bu oksid təbəqəsi nisbətən alçaq temperaturda elektronlar ayırma xassəsinə malikdir. Borucuğun içərisində izolyasiya qatı ilə örtülmüş volfram közərmə teli(qızdırıcı) vardır; bu qızdırıcıya elektrik cərəyanı verirlər.

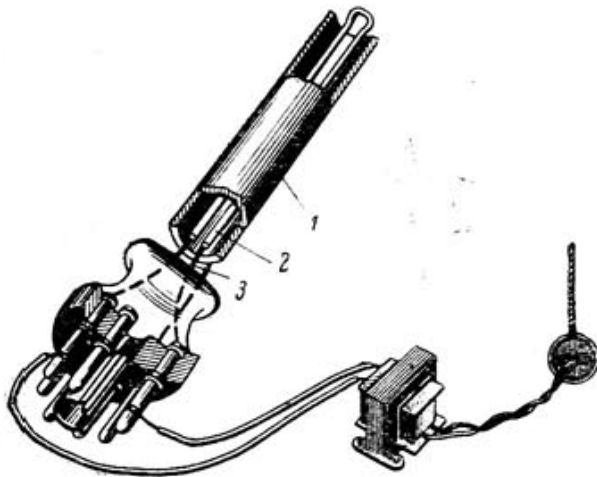


Şəkil 209. İkielektrodlu düzünə közərmə lampası və bunun şərti işarəsi:

a- bir anodla: 1-anodun çıxışı; 2- qızdırıcı; 3- mika izolyatorlar; 4- katod; 5- anod; 6- balon; 7- ekran; 8- milçələr; 6- iki anodla: 1- sokol; 2- milçələr; 3- açar; 4- platin lehimləmə; 5- balon; 6- mika izolyatorlar; 7- anodlar; 8- katod(aktivləşdirilmiş közərmə teli); 9- telin közərlməsi üçün yay

Cərəyanla qızardılmış közərmə teli katodu qızdırır və katoddan elektronlar ayrılmağa başlayır. Düzünə közərmə katodlarına nisbətən əlavə qızdırılan katodların istilik ətaləti çox böyükdür. Buna görə də belə katodu olan elektron lampası tez deyil, işə salınandan 1-2 dəqiqə

sonra işləməyə başlayır. Elektron lampası katodunun ətrafında metal anod yerləşdirilir. Metal anod közərmə telində olduğu kimi, lampasının içərisində bərkidilir və sokolun milçələri ilə birləşdirilir(şəkil 211). Anodları çətinəriyən metallardan: nikeldən, nikelli poladdan, molibden və tantaldan hazırlayırlar. Belə çətinəriyən metalların tətbiqi onunla əlaqədardır ki, elektron lampaları işləyərkən anodlar şiddətlə qızır.

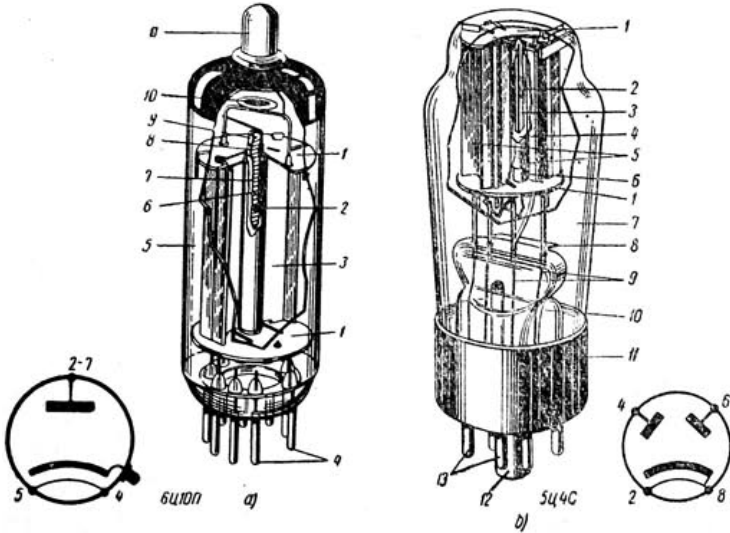


Şəkil 210. Dolayı közərmə katodu

Elektron lampasını sxemə lampa paneli(şəkil 212) ilə qoşurlar. Panel(1) izolyasiya materialından hazırlanır. Bunun bir yönəldici deşiyi(2) və deşiyin ətrafında çevrə üzrə yerləşən səkkiz kiçik deşiyi(3) vardır. Sxemin detalları(5) alt tərəfdən lehimlənən kontakt ləçəkləri həmin deşiklərə taxılır. Elektron lampalarının milçələrini panelin deşiklərinə keçirtdikdə lampanın elektrodları bu kontakt ləçəkləri ilə sxemlə birləşdirilir.

İki elektrodlu: közərmə teli və anodu olan elektron lampasına **iki elektrodlu lampa** və ya **diod** deyilir. Elektron lampasının işləməsi üçün yuxarıda göstəriləyi kimi, onun telini közərtmək lazımdır. Bunun üçün telin uclarına batareyaya birləşdirilir; buna közərmə batareyası(k. b) deyilir. Lampanın ikinci elektroduna(anoda) başqa batareyanı elə birləşdirirlər ki, batareyanın mübət elektrodu lampanın anoduna, mənfi elektrodu isə közərmə telinə qoşulsun(şəkil 213). Bu batareyaya anod batareyası deyilir(A. B). Batareyaları belə qoşduqda anod katoda nisbətən müsbət yüklənəcək və bunların arasında elektrik

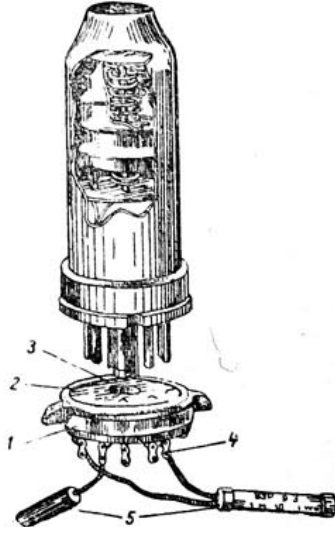
sahəsi yaranacaqdır. Kۆzərmə teli qızdıqda katoddan mənfi elektrik yüklü elektronlar çıxmağa başlayacaqdır.



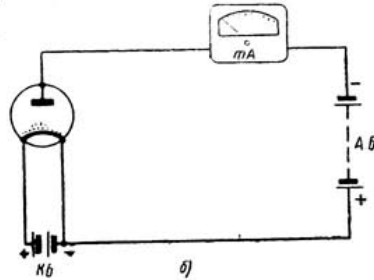
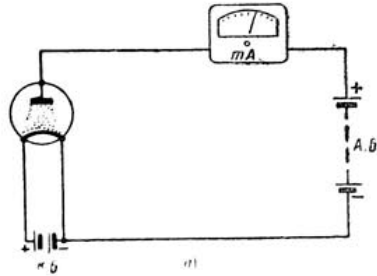
Şəkil 211. Katodu əlavə qızdırılan ikielektodlu lampa və bunun şərti işarəsi:

a- bir anodla: 1- mika izolyator; 2- kۆzərmə teli 3- anod; 4- milçələr; 5- balon; 6- alund izolyasiya; 7- oksid qatı; 8- katod; 9- saxsı silindir; 10- uducu; 11- katodun çıxışı; *b*- iki anodla: 1- mika izolyator; 2- kۆzərmə teli; 3- alund izolyasiya; 4- oksid qatı; 5- anodlar; 6- katod; 7- balon; 8- qazuducu; 9- platin lehimləmə; 10- ayaqlar; 11- sokol; 12- açar; 13- milçələr

Bu elektronlar müsbət yüklənmiş anodla dartılacaq və dövrədən(katod, anod, milliampermetr, anod batareyası-katod) elektrik cərəyanı keçəcəkdir; bu cərəyanın istiqamətini elektronların hərəkət istiqamətinə əks qəbul edəcəyimizi qərara almışıq. Anod batareyası qütblərinin qoşulmasını dəyişsək(lampanın anoduna batareyanın mənfi elektrodunu qoşsaq, şəkil 213, b) mənfi yüklənmiş anod teldən çıxan elektronları geriə itələyəcək və anod dövrəsində cərəyan yaranmayacaqdır. Bu halda milliampermetrin əqrəbi sıfırın üstündə dayanacaqdır. Beləliklə anodda katoda nisbətən müsbət elektrik yükü olduqda elektron lampası(diod) cərəyanı ancaq bir istiqamətdə- anoddan katoda doğru keçirəcəkdir.



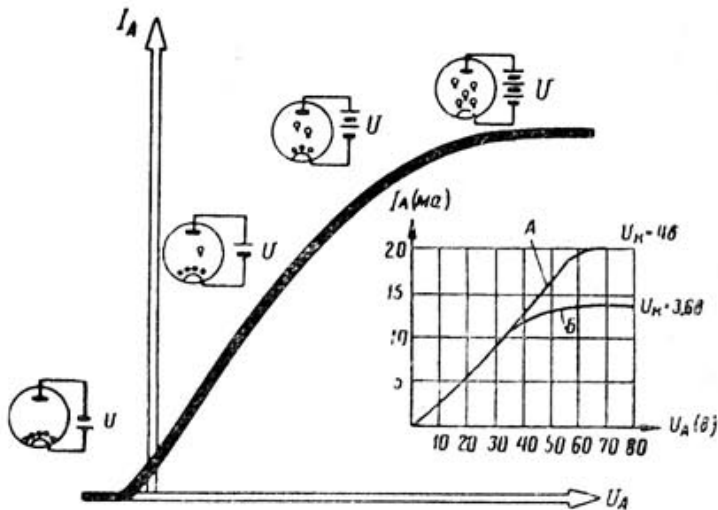
Şəkil 212. Elektron lampasının panel vasitəsilə sxemə qoşulması:
 1- panel; 2- yönəldici deşik; 3- kontakt dolaqları üçün deşiklər; 4-
 kontakt ləçəkləri; 5- sxemin detalları



Şəkil 213. Diodun iş prinsipi
 a- lampanın dövrəsindən cərəyan keçir; b- lampanın dövrəsindən
 cərəyan keçmir

§128. DİODUN XARAKTERİSTİKASI VƏ PARAMETRLƏRİ

Lampa anodunun dövrəsində cərəyan közərmə telinin tempraturundan, yəni zaman vahidi ərzində katoddan uçub çıxan elektronların miqdarından, habelə anoddakı gərginlikdən asılıdır. Anodda müsbət gərginlik az olarsa, o az miqdarla elektronu özünə dartacaq və anod dövrəsində cərəyan az alınacaqdır. Anodda gərginlik yüksəldikcə cərəyan da artacaqdır. Anod cərəyanının közərmə cərəyanı dəyişmədikdə, anoda verilən gərginlikdən asılı olmasını göstərən qrafik iki elektrodlu lampanın xarakteristikasıdır(şəkil 214).



Şəkil 214. İki elektrodlu lampanın xarakteristikası

Belə qrafikin şaquli oxunda anod cərəyanının mA ilə I_A şiddəti, üfuqi oxunda isə anodun V ilə U_A gərginliyi göstərilmişdir. Əyri, anod gərginliyinin qiyməti dəyişdikdə və közərmə cərəyan şiddəti dəyişməz qaldıqda anod cərəyan şiddətinin necə dəyişməsinə əks etdirir. Qrafikdən görüldüyü kimi, anodda gərginlik yüksəldikdə lampada cərəyan artır; anodda müəyyən müsbət gərginlikdə dövrədəki cərəyanın qiyməti ən böyük həddinə çatır. Anodda gərginliyin daha da artırılması cərəyanın çoxlmasına səbəb olmur. Lampada cərəyanın bu ən böyük qiymətinə doyma cərəyanı deyilir. Lakin oksid katodlu lampalarda doyma halı az nəzərə çarpır. Müxtəlif tipli diodlar bir-birindən öz parametrləri ə xarakteristikaları ilə fərqlənirlər. Közərmə gərginliyi U_K ,

közərmə cərəyan I_K , emissiya cərəyanı I_e diodun əsas parametrləridir. Bundan başqa, diodlar xarakteristikalarının dikliyi ilə də bir-birindən fərqlənir. Anod gərginliyi artdıqda diodun anod cərəyanı nə qədər sürətlə çoxalarsa, diodun xarakteristikası o qədər dik alınır. Xarakteristikanın dikliyini S ilə işarə edir və anodun gərginliyi 1 V-a qədər artırıldıqda anod cərəyan şiddətinin artırıldığı milliamperin sayları ilə göstərilir:

$$S = \frac{\Delta I_A}{\Delta U_A}$$

burada, ΔI_A - anod cərəyan şiddətinin dəyişməsi;

ΔU_A - anod gərginliyin dəyişməsidir.

Məsələn diodun dikliyi $S=3$ mA/V yazıldıqda, bu göstərir ki, anodun gərginliyini 1V artırıdıqda anod cərəyan şiddəti 3mA qədər yüksəlir. Diodu xarakterizə edən parametrlərə bunun dəyişən cərəyana daxili müqavimətinin qiyməti də daxildir. Diodun daxili müqaviməti sabit deyildir; dioda verilən anod gərginliyin qiymətindən və polyarlığından asılı olur. Məsələn anoda mənfi gərginlik verildikə bunun daxili müqaviməti sonsuz dərəcədə yüksək alınır və buna görə də dioddan cərəyan keçmir. Xarakteristikanın orta düzxətli, daha çox dik sahəsi həddində diodun daxili müqaviməti lap az olur. Xarakteristikanın aşağı hissəsində və bunun yuxarı əyilmə sahəsində lampanın daxili müqaviməti artır. Lampanın daxili müqaviməti R_i hərfi ilə işarə edilir:

$$R_i = \frac{\Delta U_A}{\Delta I_A}$$

Hər bir lampanı xarakterizə edən ən mühüm parametr anodda səpilmə gücünün yolverilən qiymətidir. Elektronlar anoda verilən gərginliyin təsiri ilə böyük sürətlə hərəkət edərək çox böyük zərbə ilə anoda toxunur. Bu halda anod qızaraq közərir və hətta əriyə bilər. Anod gərginliyi nə qədər çox olarsa, elektronlar da o qədər sürətlə hərəkət edəcəkdir. Bundan başqa, dioddan nə qədər çox cərəyan keçərsə, anoda eyni vaxtda o qədər çox elektron dəyəcəkdir. Buna görə də anodda ayrılan isitiliyin miqdarı anod gərginliyindən və anod cərəyanından asılıdır. Bu iki kəmiyyətin hasili anodda səpəlmə gücünün qiymətinə bərabərdir.

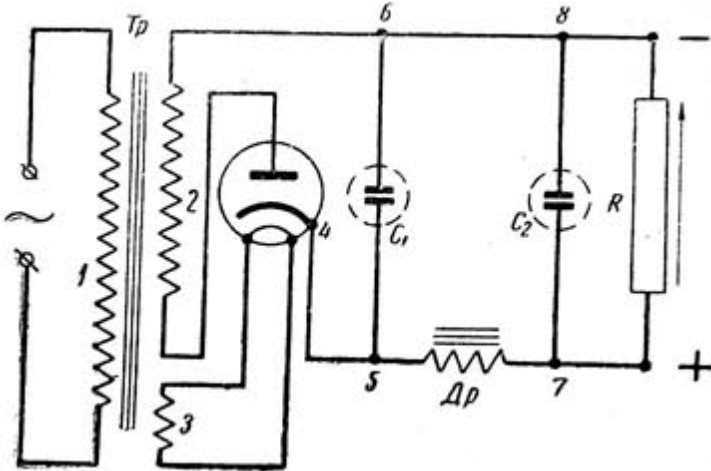
$$P_A = I_A \cdot U_A$$

Anodda isitilik ayrılması üçün gücün hədə yerə itkisidir. Anod çox şiddətlə qızdıqda lampa xarab olur. Buna görə də səpilmə gücü həmin

lampa tipi üçün yol verilən müəyyən qiymətdən artıq olmamalıdır. İkielektrodlu lampanın cərəyanı bir istiqamətdə keçirməsi xassəsində dəyişən cərəyanı düzləndirmək üçün istifadə edilir.

§129. DƏYİŞƏN CƏRƏYANIN DÜZLƏNDİRİLMƏSİ

Bildiyimiz kimi, dəyişən cərəyan nəql edilmək üçün əlverişli olduğundan bundan geniş istifadə olunur. Sənaye müəssisələrini elektrik enerjisi ilə təchiz edən Dövlət elektrik stansiyaları dəyişən cərəyan hasil edir. Lakin sənayenin bir çox sahələri, nəqliyyat, elektroliz qurğuları, elektron aparatları üçün, habelə akkumulyatorları doldurmaq üçün sabit cərəyan elektrik enerjisi tələb olunur. Deməli, dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirmək tələbi qarşıya çıxır. Dəyişən cərəyanın bilavasitə sabit cərəyana çevrilməsi prosesinə cərəyanın düzləndirilməsi deyilir. Dəyişən cərəyanı düzləndirmək üçün elektron lampasından(kenotron) istifadə olunan cihaza *lampalı düzləndirici* və ya *kenotron düzləndirici* deyilir.

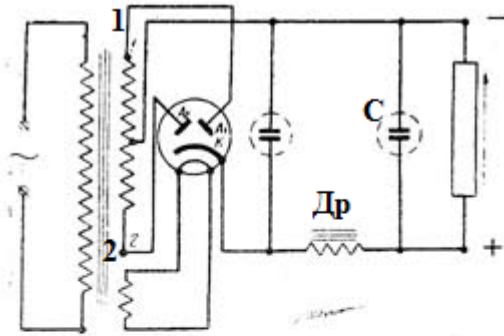


Şəkil 215. Bir yarımpisodlu kenotron düzləndiricisinin sxemi

215-ci şəkildə biryarımpisodlu kenotron düzləndiricisinin sxemi göstərilmişdir. Dəyişən cərəyan transformatorun(Tp) birinci dolağından(1) keçir. İkinci dolağın(2) bir ucu kenotronun anoduna, o biri ucu isə yüklənmə vasitəsi ilə katoda birləşdirilmişdir. Lampanın telini közərtmək üçün dolaqdan(3) istifadə olunur. Lampanın anodunda

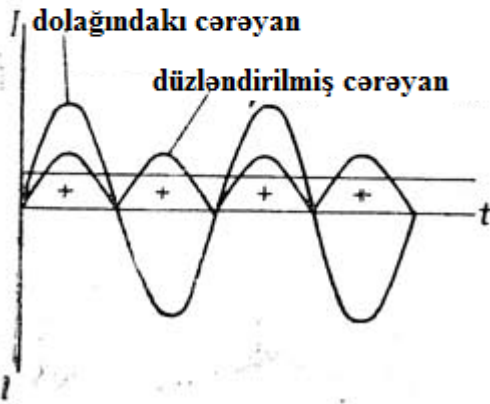
katoda nisbətən müsbət gərginlik saxlanılan bir yarımperiod ərzində qızdırılmış katoddan çıxan elektronlar anodun elektrik sahəsinin təsiri ilə anoda dartılır və belə bir istiqamətə hərəkət edir: lampanın anodu, transformatorun dolağı(2), yük drossel(Др), katod. Anodda katoda nisbətən mənfi gərginlik yaranan digər yarımperiodda katoddan çıxan elektronlar anodun elektrik sahəsi ilə itələnir və yüklənmə dövrəsindən cərəyan keçmir. Sonrakı yarımperiodlarda proses təkrar olunur. Bu sxemə görə elektrik cərəyanı düzləndiricidən və onun dövrəsinə qoşulmuş yüklənmədən bir yarımperiod ərzində keçdiyindən buna biryarımperiodlu düzləndirmə deyilir. Mənfi yarımperiodlar zamanı yüklənmənin dövrəsində cərəyan olmur, müsbət yarımperiodlar ərzində isə yüklənmə eyni istiqamətli cərəyan alır; müsbət yarımperiod ərzində dəyişən cərəyan dəyişdiyindən bu cərəyanın qiyməti dəyişir. İstiqamətcə dəyişən belə sabit cərəyana döyünən cərəyan deyilir. Cərəyanın döyünməsinə azaltmaq və onu qiymətcə dəyişməyən sabit cərəyana çevirmək üçün sakitləşdirici süzgülərdən istifadə olunur. Döyünən elektrik cərəyanını sabit və dəyişən cərəyanların cəmi, yaxud başqa cür desək, sabit və dəyişən toplananların cəmi kimi təsəvvür etmək olar. Süzgülün işi yüklənmədən dəyişən toplananları buraxmamaq və sabit toplananları, yəni sabit cərəyanı buraxmaqdır. Sakitləşdirici süzgül adətən, induktivlik makarasından(drosseldən) və kondensatorlardan təşkil edilir. Məlumdur ki, induktivlik makarasının induktiv müqaviməti $X_L = 2\pi fL$. Makaradan keçən dəyişən cərəyanın f tezliyi və bunun L induktivliyi nə qədər çox olarsa, induktiv müqavimət də o qədər çox alınacaqdır. Buradan belə çıxır ki, drossel dəyişən cərəyana çox böyük müqavimət göstərir və dəyişən cərəyan drosseldən keçə bilmir. Sabit cərəyan üçün drossel böyük müqavimət olmadığından cərəyan drosselin dolağından asanlıqla keçə bilər. Kondensator isə əksinə, sabit cərəyanı buraxmır, dəyişən cərəyanı isə özündən sərbəst keçirir. Məlum olduğu kimi, kondensatorun müqaviməti $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$; buna görə də kondensatorun qoşulduğu dövrdə cərəyanın f tezliyi və kondensatorun C tutumu nə qədər çox olarsa, kondensator dəyişən cərəyana o qədər az müqavimət göstərəcəkdir. Drosselin və kondensatorun bu xassələrindən döyünən elektrik cərəyanını sakitləşdirmək üçün istifadə edilir. Sakitləşdirici süzgül düzləndiricinin sxeminə qoşulur(215-ci şəklə bax). Sakitləşdirici süzgülün işi aşağıdakılardan ibarətdir: Müsbət yarımperiod ərzində

lampadan cərəyan keçdikdə, C1 kondensatoru transformatorun(Tp) ikinci dolağında(2) dəyişən gərginliyin ən böyük qiymətinə qədər yüklənir. Mənfi yarımperiod ərzində, lampada cərəyan kəsildikdə bu kondensator başlayaraq yüklənmə müqavimətində gərginliyi saxlayır. Kondensator boşaldıqca, aydındır ki, cərəyanın qiyməti azalır və buna görə də dövrdə cərəyan yenə də döyünür. Döyünməni azaltmaq üçün 5 və 7 nöqtələri arasına drossel(Δp), 7 və 8 nöqtələri arasına isə C kondensatoru qoşulur. Drossel döyünən cərəyanın dəyişən toplananına xeyli müqavimət göstərir və bunu, demək olar ki, buraxmır. C2 kondensatoruna drosseldən cüzi miqdarda keçən dəyişən toplananlar keçir. Buna görə də yüklənmənin sıxaclarında, demək olar ki sabit gərginlik alınır.



transformatorun ikinci

dolağındakı cərəyan



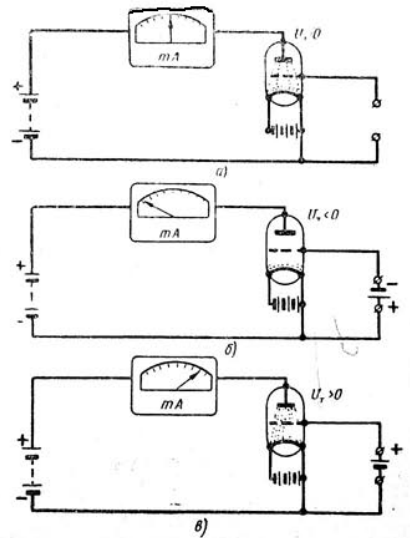
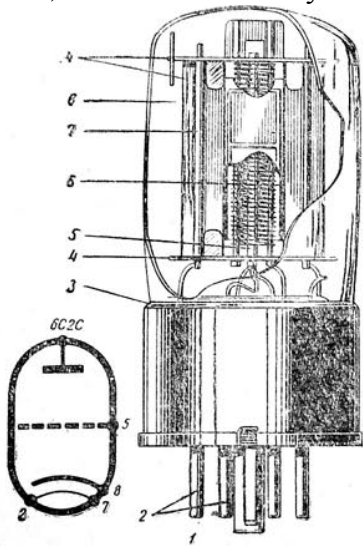
Şəkil 216. İki yarımperiodlu kenotron düzəndiricisinin sxemi, girişdə və çıxışda gərginliklərin qrafikləri

Dəyişən cərəyanı iki yarımperiodlu düzləndirmək üçün iki anodu olan elektron lampalardan(iki anodlu kenotronlardan) istifadə edilir. İki yarımperiodlu kenotronlardan biri 211-ci 6 şəklində göstərilmişdir. Bu halda düzləndirici belə işləyir. Tutaq ki, bir yarım period ərzində(216-cı şəklə bax) transformatorun ikinci dolağından kenotronun anoduna verilən gərginliyin qiyməti A1 anodunda müsbət, A2 anodunda isə mənfidir. Bu halda cərəyan transformatorun ikinci dolağının 1 nöqtəsindən A1 anoduna, sonra isə K katodu, drossel və yüklənmə(burada yük müqaviməti) ilə transformatorun ikinci dolağının orta nöqtəsinə və buradan həmin dolağın alt hissəsində keçərək 2 nöqtəsinə(mənfiyə) veriləcəkdir. Mənfi potensialı olan A2 anodundan cərəyan keçməyəcəkdir. İkinci yarımperiod ərzində anodlara gərginliyin polyarlığı dəyişəcəkdir. Cərəyan transformatorun ikinci dolağında 2 nöqtəsindən A2 anoduna, K katoduna, drosselə, yüklənməyə, transformatorun ikinci dolağının orta nöqtəsinə və bu dolağın üst yarım hissəsi vasitəsi ilə 1 nöqtəsinə(mənfiyə) veriləcəkdir. Sonrakı yarımperiodlarda proses təkrar olunacaq və hər yarımperiod ərzində yükdən eyni istiqamətdə cərəyan keçəcəkdir. Bu sxemə görə elektrik cərəyanı iki yarımperiodun hər biri ərzində yük müqavimətindən eyni istiqamətdə keçdiyindən buna cərəyanın iki yarımperiodlu düzləndirilməsi deyilir. İki yarımperiodlu düzləndirmədə cərəyanın qrafiki 216-cı şəkildə verilmişdir. Bu sxemə görə düzləndirilmiş cərəyan drosseldən və iki kondensatordan təşkil olunmuş iki süzgəclə sakitləşdirilir. Sakitləşdirmənin keyfiyyəti bir yarımperiodlu düzləndirmədə olduğundan daha yaxşı alınır; çünki bu halda dəyişən toplananların tezliyi iki dəfə artır və deməli, kondensatorun tutum müqaviməti iki qat azaldıqda drosselin induktiv müqaviməti çoxalır.

§130. ÜÇ ELEKTRODLU LAMPA

Üç elektrodu olan elektron lampasına triod deyilir. Triodlardan birinin quruluşu 217 ci şəkildə göstərilmişdir. Triod dioddan onunla fərqlənir ki, bunun katodu və anodu arasında məftil spiral şəklində olan və tor adlanan üçüncü bir elektron yerləşdirilir. Tor ilə katod arasına gərginlik qoşulur ki, buna tor gərginliyi(U_T) deyilir. Anod və katod diodda olduğu kimi lampanın sokoluna milçələrlə birləşdirilir. Öz

yerinə görə tor müəyyən şəraitdə (bundan aşağıda bəhs olunacaqdır) katoddan çıxan elektronlara anoda çatmağa mane olur və ya buna kömək edir; həm də triodun torunda gərginlik sifıra bərabər olduqda (şəkil 217, a) lampa diod kimi işləyir. Torla katodun arasına verilən U_T gərginliyi katoddan anoda uçan elektronlara təsir edən əlavə elektrik sahəsi yaradır. Bu gərginlik mənfi olduqda, katoddan çıxan elektronlar müsbət yüklənmiş anodun dartı qüvvəsini və mənfi yüklənmiş torun itələmə qüvvəsinin təsiri altına düşür. Torda mənfi gərginlik az olarsa, bunun elektronlara təsir edən itələmə qüvvəsi də çox olmayacaq və buna görə də elektronların bir hissəsi tordan anoda uçub gedəcəkdir. Mənfi yüklənmiş torun işi elektrik dövrəsində tənzimlənən müqavimətin işinə bənzəyir. Lakin torda mənfi gərginlik artdıqca elektronlara təsir edən itələmə qüvvəsi də artır. Bunun nəticəsində tordan anoda daha az elektron keçir və anod cərəyanı azalır. Torda mənfi gərginliyin müəyyən qiymətində (217-ci şəkllə bax) bunun itələmə qüvvəsi o qədər çox olur ki, tordan anoda bir elektron belə keçə bilmir; bu halda anod cərəyanı sifıra bərabər alınır.



Şəkil 217. Triodun quruluşu, işləmə prinsipi və şərti işarəsi: a- tordakı gərginlik sifıra bərabərdir; b- tordakı gərginlik mənfidir; c- tordakı gərginlik mübətdir; 1- açar; 2- milçələr; 3- sokol; 4- mika izolyatorlar; 5- katod; 6- tor; 7- anod; 8- balon

Belə şəraitdə lampa "qapanmış" olur. Tora mənfi deyil, müsbət gərginlik versək(217 ci b şəklinə bax), elektronlara eyni istiqamətli iki qüvvə: anodun elektrik sahəsi və torun müsbət yükü təsir edəcəkdir. Tordan keçmiş elektronların çox hissəsi anoda çatacaq, az hissəsi isə tora dartılaraq tor cərəyanı yaradacaqdır. Tor cərəyanı qətiyyəən arzu olunmur; tor cərəyanı nəticəsində anod cərəyanının şəbəkə gərginliyindən asılılığı qeyri-xətti alınır və bu da torun zərərli qızmasına səbəb olur. Bu səbəbə görə elektron qurğuların çoxunda triod işləyən müddət ərzində torun potensialı mənfi saxlanılır. Tor katoda anoddan daha yaxın yerləşir; buna görə də gərginliyin torda dəyişməsi gərginliyin anodda eyni dəyişməsinə nisbətən anod cərəyanının qiymətinə daha şiddətlə təsir edir. Bu, U_T tor gərginliyini azacıq dəyişməklə anod cərəyan şiddətini xeyli dəyişməyə imkan verir. Beləliklə, tora verilən gərginliyi dəyişmək yolu ilə lampanın anod dövrəsində cərəyan şiddətini idarə etmək olur. Buna görə də toru idarə edən adlandırırılar. Deyilənlərdən aydın olur ki, triod öz müqavimətini tora verilən gərginliyin qiymətindən(və işarəsindən) asılı olaraq dəyişir. Deməli üç elektrodlu lampa idarə olunan müqavimət kimi istifadə edilə bilər.

§131. TRIODUN XARAKTERİSTİKASI VƏ PARAMETRLƏRİ

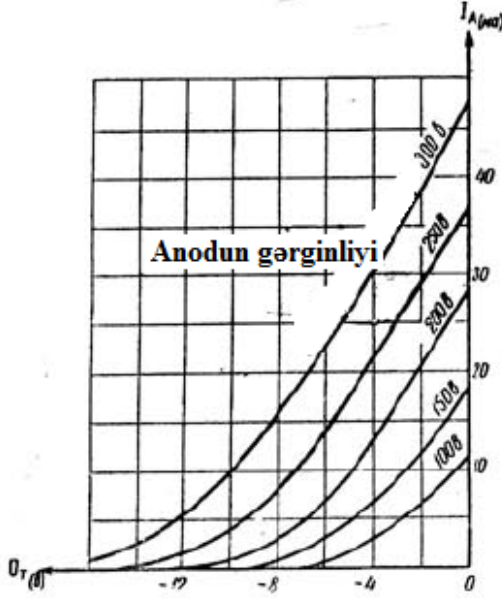
Triodun ən mühüm xarakteristikası anod-tor xarakteristikasıdır(şəkil 218). Bu xarakteristika anod cərəyanının lampanın anodunda gərginlik dəyişmədikdə tordakı gərginlikdən asılı olmasını göstərir. Şaquli xətdə tordakı müxtəlif gərginlikdə anod cərəyan şiddəti göstərilmişdir; həm də bu halda anod gərginliyi sabit saxlanılır. Tor gərginliyi mənfi qiymətdən sıfıra qədər dəyişdikdə anod cərəyan şiddəti sıfırdan müəyyən qiymətə qədər dəyişir. Bununla bərabər anodda gərginlik nə qədər yüksək olarsa, tordakı müəyyən gərginlikdə anod cərəyan şiddəti o qədər çox alınacaqdır. Triodun əsas parametrlərinə xarakteristikanın dikliyi, daxili müqavimət və gücləndirmə əmsalı daxildir. Xarakteristikanın dikliyi yəni, triod xarakteristikasının maillik bucağı, torda gərginlik 1V qədər dəyişdikdə və anodda gərginlik sabit olduqda anod cərəyan şiddətinin neçə milliamper dəyişdiyini göstərir.

$$S = \frac{\Delta I_A \text{ mA}}{\Delta U_T \text{ V}}$$

burada ΔI_A – anod cərəyan şiddətinin dəyişməsi:

ΔU_T – torda gərginliyin dəyişməsidir.

Triod xarakteristikasının dikliyi mA/V(milliamper volt) ilə ifadə olunur. Məsələn, xarakteristikanın dikliyi hər hansı bir triodda 4 mA/V olarsa, bu onu göstərir ki, tor gərginliyi 1 V qədər dəyişdikdə lampanın anod cərəyan şiddəti 4 mA qədər dəyişir. Xarakteristikanın dikliyi nə qədər çox olarsa, lampa gücləndirici kimi yaxşı işləyəcəkdir; çünki belə olduqda torda gərginlik çox az dəyişdikdə də anod dövrəsində cərəyan şiddəti xeyli dəyişəcəkdir. Xarakteristikanın dikliyi düzxətli sahədə ən böyük qiymətə çatır. Alt və üst əyilmələrdə diklik azalır. Triodların daxili müqavimətinin qiyməti müxtəlif olur.



Şəkil 218. Triodun anod-tor xarakteristikaları

Müasir triodların daxili müqaviməti 1 000 Om-dan 100 000 Om-a qədərdir. Məsələn, lampada anod gərginliyi 10 V qədər dəyişərkən anod cərəyanı 2mA(0, 002 A) qədər dəyişdikdə gərginliyin dəyişməsinə cərəyan şiddətinin dəyişməsinə bölməklə belə lampanın müəyyən edilən daxili müqaviməti aşağıdakı kimi alınacaqdır.

$$R_i = \frac{U_a}{I_a} = \frac{10}{0,002} = 5000 \text{ Om}$$

Triodun gücləndirmə xüsusiyyətini xarakterizə edən parametr onun gücləndirmə əmsalıdır. Katoda yaxın yerləşən tor nisbətən uzaqda yerləşən anoda nisbətən elektronlara daha şiddətlə təsir edir. Buna görə də anod cərəyanını hər hansı bir müəyyən kəmiyyət qədər dəyişmək üçün ya anod gərginliyini müvafiq sürətdə dəyişmək, ya a tora gərginliyi bir çox dəfə az dəyişmək lazımdır. Lampanın gücləndirmə əmsalı, anod cərəyanı dəyişmədikdə anod gərginliyinin dəyişməsinin torda gərginliyin dəyişməsinə nisbəti ilə təyin edilir:

$$\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T}$$

Məsələn, lampada anod cərəyanı 2 m qədər dəyişmək üçün ya anod gərginliyini 18 V, ya da tor gərginliyini 0.3V dəyişmək lazımdır; bu halda gücləndirmə əmsalı aşağıdakı kimi alınacaqdır:

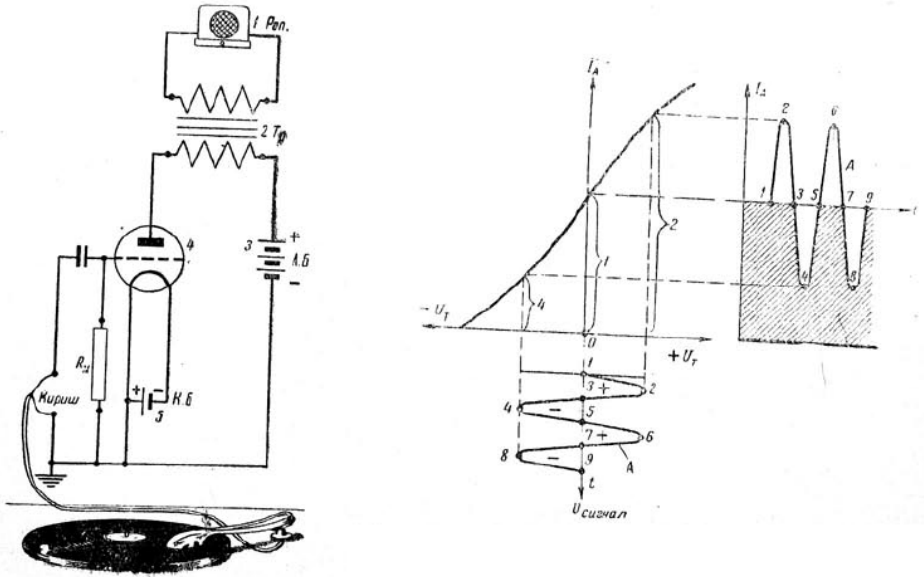
$$\mu = \frac{18}{0.3} = 60$$

Belə olduqda deyə bilərik ki, tor katoddan çıxan elektronlara anoda nisbətən 60 dəfə şiddətlə təsir edir. Triodların gücləndirmə əmsalı 4-100 həddində dəyişir.

§132. ELEKTRİK RƏQSLƏRİNİN GÜCLƏNDİRİLMƏSİ PRİNSİPİ

Alçaq tezlikli elektrik rəqslərini trioddan istifadə etməklə gücləndirmək olar. Sadə gücləndiricinin sxeminə triod və anod batareyaları (A_B), közərtmə batareyası (K_B), müqavimət (R_T), çıxış transformatoru (T_p) daxildir (şəkil 219). Gücləndirici girişinin sıxaclarına elektromaqnit səsgötürəni, çıxışına isə reproduktor (Rep) qoşulmuşdur. Bu sxem üzrə yığılmış gücləndirici aşağıdakı kimi işləyir. Qrammofon valı fırlandıqda səsgötürənin iynəsi valın əyri-üyrü cıgırı üzrə sürüşür. Bunun nəticəsində onun makarasında əsas tezlikli dəyişən gərginlik induksiyanılır; bu gərginlik triodun toru və katodu arasına qoşulur. Torda dəyişən gərginlik triodun anod cərəyan şiddətini dəyişir. Buna görə də lampa ilə gücləndirilmiş və reproduktorun dolağından keçən cərəyan əsas tezliyi ilə dəyişərək, reproduktorun

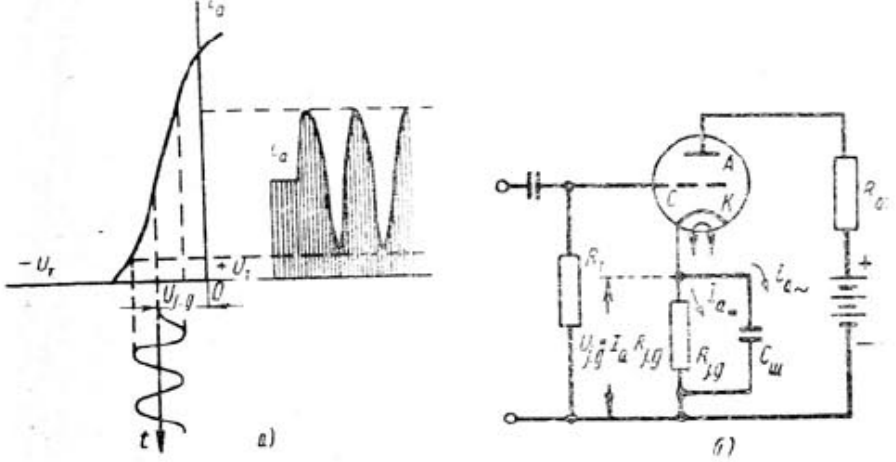
diffuzorunu da eyni tezliklə titrəməyə məcbur edir. Beləliklə, triodun gücləndiricə xassəsi, səsgötürən iynəsinin zəif titrəyişi nəticəsində torda yaranan çox cüzi dəyişən gərginliklə cərəyanın anod şiddətini xeyli dəyişməyə imkan verir ki, bu da reproduktorda səsə çevrilir. Bu prosesi daha yaxşı təsəvvür etmək üçün 219-cu şəkildəki sxemi nəzərdən keçirək. Fərz edək ki, səs yazısını oxutdurduqda səsgötürən lampanın torunda dəyişən gərginlik yaranır; bu gərginlik qrafikdəki A əyrisində göstərildiyi kimi dəyişir. 1 rəqəmi ilə işarə olunmuş ilk momentdə tordakı gərginlik sıfıra bərabər alınır. Buna görə də bu momentdə cərəyanın anod şiddəti mötərizə ilə göstərilmiş 1 qiymətinə bərabərdir.



Şəkil 219. Elektrik rəqslərinin gücləndirilməsi sxemi və gücləndirmə prosesinin qrafiki işarə olunması

2 momentində tordakı gərginlik müsbət olduğundan cərəyanın anod şiddəti mötərizə ilə göstərilmiş 2 qiymətinə qədər yüksəlir. 3 momentində tordakı gərginlik azalaraq sıfıra bərabər olmuş və deməli, cərəyan şiddəti mötərizə ilə göstərilmiş 1 qiymətinə qədər azalmışdır. 4 momentində tordakı gərginlik mənfi olmuş və elə buna görə də cərəyan şiddəti mötərizə ilə göstərilmiş 4 qiymətinə qədər azalmışdır. Bu mühakiməni davam etdirərək əmin oluruq ki, anodun dövrəsində

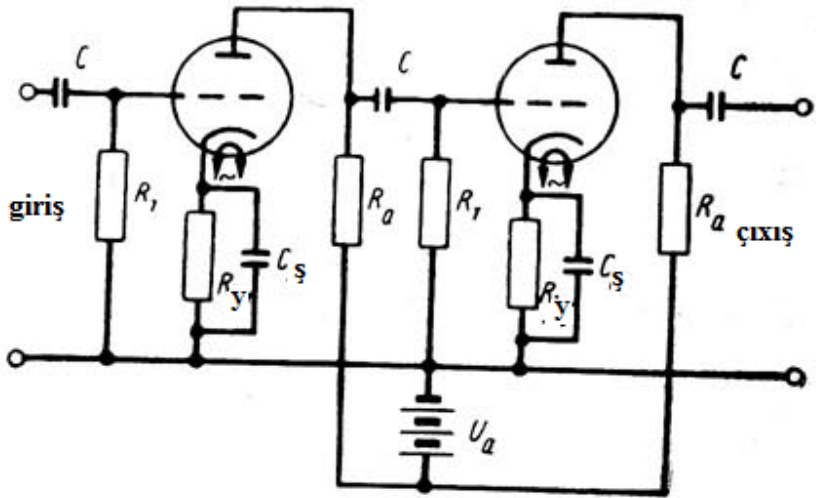
cərəyan şiddəti I_a torda gərginliyin dəyişilmə tezliyi ilə dəyişir. Cərəyanın anod şiddətinin rəqslər amplitudu triod xarakteristikasının dikliyindən və tora verilən gərginliyin amplitudundan asılıdır. Lampanın xarakteristikası nə qədər dik alınarsa, torda eyni rəqslər amplitudunda cərəyanın anod şiddəti daha çox dəyişəcəkdir.



Şəkil 220. Mənfi tor yerdəyişməsi U_Y olduqda gücləndirmənin qrafiki və avtomatik tor yerdəyişməsinin sxemi

219-cu şəklə uyğun şəraitdə katoda nisbətən torun potensialı signal olmadıqda sifıra bərabərdir: çünki tor R_i müqaviməti(bu təxminən $0.5 \div 1$ MOm olur) vasitəsilə katodla elektriki birləşdirilmişdir. Sinyalın gərginliyi dəyişdikdə bir yarımperiodda torun potensialı müsbət olacaqdır. Bu zaman tor cərəyanı yaranacaq və buna görə də gücləndirdikə signalın əyrisi təhrif olunacaqdır. Tor cərəyanı yaranmasına yol verməmək üçün tora sabit mənfi tor yerdəyişməsi yaradan sabit U_Y gərginliyi verilir. Bu gərginliyin qiyməti elə seçilir ki, bütün signal periodu ərzində torun potensialı mənfi qalsın(şəkil 220, a). Bir çox hallarda mənfi yerdəyişmə alınması üçün R_y müqavimətində anod cərəyanı müsbət toplananından gərginliyin azalması götürülür(şəkil 220, b). Bu müqavimət tutumu nisbətən çox(bir neçə mikrofarad) olan $C_ş$ kondensatoru ilə şuntlanır. $C_ş$ kondensatorun anod cərəyanının dəyişən toplananını R_y müqavimətindən kənarında keçirmək üçün qoyulur. Bu isə tor yerdəyişmə gərginliyində arzu olunmayan dəyişən toplananı aradan qaldırmaq üçün lazımdır. R_t müqaviməti

mənfi yerdəyişməni tora vermək üçün istifadə olunur. Bir triodla alınan gücləndirmə bir çox hallarda kifayət etmir. Gücləndirməni artırmaq üçün çox kaskadlı gücləndiricilərdən istifadə olunur. Belə gücləndiricilərdə bir triodla gücləndirilmiş siqnal daha da artırılması üçün ikinci triodun(ikinci kaskadın) çıxışına(tora) verilir. Çox kaskadlı gücləndiricinin bütün lampaların bir anod gərginliyi mənbəyindən qidalandırmaq üçün kaskadları bir-birindən tutumlar və transformatorlarla ayırırlar. Həm tutum həm də transformator sabit cərəyanı keçirmir, gücləndirilən siqnalın dəyişən cərəyanını isə buraxır. 221-ci şəkildə daha geniş yayılmış C kondensator rabitəli gücləndiricinin iki kaskadı göstərilmişdir.



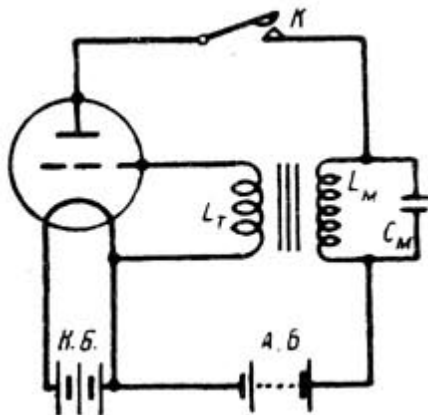
Şəkil 221. Gücləndiricinin reostat-tutum rabitəli iki kaskadı

Burada R_a anod müqavimətində dəyişən gərginliyin toplananını C kondensatoru ilə gücləndirici kaskadının girişinə verilir. Buna görə də gücləndirici kaskadlarının belə birləşdirilmə usuluna reostat-tutum rabitəsi deyilir. Çox kaskadlı gücləndiricinin gücləndirmə əmsalı kaskadların gücləndirmə əmsallarının hasilinə bərabərdir. Hər bir kaskadın gücləndirmə əmsalı kaskadda daxili gərginliklər itkisi nəticəsində lampanın gücləndirmə əmsalından az alınır. Üçkaskadlı gücləndiricidə hər kaskadın gücləndirmə əmsalı 25 olarsa, bu gücləndiricinin ümumi əmsalı $15 \cdot 15 \cdot 15 = 15626$ alınacaqdır.

Beləliklə, zəif elektrik rəqslərini elektron lampalarından istifadə etməklə on, yüz və milyonlarca dəfə gücləndirmək olar.

§133. LAMPALI GENERATOR

Yuxarıda gücləndiricinin sxemində üç elektrodlu lampanın tətbiqini nəzərdən keçirmişdik. Triodlar müxtəlif tezlikli dəyişən cərəyanlar almaq üçün olan lampalı generatorlarda da geniş istifadə edilir. Lampalı generatorun sadə sxemi 222-ci şəkildə verilmişdir. Lampalı generatorun əsas elementləri trioddan və rəqs konturundan ibarətdir. Lampanın közərmə telini qidalandırmaq üçün közərmə batareyasından(K. B) istifadə edilir. Anodun dövrəsinə anod batareyası(A. B) habelə induktivlik makarasından(L_M) və kondensatordan(C_M) ibarət olan rəqs konturu qoşulmuşdur. L_T makarası torun dövrəsinə qoşulmuşdur və rəqs konturunun L_M makarası ilə induktiv əlaqələndirilmişdir.



Şəkil 222. Sadə lampalı generatorun sxemi

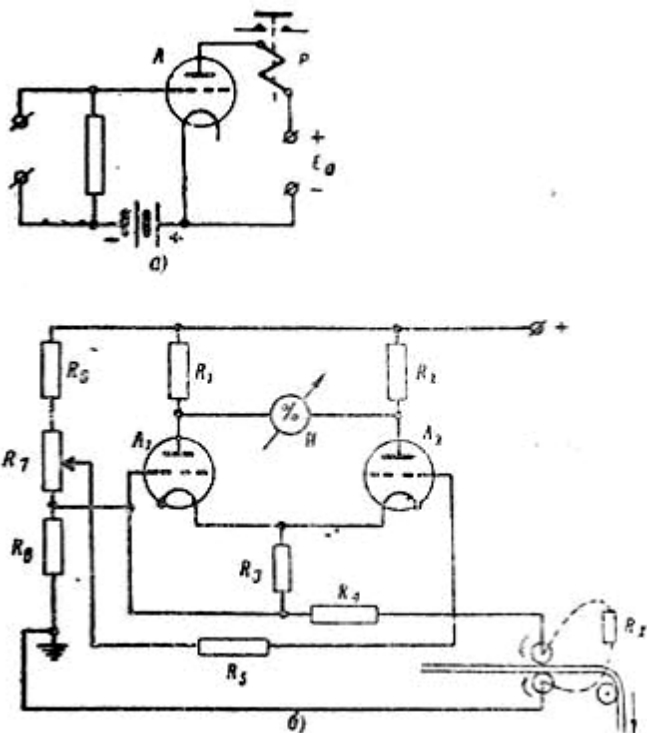
Məlumdur ki, kondensatoru yükləyib induktivlik makarasına qapasaq, kondensator vaxtaşırı olaraq boşalın-dolacaq və rəqs konturunun dövrəsində cərəyan və gərginliyin sönən elektrik rəqsləri yaranacaqdır. Rəqslər, konturda enerji itkisi olduğundan sönəcəkdir. Dəyişən cərəyanın sönməyən rəqslərini almaq üçün rəqs konturuna cəld işləyən qurğu ilə vaxtaşırı olaraq müəyyən tezliklə enerji əlavə etmək lazımdır. Belə qurğu olaraq, triod götürülür. Lampanın katodunu közərdib(222-

ci şəklə bax) anod dövrəsini qapasaq, anodun dövrəsində elektrik cərəyanı yaranacaq və bu cərəyan rəqs konturunun C_M kondensatorunu dolduracaqdır. Kondensator L_M induktivlik makarasına boşalaraq konturda sönən rəqslər doğuracaqdır. Bu halda L_M makarasından keçən dəyişən cərəyan L_T makarasında dəyişən gərginlik induksiylayır: bu işə lampanın toruna təsir edir və anod dövrəsində cərəyan şiddətini idarə edir. Lampanın toruna mənfi gərginlik verildikdə, lampa "qapanır" və lampada anod cərəyanı kəsilir. Lampanın torunda gərginlik müsbət olduqda lampa "açılır" və anodun dövrəsindən elektrik cərəyanı keçir. Bu momentdə rəqs konturu C_M kondensatorunun üst lövhəsində mənfi yük olarsa, anod cərəyanı(elektronlar seli) kondensatoru əlavə dolduracaq və beləliklə konturda enerji itkisinin yerini dolduracaqdır. Lampanın "qapanma" və "açılma" proses konturda elektrik rəqslərinin hər periodundan təkrar olunur. Lampanın torunda gərginlik müsbət olduqda C_M kondensatorunun üst lövhəsi müsbət yüklənmişdirsə anod cərəyanı (elektronlar seli) kondensatorun yükünü artırır, əksinə onu azaldır. Bu halda konturda rəqslər saxlanmayacaq və sönəcəkdir. Buna yol verməmək üçün L_M və L_T makaralarının uclarını düzgün qoşmaq, beləliklə də kondensatorun vaxtında əlavə doldurulmasını təmin etmək lazımdır. Belə olduqda lampanın anod cərəyanı rəqs konturunun C_M kondensatorunu vaxtaşırı əlavə dolduracaq və bunda sönməyən rəqsləri saxlamağa kömək edəcəkdir. Lampalı generator anod batareyasının sabit cərəyan enerjisinin dəyişən cərəyan enerjisinə çevirir; bu cərəyanın tezliyi rəqs konturu təşkil edən makaraların induktivliyindən və kondensator tutumundan asılı olur. Asanlıqla başa düşülür ki, enerjinin bu çevrilməsi generatorun sxemində trioddan istifadə olunması nəticəsində alınır. L_T makarasında rəqs konturunun cərəyanı ilə induksiylanan ehq lampanın toruna vaxtaşırı təsir edir və anod cərəyanını idarə edir; anod cərəyanı öz növbəsində müəyyən tezliklə kondensatoru əlavə dolduraraq konturda enerji itkisinin yerini doldurur. Bu proses generatorun işlədiyi müddət ərzində dəfələrlə təkrar olunur. Konturda sönməyən rəqslərin təsirləndirilməsi prosesi generatorun öz-özünə təsirlənmə prosesi adlanır; çünki bu halda generatorda rəqslər öz-özlərini saxlayacaqdır.

§134. ELEKTRON RELESİNDƏ NTRİODDAN İSTİFADƏ OLUNMASI

Triodlar elektrik siqnalının təsiri ilə elektrik dövrələrini qoşan, açan və qoşulmanı dəyişdirən elektron relesində istifadə edilir.

Elektron relesi çox həssas və cəld işləyən olduğundan geniş tətbiq edilir. Elektron relesinin işləmə prinsipini nəzərdən keçirək(şəkil 223). Bu rele triodlardan yığılmış və anod dövrəsinə elektromaqnit relesi qoşulan gücləndiricidən ibarətdir. Lampanın toruna lampaya qoşulmuş vericidən müsbət gərginlik verdikdə, anod cərəyanı gücləndirildiyindən artır. Anodun dövrəsinə qoşulmuş elektromaqnit relesi işə düşərək öz kontakt yaylarını çevirir və ya qoşulmanın dəyişdirilməsi kimi işləri yerinə yetirir.



Şəkil 223. Triodların tətbiqi
a- elektron relesi sxemində; b- rütübətin təyini sxemində

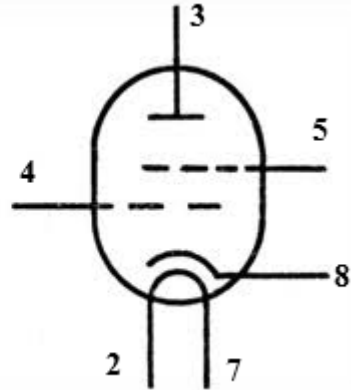
§135. ELEKTRON ÖLÇÜ QURĞULARINDA TRIODDAN İSTİFADƏ OLUNMASI

Ölçmə proseslərini avtomatlaşdırmaq üçün də trioddan istifadə olunur. Elektron ölçü qurğularından birinin - bərk və səpələn materialların rütubətlik dərəcəsini ölçmək üçün olan elektron rütubətölçənin sxemi 223-cü b şəklində göstərilmişdir. Nəzarət edilən material cihazın ölçmə dövrəsi ilə elektriki birləşdirilmiş iki metal diyircəyin arasından keçirilir. Materialın nəmliyi dəyişdikdə onun R_x elektrik müqaviməti kəskin sürətdə dəyişir. Nəticədə R_4 müqavimətində gərginlik və deməli, J_2 lampasının torundakı gərginlik dəyişəcəkdir. Lampanın torunda gərginliklə bərabər müqavimət də dəyişir. Beləliklə, J_2 lampasının müqaviməti R_x müqavimətindən asılı olaraq dəyişir və anodlara qoşulmuş Π indikatorunun əqrəbi materialın rütubətlik dərəcəsinin müəyyən edilmiş kəmiyyətdən fərfinə mütənasib olan bucaq qədər hərəkət edəcəkdir. Nəzərdən keçirdiyimiz bu sxem, dəyişilməsi qiymətcə kifayət qədər elektrik müqavimətinə çevrilə bilən digər qeyri-elektrik kəmiyyətlərin ölçülməsi üçün də yararlıdır.

§136. DÖRDELEKTRODLU LAMPA(TETROD)

Tetrod triodda olduğu kimi, bir toru deyil, iki toru olan dördelektrodlu lampadır. Ekranlayıcı tor adlanan əlavə tor idarəedici torla anodun arasında yerləşdirilir. Dördelektrodlu lampaya ekranlanmış lampaya deyilir. Tetrodun anodu, katodu və idarə edən toru adi trioddakı kimi qoşulur. Ekranlayıcı tora katoda nisbətən müsbət gərginlik qoşurlar; bu gərginlik anod gərginliyindən bir qədər az olur. Əlavə torun müsbət yükü anod sahəsinin katodla idarə edən tor arasında hərəkət edən elektronlara təsirini zəiflədir. , idarəedici torun sahəsi isə trioddakı kimi təsir edir. Buna görə də, gücləndirmə əmsalının $\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_T}$ ifadəsində ΔU_a artır, ΔU_T isə dəyişmir. Buna görə də tetrodun gücləndirmə əmsalı triodun gücləndirmə əmsalından onlarca və hətta yüzlərcə dəfə çoxdur: təxminən 1000-dir. Tetrodun trioda nisbətən bir sıra üstünlüklərinə baxmayaraq onun nəzərdən keçirdiyimiz şəkildə mühüm nöqsanı da var. Həmin nöqsan- anoddan ekranlayıcı tora təkrar emissiya elektronlar seli yaranmasından ibarətdir. Bu isə onunla

əlaqədardır ki, çox böyük sürətlə anoda doğru uçan elektronlar anoda dəyərək onun səthindən elektronlar qopardır; bunlara ikinci elektronlar deyilir. Lampa işləyərkən ekranlayıcı toradakı gərginlik anoddakı gərginlikdən çox olduqda ikinci elektronlar bu ekranlayıcı torun sahəsi ilə cəzb edilir və bunun dövrəsində ikinci elektronların cərəyanı yaranır. Bu isə anod cərəyanının azalmasına və tetrodun normal işinin pozulmasına səbəb olur: Tetrodun xarakteristikası qeyri-xətti alınır(anod gərginliyi artdıqda anod cərəyan şiddəti azalır). Bu hadisəyə *dinatron effekti* deyilir. İstehsal olunan mükəmməl quruluşlu tetrodlarda arzu olunmayan bu hadisə baş vermir. Belə tetrodlara şüalı tetrodlar deyilir. Şüalı tetrod(şək 224) içərisində katod(7) və anod(3) yerləşdirilən şüşə balondan(1) ibarətdir. Bu elektrodların arasında iki tor yerləşdirilir. Kiçik diametrlı tor(7) idarəedici, böyük diametrlı tor(6) isə ekranlayıcıdır. Bu tor lampada elə yerləşdirilmişdir ki, onun sarğıları idarəedici torun sarğıları qarşısında olur. Şüşə balona şüaəmələgətirən xüsusi elektronlar da(4) quraşdırılmışdır.



Şəkil 224. Şüalı tetrodun quruluşu və şərti işarəsi

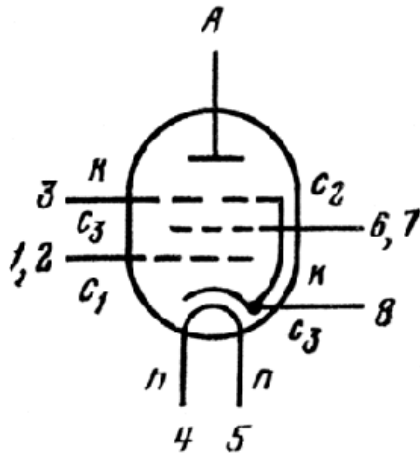
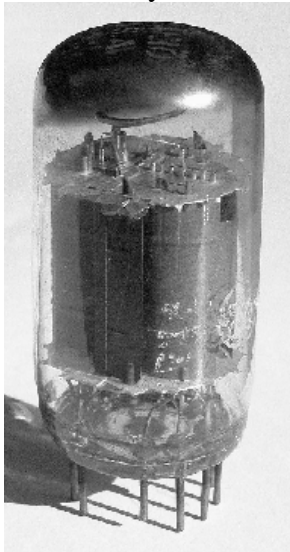
3- anod; 4- birinci tor; 5- ikinci tor; 8- katod; 2, 7- qızdırıcı katod

Lampanın bütün elektrodları sokola milçələrlə bərkidilir. Şüaəmələgətirən elektrodların olması, habelə torlar xüsusi yerləşdirildiyindən tetrodda elektronlar anoda doğru, diodda və triodda olduğu kimi, bütöv axınla deyil, ayrı-ayrı şüalarla uçar. Tetrodun şüa əmələgətirən lövhələri katodla birləşdirilmişdir və anoda nisbətən həmişə mənfi yüklənmiş olur. Buna görə də katoddan çıxan elektronlar bu

lövhələrdən itələnərək anoda doğru kiçik şüa seli şəklində uçar. Hərəkət edən mənfi yüklərin sıxlığı elektron şüasında çox olduğundan fəzada hərəkətsiz mənfi həcmli yük effekti yaradır. Belə həcmli yük ikinci emissiyanın elektronlarını anoda tərəf geri itələyir, lampanın işi üçün arzu olunmayan dinatron effekti yaranmasına imkan vermir. Lakin cərəyan az olduqda da şüalı tetrodda dinatron effekti yaranır; buna görə də şüalı tetrodlar ancaq çox böyük gücləndirici lampa kimi istifadə edilir.

§137. BEŞELEKTRODLU LAMPA

İkinci emissiyanın zərərli effektini aradan qaldırmaq üçün lampanın ekranlayıcı toru və anodu arasına əlavə bir tor da yerləşdirirlər; buna mühafizə edici tor deyilir. Belə lampanın bel elektrodu(o cümlədən üç toru) olduğundan, buna beşelektrodlu lampa və ya pentod deyilir(şəkil 225). Mühafizəedici toru, adətən katodla birləşdirirlər və buna görə bu torda mənfi elektrik yox olur.



Şəkil 225. Pentodun quruluşu və şərti işarəsi
 A- anodun yuxarı çıxışı(elektrodu); c₁- birinci tor; c₂ - ikinci tor; c₃- üçüncü tor; k-katod; ə - ekran; n - qızdırıcı katod

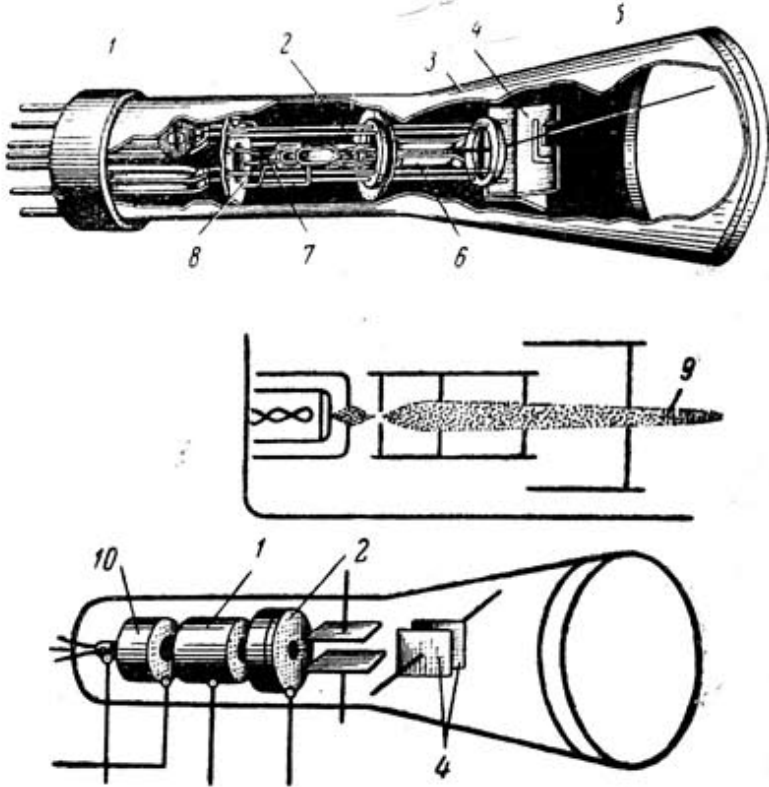
Bu elektrik yükü anodun səthindən qoparılmış ikinci elektronları geriye itələyir və bu elektronlar tetrodda olduğu kimi, ekranlayıcı tora uçub çata bilmir. Mühafizəedici tor lampanın xarakteristikasını yaxşılaşdırır, pentodda gücləndirmə əmsalı tetroda nisbətən xeyli çox olur (bir neçə minə qədər). Bununla əlaqədar olaraq pentodlar yüksək və alçaqtezlikli gərginlikləri gücləndirmək üçün xüsusilə geniş istifadə edilir. Elektron aparatlarında kombinəedilmiş və mürəkkəb quruluşlu çox torlu lampalar geniş istifadə edilir. Kombinəedilmiş lampalar bir neçə lampadan təşkil edilir. Belə lampanın bir balonunda nəzərdən keçirdiyimiz tipli lampaların bir neçə komplekt detalları yerləşdirilir. Buna görə də belə lampaların adı ikiqat olur: ikiqat diod-triod, iki qat diod-pentod və. s. Bir qayda olaraq belə lampaların ümumi közərmə teli və bir katodu vardır; bəzən belə lampalarda bir neçə katod da olur. Kombinəedilmiş lampaların tətbiqi bir neçə adi lampa əvəzinə bir kombinəedici lampa işlətməyə və beləliklə də radio aparatlarının ölçülərini kiçiltməklə quraşdırılmasını sadələşdirməyə imkan verir. Çoxtorlu lampaların müxtəlif miqdarda toru olur; bunlardan iki tor idarə edəndir və bunlara müxtəlif tezlikli elektrik cərəyanı verilir. Bununla əlaqədar olaraq belə lampanın anod dövrəsinə tezliyi lampanın torlarına verilən cərəyanların tezliyindən fərqlənən cərəyan almaq imkanı yaranır. Bu prosesə tezliyin çevrilməsi deyilir. Çoxtorlu lampanın digər torları, lampanın tətbiqindən asılı olaraq müxtəlif şəkildə birləşdirilir.

§138. ELEKTRON ŞÜA BORUSU OSSİLOQRAF

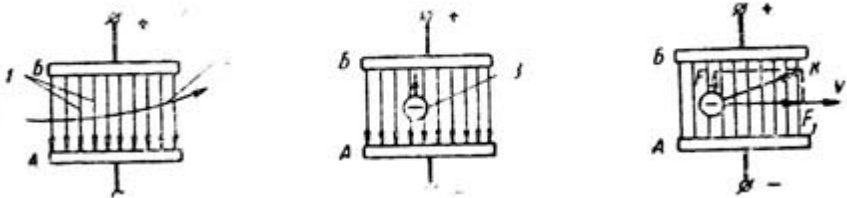
Elektron şüa borusu elektrik-vakum cihazıdır. Bu cihazı sadə quruluşda götürsək, elektrik siqnallarını işıq siqnallarına çevirmək üçündür. Belə borular ölçmə işlərində, avtomatlaşdırma və telemexanikləşdirmə qurğularındakı texnoloji prosesləri müşahidə və nəzarət etdikdə, habelə televizorda və radiolokasiyada geniş tətbiq edilir. Hər bir elektron şüa borusu (şəkil 226) içərisindən havası çıxarılmış balondan ibarətdir. Balonun içərisində elektron proyektoru (elektron toru), yanaverici sistem və ekran yerləşdirilir. Balonun daxili səthinin konusvari hissəsinə qrafit çəkilir; buna akvodaq deyilir. Borunun elektron proyektoru elektronları ayıran qızdırıcı katoddan, katod ucuna oksid qatı çəkilmiş nikel silindirdən ibarətdir. Bu silindir nazik divarlı saxsı borucuğa taxılır; katodu qızdırmaq üçün

bu borunun içərisində spiralşəkilli volfram tel yerləşdirilir. Katod, stəkanşəkilli idarəedici elektrodun içərisində yerləşdirilir. Bu stəkanın dib hissəsində katoddan çıxan elektronların keçməsi üçün kiçik deşik açılmışdır. İdarəedici elektrod katoda nisbətən mənfi gərginlik verilir. ; bu gərginlik az təxminən onlarca volt qədər olur. Bu mənfi gərginlik katoddan çıxan elektronlara təsir etdiyindən elektronlar kiçik şüa seli şəklində toplanır. Bu elektronlar şüası borunun ekranına Bu elektronlar şüası borunun ekranına yönəldilir. Elektronların uçuş trayektoriyalarının kəşimə nöqtəsinə borunun birinci fokusu deyilir. İdarəedici elektrod mənfi gərginliyi artırmaqla elektronların bir hissəsini o qədər yana vətək olar ki, onlar deşiyə düşməz və beləliklə də ekrana gedən elektronların miqdarı azalar. İdarəedici elektrod gərginliyinin elektron şüasına təsirlə işıqlana bilən xüsusi tərkiblə örtülmüş ekranında işıqlanan ləkənin parlaqlığını dəyişməyə imkan verir. Elektron topuna iki anod daxildir: fokuslayıcı(1) və idarəedici(2). Bu anodlardan hər biri diafraqma adlanan deşiyi olan silindirdən ibarətdir. Anodlarda diafraqma elektron şüasının en kəsiyini məhdudlaşdırmaq üçündür. Anodlar borunun oxu üzrə bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşdirilir. Birinci anoda təxminən bir neçə yüz volt müsbət gərginlik verilir, borunun akvodaqı ilə birləşdirilmiş ikinci anodda isə birinci anodun potensialından 3-4 dəfə çox olan müsbət potensial olur. İdarəedici elektrodun deşiyindən çıxan elektronlar birinci anodun elektrik sahəsində düşərək çox böyük sürət kəsb edir. Elektronlar dəstəsi birinci anodun içərisindən keçdikdə elektrik sahəsinin qüvvəsinin təsiri ilə sıxılır və nazik elektron şüası əmələ gətirir. Sonra elektronlar ikinci anoddan keçərək daha böyük(saniyədə bir neçə min kilometr) sürət kəsb edərək diafraqmadan keçib ekrana uçar; ekranda elektronlar zərbəsinin təsiri ilə diametri 1 mm-dən az olan işıq ləkəsi də olur.

Elektron şüasının yana verilməsi. Elektron şüa boruları elektron şüasının yana verilməsi üsuluna görə iki yerə bölünür: a) elektrostatik yana verici boru; b) maqnit yanaverici boru. Elektrostatik sahədə elektron şüasının yana necə verildiyini nəzərdən keçirək Elektron proyektorundan gələn elektron şüasını(2) müxtəlifadlı elektrik yükləri olan iki paralel lövhənin arasından keçirsək, şüa bu lövhələrin arasında yaranan elektrik sahəsinin təsiri ilə yana əyiləcəkdir(şəkil 227).

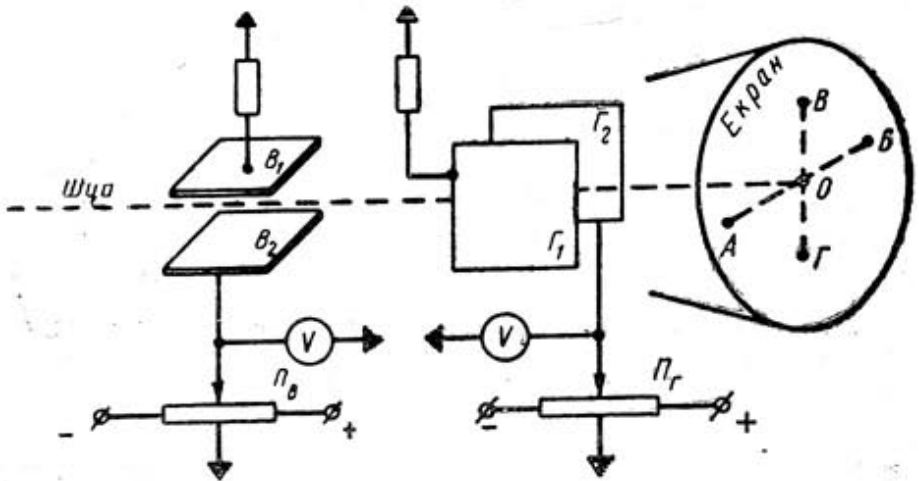


Şəkil 226. Elektron-şüa borusu və şüanın yaranması sxemi
 1- birinci anod; 2- ikinci anod; 3- kolba; 4- üfüqi yanvermə lövhələri;
 5- elektron şüası; 6- şaquli yanvermə lövhələri; 7- idarəedici elektrod;
 8- katod; 9- elektron şüası; 10- məhdudlaşdırıcı



Şəkil 227. Elektron şüasının və elektronun elektrostatik sahədə yana
 əyilməsi:
 1- sahənin xətləri; 2- elektrik şüası; 3- elektron

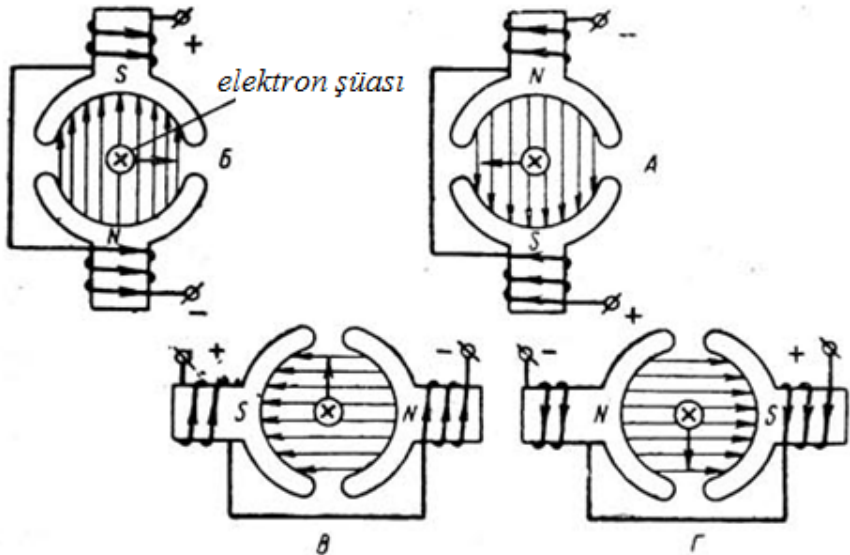
Mənfi elektrik yükü olan və elektrik sahəsində yerləşdirilmiş elektron bu sahədə hərəkət edir. Elektron mənfi yüklü A lövhəsindən itələnir və müsbət yüklü B lövhəsinə cəzb edilir. Bu zaman sahə xətti boyunca hərəkət edəcəkdir. Sürəti V olan elektron(3) bu sahəyə düşdükdə ona nəinki sahənin F qüvvəsi, həm də hərəkət istiqaməti üzrə yönəldilmiş F_1 qüvvəsi təsir edir. Elektron, bu qüvvələrin təsiri ilə öz düzxətli hərəkətindən yana çıxacaq və OK xətti(diaqonal) üzrə hərəkət edəcəkdir. Elektronun şüasının yanverilmə bucağı onun hərəkət sürətindən və elektrik sahəsi yaradan lövhələrin arasındakı gərginlikdən asılıdır. Elektrik sahəsinin hərəkət edən elektronları yanavermə xassəsindən elektron - şüa borusunda şüanı yana vermək üçün istifadə olunur. Elektron şüasını iki müstəvidə(şəkil 226-cı şəklə bax) yana vermək üçün elektrostatik yanvericili boru müxtəlif müstəvilərdə bir-birinə perpendikulyar yerləşdirilmiş iki cüt lövhə ilə təchiz edilir. Elektron topuna daha yaxın yerləşən birinci lövhələr cütü(6) şüanı şaquli istiqamətdə yana vermək üçündür; bunlara şaquli yanvermə lövhələri deyilir. İkinci lövhələr cütü(4) şüanı üfüqi istiqamətdə yana verir: bunlara üfüqi yanvermə lövhələri deyilir. Bu lövhələr borunun ekranına yaxın yerləşdirilmişdir.



Şəkil 228. Yanavericili lövhələrin elektron şüasına təsiri

228-ci şəkildə göstərilmiş sxemdən istifadə edərək yanavermə lövhələrinin işini nəzərdən keçirək. B_2 və Γ_2 yanvericili lövhələri və Π_B

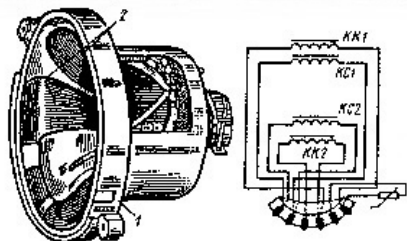
və Π_Γ potensiometrlerinin sürüngəclərinə qoşulmuşdur. B_1 və Γ_1 yanverici lövhələri, potensiometrlərin orta nöqtələri kimi yerlə birləşdirilmişdir və bunların potensialları sıfıra bərabərdir. Potensiometrlərin sürüngəcləri orta vəziyyətdə saxlandıqda bütün lövhələrdə potensial sıfıra bərabərdir və elektron şüası ekranın mərkəzini -O nöqtəsini işıqlandırır. Π_Γ potensiometrinin sürüngəci sağa hərəkət etdirildikdə Γ_2 lövhəsinin potensialı artacaq və elektron şüası deməli ekranda işıqlanan nöqtə, öz yerini B nöqtəsinə tərəf üfüqi dəyişəcəkdir. Beləliklə, Γ_2 lövhəsində potensial arası kəsilmədən dəyişdikdə, elektron şüası ekranda AB üfüqi xəttini cızacaqdır. Gərginlik şaquli yanverici lövhələrdə Π_B potensiometri ilə dəyişdirildikdə də şüa şaquli istiqamətdə yana veriləcək və ekranda BΓ şaquli xəttini cızacaqdır. Yanverici lövhələrin hər iki cütündə gərginliyi eyni vaxtda dəyişməklə elektron şüasının yerini istənilən istiqamətdə dəyişmək olur. Elektrostatik sahədə elektron şüasının yana necə verildiyini aydınlaşdırdıq. İndi isə elektron şüasının boruda maqnitlə yana verilməsi prinsipini nəzərdən keçirək. Elektrik, cərəyanı keçən naqili maqnit sahəsində yerləşdirsək, məlum olduğu kimi, maqnit sahəsinin qüvvə xətləri bu naqilə təsir edərək onu hərəkət etdirməyə çalışacaqdır.



Şəkil 229. Elektron şüasının maqnit sahəsində hərəkəti

Maqnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyankeçirən naqilə təsir edən qüvvələrin istiqamətini sol əl qaydası ilə təyin etmək olar. Elektron-şüa borusu katodunun buraxdığı, borunun elektron topunda fokuslanmış və ekrana tərəf çox böyük sürətlə hərəkət edən elektronlar seli, əslində elektronların hərəkətinə əks istiqamətdə yerləşdirilmiş elektrik cərəyanından ibarətdir. Elektron şüası elektromaqnitlə təsirləndirilən maqnit sahəsindən keçirsə, cərəyan keçən naqil maqnit sahəsinin təsiri ilə yana verildiyindən, bu şüanı maqnit sahəsi ilə həm üfüqi həm də şaquli istiqamətdə yana vermək olar. Elektron şüasının elektromaqnitnin yanaverici makaralarından keçən elektrik cərəyanı ilə yaradılan maqnit sahəsində hərəkəti sxematik olaraq şəkil 229-cu şəkildə göstərilmişdir. Elektron şüası A vəziyyətində sola tərəf əyilir. B vəziyyətində, elektromaqnitdən cərəyanın istiqaməti dəyişmiş olduqda şüa sağa hərəkət edir. B vəziyyətində elektron şüası yuxarıya, Γ vəziyyətində isə aşağıya doğru hərəkət edir. Boruda elektron şüasının maqnitlə yana verilməsi iki qarşılıqlı perpendikulyar maqnit sahəsi yaradan iki cüt makaranın maqnit sahələri ilə yerinə yetirilir. Bu makaraların bir cütü şüanı üfüqi müstəvidə, o biri cütü isə şaquli müstəvidə yana verir. Üfüqi və şaquli yana verici makaraların birlikdə təsiri ilə şüanı istənilən istiqamətdə hərəkət etdirmək olar. Yanaverici makaralar(yanaverici sistem, şəkil 230) xarici tərəfdən borunun boyun hissəsində elektron proyektorunun ucunun bilavasitə yaxınlığında yerləşdirilir. Yanaverici sistemin maqnit sahəsi borunun şüşə boğazına keçir və elektron şüasına təsir edərək, bunu yana verir.

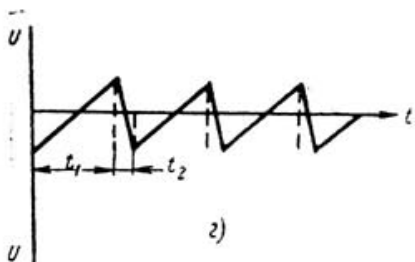
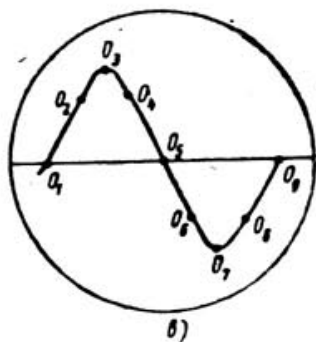
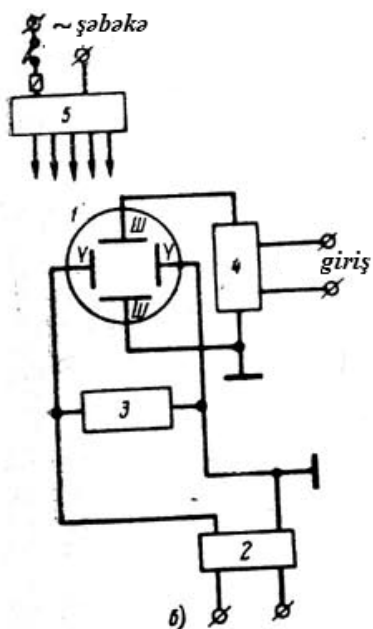
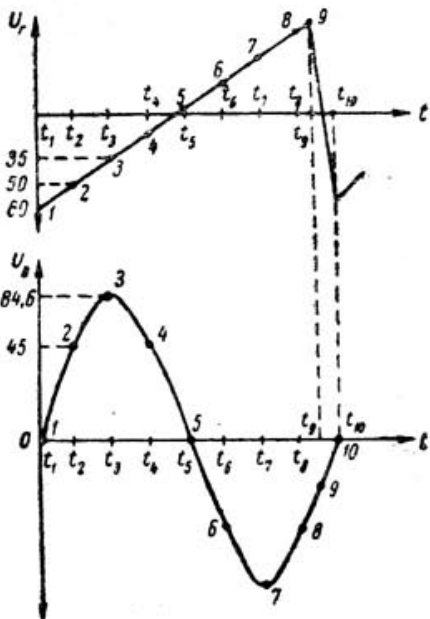
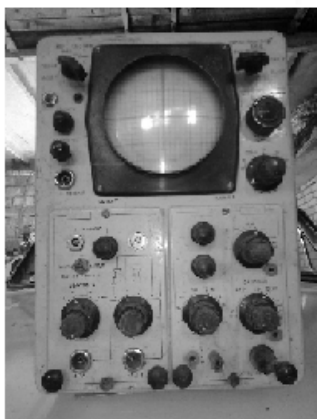
Ekran. Elektron şüa borusunun ekranı xüsusi tərkiblə- sürətlə uçan elektronların zərbə təsiri ilə işıqlana bilən lüminoforla örtülür. Beləliklə fokuslanmış şüa ekranın bu və ya digər nöqtəsinə düşdükdə ekran işıqlanmağa başlayır. Elektron-şüa borusunun ekranını örtmək üçün sink oksidi, berillium sink, sink-sulfatın kadmium-sulfatla qatışığından və s hazırlanan lüminoforlardan istifadə olunur. Belə materiallar ekranların zərbəsi kəsildikdən sonra da müəyyən vaxt ərzində işıqlanma xassəsinə malikdir. Deməli, bu materiallarda sonradan işıqlanma xassəsi vardır. Məlumdur ki, insanın gözü görmə təsiri aldıqdan sonra bunu təxminən 1/16 saniyə ərzində saxlaya bilir. Elektron-şüa borusunda şüa ekran üzrə o qədər sürətlə hərəkət edə bilər ki, ekranda ardıcıl işıqlanan nöqtələr cərgəsi bütöv işıqlanan xətt kimi qəbul görünür.



Şəkil 230. Elektron-şüa borusunun yana verici (отклоняющая система) maqnit sistemi və makaraların birləşdirmə sxemi

Şüanı maqnitlə yana verən elektron-şüa borusu (kineskop) televiziya qəbulu qurğularında- televizorlarda və sənaye televiziya qurğularında istifadə olunur. Yeni kinoskopların hamısında ekran düzbucaqlı hazırlanır; bu isə televizorların ölçüsünü xeyli kiçiltməyə imkan verir. Elektron şüası maqnitlə 110° (75° əvəzinə) yana verilən elektron-şüa borularının buraxılması ekranın əvvəlki ölçülərini saxlamağa kineskopun uzunluğunu qısaltmağa imkan verir. Sürətlə davam edən prosesləri müşahidə etmək, qeydə almaq, ölçmək və nəzarət üçün elektron ossiloqrafından istifadə edilir (şəkil 231, a). Ossiloqrafın əsas hissəsi elektrostatik fokuslanan və şüası yana verilən elektron-şüa borusundan ibarətdir: bu borunun quruluşu və işləməsi 226-cı şəkildə göstərilmişdir. Ossiloqrafla öyrəniləcək (baxılacaq) gərginlik borunun şaquli yanaverici lövhələrinə qoşulur. Tədqiq edilən gərginliyi açmaq üçün üfüqi yanaverici lövhələrə mişarvari gərginlik verilir: bunun qrafiki 231-ci r şəklində göstərilmişdir. Bu gərginlik ossiloqrafın daxilində quraşdırılmış mişarvari impulsu elektron generatorundan verilir. Elektron şüası mişarvari gərginliyin təsiri ilə ekranda üfüqi hərəkət edir. Şüa t_1 müddəti ərzində ekranda soldan sağa hərəkət edir, t_2 müddəti ərzində isə sürətlə öz əvvəlki vəziyyətinə qayıdır, sonra

yenidən soldan sağa hərəkət edir və. s. Şaquli yanaverici lövhələrə verilən gərginliyin formasını ossiloqrafın elektron-şüa borusunun ekranında necə görəcəyimizi aydınlaşdıraraq. Tutaq ki, üfqi yana verici lövhələrə amplitudu 60 V və dəyişmə periodu 1/50 san olan mişarvari gərginlik qoşulmuşdur. Şaquli yanaverici lövhələrə dəyişən gərginlik veririk: bu gərginlik sinusoid üzrə 84, 6 V amplitudla və mişarvari impulsların 1/50 san perioduna bərabər periodla dəyişir. 231-ci B şəkliində formasını görmək istədiyimiz sinusoidal gərginliyin bir periodu göstərilmişdir; dairənin içərisində ossiloqraf borusunun ekranında elektron şüasının hərəkəti nəticəsi verilmişdir. Eyni anda gərginlik üstdəki iki qafikdə eyni işarəli alınır. Elektron şüasını üfqi istiqamətdə yana verən mişarvari gərginlik(U_Y) t_1 müddəti ərzində 60 V-a bərabərdir, şaquli lövhələrdəki U_{III} gərginliyi isə sifıra bərabər alınır və ekranda O_1 nöqtəsi işıqlanır. t_2 müddəti ərzində $U_Y = -50V$; $U_{III} = 45V$ olacaqdır. $t_2 - t_1$ müddəti ərzində elektron şüası $O_1 - O_2$ xətti ilə O_2 vəziyyətinə hərəkət edəcəkdir. t_3 müddəti ərzində $U_Y = 35V$; $U_{III} = 84,6V$ olacaqdır. Şüa $t_3 - t_2$ müddəti ərzində $O_2 - O_3$ xətti ilə O_3 nöqtəsinə hərəkət edəcəkdir və i. a. Yanaverici lövhələrin hər iki cütü ilə, yaradılan elektrik sahələrinin elektron şüasına təsiri prosesi davam edəcək, buna görə də şüa $O_3 - O_4 - O_5$ və. s xətti üzrə yana əyiləcəkdir. Elektron şüası $t_{10} - t_9$ müddəti ərzində tez sola əyilir(şüanın əksinə hərəkət edir), sonra proses təkrar olunur. Elektron şüası eyni yolla dəfələrlə hərəkət etdiyindən ekranda borunun şaquli yanaverici lövhələrinə verdiyimiz gərginlik əyrisinin formasına müvafiq olan kifayət qədər parlaq xətt görürük. Açılmanın mişarvari impulslarının gərginliyi periodu(və tezliyi) bərabər olduğundan ekranda sinusoid hərəkətsiz alınacaqdır. Bu gərginliklərin tezliyi müxtəlif olarsa və bir-birinə bölünən deyildirsə, təsvir boru ekranı boyunca hərəkət edəcəkdir. Yanaverici lövhələrə eyni amplitud və tezlikli, lakin faza üzrə 90° fərqlənən iki sinusoidal gərginlik qoşduqda borunun ekranında çevrə görəcəyik. Beləliklə, elektrik dövrlərində baş verən müxtəlif prosesləri osiloqraf vasitəsilə müşahidə və tədqiq edən etmək olar.



Şəkil 231. Ossilograf və bunun blok-sxemi
 a- xarici görünüşü; b- blok sxemi;
 6- borunun qrafikində gərginlik qrafikinə alınması;
 z- mişarvari gərginliyin qrafiki

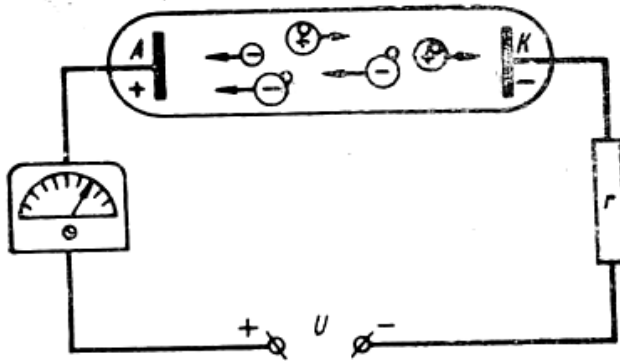
. Osiloqrafda mişarvari impulslar generatorundan başqa, şüanı şaquli yanaverici lövhələrə verən gərginliyi və üfüqi yanaverici lövhələrə verilən gərginliyi gücləndirmək üçün lampalı gücləndiricilər də vardır.

§139. İON CİHAZLARI

Qazın ionlaşması və elektrik boşalması. Seyrəkləşdirilmiş qazla doldurulan, elektrik cərəyanı nəinki elektronların istiqamətli yerdəyişməsi hesabına, həm də qazın yüklənmiş hissəciklərinin-ionların hərəkəti nəticəsində yaranan elektrik-vakum cihazlarına *ion* və ya *qazboşalma cihazları* deyilir.

Qazboşalma cihazlarının quruluşunu və işləməsini izah etməzdən əvvəl elektrik cərəyanının qazdan keçməsi prosesini nəzərdən keçirək. Adi şəraitdə qazda çox cüzi miqdarda elektrikle yüklənmiş hissəciklər-ionlar vardır və buna görə də qaz dielektrik hesab edilir. Bunu onunla izah edə bilərik ki, qazın atomlarının və molekullarının çoxu elektrikle yüklənmir-neytral olur. Qazın keçirici olması üçün onda xeyli miqdarda yüklənmiş hissəciklər-ionlar yaradılmalıdır. Qazda ionların yaradılmasına *ionlaşma* deyilir. Qazı iki yolla ionlaşdırmaq olar: xarici təsirlə-şüa enerjisi ilə qızdırmaqla; qazın olduğu elektrik sahəsinin təsiri ilə. İonlaşmış qazda xarici elektrik sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə ionların istiqamətli hərəkəti yaranır və qazda elektrik cərəyanı əmələ gəlir. Qazın atomları və molekullarının ionlaşması ondan ibarətdir ki, bunlardan bir və ya bir neçə elektron ayrılır, buna görə də elektron itkisi nəticəsində onlar müsbət ionlara çevrilir. Ayrılmış elektronlar sərbəst olur və qazda cərəyan yaradılmasında iştirak edir. Qazda nəinki müsbət, həm də mənfi ionlar yaranır. Elektron qazın neytral molekuluna birləşdikdə bu molekul elektronlar artığı nəticəsində mənfi yüklənmiş iona çevrilir. Qazın ionlaşması prosesi ilə eyni vaxtda, ionların neytral atoma çevrildiyi əks hadisə də baş verir. Qaz ionlarının neytral atomlara çevrilməsinə *rekombinasiya* deyilir. Atomların rekombinasiyası onunla nəticələnir ki, qazda ion azalır və buna görə də qazın elektrik keçiriciliyi azalır, elektrik müqaviməti isə artır. İonlaşma və elektrik boşalması prosesində enerji ayrılır; bu enerjinin təsiri ilə ionlaşmış qaz işıldamağa başlayır. Fərz edək ki, qazda çox böyük sürətlə elektron hərəkət edir və bu elektron hərəkət edərkən qazın neytral molekulu ilə toqquşmuş və bundan bir elektron qoparmışdır.

Bununla əlaqədar olaraq qazda iki sərbəst elektron yaranır, molekulu isə müsbət elektrona çevrilir. İndi bu iki elektron öz hərəkət yolunda iki digər molekulla toqquşarsa və bunların hər biri həmin molekulardan bir elektron qoparsa, dörd sərbəst elektron yaranacaq və bu üç atom müsbət iona çevriləcəkdir. Dörd elektron öz növbəsində qazın daha dörd atomunu ionlaşdıracaqdır. Nəticədə səkkiz elektron və yeddi müsbət ion alınacaqdır. Beləliklə, bu proses davam edərsə, qazda yüklənmiş hissəciklərin miqdarı sel kimi artacaqdır. İonlaşmanın nəzərdən keçirdiyimiz bu prosesinə *zərbə ionlaşması* deyilir. Qazda doldurulmuş borunun A və K lövhələrinə kifayət qədər yüksək U gərginliyi versək (şəkil 232), şiddətli ionlaşma nəticəsində qaz öz elektrik-izolyasiya xassəsini itirərək keçirici olacaq və lövhələrin arasından elektrik cərəyanı keçəcəkdir. ; deməli elektrik boşalması başlanacaqdır. Elektrik boşalması zamanı verilən gərginliklə yaradılan elektrik sahəsinin təsiri ilə mənfi ionlar və elektronlar müsbət yüklənmiş lövhəyə doğru hərəkət edir. Müsbət ionlar əks istiqamətdə hərəkət edərək, mənfi elektrik yükü olan lövhəyə cəzib edilir. Beləliklə, qazda elektrik cərəyanı müsbət və mənfi yüklənmiş hissəciklərin-ionların bir-birinə əks istiqamətlərdə yönəldilmiş hərəkətindən ibarətdir.

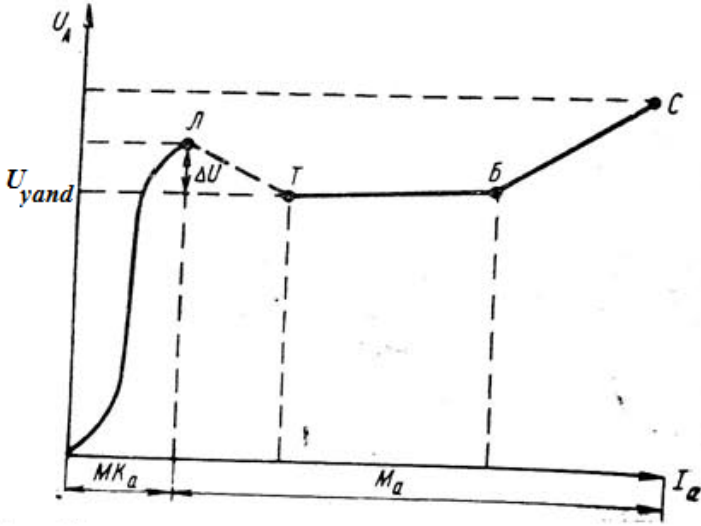


- ⊖ Elektron
- ⊖ Mənfi ion
- ⊕ Müsbət ion

Şəkil 232. Qaz doldurulmuş boruda elektrik boşalması-verilən gərginliyin təsiri ilə elektrik cərəyanının keçməsi

Közərmə boşalması. Texnikada qazda elektrik boşalmalarının müxtəlif növlərindən istifadə olunur. Qazda közərmə boşalması adlanan elektrik boşalmasını nəzərdən keçirək. Közərmə elektrik boşalmasında qaz doldurulmuş kolbanın elektrodları arasında gərginliyin müəyyən qiymətə qədər yüksəlməsi qazın sürətlə ionlaşmasına səbəb olur; bu halda cərəyan kəskin sürətdə artaraq ilk qiymətindən bəzən min dəfə çox olan həddə çatır. Qazda elektrik cərəyanı nəzərdən keçirdiyimiz halda dövrəyə ardıcıl qoşulan r müqaviməti ilə məhdudlanır. Közərmə elektrik boşalması zamanı qaz şiddətlə işıldayır. Tutaq ki, qazla doldurulmuş borunun anoduna müsbət, katoduna isə mənfi gərginlik verilir. Katoddan elektronlar emissiyası olduqda qazda ionlaşma prosesi başlayacaqdır. Katoddan uçub çıxan elektronlar və qazın mənfi ionları anoda doğru, müsbət yüklənmiş ionlar isə əks istiqamətdə-katoda doğru hərəkət edəcəkdir. Bu halda müsbət ionlar katodun səthinə düşərək katodu qızdırır və onun ikinci elektronları ayırır; bu elektronla öz növbəsində anoda tərəf hərəkət edərək qazın atomlarını ionlaşdırır və bununla bərabər elektronlar selini, deməli anodun dövrəsində cərəyanı artırır. Qazda közərmə boşalması elektrodların arasında gərginlik müəyyən qədər olduqda yaranıb davam edə bilər. Gərginlik lazımi həddən az olduqda az sürətlə uçan müsbət ionlar katodun səthinə toxunduqda katoddan elektronlar qoparda bilmir, buna görə də ionlaşma prosesi zəifləyir və dayanır.

Közərmə boşalması yaranan gərginliyə **yandırma(alışdırma) gərginliyi** deyilir. Yandırma gərginliyi bir çox səbəbdən, o cümlədən qazın tərkibi və təzyiqindən, elektrodlar arasındakı məsafədən, habelə elektrodların materialı və formasından asılıdır. 233-cü şəkildəki qrafikdə közərmə boşalmasının xarakteristikası göstərilmişdir.



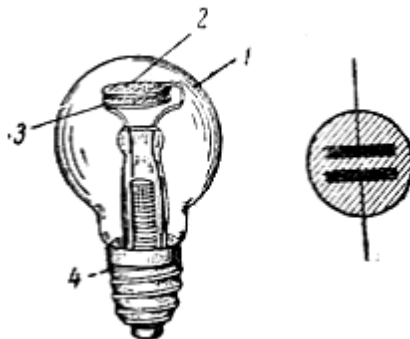
Şəkil 233. Kəzərmə elektrik boşalmasının xarakteristikası

Gərginlik sıfırdan müəyyən qiymətə qədər artırıldıqda kəzərmə boşalması olan cihazda çox az cərəyan (bu, mikroamper ilə ölçülür) keçir. Gərginlik U_{yand} yandırma gərginliyinə bərabər olduqda (A nöqtəsi) kəzərmə boşalması baş verir. Yandırma zamanı cərəyan xeyli artır (bu milliampere ilə ölçülür) və bu halda gərginliyin bir neçə volt qədər cüzi azaldığı müşahidə edilir (ΔU). Gərginliyin azalması onunla əlaqədardır ki, cərəyan artdıqda cihazın daxili müqavimətində də dövrəyə ardıcıl qoşulmuş məhdudlandırıcı müqavimətdə gərginlik düşküsü artır. İon cihazının daxili müqaviməti yandırma momentinə qədər çox böyük olur və buna görə də onun dövrəsində cərəyan cüzi alınır. Yandırma zamanı cihazın, daxili müqaviməti kəskin sürətdə azalır, dövrədəki cərəyan xeyli artır. Qrafikdəki JT sahəsi yandırma prosesinə müvafiqdir. Yandırma prosesindən sonra kəzərmə boşalması olan cihazda cərəyan demək olar ki, sabit qalır (TB sahəsi). Cihazın bu iş rejiminə *normal rejim* deyilir. Cihazdan çox az cərəyan keçdikdə, işıldama katodun bütün səthi üzrə deyil, onun yalnız bir hissəsində yaranır. Cərəyan artdıqca katodun işlək hissəsi də böyüyür. Boşalmanın normal rejimində cərəyan maksimal hədd çatır (B nöqtəsi), katodun bütün səthi işlək olur və işıldama ilə əhatə edilir.

Xarakteristikanın BC sahəsi katodun qeyri-adi iş rejiminə müvafiqdir; bu halda gərginliyin daha da artması cərəyanın çoxalmasına və katodda cərəyan sıxlığının artmasına səbəb olur. Belə rejimdə katodun yanında qaz daha parlaq işıqlanır. Gərginliyin daha da artması qövs boşalmasına səbəb olur; qövs boşalması közərmə boşalması olan cihaz üçün təhlükəlidir. Beləliklə, közərmə boşalması yaranmasını cərəyanın kəskin sürətdə artması(milliampermetrlə ölçülür), gərginliyin çox cüzi azalması, habelə qazın işıldaması ilə aşkar etmək olar. Qövs boşalmasında qaz daha şiddətlə işıldayır, cərəyanın sıxlığı közərmə boşalmasında yaranan cərəyan sıxlığından xeyli çox olur. Qövs boşalmasının bir çox növü vardır. Belə boşalma elektrik qövsü şəklində yarana bilər; belə elektrik qövsü nəinki bəzi ion cihazlarında, həm də güclü projektorlarda, habelə metalları elektrikle qaynaq etdikdə istifadə olunur.

Texnikada istifadə olunan qılgıcım boşalması da qövs boşalmasına bənzəyir. Belə boşalma zamanı qısa müddətli(impulsu) elektrik boşalması baş verir.

Neon lampası. Belə lampa közərmə elektrik boşalması baş verən qaz boşalma lampasından ibarətdir(şəkil 234). Neon lampası neon, helium və arqon qazlarının qatışıqı doldurulmuş şüşə balondan(1) ibarətdir. Balonun işərisində bir-birindən müəyyən məsafədə yerləşdirilən iki metal elektrod(2 və 3) yerləşdirilir. Elektrodlar lampanın sokolu(4) ilə birləşdirilir. Lampanı şəbəkəyə paron ilə qoşurlar.



*Şəkil 231. Neon lampası və bunun şərti işarəsi
1- balon; 2 və 3- metal elektrodlar; 4- sokol*

Neon lampaları şəbəkənin gərginliyinə(127- 220V), elektrik boşalması baş verən gərginliyə(60 V-dan 550 V-a qədər), habelə yol verilən ən

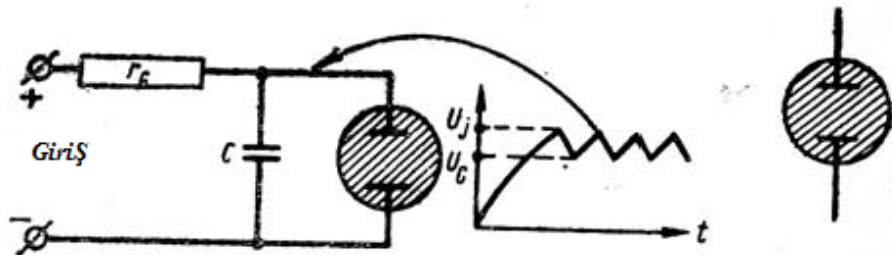
böyük cərəyana (0.2 mA-dan 30mA-ə qədər) görə seçilir. Neon lampaları 100 saatdan 1000 saata qədər xidmət edir. Belə lampaların uzunluğu 28-90 mm, diametri isə 7-56 mm olur. Neon lampalarını həm dəyişən həm də sabit cərəyan dövrlərinə qoşmaq olar. Dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş lampada işıldama hər iki elektrodda müşahidə edilir və alışma tezliyi dəyişən cərəyan tezliyindən iki qat çox alınır. Neon lampasını sabit cərəyan dövrəsinə qoşduqda işıldama ancaq bir elektrodda müşahidə edilir.



*Cərəyanın olmasını təyin edən neon
otvortki (burğu, vint açan)*

Neon lampası, elektrik enerji mənbəyi qoşmadıqda da işıqlanır. Neon lampasını nisbətən güclü elektrik sahəsində yerləşdirsək, lampada ionlaşma prosesi başlanır, elektrik boşalması yaranır və lampa işıqlanmağa başlayır. Neon lampasının sönmə gərginliyi lampayı yandırmaq üçün tələb olunan gərginlikdə bir neçə və ya onlarca volta qədər az olur. Neon lampası sabit və ya dəyişən gərginlik olmasını müəyyən edən indikator kimi istifadə edilir. Bu lampadan gərginliyi ölçmək üçün də istifadə etmək olar. Lampanın yandırılma gərginliyi məlum olarsa, elektrik dövrəsinə qoşduqda lampa, verilən gərginlik yandırma gərginliyindən az olmadıqda işıqlanacaqdır. Neon lampası, mişarvari gərginlik yaradan generatorlarda da bəzən tətbiq edilir. 235-ci şəkildə neon lampası olan generatorun sxemi və mişarvari gərginliyin qrafiki verilmişdir. Lampa r_0 müqavimətinə ardıcıl ardıcıl qoşulmuş və buna paralel olaraq C kondensatoru birləşdirilmişdir. Dövrənin sıxaclarına gərginlik verdikdə kondensator r_0 müqavimətindən dolur və bunun U_k gərginliyi tədricən artır. Müəyyən vaxtdan sonra kondensatorun U_k gərginliyi neon lampasının yandırılması üçün lazım olan U_j qiymətinə çatdıqda lampa alışıb yanır. Bundan sonra

kondensator boşalmağa başlayır; boşalma, U_k gərginliyi lampanın U_c sönmə gərginliyinə qədər azalmayınca davam edir. Belə olduqda lampa sönmür və kondensator yenidən dolmağa başlayır.

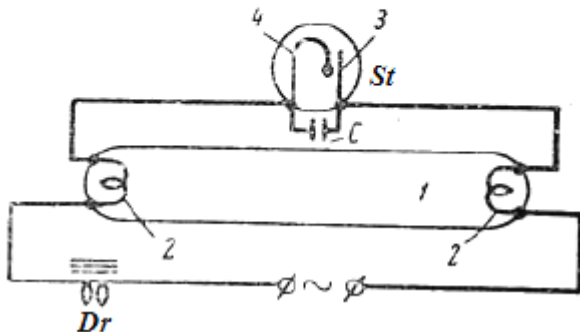


Şəkil 235. Neon lampalı generatorun sxemi və bunun şərti işarəsi

U_k gərginliyi U_j gərginliyinə yenidən bərabər olduqda lampa alışır və kondensator U_0 gərginliyi U_c gərginliyinə bərabər olub, lampa sönməyəyi momentə qədər dolmağa başlayır. Sonradan proses təkrar olunur. Kondensatorun dövrəsində gərginlik rəqslərinin tezliyi C tutumundan, r_0 müqavimimətindən, lampanın yandırılma və sönmə gərginliyindən, habelə elektrik enerjisi mənbəyinin generatora verilən gərginliyindən asılıdır. r_0 və C -nin qiymətlərini dəyişməklə generatorun tezliyini bir neçə hersdən onlarca kilohersə qədər dəyişmək olar. Neon lampası istehsalatda mexanizm və dəzgahların fırlanan oxları və valların dövrlər sayını müəyyən etmək üçün olan cihazlarda istifadə edilir. Belə cihazlara **stroboskopik taxometr** deyilir. Bu cihazların işi stroboskopik effektə əsaslanır. Sürətin bu üsulla təyin edilməsi mahiyyəti ondan ibarətdir ki, sürətini təyin etmək istədiyimiz detal müəyyən tezliklə alışan neon lampası ilə işıqlandırılır. Alışma tezliyi detailın fırlanma sürətinə bərabər və ya ona bölünən olduqda həmin detal alışma işığında hərəkətsiz kimi görünəcəkdir Tutaq ki, biz valın fırlanma sürətini təyin etmək istəyirik. Bunun üçün valın ucuna dörd sektora(iki qara və iki ağ) bölünmüş stroboskopik disk yapışdırmaq lazımdır. Valı işə saldıqdan sonra müəyyən tezlikli dəyişən cərəyanla qidalandırılan neon lampasını alışdırıb stroboskopik diski işıqlandırırıq. Bu halda, valın ucuna yapışdırılmış disk fırlanma istiqaməti üzrə hərəkət edərsə bu sürətin yüksək olduğunu göstərəcəkdir. Stoboskopik diskin hərəkəti valın fırlanma istiqamətinə əks olarsa, bu sürətin az olduğunu göstərir. Disk bizə hərəkətsiz görünərsə, deməli,

valın sürəti normaldır. Beləliklə bu və ya digər mexanizmin sürət rejimini bu quruluşa asanlıqla təyin edib, sürətin tənzimlənməsi üçün tədbir görmək olar.

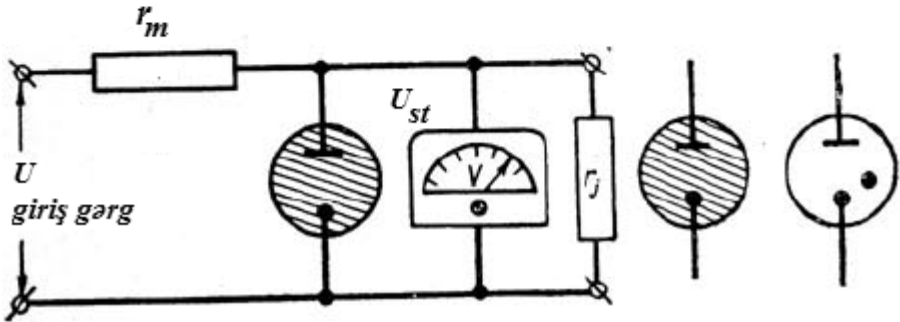
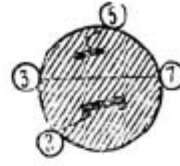
Qaz-işiq lampası. Belə lampa(şəkil 236) divarın daxili səthi nazik luminofor-şüalandırma zamanı işıqlanan tərkib qatı ilə örtülmüş şüşə borudan(1) ibarətdir. Luminofor olaraq, adətən, sink, manqan, kalsium və stronsimun kükürdlü birləşmələrindən istifadə edilir. Qaz-işiq lampasının borusundan hava çıxarılıb, civə buxarı və arqon qazı ilə doldurulur. Borunun uclarında şəbəkədən elektrik enerjisini vermək üçün məftil tel şəklində elektrod(2) vardır. Qaz-işiq lampasının qoşulma sxeminə də drossel(Dr), starter(St) və kondensator(C) olur(236 cı şəkilə bax). Drossel, polad içliyi olan makaradan ibarətdir. Starter soyuq halda bir-birinə toxunmayan iki elektrodu(3 və 4) olan kiçik neon lampası şəklində hazırlanır. Elektrod(4) bimetal lövhədən ibarətdir. Starterin yandırma gərginliyi qaz-işiq lampasının yandırma gərginliyindən az olur. Lampanı şəbəkəyə qoşduqda verilən gərginliyin təsiri ilə kiçik neon lampasının(starterin) elektrodları arasında elektrik boşalması yaranır, nəticədə 4 elektrodu tez qızaraq əyilib 3 elektrodu ilə birləşir. Bu halda starterdə boşalma dayanır və elektrod(3 və 4) aralanır. Starterdə baş verən boşalma ərzində qaz işiq lampasının elektrod(2) qıza bildiyindən lampa yanır. Lampanın civə buxarları və qazından elektrik boşalması yaranır. Bu halda lampanın borusunda olan qaz işildamağa başlayır, qismən görünən bənövşəyi işiq və xeyli çox görünməyən ultrabənövşəyi şüalar saçır. Bu görünməyən şüalar boru divarının daxili səthinin örtüldüyü luminafora düşərək tərkibi gündüz işığına yaxın görünən işığa çevrilir. Elə buna görə də qaz-işiq lampalarına **gündüz-işığı lampaları** deyilir. Qaz işiq lampaları gözə xoş gələn bərabər işiq verir. Belə lampalar adi közərmə lampalarından iki dəfə qənaətlidir və işləmə müddəti 4-5 dəfə çoxdur. Borunun uzunluğu və diametri nə qədər çoxdursa, lampanın gücü də o qədər çox olacaqdır. Belə lampalar yaşayış binalarını, müəssisələri, küçələri, mədəni və məişət idarələrini işıqlandırmaq üçün getdikcə daha çox istifadə olunur. Kənd təsərrüfatında heyvanları və quşları, habelə şitilləri şüalandırmaq üçün xüsusi qaz işiq lampalarından istifadə olunur; bu halda məhsuldarlıq yüksəlir, şitillər isə daha sürətlə boy atır.



Şəkil 236. Qaz-işıq lampası və bunun qoşulma sxemi:
1- şüşə boru; 2- elektrodlar; 3 və 4- elektrodlar

§140. STABİLİVOLT

Stabilivolt(şəkil 237) gərginliyi sabit(stabil) saxlamaq üçün geniş istifadə olunan qazboşalma lampasıdır. Stabilivolta **stabilitron** da deyilir. Bu lampa az təzyiq altında neon, arqon və helium qazlarının qatışığı doldurulmuş şüşə balondan(1) ibarətdir. Balonun içərisində nikeldən və ya poladdan hazırlanmış silindir formalı katod(2) yerləşdirilir. Stabilivoltun çubuq şəklində hazırlanan anodu(3) katodun mərkəzində yerləşdirilir. Katodun daxili səthi aktiv qatla örtülür.



Şəkil 237. Stabilivolt və stabilləşdirici düzləndiricinin sxemi

Bu müsbət ionlar katoda düşdükdə ikinci elektronlar emissiyasının xeyli çox alınması üçün lazımdır.

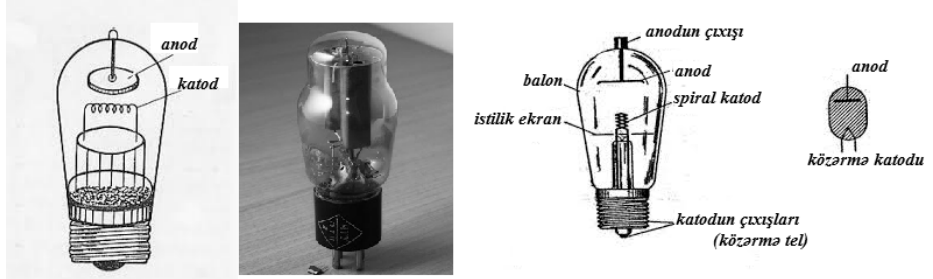
Elektrodlar lampaya sokolunun ayaqları ilə birləşdirilir. Stabilivoltu seçmək üçün əsas göstəricilər bunlardır: sabitləşdirmə gərginliyi, yandırma(alışdırma) gərginliyi, ən çox və ən az cərəyanlar. Stabilləşdirici gərginlik yandırma gərginliyindən bir qədər az (vahiddən onlarca volta qədər) olur. Məsələn, CF4C tipli stabilitron 150V gərginliyi sabitləşdirmək üçün hesablanmışdır. Ən az cərəyan 5mA, ən çox cərəyan isə 30mA qədərdir. Stabilvoldan gərginlik stabilizatoru kimi istifadə etmək üçün onu 237 ci şəkildə verilən sxem üzrə qoşmaq lazımdır. Lampaya ardıcıl olaraq məhdudlaşdırıcı müqavimət və

elektrik enerjisi mənbəyi qoşulur. Sabitləşdirilmiş gərginlik işlədilən qəbuledici stabilvolta paralel qoşulur. Stabilizatora verilən gərginlik belə paylanır: gərginliyin bir hissəsi məhdudlaşdırıcı müqavimətdə(r_m) udulur, qalan hissi isə stabilizatora gedir. Beləliklə, stabilitronu qidalandıran elektrik enerjisi mənbəyinin gərginliyi stabilitronun təmin etdiyi sabit gərginlikdən çox olmalı, stabilitronu yandırmaq üçün tələb edilən gərginlikdən az olmamalıdır. Fərz edək, elektrik enerjisi mənbəyinin gərginliyi dəyişir, stabilizatora qoşulmuş qəbuledici isə ancaq sabit(dəyişməz) gərginlikdə işləyə bilər. Gərginliyin stabilləşdirilməsi prosesini nəzərdən keçirək. Elektrik enerjisi mənbəyinin gərginliyi yüksəldikdə, stabilizatorun və məhdudlaşdırıcı müqavimətin dövrəsində cərəyan artır. Stabilitronun daxili müqaviməti bunun dövrəsindəki cərəyan şiddətinin artmasına mütənəsb olaraq azaldığından, stabilitronun sıxaclarında gərginlik sabit qalır, sabit məhdudlaşdırıcı müqavimətin sıxaclarındakı $U = I \cdot r_m$ gərginliyi isə artır. Stabilizatora qoşulmuş elektrik enerjisi mənbəyinin gərginliyi azaldıqda, dövredə cərəyan şiddəti də azalır. Bu halda stabilitronun müqaviməti müvafiq sürətdə artır və gərginlik yenidən sabit alınır, məhdudlaşdırıcı müqavimət isə azalır. Beləliklə, stabilitron normal iş rejimində onun sıxaclarına qoşulmuş işlədicidə gərginliyin sabit alınmasını-dəyişməsini avtomatik təmin edir.

§141. QAZOTRON

Qazotron, vakum kenotronu kimi dəyişən cərəyanı düzləndirmək üçün istifadə olunan qaz doldurulmuş ikielektrodlu lampadır. Qazotron(şəkil 238) inert qazla: arqon və ya ksenon-kripton qatışıqları ilə doldurulmuş şüşə balondan ibarətdir. Balonun içərisində düzünə və ya dolayı közərdilən oksid katodu və disk şəklində hazırlanmış anod yerləşdirilir. İki-anodlu qazotronlar da buraxılır. Qazotron katodu normal közərdikdə və müsbət anod gərginliyi tədricən artdıqda(10-12V a qədər), anodun dövrəsindən çox az cərəyan keçəcəkdir; bu cərəyan katoddan anoda uçan elektrodlarla yaranır. Bu elektronların sürəti kifayət qədər olmadığından, qazotron doldurulduğu qazda ionlaşma yaranma bilmir. Anodda gərginlik yüksəldikdə anod cərəyanı artır və buna görə də şiddətli ionlaşma baş verir. Bu halda anodun dövrəsində cərəyan kəskin sürətdə artır, boşalma baş verir və qazın işıqlanması

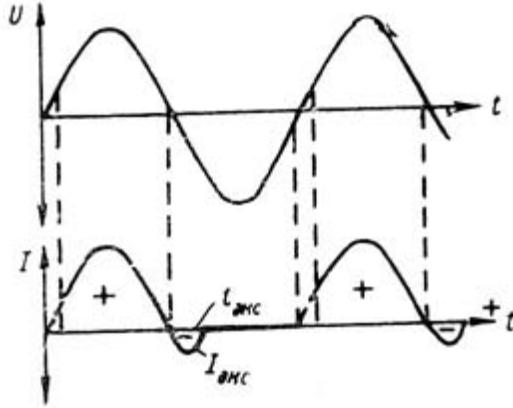
müşahidə edilir. Cərəyan artdıqda ionlaşma nəticəsində qazotrunun daxili müqaviməti azalacaqdır. Qazotron və qazdoldurulmuş digər lampalar işlədikdə müsbət yüklənmiş ionlarla bombardman edilir. İonların anod gərginliyindən asılı olan sürəti həddindən artıq çox olduqda, katod dağıla bilər.



Şəkil 238. Qazotron və onun şərti işarəsi

Buna görə də anod gərginliyinin həmin tipli qazotonda müəyyən edilmiş həddən artıq olmasına yol verilməməlidir. Katodun əvvəlcədən normal qızdırılmasını da təmin etmək lazımdır. Katodun qızdırılması zəiflədikdə onun emissiyası, habelə katod -anod aralığında elektronların və ionların miqdarı azalır. Bu isə qazotronun daxili müqavimətinin artmasına və sıxaqlarda gərginliyin yüksəlməsinə səbəb olur. Gərginlik yüksəldikdə müsbət ionların sürəti artır və katodun daha şiddətlə bombardman edilməsinə imkan yaranır; bu isə katodda aktiv oksid qatının dağılmasına səbəb ola bilər. Buna görə də qazotronu işə saldıqda əvvəlcə katodun kəzərdilməsini qoşmaq lazımdır; katod normal qızdıqdan sonra anod gərginliyini vermək olar. Kenotrona nisbətən qazotronun əsas üstünlüyü qazotonda gərginlik düşgüsünün kenotrona nisbətən xeyli az olmasıdır. Buna görə də qazotron düzləndiricilərin FİƏ-si kenotron düzləndiricilərin FİƏ-dən yüksək alınır. Dəyişən cərəyanən kenotronlarla düzləndirilməsi sxemlərini nəzərdən keçirənlər müəyyən etmişdik ki, anoddakı gərginlik mənfi olduqda lampadakı cərəyan sifira bərabər alınır. Qazotondan düzləndirici kimi istifadə edərkən (anoddakı gərginlik mənfi olduqda) **əks cərəyan** hadisəsi müşahidə olunur. Bu hadisə onunla əlaqədardır ki, anodda müsbət gərginlik sifira qədər azaldıqda, anod cərəyanı da sifira bərabər olur. Anoda mənfi gərginlik verilən vaxtda, qazotronun anod-katod boşluğunda ionların hələ uyğunlaşmamış hissəsi qalır. Qalmış bu

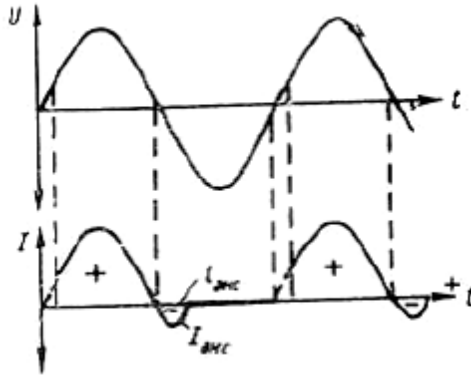
müsbət ionlar mənfi yüklü anoda, elektronlar isə bu momentdə müsbət potensialı olan katoda cəzb edilir. Beləliklə, qrafikdə t_{aks} ilə işarə olunmuş müddətdə qazotronun dövrəsindən əks istiqamətli cərəyan keçəcəkdir.



Şəkil 239. Qazotronunda əks-cərəyanın yaranmasını izah edən qrafik

Uyğunlaşma qurtaran kimi əks-cərəyan da kəsilir. Qazotronun normal iş rejimində əks-cərəyanın qiyməti çüzi olduğundan bunu nəzərə almamaq da olar. Lakin unutmamaq lazımdır ki, düzləndirilmiş gərginlik xeyli artdıqda əks-cərəyan da artır; bu halda qazotron, anoda verilən gərginliyin işarəsindən asılı olmayaraq cərəyanı hər iki istiqamətdə keçirəcəyindən lampanın düzləndirmə xasəsi ilə bilər. Qazotronu bu göstəricilərə görə seçirlər: katodun közərmə gərginliyi, düzləndirilən cərəyanın qiyməti, anod və katod arasında əks gərginliyin amplitudu, kabelə qazotron ölçüləri.

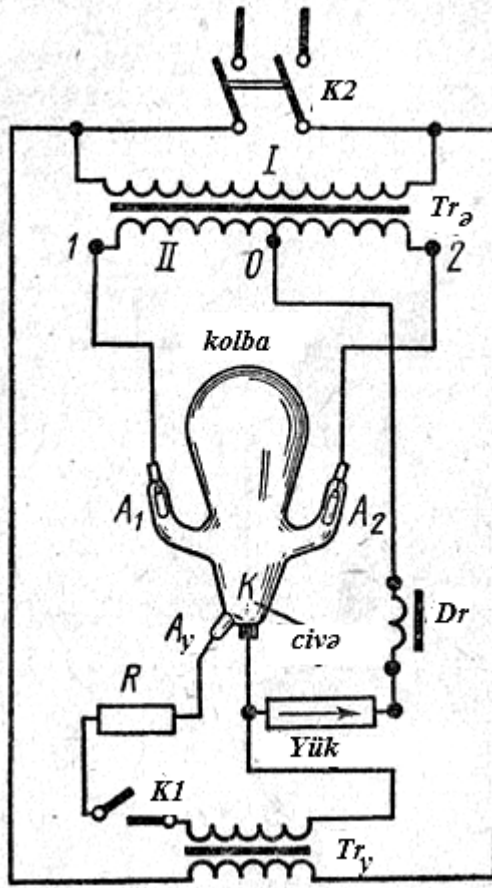
Məsələn, alçaq gərginlik düzləndiricilərində geniş istifadə edilən BГ-176 tipli qazotronun göstəriciləri belədir: közərmə gərginliyi- 2. 5 V, közərmə cərəyanə - 11 A, əks gərginlik amplitudu - 150 V, düzləndirilmiş cərəyan- 6A, qazotronun hündürlüyü- 210 mm, diametri- 97 mm. Qazotronlar, kenotronlarda olduğu kimi, dəyişən cərəyanın biryarımperiodlu və ikiyarımperiodlu düzləndirilməsində istifadə edilir.



Şəkil 239. Qazotronda əks cərəyanın yaranmasını izah edən qrafik

§142. CİVƏLİ DÜZLƏNDİRİCİ

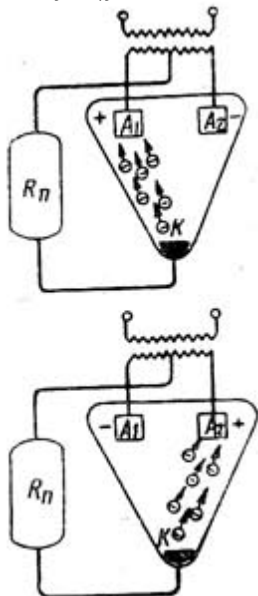
Civəli düzləndiricinin işi ilk dəfə olarsaq V. A. Voloqodin tərəfindən düzəldilmiş kolbada avtoelektron emissiyasından və civə buxarı qazının ionlaşmasından istifadə edilməsinə əsaslanır. Civəli düzləndiricilər iki cür olur: şüşə və metal. Birfazlı civəli şüşə düzləndiricinin içərisindən hava çıxarılmış molibden şüşə kolbası vardır(şəkil 240). Kolbaya iki ədəd polad və qrafit elektrod(A1 və A2) lehimlənmişdir. Bu elektronlar düzləndiricinin əsas anodları olur. Kolbanın alt hissəsi düzləndiricinin katodu olan civə ilə doldurulmuşdur. Şüşədə bərkidilmiş metal çubuq civəyə daldırılır. Bu çubuğun yanında çökək yer düzəldilmişdir: buraya da civə doldurulur. Yandırma anodu Ay bu çökəkdə yerləşdirilir. A1 və A2 anodları əsas transformatorun(Tr_s) ikinci dolağının uclarına birləşdirilmişdir. K katoduna yük qoşurlar. Yüklənmənin ikinci məftili Tr_s transformatorunun ikinci dolağının orta O nöqtəsinə drossel Dr ilə birləşdirirlər. Dəyişən cərəyanı düzləndirmək üçün civəli düzləndiricini təsirləndirmək lazımdır. Bu məsələdə K1 və K2 kəsən açarları qoşub, dəyişən gərginliyi əsas transformatora(Tr_s) və yardımçı transformatora(Tr_y) verirlər. Sonra kolbanı ehtiyatla elə əyirlər ki, katodun civəsi Ay yandırma anodunun civəsi ilə birləşsin.



Şəkil 240. Civəli şüşə düzləndiricinin prinsipial sxemi

Bu halda cərəyan yardımçı transformatorun(Tr_y) ikinci dolağındakı gərginliyin təsiri ilə kəsən açardan($K2$), müqavimətdən(R), yandırma anodundan(A) və katoddan(K) keçir. Kolbanı öz əvvəlki vəziyyətinə qaytardıqda katodu(K) əhatə edən civə və yandırma anodu(A_y) arasında kontakt kəsilir və bu yerə qövs alınır, katodun civəsində isə çox qızmış kiçik parlaq katod ləkəsi yaranır. Bu ləkə civənin buxarlanma yeri olur. Bununla bərabər civə səthinin yaxınlığında yüksək gərginlikli elektrik sahəsi yaranır və bu sahə sərbəst elektronları civənin səthindən qopardır. Buna *avtoelektron*(və ya elektrostatik) *emissiyası* deyilir. Katoddan

qopardılmış bu elektronlar, həmin momentdə katoda nisbətən müsbət potensialı olan anodlara tərəf uçar(şəkil 241).



Şəkil 241. Düzləndiricinin kolbasında qövsün düzləndirmə təsirinin sxemi

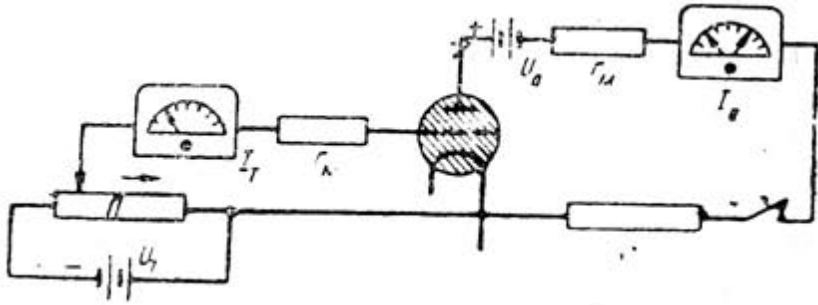
Elektronlar öz yolunda civə buxarının molekulları ilə toqquşaraq bunları ionlaşdırır, yəni bunlardan elektronlar qopardır və bu molekulları müsbət ionlara çevirir. Katoda dəyən müsbət ionlar katod ləkəsi temperaturunun yüksək qalmasına kömək edir. Asanlıqla başa düşmək olur ki, düzləndiricinin kolbasındakı hərəkət edən elektronlar selindən v civə ionlarının əks istiqamətdə hərəkət edən selindən ibarətdir. Transformatorun ikinci dolağının uclarında gərginliyin dəyişməsi nəticəsində anodda potensial dəyişdikdə(müsbət potensial əvəzinə mənfi potensial yarandıqda), kolbadakı qövs həmin momentdə müsbət potensialı olan anoda keçir və beləliklə də katodu növbə ilə anodlardan biri ilə birləşdirir. Bu halda qövs praktiki olaraq yüklənməni transformatorun ya bir, ya da digər hissəsi ilə birləşdirən ətalətsiz çevirgəcə çevrilir. Tutaq ki bir yarımperiod ərzində(240 cı şəkil) transformatorun(Tr_s) ikinci dolağından kolbanın anodunda verilən gərginlik A1 anodunda müsbət, A2 anodunda isə mənfi

işarəlidir. Bu halda cərəyan, transformatorun ikinci dolağının 1 nöqtəsindən A1 anodu, katod, yüklənmə(oxla göstərilmiş istiqamətdə), drossel, ikinci dolağın orta nöqtəsi və bu dolağın sağ yarım hissəsi ilə 2 nöqtəsində(mənfiyə) keçəcəkdir. Mənfi potensialı olan A2 anodundan isə cərəyan keçməyəcəkdir. İkinci yarımperiod ərzində kolbanın anodlarında gərginlik dəyişəcəkdir. Bu halda cərəyan transformatorun(Tr) ikinci dolağının 2 nöqtəsindən A2 anodu, katod yüklənmə, drossel, ikinci dolağın orta nöqtəsi və bu dolağın sol yarımhissəsi ilə 1 nöqtəsinə(müsbətə) keçəcəkdir. Sonrakı yarımperiodlar ərzində proses təkrar olunacaq və düzləndirilmiş cərəyanın yüklənmədə istiqaməti dəyişəcəkdir. Belə civəli düzləndirici dəyişən cərəyanı ikiyarımperiodlu düzləndirir. Civəli şüşə düzləndiricilər müxtəlif gərginlik(15000 V-a qədər) və müxtəlif cərəyanlar üçün hazırlanır. Çox güclü dəyişən cərəyanı düzləndirdikdə civəli düzləndiricilərdə xeyli istilik ayrılır. Buna görə də güclü düzləndiricilərdə kövrə və davamsız kolba əvəzinə metal kolbadan istifadə olunur. Civəli metal düzləndiricinin əsas detalları: anodlar, katodlar, yandırma anodu və s. şüşə düzləndiricidəki eyni işi görür. Bu düzləndiricinin də sxemə iki: əsas və yardımçı transformatorla qoşurlar. Metal düzləndiricidə su soyuducusu, habelə qaz buraxmayan araqaatı qoyulmasına baxmayaraq, izolyatorlar qurğusu gövdəsinə sızan havanı çıxartmaq üçün nasos qurğusu vardır. Metal düzləndiricilər yüksək gərginlik və müxtəlif cərəyanlar üçün çox böyük güclü hazırlanır. Belə düzləndiricilər üç fazalı şəbəkədən qidalandığından çoxfazlı olur. Elektrikləşdirilmiş dəmir yolları, şəhər tramvay şəbəkələri və metropolitenə belə güclü civəli düzləndiricilərdən sabit cərəyan alır.

§143. TİRATRON

Müxtəlif avtomatlaşdırma qurğularında idarə edilən ion cihazı tiratronun geniş istifadə olunur. Titatron inert qazlar qatışıqlı doldurulmuş trioddan ibarətdir. Tiratronun şüşə balonunda anod-katod və idarəedici elektrod-tor yerləşdirilir. Katod elektrik cərəyanı, ilə qızdırılır, anoda müsbət gərginlik verilir. Tiratronun toruna mənfi gərginlik verilir ki, bu da katod-tor aralığında elektronları saxlayır(bağlayır). Tiratronun toru triodun torundan fərqli olaraq anod

cərəyan şiddətini dəyişməyə imkan vermir. Tiratronun kolbasında qaz olduğundan torla açmaq-tiratronu yandırmaq mümkündür, söndürmək isə olmur. Tiratronu yandırdıqdan(alışdırdıqdan) sonra tor öz idarəedici xassəsini itirir. Fərz edək ki, Π potensiometri vasitəsi ilə tiratronun toruna(şəkil 242) çox böyük mənfi potensial verilmişdir, anodda isə katoda nisbətən müsbət U_a potensialı vardır. Torun elektrik sahəsi elektronların anoda hərəkət etməsinə mane olacaqdır. Torda bağlayıcı mənfi gərginliyin tədricən azaldılması(potensiometrin sürüngəcini sağa hərəkət etdirməklə) tiratron anodunun dövrəsində azacıq cərəyan yaranmasına səbəb olacaqdır. Bu gərginliyin sonrakı azalması, xeyli miqdarda elektronun çox böyük sürətlə anoda doğru hərəkəti ilə nəticələnəcəkdir. Bu elektronlar isə öz yolunda qazın atomlarını ionlaşdıracaqdır. Qazın ionlarının sürəti anod və katodun elektrik sahəsi ilə daha da artırıldığından, neytral atomlara toqquşduqda daha çoxlu miqdarda yeni ionlar törədəcəkdir. Belə selvari ionlaşma nəticəsində anod cərəyan şiddəti sıçrayışlarla artır və tiratron alışır.



Şəkil 242. Tiratronun işi izah edən sxem

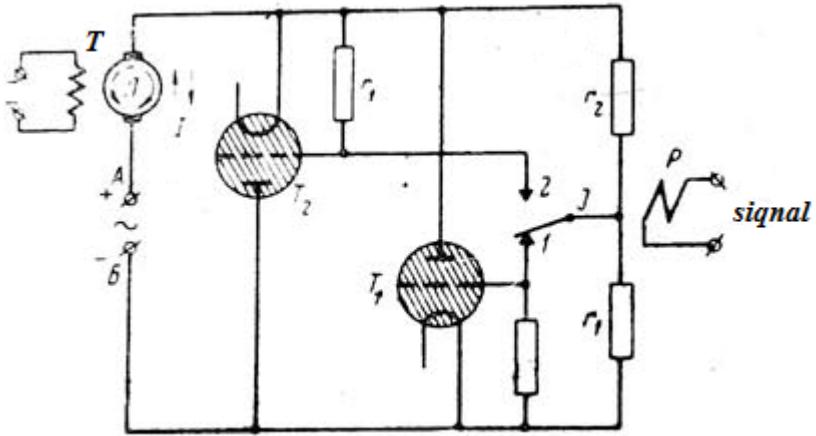
Cərəyan şiddətini məhdudlaşdırmaq üçün anodun dövrəsinə r_M müqaviməti qoşulur. Tiratronun yanma və onda elektrik boşalması yaranması momentindən sonra tor öz idarəedici xassəsini itirir. Bu onunla əlaqədardır ki, torun mənfi yükü torun təsirini neytrallaşdıran müsbət ionlar örtüyü ilə əhatə edilir. Tiratronda boşalmanı iki yolla dayandırmaq olar: anod gərginliyini azaltmaqla və ya anodun dövrəsinə kəsməklə. 0, 1-1 milli saniyə davam edən müddət ərzində lampada rekombinasiya prosesi baş verir və bundan sonra tor yenidən idarəedici xassəsini bərpa edir. Tiratron torunun dövrəsində tor cərəyanı yaranır: tor cərəyanı yaranması arzu olunmayan haldır. Bu cərəyan elektronlarla

və müsbət yüklənmiş ionlarla yaradılır. Torda da gərginlik müsbət olduqda tor elektronları özünə cəlb edir və bütün dövrəsində elektron cərəyanı yaranır. Tordakı gərginlik mənfi olduqda isə müsbət ionların müəyyən miqdarı tora cəlb edilir və torun dövrəsində ion-tor cərəyanı yaranır. Tordakı gərginlik mənfi olduqda isə müsbət ionların müəyyən miqdarı tora cəlb edilir və torun dövrəsində ion-tor cərəyanı yaranır. İonların kütləsi elektronların kütləsindən böyük olduğundan, ionlar daha hərəkətli olur və buna görə də torun dövrəsində elektron cərəyanı ion cərəyanından artıq alınır. Faydasız tor cərəyanını məhdudlaşdırmaq üçün torun dövrəsinə məhdudlaşdırıcı müqavimət qoşurlar. Praktikada müxtəlif markalı tiratronlardan istifadə olunur. Tiratronlar bir-birindən bu xassələrinə görə fərqlənir: közərmə gərginliyi, elektrik boşalması yaranması gərginliyi, torun ən böyük mənfi qapanma gərginliyi, közərmə cərəyanı, anodun orta cərəyanı, katodun qızdırılma müddəti, torun dövrəsindəki müqavimət və tiratronun ölçüləri. Məsələn, rele və çevirmə qurğularında istifadə olunan düzünə közərmə oksid katodlu TF1-2, 5/4 tipli tiratronun əsas göstəriciləri bunlardır: anod cərəyanının orta qiyməti- 2, 5A, közərmə gərginliyi- 5V, elektrik boşalması yaranması gərginliyi- 140V, torun ən çox mənfi gərginliyi- 16V, közərmə cərəyanı- 12A, qızdırılma müddəti- 1 dəq, torun dövrəsinə qoşulmuş müqavimət- 0, 001 : 0, 1 MOm, tiratronun uzunluğu- 256 mm, diametri- 85 mm.

Sabit cərəyan mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək- mühərriki reversləmək üçün tiratronun tətbiqi sxemini nəzərdən keçirək(şəkil 243).

Mühərrikin idarə olunması sxeminə iki tiratron qoşulmuşdur: T1 və T2. Bu tiratronlar, tordakı gərginlik katoda nisbətən müsbət olduqda yanır(cərəyanlı keçirir). Mühərrikin təsirləndirmə dolağı(T)sabit cərəyanla qidalandırılır. II lövbərinin dolağına cərəyan A-B sıxaclarından ya tiratronun biri, ya da o birisi ilə verilir. Elektrik mühərrikinin lövbərində cərəyan istiqamətinin dəyişməsi lövbərin fırlanma istiqamətinin dəyişməsinə səbəb olur. Lövbərin dolağından keçən cərəyanın istiqaməti və tiratronların yanması kontakt yayının(J) vəziyyətindən asılıdır. B yay mühərriki reversləmək tələb olunduqda 1 və ya 2 kontaktı ilə birləşdir. Kontakt yayı(I) mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək tələb olunduqda elektromaqnit relesini(P) cərəyan impulsu-siqnalı daxil olarkən bu və ya digər vəziyyəti tutur. Tutaq ki, P relesinin kontakt I yayı 1 kontaktının yanındadır. Bu halda

A sıxacında müsbət olduğda T1 tiratronun torunda müsbət potensial vardır: bu r müqavimətlərinin uclarından daxil olur və tiratron alınır. Mühərrik lövbərinin dolağına cərəyan belə bir dövrə ilə daxil olur: A sıxacı, lövbərin dolağı, T1 tiratronun anodu, katod və elektrik enerjisi mənbəyinin B sıxacı. Bu momentdə T2 tiratronu qapanır. P releinin dolağına impuls(reversivləmə signalı) verildikdə rele işə düşür və 1 yayı 2 kontaktının dövrəsini qapayır. B sıxacında müsbət olduğda T2 tiratronun torunda müsbət potensial alınacaqdır; bu, r2 müqavimətlərinin sıxaclarından daxil olur və tiratron alışır.

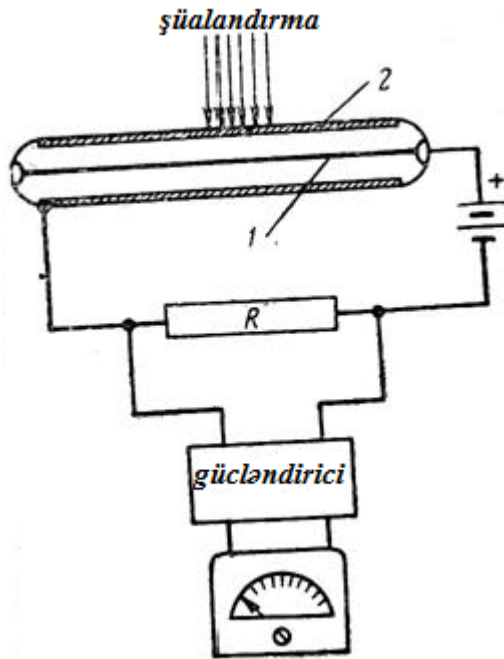


Şəkil 243. Tiratronlardan istifadə etməklə mühərrikin reversivlənməsi sxemi

Lövbərin dolağından cərəyan bu tiratronla belə bir dövrə ilə keçəcəkdir: B sıxacı, T2 tiratronun anodu, katod, lövbərin dolağı, A sıxacı. Birinci halda mühərrik lövbərinin dolağında cərəyan bir istiqamətdən, ikinci halda isə buna əks istiqamətdə, keçmişdir. Beləliklə, tiratronun vasitəsi ilə relye signalla təsir etməklə mühərrik avtomatik reversivlənəcəkdir.

§144. RADİOAKTİV ŞÜALANMANIN QAZBOŞALMA SAYĞACI

Radioaktiv şüalanma mənbələrindən istifadə etməklə müxtəlif istehsalat proseslərinin avtomatik nəzarəti geniş tətbiq olunduğundan, bu şüalanmanı qeyd edən qazboşalma sayğacı da geniş yayılmışdır. Bu sayğacın işi radioaktiv şüalanmanın ionlaşdırıcı təsirinə əsaslanır. Qazboşalma sayğacı(şəkil 244) iki: daxili(katod) və xarici(anod) elektrodu olan şüşə və ya metal balondan ibarətdir. Bu katod ya metal balonun özü, ya da şüşə balonun daxili səthinə çəkilmiş cərəyan keçirən təbəqədir. Anod olaraq balonun içərisində ox üzrə uzununa gərilmiş nazik metal məftildən istifadə edilir. Sayğaca 100 mm. civə sütunu təzyiqlik altında, adətən xüsusi qatışıqı doldurulur. Sayğacın içərisindəki qaz nüvə hissəcikləri ilə ionlaşmamış olduqda, sayğaca gərginlik verilməsinə baxmayaraq, elektrodların arasından cərəyan keçməyəcəkdir.



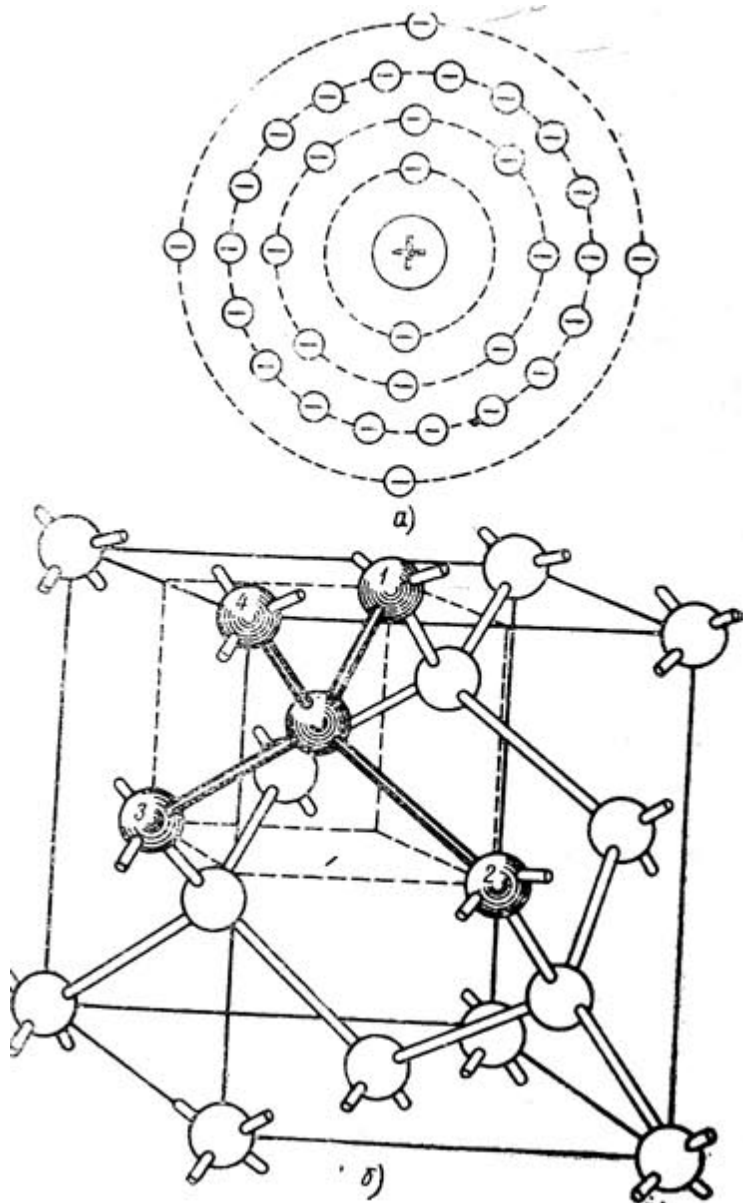
Şəkil 244. Radioaktiv şüalanmanın qazboşalma sayğacı və bunun qoşulma sxemi: 1-anod; 2- katod

Sayğacın içərisindəki qaz nüvə hissəcikləri ilə ionlaşdırıldıqda sayğacın dövrəsində elektrik cərəyanı yaranacaqdır. Sayğacın içərisindəki qazı qamma, alfa və beta şüaları rentgen şüalanması ultrabənövşəyi şüalanma ionlaşdırma bilər. Sayğacın işləməsi üçün elə rejimdən istifadə olunur ki, bu halda sayğacın dövrəsindəki cərəyan ionlaşdırıcı hissəciklərin miqdarına mütənasib olur. Bu rejimə "Geyker sahəsi" deyilir; bundan qazboşalma sayğaclarının işində istifadə olunur. Sayğaca ardıcıl olaraq 1 - 10 MOm qədər müqavimət qoşulur; bu müqavimət gərginlik impulsunun ayrıldığı yüküdür. İmpulsların tezliyi ionlaşmaya səbəb olan hissəciklərin miqdarı ilə mütənasibdir. Qazboşalma sayğacı nüvə şüalanmasını qəbul edib, elektrik impulslarına çevirir. Bu impulsar sayğacın qeydedici quruluşlarına verilir. Daxil olan impulsarın miqdarı radioaktivlik dərəcəsini xarakterizə edir. Praktikada müxtəlif şüalanmaya həssas olan müxtəlif tipli sayğaclarından istifadə edilir. Belə sayğaclar müxtəlif işlək gərginliyə hesablanır, xidmət müddəti müxtəlif(milyon impulsar qədər) olur, bir-birindən ölçüləri: uzunluğu və diametri ilə fərqlənir.

§145. YARIMKEÇİRİCİ CİHAZLAR

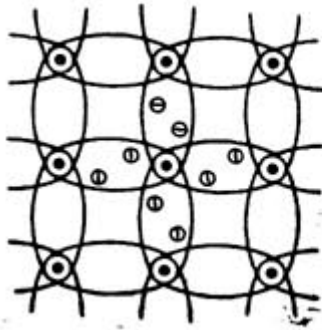
Elektronika qurğularında elektron lampaları ilə yanaşı yarımkeçirici diod və triodlardan da geniş istifadə edilir. Yarımkeçirici diod və triodların işi yarımkeçiricilərin-kristal bərk cisimlərin, fiziki xassələrinə əsaslanmışdır. Yarımkeçiricilərin quruluşunu, bunların elektrik keçirmə xüsusiyyətlərini, yarımkeçirici diod və triodların quruluşunu və tətbiqini nəzərdən keçirək:

Yarımkeçiricilərin quruluşu və elektrik keçiriciliyi. Metalların xarakterik xüsusiyyəti, bunların molekullarında sərbəst elektronlar olmasıdır. Yaxşı izolyatorda- dielektrikdə sərbəst elektronlar olmur və buna görə də cərəyanı keçirmir. Yarımkeçiricilərə bu ad ona görə verilir ki, onlar elektrik keçirmə qabiliyyəti yüksək olan metallar və cərəyanı keçirməyən izolyatorlar arasında orta yer tutur. Kristal quruluşlu bir çox bərk maddələr: metalların oksidləri, kükürlü birləşmələr, selen birləşmələri, habelə bir sıra kimyəvi elementlər: germanium, silisium, selen və. s yarımkeçiricilərə aiddir.



Şəkil 245. Germanium atomunun quruluş sxemi və bunun digər dörd atomla rəbitəsi: a- sxem; b- atomlarla rəbitə

Yarımqeçiricilərin əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, bunlarda elektrikkeçirmə xassəsi temperaturun, işıqlanmanın, təzyiqin habelə cüzi miqdarda qatışıqın olması ilə dəyişə bilər. Yarımqeçiricilərin başqa bir xassəsi isə odur ki, bunların elektrik keçirmə xassəsi nəinki mənfi yüklərin- elektronların həm də müsbət yüklərin- deşiklərin hərəkət etdirilməsi ilə əlaqədardır. İki növ elektrik keçirmənin əmələ gəlməsi mahiyyətini başa düşmək üçün germanium yarımqeçiricisinin quruluşunu nəzərdən keçirək. Germanium Mendeleeyevin dövrü sisteminin dördüncü qrup elementidir və xarici örtüyündə kimyəvi reaksiyalarda və elektrikkeçirmə proseslərində iştirak edən valentli dörd elektronu vardır(şəkil 245, a). Germanium atomlarının qalan elektronları sıxı əlaqədardır. Germaniumun hər bir atomu dörd digər atomla rabitə yaratmağa cəhd edir(şəkil 245, b) Kristalın belə bölməsində atom düz tetraedin zirvələrində olan öz qonşularından eyni məsafədə yerləşmişdir. Germanium kristalında elektrikkeçirmə prosesini izah etmək üçün 246-cı şəkildə göstərilmiş sxemi nəzərdən keçirək. Germanium atomları arasında rabitə yaranmasında hər bir atomdan bir elektron iştirak edir.

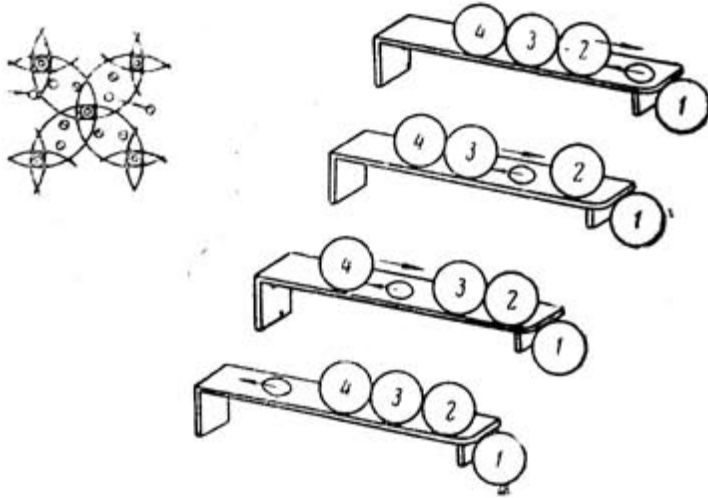


Şəkil 246. Germanium kristalında elektrik keçirmə prosesinin sxemi

Beləliklə, germanium atomu öz yaxın qonşusu ilə iki elektronla rabitə yaradır. Belə rabitəyə **ikivalentli rabitə** deyilir. 246 cı şəkildəki sxemdə elektronlar mənfi işarədi olan dairəciklərlə, bunların rabitəli iki atoma aidiyyəti isə şərti olaraq həmin atomları əhatə edən orbit ilə göstərilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, germaniumda rabitəsiz sərbəst elektronların miqdarı təxminən 10 milyard atoma bir elektron qədərdir.

§146. ELEKTRON VƏ DEŞİK KEÇİRİCİLİYİ ANLAYIŞI

Germanium kristalında atomlar arasındakı rabitəni pozsaq, elektrikkeçirmə xassəsi müşahidə ediləcəkdir. Məsələn, işıq və ya istilik bəzi elektronlara bunların atomlardan qopması üçün kifayət edəcək enerji verə bilər. Bu halda kristalda sərbəst elektronlar yaranır və bunlar qaz molekulları kimi nizamsız hərəkət edir. Belə kristalı elektrik sahəsində yerləşdirsək, sərbəst elektronlar sahə qüvvəsi istiqamətində hərəkət edəcək və kristalda elektrik cərəyanı yaranacaqdır. Sərbəst elektronlarla yaradılan elektrikkeçirmə xassəsi və yarımkeçiricinin *elektron keçiriciliyi* deyilir. Elektronlar germaniumun atomlarından qopduqda atomlarda boş yer yaranır ki, bu da digər elektronlarla tutula bilər. Belə sərbəst yerlərə deşik deyilir.



Şəkil 247. Germanium kristalında deşiklərin əmələ gəlməsi və bunların yerinin tutulması sxemi

Deşik yaranması atomun elektron itkisi ilə əlaqədardır və buna görə də deşiyin əmələ gəlmə sahəsində müsbət yük yaranır. Bununla əlaqədar olaraq deyirlər ki, deşiyin olması müsbət yükə bərabərdir. Deşiklərin əmələ gəlməsi və bunların yerinin tutulması sxemi şərti olaraq 247-ci şəkildə göstərilmişdir. Modelin maili qoyulmuş hər bir altlığında dörd deşik vardır. Bu deşiklərdə dörd kürəcik(dörd elektron) yerləşdirilmişdir. 1 kürəciyi sağa hərəkət edib, deşiyi boşaldaraq

altlıqdan düşərsə, həmin kürəciyin tutduğu deşiyə 2 kürəciyi hərəkət edəcəkdir. Bu kürəciyin boş qalmış deşiyinin 3 kürəciyi, bunu deşiyini isə 4 kürəciyi tutacaqdır. Bu sxemdən görünür ki, kürəciklər (elektronlar) eyni istiqamətdə-sağa tərəf, deşiklər isə əks istiqamətdə-sola tərəf hərəkət edir. Bundan başqa deşiyin tutulması qonşu atomda yeni deşik yaranması ilə əlaqədar olur. Yarımkeçiricidə elektronların hərəkəti nəticəsində deşiklərin yerinin tutulması və başqa deşiklərin əmələ gəlməsi mümkündür. Hər bir yeni deşiyin yaranması sərbəst elektronun yaranması ilə əlaqədardır, yəni fasiləsin olaraq elektron-deşik cütü yaranır. Deşiklərin yerinin tutulması isə öz növbəsində sərbəst elektronların miqdarının azalmasına səbəb olur. Beləliklə, elektrik sahəsində yerləşdirilmiş kristalda nəinki mənfi elektrik yükü olan elektronlar, həm də müsbət elektrik yükü olan deşiklər hərəkət edir. Bu halda deşiklərin hərəkət istiqaməti elektronların hərəkət istiqamətinə əks olur. Yarımkeçiricidə deşiklərin hərəkəti nəticəsində yaranan elektrikkeçirmə xassəsinə **deşik keçiriciliyi** deyilir.

§147. YARIMKEÇİRİCİNİN QATIŞIQ KEÇİRİCİLİYİ

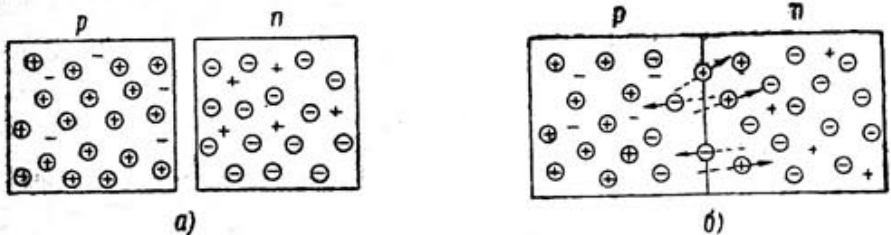
Germanium çox cüzi, lakin müəyyən miqdarda qatışıq əlavə etdikdə elektrikkeçirmə xassəsi kəskin sürətdə artır. **Donor qatışıq(aşqar)** adlanan belə qatışıqlara stibium və arsen aiddir. Bunlar atomun xarici örtüyündə beş elektronu olan beşvalentli kimyəvi elementlərdir. Asanlıqla başa düşmək olur ki, qatışıq elektronları qonşu atomlarla germaniumda olduğu kimi rabitə yaradır, həm də bu halda ancaq dörd elektrondan istifadə edilir, beşinci elektron(şəkil 248, a) artıq, zəif rabitəli olur və öz atomunda asanlıqla qopardıla bilir(enerji təxminən 0, 015 elektronvolt qədər olduqda). Qatışığın cüzi miqdarda olmasına baxmayaraq, bu halda yaranan zəif rabitəli elektronların sayı xalis germaniumdakı elektronların sayından onlarca dəfə çox olur. Beləliklə, beşvalentli qatışıqla zənginləşdirilmiş germaniumda elektrik cərəyanını sərbəst(artıq) elektronlar şəklində daşıyıcılar çoxluq təşkil etdiyindən, bunun qatışıq keçiriciliyi də elektron keçiriciliyi olacaqdır. Elektron keçiriciliyində n-keçiricilik(fıransızca negative- mənfi sözündəndir) deyilir. Germaniuma üçvalentli elementlərin atomlarını daxil etdikdə digər qatışıq keçiriciliyi xassəsi kəsb edir. Belə üçvalentli qatışıq olaraq indium götürülür. İndium atomlarının valentli üç elektronu

olduğundan germanium atomları ilə rabitə yarandıqda dörd mümkün rabitədən biri (şəkil 248, б) tam olmur və indium hər bir atomu germaniumun atomlarından dördüncü elektronu özünə birləşdirir. Bunun nəticəsində isə germaniumun atomlarında dəşiklər alınır. Beləliklə də üç valentli (akseptor) qatışıqla zənginləşdirilmiş germanium dəşiklər şəklində əsasən müsbət elektrik yükü daşıyıcısına, yəni dəşik keçiriciliyinə malik olur. Dəşik keçiriciliyinə **p- keçiricilik** (fıransızca positive- müsbət sözündəndir) deyilir. Bu deyilənlərdən aydın olur ki, yarımkeçiricinin elektrik keçiriciliyini qatışıq əlavə etməklə dəfələrlə artırmaq və ona kəskin ifadə olunmuş elektron və ya dəşik xarakteri vermək mümkündür.

§148. BAĞLAYICI TƏBƏQƏNİN YARANMASI

Elektron n- keçiricili yarımkeçirici, dəşik p- keçiricili yarımkeçiricili yarımkeçirici ilə kontaktda olduqda hansı proses getdiyini aydınlaşdırmaq.

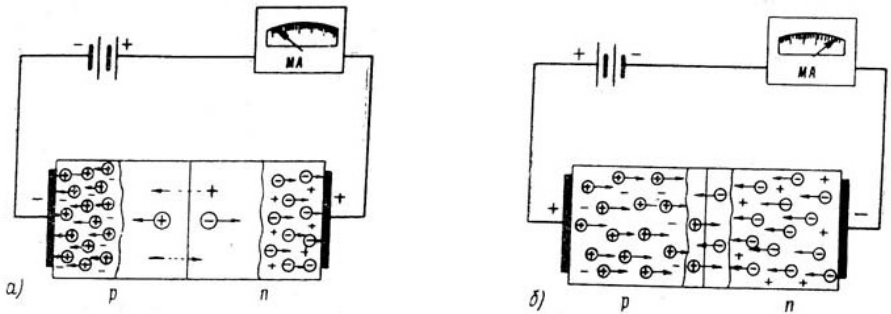
Diod adlandırılan belə yarımkeçiricilər cütünün tam kontaktda olmasını təmin etsək, səth elektronlarının bir hissəsi n- keçiricilik sahəsindən p- keçiriciliyin səth təbəqəsinə keçəcəkdir. Kontakt sərhədində elektronların miqdarı azaldığından n-keçiricili (tipli) yarımkeçiricidə müsbət yük alınacaqdır (şəkil 249). Həmin müsbət yükün sahəsi p- keçiricili yarımkeçiricinin müsbət yüklərini (deşiklərini) itələyəcək və bunlar kontakt sərhədindən yarımkeçirinin içərisinə doğru hərəkət edəcəkdir. Elektronların n sahəsindən p sahəsinə keçməsi ilə eyni vaxtda müsbət yüklərin (deşiklərin) bir hissəsi buna oxşar olaraq p- keçiricili yarımkeçiricidən n- keçiricili yarımkeçiriciyə keçəcəkdir.



Şəkil 249. p - n təbəqəsində yüklərin paylanması sxemi

Kontakt sərhədində müsbət yüklərin miqdarı azaldığından p keçiricili yarımkeçiricidə mənfi elektrik yükü yaranacaqdır. Bu yükün sahəsi n-

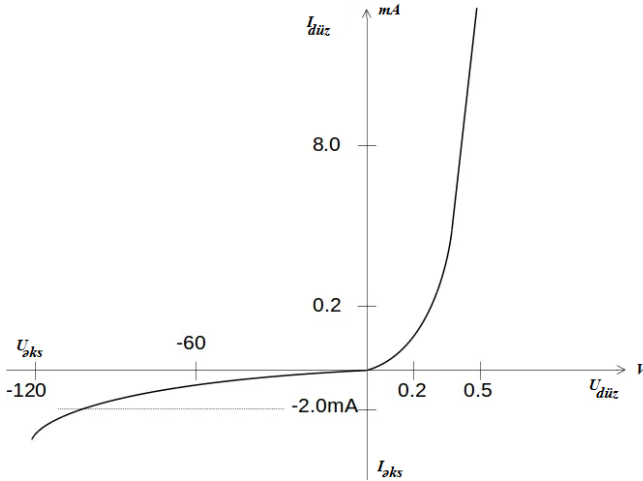
keçiricili yarımkəçiricinin mənfi yüklərini itələyəcək və bunlar kontakt sərhədindən yarımkəçiricinin içərisinə doğru hərəkət edəcəkdir. Beləliklə iki yarımkəçiricinin sərhədində yük daşıyıcıları (elektronları və deşikləri) az olan yüksək müqavimətli təbəqə yaranır. Bu təbəqəyə **bağlayıcı təbəqə** və ya **p - n keçidi** deyilir. Bağlayıcı təbəqənin elektrik sahəsi müsbət sərhəd yükündən mənfi yükə doğru yönəlmişdir. Fərz edək ki, nəzərdən keçirdiyimiz yarımkəçiricilərə elektrik enerjisi mənbəyini elə qoşurlar ki, onun polyarlığı bağlayıcı təbəqənin polyarlığına müvafiq gəlir, yəni p- keçiriciliyi sahəsinə cərəyan mənbəyinin mənfi qütbü, n- keçiriciliyi sahəsinə isə müsbət qütbü birləşdirilmişdir (şəkil 250, a). Bu halda xarici gərginliyin sahəsi bağlayıcı təbəqənin sahəsinə gücləndirəcək, elektron və deşiklər çoxlu miqdarda müvafiq olaraq yarımkəçiricinin içərisinə doğru itələnəcəkdir.



Şəkil 250. Yarımkəçirici diodun iş prinsipi: a- dioddan cərəyan keçirmir; b- dioddan cərəyan keçir

Bağlayıcı təbəqə genişlənəcək, bunun müqaviməti daha da artacaq və yarımkəçirici diodun dövrəsində elektrik cərəyanı praktiki olaraq olmayacaqdır. Lakin sürəti yüksək olan cüzi miqdarda qeyri-əsas yükdaşıyıcılar (n- sahəsindən müsbət və p- sahəsindən mənfi) bağlayıcı təbəqədən keçə biləcək və dövrdən çox az cərəyan axacaqdır; buna əks cərəyan deyilir. Dioda qoşulmuş elektrik enerjisi mənbəyinin polyarlığını dəyişdirək (şəkil 250, b). Bu halda xarici elektrik sahəsi bağlayıcı təbəqəyə qarşı yönəlib, onu zəiflədir. Bağlayıcı təbəqə daralır, müqaviməti kəskin sürətdə azalır və n sahəsindən p sahəsinə çoxlu miqdarda elektronlar keçməsi və deməli, deşiklərin əks istiqamətdə keçməsi üçün şərait yaranır. Yarımkəçirici diodu belə qoşduqda dövrdə xeyli elektrik cərəyanı yaranır; buna **düz cərəyan**

deyilir. Yarımkəçiricilərdə düz cərəyan şiddəti yarımkəçiricilərə verilən gərginliyin qiymətindən asılıdır. Kəçiriciliyi işarəcə müxtəlif olan iki yarımkəçiricinin kontaktında baş verən prosesin izahatından aydın olur ki, yarımkəçiricilərin sərhəd təbəqəsi, elektron lampasında-diodda olduğu kimi bir tərəfli kəçiriciliyə malikdir. Deməli yarımkəçiricilərə verilən düz gərginliklə yaradılmış elektrik sahəsinin bir istiqamətdə diod cərəyanı kəçirir, yarımkəçiricilərə verilmiş əks gərginliklə yaradılmış sahənin digər istiqamətində isə diodun dövrəsində cərəyan praktiki olaraq yoxdur.



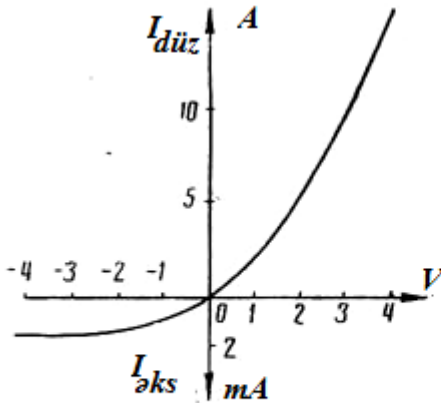
Şəkil 251. Germanium diodun xarakteristikası

251-ci şəkildə germanium diodun tipik xarakteristikası verilmişdir. Daha da əyani olması üçün düz cərəyan əyrisi(qrafikin sağ hissəsi) müxtəlif miqyaslarda qurulmuşdur. Qrafikdən görüldüyü kimi, germanium diodunun sıxaclarına 1V gərginlik verildikdə diodun dövrəsindən çox cərəyan kəçir, lakin gərginlik hətta mənfi 10, 20, 30 və 40 V olduqda diod praktiki olaraq cərəyan kəçirmir. Yarımkəçirici diodların bu xassəsindən dəyişən cərəyanı sabit cərəyanə düzləndirmək üçün istifadə olunur.

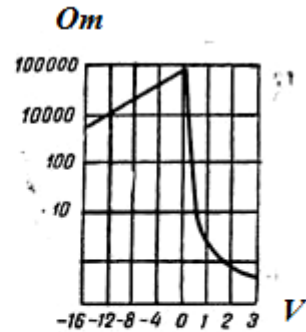
§149. YARIMKƏÇİRİCİ DİODLAR

Texnikada mis- 1- oksid(kuproks) selen, germanium, silisium və digər yarımkəçirici diodlardan istifadə olunur. Mis-1-oksidi diod(şayba)

xüsusi temik emal etməklə mis- 1- oksid(Cu_2O) təbəqəsi yaradılan mis lövhədən ibarətdir: bu təbəqənin üst səthi havanın oksigen ilə zənginləşir və deşik keçiriciliyi xassəsi əldə edir, digər tərəfdən bu təbəqəyə mis atomları keçərək elektron keçiriciliyi olan təbəqə yaranır. Beləliklə mis- 1- oksid təbəqəsinin içərisində elektron-deşik keçiriciliyi, yəni bağlayıcı təbəqə yaranır. Mis-1-oksidi ventili elektrik dövrəsinə qoşmaq üçün mis-1-oksidi boş səthinə kontakt elektrodunu-qurğuşun lövhəsini qoyub, radiator diski ilə kəp sıxır; bu disklər diodun işi zamanı ayrılan istiliyi kənar etmək üçündür. Yarımkeçirici diod -15° dən $+15^{\circ}$ -yə qədər temperaturda normal işləyə bilər. Temperaturun daha da artması düzləndiricinin xarab olması ilə nəticələnə bilər. 252-ci şəkildə mis-1-oksidi diodda düz cərəyanların(amper ilə) və əks cərəyanların(milliamper ilə) qrafiki verilmişdir.



Şəkil 252. Mis-1-oksidi diodda düz və əks cərəyanların qrafiki

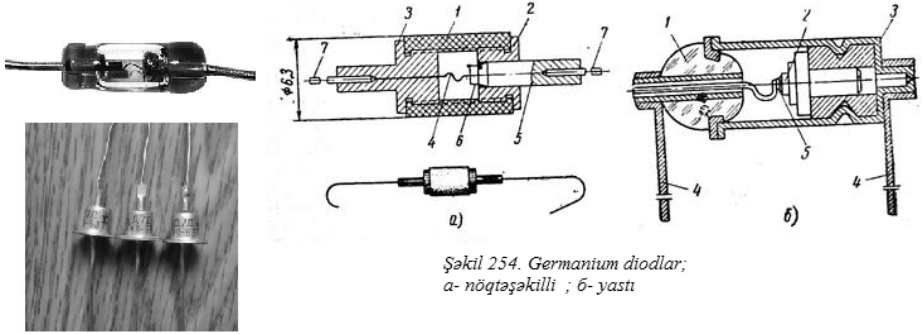


Şəkil 253. Selen diodu müqavimətinin verilən gərginlikdən asılılığı qrafiki

Bu qrafikdən aydın olur ki, diodun sıxaclarında gərginlik müsbət 1, 2, 3, 4 V həddində dəyişdikdə düz cərəyan kəskin sürətdə artır və gərginlik 4V olduqda ən böyük qiymətə çatır. Polyarlıq mənfi 1, 2, 3, 4V həddində dəyişdikdə də diodda əks cərəyan 1 - 2mA olur. Düzünə istiqamətdə keçən(mis-1-oksidi-mis) cərəyan üçün mis-1-oksidi diodun elektrik müqaviməti əks istiqamətdə keçən(mis-mis-1 oksidi) cərəyandan bir neçə yüz dəfə azdır. Mis-1-oksidi düzləndiricilərin hesablanmasında ona əsaslanırlar ki, bir düzləndirici element $U= 5V$ gərginlik verə bilər, cərəyanın yol verilən sıxlığı şaybanın işlət səthinin

1 sm^2 -nə ən çoxu 50 mA qədər olmalıdır. Müəyyən plçülü bir elementin normasından yüksək cərəyan şiddətinə və gərginliyə hesablanmış mis-1-oksüd düzləndiriciləri yığıqda, ayrı-ayrı şaybaları həm ardıcıl, həm də paralel birləşdirirlər. Yarımqeçirici diodu sxemlərdə 256-cı a şəkildə göstərildiyi kimi işarə edirlər. Burada ox işarəsi diodun elektrik cərəyanı keçirdiyi istiqaməti göstərir. Selen diod-deşik p-keçiriciliyi olan selen təbəqəsi ilə örtülmüş polad və ya nikellənmiş alüminium şaybadan ibarətdir. Selen təbəqəsinin qalınlığı təxminən 0,1 mm-dir. Düzləndiricilər istehsalında istifadə olunan selen öz kimyəvi xassələrin görə kükürdə yaxındır. Bunun rəngi qurğuşunu-boz quruluşu isə kristallikdir. Selen təbəqəsinin üzərinə əridilmiş halda qalayla kadmium xəlitəsi çəkilir. Bu halda kadmium atomlarının selenə diffuziyası nəticəsində selenin səthində elektron n-keçiriciliyi olan kadmium selen təbəqəsi yaranır. Selenlə kadmium-selen arasında bağlayıcı təbəqə yaranır. Selen diod, mis-1-oksüd dioddakı kimi birtərəfli keçiriciliyə malikdir və seləndən xəlitəyə gedən cərəyana az müqavimət göstərir. Əks istiqamətdə, yəni xəlitədən selenə doğru isə diodun müqaviməti yüksək olur. 253-cü şəkildə selen diodun cərəyanının düzünə və əksinə istiqamətlərində verilən gərginlikdən asılılığı qrafiki göstərilmişdir. Gərginlik $U=3V$ olduqda selen diodun düz müqaviməti azalır, gərginlik artdıqda isə bu müqavimət çoxalır. Verilən gərginliyi işarəsi dəyişdikdə diodun müqaviməti ən böyük qiymətinə çatır. Selen diodun bir elementinə veriləcək əks gərginlik 20 V-dur. Beləliklə, eyni qiymətli gərginliyi düzləndirmək üçün selen sütuncuğunda şaybaların sayı mis-1-oksüd düzləndiricisindəki şaybaların sayı mis-1-oksüd düzləndiricisindəki şaybaların sayından dörd dəfə az olmalıdır. Selen diodları üçün cərəyan sıxlığının ən çox yol verilən qiyməti işlək səthin, yəni selen təbəqəsi səthinin hər 1 sm^2 üçün 70 mA-dir. Düzləndirilən cərəyanın qiyməti bir element üçün yol verilən həddən artıq olarsa, şaybaları paralel birləşdirirlər; bu halda şaybaların işlək səthi artır. Bir düzləndirici elementə(şaybaya) ən çoxu 20 V-a qədər gərginlik vermək mümkün olduğundan, daha yüksək gərginliyi düzləndirmək üçün ayrı-ayrı şaybaları ardıcıl birləşdirirlər. Məsələn, iki elementi ardıcıl birləşdirdikdə bunlara $U=20 \times 2=40V$ gərginlik, üç elementi birləşdirdikdə $U=20 \times 3=60V$ gərginlik vermək olar və. s. Selen sütuncuğunda şaybaları ardıcıl birləşdirmək üçün bir şaybanın arxa tərəfini o biri şaybanın işlək səthinə kip sıxırlar və. s. Selen diodların

işləmə müddəti 20-30 min saata çatır. Selen diodların ən yolverilən qızdırılma temperaturu $+70$ dərəcə selsidir, yəni mis-1-oksidi diodların yolverilən qızdırılma temperaturundan xeyli yüksəkdir. Yarımkeçirici diodları təmiz saxlamaq, qızmasının qarşısını almaq lazımdır.



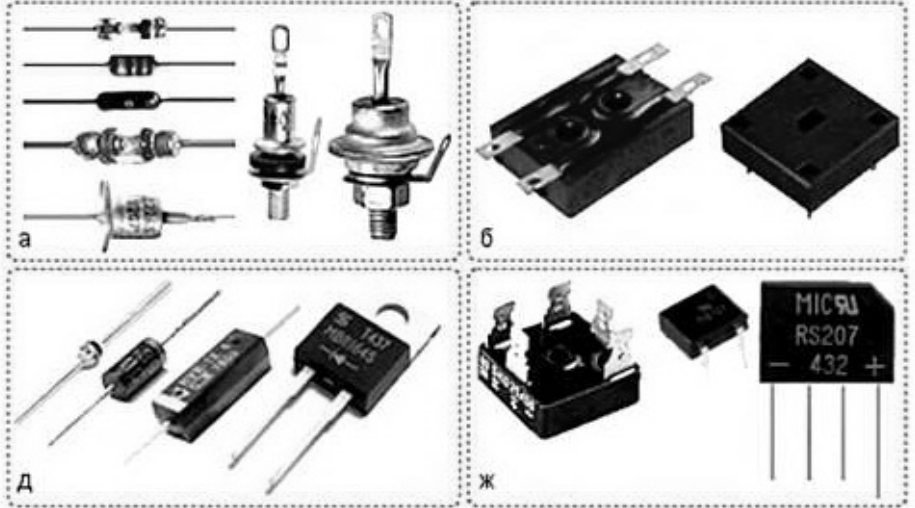
Şəkil 254. Germanium diodları;
a- nöqtəşəkilli ; b- yastı

Dioddan, hesablanmış olduğu cərəyandan artıq cərəyan götürmək məsləhət görülmür. Germanium diodları iki cür olur: nöqtəşəkilli və yastı.

Nöqtəşəkilli kontakt germanium diod (şəkil 254, a) saxsı silindirdən (1), metal kontakt tutucularından (2 və 3), kontakt yayından (4), kristal tutucudan (5), germanium kristalından (6) və çıxış naqillərindən (7) ibarətdir. Kristal elektron keçiriciliyinə malikdir, kontaktın iti ucu altında isə xüsusi emal nəticəsində dəşik keçiricili sahə yaradılır. Hazırda nöqtəşəkilli diodlar əvəzinə yastı diodlardan daha çox istifadə edilir. 254-cü b şəklində yastı germanium diodun bir konstruksiyası göstərilmişdir. Vint yivli ikibürünc nipel (1) plastik kütləyə (2) preslənir. Presləməzdən əvvəl bu nipelərdən birinə kristal (3) yapışdırılır, o biri nipelin dəşiyindən isə indiumdan hazırlanmış elektroda (5) qaynaq edilən naqıl (4) keçirilir. Bu naqılın o biri ucu nipelin qurtaracağına lehimlənir. Düzləndiricilərdə istifadə edilən D7Ж tipli germanium diodları $U=400V$ qədər əks gərginliyə davam gətirir və $I=300$ mA qədər olan düzləndirilmiş cərəyan verir. D7Ф tipli diodları isə 50 V əks gərginliyə davam gətirir və $I=300$ mA qədər olan düzləndirilmiş cərəyan verir.

Germanium diodlarının mexaniki möhkəmliyi yüksəkdir və eyni güclü selen diodlara nisbətən ölçüsü yüzlərcə dəfə kiçikdir. 255-ci şəklə fikir versək, buna asanlıqla əmin ola bilərik. Bu şəkildə solda 150 V

gərginlik və 0,6 A cərəyan üçün hesablanmış selen diod, ortada isə eyni gərginlik və 0,8 A cərəyan üçün hesablanmış germanium diod göstərilir. Şəklın sağ tərəfində 350 A cərəyan üçün hesablanmış germanium diodun xarici görünüşü verilmişdir. Germanium diodlar selen diodlardan xeyli baha başa gəlir.

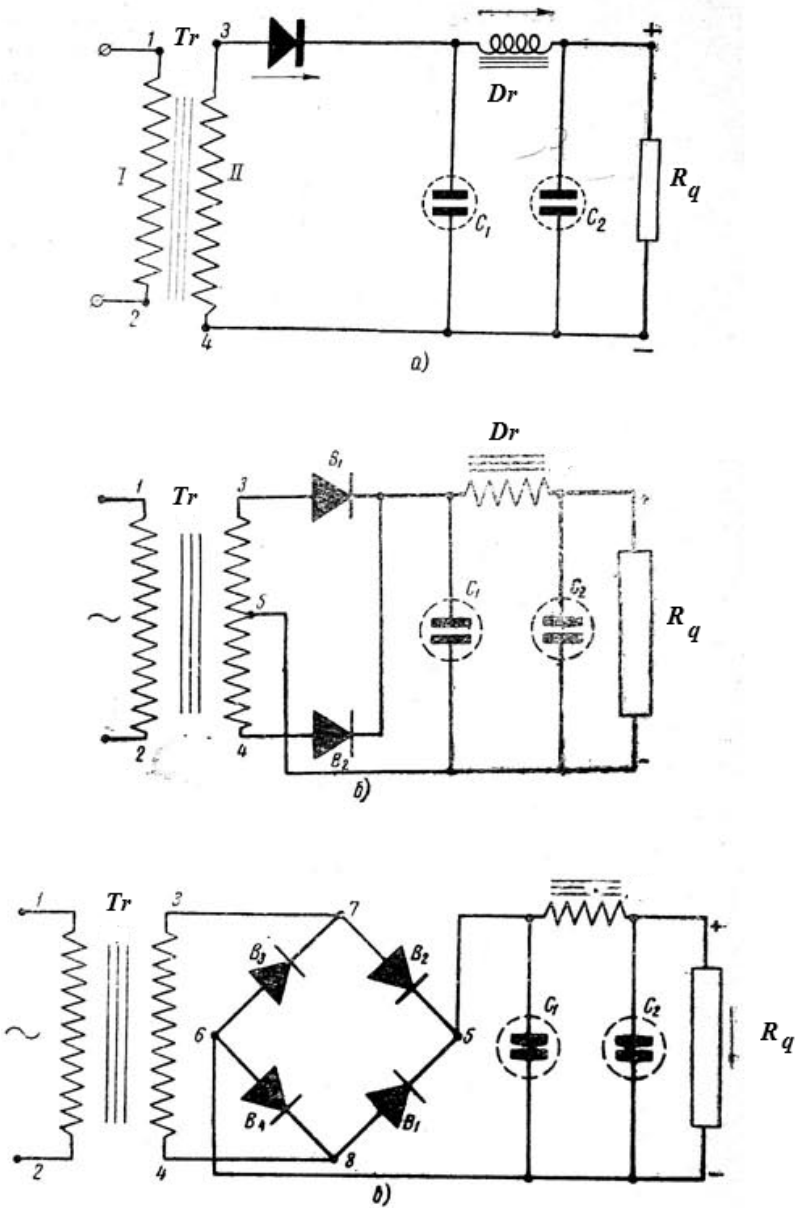


Şəkil 255. Müxtəlif ölçülü yarımkeçirici düzləndiricilər

§150. YARIMKEÇİRİCİ DÜZLƏNDİRİCLƏR

256-cı a şəklində yarımkeçirici dioddan istifadə etməklə biryarımperiodlu düzləndirmənin prinsiplial sxemi göstərilmişdir. Transformatorun(Tr) birinci dolağına dəyişən cərəyan mənbəyi qoşulmuşdur. Transformatorun ikinci dolağına ardıcıl olaraq yarımkeçirici diod və sabit cərəyan qəbul edici(R_q) qoşulmuşdur. Birinci dolağdan bir yarımperiod ərzində 1 nöqtəsindən 2 nöqtəsinə doğru dəyişən cərəyan keçir, ikinci yarımperiod ərzində isə cərəyan 2 nöqtəsindən 1 nöqtəsinə əks istiqamətdə keçir. İkinci dolağın 2 nöqtəsində 4 nöqtəsinə nisbətən müsbət potensial olduqda dioddan və cərəyan qəbuledicisindən(R_q) cərəyan sxemində oxla("+ dən "-" yə) göstərilmiş istiqamətdə keçəcəkdir. Sonrakı yarımperiod ərzində ikinci dolağın 3 nöqtəsində 4 nöqtəsinə nisbətən mənfi potensial olduqda qəbuledicidən cərəyan keçməyəcəkdir(çünki diod bir tərəfli keçiriciliyə

malikdir). Sonrakı yarımperiodlar ərzində proses təkrar olunacaqdır. İki yarımperiodlu düzləndirmənin sxemi 256-cı 6 şəklində göstərilmişdir. Transformatorun(Tr) birinci dolağına dəyişən cərəyan mənbəyi qoşulmuşdur. İkinci dolağın dövrəsinə iki ədəd düzləndirici sütun birləşdirilmişdir. Bu dolağın orta nöqtəsinə yük qoşulmuşdur. Tutaq ki, ikinci dolağın 3 nöqtəsində birinci yarımperiodda 5 nöqtəsinə nisbətən müsbət, 4 nöqtəsində isə mənfə potensial olacaqdır. Bu halda cərəyan düzləndiricidən(B_1)drosseldən(Dr) və qəbuledicidən keçərək transformatorun 5 nöqtəsinə gedəcəkdir. Belə olduqda B_2 düzləndirici cərəyan keçirməyəcəkdir. İkinci yarımperiod ərzində ikinci dolağın uclarında potensial dəyişəcək: 3 nöqtəsində mənfə, 4 nöqtəsində isə müsbət olacaqdır. Bu halda cərəyan alt düzləndiricidən(B_2) drossel və qəbuledici ilə 5 nöqtəsinə keçəcəkdir. Belə olduqda B_1 düzləndiricisi cərəyanı keçirməyəcəkdir. Sonrakı yarımperiodlarda proses təkrar olunacaq və qəbuledicidən hər yarımperiod ərzində eyni istiqamətdə cərəyan keçəcəkdir. İkiyarımperiodlu düzləndirmədə 256-cı 6 şəklində göstərilmiş körpü sistemindən də istifadə olunur. Bu sxemdə ikinci dolağın sıxaclarındakı ümumi gərginlik adi iki yarımperiodlu sxemin ikinci dolağının(iki yarım hissənin) sıxaclarındakı ümumi gərginliyin yarısına bərabərdir. Bununla əlaqədar olaraq körpü sxemi üçün transformator hazırlanmasına az material sərf edilir; transformator daha yüngül olur və ucuz başa gəlir. Transformatorun(Tr) birinci dolağı dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulur. İkinci dolağın dövrəsinə dörd diod qoşulur, 5 və 6 nöqtələrinə isə qəbuledici birləşdirirlər. Tutaq ki, birinci yarımperiod ərzində ikinci dolağın 3 nöqtəsində müsbət, 5 nöqtəsində isə mənfə potensial olacaqdır. Bu halda elektrik cərəyanı 3 nöqtəsindən 7 nöqtəsi, B_2 düzləndiricisi, 5 nöqtəsi, qəbuledici(oxla göstərilmiş istiqamətdə), 6 nöqtəsi və B_4 düzləndiricisi, 8 nöqtəsi ilə ikinci dolağın 4 nöqtəsinə keçəcəkdir. İkinci yarımperiod ərzində ikinci dolağın 3 və 4 nöqtələrində polyarlıq dəyişəcək: 3 nöqtəsində mənfə, 4 nöqtəsində isə müsbət olacaqdır. Bu halda cərəyan 4 nöqtəsindən 8 nöqtəsi, B_1 düzləndiricisi, 5 nöqtəsi, qəbuledici(eyni istiqamətdə), 6 nöqtəsi B_3 düzləndiricisi və 7 nöqtəsi ilə 3 nöqtəsinə keçəcəkdir.



Şəkil 256. Düzləndirmənin sxemi

a) bir yarımperiodlu b) iki yarımperiodlu c) körpü

Hər yarımperiod ərzində qəbuledicidən eyni istiqamətdə cərəyan keçəcəkdir. 257-ci şəkildə akkumulyatorları doldurmaq üçün istifadə

edilən selen düzləndiricinin ümumi görünüşü verilmişdir. Düzləndiricinin qabaq panelində sabit gərginliyi ölçmək üçün voltmetr, düzləndirilmiş cərəyan şiddətini ölçmək üçün ampermetr, dəyişən və sabit cərəyan dövrlərini qoşmaq və açmaq üçün elektrik açarları, akkumlyatorların müxtəlif doldurulma rejimlərində düzləndiricini işə qoşmaq üçün çevirgəc, düzləndiricinin işə qoşulmasını bildirən siqnal lampası, doldurulacaq akkumlyatorları qoşmaq üçün sıxaclar və yerlə birləşdirmək üçün sıxaclar vardır.



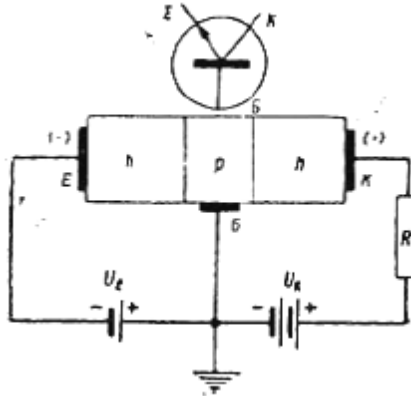
Şəkil 257. Selen düzləndirici

Düzləndiricini yarımkeçirici diodlarla hazırladıqda nəzərə almaq lazımdır ki, yarımkeçirici diod, onun sxemində sakitləşdirici süzğəc olmadan bir yarımperiodlu düzləndirmədən istifadə etdikdə nominal şiddətli düzləndirilmiş cərəyan verə bilər. Girişində kondensator qoyulmuş süzğəci olan düzləndiricidə dioddan istifadə etdikdə, normal iş rejimi, düzləndirilmiş cərəyan nominal cərəyana nisbətən 2- 2, 5 dəfə azalarkən təmin edilir. İki yarımperiodlu sxem üzrə yığılmış və hər

çiyində ardıcıl birləşdirilən bir və ya bir neçə diodu olan düzləndiricinin verdiyi düzləndirilmiş cərəyan şiddəti iki dəfə yüksək alınır.

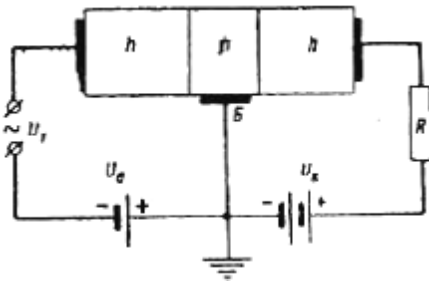
§151. YARIMKEÇİRİCİ GERMANİUM TRİODLAR

Tranzistor adlanan yarımkəçirici triodlar lampa lampa triodların yerinə yetirdiyi eyni işi görür, yəni rəqləri gücləndirir və generasiya edir. Lakin elektron lampalara nisbətən yarımkəçirici triodlar bir sıra üstünlüyə malikdir. Bunlardan birinci növbədə yarımkəçirici triodların uzun müddət işləyə bilməsini, ölçülərinin kiçik, mexaniki möhkəmliyinin isə yüksək olmasını, közərməyə enerji sərf etməsini və çox az enerji işləməsini göstərə bilərik. Yarımkəçirici triod üç sahədən təşkil olunmuş silisium və germanium lövhədən ibarətdir. İki kənar sahənin keçiriciliyi eyni tipli, orta sahənin keçiriciliyi isə əks istiqamətlidir. Orta sahəsində elektron keçiriciliyi olan triodları qısaca olaraq p-n-p tipli, orta sahəsində deşik keçiriciliyi olan triodları isə n-p-n tipli adlandırılır. Bu iki tipli triodlarda eyni fiziki proseslər baş verir. Sahələrinin adı ardıcılığı n-p-n olan yastı silisium triodun işini nəzərdən keçirək. Belə triodda(şəkil 258) elektron keçiriciliyi iki kənar sahəni deşik keçiricili orta sahədən ayıran iki elektron deşik keçidi vardır.



Şəkil 258. Yarımkəçirici triodun qoşulması sxemi və bunun şərti işarəsi

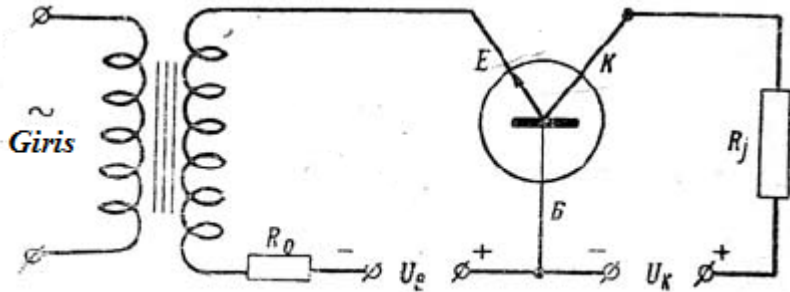
Triodun iş şəraitində sol təbəqəyə düz sabit gərginlik, sağ təbəqəyə isə əks gərginlik verilir. Elektronların çox hissəsi elektrik sahəsinin təsiri ilə bağlama təbəqəsini keçərək sol n-sahəsindən çox ensiz p-sahəsinə daxil olur. Burada elektronların çox hissəsi ikinci keçid istiqamətində hərəkətini davam etdirir. Elektronlar ikinci keçirdə yaxınlaşarkən batareyanın U_k xarici müsbət gərginliyi ilə yaradılmış elektrik sahəsinə düşür. Elektronlar bu sahənin təsiri ilə sağ n-sahəsinə tez dartılır ki, ikinci keçidin müqaviməti çox azaldığından bu da həmin batareyanın dövrəsində cərəyanın artmasına səbəb olur. Batareyanın U_c gərginliyi artdıqda sol sahədən orta sahəyə hərəkət edən və deməli, orta hissədən sağ hissəyə keçən elektronların sayı da artacaqdır. Yarımkeçirici triodun bu üç sahəsinin hər birinin öz adı vardır: elektronlar- yükdaşıyıcılar buraxan sol hissəyə *emitter*; yük daşıyıcıları toplayan sağ hissəyə *kollektor*; orta hissəyə isə *əsas* və ya *baza* deyilir. Ümumiyyətlə, belə hesab etmək olar ki, öz təyinatına görə emitter üç elektrodu lampanın katoduna, kollektor anoduna, baza isə idarəedici toruna bənzəyir. Emitterin dövrəsinə U_m dəyişən gərginliyi qoşsaq (şəkil 259), bu batareyanın U_c gərginliyi ilə "toplanıb" emitterin cərəyanını dəyişəcəkdir.



Şəkil 259. Yarımkeçirici triodun dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşulması sxemi

Nəticədə sol-emitter keçidindən sabit deyil, dəyişən elektrik cərəyanı keçəcəkdir. Emitterin dövrəsində ΔI_c cərəyanının dəyişməsi kollektorun dövrəsində ΔI_k cərəyanının dəyişməsinə səbəb olacaqdır. Lakin emitterin buraxdığı elektronların hamısı kollektora çatmadığından, bunların az hissəsi triodun orta(baza) hissəsində dəşiklərin müəyyən miqdarını doldurduğundan kollektorun dövrəsində ΔI_k cərəyanının dəyişməsi emitterin dövrəsindəki ΔI_c cərəyanının dəyişməsindən bir

qədər az olacaqdır. Kollektorun cərəyanı praktiki olaraq emitter cərəyanınının 98-99% -nə bərabərdir. n-p emitter(sol) keçidinə düz istiqamətli gərginlik verildiyindən bu keçidin müqaviməti də az olur. Sağ p-n kollektor keçidində isə əks istiqamətli gərginlik verildiyindən müqavimət yüksək olur. Bu səbəbə görə də emitterə verilən gərginlik, adətən çox az (voltage onda biri qədər) olur, kollektora verilən gərginlik isə xeyli çox (onlarca volta qədər) ola bilər. Dövrədə cərəyan şiddətinin daha az U_c gərginliyi ilə dəyişməsi nisbətən daha yüksək U_k gərginliyinin təsir etdiyi kollektor dövrəsində cərəyan şiddətini təxminən eyni cür dəyişməsinə səbəb olur. Elə buna görə də, triodda gücü artırmaq olur. Yarımkəçirici triodu olan düzləndiricinin sadə sxemi 260-cı şəkildə verilmişdir. Gücləndiriləcək signal, transformatorun girişinə verilir. Emitterin dövrəsinə transformatorun ikinci dolağı qoşulur, cərəyanı məhdudlaşdırmaq üçün isə müqavimətdən istifadə edilir. Kollektorun dövrəsinə (triodun çıxışında) yük (R_j) qoşulmuşdur. U_c batareyası düzünə istiqamətdə qoşulduğundan n-p emitter keçidinin müqaviməti az olur. U_k batareyası əksinə istiqamətdə qoşulduğundan n-p kollektor keçidinin müqaviməti xeyli yüksək alınır. Yüklənmənin R_j müqaviməti, batareyanın U_k gərginliyini müvafiq sürətdə seçdikdə, gücləndiricinin girişindəki müqavimətə nisbətən kifayət qədər çox ola bilər.



Şəkil 260. Yarımkəçirici triodla yığılmış gücləndiricinin sadə sxemi

Triod verilən signalın gücünü artıracaqdır, çünki onun girişinə verilən güc ($P_g = I_e^2 \cdot R_k$) çıxışda, yəni yüklənmədə signalın faydalı gücündən azdır ($P_j = I_k^2 \cdot R_j$). Gücün artırılması əmsalı belə olacaqdır:

$$K = \frac{P_j}{P_g} = \frac{I_k^2 \cdot R_j}{I_e^2 \cdot R_k}$$

burada, P_g - triodun girişindəki güc;
 P_j - triodun yüklənməsindəki(yükün) güc;

I_k - kollektorun cərəyanı;

I_e - emitterin cərəyanıdır;

Nəzərdən keçirdiyimiz triodun bazası emitter və kollektor dövrəsi üçün ümumi olduğundan, belə qoşulma sxeminə **ümumi bazalı sxem** deyilir. Yarımkəçirici triodun qoşulması üçün başqa sxemdən: ümumi emitterli sxemdən daha çox istifadə olunur; bu halda gücə bərabər cərəyan da artırılır. p-n-p tipli triodların n-p-n tipli triodlara nisbətən fərqləndirici xüsusiyyəti qidalandırma mənbələrinin qoşulmasında əks-polyarlıq olmasından, habelə triodlarda elektrik cərəyanını elektronlarla deyil, deşiklərlə yaradılmasından ibarətdir.

§152. FOTOELEMENTLƏR VƏ FOTORELE

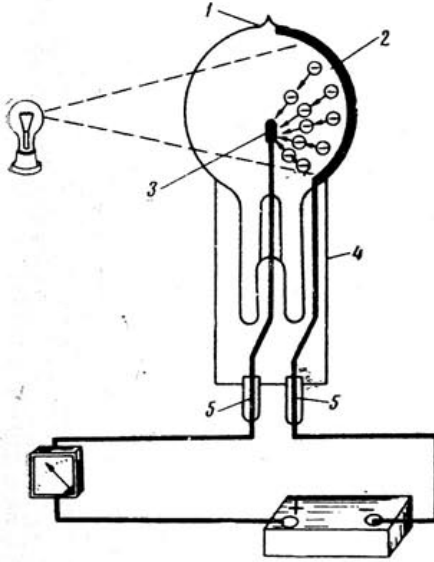
Fotoelement elə cihaza deyilir ki, orada optiki diapazonlu şüa enerjisinin təsiri elektrik xassələrinin müvəqqəti dəyişməsinə səbəb olur.

Fotoelementlər üç tipli olur:

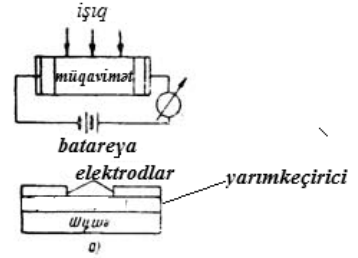
- 1) xarici fotoeffektli;
- 2) daxili fotoeffektli;
- 3) bağlayıcı təbəqəli.

Xarici fotoeffektli fotoelementlərdə işığın təsiri ilə fotokatodun səthindən xarici mühitə elektrodlar keçir. Belə fotoelementin quruluş sxemi 261-ci şəkildə göstərilmişdir. İçərisindən hava çıxarılmış şüşə kolbanın(1) daxili divarının bir tərəfinə fotokatod(2) yaxılmışdır. Kolbanın mərkəzində kiçik halqa və ya lövhə şəklində metal anod(3) bərkidilmişdir. Kolbanın plastik kütlədən sokolu(4) vardır. Fotokatoddan və anoddan gələn birləşdirici məftillərin bərkidildiyi kontakt milçələri(5) sokolun alt hissəsində yerləşdirilir. Fotoelementi panelə bu milçələrlə taxırlar. Fotoelementin işləməsi üçün anoda və katoda elektrik enerjisi mənbəyi-batareya qoşurlar. Anoda müsbət gərginlik, fotokatoda isə mənfi gərginlik verilir. Fotoelementin elektrodlarına verilən gərginliyin təsiri ilə bunun daxilində elektrik sahəsi yaranır və işıqlandırılmış fotokatodun səthindən uçub çıxan elektronlar müsbət yüklənmiş anoda yönəlir. Bu elektronlar anodun dövrəsində elektrik cərəyanı yaradır; həmin cərəyanı

qalvonometrlə (ampermetr) ölçmək olar. Daxili fotoeffektli fotoelementin quruluş sxemi 262-ci a şəklində göstərilmişdir.



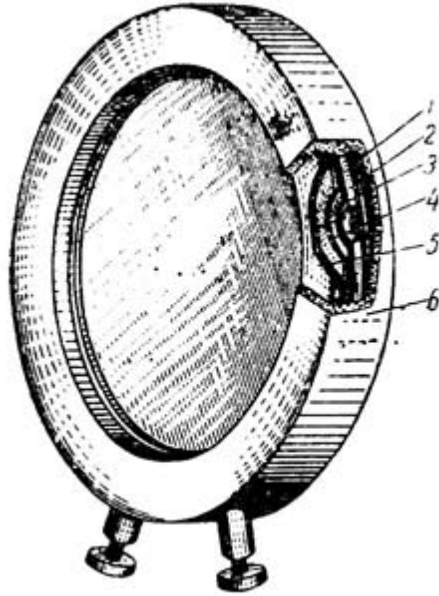
Şəkil 261. Xarici fotoeffektli fotoelementin quruluş sxemi:
1- kolba; 2- fotokatod; 3- anod; 4- sokol;
5- kontakt milçələri



Şəkil 262. Fotomüqavimətin quruluşu, qoşulma sxemi, və işıq xarakteristikası:
a- quruluş sxemi; b) işıq xarakteristikası

Belə fotoelementə **fotomüqavimət** deyilir. Fotomüqavimət, yarımkeçirici materialın (qurğuşun-sulfat, bismut-sulfat, kadmium-sulfat və. s) nazik təbəqəsi ilə örtülmüş və üzərində cərəyan keçirən elektrodlar yerləşdirilmiş şüşə lövhədən ibarətdir. Fotomüqavimətlərin işinin əsasını təşkil edən daxili fotoeffektin mahiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir. Bildiyimiz kimi, elektrik keçiriciliyi bu və ya digər materialın nə qədər yük daşıyıcısı olmasından asılıdır. Yarımkeçiricilərdə yükdaşıyıcıların miqdarı xaricdən verilən eərjinin udulması nəticəsində, xüsusilə işıq enerjisinin təsiri ilə, arta bilər. Materialda elektrik yükdaşıyıcıları miqdarının artması onun elektrik cərəyanı keçirməsi xassəsini də artırır. Buna görə də işıqlandırılan, materialın elektrik müqaviməti azalır. Fotomüqavimətləri xarici fotoeffektli fotoelementlərdən fərqləndirən xüsusiyyətlərdən biri də odur ki, xarici fotoeffektdə elektronlar işıqlandırılan materialın həddini tərk edir, daxili fotoeffektdə isə materialın daxilində qalır və beləliklə elektrik yükdaşıyıcılarının miqdarını artırır. Yarımkeçiricilərdə işıqın

təsiri ilə keçiricilik çox dəyişə bilər. Bəzi materiallarda, qaranlıqdan çox işıqlandırılmış yerə keçirildikdə müqavimət dəfələrlə azalır və fotomüqavimətlərin dövrəsində cərəyan buna uyğun olaraq dəyişir. Fotomüqavimətlərin həssaslığı 1 V gərginlikdə lumenə mka ilə qiymətləndirilir və 500-3000 mka/lm·V ola bilər; deməli, xarici fotoeffektli fotoelementlərin həssaslığından yüksək olur.



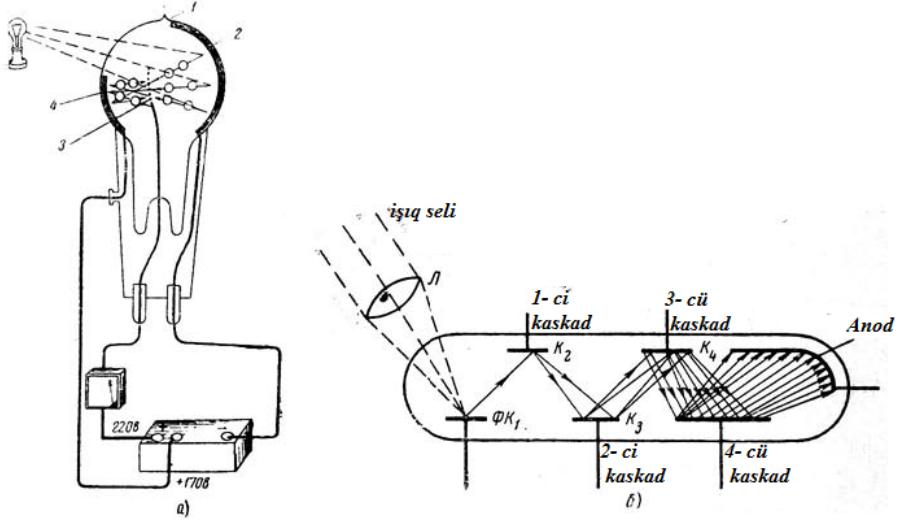
Şəkil 263. Selen fotoelementin quruluşu:

1-əsas; 2- selen; 3- bağlayıcı təbəqə; 4- metal pərdə; 5- kontakt halqası; 6- gövdə

Buna görə də bir sıra qurğularda xarici fotoeffektli fotoelementlər hazırda fotomüqavimətlərlə əvəz edilmişdir. Fotomüqavimətlərin nöqsan cəhəti odur ki, onları işıqlandırdıqda fotocərəyan öz son qiymətinə tez çatmır; bunun üçün müəyyən vaxt keçir(buna **fotoelementin inertliyi** deyilir). Bundan başqa fotocərəyan temperaturdan xeyli asılı olur(10 °C temperaturda 1 ÷ 3% dəyişir). Bu işə xarici mühitin temperaturu çox dəyişdikdə fotomüqavimətlərdən istifadə olunmasına imkan vermir. Bağlayıcı qatda fotoeffektli fotoelementlərdən birinin quruluşu 263-cü şəkildə göstərilmişdir. **Ventil fotoelementi** adlanan bu elementin polad əsası üzərində selen təbəqəsi

yaxılır və bu təbəqədə qızıldan yarımşəffaf nazik(mikronun mində biri də qədər) pərdə yerləşdirilir. Fotoelementi emal etdikdə yarımkeçirici ilə metal arasında bağlayıcı yaranır. Fotoelementin izolayasiya materialından hazırlanmış gövdəsində iki sıxac vardır. Fotoelementin işığa həssas səthinə işıq şüası düşdükdə bu şüa yarımşəffaf metal pərdədən yarımkeçirici-selenə keçərək, orada elektronları azad edir; bu isə elementin dövrəsində fotocərəyan yaranmasına səbəb olur. Selen fotoelementlərin həssaslığı yüksək: 500-600 mka/lm qədər olur. Ventil fotoelementlər hazırlamaq üçün seləndən başqa talium-sulfatdan, mis 1-oksiddən, gümüş-sulfatdan, germaniumdan və silisiumdan da istifadə edirlər. Belə fotoelementlərin ən mühüm xüsusiyyəti elektrik enerjisi mənbəyinin dövrəsinə qoşmadıqda da onların səthinə işıqlandırarkən xeyli fotocərəyan alınmasıdır. Fotoelementlərlə yanaşı fotocərəyanı daxildə gücləndirən fotoelektron cihazlar da vardır. **Fotogücləndirici** adlanan belə cihazın konstruksiyalarından biri 264-cü a şəklində göstərilmişdir. Birkaskadlı fotogücləndirici, fotoelement kimi, şüşə kolbadan ibarətdir. Bu kolbanın daxili divarına bir tərəfdən fotokatod, o biri tərəfdən isə ikinci elektronlar emiteri yaxılır. Anod, tor şəklində olur və emitterin yaxınlığında yerləşdirilir. Fotogücləndiricinin elektrodlarına gərginlik elektrik enerji mənbəyindən verilir. Fotogücləndirici üçün işlək gərginliyi elə seçirlər ki, anodda fotokatoda nisbətən müsbət potensial(məsələn, 220 V qədər) emitterdə isə az potensial(məsələn 170V-a qədər) olsun. Fotokatodu işıqlandırdıqda onun səthindən uçan birinci elektronlar anod və fotokatod arasında yaranan elektrik sahəsinin təsiri ilə, çox böyük sürətlə müsbət yüklü anoda doğru hərəkət edir. Anod tor şəklində hazırlandığından elektronların çoxu oradan keçib zərbə ilə emitterin səthinə toxunur. Emitterə düşən hər bir elektron emitterin səthindən bir neçə elektron qopardır. Belə bombardman nəticəsində emitterin səthindən xeyli çox elektron qopardır; bunların sayı emitterə toxunan birinci elektronların miqdarından 7 - 10 dəfə çoxdur. Anodda emitterə nisbətən $U = 50V$ gərginlik olduğundan və anod ona yaxın yerləşdiyindən, elektronların hamısı anoda düşür və bunun dövrəsində anod cərəyanı yaranır; anod cərəyanı fotokatoddan çıxan birinci elektronlarla yaradılmış fotocərəyandan 7 - 10 dəfə çox olur. İkinci elektronlar selini, elektrik və ya maqnit sahəsi ilə təsir etməklə növbə ilə bir neçə(20-yə qədər) emitterə yönəltmək olar. Bu halda elektronlar

seli xeyli çox dəfələrlə(10^8 – ə qədər) gücləndirilmiş olur. Fotocərəyanın belə artırılmasına **gücləndirmə** deyilir. Buna görə də həmin proses əsasında qurulmuş cihazlar **fotogücləndirici** adlandırılır.

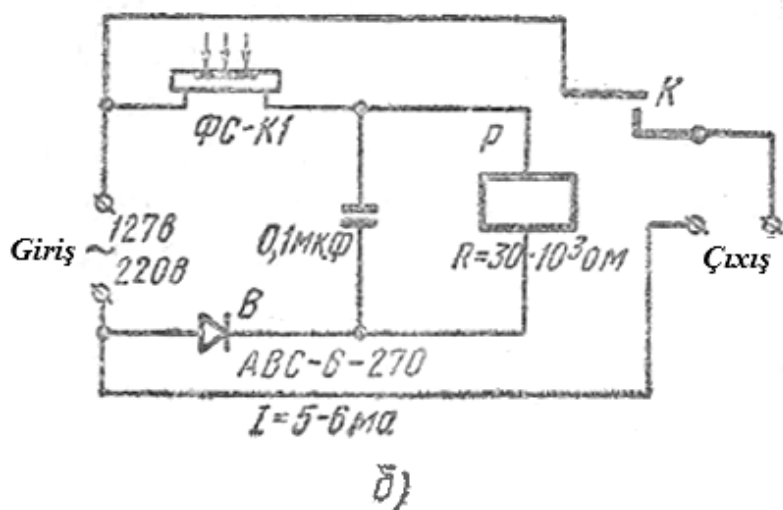
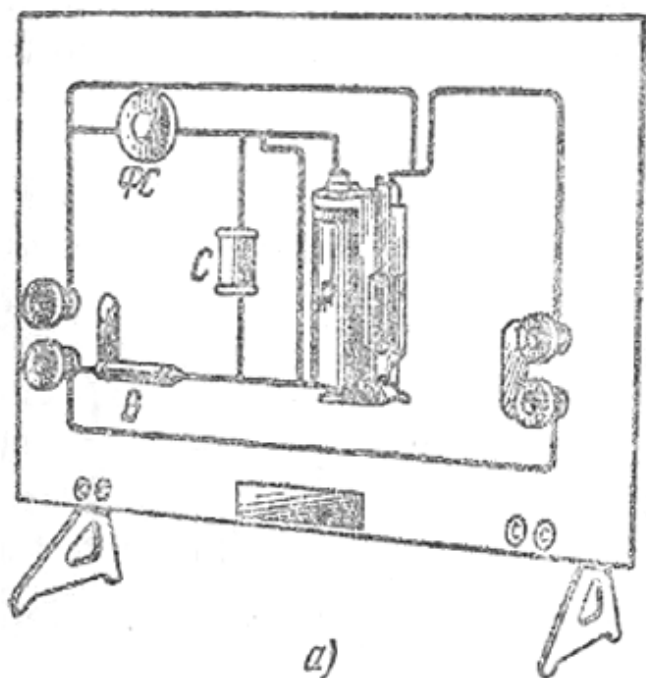


Şəkil 264. Fotogücləndiricinin quruluşu sxemi:

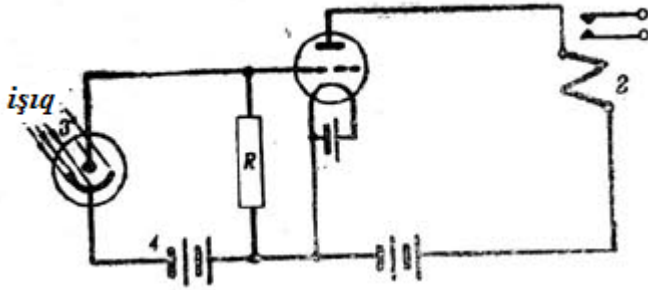
a- bir kaskadlı: 1- kolba; 2- fotokatod; 3- anod; 4- emitter; b- çoxkaskadlı

264-cü b şəklində dördkaskadlı fotogücləndiricinin sxemi göstərilmişdir. İşıq şüaları Λ linzası ilə ΦK_1 fotokatodunda fokuslandırılır. Birinci elektronlar seli bu katoddan artırılmış ikinci elektronlar seli saçan K_2 katoduna (gücləndirmənin birinci kaskadına) verilir. Bu elektronlar seli K_3 və K_4 katodları olan kaskadlarda ardıcıl sürətdə gücləndirilir və fotogücləndiricidən qidalanan elektrik dövrəsi ilə birləşdirilmiş fotogücləndiricinin anoduna yönəldilir. Fotogücləndiricilərin tətbiqi cərəyanı on milyonlarca dəfə gücləndirməyə imkan verir. Lakin bu halda hər bir qonşu emitterlər cütünün potensiallar fərqi $100 \div 200 V$ qədər olduğundan, yüksək ($1000 \div 2000 V$) gərginlik tələb edilir. Fotogücləndiricinin çıxış cərəyanı, adətən, az alınır və onlarca milliampərdən çox olmur; çünki fotogücləndirici çox böyük çıxış cərəyanı almaq üçün deyil, çox az işıq seli ilə işləmək üçündür. Fotoelementlərdən fotoreledə geniş istifadə olunur. Fotorele, adətən, fotoelementin və elektromaqnit relesinin

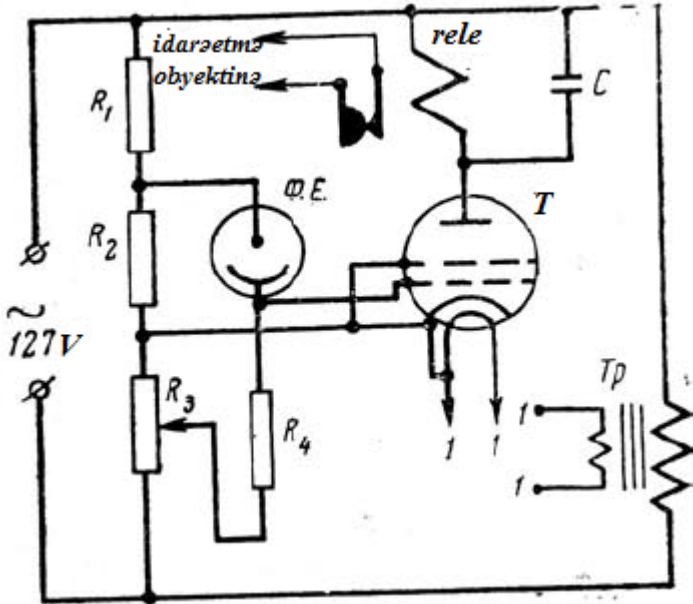
birləşdirilməsindən ibarətdir. Belə fotorelenin sxemi 265-ci şəkildə göstərilmişdir. Bu rele $\Phi C-J_1$ tipli fotomüqavimətdən, K kontaktları olan P elektromaqnit relesindən, B selen düzləndiricisindən və C kondensatorundan təşkil edilmişdir. 127-220 V dəyişən cərəyan elektrik enerji mənbəyi "giriş" sıxacına qoşulur. Fotorele ilə idarə olunan obyekt(yük) "çıxış" sıxacına birləşdirilir. Fotomüqavimət işıqlandırılmadıqda onun dövrəsində cərəyan şiddəti çox cüzi olur; çünki qaranlıqda fotomüqavimətin müqaviməti çox yüksək ($10^7 - 10^8 \text{Om}$) olur. Elektromaqnit relesinin kontaktları açılmış olduğundan idarə edilən obyektə də cərəyan keçmir- bu obyekt dövrədən açılmış olur. Fotomüqaviməti işıqlandırdıqda elektrik müqaviməti kəskin sürətdə azalır, düzləndiricidən, elektromaqnit relesinin dolağından və fotomüqavimətdən elektrik cərəyanı keçməyə başlayır. Relenin lövbəri içliyə dartılır və öz kontaktları ilə obyektin dövrəsini qapayır- obyektə qoşur. Elektromaqnit relesinin telefon tipli kontaktları böyük güc üçün hesablanmadığından, xeyli gücü idarə etmək lazım gəldikdə bu relenin kontaktları qapanaraq ikinci releni qoşur; bu relenin yayları çox böyük yükə-yüksək cərəyan şiddətinə hesablanmışdır. Fotocərəyanları artırmaq üçün bir çox hallarda lampalı gücləndiricidən istifadə olunur. Bu halda fotorele fotoelementdən, gücləndiricidən və elektromaqnit relesindən təşkil edilir. Belə fotoelektron relenin sxemi 266-cı şəkildə göstərilmişdir. Gücləndirici lampa(1) anodunun dövrəsinə elektromaqnit relesi(2) qoşulur; rele ilə idarə olunan obyekt həmin elektromaqnit relesinin kontaktlarına birləşdirirlər. Fotoelementin(3) bir ucu lampanın toruna, o biri ucu isə batareyaya(4) birləşdirilir. Fotoelementi işıqlandırdıqda R müqavimətində gərginlik düşgüsü yaranır və lampanın torunda katoda nisbətən mənfi gərginlik saxlanılır. Bu halda lampa bağlanır və anodun dövrəsində cərəyan olmur. Fotoelementin işıqlandırılması kəsildikdə lampadan anod dövrəsinə cərəyan keçməyə başlayır və rele işə düşərək obyektin dövrəsini öz kontaktları ilə qapayır. Tiratronun istifadə olunmuş fotoelektron relenin sxemi 267-ci şəkildə göstərilmişdir. ΦE fotoelementi işıqlandırılmadıqda dəyişən cərəyanın müsbət yarımperiodunda (tiratronun anoduna nisbətən) R_4 müqaviməti ilə tiratronun idarəedicisi toruna mənfi gərginlik veriləcəkdir; bu R_3



Şəkil 265. Fotorele və bunun sxemi



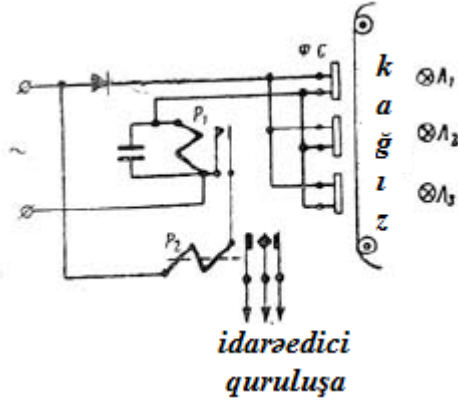
Şəkil 266. Fotoelektron relenin sxemi:
1- gücləndirici lampası; 2- elektromaqnit rele; 3- fotoelement; 4- batareya



Şəkil 267. Tiratronndan istifadə olunmuş fotoelektron relenin sxemi

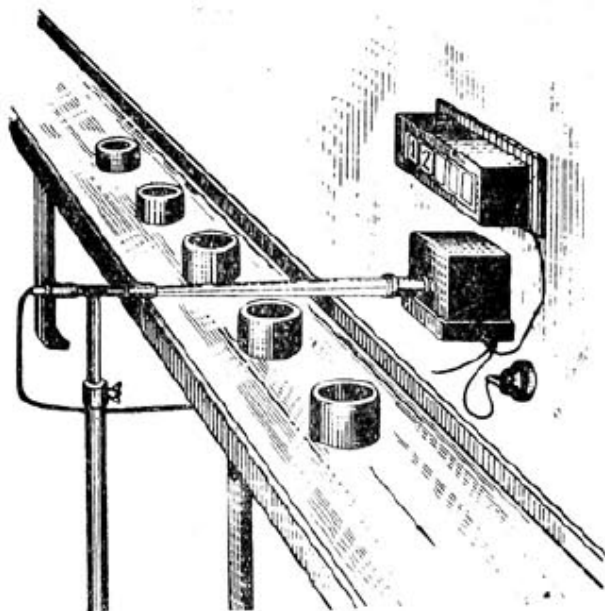
müqavimətində gərginlik düşküsi hesabına alınır. Bu halda tiratron alışmır və elektromaqnit relesinin dolacağından cərəyan keçmir. Fotoelement işıqlandırıldıqda ondan və müqavimətdən fotocərəyan keçəcəkdir. Bu müqavimətlə gərginlik düşküsi tiratronun idarəedici torunda müsbət gərginlik yaranmasına səbəb olur. Bu halda tiratron alışır və obyektə idarə edən elektromaqnit relesi işə düşür. Kağız

cırıldıqda rotasiya(çap) maşını avtomatik olaraq dayandıran fotoelektrik avtomatın sxemi 268-ci şəkildə göstərilmişdir. Avtomatın işini üç fotomüqavimət idarə edir. Avtomatın sxeminə birinci elektromaqnit relesi P1, kontaktları 1000 VA -a qədər yüklənməyə yol verən MKY-48 tipli ikinci rele P2 və üç ədəd işıqlandırma lampası qoşulmuşdur.

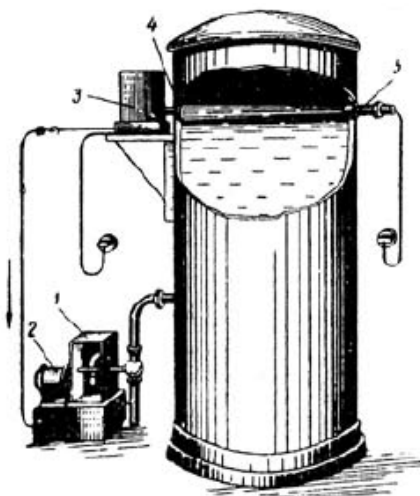


Şəkil 268. Fotoelektrik avtomatda fotomüqavimətdən istifadə olunması

Kağız cırıldıqda işıq bir və ya bir neçə fotomüqavimətə düşür. bu halda birinci reledən(P1) şiddəti kifayət qədər olan cərəyan keçir və relenin kontaktları qapanır. Nəticədə ikinci rele(P2) işə düşür; bu, rotasiya maşını mühərrikinin dövrəsini kəsir. Maşın avtomatik olaraq dayanır. 269-cu şəkildə göstərilmiş qurğudan fotoelementdən bakda, sisterndə və. s olan mayenin səviyyəsinə nəzarət etmək üçün istifadə olunur. Maye, elektrik mühərrik(2) ilə hərəkətə gətirilən nasosla(1) baka vurulur. Bakda işıq mənbəyi(5), fotoelement(4) və mühərriklə birləşdirilmiş rele sistemi(3) quraşdırılmışdır. Bakdakı mayenin səviyyəsi yüksək olduqda fotoelementə mayedən keçərək zəif işıq düşür. Buna görə də fotoelementin dövrəsindəki cərəyan şiddəti cüzi alınır. Fotoelementlə birləşdirilmiş rele mühərriki dövrdən açır və nasos dayanır. Mayenin səviyyəsi işıq selinin səviyyəsindən aşağıya düşdükdə fotoelementə parlaq işıq düşür. Bu halda relenin dövrəsində cərəyan şiddəti artır, rele mühərriki dövreyə qoşur və beləliklə baka maye vuran nasos işləməyə başlayır. Mayenin səviyyəsi yenə də yüksək olduqda, yuxarıda izah etdiyimiz kimi, rele mühərriki



Şəkil 270. Detalları hesablaşmaq üçün fotoelektrik qurğudan istifadə olunması



Şəkil 269. Maye səviyyəsinə avtomatik nəzarət etmək və onu saxlaşmaq üçün fotoelementdən istifadə olunması:
1- nasos; 2- elektrik mühərriki; 3-rele; 4- fotoelement; 5- işıq mənbəyi

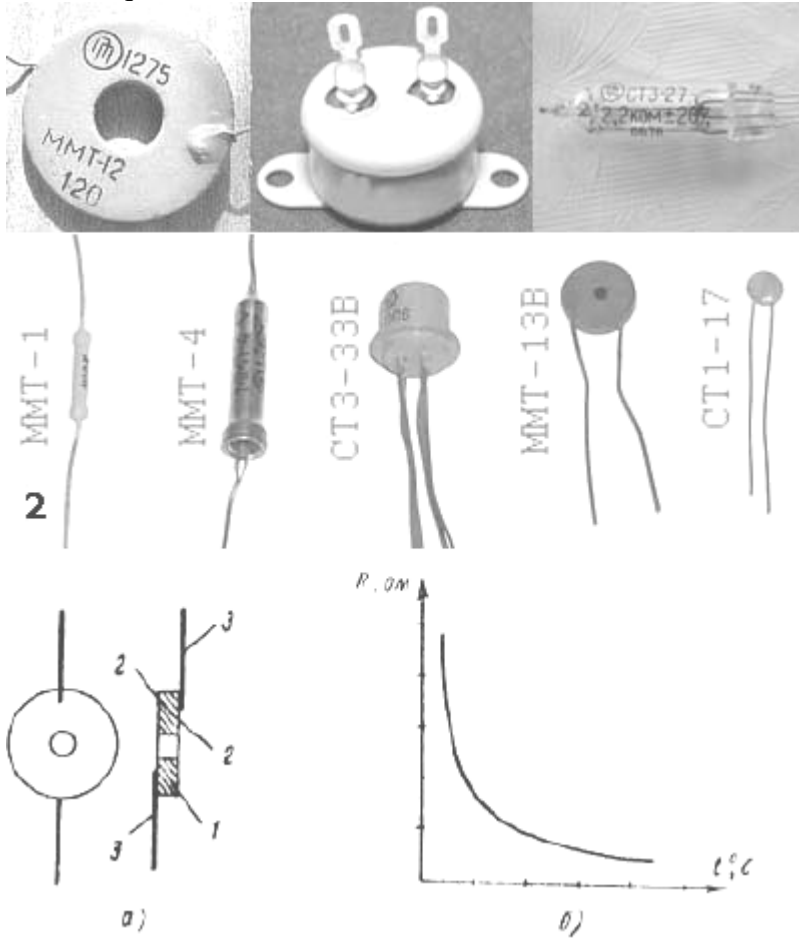
dövrədən açır. Beləliklə, bakda mayenin tələb olunan səviyyəsi avtomatik saxlanılır. 270-ci şəkildə detalların miqdarını fotoelektrik üsulu ilə avtomatik hesablayan qurğu göstərilmişdir. Işıq mənbəyinin işıq seli konveyerlə birlikdə hərəkət edən hər bir detalla kəsilir.

Bu halda fotoelementin dövrəsində cərəyan kəsilir, ya da yaranır. Bu fotocərəyan impulsları gücləndirici vasitəsi ilə elektromaqnit sayğaca daxil olur. Konveyerlə hərəkət edən detalların miqdarı bu sayğacla hesablanır.

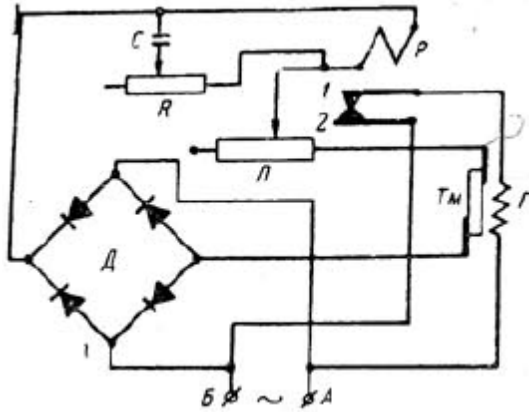
§153. QEYRİ-XƏTTİ YARIMKEÇİRİCİ MÜQAVİMƏTLƏR- TERMİSTOR VƏ VARİSTORLAR

Yarımkeçirici müqavimətlər temperaturdan və verilən gərginlikdən asılı olaraq müqaviməti çox dəyişən cihazlardır. Müqaviməti temperaturdan asılı olaraq şiddətlə dəyişən yarımkeçirici cihaza *termistor* və ya *termomüqavimət* deyilir. Termistor, temperatur həssaslığı yüksək, ölçüləri kiçik, quruluşu sadə, uzun müddət işləməsi nəticəsində getdikcə daha geniş tətbiq olunmağa başlanmışdır. Termomüqavimət, yarımkeçirici materialdan(1) preslənmiş və yüksək temperaturda bişirilmiş kiçik həb(disk- və ya başqa formada da ola bilər) şəklində hazırlanır(şəkil 271 a). Həbin hər iki ucunda gümüş elektrod(2) vardır. Bu elektrod(2) qalaylanmış elastik mis çıxış naqilləri(3) lehirlənir. Metal naqillər: mis, nixrom, nikelin və s qızdırıldıqda bunların elektrik müqaviməti artır; termistorun müqaviməti isə əksinə, qızdırıldıqda azalır. Qızdırılmış termistorun müqaviməti soyuq termistorun müqavimətindən 10-1000 dəfə az ola bilər. Termistorun hazırlandığı yarımkeçirici materialın temperatur əmsalı metalların temperatur əmsalından xeyli çox olur. Məsələn metal naqıl $0^{\circ} - \text{dən } 300^{\circ}\text{C}$ -yə qədər qızdırıldıqda bunun müqaviməti iki dəfə artır. Termistorun hazırlandığı materialın temperaturu bu qədər dəyişdikdə isə termistorun müqaviməti 100 dəfə azalır. Termistorun müqavimətinin temperaturdan asılı olaraq dəyişməsi 271-ci b şəklində göstərilmişdir. Bu qrafikdən aydın olur ki, temperatur yüksəldikcə termistorun müqaviməti qeyri-xətti azalır. Kifayət qədər yağlanmadıqda mühərrikin həddindən artıq qızması, maşın və mexanizmlərin ayrı-ayrı hissələrinin həddindən artıq qızmasını siqnal vermək üçün

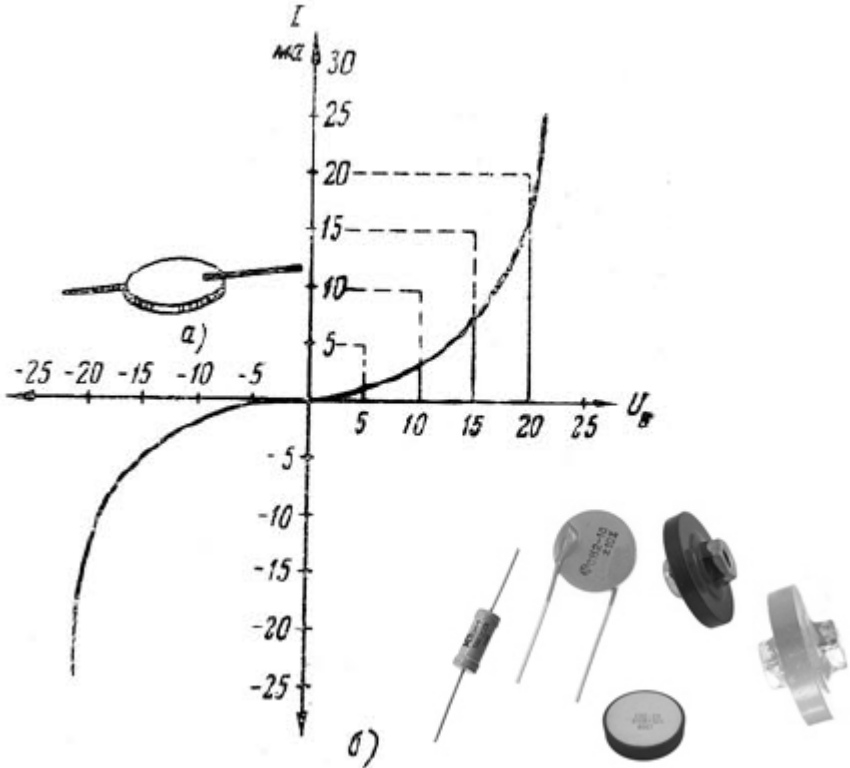
termomüqavimətdən istifadə olunur. Termomüqavimət, havanın temperaturunu və nəmliyi dəyişməyə və tənzimləməyə imkan verir. Binalarda hava həddindən artıq qızdıqda və yangın baş verdikdə signal üçün termomüqavimətdən istifadə etmək olar.



Şəkil 271. Termistorun (termomüqavimətin) quruluşu və bunda müqavimətin temperaturdan asılılığı qrafiki:
 a- xarici görünüşü; b- asılılıq qrafiki; 1- yarımkeçirici material; 2- gümüş elektrodlar; 3- çıxış naqilləri



Şəkil 272. Termotənzimləyicidə termistordan istifadə olunması sxemi



Şəkil 273. Varistor:
a- xarici görünüşü; b- volt-ampere xarakteristikası

Termomüqavimətdən kənd təsərrüfatı istehsalında torpağın nəmliyi, taxılın, tərəvəzin, kartofun və digər məhsulların saxlanması üçün tələb olunan şəraitə nəzarət etmək və saxlamaq üçün istifadə oluna bilər. Termotənzimləyicidə termistordan istifadə olunması sxemi 272-ci şəkildə göstərilmişdir. Termomüqavimətin(TM) dövrəsi körpü sxemi üzrə yığılmış selen düzləndiricisi(D) ilə dəyişən cərəyan şəbəkəsindən qidalandırılır. Termistora ardıcıl olaraq elektromaqnit reləsi(P) və potensiometr(Π) qoşulur; termistorun dövrəsinə qoşulmuş relenin işə düşməsi üçün cərəyan şiddəti bu potensiometrlə tənzim edilir. Müqavimət(R) və kondensator(C) süzgəcin elementləridir. Bu cihaz əvvəlcədən elə tənzimlənir ki, qızdırıcının(Γ) temperaturu yol verilən ən aşağı həddə olduqda relenin 1-2 kontaktları qapanır və qızdırıcının spiralından cərəyan belə bir dövrə ilə keçir: A sıxacı, Γ qızdırıcısı, 1-2 kontaktları, Б sıxacı. Temperatur artdıqca termistorun müqaviməti azalır və relenin dolağında cərəyan şiddəti yüksəlir. Qızdırıcının temperaturu müəyyən edilmiş həddə çatdıqda termistorun dövrəsində cərəyan şiddəti kəskin sürətdə artır, rele işə düşərək öz kontaktlarını aralayır, qızdırıcının qidalandırılma dövrəsi kəsilir. Bundan sonra temperatur azalmağa, termistorun müqaviməti artmağa başlayır. Elə bir moment yaranır ki, termistorun müqaviməti o qədər artır ki, relenin dolağından keçən cərəyan lövbəri saxlaya bilmir, relenin kontaktları yenidən qapanır və qızdırıcı dövrəyə qoşulur. Sonra proses avtomatik təkrar olunur və termistorlu temperatur tənzimləyicisi temperatur tənzimləməkdə davam edir.

Qeyri-xətti yarımkeçirici müqavimətin başqa bir növü *varistordur* (şəkil 273). Varistorun elektrik müqaviməti ona verilən gərginlikdən asılı olaraq qeyri-xətti dəyişir. Varistor silisium-karbid 1400 °C temperaturda bişirməklə hazırlanır. Saxsı rabitə materialı əlavə olunan üyüdülmüş silisium-karbid əvvəlcədən disk şəklində presləyirlər. Termik emal etdikdən sonra bu disklərin səthinə qaynar halda mis və ya bürünc elektrodlar çəkilir; çıxış mis naqilləri bu elektrodlara qaynaq edilir. Varistorların volt-amper xarakteristikası 273-cü b şəklində verilmişdir. Qrafikdən görünür ki, varistorlar simmetrik dəyişən müqavimətdir. Bu o deməkdir ki, varistora istənilən işarəli ən böyük gərginlik verdikdə belə ondan eyni ən yüksək cərəyan keçəcəkdir. Gərginlik olmadıqda varistordan cərəyan keçmir və bunun müqaviməti maksimal olur. Varistora verilən gərginlik artdıqca, varistorun

müqaviməti qeyri-xətti azalır, dövredə cərəyan şiddətin isə müvafiq sürətdə artır. Sənayemiz müxtəlif tipli varistorlar buraxır. Məsələn, HPC-50 tipli varistorun parametrləri belədir: nominal gərginlik- 50 V, nominal cərəyan- 0, 15 mA-dən 30 mA-ə qədər, yol verilən səpələnme gücü 1 Vt. Varistordan az güclü gərginlik stabilizatorlarında, avtomatik səs tənzimləyicilərində və digər qurğularda istifadə olunur.