

**Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı
Nazirliyi**

Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti

**Y.B. ORUCOV, Q.İ. ABBASOV,
S.M. GÖZƏLOV, N.C.ƏLƏKBƏROVA**

ELEKTRİK MAŞINLARI

ASINXRON MAŞINLAR

DƏRS VƏSAİTİ

GƏNCƏ – 2009

Dərs vəsaiti Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin Elmi Şurasının (_____ 2009 ci il tarixli _____ sayılı protokolu) qərarı ilə dərs vəsaiti kimi nəşr olunması tövsiyə edilmişdir.

**Orucov Y.B. , Abbasov Q.İ., Gözəlov S.M.,
Ələkbərova N.C.**

Elektrik maşınları. Asinxron maşınlar. Dərs vəsaiti. – Gəncə,
© ADAU – nın nəşriyyatı, 2009. – ____ s.

Rəy verənlər: Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin, Elektrotexnika və elektrik təchizatı kafedrasının dosenti Məmmədov O.H., Aqrar istehsalatın enerji təminatı kafedrasının dosenti Sejidov Ə.M.

Dərs vəsaiti Informasiya Texnologiyaları, Aqrar mühəndislik və Energetika fakültəsinin 05.06.08 Elektroenergetika mühəndisliyi, 05.07.06 Aqrar mühəndislik ixtisasları üzrə ali təhsilin bakalavr pilləsi üçün “Elektrik maşınları” fənninin proqramına əsasən tərtib edilmiş və bu dərs vəsaiti “Asinxron maşınları” bölməsini əhatə edir.

Dərs vəsaitində asinxron maşınlar haqqında ümumi məlumat verilmiş, asinxron maşınlarının nəzəri məsələləri, onların quruluşu, işləmə prinsipi, iş rejimləri, işə salınması, fırlanma tezliyinin tənzimlənməsi və s. məsələlər araşdırılaraq təhlil edilmişdir və laboratoriya işləri üçün metodiki göstərişlər verilmişdir.

Elektroenergetika mühəndisliyi və Aqrar mühəndislik ixtisasları (proqramları) üzrə təhsil alan bakalavr – mühəndis elektriklər üçün yazılmış bu dərs vəsaiti müvafiq ixtisaslar (proqramları) üzrə magistrələr, elektrik maşınlarının istismarı və təmiri ilə məşğul olan mühəndis elektroenergetiklər və elektromexaniklər üçün nəzərdə tutulmuşdur.

Giriş

Asinxron maşınları ən çox yayılmış dəyişən cərəyan elektrik maşınlarıdır.

Digər elektrik maşınları kimi asinxron maşınlarında həm mühərrik, həm də generator kimi işləyə bilər.

Asinxron maşınları bir mühərrik kimi geniş istifadə olunur, elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevirən əsas çevirici sayılır. Hal hazırda bütün dünyada istehsal olunan elektrik enerjisinin təxminən yarısı asinxron müərriklərində istifadə olunur. Asinxron müərriklər müxtəlif sənaye və kənd təsərrüfatı maşın və mexanizmlərin elektrik intiqalında tətbiq edilir. Buna səbəb onların konstruksiyasının sadə və işdə etibarlı olması, faydalı iş əmsalının yüksək olmasındadır.

Gərginliyi 1000 V-a qədər olan asinxron müərrikləri daha çox yayılmışdır.

Bir çox üstünlükləri ilə yanaşı bu mühərriklərin müəyyən çatışmayan cəhətləridə vardır. Bunlardan biri maqnit seli yaratmaq üçün şəbəkədən reaktiv güc tələb etməsidir. Buna görə də asinxron müərriklərin güc əmsalı $\cos\varphi < 1$ olur (vahiddən böyük güclərdə $\cos\varphi = 0,7 \dots 0,9$, mikromühərriklərdə isə $\cos\varphi = 0,3 \dots 0,7$ hüdudlarında). Bundan əlavə mühərrikin fırlanma tezliyinin səlislə tənzimlənməsi imkanlarına görə sabit cərəyan maşınlarından geri qalır.

Asinxron müərriklərin birfazlı, ikifazlı və üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkələrində işləmək üçün hazırlanırlar.

Üçfazlı asinxron müərriklərin yaranmasında M. O. Dolivo-Dobrovolski böyük rol oynamışdır. 1889-cu ildə o ilk dəfə üçfazlı cərəyandan istifadə edərək fırlanan maqnit seli əldə etmiş və bunu mühərrikin statorunda yerləşdirilmiş üçfazlı dolağa və dələ qəfəslə rotorun dolağına tətbiq etmişdir. Bu təkliflə o üçfazlı asinxron müərrikin ilk nümunəsini yaratmış, hətta onun iki növ konstruksiyasını (qısa qapalı və faza rotorlu), eləcə də ikiqəfəslə növünü ixtira etmişdir.

Baxmayaraq ki, 120 ildən çoxdur ki, asinxron müərrikləri texnikanın müxtəlif sahələrində müvəffəqiyyətlə tətbiq olunur,

onların ayrı-ayrı hissə və qovşaqlığında istifadə olunan materiallar və hazırlama texnologiyası təkmilləşir, lakin M. O. Dolivo-Dobrovolskinin təklif etdiyi asinxron müərriklərin konstruksiyası və iş prinsipi ümumi halda bu günə kimi dəyişməz qalmaqdadır.

Son illərdə avtomatik idarə və tənzimləmə sistemlərində və eləcə də məişət elektrik avadanlıqlarında birfazlı və ikifazlı asinxron müərrikləri çox geniş tətbiq olunur.

Eyni zamanda asinxron generatorlarında son vaxtlar tətbiqi artmağa başlamışdır.

1.1. Asinxron maşınların təyinatı və iş prinsipi

Asinxron maşını – ikidolaqlı dəyişən cərəyan elektrik maşını olub, dolaqlardan biri (birinci) f_1 sabit tezlikli elektrik şəbəkəsindən qidalanır, ikinci dolaq isə qısa və ya elektrik müqavimətilə qapanır. İkinci dolaqda cərəyanlar elektromaqnit induksiyasının təsiri nəticəsində əmələ gəlir. Bu cərəyanların f_2 tezliyi rotorun ω bucaq sürətindən, buda öz nöbətində mühərrikin valına tətbiq olunan fırlandırıcı momentdən asılıdır.

Hazırda asinxron maşınlar əsas etibarilə elektrik mühərrikləri kimi xalq təsərrüfatının bütün sahələrində geniş tətbiq olunurlar. Buna səbəb asinxron mühərriklərin konstruksiyasının və hazırlanma texnologiyasının sadə olması, istismarda etibarlı işləməsidir.

Asinxron maşınlardan çox nadir hallarda generator kimi istifadə olunur, çünki onların təsirlənməsi və gərginliyin tənzimlənməsi üçün əlavə mürəkkəb quruluşların olunması tələb olunur. Asinxron maşınların generator rejimindən əsasən onların tormozlanmasında istifadə edilir (məsələn qaldırıcı mexanizmlərin elektrik intiqalında yükü endirən zaman).

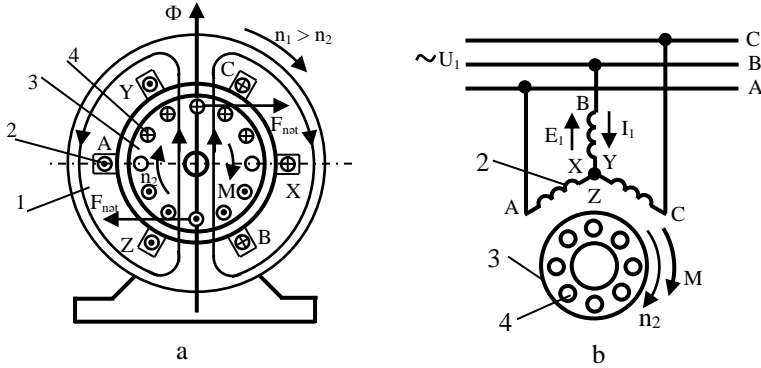
Bundan başqa asinxron maşın induksion gərginlik və faza tənzimləyicisi, tezlik və faza çeviricisi və s. rejimlərdə işlədilir.

Kiçik güclü asinxron maşınlar və asinxron mikromaşınlar avtomatik sistemlərdə icraedici və informasiya verici elektrik maşınları kimi də tətbiq olunurlar.

Asinxron maşınların iş prinsipi başqa növ elektrik maşınları kimi elektromaqnit induksiya hadisəsinə və elektromaqnit qüvvə qanununa əsaslanır.

Asinxron maşınlarda dolaqlardan biri statorda 1 (şək.1.1,a), ikinci dolaq isə rotorda 3 yerləşdirilir. Stator və rotor arasında hava aralığı vardır. Dolaqlar arasında maqnit əlaqəsini yaxşılaşdırmaq üçün hava aralığı mümkün qədər kiçik hazırlanır. Stator dolağı 2 birfazlı, ikifazlı, üçfazlı və ya çoxfazlı ola bilər (üçfazlı hala baxılır). Statorun daxili çevrəsi boyunca diametrial əks yuvalarda A və X, B və Y, C və Z sarğılar sayı eyni olan üç sarğac simmetrik olaraq yerləşdirilmişdir. Bu sarğacın müstəviləri öz aralarında 120° bucaq təşkil edir. Sarğacın

ğacları “ulduz” və ya “üçbucaq” sxemi ilə üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsinə qoşurlar (şək.1.1,b). Rotor dolağı 4 çoxfazlı və ya üçfazlı yerinə yetirilir və onun xarici çevrəsi boyunca yuvalarda simmetrik yerləşdirilir.



Şək. 1.1. Asinxron maşının elektromaqnit (a) və mühərrik iş rejimində şəbəkəyə qoşulma (b) sxemi

Elektrotexnikanın nəzəri əsasları kursundan məlumdur ki, statorun üçfazlı dolağını üçfazlı sinusoidal dəyişən cərəyan mənbəyinə qoşduqda fırlanan maqnit seli yaranır. Maqnit seli statordan, statorla rotor arasında hava aralığından keçərək qapanır. Maqnit selinin fırlanma tezliyi n_1 stator cərəyanının tezliyindən və stator dolağının cüt qütbülər sayından asılıdır:

$$n_1 = \frac{60f_1}{p}, \quad (1.1)$$

burada f_1 – qidalandırıcı şəbəkənin tezliyi;
 P – cüt qütbülərin sayı.

Statorun fırlanan maqnit seli Φ rotor dolağının hər iki tərəfdən qısa qapanmış naqilləri kəsərək onlarda elektrik hərəkət qüvvəsi (EHQ) E_2 induksiylayır və dolaqlardan I_2 cərəyanı

axır. E_2 – nin istiqaməti sağ əl qayddası ilə təyin edilir. Dolaq müəyyən induktivliyə malik olduğundan I_2 cərəyanı E_2 EHQ – dən φ_2 bucağı qədər geri qalır. Rotor cərəyanı ilə fırlanan maqnit selinin qarşılıqlı təsiri nəticəsində rotorun naqillərinə elektromaqnit qüvvələr təsir edir. Elektromaqnit qüvvənin istiqaməti sağ əl qaydası ilə təyin edilir. Rotorun bütün naqillərinə təsir edən elektromaqnit qüvvələrin cütlüyü F_{net} elektromaqnit fırlandırıcı moment yaradır. Bu momentin təsirindən rotor maqnit selinin istiqamətində fırlanmağa başlayır.

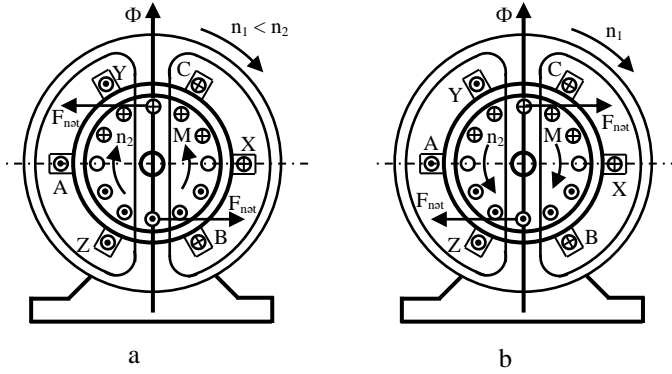
I_2 rotor cərəyanı və Φ maqnit selinin qarşılıqlı təsirindən yaranan elektromaqnit moment:

$$M = C_M \Phi I_2 \cos \varphi_2 \quad (1.2)$$

burada C_M – mütənəsblik əmsəlidir; Φ – statorun fırlanan maqnit selinin amplitud qiyməti; $I_2 \cos \varphi_2$ – rotor cərəyanının aktiv mürəkkəbəsi; φ_2 – rotor dolağında yaranan I_2 cərəyanı ilə E_2 EHQ – nin arasındakı fazalar fərqi bucağıdır.

Asinxron maşının mühərrik rejimində rotorun naqillərinə təsir edən qüvvənin istiqaməti maqnit selinin hərəkət istiqamətində olduğundan elektromaqnit moment fırlandırıcı xarakter daşıyır. Rotor maqnit selinin hərəkət istiqamətində n_2 sürəti ilə fırlanır. Bu halda $n_2 < n_1$ olur. Generator rejimində isə $n_2 > n_1$ olur və rotor naqillərinə təsir edən qüvvə hərəkət istiqamətinin əksinə yönəlir (şək.1.2,a). Bu halda elektromaqnit moment tormozlayıcı xarakterə malik olur.

Əgər rotorun fırlanma istiqamətini dəyişsək, onda maqnit seli və rotor bir-birinə əks istiqamətdə (şək.1.2,b) fırlanacaqlar. Bu halda EHQ –nin və rotorun naqillərində yaranan cərəyanın aktiv mürəkkəbəsi mühərrik iş rejimindəki istiqamətə yönəlir, yəni maşın şəbəkədən aktiv güc alır. Amma bu rejimdə elektromaqnitmoment M rotorun fırlanma istiqamətinin əksinə yönəlir, yəni tormozlayıcı xarakterə malik olur. Asinxron maşının bu rejimi elektromaqnit tormoz rejimi adlanır.



Şək. 1.2. Asinxron maşının generator (a) və elektromaqnit (b) tormoz iş rejmlərində elektromaqnit sxemi

Asinxron maşınlarda rotorun fırlanma sürəti maqnit selinin fırlanma sürətindən həmişə fərqlənir. Asinxron sözünün mənası da buradan çıxır “asinxron” – yəni qeyri-sinxron.

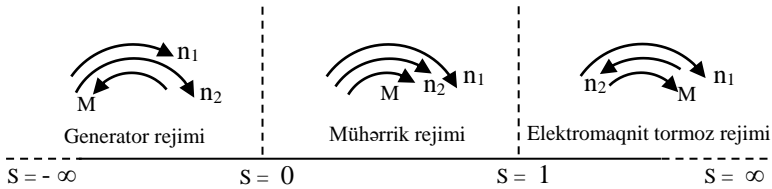
Əgər sürətlər arasında fərq olmazsa, o zaman rotor naqilləri ilə fırlanan sahənin qüvvə xətləri bir-biri ilə görüşə bilməz, kəşimə hadisəsi ola bilməz və naqillərdə cərəyan yaranmayacaqdır. Rotor naqillərindən cərəyan keçmədiyi zaman fırlandırıcı moment yarana bilməz, fırlandırıcı moment olamazsa, rotor fırlanmaz və maşın işləməyəcəkdir. Deməli, asinxron maşının normal işləməsi üçün fırlanan maqnit selinin sürəti ilə rotorun sürəti arasında bir fərq olmalıdır.

Asinxron maşının işi sürüşmə anlayışı ilə xarakterizə olunur. Sürüşmə statorun maqnit seli və rotorun sürətlər fərqi nisbi qiymətinə deyilir:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{və ya faizlə} \quad s\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\% . \quad (1.3)$$

Adətən n_2 normal iş rejimində $n_1 - \epsilon$ çox yaxın olduğundan sürüşmənin qiyməti kiçik olur. Sürüşmə asinxron maşınların ən əsas və vacib parametrlərindən biridir. Müasir asinxron mühərriklərinin nominal yükdə sürüşməsi $s_{nom} = 0,025 \dots 0,07$ qiymətləri arasında olur.

Sürüşmənin qiyməti və işarəsindən asılı olaraq asinxron maşınlar aşağıdakı iş rejimlərində işləyə bilər (şək.1.3).



Şək. 1.3. Asinxron maşının müxtəlif iş rejimlərində sürüşmənin dəyişmə həddləri

1. Mühərrik rejimi, $0 < s < 1$, yəni $n_1 > n_2$

Mühərrik rejimi asinxron maşının əsas iş rejimi sayılır, bu halda şəbəkədən alınmış elektrik enerjisi rotorun fırlanma mexaniki enerjisinə çevirilir.

2. Generator rejimi, $0 > s > -\infty$, yəni $n_2 > n_1$.

Generator rejimi çox nadir hallarda tətbiq edilir. Bu halda maşının rotoru hər hansı kənar bir mühərrik vasitəsilə n_1 sürətindən yuxarı sürətə fırladılır. Generator rejimində asinxron maşın mexaniki enerjini ilkin mühərrikdən alır və onu elektrik enerjisinə çevirərək şəbəkəyə verir.

3. Elektromaqnit tormo rejimi $1 > s > \infty$, $n_2 < 0$.

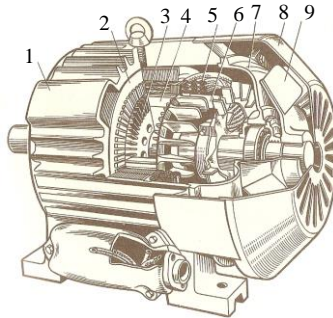
Bu halda rotor əlavə mexaniki enerji mənbəyi vasitəsilə maqnit selinin əksinə fırladılır. Asinxron maşına bu zaman iki tərəfdən – şəbəkədən elektrik enerjisi və ilkin mühərrikdən mexaniki enerji daxil olur.

Asinxron maşının baxılan bu üç rejimindən mühərrik rejimi böyük əhəmiyyətə malikdir. Ona görə də əsas diqqət bu iş rejimi

minin öyrənilməsinə yönəldilmişdir. Çünki, generator və elektromaqnit tormoz rejimi xüsusi iş rejimi kimi istifadə olunur.

1.2. Asinxron mühərriklərin quruluşu

Asinxron mühərriklər konstruktiv quruluşuna görə iki əsas hissədən ibarətdir: stator və rotor (şək.1.4). Stator mühərrikin tərpənməz, rotor isə fırlanan hissəsidir. Statorun daxili səthi ilə rotorun xarici səthi arasında 0,2...1,5 mm hava aralığı olur. Stator maqnit keçiricisindən, dolaqdan və gövdədən ibarətdir. Maqnit keçiricisi statorun maqnit dövrəsini təşkil edir və onun vəzifəsi maqnit seli yolunda maqnit müqavimətini azaldaraq, onu istiqamətləndirməkdir.



Şək. 1.4. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin ümumi görünüşü:

1 – gövdə; 2 – statorun maqnit keçiricisi; 3 – rotorun maqnit keçiricisi; 4 – “dələ qəfəslı” rotor dolağı; 5 – stator dolağı; 6 – rotorun ventilyasiya kürəkləri; 7 – yasdıq qalxanı; 8 – ventilyatorun örtüyü; 9 – ventilyator

Dəyişən maqnit selinin təsirindən yaranan histrezis və dövrü cərəyan itkilərini azaltmaq üçün statorun maqnitkeçiricisi qalınlığı 0,3...0,5 mm olan bir-birindən xüsusi laq təbəqəsilə izolyasiya edilmiş elektrotexniki polad vərəqələrdən ştamplanaaraq yığılır.

Vərəqələrin daxili çevrəsi boyunca bərabər məsafələrdə yuvalar açılır, bu yuvalarda üçfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsindən qidalanan və fırlanan maqnit sahəsi yaradan üçfazlı dolaq yerləşdirilir. Stator dolağı əsasən misdən hazırlanır. Dolaq ayrı-ayrı seksiyalardan (sarğaclardan) ibarət olur. Üçfazlı asinxron mühərrikin faza dolaqlarının başlanğıc və son ucları C1 – C4 , C2 – C5 , C3 – C6 rus hərfləri ilə işarələnir və onların ucları sıxaclar qutusuna çıxarılır. 1987 – ci ildən sonra buraxılan mühərriklərin (5A,RA seriyalı) statorunun faza dolaqlarının başlanğıc və son ucları U1 – U2, V1 – V2, W1 – W2 latın hərfləri ilə işarələnir. Faza dolaqları şəbəkənin gərginliyindən asılı olaraq ulduz və üçbucaq sxemi ilə şəbəkəyə qoşulur.

Statorun maqnit keçiricisi dolaqla birlikdə gövdənin içəri hissəsinə geydirilir.

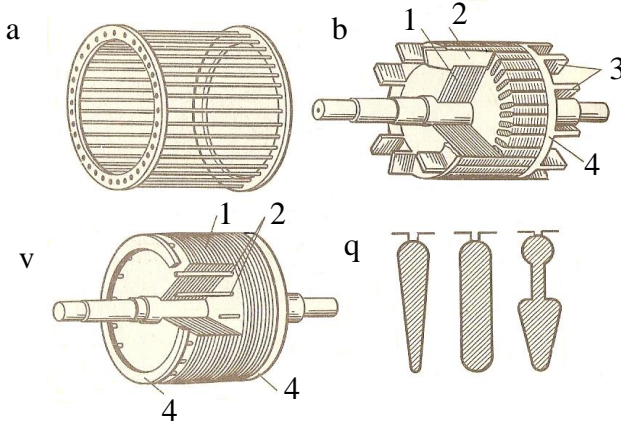
Asinxron mühərrikin rotoru maqnit keçiricisindən, dolaqdan və valdan ibarətdir. Rotorun maqnit keçiricisində elektrotexniki polad vərəqələrdən yığılır. Maqnit keçiricisinin səthi üzərində uzununa açılmış yuvalarda rotor dolağı yerləşdirilir. Rotorun maqnit keçiricisi dolaqla birlikdə vala geydirilir. Rotor dolağının tipindən asılı olaraq asinxron mühərriklərin iki modifikasiyası hazırlanır: qısa qapanmış rotorlu və faza rotorlu (və yaxud kontakt halqalı) (şək.1.4).

Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin rotor dolağı “dələ qəfəsi” şəklində yığılır. Rotorun maqnit keçiricisindəki yuvalara mis və ya alüminium izolyasiyasız çubuqlar yerləşdirilir bu çubuqların ucları hər iki alın tərəfdən qısa qapayıcı halqalara (mis və ya alüminium) birləşdirilir.

Aşağı və orta güclü asinxron mühərrikin “dələ qəfəsi” –ni rotorun maqnit keçiricisindəki yarım açıq və ya bağlı yuvalara (şək.1.5) təzyiqlə altında əridilmiş alüminium tökmək yolu ilə hazırlayırlar. Eyni zamanda bir yerdə qısa qapayıcı halqalar və maşının ventilyasiya pərləri alüminium ərintisindən tökülür.

Böyük güclü asinxron mühərrikin “dələ qəfəsi” –nin çubuqları misdən hazırlanır və hər iki tərəfdən ucları mis qısa qapayıcı halqalara lehirlənir.

Elektrotexniki nöqteyi nəzərdən “dələ qəfəsi” qısa qapanmış çox fazlı dolaq olub, dolağın fazalarının sayı m_2 rotordakı çubuqların (və ya yuvaların) sayına z_2 bərabərdir.

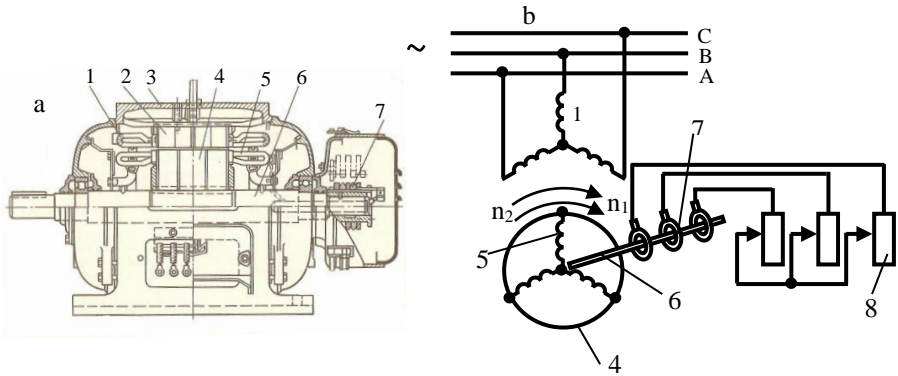


Sək. 1.5. Qısa qapanmış rotorun konstruksiyası:

1 – rotorun maqnit keçiricisi; 2 – çubuqlar; 3 – ventilyatorun kürəkləri; 4 – qısa qapayıcı halqalar

Rotoru qısa qapanmış mühərriklərin əsas xarakterik xüsusiyyəti onların mexaniki xarakteristikalarının sərt olmasıdır (yüksüz işləmədən nominal fırlanma sürətinə qədər yük dəyişdikdə xarakteristikanın sərtliyi 2...5% azalır). Əsas çatışmayan cəhətləri: işə salma momentinin nisbətən aşağı olması; fırlanma sürətinin geniş hədudda tənzimlənməsinin çətinliyi; işə salma cərəyanının böyük olmasıdır (işə salma cərəyanı nominal cərəyandan 5...7 dəfə böyük olur). Ona görə qısa qapanmış rotorlu mühərrikləri elə elektrik intiqallarında tətbiq edirlər ki, onların fırlanma sürətinin böyük diapozonda səlislə tənzimlənməsi və işə salma zamanı böyük işəsalma momenti tələb olunmur (metal emal edən dəzgahların, ventilyatorların və s. elektrik intiqalında). Kiçik güclü asinxron mühərriklər və mikromühərriklər qısa qapanmış rotorlu hazırlanır.

Faza rotorlu kontakt həlqəli mühərriklərdə yuxarıda göstərilən çatışmayan çəhətlər maşının konstruksiyasının mürəkkəbləşdirilməsi hesabına aradan qaldırılmışdır (şək.1.6). Bunun nəticəsində faza rotorlu mühərrikin dəyəri artmış (təxminən 50%), qısa qapanmış rotorlu mühərriklərlə müqayisədə etibarlılığı aşağı düşmüşdür.



Şək. 1.6. Faza rotorlu asinxron mühərrikin quruluşu (a) və şəbəkəyə qoşulma sxemi (b):

1 – statorun dolağı; 2 – statorun nüvəsi; 3 – gövdə; 4 – rotorun nüvəsi; 5 – rotorun dolağı; 6 – val; 7 – halqa; 8 – işəsalıcı reostat

Faza rotorlu asinxron mühərrikin rotoru maqnit keçiricisindən, faza dolağından, kontakt halqalardan və valdan ibarətdir. Rotorun maqnit keçiricisi qısa qapanmış rotorlu mühərrikdə olduğu kimidir.

Faza rotorunun dolağı stator dolağı kimi üçfazlı olur və rotorun xarici səthində açılmış yuvalarda yerləşdirilir, dolağın son ucları isə ulduz sxemi ilə birləşdirilir. Dolağın sərbəst qalmış üç ucu isə rotorun valında oturulur və onunla birlikdə fırlanan üç kontakt halqaya qoşulur (şək.1.6). Kontakt halqalar misdən hazırlanır, bir-birindən və mühərrikin valından izolə edilir. Bu halqalar onların üzərində sürüşən metal-qrafitdən hazırlanmış fırçalar vasitəsilə üçfazlı işə salma reostatlara birləşdirilir

(rotorlu dolağına əlavə müqavimət daxil edilir). Əlavə müqavimət rotorlu dolağına ancaq mühərrik işə salınanda daxil edilir, buda mühərrikin işə salınma momentinin artmasını, işə salma cərəyanının azalmasına və mühərrikin işə salınmasının yüngülləşdirilməsinə səbəb olur. Normal iş rejimində işə salma reostatı dövrədən tamam çıxarılır, fırçalar qısa qapanmış vəziyyətə gətirilir (dolaq qısa qapanır).

Faza rotorlu asinxron mühərriklər ağır işə salma momentinə malik olan işçi maşınların elektrik intiqalında və fırlanma sürətinin səlislə tənzimlənməsi tələb olunduqda (məsələn, yükqaldırıcı maşınların elektrik intiqalında və s.) tətbiq edilir.

Maşının konstruktiv hissələrinə yastıq qalxanları, yastıqlar, fırça tutanlar aiddir. Yastıq qalxanları maşının dövrəsinə bərkidilir, val isə qalxanlarda yerləşdirilmiş yastıqlarda oturdulur.

Asinxron mühərriklərdə əsasən diyirlənmə yastıqlarından istifadə edilir, böyük güclü mühərriklərdə əsasən diyirlənmə yastıqlarından istifadə edilir, böyük güclü mühərriklərdə isə sürüşmə yastıqları tətbiq edilir.

Maşının gövdəsinə bərkidilmiş lövhədə mühərrikin tipi, hazırlanmış zavod, buraxıldığı il və onun nominal iş rejiminə uyğun kəmiyyətlər göstərilir:

- 1) mühərrikin valındakı mexaniki güc, $P_{nom} = P_{2 nom}$;
- 2) stator dolağının xətt gərginlikləri adətən bir-birindən $\sqrt{3}$ dəfə fərqlənən iki gərginlik kəsir şəklində verilir ($U_{xy} / U_{x\Delta}$). Şəbəkənin gərginliyində dolaq ulduz, aşağı gərginlikdə isə üçbucaq sxemi ilə birləşdirilir;
- 3) xətt cərəyanları, dolağın ulduz və üçbucaq sxemi ilə birləşməsinə uyğun olaraq kəsirlə göstərilir ($I_{xy} / I_{x\Delta}$);
- 4) qidalandırıcı şəbəkənin tezliyi, f_1 ;
- 5) fırlanma tezliyi, n_{nom} ;
- 6) güc əmsalı, $\cos\varphi_{nom}$;
- 7) faydalı iş əmsalı (F.İ.Ə), η_{nom} .

Faza rotorlu asinxron mühərriklərdə əlavə olaraq rotorlun gərginliyi və cərəyanı göstərilir.

1.3. Tərpənməz rotor şəraitində asinxron maşının işi

Asinxron mühərrik tərpənməz rotor şəraitində əslində transformatorudur, onun birinci tərəf dolağı – stator, ikinci tərəf dolağı isə – rotordur. Bu halda asinxron mühərrik transformatorlardan təkcə konstruksiyasına görə fərqlənir (stator və rotor dolaqlarını təşkil edən sarğıların mərkəzə nəzərən müxtəlif bucaqlar altında yerləşməsi, hava aralığının olması və s.).

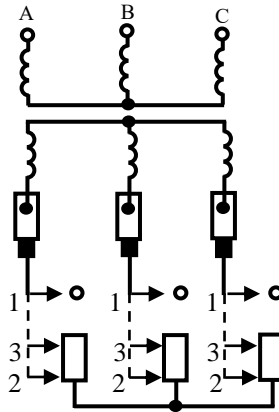
Burada da statorla rotor arasında qarşılıqlı əlaqə, transformatorun birinci və ikinci tərəf dolaqları arasında olduğu kimi maqnit sahəsi vasitəsilə olur. Ona görə də asinxron mühərriklərdə baş verən elektromaqnit proseslər və onları təsvir edən tənliklər transformatorlarda olduğu kimidir. Yəni transformatorlarda tətbiq olunan tənliklərdən asinxron mühərrikin iş proseslərinin tədqiqində istifadə etmək olar.

İndi isə asinxron mühərrikin yüksüz və qısa qapanma iş rejimlərinə baxaq. Bunun üçün üçfazlı faza rotorlu asinxron mühərriki seçirik və qəbul edirik ki, faza dolaqları simmetrikdir, maqnit sahəsi çevrə üzrə fırlanır. Dolaqların sarğılarının yuvalarda paylanması və onun addımın qısaldılması nəticəsində EHQ – nin ali harmonikaları əsasən yox olur, onda stator və rotorda dəyişən kəmiyyətlərin ancaq birinci harmonikalarını nəzərə alırıq və qəbul edirik ki, bütün dəyişən kəmiyyətlər sinusoidal qanunla dəyişir. Gərginlik, EHQ və cərəyanlar təsiredici qiymətlərə, MHQ və maqnit seli ən böyük qiymətinə görə təyin edilir. Rotor tərpənməz halda olduğuna görə, stator və rotor dolağını eyni tezlikli maqnit seli kəsir, ona görə statorun EHQ – nin f_1 tezliyi rotorun f_2 – nə qiymətcə bərabər olur.

Fərz edək ki, asinxron maşının rotor dolağının ucları açıqdır, (şəkl.1.7, kontaktın 1 vəziyyətində) rotor tərpənməz vəziyyətdədir ($n = 0$) stator isə U_1 gərginlikli f_1 tezlikli şəbəkəyə qoşulmuşdur. Bu halda asinxron maşın yüksüz iş rejimində işləyən transformatorudur.

Tətbiq olunan U_1 gərginliyinin təsirindən statorun dolağın-
dan I_0 yüksüz işləmə cərəyanı axacaqdır. Bu cərəyanın yaratdı-
ğı F_1 MHQ – si stator və rotor dolaqlarını kəsən əsas Φ_m , Φ_{s1}
təkcə stator dolağını kəsən səpələnmə maqnit seli yaradır. Əgər
maşının cüt qütbülər sayı p_1 olarsa F_1 MHQ yaratdığı Φ_m maq-
nit selinin n_1 fırlanma tezliyi

$$n = \frac{60f_1}{p}$$



Şək. 1.7. Faza rotorlu asinxron mühərrikin reostata qoşulma sxemi:

1...3 kontaktların vəziyyəti

Əsas maqnit seli tərpənməz mühərrikin stator və rotor do-
laqlarını kəsərək \dot{E}_1 və \dot{E}_2 EQ induksiyalayır:

$$\dot{E}_1 = 4,44f_1 W_1 k_{d1} \Phi_m; \quad \dot{E}_2 = 4,44f_1 W_2 k_{d2} \Phi_m,$$

burada W_1 və W_2 – stator və rotor dolaqlarının sarğılar sayı;

k_{d1} və k_{d2} – stator və rotor dolaqlarının dolaq əmsallarıdır.

EQ – nin nisbəti

$$\frac{\dot{E}_1}{\dot{E}_2} = \frac{W_1 k_{d1}}{W_2 k_{d2}} = k_E, \quad (1.4)$$

EHQ – nin transformasiya əmsalı adlanır. Dolaq əsalının qiyməti təxminən 0,9...0,96 bərabər olduğundan $k_E \approx W_1 / W_2$ (transformatorlarda olduğu kimi) qəbul etmək olar.

Səpələnmə maqnit seli Φ_{s1} stator dolağında səpələnmə EHQ E_{s1} yaradır:

$$\dot{E}_{s1} = - jI_0 X_1,$$

burada X_1 – stator dolağının səpələnmə induktiv müqavimətidir.

Stator dolağı R_1 aktiv müqavimətə malik olduğuna görə asinxron maşının birinci tərəf dolağının gərginlikləri (aktiv müqavimətədəki gərginlik düşgüsü nəzərə alınmaqla) tənliyi transforma-torun birinci tərəf dolağının tənliyinə oxşar olur və aşağıdakı kimi təsvir olunur:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{s1} + \dot{I}_0 R_1 = -\dot{E}_1 + j\dot{I}_0 X_1 + \dot{I}_0 R_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 Z_1, \quad (1.5)$$

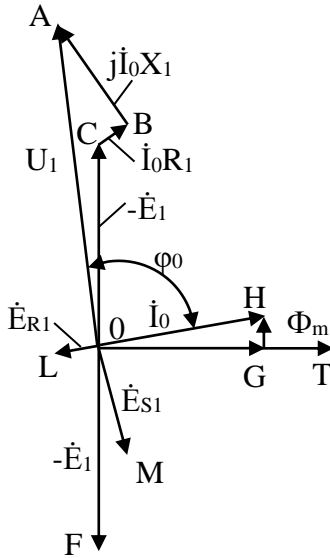
burada Z_1 – stator dolağının tam müqavimətidir, $Z_1 = R_1 + jX_1$.

Asinxron maşının və transformatorların birinci tərəf dolaqlarının EHQ – nin tənliklərinin oxşar olduğuna görə yüksüz işləmə rejimində onların vektor diaqramlarında prinsipcə bir-birinə uyğun gəlir (şək. 1.8).

Lakin asinxron mühərriklərində statorla rotor arasında hava aralığı olduğuna görə yüksüz işləmə cərəyanı transformatorla müqayisədə böyük qiymətə $I_0 = (0,2 \dots 0,4) I_{nom}$ malik olur.

Yüksüz işləmə cərəyanının böyük olması asinxron maşınların ən əsas çatışmayan cəhətlərindən biri sayılır, çün ki, stator dolağında itkilərin artması və güc əmsalının ($\cos\phi$) aşağı düşməsi I_0 cərəyanının artması ilə əlaqədardır. Yüksüz işləmə cərəyanı azaltmaq üçün maşının hava aralığını mümkün qədər mi-

nimal həddə kimi (maşının etibarlığını nəzərə almaqla) azaltmağa çalışırlar.



Şək. 1.8. Real transformatorun yüksüz işləmədə vektor diaqramı

Rotor dolağının açıq halında (rotorun tərənəmz halında) maşının təkcə stator dolağında $m_1 I_0^2 R_1$ mis (burada m_1 –statorda fazaların sayı) və $P_{c1}+P_{c2}$ statorun və rotorun maqnit keçiricisində polad itkiləri yaranır. Bu itkilərin ödənilməsi üçün maşının, şəbəkədən aldığı P_{10} tələbat gücü sərf olunur:

$$P_{10} = m_1 I_0^2 R_1 + P_{c1} + P_{c2} . \quad (1.6)$$

Asinxron maşınlarda I_0 yüksüz işləmə cərəyanı və R_1 müqaviməti nisbətən böyük olduğundan P_{M1} mis itkisi P_{10} gücünün nəzərə çarpacaq hissəsini təşkil edir, transformatorlarda isə yüksüz işləmə cərəyanı çox kiçik olduğundan onu nəzərə almaq olar.

P_{10} qiyməti məlum olarsa I_{0a} yüksüz işləmə cərəyanının aktiv mürəkkəbəsini təyin etmək olar:

$$I_{0a} = \frac{P_{10}}{m_1 \dot{U}_1}. \quad (1.7)$$

Yüksüz işləmə cərəyanının aktiv I_{0a} mürəkkəbəsi adətən yüksüz işləmə cərəyanının I_{0p} reaktiv mürəkkəbəsilə müqayisədə kiçik olur, bu halda yüksüz işləmə bucağı $\varphi = 70 \dots 80^\circ$.

Yüksüz işləmədə asinxron maşının əvəz sxemi transformatorun bu rejimə uyğun sxemindən fərqlənir.

Qısa qapanma rejiminə keçmək üçün rotorun dövrəsindəki reostatin tərpənən kontaktını 1 vəziyyətindən 2 vəziyyətinə (bax şəkl.1.7) keçirmək lazımdır.

Qısa qapanma zamanı asinxron maşınlarında baş verən proseslərin fiziki hadisələrin mahiyyəti praktiki olaraq transformatorlarda olduğu kimidir.

Qısa qapanma rejimində mühərrikin I_{qq} qərarlaşmış qısa qapanma cərəyanının I_{nom} nominal cərəyandan 4...7 dəfə böyük olduğundan, dolaq həddindən artıq qızaraq zədələnmə bilər. Bu halın qarşısını almaq üçün asinxron mühərriklərin qısaqapanma təcrübəsi necə transformatorlarda olduğu kimi azaldılmış gərginlikdə $U_{qq}(15 \dots 25\%U_{nom})$ aparmalı, bu halda $I_{q,q} \approx I_{nom}$. Statorun I_1 və rotorun I_2 cərəyanları (I_1 və I_2 cərəyanlarının qiyməti nominala yaxın olur) statorun və rotorun maqnit keçiricisində F_1 və F_2 MHQ – ni yaradır. $n = 0$ olduğundan rotorun cərəyanının tezliyi statorun f_1 tezliyinə bərabər olur. Transformatorlarda olduğu kimi F_1 və F_2 MHQ – ni qısa qapanmada bir-birinə qarşı təsir edirlər. Ona görə nəticəvi F_k MHQ və Φ_{qq} maqnit seli qısa qapanmada nisbətən çox kiçik qiymətə malik olur, bu səbəbdən maşının əsas maqnit dövrəsi doymur. Əks hallarda qəbul etmək olar ki, $\Phi_{qq} \approx 0$, deməli qısa qapanma zamanı F_1 və F_2 MHQ – ri bir-biri ilə qarşılıqlı müvazinətdə olurlar, yəni

$$F_1 = -F_2 \text{ və ya } F_1 + F_2 = 0. \quad (1.8)$$

F_1 və F_2 – nin qiymətlərini yuxarıda yerinə yazsaq:

$$\frac{0,45m_1\dot{I}_1W_1k_{d1}}{p} = \frac{0,45m_2\dot{I}_2W_2k_{d2}}{p} = 0.$$

Buradan cərəyana görə transformasiya əmsalı təyin edilir:

$$k = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}'_2} = \frac{\dot{I}_2}{\dot{I}_1} = \frac{m_1W_1k_{d1}}{m_2W_2k_{d2}}, \quad (1.9)$$

burada $I'_2 = \frac{I_2}{k_I}$ – rotorun çevirilmiş cərəyanıdır.

Transformatorlardan fərqli olaraq asinxron maşınlarında $k_E \neq k_I$, çün ki, ümumi halda $m_1 \neq m_2$ (təkcə faza rotorlu asinxron mühərriklərdə $m_1 = m_2$). Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərdə rotor dolağının fazalarının sayı dolağı təşkil edən yuvalarda yerləşmiş naqillərin (çubuqların) sayına bərabər olur ($m_1 = z_2$). Belə konstruksiyalı dolağın fazaları bir-birinə nəzərən $\alpha = 2\pi/z_2$ bucağı qədər sürüşmüş olur, cüt qütbülərin sayı p_2 isə fırlanan maqnit sahəsinin cüt qütbüləri sayına p_1 bərabərdir ($p_1 = p_2 = p$), dolaq əmsalı bu halda $k_{d2}=1$.

Transformatorlarda olduğu kimi asinxron mühərrikin ekvivalent rotor dövrəsinin kəmiyyətlərini statora gətirmək olar.

Çevirilmənin energetik ekvivalentliyi şərtlərindən (aktiv və re-aktiv güc itkilərinin sabitliyi, E_2 EQ ilə I_2 cərəyanı arasında fazalar fərqi burada eyni olması) asinxron mühərrikin rotor dövrəsinin çevirilmiş aktiv və induktiv müqavimətləri təyin etmək olar:

$$R'_2 = R_2 \frac{m_2 \dot{I}'_2{}^2}{m_1 (\dot{I}'_2)^2} = R_2 \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{m_1 W_1 k_{d1}}{m_2 W_2 k_{d2}} \right)^2 = R_2 k_E k_I = R_2 k, \quad (1.10)$$

burada k – asinxron maşının transformasiya əmsəlidir, $k = k_E k_I$.

Fazalar fərqi bucağının bərabərliyindən ($\text{tg } \psi = \frac{X_2}{R_2} = \frac{X'_2}{R'_2}$),

alırıq

$$X'_2 \frac{R'_2}{R_2} X_2 = k X_2. \quad (1.11)$$

Transformatorlarda olduğu kimi birinci və ikinci tərəf EHQ – nin tənlikləri aşağıdakı şəkil alır:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{qq} &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_{qq} Z_1 \\ 0 &= \dot{E}'_2 - \dot{I}'_2 Z'_2 \\ \text{və ya } \dot{E}'_2 &= \dot{I}'_2 Z'_2, \end{aligned} \quad (1.12)$$

burada Z'_2 –rotor dolağının tam çevirilmiş müqavimətidir, $Z'_2 = R'_2 + jX'_2$.

Bu rejimdə qısa qapanmış asinxron maşının əvəz cəmi transformatorun eyni adlı sxeminə uyğun gəlir və eyni şəkildə malikdirlər. Eləcədə qısa qapanma parametrləri bir-birinə oxşardır:

$$R_{qq} \approx R_1 + R'_2 \quad \text{və} \quad X_{qq} \approx X_1 + X'_2.$$

Transformatorlardan fərqli olaraq asinxron maşınlarda R_{qq} və X_{qq} həmişə sabit qalır. Məsələn dərin yuvalı mühərriklərdə onlar tezlikdən, bağı yuvalı maşınlarda isə cərəyanın qiymətindən asılı olur.

Qısa qapanma müqavimətinin qiymətinə görə maşının qısa qapanma rejimində tələb etdiyi P_{qq} gücünü təyin etmək olar. Bu güc praktiki olaraq stator və rotor dolaqlarında yaranan itkilərin tam ödənilməsinə sərf olunur:

$$P_{qq} = P_{m1} + P_{m2} = m_1 I_1^2 R_{gq}. \quad (1.13)$$

Əgər reostatın tərənən kontaktını tormozlandırılmış rotorun dövrəsində 3 vəziyyətinə gətirsək (bax şəkl.1.7) buhalda asinxron maşınına yük altında işləyən transformator kimi baxmaq olar. Gərginliklərin və EHQ – nin müvazinət tənlikləri, MHQ – nin tənlikləri əvəz sxemləri və vektor diaqramları transformatorlarda olduğu kimidir və eyni şəkllə malikdirlər:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 Z_1; & \dot{U}'_2 &= \dot{E}_2 - \dot{I}'_2 Z'_2; \\ \dot{F}_1 + \dot{F}_2 &= \dot{F}_m; & \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2), \end{aligned} \quad (1.14)$$

burada $I'_2, E'_2, Z'_2 = R'_2 + jX'_2$ və $U'_2 = I'_2 Z'_y$ – statorun dolağına gətirilmiş cərəyan, EHQ, rotorun müqaviməti və ikinci tərəf gərginliyi, tərənəmz rotorun sıxaclarına qoşulmuş aktiv yükdəki gərginlik düşgüsünə bərabərdir (müərriki üçün adətən $Z'_y = R'_y$).

Baxmayaraq ki, tormozlandırılmış rotor şəraitində asinxron maşının iş prosesinin nəzəriyyəsi transformatorun nəzəriyyəsinə oxşardır, lakin asinxron maşından bir transformator kimi istifadə etmək əlverişli sayılmır, çünki o transformatorla müqayisədə baha başa gəlir və çox pis istismar xarakteristikalarına malikdir (yüksüz işləmə cərəyanının böyük olması, FİƏ – nin kiçik olması və s.).

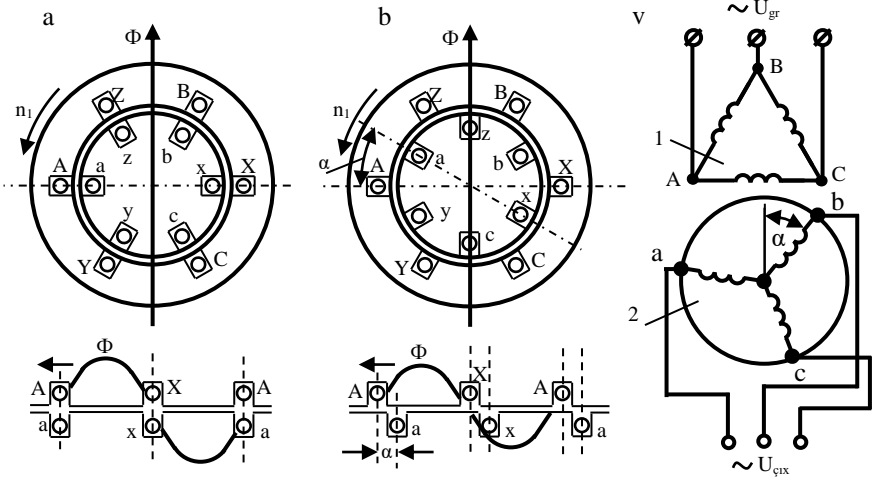
Praktiki olaraq rotoru tormozlanmış asinxron maşınlardan transformator iş rejimində bir neçə xüsusi qurğularda istifadə edilir (induksion və faza tənzimləyicilərdə və s.).

1.4. Asinxron maşınların xüsusi iş rejimləri

Bir sıra xüsusi qurğularda rotoru tormozlanmış kontakt halqalı asinxron maşınlarda faza və induksion tənzimləyici kimi istifadə edilir.

Faza tənzimləyici aşağıda göstərilən qaydada işləyir. Əgər üçfazlı asinxron maşının rotorunu şəkl. 1.9,a-da göstərilən vəziyyətə gətirsək bu halda statorun və rotorun eyni adlı fazalarının oxları üst-üstə düşür, fırlanan maqnit seli statorun və rotorun dolaqlarını eyni zamanda kəsir. Buna görə E_1 və E_2 EQ fazaca eyni olurlar. Əgər rotoru maqnit selinin fırlanma istiqamətinə qarşı α bucağı (şəkl. 1.9,b) qədər döndərsək onda maqnit seli əvvəlcə rotorun ax fazası ilə, sonra isə statorun AX fazası ilə kəşir və nəticədə E_2 EQ-si E_1 EQ-ni fazaya görə α bucağı qədər qabaqlamış olur. Rotoru bu və ya digər tərəfə döndərməklə EQ-nin istənilən fazasını almaq olar:

$$e_2 = E_{2m} \sin(\omega t \pm \alpha).$$



Şəkl. 1.9. Sxematik kəsim (a,b) və faza tənzimləyicisinin sxemi (v):

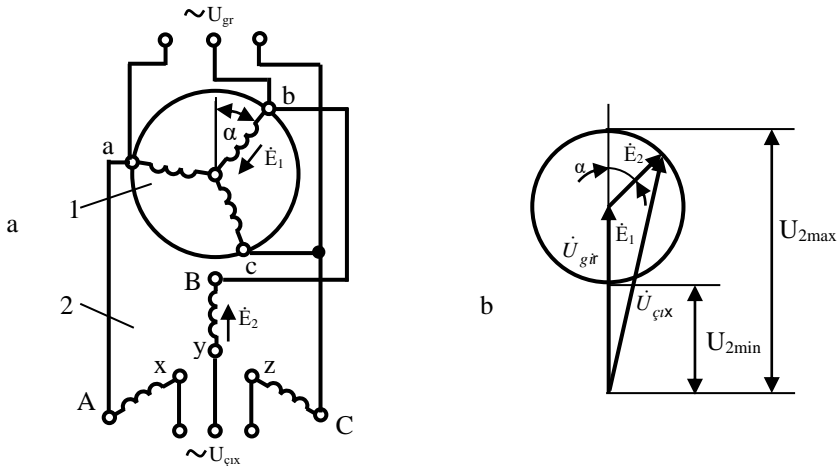
1 – statorun dolağı; 2 – rotorun dolağı.

Rotorun statora görə vəziyyətini dəyişdirmək üçün öz-özü-nə tormozlanan qundvarı reduktordan istifadə olunur.

Asinxron fazatənzimləyicilərindən (v) əsasən avtomatik sxemlərdə idarə olunan ventillərin və elektrik ölçü cihazlarının sınağı üçün tətbiq olunan qurğuların faza xətlərinin kompensasiya edilməsində istifadə edilir.

İnduksion tənzimləyici xüsusi döndərici quruluş vasitəsilə (adətən, yiv ötürməsi) tormozlanmış faza rotorlu üçfazlı asinxron maşından ibarətdir. Stator və rotor dolaqları bir-birilə elektriki birləşdirilir (şək.1.10).

Rotor dolağı üçfazlı şəbəkəyə qoşulur (a, b, c) (o, üçfazlı avtotransformatorun birinci tərəf dolağı rolunu). Statorun A, B, C fazalarının X, Y, Z uclarına yük qoşulur.



Şək. 1.10. Üçfazlı induksion tənzimləyicinin sxemi (a) və gərginliklərin vektor diaqramı (b)

Yüksüz işləmə halında yalnız rotor dolağından üçfazlı dəyişən cərəyan axır və bu cərəyan fırlanan maqnit seli yaradır. Fırlanan maqnit seli rotor və statorun dolaqlarında E_1 və E_2 EQ-lərini induksiylayır. Tənzimləyicinin çıxışında gərginlik E_1 və E_2 EQ-nin həndəsi cəminə bərabər olur:

$$U_{\text{çix}} = E_1 + E_2 \approx U_{\text{gir}} + E_2,$$

burada $U_{\text{gir}} = U_1 \approx E_1$

Rotor və stator dolaqlarının oxları üst-üstə düşdükdə E_1 və E_2 EHQ-ləri fazaca eyni olur və çıxışda ən böyük gərginlik yaranır: $U_{2\text{max}} \approx U_1 + E_2$ (şək. 1.10,b). Rotoru döndərməklə rotor fazasının oxunu istənilən kimi sürüşdürmək olar. $\alpha = 180^\circ$ olduqda çıxışda minimal gərginlik olur: $U_{2\text{min}} \approx U_1 - E_2$.

Beləliklə çıxış gərginliyini rotoru döndərməklə $U_{2\text{min}}$ – dan $U_{2\text{max}}$ – a qədər səlist tənzimləmək olar.

Ümumi halda tənzimləyicinin çıxışında xətt gərginliyinin U_{2x} qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$U_{2x} = \sqrt{3} \sqrt{\left(\frac{U_{1x}}{\sqrt{3}} + E_2 \cos \alpha \right)^2 + (E_2 \sin \alpha)^2},$$

burada U_{1x} – tənzimləyicinin girişindəki xətt gərginliyi.

Baxılan induksion tənzimləyicidə çıxış gərginliyinin dəyişməsilə bərabər onun fazasında müəyyən qədər dəyişir, bu da bəzi hallarda əlverişli sayılmır. Bunun qarşısını almaq üçün qoşalaşdırılmış tənzimləyicilər tətbiq edilir.

Qoşalaşdırılmış tənzimləyici iki tək tənzimləyicinin birləşməsindən ibarətdir. Onların rotorları bir valda yerləşdirilir, dolaqları isə öz aralarında paralel birləşdirilir.

Hər iki tənzimləyicidə maqnit sellərinin bir-birinə əks istiqamətdə fırlanması üçün stator dolaqları ardıcıl birləşdirilir (bu halda qoşalaşdırılmış tənzimləyicinin valında moment sifra bərabər olar).

Qoşalaşdırılmış rotorun hər hansı bir istiqamətdə dönməsi nəticəsində tənzimləyicinin rotorlarında biri fırlanma istiqamətində digəri, isə ona əks istiqamətində dönür. Analoji olaraq ikinci tərəf vektorları dönürlər, ona görə gərginliyin fazası dəyişməz qalır.

İnduksion tənzimləyicilərdən laboratoriya işlərinin aparılmasında, avtomatika və ölçü texnikasında, elektrik şəbəkələrinə gərginliyi tənzim etmək və nominal səviyyədə saxlamaq üçün istifadə edilir.

1.5. Asinxron mühərrikin fırlanan rotor şəraitində işi

Fırlanan rotorun elektrik hərəkət qüvvəsi və cərəyanı. Rotor dolağını qısa və ya hər hansı müqavimətlə qapasaq, onda I_2 cərəyanı axar. Rotor cərəyanı ilə fırlanan maqnit sahəsinin qarşılıqlı təsirindən yaranan elektromaqnit fırlandırıcı moment rotoru $n_2 < n_1$ sürəti ilə fırlanmağa başlayır. n_2 sürəti ilə fırlanan EQ-nin qiymətini və f_2 tezliyini təyin edək.

Maqnit sahəsinin rotora nisbətən fırlanma sürətinin ($n_2 - n_1$) sürəti olduğunu nəzərə alsaq, f_2 tezliyini təyin etmək olar:

$$f_2 = \frac{p(n_1 - n_2)}{60} = \frac{p[n_1 - n_1(1 - s)]}{60} = \frac{pn_1}{60} \cdot s = f_1 \cdot s. \quad (1.15)$$

Mühərrikin nominal iş rejimində sürüşmə $S_{nom} = 0,02 \dots 0,07$ (50 hs-tezlikdə) olduqda rotorda EQ və cərəyanın tezliyi $f_2 = 1 \dots 3,5$ hs olur.

Rotor dolağında induksiyaalan EQ-nin qiyməti:

$$E_{2s} = 4,44f_2 W_2 \Phi_m k_{d2} = 4,44f_1 s W_2 \Phi_m k_{d2} = E_2 \cdot s, \quad (1.16)$$

burada $E_2 = 4,44f_1 W_2 \Phi_m k_{d2}$ – tərpnəmz rotor şəraitində rotor dolağının EQ – dir.

Deməli, fırlanan rotor şəraitindəki EQ – si sürüşmə ilə düz mütənasibdir.

Dolaqdan axan cərəyan:

$$I_2 = E_{2s} / (R_2 + jX_{2s}), \quad (1.17)$$

burada $X_{2s} = 2 \pi f_2 L_2 = 2 \pi f_1 s L_2 = X_2 \cdot s$ – fırlanan rotor şəraitində rotorun induktiv müqaviməti;

$X_2 = 2 \pi f_1 L_2$ – tərənəmz şəraitdə rotorun induktiv müqaviməti;

L_2 – rotor dolağının induktivliyi;

R_2 – rotor dolağının aktiv müqavimətidir.

Rotor cərəyanlarının yaratdığı fırlanan maqnit sahəsinin rotora nəzərən sürəti:

$$n_2 = \frac{60 f_2}{p} = \frac{60 f_1 \cdot s}{p} = n_1 \cdot s. \quad (1.18)$$

Statora nəzərən isə

$$n_2 + n_{2s} = n_1 (1 - s) + n_1 \cdot s = n_1. \quad (1.19)$$

Deməli fırlanan rotor şəraitində statorun və rotorun maqnit sahələri fəzada eyni sürətlə fırlanırlar və bir-birinə nəzərən tərənəmzdir.

Yuxarıda qeyd olunanlardan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, asinxron mühərrikin rotorunun valındakı mexaniki yükün hər hansı bir dəyişməsi sürüşmənin dəyişməsinə səbəb olur və nəticədə EHQ E_{2s} və I_2 cərəyanı da dəyişir.

Asinxron mühərrikin dolaqlarının maqnit hərəkət qüvvələri: Yüksüz işləmədə rotorun cərəyanı $I_2 = 0$ olur və mühərrikin maqnit seli stator dolağının maqnit hərəkət qüvvəsi tərəfindən yaradılır:

$$F_0 = \frac{3}{2} I_{0m} W_1. \quad (1.20)$$

Yüklü rejimdə ($I_2 \neq 0$) ümumi maqnit seli stator və rotorun MHQ – nin birgə təsirindən yaranır:

$$\dot{F}_{\text{nət}} = \dot{F}_1 + \dot{F}_2 = \frac{3}{2} I_{1m} W_1 + \frac{3}{2} I_{2m} W_2. \quad (1.21)$$

Stator dolağına tətbiq edilmiş gərginliyin amplituda qiyməti sabit qalır və bu gərginlik stator dolağında EHQ–ni müvazinət-də saxlayır (stator dolağında gərginlik düşgüsü çox kiçikdir). $E \approx U_1 = \text{const}$ bərabərliyi o deməkdir ki, mühərrikin istənilən iş rejimində ümumi maqnit seli Φ təxminən sabit qalır. Buradan mühərrikin MHQ tənliyi alınır:

$$\frac{3}{2}I_{1m}W_1 + \frac{3}{2}I_{2m}W_2 \approx \frac{3}{2}I_{0m}W_1. \quad (1.22)$$

Stator cərəyanının ifadəsi üçün alırıq:

$$I_1 = I_0 - I_2 \frac{W_1}{W_2} = I_0 + I_2', \quad (1.23)$$

burada $I_2' = -I_2 \frac{W_1}{W_2}$ – rotorun çevirilmiş cərəyanıdır.

1.23 ifadəsindən görünür ki, stator dolağının I_1 cərəyanı maşının maqnit selini yaradan I_0 və rotor cərəyanının maqmitsizləşdirici təsirini kompensasiya edən çevirilmiş I_2' mürəkkəbəsindən ibarətdir.

1.6. Asinxron mühərrikin energetik diaqramı

Şəbəkədən statora verilən elektrik enerjisi asinxron mühərrikdə mexaniki enerjiyə çevirilir və rotorun valından alınır. Enerjinin çevirilməsi zamanı itkilər baş verir.

Asinxron mühərrikin aktiv güclər balansını aşağıdakı tənliklə ifadə etmək olar:

$$P_1 = \Delta P_{e1} + \Delta P_{M1} + \Delta P_{e2} + \Delta P_{\text{mex}} + \Delta P_{\text{əl}} + P_2, \quad (1.24)$$

burada $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1$ – mühərrikin şəbəkədən tələb etdiyi güc;

$\Delta P_{e1} = m_1 I_1^2 R_1$ – stator dolağının aktiv müqavimətində elektrik itkiləri;

$\Delta P_{M1} = U_1^2 f^{1,3}$ – stator poladında maqnit itkiləri (rotorda maqnit itkiləri çox kiçik olduğuna görə nəzərə alınmır);

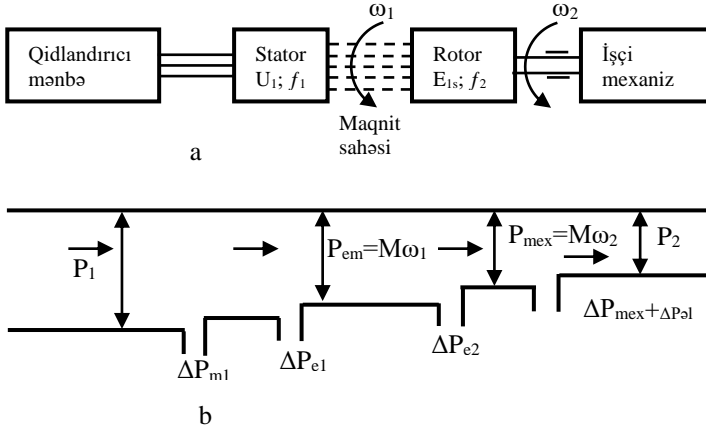
$\Delta P_{e2} = m_2 I_2^2 R_2$ – rotor dolağında elektrik itkiləri;

ΔP_{mex} – mexaniki itkilər (yastıqlarda yaranan sürtünmə və fırlanan hissələrin hava ilə sürtünməsi, ventilyasiyadan yaranan itkilər);

$\Delta P_{\partial l}$ – əlavə itkilər (maqnit sahəsinin səpələnməsindən və döyünməsindən və yüksək harmonikaların və s. yaratdığı irkilər. Əlavə itkilər $\Delta P_{\partial l} = 0,005 P_{Inom}$ qəbul edirlər);

P_2 – mühərrikin valındakı faydalı mexaniki gücdür.

Asinxron mühərrikin (1.24) tənliyində əsasən qurulmuş energetik diaqramı şək.1.11,b-da verilmişdir. Burada (şək.1.11,a) eyni zamanda qidalandırıcı mənbə ilə stator, stator və rotor, rotor və işçi mexanizm arasındakı qarşılıqlı əlaqənin struktur sxemi göstərilmişdir.



Şək. 1.11. Elektrik intiqalının struktur sxemi (a) və asinxron mühərrikin energetik diaqramı (b)

Qidalandırıcı mənbə ilə stator arasında elektriki, stator və rotor arasında elektromaqnit, rotor və işçi mexanizm arasında isə mexaniki əlaqə vardır.

$P_{eM} = P_1 - P_{e1} - \Delta P_M$ kəmiyyətinə mühərrikin elektromağnit gücü deyilir. Bu güc fırlanan maqnit sahəsi vasitəsilə statordan rotora ötürülür.

Faydalı güc mexaniki gücdən mexaniki və əlavə itiklər qədər kiçik olur

$$P_2 = P_M - (\Delta P_{mex} + \Delta P_{sl}). \quad (1.25)$$

Elektromağnit P_{eM} və mexaniki P_{mex} gücləri fırlandırıcı M elektromağnit momentlə də ifadə etmək olar:

$$P_{eM} = M\omega_1, \quad (1.26)$$

$$P_{mex} = M\omega_2, \quad (1.27)$$

burada $\omega_1 = 2\pi n_1/60$ və $\omega_2 = 2\pi n_2/60$ – fırlanan maqnit sahəsinin və rotorun bucaq sürətidir [$n_1 = 60f_1/p$, $n_2 = n_1(1-s)$].

Energetik dioqramdan təyin edirik:

$$\Delta P_{e2} = P_{eM} - P_{mex} = M(\omega_1 - \omega_2) = M\omega_1 \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = M\omega_1 \cdot s = P_{eM} \cdot s. \quad (1.28)$$

Buradan asinxron mühərrikin fırlandırıcı elektromağnit momentini təyin etmək olar:

$$M = \frac{\Delta P_{e2}}{\omega_1 s}. \quad (1.29)$$

(1.29) ifadəsini başqa üsulla tapmaq mümkündür. Onun üçün $\Delta P_{e2} = m_2 E_{2s} I_2 \cos\varphi_2$, $\omega_1 = 2\pi f_1/p$ və fırlanan EHQ – nin $E_{2s} = 4,44 f_1 s W_2 \Phi_m k_{d2}$ qiymətlərini (1.29) yerinə yazsaq alarıq:

$$M = C_m \Phi_m I_2 \cos\varphi_2,$$

burada $C_m = P_m W_2 k_{d2} / \sqrt{2}$ – sabit əmsal;

φ_2 – rotorun I_2 cərəyanı ilə EQ E_2 arasındakı fazalar fərqi bucağıdır.

Asinxron mühərrikin faydalı iş əmsalı:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum \Delta P}{P_1}, \quad (1.30)$$

burada $\sum \Delta P$ – mühərrikdəki itkilərin cəmidir ($\sum \Delta P = \Delta P_{e1} + \Delta P_M + \Delta P_{e2} + \Delta P_{mex} + \Delta P_{ol}$).

Asinxron mühərriklərin FİƏ – nin dəyişmə xarakteri praktiki olaraq başqa növ elektrik maşınlarında olduğu kimidir. Yükün artması ilə FİƏ artır, artıq yüklənmədə isə kəskin azalır.

Gücü 10 kVt qədər olan üçfazlı ümumi təyinatlı asinxron mühərriklərində FİƏ nominal yükdə $\eta = 0,75 \dots 0,88$ olur, böyük güclü mühərriklərdə $\eta = 0,9 \dots 0,94$ qiymətinə qədər yüksələ bilər.

1.7. Asinxron maşının əvəz sxemi

Asinxron maşının xarakteristikalarını hesablamaq və müxtəlif rejimlərdə onun işini tədqiq etmək üçün əvəz sxemindən istifadə etmək əlverişlidir. Bu halda dolaqları arasında elektromaqnit əlaqə olan real asinxron maşını nisbətən sadə elektrik dövrəsi ilə əvəz edilir, bu da xarakteristikaların hesabının xeyli dərəcədə sadələşdirilməsinə imkan verir. Bu halda asinxron maşının iş prosesini təsvir edən tənliklər elektrik dövrəsinin tənliklərinə tam uyğun olmalıdır.

Asinxron maşının tənliklərini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\underline{U}_1 = I_{12} \underline{Z}_{12} + I_1 \underline{Z}_1; \quad (1.31)$$

$$0 = I_{12} \underline{Z}_{12} + \underline{I}'_2 (\underline{Z}'_2 + R'_{mx}); \quad (1.32)$$

$$I_1 = I_{12} - \underline{I}'_2. \quad (1.33)$$

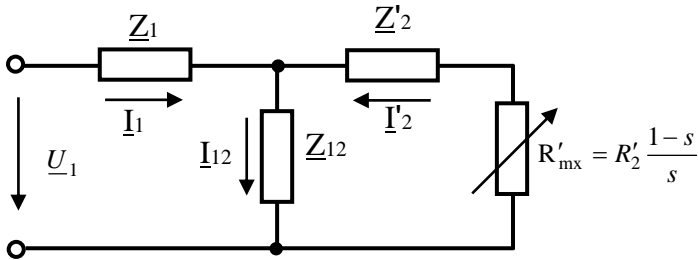
Analoji olaraq transformatorlarda olduğu kimi qəbul etmək olar:

$$-\underline{E}_1 = -\underline{E}'_2 = I_{12} Z_{12}.$$

Yuxarıda göstərilən tənliklər sistemini I_1 nəzərə alınaraq həll etsək, onda alırıq:

$$\underline{U}_1 = I_1 \left[Z_1 + \frac{Z_{12}(Z'_2 + R'_{mx})}{Z_{12} + (Z'_2 + R'_{mx})} \right] = I_1 Z_{ekv}. \quad (1.34)$$

Böyük möhtərizənin içərisindəki ifadəyə şəkl.1.12 – dəki elektrik sxemi uyğun gəlir, bu sxem asinxron maşının əvəz sxemi adlanır.



Şəkl. 1.12. Asinxron maşının “T” şəkilli əvəz sxemi

$Z_{12} = R_{12} + jX_{12}$ – əvəz sxeminin maqnitləşdirici konturunun tam müqavimətidir. Bu müqavimətin X_{12} induktiv mürəkkəbəsinə maşının əsas maqnit seli əmələ gətirir, qarşılıqlı induksiya müqaviməti adlanır.

R_{12} müqaviməti aşağıda göstərilən düsturla təyin edilir:

$$R_{12} = \frac{P_{M1}}{m I_{12}^2}, \quad (1.35)$$

burada P_{M1} – maqnit itkiləri; m – fazaların sayı; I_{12} – maqnitləşdirici cərəyan.

Transformatorlarda olduğu kimi Z_{12} müqaviməti maşına verilən U_1 gərginliyindən asılıdır. U_1 gərginliyi artdıqca Z_{12} müqaviməti azalır. Stator dolağının (1.31) tənliyinə əvəz sxeminin sol hissəsi, rotor dövrəsinin (1.32) tənliyinə isə sağ hissəsi uyğundur. (1.33) tənliyi əvəz sxeminin düyün nöqtələrinə uyğun gəlir. Gücü bir neçə kilovatdan çox olan asinxron maşınların əvəz sxemi nisbi vahidlərlə ifadə olunmuş parametrləri aşağıdakı hədudlarda olur: $X_{12}^* \approx 2 \dots 4$, $R_{12}^* \approx 0,08 \dots 0,4$, $X_{1}^* \approx X_{2}^* \approx 0,08 \dots 0,15$, $R_{1}^* \approx R_{2}^* \approx 0,02 \dots 0,07$. Maşının gücü artdıqca induktiv müqavimət artır, aktiv müqavimət isə azalır. Xarakteristikaların hesabatını aparan zaman əvəz sxeminin parametrləri məlum olmalıdır. Sürüşməyə s qiymətlər verərək $R'_{mx} = R'_2(1-s)/s$ müqaviməti təyin edilir. Sonra I_1 , I'_2 cərəyanları və onlara əsasən (1.16) istifadə edərək güc, elektromaqnit moment və itkilər tapılır.

Şək.1.12 – də təsvir olan sxem “T” şəkilli əvəz sxemi adlanır (Z_1 , Z'_2 və Z_{12} müqavimətləri T hərifini əmələ gətirirlər). Bu sxem maşında baş verən fiziki prosesləri tam əks etdirir. Burada Z_1 və Z'_2 müqavimətləri arasında düyün nöqtəsi vardır.

Düyün nöqtəsi olması sürüşmənin müxtəlif qiymətlərində cərəyanların hesabının aparılmasını mürəkkəbləşdirir.

Asinxron mühərrikin işini təhlil etmək üçün praktiki əhəmiyyətə malik olan digər əvəz sxemi tətbiq edilir, bu halda sxemin maqnitləşdirici konturu birbaşa olaraq U_1 gərginliyinə qoşulur.

Şək. 1.12-də göstərilən sxemdən alırıq:

$$I_{12} = \frac{U_1 - I_1 Z_1}{Z_{12}} = \frac{U_1}{Z_{12}} - I_1 \frac{Z_1}{Z_{12}}. \quad (1.36)$$

(1.36) ifadəsini (1.33) – də yerinə yazsaq alarıq:

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_{12}} - I_1 \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_{12}} - \underline{I}'_2 \quad \text{və ya} \quad \underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{C}_1 \underline{Z}_{12}} - \frac{\underline{I}'_2}{\underline{C}_1} = I_{so} - \frac{\underline{I}'_2}{\underline{C}_1}, \quad (1.37)$$

burada $\underline{C}_1 = (1 + \underline{Z}_1 / \underline{Z}_{12}) = C_1 e^{j\gamma}$ – kompleks əmsal;

$I_{so} = U_1 / (C_1 Z_{12}) = U_1 / (Z_1 + Z_{12})$ – sinxronizasiya cərəyanı, və ya maşının sinxron fırlanma sürətində tələb etdiyi cərəyan ($s=0$) (bax şəkl.1.12).

– \underline{I}'_2 cərəyanını əvəz sxeminin parametrləri ilə ifadə etsək (şəkl.1.12)

$$-\underline{I}'_2 = I_1 \frac{\underline{Z}_{12}}{\underline{Z}_{12} + (\underline{Z}'_2 + R'_{Mx})}. \quad (1.38)$$

Əvəz sxemindən I_1 cərəyanın təyinedib və onun qiymətini (1.38) ifadəsində yazsaq, onda alırıq:

$$-\underline{I}'_2 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + C_1(\underline{Z}'_2 + R'_{Mx})}. \quad (1.39)$$

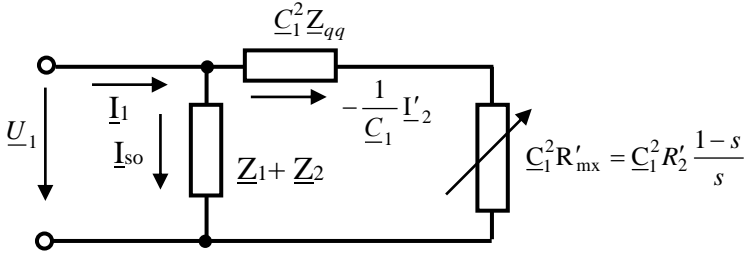
(1.39) nəzərə almaqla (1.37) ifadəsini aşağıdakı şəkildə yazmaq olar:

$$\underline{I}_1 = I_{so} - \frac{1}{\underline{C}_1} \underline{I}'_2 = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2} + \frac{\underline{U}_1}{\underline{C}_1^2 (\underline{Z}_{qq} + R'_{Mx})}, \quad (1.40)$$

burada $\underline{Z}_{qq} = \underline{Z}_1 / \underline{C}_1 + \underline{Z}'_2$.

(1.40) tənliyinə şəkl. 1.13 – də göstərilmiş əvəz sxemi uyğun gəlir və asinxron maşının “Γ” şəkilli əvəz sxemi adlanır. Bu sxemdə I_{so} və \underline{I}'_2 cərəyanlarını bir-birindən asılı olmadan U_1

gərginliyini uyğun budağın müqavimətinə bölməklə təyin etmək olar.



Şək. 1.13. Asinxron maşının “Г” şəkilli əvəz sxemi

$U_1 = \text{const}$ olarsa I_{so} cərəyanı sabit qiymətə malik olur və sürüşmədən asılı olmur.

Kompleks əmsal

$$\underline{C}_1 = 1 + \frac{\underline{Z}_1}{\underline{Z}_{12}} = \frac{\underline{Z}_{12} + \underline{Z}_1}{\underline{Z}_{12}}. \quad (1.41)$$

(1.41) ifadəsinin sürət və məxrəcini I_{so} vursaq, onda alırıq:

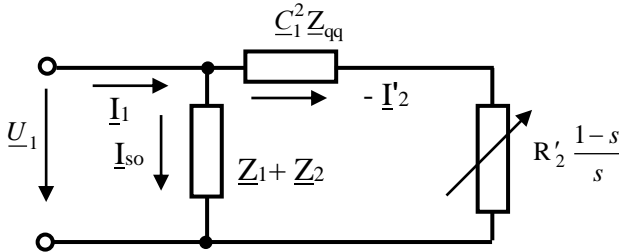
$$\underline{C}_1 = \frac{(\underline{Z}_{12} + \underline{Z}_1)I_{so}}{\underline{Z}_{12}I_{so}} = \frac{U_1}{-E_{so}}.$$

\underline{C}_1 kompleks əmsal tətbiq olunan U_1 gərginliyinin statorun dolağında ($s = 0$) induksiyaalanən əks EQ – nə olan nisbətinə bərabərdir.

Bir neçə kilvatdan yuxarı maşınlar üçün kompleks əmsalın modulu $C_1 = 1,02 \dots 1,05$, arqument $\gamma < 1^\circ$. Buna görə adətən kompleks əmsalın arqumentini $\gamma \approx 0$ qəbul edirlər və \underline{C}_1 kompleks əmsalını C_1 modulu ilə əvəz edirlər.

Praktiki hesablamalarda orta və böyük güclü maşınlar üçün $C_1 \approx 1$ qəbul edilir. Bu halda hesabat zamanı buraxılan xəta 1...5% -dan artıq olmur və əvəz sxemi aşağıdakı şəkil alır

(şək.1.14). Kiçik güclü asinxron maşınları təhlil edərkən \underline{C}_1 kompleks əmsalın nəzərə almaq lazımdır.



Şək. 1.14. Asinxron maşının sadələşdirilmiş “T” şəkilli əvəz sxemi

1.8. Asinxron mühərrikin xarakteristikaları

Elektrik intiqalı üçün asinxron mühərrikin seçilməsi mühərrikin mexaniki və işçi xarakteristikalarının təhlili əsasında yerinə yetirilir. Bu xarakteristikalar hesabat yolu vasitəsilə ya mühərrikin əvəz sxemindən ya da asinxron mühərrikin dairəvi diaqramından istifadə etməklə qurula bilər.

Mexaniki xarakteristika. Asinxron mühərrikin xassələrinin qiymətləndirilməsi üçün mexaniki xarakteristika çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Rotorun fırlanma tezliyinin fırlandırıcı momentdən $n_2 = f(M)$ və ya əksinə $M = f(n_2)$ qrafiki asıllığı asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası adlanır. Bəzən bu asıllıq $M = f(s)$ şəklində ifadə olunur.

Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikasının analitik ifadəsini onun sadələşdirilmiş əvəz sxemindən (şək.1.14) istifadə etməklə almaq olar.

Əvəz sxemindən statordan rotora fırlanan maqnit sahəsi vasitəsilə ötürülən elektromaqnit güc aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$P_{em} = m_1 (-I_2^1)^2 \frac{R_2^1}{s} . \quad (1.42)$$

Verilmiş sxemə görə rotorun cərəyanı:

$$I_2^1 = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2^1}{s})^2 + (X_1 + X_2^1)^2}} . \quad (1.43)$$

I_2^1 - in ifadəsini (1.42)-də yerinə yazsaq, alırıq:

$$P_{em} = \frac{m_1 U_1^2 \frac{R_2^1}{s}}{(R_1 + \frac{R_2^1}{s})^2 + (X_1 + X_2^1)^2} . \quad (1.44)$$

Onda asinxron mühərrikin elektromaqnit momentinin tənliyinin riyazi ifadəsini almaq olar:

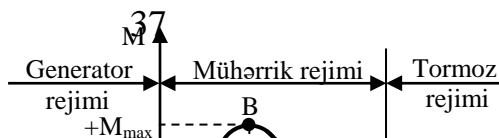
$$M = \frac{P_{em}}{\omega_1} = \frac{m_1 U_1^2 \frac{R_2^1}{s}}{\omega_1 \left[(R_1 + \frac{R_2^1}{s})^2 + (X_1 + X_2^1)^2 \right]} . \quad (1.45)$$

Göründüyü kimi, elektromaqnit momentin ifadəsinə bir sıra kəmiyyətlər daxildir: m_1 , f_1 , U_1 , R_1 , R_2^1 , X_1 , X_2^1 , s . Verilmiş mühərrik üçün bu kəmiyyətlərin bir qismi sabitdir: m_1 , f_1 , R_1 , X_1 , X_2^1 , $= \text{const}$.

Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikdə sadəlik üçün səthə sıxılma effekti nəzərə alınmasa R_2^1 -i də sabit kəmiyyət kimi qəbul etmək olar.

Onda asinxron mühərrikin elektromaqnit momenti əsasən gərginlikdən (U_1) və sürüşmədən asılıdır.

Əksər hallarda şəbəkənin gərginliyinin sabit olmasını nəzərə alsaq, yəni $U_1 = \text{const}$. Onda elektromaqnit momenti funksional olaraq əsasən sürüşmədən asılı olur.



Şək. 1.15 – də asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası, yəni $M = f(s)$ asıllığı qrafiki olaraq verilmişdir.

Şək. 1.15. Asinxron maşının mexaniki xarakteristikası

$M = f(s)$ əyrisini təhlil edək. Bundan əvvəl qeyd edilmişdir ki, elektromaqnit moment maqnit seli Φ_m və rotor cərəyanının aktiv mürəkkəbəsi $I_2 \cos\varphi_2$ ilə (1.2) ifadəsinə görə mütənasibdir. Gərginliyin U_1 const qiymətində maqnit selinin Φ_m qiyməti də sabit qalır, ona görə moment $I_2 \cos\varphi_2$ dəyişməsilə təyin olunur. Əgər $s = 0$ rotor cərəyanı $I_2 = 0$ və onda momentdə $M = 0$ olur. Sürüşmənin artması ilə I_2 cərəyanı artır (bax 1.2 ifadəsinə), $\cos\varphi_2$ isə rotorda tezliyin artması ilə $f_2 = f_{1s}$ induktiv müqavimətin $X_2 = 2\pi f_2 L_2$ artması nəticəsində azalır. Deməli sürüşmənin $s < s_k$ qiymətində I_2 cərəyanının artması ilə $\cos\varphi_2$ azaldığına görə elektromaqnit moment artır, $s > s_k$ olduqda isə əksinə moment azalır. s_k – a asinxron mühərrikin kritik sürüşməsi adlanır. s_k –ki sürüşməyə uyğun gələn moment M_{\max} maksimal qiymətə malik olur.

Kritik sürüşməni təyin etmək üçün (1.45) ifadəsini sürüşməyə görə diferensiallıb sifıra bərabər etmək lazımdır:

$$\frac{dM}{ds} = 0.$$

Alınmış tənliyi sürüşməyə görə həll edərək kritik sürüşməni təyin edirik:

$$s_k = \pm \frac{R'_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2}}. \quad (1.46)$$

Kritik sürüşmənin qiymətini elektromaqnit momentin ifadəsində yerinə yazıb, momentə görə həll etsək, maksimal momentin ifadəsini alırıq:

$$M_{\max} = \pm \frac{m_1 U_1^2}{2\omega_1 \left[\pm R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X'_2)^2} \right]}. \quad (1.47)$$

R_1 müqaviməti ($R_1 \ll X_1 + X'_2$) çox kiçik qiymətə malik olduğundan təxminən $R_1 \approx 0$ qəbul etsək onda maksimum momentin ifadəsi aşağıdakı şəkil alır:

$$M_{\max} = \pm \frac{m_1 U_1^2}{2\omega_1 (X_1 + X'_2)}. \quad (1.48)$$

Bu ifadələrdəki müsbət işarəsi maşının mühərrik rejiminə, mənfi işarəsi isə generator rejiminə uyğun gəlir.

Yuxarıda qeyd olunan ifadələrin təhlili göstərirk, asinxron mühərrikin elektromaqnit momenti statorun sıxaclarına verilmiş gərginliyin kvadratı ilə düz mütənəsbdir, yəni gərginliyin dəyişməsinə çox həssasdır. Buna görə də yük altında işləyən mühərrikin gərginliyinin azaldılmasına yol verilməməlidir.

Mühərrik və generator rejimlərinin maksimum momentləri eyni deyildir. Generator rejimində maksimum moment bir qədər böyükdür. Buna səbəb statorun R_1 müqavimətindəki aktiv güc itkisidir. Mühərrikin valındakı fırlandırıcı moment bu

İtkinin hesabına azalır. Generatorun valına bu itkini dəf etmək üçün əlavə moment tətbiq etmək lazımdır.

Asinxron mühərrikin maksimal momenti rotor dövrəsinin aktiv müqavimətindən asılı deyil, qısa qapanma induktiv müqaviməti ilə tərs mütənasibdir. Maksimal momentə uyğun gələn kritik sürüşmə isə rotor dövrəsinin aktiv müqaviməti ilə düz mütənasibdir.

Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikasında (şək. 1.15) aşağıdakı xarakterik nöqtələri qeyd etmək lazımdır: A nöqtəsi ($s = 1$, $M_{i\dot{s}}$) mühərrikin tərpnəməz rotor şəraitindəki işinə uyğundur, burada $M_{i\dot{s}}$ – mühərrikin işəsalma momentidir; B nöqtəsi (s_k , M_{\max}) ; burada M_{\max} – mühərrikin maksimal momentidir; C nöqtəsi (s_{nom} , M_{nom}), burada M_{nom} – mühərrikin nominal momentidir.

Asinxron mühərrikin kataloq göstəricilərində göstərilən momentlərin nominal momentin qiymətinə nəzərən dəfəliyi verilir, məsələn АИР seriyalı mühərriklər üçün işəsalma momentinin dəfəliyi $k_{i\dot{s}} = M_{i\dot{s}}/M_{\text{nom}} = 1,3 \dots 2,3$, maksimum momentin dəfəliyi $k_{\max} = M_{\max}/M_{\text{nom}} = 1,9 \dots 3,0$.

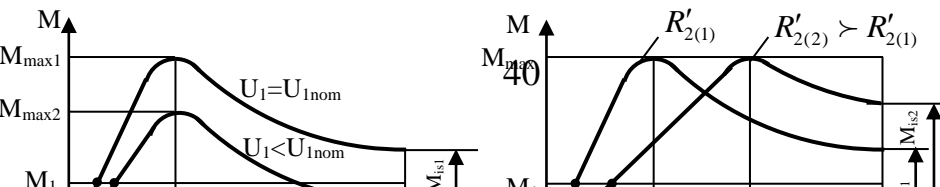
Asinxron mühərrikin momentinin gərginliyin kvadratından asılı olması $M \equiv U_1^2$ onun əsas nöqsanlarından biri sayılır, ona görə ki, gərginliyin kiçik hədlərdə belə aşağı düşməsi momentin qiymətinin çox aşağı düşməsinə səbəb olur.

Gərginliyin dəyişməsi zamanı moment:

$$M = M_{\text{nom}} \left(\frac{U_1}{U_{1\text{nom}}} \right)^2. \quad (1.49)$$

Əgər, məsələn gərginlik 30% azalarsa, yəni $U_1 = 0,7U_{1\text{nom}}$ olduqda, onda $M = M_{\text{nom}}(0,7)^2 = 0,49M_{\text{nom}}$, moment iki dəfədən çox dəyişir.

Gərginlik dəyişən zamanı asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikaları şək. 1.16-da göstərilmişdir.



Şək. 1.16. Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikaları:

- a) gərginlik dəyişdikdə; b) rotor dövrəsinin aktiv müqaviməti dəyişdikdə

Gərginliyin dəyişməsi təkcə momentin qiymətinin dəyişməsinə deyil, eyni zamanda mühərrikin fırlanma tezliyinin qiymətinə də təsir edir. Gərginlik aşağı düşən zaman kritik sürüşmə (1.46) ifadəsinə görə dəyişmir, mühərrikin iş rejimini xarakterizə edən sürüşmə isə artır ($s_2 > s_1$). Gərginliyin müəyyən U_{1kr} qiymətində mühərrik sürüşməsi kritik qiymətinə bərabər olur, onun yaratdığı moment isə $M_1 = M_{max} = M_c$ onda

$$U_{1kr} \approx \frac{1}{m_1} \sqrt{2\omega_1 (X_1 + X'_2) M_c} . \quad (1.50)$$

Bundan sonra gərginliyin kiçik qiymətlərində belə aşağı düşməsi nəticəsində mühərrik işçi maşının müqavimət momentini M_c dəf etmək qabiliyyətinə malik olmur və dayanır.

Şək. 1.16,b asinxron mühərrikin rotor dövrəsinə müxtəlif aktiv müqavimətlər qoşulan halda mexaniki xarakteristikalar göstərilmişdir. Əlavə müqaviməti ancaq faza rotorlu mühərrikin rotor dolağına qoşmaq olar.

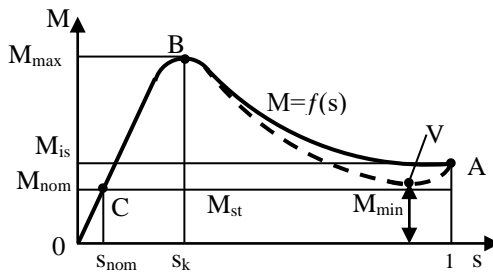
Bu halda (1.47) və (1.48) ifadələrindən görüldüyü kimi maksimum moment əlavə qoşulan R'_2 müqavimətindən asılı olmur və öz qiymətini dəyişmir, sürüşmə isə R'_2 müqavimətindən asılı olaraq dəyişir.

Mühərrik işə salınarkən $n_2 = 0$ olduğundan, $s = 1$ olur. Sürüşmənin $s = 1$ qiymətinə uyğun olan momentə işəsalma momenti deyilir:

$$M_{i\dot{s}} = \frac{mU_1^2 R_2'}{\omega_1 [(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2]}, \quad (1.51)$$

R_2' - müqavimətinin artması ilə işəsalma momenti əvvəlcə artır, sonra isə azalır.

Mühərrikin işə salınması o halda mümkün olur ki, mühərrikin işəsalma momenti işçi maşının müqavimət momentindən böyük olsun. İşəsalma momentinin təsirindən mühərrikin rotoru fırlanmağa başlayır, onun fırlanma tezliyi artır və moment isə mexaniki xarakteristikaya uyğun dəyişir. Qərarlaşmış rejim o zaman baş verir ki, onda mühərrikin momenti onun valındakı yük momenti ilə müvazinətləşir, məsələn C nöqtəsində (bax şəkl.1.17). Bu zaman $M_{nom} = M_{st}$ və mühərrik s_{nom} sürüşməyə malik fırlanma tezliyinə malik olur.



Şəkl. 1.17. Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası

Qidalandırıcı şəbəkənin gərginliyinin və valdakı tormozlayıcı yük momentinin M_{ct} hər hansı təsədüfi səbəbdən dəyişməsi nəticəsində $M_{nom} = M_{ct}$ müvazinəti pozularsa, mühərrikin yeni müvazinət vəziyyətini bərpa etmək qabiliyyətinə onun işinin dayanıqlığı adlanır. Əgər göstərilən şərtlər daxilində qərarlaşmış rejim yaranmasa və yaxud rotor dayanarsa, bu mühərrikin dayanıqsız işi adlanır.

$M(s)$ mexaniki xarakteristikasının (şək. 1.17) $s = 0$ – dan $s = s_k$ – ya qədər hissəsi (OB) xarakteristikanın dayanıqlı, $s = s_k$ – dan $s = 1$ qədər hissəsi (BA) isə dayanıqsız hissə adlanır.

Xarakteristikanın dayanıqlı hissəsində işlədikdə hər hansı təsadüfi səbəbdən müqavimət momentinin artması fırlanmanın yavaşmasına səbəb olur. Bu zaman sürüşmə artır, mühərrikin fırlandırıcı momenti artır və yeni müvazinət vəziyyəti yaranır. Müqavimət momentinin azalması mühərrikin yeyinləşməsinə səbəb olur və yeni daha böyük sürətdə müvazinət yaranır. Xarakteristikanın dayanıqsız hissəsində işlədikdə hər hansı təsadüfi səbəbdən rotor sürətinin azalması mühərrikin dayanmasına, sürətin artımı isə mühərrikin yeyinləşib dayanıqlı hissəyə keçməsinə səbəb olur.

1.9. Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikasının kataloq göstəricilərinə görə qurulması

Elektrik intiqalının layihələndirilməsi zamanı çox vaxt layihəçi təkcə mühərrikin təkcə kataloq göstəricilərinə malik olur. Lakin bir çox məsələlərin həlli üçün ona seçilmiş mühərrikin mexaniki xarakteristikası da məlum olmalıdır.

Mühərrikin parametrlərini bilmədən onun kataloq göstəricilərindən istifadə edərək $M = f(s)$ asılığını qurmaq üçün onun təqribi analitiki ifadəsini çıxarmaqdan ötrü mühərrik rejimindəki momentin ifadəsini (1.45) maksimal momentin ifadəsinə (1.48) bölüb və müəyyən uyğun çevirmələr apararaq aşağıdakı ifadəni almaq olar:

$$\frac{M}{M_{\max}} = \frac{2}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}. \quad (1.52)$$

Bu ifadəyə *Kloss* düsturu deyilir.

Asinxron mühərrikin kataloqunda onun nominal gücü P_{nom} , nominal fırlanma tezliyi n_{nom} , maksimum və işəsalma momentinin dəfə-

liyi verilir: $k_{\max} = M_{\max}/M_{\text{nom}}$, $k_{\text{is}} = M_{\text{is}}/M_{\text{nom}}$. Bu qiymətlərdən istifadə edərək aşağıdakıları təyin etmək olar:

nominal moment $M_{\text{nom}} = 9550 P_{\text{nom}}/n_{\text{nom}}$;

nominal sürüşmə $s_{\text{nom}} = (n_1 - n_{2\text{nom}})/n_1$;

işəsalma momenti $M_{\text{iş}} = k_{\text{is}} M_{\text{nom}}$;

maksimum moment $M_{\max} = k_{\max} M_{\text{nom}}$;

kritik sürüşmə $s_k = s_{\text{nom}} \left(k_{\max} + \sqrt{k_{\max}^2 - 1} \right)$.

Yuxarıda göstərilən qiymətlərdən istifadə edərək mexaniki xarakteristikanın xarakterik nöqtələri tapılır: A ($s = 1, M_{\text{iş}}$); B (s_{kr}, M_{\max}); C ($s_{\text{nom}}, M_{\text{nom}}$). Mexaniki xarakteristikanın AB hissəsində (bax şəkl.1.17) minimal momentə malik bir xarakterik nöqtə (V) də vardır. Kataloqda bu göstərilən nöqtə üçün minimum momentin dəfəliyi verilir $k_{\min} = M_{\min}/M_{\text{nom}}$.

Sürüşmə diapozonundan $0 \leq s \leq 1$ sürüşmənin hər hansı bir qiymətini (1.52) ifadəsində yerinə yazsaq buna uyğun mühərrikin momenti təyin edilir və buda mexaniki xarakteristikanın $M = f(s)$ qurulmasına imkan verir.

1.10. Asinxron mühərrikin işçi xarakteristikaları

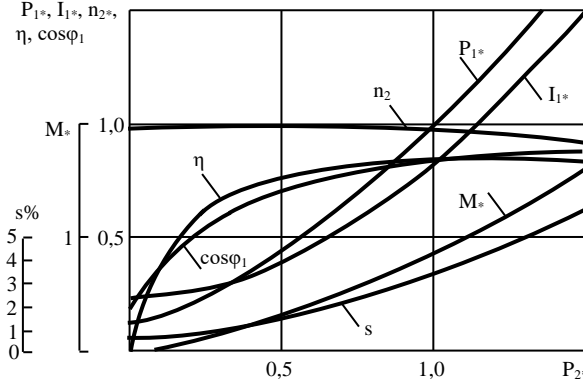
Asinxron mühərrikin tələb etdiyi P_1 gücün I_1 stator cərəyanının valdakı M_1 momentinin, n_2 fırlanma tezliyinin, güc əmsalı $\cos\varphi_1$ və η faydalı iş əmsalının ($U_1 = \text{const}, f_1 = \text{const}$) P_2 faydalı gücdən qrafiki asılılığına işçi xarakteristikalar deyilir.

Bu asılılıqları eksperimental və ya hesabat yolu ilə mühərrikin əvəz sxemindən və yaxud dairəvi dioqramdan istifadə edərək qurmaq olar.

İşçi xarakteristikaların köməyi vasitəsilə mühərrikin valında yük dəyişdiyi zaman onun əsas parametrlərinin dəyişməsini qiymətləndirmək olur.

Şəkl. 1.18 – də asinxron mühərrikin işçi xarakteristikalarından bir nümunə nisbi vahidlərdə göstərilmişdir. Burada $n_{2*} = n_2/n_1$; $I_{1*} = I_1/I_{1\text{nom}}$; $P_{1*} = P_1/P_{1\text{nom}}$; $M_{2*} = M_2/M_{2\text{nom}}$; $P_{2*} = P_2/P_{2\text{nom}}$.

İşçi xarakteristikaları praktiki olaraq ancaq mühərrikin dayanıqlı iş zonası üçün qurulur, yəni bu halda sürüşmə $s = (1,1 \dots 1,2)_{s_{nom}}$ qədər olur.



Şək. 1.18. Asinxron mühərrikin işçi xarakteristikası

Yüksüz işləmə rejimindən tam yüklü rejimə keçən zaman fırlanma tezliyi n_2 adətən çox az dəyişir, ona görə asinxron mühərriklər layihələndirilən zaman rotorda güc itkilərini ΔP_{e12} azaltmaq məqsədilə çalışırlar ki, sürüşmə nominal rejimdə 0,02 ... 0,06 çox olmasın. Buna görə asinxron mühərrikin $n_2 = f(P_2)$ xarakteristikası sərt xarakterə malik olur.

Mühərrikin şəbəkədən tələb etdiyi güc P_1 və stator cərəyanının I_1 valdakı faydalı güc artdıqca artırlar. Həddindən artıq yükləmə zamanı elektrik itkilərinin çoxalması nəticəsində P_1 və I_1 artması daha da sürətlənir və əyriyə yuxarı istiqamətlənirlər.

$M_2 = f(P_2)$ asıllığı. $P_2 = M_2 \omega$ ifadəsilə təyin olunur. Yüklü, yüksüz işləmədən nominala qədər dəyişdikdə asinxron mühərrikin fırlanma tezliyi çox kiçik hidudlarda dəyişdiyinə görə $M_2 = f(P_2)$ asıllığı xətti qanundan çox az kənara çıxır.

$\eta = f(P_2)$ asıllığı. Bu asıllıq transformatorlarda olduğu kimi xarakter daşıyır. Maşının yükü dəyişən zaman ayrı-ayrı növ itkilərin dəyişməsi müxtəlif olur rotor və stator dolaqlarındakı əlavə itkilərin cərəyanın kvadratına mütənəsib dəyişir.

F.İ.Ə əmsalının əyrisinin dəyişmə xarakteri yük dəyişən zaman sabit və dəyişən itkilərin nisbətindən asılıdır. Aşağı yüklərdə dəyişən itkilər (elektrik və əlavə) kiçik olduğuna görə F.İ.Ə yük artanda əvvəlcə çox sərt artır, dəyişən və sabit itkilərin (maqnit və mexaniki) bərabərliyini təmin edən yükə isə F.İ.Ə – lı maksimum qiymətə çatır. Yükün sonrakı artması nəticəsində F.İ.Ə aşağı düşür.

$\cos\varphi_1 = f(P_2)$ asıllığı. Güc əmsalı aktiv gücün P tam gücə S olan nisbətə müəyyən edilir. Yüksüz işləmə rejimində $\cos\varphi \neq 0$, olmadığından cərəyan çox kiçik aktiv mürəkkəbəsi olur. Yüksüz işləmə rejimindən nominal yük rejiminə keçdikdə güc əmsalı $\cos\varphi = 0,03 \dots 0,18$ qiymətində və bundan daha böyük qiymətlər araraq arta bilər: aşağı və orta güclü mühərriklər (1...100kVt) üçün $\cos\varphi = 0,7 \dots 0,9$, böyük güclü mühərriklər (100kVt – dan yuxarı) üçün $\cos\varphi = 0,9 \dots 0,95$. Yükün sonrakı artımı $\cos\varphi$ – nin aşağı düşməsinə səbəb olur.

1.11. Asinxron maşınların dairəvi diaqramı

Asinxron maşının yükü dəyişdikdə statorun I_1 və rotorun I_2 cərəyanları qiymətcə və faza etibarlı ilə dəyişirlər. Əgər maşının sıxaclarındakı gərginlik $U_1 = \text{const}$ və tezlik $f_1 = \text{const}$ olarsa onda asinxron maşının iş rejimi və onun yükünün qiyməti sürüşmə ilə təyin olunur.

Sürüşmənin $-\infty$ -dən $+\infty$ -a qədər dəyişməsi zamanı $\omega_1 = \text{const}$, $f_1 = \text{const}$ və R_1 , R_2' , X_1 , X_2' , R_m , X_m kəmiyyətlərinin sabitliyi şəraitində I_1 cərəyanı vektor ucunun cızdığı nöqtələrin həndəsi yeri asinxron maşının dairəvi diaqramı adlanır.

Dairəvi diaqram vasitəsilə maşının yük altında sınağını aparmaqdan (yük altında sınaq aparmaq üçün xüsusi ölçü cihazları tələb olunur enerji və vaxt itkisi baş verir, gərginlik əksər hallarda tələb olunan səviyyədə olmur) sürüşmənin istənilən qiymətində maşının iş rejimini xarakterizə edən bir sıra elektro-maqnit kəmiyyətlər və energetik göstəricilər təyin olunaraq maşının işçi, tənzimləmə və işəsalma xarakteristikaları qurula bilər.

Dairəvi diaqram maşının bütün kəmiyyətlərinin sürüşmədən asılı olaraq dəyişməsi haqqında əyani təsəvvür yaradır.

Dairəvi diaqram maşının sadələşmiş "Γ" şəkilli əvəz sxeminə əsasən qurulur. Əvəz sxemindən (bax şəx. 1.13) kirxofun ikinci qanununa görə yaza bilərik:

$$\underline{U}_1 = -\underline{I}'_2 \left(R_1 + \frac{R'_2}{s} \right) - j\underline{I}'_2 (X_1 + X'_2). \quad (1.53)$$

(1.53) tənliyinin hər iki tərəfini $j\underline{I}'_2 (X_1 + X'_2)$ bölsək aşağıdakı ifadəni alırıq:

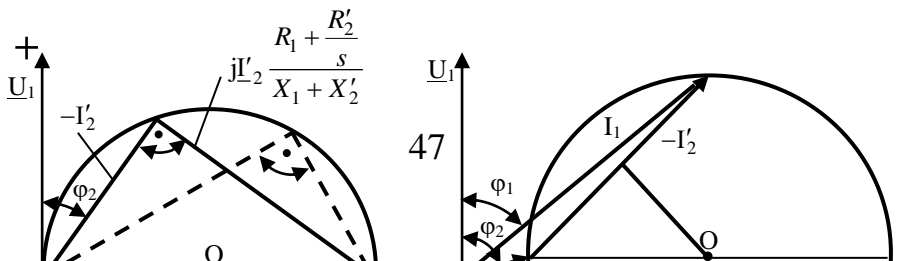
$$-j \frac{\underline{U}_1}{X_1 + X'_2} = -j\underline{I}'_2 \frac{R_1 + R'_2/s}{X_1 + X'_2} - \underline{I}'_2. \quad (1.54)$$

(1.54) tənliyinə əsasən qurulmuş vektor diaqramı şəx.1.19,a-da verilmişdir. (1.54) tənliyinin üç vektoru düzbucaqlı üçbucaq əmələ gətirir, həm də $U_1 = \text{const}$ olduğu zaman $-j \frac{\underline{U}_1}{X_1 + X'_2}$ vektoru qiymətinə görə dəyişməz qalır.

Asinxron maşının iş rejimi dəyişdikdə sürüşmədə s -də dəyişir, $-\underline{I}'_2$ və $j\underline{I}'_2 \frac{R_1 + R'_2/s}{X_1 + X'_2}$ vektorlarında qiymətlərinə görə dəyişirlər, lakin onlar arasında bucaq bütün hallarda 90° -yə bərabər olur. Bu halda sürüşmə $-\infty$ -dən $+\infty$ -a qədər dəyişdikdə, $-\underline{I}'_2$

cərəyan vektorunun ucu diametri $\frac{\underline{U}_1}{X_1 + X'_2}$ olan çevrə cızacaqdır:

$$D = \frac{U_1}{X_1 + X'_2} = \frac{U_1}{X_k} \quad (1.55)$$



Şək. 1.19. Asinxron mühərrikin dairəvi diaqramının əsaslandırılması diaqramları

Bilirik ki, stator dolağının I_1 cərəyanı $I_1 = I_0 - I'_2$ ifadəsilə təyin edilir. Deməli $-I'_2$ cərəyan vektorunun üzərinə qiymətini dəyişən I_0 vektorunu əlavə etsək, onda I_1 vektorunun qiyməti və istiqaməti təyin edilir I_1 vektorunun ucu eyni çevrə üzrə sürüşür.

Asinxron mühərrikin sadələşmiş dairəvi diaqramı şək. 1.19, b-də göstərilmişdir.

1.12. Dairəvi diaqramın yüksüz işləmə və qısaqapanma təcrübəsindən alınan qiymətlərə görə qurulması

Dairəvi diaqramı qurmaq üçün yüksüz işləmə və qısa qapanma təcrübəsindən alınan qiymətlərdən istifadə edirlər.

Yüksüz işləmə təcrübəsi nominal gərginlikdə $U_{10} = U_{1nom}$ və mühərrikin valında yük olmadığı haldakı iş rejimində aparılır. Bu rejimdə sürüşmə $s=0$ bərabər olur, mühərrikin şəbəkədən aldığı P_0 gücü praktiki olaraq maqnit və mexaniki itkilərə sərf olunur. Təcrübə zamanı U_{10} faz gərginliyi, I_{10} faza cərəyanı, mühərrikin tələb etdiyi güc P_0 ölçülür və bu qiymətlərdən istifadə edərək $\cos\varphi = P_0 / 3 U_{10} I_{10}$ güc əmsalı təyin edilir.

Dairəvi diaqramın qurulması dəqiqliyini artırmaq üçün mühərrikin şəbəkədən aldığı yüksüz işləmə güc itkisini maqnit P_{maq} və mexaniki itkilərə P_{mex} bölmək olar. Buna görə $P =$

Şək. 1.20. Asinxron maşının dairəvi dioqramı

- I_0 cərəyan vektoru qurulur. Bunun üçün U_{1nom} vektorundan φ_0 bucağı altında kordinat başlanğıcı mərkəzindən (0 nöqtəsi) keçməklə düz xətt çəkilir və onun üzərində $OH = I_0 / m_i$ parçası atılır. H nöqtəsindən keçməklə absis oxuna paralel Hh xətti çəkilir;
- I_{1q} cərəyan vektoru qurulur. Bunun üçün kordinat mərkəzindən U_{1nom} vektoruna φ_q bucağı altında düz xətt çəkilir və bu xəttin üzərində $OK = I_{1q} / m_i$ parçası atılır;
- H və K nöqtələrindən keçən cərəyanlar çevrəsinin mərkəzi tapılır, bunun üçün H və K nöqtələri düz xəttlə birləşdirilir və onun ortasından Hh xəttini kəsənə qədər perpendikulyar düz xətt endirilir. Xəttin kəsişmə nöqtəsi O_2 cərəyanlar çevrəsinin mərkəzi olur.

Cərəyanların təyini. 0 nöqtəsindən cərəyan miqyası ilə I_{1n} statorun nominal cərəyan vektoru pərgər vasitəsilə vektorun son üçü cərəyanlar çevrəsinin üzərində yerləşməklə (D nöqtəsi) atılır:

$$OD = I_{1n} / m_i.$$

D nöqtəsi H nöqtəsilə birləşdirilir və ODH cərəyanlar üçbucağı alınır. Buradan cərəyanlar tapılır:

$$I_0 = m_i OH, \quad I'_2 = m_i HD, \quad I_1 = m_i OD.$$

Bundan əlavə əgər D nöqtəsindən absis oxuna perpendikulyar (Da) endirsək düzbucaqlı üçbucaq alınır, buradan stator cərəyanının aktiv və reaktiv mürəkkəbələri təyin etmək olar:

$$I_{1a} = m_i Da, \quad I_{1r} = m_i Oa.$$

Mühərrikə verilən gücün təyini. Bilirik ki, $P_1 = m_1 U_{1nom} \cdot I_1 \cos \varphi_1$ $U_{1nom} = \text{const}$ olduğundan $I_1 \cos \varphi_1 = I_{1a}$, onda P_1 gücü cərəyanın aktiv mürəkkəbəsi mütənasib olur ($P_1 \sim I_{1a}$). Dairəvi diaqramda I_{1a} cərəyanın qiyməti Da parçası ilə təyin olunduğundan mühərrikin girişində güc aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$P_1 = m_p Da.$$

Mühərrikə verilən gücün qiyməti absis oxundan cərəyanlar çevrəsi üzərində verilmiş nöqtəyə qədər hesablanır. Ona görə absis oxu mühərrikə verilən güc xətti adlanır.

Mühərrikdə yaranan ümumi güc itkiləri ab parçası ilə xarakterizə olunur:

$$\Sigma P = m_p \cdot ab = m_p(ad + cd + bc),$$

burada $m_p \cdot ad$ – sabit güc itkiləri, bura daxildir dolaq, mexaniki və əlavə

güc itkiləri;

$m_p \cdot cd$ – stator dolağındakı itkilər;

$m_p \cdot bc$ – potora dolağındakı itkilər.

Sürüşmənin təyini. Sürüşmə s dairəvi diaqramda qurulmuş sürüşmə şkalasından təyin edilir. Sürüşmə şkalasını qurmaq üçün H_0 nöqtəsindən keçməklə HQ perpendikulyarı qaldırılır, sonra Q nöqtəsindən elektromaqnit güc xəttinə (HT) paralel QE xətti faydalı güc xəttini (HE) kəsənə qədər çəkilir. QE xəttini 100 bərabər hissəyə bölərək sürüşmə şkalası qurulur.

Cərəyanlar çevrəsində verilmiş D nöqtəsində sürüşmə HD xəttini sürüşmə şkalasını kəsənə qədər uzadmaqla təyin edilir. Kəsişmə nöqtəsində şkalanın üzərində göstərilən rəqəm faizlə sürüşmənin qiymətini göstərir (şək. 1.20).

İşəsalma cərəyanının və momentinin təyini. İşəsalma cərəyanına və mühərrikin işəsalma momentinə dairəvi diaqramda cərəyanlar çevrəsindəki K nöqtəsi uyğun gəlir. Bu halda rotor tər-

pənməz şəraitdə olur, çünki, sürüşmə $s = 1$ bərabərdir. İşəsalma cərəyanı və momenti aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$I_{is} = m_i \cdot OK ; M_{is} = m_M \cdot KK_2.$$

Əgər cərəyanlar çevrəsindəki D nöqtəsi mühərrikin nominal rejiminə uyğundursa, onda işəsalma cərəyanının və işəsalma momentinin dəfəliyi aşağıdakı nisbətlərdən təyin edilir:

$$\frac{I_{is}}{I_{nom}} = \frac{OK}{OD} ; \quad \frac{M_{is}}{M_{nom}} = \frac{KK_2}{DC} .$$

Mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti. Mühərrikin maksimum momentini təyin etmək üçün O_2 nöqtəsindən elektromaqnit güc xəttinə (HT) perpendikulyar və cərəyanlar çevrəsini kəsənə (q nöqtəsi) qədər düz xətt çəkilir, sonra q nöqtəsindən ordinat oxuna paralel elektromaqnit güc xəttini ℓ nöqtəsində kəsənə qədər düz xətt çəkilir. $q\ell$ parçası momentin miqyasında maksimum momentin qiymətini təyin edir.

$$M_{max} = m_M q \ell.$$

Faydalı gücün təyini. Mühərrikin faydalı gücü P_2 cərəyanlar çevrəsinin H və K nöqtələrini birləşdirən HK xəttindən cərəyanlar çevrəsi üzərində verilmiş nöqtəyə (D) qədər şaqulu xətt parçası ilə hesablanır. HK xətti faydalı güc xətti adlanır ($P_2=0$). Onda faydalı güc:

$$P_2 = m_p \cdot Db.$$

Elektromaqnit güc və momentin təyini. Cərəyanlar çevrəsinin H və T nöqtələrini birləşdirən HT xəttindən cərəyanlar çevrəsi üzərində verilmiş nöqtəyə (D) qədər xətt parçası ilə hesablanır. HT xətti elektromaqnit güc xətti adlanır ($P_{em}=0$). T nöqtəsində $s = \infty$ olduğundan onun kordinatlarını eksperimental yol-

la təyin etmək olmur. Ona görə HT xəttini H və K₂ nöqtələrindən keçməklə əldə edirlər. Bu halda K₂ nöqtəsinin kordinatını aşağıdakı nisbətdən tapırlar:

$$\frac{R_{\text{qq}}}{R_1} = \frac{KK_3}{K_2K_3} \quad \text{buradan} \quad K_2K_3 = \frac{R_1}{R_{\text{qq}}} KK_3.$$

Onda elektromaqnit güc:

$$P_{\text{em}} = m_p \cdot Dc.$$

Mühərrikin elektromaqnit momenti aşağıdakı ifadə ilə təyin olunur:

$$M = \frac{P_{\text{em}}}{\omega_1} = \frac{60}{2\pi n_1} \cdot P_{\text{em}} = \frac{9,55}{n_1} m_p \cdot Dc,$$

burada $\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}$ – statorun fırlanan maqnit selinin bucaq sürətidir.

HT – xətti həm də elektromaqnit moment xətti adlanır.

Güc əmsalının təyini. Güc əmsalı $\cos\varphi$ təyin etmək üçün dairəvi diaqramda ordinat oxu üzərində (şək. 1.20) ixtiyarı diametrdə yarım çevrə çəkilir. Onda cərəyanlar çevrəsində verilmiş D nöqtəsi üçün alırıq:

$$\cos\varphi_1 = \frac{oh'}{of}.$$

Hesabatı asanlaşdırmaq üçün yarım çevrənin diametrini 100 mm qəbul etmək məqsədə uyğundur. Bu halda

$$\cos\varphi_1 = \frac{oh'}{100}.$$

Mühərrikin F.İ.Ə – nın təyini.

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

Dairəvi diaqramdan $P_2 = m_p D_b$, $P_1 = m_p D_a$, onda alırıq:

$$\eta = \frac{D_b}{D_a}.$$

Əgər cərəyanlar çevrəsindəki D nöqtəsi mühərrikin nominal iş rejiminə uyğundursa onda mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti aşağıdakı nisbətlə təyin olunur:

$$\frac{M_{\max}}{M_{\text{nom}}} = \frac{q\ell}{Dc}.$$

Dairəvi diaqramdan istifadə edərək mühərrikin işçi və mexaniki xarakteristikası asanlıqla qurmaq olar.

Şək. 1.20 – də göstərilən dairəvi diaqram öz əyaniliyi və sadəliyi ilə digər üsulla qurulmuş diaqramlardan fərqlənir. Ona görə bu diaqram asinxron mühərrikin kəmiyyət və energetik göstəricilərinin təyində praktikada daha çox tətbiq olunur.

Aparılan araşdırmalar göstərir ki, alınan dairəvi diaqramda daha dəqiq nəticələr statorun cərəyanın qiyməti onun nominal qiymətindən çox olmadıqda ($I_1 \leq I_{1\text{nom}}$), sürüşmənin qiyməti isə onun kritik qiymətinə bərabər və kiçik olan hallarda ($s \leq s_k$) almaq olar.

1.13. Asinxron mühərrikin işə salınması

Asinxron mühərrikin işə salma xassələrini xarakterizə edən əsas göstəricilər başlanğıc işə salma M_{is} momenti və işə salma I_{is} cərəyanıdır.

İşə salma M_{is} momentinin və işə salma I_{is} cərəyanının qiymətləri $U=U_{nom}$ və sürüşmə $s = 1$ olduğu zaman təyin edilir. Çox vaxt bu kəmiyyətlər işəsalma momentinin və cərəyanının dəfəliyi ilə göstərilir: $M_{is}/M_{nom} = K_{ism}$ və $I_{is}/I_{nom} = k_{isl}$.

İşə salma zamanı mühərrikin rotorunun fırlanması üçün mühərrikin işə salma M_{is} momenti onun valındakı müqavimət M_s momentindən böyük olmalıdır. Bu fərq $M_{is} - M_s$ nə qədər böyük olsa mühərrik daha tez işə düşür.

Adətən $M_{is} > M_{nom}$, $K_{ism} > 1$. M_{is} momentinin artması ilə mühərrikin işə salma xassələri yaxşılaşır.

Sürüşmə $s = 1$ qiymətində asinxron mühərrikin rotor dağında böyük EHQ yaranır, buna görə də işə salma I_{is} cərəyanının qiyməti onun nominal qiymətindən bir neçə dəfə çox olur. Bu da öz növbəsində mühərriki işə salan zaman qidalandırıcı şəbəkə gərginliyinin dəyişməsinə səbəb olur. Şəbəkənin gərginliyinin dəyişməsi əvvəlcədən işə qoşulmuş tələbedicilərin işinə mənfi təsir göstərir (küzərmə lampalarının küzərməsi azalır, mühərriklərin maksimum momentlərinin aşağı düşməsi və s.). Buna görə də işəsalma cərəyanının I_{is} nə qədər kiçik olarsa mühərrikin işəsalma xassələri bir o qədər də yaxşı olar.

Sürüşmənin $s = 1$ qiymətində işəsalma momentinin M_{is} və işəsalma cərəyanının I_{is} ifadələri aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M_{is} = \frac{mU_1^2 R_2'}{\omega_1 [(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2]}, \quad (1.56)$$

$$I_{is} \approx I'_{2is} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2}}, \quad (1.57)$$

(1.56) və (1.57) ifadələrindən görünür ki, asinxron mühərriklərinin işə salma xassələrini yaxşılaşdırılması üçün, yəni onların işəsalma momentlərinin və işəsalma cərəyanının azaldılmasına ancaq rotor dövrəsinin aktiv müqavimətinin R_2' artırmaqla nail olmaq mümkündür. Lakin qeyd etmək lazımdır ki, rotor dövrəsinin aktiv müqavimətinin artırılması ancaq işəsal-

ma periodunda sərfəlidir, ona görə ki, iş zamanı R_2' artırılması rotor dolağında itkilərin artmasına səbəb olur və nəticədə mühərrikin F.İ.Ə aşağı düşür.

İşə salma zamanı aktiv müqavimətin artırılması faza rotorlu və xüsusi yuvalı rotorlu asinxron mühərriklərdə istifadə edilir.

Üçfazlı asinxron mühərriklərdə tətbiq edilən işə salma üsullarını nəzərdən keçirək.

Birbaşa işə salma. Bu üsulla kiçik və orta güclü asinxron mühərrikləri işə salınır. Şəbəkənin gücü kifayət qədər olduqda böyük güclü qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikləridə birbaşa şəbəkəyə qoşmaqla işə salına bilər.

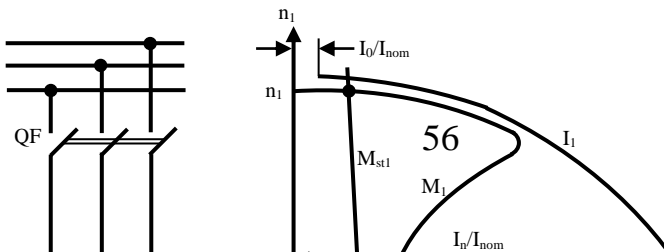
Müasir qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklər elə layihə olunur ki, stator dolağı birbaşa işə salma cərəyanının təsirinə yaranan elektrodinamiki qüvvələrə və qızmaya dözsün.

Asinxron mühərriklərdə L/R nisbəti nisbətən kiçik olduğundan (xüsusən kiçik güclü mühərriklərdə) işə salma momentində keçid prosesi cərəyanın sərbəst mürəkkəbəsinin tez sönməsi ilə xarakterizə olunur. Bu da imkan verir ki, cərəyanın sərbəst mürəkkəbəsini keçid prosesində nəzərə almayaraq, yəni bu halda ancaq cərəyanın qərarlaşmış mürəkkəbəsinin qiyməti keçid prosesində nəzərə alınır.

Mühərriklər adətən maqnit işəsalıcısının K elektromaqnit açarı vasitəsilə işə salınır (şək.1.21,a), avtomatik olaraq təbii mexaniki xarakteristika üzrə başlanğıc momentə uyğun gələn Π nöqtəsindən P nöqtəsinə qədər (elektrik mühərrikinin mexaniki xarakteristikası ilə (1) işçi mexanizmin xarakteristikasının (2) kəsişmə nöqtəsinə $M = M_s$ kimi) mühərrikin rotoru sürətini artırır (şək.1.20).

Onda işə salma təcili

$$\frac{d\omega_2}{dt} = \frac{M - M_s}{J}, \quad (1.58)$$



Şək. 1.21. Asinxron mühərrikin birbaşa işə salma sxemi (a) və cərəyan və momentlərin dəyişmə qrafiki (b)

Yəni təcil M və M_s əyrilərinin absis oxu üzrə fərqlərinin və fırlanan hissələrin mühərrikin rotorunun fırlanma sürətinə gətirilmiş nəticəvi ətalət momenti J ilə təyin edilir. Əgər işə salmanın başlanğıcında $M < M_s$ onda mühərrik sürətini artırma bilmir (rotor tərpənməz vəziyyətdə qalır).

Bu üsulun əsas çatışmayan cəhəti işəsalma momentinin nisbətən kiçik və işəsalma cərəyanının nominaldan 5...7 dəfə böyük olmasıdır. Cərəyanın böyük olması nisbətən kiçik güclü şəbəkələrdə gərginliyin xeyli dərəcədə aşağı düşməsinə səbəb ola bilər, buda digər tələbəcilərin işinə mənfi təsir göstərir.

Yuxarıda göstərilən çatışmayan cəhətlərin olmasına baxmayaraq stator dolağını birbaşa şəbəkəyə qoşmaqla qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərinin işə salınmasında geniş tətbiq olunur. Buna səbəb işəsalma sxeminin sadə və işə salıcı vasitələrin ucuz və yüksək energetik göstəricilərə (η , $\cos\phi$, k_M) malik olmasıdır.

Asinxron mühərriklərin azaldılmış gərginlikdə işə salınması.

Bu usuldan ən çox böyük və orta güclü asinxron mühərriklərin işə salınmasında istifadə edilir. Qeyd etmək lazımdır ki, şəbəkənin gücü kiçik, mühərrikin gücü çox böyük olduqda, işə salma zamanı şəbəkədə nəzərə çarpan dərəcədə gərginlik düşküsü yarana bilər. Bunun nəticəsində həm mühərrikin işə salma mo-

menti aşağı düşür, həm də işlədicilərin normal iş rejimi pozulur. Məhz buna görə o yerdəki bu və ya digər səbəbdən birbaşa işə salma mümkün deyildir, qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklər gərginliyi azaltmaqla işə salınır. Yəni qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklər işə salma şəraitini yüngülləşdirmək və işə salma cərəyanını azaltmaq üçün onun sıxaclarına tətbiq olunan gərginliyi azaltmaq lazımdır.

Stator dolağına verilən gərginliyi azaltmaq üçün reaktordan, avtotransformatorndan və yaxud stator dolağının birləşmə sxeminin üçbucaqdan ulduza keçmək üsulundan istifadə olunur.

Asinxron mühərrikinin U_1 gərginliyini azaltmaqla reaktor və avtotransformatorun köməyi ilə işə salmaq olar.

Reaktorun (reaktiv müqavimət) köməyi ilə asinxron mühərrikinin işə salma sxemi şəkl. 1.22.b-də göstərilmişdir. Əvvəlcə maqnit işə salıcısının, KM1 kontaktını qapayırıq. Cərəyan reaktordan (LR) keçərkən orada $\Delta U_R = I_{is} X_R$ gərginlik düşgüsü yaranır. Nəticədə mühərrikin stator dolağına alçaldılmış gərginlik verilir. Mühərrik sürətləndikdən sonra maqnit işə salıcısının KM2 kontaktı vurulur və LR reaktoru suntlanır, mühərrik şəbəkənin tam gərginliyinə qoşulur. Gərgiliyin azalması

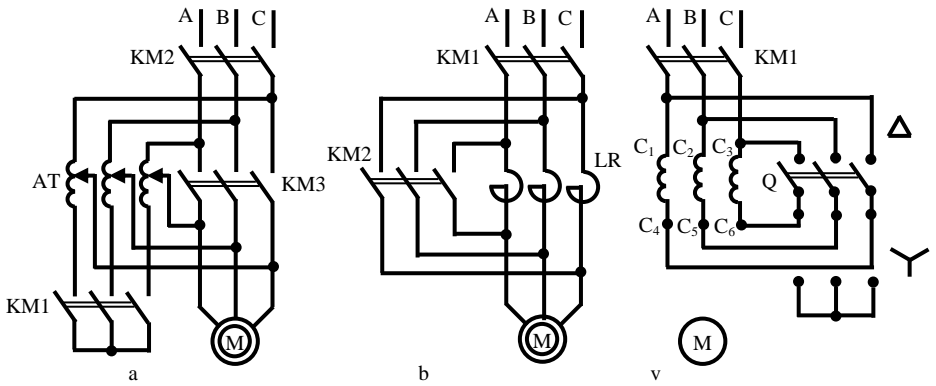
$$\frac{U_{\text{şəb}}}{U_1} = \frac{U}{U_{\text{şəb}} - \Delta U_R} = k_R \quad \text{dəfə olacaqdır. Deməli işə salma}$$

cərəyanında $k_R = \frac{I_{is}}{I_{isR}} = \frac{U_{\text{şəb}}}{U_1}$ dəfə azalacaqdır. İşə salma momenti isə k_R^2 dəfə azalacaqdır.

$$M_{isR} = \frac{M_{is}}{k_R^2}.$$

Bu reaktorla işə salmanın mənfi cəhətidir. Əgər reaktorla işə salma cərəyanı 2 dəfə məhdudlaşırırsa, işə salma momenti 4 dəfə aşağı düşəcəkdir. Deməli bu halda mühərriki ancaq yüksüz

işə salmaq mümkündür. Reaktorla işə salma zamanı bu faktoru nəzərə almaq lazımdır.



Şək. 1.22. Azaldılmış gərginlikdə asinxron mühərrikin işə salınma sxemləri:

a) avtotransformatorla; b) reaktorla; v) stator dolağını ulduzdan üçbucağa keçməklə

Şək. 1.22,a-da asinxron mühərrikin avtotransformatorla işə salınması sxemi verilmişdir. Mühərrikin işə salma ardıcılığı aşağıdakı kimidir. Əvvəlcə maqnit işə salıcısının KM1 kontaktı sonra isə KM2 kontaktı qapanır. Mühərrikin sıxaclarına alçaldılmış gərginlik verilir.

$$U_1 = \frac{U_{səb}}{k_{ATR}} .$$

Şəbəkədən axan cərəyan isə (avtotransformatorun birinci tərəf cərəyanı),

$$I_{is.səb} = \frac{I_{isATR}}{k_{ATR}} = \frac{I_{is}}{k_{ATR}^2} = k_{ATR}^2 \text{ qədər azalacaqdır.}$$

İşə salma momenti gərginliyin kvadratına mütənasib olduğundan k_{ATR}^2 dəfə azalır:

$$M_{isATR} = \frac{M_{is}}{k_{ATR}^2}.$$

Yaranmış momenti təsiri nəticəsində mühərrikin rotoru fırlanmağa başlayır. Sonra maqnit işə salıcısının KM1 kontaktı açılır, avtotransformator reaktor rejiminə keçir. Bunda məqsəd işə salma prosesinin mümkün qədər səlis, təkansız başa çatdırmaqdır.

Rotor normal fırlanma tezliyinə çatdıqda maqnit işəsalıcısının KM3 kontaktı qapanır, avtotransformator dövrədən xaric edilir və mühərrik tam şəbəkə gərginliyində işləyir.

Avtotransformatorla işə salma zamanı işə salma momenti və cərəyanı eyni nisbətdə azalır, buda bu üsulun yaxşı cəhətidir. Çünki reaktorla işə salmaya nisbətən burada eyni işə salma cərəyanında işə salma momenti böyükdür.

Bu səbəbdən avtotransformatorla işə salma daha ağır şəraitlərdə tətbiq olunur. Çatışmayan cəhəti isə işə salma sxeminin mürəkkəbliyi və baha başa gəlməsidir.

Ulduzdan üçbucağa keçməklə işə salma. Bu üsul hər növ asinxron mühərriklərinə deyil, ancaq normal iş zamanı stator dolaqları üçbucaq birləşdirilmiş mühərriklərə tətbiq olunur. Şək. 1.22,v-də ulduz-üçbucaq Q açarının dövrəyə qoşulma sxemi göstərilmişdir. Mühərriki işə salmadan əvvəl (maqnit işə salıcısının KM1 kontaktı açıq vəziyyətdə olur) ulduz-üçbucaq açarını “Ulduz” vəziyyətinə çəkib, KM1-i qapamaq lazımdır. Bu halda mühərrikin hər faza dolağına azaldılmış gərginlik, yəni sistemdə olan gərginliyin $U_1/\sqrt{3}$ hissəsi tətbiq olunduğundan,

əmələ gələn cərəyan da $I = \frac{U_1}{\sqrt{3}Z_k}$ kiçik qiymət alacaq,

yəni üçbucaq birləşmə halındakı işə salma cərəyanından 3 dəfə kiçik alınacaqdır. İşə salma cərəyanının zərbəsi söndükdən və mühərrik normal sürətini aldıqdan sonra işə salıcı açar sürətlə

“Üçbucaq” vəziyyətinə keçirilir və beləliklə, işə salma prosesi bitmiş olur. Stator dolaqları üçbucaq birləşdirildikdə, sıxaqlara tətbiq olunan gərginlik sisteminin tam gərginliyinə bərabər olur.

Beləliklə “Ulduz-üçbucaq” açarı işə salma cərəyanını üç dəfə kiçilmiş olduğundan, işə salma momentinin də qiyməti kiçilir.

Üsulun çatışmayan cəhəti ondan ibarətdir ki, ulduzdan üçbucağa keçdikdə mühərrikin cərəyan dövrəsi qısa müddət ərzində qırılır və kommutasiya ifrat gərginliyi yarana bilər.

Ona görə bu açarı işçi kontaktları, adətən qapalı qablarda yağ içərisində saxlanılır. Hazırda bu üsul nisbətən az tətbiq olunur.

Reostatla işə salma. Bu üsul faza rotorlu asinxron mühərriklərinin işə salınmasında tətbiq olunur (şək. 1.22,a).

Faza rotorlu asinxron mühərrikin rotor dövrəsi üçfazlı dolaqlardan təşkil olunur və bu dolaqlara ardıcıl olaraq xüsusi üçfazlı reostat qoşulur. Üçfazlı işə salıcı reostat rotor dövrəsinə kontakt halqalar və fırçalar vasitəsilə daxil edilir.

Bu halda eyni vaxtda işə salma cərəyanının azaldılması və işə salma momentinin artırılması təmin olunur:

$$I_{is} \approx \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2 + R_{is})^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (1.59)$$

$$M_{i\dot{s}} = \frac{mU_1^2(R'_2 + R_{is})}{\omega_1[(R_1 + R'_2 + R_{is})^2 + (X_1 + X'_2)^2]} \quad (1.60)$$

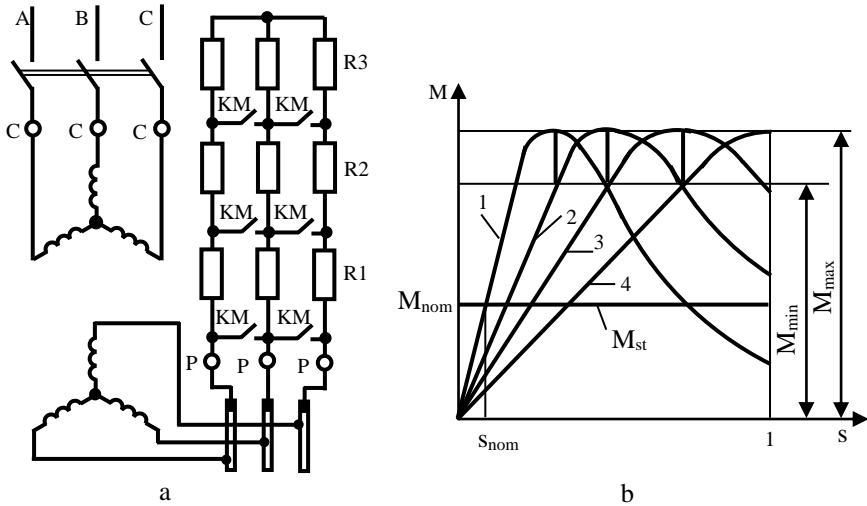
burada R_{is} – rotor dövrəsinə qoşulan əlavə aktiv müqavimətdir.

Rotor dövrəsinə aktiv müqavimətin daxil edilməsi ilə başlanğıc işə salma momentinin artması fiziki nöqtəyi nəzərdən aşağıdakı kimi izah olunur: bu halda baxmayaraq ki, I_2 rotor cərəyanı və onun aktiv mürəkkəbəsi $I_2 \cos \psi_2$ (φ_2) azalır, lakin

buna mütənasib olaraq fırlandırıcı moment işə E_2 EHQ və I_2 cərəyanı arasındakı ψ_2 (φ_2) bucağının kiçilməsi nəticəsində artır.

İşə salıcı reostat adətən üç...altı pilləyə malik olur (bax şək. 1.22), buda imkan verir ki, işə salma zamanı işə salıcı reostatın müqavimətini tədricən azaltmaqla işə salma momentini mühərrikin sürətlənməsi zamanı yüksək qiymətdə saxlamaq mümkün olur. İşə salma reostatının pillələri elə qoşulmalıdır ki, işə salma zamanı rotor cərəyanı təxminən dəyişməsin və işə salma momentinin orta qiyməti ən böyük qiymətə yaxın olsun.

Dörd pilləli işə salma reostatı qoşularkən işə salma momentinin dəyişmə qrafiki şək. 1.23,b-də göstərilmişdir. Mühərrik işə salınan ilk anda (birinci pillə) işə salma reostatı ($R_{is1}=R_1+R_2+R_3$) tamamilə dövrəyə qoşulur və M_{is} işə salma momenti $M_{is,max}$ olur. Mühərrik sürətləndikcə onun momenti 4 əyrisi üzrə dəyişəcəkdir.



Şək. 1.23. Reostatla faza rotorlu asinxron mühərrikin işə salınması (a) və onun işə salma diaqramı (b)

İşə salma momentinin qiyməti $M_{is.min}$ olarkən, KM3 kontaktı qapanır reostatın ikinci pilləsi dövrəyə qoşulur, yəni reostatın müqaviməti $R_{is2}=R_1 + R_2$ olur.

Bu halda $M = f(s)$ asıllığı 3 əyrisi üzrə dəyişəcək və işə salma momenti $M_{is.max}$ qiymətinə qədər artacaqdır. Sonra analoji olaraq işə salm reostatının üçüncü, dördüncü pillələri qoşulur və işə salma prosesi qurtarır.

Bundan sonra mühərrikin momentinin sürüşmədən asılı olaraq dəyişməsi onun təbii mexaniki xarakteristikası 1 üzrə davam edəcəkdir. Mühərrikin sürətlənməsi təbii mexaniki xarakteristika ilə işçi maşının mexaniki xarakteristikasının kəsişmə nöqtəsinə qədər davam edir.

Ağır işə salma şəraiti zamanı (maksimum işə salma momenti tələb olunanda) faza rotorlu asinxron mühərriklərin işə salınmasında ancaq reostatla işə salma tətbiq edilir.

Bu üsulun çatışmayan cəhəti işə salmanın nisbətən mürəkkəb olması və baha qiymətli faza rotorlu asinxron mühərriklərindən istifadə olunmasıdır. Bundan əlavə bu mühərriklərin işçi xarakteristikaları qısa qapanmış mühərriklərlə müqayisədə çox aşağıdır.

1.14. İşə salınma momenti artırılmış qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklər

Rotorun aktiv müqavimətinin artırmadan qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərin işə salma momentinin artırılmasına edilən cəhdlər xüsusi konstruksiyalı işə salma momenti artırılmış mühərriklərin yaranmasına səbəb olmuşdur.

Bunlara aiddir: iki dələ qəfəsli və rotorunda dərin yuvaları olan mühərriklər (dərin yuvalı mühərriklər).

İki dələ qəfəsli mühərriklər. Bu mühərriklərin rotorunda bir-biri ilə elektrik əlaqəsi olmayan iki müstəqil qısa qapanmış dolaq yerləşdirilir (şək. 1.24,a). Dolaqlardan biri işə salma, o biri işə salma adlanır.

İşə salma dolağın aktiv müqaviməti nisbətən böyük olduğundan cərəyanın EHQ ilə təşkil etdiyi faza bucağı çox kiçik olur. Bu səbəbdən həmin dolağın işçi dolağa görə yaratdığı firlandırıcı momentdə böyük qiymətə malik olur. İşə salınmış mühərrikin sürəti artdıqca, yəni rotor öz normal sürətinə yaxınlaşdıqca işçi dolağın induktiv müqaviməti azalır. Buna görə rotor cərəyanı tədricən işə salıcı – yuxarı qəfəsdən aşağı işçi dolağa keçməyə başlayır, mühərrik normal sürətlə işlədikdə, onların aktiv müqavimətlərindən asılı olaraq paylanır və əsasən işçi dolaqdan keçir:

$$I_{2is} / I_{2işçi} \approx R_{2is} / R_{2işçi} \quad (1.61)$$

Bu halda mühərrikin firlandırıcı momentini əsas ehtibarı ilə işçi dolaq yaradır.

Mühərrikin normal işi zamanı ümumi firlandırıcı moment onun ayrı-ayrı dolaqlarının yaratdıqları momentlərin cəminə bərabərdir. Şək. 1.23,b-də ayrı-ayrı dolaqların moment ayrılırları mühərrikin sürüşməsindən asılı olaraq verilmişdir. Şəkildə M1 ayrısı ilə işə salıcı – xarici dolağın M2 ayrısı ilə işçi – daxili dolağın yaratdıqları momentlər göstərilmişdir. ΣM ayrısı isə hər iki ayrının cəmidir, mühərrikin ümumi firlandırıcı momentini göstərir.

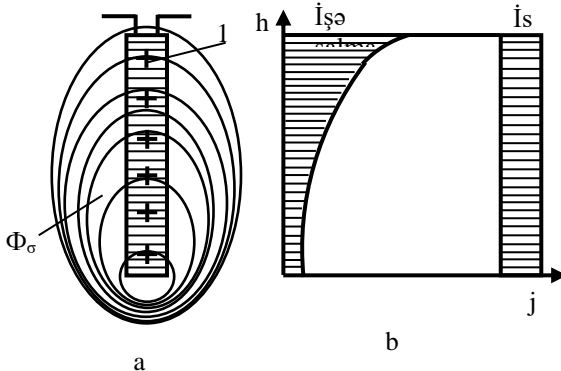
İki dələ qəfəsli mühərriklərin işə salma momenti, normal təyinatlı qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərilə müqayisədə böyük, işə salma cərəyanı isə kiçik olur. Onların işə salma momentinin dəfəliyi $M_{is} / M_{nom} = 1,3 \dots 1,7$, işə salma cərəyanının dəfəliyi isə $I_{is} / I_{nom} = 4,5 \dots 6$ bərabər olur.

Rotorun nisbətən mürəkkəb qurluşa malik olması iki dələ qəfəsli mühərrikin qiymətini artırır və onun tətbiq sahəsini məhdudlaşdırır.

Dərin yuvalı mühərriklər. Bu mühərriklərin əsas xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, ikiqat rotor dolağı bir dolaqla əvəz edilir.

Şək. 1.25,a-da göstərildiyi kimi bu dolaq nazik və uzun çubuqlardan ibarət olur. Həmin çubuqlar rotorun yan səthində açılmış ensiz və dərin yuvalarda (30...60mm) yerləşdirilir. Yuvaların hündürlüyünün eninə olan nisbəti $h_y/b_y = 6...10$ götürülür. Aydın ki, belə mühərrikin rotorunun konstruksiyası iki dələ qəfəsli mühərrikin konstruksiyasından sadə alınır. Mühərrik işə salınan zaman rotor dolağından keçən cərəyan ətrafında maqnit sahəsi yaranır. Həmin sahəni təşkil edən qüvvə xətləri rotor çubuqlarının aşağı hissəsini daha çox əhatə etdiklərindən bu hissələrin induktivliyi yuxarı hissələrin induktivliyindən daha böyük olur. Buna görə çubuqların aşağı hissələrinin müqaviməti də böyük olduğundan, işə salma cərəyanı çubuqların üst hissələrindən keçməyə başlayır.

Rotor cərəyanlarının çubuğun en kəsiyi üzrə paylanması şək. 1.25,b-də göstərilmişdir. Bu halda işə salma cərəyanının böyük aktiv müqavimətdən keçməsi baş verir. Buna görə rotor cərəyanı həm qiymətcə azalır, həm də onun yaratdığı fırlandırıcı moment artır. Mühərrikin sürəti getgədə yüksəldikcə onun rotorundakı cərəyanın tezliyi aşağı düşür və rotorun induktiv müqaviməti azalır. Bu səbəbdən rotor çubuqlarındakı cərəyan tədricən çubuqların en kəsikləri üzrə müntəzəm paylanmağa başlayır. Mühərrik normal sürətini aldıqda, rotor çubuqlarında cərəyan tamamilə bərabər sürətdə paylanır və mühərrik adi qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrik kimi işləməkdə davam edir.



Şək. 1.25. Rotorun çubuğunun hündürlüyü boyunca cərəyan sıxlığının paylanması

Belə dərin yuvalı asinxron mühərriklərində konstruksiyalarından asılı olaraq səpələnmə maqnit seli nisbətən çox olur. Buna görə də dərin yuvalı mühərriklərin həm güc əmsalı, həm də fırlandırıcı momentləri normal konstruksiyalı qısa qapanmış mühərriklərdən kiçik olur. Dərin yuvalı asinxron mühərriklərin işə salma cərəyanı nominal cərəyandan 4...5 dəfə artıq, işə salma momenti isə nominal momentdən (1,3...2) dəfə böyük olur.

1.15. Asinxron mühərrikin işinin dayanıqlığı

Mühərrikin sıxaclarına verilən gərginliyin və onun parametrlərinin, valdakı statik müqavimət momentinin və s. faktorların dəyişməsi nəticəsində mühərrikin fırlanma tezliyi və iş rejimi dəyişir.

Bu faktorlar sıçırayışla dəyişdikdə mühərrikin bir qərarlaşmış rejimdən başqa qərarlaşmış rejimə keçməsi qabiliyyətinə və yaxud faktorların impuls təsiri nəticəsində mühərrikin əvvəlki halını bərpa etmək qabiliyyətinə onun işinin dayanıqlığı deyilir. Əgər göstərilən şərtlər daxilində qərarlaşmış rejim yaranması və yaxud rotor dayanarsa bu, mühərrikin dayanıqsız işi adlanır.

Ümumi halda asinxron mühərrikin valına fırlandırıcı elektromaqnit momenti M işçi maşının statik müqavimət momenti (buraya mühərrikin valındakı sürtünmə və ventilyasiya tormozlayıcı momentlərini də daxil etmək olar) M_s və dinamik moment M_d təsir edir.

Dinamik moment M_d fırlanan hissələrin ətalət momentindən və rotorun təcildən asılıdır:

Şək. 1.26. İstehsalat mexanizmlərinin mexaniki xarakteristikası (a) və asinxron mühərrikin statik dayanıqlığının təyini qrafiki (b)

Doğurdan da, əgər A nöqtəsində işləyən mühərrikin hər hansı bir səbəbdən fırlanma tezliyi azalarsa, (sürüşmə artır), onda fırlandırıcı moment statik müqavimət momentindən böyük olur:

$$J \frac{d\omega_2}{dt} = M - M_s > 0 . \quad (1.68)$$

Onda rotorun fırlanma tezliyi artacaq, əvvəlki qiymətinə çatmağa çalışacaqdır.

Əksinə hər hansı bir səbəbdən fırlanma tezliyi artarsa (sürüşmə azalır), onda

$$J \frac{d\omega_2}{dt} = M - M_s < 0 . \quad (1.69)$$

Artıq statik müqavimət momentinin təsiri nəticəsində rotorun sürəti aşağı düşəcək, əvvəlki qiymətinə yaxınlaşacaqdır. Deməli A nöqtəsi və onun ətrafında $s = 0 \dots s_k$ – ya qədər mühərrik üçün dayanıqlı rejim alınır.

İndi isə B nöqtəsinə uyğun iş rejiminə baxaq. Rotorun fırlanma tezliyi azalarsa, fırlandırıcı elektromaqnit moment statik müqavimət momentindən kiçik olacaqdır.

$$J \frac{d\omega_2}{dt} = M - M_s < 0 .$$

Bu halda rotorun sürəti daha da azalacaq və sonda rotor dayanacaqdır. Əgər müəyyən hər hansı bir səbəbdən rotorun fırlanma sürəti artarsa , onda

$$J \frac{d\omega_2}{dt} = M - M_s > 0 .$$

və bunun nəticəsində rotorun sürəti daha da artacaqdır. Deməli B nöqtəsi və onun ətrafında qərarlaşmış dayanıqlı iş rejimi mümkün deyildir.

Ümumiyyətlə asinxron mühərrikin işinin dayanıqlıq kriteriyası aşağıdakı qeyri bərabərliklə ifadə olunur:

$$\frac{dM}{ds} > \frac{dM_s}{ds} \quad \text{və ya} \quad \frac{dM}{d\omega_2} < \frac{dM_s}{d\omega_2} \quad (1.70)$$

Əgər bu şərt ödənilərsə, mühərrik dayanıqlı qərarlaşmış rejimdə işləyəcəkdir. Statik müqavimət momentinin xarakteristikası $M_s = f(s)$ formasından asılı olaraq dayanıqlı müvazinət nöqtəsi sürüşmənin bütün dəyişmə diapozonunda ola bilər. Lakin praktikada xarakteristikanın dayanıqlı hissəsi əksər hallarda $s = 0 \dots s_k$ arasında olur. Çünki ancaq bu halda mühərrikin rotorunda güc itkiləri kifayət qədər kiçik olur, normal və yaxud ona yaxın rejim alınır.

Dayanıqlıq ehtiyatını təmin etmək üçün mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti

$$k_y = \frac{M_{\max}}{M_{\text{nom}}} = 1,7 \dots 3,5$$

arasında qəbul edilir. Burada k_y -nin böyük qiyməti böyük yük altında işləyən mühərriklərə aiddir.

Asinxron mühərriklərin dayanıqlı işinin təmin edilməsində elektrik təchizatının keyfiyyəti çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Çünki asinxron mühərrikin fırlandırıcı momenti qidalandırıcı gərginliyin kvadratından asılıdır. Ona görə də gərginliyin azacıq belə aşağı düşməsi mühərrikin maksimum momentinə təsir edir, çox aşağı düşməsi mühərrikin dayanmaasına səbəb ola bilər. DÜST-ə görə asinxron mühərriklərini qidalandıran elektrik şəbəkələrində gərginliyin uzun müddət nominaldan qalxıb-enməsi -5 və $+10\%$ - dan çox fərqlənməməlidir.

1.16. Asinxron mühərrikin sürətinin tənzimi

Asinxron mühərrikin rotorunun fırlanma sürətini

$$n_2 = n_1(1 - s) = \frac{60f}{p}(1 - s), \quad (1.71)$$

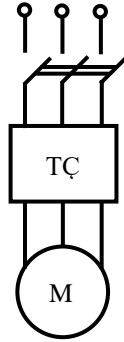
ifadəsindən görüldüyü kimi üç üsulla tənzim etmək olar:

- 1) stator dolağına verilən gərginliyin tezliyini f_1 dəyişməklə;
- 2) stator dolağının cüt qütbülər sayını p dəyişməklə;
- 3) rotorun sürüşməsinə dəyişməklə.

Tezliyi dəyişməklə fırlanma sürətinin tənzimi. Bunun üçün tezliyi tənzim oluna bilən mənbə tələb olunur (şək. 1.27). Hazırda iki növ tezlik çeviricisi məlumdur: elektromexaniki və statik tezlik çeviriciləri. Elektromexaniki tezlik çeviricisi sabit cərəyan mühərriki və sinxron generatordan təşkil olmuş aqreqatdır.

Sabit cərəyan mühərrikinin qidalanma sistemi nəzərə alınarsa, onda böyük, baha başa gələn mürəkkəb bir sistem alınır və tək asinxron mühərrik üçün tətbiq edilməsi sərfəli olmur. Ona görə də üsuldan bir qrup mühərriklərin fırlanma sürətinin eyni zamanda səliss tənzim edilməsi üçün istifadə olunur. Yarımkəçi-

ricilər texnikasının ikişafı ilə əlaqədar olaraq müasir dövrdə yarımkeçirici statik çeviricilərin (tristorlu) bu məqsədlə tətbiqi daha perspektivli sayılır.



Şək. 1.27. Stator dolağına verilən gərginliyin tezliyini f_1 dəyişməklə mühərrikin rotorunun fərlanma sürətinin tənzimi

Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikasının tələbindən asılı olaraq tezliyi dəyişməklə tənzimləmə zamanı tezliyin dəyişməsi ilə eyni vaxtda statorun dolağına verilən gərginliudə U_1 müəyyən qanunla dəyişmək lazım gəlir.

Maksimal moment təxminən (R_1 nəzərə almasaq) aşağıdakı düsturla təyin edilir:

$$M_{\max} \approx \frac{m_1 U_1^2 p}{4\pi f_1 (X_1 + X_2')} . \quad (1.72)$$

Nəzərə alsaq ki, $X_1 = 2\pi f_1 L_1$, $X_2' = 2\pi f_1 L_2'$ onda alırıq:

$$M_{\max} = k_1 \frac{U_1^2}{f_1^2} , \quad (1.73)$$

burada L_1 və L_2' - stator və rotor dolaqlarının səpələnmə induktivliyi;
 k_1 – sabit əmsaldır.

(1.73) ifadəsindən görünürki, tezlik f_1 dəyişən zaman eyni vaxtda fırlanma sürəti ilə bir yerdə maksimal moment, yəni mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti (M_{\max}/M_{nom}) də dəyişir. Mühərrikin dayanıqlı işləməsi üçün lazımı yüklənmə qabiliyyətinə malik olmalıdır $M_{\max}/M_{\text{nom}} \geq 1,7...2$. Buna görə fırlanma sürətinin tənzimi zamanı aşağıdakı şərt ödənməlidir:

$$M_{\max 1}/M_{y1} = M_{\max 2}/M_{y2} = \text{const}, \quad (1.74)$$

burada “1” və “2” – indeksləri müxtəlif fırlanma sürətinə aiddir;
 M_{y1} və M_{y2} – qeyd olunan fırlanma sürətlərində yüklənmə momentləridir.

(1.73) ifadəsinə görə

$$M_{\max 1}/M_{\max 2} = (U_{11}/U_{12})^2 (f_{12}/f_{11})^2. \quad (1.75)$$

Onda tezliyin əsas tənzimləmə qanunu alırıq:

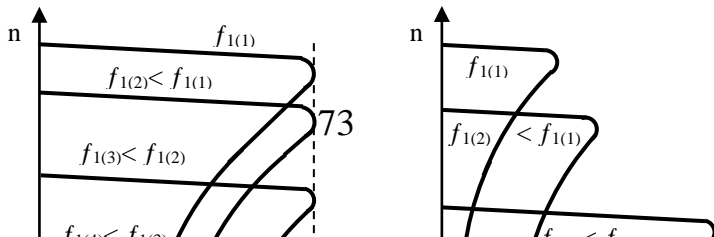
$$U_{12}/U_{11} = f_{12}/f_{11} \cdot \sqrt{M_{y2}/M_{y1}}. \quad (1.76)$$

Əgər fırlanma sürətinin tənzimlənməsi sabit yüklənmə momentində ($M_{y1} = M_{y2} = \text{const}$.) aparılması tələb olunursa onda (1.76) tənliyi aşağıdakı şəkil alır:

$$U_{11}/f_{11} = U_{12}/f_{12} = \text{const}, \quad (1.77)$$

Yəni qidalandırıcı gərginliyi onun tezliyinə düz mütənasib olaraq dəyişmək lazımdır. Bu zaman mühərrikin gücü fırlanma sürətinə düz mütənasib olaraq artır.

Bu hal üçün mühərrikin mexaniki xarakteristikaları şəx. 1.28,a-da göstərilmişdir.



Şək. 1.28. Tezliyin müxtəlif qiymətlərində asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikaları: M = const (a), P = const (b)

Əgər fırlanma sürətinin tənzimlənməsi sabit güc ($P_2 = M_2 \cdot \Omega = \text{const}$) altında aparılırsa, onda fırlanma sürəti Ω təxminən f_1 mütənasib olur. Onda aşağıdakı şərt alınır (1.28,a)

$$M_{y1} f_{11} = M_{y2} f_{12}, \quad (1.78)$$

və ya (1.76) nəzərə alsaq, onda yazıla bilər:

$$U_{12}/U_{11} = \sqrt{f_{12}/f_{11}}. \quad (1.79)$$

Bu hal üçün mühərrikin mexaniki xarakteristikaları şəkl. 1.28,b-də göstərilmişdir.

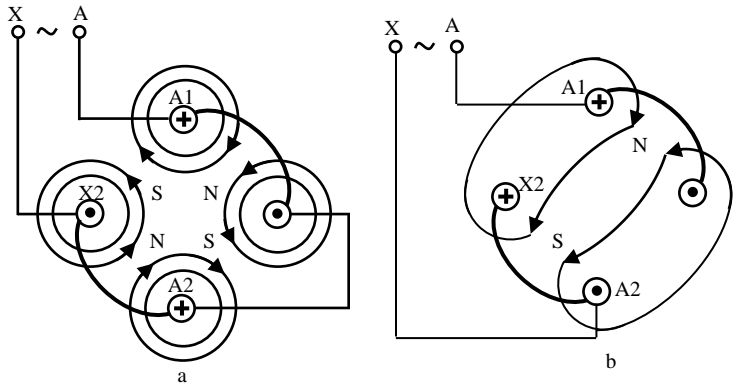
Tezliyi dəyişməklə fırlanma sürətinin tənzimi zamanı asinxron mühərriklərin energetik göstəriciləri praktiki olaraq dəyişmir. Buna görə bu üsulla tənzimləmə iqtisadi cəhətdən sərfəlidir. Tənzimləmənin geniş diapozonda (10:1...12:1) səlislə aparmaq mümkündür. Tezliyin dəyişməklə tənzimləmənin çatışmayan cəhətləri tənzimləyici avadanlığın böyük qabarit ölçülərə yüksək qiymətə malik olmasıdır.

Cüt qütbülər sayını dəyişməklə fırlanma sürətinin tənzimi.
Cüt qütbülər sayını dəyişməklə asinxron mühərrikin fırlanma sürətinin tənzimi üsulu ən geniş yayılmış üsuldür, çünki o asan tədbirlərlə əldə edilir.

Mühərrikin cüt qütbülər sayı pillələrlə dəyişdirilə bilər, odur ki, bu halda fırlanma sürətinin tənzimi pilləli adlanır.

Cüt qütbülər sayını iki cür dəyişmək olar: 1) Statorda müxtəlif cüt qütbülər sayına uyğun bir neçə müstəqil dolaq yerləşdirməklə; 2) Statorda dolağın sxemini dəyişməklə müxtəlif cüt qütbülər almağa imkan verə bilən dolaq tətbiq etməklə.

Bir statorda bir neçə dolağın yerləşdirilməsi sərfəli deyildir. Çünki bu mühərrikin qabarit ölçüləri böyük alınır, müəyyən qabaritdə isə kiçik olur. Lakin buna baxmayaraq kommutasiya aparatını mürəkkəbləşdirməmək məqsədilə üç və daha çox fırlanma sürəti almaq üçün statorda iki dolaq yerləşdirilə bilər. Hər bir dolaq iki hissədən ibarət olur və bu hissələrdə cərəyanın istiqamətini çevirici vasitəsilə dəyişərək 2:1 nisbətində fırlanma sürətləri almaq mümkündür. Əgər ancaq iki fırlanma sürəti almaq lazımdırsa, onda statorda bir dolaq yerləşdirilir. Bir dolaq vasitəsilə qütbülər sayını iki dəfə dəyişmək prinsipi şək. 1.29-də göstərilmişdir.



Sək. 1.29. Statorun bir fazının dolağı vasitəsilə cüt qütbülər sayının dəyişmə sxemi:

$$a - 2p=4; b - 2p=2$$

Şəkildə birinci halda dolağın hissələri bir-biri ilə ardıcıl birləşdirilmişdir və iki cüt qütb alınmışdır. İkinci halda həmin iki hissə paralel birləşdirilmişdir və bir cüt qütb alınmışdır.

Təcrübədə stator dolağının birləşmə sxeminin dəyişdirilməsi ilə sürətin tənziminin iki cəmi geniş yayılmışdır: a) birqat ulduz sxemindən ikiqat ulduz sxeminə keçmə (şək. 1.30:a,b); üç-bucaq sxemindən ikiqat ulduz sxeminə keçmə (şək. 1.30: v,q).

Statorda dolağın birləşmə sxemini dəyişdirməklə sürətin tənzimi sabit moment və ya sabit güc şəraitində ola bilər.

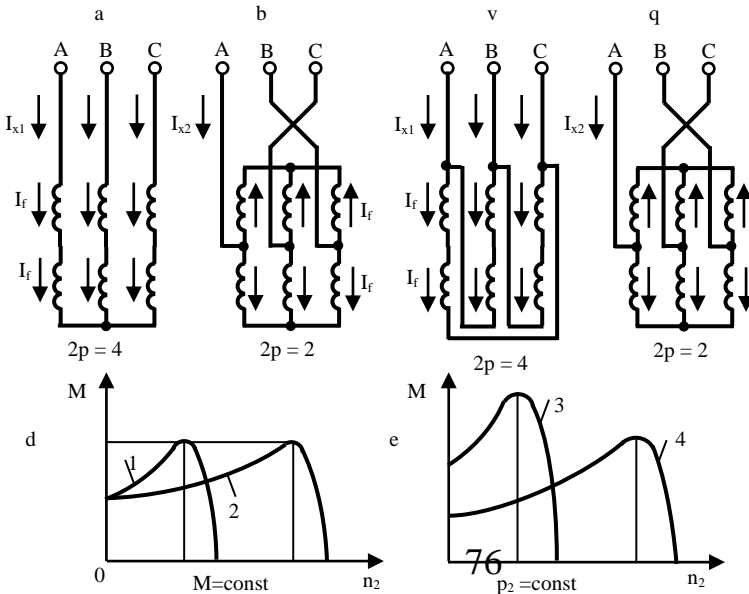
Səkil 1.30:d,e-da sabit moment və güc şəraitində qütbülər sayının 2 dəfə dəyişdirilmə sxeminə uyğun mühərrik mexaniki xarakteristikaları göstərilmişdir (1,2 – sabit momentdə, 3,4 – sabit gücdə).

Aşağıda göstərilən sxemlərə uyğun mühərrikin valındakı güc:

$$P_{2(a)} = \sqrt{3}U_{1x}I_{1f}\eta \cos \varphi_1 \quad 2p=4 \text{ uyğun}$$

$$P_{2(b)} = \sqrt{3}U_{1x}2I_{1f}\eta \cos \varphi_1 \quad 2p=2 \text{ uyğun}$$

buradan $P_{2(b)}/P_{2(a)} = 2$ deməli $M = \text{const}$,



Sək. 1. 30. Sabit moment (a,b) və sabit gücdə (d,e) cüt qütbülər sayının dəyişdirilmə sxemi və mexaniki xarakteristikalar

Səkil 1.30:b,q-ə görə

$$P_{2(a)} = 3U_{1x}I_{1f}\eta \cos \varphi_1 \quad 2p_2 = 4 \text{ uyğun}$$

$$P_{2(b)} = \sqrt{3}U_{1x}2I_{1f}\eta \cos \varphi_1 \quad 2p = 2 \text{ uyğun}$$

buradan $P_{2(b)}/P_{2(a)} = 2/\sqrt{3} \approx 1,15 \approx 1$

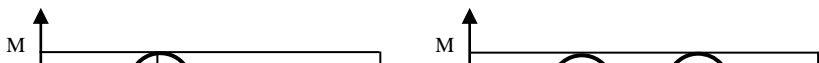
Təqribən $P_{1(a)} \approx P_{2(b)}$ qəbil etmək olar. Deməli bu sxemdə $P = \text{const}$.

Cüt qütbülər sayının dəyişməyə imkan verən mühərriklər çoxsürətli mühərrik adlanır. Sənaye tərəfindən 2, 3 və 4 sürətli buraxılır. Belə mühərriklərdən metal-kəsmə və ağac emalı dəzgahları, ventilyatorun və s. elektrik intiqallarında istifadə edilir.

Lakin cüt qütbülərin sayı tam rəqəmlərlə dəyişdiyi üçün sürət də sıçrayışla, yəni 1500 dövr/dəq-dən 1000 dövr/dəq-ə, 1000 dövr/dəq-dən 750 dövr/dəq-yə və i.a dəyişir. Bu mühüm nöqsana görə belə iki və ya dörd – sürətli mühərrikləri geniş və səlislə tənzimlə tələb edən işçi maşınlarında tətbiq etmək olmur. Bu səbəbə görə belə mühərriklərin tətbiq sahələri çox məhduddur.

Sürüşməni dəyişməklə fırlanma sürətinin tənzimi. Sürüşməni dəyişdirməklə asinxron mühərrikinin fırlanma sürətini tənzim etmək üçün ya stator dolağına verilən gərginliyi, ya da rotor dolağının aktiv müqavimətini dəyişmək lazımdır.

Mühərrikin sıxaclarına verilmiş U_1 gərginliyini azaltdıqda mühərrikin momenti U_1^2 -na mütənasib azalır və mexaniki



xarakteristikalar dəyişir. Müxtəlif gərginliklərdə-müxtəlif xarakteristikalar alınır və valdakı yükə uyğun müxtəlif kəşismə nöqtələri sürüşmənin müəyyən qiymətlərini verir (şək. 1.31).

Şək. 1.31. Sürüşməni dəyişməklə fırlanma sürətinin tənzimi

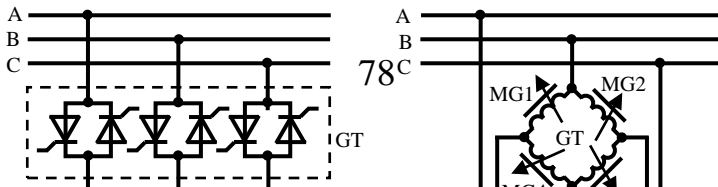
Bu üsulla sürüşmə $0 < s < s_k$ həddlərində tənzimləyə bilər. Normal qısa qapanmış asinxron mühərriklərində kritik sürüşmə s_k kiçik olduğuna görə sürətin tənzimlənməsi kiçik diapozonda olur.

Gərginliyin azaldılması ilə sürətin tənzimlənməsi üsülünü faza rotorlu asinxron mühərriklərinə də tətbiq etmək olar.

Bu halda tənzimlənmə diapozonunu artırmaq üçün rotora əlavə müqavimət qoşmaq lazımdır.

Sürüşmənin artması ilə rotorda itkilər artır, onun qızmasına səbəb olur, maşının faydalı iş əmsalı azalır. Bundan başqa gərginliyin azalması ilə mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti pisləşir, dayanıqlı işləmə ehtiyatı azalır. Buna görə də bu üsul geniş tətbiq tapmamışdır. Bu üsuldan ancaq kiçik güclü mühərriklərin və mikromaşınların fırlanma sürətinin tənzimlənməsində istifadə edilir.

Bu üsulla tənzimləməni aparmaq üçün tənzimlənən avto-transformatorlar və idarə olunan yarımkeçirici (tristorlu) gərginlik tənzimləyiciləri, maqnit gücləndiriciləri lazımdır (şək.1.32:a,b).



Şək. 1.32. Mühərrikin tristorlu gərginlik tənzimləyicisindən (a) və maqnit gücləndiricilərindən (b) qidalanma sxemi

Rotor dövrəsinin aktiv müqaviməti ilə sürüşməni dəyişməklə yalnız faza rotorlu asinxron mühərrikinin sürətini tənzim etmək olar. Rotor dövrəsinin aktiv müqavimətinin müxtəlif qiymətləri üçün qurulmuş müxaniki xarakteristikalardan görürük ki, rotor dövrəsinin aktiv müqaviməti artdıqca, verilmiş yük momentinə uyğun sürüşmədə artacaq və mühərrikin sürəti azalacaqdır (bax. sək. 1.31,b).

Rotor dövrəsinin aktiv müqavimətini dəyişmək üçün tənzim reostatından istifadə olunur. Bu reostatın işəsalma reostatından fərqi, yalnız onun uzun müddətli iş rejiminə hesablanmasındadır. Rotor dövrəsinə qoşulan əlavə müqaviməti aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$R_{\theta} = R_2 \left(\frac{S_{süni}}{S_{təbii}} - 1 \right), \quad (1.80)$$

burada R_2 – rotorun müqaviməti, mühərrikin pasport göstəricilərində verilir; $S_{təbii}$ - mühərrikin təbii müxaniki xarakteristikasındakı sürüşmə; $S_{süni}$ –mühərrikin süni müxaniki xarakteristikasındakı sürüşmədir.

Bu üsulla rotorun fırlanma sürətini geniş diapozonda dəyişmək olar. Tənzimləmə zamanı mühərrikin yüklənmə qabiliyyə-

ti də dəyişmir, M_{\max} rotor dövrəsinin müqavimətindən asılı deyildir.

Üsulun çatışmayan cəhəti ondadır ki, əvvəllə rotor dövrəsində xeyli böyük itkilər yaranır, sürüşmə artıqca itkilərdə artır, ikinci itkilərin əsas hissəsi reostatdan ayrıldığından onun ölçüləri böyük alınır. Eyni zamanda rotor dövrəsinə böyük tənzimləmə müqaviməti qoşduqda mexaniki xarakteristika yumşaq alınır. Beləliklə, böyük güclü mühərriklərdə tənzimləmə reostatının tətbiqi əlverişli deyil.

1.17. Gərginlik nominaldan fərqləndikdə üçfazlı asinxron mühərrikin işi

Asinxron mühərrikin istismarı prosesində qidalandırıcı U_1 gərginliyi dəyişməyən f_1 tezliyində özünün nominal qiymətindən fərqlənə bilər. Bununla əlaqədar gərginliyin dəyişməsinin mühərrikin xarakteristikalarına təsirinin öyrənilməsi praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Bu halı təhlil etmək üçün qəbul edirik ki, müqavimət momenti M_s dəyişməz qalır və mühərrikin elektromaqnit momentinə M bərabər olur.

$U_1 < U_{1nom}$ olan zaman mühərrikin işi. Gərginliyin hər hansı qiymətində asinxron mühərrikin xarakteristikalarını əvəz sxeminin və dairəvi dioqramın köməyi ilə əldə etmək olar. Gərginliyin U_1 aşağı düşməsinin mühərrikin əsas göstəricilərinə təsirini nəzərdən keçirək.

Mühərrikin sıxaclarına verilən gərginlik U_1 azalanda sürüşmə s artır, gərginliyin kvadratına mütənasib olaraq maksimum moment $M_{\max} \approx k U_1^2$ azalır və mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti aşağı düşür. Aydındır ki, U_1 gərginliyi azalanda buna mütənasib olaraq nəticəvi maqnit seli Φ və maqnitləşdirici I_{12} -də azalır.

Maqnit seli azaldığına görə statorun maqnit itkiləridə azalır.

$M_s = M = C\Phi I_2 \cdot \cos\psi_2 = \text{const}$ olduğundan, maqnit seli Φ azalanda müvafiq olaraq rotor cərəyanının aktiv mürəkkəbəsi $I_2 \cdot \cos\psi_2$ artır.

Sürüşmənin s artması ilə rotorun f_2 tezliyi artdığına görə rotor cərəyanının reaktiv mürəkkəbəsi artmağa başlayır. Beləliklə U_1 gərginliyi azalan zaman I_2 cərəyanı ψ_2 bucağı artır ($\text{tg } \psi_2 = x_{2s}/r_2$). Buna mütənasib olaraq cərəyan I_2^2 -nin artdığından rotor dolağındakı elektrik itkiləri çoxalır.

Gərginlik azalan zaman stator cərəyanının ($I_1 = I_{12} + (-I_2')$) mürəkkəbəsi azalır, $(-I_2')$ mürəkkəbəsi isə artır. U_1 gərginliyinin azalması zamanı I_1 cərəyanının dəyişməsi bu mürəkkəbələrədən hansının ona qüvvətli təsir etməsindən asılıdır. Adətən böyük yükdə cərəyan $-I_2'$ mürəkkəbəsinin təsiri qüvvətli olduğundan I_1 cərəyanı artır, kiçik yükdə isə I_{12} mürəkkəbəsinin təsirinin qüvvətli olmasına görə I_1 cərəyanı azalır. Buna uyğun olaraq böyük yükdə stator dolağındakı itkilər artır, mühərrikin faydalı iş əmsalı $F.\dot{I}.\dot{\Theta}$ və güc əmsalı $\cos\varphi$ azalır. Kiçik yükdə isə bunun əksinə olur.

Gərginlik xeyli azalan zaman itkilərin və dolaqların qızmasının artmasına görə asinxron mühərriklər nominala yaxın yükləndikdə belə onların işi qeyri-mümkün ola bilər.

DÜİST 183-74 görə qidalandırıcı gərginlik nominal gərginlikdə 5% qədər azalsa nominal yükdə asinxron mühərriklərin işləməsinə yol verilə bilər.

Kiçik yüklənmədə mühərrikin energetik göstəricilərini artırmaq üçün ($F.\dot{I}.\dot{\Theta}$ və $\cos\varphi$) bəzən onu azaldılmış gərginliyə qoşmaq sərfəli olur. Bu məqsəd üçün məsələn, mühərrik öz nominal gücünün 30...40% -ə qədər yüklənmiş olarsa, praktikada mühərrikin stator dolağının üçbucaqdan ulduza keçməklə işə qoşma tətbiq edilir. Bu halda faz gərginliyi $\sqrt{3}$ dəfə azalır.

$U_1 > U_{1nom}$ olan zaman mühərrikin işi. $U_1 > U_{1nom}$ olan zaman asinxron mühərrikin işinin təhlilini bundan əvvəlki haldakı kimi aparmaq olar. Bu halda mühərrikin maqnit dövrəsi lazı-

mı qədər doymuş olduğundan gərginliyin arması maqnit selinin Φ və maqnitləşdirici cərəyanın I_{12} çox güclü artmasına səbəb olur. Yəni maqnitləşdirici cərəyanın qiyməti bu halda stator dolağının cərəyanının qiymətindən böyük olduğundan mühərrikin uzunmüddətli iş rejimi, yüksüz işləmə rejimində də mümkün deyil. DÜİST 183-74 görə qidalandırıcı gərginlik nominal gərginliyin 10% qədər artan zaman nominal gücdə asinxron mühərrikin işinə yol verilə bilər.

1.18. Tezlik nominaldan fərqləndikdə üçfazlı asinxron mühərrikin işi

Qidalandırıcı gərginliyin tezliyi f_1 dəyişəndə maqnit sahəsinin bucaq sürəti və buna görə rotorun fırlanma sürəti də dəyişir. Tezliyin f_1 artması ilə rotorun sürəti artır, azalması ilə isə onun sürəti azalır.

Gərginlik düşgüsünü nəzərə almasaq, onda hesab etmək olar ki, stator dolağına tətbiq olunmuş gərginlik U_1 bu dolaqda induksiyaalanacaq EMF-sini müvazinətləşdirir:

$$U_1 \approx E_1 = 4,44 f_1 W_1 k_{d1} \Phi_m. \quad (1.81)$$

(1.81) – dən görünür ki, $U_1 = \text{const}$ olduğu zaman tezliyin dəyişməsi maqnit selinin Φ_m dəyişməsinə səbəb olur. Tezlik f_1 artan zaman maqnit seli azalır, azalan zaman isə maqnit seli artır. Birinci halda asinxron mühərrikin işi təxminən $U_1 < U_{1\text{nom}}$, $f_1 = \text{const}$ halına, ikinci halda isə $U_1 > U_{1\text{nom}}$, $f_1 = \text{const}$ halına uyğun baş verir. DÜİST 183-74 görə tezliyin artıb-azalması nominal qiymətin $\pm 2,5\%$ -i qədər olarsa iş prosesində asinxron mühərrik nominal gücü saxlamalıdır.

1.19. Üçfazlı asinxron mühərrikin qeyri-simmetrik rejimdə işi

Asinxron mühərrikin qeyri-simmetrik rejimdə işi onun qeyri-simmetrik sxemlərlə işə qoşulması, didalandırıcı gərginliyin qeyri-simmetrikliyi zamanı və həmçinin hər hansı bir nasazlığı nəticəsində əmələ gələ bilər. Bu rejimlərin tədqiqi simmetrik mürəkkəbələr üsulunun köməyi vasitəsilə aparılır. Üçfazlı asinxron maşının cərəyanlarının simmetrik mürəkkəbələr üsuluna görə ancaq düz və əks ardıcillıqlı mürəkkəbələrə ayırmaq olar. Sıfır ardıcillıqlı cərəyanlar əmələ gəlmir, çünki dolaqların hər hansı bir birləşmə sxemində sıfır ardıcillıqlı cərəyanlar mühərrikdən axmır.

Asinxron mühərrikin çoxlu sayda müxtəlif memken ola bilən qeyri-simmetrik rejimlərindən ikisinə baxaq:

Rotorun fazalarının müqavimətləri qeyri-simmetrik və qidalandırıcı gərginlik qeyri-simmetrik olduqda asinxron mühərrikin işi.

Rotorun fazalarının müqavimətləri qeyri-simmetrik olan zaman asinxron mühərrikin işi. Faz rotorlu mühərriklərdə rotor dövrəsinin qeyri-simmetrikliyi fırça qurğusunun nasazlığı nəticəsində, pis kontaktlardan və həmçinin onun fazalarının müqavimətləri bərabər olmadıqda əmələ gəlir.

İşəsalma və ya tənzimləyici reostatın ayrı-ayrı fazalarının müqavimətlərinin bərabər olmamasıda qeyri-simmetrikliyin əmələ gəlməsinə səbəb ola bilər. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərriklərində qeyri-simmetrik rotorun yuvalarına alüminiumun düzgün tökülməsi nəticəsində yaranır. Bu halda rotorun yuvalarındakı ayrı-ayrı çubuqların (fazaların) müqaviməti eyni olmur.

İndi isə rotorun fazalarının müqavimətlərinin qeyri-simmetrikliyinin mühərrikin işinə təsirini araşdıraq. Şəbəkənin simmetrikliyi U_1 gərginliyində və f_1 tezliyində statorun dolaqlarından $I_{1(1)}$ cərəyanları axır.

Bu cərəyanlar tərəfindən yaranan fırlanan maqnit seli rotorun dolağında $f_2 = f_1 \cdot s$ tezlikli E_{2s} EQ-si induksiylayır. Rotorun fazalarının müqavimətləri bir-birə bərabər olmadığı üçün bu müqavimətlərdən axan cərəyanlarda müxtəlif olur. Rotorun

qeyri-simmetrik cərəyanlar sisteminin düz və əks ardıcılıqlı mürəkkəbələrə ayırmaq olar. Həm düz ardıcılıqlı $I_{2(1)}$ və həm də əks ardıcılıqlı $I_{2(2)}$ cərəyanlar özlərinin fırlanan maqnit sel-lərini yaradırlar. Bu sellərin rotora nisbətən fırlanma sürətləri eyni olur və f_2 tezliyindən asılıdır:

$$2\pi f_2/p = 2\pi f_1s/p = \omega_1s.$$

Rotorun düz və əks ardıcılıqlı cərəyanlar müxtəlif faz ar-dıcılığına malik olduğuna görə onların yaratdıqları maqnit sel-ləridə müxtəlif istiqamətdə fırlanır.

Düz ardıcılıqlı cərəyanın yaratdığı maqnit seli rotorun fırlanma istiqamətində, əks ardıcılıqlı maqnit seli isə rotorun əksinə fırlanır.

Fəzada, yəni tərpənməz satora nisbətən bu maqnit selləri müxtəlif sürətlə fırlanacaqlar. Rotorun düz ardıcılıqlı maqnit seli fəzada $\omega + \omega_1s = \omega_1(1-s) + \omega_1s = \omega_1$ bərabər sürətlə fırlanır. Buradan belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, rotorun düz ardıcılıqlı maqnit selinin fırlanma sürəti satorun dolaqlarından axan cərəyanların $I_{1(1)}$ yaratdıqları maqnit selinin fırlanma sürətinə ω_1 bərabərdir. Nəticədə $I_{1(1)}$ və $I_{2(1)}$ cərəyanlarının birgə təsirindən nəticəvi düz ardıcılıqlı $\Phi_{(1)}$ maqnit seli yaranır.

Rotorun $I_{2(1)}$ cərəyanı ilə $\Phi_{(1)}$ maqnit selinin qarşılıqlı təsi-rindən $M_{(1)}$ düz ardıcılıqlı fırlandırıcı moment əmələ gəlir.

Rotorun əks ardıcılıqlı maqnit seli fəzada

$$\omega - \omega_1s = \omega_1(1 - s) - \omega_1s = \omega_1(1 - 2s), \quad (1.82)$$

fərqi bərabər sürətlə fırlanır. Bu sel statorun dolaqlarında EHQ-si və $f_3 = (1 - 2s)f_1$ tezlikli cərəyanlar yaradır.

$I_{2(2)}$ və $I_{1(2)}$ cərəyanlarının birgə təsirindən maşında nəticəvi əks ardıcılıqlı $\Phi_{(2)}$ maqnit seli yaranır.

$I_{2(2)}$ cərəyanı ilə $\Phi_{(2)}$ maqnit selinin qarşılıqlı təsirindən $M_{(2)}$ əks ardıcılıqlı fırlandırıcı moment əmələ gəlir.

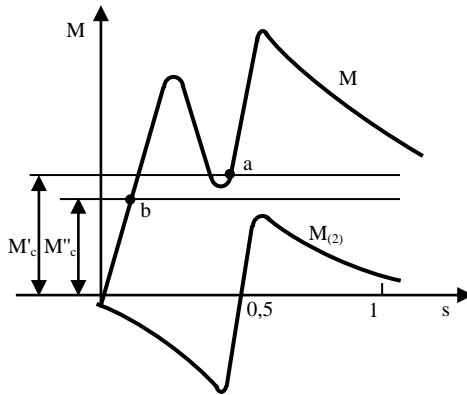
Beləliklə, rotorun fazalarının müqaviməti qeyri-simmetrik olan zaman mühərrikdə iki moment yaranır.

Nəticəvi moment bu momentlərin cəbri cəminə bərabər olur:

$$M = M_{(1)} + M_{(2)} .$$

Şək. 1.33-də $M_2 = f(s)$ asillığı verilmişdir.

$S = 0,5$ olan zaman (1.82) ifadəsinə görə əks ardıcillıqlı maqnit seli fazada tərpənməzdir, yəni stator dolağında EQ və cərəyan induksiyanıdır. Ona görə $M_{(2)} = 0$, $s > 0,5$ olan zaman bu maqnit seli fəzada düz ardıcillıqlı maqnit selinin və rotorun fırlanma istiqamətinin əksinə fırlanır. Bu halda $M_{(2)}$ momenti çalışır ki, satoru maqnit selinin fırlanma istiqamətinə çevirsin (yəni rotorun fırlanma istiqamətinin əksinə). Lakin, sator tərpənməz olduğu üçün onda rotora onun fırlanma istiqamətinə yönəldilmiş reaksiya yaranır. Bunun nəticəsində $s > 0,5$ olan zaman düz və əks ardıcillıqlı momentlər toplanırlar (eyni işarəli olurlar).



Şək. 1.33. Rotor dövrəsi qeyri-simmetrik olan zaman $M = f(s)$ asillığı

Analoji olaraq göstərmək olar ki, $s < 0,5$ olan zaman əks ardıcillıqlı moment mənfi olur və nəticəvi moment $M_{(1)}$ və $M_{(2)}$ momentlərin fərqinə bərabər olacaqdır.

Rotorun fazalarının müqavimətinin qeyri-simmetrik olmasının daha ətraflı təhlili göstərir ki, düz ardıcillıqlı momentin $M_{(1)} = f(s)$ əyrisində də $s = 0,5$ olan zaman çökəklik yaranır. $M_{(1)}$ və $M_{(2)}$ birgə təsiri nəticəsində nəticəvi momentin $M = f(s)$ əyrisində də həmçinin $s \approx 0,5$ olan zaman çökəklik əmələ gəlir. Rotorun müqavimətlərinin qeyri-simmetrikliliyi çox böyük olduqda M momenti $s = 0,5$ nöqtəsinin yaxınlığında mənfi ola bilər. Mühərrikin momentinin əyrisində çökəkliyin olması işə salma zamanı $s \approx 0,5$ və ya $\omega \approx 0,5\omega_1$ yaxınlığında müərrikin ilişərək dayanmasına səbəb olur. Məsələn, mühərrik $M'_s = \text{const}$ yük momenti altında işə salan zaman o a nöqtəsində ilişib qala bilər. $s \approx 0,5$ olan zaman mühərrikin dolaqlarından böyük cərəyanlar axdığından onun bu halda uzun müddət işləməsinə yol vermək olmaz. Əgər yük momenti M''_s bərabər olarsa yarımxron bucaq sürəti yaxınlığında mühərrikin ilişib dayanması halı baş vermir. Bu halda b nöqtəsinə uyğun sürüşməyə qədər mühərrik sürətini artırır və bu nöqtə də mühərrik uzun müddətə işləyə bilər. Rotorun fazalarının müqavimətlərinin qeyri-simmetrikliliyinin təsiri bu halda onda özünü göstərir ki, satorun nəticəvi cərəyanın amplitudası sabit qalmır və sürüşməyə mütənasib kiçik tezliklə rəqs edir.

Sator dövrəsinə qoşulmuş ampermetrlərin əqrəbləri vasitəsilə bu rəqsləri müşahidə etmək olar. Burada satorun nəticəvi cərəyanının I_1 döyünməsi $I_{1(1)}$ və $I_{1(2)}$ cərəyanlarının cəmindən ibarət olması və bu cərəyanların tezliklərinin f və $f(1-2s)$ sürüşmənin kiçik qiymətlərində bir-birinə yaxınlaşması ilə əlaqədardır.

Qeyri-simmetrik qidalandırıcı gərginlikdə asinxron mühərrikin işi. Əgər mühərrikin sator dolağına verilən xətt gərginlikləri bir-birinə bərabər deyilsə ($U_{AB} \neq U_{BC} \neq U_{CA}$), onda faz gərginlikləri də bir-birinə bərabər olmur ($U_A \neq U_B \neq U_C$) və gərginliklər sistemi də qeyri-simmetrik olur. Bu halda asinxron mühərrikin işinin təhlili zamanı qeyri-simmetrik gərginliklər sisteminin düz $U_{1(1)}$ və əks $U_{1(2)}$ ardıcillıqlı mürəkkəbələrə ayırır-

lar. Bu mürəkkəbələrin teziyi f_1 eyni olur, amplitudalarına və fazardıcılığına görə fərqlənirlər. Adətən $U_{1(1)} > U_{1(2)}$ olur. Hər bir mürəkkəbə stator dolağında özünün dairəvi fırlanan maqnit selini yaradır. Bu maqnit selləri fəzada eyni bucaq sürətilə $\omega_1 = 2\pi f_1/p$, lakin bir-birinə əks istiqamətdə yerlərini dəyişirlər. $U_{1(1)} > U_{1(2)}$ böyük olduğundan düz ardıcılıqlı maqnit selinin amplitudası əks ardıcılıqlı maqnit selinin amplitudasından böyük olur, buna görə rotor düz ardıcılıqlı maqnit seli tərəfə fırlanır.

Bu halda düz ardıcılıqlı maqnit selinə nisbətən rotorun sürüşməsi $s = (\omega_1 - \omega)/\omega_1$, əks ardıcılıqlı maqnit selinə nisbətən isə $(\omega_1 + \omega)/\omega_1 = [(\omega_1 + \omega_1(1-s))]/\omega_1 = 2 - s$ olur. Düz ardıcılıqlı maqnit seli rotor dolağında $f_2 = f_1 \cdot s$ tezlikli $I_{2(1)}$ cərəyanını, əks ardıcılıqlı sel isə $f_1(2 - s)$ tezlikli $I_{2(2)}$ cərəyanını iduk-siyalayır. Bu cərəyanların $I_{2(1)}$, $I_{2(2)}$ uyğun maqnit sellərilə qarşılıqlı təsirindən düz ardıcılıqlı $M_{(1)}$ və əks ardıcılıqlı $M_{(2)}$ momentlər yaranır. $M_{(2)}$ momenti $M_{(1)}$ momentinə qarşı yönəl-diyindən tormozlayıcı olur.

$M_{(1)}$ və $M_{(2)}$ momentləri (1.45) ifadəsinə uyğun olaraq aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$M_{(1)} = \frac{m_1 U_{1(1)}^2 R_2'}{s\omega[(R_1 + c_1 R_2'/s)^2 + (X_1 + c_1 X_2')^2]}. \quad (1.83)$$

$$M_{(2)} = \frac{m_1 U_{1(2)}^2 R_2''}{(2-s)\omega_1\{[R_1 + c_1 R_2''/(2-s)]^2 + (X_1 + c_1 X_2'')^2\}}. \quad (1.84)$$

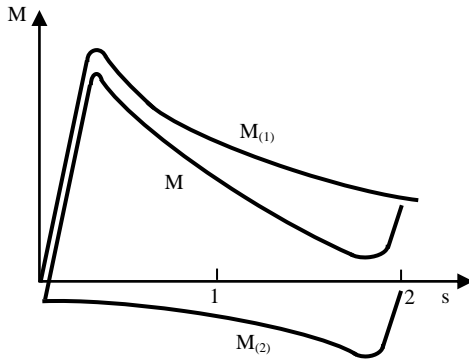
(1.84) ifadəsindəki rotor dövrəsinin R_2'' və X_2'' kəmiyyətləri (1.83) ifadəsindəki R_2' və X_2' kəmiyyətlərindən sürüşmənin işçi zonasında rotorda cərəyanın çox qüvvətli sıxışdırılıb çıxarılma-sına görə fərqlənir. Bu halda əks ardıcılıqlı cərəyanın tezliyi: $f_1(2 - s) \approx 2f_1(R_2'' > R_2' \text{ və } X_2'' < X_2')$ bərabər olur.

Mühərrikin nəticəvi momenti əks və düz ardıcılıqlı momentlərin cəbri cəminə bərabər olur:

$$M = M_{(1)} + M_{(2)} .$$

$M_{(1)}$, $M_{(2)}$ və M -in sürüşmədən asıllığı şəkl.1.34-də göstərilmişdir.

Əgər qəbul etsək ki, $U_{(1)} \approx U_{1nom}$, onda əyriyənin təhlilindən görünür ki, qeyri-simmetrik dərginliklə qidalandıqda əks ardıcılıqlı momentin təsirindən mühərrikin işə salma və maksimum momenti azalır, dəyişməz (sabit) yüklənmə momentində sürüşmə artır. Bundan əlavə mühərrik qeyri-simmetrik gərginliklə qidalanan zamanı itkilər artır və mühərrikin qızması sürətlənir. İtkilərin artması maşının F.İ.Ə-nın aşağı düşməsinə səbəb olur. Stator və rotordakı nəticəvi cərəyanlar, cərəyanların əks ardıcılıqlı mürəkkəbələrinin hesabına artır, nəticədə maşında elektrik və polad itkiləri çoxalır. Buna görə qidalandırıcı gərginliklərin çox böyük qeyri-simmetrikliliyi zamanı mühərrikin yükünü azaltmaq lazım gəlir.



Şək. 1.34. Qidalandırıcı gərginlik qeyri-simmetrik olan zaman asinxron mühərrikin $M = f(s)$ asıllığı

DÜİST 183-74-ə görə $U_{1(2)} / U_{1(1)} \leq 0,02$ olan zaman mühərrik nominal gücünü saxlamalıdır.

1.20. Qeyri sinsodial qidalandırıcı gərginlikdə üçfazlı asinxron mühərrikin işi

Asinxron mühərrikin sürətinin tənzimlənməsi sxemlərində - onların qidalandırılmasında çox vaxt yarımkeçirici çeviricilərdən istifadə edilir. Bu halda verilən gərginlik adətən qeyri-simmetrik formaya malik olur.

Mühərrikin işinin təhlili zamanı qeyri sinsodial gərginliyi harmonik sıralara ayırlar və hər bir harmonikanın mühərrikin işinə təsirini ayrıca tədqiq edirlər.

Bunun üçün qəbul edirik ki, bir neçə mühərrik bir valda eyni bir ω_1 bucaq sürətlə fırlanırlar, lakin onlar müxtəlif tezlikli $f_1, f_3 = 3f_1, \dots, f_v = vf_1$ və müxtəlif gərginliklərlə U_1, U_3, \dots, U_v şəbəkədən qidalanırlar.

U_1, U_3, \dots, U_v gərginlik harmonikalarına uyğun I_1, I_3, \dots, I_v cərəyan harmonikalarının hər biri özünün birinci və yüksək harmonikalı MHQ-sini yaradır, onların fırlanma bucaq sürəti $v\omega_1$, sürüşmə isə uyğun gəlidiyi cərəyanın harmonikasına v görə aşağıdakı ifadə ilə tapılır:

$$s_v = \frac{v\omega_1 \pm \omega}{v\omega_1} \approx 1 \pm \frac{1}{v} \quad (\text{üçqat harmonikalar, burada iştirak et-}$$

mir, ona görə ki, onlar döyünən maqnit seli yaradırlar).

– işarəsi MHQ-nin əsas MHQ-si tərəfə fırlanmasına, + isə əsas MHQ-rə qarşı fırlanmasını göstərir.

Cərəyan və maqnit selində yüksək harmonikaların əmələ gəlməsi maşının dolaqlarında və poladında əlavə itkilər yaradır. Burada əlavə yüksək harmonikaların yaranması eyni sıralı cərəyan və maqnit sellərinin qarşılıqlı təsirindən fırlanan və tormozlayıcı momentlərin və müxtəlif sıralı harmonikaların bir-birinə qarşılıqlı təsirindən titrəyişli momentlərin yaranmasına səbəb olur. Ali harmonikalı fırlanan və tormozlayıcı momentlər çox kiçik olur, amma titrəyişli momentlərin amplitudası mühərrik kiçik yük altında işlədikdə mühərrikin əsas elektromaqnit

momentindən çox ola bilər. Bu halda mühərrikin rotoru qeyri-bərabər sürətlə fırlanır.

Mühərrikin işi o halda mürəkkəbləşir ki, onun dolaqlarında bütün harmonikaların cərəyanları axır. Ona görə maşında elektrik itkiləri 10...25% artır. Bu halda mühərrikin dolaqlarının həddindən artıq qızmasının qarşısını almaq üçün maşının gücünü azaltmaq lazım gəlir.

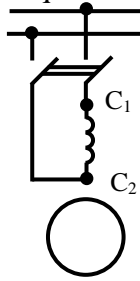
Hər bir harmonikanın maşının işinə təsirini əvəz sxeminin köməyi ilə aparmaq olar. Hər hansı bir harmonikanın əvəz sxemi 1-ci harmonikanın əvəz sxeminə oxşardır, lakin əvəz sxeminin parametrlərinə görə fərqlənirlər: induktiv müqavimət tezliyə mütənəsib olaraq artır (Orta və böyük güclü mühərriklərdə cərəyanın intensiv sıxışdırılması nəticəsində aktiv müqavimət də artır). Buradan görünür ki, $\cos\varphi_v$ çox böyük olmur, çünki, gərginliyin ali harmonikaları tərəfindən yaranan cərəyanlar demək olar ki, təmiz induktiv xarakterlidir. Bu da maşının $\cos\varphi$, F.İ.Ə və M_{\max} aşağı düşməsinə gətirib çıxarır. Praktikada gərginliyin qeyri-sinsoidallığı mühərrikin işçi xarakteristikalarına nisbətən az təsir göstərir.

1.21. Birqazlı asinxron mühərriklər

Birqazlı asinxron mühərrikləri – adi kiçik güclü mühərriklər olub, elektrik məişət cihazlarında, ventilyatorların, nasosların intiqalında, avtomatoka qurğularında və s. geniş tətbiq olunurlar. Konstruktiv quruluşuna görə bunlar qısa qapanmış üçfazlı asinxron mühərriklərindən ancaq statoru ilə fərqlənirlər. Belə mühərrikin statorunda üç ədəd faz dolağı əvəzinə onun nüvəsindəki yuvaların 2/3 hissəsini tutan (əlavə quruluşsuz) birqazlı dolaq, rotorunda isə üçfazlı mühərriklərdə olduğu kimi qısa qapanmış dolaqlar yerləşdirilmişdir. Bu növ mühərriklər texniki-iqtisadi göstəricilərinə görə üçfazlı asinxron mühərriklərindən geri qalır, elektrik enerjisini birqazlı şəbəkədən alırlar.

Mühərrikin birqazlı $C_1 - C_2$ stator dolağını şəbəkəyə qoşduqda (şək. 1.35) dolaqdan axan dəyişən cərəyan fazada tər-

pənəmz, lakin $+\Phi_{\max}$ – dan $-\Phi_{\max}$ qədər dəyişən döyünən maqnit seli yaradır. Dəyişən cərəyan maşınlarının ümumi məsələləri bölməsində göstərilədiyi kimi Φ_{\max} amplitudalı döyünən maqnit selini iki müxtəlif istiqamətdə eyni sürətlə fırlanan $\Phi_{\max}/2$ amplitudalı maqnit selinə ayırmaq olar: $\Phi_{\text{düz}}$ və $\Phi_{\text{əks}}$. Rotor ilə eyni istiqamətdə fırlanan maqnit seli $\Phi_{\text{düz}}$ düz sel, rotorun əksinə fırlanan maqnit seli isə $\Phi_{\text{əks}}$ əks sel adlandırılır. Tutaq ki, mühərrikin rotoru saat əqrəbinin əksinə $\Phi_{\text{düz}}$ maqnit seli istiqamətində fırlanır.



Şək. 1.35. Bırfazalı mühərriklərin şəbəkəyə qoşulma sxemi

Rotorun fırlanma sürəti n_2 maqnit selinin fırlanma sürətindən n_1 kiçik olduğuna görə rotorun $\Phi_{\text{düz}}$ maqnit selinə nisbətən sürüşməsi $s_{\text{düz}} = (n_1 - n_2)/n_1 = s$ bərabər olur. $\Phi_{\text{əks}}$ maqnit seli rotorun əksinə fırlandığına görə rotorun fırlanma sürəti n_2 $\Phi_{\text{əks}}$ maqnit selinə mənfi olacaqdır. Bu halda $\Phi_{\text{əks}}$ maqnit selinə nisbətən rotorun sürüşməsi aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$s_{\text{əks}} = \frac{n_1 - (-n_2)}{n_1} = \frac{n_1 + n_2}{n_1} = \frac{n_1 + n_1 - n_1 + n_2}{n_1} = \frac{2n_1 - (n_1 - n_2)}{n_1} = 2 - s_{\text{düz}}. \quad (1.85)$$

Mühərrik işə salınarkən $\Phi_{\text{düz}}$ və $\Phi_{\text{əks}}$ fırlanan maqnit selləri tərpənməz rotoru kəsir və onun dolaqlarında $E_{2\text{düz}}$ və $E_{2\text{əks}}$

EHQ-ni induksiyalayır, EHQ-nin təsirindən dolaqdan $I_{2düz}$ və $I_{2əks}$ cərəyanları axır.

Rotorda əmələ gəlmiş $I_{2düz}$ və $I_{2əks}$ cərəyanlarının hər birinin öz maqnit seli ilə qarşılıqlı təsirindən fırlandırıcı elektromaqnit momentlər yaranır və aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$M_{düz} = c_m \Phi_{düz} I_{2düz} \cos \psi_{2düz} ; \quad (1.86)$$

$$M_{əks} = c_m \Phi_{əks} I_{2əks} \cos \psi_{2əks} . \quad (1.87)$$

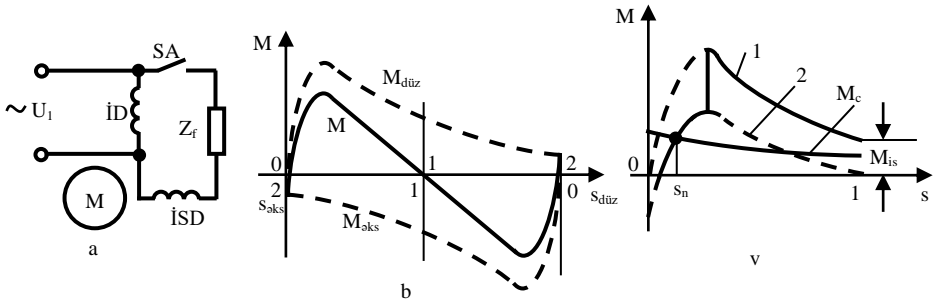
burada c_m – sabit əmsal, mühərrikin konstruksiyasından təyin edilir;

$\psi_{2düz}$ və $\psi_{2əks}$ – uyğun olaraq $E_{2düz}$ və $E_{2əks}$ EHQ-ləri ilə onlara uyğun $I_{2düz}$ və $I_{2əks}$ cərəyanları arasında faza bucaqlarıdır.

Bu momentlər bir-birinin əksinə istiqamətləndirildiklərindən rotora təsir edən nəticəvi fırlandırıcı moment M momenti $M_{2düz}$ və $M_{2əks}$ momentlərinin fərqinə bərabər olmalıdır:

$$M = M_{2düz} - M_{2əks} = 0. \quad (1.88)$$

Şək. 1.36,b-də birfazlı asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası verilmişdir. Xarakteristikadan görünür ki, sürüşmə $s = 1$ bərabər olan zaman mühərrikin momenti $M = 0$. Deməli birfazlı asinxron mühərriklərin başlanğıc işə buraxma momentinə malik olurlar, ona görə bu mühərriklərin rotorunu bu və ya əks tərəfə fırlatsaq, sonradan kənardan təsir olmadan rotor həmin istiqamətdə fırlanmasını davam etdirəcəkdir.



Şək. 1.36. Birfazlı asinxron mühərrikin sxemi (a) mexaniki xarakteristikası (b) və işə salm zamanı xarakteristikasının görünüşü (v)

$\Phi_{düz}$ və $\Phi_{əks}$ maqnit sellərin rotorun dolağında induksiyaalandığı cərəyanlar (2.17) ifadəsinə uyğun aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$I_{düz} = \frac{E_{2düz}}{R_2 / s_{düz} + jX_2} ; \quad (1.89)$$

$$I_{2əks} = \frac{E_{2əks}}{R_2 / s_{əks} + jX_2} . \quad (1.90)$$

Rotorda cərəyanın tezliyi sürüşmə ilə mütənasib olduğu üçün yazmaq olar:

$$f_{2düz} = f_1 \cdot s_{düz} ; \quad f_{2əks} = f_1 \cdot s_{əks} . \quad (1.91)$$

Mühərrikin nominal iş rejimində sürüşmə $s_n = 0,03 \dots 0,07$, $f_1 = 50$ hs şəraitində $f_{2düz} = 1,5 \dots 3,5$ hs, $f_{2əks} = 98,5 \dots 96,5$ hs olur.

Deməli düz maqnit selinin rotorda induksiyaalandığı cərəyan aktiv ($R_{2düz}/s_{düz} \gg X_2$) xarakterdə, əks selin induksiyaalandığı cərəyan induktiv [$R_2/(2 - s_{düz}) \ll X_2$] xarakterdədir.

Bundan əlavə $I_{2əks}$ cərəyanın induktiv xarakterdə olmaası əks maqnit selinə maqnitləşdirici təsir göstərir və $\Phi_{əks}$ maqnit seli xeyli zəifləyir, beləliklə momentin qiyməti cərəyanın aktiv mürəkkəbəsindən asılı olduğuna görə düz maqnit seli ilə $I_{düz}$ cərəyanının qarşılıqlı təsirindən yaranan moment $M_{düz}$, əks maqnit selinin $I_{əks}$ cərəyanı ilə yaratdığı $M_{əks}$ momentindən xeyli böyük olur ($M_{düz} \gg M_{əks}$). Bu səbəbdən rotor öz fırlanmasını düz maqnit selinin fırlanma istiqamətdə davam etdirir:

$$M = M_{2düz} - M_{2əks} = 0. \quad n_2 > 0 \quad (1.92)$$

Əgər rotor tərpənməzdirsə, $n_2 = 0$, $s = 1$, $f_{düz} = f_{əks} = f_1$.

$M_{düz} = M_{əks}$ və $M = M_{düz} - M_{əks} = 0$ mühərrikin rotoru fırlanmayacaqdır. Deməli, birfazlı asinxron mühərrikin başlanğıc işə salma momenti yoxdur.

Başlanğıc işə salma momenti yaratmaq üçün birfazlı asinxron mühərriklər işə salma dolağı adlanan köməkçi əlavə dolaqla təchiz edilirlər. İşə salma olağı qısa müddət ərzində işlədiyindən statordakı yuvalar sayının az hissəsində yerləşdirilir. Adətən yuvaların 2/3 hissəsi işçi dolaq (İD), 1/3 hissəsini isə işə salma (İSD) dolağı tutur işəsalıcı dolaq statorda elə yerləşdirilir ki, onun maqnit seli, işçi dolağın maqnit selindən 90° sürüşmüş olsun. İşəsalma zamanı fırlanan maqnit selinin alınması üçün cərəyanlar arasında müəyyən faza fərqi olmalıdır. Buna görə də işə salma dolağı ilə ardıcıl faza sürüşdürücü element Z_f qoşulur (şəkl.1,35,a). Faza sürüşdürücü elementin xarakterindən asılı olaraq, işçi cərəyan və işə salma cərəyanı arasında müxtəlif fazalar fərqi yaranır. Faza sürüşdürücü element kimi ən çox aktiv müqavimət və tutum işlədilir.

Yaxşı işə salma xarakteristikaları tutum tətbiq etdikdə alınır. Tutumun qiymətini elə seçmək olar ki, cərəyanlar arasındakı faza fərqi 90° olsun.

İşə salma dolağının sarğılar sayı elə seçilə bilər ki, işə salma momenti $M_{is} = (2...2,5) M_n$ qiymətinə çatsın. Bu halda dairəvi fırlanan maqnit seli yaranır.

Tutumun qiyməti çox böyük olduğuna görə kondensatorun ölçüləri və qiyməti də nisbətən böyük olur. Odur ki, kondensatorla işə salma az istifadə olunur.

Böyük işə salma momenti tələb olunmayanda faza sürüşdürücü element kimi ən çox aktiv müqavimət tətbiq edilir.

Bəzən aktiv müqavimət əvəzinə işə salma dolağı naqilinin en kəsiyi kiçik götürülərək, süni sürətdə aktiv müqaviməti artırır, bu halda işə salma dolağından eyni zamanda faza sürüşdürücü element kimi istifadə edilir. Aktiv müqaviməti artırıl-

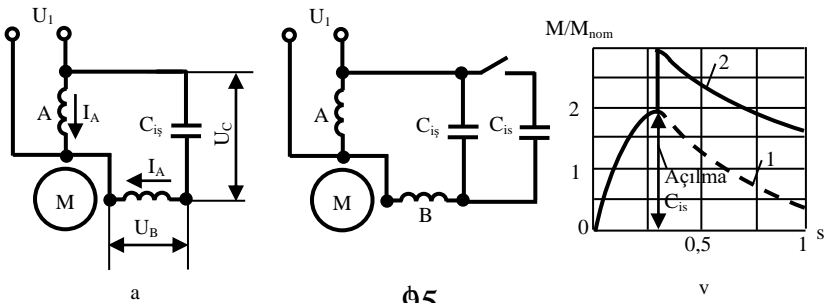
mış dolaqlı işə salma momentinin dəfəliyi $k_{is} = 1 \dots 1,5$, işə salma cərəyanının dəfəliyi $k_{is} = 5 \dots 9$ olur.

İşə salma zamanı mühərrikin mexaniki xarakteristikaları şəkl. 1.35, v-də göstərilmişdir. K kontaktı qapanan zaman işə salma dolağı işə qoşulur, fırlanan maqnit seli əmələ gəlir və o rotoru özü ilə bərabər fırladır. Bu halda fırlandırıcı momentin dəyişməsi 1 xarakteristikasına uyğun gəlir.

Mühərrikin rotorunun fırlanma sürəti $n_2 = 0,75n_1$ -ə çatdıqda işə salma dolağını dövrədən açırlar və bundan sonra mühərrik 2 xarakteristikası üzrə işləyir. İşə salma dolağı mərkəzdənqaçma açarının köməyi ilə, avtomatik olaraq dövrədən açılır.

1.22. Kondensatorlu asinxron mühərriklər

Kondensatorlu asinxron mühərrikin statorunda iki birfazlı dolaq yerləşdirilir (əsas və köməkçi). Bunların hər biri qütb bölgüsünün yarısını tutur və bir-birinə nəzərən fazada 90° el. dərəcəsi qədər sürüşmüş olurlar. Bu mühərriklərin rotoru qısa qapanmış hazırlanır. Əsas dolaq birfazlı şəbəkəyə birbaşa, köməkçi dolaq isə bu şəbəkəyə işçi kondensator $C_{i\dot{s}}$ vasitəsilə qoşulur (şəkl. 1.37, a), kondensatorlar əsas və köməkçi dolağın cərəyanlarının arasında faza sürüşməsi yaradır. Yuxarıda baxılan birfazlı asinxron mühərrikindən fərqli olaraq, köməkçi dolaq iş müddətində şəbəkəyə qoşulmuş halda qalır. Beləliklə, əgər bir fazlı asinxron mühərrik işə salma prosesi başa çatdıqda döyünən maqnit seli ilə, kondensatorly mühərrik isə fırlanan maqnit selilə işləyir.



Şək.1.37. Kondensatorlu asinxron mühərriklər:

a) işçi kondensatorlu; b) işçi və işə salıcı kondensatorlu; v) mexaniki xarakteristikalar

Şəbəkənin U_1 gərginliyindən tələb olunan dairəvi fırlanan maqnit seli Φ almaq üçün işçi kondensatorun tələb olunan tutumu aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$C_{i\dot{s}} = I_{\dot{s}as} \cos \varphi_{\dot{s}as} / (U_1 f k), \quad (1.93)$$

burada $\varphi_{\dot{s}as}$ – U_1 gərginliyi ilə əsas dolaqdan axan $I_{\dot{s}as}$ cərəyanı arasındakı faza fərqi bucağı;

k – statorun hər iki faza dolağındakı effektiv sarğılar sayının nisbəti ilə təyin olunan əmsal;

$$k = W_{kkdk} / W_{\dot{s}kds}, \quad (1.94)$$

k_{dk} və k_{ds} -uyğun olaraq statordakı köməkçi və əsas dolaqların dolaq əmsalı.

$k = \tan \varphi_{\dot{s}}$ bərabər olduğu zaman kondensatorun $C_{i\dot{s}}$ tutumu mühərrikdə dairəvi maqnit selinin alınmasını təmin edir.

(1.93) ifadəsindən görünür ki, işçi kondensatorun tutumu şəbəkənin U_1 gərginliyi ilə tərs mütənəsb, yəni şəbəkənin gərginliyi nə qədər yüksək olursa, tələb olunan tutumda $C_{i\dot{s}}$ az olur.

Kondensatorun tipini seçən zaman kondensatorun işçi gərginliyi kondensatora tətbiq olunan sinusoidal gərginliyin U_s amplitud qiymətinə görə təyin edilir:

$$U_s = U_1 \sqrt{1+k^2}. \quad (1.95)$$

Birfazlı asinxron mühərriklərlə müqayisədə kondensatorlu asinxron mühərriklərin F.İ.Ə və güc əmsalı ($\cos \varphi_1 = 0,80 \dots 0,95$) böyük qiymətə malikdir. Lakin bu mühərriklərin işə sal-

ma xassələri qeyri-qənaətbaxşdır. Çünki işə salma zamanı mühərrikin maqnit seli elleptik olur və onun tərkibində əks mürəkkəbə çox olur. Buna görə işçi kondensatorlu $C_{i\dot{s}}$ mühərrik $M_{i\dot{s}} = (0,3...0,5)M_{nom}$ işə salma momenti yaradır. Mühərrikin işə salma momentini artırmaq üçün işçi kondensatora $C_{i\dot{s}}$ paralel işə salıcı kondensator C_{is} qoşulur. (şək.1.37,b). İşə salıcı kondensatorun tutumu işçi kondensatorun tutumundan bir neçə dəfə böyük olur. Məsələn nominal momentə bərabər işə salma momenti əldə etmək üçün işə salma kondensatorun tutumunun $C_{is} = (2,0...2,5) C_{i\dot{s}}$ bərabər olması tələb olunur. Daha böyük qiymətlə işə salma momenti almaq üçün işə salma kondensatorunun tutumunu $C_{is} = (5...7) C_{i\dot{s}}$ qədər artırmaq olar.

Şək. 1.37,v-də kondensatorlu mühərrikin işçi kondensatorla $C_{i\dot{s}}$ (xarakteristika 1) və işçi və işə salıcı kondensatorla ($C_{i\dot{s}}+C_{is}$) (xarakteristika 2) birlikdə mexaniki xarakteristikalar göstərilmişdir.

İşə salıcı kondensatoru təkə işəsalma vaxtı işə qoşurlar. Mühərrik sürətləndikdən sonra C_{is} açılır, ona görə ki, sürüşmənin böyük olmayan qiymətlərində belə koməkçi dolağın dövrəsində xeyli böyük tutumun ($C_{i\dot{s}}+C_{is}$) və induktivliyin L olması gərginlik rezonansına və ya rezonansa yaxın halın baş verməsinə səbəb ola bilər. Nəticədə kondensatorda və stator dolağındakı gərginlik şəbəkə gərginliyindən 2...3 dəfə çox ola bilər, buda kondensatorun deşilməsinə bə mühərrikin sıradan çıxmasına səbəb ola bilər.

İşçi və işə salıcı kondensatorlu mühərriklər böyük işə salma momenti tələb olunan qurğularda geniş tətbiq olunurlar.

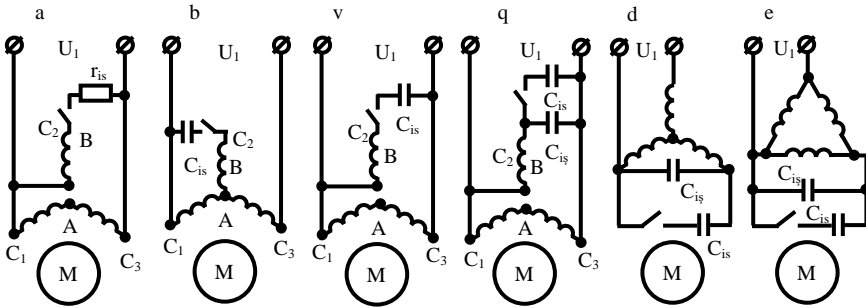
İşə salıcı kondensatorların tətbiqi qurğunun qiymətini bahalaşdırır və onun qabarit ölçülərini artırır.

Kondensatorlu asinxron mühərriklər məişət texnikasında (soyuducularda, paltar yuyan maşınlarda, elektrik alətlərində və s.) və avtomatika qurğularının intiqalında geniş istifadə olunur.

Kondensatorlu mühərriklərin enegetik göstəriciləri demək olar ki, üçfazlı asinxron mühərriklərin uyğun göstəriciləri kimidir.

1.23. Üçfazlı asinxron mühərriklərin birfazlı şəbəkədə işi

Birfazlı dəyişən cərəyan şəbəkəsində üçfazlı asinxron mühərriki qidlandırmaqla onu birfazlı rejimdə işlətmək olar. Bu halda üçfazlı mühərrikdən işəsalıcı rezistorlu $r_{i\dot{s}}$ (şək. 1.38,a) və ya işəsalıcı kondensatorlu (şək. 1.38,v), yaxud daimi qoşulmuş işçi kondensatorlu $C_{i\dot{s}}$ və işə salma vaxtı qoşulan işə salma kondensatorlu C_{is} (şək. 1.38;q,d,e) birfazlı mühərrik kimi istifadə etmək olar. Ən yaxşı göstəricilər kondensatorlu sxemlərdə alınır.



Şək. 1.38. Üçfazlı asinxron mühərrikin birfazlı şəbəkəyə qoşulma sxemləri

İşçi kondensatorun $C_{i\dot{s}}$ tutumu və gərginliyi şək. 1.38;q,d,e-də göstərilən sxemlər üzrə aşağıdakı empirik ifadələrlə təyin edilir:

$$C_{i\dot{s}} \approx 2700I_{nom}/U_1, \quad U_k \approx 1,13U_1$$

$$C_{i\dot{s}} \approx 2800I_{nom}/U_1, \quad U_k \approx U_1$$

$$C_{i\dot{s}} \approx 4800I_{nom}/U_1, \quad U_k \approx 1,15U_1$$

burada I_{nom} – üçfazlı mühərrikin stator dolağının nominal (faz)cərəyanı;

U_1 – birfazalı şəbəkənin gərginliyidir.

İşçi kondensatorun C_{is} son (dəqiq) qiymətini təcrübə yolu ilə təyin edirlər. Bu halda dolaqlardan axan faz cərəyanları nominaldan çox olmamalıdır.

İşə salma xarakteristikasını yaxşılaşdırmaq üçün işçi kondensatora işə salma zamanı paralel qoşulan işəsalıcı kondensatorun tutumu $C_{is} \approx (2...3) C_{is}$ böyük olmalıdır. Bəzən C_{is} qiymətini $C_{is} \leq 8 \cdot C_{is}$ –dək artırmaq lazım gəlir (böyük işə salma momenti tələb olunduqda).

Yuxarıda göstərilən sxemlərdə adətən kağızlı (КБГ – МН, БГТ); metal kağızlı (МБГЧ); elektrolit işəsalıcı (ЭП) kondensatorlar (dəyişən cərəyan dövrləri üçün) tətbiq olunur.

İndi isə üçfazlı mühərrikin birfazlı rejimdə işlədikdə onun gücünün dəyişməsinə araşdıraq.

Əgər qəbul etsək ki, həm üçfazlı və həm də birfazlı rejimdə mühərrikin stator dolağında yaranan itkilər bir-birinə bərabərdir. Üçfazlı rejimdə cərəyan üçfazadan, birfazlıda isə ikisindən keçdiyini nəzərə alsaq, onda

$$3I_{I(3)}^2 R_1 = 2I_{I(1)}^2 R_1, \quad (1.95)$$

burada $I_{I(3)}$ və $I_{I(1)}$ – uyğun olaraq üçfazlı və birfazlı rejimdə mühərrikin stator dolağından axan cərəyanlar;

R_1 – stator dolağının aktiv müqavimətidir.

(1.95) – dən alırıq:

$$I_{I(1)} = I_{I(3)} \sqrt{\frac{2}{3}} = 1,22 I_{I(3)}. \quad (1.96)$$

Bu ifadədən görünür ki, birfazlı rejimdə fazalardan axan cərəyanı 1,22 dəfə artırmaq olar.

Birfazlı və üçfazlı rejimlərdə mühərrikin şəbəkədən tələb etdiyi güc aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$P_{1(1)} = U_1 I_{1(1)} \cos \varphi_{(1)}; \quad (1.97)$$

$$P_{1(3)} = \sqrt{3} U_1 I_{1(3)} \cos \varphi_{(3)}. \quad (1.98)$$

Hər iki rejimdə mühərrikin valındakı faydalı gec:

$$P_{2(1)} = P_{1(1)} \eta_{(1)} = U_1 I_{1(1)} \cos \varphi_{(1)} \eta_{(1)}. \quad (1.99)$$

$$P_{2(3)} = P_{1(3)} \eta_{(3)} = \sqrt{3} U_1 I_{1(3)} \cos \varphi_{(3)} \eta_{(3)}. \quad (1.100)$$

(1.96) nəzərə almaqla hər iki rejimdə güclərin nisbəti:

$$\frac{P_{2(1)}}{P_{2(3)}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\cos \varphi_{(1)} \eta_{(1)}}{\cos \varphi_{(3)} \eta_{(3)}}. \quad (1.101)$$

Birfazlı rejimdə $\cos \varphi_{(1)}$ və $\eta_{(1)}$ aşağı olduğundan $\cos \varphi_{(1)} \approx 0,95 \cos \varphi_{(3)}$; $\eta_{(1)} \approx 0,95 \eta_{(3)}$ qəbul etmək olar. Onda güclərin nisbəti aşağıdakı şəkli alır:

$$P_{2(1)}/P_{2(3)} \approx 0,63. \quad (1.102)$$

Deməli, üçfazlı mühərriki birfazlı rejimdə istifadə etsək, birfazlı rejimdə onun gücü üçfazlıdakı gücünün 63% təşkil edir.

Üçfazlı asinxron mühərriki birfazlı rejimdə ən çox kənd təsərrüfatında üçfazlı şəbəkə olmayan yerlərdə tətbiq olunur.

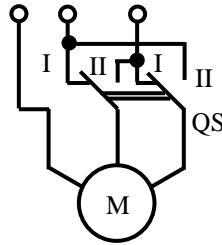
1.24. Asinxron mühərriklərin elektriki tormozlanması

Müasir istehsal qurğularında işçi maşınların tez və səliqəli dayandırılması lüzumu meydana çıxır. Bundan ötrü elektrik mühərriklərinin tormozlanmasından istifadə edilir. Tormozlama mexaniki və ya elektriki olur. Elektriki tormozlamanın mexaniki tormozlamadan bir sıra üstünlükləri vardır, xüsusən o hallar-

dakı dayanma momentinin dəqiq tənzimlənməsi və əməliyyatın səlistliyi tələb olunur. Asinxron mühərriklərin elektriki tormozlanmasının üç əsas üsulu vardır:

- əks-qoşma ilə və ya elektromaqnit tormozlama;
- generator (rekuperativ) tormozlama;
- dinamik tormozlama.

Əks-qoşma ilə mühərrikin tormozlanması. Əks-qoşma ilə tormozlama mühərrikin stator dolağının iki fazasının yerini dəyişməklə əldə edilir (şək. 1.39). Bu zaman maşının maqnit sahəsi fırlanma istiqamətini dəyişir, rotor isə ətalətlə əvvəlki istiqamətində fırlanır. Nəticədə mühərrikin yaratdığı moment tormozlayıcı təsir göstərir. Bu halda sürüşmə vahiddən böyük olur $s > 1$. Mühərrik dayanan kimi onu şəbəkədən açmaq lazımdır, əks halda o əks istiqamətdə fırlanmağa başlayar. Asinxron mühərriklərini bu üsulla tormozlayan zaman yaranan əks-qoşma cərəyanını məhdudlaşdırmaq üçün rotor dövrəsinə əlavə aktiv müqavimət qoşmaq lazımdır.

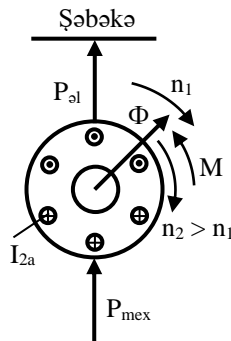


Şək. 1.39. Asinxron mühərrikin əks-qoşma ilə tormozlama reliminə qoşulma sxemi

Praktikada əks-qoşma ilə tormozlamadan mexanizmlərin cəld dayandırılmasında istifadə edilir. Bu üsulla tormozlamamanın üstün cəhəti, aşağı fırlanma sürətlərində böyük tormozlayıcı momentin yaranması və tormozlanmanın cəld və tez aparılmasının mümkün olmasıdır. Çatışmayan cəhəti tormozlama zama-

n_1 rotor dövrəsində əlavə istilik itkiləri yaranır və rotoru qızdırır.

Generator tormozlama rejimi. Asinxron maşının generator (rekuperativ) tormozlanması üçün rotorun sürəti n_2 maqnit sahəsinin sürətindən n_1 böyük olmalıdır. Belə şərait qaldırıcı qurğularda yükü endirən zaman yaranır. Çoxsürətli mühərriklərdə rekuperativ tormozlama böyük sürətdən (kiçik cüt qütblər sayından böyük qütblər sayına keçdikdə) kiçik sürətə keçməklə əldə edilə bilər. Bu zaman maşın generator rejiminə keçir və hərəkət edən kütlələrin enerjisini elektrik enerjisinə çevirib şəbəkəyə verir (şək. 1.40).



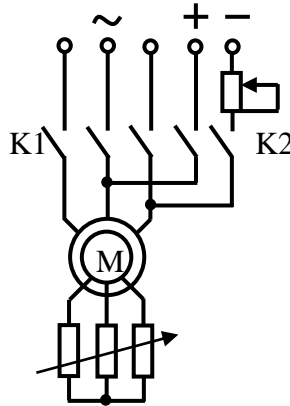
Şək. 1.40. Asinxron mühərrikin generator tormozlama rejimi

Rekuperativ tormozlama zamanı əlavə istilik itkiləri yaranmır. Çatışmayan cəhəti qidalandırıcı şəbəkənin tezliyi $f = \text{const}$ olduğuna görə tormozlamanın ancaq böyük fırlanma tezliyində $n_2 > n_1$ baş vermişdir.

Dinamiki tormozlama. Asinxron mühərriki dinamiki tormozlama rejiminə keçirmək üçün mühərrik üçfazlı şəbəkədən açılır və stator dolağına sabit cərəyan verilir. Bu zaman rotor dolağı tənzimlənən müqavimətlə qapanır. Mühərrik rejimindən dinamiki tormoz rejiminə keçmək üçün K1 kontaktları (şək.

1.41) statoru dəyişən cərəyan mənbəyindən açır, K2 kontaktları isə stator dolağını sabit cərəyan mənbəyinə qoşur. Müxtəlif tormozlama xarakteristikaları və tormozlama zamanı yaranan cərəyanı məhdudlaşdırmaq üçün xarici müqavimətlər nəzərdə tutulur.

Dinamiki tormozlama zamanı stator dolağından axan sabit cərəyan fəzada tərpnəmz maqnit sahəsi yaradır, öz ətaləti ilə fırlanan rotorda yaranan dəyişən cərəyanla tərpnəmz maqnit sahəsinin qarşılıqlı təsirindən tormozlayıcı moment əmələ gəlir. Bu moment statorun MHQ-dən rotorun müqvimətindən və mühərrikin bucaq sürətindən asılıdır.



Şək. 1.41. Asinxron mühərrikin dinamik tormozlama reliminə keçməsi sxemi

Energetik nöqteyi nəzərdən dinamik tormozlama rekuperativ tormozlamaya nəzərən az əhəmiyyətlidir. Ona görə ki, tormozlayıcı kütlələrin kinetik enerjisi faydalı istifadə olunmur, reostatda sönür. Lakin buda tormozlamayı aşağı fırlanma tezliklərində $n_2 < n_1$ yerinə yetirilməsinə imkan verir.

Asinxron maşın dinamik tormoz rejimində reostata işləyən avtonom sinxron generatora çevirilir.

1.25. Asinxron generator

Asinxron maşını da başqa elektrik maşınları kimi dönəbilmə prinsipinə malikdir. Yəni asinxron maşın şəraitindən asılı olaraq həm müərrik, həm də generator rejimində işləyə bilər. Bu halda maşın valına verilən mexaniki enerjini elektromaqnit sahəsi vasitəsilə elektrik enerjisinə çevirib şəbəkəyə verəcəkdir.

Asinxron müərrikin nəzəriyyəsiindən məlumdur ki, əgər normal şəraitdə işləyən müərrikin rotorunu başqa bir aparıcı müərrik vasitəsi ilə statorun fırlanan maqnit seli istiqamətində sinxron sürətdən (n_1) böyük sürətə (n_2) fırlandırılırsa, o zaman asinxron müərrik generator rejiminə keçəcəkdir. Bu halda $n_2 > n_1$ şərtinə görə rotorun sürüşməsi mənfəi olur:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} < 0.$$

Müərrik rejimi ilə müqayisədə rotor dolağındakı EQ öz istiqamətini əksinə dəyişir. Bunun nəticəsində I_1 və I_2 cərəyanlarının aktiv mürəkkəbələri öz istiqamətlərini dəyişirlər (müərrik rejimi ilə müqayisədə), maşın şəbəkəyə aktiv güc verir və generator rejimində işləyir. Fırlanan maqnit seli yaratmaq üçün tələb olunan reaktiv gücü asinxron generator şəbəkədən alır və onunla paralel qoşulmuş sinxron maşınları əlavə reaktiv cərəyanla yükləyir.

Reaktiv gücün bu cür tələb olunması asinxron generatorun əsas nöqsanlarından biri olub, onun geniş yayılmasına maneçilik törədir.

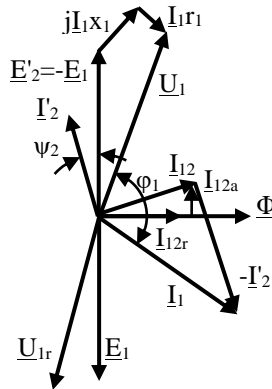
Rotor cərəyanının reaktiv mürəkkəbəsinin

$$I_{2r} = \frac{E_{2s}}{\sqrt{r_2^2 + (x_2 s)^2}} \sin \psi_2 = \frac{s_2 E_2 x_2}{r_2^2 + (x_2 s)^2} \quad (1.103)$$

generator rejimində ($s < 0$) işarəsi mühərrik rejimindəki kimi olur.

Şək. 1.42-də asinxron generatorun vektor diaqraması göstərilmişdir. Vektor diaqramı maşının generator rejimi üçün doğru olan aşağıdakı tənliklərə uyğun qurulmuşdur.

$$\underline{U}_1 = -E_1 + I_1 Z_1 = -E_1 + I_1 (R_1 + jX_1) ; \quad (1.104)$$



Şək. 1.42. Asinxron generatorun vektir dioqramı

$$E'_2 = I'_2 (Z'_2 + R_{mx}) = I'_2 (R'_2 / s + jX'_2) ; \quad (1.105)$$

$$I_1 = I_{12} + (-I'_2) . \quad (1.106)$$

Vektor diaqramından görünür ki, generator rejimində bucaq $\varphi > \pi/2$, onda $P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0$ olur. Bu da onu göstərir ki, güc tələb olunmur, ancaq şəbəkəyə verilir.

U_1 vektoru şəbəkənin gərginliyini göstərir. Generatorun gərginlik vektoru U_{1g} şəbəkənin gərginliyini U_1 müvazinətləşdirir və bir-birinə əks istiqamətlənmiş olurlar: $U_{1g} = -U_1$.

Generatorun şəbəkəyə verdiyi aktiv gücün tənzimlənməsi rotorun fırlanma sürətinin dəyişməsi ilə yerinə yetirilir.

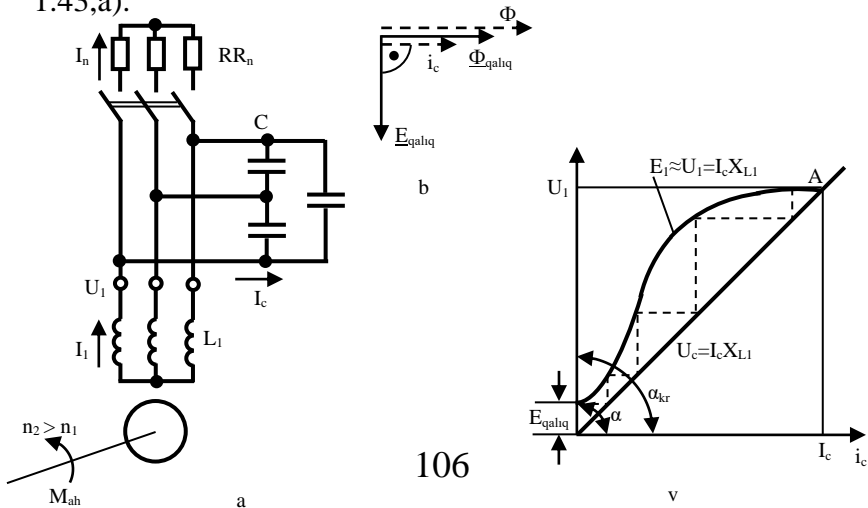
Generatorun işçi xarakteristikaları dairəvi diaqramdan və ya əvəz sxemindən istifadə etməklə qurula bilər.

Asinxron generatorun və eləcə də asinxron müərrikin çatışmayan cəhəti tələb olunan fırlanan maqnit seli yaratmaq üçün şəbəkədən reaktiv güc tələb etməsidir. Bu güc generatorun tam gücünün 20...50%-ni təşkil edir. Buna görə də asinxron generatorlar dəyişən cərəyan mənbəyi kimi çox az hallarda tətbiq edirlər.

Elektrik intiqalında asinxron maşının generator rejimindən rekuperativ tormozlama üçün istifadə edilir. Buna misal olaraq yükqaldırıcı vasitəsilə yükün aşağı salınması zamanı müərrikin yükün endirilmə istiqamətində isə qoşulmasını göstərmək olar. Bu halda yükün ağırlıq qüvvəsinin təsirindən rotor sürətlənir və onun sürəti sinxron sürətdən böyük olur, yəni müərrik generator rejiminə keçir.

Bu zaman yaranan tormozlayıcı moment yükün aşağı düşmə sürətini məhdudlaşdırır, yükün kinetik enerjisi elektrik enerjisinə çevirilərək şəbəkəyə qaytarılır.

Reaktiv güc mənbəyinə malik dəyişən cərəyan şəbəkəsilə paralel işləməkdən əlavə, özünə təsirlənmə rejimində asinxron maşının avtonom generator kimi işləməsi mümkündür. Bu halda maqnit seli yaratmaq üçün reaktiv enerji mənbəyi olaraq statik kondensatorlar batareyasından istifadə edilir (şək. 1.43,a).



Şək. 1.43. Asinxron avtonom generatorun sxemi (a) və onun özünə təsirlənmə şəraiti (b və v)

Kondensatordan axan I_c tutum cərəyanı generator üçün maqnitləşdirici I_μ cərəyanı olacaqdır.

Özünə təsirlənmə prosesi aşağıdakı kimi baş verir. Generatorun rotoru kənar mühərrik vasitəsilə müəyyən sürətlə fırlandırılır. Rotorun nüvəsindəki qalıcı maqnit seli stator dolağında E_{qal} elektrik hərəkət qüvvəsi induksiyalandırır (şək. 1.43:b,v). Kondensatorlar batareyası dövrəsindən uyğun I_c cərəyanı axır. Bu generator üçün maqnitləşdirici cərəyan olduğundan maqnit seli artır, EQ E_g artır, cərəyan artır və s. Özünə təsirlənmə prosesi E_g EQ-nin kondensatorun U_c gərginliyinə bərabər olana qədər (A nöqtəsi) davam edir.

Asinxron avtonom generatoru özünə təsirləndirmək üçün böyük tutumlu kondensatorlar tələb olunur. Buda qurğunun ölçülərini və qiymətini artırır.

Asinxron avtonom generatorlar ən çox qısa qapanmış rotorlu yerinə yetirilir, məhtud tətbiq sahələri vardır. Əsasən kiçik güclü xüsusi energetik qurğularda tətbiq tapmışlar.

1.26. Asinxron tezlik çeviricisi

Asinxron maşınlardan tezlik çeviricisi kimi istifadə olunması imkanı maşının rotorunda cərəyanın tezliyinin sürüşmədən asıllığı $f_2 = f_1 \cdot s$ bərabərliyindən irəli gəlir.

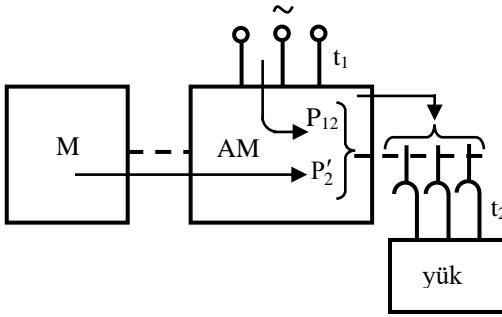
Sürüşməni dəyişməklə f_2 tezliyini f_1 tezliyi ilə müqayisədə artırır ($s > 1$) və ya azaltmaq ($s < 1$) olar. Asinxron tezlik çeviriciləri əsasən dəyişən cərəyanın tezliyinin 50 Hz-dən 200 Hz-ə qədər artırılması üçün praktiki tətbiq tapmışlar.

Onlardan fırlanma tezliyi $n > 3000$ dövr/dəq böyük olan sürətli asinxron mühərriklərinin qidalandırmaq üçün istifadə edirlər.

Asinxron tezlik çeviricisi (şək. 1.44) üçfazlı kontakt həlqəli asinxron maşınından AM və ona birləşdirilmiş aparıcı mühərrikdən M ibarətdir.

Asinxron maşının (AM) stator dolağı f_1 sənaye tezlikli ilkin şəbəkəyə qoşulur, rotor dolağı kontakt həlqəli və fırçalar vasitəsilə ikinci şəbəkəni f_2 tezlikli cərəyanla qidalandırır. Yük rotorun kontakt həlqələri tərəfdən qoşulur.

Əgər rotor tərpənməzdirsə $n_2 = 0$, $s = 1$ və $f_2 = f_1$ olur. Bu halda asinxron maşının statik transformator rejimində işləyir. $P_{\text{mex}} = 0$, statora verilən P_1 gücü itkiləri çıxmaq şərtlə faydalı P_2 kimi işlədiciyə verilir.



Şək. 1.44. Asinxron tezlik çeviricisi

Rotor sinxron sürətlə sahənin əksinə fərləndirilsə, $n_2 = n_1$ olarsa sürüşmə $s = 2$ və $f_2 = 2f_1$ alınan tezlik ikiqat qiymətə malik olur. Bu halda işlədiciyə ötürülən gücün yarısı aparıcı mühərrikdən mexaniki güc kimi, yarısı isə statorun elektrik gücü kimi alınır.

Tezlik çeviricisi çox hallarda mufta ilə birləşdirilmiş 50 Hz tezlikli şəbəkədən qidalanan asinxron elektrik intiqalı ilə işləyir. Əgər aparıcı asinxron mühərrikinin cüt qütbülər sayı p_m , tezlik çeviricisinin cüt qütbülər sayını p_c işarə edib və qəbul etsək ki,

$$n_2 \cong n_{1m} = \frac{60f}{p_m} \text{ onda tezlik çeviricisinin sürüşməsini aşağıdakı}$$

kimi ifadə etmək olar:

$$s = \frac{n_1 + n_2}{n_1} = \frac{\frac{60f_1}{p_\zeta} + \frac{60f_1}{p_m}}{\frac{60f_1}{p_\zeta}} = p_\zeta \left(\frac{1}{p_\zeta} + \frac{1}{p_m} \right) = \frac{p_m + p_\zeta}{p_m}. \quad (1.107)$$

Asinxron məşinin müxtəlif iş variantlarında tezlik çeviricisi kimi istifadə olunması cədvəl 1 -də verilmişdir.

Cədvəl 1

Qütbülərin sayı	Sürüşmə	Tezlik, hs	Tezlik çeviricisinin rotoru maqnit sahəsinin əksinə fırlanır
$p_\zeta = p_m$	2	100	Sahə
$p_\zeta = 2p_m$	3	150	İki dəfə sahənin sürətindən böyük
$p_\zeta = 3p_m$	4	200	Üç dəfə sahənin sürətindən böyük

Bu növ tezlik çeviricilərinin tezliyinin 200 hs - dən çox artırılması qənaətbaxış sayılmır, çünki bu halda rotorda yaranan polad itkiləri tezliyin artması ilə çox sürətlə artır və çox böyük qiymətə malik olur.

200 hs tezlikdən səyyar əl alətlərinin, ağac emal edən dəzgahların, elektrik maşınlarının və kənd təsərrüfatında qırxım maşınlarının elektrik intiqalında geniş istifadə olunur.

Əgər tezliyin tənzimlənməsi tələb olunursa, onda aparıcı mühərrik kimi sürəti tənzim olunan sabit cərəyan mühərrikindən istifadə olunur. Qeyd etmək olar ki, bu halda tezliklə bərabər çıxışdakı gərginlikdə dəyişəcəkdir.

Laboratoriya işi 1

Üçfazlı asinxron maşının tərpənməz rotor şəraitində tədqiqi

İşin məqsədi. İnduksiyon tənzimləyici (İT) və tənzimlənən reaktiv sarğac (TRS) kimi asinxron maşını istifadə etdikdə onun xüsusiyyətləri, dolaqların birləşmə sxemləri ilə tanış olmalı, xarakteristikaların eksperimental yolla şıxarılması metodikasını mənimsəməli, İT və TRS kimi işlədikdə maşının əsas xassələrini öyrənməkdir.

İşin proqramı

1. İnduksiyon tənzimləyici kimi istifadə olunan faza rotorlu asinxron maşının pasport göstəricilərini qeyd etməli, qidalandırıcı dolağın seçilməsini əsaslandırmağı.

2. Birinci və ikinci tərəf gərginliklərinin simmetrikliliyini yoxlamalı.

3. Stator dolağının EHQ-ni ölçməli.

4. Təcrübələr aparmalı və təcrübədən alınmış qiymətlərə əsasən maşının yüksüz iş rejimində ikinci tərəf gərginliyinin rotorun dönmə bucağından asılılıq xarakteristikasını $U_{2x}^{(1)} = f(\beta)$ qurmqlı.

5. Bir faza üçün gərginliklərin vektor diaqramını və onun əsasında $U_{2x}^{(1)} = f(\beta)$ asılılığını qurmqlı.

6. Təcrübələr aparmalı, təcrübədən alınmış qiymətlərə əsasən xarici xarakteristikamı $U_{2x}^{(1)} = f(I_2)$ qurmqlı.

7. Təcrübələrdən alınmış qiymətlərə əsasən tənzimlənən reaktiv sarğacın cəryanın rotorun dönmə bucağından asılılıq xarakteristikasını $I = f(\beta)$ qurmqlı.

İşin yerinə yetirilmə qaydası

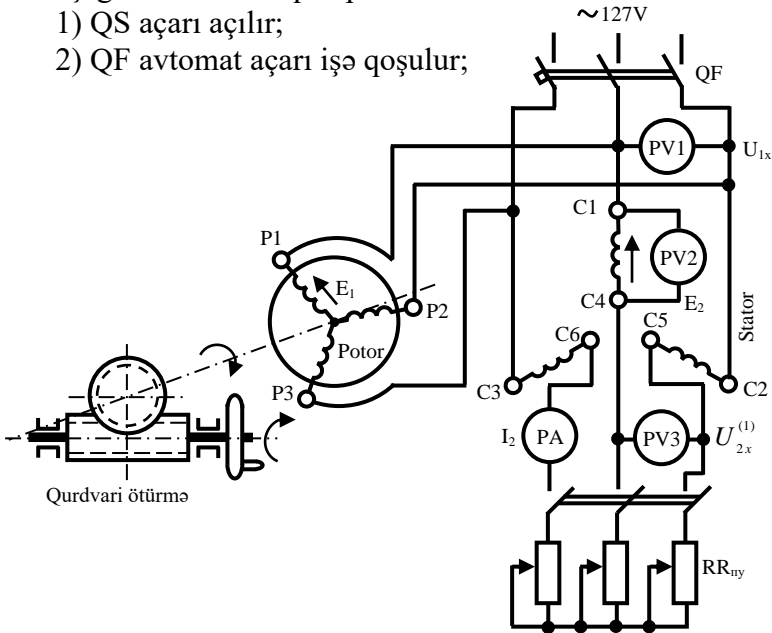
İnduksiyon tənzimləyici və tənzimlənən reaktiv sarğac roto-

ru qurdvari ötürmə vasitəsilə öz-özünə tormozlanan faza rotorlu üçfazlı asinxron maşındır. Ötürməyə bərkidilmiş nazın çarxın fırlatmaqla rotoru statora nəzərən səlist döndərmək olur (şək. 1.45).

İnduksiyon tənzimləyicini tətbiq etmək üçün şək.1.45. sxemi yığılır. Bu sxemdə rotor dolağı birinci, stator dolağı ikinci dolaq kimi istifadə edilir. Dolaqlar avtotransformator sxemi üzrə birləşdirilir.

İnduksiyon tənzimləyicinin birinci və ikinci tərəf dolaqlarının gərginliklərinin simmetrikliliyini yoxlamaqda məqsəd tənzimləyicinin çıxışında şəbəkənin gərginliyinə nəzərən üçfazlı gərginlik sistemində tənzimləyicinin yaratdığı qeyri-simmetrikliliyi təyin etməkdir. Təcübə İT-nin yüksüz işləmə rejimində və aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

- 1) QS açarı açılır;
- 2) QF avtomat açarı işə qoşulur;



Şək.1.45. İnduksiyon tənzimləyicinin tədqiqi üçün laboratoriya stendinin sxemi

3) qurdvari ötürmənin köməyilə rotor elə bir vəziyyətə gətirilir ki, bu halda $U_{2x}^{(1)}$ xətt gərginliyi tənzimləyicinin çıxışındakı şəbəkənin xətt gərginliyinə U_{1x} bərabər olur;

4) şəbəkənin bütün xətt gərginliklərinin və tənzimləyicinin çıxışındakı xətt gərginliklərin və statorun fazasının EHQ E2-sinin ölçüləri aparılır, alınmış qiymətlər cədvəl 1.2-ə qeyd edilir.

Cədvəl 1.2

Xətt gərginlikləri						Gərginliklərin qeyri-simmetriklilik əmsalı			Statorun fazasının EHQ
İT-nin girişində			İT-nin çıxışında						
U_{c1c2}	U_{c2c3}	U_{c3c1}	U_{c4c5}	U_{c5c6}	U_{c6c4}	a_1	a_1	a_1	$E_2 = U_{c1}U_{c4}$
V	V	V	V	V	V				V

Tənzimləyicinin əmələ gətirdiyi qeyri-simmetrikliliyin dərəcəsi qeyri-simmetrik əmsallarının qiymətinə görə aşağıdakı düsturlarla hesablanır:

$$a_1 = \frac{U_{c1c2} - U_{c4c5}}{U_{c1c2}}; \quad a_2 = \frac{U_{c2c3} - U_{c5c6}}{U_{c2c3}}; \quad a_3 = \frac{U_{c3c1} - U_{c6c4}}{U_{c3c1}}.$$

İT-nin ikinci tərəf gərginliklərinin rotorun dönmə bucağından $U_{2x}^{(1)} = f(\beta)$ asılığını təyin etmək üçün təcrübə İT-nin yük-süz işləmə rejimində aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

1) QS açarı açılır; 2) QF avtomat açarı dövrəyə vurulur; 3) qurdvari ötürmənin köməyilə rotor elə bir vəziyyətə gətirilir ki, bu halda İT-nin çıxışındakı U_{2x}^1 gərginliyi maksimum gərginliyə $U_{2\max}^{(1)}$ bərabər olur. Hesab edilir ki, rotorun vəziyyətinə $\beta = 0^\circ$ bucağı uyğun gəlir; 4) rotor hər 15° hənd. 30° el dərəcəsi qədər səlis döndərilir, girişdə U_{x1} tənzimləyicinin çı-

xışında $U_{2x}^{(1)}$ xətt gərginliyi ölçülür, alınmış qiymətlər cədvəl 1.3-ə qeyd edilir.

Təcrübədən alınan qiymətlərə əsasən $U_{2x}^{(1)} = f(\beta)$ qrafiki asıllığı qurulur.

Tənzimləyicinin çıxışında gərginliyin qiyməti vektor diaqramına əsasən qrafiki yolla təyin edilə bilər.

Cədvəl 1.3

β° el	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
β° hən	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
U_{1x}, V													
U_{2x}, V													
$U_{2xqr}^{(1)}$ V													
$U_{2xr}^{(1)}, V$													

Vektor diaqramı aşağıdakı tənliklərə uyğun qurulur:

$$U_{2xqr}^{(1)} = \sqrt{3}U_{2qr}^{(1)} = \sqrt{3}(U_1 + E_2)$$

$U_{2xqr}^{(1)}$ (1) vektor diaqramından tapılmış qiymətləri cədvəl 1.3-də qeyd edilir.

Tənzimləyicinin çıxışında gərginliyin qiyməti aşağıdakı düsturla hesablanı bilər:

$$U_{2xr}^{(1)} = \sqrt{3} \sqrt{\left(\frac{U_{1x}}{\sqrt{3}} + E_2 \cos \beta\right)^2 + (E_2 \cdot \sin \beta)^2},$$

burada U_{1x} – tənzimləyicinin girişindəki xətt gərginliyi; E_2 – stator do-lağının faza EQ; β° bucağı – elektrik dərəcəsilə ölçülür.

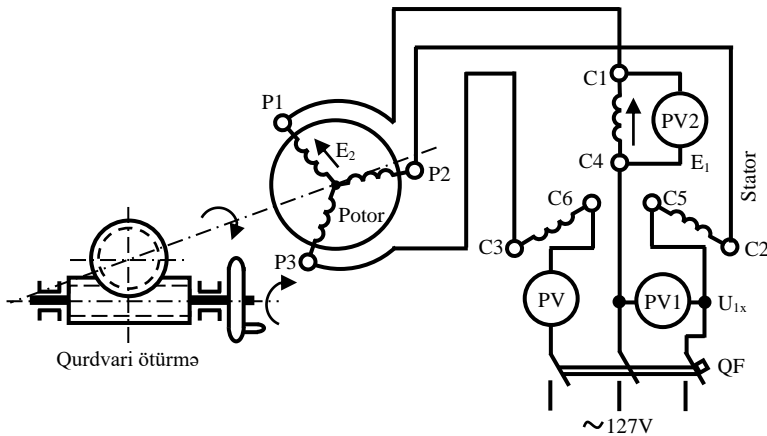
$U_{2xr}^{(1)}$ hesabat qiymətləri (β° el bucağının bütün qiymətləri üçün) cədvəl 1.3-də qeyd edilir.

$U_{2x}^{(1)}$, $U_{2xqr}^{(1)}$, $U_{2xr}^{(1)}$ qiymətlərini müqayisə etdikdə nəzərə alınmalıdır ki, vektor diaqramı qurulanda tənzimləyicinin dolaqlarındakı gərginlik düşgüsü hesaba alınmamışdır. Aydın görünür ki, rotorun dönmə bucağı $\beta = 0^\circ$ qiymətində tənzimləyicinin çıxışında xətt gərginliyi maksimum, $\beta = 180^\circ$ el. olduqda isə minimum olur.

İT-nin xarici xarakteristikası ikinci tərəf xətt gərginliyinin $U_{2xr}^{(1)}$ yük cərəyanından I_2 qrafiki asıllığı $U_{2x}^{(1)} = f(I_2)$ olub, U_{1x} , β və $\cos\varphi_2$ sabit qiymətlərində qurulur.

Təcrübə şəkl. 1.45-də göstərilmiş sxem ilə aşağıdakı ardıcılıqla aparılır:

1) QS açarı açılır; 2) QF avtomat açarı dövrəyə vurulur, tənzimləyici şəbəkəyə qoşulur, rotorun dönmə bucağını dəyişdirməklə ikinci tərəf gərginliyi $U_{2x}^{(1)}$ birinci tərəf gərginliyinə $U_{1x}^{(1)}$ bərabərləşdirilir; 2) QS açarı vasitəsilə tənzimləyici aktiv yükə qoşulur ($\cos\varphi_2 = 1,0$), aktiv yük kimi RR_{ny} reostatından istifadə edilir; 3) rotorun dönmə bucağının vəziyyətini dəyişmədən ($\beta = \text{const}$) tədricən yükün müqaviməti azaldılır, I_2 cərəyanının qiyməti tədricən $1,2 I_{2nom}$ qədər artırılır.



Şəkl. 1.46. Tənzimlənən reaktiv sarğacın tədqiqi üçün laboratoriya stendinin sxemi

Bu halda gərginliyin və cərəyanın qiymətləri qeyd edilir və cədvəl 1.4-ə yazılır.

Cədvəl 1.4

$U_{2x}^{(1)}$								
I_2								

Təcrübədən alınmış qiymətlərə görə $U_{2x}^{(1)} = f(I_2)$ asıllığı qurulur.

TRS -in tədqiqini aparmaq üçün şəkl. 1.46 –də göstərilən sxem yığılır. Şəkilə göstərilən sxemdə stator və rotor dolaqları ardıcıl birləşdirilir.

TRS-in cərəyanın rotorun dönmə bucağından qrafiki asıllığı $I = f(\beta)$ eksperimental yolla çıxarılması aşağıdakı ardıcılıqla aparılır: 1) Sxemə gərginlik verilənə qədər rotor elə bir vəziyyətə gətirilir ki, I_2 cərəyanı minimum qiymətə malik olur (bu halda β bucağı, stator və rotorun faza dolaqlarının oxları arasındakı bucaq sifira bərabər olur); 2) QF avtomat açarı işə qoşulur və TRS şəbəkəyə qoşulur; 3) rotor saat əqrəbi istiqamətində $0^\circ \dots +180^\circ$ el.bucağı qiymətlərdə I_2 cərəyanının ölçüsü aparılır. Sonra rotor döndərilir və ilkin vəziyyətə qaytarılır ($\beta = 0^\circ$) və onu saat əqrəbinin əks istiqamətində $0^\circ \dots -180^\circ$ el. bucağı qədər hüdudlarda səlist döndərilir və hər bir 15° hənd. = 30° el. bucağı qiymətlərdə cərəyanın ölçüsü aparılır. Təcrübədən alınmış qiymətlər cədvəl 1.5-də qeyd edilir.

Cədvəl 1.5

β° el	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	180
β° hənd.	-90	-75	-60	-45	-30	-15	0	15	30	45	60	75	90
I_2, A													

Alınmış qiymətlərə əsasən $I_2 = f(\beta)$ asıllığı qurulur. İşin hesabı proqrama uyğun tərtib edilir.

Laboratoriya işi 2

Faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikin tədqiqi

İşin məqsədi. Faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikin konstruktiv qurluşunu və iş prinsipini, işə salınması və reversivləşdirilməsini öyrənmək, xarakteristikaların çıxarılması və metodikasına yiyələnmək, təcrübədən alınmış qiymətlərə görə asinxron mühərrikin dairəvi diaqramını qurmağı mənimsəmək və buna əsasən mühərrikin işini xarakterizə edən əsas parametrləri təyin etməkdir.

İşin proqramı

1. Faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikin konstruksiyası ilə tanış olmalı, onun pasport göstəricilərini, eyni zamanda tən-zimləyici qurğuların və ölçü cihazların göstəricilərini qeyd etməli.

2. Yüksüz işləmə təcrübəsi aparmalı I_0 , P_0 , $\cos\varphi_0 = f(U_0)$ asılılıqlarını qurmalı. Yüksüz işləmə güc itkisini stator dolağında elektrik P_{el1} , maqnit keçiricisindəki maqnit ΔP_{m1} və mexaniki ΔP_{mex} itkilərə ayırmalı.

3. Qısa qapanma təcrübəsini aparmalı və I_{qq} , P_{qq} , $\cos\varphi_{qq} = f(U_{qq})$ asılılıqlarını qurmalı.

4. Mühərrikin işçi xarakteristikaların qurmaq üçün təsribi sınaqlar aparmalı və alınmış qiymətlərə əsasən I_1 , P_1 , $\cos\varphi$, η , M , $s = f(P_2)$ asılılıqlarını $U = \text{const}$ şəraitində qurmalı.

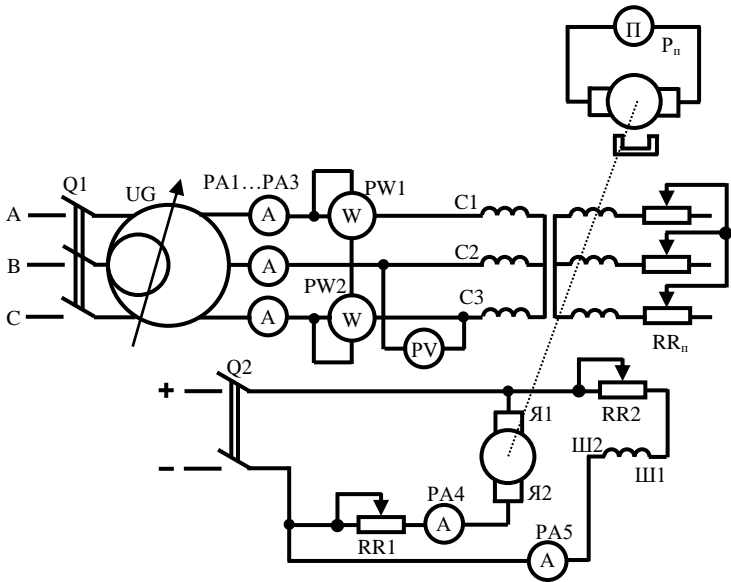
5. Yüksüz işləmə və qısa qapanma təcrübəsindən alınmış qiymətlərə əsasən dairəvi diaqramı qurmalı və onun köməyilə I_1 , P_1 , $\cos\varphi$, η , M , s qiymətlərini gücün nominal qiymətində P_{2nom} təyin etməli və onları təcrübi qiymətlərlə müqayisə etməli. Mühərrikin mexaniki xarakteristikasını qurmalı.

6. Ayrı-ayrı itkilərə görə mühərrikin nominal rejimi üçün FİƏ-nin dəqiqləşdirilmiş qiymətini hesablamalı.

7. Aparılmış iş haqqında nəticə çıxarmalı və hesabat hazırlamalı.

İşin yerinə yetirilmə qaydası

Sınaq stenti faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikdən, tormozlama qurğusundan, gərginlik tənzimləyicisindən və işə salıcı reostatdan ibarətdir (şək. 1.47). Mühərrikin fırlanma tezliyi taxometrlə (P_n) ölçülür. Tormozlayıcı qurğu kimi tormozlama rejimində işləyən sabit cərəyan mühərrikindən istifadə edilir.



Şək. 1.47. Faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikin sınaq stentinin sxemi

Yakor dövrəsinə qoşulmuş reostatın müqavimətini (RR1) tənzim etməklə tələb olunan tormozlayıcı momentin qiymətini müəyyən etmək olar. Onun qiyməti əvvəlcədən çıxarılmış momentin yakor cərəyanından $M = f(I_a)$ asılılığına görə təyin edilir. Hər bir fazada gərginliyi, cərəyanı və tələb olunan gücü ölç-

mək üçün xüsusi çihazlardan istifadə olunur.

Yüksüz işləmə təcrübəsi. Q1 aşarını işə qoşmaqla mühərrik üçfazlı şəbəkəyə qoşulur və induksion tənzimləyici (UG) vasitəsilə onun sıxaclarında $1,1U_{nom}$ bərabər gərginlik verilir. Sonra RR_{is} işə salıcı reostatı səlist işdən çıxarılır. Mühərrik fir lanmağa başlayır, bu halda onun valında yük olmur. Mühərri kin sıxaclarına verilən gərginlik pıləli olaraq $(0,5...0,6)U_{nom}$ qiymətinə qədər azaldılır və ölçmələr aparılır. Nəticə cədvəl 1.6-a qeyd edilir.

Cədvəl 1.6

Təcrübənin №-si	Təcrübə qiymətlər						Hesabat qiymətləri					
	U_0, V	I_A, A	I_B, A	I_C, A	P_I, Vt	P_{II}, Vt	I_0, A	P_0, Vt	$\cos\varphi_0$	$\Delta P_{e1}, Vt$	$\Delta P_{m} + \Delta P_{mex}, Vt$	$\Delta P_{m1}, Vt$

Tələb olunan güc, xətt cərəyanı və güc əmsalı aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$P = P_I + P_{II}; I = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}; \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}UI},$$

burada $P_I + P_{II} - PW1$ və $PW2$ vatmetrlərin göstərişidir.

Təcrübədən alınan qiymətlərə görə yüksüz işləmə xarakteristikaları qurulur $P_0 = f(U_0)$; $I_0 = f(U_0)$; $\cos\varphi_0 = f(U_0)$.

Stator dolağındakı elektrik itkiləri aşağıdakı ifadə ilə təyin edilir:

$$\Delta P_{e1} = 3I_{0F}^2 R_{175} = I_0^2 R_{175},$$

$$\text{burada } R_{175} = R_1 \frac{310}{235 + t} .$$

R_1 – in qiyməti mühərrikin pasport göstəricilərində verilir, təcrübənin aparıldığı şəraitdə temperatur $t = 20^\circ \text{ S}$ qəbul edilir.

Mexaniki itkiləri təyin etmək üçün $(\Delta P_m + \Delta P_{\text{mex}}) = f(U^2)$ asılılıq əyrisi qurulur. Bu əyrinin başlanğıc hissəsi ordinat oxunu kəsincəyə qədər uzadılır, kəsişmə nöqtəsi ilə koordinat oxunun başlanğıcı arasındakı məsafə mexaniki itkilərin qiymətini verir. $(\Delta P_m + \Delta P_{\text{mex}})$ cəmi ikilərdən ΔP_{mex} çıxmaqla maqnit itkiləri ΔP_m təyin edilir. Hesablamalardan əldə edilmiş qiymətlər cədvəl 1.6-də qeyd edilir.

Qısa qapanma təcrübəsi. Induksion tənzimləyici elə bir vəziyyətə gətirilir ki, onun sıxaclarında gərginlik minimum qiymətə malik olur. Mühərrikin rotor dolağının çıxış ucları isə qısa qapanmış vəziyyətə gətirilir ($R_{\text{is}}=0$) və rotor tormozlandırılır. Q1 açarını işə qoşduqdan sonra induksion tənzimləyicinin köməyi ilə gərginlik səlist olaraq mühərrikin cərəyanı $1,1I_{\text{nom}}$ bərabər olana qədər artırılır. Qısa qapanma xarakteristikasını qurmaq üçün qiymətlər gərginliyi tədricən azaltmaqla əldə edilir. Qısa qapanma rejimində güc və cərəyanlar fazalarda simmetrik olduqlarına görə ölçməni birfaza üzrə aparmaq kifayət edir.

Ölçmənin nəticələri cədvəl 1.7-də qeyd edilir.

Cədvəl 1.7

Təcrübə qiymətləri			Hesabat qiymətləri		
U, V	$I_{\text{qq}}, \text{ A}$	$P_I, \text{ Vt}$	$P_{II}, \text{ Vt}$	$P_{\text{qq}}, \text{ Vt}$	$\cos \varphi_{\text{qq}}$

Hesabat qiymətləri aşağıdakı ifadələrlə əyin edilir:

$$P_{\text{qq}} = P_I + P_{II}; \quad \cos \varphi_{\text{qq}} = \frac{P_{\text{qq}}}{\sqrt{3} U_{\text{qq}} I_{\text{qq}}} .$$

İşçi xarakteristikaların təyini təcrübələri. Induksion tənzimləyici vasitəsilə mühərrikin sıxaclarına noinal gərginlik verilir və o yüksüz iş salınır. Sonra tormozlayıcı sabit cərəyan mü-

hərriki mənbəyə qoşulur və reostat RR1 köməyilə topnozlayıcı moment artırılır, bu halda asinxron mühərrik şəbəkədən nominal cərəyan tələb edir. Tormozlayıcı momenti tədricən azaltmaqla işçi xarakteristikaları I_1 , P_1 , M_2 , $\cos\varphi$, η , n_2 , $s = f(P_2)$ qurmaq üçün qiymətlər götürülür. Ölçmənin nəticələri cədvəl 1.8-də yazılır.

Cədvəl 1.8

Təcrübənin №-si	Təcrübə qiymətləri						Hesabat qiymətləri						
	I_A, A	I_B, A	I_C, A	P_I, Vt	P_{II}, Vt	I_a, A	$n_2, \text{d}e\check{q}^{-1}$	I_1, A	P_1, Vt	$s \%$	M_2, Nm	P_2, Vt	$\eta, \%$

Cədvəldə göstərilən kəmiyyətlərin hesabat qiymətləri aşağıdakı ifadələrlə təyin edilir:

$$I_1 = (I_A + I_B + I_C)/3 ; P_1 = P_I + P_{II}; s = (n_1 - n_2)/n_1; M_2 - \text{tormozlayıcı mühərrikin } M = f(I_a) \text{ əyrisindən}; P_2 = 1,05Mn_2 ; \eta = P_2 \cdot 100/P_1 ; \cos\varphi = P_1/(\sqrt{3}UI_1).$$

Dairəvi diaqramın qurulması. Dairəvi diaqram §1.12 göstərilmiş metodikaya əsasən qurulur. Mexaniki xarakteristikanı qurmaq üçün qiymətlər dairəvi diaqramdan təyin edilir.

Faydalı iş əmsalının ayrı-ayrı itkilərə ayırma üsulu ilə hesablanması. FİƏ mühərrikin nominal iş rejimi üçün təyin edilir ($U_1 = U_{1n}$; $I_1 = I_{1nom}$; $P_2 = P_{2m}$; $s = s_{nom}$).

Hesabat aşağıdakı qaydada aparılır. Əvvəlcə stator dolağında elektrik P_{el} və cəmi itkilər $\Delta P_c = \Delta P_{el} + \Delta P_{m1}$ təyin edilir:

$$\Delta P_{el} = 3I_{1Fnom}^2 R_{1,75^\circ} = I_{1nom}^2 R_{1,75^\circ}$$

ΔP_{m1} – maqnit itkilərini $U_1 = U_{nom}$ olduqda cədvəl 1.6-dan tapılır. Bu cədvəldən eyni zamanda mexaniki itkilər ΔP_{mex} təyin edilir. Onda elektromaqnit güc $P_{em} = P_{1nom} - \Delta P_c$, rotor dolağındakı elektrik güc itkiləri $\Delta P_{e2} = P_{em} \cdot s_{nom}$, əlavə itkilər isə $\Delta P_\vartheta = 0,005P_{1nom}$ ifadələri ilə hesablanır.

Mühərrikdə yaranan cəmi güc itkiləri:

$$\sum \Delta P = \Delta P_{el} + \Delta P_{m1} + \Delta P_{e2} + \Delta P_{mex} + \Delta P_\vartheta .$$

Mühərrikin valındakı güc: $P_{2nom} = P_{1nom} - \sum \Delta P$.

Faydalı iş əmsalı: $\eta = P_{2nom} \cdot 100 / P_{1nom}$.

İşin hesabata işin proqramına uyğun tərtib edilir.

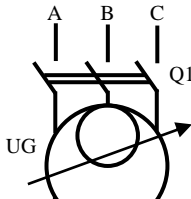
Laboratoriya işi 3

Üçfazlı asinxron mühərrikin birfazlı iş rejimi

İşin məqsədi. Üçfazlı asinxron mühərrikin birfazlı şəbəkəyə qoşulma sxemi, işə salma və reversivləşdirmə qaydasilə, işə salınma iş rejimi zamanı fırlandırıcı momentin əmələ gəlməsi, nominal gücdən istifadə dərəcəsi, üçfazlı rejimlə müqayisədə rotordakı itkilərin artmasının səbəbi ilə tanış olmaqdır.

İşin proqramı

1. Sınaq olunan mühərrikin pasport göstəricilərini qeyd etməli.
2. Sxemi yığmalı (şək. 1.48), mühərriki yüksüz işə salmalı və onun fırlanma istiqamətini dəyişdirməli.
3. Yüksüz işləmə təcrübəsini aparmalı və I_0 , P_0 , $\cos \varphi_0 = f(U_0)$ xarakteristikalarını qurmalı.
4. Qısa qapanma təcrübəsini aparmalı və rotor dolağının müqavimətini R'_2 təyin etməli.



Şək. 1.48. Üçfazlı asinxron mühərrikin birfazlı iş rejimi sınaq sxemi

5. Yük altında təcrübələr aparmalı, alınmış qiymətlərə əsasən mühərrikin işçi xarakteristikalarını $P_1, I_1, M, n_2, \cos\varphi, \eta = f(P_2)$ $U_1 = U_{1nom}$ halında qurmalı.

İşin yerinə yetirilmə qaydası

Laboratoriya stendi birfazlı rejimdə işləyən, sınaq olunan üçfazlı mühərrikdən və tormozlayıcı qurğudan ibarətdir. Tormozlayıcı kimi generator tormoz rejimində işləyən müstəqil təsirlənən sabit cərəyan maşınından istifadə edilir. R_n müqavimətini tənzim etməklə mühərrikin rotoruna təsir edən tormozlayıcı moment dəyişdirilir. Fırlanma tezliyi sabit cərəyan taxo-generatoru P_n vasitəsilə ölçülür.

Mühərrikin işə salınması və onun fırlanma istiqamətinin dəyişdirilməsi (reversivləşdirilməsi). Mühərriki işə salmaq üçün əvvəlcə işə salıcı dolağın ıdövrəsindəki Q2 açar vurulur. Sonra Q1 açarını dövrəyə vurmaqla mühərrik birfazlı şəbəkəyə qo-

şulur. İnduksion tənizmləyici vasitəsilə mühərrikin sıxaclarında-
dakı gərginlik nominal gərginliyə qədər yüksəldilir. Mühərrikin
dövrələr sayı sinxron dövrələr sayına yaxınlaşdıqda (sürətə taxo-
metrin göstərişinə görə nəzarət edilir) işə salıcı dolaq dövrədən
açılır.

Mühərrikin fırlanma istiqamətini dəyişmək üçün əvvəlcə
mühərrik dövrədən açılır, işçi dolağın ya da işə salıcı dolağın
sıxaclarının yeri dəyişdirilir və bundan sonra yenidən işə
salınır.

Yüksüz işləmə təcrübəsi. Təcrübəni aparan zaman valda yük
olmur. Mühərriki işə saldıqdan sonra, onun sıxaclarında gər-
ginlik nominal gərginliyin $1,1U_{nom}$ qiymətinə qədər tədricən
artırılır və sıxaclara verilən güc, cərəyan ölçülür. Sonra mühər-
rikin sıxaclarına verilən gərginlik $0,5U_{nom}$ qiymətinə qədər təd-
ricən azaldılır və eyni zamanda ölçü aparılır, alınan nəticə-lər
cədvəl 1.9-ə qeyd edilir.

Cədvəl 1.9

Təcrübə- nin nö- mrəsi	Təcrübə qiymətləri			Hesabat qiymətləri			
	$U_0,$ V	$I_0,$ A	$P_0,$ Vt	$\Delta P_{el},$ Vt	$\Delta P_{mex},$ Vt	$\Delta P_m,$ Vt	$\Delta P_{e2},$ Vt

Stator dolağındakı elektrik güc itkisi:

$$\Delta P_{el} = I_0^2 2R_{1F75} ,$$

burada R_{1F75} 75°S işçi temperaturda statorun faza dolağının müqavimə-
tidir.

Yüksüz işləmə rejimində rotor dolağındakı elektrik güc itki-
sini əks ardıcılıqlı maqnit selinin yaratdığı cərəyan əmələ gəti-
rir.

Stator dolağının maqnit hərəkət qüvvəsi döyünən olduğun-
dan, əks ardıcılıqlı cərəyan yüksüz işləmə cərəyanından 2 dəfə

kiçik olur. Onda

$$\Delta P_{e2} = (I'_{2\text{əks}})R'_2 = \left(\frac{I_0}{2}\right)^2 \cdot R'_2.$$

Mexaniki və maqnit itkilərin cəmi:

$$\Delta P_m + \Delta P_{\text{mex}} = P_0 - \Delta P_{e1} - \Delta P_{e2}.$$

Mexaniki və maqnit itkiləri təyin etmək üçün faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikin sınağında tətbiq olunan metodikadan istifadə edilir (bax lab. işi №2).

Qısa qapanma təcrübəsi. Qısa qapanma təcrübəsi zamanı rotor tərpənməz olmalıdır. Ona görə işə salıcı dolağı dövrdən açılır. Təcrübəni aparmaq üçün mühərrikin işçi dolağına induksion tənzimləyici vasitəsilə elə alçaldılmış gərginlik verilməlidir ki, dolaqdan axan cərəyan qısa qapanma cərəyan $I_{qq} = I_{\text{nom}}$ bərabər olsun.

Sınaqdan alınmış qiymətlər cədvəl 1.10-də qeyd edilir və bu qiymətlərdən istifadə edərək mühərrikin qəsa qapanma müqaviməti R_{qq} və rotor dolağının aktiv müqaviməti R'_2 təyin edilir.

Cədvəl 1.10

Təcrübə qiymətləri			Heasabat qiymətləri	
U_{qq}, V	I_{qq}, A	P_{qq}, Vt	R_{qq}, Om	R'_2, Om

Mühərrikin işçi xarakteristikalarını çıxaran zaman valdakı yük dəyişdirilir və cərəyan tədricən 1,2 I_{Fnom} qiymətə qədər yüksəldilir. Mühərrikin sıxaclarında gərginlik $U_1 = U_{\text{nom}} = \text{const}$ saxlanılır. Ölçməni və hesablamaların nəticələri cədvəl 1.11-ə yazılır.

Cədvəl 1.11

Təcrübənin №-si	Təcrübə qiymətləri				Hesabat qiymətləri								
	U_1, V	I_1, A	P_1, Vt	$n_2, dəq^{-1}$	$\Delta P_{e1}, Vt$	$\Delta P_{e2}, Vt$	$\Delta P_m, Vt$	$\Delta P_{mex}, Vt$	$\Delta P_{\phi}, Vt$	$\sum \Delta P, Vt$	P_2, Vt	M_2, Nm	$\eta, \%$

Mühərrikin valındakı güc P_2 və FİƏ ayrı-ayrı itkilərə ayırma üsulu ilə təyin edilir:

$$P_1 = P_2 + \sum \Delta P = P_2 + \Delta P_{e1} + \Delta P_{e2} + \Delta P_m + \Delta P_{mex} + \Delta P_{\phi},$$

burada $\Delta P_{e1} = I_1^2 2R_{1F75}$, $\Delta P_m + \Delta P_{mex}$ – yüksüz işləmə təcrübəsindən $U_1 = U_{nom}$ olduqda (cədvəl 1.9); $\Delta P_{e2} = \Delta P_{em} \cdot s$, $s = (n_1 - n_2)/n_1$; $\Delta P_{em} = P_1 - (\Delta P_{e1} + \Delta P_m)$; $\Delta P_{\phi} = 0,005 P_1 [I_1/1,2 I_{1Fnom75}]^2$, $P_1 - I_1 = 1,2 I_{Fnom}$ olan zaman şəbəkədən alınan gücdür.

Faydalı iş əmsalı $\eta = P_2 \cdot 100 / P_1$.

Fırlandırıcı moment $M_2 = 9,55 P_2 / n_2$.

Güc əmsalı $\cos \varphi = P_1 / (U_1 I_1)$.

İşin hesabı proqrama uyğun tərtib edilir.

Laboratoriya işi 4

Üçfazlı asinxron generator

İşin məqsədi. Asinxron maşının generator rejimi ilə tanış olmalı, generatoru öz-özünə təsirləndirmək üçün tələb olunan kondensatorların tutumunu hesablamalı, öz-özünə təsirlənmə rejimində asinxron generatorun xarakteristikalarını çıxarmaq üçün təcrübü sınaqlar aparmaqdır.

İşin proqramı

1. Gərginliyin nominal qiymətinə qədər generatoru öz-özünə təsirləndirmək üçün maşının pasport qiymətlərinə əsasən tələb

olunan kondensator batareyalarının tutumunun qiymətini hesablamalı.

2. Sinxron fırlanma tezliyində generatoru nominal gərginliyə qədər təsirləndirməli və öz-özünə təsirlənən generatorun yüksüz işləmə xarakteristikasını çıxarmalı $U_0 = f(I_0)$ və qurmalı.

3. Öz-özünə təsirlənən generatorun işçi xarakteristikalarını $U_1, I_1, I_c, I_{ng}, f_1, s, \eta_g = f(P_1)$ çıxarmalı və qurmalı.

İşin yerinə yetirilməsi qaydası

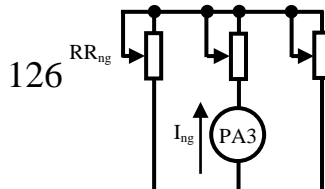
İş aparıcı maşından (paralel təsirlənən sabit cərəyan mühərrikindən) və onunla bir valda quraşdırılmış asinxron maşından ibarət laboratoriya stendində (şək.1.49) yerinə yetirilir.

Aparıcı mühərrikin işə salınması aşağıdakı ardıcılıqla yerinə yetirilir: 1) RR_{is} işə salma reostatı “işə salma” vəziyyətinə gətirilir (işə salma cərəyanını məhdudlaşdırmaq üçün); 2) QF avtomat açar vurulur maşın sabit cərəyan mənbəyinə qoşulur; 3) RR_{is} işə salıcı reostat səlist olaraq dövrədən çıxarılır və təsirlənmə dövrəsinə qoşulmuş RR_T reostatın müqavimətini tənzimləməklə tələb olunan fırlanma tezliyi əldə edilir.

Stendə quraşdırılmış cihazlar vasitəsilə aşağıdakı kəmiyyətlər qeyd edilir: U_{nom} – sabit cərəyan mənbəyinin gərginliyi, I_a – yakor dövrəsinin cərəyanı, I_1 – təsirlənmə dövrəsinin cərəyanı. $n = n_1$ rotorun fırlanma tezliyində generatoru nominal gərginliyə qədər təsirləndirmək üçün fazalarda tələb olunan ayrı-ayrı kondensator batareyalarının tutumunun qiymətini aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$C = \frac{10^6 I_{0müh}}{\sqrt{3} \cdot U_{1nom} 2\pi f_1}, Mk\Phi$$

Şək.1.49-da göstərilən sxem yığılır. Hər bir fazala tutumunun hesabat qiyməti C olan kondensator qoşulur.



Şək. 1.49. Təcrid olunmuş şəbəkəyə işləyən özündən təsirlənən asinxron generatorun tədqiqi üçün laboratoriya stendinin sxemi

Stendə quraşdırılmış cihazlar vasitəsilə asinxron generatorun aşağıdakı parametrləri qeyd edilir:

I_1 – stator dolağının xətt cərəyanı, U_1 – generatorun xətt gərginliyi, I_c – kondensator batareyasının xətt cərəyanı, I_{ny} – RR_{ny} yük reostatındakı cərəyan. Eyni zamanda generatorun gərginliyinin tezliyi f_1 və rotorun fırlanma tezliyi n ölçülür. Rotorun fırlanma tezliyini ölçmək üçün rotorla bir valda quraşdırılmış taxogeneratordan istifadə olunur.

Yüksüz işləmə xarakteristikasını çıxarmaq üçün təcrübə aşağıdakı ardıcılıqla aparılır: QS açarı açıq vəziyyətə gətirilir və yuxarıda göstərilən qaydada əvvəlcə sabit cərəyan mühərriki işə salınır. Generatorun rotorunun fırlanma tezliyi $n = n_1$ bərabər olana qədər RR_T reostatı vasitəsilə mühərrikin təsirlənmə cərəyanı tənzimlənir və təcrübənin axirinədək saxlanılır. Sonra generatoru $U_{10} = 1,2U_{1n}$ gərginliyə qədər təsirləndirmək üçün kondensator batareyalarının tutumu tədricən (bütün fazalarda simmetrik olaraq) artırılır. Generatoru yuxarıda göstərilən qiymətə qədər təsirləndirdikdən sonra kondensator batareyalarının tutumunu tədricən azaltmaqla U_{10} yüksüz işləmə gərginliyini, I_0 yüksüz işləmə cərəyanının (tutum cərəyanına I_c bərabər) və fazalardakı kondensator batareyalarının tutumunun qiymətləri qeyd edilir. Təcrübə generator təsirlənmə itirənə qədər davam etdirilir. Təcrübə prosesində rotorun fırlanma tezliyi sabit saxlanılır ($n_1 = \text{const}$). Təcrübədən alınmış qiymətlə cədvəl 1.12-də qeyd edilir.

Cədvəl 1.12

Qiymətlər	1	2	3	4	5	6
C, MkF						
I_c , A						
U_{10} , B						

Təcrübədən alınan qiymətlərə əsasən generatorun yüksüz işləmə xarakteristikası $U_{10} = f(I_c)$ qurulur.

Generatorun işçi xarakteristikalarını çıxarmaq üçün təcrübə aşağıdakı qaydada aparılır: QS açarının açıq halında generatorun rotoru sinxron sürətlə fırlandırılır. Sonra generator yüksüz işləmə rejimində olduğu kimi $U_1 = 1,2U_{1n}$ gərginliyə qədər təsirləndirilir. Rotorun dövrlər sayını sabit saxlamaqla və kondensatorların əvvəlcədən qərarlaşmış tutumunu dəyişmədən generator simmetrik aktiv yüklə tədricən yükləyir (RR_y reostatı vasitəsilə). Generatorun sıxaclarında yükü dəyişməklə ölçü cihazlarının göstərişi cədvəl 1.13-ə yazılır.

Cədvəl 1.13

Təcrübənin №	Asinxron generator									Sabit cərəyan mühərriki				
	Ölçülür					Hesablanır				Ölçülür			Hesablanır	
	$U_1,$ V	$I_1,$ A	$I_c,$ A	$I_{ng},$ A	$F_1,$ hz	$P_1,$ Vt	s	η_g	$P_2,$ Vt	$U_{nom},$ V	$I_t,$ A	$I_a,$ A	$\eta_{müh}$	$P,$ Vt

Hesabat qiymətləri aşağıdakı qaydada təyin edilir:

- 1) $\eta_{müh} = f(I_a)$ asılılığından I_a yakor cərəyanının qiymətinə görə mühərrikin FİƏ ($\eta_{müh}$) təyin edilir;
- 2) Aparıcı mühərrikin tələb etdiyi güc $P = U_{nom}(I_t + I_a)$;
- 3) Asinxron generatorun valındakı $P_2 = \eta_{müh}P$;
- 4) Asinxron generatorun şəbəkəyə verdiyi aktiv güc
($\cos\varphi_1 = 1$) $P_1 = \sqrt{3} U_1 I_1 \cos\varphi_1 = \sqrt{3} U_1 I_{ng}$
- 5) Generatorun faydalı iş əmsalı $\eta_g = P_2/P_1$;
- 6) Asinxron generatorun rotorunun sürüşməsinin təyini
 $s = (f_i - f_1) / f_i$;

burada f_1 – asinxron generatorun gərginliyinin tezliyi ($I_{ng} = 0$ olanda);
 f_i – tezliyin cari qiyməti ($I_{ng} > 0$)

Təcrübədən və hesabatdan alınmış qiymətlərə əsasən öz-özünə təsirlənən asinxron generatorun işçi xarakteristikaları $U_1, I_1, I_c, I_{ng}, s, \eta_{gen} = f(P_1)$ qurulur.

İşin hesabatı proqrama uyğun tərtib olunur.

4A seriyalı əsas təyinatlı mühərriklərin texniki göstəriciləri

Cədvəl 1

Tipi	P_n , kVt	I_n , A	n_n , dəq ⁻¹	$\cos\varphi_n$	η_n	k_i	μ_s	μ_{\min}	μ_k	$J_{\text{müh.}}$, kq·m ²	m , kq
4A80A2	1,5	3,3	2790	0,85	0,81	6,5	2,1	1,4	2,6	0,0018	17,5
4A80B2	2,2	4,6	2790	0,87	0,83	6,5	2,1	1,4	2,6	0,0021	20
4A90L2	3,0	6,1	2820	0,88	0,845	6,5	2,1	1,6	2,5	0,0035	26
4A100S2	4,0	7,9	2880	0,89	0,865	7,5	2,0	1,6	2,5	0,0059	34,5
4A100L2	5,5	10,0	2880	0,91	0,875	7,5	2,0	1,6	2,5	0,0075	41
4A112M2	7,5	14,8	2895	0,88	0,875	7,5	2,0	1,8	2,8	0,01	56
4A132M2	11,0	21,2	2895	0,90	0,88	7,5	1,7	1,5	2,8	0,023	93
4A160S2	15,0	28,5	2850	0,91	0,88	7,0	1,4	1,0	2,2	0,048	130
4A160M2	18,5	34,6	2850	0,92	0,885	7,0	1,4	1,0	2,2	0,053	165
4A180S2	22,0	41,7	2940	0,91	0,885	7,5	1,4	1,1	2,5	0,07	165
4A180M2	30,0	55,0	2940	0,92	0,90	7,5	1,4	1,1	2,5	0,085	185
4A200M2	37,0	70,0	2950	0,89	0,90	7,5	1,4	1,0	2,5	0,15	255
4A80B4	1,5	3,5	1400	0,83	0,77	5,0	2,0	1,6	2,2	0,0033	20,4
4A90L4	2,2	5,0	1420	0,83	0,80	6,0	2,1	1,6	2,4	0,0056	28,7
4A100S4	3,0	6,7	1435	0,83	0,82	6,0	2,0	1,6	2,4	0,0087	36
4A100L4	4,0	8,6	1430	0,84	0,84	6,0	2,1	1,6	2,4	0,011	42
4A112M4	5,5	11,5	1445	0,85	0,855	7,0	2,0	1,6	2,2	0,0175	56
4A132S4	7,5	15,1	1455	0,86	0,875	7,5	2,2	1,7	3,0	0,0275	77
4A132M4	11,0	22,0	1460	0,87	0,875	7,5	2,2	1,7	3,0	0,04	93
4A160S4	15,0	29,3	1465	0,88	0,885	7,0	1,4	1,0	2,3	0,10	135
4A160M4	18,5	35,7	1465	0,88	0,895	7,0	1,4	1,0	2,3	0,13	160
4A180S4	22,0	41,3	1470	0,90	0,90	6,5	1,4	1,0	2,3	0,19	175
4A180M4	30,0	56,0	1470	0,89	0,91	6,5	1,4	1,0	2,3	0,23	195
4A200M4	37,0	68,0	1475	0,90	0,91	7,0	1,4	1,0	2,5	0,37	270

AIP seriyalı əsas təyinatlı mühərriklərin texniki göstəriciləri

Cədvəl 2

Tipi	P_n , kVt	I_n , A	n_n , dəq ⁻¹	$\cos\varphi_n$	η_n	k_i	μ_s	μ_{\min}	μ_k	$J_{\text{müh.}}$, kq·m ²	m , kq
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AIP80A2	1,5	3,3	2850	0,85	0,81	7,0	2,1	1,6	2,2	0,0018	9,8
AIP80B2	2,2	4,6	2850	0,87	0,83	7,0	2,0	1,6	2,2	0,0021	13,2
AIP90L2	3,0	6,1	2850	0,88	0,845	7,0	2,0	1,6	2,2	0,0035	13,2
AIP100S2	4,0	8,0	2850	0,88	0,87	7,5	2,0	1,6	2,2	0,0059	21,6
AIP100L2	5,5	10,7	2850	0,89	0,88	7,5	2,0	1,6	2,2	0,0075	27,4
AIP112M2	7,5	14,8	2895	0,88	0,875	7,5	2,0	1,6	2,2	0,01	41
AIP132M2	11,0	21,0	2910	0,9	0,88	7,5	1,6	1,2	2,2	0,023	64
AIP160S2	15,0	29,0	2910	0,89	0,90	7,0	1,8	1,7	2,7	0,039	100
AIP80B4	1,5	3,5	1395	0,83	0,78	5,5	2,2	1,6	2,2	0,0033	12,1
AIP90L4	2,2	5,0	1395	0,83	0,81	6,5	2,1	1,6	2,2	0,0056	17
AIP100S4	3,0	6,7	1410	0,83	0,82	7,0	2,0	1,6	2,2	0,0087	21,6
AIP100L4	4,0	8,5	1410	0,84	0,85	7,0	2,0	1,6	2,2	0,011	27,3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

АИР112М4	5,5	11,4	1430	0,86	0,855	7,0	2,0	1,6	2,5	0,017	41
АИР132S4	7,5	15,0	1440	0,86	0,875	7,5	2,0	1,6	2,5	0,028	53
АИР132М4	11,0	22,2	1445	0,86	0,875	7,5	2,0	1,6	2,7	0,040	70
АИР160S4	15,0	28,4	1455	0,89	0,90	7,0	1,9	1,8	2,9	0,078	100
АИР160М4	18,5	35,1	1455	0,89	0,905	7,0	1,9	1,8	2,9	0,1	110
АИР180S4	22,0	42,5	1460	0,87	0,905	7,0	1,7	1,5	2,4	0,15	170
АИР180М4	30,0	57,0	1470	0,87	0,92	7,0	1,7	1,5	2,7	0,19	190

RA seriyalı əsas təyinətli mühərriklərin texniki göstəriciləri

Cədvəl 3

Tipi	P_n , kVt	I_n , A	n_n , dəq ⁻¹	$\cos\varphi_n$	η_n	k_i	μ_{is}	μ_{min}	μ_k	$J_{müh.}$, kq·m ²	m , kq
RA90S2	1,5	3,0	2835	0,87	0,79	6,5	2,8	2,3	3,0	0,001	13
RA90L2	2,2	4,0	2820	0,87	0,82	6,5	2,9	2,4	3,4	0,0015	15
RA100L2	3,0	6,0	2895	0,86	0,83	7,0	2,4	2,0	2,6	0,0038	20
RA112M2	4,0	9,0	2895	0,87	0,84	6,8	2,2	1,9	3,3	0,0082	41
RA132SA2	5,5	11,0	2880	0,89	0,89	6,5	2,4	2,0	3,0	0,0155	43
RA132SB2	7,5	15,0	2890	0,89	0,89	7,0	2,5	2,1	3,2	0,0185	49
RA160MA2	11,0	22,0	2940	0,89	0,875	6,8	2,0	1,8	3,3	0,0438	112
RA160MB2	15,0	29,0	2940	0,86	0,90	7,5	2,0	1,8	3,2	0,047	116
RA160L2	18,5	35,0	2940	0,88	0,90	7,5	2,0	1,8	3,2	0,0533	133
RA180M2	22,0	42,0	2940	0,89	0,905	7,5	2,1	1,8	3,5	0,0604	147
RA200LA2	30,0	55,0	2950	0,89	0,92	7,5	2,4	2,0	3,0	0,11604	170
RA200LB2	37,0	68,0	2950	0,89	0,92	7,5	2,4	2,0	3,0	0,1326	230
RA90L4	1,5	4,0	1420	0,80	0,785	5,5	2,3	1,9	2,8	0,0042	15,5
RA100LA4	2,2	5,0	1420	0,82	0,79	6,0	2,2	1,8	2,6	0,0048	22
RA100LB4	3,0	7,0	1420	0,81	0,81	6,2	2,2	1,9	2,6	0,0058	24
RA112M4	4,0	9,0	1430	0,84	0,855	6,5	2,2	1,9	2,9	0,0103	37
RA132S4	5,5	11,0	1450	0,85	0,85	7,0	2,4	2,0	3,0	0,0229	45
RA132M4	7,5	15,0	1455	0,83	0,83	7,0	2,8	2,3	3,2	0,0277	52
RA160MA4	11,0	22,0	1460	0,86	0,885	6,5	1,8	1,6	2,8	0,0613	110
RA160ML4	15,0	29,0	1460	0,87	0,90	7,0	1,9	1,6	2,9	0,0862	129
RA180M4	18,5	35,0	1460	0,89	0,905	7,0	1,9	1,6	2,9	0,1038	149
RA180L4	22,0	42,0	1460	0,88	0,91	7,0	2,1	1,6	2,9	0,1131	157
RA200L4	30,0	59,0	1475	0,86	0,91	7,7	2,7	2,2	3,2	0,32	200

4A seriyalı işə salma momenti artırılmış mühərriklərin texniki göstəriciləri

Cədvəl 4

Tipi	P_n , kVt	I_n , A	n_n , dəq ⁻¹	$\cos\varphi_n$	η_n	k_i	μ_{is}	μ_{min}	μ_k	$J_{müh.}$, kq·m ²	m , kq
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4AP160S4	15	29,9	1470	0,87	0,875	7,5	2,0	1,6	2,2	0,1	160
4AP160M4	18,5	36,4	1475	0,87	0,885	7,5	2,0	1,6	2,2	0,13	160
4AP180S4	22,0	42,6	1475	0,87	0,90	7,5	2,0	1,6	2,2	0,19	175
4AP180M4	30,0	58,1	1475	0,87	0,90	7,5	2,0	1,6	2,2	0,23	195
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4AP200M4	37,0	70,0	1480	0,88	0,91	7,5	2,0	1,6	2,2	0,37	270

4AP160S6	11,0	23,5	980	0,83	0,855	7,0	2,0	1,6	2,2	0,14	135
4AP160M6	15,0	31,3	980	0,83	0,875	7,0	2,0	1,6	2,2	0,18	160
4AP180M6	18,5	40,3	980	0,80	0,87	6,0	2,0	1,6	2,2	0,2	195
4AP200M6	22,0	43,3	985	0,85	0,905	6,5	2,0	1,6	2,2	0,40	270
4AP200L6	30,0	58,4	990	0,86	0,905	6,5	2,0	1,6	2,2	0,45	310
4AP225M6	37,0	73,7	990	0,84	0,905	7,0	2,0	1,6	2,2	0,74	355
4AP160S8	7,5	17,6	730	0,75	0,86	6,0	1,8	1,5	2,0	0,14	135
4AP160M8	11,0	25,5	735	0,75	0,87	6,0	1,8	1,5	2,0	0,18	160
4AP180M8	15,0	34,1	730	0,77	0,865	5,5	1,8	1,5	2,0	0,25	195
4AP200M8	18,5	40,8	730	0,78	0,88	5,5	1,8	1,5	2,0	0,40	270
4AP200L8	22,0	47,1	730	0,80	0,885	5,5	1,8	1,5	2,0	0,45	310
4AP225M8	30,0	63,1	735	0,80	0,90	5,5	1,8	1,5	2,0	0,74	355
4AP250S8	37,0	86,5	740	0,72	0,90	5,5	1,8	1,5	2,0	1,16	490

4A seriyalı faz rotorlu mühərriklərin texniki göstəriciləri

Cədvəl 5

Tipi	P _n , kVt	I _n , A	n _n , dəq ⁻¹	η _n	cosφ _n	μ _k	Rotorun göstəriciləri	
							I _{2k} , A	E _{2k} , V
4AK160S4	11,0	22,4	1435	0,865	0,86	3,0	22	305
4AK160M4	14,0	27,5	1445	0,865	0,87	3,5	29	300
4AK180M4	18,5	35,8	1455	0,89	0,88	4,0	38	295
4AK200M4	22,0	42,6	1465	0,9	0,87	4,0	45	340
4AK200L4	30,0	57,7	1465	0,905	0,87	4,0	55	350
4AK225M4	37,0	71,6	1450	0,9	0,87	3,0	160	160
4AK160S6	7,5	18,0	950	0,825	0,77	3,5	18	300
4AK160M6	10,0	24,0	960	0,845	0,76	3,8	20	310
4AK180M6	13,0	29,0	955	0,855	0,80	4,0	25	325
4AK200M6	18,5	39,5	965	0,88	0,81	3,5	35	360
4AK200L6	22,0	47,5	965	0,88	0,80	3,5	45	330
4AK225M6	30,0	60,0	965	0,89	0,85	2,5	150	140
4AK250S6	37,0	75,0	965	0,89	0,84	2,5	165	150

4A seriyalı sürüşməsi artırılmış mühərriklərin texniki göstəriciləri

Cədvəl 5

Tipi	P _n , kVt ΠB= 40%	n _n , dəq ⁻¹	I _n , A	η _n	cosφ _n	k _i	μ _{is}	μ _{min}	μ _k	Ən böyük buraxıla bilən güc (kVt) ΠB%			J, kq·m ²	m, kq
										15	25	60		
4AC90L4	2,4	1360	5,9	0,76	0,82	6,0	2,0	1,6	2,2	3,1	2,4	2,2	0,0055	28,7
4AC100S4	3,2	1395	7,8	0,77	0,82	6,0	2,0	1,6	2,2	4,0	3,7	2,8	0,0088	36
4AC100L4	4,25	1395	10,1	0,78	0,82	6,0	2,0	1,6	2,2	5,5	5,0	3,8	0,011	42
4AC112M4	5,6	1395	13,0	0,79	0,83	7,0	2,0	1,6	2,2	8,0	6,7	5,0	0,017	56
4AC132S4	8,5	1395	18,4	0,83	0,85	7,0	2,0	1,6	2,2	11,8	9,5	7,5	0,028	77
4AC132M4	11,8	1410	25,0	0,84	0,85	7,0	2,0	1,6	2,2	16,0	14,0	10,0	0,04	93
4AC160S4	17,0	1425	33,3	0,85	0,86	7,0	2,0	1,6	2,2	22,0	19,0	15,0	0,1	135
4AC160M4	20,0	1430	37,6	0,87	0,87	7,0	2,0	1,6	2,2	25,0	23,0	18,5	0,13	160
4AC180S4	21,0	1420	40,3	0,86	0,82	7,0	2,0	1,6	2,2	26,5	24,0	20,0	0,19	175
4AC180M4	26,5	1440	50,0	0,89	0,91	7,0	2,0	1,6	2,2	32,0	30,0	25,0	0,23	195
4AC200M4	31,5	1410	59,4	0,88	0,92	7,0	2,0	1,6	2,2	42,0	35,0	28,0	0,38	270
4AC200L4	40,0	1410	73,5	0,89	0,93	7,0	2,0	1,6	2,2	50,0	47,5	37,5	0,445	310
4AC80B2	2,5	2870	5,7	0,76	0,87	6,5	2,0	1,6	2,2	3,2	2,7	2,2	0,0021	20,4
4AC90L2	3,5	2870	7,7	0,80	0,86	6,5	2,0	1,6	2,2	4,6	4,0	3,2	0,0035	28,7
4AC100S2	4,8	2890	10,3	0,82	0,86	7,5	2,0	1,6	2,2	6,0	5,0	4,2	0,0059	36
4AC100L2	6,3	2910	13,5	0,82	0,86	7,5	2,0	1,6	2,2	8,4	7,0	5,8	0,0075	42
4AC112M2	8,0	2890	17,2	0,84	0,84	7,5	2,0	1,6	2,4	11,0	9,5	7,1	0,01	56
4AC132M2	11,0	2860	22,3	0,84	0,89	7,5	2,0	1,6	2,4	17,0	14,0	11,0	0,023	93

АИ серијали икисүрәтлi мөһәррикләрiн тeхникi гөстәрiциләри

Сәдвәл 6

Тipi	P_n , кVt	n_n , дәq ⁻¹	I_n , A 380V	$F\ddot{I}\Theta$, %	$\cos\varphi$	I_s/I_n	M_{is}/M_n	M_{min}/M_n	M_{mak}/M_n	$J_{müh}$, кq·m ²	m, кq
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сinxрон фiрланма тезлиyi 3000/1500 дөвр/дәq. Долаqlарн бirlәшмә sxemi Δ/YY											
АИР56А4/2	0,1 0,14	1400 2800	0,55 0,55	45 50	0,61 0,7	3,5 4	1,8 1,5	1 0,8	2,1 2,1	0,0007	3,6
АИР56В4/2	0,12 0,18	1330 2660	0,6 0,67	49 57	0,62 0,72	3,5 4	1,8 1,5	1 0,8	1,9 1,9	0,00038	3,9
АИР63А4/2	0,19 0,265	1448 2880	0,79 0,88	55 61	0,66 0,75	3,5 4	1,6 1,2	1 0,8	1,8 1,8	0,0012	5
АИР63В4/2	0,265 0,37	1448 2880	1,03 1,06	57 61	0,70 0,88	3,5 4	1,6 1,2	1 0,8	2 1,7	0,0015	5,7
АИР71А4/2	0,48 0,62	1365 2775	1,27 1,53	70 69	0,82 0,89	4,5 4,5	1,5 1,5	1,4 1,3	1,9 1,9	0,0013	8,1
АИР71В4/2	0,71 0,85	1365 2775	1,76 2,06	73 73	0,84 0,86	4,5 4,5	1,75 1,85	1,5 1,4	1,9 2	0,0015	9,3
АИР80А4/2	1,12 1,5	1410 2730	2,96 3,63	74 73	0,78 0,86	5 5	1,9 1,9	1,6 1,5	2,2 2	0,0034	12,2
АИР80В4/2	1,5 2	1410 2760	3,85 4,7	75 75	0,79 0,86	5 5	2 2	1,6 1,5	2 2,1	0,0035	14,6
АИР90Л4/2	2 2,65	1405 2775	4,7 4,49	77 78	0,84 0,94	4,5 5	2,1 2	1,7 1,6	2,3 2,1	0,0056	19,7
АИР100С4/2	3 3,75	1425 2850	6,62 7,91	82 80	0,84 0,90	5,5 5,5	2 2	1,6 1,6	2,4 2,4	0,0085	23,7
АИР100Л4/2	4,25 4,75	1410 2850	8,95 9,57	82 82	0,88 0,92	5,5 6	2,0 2,2	1,6 1,6	2,2 2,4	0,011	30

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AIP112M4/2	4,2	1440	8,84	83	0,87	6,5	1,6	1,2	2	0,016	41,5/49
	5,3	2870	11,08	79	0,92	6,5	1,7	1	2,2		
AIP132S4/2	6,0	1455	12,11	86,5	0,87	7,5	1,5	1,2	2,7	0,027	58/70
	7,1	2910	14,96	81	0,89	7,5	1,5	1	2,7		
AIP132M4/2	8,5	1455	16,96	87,5	0,87	7,5	2	1,2	2,5	0,038	70,5/83,5
	9,5	2925	19,32	83	0,9	7,5	1,8	1	3		
AIP160S4/2	11	1460	22,2	89,5	0,84	7	1,6	1,6	2,9	0,08	100/130
	14	2900	27,6	85,5	0,90	7	1,6	1	2,9		
AIP160M4/2	14	1465	27,6	89,5	0,86	7	1,5	1,5	2,9	0,1	110/145
	17	2925	32,8	86,5	0,91	7	1,6	1	2,9		
AIP180M4/2	18,5	1470	36,7	90	0,85	6,5	1,6	1,4	2,4	0,16	170
	21	2940	42,2	85	0,89	6,5	1,4	1,3	2,4		
AIP180M4/2	22	1470	41,7	91	0,88	7	1,6	1,4	2,7	0,2	190
	27	2940	50,7	88	0,92	7	1,7	1	2,7		
AIP200M4/2	27,5	1470	54,7	92	0,83	7	2,2	2,1	2,5	0,27	245
	34	2940	63,8	90	0,9	7,3	1,6	1,4	2,5		
AIP200L4/2	33,5	1465	65	91	0,86	7	2	1,7	2,1	0,32	270
	38,5	2940	69,9	91	0,92	7,3	1,8	1,4	2,3		
AIP225M4/2	42	1480	82,2	92,5	0,84	7	2,2	1,9	2,4	0,5	340
	48	2955	90,5	90,5	0,89	7,5	2	1,7	2,4		
Sinxron fırlanma tezliyi 750/1500 dövr/dəq. Dolaqların birləşmə sxemi Δ/YY											
AIP90L8/4	0,8	710	3,27	62	0,6	3	1,7	1,6	2	0,0075	19,3
	1,32	1410	3,11	75	0,86	5	1,5	1,3	2		
AIP100S8/4	1	720	3,56	70	0,61	4	1,2	1,1	2	0,0096	22,4
	1,7	1425	3,76	78	0,88	5	1,1	1	1,8		
AIP100L8/4	1,4	720	4,8	74	0,6	4	1,6	1,5	2,1	0,012	26,7
	2,36	1425	4,97	81	0,89	5,5	1,4	1	1,9		
AIP112MA8/4	1,9	710	5,57	74	0,7	5	1,5	1,2	1,8	0,017	36/43,5
	3	1420	6,83	75	0,89	6	1,2	1	2		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AIP112MB8/4	2,2	715	6,3	77	0,69	5	1,8	1,2	2,4	0,025	41/48,5
	3,6	1425	7,97	78	0,88	6	1,3	1	2,2		
AIP132S8/4	3,6	720	8,78	80	0,69	5	1,5	1,2	2	0,042	56,5/68,5
	5,3	1440	11	81	0,88	6	1,3	1	2		
AIP132M8/4	5	715	13	80	0,79	5	1,9	1,2	2	0,057	70,0/82
	7,5	1440	16	82	0,90	6	1,2	1	2,4		
AIP160S8/4	6	730	16,7	78	0,73	5,5	1,5	1	2	0,12	100/125
	9	1460	18,5	83	0,87	7,5	1,2	0,8	2		
AIP160M8/4	9	730	23,6	81,5	0,7	5,5	1,5	1	2	0,15	120/150
	13	1460	26,4	84	0,80	7	1,2	0,8	2		
AIP180M8/4	13	730	30,9	86,5	0,71	5,5	1,8	1,6	2,7	0,25	180
	18,5	1455	35,3	87,5	0,89	7	1,5	1	2,4		
AIP200M8/4	17	735	39,8	86,5	0,74	6	1,5	1,3	1,8	0,41	240
	25	1465	47,7	87,5	0,91	7	1,4	1,1	2		
AIP200L8/4	20	735	46,3	87,5	0,75	5,5	1,5	1,3	1,8	0,46	265
	28	1465	53,1	88	0,91	6	1,4	1,1	2		
AIP225M8/4	23	735	53,9	90	0,72	6	2,3	1,8	2,3	0,69	325
	34	1470	63,8	90	0,90	7	1,6	1,4	2,3		

АОЛБ seriyali iş salma müqavimətli birləzli asinxron mühərriklər

Cədvəl 6

Tipi	P _n , Vt	Nominal qiymətlər						cosφ	I _i /I _n	M _i /M _n	M _{mak} /M _n	Çəkisi, kq		J _{rot} , 10 ⁻³ kq·m ²
		n, dəq ⁻¹	I _n , A		U _n , V		η, %					III2/Φ3	Φ3	
			127	220	380	η, %								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
АОЛБ011-4		1370	1,05	0,61	0,35	22	0,62	6,5	1,0	1,4	3,0	2,9	1,2	
АОЛБ012-4	30	1390	1,38	0,80	0,46	28	0,62	6,5	1,0	1,4	3,5	3,4	1,4	
АОЛБ11-4	50	1420	1,9	1,10	0,65	34	0,62	7,5	1,2	1,8	4,7	4,5	2,2	
АОЛБ12-4	80	1420	2,50	1,45	0,85	41	0,62	7,5	1,2	1,8	5,6	5,4	2,6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
АОЛБ21-4	120	1420	3,30	1,90	1,1	47	0,62	7,5	1,2	1,8	7,3	7,0	5,2
АОЛБ22-4	180	1420	4,30	2,50	1,45	53	0,62	7,5	1,2	1,8	8,8	8,5	6,4
АОЛБ31-4	240	1440	5,70	3,30	1,90	60	0,62	7,5	1,2	1,9	23	21	15
АОЛБ32-4	400	1440	7,60	4,40	2,55	67	0,62	7,5	1,2	1,9	30	27	21
АОЛБ011-2	30	2880	0,85	0,49	0,28	41	0,68	8,0	1,0	1,4	3,1	3,0	1,2
АОЛБ012-2	50	2880	1,18	0,68	0,39	48	0,70	8,0	1,0	1,4	3,5	3,4	1,4
АОЛБ11-2	80	2890	1,75	1,00	0,60	51	0,72	7,5	1,0	2,2	4,9	4,7	2,2
АОЛБ12-2	120	2890	2,40	1,40	0,80	55	0,72	7,5	1,0	2,2	5,8	5,6	2,6
АОЛБ21-2	180	2890	3,30	1,90	1,10	59	0,72	7,5	1,0	2,2	7,5	7,2	5,2
АОЛБ22-2	240	2890	4,70	2,70	1,50	63	0,72	7,5	1,0	2,2	9,1	8,2	6,4
АОЛБ31-2	400	2920	6,55	3,80	2,15	66	0,72	9,0	1,0	2,2	23	21	10
АОЛБ32-2	600	2940	9,50	5,50	3,20	69	0,72	9,0	1,0	2,2	30	27	16

ABE seriyali birfazlı asinxron mühərriklər

Cədvəl 7

Tipi	P _n , Vt	n, dəq ⁻¹	I _n , A		U _n , V	η, %	cosφ	M _{mak} /M _n	M _{is} /M _n	I _{is} /I _n	Çəkisi, kq		J _{rot} , 10 ⁻³ kq·m ²	C _r , mk Φ U _n =220V
			127	220					C _r		III2P	Φ3		
1	2	3	4	5	6				10	11	12	13	14	
ABE041-2	18	2700	0,40	0,23	40	0,90	1,5	0,5	2,5	1,5	1,4	1,25	0,75	
ABE042-2	30	2700	0,49	0,28	50	0,90	1,5	0,5	3,0	1,90	1,75	1,6	1,25	
ABE051-2	50	2700	0,74	0,43	55	0,90	1,7	0,45	3,0	2,6	2,3	3,6	3,0	
ABE052-2	80	2700	1,1	0,66	58	0,95	1,7	0,45	3,5	2,9	2,7	4,7	4,0	
ABE061-2	120	2700	1,4	0,845	66	0,95	1,8	0,45	3,5	4,4	4,1	8,2	6,0	
ABE062-2	180	2700	2,20	1,27	68	0,96	1,8	0,45	3,5	5,3	4,9	11,0	6,0	
ABE071-2	270	2800	3,20	1,85	70	0,95	1,8	0,45	4,5	6,9	6,4	31,0	6,0	
ABE072-2	400	2800	4,60	2,66	72	0,95	1,8	0,45	4,5	8,4	7,9	38,0	8,0	
ABE041-4	10	1300	0,274	0,158	30	0,90	1,5	0,5	2,5	1,5	1,4	1,25	1,0	
ABE042-4	18	1300	0,386	0,223	40	0,90	1,5	0,5	2,5	1,9	1,75	1,6	1,0	

YAД seriyali universal asinxron mühərriklər

Cədvəl 8

a) üçfazlı rejimində

Tipi	P_n, Vt	$n, d\text{əq}^{-1}$	I_n, A	$\eta, \%$	M_{mak}/M_n	M_{is}/M_n	I_{is}/I_n
YAД-12	1,5	2700	0,055	14	2,5	2,5	2
YAД-22	4	2700	0,08	28	2	1,5	2
YAД-32	7	2700	0,11	30	2	2	2,5
YAД-42	13	2700	0,13	45	2	2	3,2
YAД-52	20	2700	0,17	55	2	2	4,5
YAД-62	40	2700	0,25	60	1,5	1,5	6
YAД-72	70	2700	0,4	65	1,5	1,5	6
YAД-24	1,2	1280	0,05	9	1,5	1,5	1,5
YAД-34	2,5	1280	0,09	11	1,5	1,5	1,5
YAД-44	6	1280	0,13	20	1,5	1,5	2
YAД-54	9	1280	0,17	25	1,5	1,5	2,5
YAД-64	20	1280	0,23	40	1,5	1,5	3
YAД-74	30	1280	0,3	50	1,5	1,5	3,5

b) birfazlı rejimdə

Tipi	P_n, Vt	$n, d\text{əq}^{-1}$	I_n, A	$\eta, \%$	M_{mak}/M_n	M_{is}/M_n	I_{is}/I_n	$C, \text{mk}\Phi$
YAД-12	1	2750	0,055	10	2	0,5	2	0,5
YAД-22	3	2750	0,08	20	2	0,5	2	1
YAД-32	5	2750	0,11	25	1,5	0,3	2,5	1,5
YAД-42	10	2750	0,13	44	1,5	0,3	3	1,5
YAД-52	18	2750	0,19	50	1,5	0,3	3,5	2
YAД-62	30	2750	0,3	54	1,5	0,2	4	4
YAД-72	50	2750	0,42	60	1,5	0,1	5	5
YAД-24	1	1280	0,055	9	1,5	0,5	1,5	0,5
YAД-34	2	1280	0,09	11	1,5	0,5	1,5	1
YAД-44	4	1300	0,14	14	1,5	0,5	1,5	2
YAД-54	8	1300	0,16	25	1,5	0,5	2	3
YAД-64	15	1300	0,23	35	1,5	0,3	2,5	3
YAД-74	55	1300	0,3	45	1,5	0,2	3	4

5AEY seriyali birfazlı kondensatorlu mühərriklər

Cədvəl 9

Tipi	P_n, Vt	$n, d\text{əq}^{-1}$	$\eta, \%$	$\cos\phi$	$C, \text{mk}\Phi$	Cəkisi, kq
5AEY80	1,5	2850	74,0	0,96	40	16,1
5AEY80	1,1	2850	70,0	0,92	30	14,6
5AEY80	1,1	1410	74,0	0,97	40	15,3
5AEY80	0,75	1425	71,0	0,95	30	13,6

Qeyd. Şəbəkənin gərginliyi 220V, tezliyi 50 Hz

Истифадя олунмуш ядыбийят

1. Брускин Д.Э. и др. Электрические машины и микромашины: Учеб. для электротех. спец. вузов/ Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая шк., 1990. – 528 с.
2. Гольдберг О.Д. Электромеханика: учебник для студ. высш. учеб. заведений / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская, под ред. О.Д. Гольдберга. – М.: Издательский центр «Академия». 2007. – 512 с.
3. Копылов И.П. Электрические машины / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2004 с.
4. Сукманов В.И. Электрические машины и аппараты. М.: Колос, 2001. – 296 с.
5. Радин В.И. и др. Электрические машины. Учеб. для электротех. спец. вузов/ Радин В.И., Брускин Д.Э., Зорохович А.Е.; под. Ред Т.П. Копылова – М.: Высшая шк., 1988. – 328 с.
6. Бут Д.А. Основы электромеханика. Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 1996. – 468 с.
7. Токарев Б.Ф. Электрические машины. Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
8. Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф. Электрические машины. – М.: Издательский центр «Академия». 2007. – 320 с.
9. Кацман М.М. Электрические машины автоматических устройств – М.: «Форум», 2002.
10. Кабдин Н.Е. Основы электропривода. Учебное пособие для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 217 с.
11. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. В 2-х и. 4-2. – Машны переменного ток. Учебник для студентов высш. тех. Учеб. заведений. Изд. 3-е, перераб. Л., «Энергия», 1973. – 648 с.

MÜNDƏRİCAT

Giriş.....	3
1.1. Asinxron maşınların təyinatı və iş prinsipi.....	5
1.2. Asinxron mühərrik lərin quruluşu	10
1.3. Tərpənməz rotor şəraitində asinxron maşının işi	15
1.4. Asinxron maşınların xüsusi iş rejimləri	23
1.5. Asinxron mühərrikin fırlanan rotor şəraitində işi	26
1.6. Asinxron mühərrikin energetik diaqramı	28
1.7. Asinxron maşının əvəz sxemi	31
1.8. Asinxron mühərrikin xarakteristikaları.....	36
1.9. Asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikasının kataloq göstəricilərinə görə qurulması	43
1.10. Asinxron mühərrikin işçi xarakteristikaları	44
1.11. Asinxron maşınların dairəvi diaqramı	46
1.12. Dairəvi diaqramın yüksüz işləmə və qısaqapanma təcrübəsindən alınan qiymətlərə görə qurulması	48
1.13. Asinxron mühərrikin işə salınması	55
1.14. İşə salınma momenti artırılmış qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikləri	64
1.15. Asinxron mühərrikin işinin dayanıqlığı	67
1.16. Asinxron mühərrikin sürətinin tənzimi	71
1.17. Gərginlik nominaldan fərqləndikdə üçfazlı asinxron mühərrikin işi	80
1.18. Tezlik nominaldan fərqləndikdə üçfazlı asinxron mühərrikin işi	82
1.19. Üçfazlı asinxron mühərrikin qeyri-simmetrik rejimdə işi	83
1.20. Qeyri-sinsodial qidalandırıcı gərginlikdə üçfazlı asinxron mühərrikin işi	89
1.21. Bırfazlı asinxron mühərriklər	91
1.22. Kondensatorlu asinxron mühərriklər	96
1.23. Üçfazlı asinxron mühərriklərin bırfazlı şəbəkədə işi	98
1.24. Asinxron mühərriklərin elektriki tormozlanması.....	101

1.25. Asinxron generator.....	104
1.26. Asinxron tezlik çeviricisi	108
Laboratoriya işi 1.Üçfazlı asinxron maşının tərpənməz rotor şəraitində tədqiqi	110
Laboratoriya işi 2. Faza rotorlu üçfazlı asinxron mühərrikin tədqiqi.....	117
Laboratoriya işi 3. Üçfazlı asinxron mühərrikin bifazlı iş rejimi.....	122
Laboratoriya işi 4. Üçfazlı asinxron generator.....	126
Əlavələr	131
Ədəbiyyat	140

ELEKTRİK MAŞINLARI ASINXRON MAŞINLAR

Dərs vəsaiti

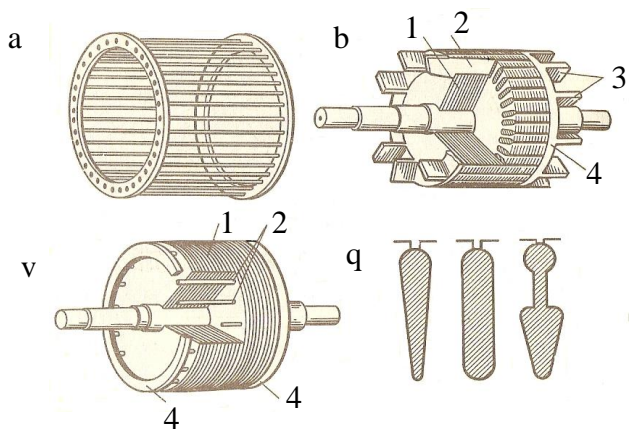
**Orucov Yaşar Behbud oğlu
Abbasov Qiyas İmran oğlu
Gözəlov Səyad Məmməd oğlu
Ələkbərova Nailə Cabbar qızı**

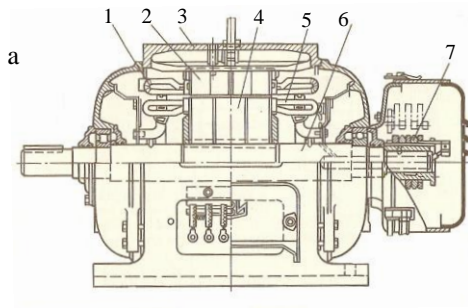
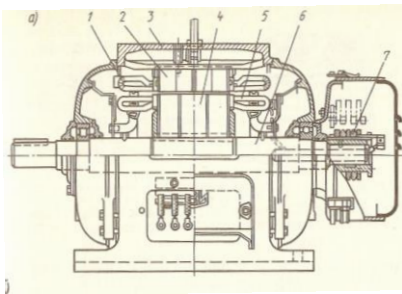
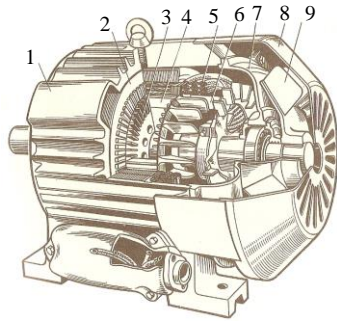
**Elektrik maşınları
Asinxron maşınlar**

Nəşryatın redaktoru:
Korrektor:

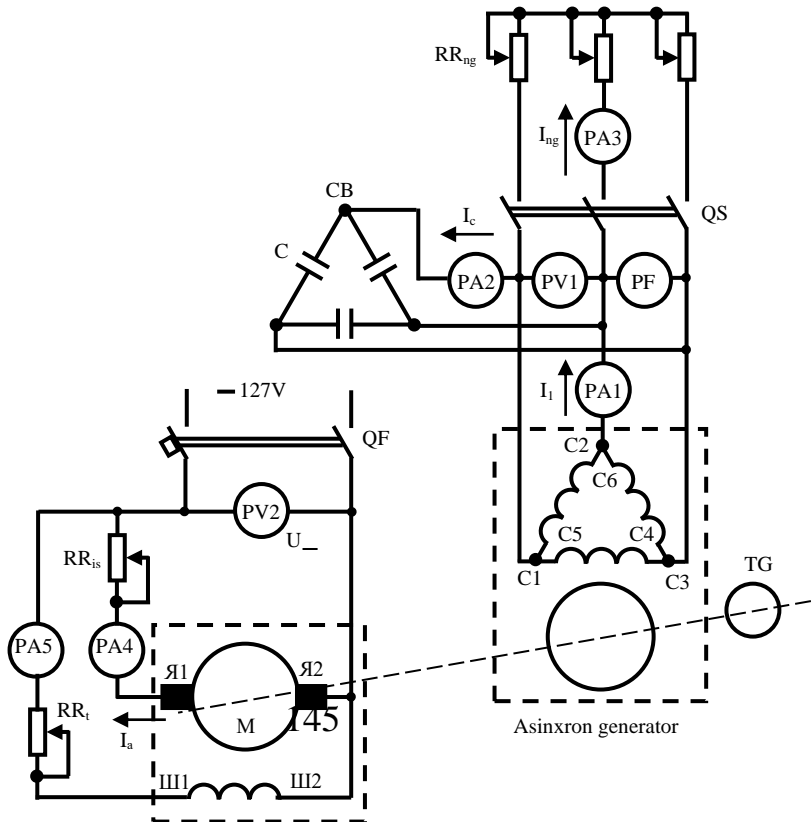
Yığılmağa verilmişdir _____ 2009 ci il
Çapa imzalanmışdır _____ 2009 ci il
Kağız formatı 210 x297 1/4 . Uçot nəşr vərəqi 9.
Kağız № 1 Tiraj 150 Sifariş – 40 .
Qiyməti müqavilə yolu ilə.

Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin mətbəsi.
Gəncə şəhəri.

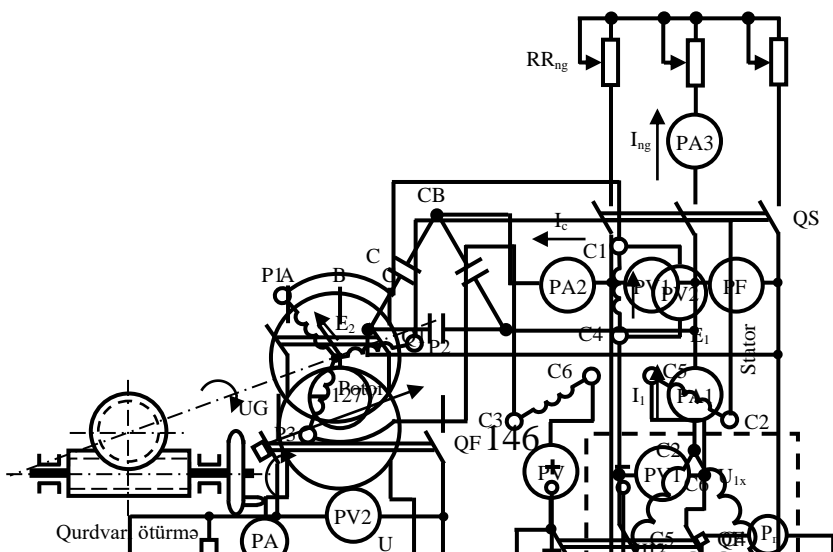


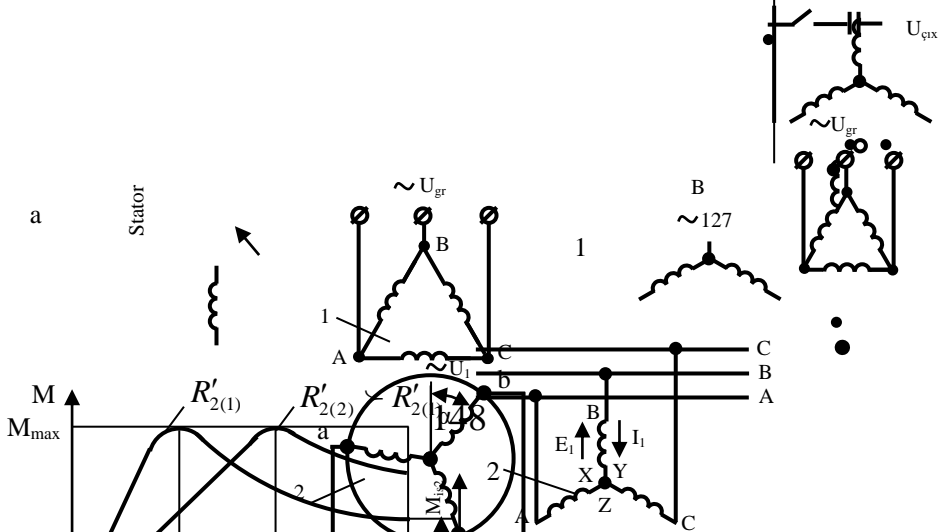
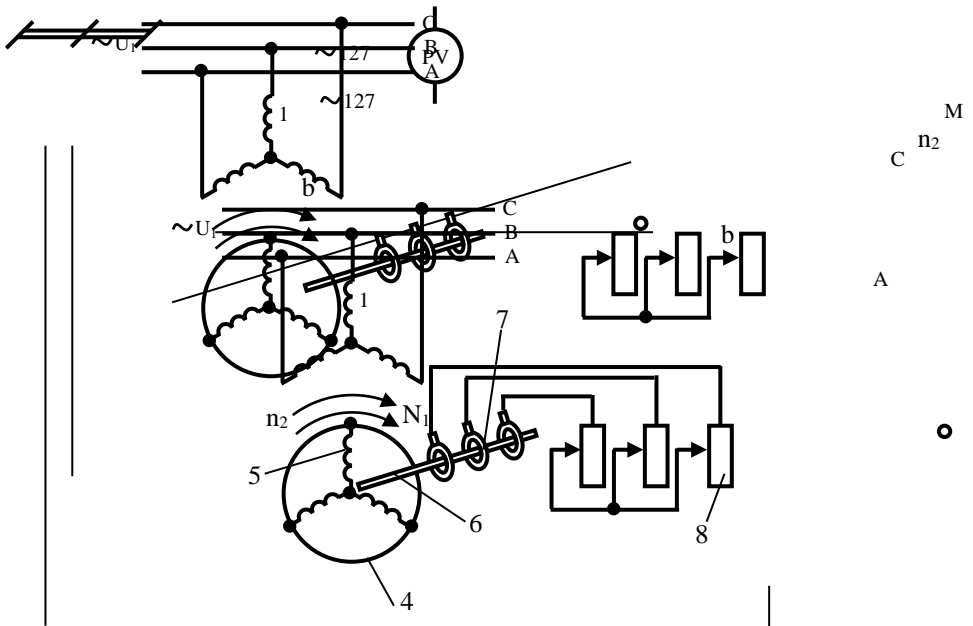


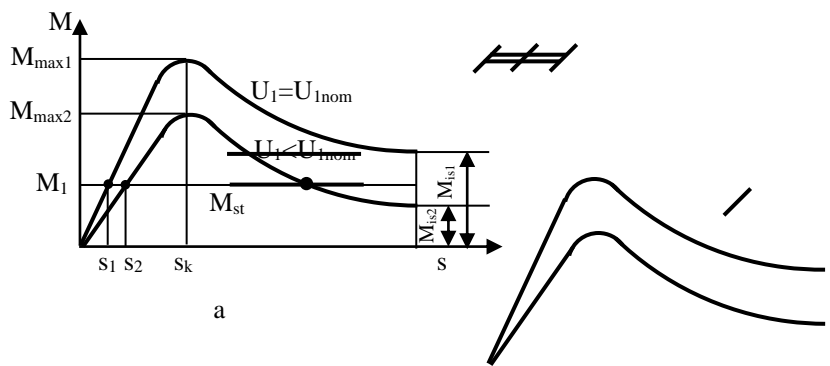
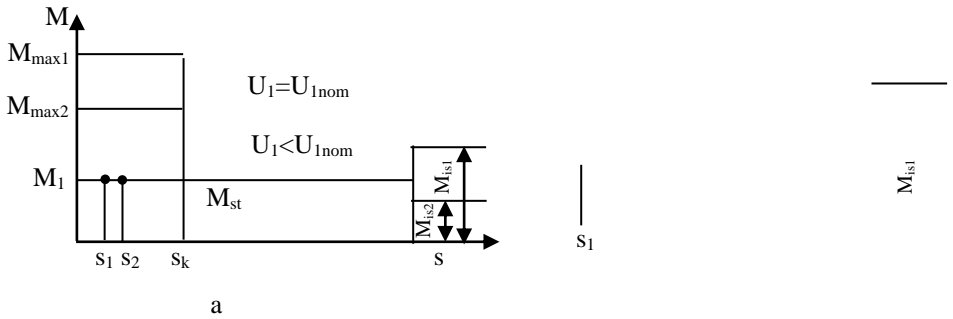
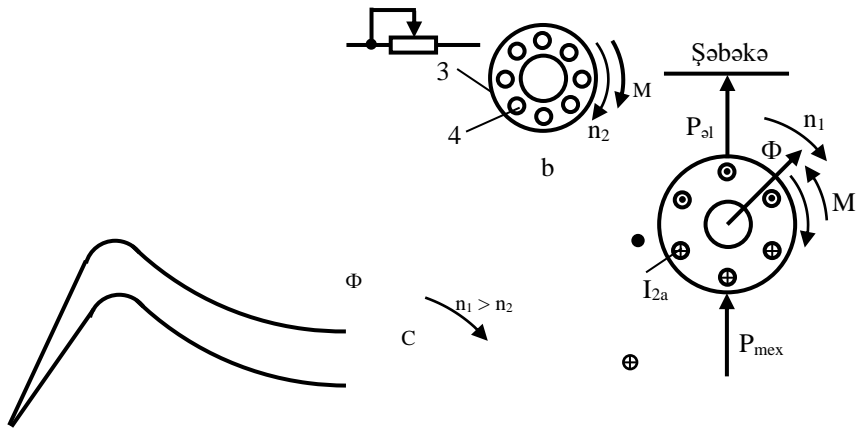
Laboratoriya işi 4

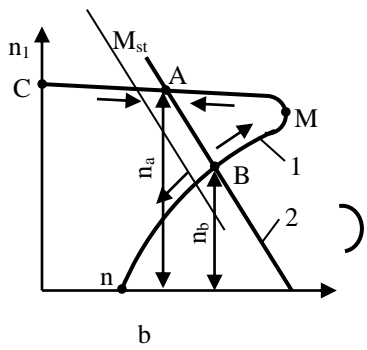
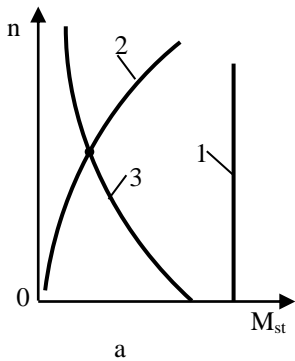
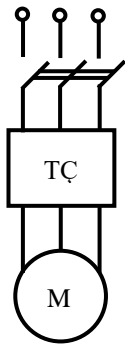


Şək. 4.1. Təcrid olunmuş şəbəkəyə işləyən özündən təsirlənən asinxron generatorun tədqiqi üçün laboratoriya stendinin sxemi

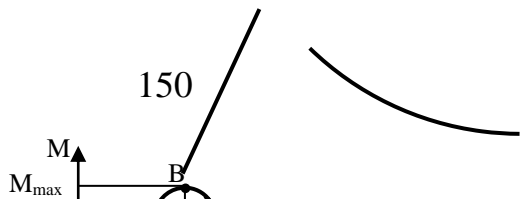






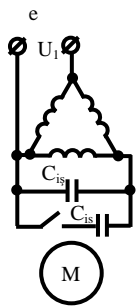
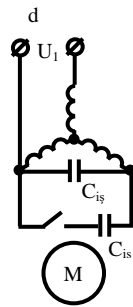
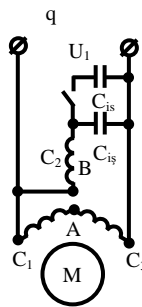
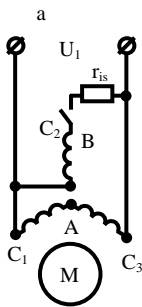
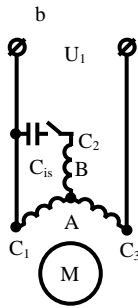
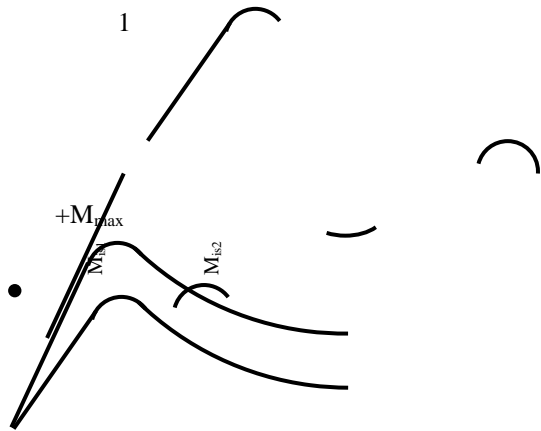


B

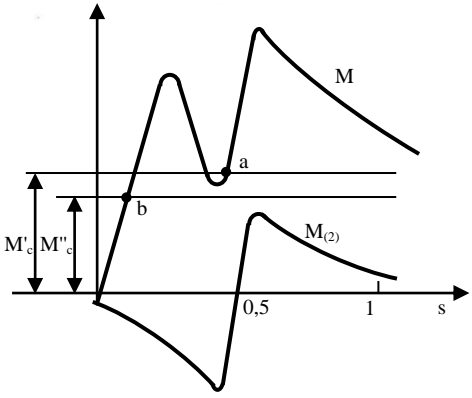
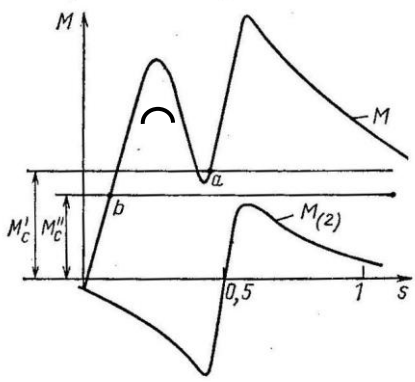
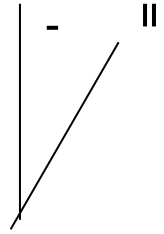


$$R'_{2(2)} > R'_{2(1)}$$

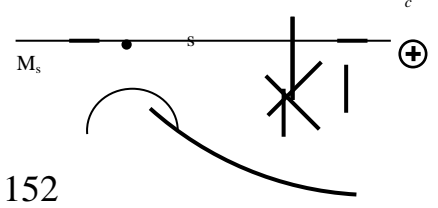
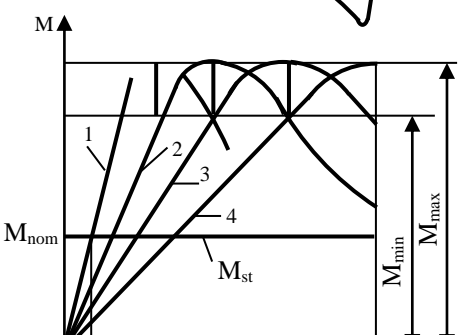
$$U_1 < U_{1nom}$$

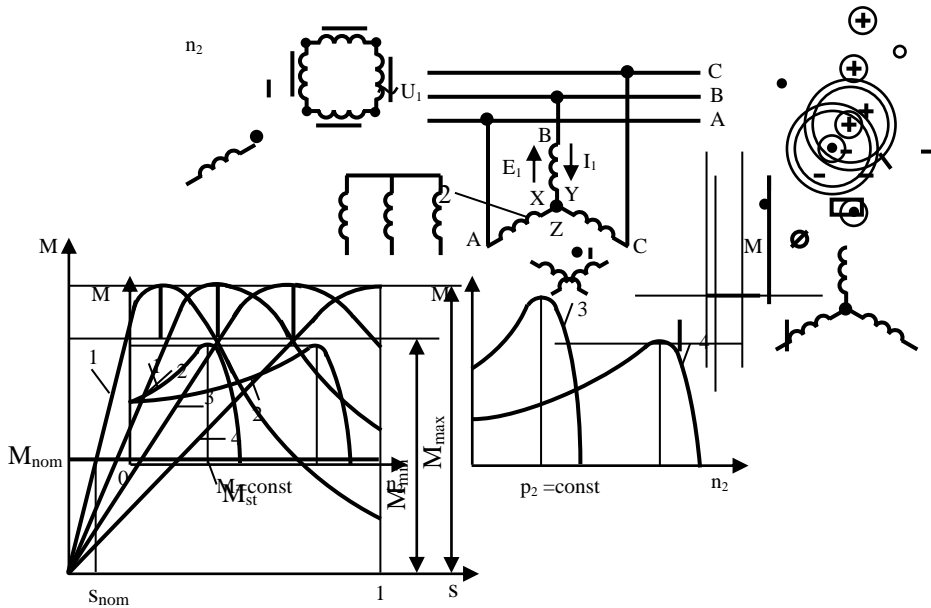


C₁ C₂

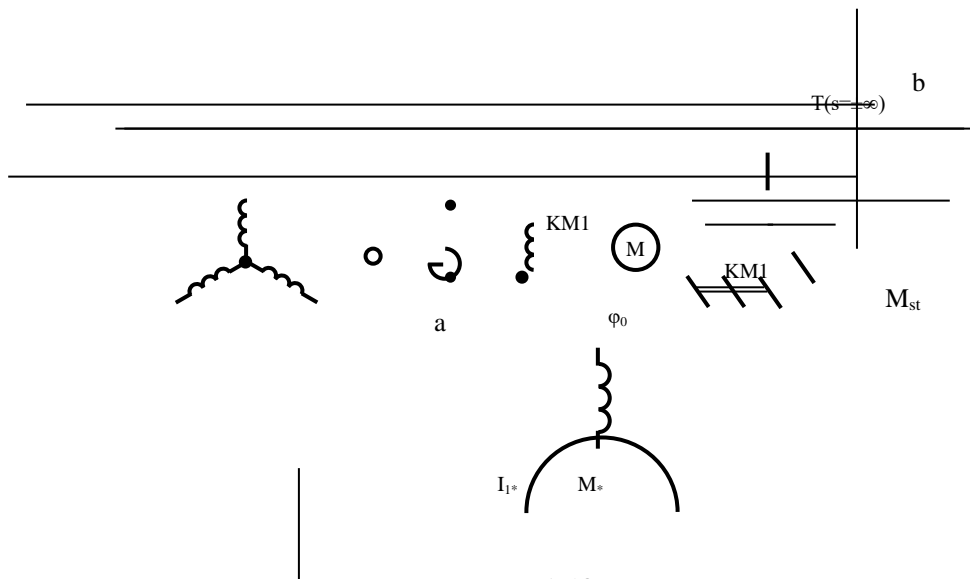


M'_c
 M''_c

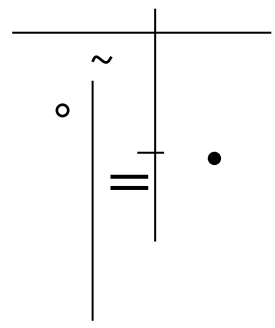
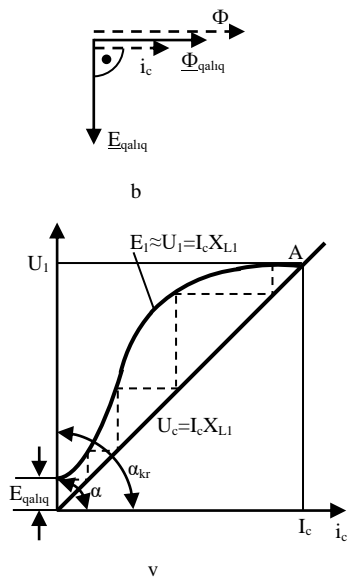
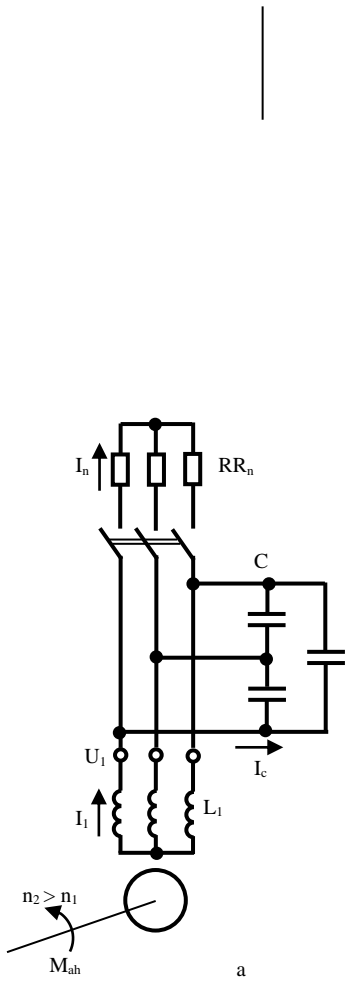




b



a



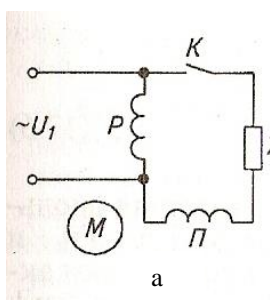
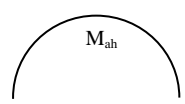
—

I_n

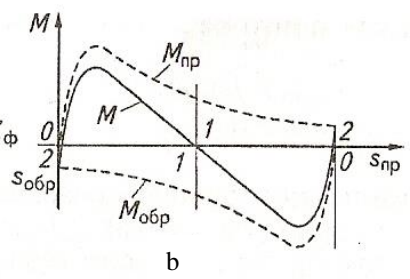
C_3
 U_1

E_{qaliq}

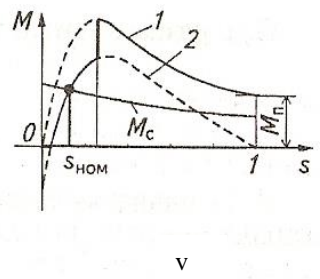
E_{qaliq}



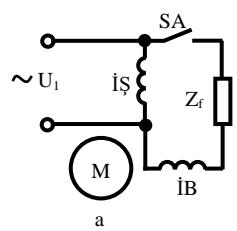
a



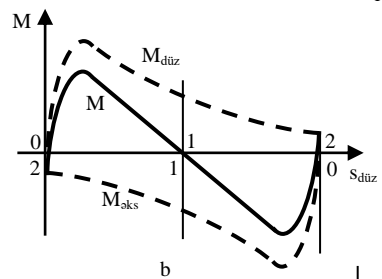
b



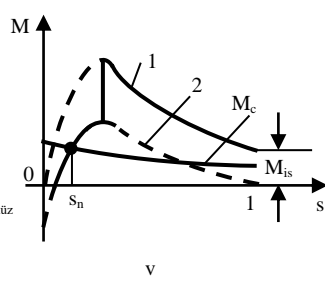
v



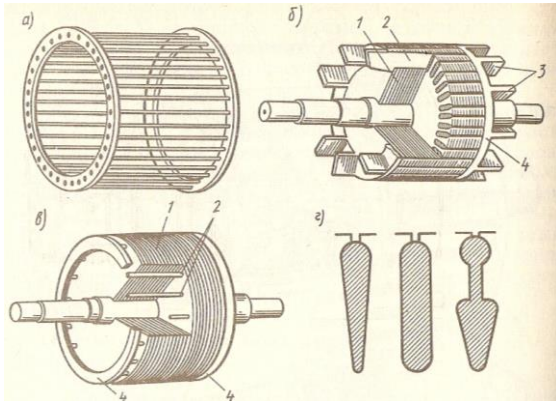
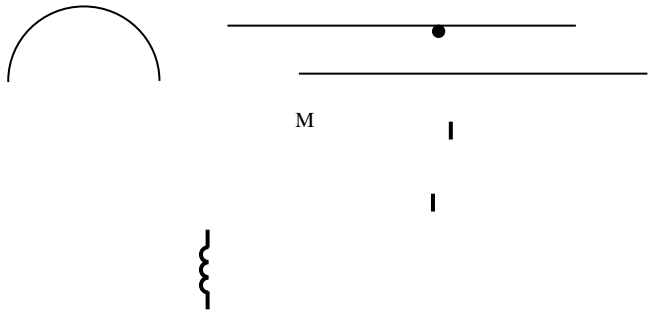
a



b



v



\underline{I}_{12}

156

\underline{I}'_2

R'_{mx}