

E.H.Rəhimova

ELEKTROTEKHNİKANIN ƏSASLARI

İlk peşə-ixtisas təhsili müəssisələri üçün

Dərs vəsaiti

*Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
tərəfindən 1149 sayılı 25 iyun 2012-ci il
tarixli əmri ilə təsdiq edilmişdir.*

Bakı - 2013

- Müəllif: **Esmira Hüseyn qızı Rəhimova**
ADDY Liseyinin müəllimi, Qabaqcıl təhsil işçisi
- Redaktor: **Şahlar Əsgərov**
BDU-nun professoru, fizika-riyaziyyat
elmləri doktoru
- Elmi redaktor: **Fəzail İbadov**
Təhsil Problemləri İnstitutunun İlkPeşə
Təhsilinin İnkişaf Mərkəzinin böyük elmi işçisi
- Texniki
redaktorlar: **Nazlı Zeynalova**
ADDY Liseyinin müəllimi, Qabaqcıl təhsil işçisi
Həmidova Rəna
Quba şəhər 2 saylı məktəbin riyaziyyat müəllimi
- Bədii redaktor: **Ziloy Cabbarov**
ADDY Liseyinin dərs hissə müdiri,
Qabaqcıl təhsil işçisi
- Rəyçilər: **M.İ.Murquzov**
Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi
Elmi-Metodiki Şurasının sədri, ADPU-nun prof.
Y.Q.Nurullayev
BDU-nun fizika kafedrasının prof.f.r.e.d.
A.M.Hüseynov
ATU-nin Elektrotexnika kafedrasının dosenti, t.e. n.
S.Ə.Nəbiyeva
ADDY Liseyinin direktor müavini,
texniki fənn birləşməsinin sədri

Kitabda elektrostatika, sabit cərəyan qanunları elektromaqnetizm və elektromaqnit induksiyası, birfazlı və üçfazlı dəyişən cərəyan, elektrik ölçü cihazları və elektrik ölçmələri, transformatorlar, sabit və dəyişən cərəyan elektrik maşınları, elektrik aparatları haqqında məlumat verilir.

Kitab, İlk peşə-ixtisas təhsili müəssisələrində oxuyan şagirdlər üçün dərs vəsaitidir. Bundan elektrotexnika elmi ilə maraqlananlar da istifadə edə bilər.

Giriş

Azad demokratik respublikamızda dövlətimizin texniki və iqtisadi səviyyəni yüksəltmək üçün gördüyü tədbirlərdən biri də elektrotexnika elminin inkişaf etdirilməsidir. Dövlətimizin əhalisinin elektrik enerjisi ilə təmin olunması üçün, bir çox elektrik stansiyalarından, o cümlədən külək və günəş enerjisindən də istifadə olunur.

İnanırıq ki, ən müasir elmi açıqlamalardan istifadə olunaraq, elektrotexnikanın inkişafı daha da çox olacaqdır. Təqdim olunan dərs vəsaiti geniş yazılmış fəsillərdən və praktiki laboratoriya işlərindən ibarət olub elektrotexnika fənninin həm ümumi, həm də xüsusi məsələlərini əhatə edir. Elektrostatika bölməsində maddənin quruluşunun elektron nəzəriyyəsi haqqında anlayış, elektrik sahəsi, elektrik tutumu, potensial, naqillər və dielektriklər, elektrik cərəyanı, elektrik dövrləri, Kirxhof qanunları haqqında məlumat verilmiş, elektromaqnetizm və elektromaqnit induksiya anlayışları təhlil olunmuşdur. Vəsaitdə dəyişən elektrik cərəyanının alınması, dəyişən cərəyan dövrləri, çoxfazlı dəyişən cərəyan, dəyişən cərəyan generatoru, ölçü cihazları, dövrə elementləri, transformator, asinxron mühərrikləri haqqında da ətraflı məlumat ardıcıl olaraq fəsillərdə verilmişdir. Vəsaitin sonunda verilən laboratoriya işləri və elektrotexnikadan uyğun məsələlər kursun daha da geniş mənimsənilməsi üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Elektrotexnika elektrik enerjisinin istehsalı, onun çevrilməsi, paylaşdırılması və istifadə edilməsini öyrənən elmdir. Muasir dövrdə elektrotexnikanın bir elm kimi müvəffəqiyyətlərindən biri də, texnikada elektrik və maqnit hadisələrinə əsasən, elektrotexniki qurğu və cihazların məlumatını qəbul etmək və ötürmək, temperaturunu, təzyiği, sıxlığı səviyyəni, titrəyişi öyrənmək və tənzimləməkdən ibarətdir. Elektrotexniki tədqiqatların hesabına yüksəksürətli EHM-lər yaratmaq, hərbidə, kosmosda, tibbdə, kənd təsərrüfatında, sənayedə, nəqliyyatda, rəhbərlikdə və sairədə üstünlüklər əldə etmək mümkündür. Elektrotexnika elmi bütün dünyada inkişaf etdiyi kimi, Azərbaycan da inkişafdadır. Ölkə-

mizdə 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-1"-ilk növbəsi işə başladı. Sonrakı illər ərzində elektrik enerji 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 "Azərbaşenerji" idarəsinin bazasında "Azərenerji" Acıq Səhmdar Cəmiyyətinin yaradılması iqtisadiyyatın bu sahəsinin inkişafına güclü təkan vermişdir. Ölkədə ellektroenergetika sektoruna xarici investisiyaların yönəldilməsi nəticəsində elektrik stansiyaların 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 stansiyaların inşası nəzərdə tutulmuşdur.

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

I FƏSİL

§ 1.1. Elektrik sahəsi. Yüklərin qarşılıqlı təsiri. Kulon qanunu.

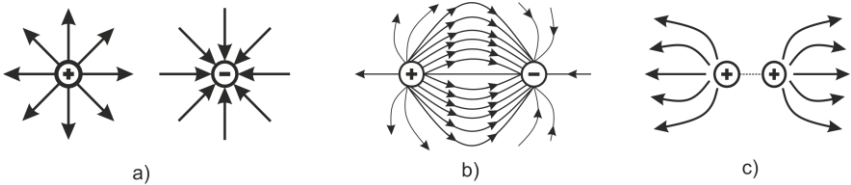
Elektrik sahəsi, yüklənmiş cisimlər arasında elektrik qarşılıqlı təsiri ötürən materiya növüdür. Elektrik yükü olan fəzada elektrik sahəsi mövcuddur.

Hər hansı bir mühitdə, yükün ətrafında və hətta vakkumda belə elektrik sahəsi yaranır. Yüklərin qarşılıqlı təsiri elektrik sahəsi qüvvələrinin bir-birini cəlb etməsi və itələməsi zamanı baş verir.

Hər bir yüklənmiş cismin sahəsi ayrı-ayrı elementar yüklərin—elektron və protonların sahələrindən ibarət olur.

Hər hansı sınaq yükünü elektrik sahəsində yerləşdirsək, həmin sahənin qüvvələri ona təsir edərək, müəyyən istiqamətdə yerini dəyişməyə çalışacaqdır.

Elektrik sahəsi yükdən ayrılmazdır, onunla birlikdə mövcuddur və onu əhatə edir. Yüklənmiş hissəciklərə və cisimlərə qüvvə təsiri olan fəzaya elektrik sahəsi deyilir. Elektrik sahəsi qüvvə xətləri ilə ifadə olunur. Elektrik sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə müsbət yükün hərəkət edəcəyi xəttə **qüvvə xətti** deyilir.



Şəkil 1.1. Elektrik sahəsi

- a) müsbət və mənfi yüklərin; b) müxtəlif işarəli iki yükün;
c) eyni adlı yüklər bir-birini dəf edir

Müsbət və mənfi yüklərin (şəkil 1.a) elektrik sahəsi, qiymətcə eyni, işarəcə əks olan iki yükün (şəkil 1.b) yaratdığı elektrik sahəsinin qüvvə xətlərinin ucundakı ox işarəsi sınaq müsbət yükün hərəkət istiqamətini göstərir.

Bütün maddələrin atomları adi halda bərabər miqdarda elektronlardan və protonlardan ibarətdir. Hər bir atomun protonlardan, neytronlardan və digər hissəciklərdən ibarət olan nüvəsi vardır. Atom nüvəsinin ətrafında müəyyən orbitlərdə elektronlar hərəkət edir.

Elektron, proton, atom və digər hissəciklərin ölçüləri millimetrdən dəfələrlə kiçik olan vahidlərlə ölçülür.

Məsələn, hidrogen atomunun bir elektronu və bir protonu, selen atomunun isə 34 elektronu və 34 protonu vardır. Elektronlar mənfi, protonlar isə müsbət elektrik yükü daşıyır. Elektrik yükləri bir-birinə qarşılıqlı etdiyi təsir ondan ibarətdir ki, eyniadlı yüklər qarşılıqlı olaraq bir-birini dəf edir, müxtəlif adlı yüklər isə bir-birini cəzb edir. Elektrik yüklərinin qarşılıqlı təsir qüvvələri Kulon qanunu ilə müəyyən edilir və yüklərin yerləşdiyi nöqtələri birləşdirən düz xətt istiqamətində olur.

Kulon qanununa əsasən, iki nöqtəvi yükün, qarşılıqlı təsir qüvvəsi yüklərin miqdarı ilə düz, onların arasındakı məsafənin kvadratı ilə tərs mütənəşib olub, bu yükləri birləşdirən xətt boyunca yönəlir və yüklərin yerləşdiyi mühitdən asılıdır:

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

ϵ_a isə qarşılıqlı təsir edən yüklərin olduğu mühitin elektrik xassələrini xarakterizə edən kəmiyyətdir. $\epsilon_a = \epsilon_o \epsilon$ kəmiyyətinə mühitin (materialın) **mütləq dielektrik nifuzluluğu** deyilir. Bu, vahidlər sistemində $\frac{\text{farad}}{\text{metr}}$ f/m ölçülür.

ϵ_a elektrik sabitidir, Kulon qanununa görə, böyük elektrik yükləri kiçik elektrik yüklərinə nisbətən bir-birinə daha çox qarşılıqlı təsir edir. Qarşılıqlı təsir qüvvəsi o zaman xeyli zəifləyir ki, yüklər arasındakı məsafə artsın. Qarşılıqlı təsir qüvvəsi yüklərin arasında yerləşdiyi mühitdən də asılıdır.

Cədvəl 1

Materialın adı	Dielektrik nifuzluluğu
Mika	7-6
Çini	6,5
Mərmər	10
Parafinli kağız	2,2
Bakelit	3,8–5
Getinaks	7-8
Karbolit	3-5
Lak-parca	3,5-3,6
Təbəqə rezin	2,6–3,5
Şüşə	5,5-10
Ebonit	2,4-2,5

Misal. Eyniadlı iki elektrik yükü arasındakı boşluğa mərmər doldurulmuş və bunlar vakuumdakı bir-birinə 0,5 n qüvvə ilə təsir edir. Bu yüklərin bir-birini hansı qüvvə ilə itələyəcəyini müəyyən etməli.

Həlli. 1-ci cədvələ uyğun olaraq mərmərin dielektrik keçiriciliyi $\varepsilon = 10$ verilmişdir. Yüklərin qarşılıqlı təsir qüvvəsi $F = \frac{F_{\text{vakum}}}{\varepsilon_{\text{material}}} = \frac{0,5}{10} = 0,05n$, edir (deməli, vakuumdakından 10 dəfə azdır).

§ 1.2. Cisimlərin elektriclənməsi

Biz bilirik ki, elektronlar atom nüvəsindən müxtəlif məsafələrdə yerləşir. Buna görə də, nüvəyə yaxın qatda yerləşən mənfi yüklü elektronlar, müsbət yüklənmiş protonları, uzaq qatda yerləşmiş elektronlara nisbətən daha güclü qarşılıqlı təsir edir.

Eyniadlı maddənin atomlarından nüvə ilə zəif rəbitəli, mənfi yükü olan bir və ya bir neçə elektron qopartsaq atomlarda elektrik tarazlığı pozulacaq, maddə müsbət elektriclə yüklənəcək və **müsbət ion** (ion – yunan sözü olub, mənası gedən deməkdir) adlanacaqdır.

Qızdırmaqla elektriclənmə. Metalları güclü qızdırdıqda o öz elektronlarını "itirir" və müsbət elektriclə yüklənir.

Vakuumba yerləşdirilmiş A metal lövhəsinə (şəkil 2,b) elektroskop birləşdirib, K telini qızdırsaq, elektroskopun vərəqləri bir-birini itələyərək müəyyən bucaq qədər aralanacaqdır. Bu hal közərdilmiş teldən elektronlar çıxması ilə izah edilir. Həmin elektronlar A lövhəsi vasitəsi ilə elektroskopa keçib, onu yükləyir.

Güclü qızdırılmış metallardan ətraf mühitə elektronların çıxması hadisəsinə **termoelektron emissiyası** deyilir. Elektron lampalarının işi elə bu hadisəyə əsaslanır.

Kimyəvi reaksiya zamanı elektriclənmə. Element və akkumulyatorlarda gedən oksidləşmə və bərpa reaksiyaları nəticəsində müsbət və mənfi yüklər əmələ gəlir. Maddənin atomları öz elektronlarını o zaman verir ki, oksidləşmə gedir. Bu halda atomlar və maddə müsbət yük ("+") alır. Maddənin atomları elektronları kimyəvi bərpa reaksiyasında özünə birləşdirir və mənfi yük ("-") alır.

§ 1.3. Naqillər və dielektriklər

Elektrik cərəyanını keçirən materiallara **keçiricilər** və ya **naqillər** deyilir. Bütün metallar, duzlar, turşular və qələvilərin məhlulları da keçiricidir.

Mis, alüminium və polad məftillərlə elektrik enerjisi qəbul edicilərə verilir.

Məftillərin rezindən və ya plastik kütlələrdən izolyasiya olunmuş örtük qatı vardır.

İzolyasiyaedici örtüyü olmayan məftillər **çılpaq məftillər** adlanır.

Özək, bir və ya bir-birinə burulmuş bir neçə məftilə deyilir. Məftillər quruluşlarına görə **birözəkli və çoxözəkli** olur. Çoxözəkli məftillərdə özəklər bir-birindən izolyasiya olunur. Müxtəlif markalı və en kəsikli məftillər hazırlanır.

Mis və ya alüminium özəkli dolaq məftillərindən elektrik ma-

şınlarının, aparatlarının və cihazlarının dolaqlarını hazırlamaq üçün (iplikdən və ya emaldan izolyasiyası olan) istifadə olunur. Bütün materiallarda elektronların müəyyən istiqamətdə hərəkəti və elektrik cərəyanı yaranması mümkün deyildir. Məsələn: çini, rezin, mərmər, mika kimi materiallarda sərbəst elektronlar yoxdur, olan bütün elektronlar isə nüvə ilə sıxı rabitədədir. Ona görə də, yüklərin elektrik sahələri elektronların müəyyən istiqamətdə hərəkətini yaratmır və belə materiallardan elektrik cərəyanı keçmir. Belə materiallara **qeyri-naqillər – dielektriklər** deyilir.

Plastik kütlələr, hava, mika, mərmər, lak və emallar, elektrik çinisi, lak-parçalar və bir çox digər materiallar dielektrik hesab edilir.

Plastik kütlələr, yüksək temperaturda yumşala bilən müxtəlif amorf maddələri presləməklə və ya təzyiqlə altında tökmək yolu ilə alınan materiallardır. Bunların mexaniki möhkəmliyi yüksək, çəkiləri isə yüngül olur.

Hava, ən çox yayılmış qazvarı dielektrikdir. yüksək gərginlik xətlərinin cərəyan aparan məftillərini, tramvay şəbəkəsini yerdən izolyasiya edir, kondensatorlarda, müxtəlif elektrik maşınları və aparatlarında izolyasiya olur.

Mika, bir sıra dəyərli elektrik-izolyasiya xassələrinə: rütubətə, istiliyə davamlılığa, elastikliyə malikdir; mexaniki və elektrik möhkəmliyi yüksəkdir.

Lak və emalların elektrik-izolyasiya xassələri yüksəkdir. Laklar qatran, bitum və yağların uçan həlledicilərdə hazırlanmış məhullarıdır.

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

Daxili elektrik xətti üçün müxtəlif markalı məftillərdən istifadə olunur. Quru və qızdırılan binalarda diyircəklərdə çəkmək üçün, eləcə də stolüstü və səyyar elektrik lampalarını və məişətdə işlədilən elektrik-qızdırıcı cihazları birləşdirmək üçün şunurlardan istifadə olunur. İzolyasiya edilmiş iki özək bir-birinə burulmuş olduqda buna **şnur** deyilir.

Elektrik enerjisini məsafəyə vermək üçün yeraltı qüvvə kabel-lərindən istifadə olunur.

Özəkləri və bunların izolyasiyasını rütubətin təsirindən və mexaniki zədələnmədən mühafizə etmək üçün ümumi qurğusun, alüminium, yaxud vinilit örtük içərisinə alınmış və bir-birindən izolyasiya olunmuş bir neçə məftilə **kabel** deyilir

§1.4. Elektrik cərəyanı

Metal atomlarının nüvəsi ətrafında nüvə ilə zəif rabitəli elektronlar öz nüvəsindən qopub ayrıldıqları üçün qarışıq (xaotik) hərəkət edir. Bu elektronlara **sərbəst elektronlar** deyilir.

Məlumdur ki, elektronlar atom nüvəsindən müxtəlif məsafələrdə yerləşir və nüvənin elektrik sahəsi elektronlara müxtəlif qüvvə ilə təsir edir.

Elektrik sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə sərbəst elektronların hərəkətini qaydaya salmaq və onları müəyyən istiqamətdə hərəkətə məcbur etmək olar.

Sərbəst elektronların müəyyən istiqamətdə hərəkətinə **elektrik cərəyanı** deyilir. Bu cərəyanının şiddəti **amperlə** ölçülür.

Bir **amper** – naqilin en kəsiyindən bir saniyə ərzində bir kulon elektrik, yəni $6,3 \times 10^{18}$ elektron keçdikdə cərəyanın şiddətidir. Ampermetr adlanan cihazla cərəyan şiddətini ölçürlər. Belə qəbul edilmişdir ki, cərəyanın istiqaməti mənfi yüklərin – elektronların yerdəyişmə istiqamətinin əksinədir.

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

Sahənin hər hansı bir nöqtəsində bu nöqtəyə daxil edilmiş tək bir yükə təsir edən qüvvə elektrik **sahəsinin gərginliyi** adlanır. Gərginlik isə elektrik sahəsinin iki nöqtəsi arasındakı potensiallar fərqidir. Başqa sözlə desək, tək bir yük bir nöqtədən digərinə hərəkət etdikdə sahənin qüvvələri ilə görülən işdir.

Öz nöqtələrinin hər birində gərginliklə xarakterizə olunan, elektrik sahəsinin onun hüdudlarına daxil edilmiş Q yükünə etdiyi F qüvvəsi nə qədər çox olarsa, sahənin gərginliyi də o qədər çox

olacaqdır. Sahəsinin müxtəlif nöqtələrində gərginlik müxtəlif ola bilər.

Deməli, sahənin gərginliyi

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

burada F—elektrik sahəsinin yükə təsir qüvvəsi, N (Nyuton)ilə; Q—elektrik yükünün kəmiyyətidir, Kl (Kulon) ilə ölçülür.

Elektrik sahəsinin ölçülən işi qüvvənin yola vurulma hasilinə bərabərdir:

$$A = FS.$$

Coul = nyuton x metr. Bu ifadədən aydın olur ki,

$$F = \frac{\text{coul}}{\text{metr}} (c/m).$$

Qüvvənin bu ifadəsini (1) düsturunda yerinə qoyduqda:

$$E = \frac{\text{coul}}{\text{metr} \cdot \text{kulon}}.$$

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

$$E = \frac{F \text{ volt}}{Q \text{ metr}} (v/m)$$

Misal1. Q = 0,002 kl nümunəvi yükə F₁=0,5 N və F₂=0,3N qüvvəsi ilə təsir edən iki elektrik sahəsinin gərginliyini hesablayaq.

Birinci sahənin gərginliyi:

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

İkinci sahənin gərginliyi

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

olacaqdır.

§ 1.5. Potensial

Elektrik yükünü elektrik sahəsinə daxil etdikdə həmin sahə qüvvələrinin dəf olunması üçün müəyyən iş görmək lazım gəlir.

Həmin nöqtənin potensialı qiymətcə bir kulonluq yükün sonsuzluqdan sahənin bu nöqtəsinə daxil edilməsinə sərf olunan işə, nəzərdən keçirdiyimiz nöqtədə bir kulonun malik olduğu potensial enerjijə bərabərdir.

Potensial və sahənin gərginliyi elektrik sahəsinə xarakterizə edən əsas kəmiyyətlərdir.

Beləliklə,

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

Müvafiq qüvvənin A işi yola vurulma hasili kimi müəyyən edilir:

$$A = FS.$$

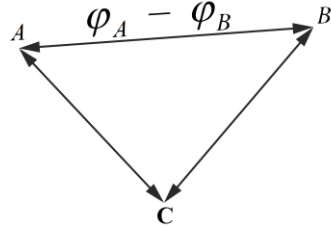
F qüvvəsi nyutonla, S yolu isə metrle ölçüldüyündən A işi nyuton x metr ilə ölçülür. Elektrik miqdarı – Q kulonla ölçülür. Həmin kəmiyyətləri $\varphi = \frac{A}{Q}$ düsturunda yerinə qoysaq

$\varphi = \frac{\text{nyuton} \cdot \text{metr}}{\text{kulon}}$ alarıq. 1 nyuton · 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.

Elektrik sahəsində yük müsbət olarsa, istənilən nöqtənin potensialı müsbət, mənfi yükün sahəsində isə mənfidir.

Yerin potensialı sıfıra bərabər qəbul edilmişdir. Deməli, yerlə elektriki birləşdirilmiş naqilin potensialı sıfıra bərabərdir. Müsbət potensial yerin potensialından çoxdur, mənfi potensial isə yerin



Şəkil 1.3. Elektrik sahəsinin müxtəlif nöqtələri arasında potensiallar fərqi

potensialından kiçikdir.

Elektrik sahəsi həddində, potensialları uyğun surətdə φ_A və φ_B olan yüklərin 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 **volt** ilə ölçülür. 1.3-cü şəkildə hər hansı bir yüklə əmələ gətirilən elektrik sahəsinin nöqtələri göstərilmişdir.

§ 1.6. Elektrik tutumu

Böyük elektrik yükləri yığa bilən cihazlardan texnikada, geniş istifadə olunur. Belə cihazlar **kondensatorlar** adlanır. Kondensator sözü latınca – qatılaşdırıcı deməkdir. Kondensatorlar, energetika qurğularının işini yaxşılaşdırmaq üçün radio və televiziyanın, verən və qəbul edən tərtibatlarında, avtomatlaşdırma qurğularında və s. geniş tətbiq edilir.

İki naqildən ibarət olan cihazın elektrik tutumu, sərbəst elektrik yüklərini yığma qabiliyyətinə malikdir.

Sadə quruluşlu kondensator, izolyatorla bir-birindən ayrılmış iki metal lövhədən – içlikdən ibarətdir. Kondensatorlar dielektrikin növündən asılı olaraq hazırlanır.

Elektrik enerjisi mənbəyi qütblərini kondensatorun lövhələri ilə birləşdirdikdə bu lövhələrdən birini müsbət, o birini isə mənfi elektricləndirə bilərik.

Elektrik tutumu kondensatorun lövhələrinin sahəsindən asılıdır. Lövhələrinin sahəsi böyük olan kondensator daha çox elektrik qəbul edə bilər.

Kondensatorun elektrik yükü toplama qabiliyyətinə malikdir. **Elektrik tutumu**, kondensatorun doldurulduğu yükün lövhələr arasındakı gərginliyə nisbəti ilə müəyyən edirlər. Deməli, elektrik

tutumu belə olur:

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

burada C – tutum, f (Farad)- ilə;

Q – yükün kəmiyyəti, kl (kulon) ilə;

U – gərginlikdir, v (Volt) ilə ölçülür.

Beləliklə, 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 tətbiq olunmur. Adətən, daha kiçik tutum vahidlərindən: mikrofarad (mkf) və pikofaraddan (pf) istifadə olunur.

$$1 f = 10^6 \text{ mkf. } 1 \text{ mkf} = 10^6 \text{ pf. } 1 f = 10^{12} \text{ nf.}$$

Kondensatorun tutumu lövhələrin arasındakı məsafədən və ya dielektrikin qalınlığından asılıdır. 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 bilir.

Misal. İki lövhədən ibarət olan hər bir lövhəsinin sahəsi 120 sm^2 lövhələrin arasındakı mikanın qalınlığı isə $d = 0,05 \text{ sm}$ olan yastı kondensatorun tutumunu hesablamalı. Mikanın dielektrik keçiriciliyi $\varepsilon = 6$.

Həlli.

$$C = \frac{\varepsilon S}{d} \cdot 0,09 = \frac{6 \cdot 120}{0,05} \cdot 0,09 = 1296 \text{ nf}$$

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

§ 1.7. Kondensatorun doldurulması prosesi.

Kondensatorun lövhələrini (şəkil 1.4.) batareyaya qoşcaq və onlarda müxtəlif adlı elektrik yükləri (“+” və “-“) alsaq, onda kondensator dolacaq və onun lövhələri arasında elektrik sahəsi yaranacaqdır. Kondensatoru doldurduqda sağ lövhənin sərbəst

elektronları batareyenin müsbət qütbü istiqamətində naqillə hərəkət etdiyindən bu lövlədə elektronlar çatışmamazlığı yaranacaq, yəni o, müsbət elektrik yükü alacaqdır.

Elektrik sahəsinin enerjisi kondensatorun tutumundan və onun lövhələrindəki gərginlikdən asılıdır:

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

burada C– kondensatorun tutumu, f (Farad) ilə;

U– gərginlik, v (Volt) ilə;

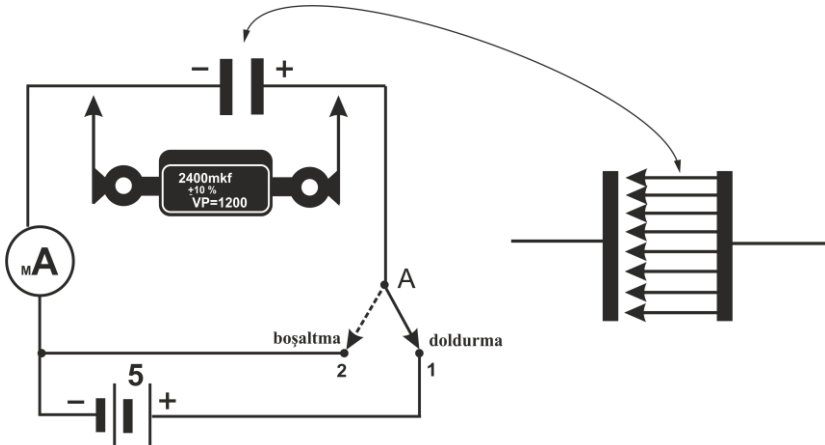
W– enerjidir, c (Coul) ilə ölçülür.

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

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

olacaqdır.

Kondensatorun boşaldılma prosesi (şəkil 1.4.). Kondensatorun boşaldılma sxeminə kondensator, milliampermetr və açar daxildir.



Şəkil 1.4. Kondensatorun doldurulması və boşaldılması sxemi

Doldurulmuş kondensatorun lövhələri bir-biri ilə birləşdiyindən milliampmetrin əqrəbi ani olaraq, tərpənəcək və sonra yenidən sıfır vəziyyətində dayanacaqdır.

Beləliklə, kondensator boşalır və onun lövhələri arasındakı elektrik sahəsi yox olur. Kondensatoru boşaltdıqda, boşalma prosesi qurtarır, məftillərdə cərəyan yox olur. Kondensatorun doldurulması və boşaldılması prosesindən müxtəlif qurğularda geniş istifadə olunur.

Sabit tutumlu kağız, mika, saxsı və elektrolit kondensatorlar daha geniş yayılmışdır.

Cədvəl 2

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

II FƏSİL SABİT CƏRƏYAN

§ 2.1. Sabit cərəyan elektrik dövrəsi

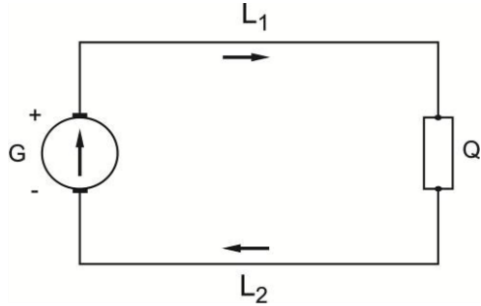
Daxili dövrdə elektrik yükləri elektrik hərəkət qüvvəsinin təsiri ilə alçaq potensiallı nöqtədən, yüksək potensiallı nöqtəyə, yəni müsbət sıxaca doğru hərəkət edir.

Elektrik dövrəsi- elektrik enerji mənbəyinə birləşdirilmiş məfillər və enerji qəbuledicilərini təşkil edir. Bu dövrdə elektrik cərəyanı arasındakı kəsilmədən hərəkət edir. Beləliklə, **qapalı elektrik dövrəsi** yaranır.

Enerji mənbəyinin daxilində, ən sadə elektrik dövrəsində (şəkil 2.1.) elektrik enerji mənbəyi (G), enerji qəbuledicisi (Q) və enerji mənbəyini enerji qəbulediciləri (L_1 və L_2) ilə birləşdirən iki məftil olur. Məftillər enerji mənbəyinə iki sıxaqla birləşdirilir; bunlara elektrik enerji mənbəyinin müsbət (+) və mənfi (-) qütbləri deyilir.

Elektrik işlədiricilərini elektrik cərəyanı ilə təmin etmək üçün akkumulyatorlardan qalvanik elementlərdən və başqa elektrik mənbələrindən istifadə edilir.

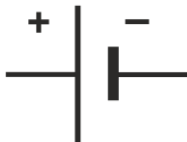
Elektrik enerji qəbulediciləri olaraq işıqlandırma lampalarından, elektrik mühərriklərindən, elektrik-qızdırma cihazlarından və s. istifadə edilir. Naqillərdə qarşılıqlı təsir edən mexaniki qüvvələrə bir-birindən müəyyən məsafədə olan iki naqıldan keçən cərəyan səbəb olur. Amper-(a) cərəyan şiddətinin ölçülmə vahididir. Elektrik cərəyanı, zaman vahidi ərzində naqilin en kəsiyindən keçən **elektrikin miqdarı**dır. Naqıldan 1 a cərəyan keçərsə, ondan 1 san ərzində 1 kl elektrik axır.



Şəkil 2.1. Ən sadə elektrik dövrəsi



Şəkil 2.2. Sabit cərəyan generatorunun şərti işarəsi



Şəkil 2.3. Akkumulyatorların və qalvanik elementlərin şərti işarəsi



Şəkil 2.4. Akkumulyatorlar batareyası və qalvanik elementlər batareyasının şərti işarəsi

Naqıldəki cərəyan I olarsa, t müddəti ərzində bu naqilin en kəsiyindən aşağıdakı miqdarda elektrik keçəcəkdir:

$$Q = It.$$

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

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

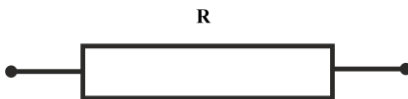
Bu asılılıq, cərəyanın şiddəti t müddətində sabit qalan hal üçün doğrudur.

Dövrədə cərəyan enerji mənbəyinin müsbət qütbündən mənfə qütbünə yönəlir. Naqıl və enerji qəbuledici birlikdə xarici dövrəni təşkil edir. Enerji mənbəyinin sıxaclarındaki potensiallar fərqi xarici dövrədə cərəyanın təsiri ilə axır və daha yüksək potensiallı nöqtədən daha az potensiallı nöqtəyə yönəlir.

§ 2.2. Elektrik hərəkət qüvvəsi.

Elektrik miqdarı vahidləri keçdikdə, elektrik hərəkət qüvvəsi (e.h.q.) cərəyan mənbəyinin enerjisinə və ya gördüyü işə deyilir. Enerji mənbəyi naqilin sərbəst elektronların hərəkəti üçün lazım olan enerji verir və öz sıxaclarında potensiallar fərqi yaradır.

Qapalı dövrdə elektrik cərəyanı enerji mənbəyinin elektrik hərəkət qüvvəsinin (e.h.q.) təsiri ilə yaranır.



Şəkil 2.5. Müqavimət şərti işarəsi

Cərəyan mənbəyi dövrdən keçən 10 kl elektrikə 500 c. enerji verirsə, bu enerji mənbəyinin e.h.q. $500 : 10 = 50$ v olacaqdır. Dövrdə cərəyan olmadıqda e.h.q. enerji mənbəyinin sıxaclarındaki potensiallar fərqi bərabərdir.

Enerji mənbəyinin qütblərinə voltmetr adlanan cihazı qoşmaq lazımdır, Bu halda e.h.q-si voltmetrin əqrəbi–göstəricisini müəyyən bucaq qədər hərəkət edəcəkdir. Enerji mənbəyinin e.h.q. nə qədər çox olarsa, əqrəb də o qədər çox hərəkət edəcəkdir. Yüksək gərginliyi ölçdükdə kilovolt (kv), kiçik gərginliyi ölçdükdə millivolt adlanan vahidlərdən istifadə olunur,

yəni, $1 \text{ kv} = 1000 \text{ v}$.

$1 \text{ mv} = 0,001 \text{ v}$.

Elektrik müqaviməti. Elektrik cərəyanı naqillərin elektrik yüklərinin istiqamətlənmiş hərəkətindən ibarətdir. Naqilin cərəyanı göstərdiyi əks təsirin ölçüsü elektrik müqaviməti adlanır. Başqa sözlə desək, həm xarici dövrə və həm də enerji mənbəyi cərəyanının keçməsinə mane olarsa, buna naqilin müqaviməti deyilir.

Elektrik müqaviməti r hərfi ilə işarə olunur və sxemlərdə 5-ci şəkildəki kimi göstərilir. Om-müqavimətin ölçü vahididir.

Naqilin uclarındakı gərginlik 1 v olduqda keçən cərəyan şiddəti 1 a olan naqilin elektrik müqavimətinə **om** deyilir.

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

Beləliklə, $1 \text{ kom} = 1000 \text{ om}$;

$1 \text{ Mom} = 1\,000\,000 \text{ om}$.

Naqillərin elektrik cərəyanına müqaviməti onların hazırlandığı materialdan, uzunluğundan və en kəsiyi sahəsindən də asılıdır. Eyni materialdan hazırlanmış iki naqili müqayisə etsək, nisbətən uzun

naqilin müqaviməti en kəsiyi sahələrinin bərabər olmasına baxmayaraq, daha çox alınacaqdır. Uzunluğu eyni olan iki naqıldən, en kəsiyinin sahəsi daha çox olanının müqaviməti az olacaqdır.

Metal naqillərin hər birinin elektrik müqaviməti cəhətdən xüsusi müqavimət olur. Xüsusi müqavimət, həmin materialdan uzunluğu 1 m və en kəsiyi sahəsi 1mm^2 hazırlanmış naqilin om ilə ifadə olunan müqavimətidir. Xüsusi müqavimət ρ hərfi ilə işarə olunur.

Xüsusi müqaviməti ρ olan materialdan hazırlanmış naqilin uzunluğu l , en kəsiyi sahəsi isə s kvadrat millimetr olarsa, bu naqilin müqaviməti:

$$r = \rho \frac{l}{s} \text{ om} \quad (1)$$

olacaqdır.

Bu düsturdan görüldüyü kimi, naqilin müqaviməti onun hazırlanmış materialın xüsusi müqaviməti, eləcə də onun uzunluğu ilə düz, en kəsiyi sahəsi ilə tərs mütənasibdir.

Naqillərin müqaviməti temperaturdan asılıdır. 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 naqil müqavimətinin bir om başlanğıc müqavimətə aid edilmiş müqavimətə nisbətən artımını ifadə edir.

Beləliklə, müqavimətin temperatur əmsalı:

$$\alpha = \frac{r_2 - r_1}{r_1(T_2 - T_1)} \frac{1}{\text{der}}, \quad (2)$$

burada r_1 —temperatur T_1 olduqda naqilin müqaviməti;

r_2 —temperatur T_2 olduqda eyni naqilin müqavimətidir.

Tənzimlənən müqavimətlərə **reostat** deyilir. Reostatları xüsusi müqaviməti yüksək olan məftildən, məsələn nixromdan, hazırlayırlar. Reostatların müqaviməti səlis və ya pilləli dəyişə bilər. Mayeli reostatlardan da istifadə edilir. Belə reostat elektrik cərəyanını keçirən hər hansı bir məhlul, məsələn, sodanın suda məh-

lulu, doldurulmuş metal qabdan ibarətdir. Reostatları sxemlərdə 5-ci 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.

Cədvəl 3

Bəzi metalların və kömürün xüsusi müqaviməti, xüsusi keçiriciliyi və temperatur əmsalları

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

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

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

Naqıl 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:

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

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

Misal 1. Uzunluğu 1 km və diametri 4 mm olan polad məftilin müqavimətini və keçiriciliyini təyin etməli; poladın xüsusi müqaviməti $0,135 \frac{om \cdot mm^2}{m}$ dir.

Həlli.

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

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

§ 2.3. Om qanunu

Elektrik hərəkət qüvvəsinin təsiri ilə cərəyan dövrədə hərəkət edir və eyni zamanda bunların arasında düz mütənasıblıq vardır. Enerji mənbəyinin e.h.q. nə qədər çox olarsa, qapalı dövrədəki cərəyan şiddəti də o qədər çox olacaqdır. Dövrənin müqaviməti cərəyanın keçməsinə mane olur, yəni tərs mütənasıblıq mövcuddur.

Qapalı, dövrədəki cərəyan elektrik hərəkət qüvvəsi ilə düz, bütün dövrənin müqaviməti ilə tərs mütənasıbdır. Bu ifadə Om qanunudur.

Enerji mənbəyinin e.h.q-ni – E; xarici, dövrənin müqavimətini – r; daxili dövrənin müqavimətini – r₀; dövrədəki cərəyan şiddətini isə I ilə işarə etsək Om qanununu 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—amper, elektrik hərəkət qüvvəsi—volt, müqavimət isə om ilə ifadə olunmuşdur.

$$1 \text{ a} = 1\,000 \text{ ma}.$$

Elektrik enerji mənbəyi bir kulona bir coul enerji verirsə, bu enerji mənbəyinin e.h.q. bir volta bərabər olacaqdır.

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

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

Qapalı dövrədə bir voltluq e.h.q.-nin təsiri ilə bir amper şiddətində cərəyan axırsa, bu dövrənin müqaviməti bir oma 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.

Elektrik dövrəsinin hər hansı bir sahəsində cərəyanı saxlamaq üçün məlum enerji sərf edərək bu sahənin başlanğıcı və qurtaracağı arasında potensiallar fərqi yaradır. Bu potensiallar fərqinə sahənin başlanğıcı və qurtaracağı arasındakı gərginlik deyilir.

Gərginlik də e.h.q. kimi millivolt, volt və kilovolt ilə ölçülür.

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

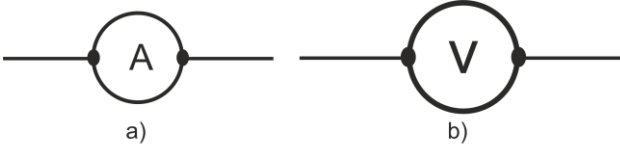
Belə olduqda, elektrik dövrəsinin passiv sahəsi üçün Om qanununu ifadə edən düstur aşağıdakı şəkllə düşəcəkdir:

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

Om qanununu belə ifadə etmək olar: elektrik dövrəsinin sahəsində cərəyan şiddəti bu sahənin sıxaclarındakı gərginliyin həmin sahənin müqavimətinə bölünməsinə bərabərdir.

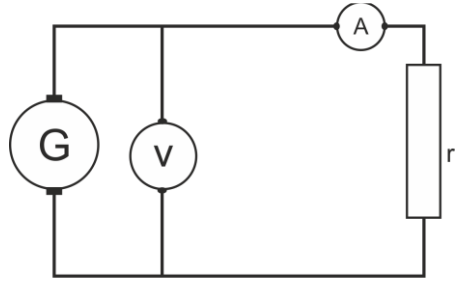
$$U=Ir$$

yəni, dövrənin sahəsindəki gərginlik cərəyanın bu sahənin müqavimətinə vurulma hasilinə bərabərdir.



Şəkil 2.6. Ölçü cihazlarının işarəsi;
a) ampermetr ; b) voltmetr

Cərəyan şiddətini ölçmək üçün ampermetr adlanan elektrik-ölçü cihazından istifadə olunur. Gərginlik voltmetr ilə ölçülür. 2.6-cı şəkildə ampermetrin və voltmetrin şərti işarəsi göstərilmişdir. Ampermetri qoşmaq üçün cərəyanın dövrəsini qururlar və məftillərin uclarını ampermetrin sıxaclarına



Şəkil 2.7. Ampermetrin və voltmetrin qoşulma sxemi

2.7-ci şəkildə göstəriləyi kimi birləşdirirlər. Beləliklə, ölçülən cərəyanın hamısı cihazdan keçir. Belə qoşmaya paralel qoşmadan fərqli olaraq **ardıcıl qoşma** deyilir.

Əgər, sıfıra bərabər olan naqıl enerji mənbəyinin sıxaclarının müqaviməti ilə birləşdirsək, bu hal üçün (4) düsturu aşağıdakı şəkllə düşəcəkdir:

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

Onda 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. Burada, əgər qısaqapanma baş versə bunlar yararsız hala düşür. Elektrotexniki aparatları qısaqapanma cərəyanlarından mühafizə etmək üçün, müxtəlif qoruyucu quruluşlardan istifadə olunur.

Misal 1. Turşulu akkumulyatorun e.h.q. 2 v və daxili müqaviməti $r_0=0,05\text{om}$. Xarici müqaviməti bu akkumulyatora qoşduqda 4 a şiddətində cərəyan axır. Xarici dövrənin müqavimətini təyin etməli.

Həlli.

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

buradan

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

Misal 2. E.h.q. = 2 v olan qalvanik elementi müqaviməti 16 om olan xarici dövrəyə qoşduqda 50 ma şiddətində cərəyan yaranır. Elementin daxili müqavimətini təyin etməli.

Həlli.

$$r_0 = \frac{E}{I} - r = \frac{2}{0,05} - 16 = 24\text{om}.$$

§ 2.4. Kirxhofun birinci qanunu

Praktikada əsasən elə dövrlərdə iş görmək lazım gəlir ki, bunlarda cərəyan hər hansı bir məntəqədən müxtəlif yollarla verilə bilər. Bilirik ki, burada, bir neçə naqilin görüşdüyü nöqtələr vardır. Bu nöqtələrə **düyünlər**, iki qonşu düyünü birləşdirən dövrə sahəsinə isə **dövrənin budaqları** deyilir.

Ardıcıl birləşdirilmiş enerji mənbəyindən və enerji qəbul-

edicisindən ibarət olan dövrlərdə cərəyan, e.h.q. və bütün dövrənin müqaviməti arasındakı nisbət və ya cərəyan, gərginlik və dövrənin hər hansı bir sahəsinin müqaviməti arasındakı nisbət Om qanunu ilə müəyyən edilir.

Fərz edək ki, a düyünündə (şəkil 2.8) dövrə 4 budağa ayrılır və bunlar sonradan b qovşağında

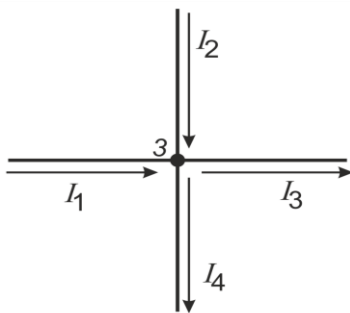
görüşür. Budaqlara ayrılmamış dövrədəki cərəyanı I , budaqlardakı cərəyanı isə müvafiq surətdə I_1 , I_2 , I_3 və I_4 bir dövrədə həmin cərəyanlar arasında alınacaqdır:

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

Düyündə cərəyanlarının istiqaməti müxtəlif olan bir neçə məftil görüşərsə (şəkil 2.9), bu düyünün 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 budaqlanma nöqtəsinə gedən bütün cərəyanların cəmi, həmin nöqtədən çıxan bütün cərəyanların cəminə bərabərdir, həm də düyünə gələn cərəyanlar müsbət, düyündən çıxan cərəyanlar isə mənfi hesab edilir.**



Şəkil 2.9. Düyün nöqtəsi

Misal. Gərginliyi 120 v olan şəbəkəyə müqaviməti müvafiq surətdə 20, 40, 60 və 30 om olan dörd müqaviməq paralel qoşul-

muşdur (2.9-cu şəkilə bax). Budaqlanmamış dövrədə cərəyan şiddətini təyin etməli.

Həlli. Ayrı-ayrı budaqlarda cərəyan şiddəti belə olacaqdır:

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

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

Budaqlara ayrılmamış dövrədə isə cərəyan şiddəti aşağıdakı kimi alınacaqdır:

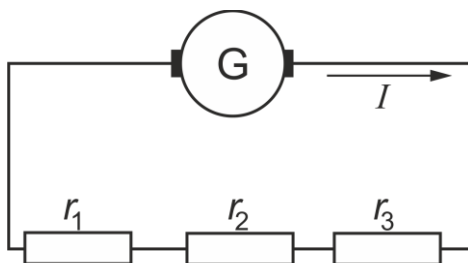
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 6 + 3 + 2 + 4 = 15a.$$

§ 2.5. Müqavimətlərin ardıcıl birləşdirilməsi

Ümumi halda elektrik dövrəsində müxtəlif müqavimətli bir neçə cərəyan qəbuledicisi ola bilər. Fərz edək ki, generatorun xarici dövrəsi müqavimətləri müvafiq surətdə r_1 , r_2 və r_3 olan üç enerji qəbuledicisindən ibarətdir. Belə cərəyan qəbuledicində birinci hissənin qurtaracağı, ikinci hissənin başlanğıcı, ikincinin qurtaracağı, üçüncünün başlanğıcı ilə birləşdirilir və i. a. Bu zaman cərəyan bütün qəbuledicilərdə eyni, xarici dövrənin müqaviməti isə qəbuledicilərin müqavimətinin cəminə bərabər olacaqdır. Generatorun xarici dövrəsi müqavimətləri müvafiq surətdə r_1 , r_2 və r_3 olan üç enerji qəbuledicisinə **ardıcıl birləşdirmə** deyilir.

Məsələn, (şəkil 2.10) məftilləri ardıcıl birləşdirdikdə, müqavimət məftilin uzunluğu ilə düz mütənasib, lakin bir neçə məftilin qoşulması, cərəyanın yolunu artırdığından, müqaviməti çoxalır.

Beləliklə, nəzərdən keçirdiyimiz hal üçün (şəkil 2.11.) Om qanununun düsturunu aşağıdakı şəkildə yazı bilərik:



Şəkil 2.10. Müqavimətlərin ardıcıl birləşdirilməsi

$$I_1 = \frac{E}{r_0 + r_1 + r_2 + r_3}.$$

Ardıcıl birləşdirilmiş üç cərəyan qəbuledicisi olduqda dövrənin ümumi müqaviməti:

$r = r_0 + r_1 + r_2 + r_3$,
xarici dövrənin müqaviməti isə alınır.

$$r = r_1 + r_2 + r_3$$

Dövrədə cərəyan şiddəti üçün yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz düsturu aşağıdakı kimi yaza bilərik:

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

Buradan görünür ki, enerji mənbəyinin e.h.q. sabit qaldıqda cərəyan qəbul edicilərindən birinin müqavimətinin dəyişməsi dövrədə cərəyanın dəyişməsinə, səbəb olur. Cərəyan şiddətinin müqavimətə hasili $I r_1$, $I r_2$, $I r_3$ müvafiq enerji qəbuledicisinin sıxaclarındakı gərginliyi, $I r_0$ hasili isə enerji mənbəyinin daxilində gərginlik itkisini göstərir. Budaqlanma olmadıqda dövrənin bütün sahələrində cərəyanın qiyməti eyni alınır. Ardıcıl birləşdirilmiş məftillərdən ibarət dövrədəki gərginlik həmin məftillərin müqavimətinə mütənasib olaraq paylaşdırılır. Bu düsturdan aydın olur.

Enerji mənbəyinin sıxaclarındakı gərginlik bunun e.h.q.-dən həmin enerji mənbəyi daxilindəki gərginlik düşküsünün çıxılmasına bərabər yəni:

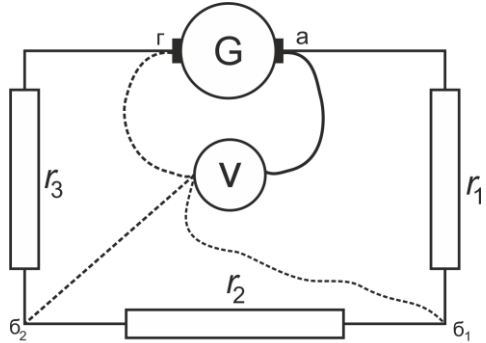
$$U = E - I r_0$$

olduğundan yaza bilərik ki,

$$U = I r_1 + I r_2 + I r_3$$

Enerji mənbəyinin sıxaclarındakı gərginlik xarici dövrənin ayrı-ayrı sahələrindəki gərginliyin cəminə bərabərdir.

Misal 1. Daxili müqaviməti 0,5 om olan sabit cərəyan generatorunun sıxaclarına müqavimətləri müvafiq surətdə 3, 2 və 1,5 om



Şəkil 2.11. Mürəkkəb elektrik dövrəsi

olan enerji qəbuledicilərn ardıcıl birləşdirilmişdir. Bütün dövrənin müqavimətini və xarici müqaviməti təyin etməli.

Həlli. Bütün dövrənin müqaviməti:

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

xarici dövrənin müqaviməti isə

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

olacaqdır.

§ 2.6. Müqavimətlərin paralel birləşdirilməsi

Paralel birləşdirmədə eyni gərginliyə qoşulmuş müqavimətlər cərəyan üçün müxtəlif yol yaradır ki, bu da ümumi müqaviməti azaldır və ya dövrənin ayrı-ayrı budaqlarını 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. Bildiyimiz kimi, ümumi müqavimət naqilin en kəsik sahəsinə tərs mütənasib, keçiricilik (g) isə düz mütənasibdir.

Beləliklə, naqillərindən hər birinin keçiriciliyini g_1 , g_2 , g_3 və g_4 ilə işarə etsək, aşağıdakı tənliyi alarıq:

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

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

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

Burada, tam müqavimət (r) həmin dörd müqavimətin hər birindən kiçikdir.

Alınmış bu nisbəti sübut edək. a budaqlarına 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 2.8.).

Om qanununa 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 qanununa 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,

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

alarıq. Bunu sübut etdik.

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

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

Beləliklə, **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:

$$r_{üm} = \frac{r}{n}.$$

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

rallel olaraq əlavə qoşulması həm bütün dövrdə, həm də həmin sahədə cərəyanın dəyişilməsinə səbəb olur.

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.h.q.= 170 və daxili müqaviməti 0,55 om olan generatorun sıxaclarına qoşulduqda paralel budaqlardakı və budaqlanmamış dövrdəki cərəyanları.

Həlli.

1. 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

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

2. Bütün qapalı dövrənin müqaviməti:

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

budaqlanmamış dövrdə cərəyan şiddəti isə

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

olacaqdır.

Generatorun sıxaclarındakı gərginlik:

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

paralel budaqlardakı cərəyan şiddəti isə

$$I_1 = \frac{U}{r_1} = \frac{150}{10} = 15a;$$

$$I_2 = \frac{U}{r_2} = \frac{150}{15} = 10a$$

$$I_3 = \frac{U}{r_2} = \frac{150}{25} = 6a;$$

$$I_4 = \frac{U}{r_4} = \frac{150}{30} = 5a$$

olacaqdır.

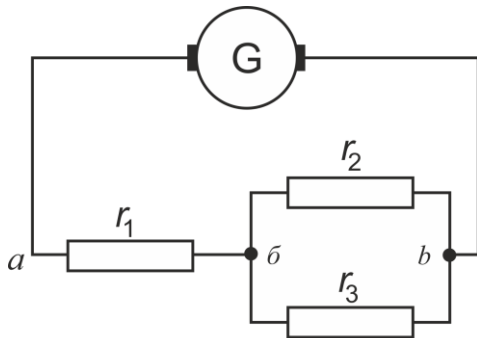
Kirxhofun birinci qanununa əsasən:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_0 + 6 + 5 = 36 \text{ a.}$$

olacaqdır.

§ 2.7. Müqavimətlərin qarışıq birləşdirilməsi.

Ardıcıl və paralel birləşdirilmiş naqillərdən ibarət olan elektrik dövrəsinə **qarışıq birləşdirmə** deyilir. Qarışıq birləşdirilmiş bir neçə naqilin ümumi müqavimətini təyin etmək üçün, əvvəlcə paralel və ya ardıcıl birləşdirilmiş naqillərin müqavimətini tapaq. Sonra bunların müqavimətini, həmin müqavimətə bərabər olan bir naqillə əvəz edək. Bu zaman, sxemi sadələşdirərək naqillərin müqavimətini, mürəkkəb dövrənin ümumi müqavimətinə bərabər olan bir naqilə bərabər edə bilərik. Məsələn, a və b nöqtələri arasındakı müqavimətləri təyin etmək üçün (şəkil 2.12.) bu nöqtələr arasındakı müqaviməti tapırırlar:



Şəkil 2.12. Müqavimətlərin birləşdirmə sxemi

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

sonra müqavimətlərin alınmış qiymətini r_1 müqaviməti ilə toplayırlar:

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

Dövrənin hissələri paralel qoşulub, bunlardan bəziləri ardıcıl birləşdirilmiş müqavimətlərdən təşkil olunmuşdursa, onda biz müqavimətləri qarışıq birləşməsindən istifadə edirik. Bu birləşmənin müxtəlif üsulları vardır.

§ 2.8. Kirxhofun ikinci qanunu

Kirxhofun ikinci qanununu belə ifadə etmək olar: **hər bir qapalı elektrik dövrəsində bütün e.h.q.-lərinin cəbri cəmi – gərginliklərin bu dövrəyə ardıcıl qoşulmuş müqavimətlərin cəbri cəminə bərabərdir,**

yəni:

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

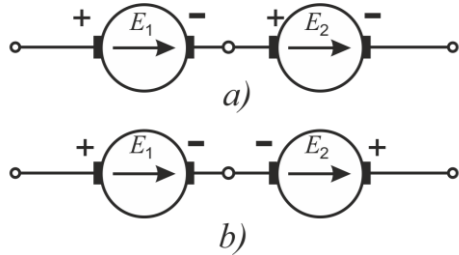
Bütün dövrənin e.h.q. bu (şəkil 2.13, a), enerji mənbələrinin e.h.q. cəminə bərabərdir:

$$E = E_1 + E_2.$$

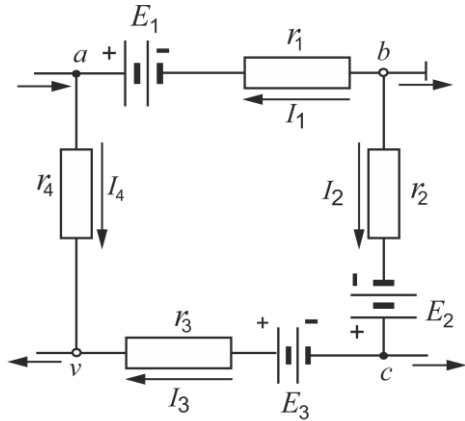
Dövrəyə e.h.q.-ləri əks istiqamətli iki enerji mənbəyi qoşulmuşdursa, (şəkil 2.13, b), dövrənin ümumi e.h.q. həmin enerji mənbələrinin e.h.q. fərqinə bərabərdir:

$$E = E_1 - E_2$$

Elektrik dövrəsinə e.h.q.-ləri müxtəlif istiqamətdə olan bir neçə enerji mənbəyini ardıcıl qoşaq. Ümumi e.h.q. həmin enerji mənbələrinin e.h.q.-nin cəbri cəminə bərabərdir. Bir istiqamətli e.h.q.-lərini topladıqda müsbət işarəli, əks istiqamətli e.h.q.-lərini cəmlədikdə isə mənfi işarəliləri götürürlər. Adətən, qapalı dövrə, (şəkil 2.14) mürək-



Şəkil 2.13. Elektrik enerji mənbələrinin birləşdirilməsi
a) razılaşdırılmış; b) qarşılıqlı



Şəkil 2.14. Mürəkkəb elektrik dövrəsi

kəb dövrənin bir hissəsini təşkil edir. Qapalı dövrə bu şəkildə a, b, v və c hərfləri ilə işarə edilmişdir. a, b və v nöqtələrində budaqlara ayrılma olduğundan I_1 , I_2 , I_3 və I_4 cərəyanların istiqamətləri müxtəlif olacaqdır. 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.

Beləliklə, daxili müqaviməti r_0 olan enerji mənbəyinin xarici dövrəsi, məsələn ardıcıl birləşdirilmiş, müqavimətləri r_1 , r_2 , r_3 olan üç naqildən ibarətdirsə (2.14-ci şəklə bax), Kirxhofun ikinci qanununa əsasən :

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

Enerji mənbəyi bir neçə ədəd olduqda həmin bərabərliyi sol tərəfində bu mənbələrin e.h.q-lərinin cəbri cəmi alınardı.

İki və ya bir neçə enerji mənbəyini paralel qoşduqda bunlardan keçən cərəyanlar eyni olmur.

E.h.q. E_1 və E_2 , daxili müqaviməti r_1 və r_2 olan paralel birləşdirilmiş iki enerji mənbəyini hər hansı bir r xarici müqavimətinə qapasaq 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

$$I_1 = \frac{E_1 + I_r}{r_1}; \quad \text{və} \quad I_2 = \frac{E_2 + I_r}{r_2};$$

olacaqdır.

§ 2.9. Elektrik cərəyanının işi və gücü

Qapalı dövrdə yükləri irəliləmə hərəkəti etdirmək üçün dövrdən cərəyan axır. Bu zaman dövrdə elektrik enerji mənbəyi müəyyən enerji sərf edir. Bu enerji mənbəyi e.h.q. E-nin həmin dövrdən keçən q elektrik miqdarına hasilinə,

yəni $E \times q$ -yə bərabərdir.

Lakin, bu enerji mənbəyinin gördüyü bütün iş, enerji qəbul edicisinə 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 qəbul edicisinin sıxaclarındakı gərginlikdir.

Elektrikin miqdarı $q = It$ olarsa, iş düsturunu aşağıdakı şəkildə yazıla bilər:

$$A = UIt.$$

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

$$U = Ir$$

Onda, iş düsturunu belə də yazıla bilər:

$$A = I^2rt.$$

Ancaq alınan düsturlardan heç biri işin elektrik enerjisi generatorlarının ölçülərini müəyyən etmir. O, həm böyük və həm də kiçik generatorlar eyni, lakin müxtəlif müddətlərdə iş verə bilər. 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:

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

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

$$1 \text{ vt} = 1000 \text{ mvt.}$$

$$1 \text{ hvt} = 100 \text{ vt};$$

$$1 \text{ kvt} = 1000 \text{ vt.}$$

$$1 \text{ vt. s} = 3600 \text{ vt. san}, 1 \text{ kvt. s} = 1000 \text{ vt. s.}$$

Elektrik cərəyanının işi və kiloqrammetr (kq m) ilə ölçülən mexaniki iş arasında belə bir nisbət vardır: $1 \text{ vt} \cdot \text{san} = 0,102 \text{ kqm}$.

Mexaniki gücü ölçmək üçün saniyədə kiloqrammetr (kqm/san) vahidindən istifadə olunur: $1 \text{ kq m/san} = 9,81 \text{ vt}$.

Generatorun sıxaclarındakı gərginlik U olduqda xarici dövrdə I cərəyanı ilə ayrılan güc gərginliyin cərəyana hasili kimi ifadə olunur, yəni:

$$P = UI.$$

Xarici müqavimət (r) çox kiçik olduqda dövrdəki cərəyan xeyli çox, generatorun sıxaclarındakı gərginlik isə çox kiçik olur. Xarici dövrənin r müqaviməti sıfıra bərabər olduqda generatorun sıxaclarındakı U gərginliyi də sıfıra bərabər olar.

$$P = 0 \cdot I = 0.$$

dövrdəki cərəyan şiddəti sıfıra bərabərdir.

$$P = U \cdot 0 = 0.$$

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

Beləliklə generatorun hasil etdiyi tam güc:

$$P_{\text{tam}} = P + P_0 = I^2 r + I^2 r_0 = I(Ir + Ir_0).$$

Axırıncı bərabərliklərin sağ hissəsindəki mötərizəyə alınmış cəm generatorun e.h.q. E -ni ifadə edir, yəni:

$$E = Ir + Ir_0.$$

Deməli, generatorun tam gücünü aşağıdakı düsturla ifadə etmək olar:

$$P_{\text{tam}} = P + P_0 = EI,$$

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

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 dövürdə ən böyük güc almaq üçün bu dövrənin müqaviməti generatorun daxili müqavimətinə bərabər olmalıdır.

Nəzərdən keçirdiyimiz misal bu qaydanı təsdiq edir.

Misal 1. E.h.q. 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

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

Enerji qəbuledicisinin sərf etdiyi güc isə

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

olacaqdır.

§ 2.10. Lents-Coul qanunu

Cərəyan mənbəyi cərəyanı naqildən keçirtmək üçün müəyyən enerji sərf edir və bu enerji istiliyə çevrilir. Bunun nəticəsində elektrik cərəyanı naqildən keçdikdə naqil qızır. Hər hansı bir cismi hərəkət etdirmək üçün sürtünmə müqaviməti dəf olunur və buna sərf olunmuş iş istiliyə çevrilir. Naqilin elektrik müqaviməti də sürtünmə müqavimətindən fərqlənmir.

İstilik miqdarının ölçü vahidi kaloridir.

Kalori (kal) bir kiloqram suyun temperaturunu bir dərəcə Selsi qədər artırmaq və ya azaltmaq üçün sərf olunacaq istiliyin miqdarıdır.

Rus akademiki Lents və ingilis fiziki Coul eyni vaxtda və bir-birindən asılı olmayaraq müəyyən etmişlər ki, **naqildən cərəyan keçirən onun ayırdığı istiliyin miqdarı cərəyan şiddətinin kvadratı ilə, naqilin müqaviməti və cərəyanın naqildə sabit saxlandığı zamanla düz mütənasibdir. Bu qanuna Lents–Coul qanunu deyilir.**

Cərəyanın ayırdığı istiliyin miqdarını Q , naqildəki cərəyan şiddətini I , naqilin müqavimətini r və naqildən cərəyanın keçmə

muddətini t hərfləri ilə işarə etsək Lents– Coul qanununu riyazi şəkildə belə ifadə edə bilərik:

$$Q = kI^2rt,$$

burada k –cərəyan şiddəti, müqavimət və cərəyanın keçmə müddəti üçün secilmiş vahidlərdən asılı olan mütənasiblik əmsəlidir. Təcrübə yolu ilə müəyyən edilmişdir ki, müqaviməti 1 om olan naqildə 1 a şiddətində cərəyan 1 san ərzində 0,24 kiçik kalori qə-dər istilik ayırır. Deməli, cərəyan – amper, müqavimət–om, za-man–saniyə ilə ifadə olunursa, Lents–Coul qanununu belə yaza bilərik:

$$Q = 0,24 I^2rt \text{ kal} \quad (1)$$

Lakin Om qanununa görə

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

olduğundan

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

(1) düsturunda I və r -i göstərilən qiymətlərlə əvəz etsək:

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

Misal 1. Qızdırıcı cihazın müqaviməti 24 om-dur və o gərinliyi 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:

$$t = 0,5 \text{ saat} = 30 \text{ dəq} = 30 \times 60 = 1800 \text{ san.}$$

Cihazın ayırdığı istiliyin miqdarı isə

$$Q = 0,24 \frac{U^2}{r} t = 0,24 \frac{110^2}{24} 1800 = 217800 \text{ kal}$$

olacaqdır.

§ 2.11. Elektrik cərəyanının istilik təsirindən istifadə olunması

1873-cü ildə A.N.Lodigin tərəfindən ixtira olunmuş közərmə elektrik lampası, işıqlandırmanın bütün növlərindən daha geniş yayılmışdır. Belə lampada naqıl cərəyanın təsiri ilə ağ rəngə qədər közərir və buna görə də işıq saçır.

Naqillərin elektrik cərəyanı ilə qızmasından yerlərdə istifadə edilir. Məsələn, elektrik işıqlandırmasında, elektrik qızdırma cihazlarında, elektirik peçlərində, ölçmə və tibb

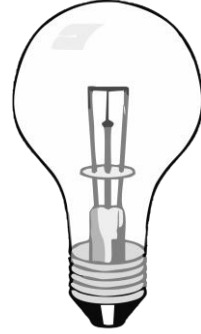
aparatlarının bir çoxunda və s.. Müasir közərmə lampasının (şəkil 2.15) əsas hissələri közərmə telindən və şüşə balondan ibarətdir.

Volframın ərimə temperaturu çox yüksək (3660 S), mexaniki möhkəmliyi çox olduğuna görə, işıqlandırma lampalarının közərmə telini hazırlamaq üçün məhz bu metaldan istifadə olunur.

Normal işıqlandırma lampaları 110, 120/127 və 220 v gərginlik üçün buraxılır.

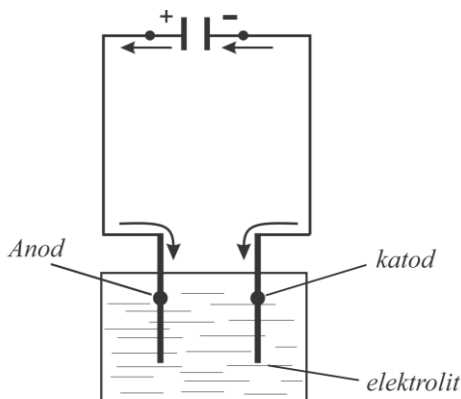
Közərmiş telin havanın oksigeni ilə birləşməməsi üçün kolbadan oksigeni çıxarırlar. Gücü 60 vt-a qədər olan lampaların kolbasından hava çıxarılır (vakuum lampalar); daha güclü lampalarda isə kolbaya inert qazların—arqon və azotun, yaxud kriptonun seyrəkləşdirilmiş qatışıqını doldururlar. Kolbaya inert qaz doldurulması volframın buxarlanmasını azaldır, bu isə telin közərmə temperaturunu yüksəltməyə imkan verir.

Naqillərin elektrikle qızması həmişə faydalı deyildir. Elektrik veriş xətlərinin məftillərində qızma, elektrik enerjisinin hədəf yerə sərfinə səbəb olur, cərəyanla həddindən artıq yüklənmədə isə yanğın təhlükəsinə səbəb ola bilər. Hər bir qızdırıcı cihazın işi elektrik cərəyanı ilə naqillərin qızmasından istifadə olunmasına əsaslanır.



Şəkil 2.15. Közərmə lampası

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. Adətən, bu və ya digər elektrik qurğusu üçün yolverilən cərəyanı cərəyanın yolverilən sıxlığını hesablamaqla normalaşdırırlar.



Şəkil 2.16. Cərəyanın elektrolitdən keçməsi

Cərəyanın sıxlığı məftilin bir kvadrat millimetr en kəsik sahəsinə düşən cərəyanla müəyyən edilir.

Aparat və cihazları çox yüksək cərəyanların keçməsindən mühafizə etmək üçün cərəyanın kəmiyyəti yolverilən normadan artıq olan kimi dövrəni avtomatik surətdə kəsən qoruyucu quruluşlardan istifadə olunur.

Elektrik cərəyanının kimyəvi təsiri. Cərəyan hərəkət edə bilən və elektrikle yüklənmiş hissəcikləri olan mühitdən keçə bilər, çünki elektrik cərəyanı yüklərin naqildə istiqamətli irəliləmə hərəkətindən ibarətdir. Elektrik cərəyanını, duzların və turşuların suda və ya hər hansı digər həlledicidəki məhlulundan keçirir. Bunlara metal naqillərdən fərqli olaraq, elektrolitlər və ya ikinci naqillər deyilir. 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.

Adətən, elektrik yükü elektronlarla ötürülən metal naqillərdən ibarətdir. Metallardan fərqli olaraq, elektrolitlərdə elektrikcərəyanı ionlarla ötürülür. İonlar sadə və mürəkkəb ola bilər. Sadə ion

maddənin bir atomundan ibarətdir. Bir neçə atomdan ibarət olan ionlara isə mürəkkəb ionlar deyilir.

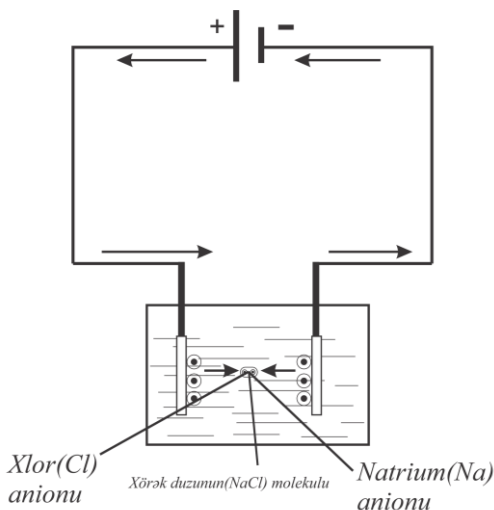
Həlledicilərin təsiri ilə kimyəvi birləşmələrin ionlara parçalanmasına **elektrolit dissosiasiyası** deyilir.

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

Elektrolitdə elektrik cərəyanı yarandıqda, ionlar müəyyən istiqamətlərdə hərəkət edir.

Elektroliz - elektrolitdən cərəyan keçməsi zamanı baş verən kimyəvi prosesə deyilir.

Məsələn, elektrod adlanan iki metal lövhəni, içərisində elektrolit olan qaba salaq. (şəkil 2.17). Bu lövhələri enerji mənbəyinə birləşdirək. Cərəyan keçdikdə yüklənmiş hissəciklər istiqamətli hərəkət edəcəkdir. Elektrolitdəki ionlar əks istiqamətlərdə müsbət ionlar (kationlar) katoda, mənfi ionlar (anionlar) isə anoda tərəf hərəkət edəcək. Məsələn, xörək duzu məhlulunu elektroliz etdikdə katodda natrium kationları, anodda isə xlor anionları çökür (şəkil 18).



Şəkil 2.17. Xörək duzu məhlulunun elektrolizi

§ 2.12. Faradeyin qanunları

Elektrolitdən elektrik cərəyanı keçdikdə maddə ayrılır. Bu kimyəvi birləşmələr şəklində olan maddədir. Ayrılan maddənin cərəyan şiddətindən asılılığı Faradeyin iki qanunu ilə müəyyən edilir:

Elektroliz zamanı hər bir elektrolitdə ayrılan maddənin miqdarı elektrolitdən keçən elektrikin miqdarı ilə düz mütə-

nasibdir. Bu Faradeyin birinci qanunudur. Maddənin **elektrokimyəvi ekvivalenti**-bir kulon elektrik keçdikdə elektrolitdən müəyyən miqdarda maddə ayrılmasına deyilir.

Praktiki hesablamalarda elektrikin miqdarını təyin etmək üçün kulon əvəzinə amper-saatdan (a-s) istifadə etmək əlverişlidir.

$$1 \text{ a.s.} = 60 \times 60 = 3600 \text{ a.san} = 3600 \text{ kl.}$$

Faradeyin birinci qanununa əsasən (q) aşağıdakı ifadə ilə təyin edə bilərik:

$$q = kIt.$$

Müxtəlif elektrolitlərdən keçən elektrikin miqdarı eyni olduqda elektrodlarda ayrılan maddələrin miqdarı bunların kimyəvi ekvivalenti ilə mütənasibdir. Bu Faradeyin ikinci qanunudur.

Bilirik ki, birvalentli elementin atom çəkisi onun kimyəvi ekvivalentinə bərabərdir, n-valentli elementin kimyəvi ekvivalenti isə atom çəkisindən n dəfə kiçikdir, yəni:

$$a = \frac{A}{n},$$

burada A—atom çəkisi;

n—valentlik;

a—maddənin kimyəvi ekvivalentidir.

Məsələn, alüminiumun atom çəkisi $A=27$, valentliyi $n = 3$ -dür, deməli, onun kimyəvi ekvivalenti

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

olacaqdır.

Beləliklə, müqaisə zamanı, elektrokimyəvi ekvivalentlər bunların kimyəvi ekvivalentləri ilə mütənasibdir, yəni:

$$\frac{k_1}{a_1} = \frac{k_2}{a_2} = \frac{k_3}{a_3} = \dots,$$

burada k_1, k_2, k_3 – müxtəlif maddələrin elektrokimyəvi ekvivalenti;

a_1, a_2, a_3 – həmin maddələrin kimyəvi ekvivalentləridir.

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

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

Beləliklə, Faradeyin ikinci qanunu aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$k = \frac{a}{26,8} = \frac{A}{26,8n}.$$

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

Cədvəl 5

Metal	Dəmir	Gümüş	Mis (turşu elektrolitdən)	Nikel	Natrium	Qurğuşun	Xrom	Sink	Qalay (turşu 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·s ilə	1,042	4,025	1,186	1,095	0,86	3,865	0,324	1,22	2,214	1,107

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

Həlli. Sinkin elektrokimyəvi ekvivalenti 5-ci cədvəldən görüldüyü kimi

$$k = 1,22 \text{ q/a s-dır.}$$

Faradeyin birinci qanununa əsasən:

$$q = kIt,$$

buradan

$$I = \frac{q}{kt} = \frac{50}{1 \cdot 22 \cdot 10} = 4,1a$$

olar.

§ 2.13. Qalvanik elementlər

Qalvanik elementin elektrodlarında elektrolitdən ayrılmış maddə çökür. Qalvanik elementlərdə iş zamanı ionlar daimi hərəkət edir.

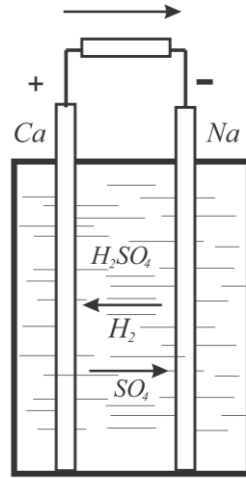
Sabit cərəyan mənbəyi kimi həm metallar və həm də ikinci naqillər (maye elektrolitlər) birlikdə götürülür.

Sadə qalvanik elementə (şəkil 2.18.) misal olaraq mis-sink elementini götürək. 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.

Bu zaman, cərəyanın təsiri ilə yüklər öz yerlərini dəyişəcəkdir. Elementin içərisində mənfi sink lövhədən, müsbət mis lövhəyə, xarici dövrdə isə misdən sinkə doğru cərəyan axmağa başlayacaqdır.

Müsbət elektrodda toplanmış hidrogen, elektrod metalı ilə birlikdə əlavə potensiallar fərqi yaradır; buna **polyarizasiyanın elektrik hərəkət qüvvəsi deyilir**. Elementin mis lövhəsində hidrogenin ayrılması onun təsirini zəiflədir və elementi polyarizə edir. Bu e.h.r.-si elementin e.h.q.-sinin istiqamətinin əksinədir. 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 qütbündə hidrogenin toplanmasına imkan verməmək üçündür. Tərkibində oksigen və ya xlor zəngin olan kimyəvi preparatlardan depolyarizator kimi istifadə edilə bilər.

Qalvanik elementin e.h.q. elementi təşkil edən maddələrin kimyəvi və fiziki xüsusiyyətlərindən asılıdır. Elementin daxili



Şəkil 2.18. Mis-sink qalvanik elementi

müqaviməti bunlardan asılıdır: 1) qütblər arasındakı məsafədən; 2) mayeyə doldurulmuş elektrodların səthinin ölçüsündən; 3) elementə doldurulan mayenin kimyəvi tərkibindən.

Qalvanik elementlərin daxili müqaviməti sabit kəmiyyət deyildir.

Belə qalvanik elementlər elektrotexnikada geniş tətbiq edilir.

Misal 1. Hər birinin e.h.q. = 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 e.h.q. $E = 1,6$ v, daxili müqaviməti $r = \frac{r_0}{m} = \frac{8}{4} = 2\text{om}$. Deməli, dövrədəki cərəyan şiddəti

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

olacaqdır.

§ 2.14. Akkumulyatorlar

Müəyyən vaxt ərzində elektrik enerjisini saxlamaq qabiliyyəti olan, kimyəvi proseslər nəticəsində onu toplamağı bacaran, cihazlara **akkumulyator** deyilir.

Akkumulyatorlar iki növ olur: turşulu və qələvili. Elektrolitə salınmış iki qurğuşun lövhə, ən sadə turşulu akkumulyatordur.

Azacıq miqdarda sulfat turşusu əlavə edilmiş su, elektrolit olaraq götürülür.

Elektrolitin daxilində ionların: kationların – mənfi sıxacı ilə, anionların – müsbət sıxacı ilə birləşdirilmiş lövhəyə hərəkəti baş verir. Müsbət elektrodda qurğuşun oksidləşir, mənfi elektrodda isə süngərvarı olur.

Beləliklə, elektrik enerjisi kimyəvi enerjiyə çevrilir. Enerji belə bir formada müəyyən vaxt ərzində saxlanıla bilər və lazım gəldikdə elektrik enerjisinə çevrilir.

Akkumulyatorun, boşalma zamanı yolverilən gərginliyə qədər müəyyən cərəyanla verdiyi elektriğin miqdarına **akkumulyatorun tutumu** deyilir. Akkumulyatorun tutumu, **amper-saat** ilə ifadə olunur.

Doldurulmuş akkumulyator dövrədən açılmış vəziyyətdə tutumunun bir hissəsini itirir. Buna **öz-özünə boşalma** deyilir. Akkumulyatorun tutumu aktiv kütlənin miqdarından, cərəyanın boşalma şiddətindən və temperaturdan asılıdır.

Turşulu akkumulyatorlar stasionar tipli elektrotexniki qurğularda və avtomobil nəqliyyatında istifadə edilir. Gəzdirmə tipli akkumulyatorlar əsasən qələvili akkumulyatorlardır. Qaz akkumulyatorları yüngül olur, ucuz başa gəlir. Kadmium-nikel (KN) və dəmir-nikel (DN) akkumulyatorlar daha geniş yayılmışdır. Hazırda məsaməli lövhələri olan akkumulyatorlardan geniş istifadə edilir. Məsaməli lövhəli akkumulyatorlarda boşalma cərəyanı daha çox alınır və bunlar qısa müddətli rejimdə işləyə bilər.

Qələvili akkumulyatorun daxili müqaviməti turşulu akkumulyatora nisbətən xeyli çox olur.

Yüksək istismar göstəricilərinə görə son illərdə gümüş-sink akkumulyatorlar geniş yayılmışdır. Bunlar, müxtəlif növlü qələvili akkumulyatorlardan biridir.

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 ölçülür.

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 - hərfi ilə işarə edib aşağıdakı ifadəni yazmaq:

$$\eta_1 = \frac{q}{Q} = \frac{I_b t}{I_d T}$$

Turşulu akkumulyatorlar üçün η_1 -in orta qiyməti 0,85 qələvili akkumulyatorlar üçün isə 0,65-dir.

Doldurma zamanı akkumulyatorun gərginliyinin orta qiymətinin 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:

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

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

$$A_2 = U_b I_b t \text{ vt} \cdot \text{s.}$$

alınacaqdır.

Boşalma zamanı akkumulyatordan alınmış enerjinin onu doldurarkən sərf edilmiş enerjiyə nisbətində akkumulyatorun enerji verimi deyilir. Bu nisbəti η_2 hərfi ilə işarə etsək

$$\eta_2 = \frac{A_2}{A_1} = \frac{U_b I_b t}{U_d I_d T}$$

η_2 -nin orta qiyməti turşulu akkumulyatorlar üçün 0,65, qələvili akkumulyatorlar üçün isə 0,45 dir.

Qələvili akkumulyatorun e.h.q.-si onun doldurulma dərəcəsinə asılı olaraq xeyli dəyişir. Qələvili akkumulyatorun e.h.q.-si turşulu akkumulyatora nisbətən az olduğundan, eyni e.h.q. 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 a·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 v boşalmada isə 1,9a olarsa, akkumulyatorun enerji verimini.

Həlli. Akkumulyatoru doldurmaq üçün tələb olunan cərəyan:

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

Boşalma zamanı akkumulyatorun verdiyi enerji:

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

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:

$$\eta_2 = \frac{A_2}{A_1} = \frac{136,8}{198,8} = 0,68.$$

III FƏSİL

ELEKTROMAQNƏTİZM VƏ ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI

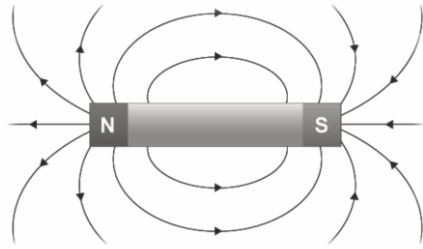
§ 3.1. Maqnitlər. Maqnit induksiyası. Maqnit seli

Təbii maqnit - dəmirlə oksigenin kimyəvi birləşməsindən ibarət olan maqnit filizidir. Süni sabit maqnitlərdən texnikada, istifadə olunur.

Hər bir sabit maqnitin iki: şimal və cənub qütbü vardır. Maqnitlərin eyniadlı qütbləri bir-birini itələyir, müxtəlif adlı qütbləri isə bir-birini cəlb edir.

Maqnit sahəsi materiyanın formalarından biridir.

Kompasın əqrəbi yer maqnetizmi və əqrəbin maqnit qütblərinin maqnit sahəsi qüvvələrinin təsiri ilə müəyyən istiqamətdə durur. Qəbul edilmişdir ki, maqnit xətlərinin istiqaməti şimal qütbündən cənub qütbünə tərəfdir. Bununla əlaqədar olaraq, maqnit sahəsini əks etdirdikdə maqnit xətlərini 3.1-cı şəkildə göstərildiyi kimi oxlarla qeyd edirlər.



Şəkil 3.1. Sabit maqnit sahəsi

Maqnit induksiyası. Maqnit induksiyası- maqnit sahəsini xarakterizə edən parametrlərdən biridir. Bu B hərfi ilə işarə olunur.

Maqnit induksiya vahidinə tesla və bu hər kvadrat metrə veber ilə ölçülür (MKSA).

Maqnit induksiyası B sahənin gərginliyindən və materialın maqnit keçiriciliyindən asılıdır:

$$B = \mu_m H$$

Lakin $H = \frac{I\omega}{l}$ olduğundan $B = \frac{\mu_m I\omega}{l}$.

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

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

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

$$\Phi = BS.$$

Maqnit induksiyasının 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. Deməli, $1vb = 1000000000$ mks-dir,

$$1mks = \frac{1}{1000000000} vb.$$

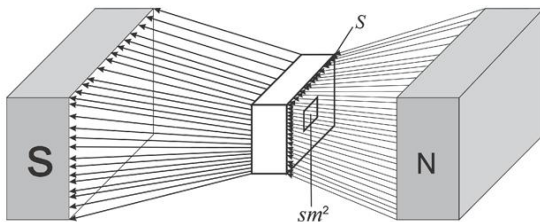
Maqnit induksiyası

$$B = \mu_m \frac{I\omega}{l}$$

olduğundan maqnit seli

$$\Phi = \frac{\mu_m I\omega}{l} S.$$

Maqnit selini maqnit xətlərinin istiqamətinə perpendikulyar səthdən keçən maqnit xətlərinin (şəkil3.2.) miqdarı ilə təsəvvür etmək olar.



Şəkil 3.2. Maqnit seli

Misal. İnduksiya $S = 0,3$ ts, içliyin en kəsiyi sahəsi $s = 0,05\text{m}^2$ olarsa, maqnit selini hesablamalı.

Həlli.

$$\Phi = BS = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ vb.}$$

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

§ 3.2. Elektrik cərəyanının maqnit sahəsi

Məlumdur ki, maqnitlənmiş cisimlərdə maqnit sahəsi öz oxu və atom nüvəsinin ətrafında fırlanan elektronlarla yaranır. Maqnit və elektrik hadisələri bir-biri ilə sıx əlaqədardır. 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.

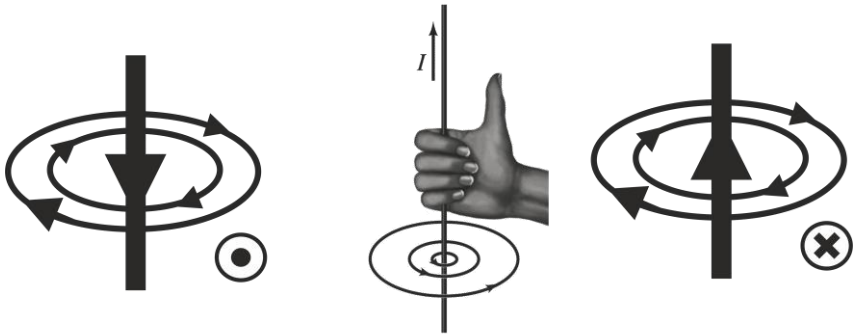
Naqildən elektrik cərəyanı keçdikdə naqilin ətrafında maqnit sahəsi yaranır. Cərəyan verilməsi kəsildikdə isə maqnit sahəsi yox olur.

Cərəyan keçən naqilin ətrafında yaranan maqnit xətləri – induksiya xətləri mərkəzi naqilin oxu olan çevrələr üzrə yerləşir.

Bunu sadə bir təcrübə ilə asanlıqla sübut edə bilərik.

Bir təbəqə kartonun deşiyindən naqil keçirib, ona elektrik cərəyanı verək. 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 (X) işarəsi qoyur, (şəkil 3.3.) cərəyanın istiqaməti bizə tərəf olduqda isə nöqtə (•) qeyd edirlər.



Şəkil 3.3. Elektrik cərəyanı keçən düz naqilin ətrafında yaranan maqnit sahəsi

Maqnit xətlərinin istiqaməti burğu qaydasına əsasən müəyyən edilir. Bu qayda belədir: **burğunun irəliləmə hərəkəti cərəyanın naqildəki istiqamətində olarsa, burğu dəstəyinin fırlanma istiqaməti naqilin ətrafında yaranan maqnit sahəsinin qüvvə xətlərinin istiqamətini göstərəcəkdir.**

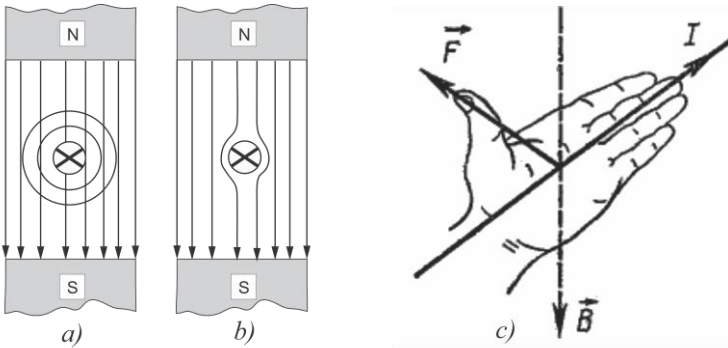
Maqnit sahəsi nəinki cərəyan keçən düz naqilin, həm də halqa şəklində əyilmiş naqilin ətrafında yaranır. Bu halda halqaşəkilli naqildə, sabit maqnitdə olduğu kimi iki: şimal və cənub qütbləri olur. Halqaşəkilli naqilin maqnit sahəsinin bu xassəsindən elektromaqnitlərdə istifadə edilir.

§ 3.3. Elektromaqnit. Maqnit sahəsində cərəyan keçən naqil

Polad icliyi olan selonoidə elektromaqnit deyilir. Spiral şəkildə burulmuş naqilə selonoid deyilir. Selonoidin icərisində polad iclik yerləşdirib, sarğılardan elektrik cərəyanı keçirək, onda bu iclik maqnitlənəcək. Elektromaqnit sahəsində maqnit xətlərinin istiqamətini müəyyən etmək üçün burğu qaydasından istifadə olunur. Praktiki olaraq elektromaqnitin qütblərini müəyyən etmək üçün maqnit əqrəbindən istifadə oluna bilər. 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.

Maqnit xətlərinin və naqilin sağ tərəfində cərəyanla yaradılan maqnit sahəsinin istiqaməti (şəkil 3.4. a) bir-birinə müvafiq gəlib, ümumi maqnit sahəsinə gücləndirir. Eyni zamanda, sol tərəfdə hər iki maqnit sahəsinin maqnit xətləri qarşılıqlı təsir etdiyindən ümumi sahəni zəiflədir. Ümumi sahənin maqnit xətləri elə bil qısalmağa cəhd edərək naqilə əqrəblə göstərilmiş istiqamətdə təsir edən qüvvə yaradır. Nəticədə naqil maqnit sahəsindən F qüvvəsi ilə itələnir (şəkil 3.4.b).



Şəkil 3.4. Cərəyankeçən naqilin maqnit sahəsindən itələnməsi və sol qaydası:

- a-maqnit xətləti və sahəsinin istiqaməti bir-birinə uyğun gəlir;
- b-naqilin maqnit sahəsindən F qüvvəsi ilə itələnmə; c- sol əl qaydası

Elektromaqnitdən texnikada geniş istifadə olunur. 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.

Elektromağnit relesi – böyük guclü elektrik dövrəsini öz kontakt yayları ilə qapayan və açan (işə düşdükdə), az elektrik cərəyanı ilə hərəkət edən cihazdır.

Elektromağnit releləri iki cür olur: sadə və polyarizə olunmuş.

Mağnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyan keçən naqilə təsir edən qüvvələrin istiqaməti sol əl qaydası ilə təyin olunur. Bu qayda aşağıdakı kimi ifadə olunur: **sol əli mağnit sahəsində elə yerləşdirək ki, mağnit xətləri ovucun içərisinə daxil olsun və əlin dörd barmağı cərəyanın istiqamətini göstərsin, onda baş barmaq naqilə təcup edən qüvvənin istiqamətini göstərəcəkdir.**

Təcrübədən aydın olduğu kimi, cərəyan keçən naqilə mağnit sahəsinin təsir etdiyi F qüvvəsi, I cərəyanının naqilin işlək uzunluğu və mağnit sahəsinin intensivliyi–mağnit induksiyası V ilə mütənəsbdir (şəkil 3.4. c). Bu asılılığı aşağıdakı düsturla ifadə edirlər:

$$F = BIl,$$

burada F –n, I –a, l –m, B isə Ts (Tesla) ilə ifadə olunur.

Qeyri-bərabər mağnit sahəsində mağnit xətlərinə perpendikulyar yerləşdirilmiş, l m cərəyan keçən, uzunluğu l m olan naqilə l N qüvvə təsir edərsə, belə sahənin mağnit induksiyası 1 Ts olacaqdır.

$$F = BIl$$

düsturundan görüldüyü kimi, mağnit induksiyası belə bir nisbətə təyin edilir:

$$B = \frac{F}{Il}$$

Deməli, mağnit sahəsinin intensivliyini xarakterizə edən mağnit induksiyası B mağnit sahəsində yerləşdirilmiş cərəyan keçən naqilə edilən təsir haqqında mühakimə yürütməyə imkan verən kəmiyyətdir. Mağnit induksiyası istiqamətli kəmiyyətdir – naqili itələyən qüvvəyə perpendikulyar vektordur.

Misal 1. İşlək uzunluğu $l = 0,25$ m olan naqildən $I = 20$ a cərəyan keçirsə və mağnit sahəsn bu naqilə $F = 4,5$ N qüvvə ilə təsir edərsə bu sahənin mağnit induksiyasını hesablamalı.

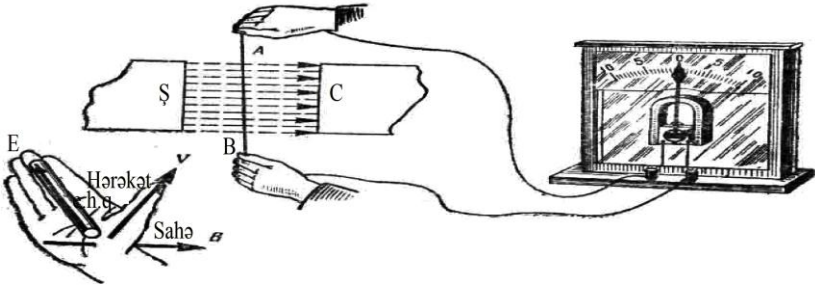
Həlli.

$$B = \frac{F}{Ii} = \frac{4,5}{20 \cdot 0,25} = 0,9 \quad Tc = 9000qc$$

Hazırda geniş yayılmış elektrodinamik reproduktorların (səscaldanların) işləməsi də buna əsaslanmışdır.

§ 3.4. Elektromaqnit induksiyası. Öz-özünə induksiya. İnduktivlik.

Elektrik və maqnit sahələri arasındakı əlaqə onunla müəyyən olunur ki, naqili maqnit sahəsində hərəkət etdirdikdə, yaxud onun ətrafındakı maqnit selini dəyişdirdikdə naqildə e.h.q. induksiyanılır və qapalı naqildə elektrik cərəyanı yaranır. Maqnit naqilə nisbətən hərəkət etdirdikdə də naqildə induksiya e. h. q. yaranır. (şəkil3.5.a)



Şəkil 3.5. İnduksiya e.h.q-nin alınması:
Maqnit xətləri naqil ilə kəsişdikdə e.h.q-nin istiqaməti sağ əl qaydası ilə müəyyən edilir;

İnduksiya e. h. q-nin istiqamətini sağ əl qaydası ilə müəyyən etmək olar. Bu qayda aşağıdakı kimi ifadə edilir: **sağ əl maqnit sahəsində elə yerləşdirilir ki, maqnit xətləri ovucun 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 e.h.q. B maqnit induksiyasından, naqilin l işlək uzunluğundan və onun maqnit sahəsində hərəkət sürətindən asılıdır. Bu asılılığı belə bir düsturla ifadə etmək olar:

$$E = Blv$$

burada E – induksiya e. h. q., V (Veber) ilə;

B – maqnit induksiyası, Ts (Tesla) ilə;

l – naqilin uzunluğu, m ilə;

v – naqilin maqnit sahəsində hərəkət sürətidir, m/san ilə ölçülür.

Maqnit induksiyası $B=2Ts$ olduqda, işlək uzunluğu $l = 0,4$ m olan naqil maqnit xətlərinə nisbətən 90° bucaq altında, $v=15$ m/san sürətlə hərəkət edərsə, onda yaranan induksiya e. h. q. aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E = Blv = 2 \cdot 0,4 \cdot 15 = 12V.$$

Elektromaqnit induksiyasının Faradey tərəfindən kəşf olunması, iş prinsipi bu hadisəyə əsaslanan bir sıra elektrik maşınları və cihazları qurmağa imkan verdi. Belə maşın və cihazlardan elektromaqnit generatoru, elektrodinamik mikrofonu, səsgötürən (adapter) və s. daha geniş yayılmışdır.

Dəyişən maqnit sahəsi makaranın dolaqları ilə kəsişdikdə öz-özünəinduksiya e.h.q. əmələ gələcək. Makarada yaranan öz-özünəinduksiya e.h.q-nin qiyməti onun induktivliyindən və cərəyanın makarada dəyişilmə tezliyindən, yəni maqnit selinin dəyişilməsi sürətindən asılıdır.

İnduktivliyi L (hn) olan dövrədə cərəyan çox az müddətdə $-\Delta I$ san. ərzində kiçik $\Delta I a$ qədər dəyişərsə, belə dövrədə öz-özünəinduksiyanın e.h.q. yaranacaqdır:

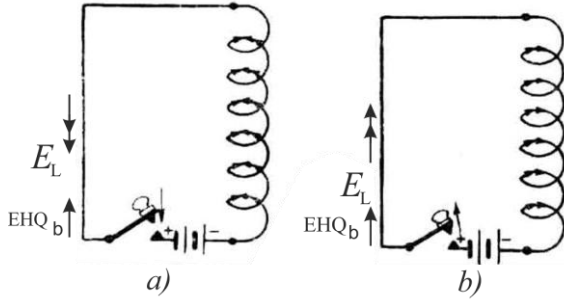
$$E_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Bu düsturdakı mənfi işarəsi onu göstərir ki, öz-özünəinduksiya e.h.q. cərəyanın dəyişilməsinə əks təsir edir.

E.X.Lents sübut etmişdir ki, **induksiya e.h.q. və o cümlədən**

öz-özünəinduksiya e.h.q. həmişə elə yönəlmişdir ki, onu yaradan səbəbə əks təsir göstərir. Buna Lents qanunu deyilir.

Dövrə qapan-
dıqda batareyanın
e.h.q. 3.5-ci a bən-
dində şəkildə ox-
larla göstərilən istiqamətdə yönəl-
mişdirsə, öz-özünə
induksiya e.h.q.
Lents qanununa
görə bu halda əks
istiqamətə yönələ-



Şəkil 3.6 Öz-Özünə induksiya e.h.q. yaranması:
a) dövrəni qapadıqda; b) dövrəni açdıqda;

cək (şəkildə iki oxla göstərilmişdir) və cərəyanın axmasına mane olacaqdır. Dövrənin acılması momentində isə əksinə (şəkil 3.5.b bəndində) öz-özünəinduksiya e.h.q.-nin istiqaməti batareyaya e.h.q.-nin istiqamətinə müvafiq olacaq və cərəyanın azalmasına mane olacaqdır.

Deməli, induktivliyi olan dövrənin qapanması momentində e.h.q. yaranan öz-özünəinduksiya e.h.q.-nin qiyməti qədər azalacaqdır.

Cərəyan mənbəyinin gərginliyini U , öz-özünə induksiya e.h.q.-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 e.h.q. cərəyan mənbəyinin gərginliyindən dəfələrlə çox ola bilər. Öz-özünə induksiya e.h.q. makara məftillərinin izolyasiya qatını da dəlib keçə bilər.

Naqildə cərəyan 1 san. ərzində 1 a-ə bərabər sürətdə dəyişdikdə 1 v qədər öz-özünəinduksiya e.h.q. yaranarsa, belə naqilin induktivliyi 1 hn olacaqdır. İnduktivlik henri (hn) ilə ölçülür.

1 hn = 1 000 000 mkhn = 10^6 mkhn; 1 mhn = 1000 mkhn.

Uzunluğu l , bir qatda yerləşdirilmiş və cərəyanı keçirilən ω

dolaqları olan makarada induktivliyin neçə olacağını aydınlaşdıraraq (makara karkasının diametri makaranın uzunluğundan bir neçə dəfə çoxdur).

Makaranın sarğılarından keçən cərəyan maqnit sahəsi yaradır. Bu sahənin gərginliyi

$$H = \frac{I\omega}{i},$$

maqnit induksiyası isə

$$B = \mu_m H \text{ və ya } B = \frac{\mu_m I\omega}{i}$$

olacaqdır. Cərəyanla yaradılan maqnit seli

$$\Phi = BS \text{ və ya } \Phi = \frac{\mu_m I\omega S}{i},$$

sel ilişməsi isə $\varphi = \omega F$.

Lakin induktivlik

$$L = \frac{\psi}{I} \text{ olduğundan } L = \frac{\omega\Phi}{I} \text{ və ya } L = \frac{\mu_m \omega I \omega S}{II}$$

Bu ifadədə dəyişiklik aparsaq induktivlik

$$L = \frac{\omega^2 \mu_m S}{l}$$

olacaqdır.

Makaranın induktivliyi onun en kəsiyindən və uzunluğundan da asılıdır. Makaranın en kəsiyi nə qədər çox olarsa, onun induktivliyi də o qədər artıq alınacaqdır. Sarğıların sayı eyni saxlandığı halda makaranın uzunluğu artırıldıqda induktivlik azalır.

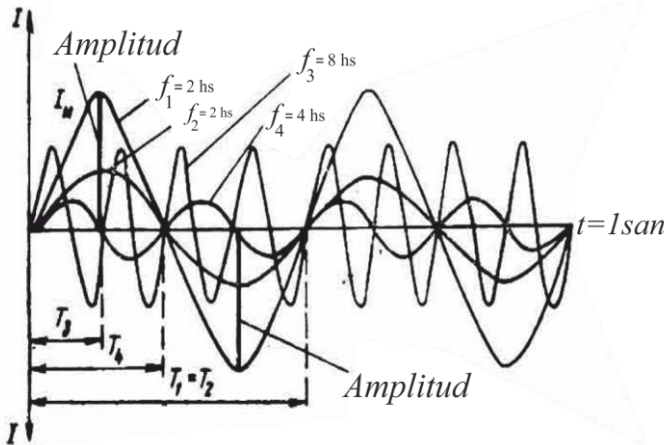
IV FƏSİL

BİRFAZALI DƏYİŞƏN CƏRƏYAN

§ 4.1. Dəyişən cərəyanı xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər: period, tezlik

Müasir zamanda dəyişən cərəyanın çox böyük praktiki əhəmiyyəti olduğu üçün, bütün dünyada elektrik enerjisinin, demək olar ki, hamısı dəyişən elektrik enerjisi kimi istehsal olunur. Məlumdur ki, dəyişən cərəyan generatorunun konstruksiyası, sabit cərəyan generatorunun konstruksiyasına nisbətən sadədir. Dəyişən cərəyan almaq üçün generatorlardan istifadə olunur. Dəyişən cərəyan generatorunun işi elektromaqnit induksiyası hadisəsinə əsaslanmışdır. Müəyyən zaman ərzində, qiymət və istiqaməti periodik dəyişən elektrik cərəyanına **dəyişən cərəyan** deyildir.

Dəyişən e.h.q. **dəyişən gərginlik**, habelə dəyişən cərəyan – **period, tezlik**, maksimal və təsiredən qiymətlərlə xarakterizə olunur.



Şəkil 4.1. Periodu və tezliyi müxtəlif olan
dəyişən cərəyanların qrafiki

Elektrik dövrələrində sinusoidal e.h.q. təsiri ilə sinusoidal dəyişən cərəyan axır. Sinusoid üzrə dəyişilən elektrik hərəkət qüvvəsinə **sinusoidal** deyilir. Dəyişən e.h.q-nin qiymətcə və istiqamətcə bir tam dəyişilməsinə **period** deyilir.

4.1-ci şəkildə periodu (T-san.) və tezliyi(f-hs) müxtəlif olan dəyişən cərəyanların qrafiki verilmişdir.

Dəyişən e.h.q-nin (gərginliyin və ya cərəyanın) bir saniyə ərzində tam dəyişmə saylarına tezlik deyilir.

1 khs = 1 000 hs, 1Mhs= 1000khs, 1 Mhs = 1 000000hs = 10^6 hs. Dəyişən cərəyanın tezliyi nə qədər çox olarsa, onun periodu o qədər az alınır.

Beləliklə, tezlik perioda əks olan kəmiyyətdir:

$$f = \frac{1}{T}$$

Misal 1. Dəyişən cərəyanın bir periodu 1/m san-ərzində baş verir. Cərəyanın tezliyini təyin etməli.

Həlli. Dəyişən cərəyan 1/50san. ərzində bir tam dəyişilir. Deməli bir saniyə ərzində belə dəyişilmə 50 dəfə baş verir. Onda tezlik:

$$f = \frac{1}{T} = 1 : \frac{1}{50} = 50hc.$$

Period da tezliyə əks kəmiyyətdir:

$$T = \frac{1}{f}$$

Misal 2. Cərəyanın tezliyi 2000 hs-dir (2 khs). Bu dəyişən cərəyanın periodunun təyin etməli.

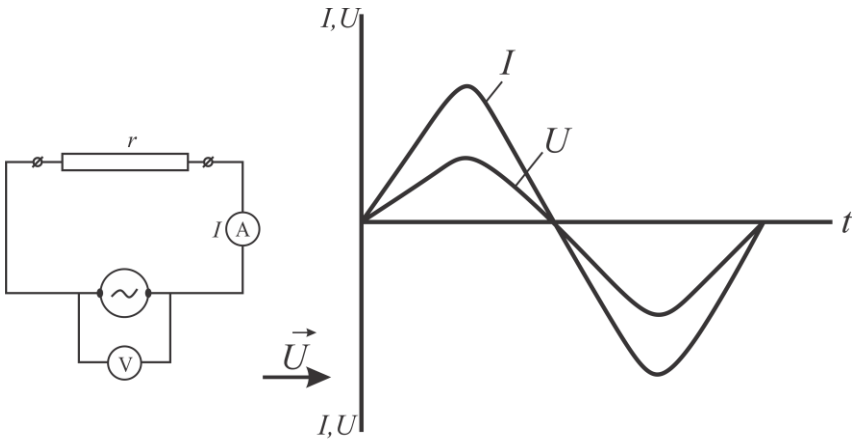
Həlli. Dəyişən cərəyan bir saniyə ərzində 2000 dəfə belə tam dəyişilməyə məruz qalır. Deməli, cərəyanın bir tam dəyişilməsi — bir periodu saniyənin 1/2000-i ərzində baş verir. Onda period

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2000} san.$$

Muxtəlif tezlikli dəyişən cərəyandan texnikanın müxtəlif sahələrində istifadə olunur. Elektrik stansiyalarında $f = 50\text{Hz}$ tezlikdə dəyişən elektrik hərəkət qüvvəsi istehsal edən generatorlar qoyulmuşdur. Radiotexnikada və elektronikada tezliyi onlarca vahiddən bir çox milyon hərə qədər olan dəyişən cərəyanlardan istifadə edilir.

§ 4.2. Dəyişən cərəyan dövrəsində aktiv müqavimət.

Aktiv müqavimət - elektrik enerjisinin istilik enerjisinə çevrildiyi dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş müqavimətə deyilir.



Şəkil 4.2. Aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi; dalğa və vektor diaqramları

Aktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsində (şəkil 4.2.) dəyişən gərginliyin təsiri ilə dəyişən cərəyan axır. Dövrədə cərəyanın dəyişilməsi, Om qanununa görə, dövrənin sıxaclarına qoşulmuş gərginlik sıfıra bərabər olduqda dövrədəki cərəyan da sıfıra bərabər alınır. Gərginlik artdıqca dövrədəki cərəyan artır. Gərginlik və ya əksinə. Eləcə də, gərginlik öz istiqamətini dəyişdikdə, cərəyan da istiqamətini dəyişir və i. a. Adətən, bu eyni vaxtda baş verir. Bu o deməkdir ki, cərəyan və gərginliyin

fazaları bir-birinə uyğun gəlir.

Belə bir dövrdə cərəyanın qiyməti Om qanununa əsasən təyin edilir:

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

Bu dövrdə aktiv müqavimətin sərf etdiyi gücün orta qiyməti cərəyan və gərginliyin təsir qiymətlərinin hasili ilə ifadə olunur:

$$P=IU \text{ və ya } I^2r, \text{ yaxud } \frac{U^2}{r}.$$

Misal. Aktiv müqaviməti $r = 55$ om olan dəyişən cərəyan dövrəsinə gərginliyinin maksimal qiyməti $U_m = 310,2$ v olan generator qoşulmuşdur. 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:

$$U = \frac{U_m}{1,41} = \frac{310,2}{1,41} = 220\text{v}$$

Cərəyanın təsir edən gərginliyini ölçən ampermetrin göstərişi isə

$$I = \frac{U}{r} = \frac{220}{55} = 4\text{a}$$

olacaqdır. Müqavimətin sərf etdiyi gücün orta qiyməti

$P = IU = 220 \times 4 = 880\text{vt}$ ya $R = I^2r = 4^2 \times 55 = 16 \times 55 = 880$ vt alınacaqdır.

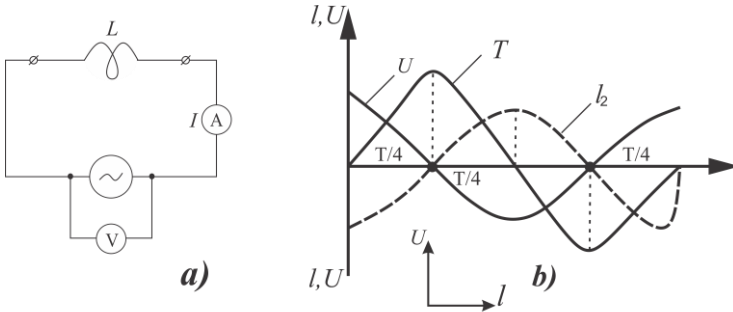
§ 4.3. Dəyişən cərəyan dövrəsində induktivlik

Maqnit sahəsi-elektrik cərəyanı naqildən və ya makaradan keçdikdə əmələ gəlir.

Tutaq ki, dəyişən cərəyan elektrik dövrəsinə (şəkil 4.3) induktivlik makarası qoşulmuşdur və generatorun e.h.q-nin təsiri ilə dövrdən dəyişən cərəyan keçir. Bu cərəyan dəyişən maqnit seli

yaradır və maqnit seli makaranın “öz” sarğıları ilə kəsişir. onda öz-özünəinduksiya e. h. q.yaranır:

$$E_{\text{öz.ni}} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



Şəkil 4.3. a) İnduktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi
b) İnduktiv müqavimət qoşulmuş dəyişən vektor diaqramlar

Burada, L makaranın induktivliyi, $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ isə makarada cərəyanın dəyişilmə sürətidir. Öz-özünə induksiyanın e.h.q. Lents qanununa əsasən, həmişə onu törədən səbəbə əks istiqamətlənir, dəyişən cərəyanın keçməsinə mane olur. Bunu da hesablamalarda induktiv müqavimət vasitəsi ilə nəzərə alırıq.

İnduktiv müqavimət (X_L) om ilə ölçülür. Bu müqavimət öz-özünəinduksiya e.h.q-də olduğu kimi cərəyanın makarada dəyişilmə sürətindən (ω 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 $\omega = 2\pi f$ olduğundan induktiv müqavimət aşağıdakı kimi göstərilə bilər:

$$X_L = 2\pi f L,$$

burada f -dəyişən cərəyanın tezliyidir, h_s ilə ölçülür.

Makaranın induktiv müqaviməti ondan keçən dəyişən cərəyanın tezliyinin çoxalmasından asılı olaraq artır və azalır. Öz-özünəinduksiya e.h.q. yaranmadıqda, makaranın induktiv müqaviməti $X=0$ olur. Sabit cərəyan üçün induktivlik makarası

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

müqavimətindən ibarət olur.

Yadda saxlamaq lazımdır ki, dəyişən cərəyanda induktiv və aktiv müqavimət arasında çox böyük fərq vardır.

Dəyişən cərəyan generatoruna aktiv yüklənmə qoşulduqda enerji qaytarılmadan aktiv müqavimətlə sərf olunur.

Misal. İnduktivliyi $L = 0,5$ hn, makara tezliy $f=50$ hs olan dəyişən cərəyan mynbəyinə birləşdirilmişdir. Makaranın induktiv müqavimətini təyin etməli. Makaranın tezliyi $f = 800$ hs olan dəyişən cərəyanın induktiv müqavimətini də hesablamalı.

Həlli. Tezlik $f = 50$ 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.

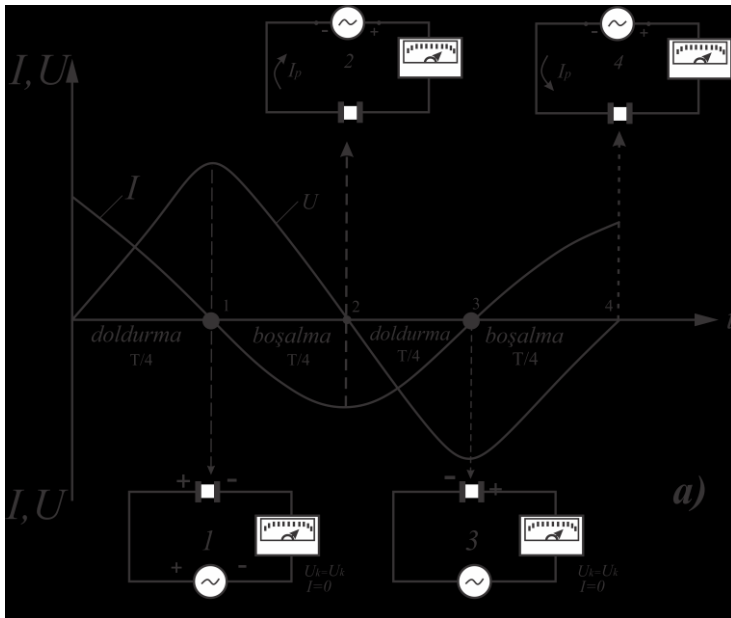
§ 4.4*. Tutum müqaviməti qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi.

Elektrik tutumu qoşulmuş dövrəyə birləşdirilən dəyişən cərəyan generatoru sıxaclarının polyarlığı $\omega = 2\pi f$ tezliyi ilə dəyişilir. (şəkil 4.4.a) Kondensator periodun birinci dörrdə birində dolur. Onun sol lövhəsində müsbət, sağ lövhəsində isə mənfi, yəni işarələri əks olan elektrik yükləri meydana çıxır. Sonra generatorun gərginliyi tədricən azalır və sıfıra bərabər olur. Bu periodun ikinci dörrdə birində baş verir. Bu vaxt kondensator boşalır. Bu halda məftillərdən keçən boşalma cərəyanının istiqaməti əksinə

olur.

Periodun üçüncü dördüdə birində generatorun sıxaclarındakı polyarlıq dəyişilir və gərginlik yenidən sıfırdan ən böyük qiymətinə qədər yüksəlir.

Bu vaxt kondensator yenidən dolacaq, lakin lövhələrin polyarlığı dəyişilməyəcəkdir. Sol lövhədə mənfi, sağ lövhədə isə müsbət olacaqdır. Məftillərdən, kondensatorun doldurulmasının axırında, $U_k = U_k$ olduqda şiddəti sıfıra bərabər olan doldurma cərəyanı axacaqdır. Prosesin dördüncü, hissəsində generatorun gərginliyi azalaraq sıfıra bərabər olur. Beləliklə, bir period ərzində kondensatorda iki dəfə doldurma və boşalma prosesi baş verir. Bu halda onun dövrəsindən dəyişən cərəyan axır.



Şəkil 4.4a. Tutum qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi

Kondensator dolub-boşaldıqda dövrədəki cərəyan və gərginlik fazaca bir-birinə uyğun gəlir. Cərəyan, gərginliyi periodun

dörddə biri qədər, qabaqlayır.

Tutum qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi üçün vektor diaqramı quraq (şəkil 4.) . Bunun üçün I cərəyanı vektorunu seçdiyimiz miqyas üzrə üfüqi xətdə qeyd edək. Gərginliyin cərəyandan $\varphi = 90^0$ gecikdiyini vektor diaqramında göstərmək üçün gərginlik vektorunu aşağıya tərəf 90^0 bucaq altında qeyd edirik. Bu dövrənin müqavimətini X_m ilə işarə edib, tutum müqaviməti adlandıraraq.

Belə olduqda həmin dövrə üçün Om qanununu belə yaza bilərik:

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

burada U– generatorun gərginliyi, v(volt) ilə;

X_m –tutum müqaviməti, om ilə;

I–cərəyan şiddətidir, a (amper) ilə ölçülür.

Məlumdur ki, dövrədəki cərəyan şiddəti zaman vahidi ərzində naqilin en kəsiyi sahəsindən gəcən elektrik yüklərinin miqdarı ilə təyin edilir:

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

Tutum müqaviməti dəyişən cərəyanın tezliyi ilə tərs mütənasibdir, həm də dövrəyə qoşulmuş tutumun qiymətindən də asılıdır.

Kondensatorun doldurulma zamanı topladığı və boşalma zamanı verdiyi elektrik miqdarı onun tutumu ilə düz mütənasibdir:

$$Q = C \cdot U.$$

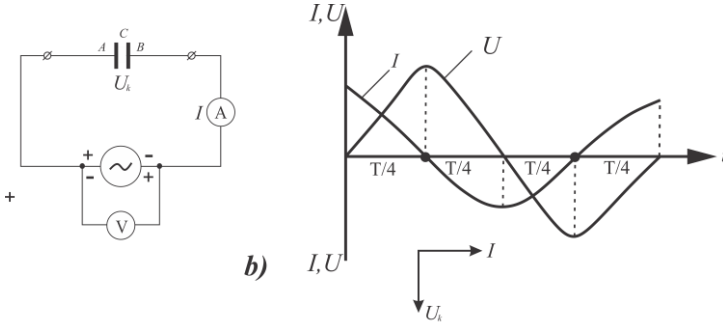
Beləliklə, tutum müqaviməti aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər:

$$X_m = \frac{1}{\omega C},$$

burada X_m –om ilə ifadə olunur; ω –dəyişən cərəyanın bucaq tezliyi, rad/ san ilə;

C–tutumdur, f (farad)ilə ölçülür.

Məlumdur ki, bucaq tezliyi $\omega = 2\pi f$



Şəkil 4.4b. Tutum qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi

Buna görə də tutum müqavimətini aşağıdakı kimi ifadə etmək olar:

$$X_m = \frac{1}{2\pi fC},$$

burada f -dəyişən cərəyanın tezliyi, h_s (hers) ilə, C -tutum- f (farad) ilə ölçülür.

Misal. Tutumu $C = 2$ mkf olan kondensator, tezliyi $f = 50$ hs olan 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 $f = 500$ hs olduqda

$$X_m = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1000000}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 2} = \frac{1000000}{628} \approx 1592 \text{ om.}$$

Tezlik $f = 500$ hs olduqda isə

$$X_m = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1000000}{2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 2} \approx 1592 \text{ om.}$$

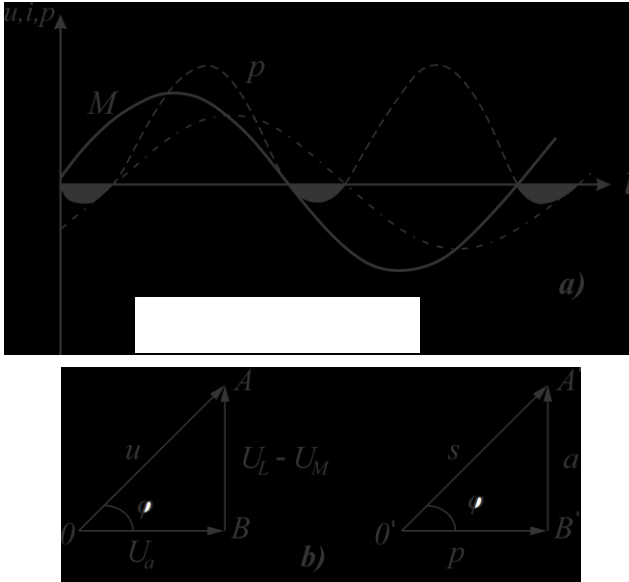
Bu misaldan aydın olur ki, kondensatorun tutum müqaviməti tezliyin artmasından asılı olaraq azalır, dəyişən cərəyanın tezliyi azaldıqca tutum müqaviməti artır.

§ 4.5. Bırfazalı dəyişən cərəyanın gücü

Dəyişən cərəyan generatorunun (aktiv və reaktiv müqavimətlər olan) dövrəyə qoşulmuş tam gücü iki hissədən ibarətdir:

- 1) aktiv müqavimətdə sərf olunan güc;
- 2) reaktiv müqavimətlərin sərf etdiyi güc (induktiv və tutum müqavimətlərinin aid edildiyi).

Aktiv müqavimətdə elektrik enerjisi ətrafa verilən istiliyə çevrilir.



Şəkil 4.5. Tutum qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi dalğa və vektor diaqramları

Gücün reaktiv hissəsi gərginlik azaldıqda reaktiv müqavimətlərin sahəsində toplanmış cərəyan dövrəyə qoşulmuş generatora qayıdır. Enerjinin generator və dövrədəki reaktiv qəbulediciləri enerji itkisinə səbəb olur. Generatorun ölçüləri onun hesablandığı tam gücdən asılıdır ki, bu da dolaq məfıllərinin en kəsiyi cərəyan şiddətinə görə, izolyasiyanın qalınlığı və dolaqdakı sarğıların sayı isə generatorun hasil edəcəyi gərginliyə görə hesablanır.

Dəyişən cərəyanın ani gücünün dəyişilməsi qrafikində

(şəkil 4.5). zaman oxundan yuxarıda yerləşmiş və cızıqlanmamış sahələr generatorun elektrik şəbəkəsinə verdiyi enerjini, həmin oxdan aşağıda yerləşən cızıqlanmış sahələr isə reaktiv muqavimətlərin generatora qaytardığı enerjini göstərir. Bu sahələrin fərqi faydalı işə sərf olunan enerjini ifadə edir.

Güc üçbucağı qurmaq üçün gərginliklər üçbucağının tərəflərini (şəkil4.5) cərəyanın I qiymətinə vuraq və AOB güc üçbucağını alaıq. Bu üçbucağın OB tərəfi aktiv gücə (R), BA tərəfi reaktiv gücə (Q), AO hipotenuzu isə tam gücə (S) bərabərdir.

Onda, aktiv güc $R = IU \cos \varphi$. Aktiv güc vatt ilə ölçülür. Reaktiv güc $Q = IU \sin \varphi$ reaktivin volt-amperi (v-am) ilə ölçülür. Tam güc $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ volt-amper ilə ölçülür. Dəyişən cərəyan generatorunun tam gücü cərəyanın gərginliyə hasilinə bərabərdir:

$$S = UI,$$

burada S–tam güc, va ilə;

I–generator dolağının hesablanmış olduğu cərəyanın təsir edən şiddəti, a ilə;

U–generator gərginliyinin təsir edən hesablama qiymətidir, v ilə ölçülür.

Tam gücün hansı hissəsinin faydalı, hansı hissəsinin faydasız güc olduğunu bilmək üçün aktiv gücü tam gücə ayırmaq lazımdır. Göründüyü kimi, 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 əmsalıdır.

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%-i aktiv güc kimi faydalı işə, 10%-i isə reaktiv faydasız işə sərf olunur.

Beləliklə, güc əmsalının artırılması və elektrik enerjisindən qənaətlə istifadə olunması cox əhəmiyyətlidir.

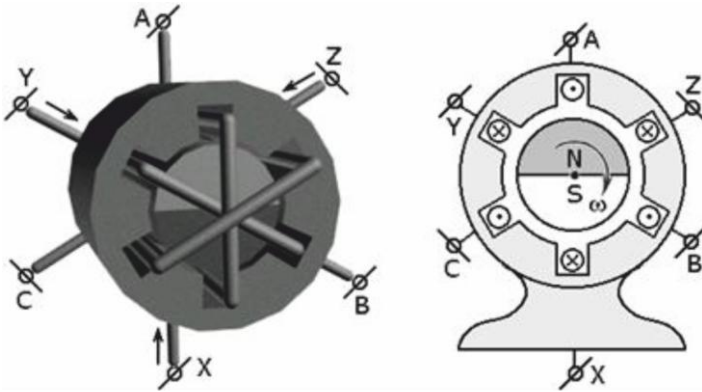
V FƏSİL

ÇOX FAZALI CƏRƏYANLAR

§ 5.1. Çoxfazlı generatorlar

Dünyada ilk dəfə olaraq, 1888-ci ildə Dolivo-Dobrovolski stator dolaqlarını birləşdirərək, üçfazlı cərəyanın məsafəyə verilməsinin quruluş sxemini həyata keçirmiş, sadə üçfazlı cərəyan generatoru əldə edilmişdir. Onun hazırladığı birinci üçfazlı dəyişən cərəyan generatoru, 3 kv. gücündə olub, hazırkı generatorlardan çox az fərqlənir. Üçfazlı sistem elektrik enerjisinin verilməsi, paylanması üçün nəzərdə tutulmuşdur və eyni zamanda çox faydalıdır. Üçfazlı sistem, enerji mənbələrinin e.h.q. eynitəzlikli olan, lakin fazaca bir-birindən üçdə bir period qədər fərqlənən üç elektrik dövrəsindən ibarətdir.

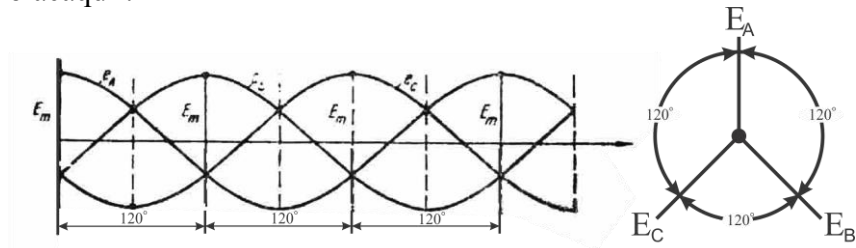
Faza bucaqları qarşılıqlı surətdə fərqlənən, lakin eynitəzlikli, iki və daha çox e. h. q-nin təsir etdiyi dəyişən cərəyan dövrəsinə **çox fazlı sistem** deyilir. Ayrı-ayrı dövrlərə isə **fazalar** deyilir. Hər üç fazada e. h. q-nin amplitudu eyni olarsa, belə üçfazlı sistemə **simmetrik sistem** deyilir.



Şəkil 5.1. Sadə üçfazlı generator quruluş sxemi

Sadə ikiqutblü (şəkil 5.1.) üçfazlı generatorun quruluş sxemində göstərilədiyi kimi, statorun oyuqlarında fəzada bir-birindən çevrənin üçdə biri (120°) qədər fərqlənən üç makara yerləşdirilmişdir: A–X, B–Y və C–Z. Statorun içərisində isə rotor yerləşdirilmişdir. İkiqutblü elektromaqnitdən ibarət olan, bu rotor sabit cərəyanla qidalanır. Eyni zamanda rotor müəyyən bir mühərriklə fırlandırılır və statorun oyuqlarında yerləşdirilmiş makaraların məfilləri ilə kəsişir. Bu makaralarda sinusoidal dəyişən e. h. q. induksiya olur.

Ancaq qeyd edək ki, hər üç fazanın e.h.q. sinusoidləri bir-birindən periodun üçdə biri qədər dəyişir. (şəkil 5.2.) Makaralarda hər fazanın dolağının başlanğıcından qurtaracağına kimi cərəyanların istiqaməti müsbət qəbul edilmişdir. Cərəyanın istiqaməti belə olduqda maqnit sahəsinin yaratdığı maqnit xətləri burğu qaydasına əsasən aşağıdan yuxarıya yönələcək, yəni statorun aşağı hissəsində şimal qutbu, yuxarı hissəsində isə cənub qutbu olacaqdır.



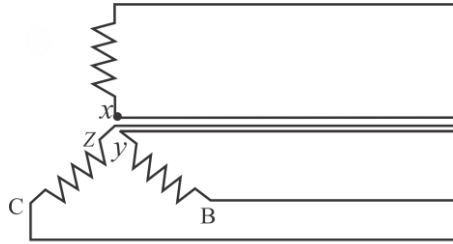
Şəkil 5.2. Generatorun üçfazlı dolağında rotor fırlanarkən e.h.q.-nin dəyişilmə əyriləri və vektor diaqramı

Həqiqətən də əgər fərz etsək ki, A fazasında cərəyanın istiqaməti müsbətdir, onda B və C fazalarında mənfi olacaqdır. Generator yükləndikdə onun dolağında faza gərginliyi olur, yüklənmə olmadıqda faza gərginliyi statorun makaralarında induksiya olunan e. h. q-nə bərabər alınır.

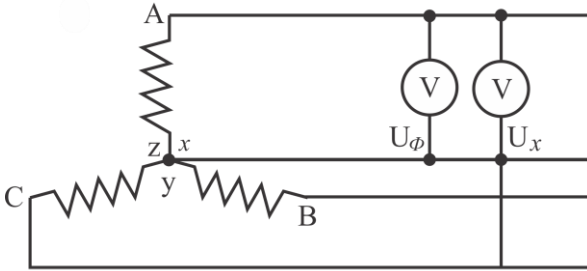
§ 5.2. Ücfazalı generator dolaqlarının ulduz birləşdirilməsi

Amplitudları bərabər, lakin bir-birindən asılı olmayan, fazaca periodun üçdə biri qədər sürüşmüş, sadə üçfazlı generatorun, dövrlərdə e.h.q.-si eynidir.

Əlaqəsiz üçfazlı sistemin generator statoru dolağının hər bir cüt sıxacına, cərəyan verən məftilləri qoşmaq olar (şəkil 5.3.).



Şəkil 5.3. Əlaqəsiz üçfazlı sistemin sxemi



Şəkil 5.4. Dolağın ulduz birləşmə sxemi

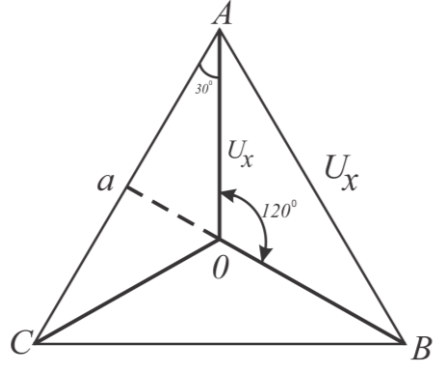
Bu üç fazanı ümumi birləşdirmək daha əlverişlidir. Bunun üçün generatorun dolaqlarını bir-birinə ulduz birləşdirək. (şəkil 5.4.).

Dolağın hər bir fazasının başlanğıcını A, B və C hərfləri ilə, qurtaracağı isə X, Y və Z ilə işarə edirlər.

Lakin fazaların başlanğıc tərəflərini elə seçmək lazımdır ki, fəzada 120° bucaq altında olsun, onda fazaların qurtaracaq tərəfləri də fəzada 120° bucaq altında yerləşdirilməlidir.

Məlumdur ki, generatorun dolaqlarını ulduz birləşdirdikdə enerjini şəbəkəyə vermək üçün başlanğıcdan (və ya qurtaracaqdan) məftil ayırırlar. Alınmış bu üç məftilə **xətti məftillər**, istənilən iki xətti məftilin arasındakı gərginliyə isə **xətti gərginlik** (U_x) deyilir. Ülduz birləşdirmənin sıfır nöqtəsindən dördüncü məftil də ayrılı bilər. Bu sıfır məftili adlandırılır.

Dolağının bütün fazaları, adətən, eyni olduğundan, bu fazalarda e. h. q-nin təsir edən qiymət bərabərdir, yəni $E_A = E_B = E_C$. Cərəyan qəbul edicisinin bütün üç fazasında müqavimət qiymət və xarakterinə görə eyni olduqda, fazaca öz gərginliyinə nisbətən eyni φ bucağı qədər sürüşəcəkdir. Bərabər yüklənmədə, yəni $U_A=U_B=U_C$ olar.



Şəkil 5.5. Dolaqların ulduz birləşməsi zamanı gərginliyin vektor diaqramı

Vektor diaqramında (şəkil

5.5.) göstəriləyi kimi bu gərginliklər bir-birindən fazaca 120° fərqlənir. Sxemin istənilən nöqtələri arasındakı gərginlik (şəkil 5.4.) eyni nöqtələr arasındakı gərginlik vektorlarına uyğun gəlir.

Məsələn, sxemin A və O nöqtələri arasındakı gərginlik (U_A faza gərginliyi) diaqramın A-O vektoruna müvafiqdir, sxemin A və B xətti naqilləri arasındakı gərginlik isə diaqramın A-B xətti gərginlik vektoruna uyğundur. Vektor diaqramına əsasən xətti və faza gərginlikləri arasındakı nisbəti asanlıqla müəyyən etmək olur. AaO üçbucağından, yazı 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.

Faza gərginliyinin ani qiymətləri üçün aşağıdakı ifadələri yazmaq olar.

$$u_A = U_m \sin \omega t;$$

$$u_B = U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3});$$

$$u_c = U_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}),$$

fazalardakı cərəyanın ani qiymətləri üçün bu ifadələri yazma bilərik:

$$i_A = I_m \sin(\omega t - \varphi);$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi);$$

$$i_c = I_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi),$$

Generatorun dolaqlarını ulduz birləşdirdikdə xətti naqıldəki cərəyan generatorun fazasındakı cərəyana bərabərdir, yəni $I_x = I_f$

Kirxhofun birinci qanununa əsasən yazma bilərik ki, sıfır məftilindəki cərəyan, generatorun fazalarındakı cərəyanların həndəsi cəminə bərabərdir, yəni:

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_c.$$

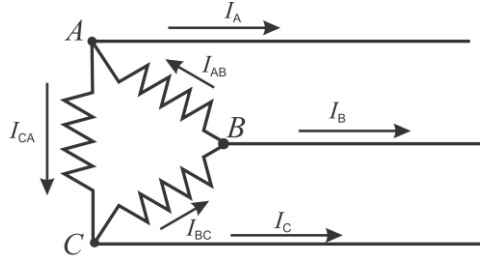
Bərabər yüklənmədə generatorun fazalarındakı cərəyanlar bir-birinə bərabərdir və fazaca bir-birindən periodun üçdə biri qədər fərqlənir. Bu halda üç fazadakı cərəyanların həndəsi cəmi sıfıra bərabərdir, yəni sıfır məftilində cərəyan olmayacaqdır. Buna görə də, ulduz birləşdirmədə sıfır məftilinin olması məcburi deyildir.

§ 5.3. Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşdirilməsi

Generatorun fazalarında e. h. q. bərabər olduğundan və fazaca bir-birindən periodun üçdə biri qədər fərqləndiyindən bunların həndəsi cəmi sıfıra bərabər olacaq və xarici yüklənmə olmadıqda, heç bir cərəyan olmayacaqdır.

Üçbucaq birləşdirmədə xətti məftillər bir fazanın başlanğıcı, digərinin qurtaracağındakı birləşdirilmə nöqtələrinə qoşulur. Bir

fazanın başlanğıcı və qurtaracağı arasındakı gərginlik, xətti məftillər arasındakı gərginliyə bərabərdir. Generatorun dolaqlarını üçbucaq birləşdirdikdə, yəni $U_x = U_f$ bərabər olur. Bərabər yüklənmədə generator dolaqlarının fazalarında faza gərginliyinə nisbətən eyni φ bucağı, yəni $I_{AB} = I_{BC} = I_{CA}$ qədər sürüşdürülmüş (şəkil 5.6.) bərabər cərəyanlar keçir. Faza gərginliklərinin ani qiymətlərini təyin etsək



Şəkil 5.6. Dolağın üçbucaq birləşmə sxemi

ona faza cərəyanlarının ani qiymətləri üçün yaza bilərik:

$$u_{AB} = U_m \sin \omega t;$$

$$u_{BS} = U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3});$$

$$u_{CA} = U_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}),$$

$$i_{AB} = I_m \sin(\omega t - \varphi);$$

$$i_{BC} = I_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi);$$

$$i_{CA} = I_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi)$$

Məsələn, statorunun dolaqları ulduz birləşdirilmiş üçfazlı dəyişən cərəyan generatoru tam yükləndikdə xətti cərəyan 10a olduqda 220 v xətti gərginliyə malikdir. Statorun dolaqları üçbucaq birləşdirildikdə generator tam yüklənərsə, xətti gərginliyi və cərəyanı təyin etmək üçün generatorun faza gərginliyi:

$$U_{\Phi} = \frac{U_x}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127V.$$

faza cərəyanı

$$I_{\Phi} = I_x = 10a$$

olacaqdır.

Generatorun dolaqlarını üçbucaq birləşdirdikdə xətti gərginlik faza gərginliyinə bərabərdir, yəni:

$$U'_x = U_{\Phi} = 127V,$$

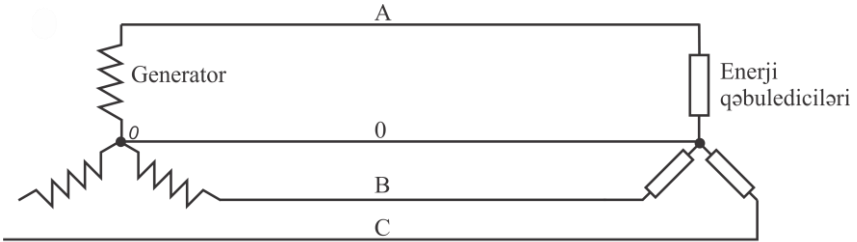
xətti cərəyan isə faza cərəyanından $\sqrt{3}$ dəfə çoxdur, yəni:

$$I'_x = \sqrt{3}I_{\Phi} = \sqrt{3} \cdot 10 = 17,3a.$$

§ 5.4. Üçfazlı cərəyan şəbəkəsinə yük qoşulması

Şəbəkəyə ulduz və üçbucaq sxemi üzrə, enerji işlədiciləri həm dördməftilli və həm də üçməftilli sistemdə qoşula bilər.

Enerji qəbulediciləri ulduz birləşdirilmiş dördməftilli sistemdə (şəkil 5.7.) bir məftillə xətti məftillə, o biri məftillə isə sıfır məftilinə birləşdirilmişdir. Dolaqları ulduz birləşdirdikdə, əgər cisim bərabər yüklənərsə, gərginlik və cərəyanların xətti və faza qiymətləri arasında belə bir nisbət vardır. $U_x = \sqrt{3}U_{\Phi}$ və $I_x = I_{\Phi}$



Şəkil 5.7. Enerji qəbulediciləri ulduz birləşdirilmiş dördməftilli sistem

Bərabər yüklənmədə üç fazadakı cərəyanların həndəsi cəminə bərabər, yəni $I_0 = I_A + I_B + I_C$ olar.

Üçfazlı dəyişən cərəyan mühərriklərini şəbəkəyə (şəkil 5.8.) göründüyü kimi, sıfır məftili olmadan ulduz birləşdirirlər.

En kəsiyi xətti məftilin en kəsiyindən, adətən, az götürülür və bu məftili saxlayır; lakin sıfır məftili qırıldıqda qeyri-bərabər yüklənmə zamanı gərginlik, kəskin sürətdə təhrif olunur.

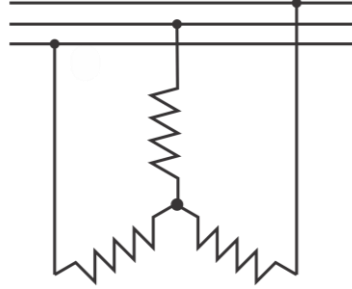
Məsələn, A fazasında yüklənmə olmadıqda B və C fazalarında bərabər yüklənmədə (şəkil 5.9.) sıfır məftili olmazsa, bu fazalarındakı yüklənmə xətti gərginliyə ardıcıl qoşulmuş olacaq və onların arasında bərabər paylanacaqdır. Deməli, yüklənmənin müqaviməti B və C fazalarında xətti gərginliyin yarısına bərabər, yəni:

$$U_B = U_c = \frac{U_x}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_f = 0,86U_f$$

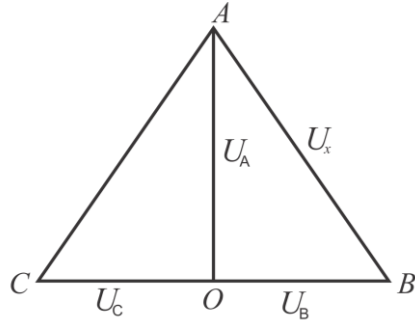
gərginliyinə məruz qalacaqdır. Ulduz birləşdirmənin neytral nöqtəsi öz yerini O nöqtəsinə elə dəyişdirəcəkdir ki, A fazasının gərginliyi $U_A = 1,5U_f$ -ə bərabərdir, olacaqdır.

Beləliklə, qeyri-bərabər yüklənmədə sıfır məftilini həmişə elə hazırlayırlar ki, onun dövrəsində qoruyucu, açarlar və.s olmasın.

Yüklənməni üçfazlı cərəyan şəbəkəsinə üçbucaq birləşdirmə ilə qoşduqda (şəkil 5.10) bu yüklənmə qruplarının hər biri iki



Şəkil 5.8. Üçfazlı cərəyan qəbuledicisinin şəbəkəyə sıfır məftili olmadan ulduz birləşdirilməsi sxemi

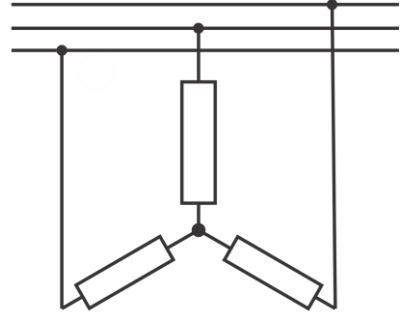


Şəkil 5.9. Sıfır məftili olmadıqda və fazalar qeyri-bərabər yükləndikdə gərginliklərin vektor diaqramı

xətti məftilin arasına qoşulur.

Beləliklə, enerji qəbuledicilərini üçbucaq birləşdirdikdə gərginliklərin xətti və faza qiymətləri arasında belə bir nisbət vardır: $U_x = U_f$, $I_x = \sqrt{3}I_f$.

Dördməftilli sistemin ən qiymətli xüsusiyyəti iki müxtəlif gərginlik almağa imkan verməsidir.



Şəkil 5.10. Üçbucaq birləşdirilmiş enerji qəbuledicilərinin şəbəkəyə qoşulması sxemi

§ 5.5. Üçfazlı cərəyanın gücü

Bərabər yüklənmədə hər bir fazada sərf olunan 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 əmsalidir.

Fazaların üçünün də sərf etdiyi güc belə olacaqdır:

$$P = 3U_f I_f \cos \varphi \quad (1)$$

Üçfazlı sistemi ulduz birləşdirdikdə onun xətti gərginliyi

$$U_x = \sqrt{3}U_f, \text{ xətti cərəyanı } I_x = I_f$$

arasında belə bir nisbət yaranacaqdır:

Bu qiymətləri 1-ci tənlikdə nəzərə alsaq, onda yüklənmənin üçfazlı şəbəkədən işlətdiyi güc aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P = 3 \frac{U_x}{\sqrt{3}} I_x \cos \varphi = \sqrt{3} U_x I_x \cos \varphi.$$

Yüklənmənin işlətdiyi güc ayrı-ayrı fazaların işlətdiyi güclərin cəminə bərabərdir:

$$P = P_A + P_B + P_C$$

Üçfazlı cərəyan şəbəkəsində enerji qəbuledicilərini üçbucaq

birdirildikdə xətti gərginlik $U_x = U_f$ xətti cərəyanı $I_x = \sqrt{3}I_f$ faza qiymətləri arasındakı nisbət belədir.

Beləliklə, yüklənmə $P = 3U_x \frac{I_x}{\sqrt{3}} \cos \varphi = \sqrt{3}U_x I_x \cos \varphi$. qədər güc sərf edəcəkdir. Deməli, bərabər yüklənmədə üçfazlı şəbəkədən sərf olunan güc yüklənmənin qoşulma üsulundan asılı olmayaraq aşağıdakı düsturla ifadə edilir:

$$P = \sqrt{3}U_x I_x \cos \varphi = 1,73U_x I_x \cos \varphi.$$

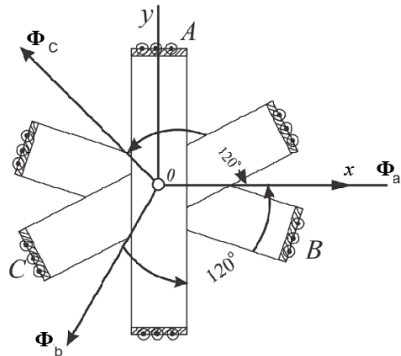
Cox fazalı cərəyanların üstün xassələrindən biri də ani gücün zamandan asılı olmaması, yəni həmişə sabit qalmasıdır. Bu xassə simmetrik sistemlərə mənsub olduğundan, bunlara taraz sistemlər deyilir. Yüklər ayrı-ayrı fazalarda bərabər paylanmadığı üçün sistem qeyri taraz adlanır. Belə sistemlərdə dövrənin ani gücü müəyyən bir orta qiymət ətrafında dəyişir.

§ 5.6. Üçfazlı fırlanan maqnit sahəsi

Sarğılarının müstəvisi bir-birinə nisbətən 120° bucaq təşkil edən üç eyni dolaqdan üçfazlı dəyişən cərəyan buraxıldıqda, burada fırlanan maqnit sahəsi əmələ gəlir.

İstənilən çoxfazlı dəyişən cərəyan sistemi, fırlanan maqnit sahəsi olan sistemlə yaradıla bilər. Fırlanan maqnit sahəsinin qiyməti sabit olur.

Üçfazlı dəyişən cərəyan daha geniş yayıldığı üçün, dəyişən cərəyan maşınında üçfazlı dolağın fırlanan maqnit sahəsini



Şəkil 5.11. Üçfazlı fırlanan maqnit sahəsində ayrı-ayrı dolaqların müstəvisinə perpendikulyar vektorlar

nəzərdən keçirək. Fırlanan maqnit sahəsi üçfazlı asinxron mühərriklərin prinsipini təşkil edir. Fırlanan maqnit sahəsi üçfazlı cərəyanlardan başqa iki fazlı cərəyanlardan da alınır. Üçfazlı fırlanan maqnit sahəsinin qiymət və istiqamətini tapaq. Tutaq ki, stator üzərinə bir-birinə nəzərən iki stator yerləşdirilmişdir. Burada dolaqların əvvəlini A,B,C ilə işarə edib, onları ulduz birləşdirək və üçfazlı dövrəyə qoşaq. Bu vaxt bu dolaqlardan keçən cərəyanların,

$$i_A = I_m \sin \omega t;$$

$$i_B = I_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3});$$

$$i_C = I_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}).$$

keçdiyi makaralar sinusoidal maqnit selləri yaradır. Maksimal cərəyan keçdikdə makaranın yaratdığı maksimal maqnit selini Φ_m ilə işarə etsək, hər makaranın yaratdığı selin ani qiymətləri üçün aşağıdakı ifadələri alarıq:

$$\Phi_A = \Phi_M \sin \omega t$$

$$\Phi_B = \Phi_M \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$\Phi_C = \Phi_M \sin(\omega t - 240^\circ)$$

Bu sellərin maqnit xətləri–makaraları onların müstəvilərini saquli isiqamətdə kəsəcəkdir

Makaraların üçünün də maqnit sahələrinin istiqaməti bir-birindən 120° fərqlənən Φ_a , Φ_b və Φ_c vektorları ilə göstərilmişdir (şəkil 5.11.).

Makaralarda hər fazanın dolağının başlanğıcından qurtaracağına 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 qurtaracaq nöqtələrinə qoşulmuş naqillərdə isə müşahidəçidən əks istiqamətdə yönələcəkdir.

Cərəyanların müsbət istiqamətlərinə burğu qaydasına əsasən təyin edilən maqnit sahələrinin müsbət istiqamətləri uyğun gələcəkdir.

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. Ayrı-ayrı dolaqlar ətrafında yaranan maqnit sahələri döyünən sahələrdir. Həmin sahələr bir-biri ilə toplandıqdan sonra nəticədə ümumi bir sahə alınır ki, bu sahə sabit qiymətli və fırlanan təbiətlidir.

VI FƏSİL

ELEKTRİK – ÖLÇÜ CİHAZLARI VƏ ÖLÇMƏLƏR

§ 6.1. Elektrik – ölçü cihazları haqqında ümumi məlumat

Müxtəlif elektrik kəmiyyətlərini ölçmək üçün elektrik-ölçü cihazlarından istifadə olunur. Ona görə də elektrik-ölçü cihazlarının göstərişindən dəqiq istifadə etmək lazımdır. Lakin mütləq dəqiq cihazlar olmadığından, onların göstərişləri həqiqi qiymətlərdən bir qədər fərqlənir.

Buna əsaslanaraq deyirik ki, ölçülmüş qiymətlərlə cihazın həqiqi qiymətləri arasındakı fərqə cihazın **mütləq xətası** deyilir. Məsələn, dövrədə cərəyan şiddəti $I = 20$ a olarsa və bu dövrəyə qoşulmuş ampermetr $I_{ölç}=19,85$ a göstərsə, cihazın göstərişinin mütləq xətası

$$\Delta A = I - I_{ölç} = 20 - 19,85 = 0,15a$$

olacaqdır.

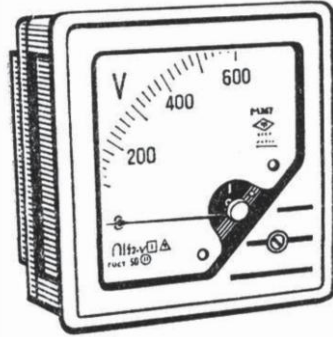
$$\gamma_{çev} = \frac{\Delta A}{A_{maks}} \cdot 100$$

Cihazın üzərində göstərilmiş $\gamma_{çev}$ cevrilmiş xətaya **cihazın əsas xətası** deyilir.

Elektrik-ölçü cihazları əsasən səkkiz dəqiqlik sinfinə bölünür: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5 və 4.

Cihaz çox böyük dəqiqliklə ölçməyə imkan verirsə, dəqiqlik sinfi daha kiçik rəqəmlə müəyyən edilir. Elektrik-ölçü cihazları ölçülən kəmiyyətə, işləmə prinsipinə, dəqiqlik dərəcəsinə və ölçülən cərəyanın növünə görə bir-birindən ayrılır.

Ölçülən kəmiyyətin növünə görə cihazlar aşağıdakı qruplara










Şəkil 6.1. Voltmetrin şkalası

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.

Elektromaqnit, maqnit-elektrik, elektrodinamik, induksiya, düzləndiricili, termoelektrik, elektron, vibrasiya və elektrostatik cihazları ölçmə mexanizminin işləmə prinsipinə görə də müxtəlif növlərə ayrılırlar. Cərəyanın növündən asılı olaraq, cərəyanı ölçən cihazlar da vardır. Müxtəlif istismar qruplu elektrik-ölçü cihazlarının şərti işarələri 1-ci cədvəldə verilmişdir.

Cədvəl 1

Elektrik-ölçü cihazlarının şərti işarələri

İşarələrin adı	İşarəsi
Maqnito-elektrik	
Elektromaqnit	
Elektrodinamik	
Ferrodinamik	
İnduksiya	
Dəyişən cərəyan	
Sabit cərəyan	
Dəyişən və sabit	
Şaquli vəziyyətdə	

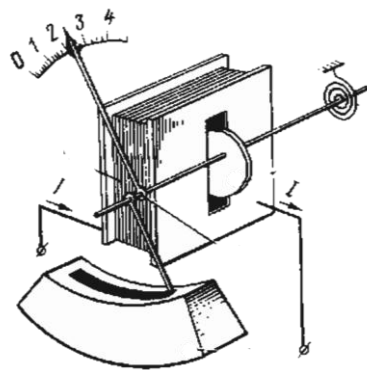
Voltmetr (V); (~); (Şəkil 6.1.) 0—250v həddindən dəyişən gərginliyi ölçmək üçündür.

Bütün sistemli elektrik ölçü cihazlarından aşağıdakı texniki tələblərə cavab verməlidir: bunlar dəqiq, işdə etibarlı olmalı, ucuz başa gəlməli asan quraşdırılmalıdır; bunlar az güc sərf etməli və ölçülən dövrənin elektrik parametrlərində nəzərə carpacaq dəyişiklik etməməli, bölgüləri bərabər olmalı, mümkün qədər daha çox artıq yükə davam gətirməli, keyfiyyətləri pisləşmədən uzun müddət xidmət etməli, cərəyan keçən hissələri gövdədən etibarlı izolyasiya olunmalıdır; onların göstərişi xarici amillərin təsirinə asılı olmamalı, cihazların əqrəbləri şkalanın müvafiq bölgüsündə tez müəyyənəlməlidir.

§ 6.2. Elektromağnit cihazlar

Elektromağnit cihazlardan cərəyanı və gərginliyi ölçmək üçün istifadə olunur. Makaralı elektromağnit cihaz 6.2-ci şəkildə göstərilir. İzolyasiyalı mis məftildən ibarət olan bu cihazın hərəkətsiz hissəsi, dolağı olan yastı makaradan ibarətdir. Sıxaqlara birləşdirilənlər dolağın uclarıdır. Cihazın hərəkətli hissəsində, üzərində polad içlik, əqrəb və sakitləşdiricinin seqmenti bərkidilmiş ox vardır. Əks-təsir momentini yaradan polad yayın bir ucu korrektorə, o biri ucu isə oxa birləşdirilmişdir. Korrektorün oyuğunda vint başlığı olan eksentrik civi yerləşdirilir.

Mağnit sahəsi yarandıqda, makaranın dolağından elektrik cərəyanı keçir, polad içlik makaraya daxil olur və oxu müəyyən bucaq qədər döndərir. Bu zaman əqrəb ölçülən kəmiyyəti cihazın şkalasında göstərir. Öz əvvəlki vəziyyətinə cərəyan kəsildikdə qayıdır.



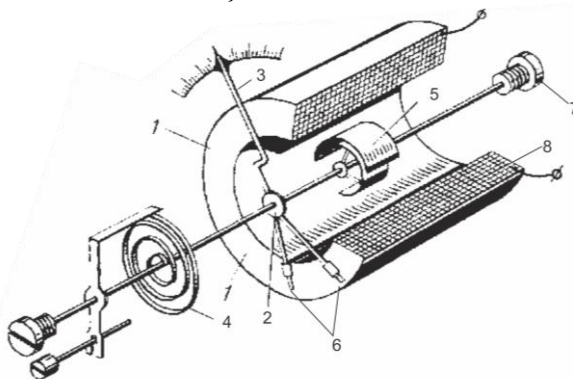
Şəkil 6.2. Makarası olan elektromağnit cihazın quruluşu

İçlik dolaqdan sabit və ya dəyişən cərəyanın keçməsindən asılı olmayaraq makaraya dartılır və maqnit sahəsi yaradır. Elə buna görə də elektromaqnit cihazlar, həm sabit cərəyan və həm də dəyişən cərəyan dövrlərində ölçmə aparmaq üçün yararlıdır. Eksentrik civini cevirəndə korrektorun alt çiyinə basaraq onu kənara verir. Bu da əqrəblə birlikdə oxu o zaman döndərirki, korrektorun yuxarı hissəsi hərəkət edərək spiral yayı da özü ilə dartır;

Əqrəbin mümkün qədər tez dayanması üçün sakitləşdirici adlanan xüsusi quruluşdan istifadə olunur. Maqnit-induksiya sakitləşdiricisinin təsiri burulğan cərəyanlarından istifadə olunmasına əsaslanmışdır. Sakitləşdiricinin aluminium seqmenti sabit maqnitin qütbləri arasında hərəkət etdikdə bu seqmentdə burulğan cərəyanlar yaranır. Hava sakitləşdiricisinin təsiri qapalı qutunun içərisində hərəkət edən yüngül qanadlığın qarşılaşdığı havanın müqavimətinə əsaslanmışdır.

Bu cihazdan istifadə etmək daha əlverişli sayılır. Üstünlüyü quruluşunun sadə olması, ucuz başa gəlməsi, etibarlılığı, sabit və dəyişən cərəyanları ölçmək üçün yararlı olmasıdır

Maqnit-elektrik cihazlar. Maqnit-elektrik cihazın (şəkil 6.3.) işi maqnit sahəsinin çərçivənin dolaqlarından keçən cərəyanın qarşılıqlı təsirinə əsaslanmışdır.



Şəkil 6.3. Maqnit-elektrik cihazının quruluşu:

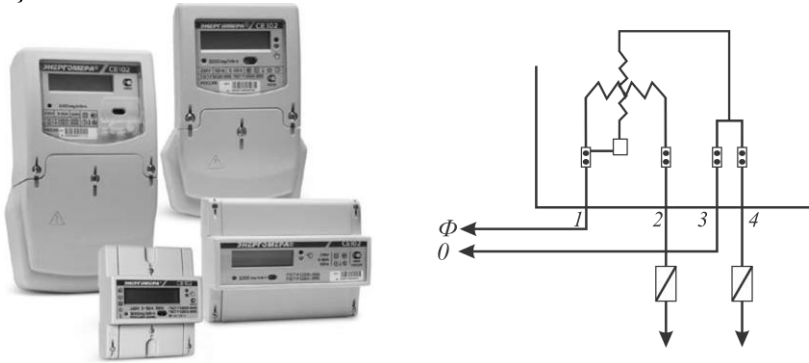
- 1-maqnitkeçirici; 2-əqrəb; 3-əqrəbtutucu; 4-əks-təsir edən yaylar; 5-qütb ucluqları; 6-ballast yukləri; 7-dolağı olan çərcivə; 8-pold silindir.

Çərçivə cərəyanının istiqamətindən asılı olaraq döndərilir.

Maqnit-elektrik sistemli cihazların sıxaclarında “+” və “-” işarələri vardır. Bu dolaqda cərəyanın lazımi istiqamətdə alınması üçün cihazın necə qoşulacağını göstərir.

Yüksək dəqiqlik, çox az güc sərfi, şkalanın bərabər bölgülü olması, göstərişlərin xarici maqnit sahələrindən asılı olmaması maqnit-elektrik sistemli cihazların üstün cəhətləridir. Bu cihazların nöqsan cəhətləri isə dəyişən cərəyanı ölçmək üçün yaralı olmaması nisbətən baha başa gəlməsi və ifrat yüklənmələrə həssas olmasıdır.

İnduksiya cihazları. İnduksiya sistemli cihazlar elektrik enerjisi sərfini hesablayan sayğaqlardır. (şəkil 6.4.) Sayğaqların əsas hissəsi iki dolaqdan: biri dövrəyə ardıcıl, digəri paralel(1) qoşulur.



Şəkil 6.4. Elektrik enerjisi sərfini hesablayan sayğac və onun dövrəyə qoşulma sxemi :

1-maqnit sxemi; 2-ox; 3-ötürmə dişli çarxlar; 4-hesablayıcı mexanizmi;
5-tormozlama maqnit; 6-alüminium disk

Fırlanan maqnit sahəsi, o zaman yaranır ki, hər bir dolaqdan keçən dəyişən cərəyanlar dəyişən maqnit selləri əmələ gətirir. Dəyişən maqnit seli sayğacın alüminium diski (6) ilə kəsişərək, onda burulğan cərəyanları induksiyalayır. Fırlanan maqnit sahəsinin burulğan cərəyanlara təsiri nəticəsində disk fırlanmağa başlayır. Diskin oxu (2) fırlanma hərəkətini dişli çarxlar (3) vasitəsi

ilə hesablama mexanizminə (4) ötürür.

Sayğacın diski fırlanarkən sabit tormozlama maqnitinin (5) qütbləri arasından keçib, onun maqnit xətləri ilə kəsişir. İnduksiya ölçmə mexanizmləri, ancaq dəyişən cərəyan dövrəsində işləyə bilər. Bu cihazlardan sayğac kimi istifadə olunur.

§ 6.3. Ampermetrlə ölçmə üsülunun genişləndirilməsi Cərəyan şiddətinin ölçülməsi.

Cihazın dolağına paralel olaraq nisbətən kiçik sabit müqavimət birləşdirərkən, ampermetrin ölçmə üsülünü genişləndirilməsinə **şunt** deyilir. ($r_{\text{ş}}$). Şuntla birlikdə ampermetrin qoşulma sxemi (şəkil 6.5.) verilmişdir. Şuntun müqaviməti ampermetrin müqavimətindən $n-1$ dəfə az götürülür. n ədədi ampermetrlə ölçmə həddini neçə dəfə artırmaq istədiyimizi göstərir.

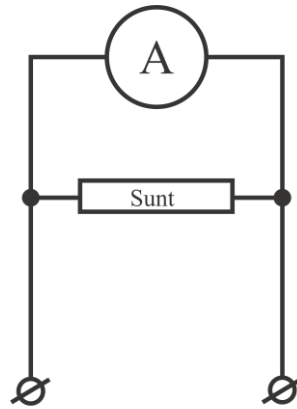
Ölçmə həddini artırma bilmək üçün ampermetrə paralel birləşdiriləcək şuntun müqavimətini aşağıdakı düsturla təyin etmək olar:

$$r_{\text{ş}} = \frac{r_a}{n-1}.$$

Kontaktların keçid müqavimətlərinin şuntun müqavimətinə təsirini aradan qaldırmaq üçün şuntla dörd sıxac olmalıdır. Şuntları, müqavimətinin temperatur əmsalı sıfıra bərabər olan xəlitədən–manqanından hazırlayırlar.

Elektrik dövrlərində cərəyan şiddətini ölçmək üçün müxtəlif sistemli ampermetrlərdən, milliampmetrlərdən və mikroampmetrlərdən istifadə olunur. Bunları dövrəyə ardıcıl qoşurlar və deməli, dövrədən keçən cərəyanın hamısı cihazdan keçir.

Müxtəlif elektrik ölçmələrində ölçü cihazının qoşulduğu döv-



Şəkil 6.5. Ampermetrin şuntla birləşdirilməsi sxemi

rənin elektrik rejimini mümkün qədər az dəyişdirməsinin çox böyük əhəmiyyəti vardır.

Bu səbəbə görə də ampermetrin müqaviməti dövrənin müqavimətinə nisbətən çox cüzi olmalıdır.

Məsələn; elektrik dövrəsinə gərginliyi $U = 10$ v olan elektrik enerji mənbəyi qoşulmuşdur. Cərəyan işlədicisinin müqaviməti $r_{isl} = 20$ om. Om qanununa görə bu dövrədə cərəyan aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$I = \frac{U}{r_{isl}} = \frac{10}{20} = 0,5a.$$

Fərz edək ki, cərəyanı ölçmək üçün istifadə edəcəyimiz milliampmetrin dolağının müqaviməti $r_a = 30$ om. Belə olduqda cihazı dövrəyə qoşarkən onda bu qədər cərəyan qararlaşacaqdır:

$$I = \frac{U}{r_{isl} + r_a} = \frac{10}{20 + 30} = \frac{10}{50} = 0,2a,$$

Beləliklə, cihazı dövrəyə qoşmaqla biz dövrənin elektrik rejimini pozmuş və cərəyan şiddətini $0,3$ a xəta ilə ölçmüş oluruz.

Bu misaldan aydın olur ki, 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 də ampermetri yüklənməyə paralel qoşmaq olmaz.

§ 6.4. Voltmetrlə ölçmə üsulunun genişləndirilməsi Gərginliyin ölçülməsi.

Dolağa ardıcıl olaraq çoxomlu müqavimət qoşulmasına **əlavə müqavimət** deyilir (r_s). Əlavə müqavimət voltmetrlə ölçmə üsulunu genişləndirilməsi üçün qoşulur. (şəkil 6.6.)

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_s müqaviməti voltmetrin müqavimətindən $n - 1$ dəfə çox götürülür:

$$r_3 = r_b(n-1)$$

Ölçülmüş ümumi gərginlik, bu müqavimətlərdə gərginliyin azalması cəminə bərabərdir.

n -ədədi voltmetrlərlə ölçmə üsulunu nə qədər genişlətmək istədiyimizi göstərir.

Məsələn: bizdə olan voltmetr $U_b = 30$ v gərginliyi ölçməyə imkan verir, biz isə bu cihazla $U = 120$ v gərginliyi ölçməliyik. Deməli,

$$n = \frac{U}{U_v} = \frac{120}{30} = 4 \text{ dəfə}$$

genişləndirməliyik.

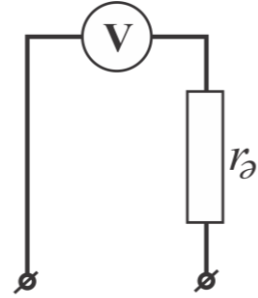
Voltmetrə ardıcıl olaraq qoşacağımız əlavə müqaviməti belə bir düsturla təyin edirik:

$$r_3 = r_v(n-1)$$

Əlavə müqaviməti voltmetrə qoşduqdan sonra cihazın şkalasının hər bir bölgüsü orada göstərilən kəmiyyətdən n dəfə artıq kəmiyyətə uyğun gələcəkdir. Müxtəlif sistemli voltmetrlərdən, millivoltmetrlərdən və mikrovoltmetrlərdən gərginliyi ölçmək üçün istifadə olunur. Müqaviməti mümkün qədər çox olan bu cihazlar yüklənməyə paralel qoşulurlar. Bu halda cihaz daha az enerji sərf edir və ölçmənin düzgünlüyü artır.

Əlavə müqaviməti əksər hallarda manqanın və ya konstantandan hazırlayırlar. Bu materialların hər ikisinin xüsusi müqaviməti yüksək və müqavimətli temperatur əmsalı azdır.

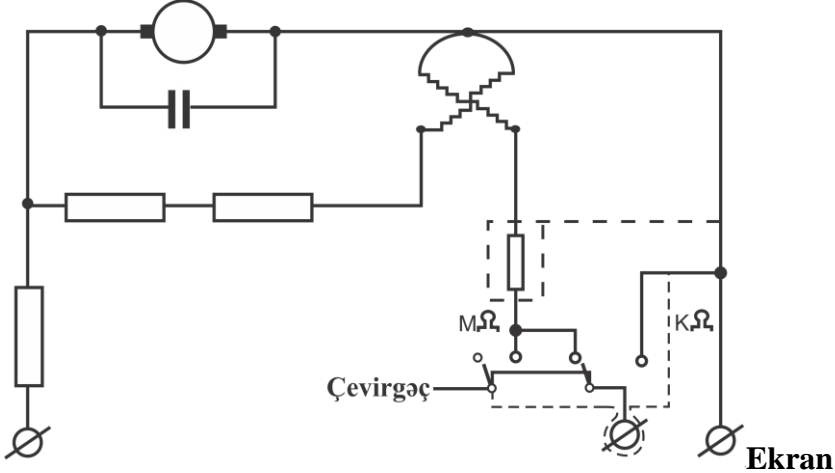
Şuntları və əlavə müqavimətləri cihazların gövdəsi içərisində qoymaq və ya ölçmə zamanı sıxaqlara qoşmaq olar.



Şəkil 6.6. Voltmetrin qoşulması sxemi əlavə müqaviməti

§ 6.5. Müqavimətin ölçülməsi. Meqommetr, ommetr.

Elektrik dövrələrinin elektrik maşınları və elektrik qurğuları dolaqlarının müqavimətini ölçmək üçün **meqommetr** adlanan cihazdan istifadə edilir



Şəkil 6.7. Maqometrin sxemi

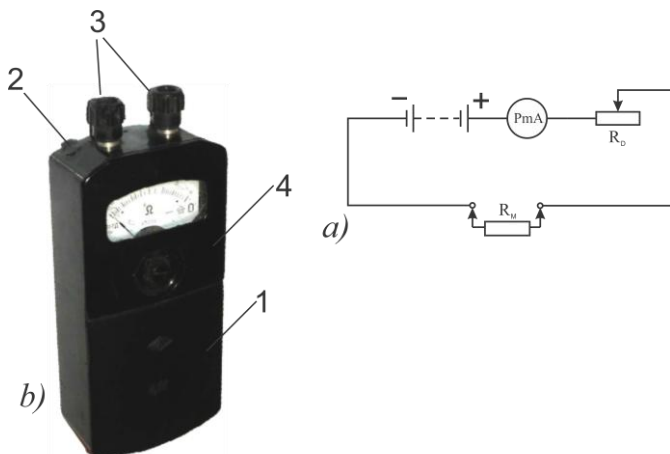
Meqommetr maqnit-elektrik sistemli gəzdirmə tipli cihazdır və iki əsas hissədən: ölçmə qurğusundan və elektrik enerji mənbəyindən – əl intiqallı sabit cərəyan generatorundan ibarətdir.

Meqommetrlə ölçmənin yuxarı həddi 100 v gərginlik üçün 100 Mom, 500 v gərginlik üçün 500 Mom və 1000 v gərginlik üçün 1000 Mom-dur. Meqommetr vasitəsi ilə, cihazın şkaladakı vəziyyətinə görə, izolyasiyanın müqavimətini müəyyən etmək olar. Mühərrik dolağı izolyasiyasının mühərrikin gövdəsinə görə müqavimətini ölçmək lazım gəldikdə dolağı müvafiq surətdə meqommetrin „L“ sıxacına, gövdəni isə „Z“ sıxacına birləşdirmək lazımdır. Şəkil 6.7-də meqommetrin sxemi göstərilmişdir.

Müqaviməti ölçmək üçün ommetrdən istifadə olunur. Sabit gərginlikdə elektrik dövrəsindəki cərəyan şiddəti müqavimətdən

asıdır. Muqavimətin sadə ommetrlə ölçülməsi məhz buna əsaslanır. Bu asılılıq dövrədəki cərəyanın qiymətinə görə müqaviməti təyin etməyə imkan verir.

Maqnit-elektrik ommetrin sadələşdirilmiş sxemindən (şəkil 6.8) istifadə edərək, cihazın çərçivəsinin dönməsinə görə ölçülən müqavimətin kəmiyyətini necə təyin edəcəyimizi nəzərdən keçirək.



Şəkil 6.8. Ommetr

a) sadə ommetrin sxemi; b) cib ommetri
1-çıxarılabilən qapaq, 2-düymə, 3-sıxaclar, 4-kollektor vinti

Misal 1. Dolağın müqavimətindən və r_0 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 batareyə qoşub sıxacları qapayaq (şəkildə qırıq xətlərlə göstərilmişdir).

Çərçivənin dolağındakı cərəyanı Om qanunu ilə təyin edək:

$$I = \frac{U}{r} = \frac{4,5}{2250} = 0,002a.$$

Əqrəblə birlikdə çərçivəni şkalanın axırına kimi 0,002 a olan cərəyan hərəkət etdirir. Bu halda xarici müqavimət sıfıra bərabər-

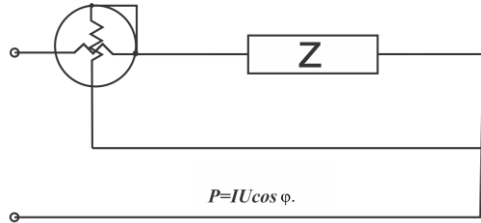
dir. Cərəyan mənbəyinin gərginliyini dəyişmədən 1,2 sıxaclarına şəkildə qırıq xətlərlə göstərilmiş birləşdiricini götürüb, $r = 750$ om müqavimət qoşaq. Bu halda dövrənin tam müqaviməti $2250+750=3000$ om olacaqdır.

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.

Hər bir ölçü cihazının şkalasının nişanlanmasına dərəcələnmə deyilir. Nəzərdən keçirdiyimiz halda biz cihazın şkalasını om ilə dərəcələdiyimizdən, bu cihazdan ommetr kimi istifadə edə bilərik.

§ 6.6. Elektrik gücünün və enerjisinin ölçülməsi

Elektrodinamik sistemli vattmetrlə, sabit və dəyişən cərəyanın gücünü də ölçmək olar. Vattmetrin (şəkil 6.9) hərəkətsiz dolağı dövrəyə ardıcıl, hərəkətli dolağı isə yüklənməyə paralel qoşulur.



Şəkil 6.9. Vattmetrin qoşulma sxemi

Elektrik dövrəsinin sərf etdiyi sabit cərəyanın gücü gərginliyin cərəyan şiddətinə hasili ilə təyin edilir:

$$P = IU.$$

Dəyişən cərəyan gücünü ölçükdə elektrodinamik sistemli vattmetrin göstərişləri gərginliyin cərəyan şiddətinə və güc əmsalına hasili ilə mütənasibdir:

$$P = IU \cos \varphi.$$

İnduksiyalı sayğaclarından dəyişən cərəyan elektrik enerji sərfini ölçmək üçün istifadə olunur.

Vattmetrdəki kimi sayğacın bir dolağı dövrəyə ardıcıl, o biri dolağı isə yükə paralel qoşulur.

Sayğacın cədvəlində onun hansı gərginliyə, cərəyan şiddətinə və tezliyə hesablandığı, enerjini hansı vahidlərlə ölçdüyü, 1 kvt-s enerji sərfinin diskin neçə dövrlər sayına uyğun gəldiyi göstərilir. Müəyyən zaman fasiləsində enerji sərfini hesablamaq üçün sayğacın ilk və axırncı göstərişlərini bilmək lazımdır. Bu göstərişlərin fərqi istifadə olunmuş elektrik enerjisinin miqdarını bildirəcəkdir.

Misal1. Sayğacın ilk göstərişi 703 kvt-s, axırncı göstərişi isə 890 kvt-s olarsa, enerji sərfi $890 - 703 = 187$ kvt-s alınacaqdır.

1 kvt-s enerjinin dəyəri 4 qəp. olduğundan sərf edilmiş enerjinin ümumi qiyməti $187 \times 4 = 748$ qəp. və ya 7 man. 48 qəp. olacaqdır

VII FƏSİL

TRANSFORMATORLAR

§ 7.1. Transformator və iş prinsipi

İlk transformatoru İvan Filippoviç Usakin ixtira etmiş və onu 1882-ci ildə avqustun 28-də Moskvada açılmış sərgidə nümayiş etdirmişdir. Bu vaxtdan etibarən transformatorun həm nəzəriyyəsi, həm də istismarı inkişaf etmişdir.

Transformatorlar, elektrik enerjisini uzaq məsafələrə verdikdə, enerjini qəbuledicilər arasında bölüşdürdükdə, eləcə də müxtəlif düzləndiricilərdə, gücləndiricilərdə, signal qurğularında və s. qurğularda geniş tətbiq olunur.

Tezliyi sabit saxlamaqla bir gərginlikdə dəyişən cərəyanı, başqa gərginlikdə dəyişən cərəyana çevirmək üçün olan iki (və ya daha artıq) dolaqlı statik elektromaqnit aparatına **transformator** deyilir. Transformatorla enerji, dəyişən maqnit sahəsi vasitəsi ilə çevrilir. Transformator maqnit sistemindən və dolaqlardan ibarətdir.

Elektrik stansiyasından elektrik enerjisini işlədicilərə verdikdə bu xətdə enerji itkisi və çəkilməsi üçün əlvan metallar sərfi verilən cərəyandan asılıdır.

Məftillərin güc itkiləri aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$P_{\text{güc}} = I^2 r$$

burada:

I —məftildən keçən cərəyan, A ilə;

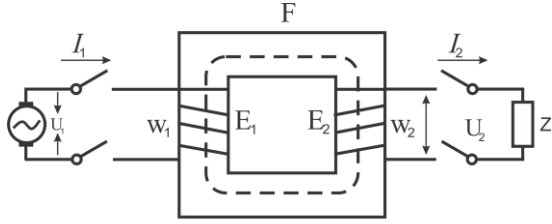
$P_{\text{güc}}$ — məftillərdə güc itkisi, W ilə;

r —məftillərin elektrik müqavimətidir, Ω ilə ölçülür;

Güc eyni olduqda gərginliyi artırıbsaq, cərəyan azalacaq, en kəsiyi sahəsi daha kiçik olan məftillərdən istifadə etmək mümkün olacaqdır. Bu isə elektrik veriş xətlərinin çəkilməsinə əlvan metallar sərfini və bu xətdə enerji itkilərini azaltmağa imkan verəcəkdir.

Transformator, bir-biri ilə elektrik rabitəsi olmayan iki do-

laqdan və həmin dolaqlar üçün ümumi olan qapalı polad içlikdən ibarətdir. Polad içlik qapalı maqnit dövrəsi təşkil edir və dolaqlar arasında kənar qarşılıqlı induksiya rabitəsini qüvvətləndirir.



Şəkil 7.1. Transformator 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 dolağın (şəkil 7.1.) bütün kəmiyyətlərinə 1 indeksi qoyulur. (məsələn, E_1, U_1, I_1, W_1, P_1 , və s.). İkinci dolaq isə 2 indeksi ilə yazılır. (məsələn, E_2, U_2, I_2, W_2, P_2 , və s.).

Gərginliyi artırmaq üçün yüksəldici transformatorlardan istifadə olunur.

Elektrik enerji qəbulediciləri (kəmərlər, lampalar, elektrik mühərrikləri və s.) təhlükəsizlik nöqtəyi-nəzərindən daha alçaq gərginliyə (110-380 v) hesablanır. Buna görə də, qəbulediciləri qidalandırmaq üçün bilavasitə enerjinin verildiyi yüksək gərginlikdən istifadə etmək olmaz. Bu halda enerji, işlədicilərə alçaldıcı transformatorlardan verilir.

Transformatorun işi qarşılıqlı induksiya hadisəsinə əsaslanmışdır. Transformatorun aktiv gücü, yəni elektrik enerjisindən mexaniki, istilik, kimyəvi və s. çevrilə bilən güc, vatt və kilovatt ilə ölçülür.

Birinci gərginlik ikincidən az olduqda belə transformatora **yüksəldici**, birinci gərginlik ikincidən çox olduqda isə buna **alçaldıcı** transformator deyilir. Transformatorun dolaqlarını az cərəyanlarda izolyasiya olunmuş yumru mis məftillərdən, çox cərəyanlarda isə düzbucaqlı en kəsikli mis şinlərdən əsasən silindr şəklində hazırlayırlar.

Hazırda transformatorların icliklərini düzətmək üçün G-310 markalı soyuq yayılmış poladdan geniş istifadə olunur. Transfor-

matorlar içliyın konstruksiyasından asılı olaraq iki yerə bölünür: çubuqlu və zirehli.

Hər bir transformatorndan həm yüksəldici və həm də alçaldıcı kimi istifadə etmək olar.

§ 7.2*. Transformator dolaqlığının elektrik hərəkət qüvvəsi və iş prosesi.

Maqnit sahəsi hər dəfə dəyişildikdə bu sarğıda e.h.q. induksiyanlanır; bu e.h.q. maqnit selinin zaman ərzində dəyişilməsi qiymətinə bərabər və işarəcə buna əksdir, yəni sarğı ilə kəşişən maqnit seli Δt ərzində $\Delta\Phi$ qədər dəyişildikdə, bu sarğıda aşağıdakı e. h. q. induksiyanlanır:

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

$\Delta\Phi$ - veber, t -saniyə, E. h. q. -volt ilə ifadə ediləcəkdir.

Transformatorun dolaqlarında, adətən, sarğıların sayı çox olur..

Hər bir dolaqlığın e.h.q. bütün sarğıların e.h.q-nin cəminə, yəni sarğılar sayının bir sarğıda induksiyanlanmış e.h.q. hasilinə bərabərdir.

Birinci dolaqlıdakı sarğıların sayını ω_1 , ikinci dolaqlıdakı sarğıların sayını isə ω_2 ilə işarə etək,

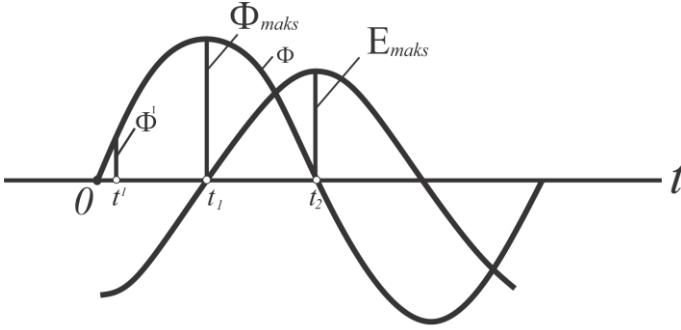
$$e_1 = -\omega_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

$$e_2 = -\omega_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Tutaq ki, transformatorun içliyində yaranmış maqnit seli zamandan asılı olaraq sinusoidal dəyişilir, yəni

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t.$$

İçlikdə maqnit seli, zamandan asılı olaraq sinusoidal dəyişəcəkdir.



Şəkil 7.2. Transformatorun içliyində maqnit selinin və birinci dolaqda e.h.q.-nin asılı dəyişilməsi

Transformatorun (şəkil.7.2.) birinci dolağının e_1 e.h.q.-nin zamandan asılı olaraq dəyişilmə əyrisi göstərilmişdir, yəni:

$$\Delta\Phi = \Phi' = \Phi_t \sin \omega t'$$

Biz çox kiçik zaman parçası götürdüyümüzədən ($\Delta t \gg t'$) $\omega t'$ 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

$$\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)_{maks} = \frac{\Phi'}{t'} = \frac{\Phi_t \sin \omega t'}{t'} = \frac{\Phi_t \omega t'}{t'} = \Phi_t \omega,$$

transformatorun birinci dolağının e. h. q.-nin ən böyük qiyməti isə belə olacaqdır:

$$E_{1,maks} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}_{maks} = \omega_1 \Phi_t \omega = 2\pi f \omega_1 \Phi_t,$$

çünki $\omega = \pi f$, f – şəbəkədəki cərəyanın tezliyidir.

E.h.q.-nin ən böyük $E_{1,maks}$ 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 e. h. q.-nin təsir edən

qiyməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \omega_1 f \Phi_t, \text{ lakin } \frac{2\pi}{\sqrt{2}} = 4,44 \text{ olduğundan}$$

$$E_1 = 4,44 \omega_1 f \Phi_t.$$

Transformatorun ikinci dolağında sarğılıarın sayı (ω_2), adətən, başqa cür olur və deməli, bu dolağın e.h.q-nin təsir edən qiyməti

$$E_2 = 4,44 \omega_1 f \Phi_t$$

İnduksiyalanan e. h. q-lərinin qiymətləri dolaqların sarğılıarı sayından asılıdır.

Misal 1. Tezliyi $f = 50$ hs olan dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşulmuş transformatorun içliyində $\Phi_t = 0,001$ vb maqnit seli oyandırılmışdır. Transformatorun dolaqlarındakı sarğılıarın sayı $\omega_2 = 572$ və $\omega_2 = 108$ olarsa, birinci və ikinci dolaqların e. h. q-ni təyin etməli.

Həlli. Birinci dolaqda e.h.q-nin təsir edən qiyməti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E_1 = 4,44 \omega_1 f \Phi_t = 4,44 \cdot 572 \cdot 50 \cdot 0,001 = 127V$$

İkinci dolaqda e. h. q-nin təsir edən qiyməti isə

$$E_2 = 4,44 \omega_2 f \Phi_t = 4,44 \cdot 108 \cdot 50 \cdot 0,001 = 24V$$

alınacaqdır.

§ 7.3. Transformatorun yüksüz iş rejimi

Əgər transformatorun giriş dolagı şəbəkəyə qoşulub çıxış dolağının ucları açıq saxlanılırsa, onda belə rejimi **yüksüz işləmə** reyimi adlanır. Transformatorun yüksüz işləmə reyimi zamanı (şəkil7. 3.) ikinci dolaq acılır və onda cərəyan olmur ($I_2 = 0$).

Ümumiyyətlə, güclü transformatorlarda yüksüz işləmə cərəyanı nominal cərəyanın 7–10%-i qədər, azgüclü transformatorlarda isə yüksüz işləmə cərəyanı 20–25%-i qədər alınabilir. Yüksüz işləmə cərəyanı I_0 transformatorun içliyində maqnit seli yaradır. Transformator maqnit seli yaradılmasına şəbəkədən reak-

tiv güc sərf edir.

Yüksüz işləmə zamanı aktiv güc içlikdə güc itkisinin əvəzinə sərf olunur; içlikdə güc itkisi histerezis və burulğan cərəyanlarla əlaqədardır.

Reaktiv güc aktiv gücdən çox olduğundan, transformatorun yüksüz işləməsində, onun güc əmsalı ($\cos\phi$), adətən 0,2–0,3 olur.

Transformatorun yüksüz işləmə cərəyanı— I_0 , içliyin poladında itkini— P_n və transformasiya əmsalını K təyin edirlər.

Yüksüz işləmə cərəyanı I_0 ampermetrlə ölçülür.

Üçfazlı transformatoru sınıdıqda yüksüz işləmənin faza cərəyanını təyin edirlər. Transformatorun birinci dolaqları ulduz birləşdirildikdə $I_0 = I$, üçbucaq birləşdirildikdə isə $I_0 = \frac{1}{\sqrt{3}} I$ olacaqdır, burada I —yüksüz işləmə təcrübəsində ölçülmüş cərəyandır.

Transformasiya əmsalını voltmetrlərin göstərişinə əsasən müəyyən edirlər.

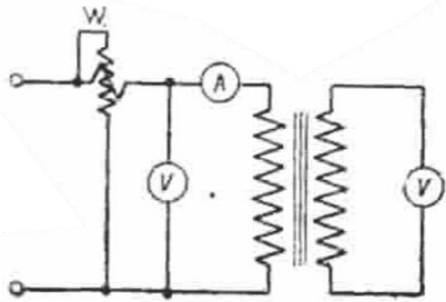
İkinci dolaqda induksiyaalan E_2 e. h. q. həmin dolağın sıxaclarındakı U_2 gərginliyinə bərabərdir, çünki, transformator yüksüz işlədikdə ikinci dolaqda cərəyan olmur. Bu dolaqda gərginlik düşgüsü də olmur.

$$E_2 = U_2.$$

Birinci dolağının sıxaclarına verilən gərginlik bu dolaqda maqnit seli ilə induksiyaalan E_1 e.h.q. ilə əməli olaraq tarazlaşır, e. h. q-nin mütləq qiymətləri arasında aşağıdakı təxmini bərabərliyin olmasına yol verə bilər:

$$U_1 = E_1$$

Buradan transformasiya əmsalı aşağıdakı kimi alınacaqdır.



Şəkil 7.3. Yüksüz işləmə təcrübəsinin sxemi

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4,44\omega_1 f \Phi_t}{4,44\omega_2 f \Phi_t} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

§ 7.4. Transformatorun yüklü iş rejimi

Transformatoru yükləmək üçün onun ikinci dolağının dövrəsini işlədicilər vasitəsi ilə qapamaq lazımdır. Bu halda transformatorun ikinci dolağından keçən yük cərəyanı yük müqavimətindən asılı olub, istiqamətcə birinci dolaqdan keçən cərəyanın əksinə olacaqdır (şəkil 7.4.).

Birinci və ikinci dövrlərdə cərəyanla-

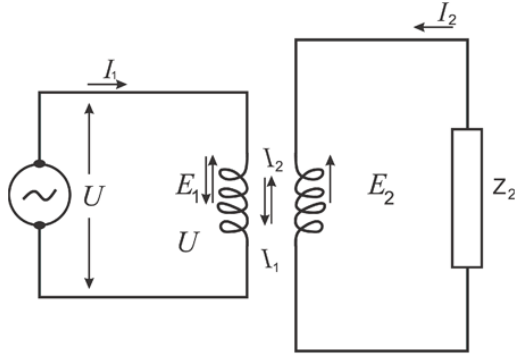
rının yəni, birinci tərəf cərəyanı I_1 birinci dolağa tətbiq edilmiş, gərginlik U_1 ilə eyni istiqamətdə, həmin dolaqda induksiyaalanan e.h.q. ilə əks istiqamətdə təsir edir. İkinci tərəfin e.h.q., birinci tərəfin e.h.q. ilə bir istiqamətdə olduğundan, cərəyan şiddəti I_2 – də birinci cərəyanın əksinə istiqamətlənmiş alınır, çünki ikinci tərəfdə e.h.q. və gərginlik eyni istiqamətdə təsir edir.

$$F_1 = \omega_1 I_1$$

$$F_2 = \omega_2 I_2$$

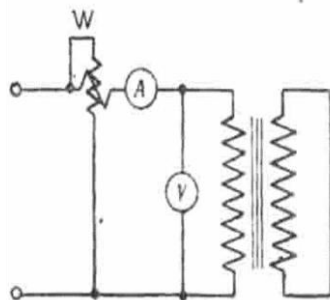
Beləliklə yüklü rejimlə işləyən transformatorlarda təsir edən ümumi maqnit seli iki dolağın m.h.q.-nin cəmindən alınan bir kəmiyyətdir. Ümumi maqnit selinin qiyməti sabit qalmalıdır.

$$F_0 = \omega_1 I_0 \quad F_0 = F_1 + F_2$$



Şəkil 7.4. Transformatorun 1-ci və 2-ci dövrlərdə cərəyanın, gərginliyin və e.h.q.-lərin ani qiymətlərinin istiqamətlərinin sxemi

İfadənin fiziki mənası ondan ibarətdir ki, maqnitləşdirici I_2 cərəyanı artdıqca birinci tərəfin cərəyanı da öz yüksüz işləmə qiymətindən etibarən get-gedə artmağa başlayacaqdır. Qısaqapanma təcrübəsi onun qısaqapanma rejimindən fərqlənir. Qısaqapanmada (şəkil 7.5.) transformatorun ikinci dolağı qısa qapanır. Bu dolağın sıxaclarındakı gərginlik sıfıra bərabər olur. Birinci dolaq isə çox alçaldılmış gərginlik verir.



Şəkil 7.5. Transformatorun qısaqapanma təcrübəsinin sxemi

Dolaqlardakı cərəyan nominala bərabər olan cərəyan mənbəyinə qoşularsa, belə alçaq gərginliyə qısaqapanma gərginliyi deyilir. Qısaqapanma gərginliyi bir çox hallarda nominal qiymətinin 5,5%-nə bərabərdir.

Qısaqapanma təcrübəsi ilə qısaqapanma gərginliyini – U_{r-r} dolaqların qızmasına itgiləri (misdə P_m itgisini) və qısaqapanma zamanı transformatorun Z_{q-q} müqavimətini təyin edirlər.

Transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş qısaqapanmanın gərginliyini voltmetrlə ölçürlər. Qısaqapanma zamanı birinci dolağa verilən gərginlik az olduğundan transformatorun içliyindəki maqnit seli də az alınır. Poladda itkilər də az olduğundan, qısaqapanma zamanı transformatorun işlətdiyi güc əməli olaraq ancaq misdəki itkilərin əvəzinə sərf olunacaqdır. Beləliklə, dolaqların misində itkilər qısaqapanma zamanı transformatorun birinci dolağının dövrəsinə qoşulmuş vattmetrin göstərişini müəyyən edəcəkdir.

$$Z_{q-q} = \frac{U_{q-q}}{I}; R_{q-q} = \frac{P_{q-q}}{I^2}; X_{q-q} = \sqrt{Z_{q-q}^2 - R_{q-q}^2},$$

burada $Z_{q-q}, R_{q-q}, X_{q-q}$ – transformatorun qısaqapanmasında tam, aktiv və reaktiv müqavimətlər;

$U_{q-q}, I_{q-q}, P_{q-q}$ – transformatorun birinci dolağının dövrəsinə

qoşulmuş cihazlarla ölçülən gərginlik, cərəyan və gücdür.

Üçfazlı transformatoru sınaqda, gərginliyin, cərəyanın və gücün faza qiymətlərini yuxarıda nəzərdən keçirdiyimiz ifadələrdə yerinə qoymaq lazımdır.

§ 7.5. Transformatorun faydalı iş əmsalı

Transformatorun faydalı iş əmsalı onun P_2 faydalı gücünün elektrik enerji mənbəyi şəbəkəsində sərf etdiyi P_1 gücünün nisbətində deyilir:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

Burada, P_1 gücü P_2 faydalı gücündən həm həmişə az olur, həm də transformator işlədikdə çevrilən enerjide itkilər olur. Transformatoradakı itkilər içliyin poladında histerezis və burulğan cərəyanlara P_n itkisindən və dolaqdan keçən cərəyandan və dolaqların qızdırılmasına sərf olunan P_m mis itkisindən ibarətdir. Poladda itkilər transformatorun yüksüz işləməsindən, misdə isə qısaqapanma ilə müəyyən edilir.

Transformatorun sərf etdiyi güc aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P_1 = P_2 + P_n + P_m.$$

Transformatorun faydalı gücü aşağıdakı nisbətlərlə təyin edilir:

birfazlı transformator üçün

$$P_2 = U_2 I_2 \cos \varphi_2 ;$$

üçfazlı transformator üçün

$$P_2 = \sqrt{3} U_2 I_2 \cos \varphi_2 .$$

Deməli, f. i. ə.-nı aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik: birfazlı transformator üçün

$$\eta = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_n + P_m} ;$$

üçfazlı transformator üçün

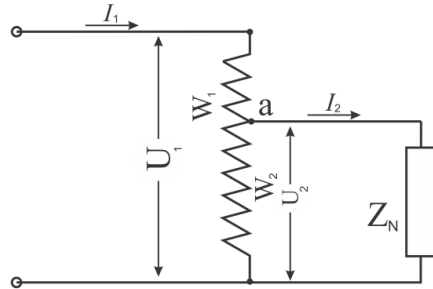
$$\eta = \frac{\sqrt{3}U_2 I_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{3}U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_n + P_m};$$

Transformatorun ən böyük f. i. ə poladdakı itkiləri misdəki itkilərə bərabər olan yüklənmədə alınacaqdır. Müasir transformatorlarda f. i. ə. çox yüksəkdir və yüklənmədə 95- 99,5% təşkil edir.

§ 7.6. Transformatorun növləri. Avtotransformator.

Avtotransformator, alçaq gərginlik dolağı yüksək gərginlik dolağının bir hissəsidir. Avtotransformator alçaldıcı və yüksəldici ola bilər.

Birinci A–X dolağının (şəkil 7.6.) ardıcıl birləşdirilmiş W_1 sarğıları vardır və gərginliyi U_1 olan dəyişən cərəyan şəbəkəsinə, sarğılarının sayı W_2 olan dolağın a – X hissəsi Z_n enerji qəbul edicisinə qoşulmuşdur.



Şəkil 7.6. Alçaldıcı avtotransformatorun sxemi

Avtotransformatorun dolaqlarında induksiyyalanan e.h.q A – X dolağında

$$E_1 = 4,44f W_1 \Phi_t$$

dolağın a–X hissəsində isə

$$E_2 = 4,44f W_2 \Phi_t$$

olacaqdır. yəni: $U_2 = E_2$ və $U_1 = E_1$.

Avtotransformator yüksüz işlədikdə birinci gərginliyinin ikinci gərginliyə nisbəti onun transformasiya əmsalına və ya W_1 və W_2 dolaqları sayının nisbətində bərabərdir, yəni

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{U_1}{E_2} = \frac{4,44\omega_1 f \Phi_t}{4,44\omega_2 f \Phi_t} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = K.$$

Avtotransformator yüklənmiş olduqda birinci və ikinci şəbəkələrin gücünü, bərabər hesab edə bilərik, yəni

$$I_1 U_1 = I_2 U_2 \omega_1 .$$

Nəzərdən keçirdiyimiz bu halda W_1 sarğılarının sayı W_2 sarğılarından çoxdur, çünki U_1 birinci gərginliyi U_2 ikinci gərginliyindən yüksəkdir; deməli, ikinci şəbəkədəki I_2 cərəyan şiddəti birinci şəbəkədəki I_1 cərəyan şiddətindən yüksəkdir.

Beləliklə,

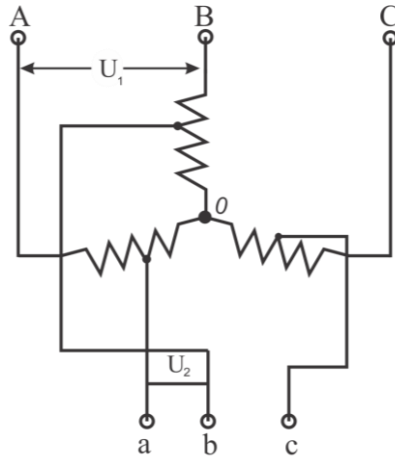
$$I_{1-2} = I_2 - I_1 .$$

Deməli, dolağın a-X hissəsi, burada cərəyan şiddəti $I_2 - I_1$ fərqinə bərabər olduğundan kiçik en kəsikli məftillərdən hazırlana bilər.

Əmsal artdıqda, material sərfi cəhətdən adi transformatorlara nisbətən avtotransformatorun üstünlüyü azalır, ona görə də avtotransformatorların transformasiya əmsalı ən çoxu 2 olmalıdır. Avtotransformatorun 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 7.7.).

Avtotransformatorlar quruluşca adi transformatorlardan fərqlənmir, ancaq üstünlüyü vardır. Bu az mis və polad tələb etməsi və enerji itgisinin zəif olmasıdır.



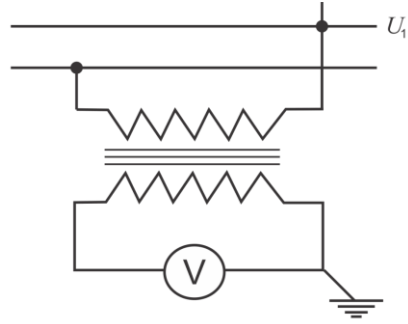
Şəkil 7.7. Dolağları ulduz birləşdirilmiş üçfazlı avtotransformatorun sxemi

§ 7.7. Ölçü transformatorları

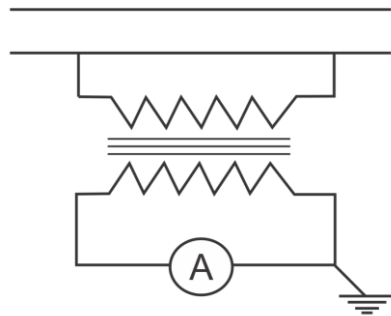
Ölçü transformatorları dəyişən cərəyan dövrlərində ölçü cihazlarını qoşmaq üçün istifadə edilir. Ölçü transformatorları iki cürdür: gərginlik transformatoru və cərəyan transformatoru. Bu transformatorlardan yüksək gərginlik altında olan cərəyan keçən hissələrdən izolyasiya etmək üçün dəyişən cərəyan dövrlərində istifadə olunur. Eyni zamanda ölçü cihazlarının ölçmə həddini genişlətmək üçün də əlverişlidir.

Gərginlik transformatoru (şəkil 7.8.) quruluşa adi azgüclü transformatorudur. Birinci dolaq şəbəkənin gərginliyi ölçülən məfətilərinə qoşulur. İkinci dolağa isə bir-birinə paralel olmaqla voltmetr və ya vattmetrin, sayğacın və s. paralel dövrləri birləşdirilir. Gərginlik transformatorunun iş rejimi adi transformatorun yüksüz işləmə rejiminə uyğun işləyir. Cərəyan transformatorları çoxgüclü dəyişən cərəyanı azgüclü 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 7.9.) cərəyan şiddəti ölçülən xətt məfətilinə qoşulur; ikinci dolaq az müqavimətli ölçü cihazına qoşulur. Cərəyan transformatorunun iş rejimi adi transformatorun iş rejimindən xeyli fərqlənir. Adi transformatorda verilən gərginlik eyni qalmaqla yüklənmə dəyişdikdə içlikdəki maqnit seli sabit qalır.



Şəkil 7.8. Gərginlik transformatorunun sxemi



Şəkil 7.9. Cərəyan transformatorunun sxemi

Yüklənmədə, birinci dolaqdakı cərəyan şiddəti də azalır, ikinci dolaq açıldıqda isə, birinci dolaqdakı cərəyan şiddəti yüksüz işləmə cərəyan şiddətinə qədər azalır.

Cərəyan transformatorunda iş rejimi qısaqapanma reyiminə yaxın alınır, buna görə də cərəyan transformatorunun içliyində maqnit seli az olur.

Cərəyan transformatorunun ikinci dolağını açsaq, onda cərəyan olmayacaq, birinci dolaqda isə cərəyan adi transformatorada olduğu kimi, azalmayıb dəyişməz qalacaqdır.

Deməli, cərəyan transformatorunun ikinci dolağı açılmış olduqda birinci dolağın cərəyanı ilə yaradılan və ikinci dolağın cərəyanının maqnitsizləşdirmə təsiri ilə qarşılaşmayan içlikdəki maqnit seli çox böyük alınacaqdır. Ölçü transformatorları ilə işlədikdə təhlükəsizliyi təmin etmək məqsədi ilə ikinci dolağın bir sıxacını və içliyi yerlə əlaqələndirirlər.

VIII FƏSİL

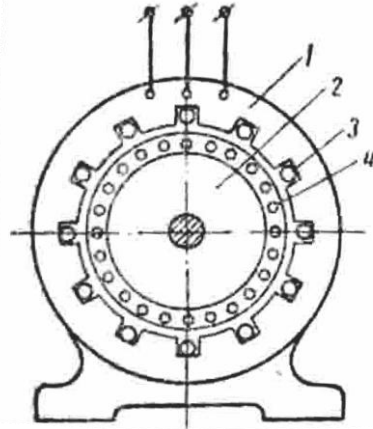
ASINXRON MÜHƏRRİKLƏR

§ 8.1. Asinxron mühərrikin quruluşu

Elektrik maşınları iki növə ayrılır: generatorlar, mühərriklər. Generatorlar mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirir. Mühərriklər isə elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirir. Əsasən üç qrup elektrik maşınları vardır. 1. Asinxron maşınları 2. Sinxron maşınları 3. Sabit cərəyan maşınları

Asinxron maşın stator (hərəkətsiz hissədən) və rotordan (fırlanan hissədən) ibarətdir. Asinxron maşınları elə quruluşa malikdirlər ki, onlar şəbəkəyə qoşulduqda statorda fırlanan maqnit seli yaranır. Maşının rotoru fırlanan maqnit seli tərəfindən hərəkətə gətirilir, lakin rotorun sürəti magnit selinin sürətindən geri qalır. Sürətlərin qeyri-bərabərliyi bu maşınları “Asinxron” adı verilməsinə səbəb olmuşdur. Asinxron maşını dəyişən cərəyan maşını adlanır və quruluş sxemi 8.1-ci şəkildə göstərilmişdir.

Bu 4 hissədən ibarətdir; Stator, rotor, statorun dokağı, rotorun dolağı. Statorun icliyi 0,30 və 0,5 mm qalınlıqda polad lövhələrdən yığılır. Lövhələr oyulu ştamplanır və burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq üçün lak və ya nazik kağızla izolyasiya edilir. Mühərrikin çatısına lövhələr ayrıca paketdə yığılır və bərkidilir. Özül üzərində mühərrikin çatısı qoyulur. Çatıya rotor valının dirəndiyi yataqların yerləşdirildiyi yan lövhələri də bərkidirlər. Statorun uzununa oyuqlarında bir-biri ilə müvafiq



Şəkil 8.1. Asinxron mühərrikin quruluş sxemi:

1-stator; 2-rotor; 3-statorun dokağı;
4-rotorun dolağı

surətdə birləşdirilərək, üçfazlı sistem əmələ gətirmiş dolağın naqillərini yerləşdirirlər.

Maşının lövhəsində faza dolaqlarının başlanğıcını və qurtaracağı birləşdirmək üçün alqı sıxac vardır. Statorun dolaqlarını üçfazlı şəbəkəyə qoşmaq üçün onlar ulduz və üçbucaq birləşdirilə bilər. Bu isə mühərriki müxtəlif iki xətti gərginliyi olan şəbəkəyə qoşmağa imkan verir.

Maşının lövhəsində mühərrikin hesablandığı hər iki gərginlik, yəni 220/127v və ya 380/220 v göstərilmişdir.

Lövhədə göstərilmiş alcaq gərginlik üçün statorun dolağını üçbucaq, yüksək gərginlik üçün isə ulduz birləşdirirlər.

Rotorun içliyini də 0,5 mm qalınlığında, burulğan cərəyanlara itkini azaltmaq üçün lak və ya nazik kağız ilə izolyasiya olunan polad lövhələrdən yığırlar. Bu lövhələr oyuqlu ştamplanır və paketə yığılır.

Hazırda asinxron mühərriklər əsasən qısa qapanmış rotorlu hazırlanır, ancaq çoxgüclü mühərriklərdə və xüsusi hallarda rotorun faza dolağından istifadə edilir.

Statorla rotor arasında hava araboşluğu olur; araboşluğunun ölçüsü mühərrikin iş xassələrinə çox təsir edir.

Asinxron mühərrikin sadə konstruktyası, 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.

§ 8.2. Asinxron mühərriklərin işləmə prinsipi

İlk dəfə M.O.Dolivo-Dobrovolskinin konstruksiya etdiyi elektrik mühərriklərindən üçfazlı asinxron mühərrik daha geniş yayılmışdır.

Asinxron mühərrik çevirmə xassəsinə malikdir. Asinxron maşının işi mühərrik rejimində, elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirməsidir.

Dəyişən cərəyan maşınının işi, hər bir çoxfazlı fırlanan maqnit sahəsindən istifadə edilməsinə əsaslanır. Çoxfazlı dəyişən

cərəyan dolağı dəqiqədə dövrlər sayı, $n = \frac{60 \cdot f_1}{p}$ olan fırlanan

maqnit sahəsi yaradır.

Maqnit sahəsinin fırlanma sürəti rotorun sürətinə bərabər deyildirsə, ($n_2 \neq n_1$) buna asinxron sürət deyilir.

Rotorun fırlanma sürəti maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər olmadıqda, yəni asinxron mühərrikdə iş prosesi ancaq asinxron sürətdə gedə bilər.

Mühərrik işləyərkən rotorun sürəti həmişə az alınır ($n_2 < n_1$). Rotorunun fırlanma sürəti statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə həmişə bərabər olur. Asinxron maşınlar sinxron maşınlardan əsasən elə bununla fərqlənir.

Rotorun dolağı qısa qapanmışdırsa, induksiyaalan e.h.q-nin təsiri ilə ondan cərəyan keçəcəkdir. Statorun fırlanan maqnit sahəsi rotor dolağının naqilləri ilə kəsişir və burada e.h.q. induksiyaalanır. Rotorun dolağındakı cərəyanla stator dolağının fırlanan maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri olarsa, fırlanan moment yaranır və rotor bunun təsiri ilə fırlanmağa başlayır. Rotorla statorun fırlanan maqnit sahəsindən nisbi gecikməsi S sürüşməsi adlanır.

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 də 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, eyni sürətlə fırlanarsa ($n_2 = n_1$), sürüşmə sıfıra bərabər olur. Deməli, rotorun fırlanma sürəti nə qədər çox olarsa, sürüşmə

o qədər az alınır. yəni:

$$n_s = n_1 - n_2 \text{ dövr/dəq}$$

ilə rotora nisbətən sürüşür.

Asinxron mühərrikin iş rejimində sürüşmə az olur. Müasir asinxron mühərriklərdə, rotorun fırlanma sürəti statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətindən çox az fərqlənir.

Yüksüz işləmədə, bu sıfıra bərabər götürülə bilər.

Rotorun fırlanma sürətini 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 momentə (M_{torm}) bərabər olduqda mühərrik dayanıqlı işləyəcəkdir. Deməli, yaza bilərik ki,

$$M_{\text{fir}} = M_{\text{torm}}.$$

Maşının istənilən yüklənməsinə rotorun müəyyən n_2 dövrlər sayı və müəyyən S sürünməsi müvafiqdir.

§ 8.3*. Asinxron mühərrikin fırladıcı momenti

Statorun fırlanan maqnit sahəsinin rotor dolağının naqillərindəki cərəyanlarla qarşılıqlı təsiri nəticəsində asinxron mühərrikin fırladıcı momenti yaranır. Fırladıcı moment, həm rotorun dolağındakı \dot{I}_2 cərəyanından, həm də statorun Φ_m maqnit selindən asılıdır. Fırladıcı moment, rotorun dolağındakı \dot{I}_2 cərəyanından deyil, bunun aktiv toplananından, yəni $I_2 \cos \psi_2$ -dən asılı olur; burada $\cos \psi_2$ rotorun dolağındakı e.h.q. və cərəyan arasında faza bucağıdır.

Deməli, asinxron mühərrikin fırladıcı momenti,

$$M = CF_M I_2 \cdot \cos \psi_2$$

təyin edilir:

burada M —mühərrikin fırladıcı momenti, coul ilə;

S —maşının konstruktiv sabitidir və qəbul edilmiş vahidlər sis-

temindən asılıdır;

F_m —maqnit selinin maksimal qiyməti, vb ilə;

$I_2 \cos \psi_2$ – rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananıdır, a ilə ölçülür.

Məlumdur ki, gərginlik sabit olduqda statorun dolağı ilə yaradılan maqnit seli, mühərrikin yükünün dəyişilməsindən asılı olmayaraq təxminən sabit qalır.

Fırladıcı moment ancaq rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananı ilə mütənəsidir, yəni:

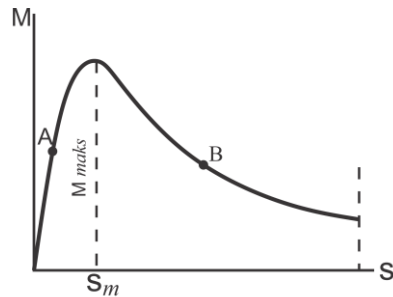
$$M \equiv I_2 \cos \psi_2$$

Tormozlayıcı momentin dəyişməsi, aydındır ki, rotorun həm sürüşmənin dəyişməsinə, həm də fırlanma sürətinə səbəb olur.

Sürüşmənin dəyişməsi isə, aktiv toplananı $I_2 \cdot \cos \psi_2$ -nin dəyişməsinə səbəb olur.

Sürüşmə artdıqca, rotor dolağı naqillərinin, maqnit xətləri ilə kəsişmə tezliyi çoxalır; bu isə dolaqda e. h. q-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 rotorda cərəyan şiddəti artır, $\cos \psi_2$ isə azalır. Buradan. sürüşmənin dəyişməsi ilə rotorun dolğında fırladıcı momenti də dəyişir. Bu dəyişmə qeyri-bərabər baş verir. Cüzi sürüşmə zamanı sürüşmənin artması I_2 cərəyan şiddəti $\cos \psi_2$ -nin azalmasına nisbətən çox artdığından $\cos \psi$ cüzi azalmasına səbəb olur. Nəhayət ki, rotorun dolağında cərəyanın aktiv toplananı və maşının fırladıcı momenti artır. Sürüşmə çox olduqda, sürüşmənin artması $\cos \psi_2$ -nin çox azalmasına səbəb olur. Bu ma-



Şəkil 8.2. Asinxron mühərrikin fırladıcı momentinin sürüşmədən asılı olması

şının mənfi xüsusiyyətləridir. Fırladıcı momentin sürüşmədən asılı olması 8.2-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.

§ 8.4. Asinxron mühərrikin işə salınması

Asinxron mühərriklərinin işə buraxılma xassələri bütün mühərriklər üçün vacib məsələlərdən biridir. Bu xassələrə əsasən işə buraxılma cərəyanı I_n işə buraxılma momenti M_n ilə xarakterizə olunur. Asinxron mühərriklərinin işə salınma xassələri adətən onların rotorlarının quruluşundan asılıdır. Əksər hallarda qısa qapalı rotorlu mühərriklərdə bilavasitə işə buraxmadan istifadə olunur. Belə işə salma çox sadə və tez olur.

Bu halda yalnız açar və yüksək gərginliklə işləyən mühərriklər üçün yağ açarı lazımdır. Ümumiyyətlə, işə salma şəbəkənin gücündən asılıdır.

Asinxron mühərriklərdə işə salma cərəyanını azaltmaq üçün bəzən stator dolaqlarına ardıcıl induktivlik qoşurlar. Mühərrik işə düşdükdən sonra P_1 acarı açılır və P_2 qoşulur.

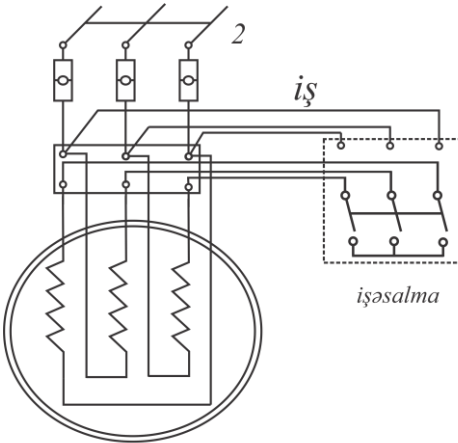
Avtotransformatorla işə salma metodu da bu məqsədlə edilir. Mühərrikin statoruna verilən gərginlik avtotransformator vasitəsi ilə alınırdı. İşə salındıqdan sonra gərginlik tədricən artırılır.

Adətən böyük gücə malik olan mühərrikləri avtotransformator vasitəsi ilə işə salırlar. Statorda, işə salma zamanı gərginliyi azaltmaq üçün mühərrikin dolaqlarını ulduz birləşdirmək olur. Belə metod kiçik gücə malik olan, təxminən 20 kv-t-a qədər gücdə, qısa qapalı rotorlu asinxron mühərrikinin işə salınmasında istifadə olunur. İşə salma zamanı stator dolaqları ulduzvari birləşdirilir və beləliklə də faza gərginliyi $\sqrt{3}$ dəfə azaldılır. Təxminən bu qədər işə salma cərəyanı azaldılır. Mühərrikin işə salma xassələrini daha da yaxşılaşdırmaq olur. Bu məqsədlə faza rotorlu mühərriklərdə işə salma reostatından istifadə edilir.

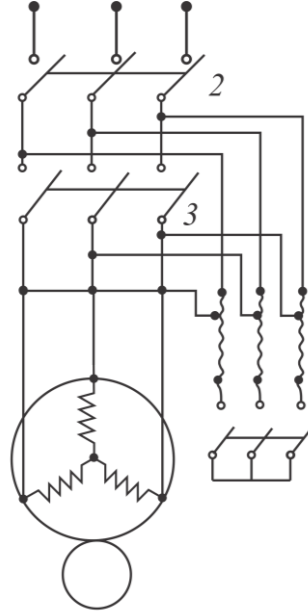
Mühərrik şəbəkəyə qoşulmazadan əvvəl işə buraxma

reostatlarının sürüncəkləri elə vəziyyətdə yerləşdirilir ki, rotor dövrəsinin müqaviməti maksimum olsun. Sonra stator dolaqları şəbəkəyə bilavasitə qoşulur. Bu zaman stator dolaqlarından az cərəyan keçir. Ona görə ki, rotor dövrəsinin müqaviməti böyükdür. Aydındır ki, stator cərəyanı da az olmalıdır. Rotorun sürətini artırmaq üçün reostatların müqavimətini tədricən azaldılar. Mühərrik nominal sürət aldıqda reostatları qısa qapayırlar.

Qısa qapanmış rotorlu mühərrikləri, gücü cərəyan mənbəyinin gücünə nisbətən az olduqda, bilavasitə şəbəkəyə qoşmaqla işə salırlar. Mühərriklərin gücü böyük



Şəkil 8.4. Dolaqları ulduz ulduz birləşmədən üçbucaq birləşdirməyə qoşmaqla rotorlu asinxron mühərrikin işə salınması sxemi



Şəkil 8.3. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriki işə salmaq üçün avtotransformatorun qoşulması sxemi

olduqda işə işəsalma cərəyanını azaldılar. Belə işəsalma vasitələrindən biri də avtotransformatorudur (şəkil 8.3.).

Qısa qapanmış rotorlu mühərriki işə saldıqda statorun sıxaclarındakı gərginliyi alçaldıcı avtotransformatorla azaldılar. Əksər hallarda mühərriki işə salmaq üçün statorun dolağını ulduz birləşdirmədən üçbucaq

birləşdirməyə keçirirlər (şəkil 8.4.). Mühərriki bu üsulla işə saldığında şəbəkədəki işəsalma cərəyan şiddəti, işəsalma zamanı statorun dolaqları üçbucaq birləşdirilmiş olsaydı, yaranacaq işəsalma cərəyan şiddətinə nisbətən təxminən $\sqrt{3}$ dəfə azalardı.

Lakin bu işəsalma üsulunu, həmin gərginlikdə şəbəkədən qidalandırdıqda statorun dolaqları üçbucaq birləşdirmə ilə normal birləşən mühərriklərdə tətbiq etmək olar.

İşəsalma momenti faza gərginliyinin kvadratı ilə mütənəsbidir. Buna görə də mühərrik tam yüklənmə ilə işə salınmadıqda bu üsullardan istifadə oluna bilər.

§ 8.5 . Asinxron mühərriklərdə sürətin tənzim edilməsi

Müasir intiqallarda və ya ötürmələrdə sürətin tənzimlənməsi, mühərrikin öz sürətini dəyişməklə aparırlar.

Bir sıra ötürmələrdə məsələn: metalkəsən dəzgahlarda sürətin tənzimlənməsi tələb olunur. Sürətin tənzimlənməsi mexaniki dişli çarxlar vasitəsi ilə yerinə yetirmək olar. Belə tənzimlənmə pilləvari olur və etibarlılığı azaldır. 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, rs ilə;

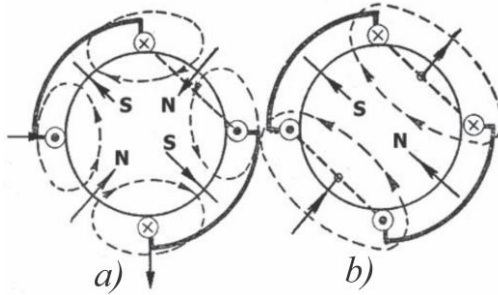
p —mühərrikdəki qütblər cütünün sayı; S —sürüşmədir.

Beləliklə, mühərrikin fırlanma sürətini dəyişmək üçün üç kəmiyyətdən (f_1 , p , S) istənilən birini dəyişməklə, asinxron mühərrikin fırlanma sürətini bir neçə üsulla tənzimləmək olar.

1. Dəyişən cərəyanın tezliyini dəyişməklə mühərrik, e. h. q-nin tezliyini geniş sürətdə dəyişmək mümkün olan, tezlik çevirici-sindən yararlanılır. Sürətin bu üsulla tənzim edilməsi generatordan istifadə olunmasını tələb etdiyindən, əlverişli deyildir. Bu üsul, yüksək sürət (təxminən $10000 \div 24000$ dövr\dəq qədər) əldə etmək lazım gəldikdə tətbiq olunur. Hal-hazırda üçfazlı asinxron mühərriklərinin sürətini tənzimləmək üçün istifadə olunur.

2. Qütblər sayını dəyişməklə, mühərrikin statorunda bir və ya iki dolaq yerləşdirirlər. Makaradan keçən cərəyan, dörd qütbü olan maqnit sahəsi yaradır.

Makaraları biri-birinə qarşı qoşmaqla, cərəyanın istiqamətini dəyişək, dolaq ikiqütblü maqnit sahəsi yaradacaqdır. (şəkil 8.5.).



Şəkil 8.5. Stator dolağının müxtəlif sayda qütblərə qoşulması sxemi:
a) dörd qütbü olan fırlanan sahənin yaradılması;
b) iki qütbü olan fırlanan sahənin yaradılması

Stator dolağının qütblər sayı dəyişdikdə, mühərrikin rotorunun fırlanma sürəti də dəyişəcəkdir. Asinxron mühərrikin sürətini tənzimləməyin bu üsul sərfəlidir. Bu üsulun nöqsanı sürətin pilləvari dəyişdirilməsidir.

Qısa qapanmış rotorlu mühərriklərdə, sürətin tənzimlənməsində, qütblərin sayını dəyişməklə istifadə olunur. Bunlar iki, üç və dördsürətli mühərriklərdir. Belə mühərriklərin statorunda iki dolaq vardır və bu dolaqların hər birini müxtəlif sayda qütblərə qoşmağa imkan verir.

3. Sürüşməni dəyişmək üçün rotor dolağının dövrəsinə bir

reostatı qoşmaq üçün, şəbəkənin gərginliyini dəyişmək lazımdır. İşəsalma reostatının qoşulması, rotorun dövrəsinə tənzimləmə reostatı qoşulmasından hec də fərqli deyil.

Reostat qoşmaqla tənzimləmə üsulu rotorda faza dolağı olan mühərriklərdə mümkündür. Belə mühərriklərdə bu üsul geniş yayılmışdır.

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.

Ancaq reostat qoşmaqla sürüşmənin dəyişdirilməsindən fərqli olaraq şəbəkə gərginliyinin azaldılması hesabına sürüşməni çox az hallarda artırmaq olar. Beləliklə, asinxron mühərriklər sürətin sərfəli dəyişdirilməsini təmin etmir. Nəqliyyatda, qaldırıcı kranlarda, metallurgiyada və s. yerlərdə əsasən sabit cərəyan mühərriklərindən istifadə olunur.

IX FƏSİL

SİNXRON MAŞINLAR

§ 9.1. Sinxron generatorun quruluşu

Sinxron maşın, hər bir elektrik maşını kimi, həm generator, həm də mühərrik ola bilər. Buna görə də sinxron mühərrikin konstruksiyası asinxron generatordan prinsipcə, heç bir şeylə fərqlənmir.

Mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirən elektrik maşınına **generator** deyilir. Maqnit sahəsinin maqnit xətləri ilə kəsişdikdə həmin naqildə e.h.q. yaranır. Məhz buna görə də naqillərdə e. h. q.iki halda yaranır.

Birinci halda qütblər-statorda, ikinci halda qütblər –rotorda yerləşdirilir.

I hal. Maşının maqnit sahəsinə yaradan induksiyaçı hissəsinə maşının hərəkətsiz hissəsində, statorda induksiyaalan hissəsinə isə maşının fırlanan hissəsində rotorda yerləşdirirlər.

II hal. Qütblər rotor üzərində, induksiyaalan hissə isə stator üzərində yerləşdirilir.

Yüksək gərginliklə çox güclü dövrdə sürüşən kontaktın qoyulması xeyli enerji itkisinə səbəb olur. Belə kontaktın olması əlverişli deyildir. Lövbəri statorda, qütbləri isə rotorda, yerləşdirilmiş sinxron generatorlar çox geniş yayılmışdır.

Fırlanan sinxron generatorda hasil olunan enerji, qəbulediciyə kontakt halqaları və fırçalar vasitəsi ilə verilir. Bu zaman yaranan sabit cərəyan ardıcıl birləşdirilmiş makaralardan ibarət olan və rotorun qütblərində yerləşdirilmiş təsirləndirmə dolağından keçir və halqalarda hərəkətsiz fırçalar bərkidilir. Təsirləndirmə dolağının ucları kontakt halqalarına birləşdirilir.

Hazırda öz-özünə təsirlənən sinxron generatorlardan geniş istifadə olunur. Sabit cərəyan maşınlarında olduğu kimi belə generatorlarda qalıt maqnit selindən istifadə edilir.

Sinxron generatorun statorunun içliyi, burulğan cərəyanlarda

itkini azaltmaq üçün bir-birindən lak və ya kağızla izolyasiya edilmiş polad lövhələrdən yığılır. Bu lövhələr oyuqlar, halqalar şəklində hazırlanır və çatı poladdan tökülür, maşının gövdəsi olur. Çatı özül üzərində bərkidilir.

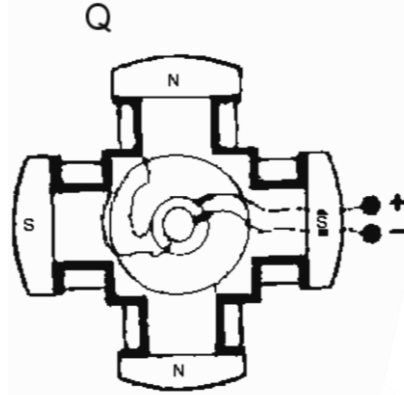
İstismara hazırlanmış generatorun üstündə hesablanmış olduğu gərginliyin hər ikisi göstərilir, yəni 220 /127 V, ya da 380/220V və s.

Sinxron generatorların rotorunu ya qütbləri kəskin ifadə olunan (çox çıxan), ya da kəskin ifadə olunmayan, yəni qütbləri çıxmayan şəkildə hazırlayırlar.

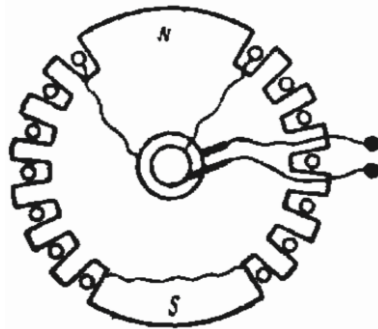
Rotor, maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər olan n_2 sürəti ilə fırlanırsa ($n_2=n_1$), yəni maqnit sahəsi ilə sinxrondursa, buna sinxron sürət deyilir. Qütblər çevrə üzrə bir-birində bərabər məsafədə yerləşdirilir. (şəkil 9.1.) Fırlanma sürəti nisbətən az olan maşınlarda rotor qütbləri kəskin ifadə olunan şəkildə hazırlanır.

Yüksəksürətli maşınlarda rotor qütbləri kəskin ifadə olunmayan şəkildə hazırlanır, çünki yüksək fırlanma sürətində rotorun belə quruluşu lazımı mexaniki möhkəmliyini təmin edə bilmir (şəkil 9.2.)

Təsirləndirmə dolağının naqillərini yerləşdirmək üçün ro-



Şəkil 9.1. Qütbləri kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru
1-içlik; 2-qütb ucluğu; 3-təsirləndirmə dolağının makarası



Şəkil 9.2. Qütbləri kəskin ifadə olunan sinxron maşının rotoru

torun səthində oyuqlar ştamplanır. Qütbləri kəskin ifadə olunmayan maşının rotoru bir-birindən izolyasiya edilən nazik polad təbəqələrdən silindr şəklində hazırlanır. Rotorun belə konstruksiyasında çevrəvi sürətin 180–200 m/san olmasına yol verilir. Sinxron maşınlar xalq təsərrüfatında geniş yayılmışdır.

§ 9.2. Sinxron generatorun işləmə prinsipi

Sinxron generatorun iş prinsipi, bütün elektrik generatorlarında olduğu kimi, elektromaqnit induksiyası qanununa əsaslanmışdır.

Sinxron generatorun rotoru ilə bir yerdə hərəkətə gələn maqnit sahəsi, statorun dolaqlarını kəsir və onlarda üçfazlı dəyişən e.h.q. induksiyalandırır. 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 çevrilmə prosesi gedən və e.h.q. yaradılan hissədir.

Elektromaqnit induksiyası qanuna görə maqnit sahəsində hərəkət edən və bu sahənin maqnit xətləri ilə kəsişən naqildə e.h.q. yaranır:

$$e = B \cdot l \cdot \vartheta \cdot 10^{-8} \text{ v}$$

burada B—maqnit induksiyasının orta qiyməti;

l—naqilin uzunluğu;

ϑ —maqnit sahəsində naqilin hərəkətmə sürətidir.

Bu düstur o zaman doğru olur ki, naqil maqnit sahəsində maqnit xətlərinin istiqamətinə perpendikulyar hərəkət etsin.

Naqilin l uzunluğu—sm, ϑ hərəkətmə sürəti—sm/san, B maqnit induksiyası qauss ilə ifadə olunarsa, yuxarıdakı düsturla hesablanmış e.h.q. volt ilə ifadə olunacaqdır.

Generatorun işləməsi üçün maqnit sahəsi və bu sahədə hərəkət etdirildikdə e.h.q. yaradılan naqillər lazımdır.

Maqnit sahəsində naqilin hərəkət etdirilməsinə sərf olunan

mexaniki enerji elektrik enerjisinə çevrilir və bu enerji naqilin qapanmış olduğu cərəyan qəbuledicisinə verilir. Naqili hər hansı bir elektrik enerji qəbuledicisi ilə qapasaq, onda əmələ gələn e.h.q-nin təsiri ilə qapalı dövrədən cərəyan axır.

Dəyişən cərəyan generatoru kimi sinxron maşınlar geniş tətbiq edilir.

Sinxron maşın, fırlanma sürəti cərəyanın tezliyi ilə qəti bir nisbətdə olan maşına deyilir Statorun daxili üzündə yerləşdirilmiş üçfazlı dolaqlar hərəkətsiz qalır.

Sinxron generatorlarda e.h.q. yaranan dolaqların hərəkətsiz stator üzərində yerləşdirilməsinin səbəbi tərpənməz hissədən böyük gücün və yüksək gərginliyin asanlıqla alınma bilməsidir. Əgər sabit cərəyan maşınlarında olduğu kimi, aktiv dolaqlar rotor üzərində yerləşdirilirsə, o zaman maşının gücünü, eləcə də gərginliyini daha çox yüksəltmək mümkün olmazdı, çünki fırçalar və halqalar buna imkan verməzdi.

Rotor üzərindəki təsirləndirici dolaq generatorun fırlanma sürətindən asılı olaraq, müxtəlif saylı qütblərə malik olur. Belə ki, rotor üzərində yüksək sürətli turbogeneratorlarda iki, dörd və ya altı, alcaqsürətli hidrogenatorlarda isə səkkiz, on və daha çox qütblər yerləşdirilir. Bu qütblərin, yüksək sürətli turbogeneratorlarda aydın görünməyən, hidrogenatorlarda isə aydın görünən olmasına baxmayaraq, hər ikisi eyni qayda ilə maqnit sahəsi yaradır. Genaratoru təsirləndirən bu maqnit sahəsinin fırlanma sürəti maşının e.h.q. tezliyinə başlıca təsir edən amildir. Stator dolaqlarında induksiyaalanmış e.h.q. tezliyi maşının dəqiqədəki dövrləri sayından p cüt qütbləri sayından asılıdır:

$$f = \frac{pn}{60},$$

Qeyd etmək lazımdır ki, üçfazlı stator dolaqlarından cərəyan keçən zaman orada asinxron mühərriklərdə olduğu kimi, fırlanan maqnit sahəsi əmələ gəlir. Bu sahənin fırlanma sürəti yenə də həmin tezlikdən asılıdır.

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

Aydındır ki, burada rotorun mexaniki sürəti ilə maqnit sahəsinin fırlanma sürəti (n) bir-birinə bərabərdir. Buna görə də bu tipli maşınlara sinxron maşınlar adı verilmişdir.

§ 9.3. Sinxron generatorun yüklənmə altında işləməsi

Generator yükləndikdə statorun dolağından cərəyan keçir. Sinxron generator yüklənmədikdə, yəni boşuna işlədikdə statorun dolaqlarında cərəyan olmur. Statorun üçfazlı dolaqlarında e.h.q.-nin induksiyanması, generatorun qütblərində təsirləndirmə cərəyanı ilə yaradılan maqnit selini əmələ gəlir.

Fazalarındakı cərəyanlar, o zaman bərabər alınır ki, stator dolağında yüklənmə simmetrik olur. Eyni zamanda periodun üçdə biri qədər sürüşmüş olur. Statorun cərəyanları dövrlər sayı, fırlanan maqnit sahəsi yaradır:

$$n_1 = \frac{60f}{p}.$$

Statorda cərəyanın tezliyi

$$f = \frac{np}{60}$$

Olduğunda

$$n_1 = n$$

alınır, yəni staqorun dolağındakı cərəyanlarla yaradılan maqnit sahəsi qütblərin maqnit sahəsi ilə sinxron fırlanır

n–rotorun maqnit sahələrinin dəqiqədə dövrlər sayıdır.

Maqnit selinin çox hissəsi statorun və rotorun poladı ilə qapanaraq statorun reaksiya selini yaradır. Statorun maqnit selinin az hissəsi isə stator dolağının naqilləri ətrafında qapanaraq seyrəkləşmə seli yaradır. Statordakı aktiv, induktiv və tutum cərəyanlarında yaradılan maqnit sahəsi maqnit xətlərinin istiqaməti, qütblərin maqnit xətlərinə nisbətən müxtəlif olur, çünki statorun sahəsi generatorun yüklənmə xarakterindən asılı olaraq qütblərin

sahəsinə müxtəlif təsir edir.

Aktiv yüklənmədə nəticələndirici maqnit seli cüzi dəyişilir çünki, aktiv yüklənmədə statordakı cərəyan fazaca e.h.q-nə həmişə uyğun gəlir. Sinxron generatoru aktiv yüklədikdə gərginliyin çox az dəyişilməsini də elə bununla izah etmək olar.

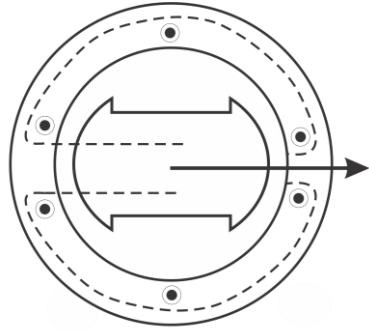
Tutum yüklənməsində (şəkil 9.3.) cərəyan e.h.q-ni 90° qabaqlayacaq, bu halda, lövbər reaksiyası maqnit selinin maqnit xətləri qütblərin uzununa oxu üzrə qapanaraq qütblərin selinə müvafiq surətdə istiqamətlənəcək. Eyni zamanda maqnit sahəsi güclənəcəkdir. Başqa sözlə desək, tutum yüklənməsində nəticələndirici maqnit seli boşuna işləmədə olduğuna nisbətən çox alınacaqdır.

Sinxron generatorun (şəkil 9.4) xarici xarakteristikaları aktiv və reaktiv yüklənmədə cərəyan şiddəti dəyişərkən generatorun sıxaclarındaki gərginliyin dəyişməsinə göstərir.

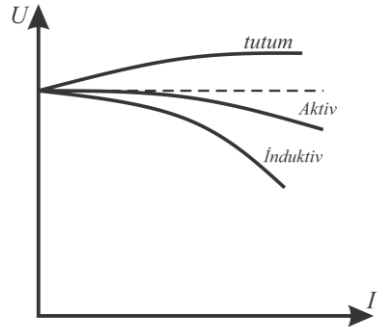
Sinxron generatorun stator dolağında yaranan e.h.q-nin qiyməti qütblərin maqnit selindən asılı olur, yəni qütblərin maqnit seli az olduqda, statorun dolağında yaranan e.h.q. də çox az alınır.

Maqnit seli artdıqda, maşının təsirləndirmə dolağında cərəyan artacaq, nəticədə statorun dolağında yaranan e.h.q. çoxalacaqdır. Deməli, təsirləndirmə dolağında cərəyanın dəyişməsi, generatorun sıxaclarında gərginliyi tənzimləməyə imkan verir.

Generatorun sıxaclarındaki gərginlik statorun dolağında yarılan e.h.q-nə bərabər alınır, çünki sinxron generator yüklən-



Şəkil 9.3. Tutum yüklənməsində lövbərin reaksiyası



Şəkil 9.4. Müxtəlif xarakterli yüklənmədə sinxron generatorun xarici xarakteristikaları

mədəkdə statorun dolağında cərəyan olmur.

Bu sel qütblərin selinə təsir etdiyindən, yüklənmədə maqnit seli generator boşuna işlədikdə qütblərin maqnit selinə bərabər olmur, ona görə ki, Statorun dolaqlarından keçən cərəyanlar lövbər reaksiyası seli yaradır. Yüklənmə dəyişdikdə gərginliyin dəyişməməsi üçün sinxron generatorlarda təsirləndirmə cərəyanını dəyişirlər. Hər bir elektrik enerji qəbuledicisi şəbəkə gərginliyinin sabit olmasını tələb edir.

§ 9.4. Sinxron mühərriklər

Sinxron maşınlardan böyük gücü olan mühərriklər hazırlanır. Mühərrikin statorunda üçfazlı dolaq yerləşdirilir. Bu dolağı üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşduqda, dəqiqədə dövrlər sayı aşağıdakı kimi olan fırlanan maqnit sahəsi yaranacaqdır:

$$n_1 = \frac{60f}{P}$$

Stator dolaqlarının cərəyanı ilə yaradılmış fırlanan maqnit sahəsi rotorun qütblərini öz arxasınca hərəkət etdirir və daimi cərəyan şəbəkəsinə qoşulan təsirləndirmə dolağı yerləşdirilir. Təsirləndirmə cərəyanı qütblərin maqnit selini əmələ gətirir. Sinxron mühərrikin sürəti tam sabitdir. Bu halda rotor sinxron, yəni stator sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər sürətlə fırlanır.

Sinxron mühərriklərin üstün cəhətlərindən biri də, asinxron mühərriklərə nisbətən qidalandırma şəbəkəsində gərginliyin dəyişməsinə az həssas olmasıdır. Asinxron mühərriklərdə fırladıcı moment gərginliyin kvadratı ilə mütənəsbdir. Sinxron mühərriklərdə isə fırladıcı moment şəbəkə gərginliyi ilə mütənəsbdir.

Sinxron mühərrikin əsas üstünlüyü ondan ibarətdir ki, mühərrik şəbəkə üçün tutum yüklənməsi ola bilir. Stator maqnit sahəsinin maqnitlənmiş rotora təsiri nəticəsində, sinxron mühərrikin fırladıcı momenti yaranır. Statorun dolağını şəbəkəyə qoşduqda fırlanan maqnit sahəsi yaranır, çünki sinxron mühərriki şəbəkəyə qoşmaqla işə salmaq olmur. Mühərrik fırladıcı moment

yaratmır. Bu momentdə rotor hərəkətsizdir. Statorun və rotorun maqnit sahələri qarşılıqlı təsir etmir. Beləliklə də, mühərriki işə salmaq üçün rotoru, sinxron fırlatmaq lazımdır.

Hazırda sinxron mühərriklərin işə salınması üçün “asinxron işəsalma” adlanan üsul daha çox tətbiq edilir. Kicik güclü sinxron mühərriklərin asinxron üsulla işə salınması üçün gərginliyi əvvəlcə azaltmağa ehtiyac yoxdur. Son zamanlar sinxron mühərriklərin işə salınması daha da sadələşdirilmişdir. Mühərrikin təsirlənmə dolağı təsirləndirici maşının dövrəsinə həmişə qoşulmuş halda olur. İşə salarkən dövrlər sayının kiçik qiymətlərində sinxron mühərrikin valı üzərində yerləşmiş təsirləndirici maşın hələlik sabit cərəyan yaratmır və mühərrik asinxron rejimdə öz sürətini artırır. Dövrlər sayının sinxrona yaxın qiymətlərində sabit cərəyan maşını təsirlənir və mühərrikin rotorundan təsirləndirici cərəyan keçirir. Rotorun qütbləri maqnitlənir və fəzada stator sahəsinin qütbləri ilə rotorun müxtəlif adlı qütbləri görüşdükdə bunlar ilişir və mühərrik sinxronizmə keçir. Professor İ.A.Sıromyatnikovun təklif etdiyi bu üsuldan təcrübədə geniş surətdə istifadə olunur.

Sinxron mühərrikin işə salma periodu iki moment ilə xarakterizə edilir. Bunlardan birincisi işəsalma və ya başlanğıc momenti, ikincisi isə giriş momenti adlana bilər. İşəsalma momenti mühərrikin ilk işəsalma anında yəni rotorunun sakit vəziyyətində, giriş momenti isə rotorun sürətinin sinxron sürətə çox yaxın olduğu anda yaratdığı momentlərdir.

Sinxron mühərrik bu iki rejim arasında qısa qapanmış asinxron mühərrik kimi işlədiyi üçün onun fırlandırıcı momenti də bu iki həddin qiyməti arasında asinxron momentin dəyişdiyi qanunla dəyişəcəkdir. Sinxron mühərriki saxlamaq lazım gəldikdə onun açarını birdən-birə açmağa icazə verilmir. Bu halda əvvəlcə təsirlənmə cərəyanını azaldıb stator cərəyanını minimum qiymətinə endirmək sonra isə stator dövrəsini xarici dövrədən açmaq lazımdır.

Bu üsulun mahiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir. Sinxron mühərrikin qütb ucluqlarında “dələ çarxı” şəklində və asinxron ma-

şın 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.

Təsirləndirmə dolağını işə saldıqla qısa qapasaq, yüklənmə ilə işə salınmış mühərrik sinxron sürətin yarısına yaxın sürətlə fırlanacaq və sinxronlaşma alınmayacaqdır.

Şəbəkədən qabaqlayıcı cərəyan sərf etməklə işləyə bilməsi sinxron maşından kompensator kimi istifadə etməyə imkan verir. Yüksüz işləyən və müəssisədə $\cos\varphi$ -ni yüksəltmək üçün nəzərdə tutulmuş sinxron mühərrik kompensator olur. Beləliklə, kompensator reaktiv güc generatoru olur.

Kompensator quruluşca sinxron mühərrikdən çox az fərqlənir. Kompensatora mexaniki yük düşmədiindən onun valı və rotoru yüngül hazırlanır, hava araboşluğu isə mühərrikinkinə nisbətən kiçik olur.

Həm dəyişən və həm də sabit cərəyan mənbəyi tələb etməsi 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 edilmir.

Güc az olduqda və fırlanma sürətinin sabit olması tələb edildikdə (avtomatlaşdırma telemexanika, səsli kino və s. qurğularında) reaktiv sinxron mühərriklərdən geniş istifadə edirlər.

Belə mühərrikdə fırladıcı momentin yaranmasını 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 qalmadığı üçün, o arasıkəsilmədən döyünür. Bu isə mühərrikin qeyri-bərabər sıçrayışlı hərəkətinə səbəb olur. Bu nöqsanı aradan qaldırmaq üçün belə mühərriklərin rotorunu

böyük həcmli hazırlayırlar. Bu zaman 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:

$$n = \frac{60f}{\frac{z}{2}} = \frac{120f}{z},$$

burada z –rotorun dişlərinin sayı;

f –şəbəkədə cərəyanın 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.

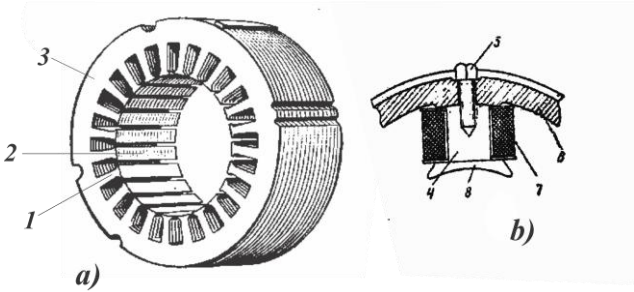
X FƏSİL

SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARI

§ 10.1. Sabit cərəyan generatorunun quruluşu və iş prinsipi

Sabit cərəyan generatoru əsasən stator və rotordan ibarətdir. Başqa sözlə desək, sabit cərəyan generatoru hərəkətsiz və fırlanan hissələrdən ibarətdir. Hərəkətsiz hissə induksiyalayıcı, fırlanan hissə isə induksiyalanandır.

Generatorun əsas hissəsini (şəkil 10.1.) gövdə təşkil edir. O, cuqundan tökülür və bütöv şəkildə hazırlanır. Onun daxilində olan **əsas qütbün** içliyi poladdan tökülür və en kəsiyi ovalşəkili olur. Ücləri boltlar vasitəsi ilə gövdəyə bərkidilmiş bu içlikdə, təsirləndirmə dolağının makarası yerləşdirilir. Təsirləndirmə dolağından keçən cərəyan maqnit seli yaradır.



Şəkil 10.1. Masin:

- a) statorun quruluş sxemi; b) əsas qütblərin quruluş sxemi;
1-əsas qütblər; 2-əlavə qütblər; 3-çati; 4-içlik; 5-boltlar; 6-çati;
7-təsirləndirmə dolağı; 8-qütb ucluğu

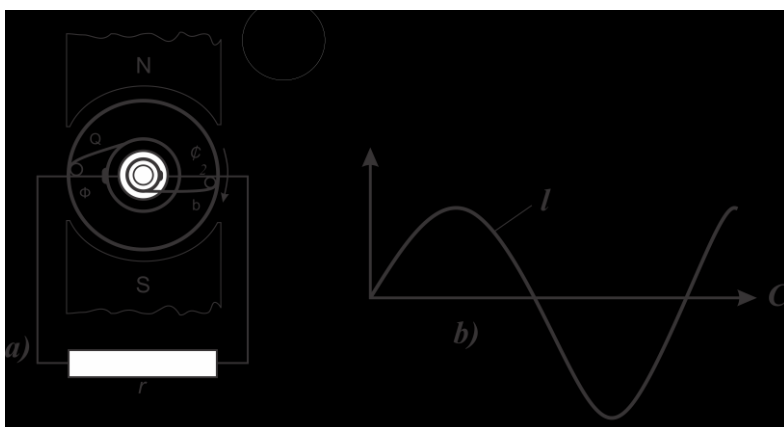
Əlavə qütblər əsas qütblərin arasında orta nöqtələrdə yerləşdirilir və sayı bunlardan iki dəfə az ola bilər. Əlavə qütblər çox-güclü maşinlarda qoyulur. Azgüclü maşinlarda adətən, əlavə qütblər olmur.

Maşının özülü, yəni haça, poladdan tökülür. Çatıda əsas və əlavə qütblər, uc tərəflərdə isə maşının valını saxlamaq üçün yataqlar oturdulmuş yan yastıqlar bərkidilir. Çatı vasitəsi ilə maşını özülə bərkidirlər.

Maşının fırlanan hissəsinə **lövber** deyilir. Lövbər içlikdən, dolaqdan və kollektordan təşkil olunur, burulğan cərəyanlara itini azaltmaq məqsədi ilə onlar bir-birindən lak və ya kağızla izolyasiya olunur. lövbər içliyinin oyuqlarında yerləşdirilən bölmələrdə dolaq yerləşdirilir. Sabit cərəyan maşınlarının dolaqları izolyasiyalı mis məftillərdən və ya düzbucaq en kəsikli mis şintlərdən qapalı hazırlanır.

Ayrı-ayrı bölmələrin birləşdirilmə sxemindən asılı olaraq, dolaqlar paralel (halqavari) və ardıcıl (dalğavari) 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.

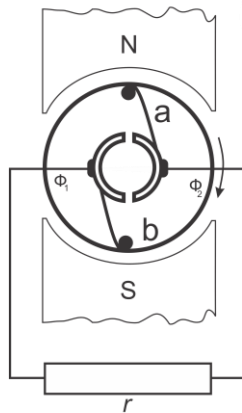
Dolağı elə hazırlayırlar ki, onu təşkil edən naqillər bir-birinə elə birləşdirilsin ki, bu halda hər naqıldə induksiyaalanən e.h.q. cəmlənsin, yəni istiqamətləri eyni olsun.



Şəkil 10.2. Dəyişən cərəyan generatoru :
a) quruluş sxemi b) generator e.h.q-nin zamandan asılı olaraq əyrisi

Lövbərin oyuqlarında yerləşdirilən, yəni e.h.q. yaradılan naqillərə aktiv naqillər deyilir. Dolağın bütün naqilləri aktiv naqillərdir. Bu naqillərin sonları kollektorun lövhələri ilə birləşdirilir.

Ayrı-ayrı lövhələrdən təşkil olunmuş kollektor, bərk dartılmış misdən hazırlanır, konstruksiyaca maşının ən mürəkkəb və işdə ən məsul hissəsidir. Kollektorun səthi tam silindir şəklində olmalıdır. Kollektor trapez şəkilli olur və bir-birindən mikanit silindir vasitəsi ilə izolə edilir. Kollektorun gövdəsi val üzərində oturdulur. Lövhələr üzərində hərəkətsiz a-b fırçaları yerləşdirilmişdir. Kollektor fırlandıqda fırçalar mis lövhələrlə ardıcıl olaraq əlaqədə olurlar. Kollektor sabit cərəyan maşını digər maşınlardan fərqləndirir. Sabit cərəyanın quruluş sxemi şəkil 10.3.-də göstərilmişdir.



Şəkil 10.3. Sabit cərəyan generatorunun quruluş sxemi

Elektrik generatorunun işi elektrodinamik induksiya qanuna əsasən, maqnit sahəsində hərəkət edən və maqnit xətləri ilə kəsişən naqillərdə e,h.q. induksiyanır. Sadə generator $N-S$ maqnit qütblərinin maqnit sahəsində fırlanan sarğıdan ibarətdir.

Sarğının uclarından sarğı ilə birlikdə cərəyan keçəcək, yəni bu maşın dəyişən cərəyan generatoru (şəkil 10.2.) olacaqdır. Dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirmək üçün kollektordan istifadə olunur.

§ 10.2. Sabit cərəyan maşınının elektrik hərəkət qüvvəsi

Sabit cərəyan maşınlarında hər bir rotor məftili maqnit qütblərinin yaratdığı sahə icərisində fırlandığı zaman qüvvə xəttlərini keçir. Əgər maşının stator qütblərinin birindən xaric olan maqnit seli ilə Φ işarə edilərsə, o halda bir rotor məftilini bir dövr ər-

zində kəsdiyi qüvvə xəttlərinin sayı $2p \Phi$ qədər olacaqdır. Əgər məftilin bir saniyədəki dövrlər sayı $n/60$ olarsa, həmin məftilin bir saniyədə keçdiyi qüvvə xəttlərinin sayı $2p \Phi n/60$ olacaqdır ki, burada da $2p$ - maşının qütbləri sayıdır. Bir məftildən induksiyananan e. h. q., o məftil tərəfindən vahid zamanda kəsilən qüvvə xətlərinin sayına mütənasib olduğundan, qiyməti

$$e = 2pn/60 \Phi$$

olur.

Bildiyimiz kimi, maqnit sahəsində bu sahənin maqnit xətlərinə perpendikulyar istiqamətdə hərəkət edən naqildə e. h. q. yaranır:

$$e = B\ell v,$$

burada B – maqnit induksiyasının orta qiyməti;

ℓ – naqilin uzunluğu;

v – naqilin hərəkət sürətidir.

Həqiqətdə isə rotor dolağı N aktiv məftildən ibarətdir. Bu məftillər elə birləşdirilir ki, rotor dolağında $2a$ qədər paralel dövrə əmələ gəlir. Hər paralel qolda ardıcıl birləşmiş məftillərin sayı $N/2a$ olduğundan. Bu qədər məftilin e.h.q.-ləri toplanacaq və maşının e.h.q.-ni verəcəkdir. Beləliklə, bir paralel budağın e.h.q. ilə təyin edilən maşının e.h. q. aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$E = \frac{N}{2a} e = \frac{N}{2a} B\ell v.$$

Maqnit sahəsində naqillərin hərəkət sürəti:

$$v = 2p\tau \frac{n}{60},$$

burada $2p$ – maşında qütblərin sayı;

τ – qütb bölgüsü;

n – lövbərin dəqiqədə dövrlər sayıdır.

Sabit cərəyan maqnit induksiyası B -nin orta qiymətinin qütbün oxu uzunluğu l -ə və qütb bölgüsü τ hasilinin bir qütbün maqnit seli Φ -ə bərabər ($B \cdot l \cdot \tau = \Phi$) olduğunu nəzərə alsaq, maşının e. h. q. üçün belə bir ifadə alarıq:

$$E = \frac{pN}{60a} n\Phi.$$

Hər bir maşın üçün p , N və a kəmiyyətləri sabit olduğundan, $\frac{pN}{60a} = C$ nisbəti həmin maşın üçün sabit kəmiyyətdən ibarətdir. Deməli, sabit cərəyan maşınının e. h. q. belə bir ifadə ilə təyin olunur:

$$E = Cn\Phi.$$

Həmin düstur göstərir ki. Sabit cərəyan maşınlarının rotor dolağında induksiyalanan e.h.q. əsas etibarlı ilə maqnit seli Φ -dən və fırlanma sürəti n -dən asılı olaraq dəyişə bilər. Bunun əsl mənası ondan ibarətdir ki, sabit cərəyan maşınının e.h.q.-ni tənzim etmək lazım gəlicə, bunun üçün ya onun maqnit selini, ya da fırlanma sürətini dəyişdirmək lazımdır. Maqnit seli Φ təsirləndirmə dolağının cərəyanı ilə yaradılır və ondan asılı olur.

Maqnit selinin təsirləndirmə cərəyanından asılılığına **maşının maqnit xarakteristikası** deyilir.

Maşının e.h.q. ancaq maqnit selindən asılı olarsa, onda generatorun lövbəri sabit sürətlə (n -sabitdir) fırlanar. Maşının e.h.q.-nin təsirləndirmə cərəyanından asılılığına yüksüz işləmə xarakteristikası deyilir. Maşının maqnit dövrəsi doymamış olduqda maqnit seli təsirləndirmə cərəyanına mütənasibdir və yüksüz işləmə xarakteristikasının müvafiq hissəsi düzxətli alınır.

Təsirləndirmə cərəyanı çox olduqda maşının maqnit dövrəsində poladın doyması qurtarır, təsirləndirmə cərəyanı daha da artıqda maqnit seli çox az dəyişir. Sabit cərəyan generatorlarında ən çox birinci üsuldan, yəni maqnit selini dəyişmək yolu ilə e.h.q.-ni tənzim etmək üsulundan istifadə olunur.

§ 10.3. Sabit cərəyan generatorlarının təsirləndirilmə üsulları

Sabit cərəyan generatorları maqnit sahəsinin təsirləndirilmə üsuluna əsasən iki hissəyə:

1. müstəqil təsirlənən generatorlara;
2. öz-özünə təsirlənən generatorlara ayrılır.

Təsirləndirmə dolağı kənar sabit enerji mənbəyinə qoşulur.

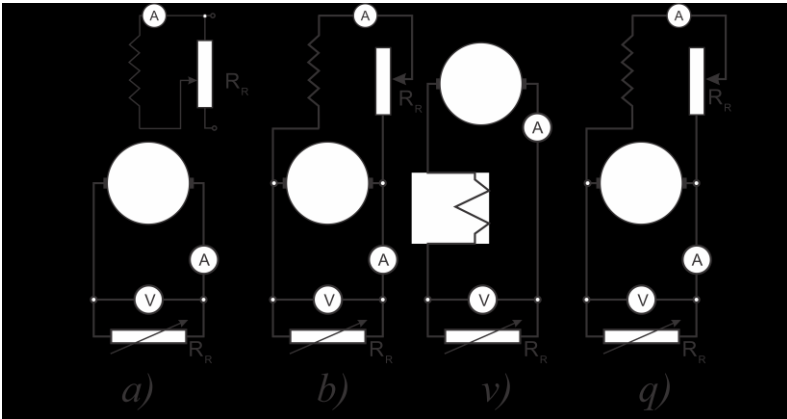
Cərəyan şiddətini tənzimləmək üçün dövrəyə reostatdan, ölçmək üçün isə ampermetrdən istifadə edilir. Lövbərin sıxaclarına enerji qəbuledicisi, cərəyanın gərginliyini ölçmək üçün isə voltmetr qoşulur. Bu zaman təsirləndirmə dolağı ilə lövbər dolağı arasında elektrik əlaqəsi olmadığından dövredə dəyişiklik olmayacaq.

Müstəqil təsirlənən generatorların nöqsanı dolağı qidalandırmaq üçün kənar enerji mənbəyi tələb olunmasıdır. Ona görə də müstəqil təsirləndirmə geniş tətbiq edilmir;

Əlavə müstəqil enerji mənbəyi tələb etməyən, öz-özünə təsirlənən generatorlarda təsirləndirmə cərəyan mənbəyi generatorun özü olur.

Öz-özünə təsirlənən generatorlar (şəkil 10.4) təsirləndirmə dolağının qoşulma sxemindən asılı olaraq üç hissəyə bölünür.

1. Paralel təsirlənən
2. Ardıcıl təsirlənən
3. Qarışıq təsirlənən



Şəkil 10.4. Sabit cərəyan generatorlarının təsirləndirilmə sxemləri
a-müstəqil təsirlənən; b-paralel təsirlənən;
v-ardıcıl təsirlənən; q-qarışıq təsirlənən

Ardıcıl təsirlənən generatorlar praktikada tətbiq olunmur çünki təsirləndirmə dolağı lövbərin dolağı ilə ardıcıl birləşdirilir. Generatorun yükü dəyişdikdə gərginlik azalır.

Paralel təsirlənən generatorlar praktikada daha geniş istifadə edilir. Bəzi hallarda qarışıq təsirlənən generatorlar da tətbiq edilir.

Qarışıq təsirlənən generatorlar nisbətən kiçik güclü qurğularda tətbiq edilir.

Təsirləndirmə dolaqlarını düzgün qoşduqda, bunun maqnitləndirmə qüvvəsi qalıq maqnetizmi ilə müvafiq surətdə yönələcəkdir. O saman maşının maqnit seli artacaq, bu isə generatorun e.h.q-nin çoxalmasına, e.h.q-nin artması isə öz növbəsində təsirləndirmə cərəyanı şiddətinin və maqnit selinin daha da çoxalmasına səbəb olacaqdır. Dövrə qapandıqda lövbərin e. h. q-nin təsiri ilə oradan cərəyan axaçaqdır. Bu cərəyan təsirləndirmə dolağından keçərək öz maqnit selini yaradacaqdır.

§ 10.4. Sabit cərəyan generatorunun işləmə prinsipi

Maşının maqnit sahəsi təsirləndirmə dolağının cərəyanı ilə yaradılır. Məlumdur ki, generator yüksüz işlədikdə lövbərin dolağında cərəyan olmur. Maşın yükləndikdə isə, əksinə lövbərin dolağından keçən cərəyan öz maqnit sahəsini yaradır. Lövbərin sahəsi qütblərin sahəsinə qarşı yönələrək maqnit selini zəiflədir, o biri kənarı altında isə bunu gücləndirir. Deməli, generator yükləndikdə nəticələndirici maqnit seli yaradılır. Poladın doyması hesabına, maşın yükləndikdə nəticələndirici maqnit seli yüksüz işləmədə alınan maqnit selindən az olur. Lövbər sahələrinin qütblərin maqnit selinə təsirinə **lövbərin reaksiyası** deyilir.

Yüklənmə zamanı generatorun sıxaclarında gərginlik belə olacaqdır:

$$U = E - I_a r_a,$$

burada E – lövbərin dolağında induksiyalanan e.h.q.;

I_a – lövbərin dolağındakı cərəyan şiddəti;

r_a – lövbər dövrəsinin müqavimətidir.

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 dolaqlarındakı e.h.q-ni azaldır.

Bundan başqa, generatorun yüklənməsini artırırdıqda lövbər dolağının müqavimətindəki gərginlik düşküsü də artır. Müxtəlif tipli sabit cərəyan generatorlarının xarici xarakteristikaları şəkil 10.5.-də göstərilmişdir.

Buna görə də generatorun yüklənməsini, yəni lövbərdə cərəyan şiddətini artırırdıqda generatorun sıxaclarında gərginlik azalacaqdır. Müstəqil təsirlənən generatorlarda lövbərdə cərəyan şiddəti azalır. Paralel təsirlənən generatorlarda gərginlik daha çox dəyişir.

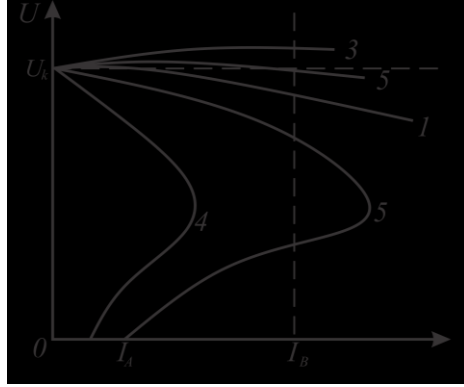
Deməli, paralel təsirlənən generatorlarda lövbər reaksiyasının artması və lövbər dolağının müqavimətində gərginliyin azalmasından başqa, yüklənmə çoxaldıqda təsirləndirmə cərəyan şiddəti də azalır.

Yüklənmə artdıqca təsirləndirmə cərəyan şiddətinin azalır. Bunu gərginliyin azalması ilə izah etmək olar.

Qısaqapanma zamanı generatorun sıxaclarında gərginlik sıfıra bərabərdir. Bu zaman təsirləndirmə dolağında cərəyan olmur. Buna görə də lövbərin dolağında, azacıq e. h. q. induksiyanır.

Qarışıq təsirlənən generatorlarda paralel və ardıcıl təsirləndirmə dolaqları uyğunlaşdırılmış və qarşı-qarşıya qoşula bilər. Dolaqlar toplanacaqdır və qarşı-qarşıya qoşduqda isə müxtəlif tərəflərə yönələcək, yəni maqnit selinin cəmi bu dolaqların selləri fərqi bərabər olacaqdır.

Təsirləndirmə dolaqları qarşı-qarşıya qoşulmuş generatorlarda



Şəkil 10.5. Müxtəlif sistemli təsirlənən sabit cərəyan generatorlarının xarici xarakteristikaları:

1-müstəqil təsirlənən; 2-paralel təsirlənən; 3-qarışıq təsirlənən; 4-eyni lakin çox təsirlənən; 5-qarşı-qarşıya qoyulduqda qarışıq təsirlənən

ardıcıl dolaq ümumi maqnit selini azaldır. Buna görə də yüklənmə artdıqda ardıcıl təsirləndirmə dolağının maqnit seli də artır ki, bu da maşında ümumi maqnit selinin və e. h. q-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 tətbiq olunur.

§10.5*. Sabit cərəyan maşınının elektromaqnit momenti

Elektromaqnit momenti həm lövbərdəki cərəyan şiddətindən, həm də qütblərin maqnit sahəsindən asılıdır. Generatorun elektromaqnit momenti lövbər dolağının naqillərindəki cərəyanın qütblərində maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranır.

Generatorun e. h. q nin tarazlığı tənliyini yazsaq

$$U = E - I_a r_a .$$

Sabit cərəyan maşınının elektromaqnit momentini təyin edək. Tənliyin sağ və sol tərəflərini lövbərin I_a cərəyanına vursaq, alarıq:

$$UI_a = EI_a - I_a^2 r_a$$

və ya

$$P_2 = P_\psi - P_k$$

burada $P_2 = UI_a$ – generatorun 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 (vardırsa) güc itkisidir.

Maşının elektromaqnit gücü belə olacaqdır:

$$P_\psi = EI_a = \frac{pN}{60 \cdot a} \Phi n I_a .$$

Elektromaqnit gücünü başqa yolla aşağıdakı ifadə ilə də təyin

etmək olar:

$$P_{\psi} = M_{\varphi} \cdot \Omega,$$

Burada M_{φ} maşının elektromaqnit momenti;

Ω - 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 çütünün sayı – p, aktiv naqillər sayı– N, paralel budaqlar sayı– a dəyişməz qalır. Buna görə $\frac{pN}{2\pi a} = K$ 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. Elektromaqnit momentinin istiqaməti lövbərin fırlanmasının əksinədir və həmişə lövbəri saxlamağa çalışır. Generatorun elektromaqnit momenti tormozlayıcı olur.

§ 10.6. Sabit cərəyan maşınının mühərrik rejimində işləməsi

Hər bir elektrik maşını ya generator, ya da mühərrik kimi istifadə edilə bilər. Sabit cərəyan maşınları da hər bir elektrik maşınında olduğu kimi, çeviriçi xassəyə malikdir.

Maşın lövbəri fırlanmağa o zaman başlayır ki, sabit cərəyan

generatoru lövbərinin dolağından hər hansı bir sabit enerji mənbəyinin cərəyanı keçir. Beləliklə, mexaniki iş görmə qabiliyyətinə malik olur, onda bu maşın mühərrikdir. Naqilin yerdəyişmə istiqaməti sol əl qaydası ilə müəyyən edilir.

Maqnit sahəsinə enerji mənbəyinin cərəyanını buraxsaq, onda təsir edən qüvvə naqilin yerini dəyişəcəkdir, beləliklə həm naqildəki cərəyan şiddətindən, həm də maqnit selindən asılı olacaqdır.

Mühərrikin fırladıcı momenti, 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;

F –maqnit seli;

I_a –lövbərin dolağında cərəyan şiddətidir

Təsirləndirmə dolağında cərəyanın istiqamətini dəyişmək üçün, mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək lazımdır. Bunun həm lövbərdə, həm də təsirləndirmə dolağında eyni vaxtda dəyişdirilməsi mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişdirmir. Sabit cərəyan mühərriki, demək olar ki, generatordan heç nə ilə fərqlənmir. Sabit cərəyan mühərriki, generatora olduğu kimi, təsirləndirmə dolağının qoşulmasına görə paralel, ardıcıl və qarışıq təsirlənən hazırlanır.

§ 10.7. Sabit cərəyan mühərriklərinin işə salınması

Mühərriki şəbəkəyə qoşduqda, dolaqda e.h.q. yaranmır, maşının lövbəri hərəkətsiz olur. Deməli, mühərriki işə salarkən lövbərdən keçən cərəyan şiddəti bir necə dəfə artıq olur. Dolaq, kollektor və fırçalar üçün təhlükəli olan cərəyan şiddəti, belə bir nisbətlə təyin edilir:

$$I_{i.s} = \frac{U}{r_a}$$

İşəsalma cərəyanını azaltmaq üçün lövbərin dolağına ardıcıl olaraq, qoşulan əlavə muqavimətə işəsalma reostatı deyilir.

Şəbəkəyə qoşduqda mühərrik işəsalma momenti yaradır.

Bu zaman maşın bu momentin təsiri ilə fırlanmağa başlayır və dolağında, əks e.h.q. yaradır. ($M_{i s} = K I_{i s} F$) Lövbərin dolağında cərəyan şiddəti o zaman azalır ki, fırlanma sürəti artır və e.h.q. çoxalır. Bunun üçün işəsalma reostatının dəstəyini tənzimləyirlər.

Cərəyan uzun müddət keçərsə, reostat çox qızdığından xarab olacaqdır, ona görə də maşın işləyərkən, işəsalma reostatı açılmış olmalıdır.

§ 10.8. Paralel təsirlənən mühərrik

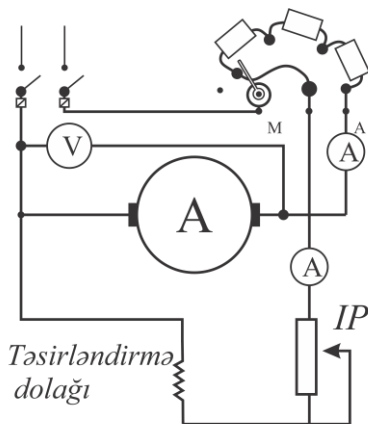
Lövbər və təsirləndirmə dolağı, paralel təsirlənən mühərrikdə (şəkil 10.6) iki paralel budaqdan ibarətdir. Ona görə də mühərrikin şəbəkədə sərf etdiyi təsirləndirmə dolağının cərəyan şiddəti, lövbərin cərəyan şiddətinin cəminə bərabərdir, yəni

$$I = I_l + I_t.$$

Lövbərə ardıcıl olaraq, işəsalma reostatı IR qoşulması, cərəyanın işəsalma şiddətini məhdudlaşdırır. Bu dolağa ardıcıl olaraq tənzimləmə reostatı TP qoşulmalıdır, çünki bu zaman təsirləndirmə dolağında cərəyan şiddətini dəyişir.

Reostatın işə salınması üçün üç sıxac vardır; X, M və L.

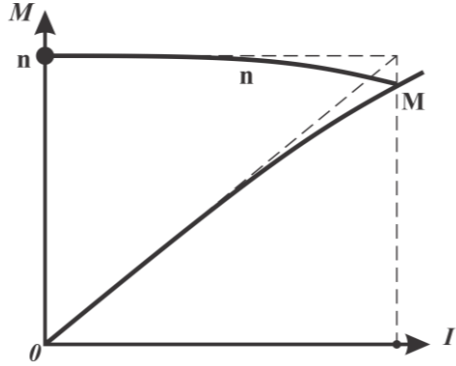
X sıxacı-şəbəkə açarının birinə, L sıxacı-lövbərə, M sıxacı-tənzimləmə reostatı vasitəsi ilə təsirləndirmə dolağına birləşdirilir. Təsirləndirmə dolağının ucları, bir-birinə calanır və şəbəkə açarının ikinci qütbünə qoşulur.



Şəkil 10.6. Paralel təsirlənən mühərrikin sxemi

Açarı açmaq üçün mühərriki şəbəkədən açırlar, işəsalma reostatının dəstəyini işəsalma müqaviməti ilə birləşdirirlər.

Mühərriki işə saldıqda reostat tam qoşulur. Bu zaman tənzimləmə reostatı işə açılmış olur. Bu səbəbdən təsirləndirmə dolağından daha çox cərəyan keçir. Maqnit seli artır və böyük fırladıcı moment yaradır.



Şəkil 10.7. Paralel təsirlənən mühərrikin xarakteristikası

Paralel təsirlənən mühərrikin təsirləndirmə dolağı şəbəkənin gərginliyi altında olduğundan, maqnit seli sabit qalır və mühərrikin yaratdığı fırladıcı moment lövbərdəki cərəyan şiddəti ilə mütənasib olur. Paralel təsirlənən mühərrikin xarakteristikası şəkil 10.7-də göstərilmişdir.

Belə tipli mühərrikin fırlanma sürəti yüklənmənin dəyişməsinə asılı olaraq çox az dəyişir və maqnit seli sabit qalır. Mühərrikə düşən yük artdıqca fırlanma sürəti lövbər dolağının və firçaların müqavimətində gərginlik düşküsü hesabına bir qədər də azalır.

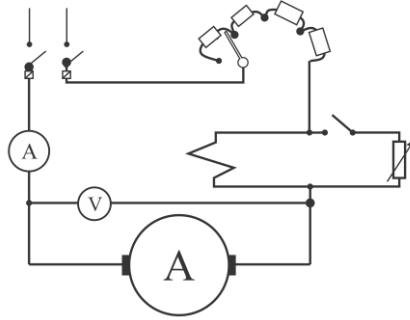
§ 10.9. Ardıcıl təsirlənən mühərrik

Lövbər təsirləndirmə dolağı, belə tipli mühərriklərdə ardıcıl birləşdirilir. Lövbərlə (şəkil 10.8) və təsirləndirmə dolağı ilə ardıcıl birləşdirilən işəsalma reostatından, işəsalma cərəyanını məhdudlaşdırmaq üçün, istifadə olunur.

Ardıcıl təsirləndirmə mühərriki üçün olan işəsalma reostatının iki sıxaçı vardır.

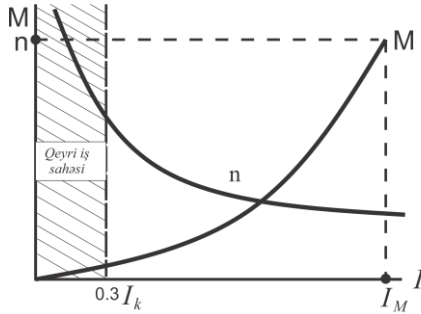
Fırlanma sürətinin və mühərrikin yaratdığı moment lövbərdəki cərəyan şiddətindən (şəkil 10.9.) asılıdır.

Təsirləndirmə dolağının lövbərlə ardıcıl birləşdirildiyini nəzərə alsaq və poladın doymasına əhəmiyyət verməsək, maqnit selini təsirləndirmə cərəyan şiddətinə mütənasib qəbul edə bilərik. Onda fırladıcı moment belə tipli mühərrikdə cərəyan şiddətinin iki qatına bərabər olacaqdır. Ardıcıl təsirlənən mühərrikin fırladıcı momenti artdıqca, lövbərdə cərəyan şiddəti kəskin surətdə artır və



Şəkil 10.8. Ardıcıl təsirlənən mühərrikin sxemi

əksinə, mühərrikin valında tormozlayıcı momentin xeyli çoxalması lövbərdə cərəyan şiddətinin nisbətən az artmasına səbəb olur. Bəzi vaxtlarda belə uzunmüddətli yüklənmə halları baş verə bildikdə, ardıcıl təsirlənən mühərriklərin tətbiqi məsləhət görülür.



Şəkil 10.9. Ardıcıl təsirlənən mühərrikin xarakteristikası

Ardıcıl təsirlənən mühərriklərin fırlanma sürəti kəskin surətdə dəyişir və yüklənmə artdıqca azalır.

Mühərrikdə yüklənmənin dəyişməsi maqnit selinin və lövbərin fırlanma sürətinin dəyişməsi ilə nəticələnir.

Mühərrikin valında yüklənməni arası kəsilmədən dəyişsək, yəni artırıb-azaltsaq, mühərrik çox böyük sürətlərdə dağılar və "yeyilməyə işləyər".

Belə hallar olmasın deyə ardıcıl təsirlənən mühərrikin valında yüklənmə–nominalın 25–30%-dən az olmamalıdır.

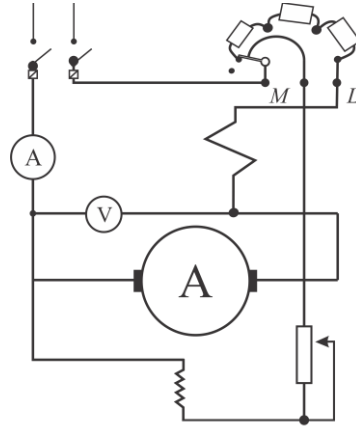
Ümumiyyətlə, ardıcıl təsirlənən mühərriklər yüklənmə lazımınca olmadıqda işləyə bilmir. Belə mühərriklər nəqliyyatda və qaldırıcı tərtibatlarda geniş tətbiq edilir.

§ 10.10. Qarışıq təsirlənən mühərriklər

Belə tip mühərriklərin qütblərində iki dolaq yerləşdirilir: paralel və ardıcıl.

Lövbərdəki cərəyan şiddətindən xeyli az olan cərəyan paralel dolaqdan keçir və ən kəsiyi sahəsi kiçik olan məftillərdən hazırlanır. Sarğılarının sayı isə xeyli çox olur. Ardıcıl dolaqda bunlar bərabər olduğu üçün, dolaq iri en kəsikli məftillərdən hazırlanır və sarğılarının sayı da az olur.

Qarışıq təsirlənən mühərrikdə (şəkil 10.10.) ardıcıl və paralel dolaqlar yaratdığı maqnit selləri eyni istiqamətə yönəldilir və dolaqların qarşı-qarşıya qoyulmasından istifadə edilir. Belə tipli mühərriklərin işləməsi uzunmüddətli olur.



Şəkil 10.10. Qarışıq təsirlənən mühərrikin sxemi

§ 10.11. Sabit cərəyan maşınlarının F.İ.Ə.

Sabit cərəyan

$$\text{maşınının f. i. ə. } \eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%,$$

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 —yükənmə 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

$$\text{f. i. ə. } \eta = \frac{UI}{UI + P_n + P_M + P_{Mex}} 100\%$$

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 sifra bərabərdir. Yüklənmə artdıqca f. i. ə. sürətlə coxalır.

Müasir sabit cərəyan maşınlarının həm konstruksiyasında, həm də prinsipində böyük yeniliklər əmələ gətirildiyindən, onların f.i.ə. çox yüksəldilmişdir. Hazırda sabit cərəyan maşınlarının f.i.ə. 0,75 ilə 0.92 arasındadır.

XI FƏSİL

ELEKTRİK İDARƏETMƏ BƏ MÜHAFİZƏ APARATLARI

Müxtəlif elektrotexniki qurğuların işini idarəetmək və ya mühafizə etmək üçün elektrik aparatlarını şəbəkəyə qoşmaq və ya açmaq lazımdır. Elektrik cihazlarının idarə olunması bəzən əl ilə, bəzən də müəyyən məsafədən avtomatik qurğular vasitəsi ilə yerinə yetirilir. Buna görə də, onlar alçaq və yüksək gərginlik aparatlarına ayrılır. Müasir istehsalatın ən mühüm elektrik avadanlıqları, alçaq gərginlik elektrik aparatlarıdır.

Məhz belə aparatlar vasitəsi ilə elektrik avadanlığı idarə olunur. Əsasən, istehsal olunan bütün elektrik enerjisinin 85%-i alçaq gərginlikdə istifadə edilir.

Bu elektrik aparatlarına haçalar, açarlar, kəsən açarlar, avtomatlar, reostatlar, rele və maqnit işəsalıcıları və s. aiddir.

§ 11.1. Avtomat və kəsən açarlar

Əl idarəetmə aparatlarına açarlar daxildir. Bunlardan, elektrik lampalarını, qızdırıcı cihazları, azgüclü mühərrikləri, ventilyatorları və tozsoranları qoşmaq və açmaq üçün istifadə edilir. Dövrəyə ardıcıl qoşulan açarların, xarici görünüşü və quruluşu müxtəlif olur. Elektrik dövrələrini avtomatik açmaq və mühafizə etmək üçün avtomat açarlardan da istifadə olunur. Belə açarlar iki tipli olur: maksimal və minimal. Lövbər-çəftədən və açardan ibarət olan avtomatın əsas hissələri elektromaqnitdən ibarətdir. Avtomatı əl ilə də təkrar qoşmaq olar.

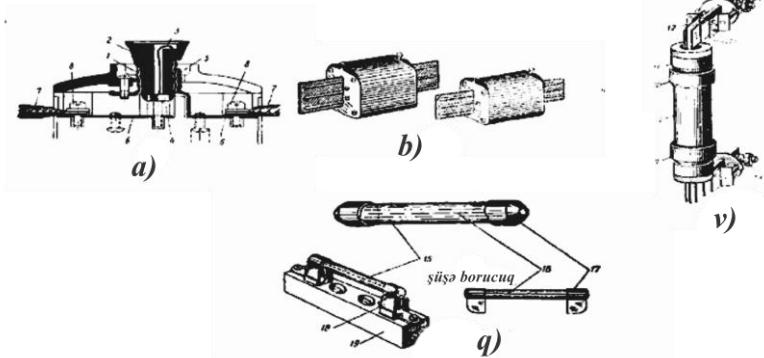
Minimal avtomat – cərəyan yol verilən həddən az olduqda dövrəni açan avtomata deyilir. Avtomatların ən böyük üstünlüyü odur ki, dövrəni əriyən qoruyuculardan mühafizə edir.

Elektrik qurğularını əl ilə qoşmaq və açmaq üçün kəsən açarlardan istifadə edilir. Kəsən açarlar birqütüblü, ikiqütüblü və üç-

qütblü olur. Üçqütblü kəsən açarın əsas hissələri hərəkətsiz kontaktlarda bərkidilmiş oxlarda dönə bilən mis bıçaqlardan ibarətdir. Kəsən açarlar təhlükəsizlik texnikası qaydalarına görə qoruyucu örtüklə örtülməlidir

§ 11.2. Qoruyucular

Cərəyan qoruyucudan keçən zaman hesablanmış dərəcədən yüksək olduqda bu qoruyucu əriyir, məfillər və aparatlar qızmamış qoşulmuş olduğu dövrəni açır. Qısaqapanma zamanı elektrik cərəyanı artıq olduqda, yəni şəbəkə çox yükləndikdə, dövrənin məfilləri qızır və bunların izolyasiyası yana bilir. Bu dövrəyə qoşulmuş elektrik maşınları və cihazları isə sıradan çıxıb xarab ola bilər.



Şəkil 11.1. Müxtəlif tipli qoruyucular:

- a) tıxac şəkilli qoruyucu; b) PR tipli boruşəkilli əriyən qoruyucu;
v) PH şəkilli əriyən qoruyucu; q) boruşəkilli şüşə qoruyucu

Bunun kimi hallar olmasın deyə elektrik dövrəsinə ardıcıl olaraq əriyən qoruyucular qoşulur.

İşlək cərəyan şiddəti $I=10$ a olarsa, belə dövrəyə az cərəyan şiddətinə hesablanmış qoruyucu qoşmaq olmaz.

Qoruyucu, mühərrikin işəsalma cərəyan şiddətinin təxminən 40%-ni təşkil edən nominal cərəyan şiddəti üçün götürülməlidir. Elektrik dövrəsi üçün qoruyucu seçdikdə işlək cərəyan şiddətindən

təxminən 5–7 dəfə yüksək olan işəsalma cərəyan şiddətini nəzərə almaq lazımdır. Həm də onu nəzərə almaq lazımdır ki, bu halda qoruyucu, mühərriki uzunmüddətli yüklənmədən mühafizə etmir.

Müxtəlif cür əriyən qoruyucular olur.

Tıxacşəkilli qoruyucu (şəkil 11.1a) –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 patronada yivli metal giliz (5), iki ədəd kontakt lövhəsi (6), məftilləri (7) qoşmaq üçün iki sıxac və kontakt vintləri (8) bərkidilmişdir.

PR tipli boruşəkilli əriyən qoruyucu (şəkil 11.1b) 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 bıçaq kontaktları (12) ilə qurtaran qalpaq (11) burulub bərkidilir. Məftillər bu kontakt dayaqlarına raj- kalarla (14) birləşdirilir. Belə qoruyucular 15, 60, 100, 200,, 350, 600 və 1000 V cərəyan üçün hesablanır.

PR tipli qoruyucular söküləbilən konstruksiyalıdır. PN tipli əriyən qoruyucular da buraxılır. Patronu qapalı və doldurmalı hazırlanan belə qoruyucular (şəkil 11.1v) gərginliyi 500 v-a qədər olan dəyişən cərəyan elektrik qurğularını mühafizə etmək üçündür. Beləliklə, əriyən qoruyucu çox dəqiq cihazdır.

PR tipli qoruyucularda olduğu kimi, bu qoruyucuların da əriyən taxmasını bir neçə dəfə yenisi ilə əvəz etmək mümkündür.

Alçaq gərginlik elektrik aparatlarında radioqəbuledicilərdə və televizorlarda boruşəkilli şüşə qoruyucular (şəkil 11.1q) 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.

§ 11.3. Reostatlar

Elektrik mühərriklərini işə salmaq, dayandırmaq və sürəti tənzimləmək üçün işlədilən cihaz **reostat** adlanır. Reostatlar metal və maye tipli olur.

Məftil reostatın iki şaquli dayaq arasında bərkidilmiş çini əsası vardır. Xüsusi müqaviməti yüksək olan məftili bu çini əsasa sarıyırlar. Məftilin uclarını sıxaqlara birləşdirirlər.

Məftilin üzərində yerləşdirilən milə məftilə toxunan kontakt diyircəkləri olan sürüngəc taxılmışdır. Sürüngəci məftilin üzəri ilə hərəkət etdirməklə reostatın müqavimətini səlissürətdə dəyişmək olur.

Reostatın sürüngəcini sola hərəkət etdirdikdə, məftilin çox hissəsi dövrəyə qoşulduğundan müqavimət artacaqdır. Sürüngəci sağa hərəkət etdirdikdə isə reostatın dövrəyə qoşulmuş hissəsinin müqaviməti azalacaqdır. Reostatı dövrəyə iki cür qoşmaq olar: ardıcıl və paralel. Hər bir reostatda, adətən, onun müqaviməti və hesablandığı cərəyan göstərilir.

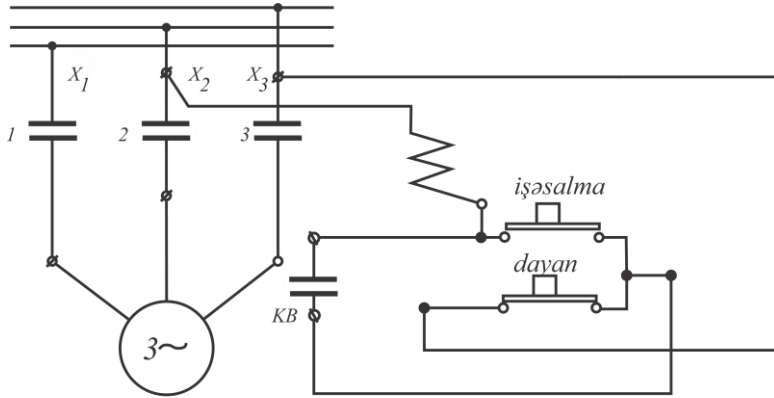
§ 11.4. Maqnitləşəsalıcı

Elektromaqnitin dolaqından elektrik cərəyanı keçdikdə maqnit sahəsi yaranır və lövbər içliyə dartılır. Bu zaman kontakt lövhələri elektrik mühərrikindən gələn məftilin qoşulduğu kontaktları bir-birinə birləşdirir. Cərəyanı kəsdikdə isə, lövbər öz ağırlığının təsiri ilə aralanır, kontakt lövhələri mühərriki şəbəkədən açır.

Mühərriki maqnitləşəsalıcı ilə işə salmaq üçün 2-ci b şəklində göstərilmiş sxem üzrə qoşmaq lazımdır. Bu halda maqnitləşəsalıcının kontaktları (1, 2, 3) normal açılmış olur. İşəsalıcı elektromaqnitinin (EM) bir ucu "İşə salma" 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 iş salmaq üçün „İşəsalma" düyməsi vardır. „İşəsalma" 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 vəziyyətinə qaydır, işəsalıcının əsas kontaktları aralanır və mühərrik dayanır.



Şəkil 11.2. Maqnit işəsalıcı və onun qoşulma sxemi

Maqnit işəsalıcı düymə stansiyası üç düymədən: “İrəli”, „Geri" və „Dayan" düymələrindən ibarətdir.

“İrəli" düyməsini basdıqda cərəyan elektrik mühərrikinə bu kontaktlarla daxil olacaqdır.

„Dayan" düyməsini basdıqda mühərrikin dolağını şəbəkənin məftillərindən açacaqdır.

Mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək üçün „Geri" düyməsini basmaq lazımdır. Bu kontaktlar elə qoşulur ki, mühərrik fırlanma istiqamətini dəyişir.

§ 11.5. İstilik relesi

Qızdırıldıqda metalın genişlənməsi xassəsinə əsaslanan və ya temperaturun dəyişməsinə hiss edən releyə **istilik relesi** deyilir. Geniş yayılmış bimetal istilik relesinin işlək hissəsi xətti genişlənmə temperatur əmsalları müxtəlif olan iki metaldan düzəldilmiş lövhədən ibarət olur. Belə lövhələr üçün materialı elə seçirlər ki, metalların genişlənmə əmsalında mümkün qədər çox böyük fərq olsun: məsələn, mis–polad, polad–nikel, invar – burünç.

İstilik relesindən cərəyan yüklənməsi çox olduqda istifadə olunur. Bu relenin elektrik qızdırıcısı qəbuledən hissədir. Bimetal lövhə aralıq hissə kimi istifadə olunur, icraediçi hissə isə kontaktdır. Elektrikqızdırıcı, mühərrikin dövrəsinə ardıcıl, kontaktlar isə mühərriki işə salan işəsalıcı elektromaqnitinin dövrəsinə qoşulur.

Yüklənmə normal olduqda bimetal lövhə əyilir, relenin kontaktlarını qapayır.

Cərəyan qızdırıcıda yol verilən həddən çox olduqda bimetal lövhənin istidən genişlənmə əmsalı az olan metal tərəfə, yəni yuxarıya tərəf əyilir, soyuduqda isə öz əvvəlki vəziyyətinə yenə də sıçrayışlı hərəkətlə qaydır. Gücü 120 və 600 vt-a qədər olan mühərrikləri mühafizə etmək üçün nəzərdə tutulmuş reledə elementlərin forması müxtəlifdir.

Mühərriki quraşdırıldıqda relenin kontaktlarını mühərrikin qidalandırma dövrəsinə qoşurlar. Bu dövrəyə nixrom qızdırıcı ardıcıl qoşmaq olur. Nixrom qızdırıcı qızdıqda relenin bimetal elementi işə düşüb mühərrikin dövrəsini kəsir.

Belə istilik relələri, maqnişəsalıcılar, yağ manometrləri, avtomobillərin soyutma sisteminin termometrləri və bir çox digər qurğularda istifadə olunur.

XII FƏSİL

ELEKTRİK ENERJİSİNİN İSTEHSALI, TƏLƏBATI VƏ PAYLANMASI

§ 12.1. Elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakı

Azərbaycanda elektrik enerjisinin istehsalına XIX əsrin sonlarından başlanmışdır. İlk dəfə olaraq ölkədə XX əsrin əvvəllərində yeni elektrik stansiyalarından tikilib istismara verilməsi bu istehsalı artırdı. Əsasən neft sənayesinə qulluq edən “Bibiheybət” və “Ağ şəhər” stansiyaları işə salındı. Avropada ən güclü buxar turbinləri quraşdırıldı.

1913-cü ilin statistik göstəricilərinə görə Elektrik stansiyalarında hasil edilən elektrik enerjisinin miqdarı 110 min kvtsaata yüksək idi. Azərbaycanda Sovet hakimiyyəti qurulandan sonra elektroenergetikanın inkişafına güclü təkan verildi. Azneftin nəzdində “Elektrotok” idarəsi yaradıldı. “Bibiheybət” və “Ağ şəhər” stansiyaları, keçmiş neft sənayeciləri firmalarının “Ramana”, “Zabrat”, “Sabunçu”, “Suraxanı” və “Pirallahı” kimi elektrik stansiyaları daxil edildi.

Respublikada aparılan böyük tədbirlər nəticəsində enerji sisteminin gücü 1940-cı ildə statistik məlumatlara əsasən 6589,5 min kvtsaata çatmışdır. Bu inkişaf II dünya müharibəsi ərzində neft sənayesinin fasiləsiz elektrik enerjisi ilə təmin etmişdir.

1954-ci il Azərbaycanda enerji sisteminin gücünün artması ilə səciyyələnir, yəni o dövrdə gücü 259 min kvtsaata olan Mingəçevir su elektrik stansiyası işə salındı. Qeyd etmək lazımdır ki, elektrik enerjisinin ümumi istehlakında başqa sənaye sahələrində, o cümlədən qara və əlvan metallurgiyada, maşınqayırma və metal emalında, kimyada, elektrotexnikada yüngül yeyinti, tikinti materialları sənayesi sahələrində, məhsul istehsalı artması nəzərə cəhd edildi. O dövrdə Respublikada dəmir yolu nəqliyyatının elektriklişdirilməsi, kənd təsərrüfatının elektriklişdirilməsi istehsal olu-

nan elektrik enerjisinin daha da artmasını tələb edirdi. Ona görə də, bu göstəricini artırmaq üçün yeni su və elektrik stansiyaları tikmək lazım idi.

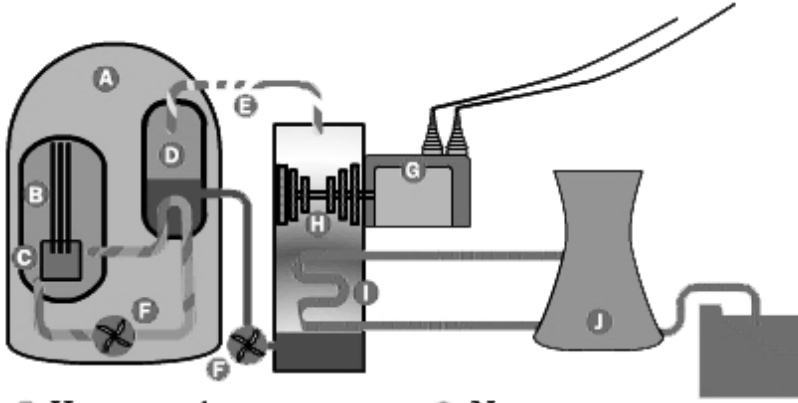
1981-ci ildə Mingəceyirdə inşa edilən “Azərbaycan” bloku istehsalı artırdı. 1982-ci ildə bu stansiyada daha bir blok işə salındı. Onun ümumi gücü 240 min kvtsaata çatdırıldı. Lakin 1990-cı ildən başlayaraq məlum səbələrdən Respublikada elektrik enerjisi istehsalı aşağı düşməyə başladı. Ölkədə elektroenergetika sektorunun gücləndirilməsi işləri 1995-ci illərdən sonra başladı.

Görülən mühüm işlər sayəsində elektrik enerjisi istehsalı 2000-ci ildə 18969 min kvtsaata, 2003-cü ildə isə, 21285 min kvtsaata çatdırıldı. Hazırda Azərbaycan enerji sistemi kifayət qədər generasiya gücünə malikdir. Bu da Avropada və bütün dünyada sübut edir ki, Respublika kifayət qədər elektrik enerjisi istehsalına görə güclü dövlətdir.

§ 12.2. Elektrik enerjisinin tələbatı və paylanması.

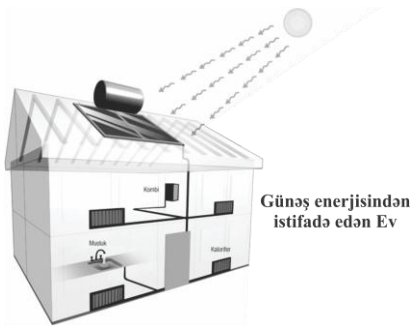
Dünyada istehlakçıların elektrik enerjisinə olan tələbatın tam ödənilməsi üçün yeni elektroenergetikanın inkişaf etdirilməsi lazım gəlirdi. Ona görə də su və istilik enerjisindən əlavə, atom, günəş və külək enerjilərindən də istifadə edilməyə başlandı.

Atom elektrik stansiyaları (AES). Atom elektrik stansiyaları, adətən elə yerlərdə qurulur ki, orada yanacaq və hidravlik resurs olmasın. Bu gün bizim öyrədiyimiz atom enerjisi atomun parçalanmasının, dəqiq desək, nüvə reaksiyasının sənayedə tətbiqidir. AES-in özü istilik elektrik stansiyasıdır. Lakin orada həmin istiliyi almaq üçün daş kömür, torf və sudan deyil, sadəcə olaraq reaktordan alırlar. 1964-cü ildə Moskva yaxınlığında dünyada ilk dəfə olaraq, nüvə yanacağı üzərində işləyən AES işə salınmışdır. Onun gücü 5000 kvtsaata idi. Yer üzərində hal-hazırda 208-dən çox elektrik stansiyası var. AES dünyada istehsal edilən enerjinin 20 %-ni təşkil edir.



- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| Ⓐ Haznə quruluşu | Ⓕ Nasos |
| Ⓑ İdarə çubuqları | Ⓖ Generator |
| Ⓒ Reaktor | Ⓗ Turbin |
| Ⓓ Buxar generatoru | Ⓘ Soyutma suyu sıxlaşdırıcı |
| Ⓔ Buxar axış borusu | ⓵ Soyutma qülləsi |

Günəş enerjisindən istifadə edən İES. Günəş Yerə ən yaxın ulduzdur. O tükənməz nəhəng enerji mənbəyidir. İlk günəş elektrik stansiyası Yaponiyada 1979-cu ildə qurulmuşdur və hal-hazırədək işləyir.

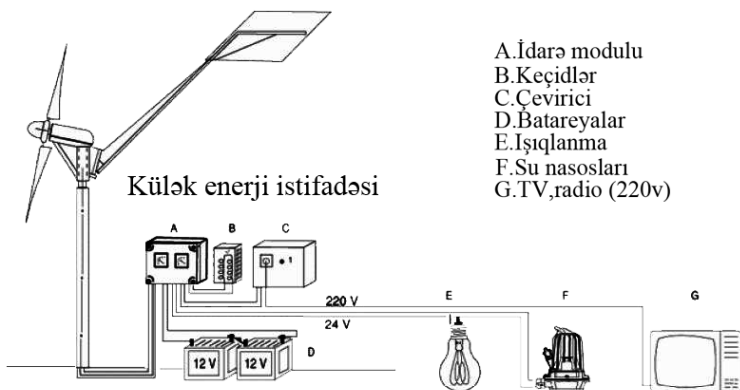


Günəş enerjisi cihazı

Günəş işıq və istilik şüalandırır. Bu şüalanma radiasiya adlanır. Günəş radiasiyasının Yer səthində paylanması coğrafi enlikdən asılıdır. Ekvatora doğru getdikcə radiasiya artır. Yer səthinə düşən

Günəşin enerjisindən 27%-i atmosferin dövrünə 20%-i isə infraqırmızı şüalanmaya sərf olunur. Yer kürəsinə gələn günəş radiasiyasının təxminən 0,2%-indən bitkilər istifadə edir. Günəş enerjisindən istilik və elektrik enerjisi günəş enerjetika qurğularında istifadə edilir. Günəşdən Yer kürəsinə böyük enerji gəlsədə hava şəraitindən asılı olaraq, bu enerjidən istifadə çətinləşir. Günəş elektrik stansiyalarının işinin səmərəliliyi ölkənin coğrafi mövqeyindən asılıdır. Bu enerjidən istifadə Azərbaycanda bir çox rayonlarda enerji problemini qismən də olsa həll edə bilər.

Külək enerjisindən istifadə edən ES. Külək enerjisindən insanlar hələ keçmiş zamanlardan istifadə etməyə başlamışlar. Azərbaycanda hələ orta əsrdə yel dəyirmanlarından istifadə



edirdilər. Küləyi xarakterizə edən əsas göstəricilərdən biri də onun istiqaməti və sürətidir. Külək havanın yüksək təzyiqli sahələrindən, alçaq təzyiqli sahələrə doğru üfüqi istiqamətdə hərəkətinə deyilir. Küləyin enerjisini sabit olmaması ondan istifadəni çətinləşdirir. Külək enerjisindən istifadəyə görə Almaniya Dünyada birinci yerlərdənbirini tutur. Azərbaycanda ən əlverişli külək şəraiti Abşeron yarmadasında və Xəzər dənizinin qərb hissəsi olan adalardadır. Ölkənin qərbində Gəncə-Daşkəsən zonasında və Naxçıvan Muxtar Respublikasının Şərur-Culfa ərazisində küləyin sürəti 3-5 m/san olduğu üçün külək enerji stansiyaları yaratmaq mümkündür. Enerji mənbələrindən istifadə olunması üzrə Dövlət Proqramında elektrik enerji istehsalında

ölkənin külək enerjisi potensialından da istifadə etmək nəzərdə tutulmuşdur.

§ 12.3. Elektrik enerjisindən istifadə zamanı təhlükəsizlik texnikası haqqında ümumi məlumat.

Elektrik təhlükəsizliyinin əsas şərtlərindən biri elektricləşdirilmiş avadanlıqlarla və mexanizmlərlə əlaqədə olan insanların təlimatlandırılmasıdır. Elektrik cihazları ilə əlaqədə olan hər hansı bir nasazlığı duyduqda təcili tədbir görməli təhlükəli zonanın elektriclə əlaqəsini ayırmalı və buna məsul olan şəxslərə xəbər verilməlidir.

Ümumiyyətlə, desək məişətdə və sənayedə bütün cərəyan daşıyan hissələr, idarə punktları, paylayıcı qurğular, elektrik cihazları, naqillər və s. etibarlı izolyasiyaya malik olmalıdırlar.

O cümlədən xüsusi cihazlar elə quraşdırılmalıdır ki, naqillərin qidalanma sxemi dərhal kəsilə bilsin. Elektrik cihazları ilə işləyərkən zədələnmələrdən qorunmaq üçün müəyyən vasitələrə əl atmaq lazımdır. Bu vasitələrə rezin əlcək, çəkmə, qaloş, izolyasiya edəcək althıq və s. daxildir.

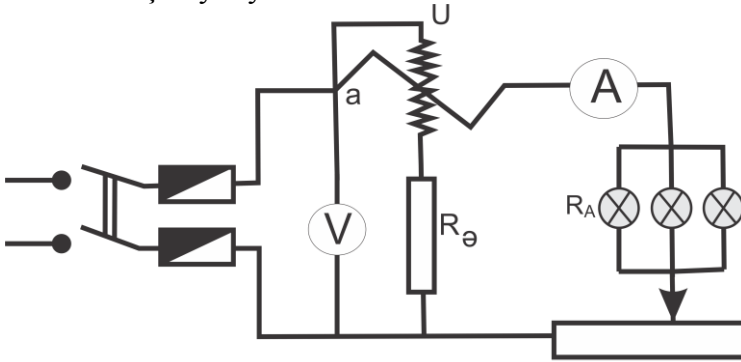
Elektrik avadanlığı ilə işləyərkən ətrafda olan metal avadanlıqları nəzərə alaraq onları mütləq yerlə birləşdirmək lazımdır. Elektrik cərəyanı ilə işləyərkən çox ehtiyatlı olmaq lazımdır. Çünki elektrik cərəyanı ilə zədələnmiş şəxsin həmin anda əzələləri qıc olduğundan bu cərəyanın təsirindən azad ola bilmir. Əgər zədələnmiş şəxsə yardım etmək istəyiriksə, onu arxası üstə uzatmalı üstünə isti paltar örtməli müxtəlif hərəkətlərdən cəkindirməli, naşatr spirti iylətməli və ürək nahiyəsi masaj edilməlidir.

Ümumiyyətlə, elektriclə işləyərkən xüsusi səliqə - səhmana fikir vermək lazımdır. İşlədilən alət və tərtibatları öz əvvəlki yerinə qoymaq lazımdır. Sanitariya və gigiyena qaydalarına riayət etməli, yanğın təhlükəsizliyi tələblərinə ciddi əməl olunmalıdır. İş yerində olan alətləri məsələn: yastıdodaq və yumrudodaq kəlbətini kəsmək üçün mantyor bıcağını, çəkici ümumiyyətlə, elektrotexnika işlərində istifadə edilən alətləri qorumaq və düzgün istifadə etmək lazımdır.

PRAKTIKI LABORATOR İŞLƏRİ

1-ci iş. ELEKTRİK CƏRƏYANI GÜCÜNÜN ÖLÇÜLMƏSİ

İşin məqsədi. Vattmetrin quruluşu ilə tanışlıq. Cihazı dövrəyə bağlamağı və elektrik cərəyanının gücünü ampermetrlə, voltmetrlə və vattmetrlə ölçməyi öyrənmək.



Şəkil 1. Vattmetri yoxladıqda cihazların dövrəyə qoşulması sxemi

Cihazlar və avadanlıq: 1. maqnitoelektrik və ya elektromaqnit sistemli, 0-5 a şkalalı ampermetr; 2. eyni sistemli 0-30 v şkalalı ampemetr; 3. elektrodinamik sistemli AST-D tipli vattmetr; 4. hər birinin gücü 25 vt olan bir neçə lampadan ibarət lampa reostatu; 5. taxta lövhə üzərində quraşdırılmış və çıxım sıxacları olan kəsici açar (qoruyucuları ilə birlikdə); 6. cərəyan mənbəyi; 7. birləşdirici məftillər.

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

1. İş üçün sizə verilən cihazlarla tanış olun. Vattmetri nəzərdən keçirin və cihazın təsvirində onu dövrəyə bağlamaq üçün göstərilmiş sıxacları tapın. Vattmetrin tipini və dəqiqlik sinfini müəyyən edin.

Cihazlardan hər birinin şkala bölgüsünün qiymətini hesablayın və cihazların dövrəyə qoşulması üsulunu müəyyən edin. Vattmetrin şkalasında bir bölgünün qiyməti bu düsturla müəyyən edilir:

$$C = \frac{U_H \dot{I}_H}{n} \left(\frac{vt}{bölğü} \right)$$

burada n – bütün şkalada bölgülərin tam ədəddə sayı, U_H və \dot{I}_H – vattmetrin nominal gərginliyi və cərəyanıdır.

2. Cihazlar, 6-cı şəkildə göstərilmiş sxem üzrə birləşdirin. Ampermetr və voltmetr maqnitoelektrik sistemlidirsə, sxemə enerji vermək üçün sabit cərəyandan istifadə edilməlidir. Cihazlar elektromaqnit sistemli olanda isə sxemə dəyişən cərəyan vermək olar.

Yığdığınız sxemi müəllimə göstərin və onu cərəyan mənbəyinə bağlamaq üçün müəllimdən aldıqdan sonra lazımı ölçü işləri aparın. Bu iş vattmetrin göstərişlərini ampermetrin və voltmetrin göstərişləri ilə müqayisə etməklə yoxlamaqdan ibarətdir.

3. Reostatın müqvimətini dövrəyə daxil edin. Lampa reostatında bir lampanı burub yandırın. Kəsici açarı qoşun və vattmetrin göstərişlərinə nəzər yetirməklə reostatın müqvimətini tədriclə o qədər azaldın ki, onun əqrəbi şkalanın birinci rəqəm yazılmış bölgüsü üzərində dayansın.

4. Cihazların göstərişini müşahidələr cədvəlinə yazın.

Vattmetrin yoxlanılmasına dair müşahidələr cədvəli

Sıra №-si	Yoxlanılan vattmetrin göstərişləri	Cihazların göstərişləri			Mütləq xəta $\Delta P = P - P_1$	Düzəliş $\delta P = -\Delta P$	Qeyd
		\dot{I}	U	$P_1 = \dot{I}U$			
	vt	a	v	vt	vt	vt	

5. Lampa reostatında daha bir lampanı burub yandırın və məftil reostatdan istifadə etməklə dövrdə elə cərəyan yaradın ki, vattmetrin əqrəbi şkalanın birincidən sonra gələn bölgüsü üzərində

dayansın. Bu qayda ilə vattmetrin nominal göstərişinə çatıncayadək bir sıra ölçmə işləri aparın. Bütün bu ölçmələrin nəticələrini cədvələ yazın.

6. Mütləq xətanı hesablayıb tapın. Düzəlişlərin qiymətini cədvələ yazın.

7. Ölçmələrin nəticələrini və aparılmış hesablamalara əsasən düzəlişlər qrafiki qurun. Qrafikdə şaquli ox üzərində düzəlişlərin qiyməti δP -ni (işarəsini nəzərə almaqla), üfüqi ox üzərində isə vattmetrin şkalasında rəqəmlərlə göstərilmiş güclərin qiymətini qeyd edin.

2-ci iş. BİRFAZALI CƏRƏYAN MÜHƏRRİKİNİN ÖYRƏNİLMƏSİ

İşin məqsədi. Birqəzli cərəyan mühərrikinin quruluşu ilə tanış olmaq, onu sökməyi və yığmağı, eləcə də mühərrikə cərəyan verilməsinin elektrik sxemini quraşdırmağa və mühərriki işə salmağı öyrənmək.

Cihazlar və avadanlıq: 1. 127 v və ya 220 v-luq asinxron birqəzli cərəyan mühərriki; 2. birqütblü kəsici açar; 3. ikiqütblü kəsici açar; 4. gərginliyi tənzim etmək üçün reostat (2 a, 40-50v) və ya avtotransformator (LATR-1); 5. şəbəkədəki gərginlik üçün dəyişən cərəyan voltmetri; 6. 3 a-lik dəyişən cərəyan ampermetri;

7. dövrələr sayı hesabçı və saniyəölçən (və ya taxometr); 8. qayıq və mühərrikə yükvermə üçün yüklər; 9. vintaçanlar (orta və kiçik vintaçan); 10. aralanan kiçik qayka açarı; 11. birləşdirici məftillər.

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

1. Mühərrikin vəsiqəsi ilə tanış olaraq, onun iş gərginliyini və nominal cərəyanını müəyyən edin.

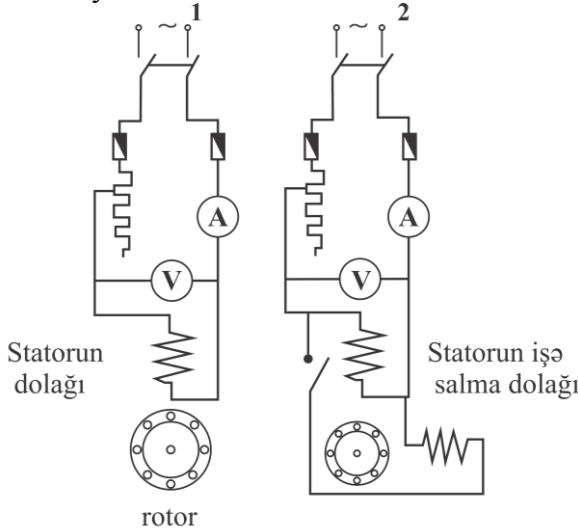
2. Mühərriki sökün, quruluşunu və bütün detallarının vəzifəsini öyrənin.

3. İşəsalma dolağının olub olmamasını müəyyən edin.

4. Mühərriki yığın; lövbəri əl ilə fırladaraq mühərrikin düzgün yığılmış olmasını yoxlayın.

5. Mühərriki işdə sınaqdan çıxarmaq üçün tələb olunan elektrik sxemini quraşdırın.

6. Sınaq üçün mühərriki yüksüz işə salın. Onun dövrlər sayını ölçüb dəftərinizə yazın.



Şəkil 2. Birfazlı dəyişən cərəyan mühərrikinin tədqiqi üçün sxemlər

7. Mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişin.

8. Mühərrikin qasnağına tormoz qayıışı keçirin. İşləyən mühərrikə çəki daşlarını elə yükləyin ki, o, nominal qiymətli cərəyan işlətsin. Yükvermə zamanı mühərrikin fırlanma istiqaməti elə olmalıdır ki, qasnaqda əmələ gələn sürtünmə qüvvələri verilən yüklərin ağırlıq qüvvəsinə qarşı təsir etsin.

9. Şəbəkənin gərginliyi nominal olduqda, mühərrikin dövrlər sayını ölçüb müəyyən edin. Gərginliyi reostat vasitəsi ilə bir neçə dəfə azaldın və hər dəfə mühərrikin dövrlər sayını ölçüb müəyyən edin.

Tədqiqatın nəticələrini aşağıdakı cədvələ yazın.

Mühərrikin işi üzərində müşahidə cədvəli

Gərginlik, nominala görə, % ilə	100%		90%	80%	70%	60%	50%	
	Boşuna işləmə	Yüklə işləmə						
Gərginlik U , v ilə								
İşlədilən cərəyan I , a ilə								
Dövrələr sayı n , dövr/dəq ilə								0 (dayanma)

10. Gərginliyi tədricən azaltmaqla mühərriki dayandıran gərginliyin qiymətini müəyyən edin.

Dayanma anında mühərriki cəld şəbəkədən açın.

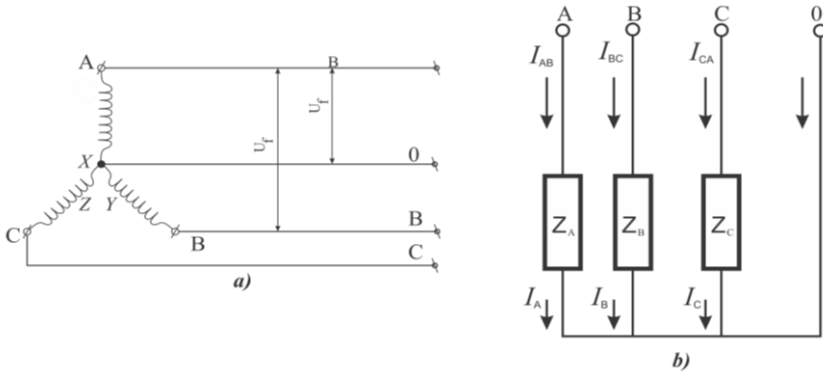
3-cü iş. ELEKTRİK QƏBULEDİCİLƏRİN ULDUZ BİRLƏŞDİRİLMƏSİ

İşin məqsədi: Lampalı reostat fazalarını ulduz birləşməsinin işini praktiki surətdə öyrənmək.

Cihazlar və avadanlıq: Lampalı reostat üç ayrıca qrup lampalar, avometr, ampermetr-6 ədəd, birləşdirici naqillər.

Cədvəl 6

Təcrübənin aparılma şəraiti	Cihazların göstərişi											
	I_A	I_B	I_C	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}
"0" xətti olan dövrə a) bərabər paylanmış yüklə b) qeyri-bərabər yüklə												
"0" xətti olmayan dövrə a) bərabər paylanmış yüklə b) qeyri-bərabər yüklə												



Şəkil 3. Ulduz birləşmənin prinsiplial sxemi:
a) generatorun fazaları, b) elektrik qəbulediciləri;
A.B.C.-xətt naqillərinin birləşmə nöqtələri:
0-sıfır naqilinin birləşmə nöqtəsi

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

1. Lampalı reostat fazalarını ulduz birləşmə sxeminə qoşulmasını cəkməli. Bu zaman ampermetrin faza və xətt cərəyanlarını ölçmək üçün dövrəyə birləşdirməli.
2. Sxemə görə hər fazaya eyni miqdarda lampalı reostat qoşmalı.
3. Verilən cədvəli cəkməli.
4. Dövrəni cərəyan mənbəyinə qoşmalı və ampermetrin göstə-

rişlərini cədvələ yazmalı.

5. Avometr vasitəsi ilə faza və xətt gərginliklərini ölçüb nəticələri cədvələ yazmalı.

6. Dövrəni qida mənbəyindən ayırmalı, (0) xəttini dövrədən acmalı.

7. Yenidən dövrəni qida mənbəyinə bağlamalı ampermetr və avometrlə ölçmələrin nəticələrini cədvələ yazmalı sonra dövrəni mənbədən aralamalı.

8. Fazalardakı yükləməni qeyri-bərabər paylamaqla (lampaların sayını və gücünü dəyişməklə) dövrəni qida mənbəyinə qoşmalı və lazımı ölçmələr aparıb cədvəli doldurmalı.

9. Dövrəni azıb (0) xəttini qoşmalı sonra yenidən dövrəni qida mənbəyinə qoşmalı, lazımı ölçmələr aparıb cədvəli.

10. Dövrəni cərəyan mənbəyindən açmalı və sökməli.

Bərabər paylanmış yüklə xətt və faza cərəyanlarının və gərginliklərinin nisbəti haqqında mülahizə çıxarın. "0" xəttinin mahiyyətini izah edin.

4-cü iş. ELEKTRİK ÖLÇÜ CİHAZLARININ QURULUŞUNUN ÖYRƏNİLMƏSİ

İşin məqsədi. Elektromaqnit və maqnitoelektrik sistemli texniki ampermetr və voltmetrin quruluşunu və işini praktiki surətdə öyrənmək. Cərəyanın və gərginliyin ən sadə üsullarla ölçülməsini öyrənmək.

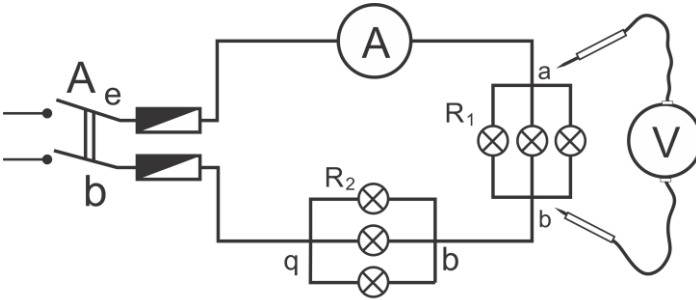
Cihazlar və avadanlıqlar: 1. Maqnitoelektrik sistemli texniki ölçü cihazları (şkalası 0-1v olan voltmetr və şkalası 0-5 a olan ampermetr); 2. elektromaqnit sistemli texniki ölçü cihazları. 3. sökülmüş halda müxtəlif sistemli cihazlar və ya tədris lövhəsi; 4. şiddəti 5a-dək olan cərəyan üçün iki ədəd lampa reostatu və ya məftil reostatu; 5. qazotron düzənləndirici (məktəb düzənləndiricisi) və ya onu əvəz edən enerji mənbəyi; 6. məktəb transformatoru. 7. birləşdirici məftillər; 8. vintaçan.

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

I. Sökülmüş halda və ya təlim lövhəsində verilən maqni-toelektrik və elektromaqnit sistemli elektrik ölçü cihazlarının quruluşu ilə tanış olun. Yaxşıca nəzərdən keçirməklə hər bir detalın ayrılıqda quruluşunu öyrənin, onun elektrik ölçü cihazındaki vəzifəsini və yerini müəyyən edin.

II. Dəftərlərinizdə hər sistemə aid bir cihazın quruluş sxemini çəkin və onun detallarının adlarını işarələrlə yazın.

III. Ölçmə işləri üçün lazım olan texniki elektrik ölçü cihazları ilə tanış olun və xaricdən nəzərdən keçirmək yolu ilə aşağıdakıları müəyyən edin: 1. cihazın sistemini; 2. şkalasının xarakteristikasını (müntəzəm və ya qeyri – müntəzəmliyini); 3. hər bölgünün qiymətini; 4. cihazın təyinatını; 5. həmin cihazla hansı elektrik kəmiyyətlərini ölçmək olar (cərəyanın şiddətini və ya gərginliyini); 6. mümkün olan ölçülmə hədlərini; 7. dəqiqlik sinfini; 8. ölçmə zamanı cihazın hansı vəziyyətdə saxlanılacağını; 9. cihazın nömrəsini və buraxıldığı ili. Hər cihaza aid məlumatı cədvəl şəklində dəftərinizə yazın.



Şəkil 4. Ölçü cihazlarının dövrəyə bağlanması sxemi

IV. Cihazlarla tanış olduqdan sonra, sabit cərəyanı ölçmək üçün 4-cü şəkildə göstərilmiş sxem üzrə elektrik dövrəsi düzəldin və onu müəllimə göstərin.

V. Müəllimdən icazə aldıqdan sonra lazımı ölçmə işləri aparın.

Bunun üçün hər lampa reostatında 2-3 lampa saxlayın. Ölçü cihazlarının korrektorlarının vintlərini vintaçanla döndərməklə cihazların əqrəblərini 0 üzərinə keçirin. Kəsici açar vasitəsi ilə cərəyan mənbəyini dövrəyə daxil edin.

Elektrik ölçü cihazlarının texniki xarakteristikaları

Sıra №-si	Cihazın sistemi	Şkalası	Şkalanın bir bölgüsünün qiyməti	Hansı cərəyan növünü ölçmək üçündür	Cihaz hansı kəmiyyətləri ölçür	Mümkün olan ölçmə hədləri	Cihazındəqiqlik sinfi	Ölçmə zamanı cihazın saxlanacağı vəziyyət	Cihazın buraxıl-dığı il

VI.Ampermetrin göstərişlərini yazın. Voltmetrin izləyiciləri ilə a və b, v və q, a və q, e və d nöqtələrinə toxunmaqla həmin parçaların gərginliyini ölçün. Ölçmə nəticələrini dəftərinizə yazın.

VII.Reostatlardan hər birinə daha bir neçə lampa daxil etməklə yükü artırın (hər reostatda lampaların sayı müxtəlif olmalıdır) mümkün olan 6-cı maddədə göstərilmiş ölçü işlərinin hamısını təkrar edin.

VIII.Sabit cərəyanda ölçmə işlərini qurtardıqdan sonra kəsici açarı açın və dövrəyə elektromaqnit sistemli cihazlar bağlayın. Kəsici açarın sıxaclarına dəyişən cərəyan mənbəyini – transformatorun ikinci dolağını – birləşdirin və bütün ölçmələri sabit cərəyanda apardığınız qaydada təkrar edin.

IX.Ölçmə işlərinin başa çatdıqdan sonra kəsici açarı və transformatoru dövrədən açın. Sxemi sökün və cihazları işin başlanğıcında olduğu qaydada iş stolunun üzərinə düzün.

5-ci iş. TEXNİKİ AMPERMETR VƏ YA VOLTMETRİN YOXLANILMASI

İşin məqsədi. Elektrik ölçü cihazları qoşulan elektrik dövrələri düzəltməyi öyrənmək. Elektrik ölçü cihazlarını dəqiqlik sinfi daha yüksək olan cihazlarla müqayisə etmək yolu ilə yoxlanmasını öyrənmək.

Cihazlar və avadanlıq: 1. Yoxlanılacaq ampermetr və ya voltmetr; 2. Şkalası, yoxlanılacaq cihazın kimi olan nümunəvi ampermetr və voltmetr; 3. lampa reostatı; 4. “ 4 ” om və “ 2 ” a cərəyanlı müqavimət üçün (bunu müəllim müəyyən edir) sürüngəcli reostat; 5. Şiddəti 0,3-dən 1,0 amperədək olan cərəyan üçün 500 om-luq sürüngəcli potensiometr; 6. Kiçik altlıq üzərində quraşdırılmış və çıxım sıxacları olan ikiqütblü kəsici açar (qoruyucuları olmalıdır); 7. Maqnitoelektrik (habelə elektromaqnit) sistemli cihazları yoxlamaq üçün düzənləndirici və ya elektromaqnit sistemli cihazları yoxlamaq üçün LATP-1 markalı laboratoriya avtotransformatoru; 8. Birləşdirici məftillər.

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

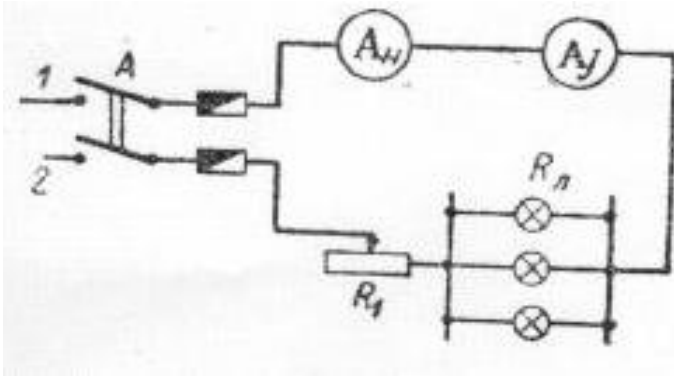
1. İşləmək üçün müəllimin göstərişi ilə aşağıdakı iki variantdan biri götürülür: texniki ampermetrin yoxlanması və ya texniki voltmetrin yoxlanması. Tapşırığı və cihazları aldıqdan sonra onlara aid məlumatlarla cihazın ölçmə həddi, bir bölgünün qiyməti, dəqiqlik sinfi, reostatların və potensiometrin müqavimətləri, həmin cihazların hesablanmış olduqları cərəyanın şiddəti ilə tanış olun. Bütün bunların cərəyan mənbəyinə aid məlumatlara uyğun olmasını müəyyən edin.

2. Cihazları sxemə müvafiq olaraq birləşdirin. Cihazların əqrəblərini sıfır bölgüsü üzərinə keçirilməsini yoxlayın.

3. Sxemi yığdıqdan sonra yoxlamaq üçün müəllimə göstərin.

Ondan icazə aldıqdan sonra cihazı yoxlamağa başlayın.

4. Texniki ampermetri 5-ci şəkildə göstərilmiş sxem üzrə yoxladığınızda, əvvəlcə R_1 reostatının müqavimətini bütünlüklə dövrəyə daxil edin, lampa reostatında isə azgüclü bir lampanı burub yandırın.



Şəkil 5. Texniki ammetri yoxlamaq üçün sxem

5. Kəsici açarı (A) qoşun və lampaları dövrəyə daxil etməklə cərəyanı o qədər artırın ki, sınaqdan keçirilən cihazın əqrəbi şkalasının birinci əsas bölgüsünə, məsələn, 1 bölgüsünə yaxınlaşsın. Dövrədə cərəyanın şiddətini reostatla elə nizama salın ki, əqrəb düz həmin bölgünün üzərində dayansın.

6. Sınaqdan keçirdiyiniz cihazın əqrəbini şkalanın sonrakı bütün əsas bölgüləri (2, 3, 4, 5) üzərində də eyni qaydada dayandırın. Yüku mümkün qədər səliss, sıçrayışsız olaraq artırın. Ölçmələrin yuxarı həddinin nominal qiymətinə çatdıqda, cərəyanı tədricən azaltmaqla əqrəbi əvvəlkinin əksi olan qaydada, yenə də əsas bölgülər üzərinə keçirin (nominal qiymətdən sıfıra qədər: 5, 4, 3, 2, 1 və 0)

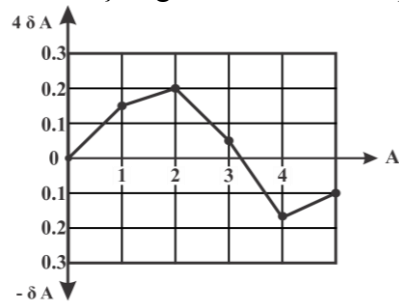
7. Cihazların göstərişlərini müşahidələr cədvəlinə yazın.

Texniki ampermetrin yoxlanması zamanı müşahidələr cədvəli

Müşahidələrin №-si	Yoxlanılan cihazın göstərişləri		Nümunəvi cihazın göstərişləri				Xəta		düzəliş
			Cərəyanı artıranda		Cərəyanı azaldanda		Orta qiymət	Mütləq xəta ΔA	
	Cərəyn (a)	ölgülərin miqdarı	Cərəyan (a)	Bölgülərin miqdarı	Cərəyan (a)	Cərəyan (a)	a	%	a
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8. Nümunəvi cihazın göstərişlərinin orta qiymətini, cərəyanı artırıdıda və azaldıdıda sınaqdan keçirilən cihazın eyni bölgülərindəki göstərişlərin orta ədədi qiyməti kimi hesablayıb tapın. Bundan sonra, mütləq xətanı, məlum vahidə gətirilmiş nisbi xətanı və sınaqdan keçirilən cihaz üçün götürüləcək düzəlişi hesablayıb tapın. Əldə etdiyiniz nəticələri yenə də cədvələ yazın.

9. Cədvəldəki rəqəmlərə əsasən, ampermetrə aid düzəlişlər qrafikini qurun. Həmin qrafiki təxmini görünüşü şəkil 2-də verilmişdir. Gətirilmiş nisbi xətanın maksimal qiymətinə əsasən, sınaqdan keçirdiyiniz cihazın, onun şkalası



Şəkil 6. Ampermetrə aid düzəlişlər qrafiki

üzərində göstərilmiş dəqiqlik sinfinə uyğun olub-olmaması haqqında nəticə çıxarın.

Voltmetri yoxladıqda da yuxarıdakına oxşar bir cədvəl və qrafik qurmaq lazımdır.

6-cı iş. ƏN SADƏ OMMETRİN YIĞILMASI

İşin məqsədi. Müqavimətləri ölçmək üçün ən sadə cihazı müstəqil yığmaq və bir neçə ölçü aparmaq.

Cihazlar və avadanlıq. 1. cihazı və başqa detalları bərkitmək üçün taxta lövhə; 2. maqnitoelektrik sistemli cihaz (10 ma nominal cərəyan üçün milliampermatr); 3. sıxaclar – 2 ədəd; 4. cib fənəri batareyası; 5. müxtəlif radio müqavimətləri komplekti; 6. xırda mıxlar və quraşdırma məftil parçaları; 7. elektrik lehimləyicisi, qalay və kanifol.

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

1. Ən sadə ommetr üçün ayrılmış elektrik ölçü cihazının xarakteristikaları ilə tanış olun.

2. Cihazın və batareyanın xarakteristikalarına əsasən müqavimətlərin ölçülməsi mümkün olan hədlərini tapın.

3. Milliampermetri, sıxacları və batareyanı taxta lövhəyə bərkidərək lazımı qaydada birləşdirin və əlavə müqavimət üçün məftillərin uçlarını boş saxlayın.

4. Cihazın 1 və 2 sıxaclarını qısa qapayın və müvafiq əlavə müqavimət (R_0) seçib götürdükdən sonra onları açın. Əlavə müqaviməti məftillərin uçlarına lehimləmək lazımdır. Yığdığınız sxemi yoxlamaq üçün müəllimə göstərin və sonra ommetri dərəcələrə bölün.

5. Yığılmış ommetri dərəcələrə bölmək üçün 1 və 2 çıxacaclarına növbə ilə məlum olan müqavimətlər birləşdirirlər. Hər müqaviməti bağladıqda cihazların göstərişlərini cədvələ yazın.

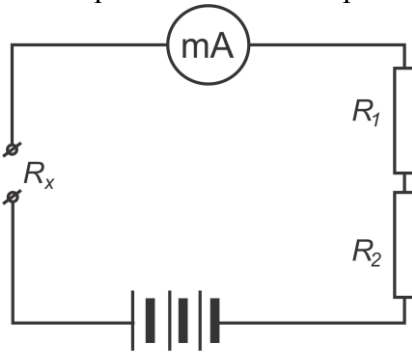
Ommetri dərəcələrə bölmək üçün cədvəl

R _{ölç.} (om)														
I (ma)														

Bir cədvələ əsasən, Om bölgülərinə ayrılmış kağız şkala hazırlayın və milliampmetrin şkalasına müvafiq olaraq hər iki şkalanı ma bölgülərinin üstünü örtmədən üst-üstə qoyun.

6. Məlum olmayan bir neçə müqaviməti ölçün və düzəltdiyiniz cədvələ və ya şkalaya əsasən onların müqavimətini om ilə tapın.

Ommetri dərəcələrə bölmək üçün düzəltdiyiniz cədvəli yalnız o zaman düzgün hesab etmək olar ki, batareyanın gərginliyi bütün sonrakı ölçmələrdə də dəyişməsinə yoxlamaq üçün, ölçmədən əvvəl 1 və 2 sıxaclarını qısa qapamaq və ommetirin 0 bölgüsünü əqrəbin bütün şkala boyu hərəkət etməsi ilə yoxlamaq lazımdır.



Şəkil 7

Ommetri yuxarıda nəzərdən keçirdiyiniz sxemdən bir qədər fərqlənən başqa sxemlə də yığmaq olar. Belə sxemdə əqrəbi 0 üzərinə keçirmək üçün tənظیمləyici vardır və əlavə müqavimət iki müqavimətə: R₁ və R₂ müqavimətlərinə bölünmüşdür (şəkil 7).

Onlardan biri dəyişən müqavimətdir. Onun qiyməti əlavə müqavimətin ümumi qiymətinin 10%-indən artıq olmamalıdır:

Ommetr işə başladıqda müqavimətlərin hamısı dövrəyə daxil edilir. Batareyanın enerjisi sərf olunduqca dəyişən müqavimət tədricən dövrədən çıxarılır və hər dəfə cihazın sıxacları qısa qapanmaqla əqrəbin 0 üzərində dayanması yoxlanılır.

7-ci iş. BİRFAZALI TRANSFORMATORUNUN ÖYRƏNİLMƏSİ

İşin məqsədi. Yüksüzləmə, qısaqpanma və yüklü rejimlərdə transformatorun quruluşunu və işini, həmçinin müxtəlif yüklərdə onun transformasiya əmsalinin və f.i.ə. – nın təyin olunmasını öyrənmək.

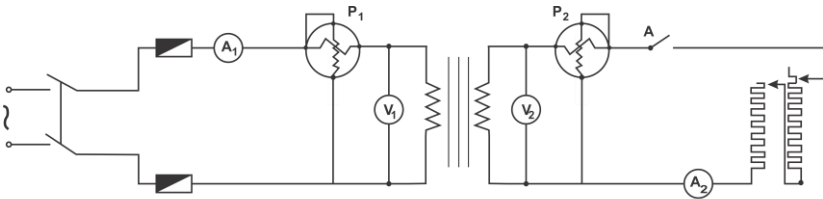
Cihazlar və avadanlıq: 1. 220/36 v və ya 127/24 v gərginlikli və 0,2-0,4 kva gücündə birfazlı alçaldıcı transformator, 2. 3 a-lik dəyişən cərəyan ampermetri, 3. 10 a-lik dəyişən cərəyan ampermetri, 4. 250 v-luq dəyişən cərəyan voltmetri, 6. birinci dövrənin gərginliyinə və cərəyanına uyğun gələn vattmetr, 7. ikinci dövrənin gərginliyinə və cərəyanına uyğun gələn vattmetr, 8. 4 a, 40 om-luq reostat, 9. 10 a, 10 om-luq reostat, 10. birqütüblü kəsən açar, 11. birləşdirici məftillər

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

1. Transformatorun quruluşunu öyrənin, vəsiqəsi ilə tanış olun. Onun hər iki dolağının nominal gərginlik və cərəyanlarını müəyyən edin.

2. Həmin kəmiyyətlərə əsasən, transformatorun birinci və ikinci dolağının dövrəsinə hansı ölçü cihazlarını qoşmaq lazım gəldiyini müəyyən edin.

3. Üçfazlı transformatorun qoşulma sxeminə əsasən, elektrik dövrələrini quraşdırın. (şəkil 8).



Şəkil 8. Üçfazlı transformatorun qoşulma sxemi

4. İkinci dolağın dövrəsindəki kəsici açarı açın, transformatorun ölçü cihazlarının göstərişlərini yazın.

5. Reostatların sürüngəcini maksimal müqavimətə qoyun, transformatorun ikinci dövrəsini qapayın və bu dövrədə cərəyanı tədricən (4-5dəfə) artırın, axırda onu 10 a-ə çatdırın. Yükün hər bir qiymətində, hər iki dolağın gərginliyini və cərəyan şiddətini ölçün. Cihazların göstərişini cədvəldə qeyd edin.

Ölçmələr və hesablamalar cədvəli

Transformatorun birinci dolağı			Transformatorun ikinci dolağı					
Müşahidədən alınan nəticələr		Hesablamaların nəticələri	Müşahidədən alınan nəticələr		Hesablamaların nəticələri			
Yük cərəyanı - $I_{1,a}$	Gərginlik - $U_{1,v}$	Güç P_1, Vt	Reostatların müqaviməti R, om	İşlədilən cərəyan-, I_2, a	Gərginlik - $U_{2,v}$	Güç P_2, vt	F.i.ə. η	$\cos\varphi$
0 yüksüz işləmə								
2a								
4a								
6a								
8a								
10a								

6. Şəbəkə ilə kəsici açar arasında avtotransformator qoşun və transformatorun birinci dövrəsinin girişindəki gərginliyi dəyişdirərək yüksüz işləmə və qısaqapanma xarakteristikalarını çıxarın.

İŞİN İCRA EDİLMƏSİ

1. Elektron relesinin prinsipial sxeminin və onun işini öyrənmək.
2. Sxemin ayrı-ayrı hissələrinin quruluşunu öyrənmək.
3. Quraşdırma işlərini yerinə yetirmək.
4. Cərəyan mənbələrini qoşmaq, lampanın iş rejimini seçmək və açarı bağlayarkən relenin işləməsinə nəzarət etmək.
5. Milliampmetrin göstərişinə əsasən tor və anod dövrlərindəki cərəyanları ölçmək və elektron relesinin üstünlükləri haqda işləmə cərəyanına görə nəticə çıxarmaq.

İstifadə olunan ədəbiyyat

- 1.M.Y.Anbelt, Y.X.Puxlyakov, M.A. Uşakov. "Elektrotexnika" Orta praktikum po elektrotexnike"məktəb üçün dərslik. ucpedqiz, 1963
- 2.M.İ.Kuznezov. "Osnovı Elektrotexniki". İzdatelstvo "vıskaya şkola" Moskva-1964
- 3.V.Y.Kitayev, L.S.Şlyapintox.Peşə-texniki məktəbləri üçün dərs vəsaiti "Maarif nəşriyyatı,1965
- 4.Z.İ.Kazımsadə. Ümumi elektrotexnika"Bakı,1950.
- 5.Z.İ.Kazımsadə. "Elektrotexnikanın nəzəri əsasları". Bakı,2010.
- 6.H. A. Abbasov." Elektrotexnika" Bakı,2002
- 7.V.A.Polyakov."Elektrotexnika üzrə təcrübə" M.Prosiye, 1977.
8. V.A.Polyakov."Praktikum po elektrotexnike" M.Prosiye, 1979
- 9.Sindeyev Yriy Qeorqiyevic " Elektrotexnikanın əsasları" 2005

İlk peşə ixtisas təhsili müəssisələri üçün Elektrotexnika fənni üzrə
Təhsil Nazirliyinin 25. XI-2011-ci il tarixli əmri ilə təsdiq
olunmuş

PROQRAMI

Giriş (1s)

Dövlətimizin inkişafında elektrotexnika elminin əhəmiyyəti. Elektrik enerjisinin istehsalı, onun çevrilməsi və paylaşdırılmasında elektrotexnika elminin rolu.

I Fəsil

Elektrik sahəsi və elektrik cərəyanı haqqında anlayış. (7s)

Elektrik sahəsi. Yüklərin qarşılıqlı təsiri. Kulon qanununun tətbiqi. Cisimlərin elektriklənməsi. Naqillər və dielektriklər. Elektrik cərəyanı haqqında anlayış. Potensial. Sahənin gərginliyi. Elektrik tutumu. Kondensatorun doldurulması və boşaldılması.

II Fəsil

Sabit cərəyan . (12s)

Sabit cərəyan elektrik dövrəsi. Elektrik hərəkət qüvvəsi. Om qanununun tətbiqi. Kirxhofun birinci qanunu. Müqavimətlərin ardıcıl birləşdirilməsi. Müqavimətlərin paralel birləşdirilməsi. Müqavimətlərin qarışıq birləşdirilməsi. Kirxhofun ikinci qanunu. Elektrik cərəyanının işi və gücü.

Lents-Coul qanunu. Elektrik cərəyanının istilik təsirindən istifadə olunması. Faradeyin qanunları. Qalvanik elementlər. Akkumulyatorlar.

Laboratoriya işi. N1. Elektrik cərəyanı gücünün ölçülməsi.

III Fəsil(4 s)

Elektromaqnetizm və elektromaqnit induksiya.

Maqnitlər. Maqnit induksiyası. Maqnit seli. Elektrik cərəyanının maqnit sahəsi. Elektromaqnit və bunun tətbiqi. Maqnit sahəsinə cərəyan keçirən naqıl. Elektromaqnit induksiyası. Öz-özünə induksiya. İnduktivlik.

IV Fəsil(4s)

Birfazlı dəyişən cərəyan.

Dəyişən cərəyanı xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər: period, tezlik.. Dəyişən cərəyan dövrəsində aktiv müqavimət. Dəyişən cərəyan dövrəsində induktivlik. Tutum müqaviməti qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi. Bir fazlı dəyişən cərəyan gücü.

Laboratoriya işi N2. Birfazlı cərəyan mühərrikinin öyrənilməsi

V Fəsil (5s)

Çox fazlı cərəyan.

Çox fazlı generatorlar. Üçfazlı generator dolaqlarının ulduz birləşdirilməsi. Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşdirilməsi. Uçfazlı cərəyan şəbəkəsinə yük qoşulması. Uçfazlı cərəyan gücü. Üçfazlı fırlanan maqnit sahəsi.

Laboratoriya işi N3. Elektrik qəbuledicilərin ulduz birləşdirilməsi.

VI Fəsil (5s)

Elektrik-öclü cihazları və ölçmələr.

Elektrik-öclü cihazları haqqında ümumi məlumat. Elektromaqnit cihazlar. Ampermetrlə ölçmə hədlərinin genişləndirilməsi. Cərəyan şiddətinin ölçülməsi. Voltmetrlə ölçmə hədlərinin geniş-

ləndirilməsi. Gərginliyin ölçülməsi. Müqavimətin ölçülməsi. Ommetr, meqommetr. Elektrik gücünün və enerjinin ölçülməsi.

Laboratoriya işi N4. Elektrik ölçü cihazlarının quruluşunun öyrənilməsi.

Laboratoriya işi N5. Texniki ampermetrin və ya voltmetrin yoxlanılması.

Laboratoriya işi N6. Ən sadə ommetrin yığılması.

VII Fəsil (7s)

Transformatorlar.

Transformator haqqında ümumi məlumat və iş prinsipi. Transformator dolaqlarının elektrik-hərəkət qüvvələri və iş prosesi. Transformatorun yüksüz iş rejimi. Transformatorun yüklü iş rejimi. Transformatorun faydalı iş əmsalı. Transformatorun növləri. Avtotransformatorlar. Ölçü transformatorlar.

Laboratoriya işi N7. Birqazal transformatorun öyrənilməsi.

VIII Fəsil

Asinxron mühərrikləri. (5s)

Asinxron mühərrikin quruluşu. Asinxron mühərriklərinin işləmə prinsipi. Asinxron mühərrikinin fırladığı momenti. Asinxron mühərrikinin işə salınması. Asinxron mühərriklərdə sürətinin tənzim edilməsi.

Laboratoriya işi N8. Uçfazlı asinxron mühərrikinin idarə edilməsi sxeminin yığılması.

IX Fəsil

Sinxron maşınlar. (3s)

Sinxron generatorun quruluşu. Sinxron generatorun işləmə prinsipi. Sinxron generatorun yükləmə altında işləməsi. Sinxron mühərriklər.

X Fəsil (11s)

Sabit cərəyan maşınları.

Sabit cərəyan generatorunun quruluşu və iş prinsipi. Sabit cərəyan maşınının elektrik hərəkət qüvvəsi. Sabit cərəyan generatorlarının təsirləndirilmə üsulları. Sabit cərəyan generatorunun işləmə prinsipi. Sabit cərəyan maşınının elektromaqnit momenti. Sabit cərəyan maşınının mühərrik rejimində işləməsi. Sabit cərəyan mühərrikinin işə salınması. Paralel təsirlənən mühərrik. Ardıcıl təsirlənən mühərrik. Qarışıq təsirlənən mühərrik. Sabit cərəyan maşınlarının f. i. ə.

Laboratoriya işi N9. Sabit cərəyan elektrik relesinin yığılması

XI Fəsil (4s)

Elektrik idarəetmə və mühafizə aparatları.

Avtomat və kəsən açarlar. Qoruyucular. Reostatlar. Maqnitləşəsalıcı. İstilik relesi.

XII Fəsil (3s)

Elektrik enerjisinin istehsalı.

Elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakı. Elektrik enerjisinin tələbatı, ötürülməsi və paylanması. Elektrik enerjisindən istifadə zamanı təhlükəsizlik texnikası haqqında ümumi məlumat.

Laboratoriya işləri

Laboratoriya işi N1. Elektrik cərəyanı gücünün ölçülməsi.

Laboratoriya işi N2. Birfazlı cərəyan mühərrikinin öyrənilməsi.

Laboratoriya işi N3. Elektrik qəbuledicilərin ulduz birləşdirilməsi.

Laboratoriya işi N4. Elektrik ölçü cihazlarının quruluşunun

öyrənilməsi

Laboratoriya işi N5. Texniki ampermetrin və ya voltmetrin yoxlanılması.

Laboratoriya işi N6. Ən sadə ommetrin yığılması.

Laboratoriya işi N7. Birqfazlı transformatorun öyrənilməsi.

Laboratoriya işi N8. Uçfazlı asinxron mühərrikinin idarə edilməsi sxeminin yığılması.

Laboratoriya işi N9. Sabit cərəyan elektrik relesinin yığılması.

MÜNDƏRİCAT

I FƏSİL	5
§ 1.1. <i>Elektrik sahəsi. Yüklərin qarşılıqlı təsiri. Kulon qanunu.</i>	5
§ 1.2. <i>Cisimlərin elektriclənməsi</i>	7
§ 1.3. <i>Naqillər və dielektriklər</i>	9
§ 1.4. <i>Elektrik cərəyanı</i>	11
§ 1.5. <i>Potensial</i>	13
§ 1.6. <i>Elektrik tutumu</i>	14
§ 1.7. <i>Kondensatorun doldurulması prosesi.</i>	15
II FƏSİL. SABİT CƏRƏYAN	18
§ 2.1. <i>Sabit cərəyan elektrik dövrəsi</i>	18
§ 2.2. <i>Elektrik hərəkət qüvvəsi.</i>	19
§ 2.3. <i>Om qanunu</i>	23
§ 2.4. <i>Kirxhofun birinci qanunu</i>	26
§ 2.5. <i>Müqavimətlərin ardıcıl birləşdirilməsi</i>	28
§ 2.6. <i>Müqavimətlərin paralel birləşdirilməsi</i>	30
§ 2.7. <i>Müqavimətlərin qarışıq birləşdirilməsi</i>	33
§ 2.9. <i>Kirxhofun ikinci qanunu</i>	34
§ 2.9. <i>Elektrik cərəyanının işi və gücü</i>	36
§ 2.10. <i>Lents-Coul qanunu</i>	39
§ 2.11. <i>Elektrik cərəyanının istilik təsirindən istifadə olunması</i>	41
§ 2.12. <i>Faradeyin qanunları</i>	43
§ 2.13. <i>Qalvanik elementlər</i>	46
§ 2.14. <i>Akkumulyatorlar</i>	47
III FƏSİL. ELEKTROMAQNƏTİZM VƏ ELEKTROMAQNİT İNDUKSİYASI	51
§ 3.1. <i>Maqnitlər. Maqnit induksiyası. Maqnit seli</i>	51
§ 3.2. <i>Elektrik cərəyanının maqnit sahəsi</i>	53
§ 3.3. <i>Elektromaqnit. Maqnit sahəsində cərəyan keçən naqıl</i>	54
§ 3.4. <i>Elektromaqnit induksiyası. Öz-özünə induksiya.İnduktivlik.</i>	57
IV FƏSİL. BİRFAZALI DƏYİŞƏN CƏRƏYAN	61
§ 4.1. <i>Dəyişən cərəyanı xarakterizə edən əsas kəmiyyətlər: period, tezlik</i>	61
§ 4.2. <i>Dəyişən cərəyan dövrəsində aktiv müqavimət</i>	63
§ 4.3. <i>Dəyişən cərəyan dövrəsində induktivlik</i>	64
§ 4.4. <i>Tutum müqaviməti qoşulmuş dəyişən cərəyan dövrəsi.</i>	66
§ 4.5. <i>Birfazlı dəyişən cərəyanın gücü</i>	70

V FƏSİL. ÇOX FAZALI CƏRƏYANLAR	72
§ 5.1. Çoxfazlı generatorlar	72
§ 5.2. Üçfazlı generator dolaqlarının ulduz birləşdirilməsi	74
§ 5.3. Üçfazlı generator dolaqlarının üçbucaq birləşdirilməsi	76
§ 5.4. Üçfazlı cərəyan şəbəkəsinə yük qoşulması	78
§ 5.5. Üçfazlı cərəyanın gücü	80
§ 5.6. Üçfazlı fırlanan maqnit sahəsi	81
VI FƏSİL. ELEKTRİK – ÖLÇÜ CİHAZLARI VƏ ÖLÇMƏLƏR	84
§ 6.1. Elektrik – ölçü cihazları haqqında ümumi məlumat	84
§ 6.2. Elektromaqnit cihazlar	86
§ 6.3. Ampermetrlə ölçmə üsulunun genişləndirilməsi. Cərəyan şiddətinin ölçülməsi.	89
§ 6.4. Voltmetrlə ölçmə üsulunun genişləndirilməsi Gərginliyin ölçülməsi.	90
§ 6.5. Müqavimətin ölçülməsi. Meqommotr , ommetr.	92
§ 6.6. Elektrik gücünün və enerjisinin ölçülməsi	94
VII FƏSİL. TRANSFORMATORLAR	96
§ 7.1. Transformator və iş prinsipi	96
§ 7.2. Transformator dolaqlığının elektrik hərəkət qüvvəsi və iş prosesi.	98
§ 7.3. Transformatorun yüksüz iş reyimi	100
§ 7.4. Transformatorun yüklü iş reyimi	102
§ 7.5. Transformatorun faydalı iş əmsalı	104
§ 7.6. Transformatorun növləri. Avtotransformator.	105
§ 7.7. Ölçü transformatorları.....	107
VIII FƏSİL. ASINXRON MÜHƏRRİKLƏR	109
§ 8.1. Asinxron mühərrikin quruluşu.....	109
§ 8.2. Asinxron mühərriklərin işləmə prinsipi.....	110
§ 8.3. Asinxron mühərrikin fırladıcı momenti	112
§ 8.4. Asinxron mühərrikin işə salınması	114
§ 8.5. Asinxron mühərriklərdə sürətin tənzim edilməsi	116
IX FƏSİL. SİNXRON MAŞINLAR	119
§ 9.1. Sinxron generatorun quruluşu	119
§ 9.2. Sinxron generatorun işləmə prinsipi	121
§ 9.3. Sinxron generatorun yüklənmə altında işləməsi	123
§ 9.4. Sinxron mühərriklər	125
X FƏSİL. SABİT CƏRƏYAN MAŞINLARI	129
§ 10.1. Sabit cərəyan generatorunun quruluşu və iş prinsipi	129
§ 10.2. Sabit cərəyan maşınının elektrik hərəkət qüvvəsi.....	131

§ 10.3. Sabit cərəyan generatorlarının təsirləndirilmə üsulları.....	133
§ 10.4. Sabit cərəyan generatorunun işləmə prinsipi.....	135
§ 10.5. Sabit cərəyan maşınının elektromaqnit momenti	137
§ 10.6. Sabit cərəyan maşınının mühərrik rejimində işləməsi.....	138
§ 10.7. Sabit cərəyan mühərriklərinin işə salınması	139
§ 10.8. Paralel təsirlənən mühərrik	140
§ 10.10. Qarışıq təsirlənən mühərriklər.....	143
§ 10.11. Sabit cərəyan maşınlarının F.İ.Ə.....	143

XI FƏSİL. ELEKTRİK İDARƏETMƏ BƏ MÜHAFİZƏ

APARATLARI.....	145
§ 11.1. Avtomat və kəsən açarlar	145
§ 11.2. Qoruyucular	146
§ 11.3. Reostatlar	148
§ 11.4. Maqnitləşəsalıcı	148
§ 11.5. İstilik relesi	150

XII FƏSİL. ELEKTRİK ENERJİSİNİN İSTEHSALI, TƏLƏBATI

VƏ PAYLANMASI	151
§ 12.1. Elektrik enerjisinin istehsalı və istehlakı.....	151
§ 12.2. Elektrik enerjisinin tələbatı və paylanması.	152
§ 12.3. Elektrik enerjisindən istifadə zamanı təhlükəsizlik texnikası haqqında ümumi məlumat.....	155

PRAKTİKİ LABORATOR İŞLƏRİ

1-ci iş. Elektrik cərəyanı gücünün ölçülməsi	156
2-ci iş. Bırfazlı cərəyan mühərrikinin öyrənilməsi	158
3-cü iş. Elektrik qəbuledicilərin ulduz birləşdirilməsi	160
4-cü iş. Elektrik ölçü cihazlarının quruluşunun öyrənilməsi.....	162
5-ci iş. Texniki ampermetr və ya voltmetrin yoxlanılması.....	165
6-cı iş. Ən sadə ommetrin yığılması	168
7-ci iş. Bırfazlı transformatorunun öyrənilməsi	170
8-ci iş. Üçfazlı asinxron mühərrikin idarə edilməsi sxeminin yığılması və yoxlanması	172
9-cu iş. Sabit cərəyan elektrik relesinin yığılması.....	173

İstifadə olunan ədəbiyyat.....	175
---------------------------------------	------------

E. H.Rəhimova

ELEKTROTEKNIKANIN ƏSASLARI

İlk peşə-ixtisas təhsili müəssisələri üçün

Dərs vəsaiti

Naşir: Ceyhun Əliyev
Dizaynerlər: İradə Əhmədova, Flora Əliyeva
Operator: Mehparə Kərimli, Sevinc Sadıqova

Yığılmağa verilmişdir: 25.04.2013

Çapa imzalanmışdır: 27.07.2013

Tiraj 250; ş.ç.v. 11,5

«MBM» nəşriyyatının mətbəəsində
çap olunmuşdur