

**Səidov R.Ə. Məmmədov O.H. Kərimov İ.C.
Bağırzadə M.M. Hüseynov O.X.**

**“Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri”
fənnindən**

P R A K T İ K U M

Gəncə - 2011





**Səidov R.Ə. Məmmədov O.H. Kərimov İ.C.
Bağırzadə M.M. Hüseynov O.X.**

**“Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri”
fənnindən**

P R A K T İ K U M

Gəncə - 2011





forca.ru



**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI KƏND
TƏSƏRRÜFATI NAZİRLİYİ**

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT AQRAR UNİVERSİTETİ

**Səidov R.Ə. Məmmədov O.H. Kərimov İ.C.
Bağırzadə M.M. Hüseynov O.H.**

**“Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri”
fənnindən**

P R A K T İ K U M

*Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirinin 22.09.2010-cu il
tarixli 1254 sayılı əmri ilə dərslər
vəsaiti kimi təsdiq edilmiş və qriif
verilmişdir*

GƏNCƏ – 2011

UOT 621.31.004.67(075.8)

Tərtib etdilər: ATU-nun “Elektrotexnika və informatika” kafedrasının dosenti, t.e.d. R.Ə.Səidov, ADAU-nun Elektrik mühəndisliyi kafedrasının professoru O.H.Məmmədov, dosentləri İ.C.Kərimov, M.M.Bağırzadə və b/m O.X.Hüseynov.

Rəy verənlər: ADAU-nun Energetika kafedrasının dosentləri Y.B.Orucov və N.C.Ələkbərova.

“Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri” fənnindən praktikum, ADAU, Bakı, Elm nəşriyyatı, 2011. 170 səh.

Tədris vəsaiti bakalavr təhsil pilləsi üzrə “Elektrik mühəndisliyi”, “Aqrar mühəndislik” və “Elektroenergetika” ixtisaslarından təhsil alan tələbələr üçün nəzərdə tutulur. Metodiki göstərişlər qeyd olunan ixtisaslar üzrə “Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri” fənnindən laboratoriya işlərinin yerinə yetirilmə

ardıcılığı və metodikasını tam əhatə edir. Dərs vəsaitinə tələbələrin sərbəst işləri və kurs işlərinin yerinə yetirilməsi üzrə də metodiki göstərişlər daxil olunub.

ÖN SÖZ

Təqdim olunan praktikuma “Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri” fənnindən laboratoriya işlərinin izahat yazısı, kurs işinin yerinə yetirilmə metodikası və sərbəst işin həllinin nümunəsi daxil olub aqrar mühəndislik ixtisası (050706) üzrə bakalavr – elektriklərin hazırlığı üçün nəzərdə tutulub. Bu praktikum Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin “Elektrik mühəndisliyi” kafedrasının laboratoriyalarında laboratoriya işlərinin aparılmasında əldə olunan təcrübə əsasında kursun proqramına uyğun tərtib olunub.

Praktikumda təkcə laboratoriya işlərinin məzmunu və yerinə yetirilmə qaydası verilməyib, həm də sınaqların nəticələrinin işlənməsi üzrə metodiki göstərişlər və elektrik maşınları və transformatorlarda baş verən fiziki proseslərin təhlili ilə bəzi nəzəri məlumatlara da baxılır. Bunlar tələbələrin qabaqcadan laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsinə hazırlaşmalarına və laboratoriyada iş vaxtının səmərəli istifadəsinə imkan yaradır.

Praktikumda qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərinin təmir zamanı hesabat metodikası da ətraflı izah olunub. Şərh olunan bu metodika təmir təcrübəsində rast gəlinən ən çətin hesabat qaydasına həsr edilib. Belə ki, bu metodika ilə təmirə daxil olunan asinxron mühərrikinin üzərində pasport göstəricilərinin və köhnə (yanmış) dolağının olmaması halında onun dolağının bərpa edilməsinə imkan yaradır.

Tərtib olunmuş dərs vəsaitində tələbələrin müstəqil işi kimi təmir zamanı güc transformatorlarının dolaqlarının hesabat metodikası da ətraflı verilib. Müstəqil işi verilən metodika ilə yerinə yetirmək üçün transformator nüvəsin ölçüləri və təmiri sifariş edən təşkilatın texniki tələbləri məlum olmalıdır.

Dərs vəsaitində şərh olunmuş bəzi məsələlər müvafiq ixtisas üzrə qiyabi şöbə tələbələri tərəfindən də istifadə edilə bilər.

Professor Məmmədov O.H.

Giriş

Tələbələrin elektrik avadanlığının təmiri laboratoriyasında yerinə yetirdikləri işlər “Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri” kursunun öyrənilməsində ən vacib vasitələrdən biridir.

Tələbələr tərəfindən laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsində məqsəd elektrik avadanlığının təmir texnologiyasının əsas prinsiplərini və qanunauyğunluqlarını təcrübi olaraq mənimsəmək və həm də daha yaxşı başa düşməkdir.

Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilmə prosesində tələbələrin sxemlərin yığılması, təmir və sınaq əməliyyatlarının yerinə yetirilməsi, elektrik avadanlığının işə buraxılması və idarə olunması sahəsində praktiki vərdişlərin mənimsənilməsi də əsas əhəmiyyətə malikdir.

Bundan başqa tələbələrin laboratoriyada işi həm də elektrik avadanlığının sınaq texnikası və metodikasını mənimsəmək və təcrübə qiymətləri əsasında onlara qiymət verməyi öyrənməkdən ibarətdir.

Tələbələr tərəfindən elektrik avadanlığının xarakteristikalarının çıxarılması və əsas parametrlərinin təyininə əsaslanan aparılan sınaqlar nəticəsində onların maqnit və mexaniki xüsusiyyətləri müəyyən edilir.

Sınaq vaxtı iki metoddan istifadə olunur: birbaşa və vasitəli metod.

Birbaşa metodda axtarılan kəmiyyət təcrübənin aparılma prosesində ölçüçür. Bu zaman çox hallarda yükləmə və tormozlama qurğusunun olması tələb olunur ki, sınaq aparmaq üçün həddən çox vaxt və elektrik enerjisi itgisi ilə əlaqədar olur. Buna görə də bir başa sınaq metodu bir qayda olaraq

yüklənmələri çətinlik yaratmayan kiçik güclü elektrik avadanlığından istifadə olunur.

Vasitəli metodla təcrübə prosesindəki sınaqlarda axtarılan kəmiyyət deyil, analitik üsulla təyin olunan digər kəmiyyətlər ölçülür.

Vasitəli metod o zaman tətbiq olunur ki, təcrübənin sxemi kifayət qədər sadə olsun və onun aparılması böyük enerji və vaxt itgisi ilə əlaqədar olmasın, sınaq nəticələrinin işlənməsi xüsusi çətinlik yaratmasın, son nəticələr isə kifayət qədər dəqiq olsun.

Ən geniş yayılmış vasitəli metod elektrik maşınları və transformatorların sınaqlarında zaman tətbiq olunan yüksüz işləmə və qısa qapanma metodudur.

Sınaqlar prosesində elektrik avadanlığının bir sıra parametrlərinin standartın tələblərinə uyğunluğunu müəyyən etmək üçün onlar təyin olunmalıdır.

Laboratoriya işlərinin yerinə yetirmə metodikası

Hər bir laboratoriya işinin yerinə yetirilməsinə aşağıdakılar daxildir:

-hər bir laboratoriya işinin proqram və məzmunu ilə ilkin tanış olmaq;

-laboratoriya işi ilə iş yerində tanış olmaq;

-cihazların seçilməsi və sxemin yığılması;

-təcrübənin aparılması ;

-iş haqqında hesabatın tərtibi.

Hər bir laboratoriya işin bir qayda olaraq üç – dörd tələbədən ibarət işçi briqada yerinə yetirir. Ona görə ki, elektrik avadanlığı ilə sınaq apararkən eyni zamanda bir neçə kəmiyyətlərin (gərginlik, cərəyan, güc, tezlik, fırlanma sürəti və s.) ölçülməsi lazım gəlir.

Laboratoriya işini müvəffəqiyyətlə yerinə yetirmək üçün hər bir tələbə əvvəlcədən işin proqramı ilə tanış olmalı və verilən laboratoriya işini əhatə edən tövsiyyə olunan dərslik və dərs vəaitlərinin müvafiq nəzəri bölməsini mənimsəməlidir.

Tələbə özünün işçi dəftərinə bəndlər üzrə işin yerinə yetirmə planını yazır, təcrübələrin sxemini çəkir, təcrübələrin nəticələri yazılan cədvəlləri və formulaları hazırlayır.

Bu hazırlıqları hər bir tələbə sərbəst olaraq laboratoriya dərslərindən kənar vaxtlarda aparır.

Hazırlıq nəticəsində tələbə laboratoriya işinin planı həcmində nəzəri materialı mənimsəməli, sxemləri və təcrübələrin aparılma ardıcılığını, elektrik avadanlığında baş verən fiziki prosesləri və gözlənilən nəticələrin xarakterini bilməlidir.

Tələbə dərslərin əvvəlində işçi dəftərini məşğələnin rehbərinə göstərir ki, bu da onun işin həllinə buraxılması üçün əsas

şərtlərdən biridir. Bundan başqa müəllim şifahi sorğu ilə təbənin işin həllinə hazırlıq dərəcəsini də yoxlayır.

İşin həllinə hazır olmayan tələb laboratoriya işinin yerinə yetrilməsinə buraxılmır.

Məşğulənin rəhbəri tərəfindən işə buraxılan briqada iş yerində laboratoriya işi ilə tanış olmağa başlayır. Hər şeydən əvvəl elektrik avadanlığının konstruktiv xüsusiyyətlərini müəyyən etmək və xarici baxışla aşkar oluna bilən nasazlıqlar aradan qaldırılır.

Elektrik ölçü cihazları, yükləmə, işəburaxma və tənzimləyici reostatlar sınaqdan keçirilən elektrik avadanlığının nominal göstəricilərinə əsasən seçilir.

Təcrübə aparmaq üçün seçilmiş cihaz və aparatlar iş yerində elə yerləşdirilməlidir ki, ölçülən kəmiyyətlərin təyini zamanı istifadəsi əlverişli olsun, quraşdırma sxemi isə elə olmalıdır ki, birləşdirmə məftillərinin sayı minimum olsun.

Ölçü cihazlarının yerləşdirilməsi zamanı nəzərə almaq lazımdır ki, elektrodinamik və elektromaqnit sistemli cihazlar xarici maqnit sahəsinin təsirə nə məruz qala bilər. Buna görə də onlar bu sahənin təsir sferasından kənarında yerləşdirilməlidir, əks halda ölçü zamanı əlavə xətlər ola bilər.

Sxemi yığmazdan qabaq elektrik avadanlığının hansı sıxaclarının sxemin ayrı – ayrı nöqtələrinə uyğunluğu, reostat və tənzimləyicilərin işə buraxma və işçi rejimlərinə müvafiq olması müəyyənləşdirilir.

Birləşdirici məftillərin ən kəsiyi onlardan axan cərəyana görə seçilməlidir.

Sxemin yığılma qaydası aşağıdakı kimi olmalıdır.

Sxemə uyğun olaraq elektrik enerji mənbəyinin bir sıxacından başlayıb baş ardıcıl dövrənin bütün elementləri

birləşdirilir və mənbəyin digər sıxacında başa çatdırılır. Bundan sonra bütün köməkçi və paralel dövrlər yığılır.

Sxemi yığarkən kontaktlarda birləşmələrin bağlanma sıxacına diqqət yetriməlidir, belə ki, möhkəm bağlanmayan kontaktlar ölçü zamanı artıq xətalər alınmasına, əlavə güc itgisinə, birləşmə yerlərinin qızmasına səbəb olur.

Sxemin yığılmasında bütün briqada üzvləri iştirak etməlidirlər. Sxemi bir və ya iki tələbə yığırsa, briqadanın qalan üzvləri sxemin yığılmasını izləməklə, sonda onun yoxlanmasında iştirak edirlər.

Sxemin yığılmasının sonuncu mərhələsi ölçü cihazlarının göstərici əqrəblərinin vəziyyətinin yoxlanılmasıdır. Bütün cihazların əqrəbləri sıfır vəziyyətində olmalıdır. Əks halda onların vəziyyəti korrektor vasitəsilə düzəldirilməlidir.

Yığılmış sxem məşğələ rəhbəri və ya onun iştirakı ilə briqada üzvlərinin biri tərəfindən mütləq yoxlanılmalıdır. Ancaq belə yoxlamadan sonra sxemi gərginliyə qoşmaq olar. Sxemi işə qoşma anında ölçü cihazlarının göstərişlərini müşahidə etmək lazımdır. Əgər cihazın əqrəbi meyl etməzsə və ya şkalanı bu və ya digər tərəfə həddən çox meyl edib, şkalanı keçərsə, dərhal sxem dövrədən açılmalıdır. Cihazın qeyri – normal göstərişinin səbəbi müəyyən olunub aradan qaldırıldıqdan sonra sxem yenidən gərginliyə qoşulmalıdır.

Bundan sonra cihazların göstəricilərini yazmadan bütün dövrənin işi qəbul olunmuş proqram üzrə dəyişilməklə ölçüləcək kəmiyyətlər yoxlanılır.

Təcrübənin aparılma mümkünlüyü yoxlandıqdan sonra onun aparılmasına başlanılır.

Bu zaman hər bir tələbə əvvəlcədən müəyyən olunmuş vəzifəsini yerinə yetirir. Bu halda bir və ya iki tələbə lazımı tənzimləmə aparır – yükü və ya verilən gərginliyi və s.

dəyişdirir, qalan tələbələr isə cihazların göstərişlərini işçi dəftərlərindəki cədvəllərə yazırlar.

Ölçü cihazlarından qiymətlərin götrülması diqqətlə aparılmalıdır. Cərəyan və gərginlik ölçü transformatorları vasitəsilə bağlanmış çoxsərhədli cihazların göstərişləri yaxşı olar ki, əvvəlcə şkala bölgüləri üzrə, təcrübə qurtarandan sonra isə həqiqi qiymətlərə çevirməklə müəyyən olunsun.

Təcrübə qurtarandan sonra sxem sökülmədən ölçü nəticələrinin yoxlanması aparılır. Bu məqsədlə ölçülərin nəticələrinə görə işçi dəftərdə və ya millimetrli kağızda nöqtələr müəyyən miqyasla göstərməklə təlb oluaan qrafiklər çəkilir.

Ölçülərin nəticələri və qrafiklərin qaralamaları məşğələ rəhbəri tərəfindən yoxlanılır.

Ancaq məşğələ rəhbərinin icazəsi ilə sxemi sökmək və ya sınağı növbəti bəndinə keçmək olar.

Təcrübə qiymətlərinin tamamilə işlənilməsi və yerinə yetirilən laboratoriya işinin hesabatının tərtibi laboratoriya məşğələsindən kənarında yerinə yetirilir.

Hesabat ya laboratoriyada verilən xüsusi dəftərdə blankda (vərəqə), ya da ayrıca dəftərdə tərtib olunur. Hesabatda laboratoriya işinin adı, onun nömrəsi (sayı), yerinə yetirilmə vaxtı və tələbənin familiyası göstərilməlidir.

Hesabatda laboratoriya işinin yerinə yetirilmə planı, işdə istifadə olunan maşın və aparatın nominal göstəriciləri, təcrübənin çəkilmiş sxemləri, ölçmə və hesabatların nəticələri olan cədvəllər, tələb olunan çəkilmiş qrafiklər, hesabatlarda istifadə olunan formullar olmalıdır.

Hesabatın sonunda tələbə tənqidi təhlil verməli və yerinə yetirilmiş laboratoriya işi üzrə qısa nəticələri göstərməlidir.

Hesabatın mətni, formulalar və rəqəmli kəmiyyətlər mürəkkəblə, təcrübənin sxemləri və qrafiklər cizgi çəkmək üçün

olan ləvazimatlarla (xətkeşlər, pərgar, bucaq öllçən və s.) karandaşla işlənilməlidir.

Sxemlər qəbul olunmuş standart şərti işarələrə uyğun çəkilməlidir. Qrafiklər 10×12 sm ölçülü millimetrli kağızda çəkilməlidir.

Bütün qragiki asılılıqlar çəkmək və istifadə etmək üçün əlverişli olan miqyasda çəkilməlidir.

Qrafikin koordinat oxlarında ölçülmüş kəmiyyətin qiymətləri bərabər bölgülərlə çəkilmiş əlverişli miqyas saxlamaqla göstərilir. Koordinat başlanğıcı bütün hallarda sıfır qiymətinə uyğun olmalı və hər hansı iki kəmiyyətin asılılığını göstərən təcrübə nəticələrinə uyğun nöqtələr göstərilməlidir. Nöqtələr qrafikdə göstərilərkən qrafiki mürəkkəbləşdirməmək üçün onların koordinatları göstərilmir. Alınmış nöqtələr səlist əyri xətlə birləşdirilir. Bir neçə nöqtənin qrafikdən kənarında qalması təcrübənin qeyri – dəqiqliyi, cihazların xətalari, xarici maniələr və s. ilə əlaqədar ola bilər.

Hesabatın sonunda alınmış göstəricilərə əsasən qısa nəticələr və yerinə yetirilən laboratoriya işinin izahatı verilməlidir.

Tələbə yerinə yetirdiyi laboratoriya işi üzrə tam hesabatı yoxlamaq üçün sonrakı məşğələ başlanmazdan əvvəl onu məşğələ rəhbərinə təqdim edir.

Tələbə məşğələ rəhbərindən ya bir, ya da məzmunca yaxın olan 2 – 3 laboratoriya işinə görə məğbul ala bilər.

Məşğələ rəhbəri o zaman məğbul kitabçasında məğbul yazır ki, tələbə cari semestr üçün tədris planında göstərilən bütün laboratoriya işlərini yerinə yetirsin, hesabatları tərtib etsin və təhvil versin, müvafiq suallara cavab verə bilsin.

Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsində təhlükəsizlik texnikası

“Elektrik avadanlığının etibarlılığı və təmiri” fənninin laboratoriya məşğulələrinə başlayarkən tələbələr təhlükəsizlik texnikası qaydaları ilə tanış olmalı və onlara ciddi əməl etməlidirlər. Yadda saxlamaq lazımdır ki, elektrik cərəyanının insan orqanizminə təsiri həmişə təhlükəlidir.

Əlverişli olmayan şəraitdə insan bədəninin müqaviməti 800 – 1000 Om-dur. Bu zaman cəmi 50V gərginlik insan həyatı üçün təhlükə təşkil edir.

Bundan başqa laboratoriyada istifadə olunan elektrik maşınlarının fırlanan həissələri ilə əlaqədar işlərdə olduqca ehtiyatlı olmaq lazımdır.

Laboratoriya məşğuləsində yerinə yetirilməli olan əsas təhlükəsizlik texnikası qaydalarına aşağıdakılar daxildir.

1. Məşğələ rəhbərinin icazəsi olmadan laboratoriyadakı əsas bölüşdürücü qurğuda və digər açarlarda hər hansı açıb – bağlama əməliyyatı aparmaq qəti qadağandır.

2. Sxemi yığmağa başlamazdan əvvəl elektrik enerji mənbəyindəki avtomat açarın (və ya kəsən açarın) açıq olması yoxlanılmalıdır (yəgin edilməlidir).

3. Sxemin elementlərinin birləşməsi izolyzsiyası saz vəziyyətdə olan ucluqlu məftillərlə yerinə yetirilməlidir.

4. Lazım olan ölçü cihazları və aparatların işçi gərginlik və cərəyana uyğun olmasına diqqət yetirilməlidir.

5. Kəsən açar (avtomat açar) elə yerləşdirilməlidir ki, onun təsadüfi qapanmasına yol verilməsin.

6. Sxem yığıldıqdan sonra istifadə olunmayan məftillər və kənar əşyalar iş yerindən götürülməlidir.

7.Məşğələ rəhbəri yoxlamadan işçi sxemi gərginliyə qoşmaq olmaz.

8.Sxemə gərginlik qoşan zaman yoldaşlarına “Ehtiyatlı olun bağlayıram” deməklə xəbərdarlıq etməlidir.

9.Gərginlik altında olan sxemin cərəyan keçirən elementlərinə toxunmaq olmaz.

10.Sxemdə olan bütün yenidən birləşdirmə və düzəlişlər sxem tamamilə cərəyansızlaşandan və elektrik enerjisi mənbəyindən açıldıqdan sonra aparıla bilər.

11.Elektrik maşınları işə qoşularkən bütün aqrekat xarici baxışdan keçirilməli və birləşdirici məftillər düzəldilməlidir.

12.Məşğələ rəhbəri yoxlamada elektrik maşınını işə qoşmaq olmaz.

13.Səliqəsiz qeyimlə maşınların fırlanan hissələrinə yaxınlaşdıqda ehtiyatlı olmaq lazımdır.

14.Laboratoriya işlərini yerinə yetirərkən maşının işi zamanı onun yastıqlarında həddən çox qızma olduqda dərhal məşğələnin rəhbərinə xəbər vermək lazımdır.

15.Fırlanan maşında iş zamanı hər hansı nizamlama əməliyyatı aparmaq olmaz.

16.Maşını şəbəkədən açarkən onun tezdəyənması üçün əl və ya ayaqla rotor valını tormozlamaq olmaz.

17.Ölçü cihazı, reostat və elektrik maşınında aşkar olunan hər hansı zədələnmə haqqında dərhal məşğələ rəhbərinə xəbər verilməlidir.

18.Maşınların fırlanma sürətini ölçmək üçün taxometrədən istifadə etdikdə onun təlimatı ilə tanış olub buna əməl etmək lazımdır.

19.Laboratoriyanın işçi yerində qəza baş verərsə əvvəlcə buradakı bütün avtomat açar və kəsən açarları dərhal açmaq və iş yerini tərk etmək lazımdır.

Təhlükəsizlik texnikasına hər hansı əməl etməmək insan həyatı üçün təhlükəlidir və çox hallarda qiymətli elektrik ölçü cihazlarının və aparatlarının sıradan çıxmasına səbəb ola bilər.

Laboratoriya işi 1

Asinxron mühərriklərinin təmir zamanı defektləşdirilməsi

İşin məqsədi. Asinxron mühərrikinin defektləşmə metodikasını mənimsəmək.

İşin yerinə yetrilmə planı

1. Elektrik mühərriki nəzərdən keçirib onun pasport göstəricilərini yazmalı.
2. Elektrik mühərrikinin sökülməyə qədər defektləşməsini aparmalı.
3. Elektrik mühərriki sökməli.
4. Elektrik mühərriki sökülmədən sonra defektləşməsini aparmalı.
5. Dolaq qiymətlərini yazmalı və onun sxemini çəkməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetrilmə qaydası

Təmirin həcmi və xarakterini təyin etmək üçün təmirdən əvvəl elektrik mühərriki defektləşdirilməlidir.

Sökülmədən əvvəl asinxron mühərriki aşağıdakı qayda üzrə defektləşdirilir:

1. Elektrik mühərriki xarici baxışdan keçirilir.
2. Kontrol lampa və ya meqometrle dolağın bütövlüyü yoxlanılır.
3. Dolağın izolyasiya müqaviməti ölçülür.
4. Əgər mümkünsə mühərrik yüksüz işə buraxılır, yastıqların və ventilyatorun vəziyyəti yoxlanılır, faz cərəyanları ölçülür.

Sökülmədən sonra elektrik mühərriki defektləşdirilərkən aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetrilir:

1. Ayrı-ayrı qovşaq və detalların vəziyyəti yoxlanılır.
2. Stator və rotor arasında hava aralığı ölçülür və verilən məşın üçün buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilir.
3. Yastıqlarda radial hava aralığı yoxlanaraq buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilir. Diyircəkli yastıqlar hava aralığının buraxıla bilən qiymətləri cədvəl 1-də verilir.

Cədvəl 1

Yastıqlarda buraxıla bilən hava aralığı

S/S	Valın diametri, mm	Yastıqlarda radial hava aralığı, mm
1	20...30	0,1
2	35...50	0,15
3	50...80	0,2
4	80...120	0,3

4. Valın vəziyyəti yoxlanılaraq buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilir.

Sürüşkən yastıqla val arasındakı hava aralığı cədvəl 2-də göstərilən qiymətlərdən 25%-dən çox fərqlənməməlidir.

Cədvəl 2

Sürüşkən yastıq və val arasında buraxıla bilən məsafələr

S/S	Valın diametri, mm	Fırlanma tezliyində d/dəq, hava aralığı, mm	
		1000 d/dəq qədər	1000 d/dəq-n çox
1	18...30	0,04...0,09	0,06...0,12
2	31...50	0,05...0,12	0,07...0,14
3	51...80	0,06...0,13	0,09...0,17
4	81...120	0,08...0,10	0,12...0,21

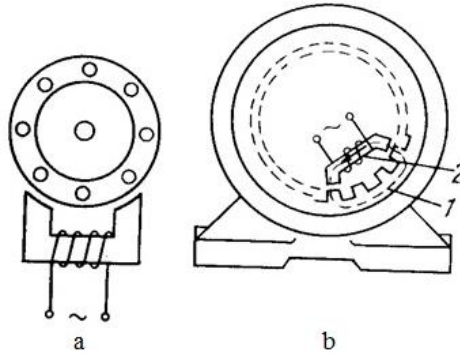
5. Ventilyatorun vala oturma möhkəmliyi yoxlanılır, onun pərlərinin döyünməsinin qiyməti müqayisə edilir.

6. Aktiv poladın vəziyyəti yoxlanılır.

7. Stator dolağının defektləri təyin olunur:

- kontrol lampası ilə dolaqların qapanması yoxlanılır;
- sabit cərəyan verməklə ampermetr və voltmeter üsulu ilə stator dolağının ayrı-ayrı fazalarında aktiv müqavimətini ölçməklə dolaqda qeyri-kafi kontakt olması müəyyən edilir;

- dolaqlarda sarğılararası qapanma şəkil 1-də göstərilirdiyi kimi elektromaqnit metodu ilə təyin edilir.



Şəkil 1. Elektromaqnit üsulu ilə dolaqda nasazlıqların aşkarlanma sxemi:

a – rotorun çubuqlarında qırılmanın təyini; *b* – stator dolaqlarında sağılaraqası qapanmanın təyini; 1 – maqnit seli; 2 – elektromaqnit.

8. Dolağı təmir etmək üçün aşağıdakı dolaq qiymətləri yazılır: dolağın tipi, yuvalar sayı (z), qütblər sayı ($2p$), fırlanma sürəti (n), bir qütbə və fazaya düşən yuvalar sayı (q), kətuşka qrupundakı kətuşkalar sayı, dolaq addımı (y), bir kətuşkadakı sarğılar sayı, dolaq məftilinin ölçüləri və markası, alın hissə çıxışının ölçüsü, yuva və fazalararası izolyasiyanın konstruksiyası.

9. Dolağın sxemini çəkməli.

10. Əgər hər hansı detal hazırlanmalı olarsa onun eskizi çəkməlidir.

Hesabatın məzmunu

1. Defektləşmənin nəticələrini göstərməli.
2. Defekt cədvəlini tərtib etməklə onu təcrübə qiymətlərinə görə doldurmalı.
3. Dolağın sxemini çəkməli.

4. Elektrik mühərrikinin ümumi görünüşünün eskizini çəkib, hissələri göstərməli.

5. Çatmayan detalların eskizini göstərməli.

Laboratoriya işi 2

Sabit cərəyan maşınlarının dolaqlarının zədələrinin aşkarlanması

İşin məqsədi. Sabit cərəyan maşınlarının dolaqlarının əsas zədələrinin ayırd edilmə metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetirilmə planı

1. Sabit cərəyan maşınının lövbər dolağının zədələrini təyin etməli.

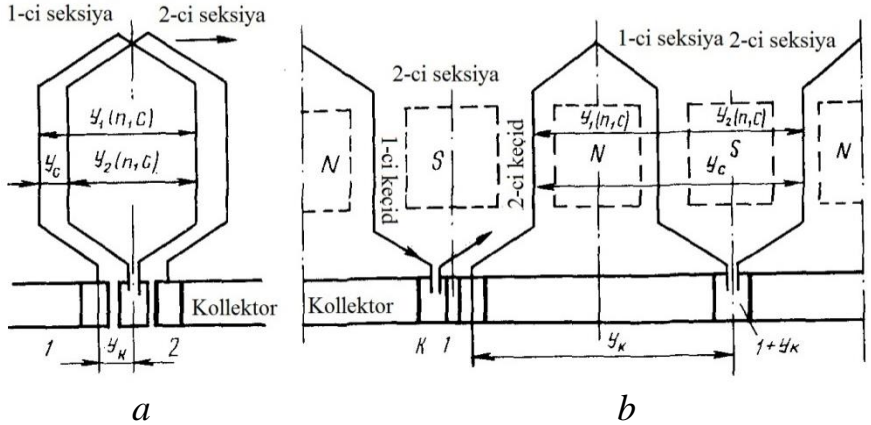
2. Təsirlənmə dolağının zədələrini təyin etməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

Lövbər dolağının zədələrinin aşkarlanması. Sabit cərəyan maşınlarının lövbər dolağı özünü ardıcıl birləşdirilmiş bir neçə seksiyadan təşkil olunmuş qapalı kontur kimi göstərir. Hər bir seksiya öz başlanğıc və sonları ilə kollektor boyunca bir-birindən addım məsafəsində (y_k) yerləşən iki kollektor lövhəsinə lehirlənir. Sadə ilgək dolaqlarında (şək. 1,a) $y_k = l$, sadə dalğavari dolaqlarda (şək. 1,b)

$$y_k = k \pm l/p,$$

burada k – kollektor lövhələrinin sayı, p – maşının qütblər cütünün sayı.



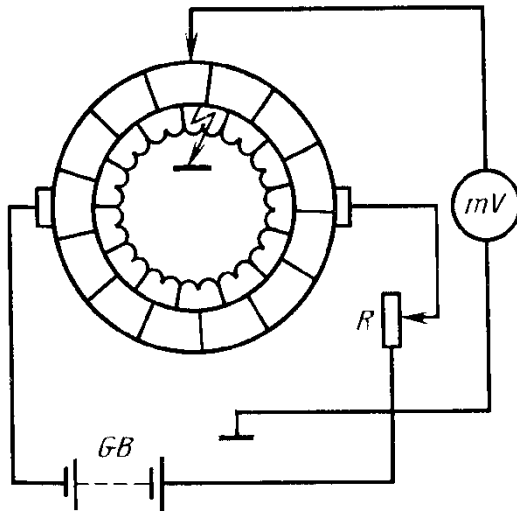
Şəkil 1. Sabit cərəyan maşınlarının lövbər dolaqlarının seksiyaları:
a – ilgəkvəri; b – dalğavari; kollektor lövhələri.

Seksiyaların hazırlanması zamanı xətalara yol verilmədiyi hallarda (dolaq naqilinin en kəsik sahəsi və bütün seksiyalarda sarğılar sayı eyni olduqda) seksiyaların aktiv müqavimətləri bərabər olur.

Maşının işi prosesində və ya texnoloji nöqsandan dolaqlarda müxtəlif şəkilli nasazlıqlar baş verir: dolağın gövdə ilə qapanması, seksiyalarda sarğıların və ya müxtəlif seksiyaların öz aralarında qapanması, dolağın izolyasiya müqavimətinin azlığı, seksiyaların kollektorla və ya öz aralarında birləşmələrinin nasazlıqları, dolaqların qırılması. Nasazlıqları aydın etmək və konkretləşdirmək üçün müxtəlif metodlar, həmçinin də universal komplekt qurğular, məsələn, ППЯ , istifadə oluna bilər.

Lövbər dolağının gövdəyə qapanması. Bu zədə nəzarət lampası və ya işçi gərginliyi 500V və 1000V olan meqometrlə aşkar edilə bilər. Gövdəyə qapanmış

seksiyanı təyin etmək üçün millivoltmetr metodundan istifadə edirlər (şək. 2). Qapanma olmadıqda gövdə ilə kollektor lövhəsi arasında gərginlik düşgüsü sıfıra bərabərdir. Əgər seksiya gövdəyə qapanmışsa, onda şupun zədəli seksiya lehirlənmiş kollektor lövhəsinə yaxınlaşması ilə millivoltmetrin göstərişi minimuma qədər azalır, sonrakı eyni istiqamətli yer dəyişmə zamanı isə onun göstərişi artacaqdır, amma əks istiqamətdə (işarə ilə).



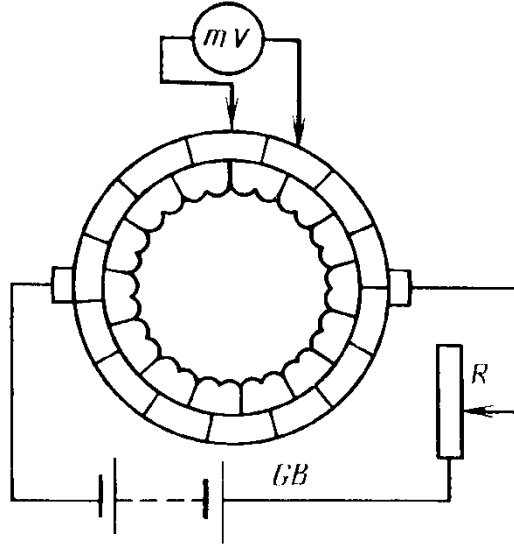
Şəkil 2. İlgəkvəri dolaqda gövdəyə qapanmanı təyin etmək üçün sxem.

Şup qapanma yerindən kifayət qədər uzaqlaşdıqda millivoltmetr hüdud gərginliyini xeyli asan gərginlik altına düşə bilər, buna görə sınağı xüsusi ehtiyatla aparmaq lazımdır. Onu nəzərə almaq lazımdır ki, gövdəyə qapanmış seksiyaya malik bütün dolağı yoxlayarkən, budağın əks tərəfinə daha bir sıfır və ya nominal göstəriş (yalançı

qapanma) alınır. Bu onunla izah olunur ki, lövbər dolağını iki paralel budaq üzrə qidalandırarkən qidalanma nöqtəsinə nisbətən və gövdəyə nisbətən, tarazlaşmış körpünün diaqonalına analoji olaraq, eyni potensiallı iki nöqtə yaranır. Gövdə ilə qapanmanın əsil yerini təyin etmək üçün lövbərin qidalanma nöqtəsinin yerini dəyişmək lazımdır. Bu halda “yalan qapanma” digər kollektor lövhəsinə yer dəyişəcəkdir.

Lövbər dolağında qapanma. Qısa qapanmanın aşağıdakı halları ola bilər: bir seksiyanın sarğılarının bir hissəsinin qapanması (sarğılar arası qapanma); bütün seksiyanın qapanması; bir yuvada yerləşən iki seksiya arasında qapanma; dolağın alın hissələrində qapanma; dolağın istənilən iki nöqtəsi arasında qapanma, məsələn, dolağın iki nöqtədə gövdəyə dəşilmə halı.

Seksiyada sarğılar arası qapanma millivoltmetr metodu ilə aşkar edilə bilər (şək. 3). İki qonşu kollektor lövhələrində, ilgəkvari dolaq zamanı, digər lövhə cütlərinə nisbətən gərginlik düşgüsünün az olması bu lövhələrə lehirlənmiş seksiyada sarğılar arası qapanmanın olduğunu göstərir. Çox sarğılı seksiyalarda bir-iki sarğı arası qapanmanı millivoltmetr metodu ilə aşkar etmək həmişə mümkün olmur. Bu halda sənaye tərəfindən seriya ilə buraxılan ЕЛ, ПДО tipli cihazlardan və ya dəyişən cərəyan elektromaqnitindən istifadə etmək olar.

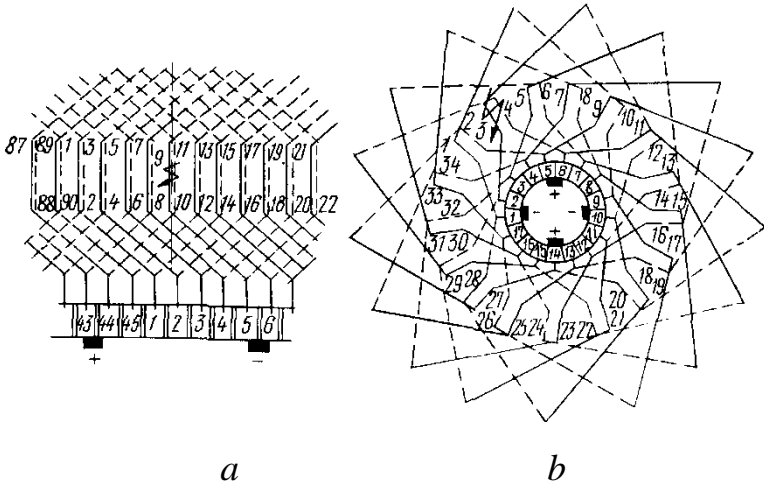


Şəkil 3. Lövbər dolağının zədələrini təyin etmək üçün sxem.

Elektromaqnitin yaratdığı dəyişən maqnit sahəsi lövbər dolağının seksiyasında **EHQ** induksiya edir. Qısa qapanmış konturda sarğılar arası qapanma olduqda bu **EHQ**-nin təsiri altında cərəyan axacaqdır. Zədəli seksiyanın yuvasına qoyulan polad lövhə dartılacaqdır. Bu metodla başlanğıcı və sonu səhvən bir kollektor lövhəsinə lehimlənmiş seksiyanı da aşkar etmək olar. Elektromaqnit metodunu tarazlayıcı (bərabərləşdirici) birləşməsi olan lövbər dolaqları üçün istifadə etmək olmaz.

İlgəkvari dolaqda iki qonşu lövhə arasındakı qapanma bu lövhələrə birləşmiş seksiyalarda qapanma yaradır. Dalğavari dolaqda iki qonşu lövhələr arasındakı qapanma lövbər ətrafında tam bir “keçmədə” bağlanmış seksiyalarda qapanma yaradır. Bu seksiyaların sayı maşının qütblər cütlərinin sayına bərabərdir.

Bir yuvada dolağın iki müxtəlif qatında yerləşən iki seksiya arasında qapanma qısa qapanmış sarğıların ən böyük sayını verir. Bu halda müxtəlif polyarlıqlı iki fırça arasında olan dolağın bütün sarğıları qısa qapanır. Deməli, sadə ilgəkvari dolaqda 9 və 10 seksiyalarının (şək. 4,a) qapanması şəkildə qalın xətlərlə göstərilən bütün paralel budaqların hamısının qapanmasına gətirib çıxarır. Sadə dalğavari dolaqdakı analogi qapanma (şək. 4,b) zamanı, bütün dolağın yarısı qısa qapanma altında olacaqdır. Qapanmanın bu halı ən ağır haldır.

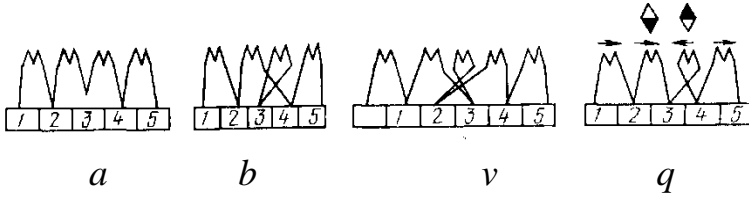


Şəkil 4. Bir yuvada dolağın müxtəlif qatlarında yerləşən iki seksiya arasında qapanma:
a – ilgəkvari dolağın; b – dalğavari dolağın.

Lövbər dolağının istənilən hissəsindəki qatlar arası qapanma zamanı həmçinin böyük sayda qısa qapanmış konturlar yaranır. Bu halda onların sayı lövbərin aktiv poladına qısa qapanma yerindəkinə nisbətən daha çoxdur. Qatlar arasında qapanmalar olarkən millivoltmetr

metodunun istifadəsi halında yuvada və bir çox qonşu, yanaşı yerləşən lövhələrin istənilən hissələrində millivoltmetrin sıfır və ya azalmış göstərişləri olacaqdır.

Seksiyaların kollektorla və öz aralarında birləşmənin nasazlıqları, dolaqda qırılma. Seksiyanın uclarının bir lövhədən qopması (şək. 5,a) millivoltmetr metodu ilə aşkarlana bilər. Bu barədə kollektor lövhələrinin iki qonşu cütünə (2 – 3, 3 – 4) sıfır göstərişi və 2 və 4 lövhələri arasında ikiqat göstəriş şahidlik edir.



Şəkil 5. Seksiyaları kollektorla və öz aralarında düzgün qoşulmamasından yaranan mümkün nasazlıqlar:

- a – seksiyanın lehirlənmiş başlanğıc və son uclarının kollektor lövhəsindən qopması; b – başlanğıc və sonun eyni bir kollektor lövhəsinə qoşulması; v – seksiyaların “ikiqat-kəsişmə” qoşulması; q- seksiyaların “sadə kəsişmə” qoşulması.

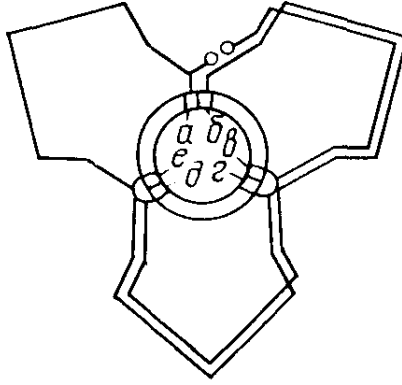
Seksiyalardan birinin kollektor lövhəsinin birinə başlanğıc və sonla birləşməsi (şək. 5,b) həmçinin qonşu lövhələrin iki cütündə (2 – 3, 3 – 4) sıfır göstərişi və 2 – 4 lövhələrində normal göstəriş verir.

“İkiqat kəsişmə” (şək. 5,v) aşağıdakı əlamətlərə görə millivoltmetr metodu ilə aşkarlana bilər: yanaşı yerləşən lövhələrin iki cütündə (1 – 2, 3 – 4) ikiqat və 2 – 3 lövhələrində isə cihazın əqrəbinin əks tərəfə dönməsi ilə normal göstərişlər olacaqdır.

“Sadə kəşişmə” (şək. 5,q) aşkar etmək üçün millivoltmetr metodu yararlı deyil. Bu halda cərəyan 1...1,5V gərginlikli qida mənbəyindən (məsələn, akkumulyator batareyası) şupların köməyi ilə növbəylə lövhələrin hər bir cütünə verilir və maqnit əqrəbin köməyi ilə və ya maqnitlənmiş iynə ilə seksiyaların polyarlığı yoxlanır. Polyarlığın dəyişməsi göstərilən (verilmiş) zədənin olduğuna dəlalət edir.

Millivoltmetr metodu ilə lehimləmələrin keyfiyyətinin yoxlanması yerinə yetirilə bilər. Verilmiş yoxlamaları dolaqda sarğılar arası və başqa qısa qapanmaların alınmasına əminlik hasil etdikdən sonra başlamaq olar. Keyfiyyətli lehimləmə zamanı bütün kollektor lövhələri arasında millivoltmetrin göstərişi təqribi olur. Lehimləmə o vaxt yaxşı sayılır ki, buraxılan cərəyanın sabit olması halında böyük maşınlar üçün millivoltmetrin göstərişləri arasındakı fərq 10%-i keçməsin. Artmış gərginlik düşgüsü pis lehimləmə olduğunu göstərir, bu lövhəyə aid olan bütün lehimləmə yerlərini yenidən lehimləmək vacibdir.

Lövbər dolağındakı qırıq maşının kommutasiyasına güclü təsir edir və zədənin dərəcəsindən asılı olaraq, kollektorda bərk qıgılıclanma yaradır və kollektor lövhələrini yandırır. Sadə dalğavari dolaqda qırılma zamanı bir-birindən kollektor üzrə addım məsafəsində yerləşən bir neçə cüt kollektor lövhəsi yanır. Belə ki, altı qütblü maşında (şək. 6) üç lövhə cütü yanacaqdır.



Şəkil 6. Lövbərin dalğavari dolağında qırılma.

Dolaqda qırılma yerini təyin etmək üçün millivoltmetr metodunu istifadə edirlər. Qırılma olarkən və ya pis kontakt zamanı zədəli seksiya birləşdirilmiş lövhələr arasında gərginlik düşgüsü çox olacaqdır.

İlgəkvari dolaqda bu hal bir cüt lövhədə yer tutacaqdır: dalğavari dolaqda – bir-birindən kollektor addımı məsafəsində qoşa duran lövhələrin bir neçə cütündə özünü göstərir.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

Lövbər dolağının gövdəyə nəzərən izolyasiyasının müqavimətini ölçməli. Dolağın nəmlilik dərəcəsi barədə mülahizə yürütməli.

Bütün kollektor lövhələrini nömrələməli, şəkil 3-ə uyğun olaraq sxemi yığmalı.

Yoxlandıqdan sonra sxemi gərginlik altına vurmalı və kollektor lövhələrinin hər bir cütü arasında gərginlik

düşgüsünü ölçməli, ölçmələrin nəticələrini cədvəl 1-də qeyd etməli.

Cədvəl 1

Kollektor lövhələrinin № - si	Gərginlik düşgüsü, mV	Zədə
1 – 2		
2 – 3		

Ölçmələrin nəticələrindən istifadə edərək və dəqiqləşdirici ölçmə apararaq, lövbər dolağındakı zədənin xarakterini müəyyən etməli.

Təlimatdan istifadə edərək, ППЯ, ЕЛ, ПДО cihazlarının köməyi ilə lövbər dolaqlarının zədələrinin aşkar olunması üzrə işin ardıcılığını mənimsəməli.

Təsirlənmə dolağının zədələrinin aşkarlanması. Qütblərin təsirlənmə dolaqlarında hər şeydən əvvəl keçidlər, çıxış ucları və çıxış uclarının gövdədən çıxış yerləri zədələnilir. Ən geniş yayılmış zədəyə aid etmək lazımdır: dolağın gövdəyə qapanması, dolaqlardakı qırılma və ya zəif (pis) kontakt, sarğılar arasы birləşmə (sarğılar arasы qapanma).

Dolağın gövdəyə qapanması. Bu zədənin plmasını bütün təsirlənmə dolağının gövdəyə (qütbə) nəzərən izolyasiya müqavimətini meqometrın köməyi ilə ölçərək təyin edirlər. Bunun üçün onu qabaqcadan lövbərdən açırlar.

Gövdəyə qapanmış sarğacı təyin etmək üçün, bütün təsirlənmə dolağından sabit cərəyan buraxırlar, özü də paralel dolağa (şunta) nominal gərginlik vermək olar,

ardıcılı (seriyəsə) – alçaldılmış gərginlik verilir. Sonra voltmetrin bir ucunu gövdə ilə birləşdirirlər, ikinci ucu ilə isə növbə ilə qütblər arasındakı birləşdirici bəndlərə toxunurlar. Cihazın ən aşağı göstərişi gövdəyə qapanmış sarğacın hər iki tərəfində olacaqdır. Seriyəs dolağın və ya əlavə qütblərin zədəsinin aşkarlanması zamanı millivoltmetrdən istifadə etmək lazımdır, cərəyanı məhdudlaşdırmaq üçün isə dolaqlara ardıcıl reostat qoşmaq lazımdır. Gövdəyə qapanmış sarğıları həmçinin, onları aralamaq və növbə ilə nəzarət lampası və ya meqometrle yoxlamaqla aydınlaşdırmaq olar.

Təsirlənmə dolaqlarında qırılma. Verilmiş zədəyə, yalnız ən kəsik sahəsi az olan naqillərlə yerinə yetirilmiş dolaqlarda rast gəlinir, d.d. paralel təsirlənmə dolaqlarında. Pis kontakt bütün növ təsirlənmə dolaqlarında rast gələ bilər. Qırılma və ya pis kontakta daha çox sarğacın çıxışlarında, qütblər arasındakı birləşdirici bəndlərdə və kabel ucluqlarında rast gəlinir.

Şunt dolağının sarğacında qırılmanı və ya pis kontakta ayırd etmək üçün ona nominal gərginlik verirlər və voltmetrlə növbə ilə hər bir sarğacın çıxış uclarına toxunurlar. Qırılmanın olduğu halda, zədəli sarğacın sıxaclarına qoşulmuş voltmetr şəbəkənin tam gərginliyini göstərəcəkdir. Yerdə qalan sarğılarda cihaz meyillənmə verməyəcəkdir. Pis kontakt zamanı zədəli sarğacın sıxaclarında gərginlik digər sarğaclara nisbətən böyük olacaqdır.

Qırılma həm də meqometr və ya yoxlama lampası ilə də sarğılar açılmadan müəyyən edilə bilər.

Dolaqlarda sarğılar arası qapanma. Təsirlənmə dolağından sabit cərəyan buraxaraq, hər bir sarğacdakı

gərginlik düşgüsünü ölçürlər. Sarğaclardan birindəki, digərlərinə nəzərən, azalmışgərginlik düşgüsü ondakı sarğıların bir hissəsində qapanma olduğunu göstərir. Təsirlənmə dolağından dəyişən cərəyan buraxaraq, analoji sınaq aparmaqla hətta az sayda sarğıda olan qısa qapanmanı ayırd etmək olar, belə ki, bu zaman zədəli sarğacın tam müqaviməti, saz sarğaclarla müqayisədə, kəskin dəyişir.

Qütblərin sıralanmasının düzgünlüyü. Verilmiş yoxlama üçün təsirlənmə dolağını sabit gərginliyə qoşurlar. Sapdan asılmış maqnit əqrəbi və ya maqnitlənmiş iynəni növbə ilə hər bir qütbün daxili səthinə yaxınlaşdırırlar və onun polyarlığını qeyd edirlər. Yığılmış maşınlarda maqnit əqrəbi qütbləri özülə bərkidən boltların başlarına yaxınlaşdırırlar. Generatorlarda əlavə qütblərin polyarlığı fırlanma istiqaməti üzrə ($n - N - s - S$) əsas qütblərin polyarlığı ilə eyni olmalıdır, mühərriklərdə isə əks ardıcılıq olmalıdır.

Təsirlənmə dolağının zədələrinin araşdırılmasının nəticələrini cədvəl 2-yə qeyd etmək lazımdır.

Cədvəl 2

Dolağın adı	Sarğacın №-si	Təyin etmə sxemi (metodu)	Sınağın nəticələri	Zədə

Hesabatın məzmunu

1.Lövbər dolağının və təsirlənmə dolaqlarının zədələrinin araşdırılması üzrə ölçmələrin nəticələrini verməli.

2.Konkret nasazlıqların olmasını nəticələrə əsasən əsaslandırılmalı.

Yoxlama suallar və tapşırıqlar

1.Seksiyanın gövdəyə qapanmasını necə aşkarlamaq olar ?

2.Kollektor lövhələri arasındakı qapanmanı necə aşkarlamaq olar ?

3.Yuvada seksiyaların tərəfləri arasındakı qapanmanı necə aşkrlamaq olar ?

4.Lövbər dolağında “ikiqat” və “sadə” xaçların olmasını necə təyin etmək olar?

5.Lövbər dolağında qırılmanı necə aşkar etmək olar ?

Laboratoriya işi 3

Kiçik güclü elektrik mühərriklərinin defektləşdirilməsi

İşin məqsədi. Kiçik güclü elektrik mühərriklərinin defektləşmə metodikasını mənimsəmək.

İşin yerinə yetrilmə planı

1.Elektrik mühərriklərini nəzərdən keçirib onun pasport göstəricilərini yazmalı, konstruktiv xüsusiyyətini və tipini müəyyən etməli.

2. Elektrik mühərriklərini yığılmış halda defektləşdirilməli.

3. Elektrik mühərriklərini sökməli və sökmə prosesində defektləşdirməli.

4. Elektrik mühərriklərinin konstruksiyasının xüsusiyyətini öyrənməli, onun dolağının göstəricilərini təyin edib sxemini çəkməli, izolyasiya konstruksiyasını müəyyən etməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

Təmirin həcmi və xarakterini təyin etmək üçün təmirdən əvvəl elektrik mühərriki defektləşdirilməlidir.

Sökülmədən əvvəl kiçik güclü elektrik mühərriki aşağıdakı qayda üzrə defektləşdirilir:

- mühərrik xarici baxışdan keçirilir;
- mühərrikin mexaniki hissələri yoxlanılır;
- mühərrikin elektrik hissələri yoxlanılır.

Mühərrikin mexaniki hissələrinin yoxlanması

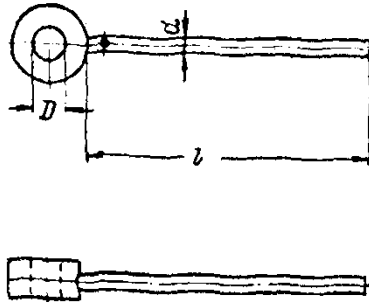
1. Mühərriklərə xarici baxış. Yığılmış mühərriklərə xaricdən baxış zamanı stator gövdəsinin vəziyyətini, bərkidici detalların olmasını və onların vəziyyətini, yastıq şitlərinin bütövlüyünü, valın çıxış uclarını, traversi, fırçaları, qapaqcıqları, dolaqların çıxış uclarının vəziyyətini və onların sıxaqlara bərkidilməsini yoxlayırlar. Yoxlayırlar ki, onlarda çatlar, batıqlar, əzilmələr və ya digər mexaniki zədələr varmı, həmçinin mühafizə antikorroziya örtükləri pozulmamışdır ki. Dempferli və tənzimləyicili

mikromaşınlarda onların bərkidilməsinin etibarlılığını yoxlayırlar.

2. Gedişin yüngüllüyünün yoxlanması gərginliyin açılmış halında nəzarət əqrəbləri vasitəsi ilə aparırlar. Yoxlama zamanı əqrəb valın çıxış uclarından birinə horizontal vəziyyətdə geydirilir, sonra mikromaşını, horizontal müstəvi üzərində saat əqrəbi istiqamətində 2...3 dövr və onun əksinə 2...3 dövr/dəq sürətlə əllə fırladırlar; bu zaman əqrəb şaquli vəziyyətdən 90^0 -dən çox dönməməlidir.

Gedişin yüngüllüyünü kollektorlu mikromaşınlarda və kontakt selsinlərində yoxlanması həm sıxılmış fırçalarla, həm də fırçalarsız aparırlar; bunun üçün kollektorlu mühərriklərdə fırçaları fırçatutanlardan çıxarırlar, selsinlərdə isə traversləri tamamilə çıxarırlar və ya bütün fırçaları kontakt halqalarından aralayırırlar.

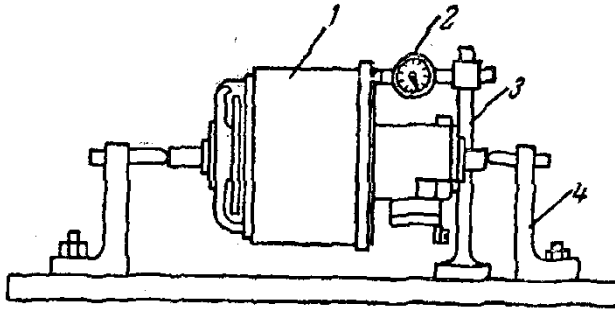
Nəzarət əqrəbinin konstruksiyası şəkil 2-də göstərilmişdir.



Şəkil 2. Sürtünmə momentini yoxlamaq üçün əqrəb. D ölçüsü valın diametrinə bərabərdir.

3. Rotorun oxboyu aralığının yoxlanması aşağıdakı şəkildə (şək. 3) aparılır: mühərrikin yastıq şitinin təpə

tərəfinə indiqatorun ayağı gətirilir və əllə sıxma yolu ilə rotorun birtərəfli aralığı tamamilə əks tərəfdəki şitə yığılır, sonra isə indiqator tərəfdən şiti sıxmaqla həmçinin rotorun oxboyu aralığını tamamilə yığırlar. Aralığın qiyməti ölçmələr zamanı indiqatorun göstərişlərinin fərqinə bərabərdir. Müxtəlif mikromaşınlar üçün oxboyu aralığın buraxıla bilən qiyməti cədvəl 2-də verilmişdir.



Şəkil 3. Oxboyu aralığın yoxlanması:

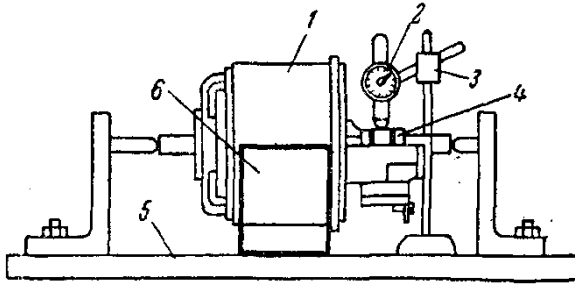
1-mühərrik; 2-indiqator; 3-dayaq; 4-mərkəzlə tərpənən dayaq.

Cədvəl 2

Kiçik güclü elektrik mühərrikinin tipi	Oxboyu aralığın qiyməti, mm
БС-404, БД-404, БС-405	0,05...0,1
БС-501, БД-501	0,05...0,15

4.Kollektorların, kontakt halqalarının və valın çıxan uclarının vurmasının yoxlanması indiqatorla aparılır. Vurmanı ölçmək üçün mikromaşının dövrəsinin plitə üzərində quraşdırılmış prizmaya yerləşdirirlər (şək. 4). Elə bu plitə üstündə indiqatorlu dayaq yerləşdirilir, onun da ayağını yoxlanılacaq səthə toxundururlar; bu zaman rotor

və ya lövbəri 360° döndərlər, indiqatorun əqrəbinin dönməsini fiksasiya edirlər və hüdud dönmələrinin fərqi üzrə vurmanın (döyünmənin) qiymətini təyin edirlər, hansı ki, kontakt halqaları üçün 0,05mm-dən, mikromühərriklərin kollektorları üçün 0,02mm-dən və bütün mikromaşınların valının valının ucları üçün 0,02mm-dən çox olmamalıdır.



Şəkil 4. Radial döyünmənin qiymətinin yoxlanması:
1-mühərrik; 2-indiqator; 3-dayaq; 4-kollektor; 5-plitə
6-prizma.

Mühərrikin elektrik hissəsinin yoxlanması

1.Dolaqların izolyasiya müqavimətinin maşının gövdəsinə nəzərən və dolaqlar arasında ölçülməsi 500V-luq meqommetrlə aparılır; meqommetrin bir çıxış ucunu stator və ya rotor dolaqlarının çıxış platasının sıxaclarından birinə birləşdirirlər, ikinci ucunu isə - rotor valının çıxan ucuna və ya statorun gövdəsinə birləşdirirlər. Əgər dəstəyi fırladan zaman meqommetrin əqrəbi 0-a meyl edirsə, onda bu dolağın gövdə ilə birləşmənin olduğunu göstərir. Lövbər və ya rotor dövrəsinin gövdəyə birləşməsinin olduğu zaman birləşmə yerini dəqiqləşdirmək vacibdir, belə ki, o dolaqda və ya fırçatutanda ola bilər. Bunun üçün

selsinlərin yoxlanması zamanı kontakt halqalarında bütün fırçalar altına elektrik kartonu və ya digər izolyasiya materialı qoymaq lazımdır, kollektorlu mikromaşınları yoxlayan zaman isə fırçatutuculardan fırçaları çıxarmaq və yeniddən dolaqların izolyasiya müqavimətini yoxlamaq lazımdır və bununla da gövdə ilə birləşmə yerini dəqiq təyin edirlər.

2.Dolaqlardakı qırıq yerinin tapılmasını bəzən izolyasiya müqavimətinin meqommetrlə ölçülməsi ilə eyni vaxtda təyin edirlər, bunun üçün meqommetrin çıxış uclarını çıxış platasındakı sıxaclara birləşdirirlər, hansılara ki, dolaqların çıxış ucları birləşdirilir və asta – asta dəstəyi fırladırlar. Əgər bu zaman əqrəb o saat bütün şkala boyunca dönmürsə, onda dolaqda qırıq yoxdur. Üçfazlı dolaqda qırılmanın yoxlanmasını ayrılıqda birinci və ikinci, ikinci və üçüncü və üçüncü və birinci faza arasında aparırlar.

İki ədəd sərbəst dolaqları olan rotorlarda və statorlarda qırığın yoxlanmasını, meqommetrin uclarını hər bir dolağın başlanğıcına və sonuna birləşdirməklə aparırlar. Az müqavimətli dolaqlarda qırılmanı zəngin və ya nəzarət lampasının köməyi ilə yoxlama aparmaqla təyin etmək olar; qırığın olması zamanı lampa yanmayacaq, zəng isə çalmayacaq.

Sabit sürətli mikromaşınların tənzimləyicisinin dövrəsində qırılmanın yoxlanması, dolaqlardakı eyni cihazlarla aparılır. Yoxlama üçün fırçaları tənzimləyicinin fırçatutanlarından çıxarırlar, nəzarət cihazlarının çıxışlarının uclarını isə tənzimləyicinin kollektorunun hər iki seqmentinə birləşdirirlər.

Tənzimləyicinin dövrəsinin yoxlanması aparılır:

- işçi kontaktların qapalı və açıq vəziyyətində;
- işəburaxıcı və işçi kontaktların açıq vəziyyətində;
- açıq işəburaxıcı və qapalı işçi kontaktlarda.

Tənzimləmə dövrəsində qırılmanın yoxlanma prosesində adətən cərəyandaşyıcı hissələrin gövdəyə nəzərən və öz aralarında izolyasiya müqavimətini yoxlayırlar.

Cərəyandaşyıcı hissələrin gövdə ilə birləşmə yerini mikromaşını sökdükdən sonra meqommetrlə dəqiqləşdirirlər.

3.Dolaqların sabit cərəyanla müqavimətinin ölçülməsi birqat və ya ikiqat körpücükdə aparırlar, bunun üçün körpücüyün etalon uclarını çıxış platasındakı uyğun sıxaqlara, hansılara ki, dolaqların ucları qoşulmuşdur, birləşdirirlər.

Kollektorlu mikromaşılarda lövbər dolağının omik müqavimətinin ölçülməsi zamanı fırçatutucularından fırçaları çıxarırlar və etalon ucların şuplarını kollektorun diametral əks lövhələrinə iki vəziyyətdə hər 90^0 -dən bir birləşdirirlər. Üçfazlı dolaqlarda müqavimətin ölçülməsini əvvəlcə birinci və ikinci, sonra birinci və üçüncü və axırda, ikinci və üçüncü fazalarda aparırlar.

Əgər dolaqların ölçülmüş müqaviməti buraxılabiləndən az olarsa, bu onu göstərir ki, dolaqda qısaqapanmış sarğılar vardır.

Tənzimləyicinin müqavimət makarasında qısaqapanmış sarğıları yoxlamaq üçün işəburaxıcı kontaktı aralamaq və çıxış uclarını körpücükdən kollektorun seqmentlərinə qoşmaq və müqavimətin qiymətini ölçmək lazımdır. Əgər o nominaldan az olarsa, bu onu göstərir ki, makarada qısaqapanmış sarğılar vardır.

4.Dolaqların izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınağı gövdəyə nəzərən və dolaqlar arasında aparılır. Mikromaşınların dolaqları onlar sökülənə qədər və təmirdən sonra sınağa məruz qoyulurlar.

Sınaq gücü 0,5kVA-dan çox olmayan 50Hz tezlikli yüksək gərginlikli dəyişən cərəyan mənbəyi ilə aparılır. Böyük güclü qurğuların tətbiqi arzuolunmazdır, belə ki, izolyasiyada deşilmə baş verən zaman, hətta təsadüf nəticəsində və asan aradan götürülən nasazlıqlarda, qıçılçımyaranması baş verir, hansı ki, yığılmış mikromaşınlarda və ya onun statorunda və ya rotorunda xeyli dərəcədə zədələnmələr yarada bilər. Gücü 0,5kVA olan yüksək gərginlikli mənbənin tətbiqi zamanı izolyasiyanın deşilməsi adətən mikromaşının zədələnməsinə gətirmir və deşilmə yerini aşkarlayandan və onun səbəbini aradan qaldırdandan sonra mikromaşın təkrar sınaqdan sonra saz sayıla bilər.

Sınağı sınaq gərginliyinin üçdə birini aşmayan gərginliklə başlayırlar. Gərginliyin sınaqgərginliyinin tam qiymətinə qədər qaldırılmasını səliqə və ya tam qiymətin 5%-ni keçməyən pillələrlə aparırlar; bu zaman sınaq gərginliyinin yarı qiymətdən tam qiymətə qədər qaldırılmasına buraxılan vaxt 10 san-dən az olmamalıdır. Tam sınaq gərginliyini 1 dəq müddətində saxlayırlar, ondan sonra onu 1/3 qiymətinə qədər səliqə azaldırırlar və dövrəni açırlar. Təzə dolaqlar üçün sınaq gərginliyi 1000V təşkil edir.

Mühərrikin izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınağı üçün qurğular özlüyündə stasionar qurğulardır, onlar avtotransformatordan, ampermetrdən, voltmetrdən və

nizamlayıcı müqavimətdən ibarətdir. Bunlar ümumi gövdədə yığılmışdır.

Yığılmış mikromaşınlarda aşkarlanmış nasazlıqları aradan götürmək mümkün olmadığı zaman mühərriklər ayrı-ayrı detallara və qovşaqlara qədər sökülürlər.

Sökülmədən sonra elektrik mühərriki defektləşdirilərkən aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetrilir:

- ayrı-ayrı qovşaq və detalların vəziyyəti yoxlanılır;
- stator və rotor arasında hava məsafəsi ölçülür və verilən maşın üçün buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilir;
- yastıqlarda radial hava məsafələri yoxlanaraq buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilir;
- valın vəziyyəti yoxlanılaraq buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilir;
- ventilyatorun vala oturma möhkəmliyi yoxlanılır, onun pərlərinin döyünməsinin qiyməti müqayisə edilir;
- aktiv poladın vəziyyəti yoxlanılır;
- stator dolağının defektləri təyin olunur;
- kontrol lampa ilə dolaqların qapanması yoxlanılır;
- sabit cərəyan verməklə ampermetr və voltmetr üsulu ilə stator dolağının ayrı-ayrı fazalarında aktiv müqavimətini ölçməklə dolaqda pis kontakt olması müəyyən edilir;
- dolaqda sargılar arasındakı qapanma elektromaqnit metodu ilə təyin edilir;
- lövbər dolağını yoxlamalı;
- dolağı təmir etmək üçün aşağıdakı dolaq qiymətləri yazılır: dolağın tipi, yuvalar sayı (z), qütblər sayı

- ($2P$), qütblərin ölçüsü və forması, fırlanma sürəti (n), bir qütbə və fazaya düşən yuvalar sayı (q), kəmərlər qrupundakı kəmərlər sayı, dolaq addımı (y), bir kəmərdəki sarğılar sayı, dolaq məftilinin ölçüləri və markası, alın hissə çıxışının ölçüsü, yuva və fazalar arasındakı izolyasiyanın konstruksiyası, lövbər dolağının göstəricilərini qeyd etməli;
- dolağın sxemini çəkməli;
 - əgər hər hansı detal hazırlanmalı olarsa onun eskizi çəkilməli.

Hesabatın məzmunu

1. Defektləşmənin nəticələrini göstərməli.
2. Defekt cədvəli doldurulmaqla tərtib olunmalı.
3. Dolağın sxemini çəkməli.
4. Elektrik maşının ümumi görünüşünün eskizini çəkib hissələrini göstərməli.
5. Çətin detalların eskizini göstərməli.

Laboratoriya işi 4

Təmir zamanı transformatorun defektləşdirilməsi

İşin məqsədi. Transformatorun təmiri zamanı defektləşmə əməliyyatlarının aparılma metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetirilmə planı

1.Transformatorun texniki – istismar sənədləri ilə tanış olmalı və onun pasport göstəricilərini yazmalı.

2.Transformatora xaricdən baxış keçirməli, baxışın nəticələrini zədələrin aşkarlanma cədvəlində göstərməli.

3.Transformatorun təmirdən qabaq sınağını yerinə yetirməli.

4.ÇIXIŞ hissələrinin zədələrinin aşkarlanmasını aparmalı.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

*Xaricdən baxış.*Yığılmış transformatora baxış prosesində onun komplektliyini, həmçinin onun xarici hissələrinin vəziyyətini yoxlayırlar: qaynaq tikişlərinin bütövlüyünü, armaturanın çənlə flyanes birləşməsindən yağın axmasını, dövr etdirmə borularında, genişləndiricidə mexaniki zədələrin, armaturlaşdırıcı tikişlərdə çatın və çıxışların farforlarında qopuqların olmamasını. Nəzərə çapmış nasazlıqlar barədə zədələrin aşkarlanma cədvəlində qeydiyyat edirlər.

Yığılmış transformatorun təmir qabağı sınağı. Dolaqların bütövlüyü, dolaqların izolyasiya müqaviməti.

Dolaqların bütövlüyünü meqometr və ya yoxlama lampasının köməyi ilə müəyyən etmək olar.

Dolaqların izolyasiya müqavimətini 2500V-luq meqometrlə bütün fazalarda gövdəyə nisbətən və müxtəlif gərginlikli dolaqlar arasında ölçürlər. İzolyasiya müqaviməti kimi ölçülmüş müqavimətin R_{60} bir dəqiqəlik qiymətini qəbul edirlər. İzolyasiya müqaviməti normalaşdırılmır, lakin statik müşahidələr nəticəsində

müəyyən edilmiş və ya qabaqkı təmirdən alınmış qiymətdən 30%-dən çox aşağı olmamalıdır.

İzolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsi haqqında. Transformatorun izolyasiyasının dəyişmə dərəcəsi barədə, özünü 60 san-dən sonra ölçülmüş izolyasiya müqavimətini (R_{60}), 15 san-dən sonra ölçülmüş izolyasiya müqavimətinə (R_{15}) nisbəti kimi göstərən, absorbsiya əmsalı k_{ab} üzrə mülahizə yürüdürlər

$$k_{ab} = \frac{R_{60}}{R_{15}}.$$

Gövdəyə nəzərən izolyasiya müqavimətinin ölçülməsini 2500V-luq meqometrlə aparırlar. 35kV-a qədər və o da daxil olan gərginlikli transformatorlar üçün absorbsiya əmsalının qiyməti 10...30°C-də 1,3-dən aşağı olmamalıdır.

Transformasiya əmsalı. Transformasiya əmsalının K ölçülməsini dolaqlarda sarğılar arası, ansaf çeviricisindəki qapanmaları ayırd etmək məqsədi ilə aparırlar. K -nı təyin etmək üçün yüksək gərginlik dolağına (YG) alçaldılmış, adətən şəbəkə gərginliyi verirlər. YG tərəfdə və alçaq AG tərəfdə bütün faz ayırmalarında (ansaf çeviricisinin vəziyyətlərində) üç xətti gərginliyi ölçürlər. DÜİST 11677-75-ə uyğun olaraq, transformasiya əmsalının qiyməti digər uyğun ayırmalarında alınan qiymətlərdən və ya zavod (pasport) qiymətindən $\pm 2\%$ -dən çox fərqlənməməlidir.

Dolaqların sabit cərəyana müqaviməti. Dolaqların sabit cərəyana müqavimətinin ölçülməsində məqsəd – dövrlərin, kontaktların, lehilməmələrin vəziyyətini yoxlamaqdır. Dolaqların müqavimətini ölçü körpüsünün

köməyi ilə və ya voltmetr-ampermetr metodu ilə ölçürlər. Axırıncı metod zamanı dolağın qızmasından qaçmaq və ölçmənin nəticəsinə xəta gətirməmək üçün cərəyan nominalın 20%-ni aşmamalıdır. Müqaviməti transformatorun bütün çıxışlarında fazların hamısının bütün budaqları üçün ölçürlər. Çıxarılmış neytralin (sıfırın) olduğu halda faz çıxışı və sıfır arasında ölçü aparırlar. Xətt çıxışları arasında ölçülmüş müqavimətin xətti qiymətini faz qiymətinə çevirirlər: **dolaqların ulduz birləşməsi**

$$r_f = \frac{r_{ölç}}{2}.$$

Dolaqların üçbucaq birləşməsi

$$r_f = \frac{3}{2} r_{ölç},$$

burada r_f – faz dolağının müqaviməti;

$r_{ölç}$ – xətt çıxışları arasında ölçülmüş müqavimət.

Ölçülmüş müqaviməti aşağıdakı ifadə üzrə 75°C -ə hesablayırlar

$$r_{75} = r_t \left(\frac{310}{235 + t} \right),$$

burada r_t – dolağın $t^{\circ}\text{C}$ temperaturda ölçülmüş faz müqavimətidir.

Əgər eyni bir faz dolağının müqaviməti bir-birindən və zavod ölçmələrinin qiymətindən 2%-dən çox fərqlənmirsə, onda ölçmələrin nəticələri qənaətbəxş sayılır.

Transformator sökülən zaman zədələrin aşkarlanması.

Dolaqlar. Transformator dolaqlarına baxış keçirərkən aşağıdakılara diqqət yetirirlər: sarğı izolyasiyasının vəziyyəti (gözlə); deformasiyanın və dolaqların radial və ox boyu istiqamətdə maqnit ötürücüsünə və bir-birinə nisbətən sürüşmənin olmaması ki, araqaqlarının, plankaların, dirəklərin yerdəyişməsi və zəifləməsi nəticəsində ola bilər; dolaqların lehimlənmələrinin və ansapfa çeviricisindəki birləşmələrin vəziyyəti; dolaqlar arasındakı, həmçinin AG dolağı ilə maqnit ötürücüsü arasındakı soyuducu kanalların vəziyyəti.

İzolyasiya və aralıq detalları: silindirləri, arakəsmələri, araqaqları – hər şeydən çox elektrokartondan hazırlayırlar, plankalar və reykalari isə - bərk ağac cinsindən, əsasən fıstıqdan. Bu detallara baxış zamanı onların bərkidilməsinin möhkəmliyini yoxlamaq lazımdır, onlarda quruma, izolyasiyanın deşilməsi varmı, hansılar ki, ütələnmələr, çatlar, kömürləşmə və çatlarla müşahidə olunurlar.

Izolyasiyanın vəziyyətini təyin etmək üçün, məsələn elektrokartonun, bir neçə yerdən 9 boyudduruğun izolyasiyasından, qatlar, sarğılar arasındakı izolyasiyadan və s.) zolaq şəklində nümunə kəsirlər və onları düz bucaq altında qatlayırlar və sonra qat yerini sıxmadan sərbəst iki-iki yığırlar.

Əgər ikisini tam qatlayan zaman elektrokarton qırılmazsa, izolyasiya yaxşıdır; əgər qatlama zamanı çatlar yaranırsa, izolyasiya qənaətbəxşdir; tam qatlama zamanı izolyasiya qırılırsa, o məhdud yararlıdır; nə zaman ki, qatlama zamanı izolyasiya düz bucağa qədər qırılırsa, onda izolyasiya yararsızdır.

Vəziyyətinə görə izolyasiyanı dörd sinfə ayırmaq olar:

1-ci sinif – izolyasiya yaxşıdır (əllə sıxarkən o yumşaqdır və çat vermir);

2-ci sinif – izolyasiya qənaətbəxşdir (əllə sıxarkən o, qurudur, bərkdir, lakin çat vermir);

3-cü sinif – izolyasiya etibarsızdır (əllə sıxılarkən onun üzərində kiçik çatlar əmələ gəlir və ya laylara ayrılır);

4-cü sinif – izolyasiya pisdir və sonrakı istismara yaramır (əllə sıxdıqda o dağılıb tökülür).

Əgər təmir zamanı yeni dolaqların hazırlanması tələb olunarsa, lakin zavodun texniki sənədləri olmazsa, dolaqların ölçülərini təyin edərkən səhvlərdən qaçmaq üçün maqnit ötürücülərinin və aynanın ölçülərini və sarğacları, izolyasiyanın və kanalların radial və ox boyu istiqamətlərdə bütün ölçüləri göstərməklə, dolaqların maqnit ötürücüsü üzərinə quraşdırılmasının hər tərəfli eskizini vermək vacibdir.

Maqnit keçiricisi. Maqnit keçiricisinin zədələrinin aşkarlanması zamanı aşağıdakılara diqqət yetirirlər:

- aktiv poladda ərimiş lövhələrin (vərəqələrin) olmamasına;
- poladda rənglərin dəyişməsinin və paslanmanın olmamasına ki, bu da lövhələr arası izolyasiyanın və maqnit keçiricisinin qənaətbəxş vəziyyətdə olmasına (həddən çox qızmanın olmamasına) zəmanət verir;
- şıxtovkanın keyfiyyətinə (çubuqların çəp olmamasına, qovuşma yerlərində artmış ara boşluğunun olmamasına);
- çəkmə şpilkalarının və boyunduruq tirlərinin izolyasiyalarının vəziyyətinə;
- aktiv dəmirin preslənməsinin keyfiyyətinə.

Çəkib bərkitmə şpilkalarının və boyunduruq tirlərinin izolyasiyasının vəziyyətini onların maqnit keçiricisinə nəzərən izolyasiya müqavimətinin qiyməti ilə qiymətləndirirlər. İzolyasiya müqavimətini 1000 ... 2500V-luq meqometrlə ölçürlər. İzolyasiya müqavimətinin qiyməti normalaşdırılmamışdır. Transformatorların təmir və istismar təcrübəsinə əsasən, hesab edirlər ki, bu hissələrin maqnit keçiricisinə nəzərən izolyasiya müqaviməti 10 MOm-dan aşağı olmamalıdır.

Maqnit keçiricisinin preslənməsinin keyfiyyətini kəskin itilənmiş bıçaqla yoxlayırlar. Onun tiyəsinin ucu orta basma qüvvəsi ilə poladın lövhələri arasına 3mm-dən dərin girməməlidir.

Hesabatın məzmunu

- 1.Sxemləri və ölçmələrin nəticələrini göstərməli.
- 2.Zədələrin ilkin aşkarlanma cədvəlini tərtib etməli.
- 3.Dolaqların və bütün izolyasiya məsafələrinin və pəncərənin göstərilməsi ilə bir çubuğun eskizini çəkməli.

Yoxlama suallar və tapşırıqlar

1.Yiğilmiş transformatorun izolyasiyasının vəziyyətini necə qiymətləndirirlər ?

2.Transformator izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsini necə qiymətləndirirlər ?

3.Transformatorun dolaqlarında sarğı arasы qapanmanın olmasını necə təyin etməli ?

4.Transformasiya əmsalının təyin edilməsi üzrə sınağın təyinatı barədə danışın?

5. Maqnit keçiricisinin zədələrinin aşkarlanmasını necə yerinə yetirməli ?

Laboratoriya işi 5

Faz rotorlu asinxron mühərrikinin təmirdən sonra sınağı

İşin məqsədi. Faz rotorlu mühərrikinin təmirdən sonrakı sınaq metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetrilmə planı

1. Mühərriki xarici baxışdan keçirməli, bərkinmələrin vəziyyətini, rotorun sərbəst fırlanmasını yoxlamalı.

2. Stator və rotor dolaqların bütövlüyünü kontrol lampa (meqometrə, testerlə) ilə yoxlamalı.

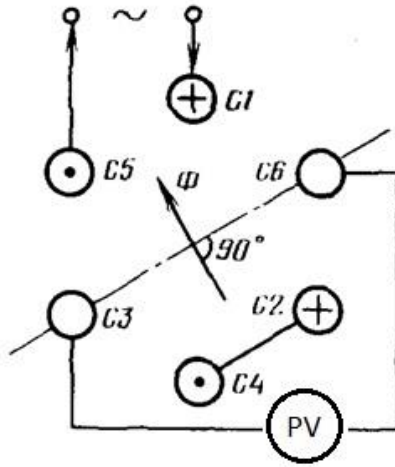
3. İnduksiya metodu ilə mühərrikin çıxış uclarının markalanmasını yerinə yetirməli.

4. Faz rotorlu asinxron mühərrikinin yoxlama sınaqlarını aparmalı.

İşin məzmunu və onun yerinə yetrilmə qaydası

İnduksiya metodu ilə çıxışları işarələyərkən öz aralarında bir-biri ilə ardıcıl bağlanmış iki fazanı dəyişən cərəyan şəbəkəsinin gərginliyi altına qoşurlar. Sərbəst faza gərginlik indikatoru (voltmetr, lampa və s.) qoşurlar. Əgər birinci və ikinci fazın dolaqları öz aralarında müxtəlif adlı çıxışlara (başlanğıc – son) birləşmişlərsə, onda onların yaratdığı maqnit seli sərbəst fazın səthini kəsər və onda

EHQ induksiyaşdırılır (şək. 1). Bu faza qoşulmuş voltmetr onun olmasını göstərəcəkdir. Beləliklə, ardıcıl bağlanmış iki fazın iki başlanğıcı və iki sonu təyin edilmiş olur. Bundan sonra, gərginlik indikatoruna qoşulmuş fazı, ardıcıl qoşulmuş fazlardan biri ilə dəyişirlər və təcrübəni təkrar edirlər. Fazanın tapılmış çıxışlarını işarələyirlər: başlanğıclar $C1, C2, C3$; sonları uyğun olaraq $C4, C5, C6$.



Şəkil 1. Üçfazlı dolağın uclarının induksiya metodu ilə işarələnməsi.

Dolaqların birləşmə sxeminin ulduzdan üçbucağa dəyişdirilməsinin münasibliyi üçün mühərrikin çıxışlarını sıxac lövhəsində aşağıdakı şəkildə yerləşdirirlər: **yuxarı cərgə** - $C1, C2, C3$; **aşağı cərgə** - $C6, C4, C5$.

Birləşmə sxemi şəbəkənin gərginliyinə uyğun olmalıdır. Mühərrikin yoxlama sınaqlarını aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq lazımdır.

1. Stator dolaqlarının gövdəyə görə və fazlar arası izolyasiya müqavimətini meqommetrlə ölçməli. Rotor dolaqlarının izolyasiya müqaviməti isə gövdəyə görə ölçülür.

Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 1-ə yazmalı.

Cədvəl 1

Stator						Rotor
R_{izAB}	R_{izBC}	R_{izCA}	R_{izAK}	R_{izBK}	R_{izCK}	$R_{iz.dol.}$

Dolaqların izolyasiya müqavimətini (adətən MOM-la) soyuq halda ölçmək lazımdır. Dolağın temperaturu ətraf mühitin temperaturundan $\pm 3\%$ -dən çox fərqlənməməlidir. Bunun üçün mühərriki işləməyən vəziyyətdə sınaq aparılan yerin temperaturunda 5...8 saat müddətində saxlamaq vacibdir. Dolaqların buraxıla bilən izolyasiya müqavimətini aşağıdakı düsturdan təyin edirlər

$$R_{iz} = \frac{U_n}{1000 + 0,01P_n},$$

burada U_n – mühərrikin nominal gərginliyidir, V;
 P_n – mühərrikin nominal gücüdür, kVt.

Gərginliyi 500V-a qədər olan maşınlarda stator və rotor dolaqlarının buraxıla bilən izolyasiya müqaviməti **0,5 MOM-dan** aşağı olmamalıdır.

2. Stator və rotor dolaqlarının sabit cərəyanla müqavimətini ölçməli. Ampermetr-voltmetr metodu ilə ölçmə zamanı sabit cərəyanın qiyməti mühərrikin nominal cərəyanının 20%-dən çox olmamalıdır. Statorun (rotorun)

fazlarının ulduz birləşmə sxemində və yalnız üç çıxışın olduğu zaman ardıcıl bağlanmış iki fazın müqavimətini (çıxışların hər cütü arasında) ölçmək lazımdır.

Faz dolağının müqaviməti (Om)

$$r_f = \frac{r_{or}}{2},$$

burada r_{or} – mühərrikin çıxışlarında ölçülmüş müqavimətlərin orta qiymətidir, Om .

Statorun fazlarının üçbucaq birləşmə sxemi zamanı bir fazın müqaviməti,

$$r_f = \frac{3r_{or}}{2}.$$

Fazların müqaviməti biri-birindən 3%-dən çox fərqlənməməlidir.

Dolağın sabit cərəyanla müqavimətinin ölçülməsi aşağıdakı elektriki nasazlıqları aşkarlamağa imkan verir: dolaqların sxeminin düzgün bağlanmamasını; dolağın paralel budaqlarındakı qırılmanı; sarğılar sayının və dolaq naqilinin en kəsiyinin kataloq verilənlərinə uyğun gəlməməsini; ayrı-ayrı katuşkalarda böyük sayda qapanmış sarğıların olmasını; lehimlənmənin keyfiyyətini.

Faz müqavimətlərinin bərabər olması və onların kataloq verilənləri ilə uyğun gəlməsi adı çəkilən defektlərin heç birinin olmadığını göstərir.

Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 2-yə yazmalı.

Cədvəl 2

Fazlar	Stator				Rotor			
	U, V	I, A	r_{or} , Om	r_f , Om	U, V	I, A	r_{or} , Om	r_f , Om
A								

B								
C								

3. Stator və rotor dolaqlarındakı defektləri ayırd etmək və sarğıların izolyasiyasının sınaqması məqsədi ilə transformasiya təcrübəsini aparırlar.

Rotor dolağının açılmış halında stator dolağına birləşmə sxeminə uyğun nominal gərginlik verirlər. Rotor fırlanmamalıdır.

Rotorun fırlanmasını aşağıdakı nasazlıqlar ortaya çıxara bilər: lövhələr arasındakı izolyasiyanın pis keyfiyyəti (burulğan cərəyanlarının olması); rotor dolağında sarğılararası qapanma; rotorun fazları arasında qapanma, iki fazın qapanması zamanı rotor 2 dəfə aşağı fırlanma tezliyi ilə fırlanır.

Statorun faz dolaqlarında cərəyanlar **5%-dən** çox fərqlənməməlidirlər, rotor dolaqlarının çıxışlarında xətti gərginliklər bərabər olmalıdır.

Faz cərəyanının artması stator və ya rotor dolaqlarında sarğılararası qapanmanın olmasını, həmçinin stator fazalarında katuska qruplarının düzgün birləşdirilmədiyini göstərir.

Rotor çıxışlarında xətt gərginliklərinin fərqli olması stator (rotor) dolaqlarında sarğılararası qapanma olmasını və ya makara qruplarının birləşməsinin düzgün olmadığını göstərir.

Defektli rotor və ya stator dolaqlarını ayırd etmək üçün rotorun çıxışlarında, onun yavaş-yavaş dönməsi zamanı, xətt gərginliklərini ölçürlər. Əgər rotor çıxışlarında xətti gərginliyin qeyri-simmetrikliliyi onun dönməsindən asılı deyilsə, bu stator dolağının saz halında, rotor

dolağında qapanmanın olmasını göstərir. Stator dolağında qapanmaların olması zamanı (rotor dolağı salamatdır) rotor dolağının xətt gərginliklərinin qeyri-simmetrikliliyi onun dönməsi zamanı xeyli dəyişir. Stator (rotor) dolaqlarındakı bu zədələnmələr stator dolağının fazlarında cərəyanların dəyişməsi zamanı təyin edilirlər. Defektli rotor dolağı zamanı stator dolağının fazlarında cərəyanlar müxtəlifdir və onların qeyri-simmetrikliliyi rotorun vəziyyətindən asılıdır, stator defektli olanda – asılı deyildir.

Transformasiya əmsalını bu ifadədən təyin edirlər

$$k = \frac{U_{x.s.}}{U_{x.r.}},$$

burada $U_{x.s.}$, $U_{x.r.}$ – uyğun olaraq, stator və rotor dolaqlarının xətt gərginliyidir, üç ölçmənin nəticəsindən hesablanmış orta qiymətdir, V .

Transformasiya əmsalının kataloqdakı qiymətdən buraxıla bilən fərqlənməsi $\pm 2\%$ -i aşmamalıdır.

Transformasiya təcrübəsinin nəticələrini cədvəl 3-də yazmalı.

Cədvəl 3

Stator						Rotor			k
$I_A,$ A	$I_B,$ A	$I_C,$ A	$U_{AB},$ V	$U_{BC},$ V	$U_{CA},$ V	$U_{ab},$ V	$U_{bc},$ V	$U_{ca},$ V	

Transformasiya təcrübəsində eyni zamanda stator və rotor dolaqlarını sarğılararası izolyasiyası sınaqdan keçirilir. Bunun üçün stator dolağına nominal gərginlikdən

30% yüksək gərginlik vermək və onu 5 dəqiqə müddətində saxlamaq vacibdir. Statorun fazında cərəyanın artması, əlavə səsin yaranması, yerli qızmanın olması (tüstü, iyi) sarğılar arasы izolyasiyanın zədələndiyini göstərir.

Təcrübənin nəticəsini cədvəl 4-də yazmalı.

Cədvəl 4

Stator				Rotor	Yararlılıq haqda qərar
I_A, A	I_B, A	I_C, A	$U_{x,s}, V$	$U_{x,r}, V$	

4.Boş işləmə təcrübəsini nominal simmetrik və sinusoidal gərginlikdə aparırlar. Bu zaman boş işləmə cərəyanını və boş işləmədəki güc itkisini təyin edirlər. Boş işləmə təcrübəsinin nəticələrinə görə maqnit dövrəsindəki və mühərrikin yastıq qovşağındakı defektləri aşkar etmək olar.

Boş işləmə cərəyanının buraxıla biləndən çox olması hava aralığının artmasını, rotorun statora nəzərən ox boyu yerdəyişməsini və ya stator dolağında sarğılar sayının kifayət qədər olmadığını göstərir. Stator dolağının fazlarındakı cərəyanların qeyri-bərabərliyi onların orta qiymətlərindən 4,5%-dən çox fərqlənməməlidir.

Boş işləmə zamanı güc itkisinin normadan çox olması, mexaniki itkilərin artması – yastıqlarda sürtünmənin artması, ventilyatorun düzgün quraşdırılmaması və ya polad itkilərinin artması, lövhələr arasы qapanmalar, statora nəzərən rotorun oxboyu sürüşməsi ola bilər. Sonuncu

defekt güc əmsalının ($\cos\varphi$) kəskin aşağı düşməsinə, yastıqların iş şəraitinin pisləşməsinə səbəb ola bilər.

Boş işləmə təcrübəsini aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq lazımdır:

- yastıqların yağlanması yoxlamalı;
- rotorun dolaqlarının çıxışlarını qısa qapamalı;
- stator dolağına elektrik ölçü cihazları vasitəsilə induksion tənzimləyicinin köməyi ilə nominal gərginlik verməli;
- nominal gərginlikdə mühərriki boş işləmə rejimində, gücü 10 kVt-a – 15 dəqiqə ərzində, 10 kVt-dan 100 kVt-a qədər olduqda isə – 30 dəqiqə ərzində saxlamalı;
- mühərrikin yastıqlarının qızmasını yoxlamalı;
- rotor fırlanan zaman oxboyu qaçışı yoxlamalı. Valın oxboyu qaçışı bir tərəfdən digər tərəfə, sürüşmə yastıqları zamanı, mühərrikin gücü 5 kVt-a qədər olduqda – 1,5...3,0 mm, 30 kVt-a qədər olduqda – 4,0...6,0 mm-dən çox olmamalıdır. Diyircəkli yastıqlarda bu qiymət 0,5 mm-dən çox olmamalıdır;
- nominal xətt gərginliklərində stator dolaqlarındakı (hər fazda) cərəyanları, boş işləmə itkisini, və fırlanma tezliyini ölçməli.

Təcrübənin nəticələrini cədvəl 5-də yazmalı.

Cədvəl 5

$U_{AB},$ V	$U_{BC},$ V	$U_{CA},$ V	I_A, A	I_B, A	I_C, A	$\Delta P_0,$ kVt	$n,$ dəq ⁻¹

5. Təmirdən sonrakı qısa qapanma təcrübəsini stator və rotor dolaqlarının cərəyan dövrlərinin vəziyyətinin qiymətləndirilməsi üçün aparırlar. Belə ki, mühərrik fırlanmır, mexaniki itkilər yoxdur. Azaldılmış gərginlikdə təcrübə zamanı polad itkilərini nəzərə almamaq olar, belə ki, onlar gərginliyin kvadratına mütənasibdirlər. Onda artmış qısa qapanma itkiləri stator və rotor dolaqlarının sxemində defektin olduğunu göstərir.

Qısa qapanma təcrübəsini rotorun tormozlanması və dolağın qısa qapanması zamanı aşağıdakı ardıcılıqla aparmaq lazımdır: qabaqcadan induksion tənzimləyicinin çıxışında ən aşağı gərginliyi qurmalı; sınağı aparılan mühərrikin rotorunu tormozlamalı; induksion tənzimləyici və elektrik ölçü cihazlarından keçməklə mühərrikin stator dolağına gərginlik verməli və onu stator dolağında nimal dozada cərəyan qərarlaşana qədər artırmalı.

Təcrübənin nəticəsini cədvəl 6-da yazmalı.

Cədvəl 6

$I_{q,q}, A$	$U_{q,q}, V$	$\Delta P_{q,q}, Vt$	<i>Qeyd</i>

Rotorun çubuq şəkilli dolağının lehmlənməsinin keyfiyyətini yoxlamaq üçün, cərəyan nominaldan 30% artıq olan halda, mühərriki qısa qapanma təcrübəsində 5 dəqiqə ərzində sınamaq lazımdır. Cərəyanın artırılmasına induksion tənzimləyicinin köməyi ilə nail olurlar. Keyfiyyətsiz lehmlənmiş kontaktlar yüksək dərəcədə qızırırlar. Boş işləmə və qısa qapanma təcrübələrinin

nəticələrinə görə mühərrikin faydalı iş əmsalının təxmini qiymətini :

$$\eta = \frac{P_n}{\Delta P_{b.i.} + \Delta P_{q.q.} + P_n},$$

burada P_n – mühərrikin nominal gücüdür, kVt ;

$\Delta P_{b.i.}$ – nominal gərginlikdə, boş işləmədə güc itkisidir, kVt ;

$\Delta P_{q.q.}$ – nominal cərəyanda qısa qapanma güc itkisidir, kVt .

6.DÜİST 7217-79-a uyğun olaraq, **gövdə izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınağını** mühərrikin hər fazası üçün növbə ilə aparırlar. Sinusoidal sınaq gərginliyi mənbəyin bir çıxışını sınağı aparılan fazın çıxışına, digərini – mühərrikin gövdəsinə bağlayırlar. Sınaq müddətində sınaqda iştirak etməyən digər fazları da gövdəyə bağlayırlar.

Gərginliyi $500V$ -a qədər olan elektrik mühərrikləri üçün əsaslı təmirdən sonrakı sınaq gərginliyinin qiyməti:

$$U_{sm} = 2U_n + 1000.$$

Gərginliyin saxlama müddəti – 1 dəqiqədir. Gövdə izolyasiyasının sınağını qısa qapanma təcrübəsindən dərhal sonra aparmaq lazımdır.

Sınaq gərginliyin son həddinin yarısından çox olmayan gərginlikdən başlamalıdır, gərginliyin yüksəldilməsi isə 10 san-dən çox vaxt aparmamalıdır.

Təcrübəni aşağıdakı ardıcılıqla aparırlar:

- gövdə izolyasiyasının sınağı üçün yüksəldici transformatorun birinci tərəf dolağında gərginlik tənzimləyicisi olan sxemi yığmalı. Sınaq

gərginliyini transformatorun yüksək gərginlik dolağında ölçürlər. Bu halda, əgər deşilmə baş verərsə, onda qısa qapanma cərəyanını məhdudlaşdırmaq üçün bu dolağın dövrəsinə yüksək omlu müqavimət qoşulur. Sınağa qədər təhlükəsizlik texnikası tədbirlərini görmək lazımdır;

- gərginlik tənzimləyicisini, ən aşağı gərginliyə uyğun vəziyyətə qoymalı;
- sxemi vurmali və gərginlik tənzimləyicisi ilə onu lazımi səviyyəyə qoymalı, I dəqiqə müddətində gözləməli, ondan sonra gərginliyi yavaş-yavaş azaltmalı və sınaq qurğusunu şəbəkədən açmalı.

Əgər sınaq zamanı izolyasiyanın deşilməsi baş verməzsə, onda o sınağa dözmüş sayılır.

Hesabatın məzmunu

- 1.Sınaq sxemlərini çəkməli və cədvəlləri doldurmalı.
- 2.Sınaqların nəticələrini analiz etməli.

Yoxlama sualları

1.Təmirdən sonra faz rotorlu asinxron mühərrikin yoxlama sınaqlarının həcmiini söyləməli.

2.Dolağın sabit cərəyana müqavimətini ölçən zaman hansı defektləri aşkar etmək olar ?

3.Boş işləmə təcrübəsində hansı nasazlıqları təyin edirlər ?

4.Qısa qapanma təcrübəsinin təyinatı.

5.Qısa qapanmış və faz rotorlu mühərriklərin sarğılararası izolyasiyasını necə sınaq edirlər ?

Laboratoriya işi 6

Transformatorların təmirdən sonra sınağı

İşin məqsədi. Güc transformatorlarının əsaslı təmirdən sonra sınaq metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetirilmə planı

- 1.Transformatora baxış keçirməli.
- 2.transformatorun yoxlama sınağını aparmalı.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

Təmirdən buraxılan hər bir transformator üçün yoxlama sınağı aparırlar.

Sınaqdan qabaq transformatoru ciddi baxışdan keçirmək və onun düzgün yığıldığını yoxlamaq vacibdir.

DÜİST 11677 – 65-ə əsasən yoxlama sınağının tərkibinə aşağıdakılar daxildir:

- dolaqların bütün budaqlanmalarında transformasiya əmsalının yoxlanması;
- dolaqların birləşmə qrupunun yoxlanması;
- dolqların sabit cərəyana müqavimətinin ölçülməsi;
- yağ nümunəsinin elektrik möhkəmliyinin sınağı;
- izolyasiya müqavimətinin ölçülməsi;
- izolyasiyanın elektrik möhkəmliyinə sınağı;
- itkilərin və boş işləmə cərəyanının ölçülməsi;

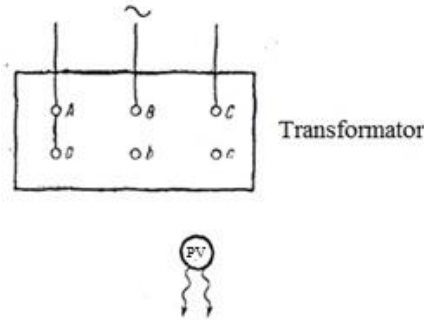
- gərginliyin və qısa qapanma itkilərinin ölçülməsi;
- transformator çəninin kipliyə sınağı.

Transformasiya əmsalını adətən yüksək tərəfin xətt gərginliyinin alçaq tərəfin xətt gərginliyinə nisbəti kimi təyin edirlər:

$$k_x = \frac{U_{YG}}{U_{AG}}$$

DÜİST 11677 – 65-ə əsasən ölçülmüş transformasiya əmsalının hesabat qiymətindən faz transformasiya əmsalı 3 və aşağı olan transformatorlar üçün $\pm 1\%$ -dən və digər transformatorlar üçün $\pm 0,5\%$ -dən böyük olmamalıdır.

Dolaqların birləşmə qrupunu yoxlamaq üçün təmir bazası şəraitində iki voltmetr metodundan istifadə edirlər. Birləşmə qrupunun yoxlama sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1. Voltmetr metodu ilə transformatorların dolaqlarının birləşmə qrupunun təyin sxemi.

Üç fazlı transformatorlarda A və a çıxışları arasına qapayıcı bənd qoyurlar. AG dolağına isə faz üzrə simmetrik olan $100 \dots 200V$ gərginlik verirlər. Sonra verilmiş U_{AB} , U_{BC} və U_{CA} gərginliklərini və yekunlaşdırıcı

U_{Bb} , U_{Bc} , U_{Cc} və U_{Cb} gərginliklərini ölçürlər. Bu gərginliklərin qiyməti birləşmə qrupundan asılı olaraq, aşağıdakı düsturla hesablanaraq şərti adlanan gərginlikdən çox (ζ), bərabər (b) və ya az (a) da *bilər*:

$$U_{\text{şerti}} = U_{AG} \sqrt{k^2 + 1}$$

burada U_{AG} – sınaq zamanı AG dolağının çıxışlarındakı xətt gərginliyidir, o ölçülə və ya düsturla hesablanıla bilər

$$U_{AG} = \frac{U_x}{k},$$

burada U_x – sınaq zamanı YG dolağının xətti çıxışlarına verilən gərginlikdir;

k – sınaqdan keçirilən transformatorun transformasiya əmsəlidir.

Ölçmələrin nəticələrinin yerləşmə ardıcılığının ζ , b , a işarələrinin uyğun ardıcılığı ilə müqayisə zamanı cədvəl 1 üzrə transformatorun dolaqlarının birləşmə qrupu təyin edilir.

Sabit cərəyana görə *dolaqların müqavimətini* bütün faz dolaqlarının əl çatan bütün ayırmaları (budaqlanmaları) üçün ölçürlər. Güc transformatorlarının yoxlama sınağı zamanı ən münasib metod ampermetr və voltmetr metodudur. Dolağın qızmasından və ölçmənin nəticəsinə xəta verməkdən qaçmaq üçün ölçmə zamanı cərəyan dolağın nominal cərəyanının 20%-ni aşmamalıdır.

Cədvəl 1

Birləşmə növləri	Sarğıların gərginliyi	Sarğıların birləşmə sxemləri	Gərginlik vektorlarının diaqramları	Şərti işarələr
Çıxarılmış neytrallı "Ulduz"- "Ulduz"	YG			Y/Y_0-0
	AG			
"Ulduz"- "Üçbucaq"	YG			$Y/\Delta-11$
	AG			
Çıxarılmış neytrallı "Ulduz"- "Üçbucaq"	YG			$Y_0/\Delta-11$
	AG			

Əgər çıxarılmış neytral (sıfır) varsa, ölçmələrin faz çıxışı və sıfır arasında aparmaq olar. Xətti çıxışlar arasında ölçmə zamanı müqavimətin xətti qiymətini **dolaqlar ulduz qoşulan zaman** aşağıdakı düsturla faz qiymətinə hesablayırlar

$$R_F = \frac{R_{ölç}}{2}$$

dolaqların üçbucaq birləşməsində

$$R_F = \frac{3}{2} R_{ölç},$$

burada R_F – gətirilmiş faz müqavimətidir;
 $R_{ölç}$ – xətti çıxışlar arasında ölçülmüş müqavimətdir.

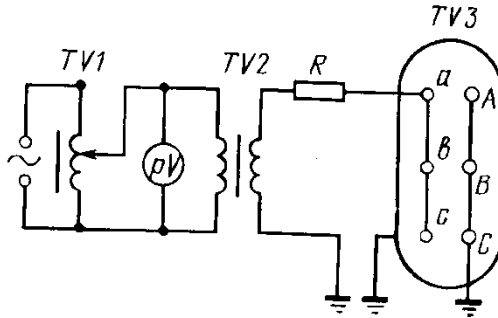
Əgər eyni dolağın müqavimətinin faz qiymətləri bir-birindən $\pm 5\%$ -dən çox və ya, TIQ -na (texniki istismar qaydalarına) əsasən, hesabat qiymətindən $\pm 2\%$ -dən çox fərqlənməzsə, ölçmələrin nəticələri qənaətbəxş sayılır.

Transformator yağı nümunəsinin elektrik möhkəmliyinə sınağını Aİİ – 70 tipli və ya onunla analoji aparatlarla aparırlar. İzolyasiya müqavimətini gərginliyi 1000 ... 2500V olan meqometrə ölçürlər. Ölçməni yağın üst qatının temperaturunun $+10^{\circ}\text{C}$ -dən aşağı olmadığı halda aparırlar. İzolyasiya müqavimətini hər bir dolaqda gövdə arasında, həmçinin dolaqlar arasında ölçürlər. Ölçmə zamanı meqometrın göstərişini gərginlikdən 15 və 60 san sonra götürürlər. Bu zaman absorbsiya əmsalını K_{ab} təyin edirlər.

Nəmlənmiş izolyasiyada absorbsiya əmsalının qiyməti 1,3-dən az olmamalıdır. Ölçmələrin nəticələrini eyni temperaturda qabaqdan məlum olan ilkin məlumatlarla müqayisə edərək, izolyasiyanın vəziyyətinə qiymət vermək tövsiyyə olunur. İlkin verilənlər olmadıqda izolyasiya müqavimətinin minimal buraxıla bilən qiymətinin təxmini orta istismar verilənlərindən istifadə etmək olar.

Transformatorun izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinə sınağını, DÜİST 11677-75-ə əsasən, iki metodla aparırlar. Transformatorun baş izolyasiyasını (dolaqlar arasındakı izolyasiyanı) normal tezlikli yüksəldilmiş gərginliklə sınayırlar. Bu zaman sınaq

gərginliyini sınaqdan keçirilərək, qısa qapanmış dolaqla, transformatorun bütün digər dolaqları və maqnit keçiricisi bağlanaraq, torpaqlanmış çən arasına verilir (şəkil 2). Sınağı yağ transformatora töküldükdən 10 ...20 saat keçmiş və yağın yuxarı qatlarının temperaturu $+20^{\circ}\text{C}$ ətrafında olduqda aparırlar. İlkin olaraq, AG dolağını, sonra isə YG dolağını sınayırlar. Gərginliyi aramla – səlist olaraq, 0-dan tam sınaq gərginliyinə qədər qaldırırlar. Sınaq gərginliyini onun bərqərar olduğu andan bir dəqiqə keçənə qədər saxlayırlar və sonra yavaş – yavaş azaldırlar. Əgər yüksək gərginliyin verilmə müddətində izolyasiyada deşilmə, buxar ayrılması və ya sınaq gərginliyinin azalması baş verməzsə, onda transformator sınağa davam gətirmiş sayılır.



Şəkil 2. Transformatorun baş (əsas) izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınaq sxemi:

TV1 – avtotransformator; TV2 – transformator; R – rezistor;
TV3 - sınaqdan keçirilən transformator.

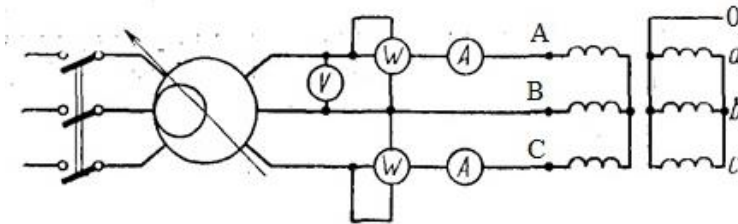
Transformatorun uzununa (sarğılar, qatlar və seksiyalar arası izolyasiya) sınağını transformatorun özündə induksiya olunmuş yüksək gərginliklə aparırlar. Bu sınağı boş işləmə rejimində, dolaqlardan birinin çıxışlarına

(adətən AG) bir dəqiqə ərzində, 1,3 nominala bərabər gərginlik verməklə aparırlar.

Transformatorun boş işləmə cərəyanını və itkisini boş işləmə təcrübəsi zamanı təyin edirlər. Bu zaman adətən AG dolağına, praktiki sinusoidal və simmetrik olan, xətt gərginlikləri orta hesabı qiymətdən $\pm 4,5\%$ -dən çox fərqlənməyən, nominal gərginlik verilir.

Üç fazlı transformator üçün boş işləmə cərəyanını üç ampermetrlə, güc itkisini isə - iki vattmetrlə ölçürlər. əgər boş işləmə cərəyanının şiddəti normalaşdırılmış qiyməti 30%-dən çox, itkilər isə - 15%-dən çox aşmazsa, onda ölçmələrin nəticələri qənaətbəxş sayılır.

Qısa qapanma gərginliyini və güc itkisini qəsa qapanma təcrübəsində təyin edirlər. Bu zaman dolaqlardan birini (adətən AG) qısa qapayırlar, YG dolağına isə nominal tezlikli elə gərginlik verirlər ki, hər iki dolaqdan nominal cərəyan axsın. Təcrübənin sxemi şəkil 3-də verilmişdir. Üç fazlı transformatorlarda cərəyanı və gərginliyi bütün üç fazadakı cihazların göstərişlərindən orta hesabı qiymət kimi təyin edirlər.



Şəkil 3. Qısa qapanma təcrübəsinin sxemi.

Ölçülmüş qısa qapanma itkilərini aşağıdakı düsturla 75°C temperatura gətirirlər

$$P_{qqi} = P_{qq} \cdot K_t$$

burada $K_t = \frac{310}{235+t}$ - mis dolaqlı transformatorlar üçün; $K_t = \frac{320}{245+t}$ - alüminium dolaqlı transformatorlar üçün; t – təcrübə zamanı yağın (dolaqların) yuxarı qatlarının temperaturudur.

Qısa qapanma gərginliyini nominal 75°C temperatúra bu düsturla gətirirlər

$$U_{qq75} = \sqrt{U_{at}^2 K_t^2 + U_{rt}^2},$$

burada U_{at} və U_{rt} – t°C temperatur zamanı aktiv və reaktiv mürəkkəblərdir, %, və ya bu düsturla

$$U_{qq75} = \sqrt{U_{qqt}^2 + \left(\frac{P_{qqt}}{105}\right)^2 (K_t^2 - 1)},$$

burada U_{qqt} – t°C temperaturu zamanı ölçülmüş qısa qapanma gərginliyidir, %;

P_{qqt} – t°C temperaturu zamanı ölçülmüş qısa qapanma itkisidir, Vt;

S – transformatorun nominal gücüdür, kVA.

DÜİST 11677 – 75-ə əsasən, qısa qapanma gərginliyinin və itkisinin qiymətlərinin normadan ±10%-dən çox olmayaraq fərqlənməsi buraxıla bilər.

Çənin və kipləndiricilərin kipliyə sınağını transformator tam yığıldığı zaman qapağın kipiğəclərində, armaturlarda və çənin qaynaq tikişlərində sızmanın olmadığını təyin

etmək üçün aparılır. Bu məqsədlə transformatorun üstünə, yağla doldurulmuş, 1,5m hündürlüyündə nəzarət borusu quraşdırılır, transformatoru yaxşı – yaxşı silirlər və bir saat müddətində saxlayırlar. Bu zaman yağın temperaturu $+10^{\circ}\text{C}$ -dən aşağı olmamalıdır.

Göstərilmiş müddət keçdikdən sonra kipçəklərdə və tikişlərdə sızma olmazsa, sınağın nəticəsi qənaətbəxş sayılır.

Hesabatın məzmunu

Transformatorun sınağı üçün sxemi çəkməli. Transformatorun yoxlama sınaqlarının nəticələrini təqdim etməli.

Yoxlama suallar və tapşırıqlar

1. Güc transformatorlarının yoxlama sınaqlarının həcmi nə qədərdir ?

2. transformasiya əmsalını necə ölçürlər ?

3. güc transformatorları üçün hansı birləşmə qrupları buraxılırlar ?

4. Dolaqların Omik müqavimətini nə məqsədlərlə ölçürlər ?

5. Absorbsiya əmsalını nə üçün ölçürlər ?

6. Transformatorun izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınağının metodları hansılardır ?

7. Boş işləmə təcrübəsində transformatorun hansı parametrlərini təyin edirlər ?

8. Qısa qapanma təcrübəsini hansı məqsədlə aparırlar ?

Laboratoriya işi 7

Kiçik güclü transformatorun təmirdən sonra sınağı

İşin məqsədi. Kiçik güclü transformatorların təmirdən sonra sınaq metodikasını mənimsəmək.

İşin yerinə yetrilmə planı

- 1.Transformatoru xarici baxışdan keçirməli.
- 2.Kiçik güclü transformatoru təmirdən sonra yoxlama sınaqlarından keçirməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetrilmə metodikası

Təmirdən çıxan hər bir transformator yoxlama sınağından keçməlidir. Sınaqdan əvvəl transformator xarici baxışdan keçirilir və dolaqların düzgün yığılmasına nəzarət olunur.

Xarici baxış zamanı transformatorun dolaqlarının izolyasiya olunması keyfiyyəti diqqətlə yoxlanılır, çıxış uclarının sıxac lövhəsinə bağlanması və işarə olunması nəzərdən keçirilir. Xarici baxış prosesində transformatorun maqnit nüvəsinin ümumi vəziyyəti, vərəqələrin düz yığılması, şıxıcı şpilkaların izolyasiya olunma keyfiyyəti və polad vərəqələrin səxəlməsinin keyfiyyəti yoxlanılır.

Mövcud standartlara əsasən kiçik güclü transformator təmirdən sonra aşağıdakı həcmdə yoxlama sınaqlarından keçrilməlidirlər:

- 1) bütün çıxışlarda transformasiya əmsalının yoxlanılması.
- 2) dolağın izolyasiya müqavimətinin ölçülməsi.

- 3) sabit cərəyanla dolaqların məftillərinin müqavimətinin ölçülməsi.
- 4) dolaq izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınağı.
- 5) transformatorun yüksüz işləmə itkilərinin və cərəyanının ölçülməsi.
- 6) transformatorun qısa qapanma gərginliyinin və itkisinin ölçülməsi.

1. Hər hansı transformatorada **transformasiya əmsalı** bütün çıxışlarda birinci və ikinci tərəf gərginliklərini ölçməklə aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur

$$k_{öl} = \frac{U_{Y.G.}}{U_{A.G.}},$$

burada $U_{Y.G.}$ və $U_{A.G.}$ – ölçülmüş gərginliklərdir.

Mövcud standartlara görə kiçik güclü transformatorun ölçülmüş transformasiya əmsalı hesabat qiymətindən $\pm 0,5...+1$ qədər fərqlənə bilər. Transformasiya əmsalının hesabat qiymətini tapmaq üçün onun pasportundakı gərginliklərin qiymətindən istifadə edilir

$$k_{hes} = \frac{U'_{Y.G.}}{U'_{A.G.}},$$

burada $U'_{Y.G.}$ və $U'_{A.G.}$ - transformatorun çıxışlarında (pasportunda) göstərilən 1-ci və 2-ci dolaq gərginlikləridir.

Transformasiya əmsalının hesabat və pasport qiymətinə uyğun mütləq fərqi tapırlar

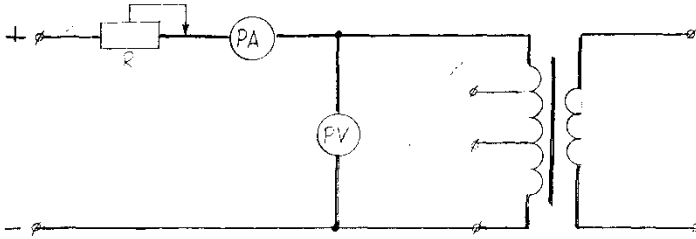
$$\Delta k = k_{öl} - k_{hes};$$

Faizlə ifadə

$$\Delta k\% = \frac{\Delta k \cdot 100}{k_{hes}} \leq 0,5...1\%.$$

2. Transformator dolaqlarında *izolyasiya müqaviməti* gevdayə görə gərginliyi 500V-a qədər olan meqommetrlə yoxlanılmalıdır. Ölçülmüş qiymət əvvəlki nəticələri ilə müqayisə edilir. İzolyasiya müqavimətinin minimum qiyməti *5MOM*-dan az olmamalıdır. İstismar müddətində isə soyuq halda ölçülmüş dolaq izolyasiyasının qiyməti *1MOM*-dan aşağı olmamalıdır.

3. *Sabit cərəyanla hər bir dolağın bütün çıxışlarındakı müqavimətləri* soyuq halda (20...25°C) ampermetr və voltmetrdən istifadə etməklə yoxlanılır.



Şəkil 1. Sınaq stendinin elektrik sxemi

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1}, \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}, \quad R_3 = \frac{U_3}{I_3},$$

$$R_{or} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}.$$

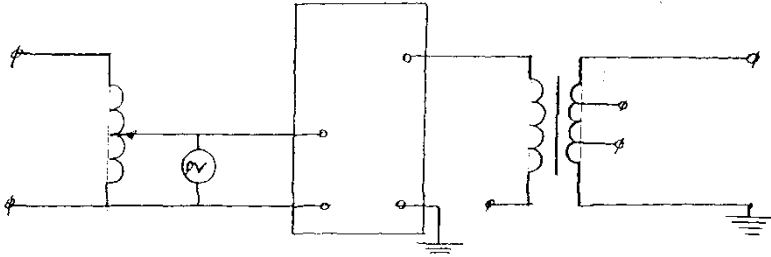
Hesablanmış müqavimətlər transformatorun texniki sənədlərindəki müqavimətlərlə müqayisə edilir. Belə ki, transformatorun dolaqlarının ölçülmüş müqaviməti onun texniki sənədlərində göstərilən müvafiq müqavimətlərdən $\pm 2\%$ çox fərqlənməməlidir. Müqavimətin mütləq fərqi

$$\Delta R = R_{or} - R_{t.g.}$$

Faizlə fərq

$$\Delta R\% = \frac{\Delta R \cdot 100}{R_{t.g}} \leq 2\%$$

4. Dolaq izolyasiyasının elektrik möhkəmliyinin sınağı bir fazlı kiçik güclü transformatorlarda sınaq gərginliyi verməklə gevde və dolaq arasındakı izolyasiyanın yoxlamaq məqsədilə aşağıdakı sxem üzrə aparılır.



Şəkil 2. Sınaq stendinin elektrik sxemi

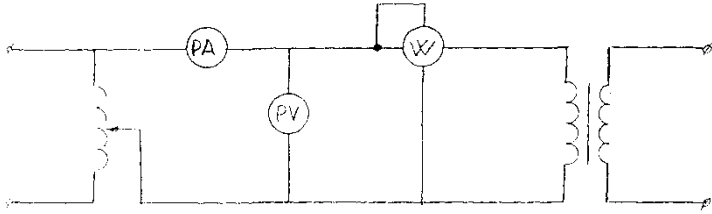
Sınaq müddəti I dəqiqə hesab olunur. Sınaq gərginliyi aşağıdakı ifadədən tapılır

$$U_{sin} = 2U_n + 1000,$$

burada U_n – transformatorun sınaq aparılan dolağının nominal gərginliyidir.

Sınağın nəticəsi o halda müsbət hesab olunur ki, sınaq prosesində cihazların göstərişi kəskin dəyişməsin, qapanma baş verməsin.

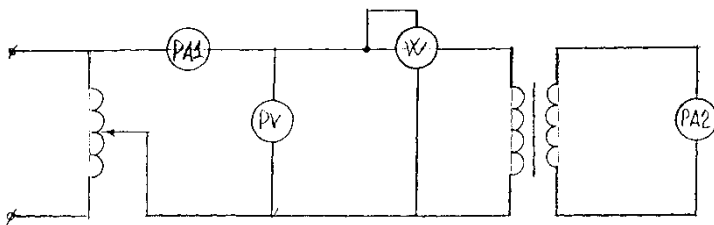
5. Yüksüz işləmə cərəyanı və itkisi transformatorun yüksüz işləmə sınağına əsasən aşağıdakı sxem üzrə aparılır.



Şəkil 3. Sınaq stendinin elektrik sxemi

Nominal gərginlikdə birinci tərəfdə cərəyan və vatmetrin göstərişinə uyğun güc müvafiq olaraq verilən transformatorun yüksüz işləmə cərəyanı və itkisi hesab olunur. Ölçünün nəticəsi o zaman kafi hesab olunur ki, cərəyanın ölçülmüş qiyməti onun normalaşdırılmış qiymətindən 30%-dən çox olmasın, itki isə normalaşdırılmış qiymətindən 15%-dən çox olmamalıdır. Əks halda belə hesab olunur ki, sarğıların sayı və ya en kəsiyi düzgün qəbul olunmayıb.

6. Qısa qapanma sınağında transformatorun 2-ci tərəfi qısa qapanır, 1-ci tərəfə voltmetr, vatmetr və ampermetr, 2-ci tərəfə isə ampermetr qoşulur. Gərginlik minimum qiymətdən yavaş-yavaş qaldırılaraq ampermetrlərdə nominal cərəyanlar alınana qədər davam etdirilir. 1-ci və 2-ci tərəfdən nominal cərəyanlar müşahidə olunmasına uyğun gələn 1-ci tərəf gərginliyi qısa qapanma gərginliyi, vatmetrin göstərişi isə qısa qapanma itkisi kimi qəbul olunur. Sınağın aparılma sxemi aşağıdakı kimidir



Şəkil 4. Sınaq stendinin elektrik sxemi

Standarta görə qısa qapanma gərginliyi və itkisinin nominaldan $\pm 10\%$ -dən çox fərqlənməməlidir.

Hesabatın məzmunu

1.Sınaqdan keçirilən transformatorun xarəcdən baxış nəticələrini, sınaqların sxemlərini və hesabat nəticələrini ətraflı olaraq yazıb hazırlamalı.

Laboratoriya işi 8

Dəyişən cərəyan maşınlarının dolaqları və onların birləşmə sxemləri

İşin məqsədi. Üçfazlı və birfazlı dəyişən cərəyan maşınlarının müxtəlif tipli dolaqlarının sxemlərinin birləşmə metodikasını mənimsəmək: konsentrik, zəncirvari, ikiqat.

İşin yerinə yetrilmə planı

1. Dolağın konstruksiyasına əsasən bir qütbə və fazaya düşən yuvalar sayını (q) təyin etməli.

2. Dolağın tipini təyin etməli.

3. Yuvalar sayını hesablamalı.

4. Dolaq addımını təyin etməli.

5. Üç üsulla qütblər sayını təyin etməli.

6. Katuska (qarqara) qruplarını kontrol (yoxlama) lampasının köməyi ilə hər bir ayrıca makara qrupunun başlanğıc və sonunu təyin etməli, onların makara qrupları arasında bir-birinə və gevdəyə qapanmasının olmadığını yoxlamalı.

7. Dolaq sxemini çəkməli.

8. Birinci fazın makara qruplarını təyin etməli, onları öz aralarında ardıcıl birləşdirməli. Analoji olaraq, digər iki fazları da birləşdirməli.

9. Faz dolaqlarını ulduz, sonra isə üçbucaq birləşdirərək alçaq gərginlik şəbəkəsinə qoşmalı ($U = 110V$) və fırlanan maqnit sahəsinin olmasını yoxlamalı.

10. Müəyyən zaman anı üçün dolağın maqnit hərəkət qüvvəsinin (MHQ) əyrisini çəkməli.

11. Əvvəlki qütblər sayını saxlamaqla, sxemi iki paralel budaqda bağlamalı (əgər bu mümkündürsə) və sxemi çəkməli.

12. Sxemi digər qütblər sayına qoşmalı (konsentrik dolaqda yarımfazda cərəyanın istiqamətini dəyişmək yolu ilə, ikiqat dolaqda yanaşı qrupları birləşdirmək yolu ilə) sxemi və maqnit hərəkət qüvvəsinin əyrisini çəkməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

Yuvaların sayı ilə ifadə olunmuş, qütb bölgüsünü, ifadə ilə təyin edirlər

$$\tau = \frac{z}{2p},$$

burada z – stator (rotor) yuvalarının sayıdır;
 $2p$ – maşının qütblər sayıdır.

Eyni bir katuskada (makara) aktiv tərəfləri arasındakı məsafəni dolağın addımı y adlandırırlar. Addımı yuvaların sayı, xətti vahidlər, bucaq vahidləri və qütb bölgüsünün hissələri ilə ölçürlər. Dolağın addımı diametral addımlı dolaqlarda qütb bölgüsünə bərabər ($y = \tau$) və ya gedişli və ya qısaldılmış addımlı dolaqlarda qütb bölgüsündə bir qədər az ($y < \tau$) ola bilər.

Bir qütblər cütü almaq üçün fazaya bir makaranın olması kifayətdir. Belə dolaq mərkəzləşdirilmiş adlanır.

Sarğılar sayı çox olduqda konstruktiv olaraq, onları iki yuvaya yerləşdirmək çətin olur. Ondan başqa, bu dolağın EHQ və MHQ əyriləri kəskin təzahür edən harmoniklərdən təhrif oluna bilərlər.

Bu çatışmazlıqları aradan qaldırmaq, maşının qabaritini və onun qızma dərəcəsini kiçiltmək üçün dəyişən cərəyan maşınlarının dolaqlarını paylanmış yerinə yetirirlər.

Bir qütbün və bir fazın yanaşı yuvalarında yerləşən makaralarını makara qrupunda elə birləşdirirlər ki, makaranın yanaşı duran tərəflərində axan cərəyanın istiqaməti eyni olsun. Əgər stator (rotor) dolağının makara qrupları müxtəlif saylı makaralara malikdirsə, anda eyni olmayan makaralar qrupunun növbələşmə sırasına riayət etmək lazımdır.

Dolağın mühüm nəzəri kəmiyyəti qütbləki və fazdakı yuvalar sayıdır, bu düsturla təyin edilir

$$q = \frac{z}{2pm},$$

burada m – dolağın fazlar sayı (üçfazlı dolaqlar üçün $m = 3$).

Konstruktiv olaraq, q makaralar qrupundakı makaralar sayına bərabərdir.

İkiqat dolaqlarda qütblər və faza düşən yuvalar sayını, stator yuvalarının sayını dolağın makaralar qrupunun sayına bölməklə hesablamaq olar. Birqat dolaqlarda q ən kiçik makara (və ya makaralar qrupu) ilə əhatə olunmuş yuvaların yarısına bərabərdir.

Qütblər sayı müxtəlif olan maşınlar üçün eyni ştampları saxlamaq və ya EHQ-nin əyrisini yaxşılaşdırmaq istəyi, ikiqat dolaqlarda kəsrlili q tətbiq etməyə gətirib çıxarır. Bu dolaqlarda makara qrupları müxtəlif sayılı makaralar vardır: böyük və kiçik makara qrupları. Böyük qruplarda makaraların sayı, kiçiklərə nisbətən bir ədəd çoxdur.

Kəsrlili dolaqlarda q -nü təyin etmək üçün qrupların növbələşməsini müəyyən etmək lazımdır. Növbələşmə adı altında böyük və kiçik makara qruplarının ən az sayının müəyyən uyğunluğu, bütün dolaqda tam ədəd dəfə yerləşməsini başa düşürlər. Q -nü təyin etmək üçün bir növbələşmədəki yuvaların sayını tapmaq və onu bu növbələşmədəki makara qrupunun sayına bölmək vacibdir. Kiçik makara qrupundakı makaralar sayı kəsrlili q -nün tam hissəsini verir; böyük makara qrupunun sayı bir

növbələşmədə düzgün kəsrin surətinə bərabərdir, kəsrin məxrəci isə bu növbələşmədəki makaralar qrupunun sayına bərabərdir.

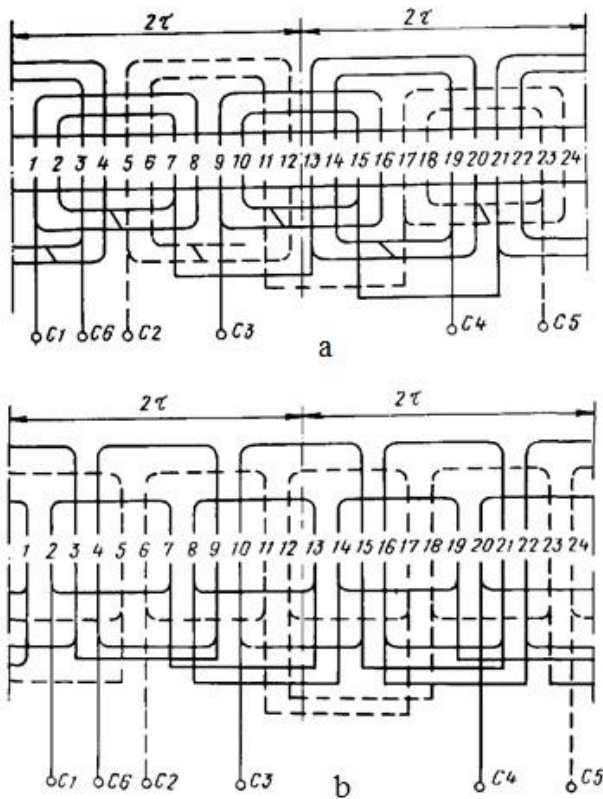
Məsələn, böyük və kiçik makara qrupunun 2, 3, 2, 3, 2 şəkilli növbələşməsində üç kiçik (iki makaraya malik) və iki böyük qrup vardır; növbələşmədə qrupların sayı beşə bərabərdir. Beləliklə, bir qütbə və faza düşən yuvaların sayı

$$q = 2\frac{2}{5} .$$

Maşının qütbünün eni $3q$ -yə və ya 180 elektrik bucağına, və ya qütb bölgüsünə (qısaldılmış addımlı dolaqlar üçün qütbün eni dolağın addımından bir qədər artıqdır) bərabərdir.

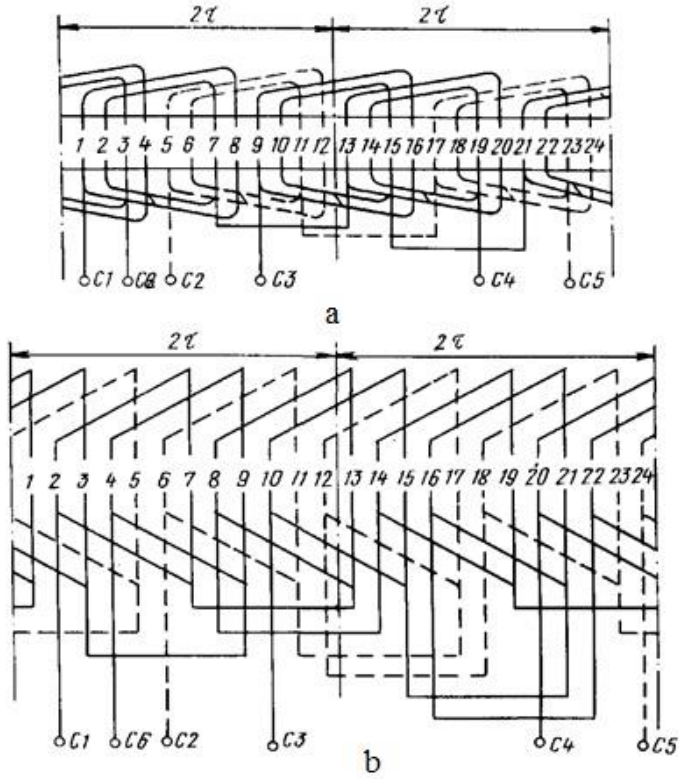
Makaranın statorun (rotorun) yuvalarında yerləşmə üsuluna görə dolaqları birqat və ikiqatlılara bölürlər.

Birqat konsentrik dolaqları ikimüstəvili (şəkil 1, a) və üçmüstəvili “yayılmış” lara (şəkil 1, b) bölürlər. Üçmüstəvili dolaqlarda yuvalardan çıxan makaralar qrupunun makaralarının yarısı bir tərəfə əyilirlər, makaraların digər hissəsi isə - əks tərəfə. İki müstəvili dolaqlarda makaraların tərəfləri arasındakı məsafə müxtəlifdir: onlardan biri qütb bölgüsündən böyükdür, digəri – kiçikdir. Üç müstəvili dolaqlarda makaraların aktiv tərəfləri arasındakı məsafə qütb bölgüsündən azdır.



Şəkil 1. Birqat konsentrik dolaqların sxemləri:
a – ikimüstəvili dolaqlar; b – üçmüstəvili “yayılmış” dolaqlar.

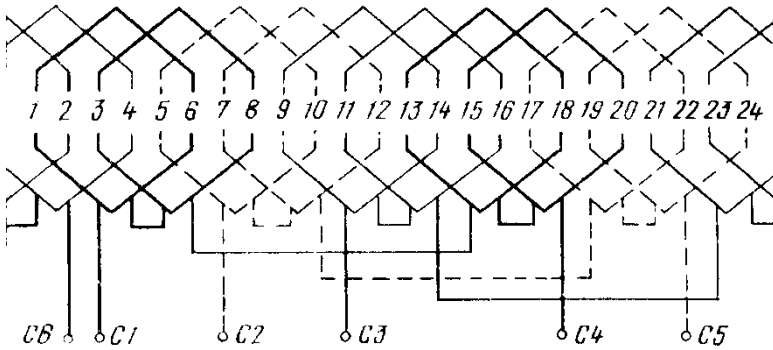
Zəncirvari (şəkil 2, a) və zəncirvari “yayılmış” (şəkil 2, b) birqat dolaqlar makara qruplarından eyni ölçüyə malikdirlər ki, bu da eyni parametrlı paralel faz budaqları yaratmağa imkan verir. Alın hissəsində onlar kiçik çıxıntıya və səmərəli soyutmaya malik olurlar.



Şəkil 2. Birqat dolaqların sxemləri:
a – zəncirvari dolağın; *b* – zəncirvari “yayılmış” dolağın.

Çox nadir hallarda, birqat dolaqların adı çəkilən tiplərindən başqa, arası kəsilən faz zonalı birqat dolaqlar (evolvent tipli dolaqlar) tətbiq olunurlar (şəkil 3), hansılarda ki, bir fazadakı makaraların aktiv tərəfləri hər bir qütb altında yanaşı deyil, digər fazalara məxsus makaraların aktiv tərəflərinin aralığında yerləşir. Belə dolaqları yerinə yetirmək üçün qısaltılmış addım tək ədədə

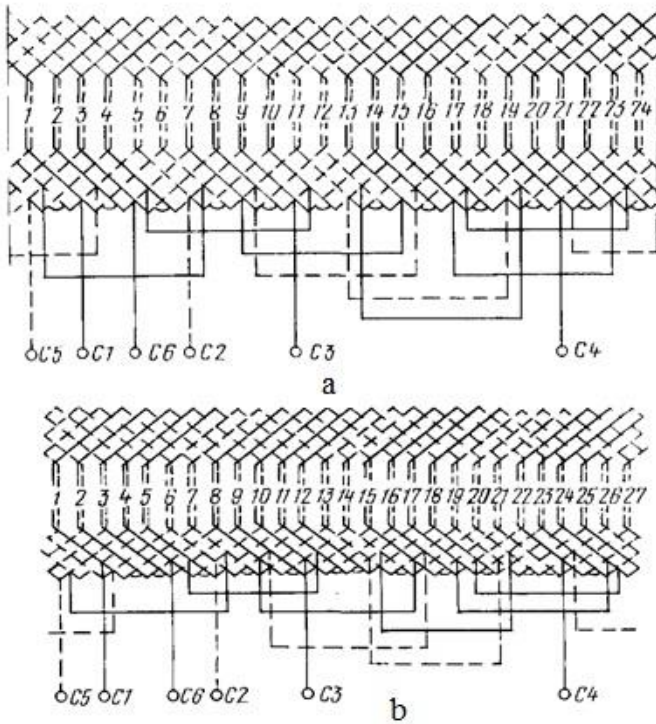
bərabər olmalıdır. Belə dolaqlarda bütün makaralar eyni ölçülü və formalıdır, makaraların aktiv tərəfləri arasındakı məsafə, elektrik xüsusiyyətləri nöqtəyi-nəzərinə, dolağın addımına bərabərdir, daha doğrusu, bu dolaqlar addımın həqiqi qısaltılmasına malikdir.



Şəkil 3. Arasıkəsilmən zonalı birqat dolaq.

İkiqat dolaqlar (şəkil 4, a, b) elə yerinə yetirilmişlər ki, bir yuvaya müxtəlif makaralara aid iki tərəf yerləşdirilmişdir. Onlar diametral (hər bir yuvada dolağın hər iki qatı eyni bir fazın makaralarına aid olur) və qısaltılmış (bəzi yuvalarda müxtəlif faz makaralarının tərəfləri yerləşir) addımlarla olurlar. Qatlar arasında qapanmanı aradan qaldırmaq üçün onların arasına izolyasiyanın qoyulmasının vacibliyi yuvanın dolaqla dolma əmsalının bir qədər azalmasına səbəb olur. Dolağın üstün cəhətinə bütün makaraların eyni ölçüdə olmasını, fazda mümkün maksimal sayda paralel budaqların alınmasını, EHQ əyrisinin formasını yaxşılaşdırmaq üçün dolağın addımının qısaltılmasının mümkünlüyünü aid etmək lazımdır.

Dolaq həmişə elə sayda makara qrupuna malik olur ki, onları üç faz arasında bərabər bölmək olar. Bir fazın makaralar qrupları yanaşı deyil, $2q$ -dən sonrakı yuvalarda yerləşirlər. Makara qruplarının fazda birləşmə prinsipi maşının qütblərinin düzgün növbələşməsinə əsaslanır.



Şəkil 4. İkiqat dolaqların sxemləri:

a – qütbdə və fazda yuvaların tam sayı ilə; *b* – qütbdə və fazda yuvaların kəsr sayı ilə

İkiqat dolaqlarda makara qruplarını fazda elə birləşdirirlər ki, bir yuvadakı fazın yuxarı və aşağı (üst və alt) qatlarında cərəyanın istiqaməti eyni olsun. “Yayılmış” dolaqlarda cərəyanın istiqaməti fazın q yuvasında eyni

olmalıdır. Bu şərti yerinə yetirmək üçün ardıcıl qoşma zamanı bu dolaqların makara qruplarını bu şəkildə birləşdirirlər: son sonla, başlanğıc başlanğıcla.

İkimüstəvili və zəncirvari dolaqlarda əvvəlki makara qrupunun sonunu növbətinin başlanğıcına birləşdirirlər və b.d.

Bütün üç fazın başlanğıcları öz aralarında 120 elektrik dərəcəsi sürüşdürülməlidirlər (həmçinin, necə ki, onların sonları) və mümkün qədər maşının gövdəsindən çıxma yerinə yaxın yerləşdirilməlidirlər. Birinci fazın başlanğıcı istənilən makara qrupunda götürülür. Makara qrupu qütb bölgüsünü 180 elektrik dərəcəsinə bərabər əhatə edir, qütbün yaradılmasında isə fazların üçü də iştirak edir. Buna görə hər qütb $3q$ -yə bərabər yuvalar sayı ilə yaradılır, bu isə o deməkdir ki, faz q zonası 60 elektrik dərəcəsi təşkil edir.

Fazlar arasında 120 elektrik dərəcəsi sürüşmə olmaq üçün fazın başlanğıcını birinci fazın başlanğıcından, ilkini daxil etməklə, $2q$ -dən sonra yerləşmiş makara qrupunda götürmək vacibdir. Bu məsələnisə yuva bucağının köməyi ilə həll etmək mümkündür ki, onu da bu düsturla təyin edirlər

$$\alpha = \frac{360p}{z} = \frac{180}{3q}.$$

Onda ikinci fazın başlanğıcı, ilkini daxil etməklə, $z_B = 120/\alpha$ yuvalar sayından sonra, üçüncü fazın başlanğıcı isə birinci fazın başlanğıcından $z_C = 2 \cdot 120/\alpha$ yuva sonra yerləşəcəkdir. Rotor dolaqlarından fazların başlanğıcları 120 həndəsi dərəcədən sonra yerləşirlər.

Maşının qütblər sayı dolağın konstruktiv yerinə yetirilməsinə ciddi uyğundur, buna görə də onu aşağıdakı üç üsulla təyin etmək olar:

qütbədə və faza olan yuvaların sayı üzrə - cüt tam ədəd

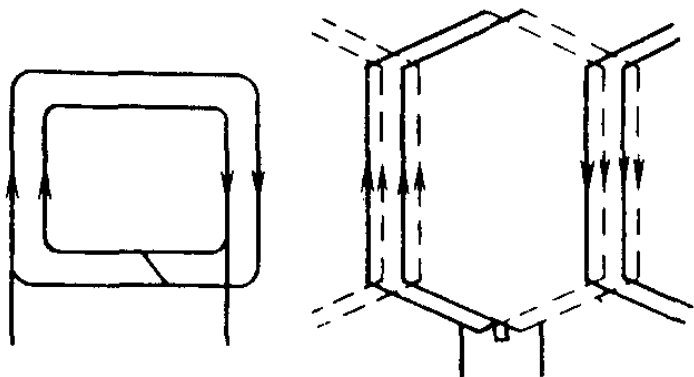
$$2p = \frac{z}{qm}$$

Makara qruplarının sayı k üzrə. İki müstəvili və zəncirvari birqat dolaqlarda bir makara qrupu bir cüt qütblərin yaranmasında iştirak edir (şək. 5), onda

$$2p = \frac{2k}{m} .$$

İkiqat dolaqlarda həmin yuvalardaca iki dəfə çox makara tərəfi yerləşdirirlər, elə buna görə o qütb cütünün yaranmasında makaraların ikiqat çox aktiv tərəfi iştirak edir (şək. 5)

$$2p = \frac{k}{m}$$



Şəkil 5. Birqat və ikiqat dolaqların makaralar qrupları.

Belə ifadə üzrə “yayılmış” dolaqlarda da qütblər sayını təyin edirlər, hansılarda ki, k – yarımqrupların sayıdır.

Əgər makara makaralar qrupuna birləşdirilməmişsə, onda qütblər sayını yuvalar sayı və addım üzrə təyin edirlər – tam cüt ədəd

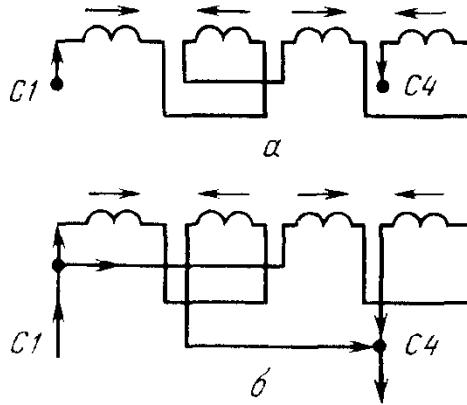
$$2p = \frac{\beta z}{y}$$

Burada $\beta = \frac{y}{\tau}$ – nisbi addımdır, birqat dolaqlar üçün vahidə bərabərdir və ikiqat dolaqlar üçün 0,7 ... 0,9-dur.

Məsələn, ikiqat dolaqlı statorda $z=54, y=7$: $2p = 0,8 \cdot 54/7 = 6,2$, d.d. dolaqda 6 qütb vardır.

Hər fazın makaralar qrupunu lazım gəldikdə, qütblərin əvvəlki sayını saxlamaqla, bir neçə paralel budaqlarda birləşdirmək mümkündür. Şəkil 6, a, b-də ikiqat dolağın

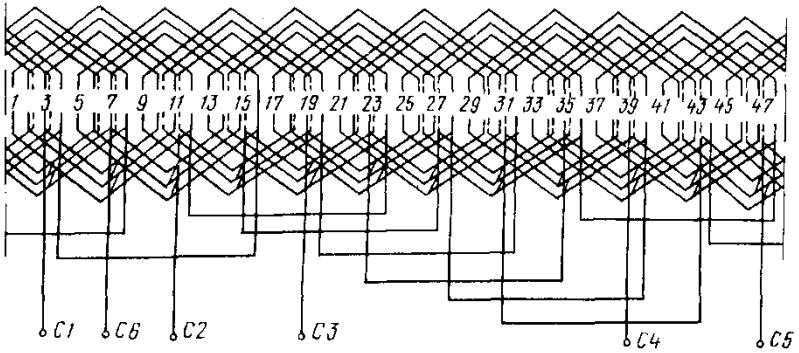
bir fazının bir və iki paralel budaqda birləşməsində sadələşdirilmiş sxemləri göstərilmişdir.



Şəkil 6. İkiqat dolağın bir fazının bir (a) və iki (b) paralel budaqda sadələşdirilmiş sxemləri.

İkiqat və “yayılmış” dolaqlarda fazdakı paralel budaqların maksimal sayı qütblər sayına bərabərdir, digər birqat dolaqlarda budaqların sayı qütblər cütünün sayına bərabərdir. Paralel budaqlar eyni ölçülü bərabər sayılı makaralar qrupuna malik olmalıdırlar.

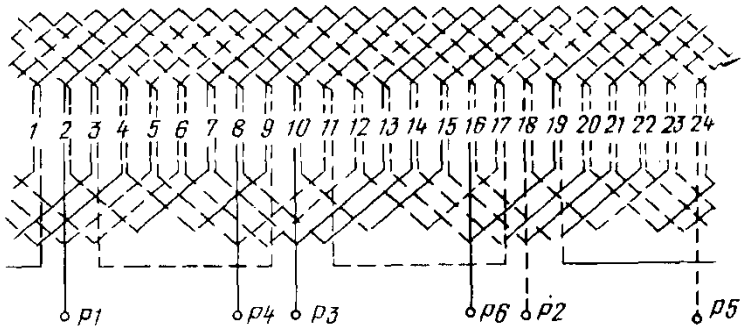
Bir-ikiqat konsentrik dolaqlar 4A seriyalı mühərriklərin statoruna mexanikləşdirilmiş yerləşdirmə üçün nəzərdə tutulmuşlar. Belə dolaqlar $q > 2$ olduğu zaman tətbiq oluna bilərlər. Dörd qütbə bir-ikiqat dolağın sxemi şəkil 7-də təqdim edilmişdir. Dolağın hər makara qrupu bir böyük və iki kiçik makaradan ibarətdir. Kiçik makaralar iki dəfə az sarğılar sayına malikdirlər və onların aktiv tərəfləri yuvanın yarısını tuturlar. Dolaqları “addımı qaldırmadan” dörd əməliyyata yerləşdirirlər.



Şəkil 7. Bir – ikiqat konsentrik və simmetrik dolağın sxemi
($m = 3, 2p = 4, z = 48$).

Əllə doldurma zamanı ikiqat dolaq əvəzinə bir-ikiqat dolağın tətbiq olunması məqsədyönlü deyil, belə ki, daha mürəkkəb dolama şablonları tələb edir və çox əmək tutumludur.

Rotorun faz dolaqlarını makaralılara və çubuqlulara bölürlər. Makaralı dolaqlar konsentrik stator dolaqlarından heç nə ilə fərqlənmirlər. Çubuqlu dolaqları həmişə ikiqat, dalğavari tipli yerinə yetirirlər. Yuvalara onları çubuq şəklində yerləşdirirlər, hansıları ki, makara qrupları almaq üçün öz aralarında xamutcuqlarla birləşdirirlər (şə. 8).



Şəkil 8. Rotorun çubuqlu dalğavari dolağının sxemi.

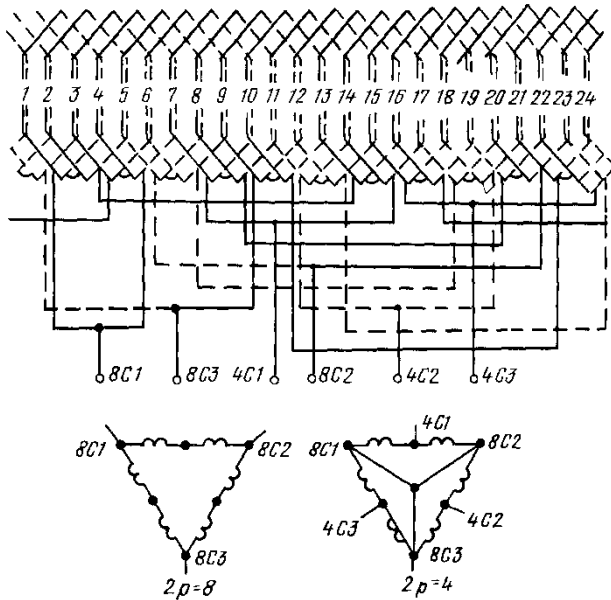
Dalğavari çubuqlu dolaqların adi dolaqlara nisbətən əsas üstünlüyü makara qrupları arasında birləşdirici naqillərin az miqdarda olmasıdır ki, böyük en kəsikli mis dolaqlarda böyük əhəmiyyətə malikdir.

Bu dolaqların xarakterik xüsusiyyəti aşağıdakılardan ibarətdir:

- qütbə və faza lazımı sayda yuva əldə etmək üçün yanaşı duran makaraları deyil, bir-birindən qütb bölgüsü qədər aralı duranları birləşdirirlər;
- statorun yonulması (boşluğu) üzrə hər fazda $2p$ dövrələmə vardır, onların yarısını sağa edirlər, yarısını isə - sola;
- növbəti dövrələmənin başlanğıcı əvvəlkinin sonundan qütb bölgüsü məsafəsində deyil, ondan bir vahid az ($\tau - l$) məsafədə durur, başqa sözlə, birinci dövrələmədə dolaq özü özünə qapanır;
- fırlanan rotorun yaxşı tarazlaşması üçün dolağın faz başlanğıcları bir-birindən 120 həndəsi dərəcə aralı durmalıdırlar.

Çox sürətli dolaqlardan ən çox yayılanı bir dolaqlılıdır, hansılar ki, müxtəlif qütblər sayına keçirilirlər. Çox sürətli dolaqları əksər hallarda ikiqat hazırlayırlar. İki sürətdə təxminən eyni dolaq əmsalı almaq üçün kiçik saylı qütblər cütü üçün çox qısaldılmış və çox qütblər üçün üzadılmış dolaq addımı qəbul edirlər. Kiçik qütblər sayı zamanı fazaların başlanğıcları 120 elektrik dərəcəsi sürüşməsinə malik olmalıdırlar. Dolaqların ən

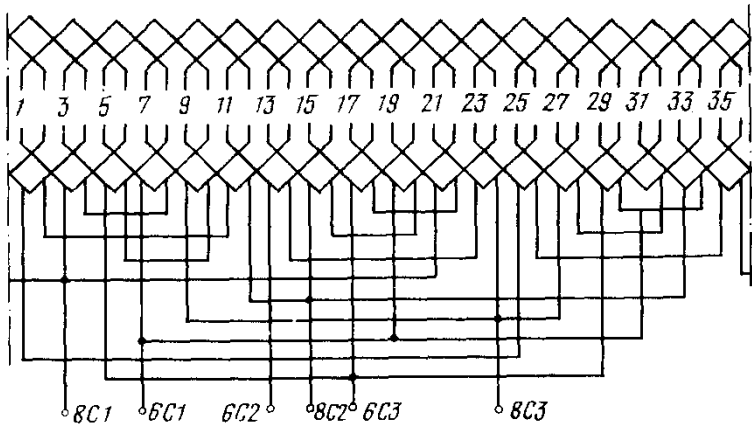
sadə çevrilmə (dəyişdirilmə) sxemi qütblər sayının 2 dəfə dəyişdirilməsi zamanı alınır. Şəkil 9-da altı çıxış ucları olan iki sürətli dolağın açılış sxemi göstərilmişdir. Dolağı üçbucaq birləşdirərək, $2p = 8$ alırıq, lakin yarım fazlarda cərəyanın istiqamətini dəyişərək, daha doğrusu, dolağı ikiqat ulduz birləşdirərək, $2p = 4$ alırıq. Qeyd etmək lazımdır ki, çoxsürətli dolaqlarla mühərriklər standart gərginliklərin birinə hazırlanırlar.



Şəkil 9. İki sürətli mühərrikin stator dolağının sxemi.

4A seriyalı iki sürətli asinxron mühərriklərində üç sıfır nöqtəsi olan qütbə çevrilən dolaqlar tətbiq edirlər. Bu dolaqlar qütblər sayını 1 : 2-yə bərabər olmayan nisbətə dəyişməyə imkan verir. Şəkil 10-da qütblər sayı 8 : 6 nisbətində dəyişdirilən dolağın açılış sxemi verilmişdir.

Dolağın sxemində çıxışların işarəsindəki birinci rəqəm qütblər sayına uyğun gəlir.



Şəkil 10. Üç sıfır nöqtəsi olan qütblə-dəyişdirilən birqat dolağın sxemi ($m=3, 2p=8/6, y=5, a=3$).

Praktikada statoru sadə, bir sürətli dolağa malik olan asinxron mühərrikin sürətinin dəyişdirilməsinin vacibliyi meydana çıxır. Birqat (ikimüstəvili və zəncirvari) və ikiqat dolaqlarda maqnit sahəsinin qütblər sayını ikiqat azaltmaq mümkündür. Aydınır ki, qütblər sayını ikiqat azaltmaq yalnız o halda mümkündür ki, verilmiş dolaqda cüt qütblər sayı qoşa (cüt) olsun.

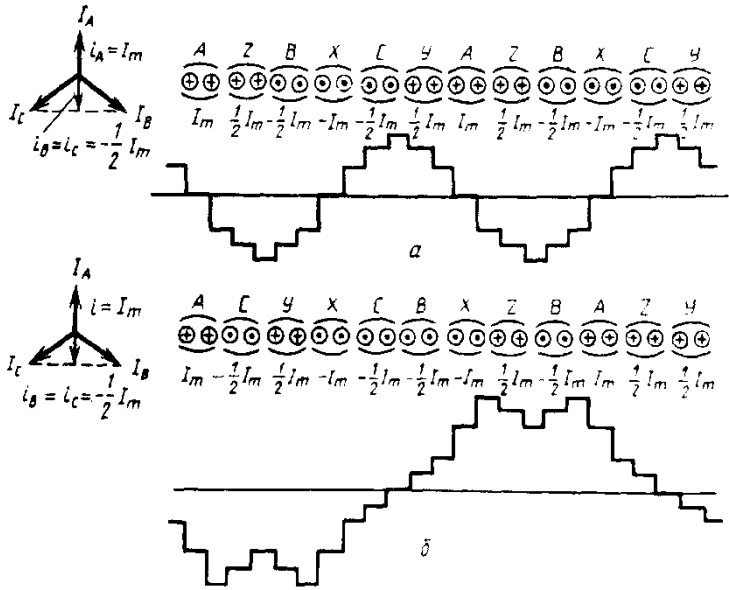
Birqat dolaqlarda qütblər sayının azaldılmasına dörd qonşu qütbün hər birindəki faz yarımhissəsində cərəyanın istiqamətini dəyişməklə nail olmaq olar. İkiqat dolaqlarda bu məqsədə yanaşı duran iki qonşu makara qrupunun ardıcıl birləşdirilməsi yolu ilə çatmaq olar; bunun nəticəsində qütbədə və fazda yuvalar sayı artır, makara qruplarının sayı isə azalır. Yenidən əldə edilmiş makara

qruplarını faza, adi ikiqat dolağı bağladıkları üsulla, bağlayırlar. Belə ki, çevirmə zamanı diş bölgüsünün dərəcə ifadəsi dəyişir, fazın başlanğıcı uyğun olaraq başqa makara qrupuna ötürülür ki, 120 elektrik dərəcəsində sürüşmə alınsın.

Əhəmiyyətli qısaltılmış addımlı ikiqat dolağı böyük qütblər sayına keçirmək olar. Keçirmə həm qütblər sayının iki dəfə böyüklüyünə, həm də yaxın böyüyə mümkündür. Çevirməni makara qruplarını iki hissəyə kəsmək və onları adi üsulla yeni qütblər sayında birləşdirmək və ya yeni qütblər sayında 120^0 -lik faz zonası yaratmaq ilə həyata keçirmək olar.

Adi birqat, həmçinin də ikiqat dolaqları 120^0 -lik zonaların yaradılması yolu ilə başqa fırlanma tezliyinə yenidən qoşulması maqnit sahəsi əyrisinin əhəmiyyətli təhrif olunmasına gətirib çıxarır. Birqat dolaqlarda yeddinci harmonik sahə kəskin ortaya çıxır ki, işə buraxma zamanı fırlanma tezliyinin $1/7$ hissəsində ilişməyə gətirir. İkiqat dolaqlarda çevirmədən sonra işə buraxmada nəzərə çarpacaq mürəkkəbləşmə baş vermir. Dolaqlar yenidən qoşulduqdan sonra mühərriklər işləməlidirlər, bir qayda olaraq, başqa (azaldılmış) gərginlikdə. Energetik göstəricilər – mühərrikin $F\dot{I}\Theta$ və güc əmsalı – yüksək səviyyədə saxlanılır. Mühərrikin gücü, gərginliyə nisbətən, az miqdarda azalır.

Fazlardan hər hansı birinin cərəyanının qiyməti ilə təyin edilən MHQ-nin əyrisini, zamanın istənilən anı üçün qururlar. Əyrilərin qoşulması zamanı dolağın köndələnində sxemindən istifadə etmək məqsəduyğundur, hansında ki, fazlar üzrə cərəyanın paylanmasını göstərmək lazımdır (şək. 11, a, b).



Şəkil 11. Cərəyanların vektor diaqramı, birqat dolağın köndələninə sxemi və MHQ-nin əyrisi:
a – yenidən qoşulana qədər ($2p=4$);
b – yenidən qoşulandan sonra ($2p=2$).

Faz cərəyanının ani qiyməti kimi fırlanan cərəyan vektorunun şaquli ox üzərinə proyeksiyasını götürürlər. Bəli, qəbul olunmuş zaman anı üçün *A* fazındakı cərəyan maksimaldır I_m və müsbətdir, *B* və *C* fazlarında isə mənfidir və maksimal qiymətin yarısına bərabərdir. Cərəyanın müsbət qiyməti onun faz boyunca onun başlanğıcından sonuna tərəf axdığını göstərir, mənfi qiyməti isə - cərəyanın fazın sonundan başlanğıcına tərəf axdığını.

Qurma üçün MHQ-nə miqyas seçirlər, məsələn 1sm makaranın maksimal cərəyanla axrı olan aktiv tərəfinin

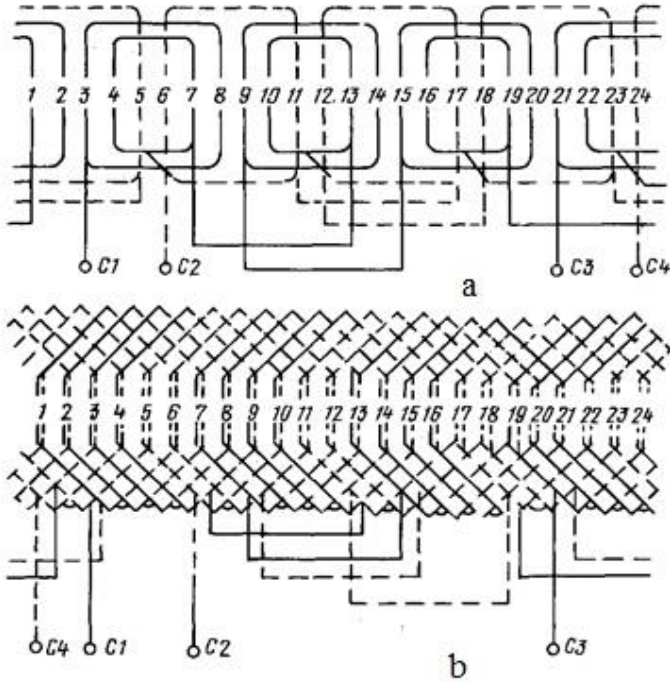
ampernaqillərinə uyğun gəlir. Həmçinin, güman edirlər ki, MHQ yuva altında bu yuva ampernaqillərin qiymətində pilləli dəyişir, həm də maqnitləşdirici qüvvə cərəyanının müsbət işarəsində aşağı, əgər cərəyan nöqtə işarəsində olarsa yuxarı atılır. Şəkil 11-də dolağın yenidən qoşulmasına qədər və ondan sonra MHQ-nin əyrilərinin qurulması göstərilmişdir.

Birfazlı asinxron mühərriklərdə, hansıların ki, işləmə rejimində bir dolaq istifadə edilir, işçi dolaq stator yuvalarının $2/3$ sayını tutur, qalan hissə isə işə salma dolağı ilə tutulmuşdur, hansı ki, yalnız işə salma vaxtı istifadə olunur. Mühərrik yürüş aldıqdan sonra işə buraxma dolağını açırlar. İşçi və işə buraxıcı dolaqların qütbə və faza düşən yuvalarının sayını aşağıdakı düsturla təyin edirlər:

$$q_i = \frac{z}{3p},$$

$$q_b = \frac{z}{6p}.$$

Bir fazlı dolaqların açılış sxemləri şəkil 12, a, b-də göstərilmişdir.

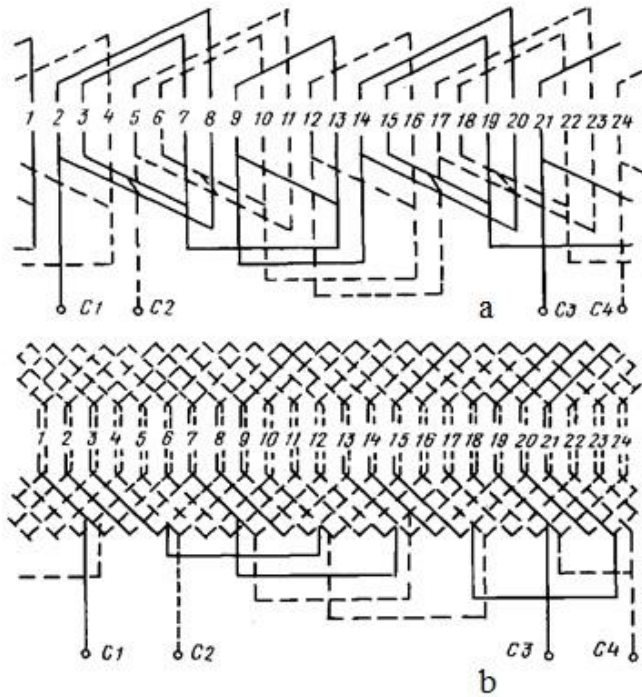


Şəkil 12. İşə buraxıcı fazla birfazlı mühərrikin stator dolağının sxemi:
a – birqat; *b* – ikiqat.

Birfazlı kondensatorlu mühərriklərdə işdə eyni zamanda dolağın iki fazı iştirak edir, hansılar Kİ, artıq bərabər sayda stator yuvalarını tuturlar. Kondensatorlu mühərriklərdə qütbə və faza düşən yuvalar sayını aşağıdakı düsturla hesablayırlar:

$$q = \frac{z}{4p}.$$

Belə mühərriklərin dolaqlarının açılış sxemi şəkil 13, a, b-də göstərilmişdir.



Şəkil 13. Birfazlı kondensatorlu mühərrikin stator dolaqlarının sxemi:
a – birqat; *b* – ikiqat.

Hesabatın məzmunu

1. Hesablamanı və birinci fazda maksimal cərəyan olması zamanı cərəyanların istiqamətinin göstərilməsi ilə çəkilmiş sxemləri təqdim etməli.

2.Qütblərin normal və dəyişdirilmiş sayı zamanı müəyyən zaman anı üçün dolaqlardan birində MHQ-nin paylanması göstərməli.

Yoxlama sualları

- 1.Üçfazlı dolaqların əsas növlərini söyləyin.*
- 2.Qütbdəki və fazdakı yuvalar sayı nədir ? Onun təyin olunma üsullarını sayın.*
- 3.Dolağın addımı nəyə deyilir ?*
- 4.Makara və makara qrupu nəyə deyirlər ?*
- 5.Fazda maksimal mümkün olan paralel budaqların sayını nə ilə təyin edirlər ?*
- 6 Birfazlı mühərriklərdəki işçi dolaqla buraxıcının fərqi nədədir ?*

Laboratoriya işi 9

Asinxron mühərriki və transformatorun nominal qiymətlərinin təcrübi olaraq təyini

İşin məqsədi. Asinxron mühərriki və transformatorun nominal qiymətlərinin təcrübi olaraq təyini metodikasının mənimsənilməsi.

İşin yerinə yetrilmə planı

- 1.Stator dolağının müqavimətini ölçməli.
- 2.Mühərrikin yüksüz işləmə təcrübəsini aparmalı və nominal gərginliyi təyin etməli.
- 3.Mühərrikin qısa qapanma təcrübəsini aparmalı.

4.Mühərrikin qızma əyrisinin çıxarılması üzrə təcrübəni aparmalı və onun nominal cərəyanını təyin etməli.

5.Nominal cərəyana və gərginliyə görə mühərrikin tələbat gücünü təyin etməli.

6.Mühərrikin *f.i.ə.*, $\cos\varphi$, nominal gücü və fırlanma tezliyini təyin etməli.

7.Transformatorun yüksüz işləmə təcrübəsini aparmalı və onun nominal gərginliyini təyin etməli.

8.Dolaqların en kəsiklərini ölçməli və transformatorun nominal cərəyanlarını təyin etməli.

9.Transformatorun nominal gücünü təyin etməli.

10.Qısa qapanma təcrübəsini aparmalı və qısa qapanma gərginliyini təyin etməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetrilmə qaydası

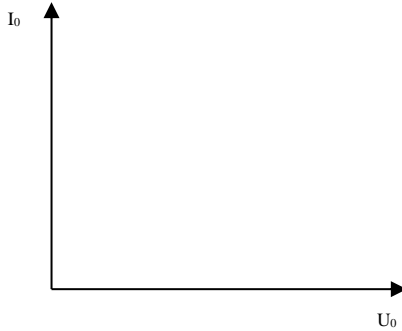
Asinxron mühərrikinin nominal (pasport) qiymətlərinə gərginlik U , cərəyan I , güc P , faydalı iş əmsalı η , güc əmsalı $\cos\varphi$, rotorun fırlanma tezliyi, **transformatorun nominal qiymətlərinə** isə - güc S , gərginliklər U_1 və U_2 , cərəyanlar I_1 və I_2 , qısa qapanma gərginliyi U_k % aiddir. İstismar və təmir praktikasında nominal qiymətləri (pasport göstəriciləri) olmayan mühərrik və transformatorlara rast gəlmək olur. Bu qiymətlər təcrübə yolu ilə təyin oluna bilirlər.

Mühərrikin nominal gərginliyini təyin etmək üçün işçi maşın açılan vəziyyətində olmaqla, yüksüz işləmə xarakteristikasını çıxarmaq üçün sxemi yığmaq lazımdır, nəticələr cədvəl 1-ə yazılır.

Cədvəl 1.

P_o	V_t				
I_o	A				
U_o	V				

Bu qiymətlər əsasında mühərrikin yüksüz işləmə faz cərəyanının I_o verilən gərginlikdən U_o asılılığı, yəni $I_o = f(U_o)$ qurulur. $I_o = f(U_o)$ əyrisinin əyilmə hissəsinin təxmini ortasından gərginlik oxuna endirilən perpendikulyar, təxminən maşının nominal gərginliyinə yaxın qiyməti kəsir. Standart gərginliklər məlum olduğundan, mühərrikin nominal gərginliyini təyin etmək çətinlik törətmir.



Şəkil 1. Mühərrikin yüksüz işləmə faz cərəyanının I_o verilən gərginlikdən U_o asılılığı

Əgər alınan gərginlik nominaldan xeyli fərqlənərsə, o halda mühərrik ya nominal (standart) sürətə hazırlanmayıb, ya da onun nasazlığı var.

Mühərrikin nominal cərəyanını təyin etmək üçün, mühərrikin yüksüz işləmə təcrübəsini aparmaqdan əlavə qısa qapanma təcrübəsini də aparmaq lazımdır və müəyyən

cərəyanda mühərrikin qızma əyrisini çıxarmaq və fazanın aktiv müqavimətini ölçmək lazımdır.

Qısa qapanma təcrübəsini rotorun tormozlanmış vəziyyətində aparmaq lazımdır. Qısa qapanma təcrübəsini aparmaq üçün statorun faza cərəyanının qiyməti bu formula ilə təyin olunur

$$I_k = 2 \cdot I_0.$$

Təcrübənin nəticələri cədvəl 2-yə yazılır.

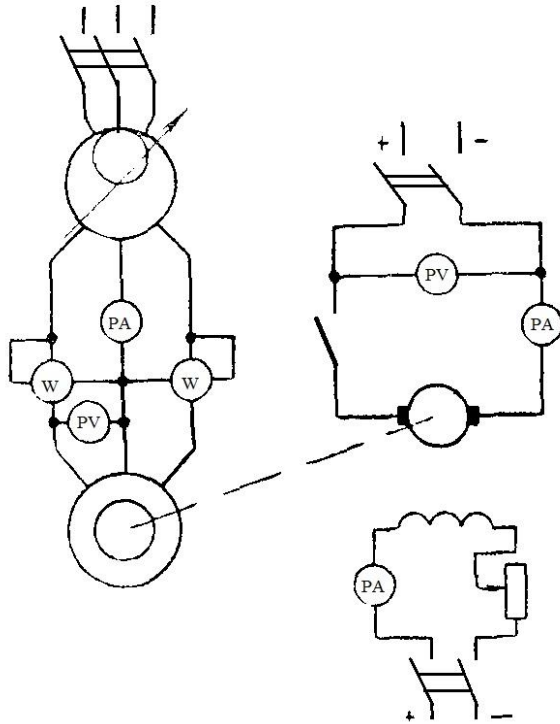
Cədvəl 2.

P_k, Vt	I_k, A	r_k, Om

$$r_k = \frac{P_k}{m \cdot I_k^2}$$

burada P_k – faza cərəyanının I_k qiymətində mühərrikin tələbat gücüdür.

Mühərrikin qızma əyrisini çıxarılması üzrə təcrübə şəkil 1-də göstərilən sxema üzrə aşağıdakı kimi aparılır.



Şəkil 2. Qızma əyrisinin çıxarması təcrübəsinin sxemi.

1. Mühərrikin sıxaclarına nominal gərginlik verilir.

2. Mühərrikin dolaqlarında faz cərəyanı I_k -ya bərabər olana kimi mühərriki yükləyirlər. Sınaq zamanı bu cərəyan dəyişməməlidir. Mühərrikin qızması zamanı periodik olaraq eyni zaman fasilələrində dolağın temperaturunu ölçürlər.

Əgər temperaturanın ölçülməsi üçün temperatur indikatoru olaraq müqavimət termometrindən istifadə olunubsa, ətraf mühitin temperaturasına görə mühərrikin

dolağının temperatur artımı aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$\tau = \frac{R_t - R_1}{R_1} (235 + t_1),$$

burada R_1 - ətraf mühitin temperaturasına bərabər olan temperaturada müqavimət termometrinin müqaviməti;

R_t - qızma halında müqavimət termometrinin müqaviməti.

Təcrübənin və hesabatın nəticəsi cədvəl 3-ə yazılır.

Cədvəl 3.

$R_1 =$; $t_1 =$ (təcrübənin ilk vaxtında mühərrikin soyuq vəziyyətində ölçülür)						
$t, ^\circ C$						
R, Om						
$\tau, \text{dəq.}$						

Əgər 1 saat ərzində mühərrikin dolağının temperaturası $1^\circ C$ -dən çox dəyişmirsə mühərrikin qızma temperaturunu qərarlaşmış saymaq olar.

Sınağın qiymətləri əsasında mühərrikin temperatur əyrisi qurulur və dolağın qərarlaşmış temperaturunun aşma həddi müəyyən olunur τ_{ust} .



Şəkil 3. Mühərrikin temperatur əyrisi

Mühərrikin nominal cərəyanı $I_{n.f}$ belə formula ilə təyin edilir:

$$I_{n.f} = \sqrt{\frac{\tau (P'_0 + mI_f^2 \cdot r_k) - \tau_{qar} P'_0}{m \tau_{qar} r_k}}$$

burada τ – uyğun izolyasiya sinfi üçün dolağın buraxıla bilən temperatura artımı;

P'_0 - polad itkilərinin cəmi və mexaniki itkilər:

$$P'_0 = P_0 - mI_{of}^2 \cdot r_1$$

P_0, I_{of} – yüksüz işləmə təcrübəsindən alınan nominal gərginlikdəki uyğun olaraq yüksüz işləmə itkisi və cərəyanıdır.

r_1 – fazanın aktiv müqavimətidir;

m – fazalar sayı;

I_f - mühərrikin qızma əyrisi çıxarıldığı haldakı faza cərəyanıdır;

r_k – qısa qapanma təcrübəsindən tapılan qısa qapanmadakı aktiv müqavimətdir;

τ_{qor} – təcrübəvi qızma əyrisindən təyin olunan qərarlanmış temperatura artımıdır.

$I_{n,f}$ hesablandıqdan sonra həmin sxem ilə nominal gərginlik və cərəyanda mühərrikin tələbat gücü P_l təyin olunur.

Mühərrikin *f.i.ə.* və $\text{Cos}\varphi$ -si təyin olunur:

$$\eta = \frac{P_1 - \Sigma\Delta P}{P_1}, \quad \text{Cos}\varphi = \frac{P_1}{mU_n I_{nf}},$$

$$\Sigma\Delta P = P'_o + P_{k1} + P_{dob}$$

burada P_{k1} – I_{nf} cərəyanında mühərrikin tormozlanmasındakı tələbat gücünə bərabər olan mühərrikin dolağındakı itkidir:

$$P_{k1} = P_k \left(\frac{I_n}{I_k} \right)^2.$$

$P_{\partial l}$ – mühərrikə verilən gücün təxminən 1%-nə bərabər olan əlavə itkilərdir:

$$P_{\partial l} = 0,01P_l.$$

Mühərrikin valındakı gücü:

$$P = P_l - \Sigma\Delta P.$$

Alınan P gücünə görə kataloqdan yaxın standart güc qəbul olunur.

Vala bağlanan diskə edilmiş nişanın müəyyən vaxt üçün dövr sayını hesablamaqla mühərrikin həqiqi fırlanma tezliyini tapmaq olar:

$$n = n_l - n_s,$$

burada n_l – mühərrikin sinxron fırlanma tezliyidir, $d/dəq$.

n_s - diskə qoyulmuş nişanın sürüşməsi.

Təcrübənin və hesabatın qiymətləri cədvəl 4-də qeyd edilir.

Cədvəl 4.

$I_n,$ A	$U_n,$ V	$P_o,$ Vt	$P_{k1},$ Vt	$P_{dob},$ Vt	$\Sigma\Delta P,$ Vt	η	$\text{Cos}\varphi$	$n,$ dövr/dəqiqə

Transformatorun nominal gərginliyi mühərrikdə olduğu kimi təyin olunur. Transformatorun yüksüz işləmə təcrübəsinin nəticələri cədvəl 5-ə yazılır.

Cədvəl 5.

U_1, V							
U_2, V							
I_o, A							
P_o, Vt							

Burada U_{1n} və U_{2n} – təcrübədən təyin olunan nominal xətt gərginlikləridir.

Transformatorun nominal cərəyanlarını təxmini olaraq dolaq məftilinin en kəsiyinə görə təyin etmək olar. Belə ki, q – dolaqlardan birinin məftilinin en kəsiyidirsə, onda onun nominal cərəyanı :

$$I'_n = \Delta q$$

ilə təyin olunur.

burada Δ – dolaqlarda cərəyan sıxlığıdır, yağ transformatorlarında çoxqatlı dolaqlarda $\Delta = 1,5 \dots 3,0$ A/mm² və birqatlı dolaqlarda $\Delta = 2 \dots 4,5$ A/mm²-dir.

Transformatorun nominal gücü məlum nominal cərəyana və gərginliyə görə təyin edilə bilər:

$$S' = \sqrt{3}U_{2n}I'_{2n},$$

burada I'_{2n} - dolağın en kəsiyinə görə təyin edilən ikinci tərəf nominal xətt cərəyanıdır.

Transformatorların güc şkalasını bilməklə, alınmış S' qiymətinə görə yaxın standart güc S seçilir və onu nominal kimi qəbul edirlər. Qəbul olunan nominal gücə (S) görə transformatorun həqiqi nominal cərəyanı təyin edilir:

$$I_{2n} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_{2n}}.$$

Qısa qapanma təcrübəsi nominal cərəyanda aparılır. Qısa qapanma gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$U_k \% = \frac{U_{1k}}{U_{1n}} \cdot 100,$$

burada U_{Ik} – dolaqlardakı nominal cərəyanlara uyğun olan halda transformatorun birinci tərəfinə verilən gərginlik;

U_{In} – nominal gərginlik.

Əgər qısa qapanma təcrübəsinin nominal cərəyanda aparılması mümkün deyilsə, U_{Ik} gərginliyi $I = f(U_{Ik})$ əyrisindən təyin edilir.

Hesabatın məzmunu

Sınaqdan keçirilən asinxron mühərrikinin nominal qiymətlərini təyin etməli və kataloq qiymətlərilə müqayisə etməli, fərqlənmənin səbəbini izah etməli. Maşının dolağının temperaturasının mövcud ölçülmə metodlarını qısaca yazmalı. Transformatorun nominal qiymətlərini təyin etməli və onları kataloqlardakı qiymətlərlə müqayisə etməli, fərqlənməni izah etməli.

Laboratoriya işi 10

Elektrik maşınlarının və transformatorların izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsinin təyin edilməsi

İşin məqsədi. Elektrik maşınlarının və transformatorların dolaqlarının izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsinin təyin olunma üsullarını öyrənməli və metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetrilmə planı

İşin yerinə yetirilməsi zamanı verilmiş metodların köməyi ilə təklif olunan obyektlərin (elektrik maşınları, transformatorlar və ya maketlər) izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsini təyin etməli.

1.Fazlar arasında və hər bir faza ilə gövdə arasında bütün dolaqların izolyasiya müqavimətini ölçməli.

2.Absorbsiya əmsalını təyin etməli.

3.Tutum – tezlik metodu ilə izolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsini təyin etməli.

4.Tutum – zaman metodu ilə bütün faz dolaqlarının izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsini təyin etməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

İstismar prosesində, həmçinin təmir zamanı elektrik maşınlarının və transformatorların izolyasiyasının nəmlənməsi baş verir. İzolyasiyada nəmliyin meydana çıxması onun möhkəmliyinin kəskin zəifləməsinə gətirib çıxarır. İzolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsi bir sıra ölçmələrin, o cümlədən dolağın izolyasiya müqavimətinin və absorbsiya əmsalının, sabit temperaturda və müxtəlif tezliklərdə tutumların, dielektrik itkilər bicağının $tq\delta$ və s. əsasında təyin olunur.

İzolyasiya müqavimətinin ölçülməsi izolyasiyanın vəziyyətinin yoxlanmasının ən sadə və geniş yayılmış vasitəsidir. Bütün elektrik maşınları və transformatorlar üçün izolyasiya müqavimətini ölçürlər. Özü də gərginliyi 1000V-a qədər, gücü 100kVt-a qədər olan maşınlar üçün izolyasiya müqaviməti praktiki olaraq onların nəmlənməsinin yeganə kriteriyası kimi özünü göstərir.

Dolaqların izolyasiya müqavimətini gərginliyi 500...1000V və ya 2,5kV olan meqometrlə ölçürlər. Izolyasiya müqavimətinin azalması onun vəziyyətinin pisləşməsinə göstərir. Maşınların dolaqlarının izolyasiya müqavimətinin R (Mom) gevdəyə nəzərən buraxıla bilən minimal qiyməti və faz dolaqları arasında izolyasiya müqaviməti aşağıdakı düsturla tapılan qiymətdən az olmamalıdır

$$R = \frac{U}{1000 + \frac{P}{100}},$$

burada U – maşının nominal gərginliyidir, V;

P – maşının nominal gücüdür, kVt.

$R \geq 0,5 M Om$ şərtini ödəməlidir. Ölçmələrin nəticələrini cədvəl 1-də yazırlar.

Cədvəl 1

Ölçmə obyektı	Dolaqla gövdə arasında izolyasiya müqaviməti, MOM			Faz dolaqları arasında izolyasiya müqaviməti, MOM		
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₂₋₃

Absorbsiya əmsalı, gərginlik verildikdən 15 (R₁₅) və 60 (R₆₀) saniyə sonra ölçülmüş izolyasiya müqavimətlərinin nisbəti kimi özünü göstərir:

$$K_{ab} = \frac{R_{60}}{R_{15}}.$$

Dielektrlərdə müxtəlif növ polyarlaşma müşahidə olunur; az sayda sərbəst yüklərin alınması isə başdan-başa keçiricilik cərəyanının yaranmasına gətirib çıxarır. Dielektrik vasitəsilə tam cərəyan başdan-başa keçiricilik cərəyanı i_{bb} və absorbsiya i_{ab} (polyarlaşma) cərəyanının cəminə bərabərdir. Absorbsiya cərəyanlarının axma müddəti izolyasiyanın nəmliyindən çox asılıdır. Nəmlənmiş izolyasiya zamanı absorbsiya əmsalının qiyməti vahidə yaxınlaşır, nəmlənməmişdə 0,2 ... 0,3 və çox olur. Absorbsiya əmsalının izolyasiya üçün minimal buraxıla bilən qiyməti 1,3 təşkil edir. İşdə təklif olunan obyektlərin absorbsiya əmsalını ölçmək lazımdır və alınan nəticələri cədvəl 2-yə yazmaq lazımdır.

Cədvəl 2

Ölçmə obyekti	Dolaqla gövdə arasında izolyasiya müqaviməti, MOM			Faz dolaqları arasında izolyasiya müqaviməti, MOM		
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₁₋₂	R ₁₋₃	R ₂₋₃

İzolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsinə tutum-tezlik metodu üzrə ПКВ-13 cihazının köməyi ilə təyin edirlər. Bu metod üzrə izolyasiyanın nəmlənməsini qiymətləndirmək üçün müxtəlif tezliklərdə və dəyişməz temperaturda ölçülmüş tutumların qiymətlərini müqayisə

edirlər. Alçaldılmış tezlikdə tutum nə qədər çox artarsa, izolyasiya bir o qədər çox nəmlənmişdir. İzolyasiyanın nəmliyinin kriteriyası, $2H_s$ tezlikdə ölçülmüş tutumun, $50H_s$ tezlikdə ölçülmüş tutuma nisbətidir (C_2/C_{50}). Bu nisbət bir başa cihazın şkalasından hesablanır (oxunur). ПКВ-13 cihazı ilə C_2/C_{50} qiymətini ölçmək üçün ölçüləcək obyektin yalnız izolyasiya olunmuş və torpaqlanmış hissələri arasındakı tutumlar istifadə oluna bilərlər. Təcrübə zamanı ölçmələri aşağıdakı ardıcılıqla aparırlar:

1. Obyektlərin müqavimətini meqometrin köməyi ilə yoxlamalı. İzolyasiya müqaviməti 1MOM-dan az olduqda ПКВ-13 cihazından istifadə etmək lazım deyil.

2. Cihazı horizontal yerləşdirməli, “Açıqdır” vəziyyətinə keçirməli, qalvanometrə sıfırın qərarlaşmasını yoxlamalı və lazım gəldiyi halda korrektorun vəziyyətini düzəltməli.

3. “Şəbəkə” və “Obyekt” açarını “Açıqdır” vəziyyətinə, K_2 tezlik çevirgəcini – orta vəziyyətə, K_5 həssaslıq çevirgəcini – “Dəqiq” vəziyyətinə qoymalı. Cihaza qida verməli.

4. “Obyekt” sıxaclarına sınağı aparılacaq obyektədən çıxışları gətirməli; torpaqlayıcı sıxaca torpaqlanmış gövdəni və torpaqlanmış dolaqları, ikinciyə - sınağa məruz qalacaq, torpaqlanmamış dolağı qoşmalı. Obyekt və cihaz arasındakı naqillər mümkün qədər qısa olmalıdırlar, torpaqlanmamış naqil izolyasiyaya malik olmalıdır ki, o da 1000V ($50H_s$) gərginliyə tab gətirməlidir. *Diqqət: Cihazın sıxaclarında gərginlik 450V !!!*

5. Qidanı verməli. Bu zaman siqnal lampası yanır.

6.3 ... 5 dəqiqə qızdıqdan sonra K_2 tezlik çevirgəcinin başlığını “2Hs” vəziyyətinə keçirməli və qalvanometrin sıfırını yoxlamalı. Əgər lazım gələrsə, Π_3 sıfırı tənzimləmə potensiometrinin köməyi ilə cihazı nizamlayaraq, onun əqrəbini sıfıra gətirməli. K_2 -ni “50 Hs” vəziyyətinə keçirməli və qalvanometrinin sıfırı yoxlanılır.

7. K_2 -ni “Gobud” vəziyyətinə çevirməli. K_2 tezlik çevirgəcini “50 Hs” vəziyyətinə qoymalı, C_2/C_{50} nisbətinin Π_2 potensiometrini 1,0-ə, Π_1 potensiometrini – 0-a quraşdırmalı. Obyekti qoşmalı. Π_1 potensiometrini saat əqrəbi istiqamətində fırladaraq, qalvanometrin əqrəbini tarazlaşdırmalı. K_5 -i “Dəqiq” vəziyyətinə çevirməli və tarazlaşdırmanı təkrarlamalı.

8. K_5 -i “Gobud” vəziyyətinə, K_2 tezlik çevirgəcini – “2 Hs” vəziyyətinə keçirməli. C_2/C_{50} nisbətinin Π_2 potensiometrini fırlatmaqla qalvanometrin əqrəbini sıfıra qoymalı, K_5 çevirgəcini – “Dəqiq”-ə keçirməli və cihazın tarazlaşdırılmasını təkrar etməli. C_2/C_{50} -nin şkalada sayılması ölçmənin nəticəsini verir.

Əgər $C_2/C_{50} > 2$ olarsa, onda qalvanometrin əqrəbini Π_2 potensiometri ilə tarazlaşdırmaq mümkün olmur. Bu halda obyektı açmalı, K_2 -ni “50 Hs”-ə çevirməli, Π_2 -ni 0,5-ə qoymalı, K_5 – “Gobud” vəziyyətinə; obyektı qoşmalı və Π_1 potensiometrini fırlatmaqla qalvanometrin əqrəbini tarazlaşdırmalı (əvvəlcə “Gobud”, sonra “Dəqiq”). K_5 -i “Gobud”-a, K_2 -ni “2Hs”-ə çevirməli və Π_2 potensiometrini fırlatmaqla qalvanometrin əqrəbini tarazlaşdırmalı (əvvəlcə “Gobud”, sonra “Dəqiq”). Bu halda C_2/C_{50} şkalası üzrə hesabı 2-yə vurmaq lazımdır. Nəticəni cədvəl 2-yə qeyd etməli.

Cədvəl 2

Ölçmə obyektı	Tutumların nisbəti C_2/C_{50}		
	Birinci fazın	İkinci fazın	Üçüncü fazın

İzolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsinə tutum-zaman metodu ilə təyin etmək üçün EB – 3 cihazından istifadə olunur. Metodun əsasında izolyasiya tutumunun ölçüləcək qiymətinin boşalma zamanında məlum asılılığı durur: nəmlənmiş izolyasiyada boşalma zamanı ölçmə nə qədər uzun müddət aparılırsa, ölçülən tutum da bir o qədər çox olar. Nəmlənmiş izolyasiya üçün bu hadisə özünü çox zəif göstərir. Tutumun boşalma zamanından asılılığı absorbsiyanın yaranması ilə bağlıdır. İzolyasiyanın tutumu iki toplanan şəkildə verilə bilər: qiyməti nəmlikdən asılı olmayan, tez boşalan həndəsi tutum C_h və qiyməti izolyasiyanın nəmliyindən çox asılı olan, yavaş-yavaş boşalan absorbsiya tutumundan C_A . Bu tutumların nisbəti C_A/C_h izolyasiyanın nəmlənməsini xarakterizə edir.

Tutum – zaman metodu ilə işləyən EB – 3 cihazı, dolaqların izolyasiyasının gövdəyə nisbətən tutumunu C və tutum artımını ΔC , digər dolaqların torpaqlanması zamanı, ölçməyə imkan verir.

C – müəyyən zaman ərzində ölçülmüş absorbsiya tutumunun bir hissəsidir, onu izolyasiyanın nəmliyini təyin etmək üçün istifadə edirlər. İzolyasiyanın nəmlənməsinin kriteriyası tutumun nisbi artımıdır $\Delta C/C$.

Təcrübə zamanı ölçməni aşağıdakı ardıcılıqla aparmalı:

1. Ölçmə obyektini hazırlamalı:

- obyekt digər dövrlərdən açmalı;
- izolyasiya müqavimətini meqometrle ölçməli (izolyasiya müqaviməti 100 MOm-dan aşağı olduqda, ölçmələrdə əlavə xətlər yaranır; torpaqlanmış obyektde cihaz ümumiyyətlə tutum göstərmir);

- ölçmə sxemini yığmalı: obyektin gövdəsini torpaqlamalı, sınaq ediləndən başqa, bütün dolaqları gövdə ilə birləşdirməli, hər bir dolağın ayrıca çıxışlarını öz aralarında qısa qapamalı.

2. Cihazı işə hazırlamalı:

- cihazı ölçüləcək obyektin bilavasitə yaxınlığında yerləşdirməli, cihaz və obyekt birləşdirən naqillər mümkün qədər qısa olmalıdır, cihazın gövdəsini torpaqlamalı;

- qida gərginliyini yoxlamalı, cihazın şunurunu şəbəkəyə qoşmalı;

- “Şəbəkə” tumblersini vurmali və cihazın bir neçə dəqiqə ərzində qızmasını təmin etməli.

3. Ölçmə aparmalı:

- hüdud çevirgəcini, obyektin tutumunun təxmini qiymətinə uyğun vəziyyətə qoymalı;

- iş tumblersini “Yükləmə” vəziyyətinə qoşmalı;

- işin növü tumblersini “C” vəziyyətinə qoşmalı;

- maniyələr tumblersini “Maniyələr” vəziyyətinə qoşmalı;

- sınaq olunan dolağı “Obyekt” sıxacına bağlamalı;

- “0” döstəyi ilə cihazın əqrəbini sıfır qərarlaşdırmalı, iş tumblersini “Boşalma” vəziyyətinə keçirməli.

Ölçmələrə mania olan təsirlər olmadıqda (ölçülərin göstərişi şkalanın bölgələrindən azdır) C və ΔC -ni ölçmək olar. Tutumu C ölçmək üçün (işin növü tumbləri “ C ” vəziyyətinə çevrilir) aşağıdakıları etməli:

- iş tumblərini “Yükləmə” vəziyyətinə çevirməli;
- manialər tumblərini “Mainələr” vəziyyətinə çıxarmalı;
- obyekt 1 dəqiqədən az olmayaraq yükləməli;
- tumbləri “Boşalma” vəziyyətinə çevirməli, cihazın göstərişini saymalı.

Əgər ölçü həddi ölçülərək qiymətə uyğun gəlmirsə (ölçənin əqrəbinin dönməsi şkalanı keçirsə və ya onun beşdə birindən az olarsa), ölçməni həmin ardıcılıqla yenidən başlamaq lazımdır, lakin çevirgəci başqa ölçü həddinə çevirməklə (əgər əqrəb əks tərəfə dönərsə, onda tumblərin köməyi ilə cərəyanın istiqamətini dəyişmək lazımdır);

- dönmənin qiymətini bölgələrlə və ölçmə həddini yazmalı:
- a) işin növü tumblərini “ ΔC ” vəziyyətinə gətirməli;
- b) iş tumblərini “Yükləmə” vəziyyətinə çevirməli;
- c) obyekt 1 dəqiqədən az olmayaraq, yükləməli;
- d) tumbləri “Boşalma” vəziyyətinə çevirməli və sayma aparmalı. Əgər ölçmə həddi ΔC -ə uyğun gəlməzsə, ölçməni yenidən aparmalı, bu halda da yükləmə müddəti 1 dəqiqədən az olmamalıdır;
- e) ölçmələrin nəticələrini cədvəl 3-ə yazmalı.

Cədvəl 3

Ölçmə obyektı	Ölçmənin növü	Tutum və tutum artımı								
		Birinci fazın			İkinci fazın			Üçüncü fazın		
		bölgü	ölçü həddi	pF	bölgü	ölçü həddi	pF	bölgü	ölçü həddi	pF
	C									
	ΔC									
	$\Delta C/C$									

Ölçmələrin nəticələri üzrə 1, 2, 3 cədvəllərindən, hər bir obyektin nəmlənmə vəziyyətini xarakterizə edən ümumiləşdirici cədvəl 4-ü tərtib etməli.

Cədvəl 4

Ölçmə obyektı	Fazlar	Nəmlənməni xarakterizə edən parametrlər				Qeyd
		R ₆₀	R ₆₀ /R ₁₅	C ₂ /C ₅₀	$\Delta C/C$	
	1					
	2					
	3					
	Orta qiymət					

Hesabatın məzmunu

Sınağı aparılan obyektlərin nəmlənmə dərəcəsinin təyin edilməsinin nəticələrini təqdim etməli. Aparılmış ölçmələrin əsasında sınağı aparılan obyektlərin

qurudulmasının vacibliyi haqqında nəticə çıxarmalı. İzolyasiyanın nəmlənməsinin təyin edilmə üsullarından ən səmərəlisini göstərməli və onu əsaslandırmağı.

Yoxlama sualları

1. Hal-hazırda istismarda olan elektrik maşınlarının izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsini təyin etmək üçün hansı metodlar tətbiq edilirlər ?

2. Nəmlənmə dərəcəsini tutum-tezlik və tutum-zaman metodları üzrə təyin edərkən sərbəst dolaqları nə üçün torpaqlamaq lazımdır ?

3. Nəmlənmə dərəcəsinin təyin olunma metodlarından hansı daha səmərəlidir və nəyə görə ?

4. İzolyasiyanın nəmlənmə dərəcəsinin təyin olunma metodlarından hansı daha sadədir və nəyə görə ?

5. Elektrik maşınlarının izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsinin təyin edilməsi hansı hallarda vacibdir və nəyə görə ?

Laboratoriya işi 11

Elektrik maşınları və transformatorların dolaq məftilinin izolyasiyasının bərpası

İşin məqsədi. 1. Dolaq məftilinin köhnə izolyasiyadan təmizləmə metodikasının mənimsəmək.

2. Məftillərin birləşdirmə metodları ilə tanış olmaq.

3. Dolaq məftilinin izolyasiyasının bərpası zamanı izolyasiya sapının seçilmə metodikasını mənimsəmək.

İşin yerinə yetirilmə planı

1. Dolaq məftilindən köhnə izolyasiyanı təmizləməli.
2. Məftilin lehimləmə və qaynaq işlərinin aparılması və onun dartılıb düzəldilməsi.
3. Məftilin üzərini izolyasiya örtən dəzgahın quruluşunu öyrənilib, kinematik sxemini çəkməli.
4. Məftilin üzərini yeni izolyasiya ilə örtməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

Məftilin izolyasiyasının bərpa prosesinin texnoloji sxemi aşağıdakı əməliyyatlardan ibarətdir:

1. Zədələnmiş izolyasiyalı dolaq yuvalardan çıxarılıb sortlara ayrılır. Uzunluğu 2m-dən az olmayan məftillər qaynaq olunur.

2. Məftilin köhnə izolyasiyası yandırılır, sulfat turşusunun sulu məhlulunda izolyasiya qalıqlarından təmizlənilir və sabunlu suda yuyulur, qurudulur və barabana sarınır.

3. Saplar hazırlanılır və dəzgahda məftilin üzərinə sarınır.

Texnoloji prosesə görə məftil söküldükdən sonra temperaturu $500...600^{\circ}\text{C}$ temperaturda elektrik sobasında onun izolyasiyası 30...50 dəq müddətində yandırılıb təmizlənilir.

Yanmış izolyasiyanın qalıqlarını məftilin üzərindən təmizləmək üçün 5...10 dəqiqə müddətində sulfat turşusunun sulu məhlulunda saxlanılır.

Bundan sonra məftil 10...20 dəq müddətində 1%-li sabunlu suda yuyulur və məftilin səthində olan zəhərli sulfat turşusu məhlulun qalınlığından tamamilə təmizlənilsin.

Bundan sonra məftilin diametrindən asılı olaraq lazım gələn hissələr qaynaq edilir və ya lehirlənir.

Hazırlanmış məftil rolilər arasında keçirməklə dartılıb düzəldilir və ağacdan olan kəməyə sarınmaqla yığılır. Məftil xüsusi dəzgahdan keçirməklə bəzi yerlərdə yandırma zamanı ölçüsü dəyişən hissələr düzəldilir.

Məftilin izolyasiyasının bərpası üzrə işlərin sonrakı əməliyyatları aşağıdakılardır:

- izolyasiya sapının nömrəsinin seçilməsi və paralel sapların sayının hesabı;
- aparılmış hesabat əsasında paralel sapların kiçik taxta kəməyə (tağalaqlara) sarınması;
- sap sarınmış kəməyə izolyasiya ilə məftilin üstünü örtən maşına yerləşdirməli və yeni izolyasiyanın çəkilməsi.

Sapın nömrəsi izolyasiyası bərpa olunan məftilin izolyasiyanın qalınlığından asılı olaraq (cədvəl 1) seçilən izolyasiyanın ikitərəfli qalınlığına görə (cədvəl 2) verilən cədvəllərə əsasən seçilir.

Cədvəl 1

Dolaq məftilinin izolyasiyasının iki tərəfli qalınlığı

Məftilin markası	Məftilin diametri					
	0,35...0,38	0,41...0,49	0,51...0,59	0,72...0,96	1,0...2,1	2,26...5,2
ПЭБО	0,16	0,165	0,17	0,18	0,21	-
ПБД	0,22	0,22	0,22	0,22	0,27	0,33

İzolyasiya sapının nömrəsinin məftilin birtərəfli izolyasiyasının qalınlığından asılılığı

Məftilin bir tərəfli izolyasiyasının qalınlığı, mm	0,128	0,105	0,085	0,077	0,067	0,056	0,052
Sapın nömrəsi	40	54	85	100	134	170	200

Bundan sonra sap zolağının eni (B) aşağıdakı ifadə ilə hesablanır:

$$B = \frac{\pi dh}{\sqrt{h^2 + \pi^2 d^2}},$$

burada d – çılpaq məftilin diametri, mm;
 h – sapın sarınma addımı, mm.

Sapın sarınma addımı:

$$h = 1000 \frac{v}{n},$$

burada v – məftilin dəzgahdakı xətti sürəti, m/dəq;
 n – sap kəmərinin bərkidildiyi diskin (rozetkanın) sürəti.

v və n maşının konstruksiyasından asılı olaraq eksperimental yolla təyin olunur.

Sap zolağındakı sapların sayı (K):

$$K = \frac{B}{b},$$

Burada b – bir ədəd sapın enidir və sapın nömrəsindən asılı olaraq cədvəl 3-dən tapılır.

Bir ədəd sapın eninin sapın nömrəsindən asılılığı

Sapın nömrəsi	40	54	85	100	134	170	200
B	0,215	0,185	0,147	0,136	0,119	0,100	0,09

Dolaq məftilinin izolyasiyasının bərpası üzrə əldə olunan göstəricilər aşağıdakı cədvələ qeyd olunur (cədvəl 4).

Cədvəl 4

d, mm	Δ_{iz} , mm	Sapın nömrəsi	B, mm	h, mm	ν , m/dəq	n, d/dəq	b, mm	K	Təcrübədən alınan Δ_{iz} , mm

Hesabatın məzmunu

1.Məftilin izolyasiyasının bərpa olunma texnologiyasını qısaca izah etməli.

2.Sap zolağındakı izolyasiya saplarının sayının hesabətını göstərməli.

3.Məftilin üzərini izolyasiya ilə örtən dəzgahın sxemini göstərməli.

Yoxlama sualları

1.Elektrik maşınları və transformatorlarda ən çox hansı marka dolaq məftili istifadə olunur ?

2.Məftil sulfat turşusunun sulu məhlulunda nəyə görə saxlanılır ?

3.Sapın nömrəsi nəyə görə təyin edilir ?

4.Sapın sayı necə təyin olunur?

Laboratoriya işi 12

Kontaktor və maqnit işəburaxıcılarının təmirdən sonra sazlanması və sınağı

İşin məqsədi. Müxtəlif konstruksiyalı kontaktor və maqnit buraxıcılarının quruluşu, təmirdən sonra sazlanması və sınaqlarının aparılmasını mənimsəmək.

İşin yerinə yetirilmə planı

1.Müxtəlif konstruksiyalı kontaktor və maqnit buraxıcısının quruluşu və iş prinsipini öyrənməli.

2.Kontaktor və maqnit buraxıcısını xarici baxışdan keçirib nəticələri qeyd etməli.

3.Kontaktor və maqnit buraxıcılarının mexaniki hissələrinin tənzimlənməsini yerinə yetirməli.

4.Kontaktor və maqnit buraxıcılarının sınaqlarının aparılması.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə qaydası

1.Laboratoriyada olan müxtəlif konstruksiyalı kontaktor və maqnit buraxıcılarının quruluşu və iş prinsipinin öyrənilməsi.

Laboratoriyada olan maqnit buraxıcıları və kontaktorların pasport göstəricilərini öyrənilməli yazmalı. Məsləhət görülməli ədəbiyyatlardan istifadə etməklə öyrənilən maqnit buraxıcılarının elementlərinin adlarını, materiallarını və vəzifələrini izah etməklə eskizlərini göstərməli.

Kontaktor və maqnit buraxıcılarının prinsipial elektrik sxemini çəkib iş prinsipinin izahatını yazmalı.

2.Kontaktor və maqnit buraxıcılarının xarici baxışdan keçirilməsi. Bu məqsədlə aşağıdakılar yerinə yetrilməlidir:

a) kontaktor və maqnit buraxıcısının və onların çəkici katuşkalının istifadə olunduqları qurğuya uyğunluğu;

b) baş və bloklaşdırıcı kontaktların və onların yaylarının elastiki birləşmələrinin və qövssöndürücü kameranın vəziyyəti;

c) dayaq prizmalarının və yastıqların bütövlüyü;

d) bütün maqnit sistemi detallarının, qaytarıcı yayların, qeyri-maqnit ara qatlarının, birləşdirici boltların, qaykaların və şaybaların sazlığı;

Qeyd olunan detalların vəziyyəti diqqətlə yoxlanılaraq onların istismara yararlı olmaları müəyyən edilir.

3.Kontaktor və maqnit buraxıcılarının mexaniki hissələrinin tənzimlənməsinin yerinə yetrilməsi.

Kontaktor və maqnit buraxıcılarının mexaniki hissələrinin tənzimlənməsində aşağıdakı əməliyyatlar yerinə yetrilir:

a) yastıqları bərkidən boltların çəkilməsi. Yastıqlarda sürtünmənin aradan qaldırılması;

b) lövbərin nüvəyə öz-özünə sərbəst və kip oturmasının yoxlanması;

c) baş kontaktlarda pozulma ara məsafəsinin artmasının və onların eyni vaxtda qapanmasının yoxlanması;

d) kontaktların sıxılmasının yoxlanması və lazım gələrsə kontakt yaylarının dəyişdirilməsi;

e) blok-kontakt sisteminin bolt və qaykalarının bərkidilməsi;

f) blok-kontaktların mərkəzləşdirilməsinin yoxlanması;

g) kontaktlar və qövssöndürücü kameralar arasında sürtünmə olmasının yoxlanması;

h) dolağın bərkinməsinin yoxlanması;

x) baş blok-kontaktların işçi səthlərinin təmizlənməsi;

i) dempfer sarğısının bərkidilməsinin yoxlanması.

4. Kontaktor və maqnit buraxıcılarının sınaqlarının aparılması.

Kontaktor və maqnit buraxıcılarının sınaqlarına aşağıdakılar daxildir:

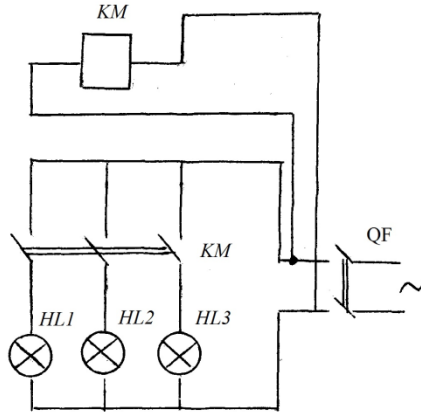
a) baş kontaktların eyni vaxtda qapanmasının yoxlanması;

b) katuşkanın lövbəri (kontaktları) çəkmə və buraxma gərginliyinə yoxlanılması;

c) katuşkanın izolyasiya müqavimətinin ölçülməsi ;

d) katuşkanın müqavimətinin sabit cərəyanla ölçülməsi

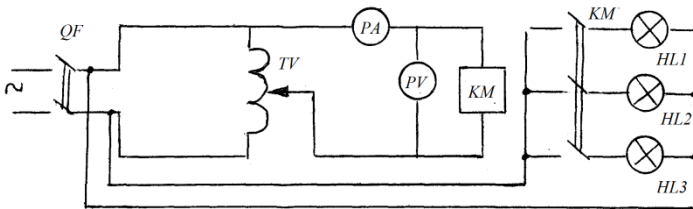
Baş kontaktların eyni vaxtda qapanması üç lampa üsulu ilə aşağıdakı sxem üzrə yoxlanılır:



Şəkil 1. Maqnit buraxıcısı və kontaktorların baş kontaktlarının eyni vaxtda bağlanması və yoxlanılma sxemi: *KM* – maqnit buraxıcısının dolağı və baş kontaktları; *HL1...HL3* – közərmə lampaları; *QF* – avtomat açar

Şəkil 1-də verilən sxem üzrə yoxlama zamanı əgər *QF* avtomatı işə qoşulması zamanı *HL1*, *HL2* və *HL3* lampaları eyni zamanda işıqlanarsa baş kontaktların eyni zamanda qapandığını göstərir və əksinə.

Katuşkanın əsas kontaktlarla birgə lövbəri çəkmə və buraxma gərginliyinə yoxlanılması aşağıdakı sxem üzrə aparılır.



Şəkil 2. Katuşkanın əsas kontaktların çəkmə və buraxma gərginliyinə yoxlanma sxemi

Katuşkanın çəkmə gərginliyi dedikdə lövbərin nüvəyə tam çəkilməsini təmin edən gərginliyin ən az qiyməti başa düşülür.

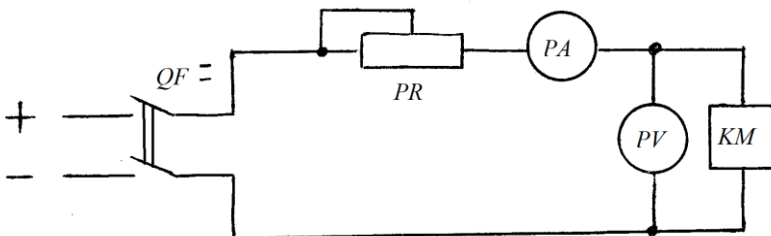
Katuşkanın buraxma gərginliyi dedikdə lövbərin nüvədən ayrılıb ilk vəziyyətə qayıtmasına uyğun gələn gərginliyin (cərəyanın) ən böyük qiyməti başa düşülür.

Katuşkanın çəkmə və buraxma gərginliyi şəkil 2-də verilən sxem üzrə aparılır. Bu məqsədlə TV avtotransformatoru vasitəsilə elektrik qurğularının quruluş qaydalarının tələblərinə görə kontaktor və maqnit buraxıcılarının katuşkasına nominal gərginliyin 85% qiymətində gərginlik verilir. Bu halda katuşka lövbəri səliqə olaraq çəkməlidir. Katuşkanın lövbəri buraxma gərginliyi normalaşdırılmayıb və istənilən qiymət ala bilər.

Sınaq müddətində yuxarıda qeyd olunan şərtlər ödənilərsə sınağın nəticəsi qənaətbəxş hesab olunur və əksinə.

Maqnit buraxıcısı və kontaktorların dolağının onların quraşdırıldığı metal konstruksiyasına görə izolyasiya müqaviməti gərginliyi 500V olan meqometrlə ölçülür. Ölçülmüş izolyasiya müqavimətinin qiyməti 0,5 Mom-dan az olmamalıdır.

Katuşkanın omik müqavimətinin ölçülməsi voltmetr və ampermetr üsulu ilə aşağıdakı sxem üzrə aparılır.



Şəkil 3. Kатуşkanın müqavimətinin ölçülmə sxemi.

Sınaq nəticəsində alınmış müqavimətin qiyməti verilən katuska üçün buraxıla bilən qiymətlə müqayisə olunub nəticə çıxarılır.

Hesabatın məzmunu

1. Kontaktor və maqnit buraxıcılarının xarici baxışdan keçirmə prosesinin və onun nəticələrinin qısa məzmununu yazmalı.

2. Müxtəlif növ kontaktor və maqnit buraxıcılarının tipləri, onların pasport göstəricilərini, eskizləri, hissələrini göstərməli və iş prinsipinin izahını yazmalı.

3. Kontaktor və maqnit buraxıcılarının mexaniki hissələrinin eskizlərini çəkməli və tənzimlənmə qaydalarının izahını yazmalı.

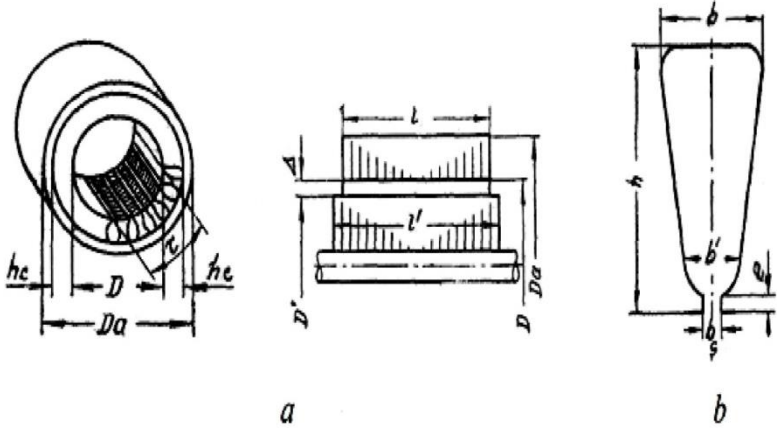
4. Kontaktor və maqnit buraxıcılarının sınaqlarının sxemlərini və nəticələrini göstərməli.

“Asinxron mühərrikinin stator dolağının hesabatı” mövzusunda kurs işinin yerinə yetirilməsinə dair metodiki göstərişlər

Statorun ölçü qiymətlərinə əsasən sonrakı hesabatda istifadə etmək üçün bir sıra kəmiyyətlər hesablanmalıdır. Bunlara aiddir: stator nüvəsinin boyunduruğunun hündürlüyü (h_c); polad paketin (nüvənin) aktiv uzunluğu (l_a); dişlərin hesabat eni (b_{zp}); cüt qütblər sayı (P); qütb bölgüsü (τ); hava aralığındakı qütb bölgüsünün sahəsi

(Q_b); stator boyunduruğu en kəsiyinin sahəsi (Q_{sp}); qütb bölgüsündəki dişlərin en sahəsi (Q_z); yuvanın en kəsik sahəsi (Q_p).

Bütün göstərilən kəmiyyətlər nüvənin verilən hündəsi ölçülərinə əsasən hesablanır (şəkl. 1).



Şəkil 1. Stator nüvəsi (a) və yuva (b):

D-stator nüvəsinin daxili diametri, mm; D_a -stator nüvəsinin xarici diametri, mm; l -stator nüvəsinin tam uzunluğu, mm; z -yuvalar sayı; b -yuvanın böyük eni, mm; b' - yuvanın kiçik eni, mm; b_s -yuva kəsiyinin eni, mm; h -yuvanın tam hündürlüyü, mm; e -yuva çıxışının hündürlüyü, mm.

Stator nüvəsinin ölçü qiymətlərinin işlənilməsi aşağıdakı kimi yerinə yetrilir

$$h_c = \frac{1}{2}(D_a - D - 2h),$$

$$l_a = Kl,$$

$$b_{zp} = \frac{1}{3} \left\{ 2 \left[\frac{\pi(D + 2h - b)}{z} - b \right] + \frac{\pi(D + 2e + b')}{z} - b' \right\},$$

$$P = \frac{60f}{n_1},$$

$$\tau = \frac{\pi D}{2P}$$

$$Q_b = \tau \cdot l$$

$$Q_{cp} = h_c \cdot l_a$$

$$Q_z = \frac{b_{zp} \cdot l_a \cdot z}{2P}$$

$$Q_p = \frac{\pi}{2} \left[\left(\frac{b'}{2} \right) + \left(\frac{b}{2} \right) \right] + \frac{1}{2} (b' + b) \left(h - l - \frac{b'}{2} - \frac{b}{2} \right)$$

Burada $\pi = 3,14$.

K_C – izolyasiyanın növündən, polad vərəqələrin qalınlığından asılı olan polad nüvə paketinin doldurma əmsalındır (cədvəl 1).

Cədvəl 1

Stator nüvəsinin polad paketinin doldurma əmsalının (K_C) qiyməti

Statorun polad vərəqələrinin qalınlığı, mm	İzolyasiyanın növü	
	Lak	Oksid plyonkası
0,5	0,93	0,95
0,35	0,90	0,93

Stator dolaqlarının olduqca çox müxtəlif tipləri mövcuddur, ancaq praktiki olaraq kiçik (10kVt-a qədər) və

orta (100kVt-a qədər) asinxron mühərriklərinin statorunda birqat konsentrik, şablon və zəncirvari, ikiqat ilgəkvari tiplər tətbiq olunur.

Dolağın tipini seçmək üçün onun konstruktiv hazırlanmasını, hazırlanma şərtlərini, çatışmazlıqlarını və üstünlüklərini öyrənmək lazımdır.

Gücü 3 kVt-dan az olan asinxron mühərrikləri üçün birqat dolaqdan, 3 kVt-dan çox olan halda isə bir qayda olaraq ikiqat dolaqdan istifadə edilir.

Yadda saxlamaq lazımdır ki, birqat dolaqda bir fazadakı makara qruplarının sayı tək qütblər (P) sayına, ikiqat dolaqda isə çüt qütblər sayına (2P) bərabər olur.

Bir makara qrupundakı makaralar (seksiyalar) sayı bir qütbə və fazaya düşən yuvalar sayı ilə təyin edilir. Bu zaman hesabat formulları aşağıdakı kimi olur:

$$\begin{aligned}\tau_z &= \frac{z}{2P}, \\ y_x &= \beta \cdot \tau_z, \\ q &= \frac{z}{2Pm}.\end{aligned}$$

burada β - dolağın addımının qısaldılma əmsalı ($\beta = 0,6 \dots 1,0$);

m – fazalar sayı, üçfazlı dolaqda $m = 3$.

Bir fazadakı sarğılar sayını (W) təyin etmək üçün əvvəlcə mühərrikin maqnit selini (Φ) hesablayırlar.

Cədvəl 2-yə əsaslanaraq hava aralığındakı maqnit induksiyasının amplitud qiyməti verilir və maqnit seli hesablanıqla stator poladındakı dişlərdə (B_z) və boyunduruqda (B_{sp}) maqnit induksiyasının amplitud qiymətləri təyin edilir.

Cədvəl 2

Asinxron mühərrikləri üçün elektromaqnit yükləri

Elektromaqnit yükünün adı	Mühərrikin gücü, kVt		
	1,0-ə qədər	1...10	10...100
Hava aralığında induksiya ($B_{\sigma 1}$), Tl	0,3...0,6	0,6...0,7	0,7...0,9
Stator dişlərində induksiya (B_z), Tl	1,3...1,5	1,4...1,6	1,4...1,8
Stator poladı boyunduruğunda induksiya (B_{sp}), Tl	1,1...1,5	1,2...1,6	1,3...1,6
Stator dolağında cərəyan sıxlığı (j), A/mm ²	6...8	5...6	4...5,5
Xətti yük, A/sm	100...200	200...300	300...400

Yuxarıdakı hesabat variantlarının nəticələrini cədvəl şəklində göstərmək tövsiyyə olunur (cədvəl 3).

Cədvəl 3

Maşının ayrı-ayrı hissələrində maqnit seli və induksiya

Adları	Ölçü vahidi	I-ci variant	II-ci variant	III-cü variant
Sarğılar sayı, W				
Maqnit seli, Φ				
Hava aralığında induksiya, B_{σ}				
Dişlərdə induksiya, B_z				
Stator boyunduruğunda induksiya, B_{sp}				

Hesabat düsturları:

$$\Phi = \frac{\pi}{2} B_{\sigma} \tau l$$

$$W = \frac{0,97 U_{1\phi}}{0,44 \Phi f \cdot K_{ab}}$$

burada: $K_{ob} = K_y \cdot K_p = \sin\left(90 \frac{y}{\tau}\right) \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2q}},$

$$\alpha = \frac{360P}{z}, \quad B_z = B_{\sigma} \frac{Q_{\sigma}}{Q_z}, \quad B_{sp} = \frac{B_{\sigma} \cdot Q_{\sigma}}{2Q_{sp}}$$

burada K_{ob} – dolağın qısaldılma və səpələnmə əmsallarının hasilinə bərabər olan əmsalı.

Bir makaradakı sarğıları (W_k) təyin etmək üçün bir fazadakı sarğılar sayını (W) makaralar sayına bölmək lazımdır.

Dolaq məftilinin ölçülərini və markasını təyin etmək üçün onun en kəsiyini və diametrini hesablamaq lazımdır. İzolyasiyalı məftilin en kəsiyi bir yuvadakı məftillər sayı (N_n) məlum olarkən yuvanın məftillərlə maksimum doldurulma şərtindən təyin edilir:

$$N_n = \frac{6W \cdot a \cdot a'}{z},$$

burada a' – bir yuvadakı paralel məftillər, sayı;

a – dolağın paralel budaqlanmalarının sayı.

Hesablanan sarğılar sayının əlverişli qiyməti N_n -nin qiymətinin birqat dolaqda tam, ikiqat dolaqda isə tam və cüt olmalıdır. Yumşaq seksiyalı kiçik və orta güclü çoxlu sayda asinxron mühərriklərinin sarınma təcrübəsi göstərir ki, trapesşəkilli yuvalarda onların ümumi en kəsiklərinin ancaq 0,4...0,7 hissəsini izolyasiyalı məftillərlə doldurmaq olur.

Hazırkı vaxtda elektrik maşınlarının təmirində alüminium dolaq məftili aşağı mexaniki möhkəmliyə malik

olduğundan, etibarlılığı lazımı qədər yüksək olmadığından az istifadə olunur və çox vaxt məsləhət görülmür.

İzolyasiyalı dolaq məftilinin hesabat sahəsi (Q'_p) aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$Q'_p = \frac{Q_n \cdot K_2}{N_n}$$

burada K_2 – izolyasiyalı məftillərin yuvanın sərbəst en kəsiyini doldurma əmsalı.

Məftilin en kəsiyinə görə onun diametri təyin edilir. Lakin məftili standartdan seçmək üçün onun izolyasiyasız ölçüsü məlum olmalıdır. Seksiyaların yuvada yerləşdirilməsinin çətinlik yaratmaması üçün çalışmaq lazımdır ki, dolaq məftilinin diametri 2,5mm-dən çox olmasın və məftil yuva kəsiyindən sərbəst keçə bilsin. Əgər məftilin en kəsiyi olduqca böyükdürsə, bu halda onu ikiyə, üçə və hətta dördə bölmək lazımdır. Dolaq məftilinin standart ölçüsünü seçəndə onu hesabat qiymətinə (Q'_p) bərabər və ya ona yaxın kiçik qiymət götürülməlidir ki, dolağın sərbəst olaraq yuvaya yerləşməsi təmin olunsun. Bundan sonra yuvanın doldurma əmsalının dəqiqləşdirilmiş faktiki qiyməti müəyyən edilir.

Cədvəl 2-də verilən buraxılabilən cərəyan sıxlığına (j) və dolaq məftilinin izolyasiyasız en kəsiyinə (Q) görə mühərrikin nominal faz cərəyanı hesablanır:

$$I_{nf} = Qj a' \cdot a,$$

Üçfazlı asinxron mühərrikinin nominal gücü (valdakı güc) aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_n = 3U_{nf} \cdot I_{nf} \cos\varphi \cdot \eta,$$

Burada güc əmsalı ($\cos\varphi$) və f.i.ə. (η)-ni hesabətı aparılan mühərrikə analogi olan mühərrikin kataloqundan götürmək olar. Güc əmsalı və f.i.ə.-ni həm də müvafiq ədəbiyyatdakı cədvəl və qrafiklərdən də təyin etmək olar. Gücün alınmış qiyməti yaxın standart qiymətə qədər yuvarlaqlaşdırılır.

Buraxılabilən cərəyan sıxlığının (j) və yuvanın doldurma əmsalının seçilməsinin düzgünlüyü mühərrikin xətti yükünün (A) təyin olunması ilə yoxlanılır. Bu kəmiyyət bütün yuvalardakı məftillərdəki cərəyanın statorun daxili çevrə uzunluğunun 1 sm-ə düşən qiymətini göstərir:

$$A = \frac{I_{nf} \cdot N_n \cdot Z}{\pi D}.$$

Xətti yükün hesablanmış qiyməti cədvəl 2-də verilən buraxılabilən qiymətlə müqatisə edilir. Əgər fərqlənmə alınarsa, 2-ci cədvəl rəhbər tutulmaqla, dolaqdakı xətti yük dəyişdirilir və yuvanın doldurma əmsalı bir daha dəqiqləşdirilir.

Seçilmiş dolaq tipi üçün dolağın ayrı-ayrı makara qrupları və makaralarının (seksiya) birləşməsi, paralel budaqlanmalar və dolağın çıxış ucları haqda aydın və əyani təsəvvür yaradan açılış sxemi çəkilməlidir. Hər bir fazanın öz rəngində çəkilməsi məqsədəuyğundur. Bu, sxemə böyük əyanilik verir.

Dolağın sxemi olan vərəqdə onun əsas parametrləri Z , $2P$, τ_z , y_z , q və a verilməlidir.

Dolaq sxemi üzrə sarğının seksiyalarını yerləşdirmək və birləşdirmək üçün lazım olan dolaq cədvəli tərtib olunur. Bu cədvəl dolağın makara və seksiyalarının hansı

yuvalara və hansı ardıcılıqla düzülməsi haqda təsəvvür yaradır.

Mühərrikin gərginliyinə və yuvanın formasına əsasən yuva izolyasiyasının konstruksiyası, onun materialı və ölçüləri seçilir. Bərabər ölçüdə bu həm də dolağın alın hissəsinin izolyasiyasına da aiddir.

Yuva və dolağın alın hissəsinin izolyasiyasının xarakteristikası verilməklə, bu və ya digər izolyasiya növünün tətbiqinin məqsədəuyğunluğu göstərilir, misal üçün yuvanın doldurma əmsalının artırılması nöqtəyindən və ya izolyasiyanın qızmaya davamlılıq sinfinin yüksəldilməsi səbəbindən və s.

İşin bu hissəsinin həllində izolyasiya növünün göstərilməsilə yuvanın və dolağın alın hissəsinin en kəsiyinin eskizini vermək məqsədəuyğun olar.

Stator dolağının makarasının orta eni, onun orta addımına bərabərdir:

$$y = \beta \frac{\pi(D + h)}{2P}$$

Alın hissəsinin uzunluğu

$$l_l = Ky + l_n$$

burada K və l_n – mühərrikin qütblər sayından və dolağın sarınma üsulundan asılı olan düzləndirmə əmsalı və mütləq düzləndirmədir (cədvəl 4).

Cədvəl 4

Düzləndirmə əmsalı (K) və mütləq düzləndirmənin (l_n) qiymətləri

2P	Ayrılıqda sarınan stator	Bilavasitə gövdədə yığılan
----	--------------------------	----------------------------

	nüvəsi		stator nüvəsi	
	K	l_n, cm	K	l_n, cm
2	1,25	2	1,30	3
4	1,30	2	1,35	3
6	1,40	2	1,45	3
8	1,50	2	1,55	3

Beləliklə, makara sarğısının orta eni:

$$l_b = 2(l + l_l)$$

Bundan sonra dolaq metalının izolyasiyasız çəkisi hesablanır:

$$G = 3\mu Q l_b W a' a$$

burada μ – keçirici materialın xüsusi çəkisi, kq/dm^3 .
Mis üçün $\mu_m = 8,9 kq/dm^3$, alüminium üçün $\mu_a = 2,7 kq/dm^3$.

Dolağın izolyasiya və çıxış məftillərilə birgə çəkisi:

$$G_m = 1,05G.$$

Dolağın bir fazasının sabit cərəyanda soyuq halda elektrik müqaviməti:

$$r = \frac{\rho \cdot l_b \cdot W \cdot 10^{-2}}{Q \cdot a' \cdot a}$$

burada ρ - məftilin xüsusi müqaviməti, $Om \cdot mm^2/m$,
mis üçün $\rho_m = 0,0175 Om \cdot mm^2/m$, alüminium üçün isə $\rho_a = 0,0296 Om \cdot mm^2/m$ -dir.

Dolağın hazırlanması üçün sənəd “Dolaq qeydləridir”.
Bu cədvəl şəklində hazırlanır və buraya dolağın hazırlanması üçün bütün lazım olan məlumatlar daxil edilir. Bu məlumatlara mühərrikin tipi, zavod nömrəsi, nominal göstəriciləri (gərginlik, cərəyan, güc, fırlanma tezliyi və s.); dolağın tipi; bir qütbə və fazaya düşən

yuvalar sayı; stator yuvalarının sayı; dolaq addımı; paralel budaqlanmaların sayı; fazların birləşməsi; dolaq sxemi və ya cədvəli; seksiyaların ümumi sayı; seksiyadakı sarğılar sayı; məftilin en kəsiyi; məftilin izolyasiyalı və çıpaq halda ölçüsü; paralel məftillərin sayı; seksiyaların izolyasiyası.

Mühərrikin yeni parametrlərə hesabətı aşağıdakı qayda üzrə aparılır.

Əgər mühərrikin dolaq qiymətləri məlum olarsa (əvvəlki qiymətləri “C” indeksi ilə işarə edək), bu halda yeni gərginliyə və ya fırlanma tezliyinə hesabat aparılarkən, birinci hissədəki kimi təkrar tam hesabat lazım deyil.

Təyin olunan yeni dolaq qiymətlərini (onları “H” indeksi ilə işarə edək) əvvəlki dolaq qiymətlərinə görə hesablamaq olar. Yenidən hesablama vaxtında əsas şərt maşının maqnit dövrəsinin bütün hissələrində induksiyanın və xətti yükün cədvəl 2-də verilən normativ qiymətlərinə uyğun olaraq sabit saxlanmasıdır.

Başqa gərginliyə yenidən hesabatda lazım olan ifadələr aşağıdakılardır:

$$W_n = W_c \frac{U_n}{U_c}$$

$$Q_n = Q_c \frac{U_c}{U_n}$$

$$d_n = d_c \sqrt{\frac{U_c}{U_n}}$$

Makaraların sayı və onların ölçüləri yeni gərginliyə hesablama vaxtı dəyişmiş.

Yeni fırlanma sürətinə hesabat aparılarkən əvvəlcə dəqiqləşdirilməlidir ki, belə hesabat mümkündürmü, sarğılar sayını və seksiyadakı məfilləri seçəndən sonra, elektrik mühərrikinin ayrı-ayrı maqnit dövrələrində maqnit induksiylarını (B_{σ} , B_z , B_{sp}) yoxlamaq məqsəduyğundur. Bu qiymətlər cədvəl 2-dəki göstəricilərdən fərqlənməməlidir.

Hesabat düsturları:

$$y_n = y_c \frac{n_n}{n_c}$$

$$q_n = q_c \frac{n_n}{n_c}$$

Elektrik mühərriki böyük fırlanma tezliyinə çevrildikdə ($n_n > n_c$)

$$W_n = W_c \frac{n_c}{K_p \cdot K_n}$$

$$Q_n = Q_c \frac{n_n \cdot K_n}{n_c}$$

$$P_n = P_c \frac{n_n \cdot K_n}{n_c}$$

Elektrik mühərrikinin azalan fırlanma tezliyinə hesabat aparılarda ($n_n < n_c$)

$$W_n = \frac{W_c \cdot K_n \cdot n_c}{n_n}$$

$$Q_n = Q_c \frac{n_n}{K_n \cdot n_c}$$

$$P_n = P_c \frac{n_n}{K_p \cdot n_c}$$

burada K_n – yenidən hesablamada düzləndirmə əmsalıdır

$$K_n = 0,6 \dots 0,85.$$

Əvvəlki və yeni fırlanma tezliyi arasında fərq nə qədər çox olarsa, düzləndirmə əmsalı o qədər az qəbul olunur.

Düzləndirmə əmsalının daxil edilməsi onunla əlaqədardır ki, qütb saylarının azalmasında (fırlanma tezliyinin artmasında) və hava aralığındakı maqnit induksiyası sabit saxlanmasında stator nüvəsinin boyunduruğunda induksiya artır və əksinə. Bu halda dişlərdə induksiya sabit qalır.

Başqa fırlanma tezliyinə keçid zamanı dolaq sxemi dəyişilir.

“Güc transformatorlarının dolaqlarının hesabı” mövzusunda sərbəst işin yerinə yetrilməsi üzrə metodiki göstərişlər

Transformatorun hesablanması

İşin məqsədi. Transformatorun parametrlərinin hesablanma metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetrilmə ardıcılığı

1. Dolağı hesablamalı.
2. Transformatorun gücünü və parametrlərini təyin etməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetrilmə metodikası

Hesablama üçün aşağıdakı ilkin verilənlərin olması vacibdir: maqnit dövrəsinin poladının markası, onun qalınlığı, vərəqələr arasы izolyasiya; transformatorun maqnit dövrəsinin ölçüləri; birinci və ikinci tərəf dolaqlarının U_1 , U_2 nominal gərginlikləri; cərəyanın tezliyi (f); transformatorun tipi, soyutma sistemi, iş rejimi, dolaqların birləşmə sxemi və qrupu.

Transformatorun dolaqlarının hesablanması və nominal gücünün təyin edilməsi.

Transformatorun maqnit dövrəsinin pəncərəsinin kəsiyinin sahəsi

$$S_{pən} = b_{pən} \cdot h_{çub} ,$$

burada $b_{pən}$ – pəncərənin eni, sm ;

$h_{çub}$ – çubuğun hündürlüyü, sm .

Pəncərənin, iki dolaqlı üç fazlı transformatorun bir dolağına düşən, səmərəli en kəsiyi (dolağın səmərəli en kəsiyi), sm^2

$$S_{dol} = \frac{k_d \cdot S_{pən}}{4} ,$$

birfazlı iki dolaqlı transformator üçün

$$S_{dol} = \frac{k_d \cdot S_{pən}}{2} ,$$

burada k_d – pəncərənin izolyasiyalı dolaq naqilləri ilə doldurulma əmsəlidir, transformatorun gərginliyindən,

gücündən və onun dolağının tipindən asılıdır, çubuğun diametrindən D asılı olaraq, cədvəl 1-in verilənlərindən götürülə bilər

Cədvəl 1

D, m	0,09	0,10...0,14	0,16...0,18	0,20	0,22	0,24...0,26
K_d	0,34	0,26	0,28	0,28	0,27	0,23...0,20

Fazdakı sarğılar sayı

$$W = \frac{U_{1f}}{4,44 fBS_{pol}}, \quad W = \frac{U_{2f}}{4,44 fBS_{pol}}.$$

burada B – transformatorun çubuğunda maqnit induksiyasıdır, T , maqnit dövrəsinin poladının markasından, onun ölçülərindən, soyutma sistemindən asılıdır, cədvəl 2-dən seçilə bilər;

S_{pol} – maqnit dövrəsinin polad çubuğunun en kəşik sahəsidir, m^2

$$S_{pol} = k_p \sum_1^n S_{pil},$$

burada $\sum_1^n S_{pil}$ - çubuğun bütün pillələrinin en kəşik sahələrinin cəmidir;

k_p – paketin en kəşiyinin sahəsinin poladla doldurulma əmsalındır, cədvəl 3-dən seçirlər.

Cədvəl 2

Poladın markası (DÜİST 21427.1 – 75)	Güc transformatorlarının çubuqlarının diametrindən (m) asılı olaraq, çubuqlarda tövsiyyə olunan induksiya, Tl		
	0,08 m -ə qədər	0,09...0,14 m -ə qədər	0,16 m və yuxarı
Yağlı transformatorlar			
3411, 3412	1,1...1,4	1,4...1,55	1,55...1,60
3413, 3414, 3415	1,2...1,5	1,5...1,6	1,60...1,65
Quru transformatorlar			
3411, 3412	1,1...1,3	1,35...1,45	1,45...1,50
3413, 3414, 3415	1,2...1,4	1,4...1,5	1,5...1,6

Cədvəl 3

Poladın qalınlığı, mm	Paketin en kəşik sahəsinin poladla doldurulma əmsalı	
	örtülmə	
	istiyə davamlı	istiyə davamlı üstəgəl birqat ləkləmə
0,28	0,94...0,95	0,91...0,92
0,30	0,95...0,96	0,92...0,93
0,35	0,96...0,97	0,93...0,94
0,50	0,97	0,94

Çubuğun en kəsiyinin sahəsini (m^2) aşağıdakı sadə, lakin dəqiqliyi az olan düsturla təyin etmək olar

$$S_{pol} = \frac{k_{\text{çev.}} \cdot k_p \pi D^2}{4},$$

burada $k_{\text{çevrə}}$ - çubuğun ətrafında çəkilmiş D diametrlili çevrənin sahəsinin doldurulma əmsalidir, $k_{\text{çevrə}}$ çubuqdakı pillələrin sayından asılıdır (çədvəl 4).

Cədvəl 4

Çubuğun pillələr sayı	1	2	3	4	5	6	7	8
Doldurma əmsalı	0,636	0,786	0,851	0,861	0,890	0,91...0,92	0,918	0,925...0,928

Dolaqların izolyasiyalı naqillərinin en kəsik sahəsi (mm^2)

$$q'_1 = \frac{S_{dol} 10^2}{W_1}, \quad q'_2 = \frac{S_{dol} 10^2}{W_2},$$

Dolaqların izolyasiyalı naqillərinin en kəsiklərinin sahələri üzrə izolyasiyalı naqilin ölçülərini tapırlar, mm :

dairəvi en kəsikli

$$d' = 1,14\sqrt{q'}$$

düzbucaqlı en kəsikli

$$q' = h' \cdot b',$$

burada d' - izolyasiyalı naqilin diametri, mm ;
 $h';b'$ - düzbucaqlı izolə edilmiş naqilin
 uyğun olaraq, eni və hündürlüyüdür, mm (sorgu
 ədəbiyyatından götürülə bilərlər).

Çılpaq naqilin qabarit ölçüləri, mm :

dairəvi en kəsikli

$$d_{\zeta} = d' - \delta_{iz},$$

düzbucaqlı en kəsikli

$$h_{\zeta} = h' - \delta_{iz}, \quad b_{\zeta} = b' - \delta_{iz},$$

burada δ_{iz} – dolaq naqilinin en kəsiyindən və
 markasından asılı olan, izolyasiyanın ikitərəfli qalınlığı,
 mm (sorgu ədəbiyyatından götürürlər).

Çılpaq naqilin alınmış qabarit ölçülərini naqilin
 standart ölçüləri üzrə ən kiçiyə qədər yuvarlaqlaşdırırlar.
 Xətti ölçülərə görə transformatorun birinci və ikinci tərəf
 dolaqlarının uyğun q_1 və q_2 en kəsiklərini təyin edirlər.

Birinci tərəf dolağının nominal faz cərəyanının
 şiddətinin (A) qiyməti

$$I_{1f} = q_1 J_1.$$

Dolaqdakı cərəyanın orta sıxlığının J_1 qiyməti cədvəl
 5-də verilmişdir.

Cədvəl 5

Dolağın materialı, onun yerləşməsi	Çubuğun diametrindən (mm) asılı olaraq, dolaqda cərəyanın orta sıxlığı, A/mm^2		
	0,09-a qədər	0,10...0,22	0,24...0,38
Yağlı transformatorlar			
Mis	1,8...2,2	2,4...3,2	3,2...3,8
Alüminium	1,2...1,6	1,6...2,0	1,8...2,2
Quru transformatorlar			

Daxili dolaq:			
mis	2,0...1,4	2,0...2,2	-
alüminium	1,3...0,9	1,2...0,8	-
Xarici dolaq:			
mis	2,2...2,8	2,1...2,6	-
alüminium	1,3...1,8	1,4...1,7	-

İkinci tərəf dolağın nominal faz cərəyanını transformasiya əmsalı üzrə birinci tərəf dolağının cərəyanından təyin edirlər. Ondan sonra bu dolaqdakı cərəyan sıxlığının J_2 qiymətini tapırlar və cədvəl 5-dən götürülən qiymətlə müqayisə edirlər. Lazım gəldikdə J_1 -i azadırlar, bununla bərabər isə I_{1f} və J_2 azalır.

Transformatorun nominal gücü (kVA)

$$S = mU_{1f} \cdot I_{1f} \cdot 10^{-3},$$

burada m – fazlar sayıdır.

Gücün alınmış qiymətini yaxın standart qiymətə qədər yuvarlaşdırırlar. Gücün standart qiymətini müəyyən edib, dolaqda cərəyanın sıxlığının qiymətini və ya dolağın naqillərinin en kəsiyini dəqiqləşdirmək lazım gəlir.

Dolaqların konstruksiyasının və ölçülərinin təyin edilməsi

Dolaqların konstruksiyasını transformatorun gücünü, metalı (misi və ya alüminiumu), bir çubuqdakı dolağın cərəyanını və sarğının en kəsik sahəsini nəzərə almaqla seçirlər. Adətən gücü 630 kVA-ya qədər gərginliyi 35 kV-a qədər olan transformatorlarda yüksək gərginlik dolağı dairəvi en kəsikli naqildən çoxqatlı silindrik, alçaq

gərginlik dolağı isə düzbucaqlı en kəsikli naqıldən bir və ya ikiqat silindrikdir.

Dolaqları yerinə yetirmək üçün götürülmüş, izolyasiyalı standart naqilin qabarit ölçüləri (mm)

düzbucaqlı

$$h_{1iz} = h_1 + \delta_{1qat};$$

dairəvi

$$b_{1iz} = b_{\phi} + \delta_{iz}; \quad d_{2iz} = d_2 + \delta_{iz2}.$$

Güman edək ki, birinci tərəf dolağı (AG) düzbucaqlı en kəsikli naqıldən yerinə yetirilmişdir, ikinci tərəf dolağı (YG) isə - dairəvi en kəsikli.

Dolağın bir qatındakı sarğılar sayı

$$W_{q1} = \frac{h_{\phi} - 2a_{01}}{h_{1iz}}, \quad W_{q2} = \frac{h_{\phi} - 2a_{02}}{d_{2iz}},$$

Burada a_{01} və a_{02} – dolaq və boyunduruq arasında izolyasiya aralığı, bax (cədvəl 6).

Cədvəl 6

Dolaqların minimal izolyasiya məsafəsi, sm											
Dolağın gərginliyi, kV	Yağ transformatoru					Dolağın gərginliyi, kV	Quru transformator				
	AG dolağı		YG dolağı				AG dolağı		YG dolağı		
	δ_{01}	a_{01}	δ_{12}	a_{02}	δ_{22}		δ_{01}	a_{01}	δ_{12}	a_{02}	δ_{22}
1-ə qədər	0,5	-	-	-	-	-	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0
3...6	1,2	2,0	0,85	2,0	1,0	3	2,0	3,5	1,8	3,5	1,5
10	1,8	3,0	1,2	3,0	1,4	6	3,0	6,0	2,6	6,0	2,2

35	3,0	6,0	2,7	6,0	3,0	10	4,0	8,0	3,5	8,0	3,0
----	-----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----

Qeyd. δ_{01} , δ_{12} və δ_{22} – izolyasiya aralığı, uyğun olaraq, çubuq və AG dolağı, AG və YG dolaqları, müxtəlif fazların YG dolaqları arasında.

AG dolağı ilə boyunduruq arasındakı məsafəni YG dolağından boyunduruğa qədər olan məsafəyə bərabər götürürlər.

Dolağın qatlar sayı

$$n_1 = \frac{W_1}{kW_{q1}}, \quad n_2 = \frac{W_2}{kW_{q2}}.$$

burada $k = 1$ – üçfazlı transformatorlar üçün; $k = 2$ – birfazlı transformatorlar üçün.

Dolaqların radial qalınlığı (mm)

$$b_1 = n_1 (b_{1iz} + \delta_{1q});$$

$$b_2 = n_2 (d_{2iz} + \delta_{2q}),$$

burada δ_{1q} , δ_{2q} - uyğun olaraq, AG və YG dolaqlarının qatlararası izolyasiyanın qalınlığı.

Qatlararası izolyasiyanı kabel kağızından düzəldirlər, hansının ki, qalınlığı dolağın iki qatının cəmi işçi gərginliyindən ΔU_q asılıdır:

ΔU_q 150V-a qədər olduqda – $\delta_q = 2 \times 0,06$ mm; $\Delta U_q = 150...200V$ olduqda - $\delta_q = 0,2$ mm; $\Delta U_q = 200...1000V$ - $\delta_q = 2 \times 0,12$ mm; $\Delta U_q = 1000...2000V$ - $\delta_q = 3 \times 0,12$ mm;

AG dolağının daxili və xarici diametrləri (sm)

$$D_{d1} = D + 2\delta_{01},$$

$$D_{x1} = D_{d1} + 2b_1.$$

δ_{01} -in qiyməti cədvəl 6-da verilmişdir.

Dolağın yerləşməyə görə yoxlanması

$$b_0 \geq (b_1 + b_2 + \delta_{12} + \delta_{01} + \delta_{22}).$$

Lazım gəldikdə dolaqların naqillərinin en kəsiyinin sahəsini azaldılar ki, bu da transformatorun gücünün azalmasına gətirib çıxarır.

Transformatorun parametrlərinin təyin edilməsi (yoxlanması)

Dolaqların kütləsi

$$G_1 = m\pi D_{or1} W_1 q_1 \gamma \cdot 10^{-3};$$

$$G_2 = m\pi D_{or2} W_2 q_2 \gamma \cdot 10^{-3};$$

burada $D_{or1} = \frac{D_{d1} + D_{x1}}{2}$, $D_{or2} = \frac{D_{d2} + D_{x2}}{2}$.

γ – dolağın materialının (misin, alüminiumun) sıxlığı, kq/sm^3 .

Dolağın itkiləri (Vt):

mis üçün

$$\Delta P_m = 2,4 J^2 G,$$

alüminium üçün

$$\Delta P_m = 12,75 J^2 G.$$

Transformatorun poladındaki itkilər (Vt)

$$\Delta P_p = m_l p_\zeta G_\zeta + 2p_a G_a,$$

burada G_a, G_a – uyğun olaraq, çubuğun və boyunduruğun kütləsi, onların həndəsi ölçülərinə və sıxlığına görə tapılır, kq ;

m_l – çubuqların sayı;

p_ζ, p_a – uyğun olaraq, çubuğun və boyunduruğun poladının $1kq$ -nın, verilmiş maqnit induksiyasında, xüsusi itkisi, Vt/kq .

Qısa qapanma gərginliyi və onun aktiv və reaktiv mürəkkəbələri

$$U_{qA} \% = \frac{\Delta P_{m1} + \Delta P_{m2}}{10S_n},$$

$$U_{qR} \% = \frac{7,92 f I_1 W_1 \pi D_{or} \delta k_R 10^{-2}}{U_S h_{dol}},$$

burada S_n – nominal güc, $kV \cdot A$;

U_S – bir sarğıya düşən gərginlik, V ;

$$D_{or} = \frac{D_{or1} + D_{or2}}{2} - \text{dolağın orta diametri. } sm;$$

$$\delta = \delta_{12} + \left[\frac{b_1 + b_2}{3} \right] - \text{səpələnmə kanalının}$$

gətirilmiş eni, sm ;

$$h_{dol} = h_{\zeta} - 2l_{dol} - \text{dolağın hündürlüyü, } sm;$$

l_{dol} – boyunduruq və dolaq arasındakı izolyasiya aralığı, hansını ki, gücdən və sınaq gərginliyindən asılı olaraq təyin edirlər, ədəbiyyatdan götürmək olar;

$$k_R = 1 - \left[\frac{\delta_{12} + b_1 + b_2}{\pi h_{dol}} \right] - \text{Roqovski əmsalı.}$$

$$U_q \% = \sqrt{U_{qA\%}^{-2} + U_{qR\%}^2} .$$

Əgər $U_q\%$ -in alınmış qiyməti verilmişlə və ya DÜİST üzrə olan $U_k\%$ qiyməti ilə uyğun gəlməzsə, dolaqların sarğılar sayını və ya onların ölçülərini D_{or1} , D_{or2} , δ_{12} , h_{dol} dəyişmək, və $U_{qA\%}$, $U_{qR\%}$ və $U_q\%$ -i yenidən təyin etmək vacibdir.

Nominal yükdə transformatorun FİƏ

$$\eta = 1 - \frac{\Delta P_{M1} + \Delta P_{M2} + \Delta P_p}{S_n \cos \varphi_2 + \Delta P_{M1} + \Delta P_{M2} + \Delta P_p} .$$

Transformatorun boş işləmə cərəyanının tərkib hissələri:

aktiv

$$i_{oA} \% = \frac{\Delta P_p}{10S_n},$$

reaktiv

$$i_{oR} \% = \frac{Q_o}{10S_n},$$

burada Q_o – transformatorun maqnit sistemi üçün boş işləmə zamanı maqnitləşdirici güc, Var , aşağıdakı təxmini düsturla təyin oluna bilər

$$Q_o = k_T (q_p m_l G_p + q_a \cdot 2G_a),$$

burada $k_T = 3,6 \dots 4,0$ alüminium və $k_T = 4,0 \dots 4,4$ mis dolaq üçün, $B = 1,55 \dots 1,65 T$ olduqda;

q_p, q_a - cədvəl 7-dən götürülür.

Cədvəl 7

0,35mm olan soyuq yayılmış poladlar üçün xüsusi maqnitlənmə gücü (maqnitdövrələri, cildə yığılmış)

B, Tl	Poladın markası				$q^3,$ $V \cdot A/m^2$
	3411	3412	3413	3414	
	q_p və ya $q_a, V \cdot A/kq$				
1,00	1,45	1,22	1,00	0,70	1660

1,02	1,54	1,28	1,05	0,74	1770
1,04	1,63	1,34	1,10	0,78	1880
1,06	1,72	1,40	1,15	0,82	2000
1,08	1,81	1,48	1,20	0,86	2110
1,10	1,91	1,53	1,25	0,90	2220
1,12	2,01	1,62	1,31	0,94	2330
1,14	2,11	1,72	1,37	0,98	2440
1,16	2,22	1,82	1,43	1,02	2550
1,18	2,33	1,92	1,50	1,06	2660
1,20	2,44	2,02	1,57	1,10	2770
1,22	2,55	2,13	1,65	1,14	3330
1,24	2,67	2,23	1,74	1,18	3400
1,26	2,82	2,34	1,82	1,22	4450
1,28	2,97	2,45	1,91	1,26	5000
1,30	3,17	2,51	2,00	1,30	5550
1,32	3,34	2,72	2,13	1,37	6650
1,34	3,58	2,90	2,27	1,44	7750
1,36	3,75	3,07	2,38	1,51	8900
1,38	3,97	3,25	2,50	1,58	10000
1,40	4,28	3,42	2,62	1,65	11100
1,42	4,47	3,67	2,83	1,70	12200
1,44	4,77	3,95	3,05	1,75	13300
1,46	5,18	4,12	3,25	1,80	14400

1,48	5,60	4,52	3,48	1,87	15500
1,50	6,10	4,79	3,70	1,93	16700
1,52	6,90	5,38	4,07	2,03	18700
1,54	7,70	6,00	4,28	2,13	20600
1,56	8,88	6,62	4,63	2,24	22700
1,58	10,10	7,25	5,00	2,44	24600
1,60	11,25	7,90	5,38	2,62	26600
1,62	13,15	9,18	5,88	2,92	29700
1,64	14,75	10,40	6,43	3,23	32800
1,66	16,85	11,85	7,26	3,60	36400
1,68	19,26	13,55	8,00	4,04	40400
1,70	21,7	15,30	9,75	4,48	44400
1,72	24,6	17,30	10,50	5,25	50000
1,74	27,6	19,55	12,35	6,00	56500
1,76	30,5	21,75	14,3	6,90	63000
1,78	33,5	24,4	16,6	7,90	69100
1,80	36,6	27,0	17,8	9,00	77000

Əgər polad lövhələr hazırlandıqdan sonra yandırılırsa, onda maqnitləndirici güc 30 ... 35% artır. Düz bitişmələrdə bütün bucaqlarda – 25% artır.

Boş işləmənin tam gücü

$$i_o = \sqrt{i_{oa}^2 + i_{or}^2} .$$

İstilik selinin sıxlığı (Vt/m^2)

$$q_{dol1} = \frac{k_{\vartheta} \Delta P_m}{m S_{soy1}};$$

$$q_{dol} = \frac{k_{\vartheta} \Delta P_{m2}}{m S_{soy2}};$$

$$q_{\zeta} = \frac{\Delta P}{S_{soy.p}},$$

burada $k_{\vartheta} = 1,01 \dots 1,05$ - əlavə itkilər əmsalı;

m – transformator fazlarının sayı;

S_{soy1} , S_{soy2} , $S_{soy.p}$ – uyğun olaraq AG, YG dolaqlarının və transformatorun maqnit sisteminin poladının soyuma səthi, m^2 .

$$S_{soy1} \cong 2 \pi D_{or1} h_{dol1};$$

$$S_{soy2} \cong 2 \pi D_{or2} h_{dol1};$$

$$S_{soy.p} = m_1 \pi D h_{\zeta} + 2 \pi D_a l_a,$$

burada D_a , l_a - uyğun olaraq, boyunduruğun diametri və uzunluğu, m ;

m_1 – çubuqların sayı. İstilik selinin sıxlığının alınmış qiymətləri cədvəl 8-də verilən qiymətləri aşmamalıdır.

Transformatorun hissələri	Soyuducu agent təbii dövr edən güc transformatorlarının istilik selinin buraxıla bilən sıxlığı, Vt/m^2	
	Quru	Yağlı
Dolaqlar:		
çoxqatlı	400	1000 ... 1200
birqatlı	600	1200 ... 1400
Maqnit dövrəsi	700	3000

Hesabatın məzmunu

1.Hesabat qeydiyyatını tərtib etməli.

2.Transformatorun alınmış parametrlərini verilənlərlə (və ya DÜİST üzrə) müqayisə etməli. Onlar arasında fərqlənmə olarsa, səbəbini izah etməli.

3.Çubuğun birindəki dolaqların kəsiyini verməklə transformatorların eskizini çəkməli.

Yoxlama sualları

1.Pəncərənin səmərəli en kəsiyi nədir ?

2.Paket en kəsiyinin doldurulma əmsalının nədən asılı olduğunu söyləməli ?

3. Dolaqların radial ölçülərinin təyin olunmasının doğruluğunu necə yoxlayırlar ?

4. Transformatorun dolaqlarında və poladında itkilər nədən asılıdırlar ?

5. Transformatorun qısa qapanma gərginliyinin aktiv və reaktiv hissələri nədən asılıdırlar ?

6. Transformatorun boş işləmə cərəyanının nədən asılı olduğundan danışın.

“Təmir zamanı kiçik güclü transformatorların dolaqlarının hesabı” mövzusunda kurs işinin yerinə yetirilməsinə dair metodiki göstəriş

İşin məqsədi. Təmir zamanı kiçik güclü transformatorların parametrlərinin hesablama metodikasını mənimsəməli.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı

1. Transformatorun maqnit nüvəsinin miqyasla eskizinin çəkilməsi.

2. Transformatorun maqnit nüvəsinin ölçülərinin yoxlama hesabının aparılması.

3. Verilən transformator üçün itkilərin hesabı.

4. Transformatorun yüksüz işləmə cərəyanının hesabı.

5. Transformatorun cərəyanının hesablanması.

6. Dolaqlarda məftillərin ölçülərinin təyini, markasının seçilməsi.

7. Dolağın cərəyan sıxlığının hesablanıb buraxıla bilən qiymətlərlə müqayisə etməli.

8. Dolağın 1-ci və 2-ci tərəfdəki sarğılar sayının hesablanması.

9.Dolağın izolyasiya konstruksiyasının materialının, markasının və ölçülərinin təyini.

10.Dolağın konstruktiv hesabının aparılması.

11.Dolağın çəkisinin hesablanması.

12.Dolaqlarda mis itkilərinin hesablanması.

13.Transformatorun faydalı iş əmsalını hesablayıb buraxıla bilən qiymətlə müqayisə edilməsi.

14.Dolağın müqavimətinin və qısa qapanma müqavimətinin hesablanıb müqayisə olunması.

15.Dolaqlarda qısa qapanma gərginliyinin hesabı.

16.Hesabatı aparılan dolağın ətraf mühitə nisbətən qızma temperaturasını hesablayıb seçilmiş izolyasiya materiallarının qızma sinfi ilə müqayisə etməli.

17.Dolaq sarıyıcı üçün tapşırıq cədvəli tərtib etməli.

İşin məzmunu və onun yerinə yetirilmə metodikası

Maqnit nüvəsinin ölçüləri						Sifarişçinin texniki şərtləri					
a	b	c	C	H	h	Transformatorun tipi	U ₁	U ₂	I ₂	F	Poladın markası

Qeyd: Cədvəldə verilən parametrlər aşağıdakılardır:

a – nüvənin çubuğunun eni, mm;

b – nüvənin qalınlığı, mm;

c – aynanın eni, mm;

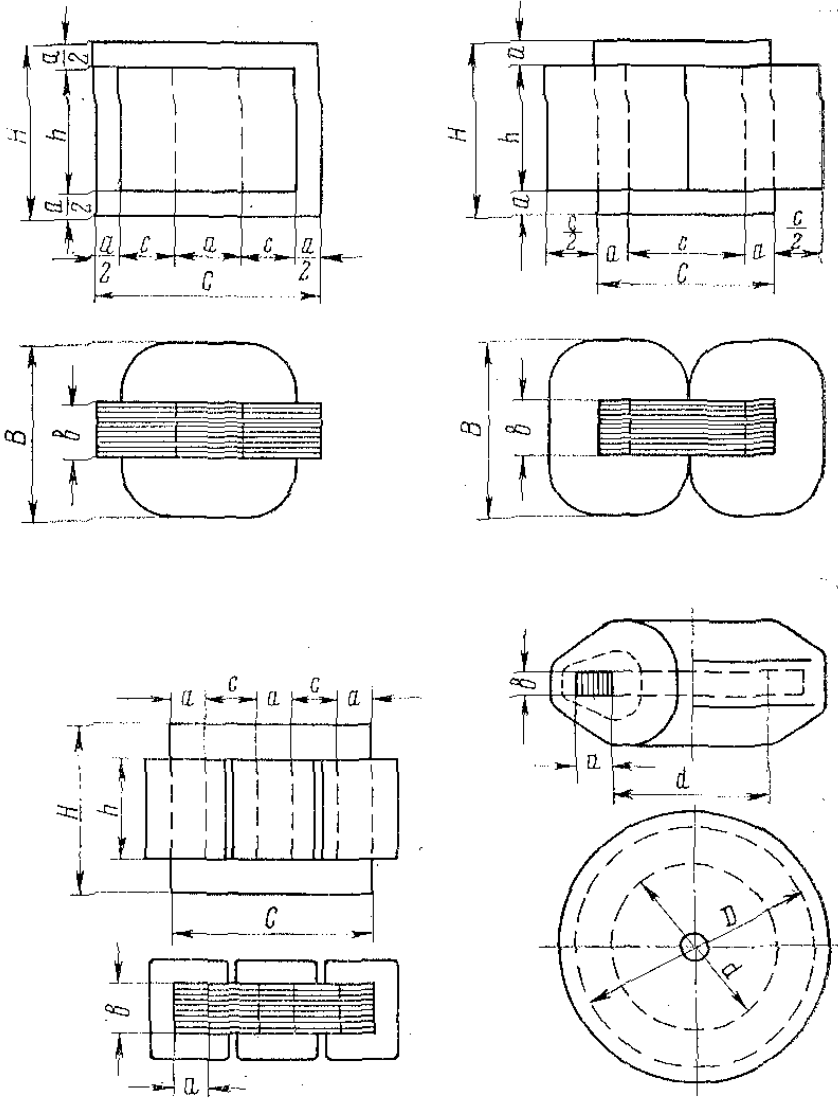
C – nüvənin eni, mm;

H – nüvənin hündürlüyü, mm;

h – aynanın hündürlüyü, mm;

U_1 – birinci tərəf gərginliyi, V;
 U_2 – ikinci tərəf gərginliyi, V;
 I_2 – minimum yük cərəyanı, A;
 f – tezlik, Hz.

Nüvənin verilən ölçüləri aşağıdakı şəkildə göstərildiyi kimidir (şək. 1).



Şekil 1. Transformatorun maqnit nüvələri:
a-zirehli; b-çubuqlu; c-üçfazlı çubuqlu; d-toriodal.

1.Transformatorun maqnit nüvəsinin miqyasla eskizinin çəkilməsi.

Hesabatı aparılan maqnit nüvəsinin eskizini onun verilmiş ölçü qiymətlərinə əsasən miqyas seçilməklə çəkməli.

2.Transformatorun maqnit nüvəsinin ölçülərinin yoxlama hesabatının aparılması.

Maqnit nüvəsinin əsas ölçülərindən olan poladın və transformator aynasının en kəşik sahəsinin təyini aşağıdakı ifadədən tapılır

$$S_c S_0 = \frac{1+\mu}{\mu} \cdot \frac{P \cdot 10^2}{4,44 f B j K_M K_C}, \text{ sm}^4$$

Burada: S_c və S_0 – uyğun olaraq polad çubuğunun və maqnit nüvəsinin aynasının en kəşik sahəsidir, sm^2 ;

f – dəyişən cərəyanın tezliyi, Hz ;

B – maqnit induksiyası, Tl ;

K_M və K_C – uyğun olaraq transformator aynasının mis məftillərlə doldurma əmsalı və maqnit nüvəsinin doldurma əmsalı;

μ – transformatorun faydalı iş əmsalı;

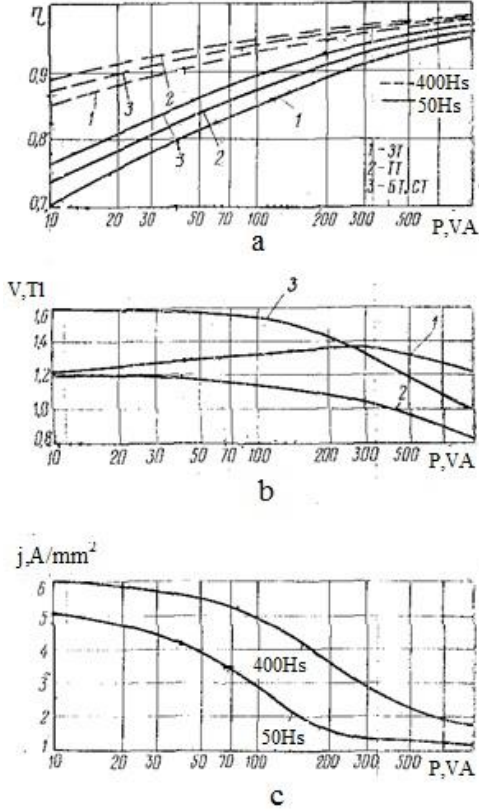
j – cərəyan sıxlığı, A/mm^2 ;

P – transformatorun faydalı gücü olub aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir

$$P = U_2 \cdot I_2, \quad V \cdot A$$

Burada U_2 və I_2 – transformatorun ikinci tərəf gərginliyi və cərəyanı.

Transformatorun gücündən asılı olaraq maqnit induksiyası B , cərəyan sıxlığı j və faydalı iş əmsalı μ təyin edilir.



Şəkil 2. Transformatorun faydalı gücündən təxmini asılılıqlar: a-qıda şəbəkəsinin cərəyanının 50 və 400 Hs tezliklərdə F.İ.Ə.; b-polad üçün maqnit induksiyasının maksimal qiymətindən; 50 Hs tezlik cərəyanında 0,35mm qalınlığında Ə42 (1), 400 Hs tezlikdə 0,15mm qalınlığında Ə44 (2); 400 Hs tezlikdə 0,15mm qalınlığında Ə330 (3); c-dolaqda cərəyan şiddətindən.

Transformator aynasının mis məftillə doldurma əmsalı K_M tezlik və gücdən asılı olaraq təyin edilir.

Transformatorun gücündən asılı olaraq K_M -in qiyməti

F	P, V·A	15...30	50...150	150...300	300...1000
50 Hs	K _M	0,22...0,28	0,28...0,34	0,34...0,36	0,36...0,38
400 Hs	K _M	0,21...0,25	0,25...0,28	0,28...0,30	0,30...0,37

Polad nüvənin maqnit vərəqələrindən, onların qalınlığından və izolyasiyanın növündən asılı olaraq poladın en kəsiyinin doldurma əmsalı K_C təyin edilir.

K_C -in qiymətinin təyini

Vərəqənin qalınlığı	K_C	
	Vərəqə nüvələr üçün	Lentvari nüvələr üçün
0,35...0,5	0,89...0,93	0,95...0,97
0,2...0,35	0,82...0,89	0,93...0,95
0,05...0,1	-	0,75...0,88

Verilən transformator üçün **minimal çəki** əsas kriteriya qəbul olunduğundan ölçülərin nisbəti aşağıdakı kimi qəbul edilir

$$y = \frac{b}{a}; \quad x = \frac{c}{a}; \quad z = \frac{h}{a}.$$

Maqnit nüvəsinin eninin sərhəd qiymətləri aşağıdakı ifadədən təyin olunur

$$a = \sqrt[4]{\frac{S_C S_0}{y x z}}, \text{ sm}$$

Maqnit nüvəsinin eninin sərhəd qiymətlərini, poladın və transformator aynasının ən kəşik sahəsini bilərək transformatorun maqnit nüvəsi seçilir.

Transformatorun ölçülərinin optimal nisbətləri

Transformatorun konstruksiyası	Qiymətləri								
	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$	$y = \frac{b}{a}$
	Çəki minimal olanda			Həcm minimal olanda			Qiymət minimal olanda		
Çubuqlu	1...2	1...5	2	1...2	0,5	3	2	1	1
Zirehli	1...2	1	2,5	1...2	1	2,5	2	0,5	1
Toridorial	0,4...1	2	-	1...2	2	-	-	-	-

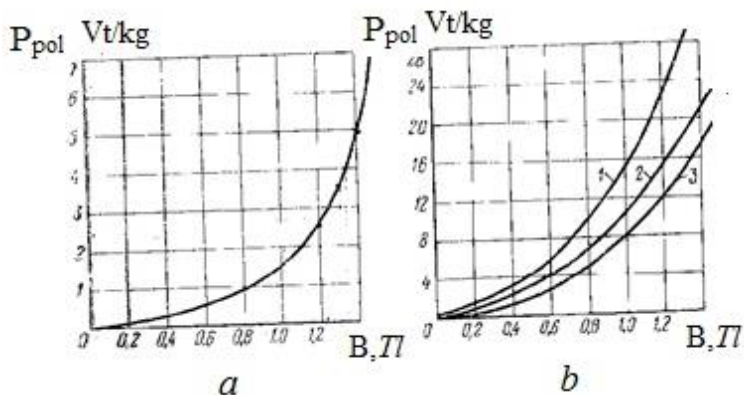
3.Transformatorun polad itkisinin hesabı.

Transformatorada polad itkisi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_{pol} = p_{pol} \cdot G_{pol}, Vt$$

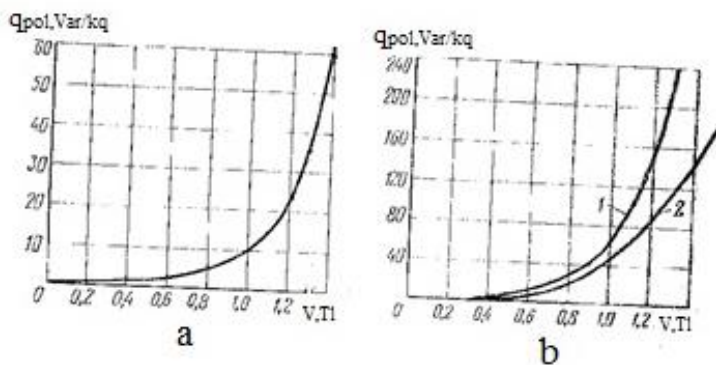
Burada p_{pol} – xüsusi itki olub poladın markasından, lentin (vərəqənin) qalınlığından, maqnit induksiyasından və cərəyanın tezliyindən asılı olaraq seçilir, Vt/kg;

G_{pol} – maqnit nüvəsinin poladının çəkisidir, kg.



Şəkil 3. Transformatorların poladlarında xüsusi itkilər: a-50 Hs tezlikdə 0,35mm qalınlığında Ə42; b-400 Hs tezlikdə 0,35mm qalınlığında Ə42; b-400 Hs tezlikdə 0,2mm qalınlığında Ə44 (1), lentalı kəsikli (2) və toriodal (3) nüvələr üçün 400 Hs tezlikdə 0,15mm qalınlığında Ə330.

Maqnit induksiyasından asılı olaraq maqnitlənmə gücü (q_c) seçilir (VAr/kg).



Şəkil 4. Polad üçün xüsusi maqnitləşdirmə gücü: a-50 Hs tezlikdə 0,35mm qalınlığında Ə42; b-400 Hs tezlikdə 0,2mm qalınlığında Ə44 (1) və 400 Hs tezlikdə 0,15mm qalınlığında Ə330 (2).

4.Transformatorun yüksüz işləmə cərəyanının təyini.

Transformatorun yüksüz işləmə cərəyanı və onun mürəkkəbləri faiz ifadəsində aşağıdakı kimi təyin edilir

$$\text{Aktiv mürəkkəbə: } i_a = \frac{P_{pol}}{P} \cdot 100\%;$$

$$\text{Reaktiv mürəkkəbə: } i_r = \frac{q_{c \cdot G_{pol}}}{P} \cdot 100\%$$

Yüksüz işləmənin tam qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$i_0 = \sqrt{i_a^2 + i_r^2}, \quad \%.$$

5.Transformatorun cərəyanlarının hesablanması.

Transformatorun cərəyanları aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$I_1 = \frac{P}{U_1 \mu \cos \varphi_1}, \quad A$$

burada $\cos \varphi_1$ – güc əmsalı.

Yüksüz işləmə cərəyanının mütləq qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$I_0 = \frac{i_0}{100} \cdot I_1, \quad A$$

6.Dolaqlarda məftillərin ölçülərinin təyini və markasının seçilməsi.

Birinci və ikinci tərəf məftillərinin en kəsikləri nominal cərəyanlardan və cərəyan sıxlığından asılı olaraq aşağıdakı kimi hesablanır:

$$q'_1 = \frac{I_1}{j}, \quad \text{mm}^2; \quad q'_2 = \frac{I_2}{j}, \quad \text{mm}^2.$$

Cədvəldən [9] birinci və ikinci dolaq üçün məftilin markası seçilir və aşağıda göstərilən rəqəmlər götrülür:

q_0 – məftilin hesabat en kəsiyi, mm^2 ;

d'_0 - məftilin nominal diametri, mm^2 ;

d_0 – məftilin izolyasiya ilə birgə maksimal diametri, mm;

g_0 – 1m məftilin çəkisi, qr.

7. Dolaqlarda cərəyan sıxlığını hesablayıb buraxıla bilən qiymətlərlə müqayisə etməli.

Birinci dolaqda cərəyan sıxlığı

$$j_1 = \frac{I_1}{q_1}, \quad A/\text{mm}^2;$$

İkinci dolaqda cərəyan sıxlığının

$$j_2 = \frac{I_2}{q_2}, \quad A/\text{mm}^2.$$

İki dolaqlı transformatorlarda cərəyan sıxlığının orta qiyməti aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$j = \sqrt{j_1 \cdot j_2}, \quad A/\text{mm}^2.$$

8. Dolağın I-ci və II-ci tərəfdəki sarğılar sayının hesablanması.

Dolaqlarda sarğılar sayı aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$W_1 = \frac{E_1 \cdot 10^4}{4,44 f B S_{ca}};$$

$$W_2 = \frac{E_2 \cdot 10^4}{4,44 f B S_{ca}};$$

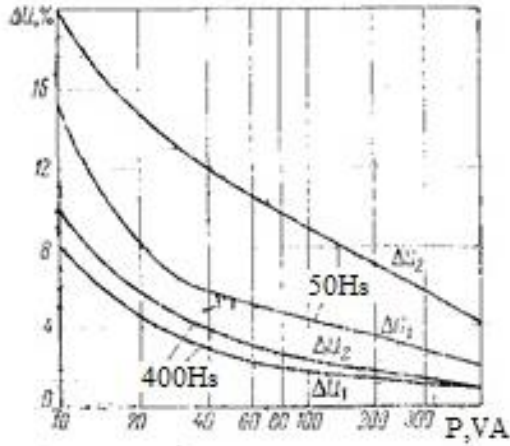
Burada: S_{ca} – maqnit nüvəsinin aktiv en kəsiyi, sm^2 ;

E_1 və E_2 – dolaqlarda elektrik hərəkət qüvvəsi olub aşağıdakı ifadələrlə hesablanır:

$$E_1 = U_1 \left(1 - \frac{\Delta U_1}{100}\right), \quad \text{V};$$

$$E_2 = U_2 \left(1 + \frac{\Delta U_2}{100}\right), \quad \text{V};$$

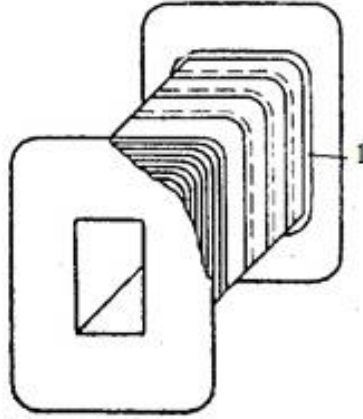
Burada ΔU_1 və ΔU_2 – dolaqlarda gərginlik düşgülləri olub qrafikdən seçilir.



Şəkil 5. Cərəyanın 50 və 400 Hs tezliklərində birinci ΔU_1 və ikinci ΔU_2 dolaqlarda faizlə gərginlik düşgüsünün transformator gücündən təxmini asılılığı.

9. Dolağın izolyasiya konstruksiyasının materialının, markasının və ölçülərinin təyini.

Transformatorların dolaqları izolyasiya lakında hopdurulan elektrokardon, getinaks, plastmas və digər yüksək qızmaya davamlı izolyasiya materiallarından hazırlanan karkaslara sarınır. Əvvəlcə və hər qatdan sonra qatlararası izolyasiya qoyulur. Bu məqsədlə qalınlığı 0,12mm olan kabel kağızından istifadə edilir. Karkaslar iki hissədən ibarət olur: dolaq sarınan əsas hissə və yan tərəflər. Əsas hissə nüvənin ölçüsünə əsasən hazırlanır.



Şəkil 6. Lentlə dolaq laylarının örtürülməsi:
1 - karkasin üzünə lentin qoyuluşu.

10. Dolağın konstruktiv hesabatinın aparılması.

Sarınmazdan qabaq dolağın karkası laklı parçadan olan izolyasiya lenti ilə örtülərək lentin ucları polistirol lakla karkasa yapışdırılır. Adətən, şablonun əsas hissəsi və yan tərəfləri eyni qalınlıqda olur ($\delta_q = \delta_s$). Gərginliyi 500V-a qədər olan transformator dolaqları üçün karkasın qalınlığı $\delta_q = \delta_s = 2...3\text{mm}$ qəbul edilir. Karkasla maqnit nüvəsi arasında hava aralığı 0,5...1mm qəbul edilir.

Beləliklə dolağın hündürlüyü aşağıdakı ifadədən təyin edilir:

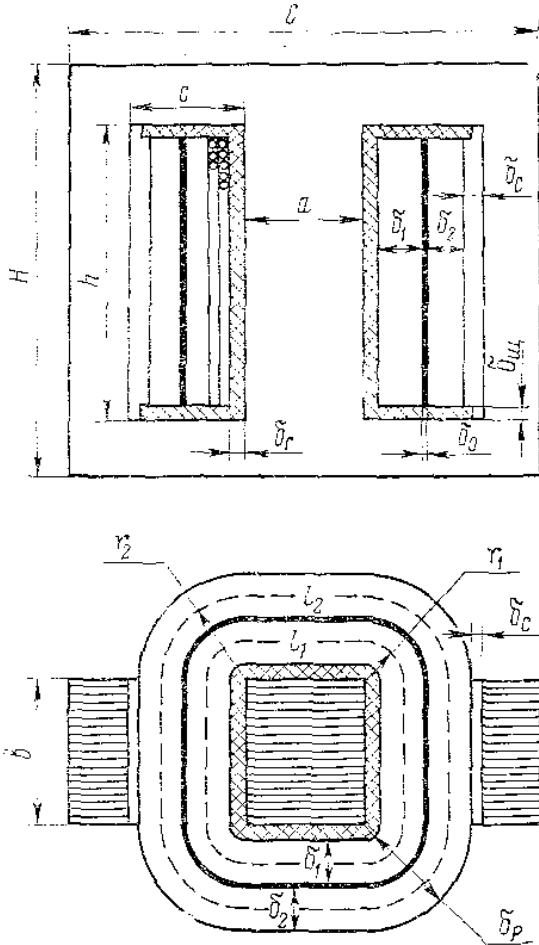
$$h_{üm} = h - 2\delta_s - (1...2) \quad \text{mm};$$

burada h – aynanın hündürlüyüdür.

Dolağın bir qatındakı sarğılar sayı aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$N_1 = \frac{h_{üm}}{k_y \cdot d_1} - 1; \quad N_2 = \frac{h_{üm}}{k_y \cdot d_2} - 1;$$

Burada d_1 və d_2 – transformator dolaqlarının diametrləridir, mm;
 k_y – sarınmanın kip ola bilməmək əmsalı olub 1,1 ... 1,15 qəbul edilir.



Şəkil 7. Maqnit keçiricisində dolağın yerləşdirilməsi.

Hər bir dolaqdakı sıralar və ya qatlar sayı aşağıdakı ifadələrdən təyin olunur:

$$\begin{array}{ll} \text{Nüvəsi zirehli} & M_1 = \frac{W_1}{N_1}, \quad M_2 = \frac{W_2}{N_2}. \\ \text{Nüvəsi çubuqlu} & M_1 = \frac{W_1}{2 \cdot N_1}, \quad M_2 = \frac{W_2}{2 \cdot N_2}. \end{array}$$

Dolaqlar karkası sarınarkən onların arasında laklı parçadan və ya izolyasiya kağızından olan bir neçə qat dolaqlar arası izolyasiya qoyulur. Gərginliyi 500V-a qədər olan dolaqlar üçün bu izolyasiyanın qalınlığı $\delta_0 = 0,2 \dots 0,3\text{mm}$ götrülür.

Hər bir dolağın radial ölçüsü və ya qalınlığı təyin edilir:

$$\delta_1 = 1,2M_1d_1, \text{ mm}; \quad \delta_2 = 1,2M_2d_2; \text{ mm}.$$

Burada 1,2 əmsalı qatlararası izolyasiyanın, dolağın sarınması və hopdurulması zamanı **şişməsini** nəzərə alan əmsaldır.

Qatlararası və dolaqlararası izolyasiyalar nəzərə alınmaqla dolaqların radial ölçüsü təyin edilir:

$$\delta_p = \delta_1 + \delta_2 + (n - 1) \delta_0; \text{ mm}$$

burada n – dolaqların sayı;

δ_0 – dolaqlar arası izolyasiyanın qalınlığı olub

$\delta_0 = 0,2 \dots 0,3\text{mm}$ götrülür.

Əgər dolaqlar iki çubuğa sarınarsa onlar arasındakı məsafə **çubuqlu** maqnit nüvələri üçün aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$\delta_\varphi = c - 2 (\delta_{zaz} + \delta_q + \delta_r), \text{ mm}$$

burada c – maqnit nüvəsinin aynasının enidir, mm.

Sərbəst hava aralığı 1...4 mm-dən az və 5...8 mm-dən çox olmamalıdır.

11. Dolaqların çəkisinin hesablanması.

Hər bir dolaqda misin çəkisi aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$G_{M1} = W_1 \cdot g_1 \cdot l_1 \cdot 10^{-3}, \text{ kg};$$

$$G_{M2} = W_2 \cdot g_2 \cdot l_2 \cdot 10^{-3}, \text{ kg}.$$

Burada $W_{1;2}$ – dolağın sarğılar sayı;

$g_{1;2}$ – 1m məftilin çəkisi, qr;

$l_{1;2}$ – dolağın sarğısının orta uzunluğu, m.

Dolağın sarğılarının orta uzunluğu:

$$l_1 = 2 (a + b + \pi r_1) \cdot 10^{-3}, \text{ m};$$

$$l_2 = 2 (a + b + \pi r_2) \cdot 10^{-3}, \text{ m}.$$

Sarğıların radiusları aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$r_1 = \delta_{zaz} + \delta_q + \delta_1 + \frac{\delta_1}{2}; \text{ mm};$$

$$r_2 = \delta_{zaz} + \delta_q + \delta_2 + \frac{\delta_2}{2}; \text{ mm}.$$

12. Dolaqlarda mis itkilərin hesablanması.

Transformatorun hər bir dolağında məftilin 100...105⁰C qızması halında mis itkiləri aşağıdakı kimi hesablanır

$$P_{M1} = 2,7j_1^2 G_{M1}, \text{ Vt};$$

$$P_{M2} = 2,7j_2^2 G_{M2}, \text{ Vt};$$

Burada j_1 və j_2 – dolaqlarda cərəyan sıxlıqlarıdır, A/mm².

Dolaqlarda ümumi mis itkiləri

$$P_M = P_{M1} + P_{M2}, \text{ Vt}.$$

13. Transformatorun faydalı iş əmsalının hesablanması.

Transformatorun faydalı iş əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır

$$\mu = \frac{P}{P + P_{pol} + P_M}.$$

14. Dolağın müqavimətinin və qısa qapanma müqavimətinin hesablanıb müqayisə olunması.

Transformator dolaqlarının aktiv müqaviməti aşağıdakı ifadədən tapılır

$$r_1 = \rho_M \frac{l_1 W_1}{q_1}, \text{ Om};$$

$$r_2 = \rho_M \frac{l_2 W_2}{q_2}, \text{ Om};$$

Burada ρ_M – mis dolağın xüsusi müqaviməti olub 105^0C -də

$$\rho_M = 2,35 \cdot 10^{-2} \text{ Om} \cdot \text{mm}^2/\text{m}.$$

Dolağın qısa qapanma müqaviməti aşağıdakı kimi hesablanır

$$r_{qq} = r_1 + r_2 \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2, \text{ Om}.$$

Qısa qapanma gərginliyinin faizlə ifadə olunan aktiv mürəkkəbəsi aşağıdakı ifadədən təyin edilir

$$U_a = \frac{I_1 \cdot r_{qq}}{U_1} \cdot 100, \text{ \%};$$

Burada U_1 və I_1 – birinci tərəf dolağın nominal gərginliyi U_1 və cərəyanıdır I_1 .

Qısa qapanma gərginliyinin reaktiv mürəkkəbəsi aşağıdakı ifadədən təyin edilir

$$U_x = \frac{180AWl}{\vartheta B S_{ae} h_{dh} \cdot 10^2} \delta', \text{ \%};$$

Burada ϑ – nüvənin çubuqlarının sayı;

B – maqnit induksiyası, Tl ;

h_{dh} - dolağın hündürlüyü, mm ;

S_{ae} – maqnit nüvəsinin aktiv en kəsiyi, sm^2 ;

δ' - səpələnmə selinin hesabat hava aralığı:

$$\delta' = \delta_0 + \frac{\delta_1 + \delta_2}{3}, \text{ mm};$$

l – hər iki dolaq sarğısının orta uzunluğu olub aşağıdakı kimi tapılır:

$$l = \frac{l_1 + l_2}{2}, \quad \text{m};$$

burada l_1 və l_2 – birinci və ikinci dolaqların orta uzunluqlarıdır;

AW – dolağın orta amper sarğısı olub aşağıdakı kimi təyin edilir

$$AW = \sqrt{\frac{(I_1 W_1 + I_2 W_2)^2}{2} + (I_0 + W_1)^2}.$$

15. Dolaqlarda qısa qapanma gərginliyinin hesablanması.

Qısa qapanma gərginliyi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir

$$U_{qq} = \sqrt{U_a^2 + U_x^2}, \quad \%.$$

16. Hesabatı aparılan dolağın ətraf mühitə nisbətən qızma temperaturasını hesablayıb seçilmiş izolyasiya materiallarının qızma sinfi ilə müqayisə etməli.

Dolaqların ətraf mühitə nisbətən qızma temperaturası aşağıdakı kimi təyin edilir

$$\Delta T = \frac{P_{pol} + P_{mis}}{\alpha_t S_{soy} \cdot 10^4}, \quad ^\circ\text{C}$$

burada P_{pol} və P_{mis} – bütün dolaqlarda polad və mis itkiləridir, Vt;

α_t – transformatorun istilik vermə əmsalı, $^\circ\text{C}$, $\alpha_t = (1, 1 \dots 1, 3) \cdot 10^{-3} \text{ Vt/m}^2$

S_{soy} – transformatorun tam soyuma səthidir, m^2 .

$$S_{soy} = S_k + S_c$$

$$S_k = 2h_{\text{üm}} \left[2a + b + 2\pi \left(\frac{c}{2} - 2 \right) \right] \cdot 10^{-6}, \quad \text{m}^2;$$

$$S_c = 2[2Ca + b(C + 2a)] \cdot 10^{-6}, \quad \text{m}^2.$$

Ədəbiyyat

1. А.А.Пястолов и др. Эксплуатация и ремонт электрооборудования. М.:Колос, 1976.
2. А.А.Пястолов и др. Практикум по ремонту электрооборудования. М.,:Сельхозиздат, 1992.
3. Жолдак С.А. Ремонт электрических микромашин автоматических устройств, М. – Л., «Энергия», 1965.
4. Астахов И.Р. и др. Испытание электрических микромашин., М., «Высш. Шк.», 1984.
5. А.Ф.Девятков, С.А.Пискунов и др. Ремонт электросилового оборудования, М., «Колос», 1971.
6. Н.П.Богородицкий, В.В.Пасынков, Б.М.Тареев. Электротехнические материалы. Л, Энергия, 1977.
7. Д.М.Казарновский, Б.М.Тареев. Испытания электроизоляционных материалов. Л., Энергия, 1980.
8. Астахов Н.В. и др. Испытание электрических микромашин. – М.: Высш.шк., 1984.
9. Кризе С.Н. Расчет маломощных трансформаторов и дросселей фильтров. М.-Л. Госэнергоиздат, 1980.
10. İ.C.Kərimov, O.X.Hüseynov, M.M.Bağırzadə, İ.K.Orucov Elektrik avadanlıqlarının təmir texnologiyası. Gəncə, ADAU nəşriyyatı, 2010.

Mündəricat

Ön söz	
Giriş	
Laboratoriya işlərinin yerinə yetirmə metodikası	
Laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsində təhlükəsizlik texnikası	
Laboratoriya işi 1. Asinxron mühərriklərinin təmir zamanı defektləşdirilməsi	
Laboratoriya işi 2. Sabit cərəyan maşınlarının dolaqlarının zədələrinin aşkarlanması	
Laboratoriya işi 3. Kiçik güclü elektrik mühərriklərinin defektləşdirilməsi	
Laboratoriya işi 4. Təmir zamanı transformatorun defektləşdirilməsi	
Laboratoriya işi 5. Faz rotorlu asinxron mühərrikinin təmirdən sonra sınağı	
Laboratoriya işi 6. Transformatorların təmirdən sonra sınağı	
Laboratoriya işi 7. Kiçik güclü transformatorun təmirdən sonra sınağı	
Laboratoriya işi 8. Dəyişən cərəyan maşınlarının dolaqları və onların birləşmə sxemləri	
Laboratoriya işi 9. Asinxron mühərriki və transformatorun nominal qiymətlərinin təcrübi olaraq təyini	
Laboratoriya işi 10. Elektrik maşınlarının və transformatorların izolyasiyasının nəmlənmə dərəcəsinin təyin edilməsi	
Laboratoriya işi 11. Elektrik maşınları və transformatorların dolaq məftilinin izolyasiyasının bərpası	

Laboratoriya işi 12. Kontaktor və maqnit işəburaxıcılarının təmirdən sonra sazlanması və sınağı

“Asinxron mühərrikinin stator dolağının hesabı” mövzusunda kurs işinin yerinə yetirilməsinə dair metodiki göstərişlər

“Təmir zamanı kiçik güclü transformatorların dolaqlarının hesabı” mövzusunda kurs işinin yerinə yetirilməsinə dair metodiki göstəriş

“Təmir zamanı kiçik güclü transformatorların dolaqlarının hesabı” mövzusunda kurs işinin yerinə yetirilməsinə dair metodiki göstəriş

Ədəbiyyat