**E.Ə. KƏRİMOV**

**SƏNAYE MEXANİZMLƏRİNİN ELEKTRİK İNTİQALI VƏ AVTOMATLAŞDIRILMASI**

***Magistraturada təhsil alan tələbələr üçün dərs vəsaiti***

**Bakı-2024**

**UOT 621.13(07)**

**Sənaye mexanizmlərinin elektrik intiqalı və avtomatlaşdırılması. Magistratura səviyyəsində təhsil alan tələbələr üçün dərs vəsaiti. E.Ə. Kərimov. Bakı, 2023.**

**Elmi redaktor:** Azərbaycan Texniki Universiteti

“Elektrotexnika” kafedrasının baş müəllimi

Qardaşov S.Q.

**Rəyçilər:** Azərbaycan Mühəndislik Universiteti

“Fizika” kafedrasının müdiri,

Dosent, f.ü.f.d. Bayramlı R.B.

Azərbaycan Texniki Universiteti

“Elektrotexnika” kafedrasının dosenti,

t.e.n. Məmmədov Ə.M.

Dərs vəsaitində müasir metalkəsən dəzgahların avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalının əsas nəzəri və praktiki məsələlərinə baxılır: elektrik intiqalının mexanikası, sabit və dəyişən cərəyan elektrik mühərriklərinin elektromexaniki xassələri, elektrik aparatları və elektrik intiqallarının idarəetmə sxemləri. Gücün hesablanması verilir və maşınqayırma istehsalında yer alan texnoloji proseslərdə istismarın müxtəlif rejimlərində mühərriklərin seçilməsi üçün tövsiyyələr göstərilir. Elektrik təhlükısizliyi məsələlərinə baxılır.

Dərs vəsaiti “Avtomatlaşdırılmış elektrotexnoloji qurğular və sistemlər” ixtisaslaşması üzrə magistratura pilləsində təhsil alan tələbələr üçün nəzərdə tutulmuşdur.

**MÜNDƏRİCAT**

GİRİŞ.........................................................................................4

I. Ötürmə mexanizmlərinin növləri və elektrik intiqallarının kinematik sxemləri...................................................................11

II. Elektrik intiqalının mexaniki hissəsinin hesablama sxemləri ..................................................................................................21

III. Elektrik intiqalının fırlanma hərəkətinin tənliyi................28

IV. Dəyişən cərəyan elektrik mühərriklərinin mexaniki xarakteristikaları......................................................................35

V. Sabit cərəyan elektrik mühərriklərinin mexaniki xarakteristikaları......................................................................51

VI. Sabit cərəyan tiristor elektrik intiqalı................................61

VII. İdarəetmənin kontakt aparatları........................................68

VIII. Rele-kontaktor idarəetmənin əsas sxemləri....................76

IX. Elektrik mühərriklərinin aparatları və müdafiə sxemləri...................................................................................93

X. Kontaktsız aparatlar. vericilər.............................................98

XI. Elektrik mühərriklərinin seçilmə kriteriyaları.................104

XII. Mexanizm və elektrik intiqalının yüklənmə diaqramlarının qurulması................................................................................114

XIII. Uzun müddətli iş zamanı elektrik mühərrikinin nominal gücünün hesablanması...........................................................121

XIV. Təkrar-qısa müddətli və qısa müddətli iş rejimlərində elektrik mühərrikinin nominal gücünün hesablanması..........125

XV. Elektrik cərəyanının insana təsiri...................................129

XVI. Elektrik təhlükəsizliyinin artırılması üçün əsas tədbirlər..................................................................................132

ƏDƏBİYYAT........................................................................140

**GİRİŞ**

***Əsas anlayışlar və onların təyinatı***. İstehsalın effektivliyi ilk növbədə istehsalat proseslərində mexaniki işin görülməsi üçün lazım olan enerjinin alınması üsulu ilə təyin olunur. Mühərrik qismində buxar maşınının (hidravlik mühərrikin əvəzinə) yaradılması XIX əsrdə sənaye istehsalının inkişafına güclü təkan vermişdir (bu səbəbdən XIX əsr buxar əsri adlanır). XX əsrdə mexaniki enerjinin əsas mənbəyi daha mükəmməl elektrik mühərriki, istehsal sənayesində işçi maşınların əsas intiqal növü isə – elektrik intiqalı oldu (bu səbəbdən də XX əsr elektrik əsri adlanır).

Hazırda demək olar ki, 100 % elektrik enerjisi elektrik maşınları (generatorlar) tərəfindən istehsal olunur və bu enerjinin 90 %-ini elə elektrik enerjisini mexaniki enerjiyə çevirən elektrik maşınları (mühərriklər) istifadə edir. Elektrik enerjisindən başqa digər növ enerji və onlar əsasında mühərriklərdən istifadə olunur: buxarb turbini (paraxodlarda), daxili yanma mühərriki (avtomobillərdə).

Elektrik enerjisinin və elektrik mühərriklərinin istifadə olunmasının üstünlükləri bunlardır:

- elektrik enerjisini kiçik itkilərlə uzaq məsafələrə ötürülməsi mümkünlüyü;

- elektrik maşınlarının dönən olması;

- yüksək FİƏ;

- elektrik mühərriklərinin böyük güc diapazonu (vattın hissələrindən meqavatta qədər) və elektrik intiqalının sürətinin nizamlanması;

- müxaniki xarakteristikaların sərtliyi və s.

“İntiqal” sözü altında nə başa düşülür! XIX əsrin sonlarında deyilirdi – istənilən inkişaf etmiş maşın qurğusu üç əsas bir-birindən fərqlənən müxtəlif hissələrdən ibarətdir: maşın – mühərriklər, ötürücü mexanizm və nəhayət maşın – alətlər və ya işçi maşınlar.

Birinci iki hissənin təyinatı – işçi maşının icra orqanını hərəkətə (fırlanma və ya irəliləmə) gətirməkdir. Bu hissələr ümumi – “intiqal” adı altında birləşir. Beləliklə, istehsal maşınının icra orqanına hərəkət verən və mühərriklərdən və mexaniki ötürmələrdən ibarət maşın qurğusuna intiqal deyilir.

İşçi maşınının ***icra orqanı*** onun verilən texnoloji əməliyyat həyata keçirən düyünlərindən biridir. Bir çox işçi maşınlar üçün bir deyil iki və ya hətta bir neçə qarşılıqlı təsirdə olan icra orqanlarının mövcudluğu xarakterikdir. Məsələn, torna dəzgahında detalın emalı zamanı detal öz oxu ətrafında fırlanmaya gətirilir, bu zaman kəsici isə detal boyunca hərəkət edir və ondan metal layı (yonqar) çıxarır. Detalın fırlanmasını dəzgahın şpindeli (birinci icra orqanı) həyata keçirir, dəzgahın ötürmə mexanizmi (ikinci icra orqanı) isə kəsicini irəliləmə hərəkətinə gətirir. Beləliklə, hər iki icra orqanı mexaniki hərəkət (detalın fırlanması və alıtin yerdəyişməsi) edərək verilmiş texnoloji əməliyyatı yerinə yetirir. Dəzgahlarda, prokat stanlarında, preslərdə material və məmulatların emalı zamanı icra orqanları şpindellər, ötürücü mexanizmlər, supportlar, vallar, ştamplar və s. olacaqdır. Bərk materialların, məmulatların, qazların, mayelərin yerdəyişməsi konveyerlər, qaldırıcı kranlar, liftlər, nasoslar, ventilyatorlar, kompressorlar tərəfindən həyata keçirilir.

Əksər icra orqanları (şpindellər, ötürmə mexanizmi, prokat stanların valı, konveyerlərin lenti və s.) sürətin nizamlanmasını tələb edir. Bəzi hallarda icra orqanının hərəkət istiqamətini də dəyişmək (reversləmək) lazım gəlir. Hərəkət zamanı icra orqanı sürtünmə qüvvələri və ya yerin cazibəsi, materialların deformasiyası zamanı yaranan qüvvələr ilə şərtlənən hərəkətə müqavimətə üstün gəlir.

Deməli, texnoloji əməliyyatın yerinə yetirilməsi zamanı icra orqanı tərəfindən lazım olan hərəkətin həyata keçirilməsi və yaranan təsirləri üstələmək üçün ona təyinatına görə intiqal adını almış qurğudan müəyyən mexaniki enerji gətirilməlidir.

Ən sadə – əl, sonra at (əl intiqalının inkişafı kimi), mexaniki (külək mühərrikindən, su təkərindən, turbindən, buxar maşınından, daxili yanma mühərrikindən) intiqallardır. Hazırda su və buxar turbinləri elektrik stansiyalarında (hidravlik və istilik) geniş tətbiq olunur. Lakin, işçi maşınların intiqalı üçün əsas əsasında elektrik intiqalı, texnikanın müasir inkişaf mərhələsində isə – avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalı qurulan elektrik mühərrikidir.

İstehsal maşınının işçi orqanına hərəkət verən və idarəetmə aparatları və mexaniki ötürmə ilə (sistem ilə) birlikdə elektrik mühərrikindən təşkil olunmuş elektromexaniki qurğuya ***elektrik intiqsal***ı (Eİ) deyilir. Başqa sözlə, intiqalın yuxarıda verilən anlayışı nəzərə alınaraq deyə bilərik ki, elektrik intiqalı – mühərrik qismində onun idarəetmə aparatları ilə birlikdə elektrik mühərriki istifadə olunan intiqaldır.

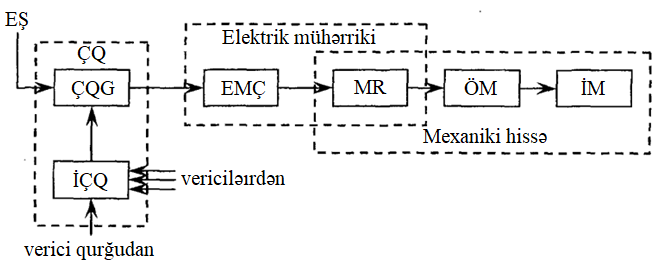
***Avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalı*** (AEİ) – istehsal maşınının işçi orqanının gətirilməsi və onun texnoloji prosesinin idarə olunması üçün tətbiq olunan, elektrik mühərrikindən, çeviricidən, ötürücü və idarəetmə qurğusundan təşkil olunmuş elektromexaniki qurğudur. Çevirici qurğu qidalandırıcı şəbəkənin elektrik enerjisinin dəyişilməz parametrlərinin, nizamlanan elektrik intiqalının idarə olunmasına uyğun dəyişənə çevrilməsi, idarəetmə qurğusu isə – müəyyən kriteriyalar üzrə optimal idarəetmənin təmin olunması üçün istifadə olunur.

Hazırda əsasən, sənaye şəbəkəsinin üçfazalı dəyişən gərginliyini sabit gərginliyə və ya üçfazalı dəyişən lakin, digər qiymət və tezliyə bərabər olan dəyişən cərəyana çevirən yarımkeçirici çevirici qurğular (tranzistor, tiristor) istifadə olunur. Müasir avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalı özündə bütöv bir kompleks elektrik maşınlarını, idarəetmənin aparat və sistemlərini birləşdirə bilər məsələn, sənaye robotlarının AEİ-si.

***Elektrik intiqalının idarəolunması*** dedikdə yalnız işəsalma, tormozlanma, revers deyil, həm də sürətin texnoloji prosesin tələblərinə uyğun olaraq nizamlanması nəzərdə tutulur.

***Sürətin nizamlanması*** dedikdə sürətin operatorun istəyinə uyğun və həmçinin, avtomatik vasitələrlə texnoloji prosesin tələblərinə uyğun məqsədyönlü şəkildə dəyişdirilməsi nəzərdə tutulur. Sürət nizamlanmasının əsasən mühərrikin elektrik dövrəsinin parametrlərinə və ya qidalnma mənbəyinin parametrlərinə təsir ilə həyata keçirilən elektrik metodları istifadə olunur. Sürət nizamlanmasının daha müsair sistemləri qapalı idarəetmə sistemlərinin istifadə olunmasına əsaslanır.

**AEİ-nin struktur sxemi**. AEİ-nin struktur sxemi şəkildə verilmişdir. Elektrik intiqalının elektrik şəbəkəsindən (EŞ) istifadə etdiyi elektrik gücü çevirici qurğunun güc hissəində (ÇQG) göstəricilərə görə nizamlanan elektrik mühərrikinin dolaqlarına gətirilən elektrik gücünə çevrilir. Sxemdə mühərrik iki – elektrik gücünü mexaniki gücə çevirən elektromexaniki çevirici (EMÇ) və M mühərrikin ω bucaq sürəti zamanı fırlanma momenti təsir edən rotor kütləsi (MR) kimi elementlərlə təqdim olunur. Elektrik mühərrikinin rotorundan mexaniki güc çevriləcəyi (moment və bucaq sürətinin dəyişməsi ilə hərəkətin növü də dəyişə bilər) ötürücü mexanizmə (ÖM) verilir və işçi maşının (İM) icra orqanına ötürülür.



Şəkil. Avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalının struktur sxemi

Çevirici qurğu (ÇQ) güc (GÇQ) və informasiya (İÇQ) hissələrindən ibarətdir. İnformasiya hissəsi verici qurğudan komanda siqnalları və elektrik intiqalı vəziyyətinin parametrləri və uyğun əks əlaqələr vericilərindən texnoloji prosesin gedişi haqqında informasiya alır. Bu verilənlər əsasında yerləşdirilmiş alqoritmə (proqrama) uyğun olaraq GÇQ-yə və ondan da mühərrikin EMÇ-sinə mexaniki hissənin hərəkətini və İM-in texnoloji prosesinin gedişini idarə edən müəyyən təsirlər yaranır.

**Elektrik intiqalının inkişaf yolunun qısa icmalı**. XIX əsrdə mexaniki enerjini almaq üçün uzun müddət buxar maşınları tətbiq olunmuşdur. Qazan və buxar maşınını zavodun həyətində ayrı bir binada yerləşdirirdilər. Buxar maşınından mexaniki hərəkət çoxmərtəbəli istehsal binasına kəmər və ya kanat ötürmələrinin köməyi ilə ötürülürdü. İstehsal məkanlarının daxilində hərəkət çoxsaylı transmissiyaların vasitəsi ilə paylanırdı. Bu ümumizavod buxar intiqalı olmuşdur. Sonradan buxar maşınını elektrik mühərriki əvəz etmişdir.

İlk elektrik mühərriki 1821-ci ildə Maykl Faradey tərəfindən kəşf olunmuşdur. Bu fırlanma hərəkətli sabit cərəyan elektrik mühərriki idi. 1838-ci ildə B.S. Yakobi ilk elektrik intiqalını yaratmışdır. Yakobi qalvanik elementlər batareyasından qidalanan elektrik mühərrikini kiçik katerdə quraşdırmış və 12 sərnişin ilə Neva çayında sınaq aparmışdır. Bunanla da elektrik intiqalının praktiki tətbiqi sübut olunmuşdur.

Lakin, XIX əsrin sonuna qədər buxar və su dəzgah və sənaye mexanizmlərini hərəkətə gətirən əsas qüvvə kimi qalırdı.

XIX əsrin 80-cı illərində fırlanan maqnit sahəsi hadisəsi kəşf olunmuşdur (Q. Ferraris, N. Tesla). 1891-ci ildə M.O. Dolivo-Dobrovolskiy bu hadisədən istifadə etməklə üçfazalı asinxron mühərrik kəşf etmişdir. Bu mühərrik özünün sadəlik və etibarlığına görə indiyə qədər sənaye müəssisələrində geniş yayılmışdır.

**Elektrik intiqalı inkişafının əsas mərhələləri**. Elektrik mühərriklərinin kəşfindən sonra ümumzavod buxar intiqalı elektrik intiqalı ilə əvəz olunmuşdur. Buxar maşını və elektrik enerji generatorundan ibarət qurğu (elektrik stansiyası) zavoddan kənarda (çayların yaxınlığında, kömür və torf yataqlarına yaxın) tikilirdi, zavod korpusunda isə elektrik mühərriki quraşdırılırdı. Artıq zavod həyətləri və korpus divarları vasitəsi ilə hərəkətin mexaniki ötürülməsinə ehtiyac qalmamışdır. İndi ümumzavod elektrik intiqalı mövcuddur.

Binanın daxilində elektrik mühərrikindən mexaniki enerjinin mərtəbələrarası mexaniki ötürmələrin köməyi ilə paylanmasının əlverişsizliyi qrup elektrik intiqallarının yaranmasına səbəb oldu. Bu halda istehsal maşınları kifayət qədər gücə malik elektrik mühərrikləri ilə hərəkətə gətirilən ayrı-ayrı qruplara bölünürdü. Qrupda istehsal maşınlarına hərəkət əvvəlki kimi transmissiya vasitsilə verilirdi. Belə intiqal transmissiyalarda böyük itkilər səbəbindən qeyri-qənaətli idi.

Sonralar qrup elektrik intiqalları hər birində ayrı mühərrik olan tək elektrik intiqalı ilə əvəz olundu. Daha sonra bir neçə mütəhərrik düyünə malik dəzgahlar ayrı-ayrı elektrik intiqalları ilə hər bir düyün üçün komplektləşdirildi – bu isə çoxmühərrikli elektrik intiqalı idi.

Bir dəzgahda quraşdırılan elektrik mühərriklərinin sayı onlarla ola bilər. Belə elektrik mühərriklərinin əl ilə tez və dəqiq idarə olunması (düymələr, çeviricilərin köməyi ilə) işçi üçün çətin olur, bəzi hallarda isə ümumiyyətlə mümkün olmur. Bu səbəbdən elektrik mühərriklərinin idarə olunması (işəsalma, dayandırma, revers və s.) avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (AİS) tərəfindən həyata keçirilən avtomatlaşdırılmış çoxmühərrikli elektrik intiqalları tətbiq olunmağa başladı. Belə avtomatik elektrik intiqallarında tez, dəqiq və etibarlı idarə üçün elektroavtomatikanın, elektronikanın, mikroprosessor və yarımkeçirici texnikanın son nailiyyətləri istifadə olunur.

AİS dəzgahı avtomata çevirir, avtomatik xəttlər (bir detalın ardıcıl emalını təmin edən bir neçə dəzgahın idarə olunması zamanı), sahələr, sexlər və hətta zavod-avtomatlar yaratmağa imkan verir. Detalların bir dəzgahdan digərinə köçürülmə, onların qaldırılması, düşürdülməsi, fırlanması, sıxılması, uyğunlaşma və başqa əməliyyatları mütəlif növ sənaye robotları yerinə yetirir: avtomatik sükanlar, transporterlər, qaldırıcılar, dönmə stolları, elektrik açarları və s.

AEİ dəzgahlarının elektrik avadanlığı məsələlərinin öyrənilməsi müasir dəzgahların, avtomatik xəttlərin və zavodların avtomatlaşdırılması oblastında müasir vasitə və imkanların anlanılması üçün vacib şərtdir. Belə biliklər olmadan nə yeni dəzgah layihələndirmək nə də ki, müasir avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemli dəzgahın işini izah etmək mümkün deyildir. Bu səbəbdən AEİ və dəzgahların elektrik avadanlıqları məsələləri haqqında biliyə sahib olmaq müasir dəzgahları və avtomatik xəttləri layihələndirən və ya istismar edən mühəndis-mexanik üçün vacib sayılır.

**I. ÖTÜRMƏ MEXANİZMLƏRİNİN NÖVLƏRİ VƏ ELEKTRİK İNTİQALLARININ KİNEMATİK SXEMLƏRİ. ELEKTRİK İNTİQALININ MEXANİKASI**

Elektrik mühərrikinin elektrik, mexaniki və qabarit parametrləri qarşılıqlı əlaqəlidir. Məsələn, PN nominal güc, fərlanma momenti MN, rotorun (lövbərin) bucaq sürəti ωN, elektrik maşınının lövbərinin aktiv hissəsinin diametr D və uzunluğu L aşağıdakı ifadələr ilə əlaqəlidirlər:

*РN = МN·ωN; MN = Ck·D2·L*,

burada, Ck – maşının konstruktiv xüsusiyyətlərindən asılı olan əmsaldır.

Bu asılılıqlardan görünür ki, verilmiş gücdə elektrik mühərrikinin qabaritlərini (D2L) kiçiltmək üçün xüsusi ilə kiçik gücə malik mühərriklərdə onun bucaq ωN sürətini artırmaq lazımdır (ωN = 100.. .600 rad/saniyəyə qədər). İşçi maşınlar üçün isə texnoloji şəraitə görə nəzərəçarpacaq dərəcədə kiçk sürət lazımdır (10 və daha çox dəfə). Bu səbəbdən elektrik mühərrikinin mexaniki parametrlərinin (sürət və moment) işçi maşının mexaniki parametrləri ilə uzlaşması üçün hərəkətin xarakterini fırlanma hərəkətini irəliləmə hərəkətinə çevirməklə dəyişə bilən ötürmə mexanizmi (ÖM) tətbiq olunur.

Ötürmə mexanizmlərinin konstruktiv hazırlanmasına görə aşağıdakı növləri fərqləndirilir (şəkil 1.1):

1) reduktorlar;

2) kəmər (zəncir) ötürmələri;

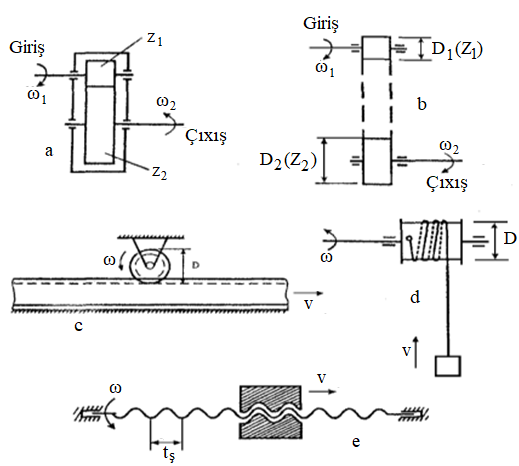
3) baraban-tros tipli (şkiv-kanat);

4) vint-qayka tipli;

5) dişli təkər-reyka tipli.

Saydığımız ÖM-lərə qısa xarakteristika verək.

***Reduktorlar*** vahid bir korpusa yerləşdirilmiş dişli ötürmələrdir. Dişli cütlərin sayına görə onlar bir-, iki-, üç-, n-pilləli; dişlərin şəklinə görə – düzdişli, əyridişli, soxulcanvari; hazırlanmasına görə – silindrik, konik; təsir prinsipinə görə isə – adi və planetar kimi bölünürlər.



Şək. 1.1. Kinematik bəndlər: a) reduktor; b) kəmər (zəncir) ötürmə; c) “dişli təkər-reyka” ötürməsi; d) “kanat (tros)-baraban (şkiv)” ötürməsi; e) “vint-qayka” ötürməsi

Reduktor i ötürmə ədədi ilə xarakterizə olunur:

*i = ω1/ω2*,

burada, ω1 – giriş sürəti; ω2 – isə çıxış sürətidir.

n-pilləli reduktorun ötürmə ədədi:

*i = i1·i2·...·in*,

burada, i1·i2·...·in – ayrı-ayrı pillələrin ötürmə ədədidır.

Reduktor həm də giriş gücü (560 kVt) və maksimal çıxış momenti (1200 kN·m) ilə xarakterizə olunur. Reduktorun giriş və çıxış oxları koaksial, paralel və ortoqonal şəkildə yerləşə bilər.

***Kəmər (zəncir) ötürmələr*** ötürmə ədədi ilə xarakterizə olunur:

*i = ω1/ω2 = D2/D1 = z2/z1*,

burada, D1, z1 – giriş şkivinin dişlərinin uyğun olaraq diametr və sayı; D2, z2 – çıxış şkivinin dişlərinin uyğun olaraq diametr və sayıdır.

“Dişli təkər-reyka”, “baraban-tros (şkiv-kanat)” və “vint-qayka” tipli ötürmələr fırlanma hərəkətini irəliləmə hərəkətinə çevirir və gətirilmə ρ radiusu ilə xarakterizə olunur:

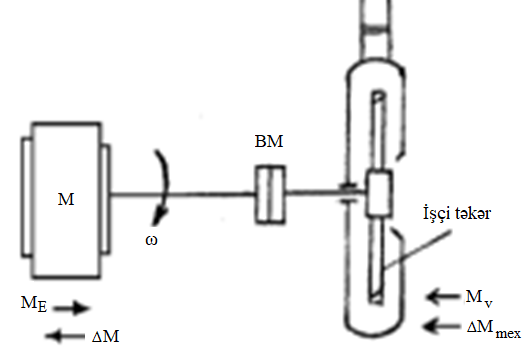
*ρ = V/ω, m/rad*.

**Elektrik intiqallarının kinematik sxemi**. Eİ-nin struktur sxeminin mexaniki hissəsi özündə mexaniki əlaqəli bütün hərəkət edən ətalətli kütlələri birləşdirir: mühərrikin rotoru (lövbəri), ÖM və texnoloji qurğunun işçi avadanlıqları. Qurğunun hərəkət edən kütlələr və onlar arasında mexaniki əlaqələr haqqında təsəvvürləri Eİ-nin kinematik sxemi verir. Deməli, hər-hansı konkret bir istehsal qurğusunun Eİ-nin kinematik sxemi bütün hərəkət edən ətalətli kütlələr və onlar arasında mexaniki əlaqələrlə birlikdə Eİ-nin mexaniki hissəsinin sxemi adlanır. Eİ-nin kinematik sxemləri rəngarəngdir. İki xarakterik misala baxaq.

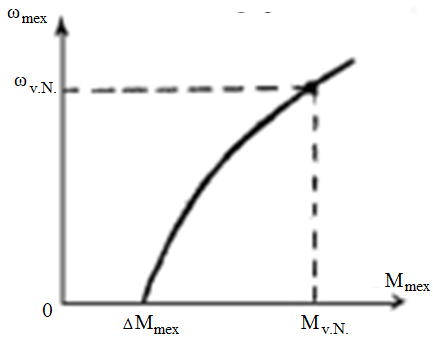
**Mərkəzəqaçma ventilyatorunun Eİ-nin kinematik sxemi** (şəkil 1.2). Elektrik M mühərrikinin rotoru ventilyatorun işçi təkərinə birləşdirici muftanın (BM) köməyi vasitəsilə birləşir. Kinematik sxemin bütün elementləri eyni bir ω bucaq sürəti ilə hərəkət edir. Ventilyatorun işçi təkərində ωmex sürətdən asılı olan hərəkətə müqavimət Mmex momenti yaranır (şəkil 1.3):

*Mmex = ΔMmex + Mv.N.·( ωmex/ ωv.N.)2*;

burada, Mv.N., ωv.N. – ventilyatorun uyğun olaraq nominal momenti və bucaq sürəti; ΔMmex – ventilyatorun işçi təkərində diyircəkli mexanizmlərdə sürtünməyə olan mexaniki itkilər momentidir.



Şək. 1.2. Ventilyatorun Eİ-nin kinematik sxemi



Şək. 1.3. Ventilyatorun mexaniki xarakteristikası

Mühərrikin rotoruna elektromaqnit ME momenti, diyircəkli mexanizmlərdə sürtünmə qüvvələri ilə şərtlənən mühərrikdə mexaniki itkilər ΔM momenti və ventilyator tərəfindən yaradılan hərəkətə müqavimət MV momenti tətbiq olunmuşdur.

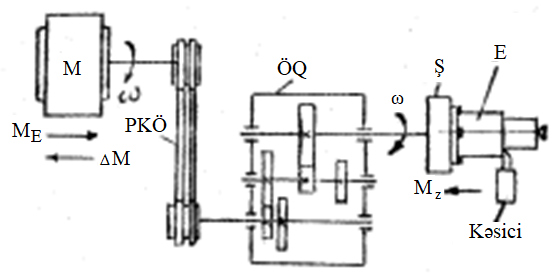
Mühərrikin nominal ωM.N. bucaq sürəti ventilyatorun nominal sürəti ilə üst-üstə düşür. Bununla da Eİ-nin kinematik sxeminin sadəliyi təyin olunur.

Digər hallarda ωv.N. ≠ωv.N. kinematik sxemə mütəlif ötürmələr daxil edilir: dişli, zəncirli, friksiyalı, paz-kəmərli və s (şəkil 1.1). Əgər sürətin mexaniki nizamlanması tələb olunursa dəyişən ötürmə i saylı ötürmə daxil edilir (ötürmə qutuları, friksiya variatorları).

**Torna dəzgahının şpindelinin elektrik intiqalının kinematik sxemi** (şəkil 1.4). Bu sxemdə hərəkət M elektrik mühərrikindən emal olunan (3) detal yerləşən Ş şpindelə paz-kəmər ötürmə (PKÖ) və ötürmə qutusu (ÖQ) vasitəsilə verilir. Ötürmə i sayı pilləvari şəkildə ilişməyə müxtəlif saylı dişə malik mexanizlərin daxil edilməsi hesabına dəyişə bilər. Fırlanan detalın tərpənməz kəsici ilə qarşılıqlı təsiri nəticəsində kəsmə təsiri və kəsmə momenti yaranır:

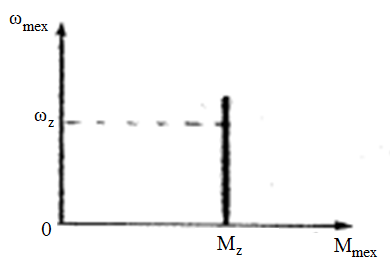
*Мmax = Мz, = Fz·Ri.v.*,

burada, Ri.v. – emal olunan detalın ilkin vəziyyətinin radiusudur.



Şək.1.4. Torna dəzgahının spindelinin Eİ-nin kinematik sxemi

Detalın emal olunması prosesində təsir və kəsmə momenti sabit qalırlar və ωi.v. bucaq sürətindən asılı olmurlar (şəkil 1.5). Mexanizmin kəsmə Fz təsirinin sabit qiymətində faydalı yük Mmex momenti emal olunan detalın Ri.v. radiusuna mütənasibdir.



Şək. 1.5. Mexaniki xarakteristika

Yükün faydalı momentindən Мmax = Мz, həmçinin mühərrik rotoruna tətbiq olunmuş M elektromaqnit momenti və mühərrikdə ΔM itkilər momentindən əlavə baxılan kinematik dövrənin bütün elementlərində sürtünmə qüvvələri təsir edir: diyircəkli mexanizmlərdə, dişli ilişmələrdə, paz-kəmər ötürməsinin sürtünən səthlərində.

**İstehsal mexanizmlərinin və elektrik mühərriklərinin mexaniki xassələri**. İstehsal mexanizminə elektrik mühərrikinin seçilməsi zamanı mühərrikin mexaniki xassələrinin işçi maşının mexaniki xassələrinə və onun işinin xarakterinə nə qədər uyğun gəldiyi dəqiqləşdirilməlidir belə ki, elektrik mühərrikinin mexaniki xarakteristikalarının konkret istehsal mexanizminə uyğunluğu onun ən böyük məhsuldarlığını və qənaətli işini təmin edir.

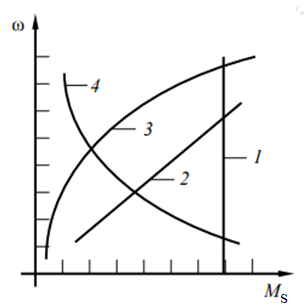
İstehsal mexanizminin mexaniki (və ya statik) xarakteristikası onun statik müqavimət momentinin və sürətinin arasındakı asılılıqdır, yəni:

*ω = f(Мm) və ya Мm = f(ω)*.

İstehsal mexanizmləri müxtəlif mexaniki xarakteristikalara malik olur. İstehsal mexanizmlərinin mexaniki xarakteristikaları üçün aşağıdakı ümumiləşdirilmiş emprik düstur müvcuddur:

*Мm = М0 + (Мm.N – М0)·(ω/ωN)x*,

burada, Mm – mexanizmin ω bucaq sürətində müqavimət momenti; M0 – mexanizmin hərəkətli hissələrində sürtünmə müqaviməti momenti; Мm.N, ωN – uyğun olaraq nomunal müqavimət momenti və sürət; x – bucaq ω sürətinin dəyişməsi zamanı Mm momentinin dəyişməsini xarakterizə edən dərəcə göstəricisidir.



Şək. 1.6. İstehsal mexanizmlərinin mexaniki xarakteristikaları

Dörd əsas növ (sinif, kateqoriya) mexaniki xarakteristika və uyğun olaraq istehsal mexanizmləri fərqləndirilir (şəkil 1.6):

1) x = 0, Мm = const (müqavimət momenti sürətdən asılı deyil). Belə mexaniki xarakteristikaya qaldırma, materialın forma dəyişməsi və ya sürtünməni üstələyən iş görən mexanizmlər (qaldırıcı mexanizmlər, hərəkət mexanizmləri və s.) malik olur. Belə mexanizmlərin gücü sürətə görə xətti artır;

2) x = 1, Мm = с·ω (müqavimət momenti sürətdən xətti asılıdır). Belə xarakteristikaya məsələn, sabit cərəyan generatorunun sabit cərəyanla işləyən intiqalı malik ola bilər. Burada güc sürətin kvadratına mütənasibdir;

3) х = 2, Мm = с·ω2. Belə mexaniki xarakteristikaya işi hava və ya mayenin müqavimətinin üstələnməsinə (ventilyatorlar, mərkəzəqaçma nasosları, sentrafuqalar və s.) gətirilən mexanizmlər malik ola bilər. Belə mexanizmlərdə müqavimət momentini əksər hallarda ventilyator momenti, müxanizmlərin özlərini isə ventilyator momentli mexanizmlər adlandırırlar. Belə mexanizmlərin gücü təxminən sürətin kubuna mütənasibdir.

4) x = 3, Мm = с/ω. Belə mexaniki xarakteristikaya metallurgiya sənayesində – bükücülər, kağız sənayesində –elektrik döşəyiciləri və bəzi metalkəsən dəzgahlar malik olur. Bu maşınların valındakı güc təxminən sabitdir.

**Elektrik mühərrikinin mexaniki xarakteristikaları** ω bucaq sürətinin onun valındakı momentdən asılılığıdır: ω = f(M).

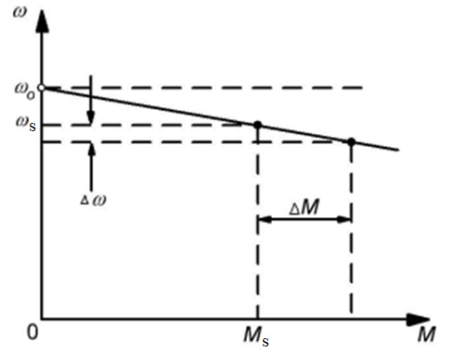
Elektrik mühərrikinin təbii və süni mexaniki xarakteristikaları fərqləndiriıir. Təbii mexaniki xarakteristika elektrik mühərrikinin nominal parametrlərlə, nominal qoşulma sxemində işləməsinə uyğun gəlir. Süni mexaniki xarakteristika elektrik mühərrikinin nominaldan fərqli parametrləri ilə məsələn, müqavimətin daxil edilməsi, qidalandırıcı gərginlik və tezliyin dəyişməsi və s. zamanı işinə uyğun gəlir.

Valdakı momentin dəyişməsi zamanı sürətin dəyişməsinin qiymətləndirilməsi üçün xarakteristikanın momentin ΔM dəyişməsinin uyğun sürət Δω dəyişməsinə nisbətinə bərabər olan sərtliyi vacib kəmiyyətdir (şəkil 1.6):

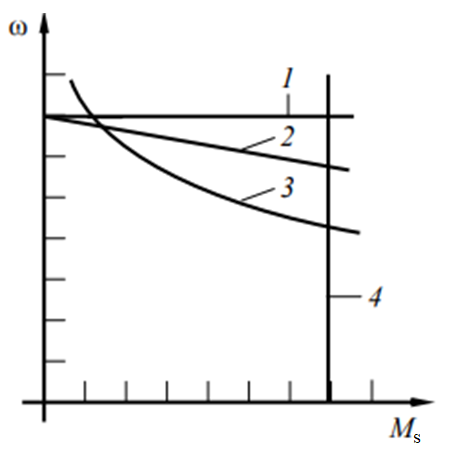
*β = (M2 – M1)/(ω2 – ω1) = ΔM/Δω*.

Xətti mexaniki xarakteristikalar sabit sərtliyə malikdir, əyrixətli xarakteristikalar isə hər bir nöqtələrində sürətə görə momentin birinci tərtib törəməsinə bərabər olan sərtliyə malik olur:

*β = dM/dω*.



Şək. 1.7. Elektrik mühərrikinin mexaniki xarakteristikasının sərtliyi



Şək. 1.8. Elektrik mühərrikinin mexaniki xarakteristikaları

Elektrik mühərriklərinin təbii mexaniki xarakterisikaları sərtlik dərəcələrinə görə aşağıdakı qruplara bölünür (şəkil 1.8):

1) yükün dəyişməsi zamanı elektrik mühərrikinin sürəti dəyişməyən (β = ꝏ) mütləq sərt xarakteristika (əyri 1). Bu qrupa sinxron mühərriklər aiddir;

2) yük momenti artıqda kiçik kəmiyyət (β = 40...10) qədər azalan sərt xarakteristika (əyri 2). Bu qrupa asinxron mühərriklər (kritik qiymətdən kiçik sürüşmələrdə işləyən) və paralel (sərbəst) həyəcanlanmaya malik sabit cərəyan mühərrikləri aiddir.

3) yük momentinin artması ilə elektrik mühərrikinin sürətinin kəskin azalan (β < 10) yumşaq mexaniki xarakteristika (əyri 3). Belə xarakteristikaya ardıcıl həyəcanlanmaya malik sabit cərəyan mühərrikləri malik olur.

Elektrik mühərrikinin istehsal mexanizmi ilə birlikdə qərarlaşmış rejimdə işləməsi zamanı mühərrikin fırlanma momenti mexanizmin statik müqavimət momenti ilə tarazlaşır, bu zaman elektrik mühərriki müəyyən sürətlə işləyir. Elektrik mühərrikinin valında müqavimət momentinin dəyişməsi zamanı momentlərin tarazlığı pozulur, elektrik intiqalının yeni qərarlaşmış hala keçdiyi (dayanıqlı iş zamanı) keçid prosesi yaranır. Lakin bu zaman mühərrikin moment və sürəti başqa qiymətlər alır. Elektrik intiqalının dayanıqlı işi üçün sənaye mexanizminin sürət və momentlərinin müəyyən qiymətləri hüdudunda elektrik mühərrikinin uyğun mexaniki xarakteristikaya malik olması tələb olunur. Bu isə müəyyən tip elektrik mühərrikinin seçilməsi və onun dövrələrinin elektrik parametrlərinin dəyişilməsi ilə əldə olunur.

**II. ELEKTRİK İNTİQALININ MEXANİKİ HİSSƏSİNİN HESABLAMA SXEMLƏRİ**

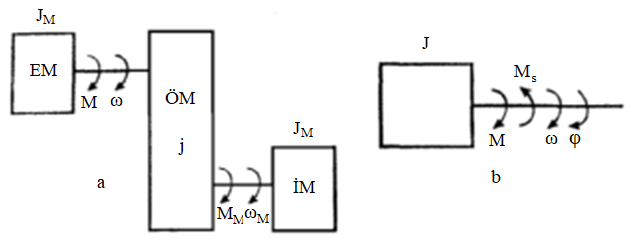
Eİ-nin mexaniki həssəsi böyük sayda hərəkətli elementləri olan mürəkkəb mexaniki sistem ola bilər. Bu zaman bir qisim elementlər fırlanma, digərləri isə - irəliləmə hərəkəti (məsələn, qaldırıcılarda, kranlarda və s.) edəcəkdir. Hər bir element müəyyən elastikliyə malikdir (yəni, yük altında deformasiya olunurlar), birləşdirici elementlərdə isə hava aralıqları mövcud ola bilər. Deməli, dinamikasının hesablanması müəyyən çətinliklərlə bağlı olan (EHM-də hesablama proqramlarını istifadə etmək lazım gəlir) Eİ-nin mexaniki sistemi çoxkütləli, elastiki əlaqəli və hava aralıqlı olurlar.

Böyük dəqiqlik tələb olunmayan mühəndis hesablamalarında kiçik elastikliyə və böyük olmayan aralığa malik (yəni, böyük sərtlikli) sistemlərdə elementlərin mexaniki əlaqəsinin mütləq sərt olması şərti qəbul edilir. Belə şərt daxilində bir elementin hərəkəti digər elementlərin hərəkəti haqqında tam məlumat verir. Adətən, belə ilkin element qismində mühərrikin valı qəbul edilir. Belə olan halda Eİ-nin mexaniki hissəsinin çoxkütləli mexanizminin hesablama sxemi (şəkil 2.1,a, 2.2,a) bir ümumiləşdirilmiş sərt mexaniki bəndə gətirilir (şəkil 2.1,b, 2.2,b). Bənd J ətalət momentinə ekvivalent kütləsi, fırlanmanın ω bucaq sürəti, φ dönmə bucağına malikdir.

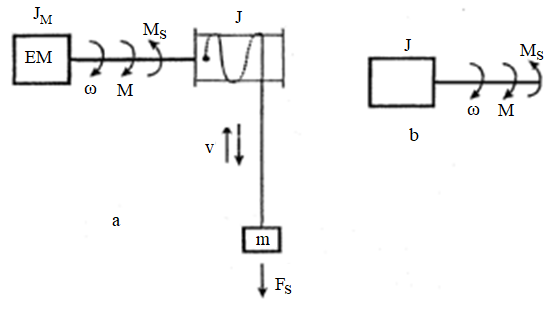
**Müqavimət momentlərinin və qüvvələrin, ətalət momentlərinin və kütlələrin elektrik mühərrikinin valına gətirilməsi**.Əvvəlcə ötürmə mexanizmini ÖM (şəkil 2.1,a) ideal qəbul edək yəni, enerji itkisi yoxdur, kütləyə malik deyil və mexaniki enerjinin mühərrikdən istehsal mexanizminə yalnız kəmiyyət çevrilməsini həyata keçirir. ÖM-in itkilərinin nəzərə alınmasına bir qədər sonra baxacağıq.

Statik müqavimət momentlərinin vala gətirilməsi istənilən valda ötürülən gücün bərabərliyi şərtindən həyata keçirilir (şəkil 2.1,a):

*Мm·ω = МM·ωM*.



Şək. 2.1. Mexanizmin fırlanma hərəkəti zamanı çoxkütləli sistemin birkütləli sistemə gətirilməsi



Şək. 2.2. Mexanizmin irəliləmə hərəkəti zamanı çoxkütləli sistemin birkütləli sistemə gətirilməsi

Bu bərabərlikdən gətirilmiş statik momentin təyin olunması üçün ifadə ala bilərik:

*Mm = МM(ωM/ω) = МM/(ω/ωM) = Мм/i*, (2.1)

burada, i = ω/ωM – ÖM-in ötürmə ədədidır.

Deməli, elektrik mühərrikinin valında ÖM-də itkilər olmadıqda statik moment icra mexanizminin İM valında Mm müqavimət momentinin ÖM-in ötürmə i sayına nisbətinə bərabərdir. Bu müqavimət momentinin elektrik mühərrikinin valına gətirilməsidir.

İM-in irəliləmə hərəkəti zamanı (şəkil 2.2,a) və ötürmənin ideallığı qəbul edildikdə elektrik mühərrikindən EM qaldırılan yükə ötürülən gücün bərabərliyi şərtindən belə bir ifadə almış olarıq:

*Mm·ω = Fm·V*,

burada, Mm – birkütləli sistemin EM-nin valında (şəkil 2.2,b) ekvivalent statik moment; Fm – qərarlaşmış rejimdə müqavimət qüvvəsi; V – yükün qaldırılması zamanı xətti sürətdir.

Bu tənlikdən aşağıdakı ifadəni alarıq:

*Mm· = Fm·V/ω = Fm·ρ,*  (2.2)

burada, ρ – irəliləmə hərəkətinin fırlanma hərəkətinə gətirilməsi radiusudur.

Deməli, müqavimət qüvvəsindən elektrik mühərrikinin valına ideal ötürmədə irəliləmə hərəkəti üçün gətirilmiş moment sürtünmə qüvvəsinin gətirilmə radiusuna ρ hasilinə bərabərdir.

İndi isə xətti ÖM üçün ətalət momentləri və kütlələrin elektrik mühərrikinin EM valına gətirilməsini nəzərdən keçirək (i = const, ρ = const).

ÖM-in ətalət momentlərinin EM-in valına gətirilməsi, sistemin vala gətirilmiş toplam kinetik enerji ehtiyatının sabit qaldığı şərt (şəkil 2.1) daxilində həyata keçirilir:

*Jω2/2 = JMüh.ω2/2 = JMüh.ωMüh.2/2*.

Bu bərabərlikdən gətirilmiş sistemin toplam ətalət momentini təyin edirik:

*J = JMüh. + JM(ωM/ω)2 = JMüh. + JM/i2 = JMüh. + JM/*,

burada, JM/ – İM-in EM-in valına gətirilmiş ətalət momentidir.

Deməli, İM-in EM-in valına ideal ÖM zamanı gətirilmiş ətalət momenti İM-in ətalət momentinin ÖM-in ötürmə ədədinın kvadratına nisbətinə bərabərdir:

*JM/ = JM/i2.*

İM-in irəliləmə hərəkəti üçün (şəkil 2.2) irəliləmə hərəkətində olan kütlələrin EM-in valının fırlanma hərəkətinə gətirilməsi gətilirmiş və gətirilməmiş sistemlərin kinetik enerjilərinin bərabərliyi əsasında həyata keçirilir:

*Jω2/2 = (JMüh. +JM)ω2/2 = mV2/2*,

bu ifadədən:

*J = JMüh. +JM + m(V/ω)2= JMüh. +JM + mρ2 = JMüh. +JM + JM/*,

burada, JM/ = mρ2 – EM-nin valına gətirilmiş irəliləmə hərəkətində olan m kütlənin ətalət momentidir.

Deməli, EM-nin valına gətirilmiş irəliləmə hərəkətində olan m kütlənin ətalət momenti bu kütlənin gətirilmə radiusunun kvadratı hasılinə bərabərdir.

**Ötürmələrdə itkilərin nəzərə alınması**. ÖM-də enerji (güc) itkilərini iki üsulla nəzərə alırlar: 1) təxmini (FİƏ-nin köməyi ilə) və 2) dəqiqləşdirilmiş (itkilərin bütün toplananlarının hesablanması yolu ilə). Birinci üsula nəzər salaq.

Eİ-nin mexaniki hissəsi (şəkil 2.3) EM-in ω bucaq sürəti və tətbiq olunmuş M monenti ilə fırlanan rotorunu, FİƏ-si ηö və ötürmə ədədi i olan ötürmə ÖM mexanizmini və ωM bucaq sürəti ilə fırlanan Mm momenti tətbiq olunmuş icra mexanizmini İM qoşur. Enerjinin EM-dən İM-ə istiqamətlənməsi zamanı Eİ-nin mühərrik iş rejimini, enerjinin əks selində isə – tormozlanma rejimini alırıq. Eİ-nin ÖM-də itkilərin nəzərə alınması üçün baxacağımız qərarlaşmış iş rejimində EM-nin valında hərəkət momenti vala gətirilmiş statik Ms momentə bərabər olacaqdır. Vala gətirilmiş statik Ms moment isə İM-in müqavimət Mm momenti və ÖM-də itkilər momentini nəzərə alır: M = Ms. Eİ-nin mühərrik rejimində Ms-i M↑, tormozlanma rejimində isə M↓ kimi işarə edək. Belə olan halda enerjinin saxlanması qanunundan belə yaza bilərik:

*ωMs↑ηö = MMωM* *mühərrik rejimi üçün*

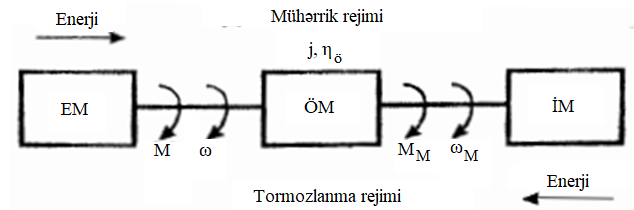
*MMωMηö = Ms↓ωM* *tormozlanma rejimi üçün*

Bu ifadələrdən:

*Ms↑ = (MMωM)/(ωηö) = MM/(iηö) = M/M/ηö,*

*Ms↓ = MMωMηö /ω = MMηö/i = M/M/ηö,*

burada, *M/M* – EM-in valına gətirilmiş ÖM-də itkilər nəzərə alınmadan İM momentidir.



Şək. 2.3. Elektrik intiqalınıpn mexaniki hissəsi

Deməli, ÖM-də itkiləri nəzərə almaq üçün İM-in statik momentlərinin və müqavimət qüvvələrinin gətirilməsi zamanı (2.1) və (2.2) düsturlarında Eİ-nin mühərrik rejimində ηö FİƏ-ni məxrəcdə, tormozlanma rejimində isə surətdə nəzərə almaq lazımdır:

*Ms↑ = MM/(iηö) = Fsρ/ηö,*

*Ms↓ = MMηö /i = Fsρηö,*

Lakin, ηö FİƏ sabit kəmiyyət deyil, yüklənmə Ky əmsalından və nominal ηö.nom FİƏ-dən asılıdır.

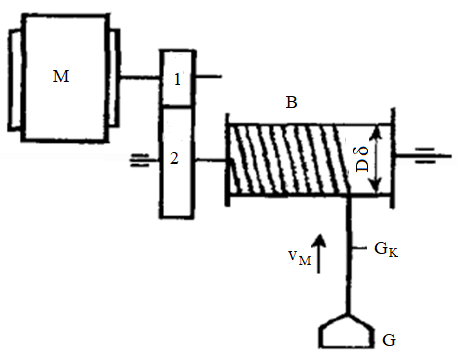
ηö = [1/ηö.nom + α(1/Ky – 1)] – 1,

burada, α – sabit itkilər əmsalıdır.

Bir çox ötürmələr üçün ηö.nom ≈ 0,8...0,9 olduğunu nəzərə alsaq, hesablamalarda α = 0,07...0,1 götürə və Eİ-nin qismən yüklənməsi zamanı gətirilmiş düstur üzrə ötürmə FİƏ-ni hesablaya bilərik.

**Məsələ**

Qaldırıcı mexanizm G = 60000 N yükü qaldırır (şəkil 2.4).



Şək. 2.4. Qaldırıcı mexanizmin kinematik sxemi

Elektrik mühərrikinin valına gətirilmiş qaldırıcı mexanizmin Eİ-nin toplam ətalət momentini və yükün statik momentini təyin etməli. Elektrik mühərrikinin nominal fırlanma nN sürəti 494 dövr/dəq, kanatın çəkisi 7800 N, reduktorun ötürmə ədədi i = 11,5, reduktorun FİƏ-si η = 0,94, B barabanın dişli təkərlə (2) birlikdə ətalət momenti J2 = 67,5 kq·m2, mühərrikin dişli təkərlə birlikdə ətalət momenti J1 = 106 kq·m2, barabanın diametri isə Db = 3 m-dir

**Həlli**

1. Yükün qaldırılması sürətini təyin edək:

*VM = πDbnN/(i·60) = 3,14·3·494/(11,1·60) = 6,75 m/san*.

2. Elektrik mühərrikinin valına gətirilmiş qaldırıcı mexanizmin toplam ətalət momentini təyin edək:

*J = J1 + J2 = [(G + Gk)/g2(VM/ωN)2] = 106 + 67,5/(11,5) + [(60000 + 7800)/(9,81)2·(6,75/51,7)2] = 118,4 kq·m2*,

burada, ωN = πnN/30 = 3,14·494/30 = 51,7 rad/san.

3. Elektrik mühərrikinin valına gətirilmiş yükün müqavimət momenti isə:

*Ms↑ = (G + Gk)Rb/(iη) = (60000 + 7800)1,5/(11,5·0,94) = 9400 N·m*

və ya

*Ms↑ = [(G + Gk)/10]ρ/η = [(60000 + 7800)/10]6,75/51,7/0,94 = 9400 N·m*

**III. ELEKTRİK İNTİQALININ FIRLANMA HƏRƏKƏTİNİN TƏNLİYİ**

Elektrik intiqalının işində iki əsas rejim fərqləndirilir: qərarlaşmış və keçid. Qərarlaşmış rejimdə elektrik intiqalı sabit sürətlə işləyir. Sürət sabitliyinin puzulmasını (texnoloji prosesin gedişinin nizamlanması zamanı, qidalandırıcı gərginliyin paramterlərinin dəyişməsi və s.) “elektrik mühərriki – işçi maşın” sisteminin yeni qərarlaşmış rejimə keçdiyi müddətdə keçid rejimi yaradır.

Keçid rejimlərində elektrik intiqalının fəaliyyətinin öyrənilməsi ilə elektrik intiqalının hərəkət tənliyindən istifadə edərək, elektrik intiqalının dinamikası məşğul olur. Verilən tənliyi nəzərdən keçirək. Elektrik intiqalının yük altında sabit fırlanma sürəti ilə işləməsi zamanı M elektrik mühərrikinin fırlanma momenti elektrik mühərrikinin valına işçi maşın tərəfindən tətbiq olunmuş müqavimətin Ms statik momenti ilə tarazlaşır:

*M = Мs*. (3.1)

Elektrik intiqalının belə iş rejimi qərarlaşmış rejim adlanır. (3.1) bərabərliyinin pozulması zamanı keçid rejimini xarakterizə edən dinamik Mdin moment yaranır. Bu zaman momentlərin tarazlığı belə yazılır:

*М = Мs + Мdin*, (3.2)

burada, M – elektrik mühərrrikinin fırlanma momenti, N·m; Ms – elektrik mühərrikinin valına gətirilmiş statik müqavimət momenti, N·m; Mdin – elektrik mühərrikinin valına gətirilmiş dinamik momentdir, N·m.

(3.2) tənliyinin ayrı-ayrı toplananlarını daha ətraflı nəzərdən keçirək. Elektrik mühərrikinin fırlanma (və ya elektromaqnit) momenti maqnit selinin elektrik mühərrikinin rotoru və ya lövbərindən axan cərəyanla qarşılıqlı təsiri zamanı yaranır. Elektrik mühərrikinin valındakı Mv moment elektromaqnit M momentindən diyircəkli mexanizmlərdə (yastıqlar), fırçaların kollektora və ya halqaya sürtünmə, ventilyator və poladdakı itkilərlə ilə təyin olunan yüksüz iş rejimi itkiləri M0 momenti qədər fərqlənir. Elektrik mühərrikinin valındakı moment elektrik intiqalının iş rejimindən asılıdır. Mühərrik rejimində M0 moment valdakı momenti azaldır, tormozlanma rejimində isə onu artırır. Bu səbəbdən:

*Mv = М ± M0*.

M0 kəmiyyəti elektrik mühərrikinin valındakı nominal MN momentin bir neçə faizini təşkil edir.

Elektrik mühərrikinin fırlanma momenti əgər işçi maşının istiqamətində yönəlirsə müsbət, əgər hərəkətə əks yönəlirsə (tormozlanma rejimi) mənfi sayılır. Statik müqavimət Ms momenti faydalı iş (məsələn, yükün qaldırılması) momenti və mexanizmin faydalı iş əmsalı ilə nəzərə alınan sürtünmə Msür momentindən təşkil olunur. Faydalı işə uyğun gələn momentlər iki növ olur: reaktiv və aktiv. Reaktiv momentlər – bütün hallarda hərəkətə əks təsir göstərən tormozlayıcı momentlərdir. Belə momentlərə kəsmə, fırlanma, təzyiq, qeyri-elastiki cisimlərin sıxılması və sürtünmə momentləri aid edilir.

***Reaktiv momentlər*** – intiqalın fırlanma istiqamətinin dəyişməsi zamanı öz işarələrini dəyişir.

***Aktiv momentlər*** (və ya potensial) – çəki, sıxılma, dartılma və burulmadan olan momentlərdir. Reaktivlərdən fərqli olaraq aktiv momentlər intiqalın fırlanma istiqaməti dəyişdikdə təsir istiqamətlərini saxlayır. Aktiv momentlər həm hərəkət istiqamətində və həm də əksinə yönələ bilirlər. Hərəkətə mane olan aktiv momentlər “mənfi”, hərəkətə kömək edən momentlər isə “müsbət” işarə ilə qəbul edilir.

*Dinamik moment* bucaq təcili və elektrik intiqalı sisteminin ətalət momenti ilə təyin olunur:

*Mdin = J(dω/dt)*,

burada, J – bütün hərəkət edən hissələrin ətalət momenti, kq·m2; dω/dt – bucaq təcili, rad/san2; ω – bucaq sürəti, rad/san; t – zamandır, san.

Sabit ətalət momentində elektrik intiqalının hərəkət tənliyi (3.2) belə yazılır:

*M = Ms +* *J(dω/dt)*

və ya:

*M – Ms = J(dω/dt)*. (3.3)

Mdin və deməli dω/dt qarşısında işarə M və Ms-in qiymətləri nisbətindən və işarələrindən asılıdır. M > Ms olduqda intiqal sürətlənir, dω/dt > 0, Mdin – müsbət kəmiyyət olur. M < Ms olduqda isə intiqal yavaşıyır, dω/dt < 0, Mdin – mənfi kəmiyyət olur. Nəhayət, M = Ms olduqda sürətlənmə və yavaşıma yoxdur deməli, dω/dt = 0, Mdin = 0. Bu zaman intiqal sabit ω sürətlə qərarlaşmış rejimdə işləyir.

Ümumi halda elektrik intiqalının hərəkət tənliyi (3.3) elektrik mühərrikinin iş rejimləri və momentlərin işarələri nəzərə alınmaqla belə yazılacaq:

*± М ± Мs  = J(dω/dt)*.

**Elektrik intiqalının sürətlənmə tormozlanma müddəti**. Bəzi istehsal mexanizmləri üçün keçid rejiminin müddəti onların məhsuldarlığını kofayət dərəcədə təyin edir, elektrik mühərrikinin seçilməsinə təsir edir və s.

Keçid prosesinin müddətini təyin etmək üçün elektrik intiqalının hərəkət tənliyini zamana görə həll etmək lazımdır:

*dt = Jdω/(M – Ms)*,

burada, t = ∫ Jdω/(М – Мs).

Verilmiş tənliyi həll etmək üçün mühərrikin M momenti və müqavimət Ms momentlərinin ω bucaq sürətindən asılılıqlarını bilmək lazımdır. Bu məsələnin xüsusi halları momentlərin işarələrini və inteqrallama sərhədlərini nəzərə almalıdır.

İşəsalma reostatının köməyi ilə elektrik mühərrikinin sürətlənməsi zamanı elektrik mühərrikinin momentini sabit və bərabər götürmək olar:

*М = αМN = const*,

burada, αМN – işəsalma zamanı orta moment; α – orta işəsalma momentinin elektrik mühərrikinin nominal MN momentinə əsasən tamlığını nəzərə alan əmsaldır.

Elektrik mühərrikinin Ms = const və J = const zamanı tərpənməz vəziyyətdən işəsalma halı üçün sürətlənmə müddəti:

(3.4)

Elektrik intiqalının elektrik trmozlanması zamanı hərəkət tənliyi belə şəklə düşəcəkdir:

*– M – Ms = J(dω/dt)*.

Bu ifadədən alınır ki, elektrik intiqalının tormozlanma müddəti:

Əvvəldə olduğu kimi M = αMN = const, Ms = const, J = const qəbul edib, tormozlanma müddətini ωs-dən 0-a kimi sürətdən asılılığını aşağıdakı bərabərlikdən tapırıq:

(3.5)

tsürət və tT üçün alınan ifadələrin analizi göstərir ki, keçid prosesinin müddətini təyin edən əsas faktorlardan biri elektrik intiqalının ətalət momentidir. Bu səbəbdən elektrik intiqallarında tez-tez həyata keçirilən işəsalma və tormozlanma zamanı rotorun uzadılmasına uyğun kiçildilmiş diametrə malik xüsusi elektrik mühərrikləri tətbiq olunur (kran elektrik mühərrikləri). Böyük gücə malik elektrik intiqallarında bir mühərrik əvəzinə – hər biri yarım gücə malik iki mühərrik quraşdırılır ki, nəticədə keçid rejimi müddətini iki dəfə azaltmaq mümkün olur.

**Reduktorun optimal ötürmə ədədinin seçilməsi**. Elektrik intiqalının layihələndirilməsi və modernləşdirilmısi zamanı reduktorun optimal (ən sərfəli) ötürmə iopt ədədinin seçilməsi məsələsini həll etmək lazım gəlir. Bu məsələ praktiki olaraq elektrik mühərrikinin nominal fırlanma sürətinin təyin olunmasına gətirir.

Əgər eyni gücü lakin, böyük nominal sürəti olan elektrik mühərrikləri kiçik qabaritlərə, kütləyə və maya dəyərinə malikdirlərsə, daha hərəkətli elektrik mühərrikləri istifadə etmək məqsədəuyğun sayılır. Lakin, bu zaman reduktor böyük ötürmə ədədinə malik olmalıdır (belə şərt qiyməti qaldırır).

Nadir işəsalma elektrik intiqalları üçün iopt (və ya elektrik mühərrikinin nominal fırlanma sürətinin) seçilməsi elektrik mühərriki və reduktorun ən kiçik ümumi qiyməti şərtindən həyata keçirilir.

Tez-tez işəsalmada elektrik intiqalları üçün ən mühüm kriteriya keçid rejiminin ümumi tsürət + tT müddətinin minimuma qədər qısaldılmasıdır. Keçid prosesinin tk.p. minimum müddətinə görə iopt kəmiyyətini nəzərdən keçirək. (3.4) və (3.5) ifadələrindən istifdə edərək keçid prosesi müddətini aşağıdakı kimi yazaq:

(3.6)

Tənlikdə elektrik intiqalının mühərrikin valına gətirilmiş toplam J ətalət momenti aşağıdakı şəkildə verilmişdir:

burada, δ = 1,1...1,3 – reduktorun ətalət momentini (reduktorun ətalət momenti əksər hallarda məlum olduğundan onu hesablamalarda elektrik mühərrikinin ətalət Jmüh momentinin 10...30 %-i qədər götürürlər) nəzərə alan əmsaldır yəni, Jmühδ toplananı – elektrik mühərrikinin rotoru və reduktorunun toplam ətalət momentidir.

ωs = ωN qəbul edib, (3.6) ifadəsində hər iki toplananı ωN-ə bölsək və aşağıdakı ifadələri nəzərə alsaq:

*MNωN = PN, MsωN = Ps, JmühδωN2 = 2Wk.müh;*

*JM(ωN/i)2 = JMωM2 = 2Wk.M*.

burada, ωN – fırlanmanın nominal bucaq sürətidir.

Beləliklə:

*tk.p.=2(Wk.müh+Wk.m.)/(αPN–Ps)+2(Wk.müh+Wk.m.)/(αPN+Ps)*, (3.7)

burada, Wk.müh – reduktorlu elektrik mühərrikinin rotorunun kinetik enerjisi; Wk.m – mexanizmin hərəkət edən hissələrinin kinetik enerjisi; Pn – elektrik mühərrikinin nominal gücü; Ps – elektrik mühərrikinin valında yükün statik gücüdür.

Elektrik mühərrikinin nominal gücü verilmiş yükdə onun qızması ilə təyin olunur və dəyişməz kəmiyyət olaraq qalır. Yükün statik gücü icra mexanizminin yerinə yetirməli olduğu işlə təyin olunur. Mexanizmin kinetik enerjisi onun konstruksiyası ilə təyin olunur. Deməli, (3.7) ifadəsində dəyişilməsi mümkün olan yeganə kəmiyyət Wk.müh kinetik enerjidir. Wk.müh minimum olduqda keçid prosesi müddətinin minimumunu alacağıq. Buradan isə reduktorun optimal ötürmə ədədinintəyin olunmasının sadə qaydası alınır: verilmiş PN nominal gücdə kataloqdan müxtəlif nominal sürətlər üçün bir neçə elektrik mühərriki seçilir və ən kiçiyi üçün Jmüh.i·ω2N.i hasili hesablanır.

Nəhayət *iopt = ωN.opt/ωM*.

**IV. DƏYİŞƏN CƏRƏYANLI ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN MEXANİKİ XARAKTERİSTİKALARI**

**Elektrik mühərriklərinin elektromexaniki xassələri**

**Dəzgahların elektrik intiqallarına olan əsas tələblər**. Metalkəsən dəzgahlarda detalların emalı zamanı kəsilmənin verilmiş sürətinin saxlanılması tələb olunur. Kəsmənin seçilmiş rejimindən kənaraçıxma emalın keyfiyyətinin pisləşməsinə və ya əmək məhsuldarlığının azalmasına gətirir. Bu səbəbdən dəzgahın elektrik intiqalı yükün dəyişməsi zamanı sürətin təxmini sabitliyini saxlamalıdır. Belə tələbi sərtliyi kifayət qədər olan mexaniki xrakteristikalar ödəyir.

Dəzgahın lazım olan kəsmə sürəti elektrik mühərriki və dəzgahın kinematik dövrəsi ilə birlikdə təmin olunur. Əgər dəzgahın şpindelinin tələb olunan fırlanma tezliyi kofayət qədər böyükdürsə (1000...3000 dövr/dəq), elektrik mühərrikinin valını birbaşa şpindellə əlaqələndirmək olar. Yox əgər şpindelin fırlanma tezliyi aşağı olarsa kiçildilmiş nominal fırlanma tezlikli elektrik mühərriki tətbiq etmək məqsədəuyğun sayılmır belə ki, bu zaman elektrik mühərrikinin kütləsi onun nominal tezliyinə eyni gücdə əks mütənasib olaraq artır. Deməli, elektrik mühərrikinin ölçüləri və maya dəyəri də artır. Belə intiqal həm konstruktiv və həm də oqtisadi cəhətdən qəbul edilmə sayılır. Təcrübələrin göstərdiyi kimi dəzgahqayırmada nisbətən yüksək nominal fırlanma tezliyinə (1000...3000 dövr/dəq) və fırlanma tezliyinin sonradan lazım olan qiymətə qədər azaldılması üçün mexaniki ötürməyə malik elektrik mühərrikləri istifadə etmək lazımdır.

Şpindelin kiçik fırlanma tezliyində elektrik mühərriki müxtəlif nominal fırlanma tezliklərinə malik ola bilər. Mühərrik nə qədər sürəlidirsə, onun qabaritləri kiçik qiyməti isə ucuzdur lakin, mühərrikdən dəzgahın işçi orqanına mexaniki ötürmə bir o qədər mürəkkəbdir. Ən yaxşı həll mümkün olan variantlardan iqtisadi müqayisə yolu ilə seçilir. Deyilənlər həm də ötürmə və köməkçi yerdəyişmə intiqallarına da aiddir. Müəyyən hallarda dəzgahqayırmada ötürmənin sərtliyini artırmaq və ya konstruksiyanın sadələşdirilməsi üçün xüsusi konstruksiyaya malik az sürətli elektrik mühərrikləri tətbiq olunur.

Kəsmənin müxtəlif sürətlərində emal zamanı nizamlanan elektrik intiqalı, ötürmə qutuları və ya müxtəlif variantların iqtisadi analizinin nəticələrindən asılı olaraq onların birləşməsi tətbiq olunur. Bəzi hallarda (elektrosurətçıxarma dəzgahları) intiqalın dinamik xassələri böyük əhəmiyyət kıəsb edir: teztəsir, fırlanma tezliyini ani olaraq dəyişdirmək qabiliyyəti və s.

Köməkçi yerdəyişmə intiqallarında əsas yükü sürtünmə qüvvələrindən olan moment təşkil edir, sükunətdə olan zaman sürtünmə əmsalı hərəkət zamanı olduğundan kifayət qədər böyükdür. Bu səbəbdən elektrik intiqalı nəzərəçarpacaq dərəcədə böyük başlanğıc (işəsalma) moment yaratmalıdır. Köməkçi yerdəyişmənin bəzi və ötürmə intiqallarında yük sürtünmə qüvvələrindən başqa, qaldırma və dəzgahın mütəhərrik düyünlərinin kütləsi ilə də yarana bilər. Dəzgahların elektrik mühərrikləri kifayət qədər ucuz, uzun ömürlü və iş zamanı etibarlı olmalıdır.

**Asinxron elektrik mühərriklərinin mexaniki xarakteristikaları**. Asinxron elektrik mühərriklərinin sənayedə geniş təbiq olunmasına səbəb konstruksiylarının sadəliyi, istismarda etibarlı və qənaətliyi, minimal maya dəyəri və dəyişən cərəyan şəbəkəsindən qidalanma mükünlüyü olmuşdur.

Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin sxemi şəkil 4.1,a-da, faza rotorlu mühərrikin sxemi 4.1,d-də, onlara uyğun mühərrik rejimində mexaniki xarakteristikalar isə şəkil 4.1b, və c-də verilmişdir.

Mühərrikin valında M fırlanma momenti, bucaq sürəti ω, onun valının fırlanma tezliyi n və mühərrikin P gücü aşağıdakı tənliklə əlaqəlidirlər:

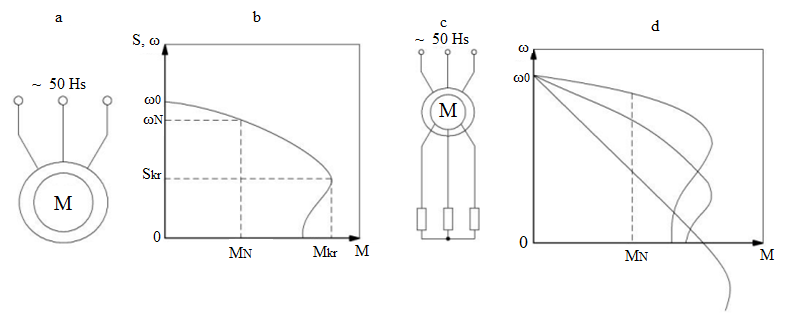
*Р = М·ω; ω = πn/30*.

Sinxron adlanan bucaq sürəti ω0 və statorun maqnit sahəsinin fırlanma tezliyi n0 belə təyin olunur:

*ω0 = 2πf1/p;*

*n0 = 60f1/p*,

burada, f1, p – uyğun olaraq şəbəkənin tezliyi və cüt qütblərin sayıdır.



Şək. 4.1. Asinxron mühərriklərin sxemi və mexaniki xarakteristikaları

**Asinxron elektrik mühərrikinin təsir prinsipi aşağıdakı kimidir**. Statorun dolağı üzrə axan üçfazalı cərəyan n0 fırlanma tezlikli fırlanan maqnit sahəsi yaradır. Bu sahə stator və rotor dolaqlarını kəsərək onlarda EHQ induksiya edir. Stator EHQ-si və stator dolağında gərginlik düşgüsü qidalandırıcı şəbəkənin gərginliyini tarazlaşdırır. Rotor EHQ-si qapalı rotor naqillərində stator sahəsi ilə qarşılıqlı təsirdə olan və elektromaqnit ME momentinin yaranmasına səbəb olan cərəyan yaradır. Yaranan elektromaqnit ME momenti sahə fırlanması istiqamətində təsir edir və rotoru hərəkətə gətirir (ME > Ms olarsa).

Asinxron mühərrikin xüsusiyyəti rotorun statorun maqnit sahəsindən s sürüşmə ilə ifadə olunan geri qalmasıdır:

*s = (ω0 – ω)/ω0 = (n0 – n)/n0 və ya s = (ω0 – ω)/ω0·100%*.

Mühərrikin özü üçün normal olan işləyə bildiyi rejimdə ən böyük PN gücə nominal güc deyilir. Bu gücə uyğun gələn cərəyanın IN, fırlanma tezliyinin nN, sürüşmənin sN qiymətləri verilmiş kəmiyyətlərin nominal qiymətləri adlanır. Asinxron mühərrikin nominal sürüşməsi 1,5...7% təşkil edir (kiçik qiymətlər böyül gücə malik mühərriklərə aiddir).

İstənilən elektrik maşınında olduğu kimi sinxron mühərrikin elektromaqnit fırlanma momenti Ф maqnit selinə və ikinci cərəyanın (rotor cərəyanı) aktiv toplananına mütənasibdir:

*М = kФI2·cosφ2*,

burada, к – konstruksiya əmsalıdır.

Mühərrikin momenti maksimal (kritik) olan sürüşməyə sk kritik sürüşmə deyilir:

*sk ≈ R/2/Xk*,

burada, R/2 – rotor fazasının statorun tezliyi və gərginliyinə gətirilmiş aktiv müqaviməti; Xk – qısa qapanma dövrəsinin induktiv müqavimıtidir (Хk = Х1 + Х'2).

Kritik momentin Mk qiyməti elektrik mühərrikinin yüklənmə qabiliyyətini təyin edir. Asinxron qısa qapanmış elektrik mühərriklərində kritik momentin tamlığı λk = Mk/MN = 1,8...2,5, kran-metal seriyası mühərriklərində isə λk = 2...3,5 qiymətlərini alır. Kritik momentin qiyməti şəbəkədəki U1 gərginliyin kvadratına mütənasibdir:

*Mk = 3U12/2ω0Xk*.

Sənaye müəssisələrinin şəbəkələrində məsələn, güclü mühərriklərin işə salınması zamanı, zərbə yüklərində gərginlik dəyişə bilər. Bu səbəbdən şəbəkədə gərginliyin 10 % azaldılması mümkünlüyü nəzərə alınmaqla ən böyük yolverilən yük λ = 0,92λk qəbul edilir.

Asinxron elektrik mühərrikinin mexaniki xarakteristikasının tənliyi aşağıdakı kimi yazılır (Klossun sadələşdırılmış düsturu):

*М = 2Mk/(s/sk + sk/s)*. (4.1)

Verilən formul üzrə Mk və sk-nın qiymətlərini bilməklə M momentin s-in müxtəlif müsbət və mənfi qiymətləri (həmçinin, s < 1 qiymətləri üçün) üçün uyğun qiymətlərini hesablamaq, sonra isə hesablamaya görə mexaniki xarakteristikanı qurmaq olar.

Kataloqlarda asinxron mühərrikin adətən aşağıdakı texniki verilənləri göstərilir: PN, n və n0, λk və λi.s. = Mi.s./MN (Mi.s. – işəsalma momentidir). Bu verilənlərə görə hesablama və mexaniki xarakteristikaların təyini üçün bütün kəmiyyətlərin qiymətini (4.1)-ə görə aşağıdakı ifadələrdən tapa bilərik: ωN = πnN/30; ω0 = πn0/30; MN = PN/ωN; Mk = λkMN; sN = (n0 – nN)/no; sk = sN[λk + (λ2k – 1)1/2].

Şəkil 4.1-dən görünür ki, təbii mexaniki xrakteristikanın yuxarı (işçi) hissəsi böyük β sərtliyə malikdir (β = dM/ds). Rotor dövrəsində müqavimətin artırılması (şəkil 4.1,d) kritik sk sürüşmənin çoxalmasına gətirir, kritik Mk moment isə dəyişmir yəni, süni mexaniki xarakteristikaların sərtliyi rotor dövrəsində aktiv müqavimətin artması ilə azalır.

Rotor dolağı fazasının aktiv müqavimətini belə təyin etmək olar:

*R2 = E2NsN/(3)1/2I2N,*

Burada, E2N, I2N – uyğun olaraq faza EHQ və rotor dolağının nominal cərəyanıdır.

**Məsələ**

А2-72-4 tipli qısa qapanmış asinxron mühərrikin təbii mexaniki xarakteristikasını hesablamalı: РN = 30 kVt; UN = 380 V; nN = 1460 dövr/dəq; λk = 2.

**Həlli**

1. МN = PN/ωN = PN/(πnN/30) = 30000/(π·1460/30) = 205 N·m;

2. Mк = λkMN = 2·205 = 410 N·m;

3. sN = (n0 – nN)/n0 = (1500 – 1460)/1500 = 0,0266;

4. sk = sN[λk + (λ2k – 1)1/2] = 0,0266 (2 + (22 – 1)1/2) = 0,1;

5. Mexaniki xarakteristikanın tənliyi

*М = 2Mk/(s/sk + sk/s) = = 820/(s/0,1 + 0,1/s)*;

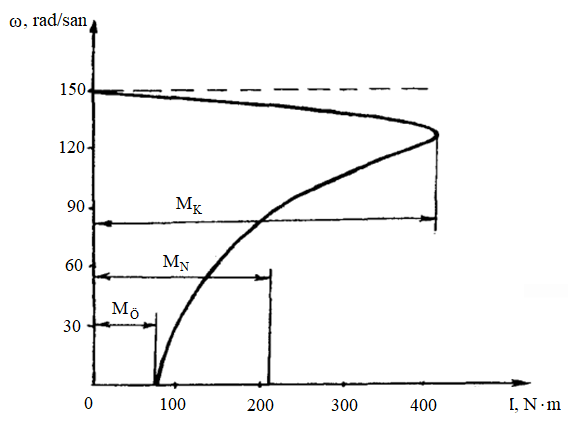
6. Mühərrik rejimi üçün 0-dan 1-ə qədər s-in qiymətlərini yerinə qoysaq, onlara uyğun M momenti hesablayıb (cədvəl 4.1), xarakteristikanı qura bilərik (şəkil 4.2):

**Cədvəl 4.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| s | 0 | 0,026 | 0,04 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 |
| n, dövr/dəq | 1500 | 1460 | 1440 | 1350 | 1200 | 900 | 600 | 300 | 0 |
| M, N·m | 0 | 205 | 324 | 410 | 328 | 206 | 138 | 106 | 82 |

Asinxron mühərrik məlum olan bütün üç tormozlanma rejimlərində işləyə bilər.

Şəbəkəyə enerji qaytarılması ilə rekuperativ tormozlanmanı şəbəkəyə qoşulmuş asinxron mühərrikin valına fırlanma istiqamətində əlavə moment təbiq edildikdə almaq olar. Bu zaman momentin qiyməti elə olmalıdır ki, rotor sinxron sürətdən böyük sürətlə fırlanmağa başlasın (ω > ω0). Bu zaman sürüşmə mənfi olacaqdır: s = (ω0 – ω)/ω0 < 0. Baxılan halda rotorun naqillərinin stator sahəsində nisbi hərəkəti mühərrik rejimi ilə müqayisədə əksinə dəyişəcəkdir.



Şək. 4.2. AM-in təbii mexaniki xarakteristikası

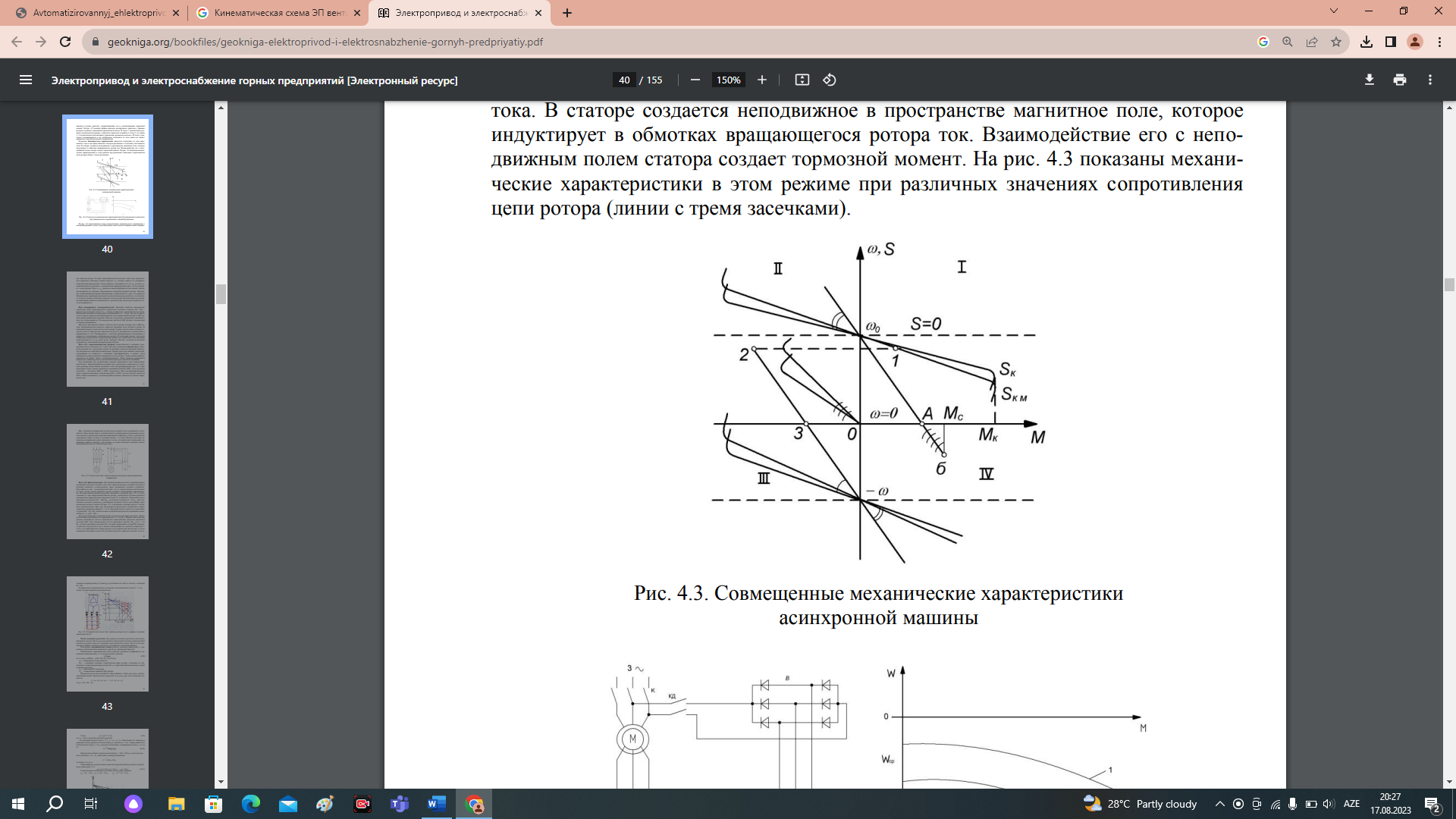
Deməli, rotor naqillərndə EHQ-nin istiqməti və uyğun olaraq stator sahəsi ilə qarşılıqlı təsirdə olan, elektromaqnit yaradan və tormoz rolunu oymayan rotor cərəyanı da dəyişəcəkdir. Bu zaman stator dolağında hasil olunan aktiv elektrik enerjisi şəbəkəyə daxil olur. Tormozlanmanın belə rejimini məsələn, qaldırıcı qurğularda ağır yükləri endirərkən, metro eskalatorlarında böyük miqdarda sərnişin olan zaman enişdə və elektrik mühərrikinin valında aktiv statik momentə malik olan digər qurğularda almaq olar. Aktiv güc işarəsini dəyişir yəni, elektrik maşını aktiv momentdən (düşən yükdən) kinetik enerjini elektrik enerjisinə çevirən və onu şəbəkəyə verən generator kimi işləyir. İşin mühərrik rejimindən generator rejiminə keçməsi avtomatik baş verir, bu səbəbdən mexaniki xarakteristikalar mühərrik rejiminin davamı olur və II və IV kvadrantda yerləşirlər (şəkil 4.3, iki qövslü əyri).

Tormozlanma rejimlərində əks qoşulma ilə rotor statorun maqnit sahəsinin fırlanması istiqamətinin əksinə fırlanır, sürüşmə vahiddən böyük olur:

*s =[ω0 – (–ω)]/ω0 =1 + ω/ω0*;

və rotor cərəyanı qısa qapanma cərəyanından böyük olur.

Cərəyanın qiymətini məhdudlandırmaq üçün rotor dövrəsinə reostat pilləsi daxil edirlər. Baxılan rejimdə mexaniki xarakteristikalar mühərrik rejiminin davamı olurlar və (s > 1 və ya ω < 0) II və IV kvadrantda yerləşirlər (şəkil 4.3, dörd qövslü əyri).



Şək. 4.3. Asinxron mühərrikin müasir mexaniki xarakteristikaları

Beləliklə, qaldırmağa qoşulmuş mühərrikin rotoru əks tərəfə fırlanır belə ki, rotor dövrəsinə böyük müqavimət daxil edilmiş və elektrik mühərrikinin momenti müqavimət momentinə yalnız mənfi sürüşmədə yaxınlaşır (şəkil 4.3, B nöqtəsi). Belə rejim əksər hallarda metallurgiya kranlarında yükün tormozlanma rejimində düşürülməsi zamanı istifadə olunur.

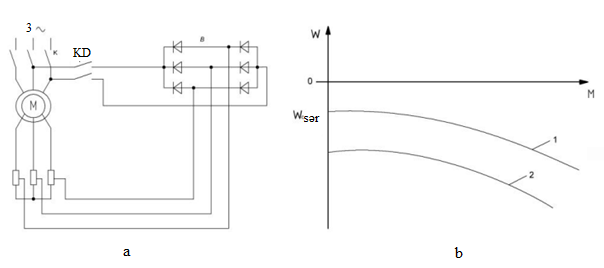
Əks qoşulma ilə tormozlanma stator maqnit sahəsinin reversi nəticəsində həyata keçirilir (statorun iki fazasının yerinin dəyişilməsi ilə). Eyni zamanda rotor dövrəsinə cərəyanı məhdudlandıran və tormozlanma momentini artıran reostat pilləsi daxil edilir. Şəkil 4.3-də faza rotorlu asinxron mühərrikin əks qoşulma ilə tormozlanma rejimində keçid qrafiki göstərilmişdir. Mühərrik rejiminin 1 nöqtəsində revers həyata keçirilir və mühərrik 2 nöqtəsinə işləməyə keçir, 2-3 xətti üzrə əks qoşulma ilə intensiv tormozlanma həyata keçirilir. 3 nöqtəsində mühərrik dayanır və onu şəbəkədən ayırmaq lazım gəlir, əks halda mühərrik əks istiqamətdə fırlanmağa başlayacaqdır.

Dinamik tormozlanma rejimində mühərrik dəyişən cərəyan şəbəkəsindən ayrılır və stator dolağının iki fazası sabit cərəyan mənbəyinə qoşulur. Statorda fəzada fırlanan rotorun dolaqlarında cərəyan induksiya edən tərpənməz maqnit sahəsi yaranır. Yaranan maqnit sahəsinin statorun tərpənməz maqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsiri tormozlanma momenti yaradır. Şəkil 4.3-də bu rejimdə rotor dövrəsi müqavimətinin müxtəlif qiymətlərində mexaniki xarakteristikalar göstərilmişdir (üç qövslü əyri).

Şəkil 4.4-də özühəyəcanlanma ilə dinamik tormozlanmanın həyata keçirilməsi sxemi verilmişdir. Bu zaman həyəcanlanma üçün rotor dolağının düzləndirilmiş gərginliyi istifadə olunur. Özühəyəcanlanma şərti bucaq sürətinin müəyyən rotor fazasının toplam müqavimətindən asılı olan sərhəd ωsər qiymətində başlayır.

Beləliklə, 0-dan ωsər qiymətinə qədər intervalda özühəyəcanlanma şərti mövcud olmur, mexaniki xarakteristika isə (şəkil 1.4,b) ordinat oxu ilə üst-üstə düşür. ω = ωsər olduqda mühərrik özühəyəcanlanır və onun momenti valdakı yükün momenti ilə təyin olunan qiymətə qədər sürətlə artır. Rotor dövrəsinin müqavimətinin artması ωsər-in çoxalmasına gətirir (şəkil 4.4, əyri 2).

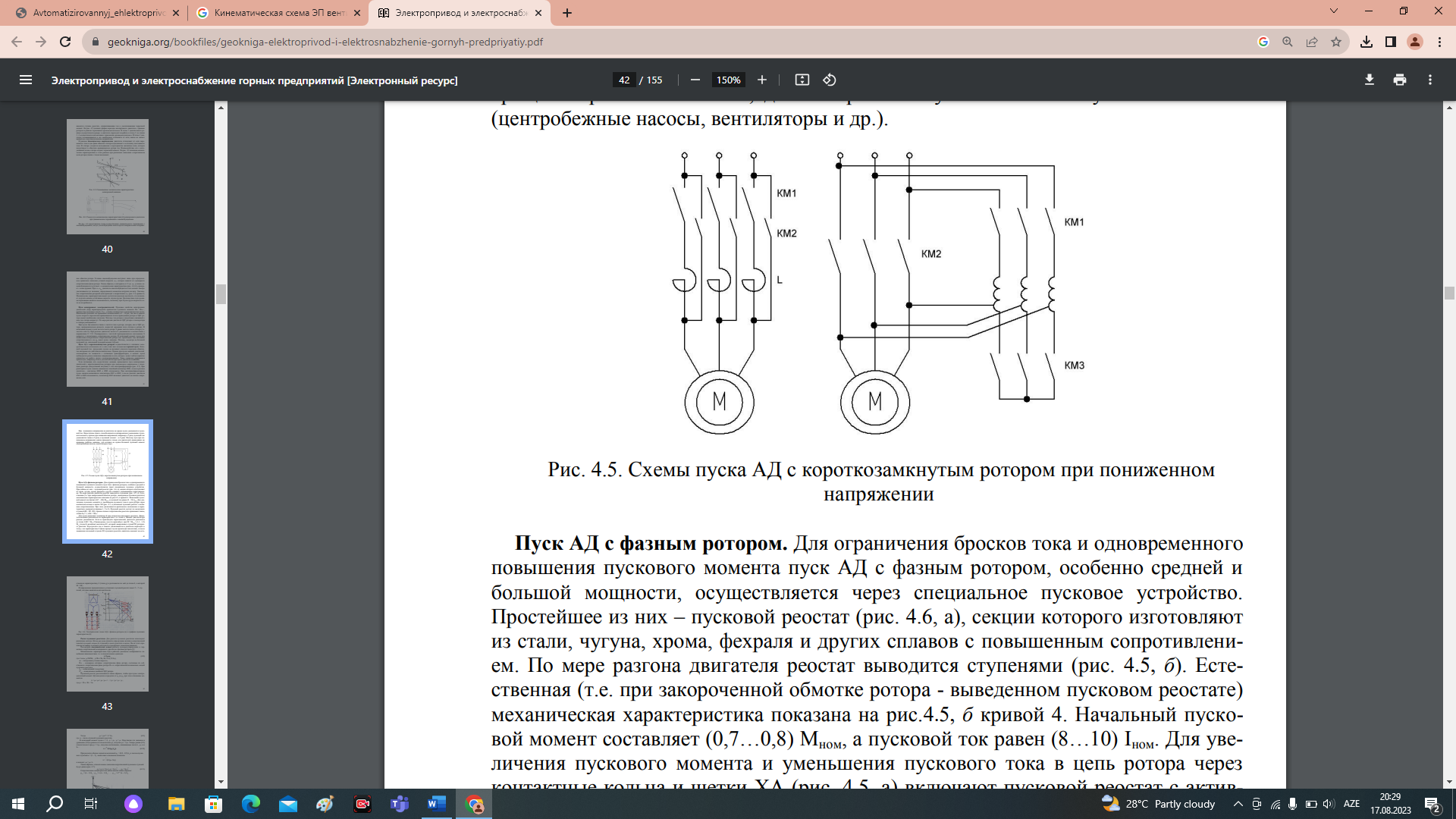
Mexaniki xarakteristikalar kifayət qədər böyük sərtliyə malik olur ki, nəticədə yüklərin endirilməsinin kiçik dayanıqlı sürətlərini almağa imkan verir.



Şək. 4.4. Özühəyəcanlanma zamanı dinamik tormozlanmada asinxron mühərrikin sxemi (a) və mexaniki xarakteristikaları (b)

**Asinxron mühərriklərin işə salınması**. Cərəyan sıçrayışlarını məhdudlandırmaq və işəsalma momentinin artırılması üçün xüsusən orta və böyük gücə malik elektrik mühərriklərinin işə salınması xüsusi işəsalma qurğuları ilə həyata keçirilir. Bu qurğulardan ən sadəsi – seksiyaları poladdan, çuqundan, xromdan, fexraldan və yüksək müqavimətli digər ərintilərdən hazırlanmış işəsalma reostatıdır. Mühərrikin sürətlənməsi ilə reostat pillələrlə çıxarılır.

Əgər qidalandırıcı şəbəkə kifayət qədər güclü deyilsə, asinxron mühərriklərin L reaktorunun və ya avtotransformatorun köməyi ilə azaldılmış gərginlikdə işə salınması tətbiq olunur (şəkil 4.5).



Şək. 4.5. Azaldılmış gərginlikdə işəsalma sxemi

Reaktor işə salınması zamanı əvvəlcə xətti KM1 kontaktoru, mühərrikin sürətlənməsindən sonra – KM2 kontaktoru qapanır, KM1 isə ayrılır. Avtotransformator işə salınmasında əvvəlcə KM1 və KM3 kontaktorları qoşulur, mühərrikin sürətlənməsindən sonra KM1 və KM3 ayrılır, KM2 kontaktoru isə mühərriki şəbəkənin tam gərginliyinə qoşur.

**Asinxron elektrik mühərriklərinin sürətinin nizamlanması**. Asinxron elektrik intiqalının sürətinin nizamlanması üsulları asinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası

*М = 3Uf2R2Σ/[ω0s(R1 + R2Σ/s)2 + Xk2]*

və stator sahəsinin fırlanmasının bucaq sürətinin tənliyinin analizindən təyin olunur: R1 – stator dolağının müqaviməti;

*ω0 = 2πf1/p*,

burada, Uf – şəbəkənin faza gərginliyi; R2Σ – rotor dövrəsinin müqavimətinin statora gətirilmiş müqavimət; f1 – şəbəkənin tezliyi; p – cüt qütblərin sayı; s – sürüşmə; Xk2 – qısa qapanmanın reaktiv müqavimətidir.

Cüt qütblərin sayının dəyişməsi ilə mühərrikin sinxron bucaq ω0 sürətinin pilləli nizamlanması təmin edilir. Sürətin belə nizamlanma üsulu yalnız – çoxsürətli adını almış xüsusi AM-in istifadə olunması zamanı reallaşa bilər. Belə AM-in xüsusiyyəti onların stator dolağının hər bir fazasının iki eyni seksiyaya (yarım dolaqlar) malik olmasıdır. Onların birləşməsinin müxtəlif sxemlərinin hesabına AM-in cüt qütblərinin p sayını dəyişmək olar. Çoxsürətli AM-in rotoru adətən qısa qapanmış şəkildə hazırlanır.

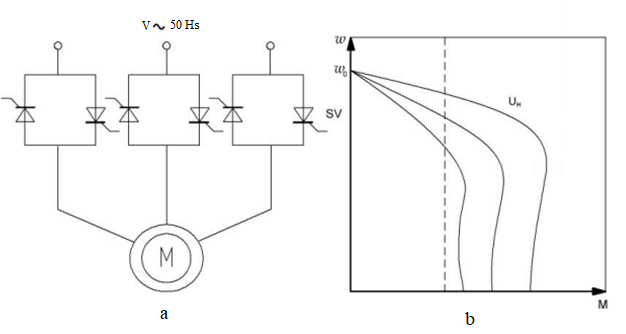
AM-in cüt qütblərinin sayı yalnız diskret qiymətlər ala bildiyindən (p = 1,2,3,4,...) AM-in sürəti də bu üsulla yalnız pilləli nizamlana bilər. Praktikada əksər hallarda çoxsürətli AM-in stator dolağı çevrilməsinin iki sxemi tətbiq olunur: üçbucaqdan ikiqat ulduza və ulduzdan ikiqat ulduza. Stator dolağının fazaları iki paralel qoşulmuş seksiyalarla yaranan sxem ikiqat ulduz sxemi adlanır. “Ulduq – ikiqat ulduz” çevrilmə sxemini yükün sabit Ms momentində, “üçbucaq – ikiqat ulduz” sxemini isə sabit güc xarakteri olan yükdə tətbiq etmək məqsədəuyğun sayılır. İkisürətli AM-dən əlavə üç-, və dördsürətli AM tətbiq olunur. Bunlardan birinciləri stator dolağının çevrilməsindən əlavə bir çevrilməyən dolağa da malikdir. Dördsürətli AM iki çevrilən müxtəlif cüt qütb sayı olan stator dolağına malikdir. AM-in sürətinin nəzərdən keçirilən nizamlanması üsulu bir sıra müsbət göstəricilərlə xarakterizə olunur ki, bu da onun dəyəşən cərəyan nizamlanan elektrik intiqalında geniş tətbiqini təyin edir. Deyilənlərə ən başlıca olaraq qənaətliyi aid etmək olar belə ki, sürətin nizamlanması rotor dövrəsində AM-in artıq qızmasına gətirən və FİƏ-ni pisləşdirən əlavə enerji itkilərinin ayrılması ilə müşayət olunmur. Üsulun çatışmazlığına isə mühərrik sürətinin pilləli dəyişilməsini və onun nisbətən kiçik, adətən 6...8 qiymətlərini aşmayan nizamlanma diapazonunun olmasını misal çəkə bilərik.

Rotor dövrəsinə reostat daxil edilməklə sürətin nizamlanması zamanı bütün sürüşmə enerjisi mühərrik dövrəsində itkilər şəklində ayrılır. Üsulun çatışmazlıqları: sürətin kiçilməsi zamanı onun stabilliyinin azalması, piııəıi olma və nizamlanmanın nisbi kiçik diapazonu: 2:1. Baxılan metod metallurgiya kranlarında sadəlik və tətbiq olunan aparatların aşağı qiyməti səbəbindən geniş tətbiq sahəsi tapmışdır. Tezliyin etibarlı tiristor çeviricilərinin (TTÇ) işlənilməsi və tətbiq olunması səbəbindən asinxron elektrik mühərriklərinin tezlik idarə olunması geniş istifadə olunur. Metodun üstünlükləri: nizamlanma sürüşmənin kiçik itkilərində həyata keçirilməsi, sürətin hamar nizamlanması, qısa qapanmış asinxron mühərriklərin tətbiq imkanlarının mümkünlüyü, nizamlanma diapazonunun 100:1 olması.

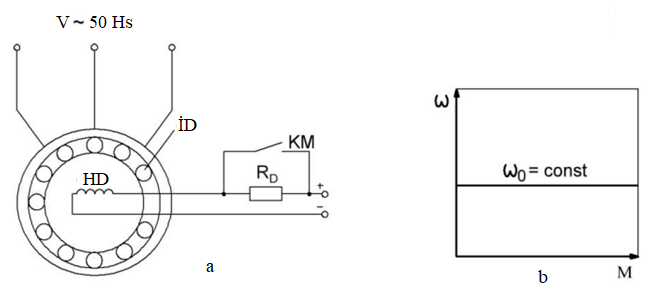
Asinxron intiqalın sürətinin qidalandırıcı gərginliyin dəyişilməsi ilə nizamlanması qarşılıqlı-paralel sxemdə statorun hər bir fazasına iki tiristorun qoşulması yolu ilə həyata keçirilir (şəkil 4.6,a). Tiristorların nizamlanma bucaqlarını dəyişməklə statora gətirilən gərginliyin qiymətini hamar şəkildə nizamlamaq olar. Bu zaman mühərrikin kritik momenti azalır və mexaniki xarakteristikaların mailliyi artır belə ki, mühərrikin fırlanma momenti stator faza gərginliyinin kvadratı ilə mütənasibdir (şəkil 4.6, b). Praktiki olaraq bu nizamlanma metodu yalnız gərginliyin tiristor nizamlayıcılı qapalı idarəetmə sistemlərində faza rotorlu mühərriklər üçün tətbiq olunur.

**Sinxron mühərriklərin elektromexaniki xassələri**. Sinxron mühərriklər əsasən, iş rejimi uzun müddətli olan və sürətin nizamlanması tələb olunmayan orta və böyük gücə malik intiqallarda tətbiq olunur: hava sovuranlar, kompressorlar, ventilyatorlar, nasoslar, dəyirmanlar, xırdalayıcı dəzgahlar və s. Mühərriklərin üstünlükləıri: konstruksiyanın sadəliyi, etibarlıq, cosφ və FİƏ-nin yüksək qiymətləri, cosφ = 1 və hətta şəbəkənin digər elektrik qəbuledicilərinin reaktiv gücünün kompensasiyasını həyata keçirməyə imkan verən qabaqlayıcı cərəyan zamanı işləmə mümkünlüyü.

Sinxron mühəırrikin sxemi şəkil 4.7-də verilmişdir. Rotorda iki dolaq yerləşmişdir: qısa qapanmış (işəsalma) İD və sabit cərəyan həyəcanlanma HD. Mühərrikin həyəcanlanma dolağı işəsalma zamanı onu deşilmədən qoruyan boşaldıcı Rboş tiristora qapanır. Sinxron sürətə yaxın sürətdə (ω ≥ 0,95ω0) həyəcanlanma dolağı avtomatik olaraq sabit cərəyan mənbəyinə tam gərginliyinə qoşulur (KM kontaktları qapanır). Bu zaman mühərrik sinxronizmliyə daxil olur. Sinxronizmə normal daxil olmaq üçün giriş momentinin statik momentdən böyük olması МG > Мs vacib şərtdir.



Şək. 4.6. Asinxron mühərrikin gərginliyinin kontaktsız nizamlanması



Şək. 4.7. Sinxron mühərrikin sxemi

Sinxron mühərrikin mexaniki xarakteristikası mütləq sərt olub moment oxuna paralel düz xətdir yəni, mühərrikin sürəti yükdən asılı olmadan, statorun maqnit sahəsinin fırlanma sürətinə bərabər olaraq sabit qalır. Elektrik mühərrikinin valında yükün artması zamanı yalnız rotor qütblərinin oxlarının statorun fırlanan sahəsinin qütblərinə nəzərən sürüşmə (θ) bucağı çoxalır. Mühərrikin M momentinin θ bucağından asılılığı sinxron mühərrikin sinusoida şəklində olan bucaq xarakteristikası adlanır: M = Mmax·sinθ.

Yüksüz iş rejimində rotor qütblərinin oxları və stator sahəsi üst-üstə düşür (θ = 0, M = 0). Yükün artması zamanı bucaq da böyüyür, uyğun olaraq mühərrikin M momenti də çoxalır. Yükün sonrakı artırılmasında (θ > 900) M moment azalmağa başlayacaq ki, bu da elektrik mühərrikinin sinxronizmdən çıxmasına və onun dayanmasına uyğun gəlir. Valda nominal yükə θ = 20...300 bucağı uyğun gəlir. Bu səbəbdən sinxron mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti λk = Mmax/MN = 2 – 3 olacaqdır.

Maksimal Mmax moment şəbəkənin faza gərginliyinə və həyəcanlanma dolağında cərəyana mütənasibdir. Bu səbəbdən sinxron mühərrikin yüklənmə qabiliyyəti həyəcanlanma cərəyanının artırılması yolu ilə böyüyə bilər ki, nəticədə mühərrikin yükün nəzərəçarpacaq təkanlarında və şəbəkə gərginliyinin rəqslərində dayanıqlı işi təmin olunacaqdır. Sinxron mühərrik şəbəkə gərginliyinin rəqslərinə asinxron mühərriklə müqayisədə az həssasdır belə ki, onun momenti gərginliyin birinci dərəcəsinə mütənasibdir.

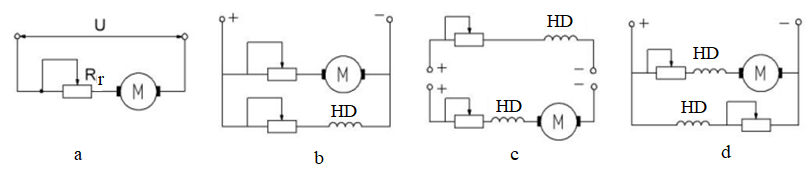
Sinxron mühərrik üçün tormozlanmanın bütün üç üsulu prinsipial olaraq mümkündür – rekuperativ, dinamik və əks qoşulma ilə. Praktiki olaraq yalnız dinamik tormozlanma istifadə olunur. Rekuperativ tormozlanma sürətin azaldılmasının tezlik çeviricisinin tətbiq olunmadan alınması mümkün olmadığından istifadə olunmur. Əks qoşulma rejimində elektrik mühərriki asinxron rejimdə işləyərkən şəbəkədən böyük cərəyan istifadə edir, onun işəsalma dolağı kiçik müddətli işə hesablandığından və ondan böyük cərəyanların uzun müddətli axmasına yol verilmədiyindən belə tormozlanma arzuedilən deyil.

Dinamik tormozlanma zamanı sinxron mühərrikin həyəcanlanması saxlanılır, stator dolağı isə şəbəkədən ayrılır və tormozlanma rezistoruna qapanır. Bu rejimdə onun mexaniki xarakteristikaları asinxron mühərrikin dinamik tormozlanma zamanı xarakteristikalarına oxşardır.

Sinxron mühərriklərin xüsusiyyəti həyəcanlanma cərəyanının dəyişilməsi yolu ilə şəbəkədən istifadə olunan reaktiv gücün nizamlanması mümkünlüyüdür. Həyəcanlanma cərəyanının dəyişilməsi prosesində mühərrikin cərəyan vektoru şəbəkənin gərginlik vektoru ilə üst-üstə düşə bilər, ondan geri qalar və ya qabaqlaya bilər. Verilən vektorların üst-üstə düşməsi zamanı mühərrik şəbəkədən yalnız aktiv güc istifadə edir (cosφ = 1). Mühərrikin cərəyan vektoru şəbəkənin gərginlik vektorunu qabaqlayırsa mühərrik şəbəkəyə reaktiv güc verir. Sinxron mühərrikin belə xassəsini sexlərin və ya bütünlükdə zavodun reaktiv yüklərinin kompensasiya olunması üçün geniş tətbiq edirlər. Baxılan halda sinxron mühərrik əsas funksiyadan başqa həm də sinxron kompensator funksiyasını yerinə yetirir ki, nəticədə böyük iqtisadi effekt əldə olunur.

**V. SABİT CƏRƏYAN ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN MEXANİKİ XARAKTERİSTİKALARI**

Sabit cərəyan elektrik mühərrikləri sərbəst, paralel, ardıcıl və ya qarışıq həyəcanlanmaya malik ola bilər (şəkil 5.1).



Şək. 5.1. Sabit cərəyan elektrik mühərriklərinin sxemləri: a – sarbəst; b – paralel; c – ardıcıl; d – qarışıq həyəcanlanma (“c sxeminin yuxarı hissəsi “a” sxeminə də aiddir)

Paralel həyəcanlanma elektrik mühərrikində həyəcanlanma dolağı lövbər sıxaclarına paralel birləşdirilir. Lakin, bu dolaqdan axan cərəyan lövbər cərəyanından fərqli olaraq yükdən asılı deyil və lövbərə tətbiq olunmuş gərginliklə və həyəcanlanma dövrəsinin ümumi müqaviməti ilə təyin olunur. Bu səbəbdən paralel həyəcanlanma mühərrikini sarbəst həyəcanlanma elektrik mühərriki də adlandırırlar.

Sabit cərəyan mühərrikinin M momenti və onun E EHQ-si aşağıdakı düsturlardan təyin olunur:

*М = кФIL; Е = кФω*,

burada, k – mühərrikin konstruksiya əmsalı; Ф – maqnit seli, Vb; IL – lövbər cərəyanı, A; ω – bucaq sürətidir, rad/san.

Elektromexaniki ω = f(IL) və mexaniki ω = f(M) xarakteristikaların tənliyi belə yazılır:

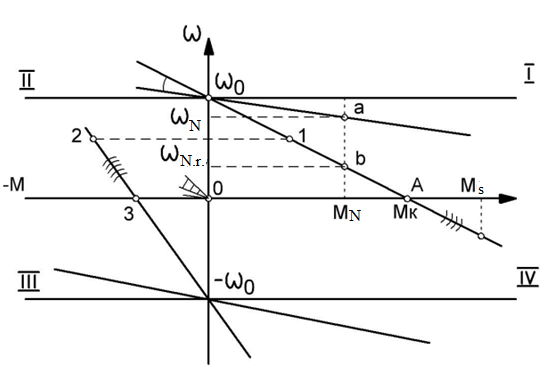
*ω = U/kФ – (RL + Rn)/kФIL*;

*ω = U/kФ – (RL + Rn)/k2Ф2M*. (5.1)

İdeal yüksüz iş rejimində bucaq sürəti (IL = 0 və ya М = 0 olduqda):

*ω0* *= U/кФ*.

Şəkil 5.2-də sərbəst həyəcanlanmaya malik sabit cərəyan mühərrikinin (SH SCM) bütün iş rejimlərində mexaniki xarakteristikaları verilmişdir. Xarakteristikaların mühərrik rejimində xarakterik nöqtələri aşağıdakılardır: ideal yüksüz iş rejimi nöqtəsi (ω0 = 0 və ya М = 0 olduqda); nominal rejim nöqtəsi (ωN və МN olduqda); qisa qapanma nöqtəsi (ω = 0 və М = Mk olduqda).



Şək. 5.2. Sərbəst həyəcanlanmaya malik sabit cərəyan mühərrikinin uzlaşmış mexaniki xarakteristikaları

Mexaniki xarakteristikanın sərtliyi həyəcanlanma seli və lövbər dolağı dövrəsinin müqaviməti ilə təyin olunur:

*β = dM/dω = - k2Ф2/(RL + Rn) = - Mk/ω*.

Sərtliyin ən böyük moduluna təbii mexaniki xarakteristika uyğun gəlir belə ki, həyəcanlanma cərəyanı nominala bərabərdir və nizamlanma müqaviməti Rn = 0. Reostatın Rn müqaviməti artdıqca mexaniki xarakteristikanın mailliyi artır, bucaq sürəti isə azalır. Rn-in və nominal Mn momentin verilmiş qiymətlərində mühərrikin bucaq sürəti belə yazılır:

*ωN.n = ω0[1 - IN(RL + Rn)]/UN*.

Mexaniki xarakteristikaların hesablanması üçün mühərrik lövbərinin RL müqavimətinin kataloqlarda verilən qiymətini bilmək lazımdır. Zavod verilənləri olmadıqda RL təxmini olaraq aşağıdakı düstur üzrə tapılır:

*RL = 0,5(1 – ηN)(UN/IN)*.

SH SCM-nin mexaniki xarakteristikaları düzxətli olduğundan, onların qurulması üçün iki nöqtə kifayət edir:

1) ω = ω0 və M = 0,

2) ω = ωN və M= МN.

SH SCM üçün elektrik tormozlanmasının aşağıdakı üç rejimi mümkündür.

1. **Rekuperativ tomozlanma** – mühərrikin sürəti ideal yüksüz iş rejimindəki sürətdən çox olduqda baş verir. Belə tormozlanma enerjinin elektrik şəbəkəsinə ötürülməsi ilə baş verdiyindən daha əlverişlidir. Bu rejimdə mexaniki xarakteristikalar mühərrik rejiminin II kvadrantda uyğun xarakteristikalarının davamıdır. Rekuperativ tormozlanmada mühərrikin sxemi dəyişmir.

2. **Dinamik tormozlanma**. Mühərrikin lövbəri şəbəkədən ayrılır və müqavimətə qapanır. Bu zaman hərəkətli hissələrin (mühərrikin müxanizmi və lövbəri) mexaniki enerjisi lövbər dövrəsinin müqavimətlərində istilik enerjisi şəklində itən elektrik enerjisinə çevrilir. Baxılan tormozlanma rejimində mexaniki xarakteristikalar koordinat başlanğıcından keçir (şəkil 5.2, üç qövslü xətlər).

3. **Əks qoşulma ilə tormozlanma** iki üsulla həyata leçirilir:

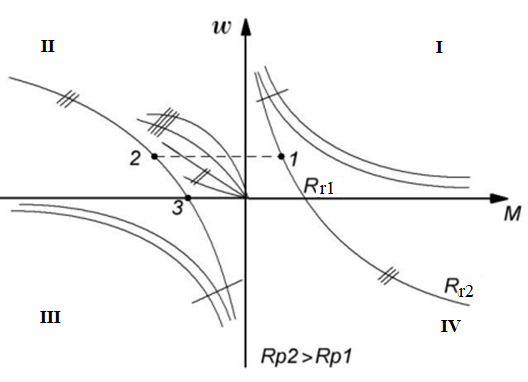
1) lövbər dövrəsinə böyük müqavimət daxil edilməklə. Bu zaman mühərrikin fırlanma momenti statik yüklənmə Ms momentindən az olur. Mühərrik dayanır (A nöqtəsində), sonra isə Ms momenti təsiri altında əks istiqamətdə tormozlanma momenti yaradaraq fırlanmağa başlayır; B nöqtəsində qərarlaşmış rejim başlayır. Mexaniki xarakteristika mühərrik rejiminin uyğun xarakteristikalarının davamıdır (şəkil 5.2, dörd qövslü xətlər).

2) lövbər dolağının polyarlığını çevirməklə tormozlanma. 1 nöqtəsində işləyən mühərrik çevrilmədən sonra reostat xarakteristikaya – 2 nöqtəsinə keçəcək. 2-3 xətti üzrə tormozlanma baş verir (büş qövslü xətt). 3 nöqtəsində mühərrik dayanır və onu əks istiqamətdə fırlanmaqla mühərrik rejiminə keçməsinin qarşısını almaq üçün şəbəkədən ayırmaq lazım gəlir.

**Ardıcıl həyəcanlanmalı sabit cərəyan mühərrikində** lövbər cərəyanı eyni zamanda həyəcanlanma cərəyanıdır. Həyəcanlanmanın maqnit seli yükün artırılması ilə böyüyür, nəticədə bucaq sürəti (5.1) ifadəsinə əsasən azalır və mühərrikin mexaniki xarakteristikası yumşaq olur (şəkil 5.3). Bu səbəbdən SH SCM yüklənmələri nisbətən daha asan üstələyə bilir və yüksək işəsalma momentinə malik olur. Mühərrikin verilən xassələri onu nəqliyyat mexanizmləri intiqalında geniş tətbiq etməyə imkan verir. Mühərrikin mexaniki xassələri lövbər dövrəsinə reostatın daxil edilməsi ilə nəzərəçarpacaq dərəcədə yumşalır (şəkil 5.3, bir qövslü xətlər).

AH SCM-də rekuperativ tormozlanma rejimini həyata keçirmək mümkün deyil belə ki, onun ideal yüksüz iş rejimi sürəti yoxdur.

**Dinamik tormozlanma** – özühəyəcanlanma və sərbəst həyəcanlanma sxemi üzrə həyata keçirilə bilər. Birinci halda lövbər və həyəcanlanma dolağı şəbəkədən ayrılır və reostata qapanırlar. Maşının maqnitsizləşməsinin qarşısını almaq üçün həyəcanlanma dolağını elə çevirmək lazımdır ki, həyəcanlanma dolaqğındakı cərəyanın istiqaməti dəyişməsin. Bu halda maşın lövbər dövrəsinin verilmiş müqavimətində yalnız bucaq sürətinin müəyyən qiymətində özühəyəcanlanır. Həyəcanlandıqdan sonra maşın tormozlanma momenti yaradır. Mexaniki xarakteristikalar qeyri-xətti olur (şəkil 5.3, dörd qövslü əyrilər).



Şək. 5.3. Ardıcıl həyəcanlanmalı sabit cərəyan mühərrikinin mexaniki xarakteristikaları

Sərbəst həyəcanlanmalı mühərrikin dinamik tormozlanma rejimində mexaniki xarakteristikalar sərbəst həyəcanlanmalı mühərrikin uyğun xarakteristikalarına analojidir (şəkil 5.3, iki qövslü əyrilər). Tormozlanmanın belə üsulu geniş tətbiq sahəsi tapmışdır, birinci üsul isə nadir əsasən də, qəza hallarında – məsələn, şəbəkə gərginliyi yox olduqda istifadə olunur.

Əks qoşulma ilə tormozlanma SH SCM-də olduğu kimi iki üsulla həyata keçirilir:

1) lövbər dövrəsinə böyük müqavimət daxil edildikdə;

2) həyəcanlanma dolağında cərəyanın istiqamətini saxlamaqla lövbər dolağının polyarlığını dəyişməklə.

Birinci üsulda mexaniki xarakteristika mühərrik rejiminə uyğun xarakteristikanın davamı olacaqdır (şəkil 5.3, üç qövslü əyri). İkinci üsulda isə tormozlanma 1-2-3 xətti üzrə həyata keçirilir.

**Sabit cərəyan intiqallarının sürətinin nizamlanması**. SH SCM-in sürətini aşağıdakı yollarla nizmalamaq olar:

1) lövbər dövrəsində müqavimətin dəyişməsi yolu ilə;

2) həyəcanlanma selinin dəyişməsi ilə;

3) lövbərə gətirilən gərginliyi dəyişməklə.

Birinci üsula görə nizamlanma bir sıra çatşmazlıqlara malikdir:

- bucaq sürətinin kiçilməsi ilə mexaniki xrakteristikaların sərtliyi azalır, əsas dövrədəki güc itkiləri isə artır;

- nizamlanma diapazonu xüsusi ilə kiçik yüklənmələrdə məhduddur;

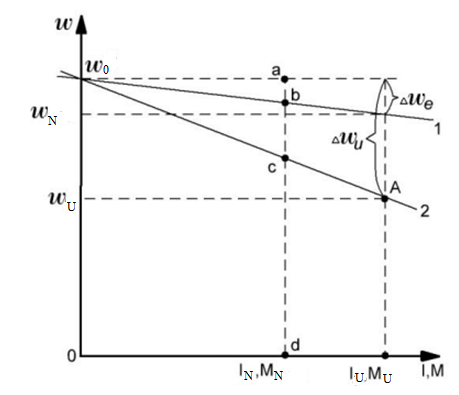
- nizamlanma hamarlığı və dəqiqliyi böyük deyil.

Bu səbəblərdən sabit cərəyan intiqalında belə nizamlanma üsulu nadir hallarda istifadə olunur.

İkinci üsula görə maqnit selini azalma istiqamətində nizamlamaq (belə ki, nominal rejimdə mühərrikin maqnit dövrəsi doymuş haldadır) mümkündür ki, bu da sürətin nominal qiymətdən böyük qiymətə qədər artmasına uyğun gəlir. Bu zaman sürətin nizamlanma diapazonu normal rejimdə işləyən mühərrik üçün 2-ni aşmır. Sürətin yuxarı həddi mühərrik lövbərinin – lövbər dolağı bandajları, kollektor kimi elementlərinin mexaniki möhkəmliyi ilə məhdudlanır.

SH SCM-in sürətinin əsas nizamlanma üsulu – xüsusi nizamlanan çeviricinin köməyi ilə həyata keçirilən, lövbərə gətirilən gərginliyin dəyişilməsinə əsaslanan üsuldur. İndividual qidalanma mənbələri qismində əsasən tiristor çeviriciləri istifadə olunur. “Çevirici – SH SCM” sistemi üzrə intiqalın mexaniki xarakteristikalarının sərtliyi praktiki olaraq sabitdir. Mexaniki xarakteristikalar bir-birinə paralel olan düz xətlərdir. Diapazon, hamarlıq, nizamlanma dıqiqliyi burada digər nizamlanma üsullarından fərqli olaraq yuxarıdır. Bu səbəbdən intiqalın verilən sxemi sürətin dərin və hamar nizamlanmasını tələb edən mexanizmlər üçün tətbiq olunur.

**SH SCM-in lövbər dövrəsindəki əlavə rezistorların hesablanması**. Əgər mühərrikin təbii elektromexaniki və ya mexaniki xarakteristikası (1 əyrisi) və onun pasport verilənləri məlumdursa (şəkil 5.4), lövbər dövrəsinə daxil edildikdə arzu olunan süni xarakteristika verilmiş ωsüni, Isüni və ya ωsüni, Msüni koordinatlara malik A nöqtəsindən keçərkən RM müqavimətinin hesablanmasını aşağıdakı ən geniş yayılmış üsullarla etmək mümkündür.



Şək. 5.4. SH SCM-nin nizamlayıcı rezistorlarının qiymətinin hesablanması üçün xarakteristikalar

**Nisbətlər metodu**. Isüni cərəyanı və ya Msüni momentində Δωtəbii və Δωsüni xarakteristikalarda sürət dəyişməsinin nisbətini yazaq:

*Δωtəbii/Δωsüni = IsüniRL/Isüni(RL + RM) = RL/(RL + RM)*.

Axtarılan qiymət:

*RM = RL(Δωsüni/Δωtəbii – 1)*.

**Parçalar metodu** mühərrikin məxsusi müqavimətinin qiymətini bilməyi tələb etmir (bundan əlavə, onun qiymətini məlum təbii xarakteristikadan təyin etmək mümkündür).

Verilmiş süni xarakteristikada (şəkil 5.4) nominal IN cərəyan, MN moment, ФN maqnit seli və UN gərginlik zamanı mühərrikin sürəti üçün ifadə yazaq:

*ωsüni = UN/(kФN)(1 – INR/UN)*,

burada, UN/(kФN) = ω0.

Belə olan halda:

*ωsüni = ω0(1 – R/RN)*.

Burada RN = UN/IN – hesablamalar zamanı baza kəmiyyəti olan nominal müqavimətdir, Om.

Aşağıdakı

*R/UN = (ω0 – ωsüni)/ω0 = δ*

nisbəti SH SCM-in mühüm xassəsini əks etdirir: sürətin nisbi δ = Δω/ω0 lövbər dövrəsinin nisbi aktiv müqavimətinə R/RN bərabərdir.

Şəkil 5.4-də xarakterik a,b,c,d nöqtələrini işarələyək və ω0 – ωsüni = Δω = ac; ω0 = ad olduğunu qeyd edək. Deməli, R = RNΔω/ω0 = RN ac/ad; RM = RN bc/ad; RL = RN ab/ad.

Beləliklə, RM-i tapmaq üçün əvvəlcə xarakteristikalara görə nominal cərəyan və momentdə bc və ad parçalarının uzunluğunu təyin etmək və RN = UN/IN nominal müqaviməti hesablamaq lazımdır.

Əlavə rezistorların hesablanmasını həm də verilmiş yolverilən momentin qiyməti və ya işəsalma, revers və tormozlanma şəraitləri ilə təyin olunan yolverilən Iy.c. cərəyan üçün olan düsturlar üzrə aparmaq olar.

İşəsalma zamanı (E = 0) RM1 rezistorunun müqaviməti:

*RM1 = (U/IƏ) – RL*.

Dinamik tormozlanma zamanı RM2 rezistorunun müqaviməti:

*RM2 = (E/IƏ) – RL ≈ (U/IƏ) – RL*.

Revers və ya əks qoşulma ilə tormozlanma zamanı RM3 rezistorunun müqaviməti:

*RM3 = [(E + U)/IƏ] – RL ≈ (2U/IƏ) – RL*.

**Məsələ**

ПБСТ-53 tip SH SCM aşağıdakı pasport verilənlərə malikdir: PN = 4,8 kVt; nN = 1500 dövr/dəq; UN = 220 V; IN = 24,2 А; RL = 0,38 Om; IH.N. = 0,8 А.

Təyin olunması tələb olunur:

1) mühərrikin lövbər dövrəsinə qoşulması süni mexaniki xarakteristikanın ωsüni = 90 rad/san, MN = 25 N·m koordinatlara malik nöqtədən keçməsini təmin edən rezistorun müqaviməti;

2) işəsalma və əks qoşulma zamanı tormozlanmada, qoşulması cərəyanı IƏ = 3IN qiymətinə qədər məhdudlandıran rezistorların müqaviməti.

**Həlli**

1. RM müqavimətinin tapılması üçün əvvəlcədən mühərrikin tələb olunan parametrlərini təyin edib nisbətlər mütodundan istifadə edək:

ωN = 2πnN/60 = 2·3,14·1500/60 = 157 rad/san;

МN = РN/ωNн = 4800/157 = 30,6 N·m;

кФN = МN/IN = 30,6/24,2 = 1,3 V·san;

ω0 = UN/кФN = 220/1,3 = 169 rad/san;

Δωtəbii = (MsüniRL)/(кФN)2 = (25·0,38)/1,32 = 6 rad/san;

Δωsüni = ω0 – ωsüni = 169 – 90 = 79 rad/san.

Deməli rezistorun axtarılan müqaviməti:

*RM = RL[(*Δωsüni*/*Δωtəbii*) – 1] = 0,38[(*79*/6) – 1]= 4,62 Om*.

2. İşəsalma rezistorunun müqaviməti:

*RM1 = (U/IƏ) – RL = (220/3·24,2) – 0,38 = 2,65 Om*.

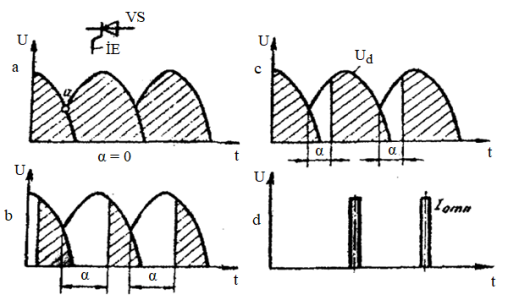
Tormozlanma zamanı istifadə olunan rezistorun müqaviməti:

*RM3 = [(E + U)/IƏ] – RL ≈ (2U/IƏ) – RL = (2·220/3 ·24,2) – 0,38 = 5,7 Om*.

**VI. SABİT CƏRƏYAN TİRİSTOR ELEKTRİK İNTİQALI**

Sənayedə nizamlanan sabit cərəyan tiristor elektrik intiqalı geniş tətbiq olunur. Tiristorlar – elektrik intiqalının güc sxemlərində istifadə olunan ən güclü yarımkeçirici cihazlarıdr. Onlar, bir neçə kilovolta qədər yolverilən əks gərginlikdə bir neçə kiloamper cərəyana buraxılır. Dəyişən cərəyan dövrəsinə qoşulmuş tiristorun köməyi ilə yalnız gərginliyi düzləndirmək deyil, həm də onun qiymətini nizamlamaq mümkündür.

Tiristorunidarə olunması yəni, qoşulma – açılma zamanı idarəedici sxemdən açılma impulsları Iaç. verilən idarəedici elektrodun İE köməyi ilə həyata keçirilir (şəkil 6.1). Açılma siqnalı olmadıqda (ventil qapalıdır) ventilin müqaviməti sonsuzdur, idarəedici elektroda açılma Iaç. impulsu verildikdə isə onun müqaviməti sıfra qədər düşür (ventil açılır). Təbii kommutasiya nöqtəsində (şəkil 6.1,a-da a nöqtəsi) tiristor qapanır. Tiristoru idarəedici elektrodla qapamaq mümkün deyil belə ki, tranzistordan fərqli olaraq tiristor yarımidarə olunan cihazdır.



Şək. 6.1. Tiristor düzləndiricisinin çıxış gərginliyinin nizamlanması qrafikləri

İdarəedici sxemlərin fazasürüşdürücü qurğusunun köməyi ilə açılma impulsunun verilmə fazasını (moment) ventilin təbii kommutasiya nöqtəsinə nəzərən dəyişmək yəni, α nizamlanma bucağını dəyişmək olar (şəkil 6.1, d).

Tiristor çeviricisinin düzlıəndirilmiş gərginliyinin qiyməti U(t) ştrixlənmiş sahənin sahəsinə uyğun gəlir (şəkil 6.1, a-c):

*Udα = (2)1/2m/πsin(π/m)U2cosα = Ud0cosα*,

burada, m – düzləndirmə fazalarının sayı; U2 – qidalandırıcı transformatorun xətti gərginliyinin təsiredici qiyməti; Ud0 – çeviricinin tiristorlarnı tam açıq olması zamanı maksimal düzləndirilmiş gərginliyidir (α = 0):

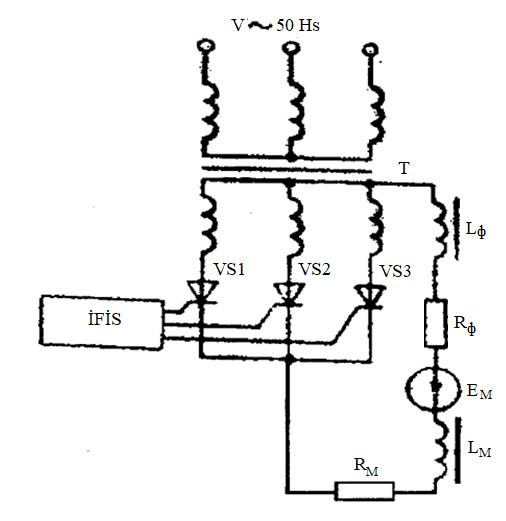
*Ud0 = (2)1/2m/πsin(π/m)U2*.

Beləliklə, impuls-faza idarəetmə sisteminin (İFİS) köməyi ilə α bucaq nizamlanmasını dəyişməklə, hamar və geniş diapazonda düzləndirilmiş gərginliyin qiymətini (0-dan Ud0-a qədər) və uyğun olaraq elektrik mühərrikinin ω bucaq sürətini dəyişmək mümkündür.

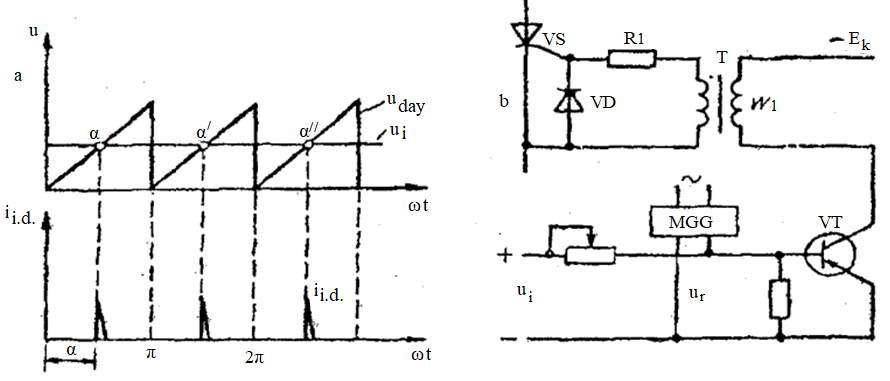
m parametri qidalandırıcı şəbəkənin gərginliyinin fazalarının sayını (р = 1; 2; 3) bu gərginliyin ventilin işlədiyi yarımperiodlarının sayı (q = 1; 2) ilə əlaqələndirir: m = pq.

m kəmiyyəti şəbəkə gərginliyinin periodu müddətində döyünmə tezliyi ilə təyin olunur. Üç fazalı çeviriciyə malik tiristor elektrik intiqalının ümumiləşdirilmiş şəkildə sxemi şəkil 6.2-də verilmişdir.

İFİS-də idarəedici impulsun verilmə anının fiksə olunması adətən, şaquli prinsip adlanan prinsipinin istifadəsi zamanı iki gərginliyin müqayisə olunması ilə həyata keçirilir. Başqa sözlə desək, açıcı impulsun verilməsi anı sabit idarəedici ui gərginliyi (şəkil 6.3, a) və dayaq uday gərginliyinin bərabərliyi ilə təyin olunur. ui və uday gərginliklərinin bərabərliyi anı (a nöqtəsi) sxemdə ya bir və ya da sonradan tiristorların idarəedici elektrodlarına verilən, kəskin ön cəbhəyə malik impulslar dəstəsi ii.d. yaranır.



Şək. 6.2. Tiristor elektrik intiqalının ümumiləşçdirilmiş sxemi: VS1-VS3 – tiristorlar; Lф, Rф – uyğun olaraq hamarlayıcı süzgəcin induktiv və aktiv müqaviməti; LN, RN – uyğun olaraq yükün induktiv və aktiv müqaviməti; EM – mühərrikin EHQ-sidir



Şək. 6.3. Gərginliklər qrafiki (a) və tiristorun impuls-faza idarəetmə sisteminin sxemi (b)

Şəkil 6.3, b-də tiristorun idarəetmə sxemi sadələşdirilmiş halda verilmişdir. VT tiristorunun bazasına verilən gərginlik idarəedici ui gərginliyi və mişarşəkilli gərginlik generatorunun (MGG) çıxış gərginliyinin cəbri cəminə bərabərdir. Bazada müsbət gərginlik olduqda tranzistor qapalıdır. Bazada yekun gərginlik sıfra bərabər olduqda a nöqtəsinə uyöun an tranzistor açılır və impuls İT transformatorunun birinci W1 dolağında gərginlik yaranır. Transformatorun ikinci dolağından gərginlik impulsu VS tiristorunun idarəedici elektroduna gətiriləcək və tiristor açılacaqdır. İmpulsun kəskin ön cəbhəsinin formalaşması üçün transformatorun əlavə əks əlaqə dolağı istifadə edilir. R1 rezistoru və VD diodu tiristorun idarəedici p-n keçidinin yol verilməyən cərəyan və ya əks polyarlığa malik gərginliyin təsirindən müdafiəsi üçündür. İdarəedici ui gərginliyi dəyişərək, operator tiristorun açılma momentini yəni, α nizamlanma bucağını 0-dan π-yə qədər dəyişir (şəkil 6.3, a). Bu zaman çeviricinin çıxış gərginliyi və deməli ona qoşulmuş elektrik mühərrikinin sürəti də dəyişir.

**Tabeli nizamlanma sisteminə malik sabit cərəyan elektrik intiqalı.** İntiqal nəzəriyyəsində nizamlanmanın unifikasiya olunmuş konturlarının sintezinin mühəndis metodu geniş istifadə olunur. Bu metod koordinatların tabeli nizamlanması ilə ardıcıl korreksiya metodu adlanır (daha sadə desək – koordinatların tabeli nizamlanması metodu). Metodun mahiyyəti nizamlanma obyektinin ardıcıl şəkildə birləşmiş çıxış parametrləri (koordinatları) sürət, cərəyan, moment, vəziyyət və s. olan düyünlər A1 – Ai kimi verilməsindədir. Bu koordinatların hər biri ilə idarəetmə üçün idarəetmə obyekti ilə uyğun əks kə.ə. əlaqəyə malik qapalı kontur təşkil edən ayrı bir Ni nizamlayıcısı mövcud olur. Nizamlayıcılar, birinin çıxışı digərinin girişi olduğu üçün ardıcıl birləşir. Bu zaman nizamlanmanın qapalı konturları idarəetmə obyektinin A1 bəndindən və uyğun N1 nizamlayıcısından təşkil olunmuş xarici və daxili konturlardan ibarət sistem yaradırlar. Xarici konturun çıxış siqnalı sonrakı (daxili) kontur üçün verici siqnal olacaqdır. Beləliklə, hər bir daxili nizamlanma konturu uyğun xarici kontura tabe olur. Hər bir nizamlanan parametrə özünün əks əlaqəli nizamlayıcısı uyğun gəlir. Konturların sayı idarəetmə obyektinin nizamlanan parametrlərinin (koordinatların) və uyğun olaraq – nizamlayıcıların sayına bərabərdir.

Tabeli nizamlanma sisteminin üstünlükləri:

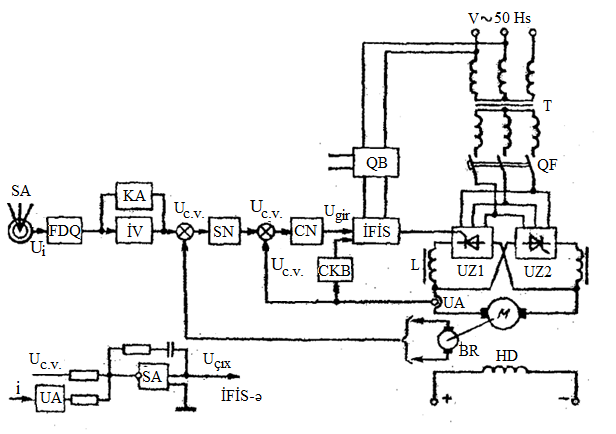
- istismarın rahatlığı;

- kökləmənin sadəliyi;

- idarəetmə düyünlərinin geniş unifikasiyası;

- elektrik intiqalının strukturundan və parametrlərindən asılı olmadan standart elementlər dəstindən təşkil olunmuş idarəetmə sistemlərinin reallaşmasının mümkünlüyü.

Tabeli nizamlanmaya malik sabit cərəyan elektrik intiqalının (tiristor, revers) struktur sxemi şəkil 6.4-də verilmişdir.



Şək. 6.4. Tabeli nizamlanmaya malik avtomatlaşdırılmış (tiristor, reversiv) sabit cərəyan elektrik intiqalı

M elektrik mühərriki öz növbəsində avtomatik QF çeviricisi və T transformatoru vasitəsi ilə üçfazalı şəbəkədən qidalanan reversiv tiristor çeviricisindən UZ1, UZ2 qidalanır. QF çeviricisi tiristor bloklarını qısa qapanmalardan qoruyur. Düzləndirilmiş cərəyanın döyünmələri L reaktoru vasitəsi ilə hamarlanır.

İFİS tiristorlar üçün idarəedici impulslar generasiya edir, onların fazasını girişdə idarəedici siqnalın qiymətindən asılı olaraq, çeviricinin gərginliyinin və elektrik intiqalının sürətinin nizamlanması məqsədi ilə dəyişir. İFİS-in giriş siqnalının ugir qiyməti elektrik intiqalının idarəetmə sxeminə daxil olan idarəedici ui siqnalın və əks əlaqə siqnallarının funksiyasıdır. Elektrik mühərrikinin idarə olunması (işəsalma, revers, sürətin nizamlanması) kontaktsız komanda SA kontrolleri (əl və ya pedal) vasitəsi ilə idarəetmə postundan həyata keçirilir.

SA-nın çıxışında dəyişən cərəyanın ui siqnalını polyarlığı ui gərginliyin fazası ilə təyin olunan sabit cərəyan siqnalına çevirmək lazımdır. ui gərginliyinin qiyməti komanda kontrollerinin dəstəyi ilə fiksə olunur. Bu məqsəd üçün fazahəssas düzləndirici qurğular – FDQ istifadə olunur.

SA komanda kontrolleri adətən pilləli idarəetmə siqnalı verir ki, nəticədə dinamik cərəyanın kifayət qədər böyük sıçrayışı ola bilər. Bu səbəbdən dinamik cərəyanın işəsalma və tormozalnma zamanı məhdudlanması üçün SN sürət nizamlayıcısının girişinə zamana görə xətti dəyişən və İV intensivlik vericisinin çıxışında alınan siqnal verilir.

Sxemdə (şəkil 6.5, a) İV-nin kontaktsız açar KA vasitəsi ilə operator tərəfindən şuntlanma mümkünlüyü nəzərdə tutulmuşdur (qeyri-normal vəziyyətlərin yaranması zamanı).

BR taxogeneratorunun köməyi ilə mühərrikin fırlanma tezliyinə görə mənfi əks əlaqə, UA cərəyan verivisinin köməyi ilə isə mühərrikin cərəyanına görə mənfi əks əlaqə həyata keçirilir.

Elektrik intiqalının sxemi iki sərbəst nizamlayıcıya malikdir: SN sürət nizamlayıcısı və CN cərəyan nizamlayıcısı. SN mühərrikin sürət verici us.v. siqnalının qəbulunu, mühərrikin sürətinin müəyyən təcillə dəyişməsinin təmin olunmasını və s. həyata keçirir. Özünün əsas funksiyasından əlavə SN həm də siqnalı əksər hallarda mühərrik selinin qiymətindən asılı olan yolverilən qiymətlə məhdudlandırır; lövbər cərəyanının dəyişilmə sürətini di/dt məhdudlandırır; elektrik intiqalının mexaniki xarakteristikalarının tələb olunan sərtliyinin formalaşmasını və s. həyata keçirir.

Lövbər cərəyanının CN nizamlayıcısı girişdə sürət nizamlayıcısının çıxışından uv.M verici siqnal və cərəyan UA vericisinin çıxışından isə əks əlaqə uv.M siqnalı alır. CN çıxışda tiristorların α nizamlanma bucağını təyin edən idarəetmə ugir. gərginliyi formalaşdırır. Cərəyan nizamlayıcısı həm də cərəyanın artma sürətini məhdudlaşdırılmasını, cərəyan konturunun dinamikasının fasiləsiz cərəyan zonasında yaxşılaşmasını, reversiv çeviricinin düzləndirici körpülərinin çevrilməsinin idarə olunmasını və s. həyata keçirir.

Cərayan nizamlayıcısının sadə sxemi şəkil 6.4, b-də verilmişdir. Nizamlayıcının tərkibində cərəyan məhdudlandırıcılı G gücləndiricisi vardır. Çıxışda cərəyan nizamlayıcısı İFİS-ə daxil olan idarəetmə gərginliyi formalaşdırır. Qidalandırıcı QB bloklar İFİS-in, nizamlayıcıların və idarəetmə sistemlərinin digər elementlərinin qidalanmasını təmin edir. Lövbər cərəyanının yolverilən qiymətlə məhdudlanması üçün idarəetmə blokunun sxeminə elektrik intiqalını yol verilməyən yüklənmələrdən və qəza cərəyanlarından, birabaşa olaraq İFİS-in girişinə təsir edərək qoruyan və düzləndirilmiş cərəyanı yolverilən qiymətlə məhdudlandıran cərəyan kəsimi bloku daxil (CKB) edilir. Cərəyan kəsimi prinsipi, mühərrikin cərəyanı verilmiş qiyməti alan kimi açıcı impulsların fazasının dəyişməsi zamanı güc blokunun çıxışındakı gərginliyin cərəyanı verilmiş qiymətlə məhdudlandıraraq azalmasına söykənir.

Elektrik intiqalının baxılan sistemi sürətin dərin və hamar nizamlanmasını tələb edən mexanizmlərində geniş tətbiq olunur. Avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalı ümumi halda müxtəlif parametrlərin nizamlanmasını həyata keçirir: sürət, gərginlik, moment, vəziyyət və s.

**VII. İDARƏETMƏNİN KONTAKT APARATLARI**

**Elektrik intiqalının idarəetmə sxemləri və aparatları.** İdarəetmənin kontakt aparatlarına aşağıdakı elektrik aparatları aid edilir: rubiniklər (açarlar), paket açarları, komanda kontrollerləri, düymələr, yol açarları. Bu aparatların əsas elementləri hazırlanmaları üçün mis, bürünc, latun xüsusi hallarda gümüş istifadə edilən kontaktlardır. Yüksək etibarlığa, uzunömürlüyə, dağılamğa davamlığa malik olan metalkeramikadan hazırlanmış kontaktlar getdikcə daha geniş tətbiq olunurlar. Kontaktların çevrilməsi onlara mütəlif linglərin əl və ya mexaniki təsirlərinin köməyi ilə həyata keçirilir.

Yük altında kontaktların açılması zamanı öz-özünə induksiya EHQ-nin təsiri və hava aralığında ionlaşma nəticəsində kontaktlar arasında onların əriməsinə və ya yanmasına sabəb ola bilən elektrik qövsünün yaranması mümkündür. Kontaktları qövsün təsirindən qorumaq üçün və qövsün təsir müddətinin azaldılması üçün müxtəlif qövssöndürən qurğular istifadə olunur: buynua boşaldıcılar (isti hava axınının təsiri ilə yuxarı qalxan elektrik qövsü ayrılan buynuzlar üzrə qalxır, uzanır, qırılır və sönür), polad lövhələrdən ibarət deion qəfəsli asbosement kameralar (elektrik qövsü lövhələrdə burulğan cərəyanlar induksiya edir, onların maqnit seli isə qövsü lövhələrə tərəf sürüşdürür, qəfəsin daxilinə dartır, onları kiçik hissələrə bölür; qövsün qövssöndürən kameranın divarları ilə toxunmasından qövs soyuyur və tüz sönür), baş kontaktların dövrəsinə ardıcıl qoşulan qövssöndürən sarğaclar (qövs sarğacın maqnit sahəsinin təsiri ilə kontaktların bir-birindən ayrılan buynuzlarında dartılır, qövssöndürən kameranın divarlarına toxunur və soyuyaraq sönür).

Mineral yağda qövs söndürülməsi də geniş istifadə olunur (1000 V-dan yuxarı aparatlardı). Məsələn, yağ açarının kontaktlarını yağla dolu polad çənə yerləşdirirlər. Kontaktların ayrılması zamanı qövs yağ tərəfindən intensiv şəkildə soyuyur və sönür. Elektrik kontaktları nəzarət tələb etdiyindən və qurğunun etibarlığını azaltdığından, hazırda yarımkeçiricilər elementlər əsasında hazırlanan kontaktsız aparatlar tətbiq olunur.

***Rubilniklər*** elektrik qurğusu sxemindən gərginliyin götürülməsi və təmir, baxış və uzun müddətli dayanmalar (növbələr arasındakı fasilələr) zamanı elektrik dövrəsinin görünən kəsiməsinin yaradılması üçün nəzərdə tutulan daxiledici açarlar qismində tətbiq olunur. Daxiledici rubilnik normal şəraitdə elekktrik mühərrikinin işçi cərəyanını kəsmir: bu işi adətən digər aparatlar yerinə yetirir. Ayrılmış rubilnikin bıçaqları gərginlik altında olmamaları və onlara təsadüfi toxunma zamanı təhlükə yaratmamaları üçün şəbəkədən gələn naqilləri rubilnikin kontakt dayaqlarına (dodaqlarına) birləşdirirlər ki, onlara toxunma ehtimalı çox az olur.

Dəzgahqayırmada bəzən üçqütblü yan tərəfində dəstək olan rubilniklər tətbiq olunur. Belə rubilnikləri elektrik aparatları ilə birlikdə şkaflara elə yerləşdirirlər ki, dəstək çöldə qalsın. Sabit cərəyan dövrələrində ikiqütblü rubilniklər istifadə olunur. Dəzgahqayırmada rubilniklər daha əlverişli və daha kompakt digər aparatlarla – paket və ya avtomatik açarlarla əvəz olunur.

Bəzi hallarda rubilniklərlə müqayisədə nəzərəçarpacaq dərəcədə kompakt olan paket açarlar (çeviricilər) istifadə olunur. Paket açar bir-birinə söykənmiş, ümumi oxun dönməsi ilə idarə olunan bir neçə birqütblü açardan təşkil olunur. Birqütblü açarları elə quraşdırmaq olar ki, oxun dönməsi zamanı bir sıra dövrələr qapanar, digər sıra dövrələr isə açılar. Paket açar fiksə olunmanı və kontaktların tez çevrilməsini təmin edən, açarın dəstəyinin dönmə sürətindən asılı olmayan mexanizmlə təchiz olunur.

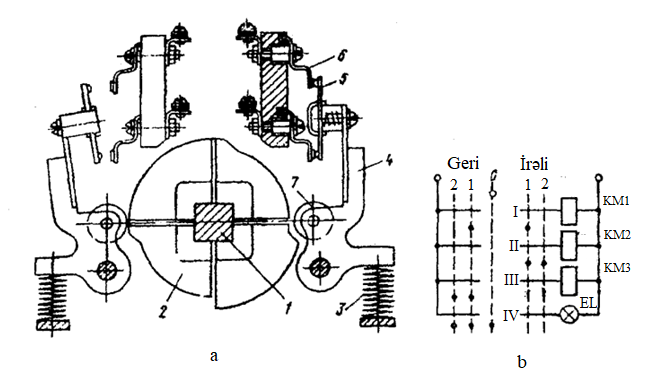
Dəzgahqayırmada 4...60 A-lik paket açarlar tətbiq olunur. Dəzgahların elektrik sxemində paket açarları daxiletmə açarları (rubilniklərin əvəzinə) və idarəetmə və siqnalizasiya dövrələrinin çeviriciləri qismində, nadir hallarda isə – elektrik mühərriklərinin işə salınması zamanı istifadə olunur.

**Yol çeviriciləri və kənar açarları** mexanizmin yolu boyunca və kənar vəziyyətlərdə yerləşdirirlər, bu aparatların kontaktları mexanizmin hərəkətli elementləri tərəfindən xüsusi lingin köməyi ilə çevrilir. Böyük sayda dövrələrin eyni zamanda çevrilməsi üçün dəzgahqayırmada müxtəlif baraban çeviricilər (kontrollerlər) tətbiq olunur.

Dəzgahqayırmada kontaktları yumruqlu valikin dönməsi zamanı qapanan paket-yumruqlu açar və çeviricilər geniş tətbiq olunur. Dəstəyi müxtəlif sayda seksiyalara və dönmə bucaqlarına malik belə çeviricilər olan 10-dan 160 A-ə qədər cərəyanlara hazırlanır. Yumruqlu şaybaların uyğun seçimi yolu ilə kontaktların qapanmasının lazım olan kombinasiyalarını həyata keçirirlər. Onları sxemlərdə bir iş rejimindən digərinə keçid, asinxron mühərriklərin qütblərinin çevrilməsi zamanı çevrilmələrdə istifadə edirlər. Yumruq çeviricilərin sxemini çevrilmələr cədvəli lə təchiz olunur, bu cədvəllərdə aparatın hər bir vəziyyəti üçün hansı kontaktların qapalı olması göstərilir.

***Komanda kontrollerləri*** mexanizmləri əl ilə məsafədən idarəetmə üçün istifadə olunur. Şəkil 7.1, a-da yumruq komanda kontrollerin kontakt hissəsinin qurğusu verilmişdir. Dəstəyin dönməsi zamanı yumruq şaybası (2) bərkidilmiş kvadrat val (1) dönür. Yayın (3) təsiri ilə mütəhərrik ling (4) elə bir vəziyyət almağa çalışır ki, bu zaman kontakt körpüsü (5) tərpənməz kontaktları (6) qapayır. Valın saat əqrəbinin hərəkətinin əksinə dönməsi zamanı yumruğun çıxan hissəsi (7) rolikinə basacaq və dəstəyi (4) sağa çəkəcək. Sağ kontakt açılacaq və sxemdə solda göstərilən vəziyyəti alacaq.

Şəkil 7.1, b-də komanda kontrollerin sxeminin açılışı göstərilir. Ştrixlənmiş xətlərdə qaraldılmış nöqtələr göstərir ki, onlar üzərində yerləşən kontaktlar dəstəyin verilmiş vəziyyətində qapalıdırlar. 0 vəziyyətində IV kontakt qapalıdır və EL lampası qoşulmuşdur. 1 “İrəli” vəziyyətində I və II kontaktları qapalıdır və KM1 və KM2 sarğacları qoşulmuşdur. 2 “İrəli” vəziyyətində isə II kontaktı qapalıdır və KM2 sarğacı qoşulmuşdur.



Şək. 7.1. Yumruqlu komanda kontrolleri

Dəzgahların elektrik işıqlanması və digər aşağı güclü istehlakçı dövrələrində kiçik qabaritli bir- və ya ikiqütblü çeviricilər – tumblerlər istifadə olunur. Xüsusi mexaniz (yayın köməyi ilə) çeviricinin linginin dönmə sürətindən asılı olmayaraq kontaktları tez bir zamanda çevirir. Bunanla kontaktlar arasında elektrik qövsünün ani olaraq kəsilməsi təmin olunur.

Elektrik intiqalının sxemlərində işəsalma nziamlanmasını həyata keçirən reostatlar, əlavə rezistorlar, RC-dövrələr geniş isitfadə olunur. Rezistor və reostatlar müqavimətin (Om) və səpilən gücün (Vt) qiymətləri ilə xarakterizə olunur. Onların hazırlanması üçün yüksək xüsusi elektrik müqavimətinə malik xəlitələr – fexral, konstantan və s. istifadə olunur.

**Rele-kontaktor aparatlar**. Onların əsas elementləri kontaktorlar, maqnit buraxıcıları və elektromaqnit relelərdir.

***Kontaktor*** güc dövrələrinin (mühərriklər, elektrotexniki qurğular və s.) opertiv çevrilməsi üçün nəzərdə tutulan məsafə təsirli elektromaqnit aparatdır.

Kontaktorlar aşağıdakı göstəricilərə görə fərqləndirirlər:

- cərəyanın növünə görə: sabit və dəyişən;

- əsas qütblərin sayına görə: bir-, iki-, üç- və beşqütblü;

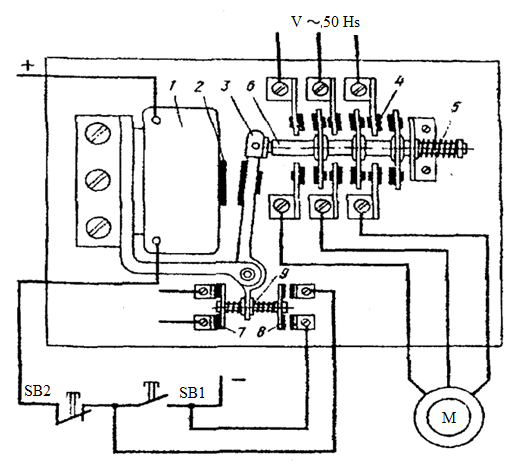
- nominal cərəyana görə: 4-dən 2500 А-ə qədər;

- əsas dövrənin nominal gərginliyinə görə: 220, 440, 600 V sabit cərəyan və 380, 660 V dəyişən cərəyan;

- sarğacların nominal gərginliyinə görə: 24...220 V sabit cərəyan və 24... 660 V dəyişən cərəyan;

- elektromaqnitin konstruksiyasına görə: düzyollu lövbər və klapan tipli lövbər;

- qövsün sönderelməsi üsuluna görə: qövssöndürən sarğaclı, qövssöndürən kameralı.



Şək. 7.2. Kontaktorun sxemi

Kontaktorun əsas elementləri (şəkil 7.2) aşağıdakılardır: dartıcı elektromaqnit (sarğac 1, dəmir içlik 2, mütəhərrik lövbər 3), əsas kontaktlar 4, blok-kontaktlar 7,8, qaytarıcı yay 5. SB1 işəsalma düyməsi basıldıqda lövbəri dartan sarğac qoşulur. Bu zaman aşağıdakı kontaktlar çevrilir: əsas kontaktlar 4 mühərriki şəbəkəyə birləşdirərək qapanır; blok-kontaktlar 8 (qapayıcı) açılır, 7 blok-kontaktları (açan) isə açılır. Mühərrikin dayanması üçün SB2 düyməsi basılır. Kontaktorun sarğacı cərəyansızlaşdırılır, lövbər 5 yayının və öz çəkisinin təsiri altında düşür, əsas kontaktlar 4 açılır, mühərrik şəbəkədən ayrılır.

Uğultusu, vibrasiyası olmayan, cərəyanın işəsalma sıçrayışları isə minimal olan sabit cərəyan sarğaclı kontaktorlar daha etibarlı işləyir. Bu səbəbdən mühüm mexanizmlərin (məsələn, metallurgiyada) elektrik intiqalında əsasən, kiçik gücə malik xüsusi düzləndiricidən qidalanan sabit cərəyan sarğaclı kontaktorlar istifadə olunur. Kontaktorların qoşulma müddəti 0,05...0,5 san, ayrılma müddəti isə 0,03...0,05 san təşkil edir.

***Maqnit buraxıcılarını*** – üçfazalı asinxron mühərriklərin məsafədən və ya avtomatik idarəetməsi (işəsalma, revers, dayanma) üçün tətbiq edirlər. Onların əsas elementləri – kontaktor və istilik relesidir. Reversiv maqnit buraxıcıları bir korpusda iki kontaktora və istilik relesinə (mühərrikin yüklənmələrdən qorunması üçün) malikdirlər.

***Rele*** – idarəetmə dövrələrinin müxtəlif siqnalların (elektrik, mexaniki, istilik və s.) təsiri altında sıçrayışşəkilli çevrilməsini həyata keçirir. Rele elektromaqnit, induksiya, elektron, istilik kimi təsir prinsiplərinə görə fərqlənir. Rele kontaktlı, kontaktsız ola bilər və müxtəlif kəmiyyətlərin (elektrik və qeyri-elektrik) dəyişilməsinə reaksiya verə bilər. Buna uyğun olaraq, cərəyan, gərginlik, sürət, zaman, temperatur, təzyiq və s. releləri fərqləndirilir. Parametrin (cərəyan, zaman və s.) relenin işə düşdüyü qiyməti *rele veriləni* adlanır. Relenin əsas xarakteristikalarından biri lövbərin buraxılma və relinin işədüşmə zamanı giriş kəmiyyətlərinin nisbətinə bərabər olan KQ ***qaytarma əmsalıdır*** (КQ = 0,4.. .0,95).

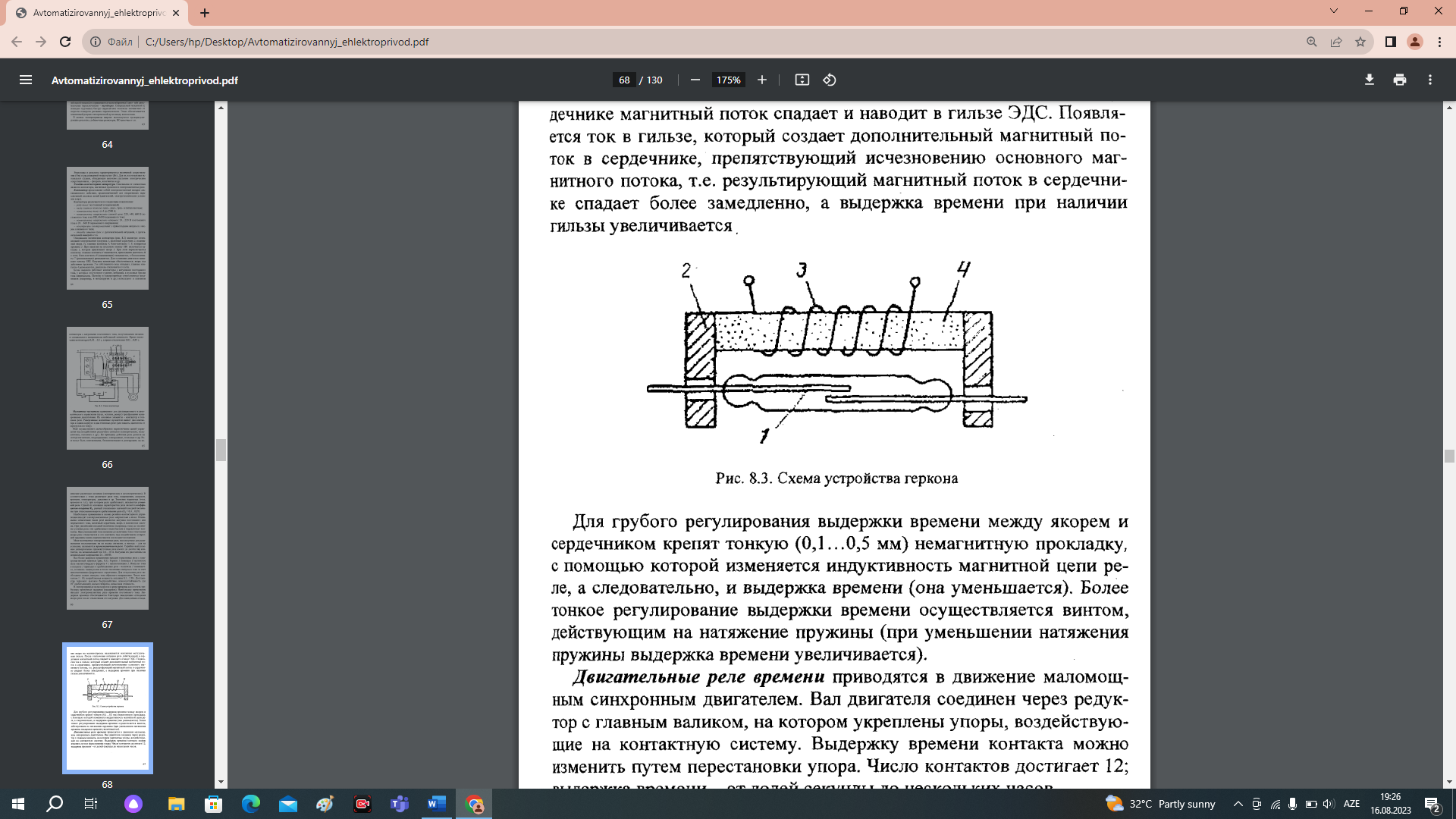
Rele-kontaktor idarəetmə sxemlərində gərginlik və cərəyanın elektromaqnit relesi geniş tətbiqini tapır. Belə relelərin əsas elementləri sabit və ya dəyişən cərəyan sarğacı, dəmir içlik, lövbər və kontakt sistemidir. Giriş kəmiyyətinin (məsələn, cərəyanın) rele veriləninə qədər artması zamanı rele işə düşür (qoşulur) və kontaktları çevirir. Sarğac cərəyanının lövbər buraxılması cərəyanının qiymətinə qədər azalması zamanı isə rele açılır və onun kontaktları qaytarıcı yayın təsiri altında yenidən başlanğıc vəziyyətə çevrilir.

Çoxkontaktlı elektromaqnit relelərin girişinə daxil olan siqnalların çoxaldılması, bəzi hallarda isə – gücləndirilməsi üçün istifadə olunan relelər ***aralıq relelər*** adlanır. Seriya şəklində buraxılan universal aralıq relelər 0,4... 10 А nominal cərəyana hesablanmış on cütə yaxın kontakta malik olur. Onların sarğacları isə 24...660 V gərginliyə hesablanmışdır.

Elektromaqnit yaddaşlı gerkon relelər getdikcə daha geniş tətbiq sahələri tapırlar (şəkil 7.3). Gerkon (1) ucluqlara (2) malik ferritin (4) maqnit sahəsinə yerləşdirilir. Sarğacda (3) cərəyan impulsu relenin işə düşməsinə səbəb olur, kontaktlar cərəyan impulsu qurtarandan sonra da ferrit içliyin maqnitlənməsi hesabına qapalı qalaraq qapanır. Relenin buraxılması üçün əks istiqamətli cərəyan impulsu vermək lazımdır. Kontaktların sayı 1:10; sarğacın istifadə etdiyi güc isə 0,1...2 Vt-dır. Gerkonların üstünlüyü: yüksək teztəsir, dağılmağa davamlı (109 işədüşmə), kiçik qabaritlər, aşağı maya dəyəri.

Elektrik intiqalında tələb olunan zaman gecikmələrinin hesablanması üçün zaman relesi istifadə olunur. Ən geniş tətbiq sahələrini sabit cərəyan elektromaqnit zaman releləri tapır. Zaman gecikməsi rele lövbərinin düşməsinin onun sarğacının ayrılmasından sonra yavaşıması nəticəsində təmin olunur. Lövbər düşməsinin yavaşıması üçün maqnit keçiriciyə massiv metal giliz geyindirilir.

Rele sarğacının ayrılmasından sonra içlikdə təsir göstərən maqnit seli düşür və gilizdə EHQ yaradır. Gilizdə, içlikdə əsas maqnit selinin yoxa çıxmasının qarşısını alan əlavə maqnit seli əmələ gətirən cərəyan yaranır yəni, içlikdə yekun maqnit seli daha zəif azalır, gilizin mövcudluğunda isə zaman gecikməsi artır.



Şək. 7.3. Gerkonun quruluş sxemi

Zaman gecikməsinin kobud nizamlanması üçün lövbər və içlik arasında relinin maqnit dövrəsinin induktivliyinin və deməli, zaman gecikməsinin dəyişməsinə (azalır) kömək edən nazik (0,1 ...0,5 mm) qeyri-maqnit lövhə bərkidilir. Zaman gecikməsinin daha incə nizamlanması yayın dartılmasına təsir edən (yayın dartılması azaldıqda zaman gecikməsi artır) vint vasitəsi ilə həyata keçirilir.

Zamanın mühərrik releləri kiçik gücə malik sinxron mühərriklə hərəkətə gətirilir. Mühərrikin valı reduktor vasitəsi ilə kontakt sisteminə təsir edən dayaqlar bərkidilmiş əsas valiklə birləşmişdir. Kontaktın zaman gecikməsini dayağın yerdəyişməsi ilə dəyişmək olar. Kontaktların sayı 12-yə çatır; zaman gecikməsi isə – saniyədən bir neçə saata qədər olur.

**VIII. RELE-KONTAKTOR İDARƏETMƏNİN ƏSAS SXEMLƏRİ**

Əksər hallarda standart kimi qəbul edilmiş şərti qrafik işarələr qismində aralarındakı bütün elektrik əlaqələri ilə birlikdə bütün elektrik aparatları və qurğuları həmçinin, elektrik elementləri təsvir olunmuş prinsipial elektrik sxemləri daha geniş istifadə olunur.

**Sxemlərin qurulmasının əsas qaydaları**:

- sxemlər miqyassız hazırlanır; aparatların qrafik elementləri sxemin işinin əyani şəkildə başa düşülməsi üçün sxemdə lazım olan yerdə yerləşdirilir. Əgər bir aparatın müxtəlif elementləri çertyojda sxemin ayrı-ayrı hissələrində yerləşirsə, onlar etni hərf və ya hərf-rəqəm işarələri ilə təchiz olunur;

- sxemlər sarğaclardan cərəyan axmadıqda, düymələr və yaylar isə buraxıldıqda aparatların ayrılmış vəziyyətdəki halında təsvir olunur. Buna uyğun olaraq sxemdəki bütün kontaktlar qapayıcı (cərəyansız sarğacda açıqdırlar) və ayırıcı (cərəyansız sarğacda qapalıdırlar) kimi bölünürlər. Sxemdə güc dövrələri yağlı, idarəetmə dövrələri isə daha nazik xətlərlərlə göstərilir;

- sxemlərdə hər bir qurğuya və elementə hərfdən və hərfdən sonra onunla bir hündürlükdə qoyulan sıra nömrəsindən təşkil olunmuş hərf-rəqəm işarəsi verilir.

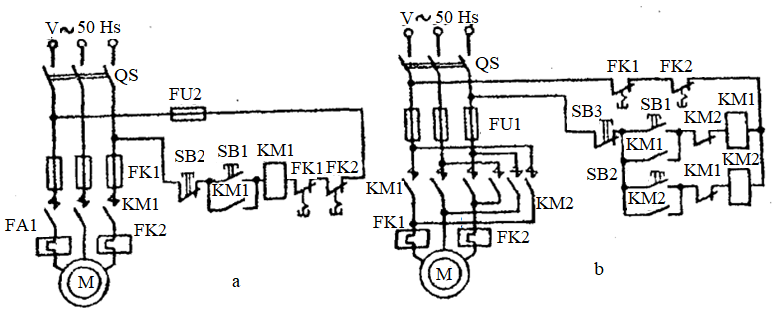
Məsləhət olunan bir- və ikihərfli işarələri göstərək (birinci hərf elementin tipini, ikinci isə funksional təyinatını göstərir):

A – gücləndiricilər; B qeyri-elektrik kəmiyyətlərinin elektrik kəmiyyətlərə çeviricisi (vericilər; məsələn BR - taxogenerator); C – kondensatorlar; D – inteqral sxemlər; F – boşaldıcılar, qoruyucular, müdafiə qurğuları (FA – cərəyana görə müdafiənin diskret elementləri; FU – hamar qoruyucular); G – generatorlar, qidalanma mənbələri; K – rele, kontaktorlar, buraxıcılar (KA – cərəyan relesi, KK – elektrik-istilik relesi, KT – zaman relesi, KU – gərginlik relesi, KM – kontaktor, maqnit buraxıcısı); M – mühərrik; Q – güc dövrələrində açar (QF – avtomatik açar, QS – rubilnik); S – zəif cərəyanlı dövrələr üçün kommutasiya qurğuları (SA – açar və ya çevirici, SB – düyməli açar, SQ – yol açarı, SM – komanda kontrolleri); T – transformatorlar (TA – cərəyan transformatoru, TU – gərginlik transformatoru); U – bir elektrik kəmiyyətini digər elektrik kəmiyyətinə çeviriciləri (UZ – tezlik çeviricisi, düzləndirici, invertor); V – yarımkeçirici cihazlar (VD – diod, VT – tarnzistor, VS – tiristor); Y – mexaniki qurğular (YA = elektromaqnit, YB – tormoz (əyləc), YC – elektromaqnit mufta).

Lakin, əksər hallarda elektrik aparatlarının elementlərinin işarələnməsində aparatın adının və təyinatının başlanğıc hərflərindən məsələn, İR – istilik relesi, RQ1 – aralıq rele, İ və ya İD – “İşəsalma” düyməsi, S və ya SD – “Stop” düyməsi.

Şəkil 8.1-də qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin işə salınması zamanı idarəetmənin sadə sxemi verilmişdir. İşəsalma üçün QS rubilniki qoşulur və SB1 düyməsi basılır. Bu zaman KM1 kontaktoru qoşulur (belə ki, SB2 düyməsinin ayırıcı kontaktından və SB1 düyməsindən KM1 kontaktorunun sarğacı üçün qapalı dövrə yaranır) və özünün əsas kontaktları ilə (qövssöndürən) KM1 mühərrikin statorunu şəbəkəyə birləşdirir. KM1 kontaktorunun qapayıcı blok-kontaktı SB1 düyməsini şuntlayır (bu şərt SB1 düyməsinin KM1 kontaktorunun sarğacını ayırmadan buraxılmasına imkan verir). KM1 blok-kontaktını özünü qadalandırma və ya özünü bloklama kontaktı adlandırırlar. Elektrik mühərrikinin şəbəkədən ayrılması SB2 düyməsinin basılması ilə (KM1 sarğacı üzrə cərəyanın axması dayanır, kontaktor M mühərrikin dövrəsində üç güc KM 1 kontaktını ayıraraq sönür) həyata keçirilir, bundan sonra sistem başlanğıc vəziyyətə keçir.

Baxılan sxem sıfır müdafiəni – asinxron mühərrikin şəbəkənin gərginliyinin sıfra və ya yolverilməyən kiçik qiymətlərə qədər qəza azalmasından sonra bərpası zamanı öz-özünə təkrarən qoşulmasından müdafiəni təmin edir. Elektrik təchizatında fasilələr zamanı KM1 kontaktoru özünün bütün kontaktlarını ayıraraq düşür, şəbəkədə gərginlik yarananda isə KM1 kontaktoru SB1 düyməsi basılmayana qədər özü qoşulmur. Eyni hadisə şəbəkədə gərginlik dəyişən cərəyanda nominal qiymətin 50...60 %, sabit cərəyanda isə 15...20 %-i qədər azaldıqda baş verəcəkdir. Əgər elektrik mühərriki rubilnik, paket çeviricisi və kontroller vasitəsi ilə qoşularsa elektrik şəbəkəsində fasilələr və mexanizmin dayanması zamanı elektrik intiqalının sxemi pozulmur, şəbəkədə gərginliyin bərpası isə mühərrikin öz-özünə qoşulmasına gətirir. Mühərrikin və mexanizmin belə gözlənilməz işə düşməsi qəzaya və ya bədbəxt hadisəyə səbəb ola bilər.



Şək. 8.1. Qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin işəsalma sxemi

SB1 düyməsinin özüqayıtma olmadan əl idarəolunma aparatı məsələn, tumbler ilə əvəz olunması da sxemin sıfır müdafiəsinin itirilməsinə gətirir.

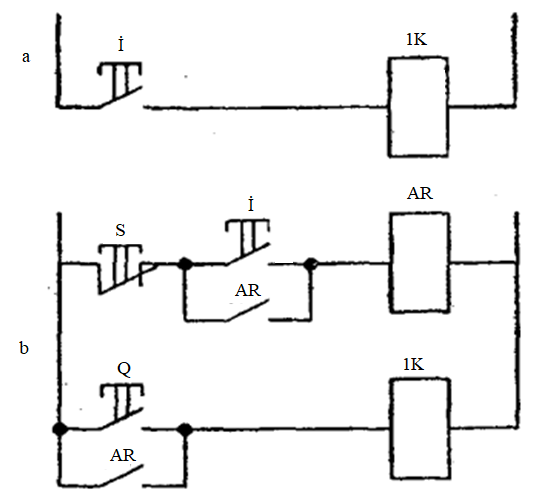
Şəkil 8.1, b-də reversiv maqnit buraxıcısına mlaik qısa qapanmış rotorlu asinxron mühərrikin işə salınmasının idarəetmə sxemi göstərilmişdir. Komanda impulslarının verilməsi üçün üç düymə mövcuddur: SB1, SB2, SB3. SB1 düyməsinin basılması zamanı özünün güc kontaktları ilə mühərrik statorunu şəbəkəyə birləşdirən KM1 kontaktoru qoşulur. Eyni zamanda kontaktor öz qapayıcı blok-kontaktı ilə SB1 düyməsini şuntlayır, ayırıcı blok-kontaktı ilə isə KM2 kontaktorunun sarğacının dövrəsini, mühərrikin güc dövrəsində əsas KM1 və KM2 kontaktorları vasitəsi ilə hər iki düymənin (SB1 və SB2) eyni zamanda basılması zamanı qısa qapanmanın qarşısını almaq üçün açır. SB2 düyməsinin basılması zamanı KM2 kontaktoru qoşulur. Statorun iki fazası bu zaman yerlərini dəyişir və mühərrik də fırlanma istiqamətini dəyişir. Baxılan sxemdə elektrik mühərrikinin reversi üçün əvvəlcədən SB3 düyməsi (“Stop”), sonra isə SB2 düyməsi basılmalıdır.

Elektrik qurğularında qəzaların aradan qaldırılması və normal rejimin ozulması zamanı işin etibarlığının yüksəldilməsi məqsədi ilə müdafiənin müxtəlif növləri – bloklanmalar və siqnalizasiya tətbiq oluna bilər. İdarəetmənin rele-kontaktor sxemlərində (sıfır müdafiədən başqa) həmçinin, maksimal – cərəyan, istilik və müdafiənin digər növləri tətbiq olinir. Sıfır müdafiə mühərrikin şəbəkə gərginliyinin qısa müddətli itməsi zamanı öz-özünə işə salınmasından müdafiəni təmin edir. Düymələrdən idarəetmə zamanı sıfır müdafiəni kontaktor özü icra edir, komanda-kontrollerindən idarəetmə zamanı isə gərginliyə görə rele müdafiəsi həyata keçirir. Maksimal-cərəyan və istilik müdafiələri isə elektrik avadanlığının qısa qapanmalar və yüklənmələrdən müdafiəsini təşkil edir.

Şəkil 8.1, a-dakı sxemdə M mühərrikin müdafiəsi statorun iki fazasına qoşulmuş FK1 və FK2 istilik releləri və həmçinin, hamar FU1 qoruyucuları vasitəsi ilə həyata keçirilir. Müdafiə relelərinin ayırıcı FK1 və FK2 kontaktları KM1 kontaktoru sarğacının dövrəsinə qoşulmuşdur. Mühərrikin idarəetmə sxeminin müdafiəsi hamar FU2 qoruyucuları ilə təmin olunur. Yüklənmə və qısa qapanma zamanı FK1 və ya FK2 müdafiə relesi işə düşür. Müdafiə relesinin kontaktı ayrılır və KM1 kontaktorunun sarğacını açır, kontaktor isə öz növbəsində əsas KM1 kontaktları vasitəsi ilə M mühərriki şəbəkədən ayırır.

Ümumi korpusda yerləşən iki kontaktora malik reversiv maqnit buraxıcıları adətən, mexaniki bloklama ilə təchiz olunur. Bu halda yumruqlar vasitəsi ilə bir kontaktorun digəri qoşulu olduğu və ya tam ayrılmadığı halda qoşulmasına yol verilmir.

Əksər hallarda elektrik intiqalı yalnız “İşəsalma” düyməsi basılan zaman işləməsi lazım gəlir. Belə idarəetmə qərarlaşmış yerdəyişmələrində (kökləmə) tələb olunur. Bu zaman düymənin qısa müddətli basılmasında dəzgah düyününün kiçik yerdəyişməsi (təkan) baş verməlidir. Baxılan halda “İşəsalma” düyməsi üçün özünü qidalandırma kontaktları və “Stop” düyməsinin özü lazım gəlmir (şəkil 8.2, a).



Şək. 8.2. Qısa qapanmış rotorlu AM-in işəsalma sxemi

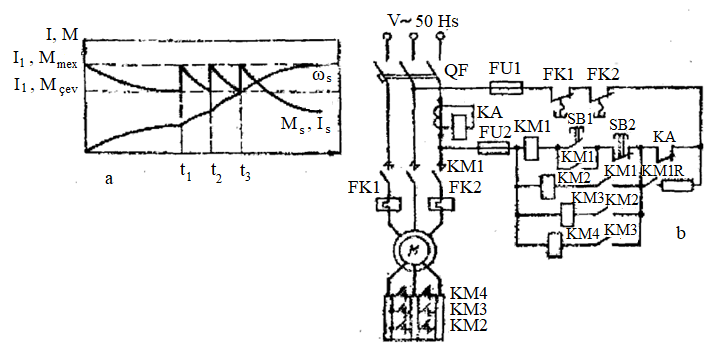
Bəzi hallarda hər iki rejimdə eyni bir elektrik intiqalının idarə olunması lazım gəlir: qərarlaşmış və mühərrik rejimləri (şəkil 8.2, b). Elektrik mühərrikinin işinin uzun müddətli rejimi üçün İ düyməsini qısa müddət ərzində basmaq lazımdır ki, nəticədə AR aralıq rejimi qoşulacaqdır. Bu relenin bir qapayıcı kontaktı İ düymsini şuntlayır və onun basılmasını relenin ayrılmasına səbəb olmadan aradan qaldırmağa imkan verir, digər qapayıcı kontakt isə 1K kontaktorunun sarğacını qoşur. Qərarlaşmış yerdəyişmələrin həyata keçirilməsi üçün Y düyməsi basılmalıdır.

Elektrik sxemlərində ***bloklamanı*** sxemin işinin düzgün ardıcıllığı təmin edir, aparatların yüksüz və qəza qoşulmaları aradan qaldırılır, bədbəxt hadisələr, yüklənmə punktlarında yaranan çətinliklər, maşınların sınması haqqında xəbərdarlıq edilir. Boloklamaları təyinatına görə texnoloji və müdafiə kimi fərqləndirirlər. Texnoloji bloklamalar sxemin verilmiş iş ardıcıllığının həyata keçirilməsi üçün istifadə olunur. Müdafiə bloklamalar sxemdə səhv çevirmələri aradan qaldırır və elektrik avadanlığını, mexanizmləri və bəzi hallarda isə operatorun özünü qeyri-düzgün hərəkətlərin nəticələrindən müdafiə edir. Müdafiə bloklanmasına reversiv buraxıcıların eyni zamanda qoşulması faktını əvvəlcədən xəbərdarlıq edən bloklanması aid edilir (şəkil 8.2, b). Yol bloklanması mexanizmlərin hərəkətini məhdudlaşdırır və onları sınmadan müdafiə edir

Orta və böyük gücə malik ***faza rotorlu asinxron mühərriklərin işə salınması*** əksər hallarda rotor dövrəsinə avtomatik rejimdə qoşulmuş reostatın köməyi ilə həyata keçirilir (şəkil 8.3). Faza rotorlu asinxron mühərrikin və sabit cərəyan mühərriklərinin işə salınması adətən, verilmiş işəsalma diaqramları vasitəsi ilə həyata keçirilir, bu zaman reostatın pillələrinin qısa qapanması ya mühərrikin sürətinin müəyyən qiymət alması zamanı ya da ki, cərəyanın, tezliyin müəyyən qiymətində və ya verilmiş zaman aralıqlarında baş verir.

Şəkil 8.3, a-da üçpilləli işəsalma reostatlı mühərrikin işəsalma diaqramı təsvir olunmuşdur. Şəkildən görünür ki, reostatın pillələrinin qısa qapanması t1 (birinci pillə), t2 (ikinci pillə) və s. müddətlərindən sonra baş verir. İşəsalma zamanı mühərrikin cərəyanı I1-dən I2-yə kimi dəyişəcəkdir.

**Cərəyan funksiyasında avtomatik idarəetmə**. Mühərrikin işə salınması zamanı cərəyanın qiyməti verilmiş I1 – I2 hüdudlarda dəyişir (şəkil 8.3). Burada, I1 – elektrik mühərrikinin qoşulması zamanı ən böyük işəsalma cərəyanıdır. Mühərrikin sürətlənməsi ilə onun cərəyanı, işəsalma reostatının bir hissəsinin şuntlandığı I2 qiymətinə qədər azalır ki, nəticədə cərəyanın I1 qiymətinə qədər yenidən artmasına qədər gətirir. İdarəetmənin baxılan metodu mühərrikin güc dövrəsinə cərəyan transformatoru vasitəsi ilə və ya birbaşa qoşulan sarğaclı cərəyan relelərinin tətbiq olunmasına əsaslanır.



Şək. 8.3. Cərəyan funksiyasında faza rotorlu asinxron mühərrikin işəsalma diaqramı (a) və işəsalma sxemi (b)

Cərəyan funksiyasında asinxron elektrik mühərrikinin işəsalma sxemi şəkil 8.3-də göstərilmişdir. KM1 xətti kontaktorunun qoşulmasından sonra mühərrik, reostatın rotora tamamilə daxil olması ilə işə salınır. İşəsalma təkanının təsiri altında KA cərəyan relesi qoşulur və öz kontaktını ayırır. KM1 sarğacı bu zaman KM1 blok-kontaktı və R rezistoru vasitəsi ilə qidalanır. KM1 blok-kontaktının sürətləndirici KM2 kontaktorunun dövrəsində qapanması R rezistorun müqaviməti qiymətinin kifayət qədər böyük olması nəticəsində sonuncunun qoşulmasını yaratmır.

Yalnız mühərrik cərəyanının I1 qiymətinə qədər azalmasından sonra, cərəyanın uyğun qiymətinə nizamlanan KA relesi öz lövbərini buraxacaq və KA ayırıcı kontaktını qapayacaq. Bu zaman KM2 kontaktoru özünün güc kontaktları ilə işəsalma reostatının birinci seksiyasını şuntlayır. Buna uyğun cərəyan təkanı öz blok-kontaktı ilə ikinci sürətləndirici KM3 kontaktorunun ani olaraq qoşulmasına mane olan KA relesinin qoşulmasını yaradır. KM2 kontaktoru isə KM1 blok-kontaktı və R rezistoru vasitəsi ilə qoşulmuş halda qalır belə ki, onun cərəyanı bu zaman lövbərin dartılmış vəziyyətdə saxlanılmasına kifayət edir. Analoji olaraq reostatın qalan pillələrinin də şuntlanması baş verir. Baxılan işəsalma üsulunun üstünlüyü yükün dəyişməsi zamanı zaman gecikməsinin avtomatik dəyişməsidir.

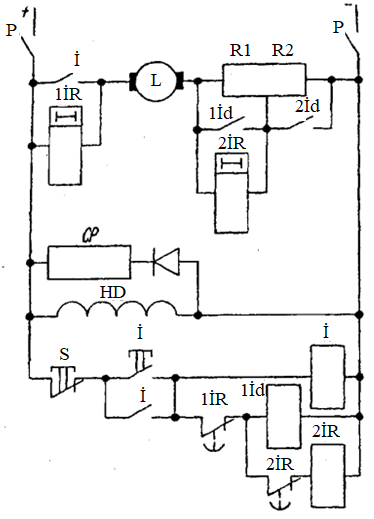
**Zaman funksiyasında avtomatik idarəetmə**. Texnoloji proseslərin avtomatlaşdırılması ilə eyni zamanda zaman relelərini elektrik intiqallarının işəsalma və tormozlanma proseslərinin avtomatlaşdırılmasında da tətbiq edirlər.

Zaman gecikməsini 0,4-dən 180 saniyəyə qədər intervalda təmin edən pnevmatik zaman releləri geniş yayılmışdır. Sabit cərəyan sxemlərində elektromaqnit zaman releləri geniş istifadə edilir (şəkil 8.4). Elektromaqnit zaman releləri zaman gecikməsini 0,3-dən 16 saniyəyə qədər intervalda təmin edir.

Maşınqayırmada həm də sinxron mühərrik, elektromaqnit və friksiya muftası əsasında motorlu zaman releləri istifadə olunur. Müxtəlif hazırlanmalarda rele qoyulanların 2 san-dən 24 saata qədər saxlanılmasını təmin edir.

Zaman relesindən saat ərzində böyük sayda işədüşmələr tələb olunduqda müxtəlif elektron və yarımkeçirici relelər tətbiq olunur. Paralel həyəcanlanma sabit cərəyan mühərrikinin belə sxemlərdə sürətlənmə releləri adlanan 1RY və 2RY elektromaqnit releləri tərəfindən işə salınması sxemi şəkil 8.4-də verilmişdir.

Sxemin qoşulması zamanı cərəyan 1RY sarğacından, elektrik mühərrikinin L lövbərindən və işəsalma reostatının iki R1 və R2 pilləsindən axır. Bu zaman 1RY relesi qoşulur və onun aralayıcı kontaktı açılır. 1RY sarğacının böyük müqaviməti nəticəsində rele qoşulması dövrəsində cərəyan kiçikdir və elektrik mühərrikinə heç bir təsir göstərmir. R1 işəsalma reostatının pilləsinə paralel qoşulmuş 2RY relesinin dolağına relinin işləməsini yarada bilməyən çox da böyük olmayan cərəyan budaqlanır. Elektrik mühərrikinin həyəcanlanma dolağı üzrə cərəyan axır.

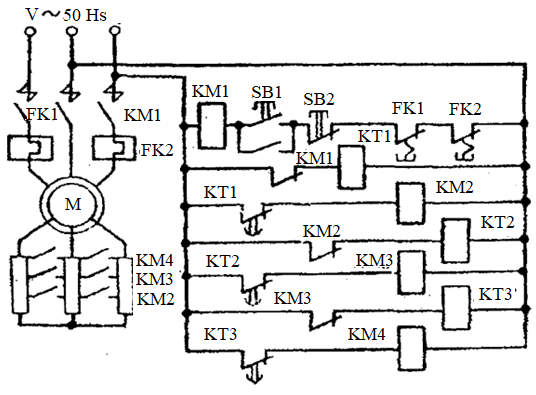


Şək. 8.4. Sabit cərəyan mühərrikinin işə salınmasının avtomatlaşdırılması

İ düyməsinin basılması zamanı XK xətti kontaktor qoşulur və özüqidalanmaya başlayır. XK işçi kontaktı reostatın iki pilləsi ilə məhdudlanan işəsalma cərəyanının keçdiyi elektrik mühərrikinin lövbər dövrəsini qapayır. İşəsalma cərəyanının bir hissəsi 2RY relesinin sarğacına budaqlanır. Rele qoşulur və onun kontaktı 2Y sarğacının dövrəsində ani olaraq açılır. 1RY sarğacında cərəyan azalır və bir müddət sonra rele 1Y sarğacının dövrəsində özünün 1RY ayıran kontaktını qapayaraq düşür. Bu zaman əsas kontaktı işəsalma reostatının R1 pilləsini və eyni zamanda 2RY zaman relesinin sarğacını qısa qapayan 1Y kontaktoru qoşulur. Rele zaman gecikməsi ilə düşür və ayırıcı 2RY kontaktı ilə 2Y kontaktorunu qoşur, sonuncunun əsas kontaktı isə işəsalma reostatının R2 ikinci pilləsini qısa qapayır.

Həyəcanlanma dolağına HD paralel olaraq selin azalmasını zəiflədən və dolaq izolyasiyasını həyəcanlanma dolağının qəza qırılması zamanı zədələnmələrdən qoruyan boşalma rezistoru CR qoşulmuşdur (onun müqaviməti həyəcanlanma dolağının müqavimətindən 4-5 dəfə çoxdur).

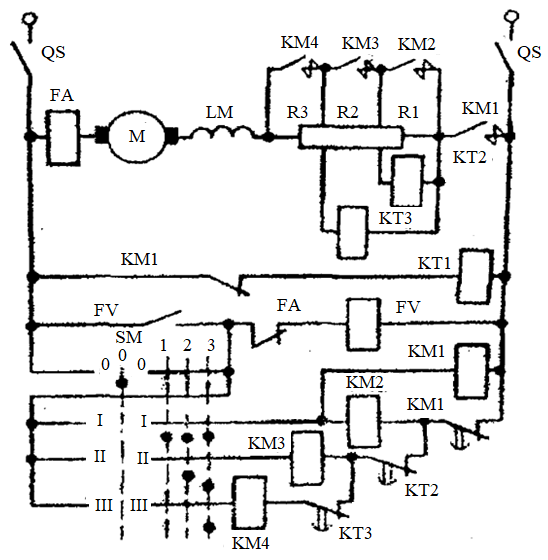
Elektromaqnit tipli zaman relesinin istifadə olunması ilə asinxron mühərrikin avtomatik işə salınmasının sxemi şəkil 8.5-də göstərilmişdir.



Şək. 8.5. Zaman funksiyasında faza rotorlu AM-in işəsalma sxemi

SB1 düyməsinin basılması ilə KM1 kontaktorunun sarğacına qidalanma verilir. KM1 kontaktoru qoşularaq, özünün əsas kontaktları ilə rotor dövrəsinə tamamilə daxil edilmiş reostatla M elektrik mühərrikini şəbəkəyə qoşur. KM1 ayırıcı blok-kontaktı KT1 zaman relesini ayırır və sonuncu zaman gecikməsi ilə birinci sürətləndirici KM2 kontaktoru qoşur. Bu zaman KM2 kontaktoru işəsalma reostatının birinci pilləsini şuntlayır. Analoji olaraq işəsalma reostatının ikinci və üçüncü pillələri şuntlanır, bundan sonra mühərrik təbii xarakteristikaya çıxır və işəsalma sona çatır.

Şəkil 8.6-da ardıcıl həyəcanlanmalı zaman relesi və komanda-kontroller istifadə etməklə sabit cərəyan mühərrikinin rezistor işəsalma sxemi verilmişdir.



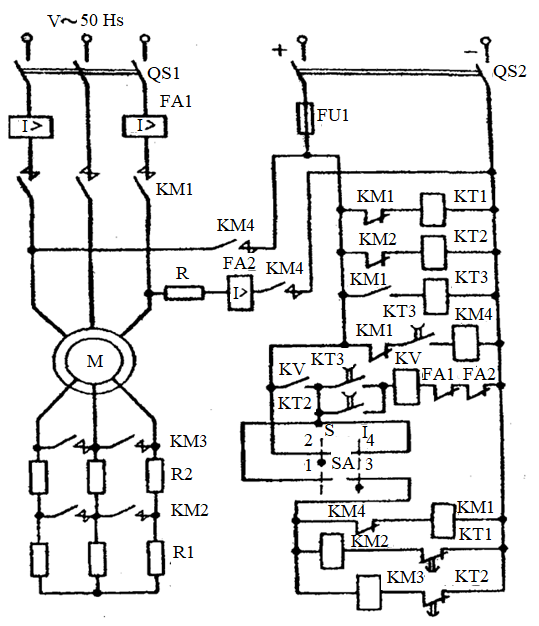
Şək. 8.6. Sabit cərəyan mühərrikinin işəsalma sxemi

Belə sxemlər reversiv hazırlandıqda nəqliyyat qurğularında istifadə olunur. İşəsalma üç pillədə həyata keçirilir. Komnda-kontrolleri SM dörd vəziyyətə malikdir: (0, 1, 2, 3). SM komanda-kontrollerinin sıfır vəziyyətində onun 0-0 kontaktları qapalıdır, FV relesi qoşulub və idarəetmə sxeminin aşağı hissəsinə qidalanma verən FV kontaktı qapanıb. Mühərrik şəbəkədən ayrılıb. Komanda-kontrollerin 1 vəziyyətində onun I-I kontaktı qapanıb, lövbər dövrəsində tam müqavimət zamanı mühərriki şəbəkəyə qoşan KM1 kontaktoru qoşulur.

Mühərrikin sürətlənməsi КТ1...КТЗ zaman relesinin köməyi ilə avtomatik olaraq həyata keçirilir. Komanda-kontrollerinin dəstəyi onun bütün I-I, II-II, III-III kontaktlarının qapandığı kənar (3) vəziyyətdə qoyulur. Əvvəlcə qoşulmuş KM1 kontaktorunun ayırıcı blok-kontaktı KT1 zaman relesini söndürür. KT1 zaman relesi verilmiş zaman gecikməsi ilə öz kontaktını sürətlənən KM2 kontaktorunun dövrəsində qapayacaqdır. Sonuncu isə qoşularaq işəsalma reostatının R1 seksiyasını şuntlayır. Bu zaman KT2 zaman relesi ayrılır. Sonuncu zaman gecikməsi ilə R2 işəsalma reostatının ikinci seksiyasını şuntlayan KM3 kontaktorunu qoşur. İşəsalma reostatının üçüncü seksiyası analoki şəkildə şuntlanacaqdır. Gərginlik relesi komnda-kontrollerinin sıfır bloklanmasını həyata keçirir. Mühərrikin qoşulması və onun sürətlənməsini komanda-kontrollerin yalnız sıfır vəziyyətindən həyata keçirilə bilər. Mühərrikin yüklənmədən qorunması ayırıcı kontaktı FV relesinin sarğacının dövrəsinə qoşulmuş FA maksimal rele tərəfindən həyata keçirilir.

Zaman funksiyasında dinamik tormozlanma ilə faza rotorlu asinxron mühərrikin avtomatik idarə olunması sxemi şəkil 8.7-də göstərilmişdir. Mühərrikin işəsalınmasından əvvəl universal SA çeviricisi 2-4 kontaktları qapalı, 1-3 kontaktları isə açıq olduğu S (“Stor”) vəziyyətində olmalıdır. Çeviricinin bu vəziyyətində KM1-KM4 kontaktorlarının sarğacları ayrılıb, mühərrik tərpənməz vəziyyətdədir. QS1 rubilnikin qapanması zamanı sxemdə praktiki olaraq heç nə dəyişmir. QS2 rubilnikinin qapanması zamanı isə mühərrik tərpənməz qalsa da ayırıcı KM1 və KM2 kontaktları vasitəsi ilə KT1 və KT2 zaman relelərinin sarğacları qoşulacaqdır. Relenin KT1 və KT2 ayırıcı kontaktları KM2 və KM3 kontaktorlarının dövrələrində ayrılacaq, KT2 kontaktı isə KV relesinin dövrəsində qapanacaqdır. Universal çeviricinin 2-4 kontaktları və KT2 kontaktı vasitəsi ilə KV relesi qoşulur və öz kontaktını qapayır. Beləliklə, sxem işləməyə hazırdır və mühərrik tərpənməzdir.

Mühərrikin işə salınması üçün SA dəstəyini İ vəziyyətinə (“İşəsalma”) çevirirlər. Bu zaman 1-3 kontaktları qapanır. KM1 kontaktorunun sarğacına dövrə üzrə cərəyan veriləcəkdir: sabit cərəyan mənbəyinin “plyusu”, FU1 hamar qoruyucusu, KV kontaktı, SA çeviricinin 1-3 kontaktları, KM4 ayırıcı kontaktı, KM1 kontaktorunun sarğacı, cərəyan mənbəyinin “minusu”. KM1 kontaktorunun kontaktları mühərriki şəbəkəyə qoşur və mühərrik rotor dövrəsinə R1 və R2 reostatının tam daxil olunması zamanı işə düşəcəkdir. Mühərrikin sürətlənməsi zaman funksiyasında KT1 və KT2 elektromaqnit zaman relesinin istifadə olunması ilə avtomatik şəkildə həyata keçirilir.



Şək. 8.7. Dinamik tormozlanmaya malik faza rotorlu AM-in idarəetmə sxemi

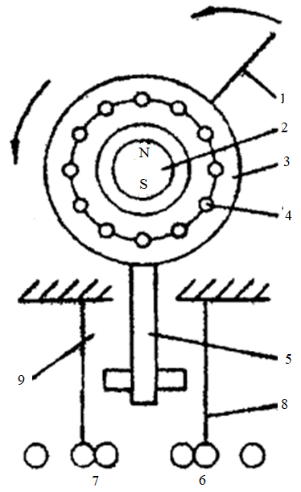
Sxemin işi aşağıdakı kimi baş verir. Qoşulmuş KM1 kontaktorunun ayırıcı kontaktı zaman relesi sarğacının dövrəsini ayırır. Rele ayrılır və zaman gecikməsi ilə özünün ayırıcı KT1 kontaktını KM2 kontaktorunun dövrəsində qapayır. Kontaktor qoşulur və özünün əsas KM2 kontaktları ilə R1 reostatın birinci pilləsini şuntlayır. Mühərrik yeni reostat xarakteristikası ilə sürətlənir. Ayırıcı KM2 blok-kontaktı KT2 relesinin sarğac dövrəsini ayırır. Sonuncu ayrılır və zaman gecikməsi ilə özünün KT2 ayırıcı kontaktını KM3 kontaktorunun dövrəsində qapayır. KM3 kontaktoru özünün əsas kontaktları ilə işəsalma reostatının qalan pilləsini çıxarır. Bu zaman mühərrik təbii xarakteristikaya keçir və işəsalma başa çatır.

Mühərrikin dayanması dinamik tormozlanma rejimində baş verir. Mühərrikin dayanması üçün universal SA çeviricisi S (“Stop”) vəziyyətinə keçirilir. Bu zaman onun 1-3 kontaktları ayrılır və KM1-KM3 kontaktorlarını ayırır. KM1 kontaktları ilə mühərrik dəyişən cərəyan şəbəkəsindən ayrılır, rotor dövrəsinə isə KM2, KM3 kontaktları ayrıldığından bütün işəsalma reostatı daxil edilir. Yuxarıda saydığımız çevrilmələrlə eyni zamanda KM1 kontaktı KT3 zaman relesi dövrəsində ayrılacaq və KM4 kontaktorunun dövrəsində KM1 kontaktını qapayacaq. KT3 sarğacı cərəyansızlaşsa da KT3 relesinin kontaktı zaman gecikməsi müddətində qapalı qalacaq. KM1 və KT3 kontaktları vasitəsi ilə KM4 kontaktorunun sarğacına cərəyan axacaqdır. KM4 qapalı kontaktları əlavə RƏ rezistoru vasitəsi ilə asinxron mühərrikin statorunun iki fazasına sabit cərəyan verəcəkdir. Mühərrik intensiv dinamik tormozlanma rejimində dayanacaqdır.

Zaman gecikməsi başa çatdıqdan sonra KT3 zaman relesinin kontaktları KM4 kontaktorunu ayırır və sonuncu öz kontaktları ilə sabit cərəyan mənbəyini mühərrik statorundan ayıracaqdır. Bununla da tormozlanma başa çatacaqdır.

İdarəetmə sxeminin müdafiəsi FU1 hamar qoruyucularla, mühərrikin yüklənmədən və qısa qapanmadan qorunması isə - maksimal ikisarğaclı FA1 relesi ilə, sabit cərəyan dövrəsinin dinamik tormozlanma rejimində müdafiəsi isə FA2 maksimal relesi ilə həyata keçirilir. Maksimal müdafiə aşağıdakı kimi işləyir: yüklənmə və ya qısa qapanma zamanı masimal rele işə düşür və özünün FA1 kontaktını KV rele dövrəsində ayırır. KV relesi ayrılır, özünün kontaktı ilə KM1 kontaktorunun dövrəsini ayırır və mühərrik şəbəkədən ayrılır.

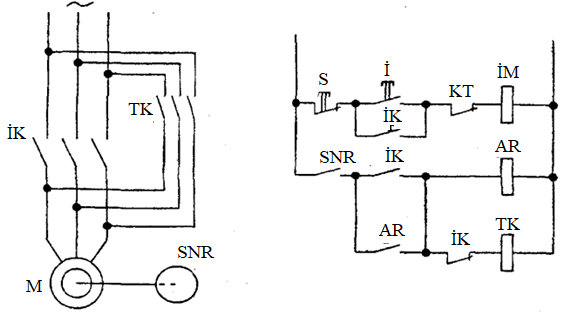
**Zaman funksiyasında avtomatik idarəetmə**. Zaman funksiyasında avtomatik idarəetmə sistemlərində sadə komanda aparatı sürət nəzarəti induksiya relesidir (şəkil 8.8). Relenin valikini (1) sürətini nəzarətdə saxlamaq lazım olduğu elektrik mühərrikinin valı ilə əlaqələndirirlər. Bu valikdə silindrik sabit maqnit (2) bərkidilir. Bu valikdə həm də ayrı-ayrı yastıqlarda təbəqə poladdan olan halqa (3) quraşdırılmışdır. Halqanın daxili sathində qısa qapanmış asinxron mühərrikin rotor sarğacına analoji olan sarğac (4) yerləşdirilmişdir.



Şək. 8.8. Sürət nəzarət relesinin sxemi

Maqnitin fırlabnası zamanı sarğacın millərində EHQ induksiyalanır və cərəyan yaranır, nəticədə halqa asinxron mühərrikin rotoru sahənin ardınca fırlandığı kimi maqnitin fırlanması istiqamətinə dönür. Halqanın dönməsi zamanı itələyici (5) elektrik mühərrikinin valının fırlanması istiqamətindən asılı olaraq 6 və 7 kontakt sisteminə təsir edir. Dayanma zamanı və onun fırlanma sürətinin sıfra yaxınlaşdığı an itələyici 8 və 9 kontakt yaylarını sıxmır və kontakt sistem normal hala keçir.

Maşınqayırmada sürət nəzarəti relesi ən geniş tətbiqini asinxron mühərrikin əks qoşulma ilə tormozlanma sxemlərində tapmışdır. Belə sxemlərdən biri şəkil 8.9-da göstərilir.



Şək. 8.9. Qeyri-revers mühərrikin əks qoşulma ilə tormozlanma sxemi

İ düyməsi basıldıqda özünün əsas kontaktları ilə elektrik mühərrikini ayıran İK işçi kontaktor işə düşür. Bu zaman AK ayırıcı kontakt açılır və qapayıcı blok-kontakt aralıq AR relesinin sarğacı dövrəsində bağlanır. Elektrik mühərriki hər hansı böyük olmayan fırlanma sürətinə qədər sürətlənəndə sürət nəzarəti relisinin SNR qapayıcı kontaktı bağlanır və AR relesini qoşur. Bu rele qapayıcı KR blok-kontakta paralel qoşulmuş kontaktı qapayır. KT sarğacından cərəyan axmır belə ki, onun dövrəsi KR qapayıcı kontaktı ilə açıqdır. Sxem belə vəiyyətdə dəzgahın işləməsi zamanı qalır.

S düyməsi basıldıqda KR kontaktoru düşür və özünün əsas kontaktları ilə mühərriki şəbəkədən ayırır. Ayırıcı KR blok-kontaktı bu zaman bağlanır, SNR və AR qapalı konturları vastəsi ilə 1K tormozlama kontaktoru işə düşür. Onun əsas kontaktları elektrik mühərrikini reversə qoşur, maqnit sahəsi əks istiqamətdə fırlanmağa başlayır və mühərrikin əks qoşulma ilə tormozlanması baş verir. Müəyyən kiçik qiymətə qədər fırlanma tezliyinin azalması zamanı SNR kontaktı açılır, AR relesi və KT kontaktoru düşür və elektrik mühərriki şəbəkədən ayrılır. Əgər tərpənməz elektrik mühərrikinin valını əl ilə döndərsək, qapayıcı SNR kontaktı qoşulacaqdır. Lakin, bu zaman mühərrik fırlanmağa başlamayacaq belə k, AR və KR qapayıcı kontaktları açıq olacaqdır. AR aralıq relesinin mövcudluğu belə qəza işədüşməsinin mümkünlüyünün qarşısını alır.

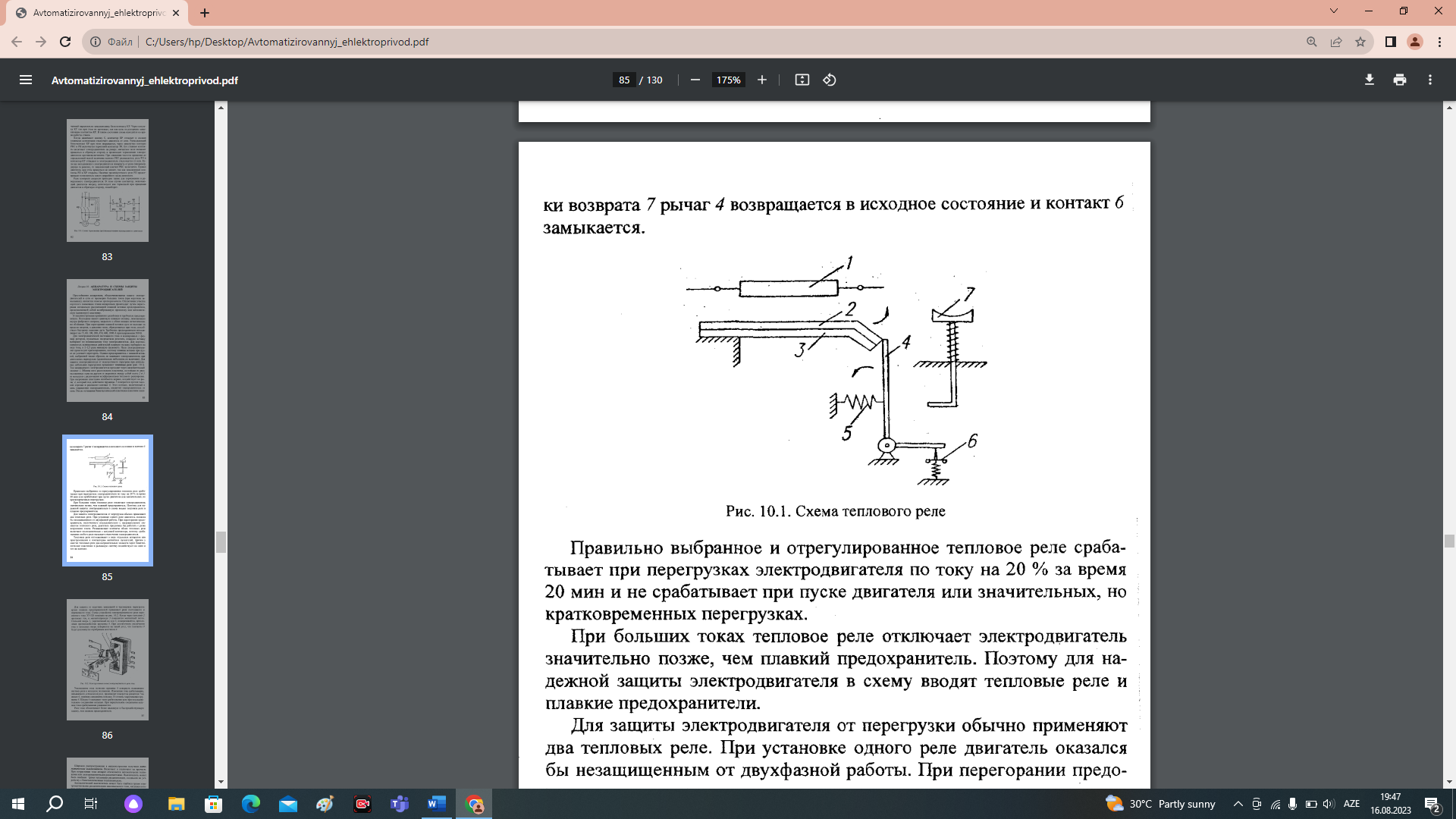
Sürət nəzarəti relesi SNR həm də reversiv elektrik mühərrikinin tormozlanması üçün də yararlıdır. Bu halda mühərriki irəli qoşan kontaktormühərrikin əks istiqamətdə fırlanması və əksinə olan zaman tormozlama kontaktoru kimi istifadə olunur.

**IX. ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN APARATLARI VƏ MÜDAFİƏ SXEMLƏRİ**

Elektrik mühərriklərini və şəbəkəni kifayət qədər böyük cərəyanlardan (qısa qapanma cərəyanı) müdafiəni təmin edən ən sadə aparatlar hamar qoruyuculardır. Bu aparatlarla qısa qapanma hissəsinin ayrılması qoruyucunun xüsusi hesablanmış, kalibrlənmiş məftil və ya metal (sink) lövhə olan ərintisinin yanması nəticəsində baş verir.

Maşınqayırmada rezbalı və boruşəkilli qoruyucular tətbiq olunur. Sonuncular hər iki tərəfdən metal qapaqla qağlanmış fibr patronunun daxilinə yerləşdirilmiş hamar sink lövhələrdir. Hamar lövhə yandıqda qövs patronun xarıcınə çıxmır, bu zaman yaranan qazların təzyiqi isə qövsün tez bir zamanda sönməsinə imkan yaradır. Boruşəkilli qoruyucuları 500 V gərginlikdə 15, 60, 100, 200, 450, 600, 1000 А üçün hazırlayırlar.

Sabit cərəyan elektrik mühərrikləri və reostat tərəfindən işə salınan faza rotorlu asinxron mühərriklər üçün hamar lövhəni elektrik mühərrikinin nominal cərəyanına görə seçirlər. Qısa qapanmış elektrik mühərrikləri üçün hamar lövhəni işəsalma cərəyanından 2-2,5 dəfə az cərəyana seçirlər. Elektrik mühərriklərinin işə salınması qısamüddətli baş verir, bu səbəbdən işəsalma zamanı hamar lövhə yanmağa imkan tapmır. Lakin, belə seçilmiş lövhəli qoruyucu elektrik mühərrikini uzun müddətli yüklənmələr zamanı müdafiə etmir. Uzun müddətli kiçik yüklənmələr zamanı elektrik mühərriklərinin yolverilməyən qızmalardan müdafiəsi üçün istilik releləri tətbiq olunur (şəkil 9.1). Qorunan elektrik mühərrikinin cərəyanı qızdırıcı elementdən (1) axır. Onun yaxınlığında iki bir-birinin üzərinə qoyulmuş və öz aralarında qaynaq edilmiş, müxtəlif istilik genişlənməsi əmsalına malik metal 2 və 3 zolaqlarından ibarət lövhə yerləşir. Qızma zamanı lövhə sağa əyilir, 5 yayının təsiri altında saat əqrəbinin əksi istiqamətdə dönərək 4 linginə təsir edir və 6 kontaktını ayırır. Elektrik mühərrikinin idarəetmə dövrəsinə qoşulmuş bu kontakt elektrik mühərrikini şəbəkədən ayırır. Bimetal lövhənin soyumasından sonra qaytarma düyməsinin 7 basılması ilə ling 4 başlanğıc vəziyyətə qayıdır və kontakt 6 qapanır.



Şək. 9.1. İstilik relesinin sxemi

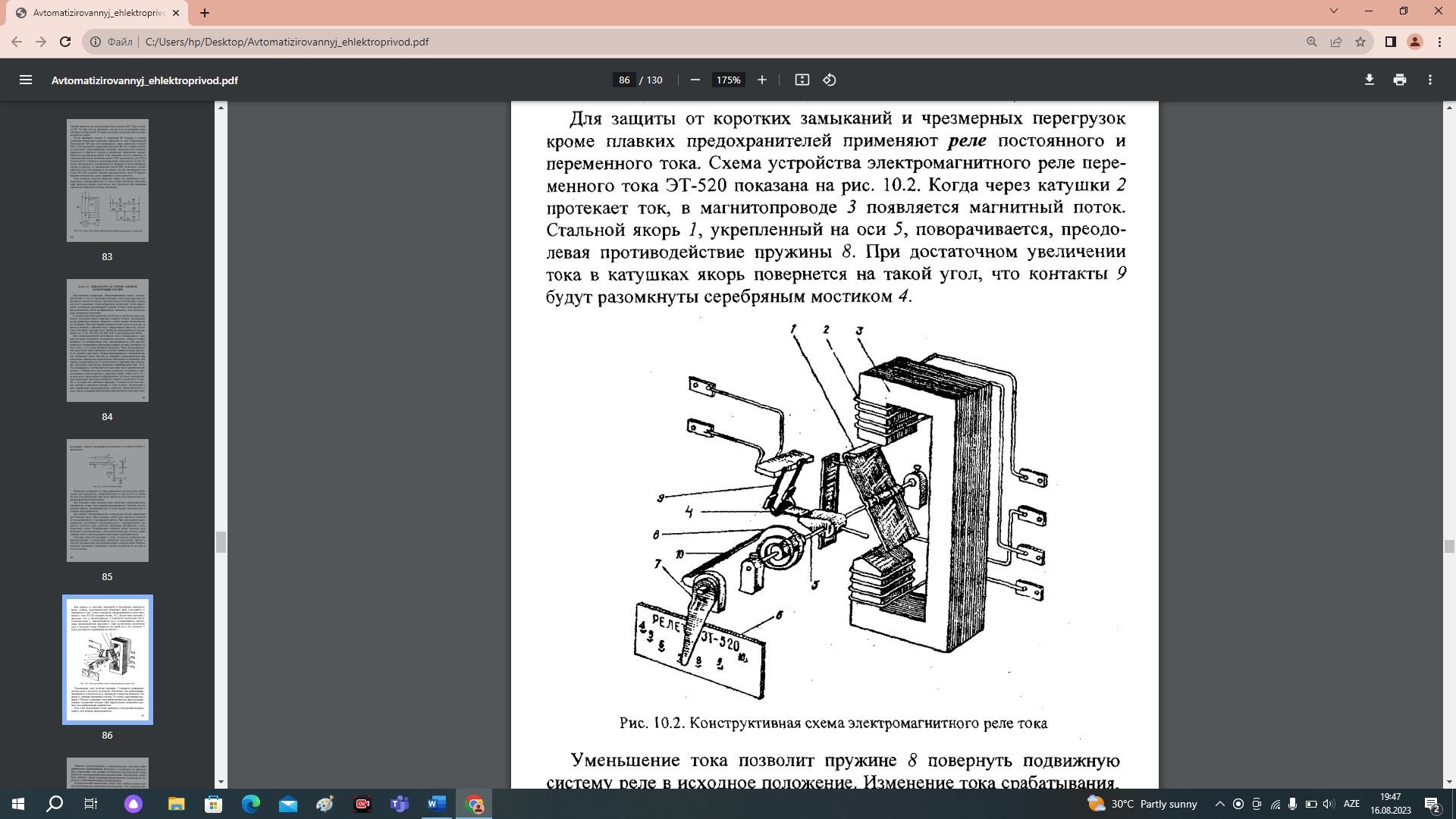
Düzgün seçilmiş və nizamlanmış istilik relesi cərəyana görə 20%-dən böyük yüklənmələrdə 20 dəq müddətində işə düşür və mühərrikin işə düşməsi və ya kifayət qədər lakin, qısa müddətli yüklənmələrdə isə işə düşmür.

Böyük cərəyanlarda istilik relesi hamar qoruyucudan fərqli olaraq elektrik mühərrikini kifayət qədər gec ayırır. Bu səbəbdən elektrik mühərrikinin etibarlı müdafiəsi üçün sxemə istilik relesi və hamar qoruyucular daxil edilir.

Elektrik mühərrikini yüklənmədən qorumaq üçün adətən iki istilik relesi tətbiq olunur. Bir relenin qurulması zamanı mühərrik ikifazalı işləmədən müdafiə oluna bilməz. İstilik relesinin qızdırıcı elementi ilə ardıcıl qoşulmuş qoruyucunun yanması zamanı mühərrik kəskin artmış cərəyanla işləməyə davam edərdi. Hər iki istilik relesinin ayırıcı kontaktları kontaktorun sarğacı ilə ardıcıl qoşulur, bu səbəbdən istənilən relenin işə düşməsi elektrik mühərrikini ayırır.

İstilik relesini ayrı-ayrı aparatlar və ya maqnit buraxıcılarının kontaktorlarına qoşulmuş şəklində hazırlayırlar, əksər istilik relelərində iki qızdırıcı element bimetal lövhələr və ling sistemi vasitəsi ilə eyni bir kontakta təsir edir.

Qısa qapanmalardan və ifrat artıq yüklənmələrdən müdaiə üçün qoruyuculardan əlavə sabit və dəyişən cərəyan releləri tətbiq olunur. Dəyişən cərəyan elektromaqnit rele qurğusunun ET-520 sxemi şəkil 9.2-də verilmişdir. Sarğacdan 2 cərəyan axdıqda maqnit ötürücüsündə 3 maqnit seli yaranır. Ox 5 üzrəində bərkidilmiş polad lövbər 1 yayın 8 təsirini adlayaraq dönür. Cərəyanın sarğaclarda kifayət qədər artması zamanı lövbər elə bucaq altında dönəcək ki, kontaktlar 9 gümüş körpücük 4 vasitəsi ilə qapanacaq.



Şək. 9.2. Elektromaqnit cərəyan relesinin konstruktiv sxemi

Cərəyanın azalması, yaya relenin mütəhərrik sisteminin başlanğıc vəziyyətə dönməyinə imkan verir. İşədüşmə cərəyanının dəyişməsi göstəricinin 7 şkalada 6 döndərilməsi, dəstəyin 10 sürüşdürülməsi ilə yayın burulma dərəcəsinin dəyişdirilməsi nəticəsində həyata keçirilir. Şkala sarğacların ardıcıl birləşməsi zamanı relenin işədüşmə cərəyanını göstərir. Sarğacların paralel birləşdirilməsi zamanı isə işədüşmə cərəyanları iki dəfə artır.

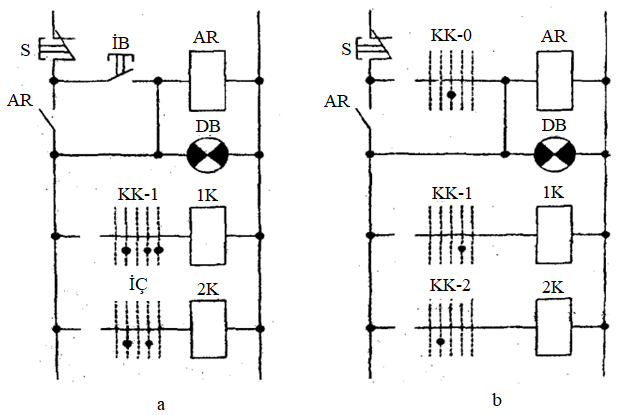
Cərəyan relesi qoruyuculardan fərqli olaraq, daha etibarlı və teztəsirli müdafiəni təmin edir.

Maşınqayırmada avtomatik açarlar geniş yayılmışdır. Onları əl ilə qoşur və ya ayırırlar. Cərəyanın artması zamanı aparat avtomatik olaraq istilik və ya elektromaqnit ayırıcılarla ayrılır. Açar, bimetal istilik relesinin qurğusuna uyğun üç istilik ayırıcısı ilə təchiz oluna bilər.

Avtomatik açar, sarğacları fazaların işçi cərəyan dövrəsinə qoşulmuş üç maksimal cərəyan elektromaqnit ayırıcısı ilə təchiz oluna bilər. Bu ayırıcılar aparatı nominal cərəyandan 6...10 dəfə çox olan cərəyanda praktiki olaraq ani şəkildə ayırırlar. Qurğunun sıfır müdafiəsini təmin edən avtomatik minimal gərginlik ayırıcıları da hazırlanır.

Əl ilə idarə olunan aparatların sxemində sıfır müdafiənin təmin olunması üçün aralıq reledən istifadə olunur (şəkil 9.3). Dəzgahın işə başlamsından əvvəl İH (işəsalmaya hazırlıq) düyməsi basılmalıdır. Aralıq rele AR qoşulacaq və öz kontaktını qapayacaq, sonra İH düyməsini buraxmaq olar, sxemin ISK-1 kontrollerinin kontaktları, idarəetmə çeviricisi İÇ və kontaktorların sarğacları yerləşən aşağı hissəsi isə gərginlik altında olacaqdır. Qidalanma gərginliyi sıfra və ya yolverilməyən aşağı qiymətlərə qədər azaldıqda AR rele düşür və onun kontaktı sxemin aşağı hissəsinin qidalanmasını kəsir. Qidalanma gərginliyinin mövcudluğu SL siqnal lampası ilə bildirilir.

Əgər sxemin bütün idarəetmə dövrələri bir komanda-kontrolleri tərəfindən qapanırsa, şəkil 9.3,b-də göstərilən sxemi tətbiq etmək olar. Burada aralıq rele, kontroller sıfır vəziyyətdə quraşdırıldıqda KK-0 komanda-kontrollerinin kontaktı ilə işə düşür (kontrollerin digər kontaktları açıqdır). Kontrollerin istənilən işçi vəziyyətə döndərilməsi zamanı KK-0 kontaktı açılır, digərləri isə qapanır. Bu zaman rele AR özünübloklama kontaktından qidalanacaqdır. Əgər qidalanma gərginliyi itərsə, AR rele açılacaqdır. 1K kontaktorlarının qidalanma gərginliyi yarandıqda yeni qoşulması üçün əvvəlcədən komanda-kontrolleri sıfır vəziyyətinə qaytarmaq lazımdır.



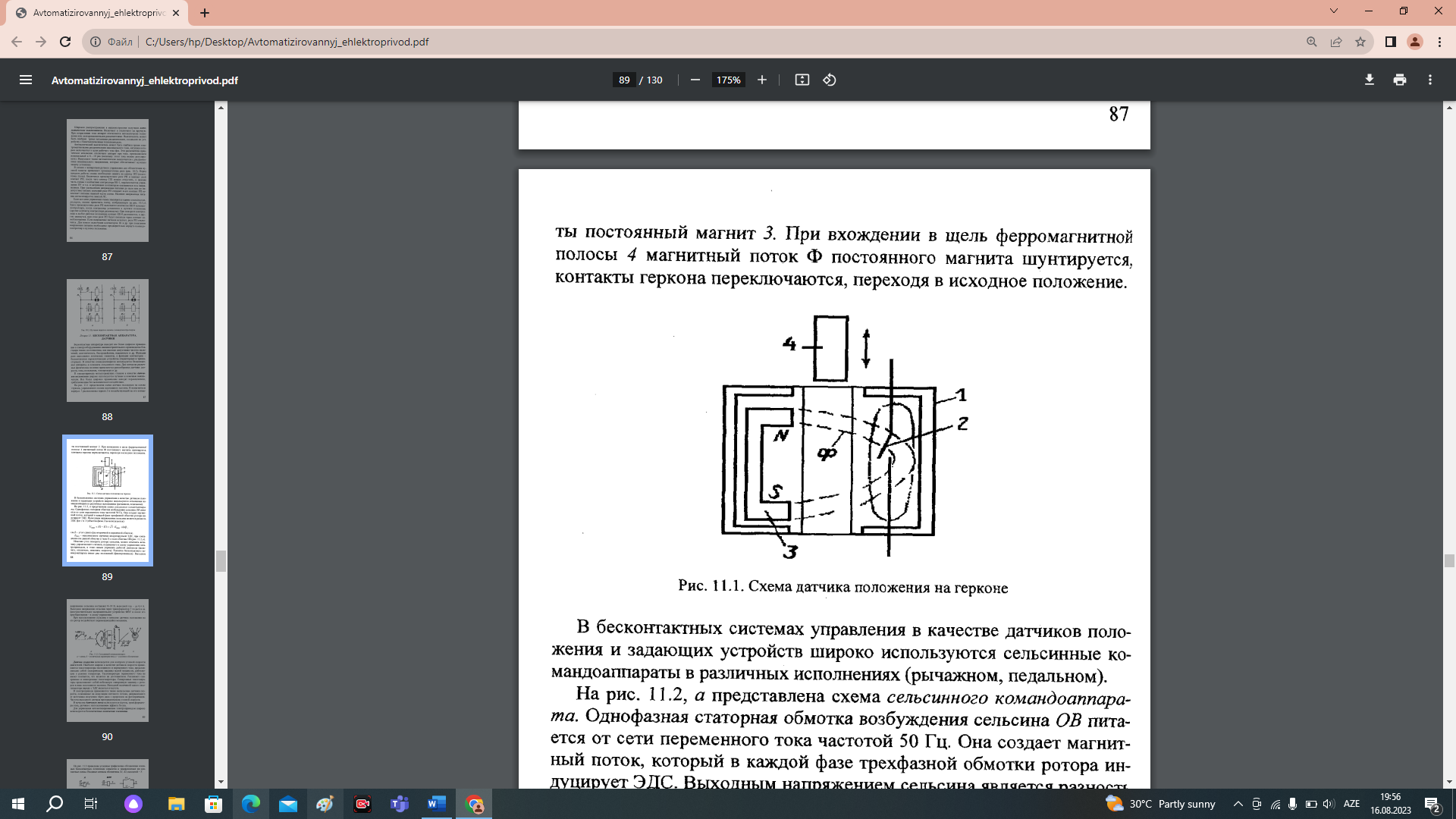
Şək. 9.3. Komanda-kontrollerli sxemlərdə sıfır müdafiə

**X. KONTAKTSIZ APARATLAR. VERİCİLƏR**

Kontaktsız aparatlar maşınqayırma istehsalının elektrik avadanlığında qoşulmaların yüksək yolverilən tezliyi, uzun ömürlük, teztəsir, etibarlıq kimi üstünlüklərinə görə daha geniş tətbiq sahələri tapmışdır. Rele funksiyasını məntiq elementləri, kontaktor funksiyalarını isə - kontaktsız çevirici qurğular (tiristor və tranzistorlar) yerinə yetirir. Komanda aparatları qismində əsasən selsin tip kontaktsız aparatlar istifadə olunur. Müxtəlif fiziki kəmiyyətlərə nəzarət üçün müxtəlif vericilər tətbiq olunur: sürət, cərəyan, vəziyyət, temperatur vericiləri və s.

Metalkəsən dazgahların elektrik intiqallarında vəziyyət vericiləri qismində yol və sonluq vericiləri geniş istifadə olunur. Mexaniki təsir olmadan işə düşən çeviricilər daha geniş yayılmışdır.

Şəkil 10.1-də gerkon əsasında sabit maqnitin sahəsi ilə idarə olunan vəziyyət vericisinin sxemi göstərilmişdir. Qeyri-maqnit korpusda 1 gerkon 2 və onun kontaktlarına təsir edən sabit maqnit 3 yerləşmişdir. Ferromaqnit zolağın 4 dəliyinə daxil olma zamanı sabit maqnitin Ф maqnit seli şuntlanır, gerkonun kontaktları başlanğıc vəziyyətə keçərək çevrilir.



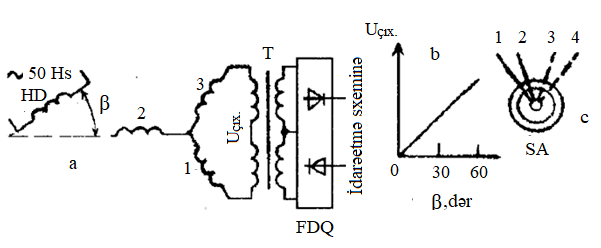
Şəkil 10.1. Gerkonda vəziyyət vericisinin sxemi

İdarəetmənin kontaktsız sistemlərində vəziyyət vericisi və verici qurğular qismində müxtəlif növlü (lingli, pedallı) selsin komanda aparatları geniş istifadə olunur.

Şəkil 10.2-də selsin komanda aparatının sxemi verilmişdir. Selsinin birfazalı həyəcanlanma HD dolağı 50 Hs telikli dəyişən cərəyan mənbəyindən qidalanır. HD rotorun üçfazalı dolağının hər bir fazasında EHQ induksiyalandıran maqnit seli yaradır. Selsinin çıxış gərginliyi 1 və 3 fazalarının EHQ fərqi olur (2 fazasının dolağı istifadə olunmur):

*Uçıx = E1 – E3 = (3)1/2Emaxsinβ*,

burada, β – ikinci və birinci dolaqların fazalarının bucaq sürüşməsi; Emax – verilən dolağın (1 və ya 3) oxunun HD dolağının oxu ilə üst-üstə düşdüyü zaman induksiyalanan EHQ-nin maksimal qiymətidir (şəkil 10.2, c).



Şək. 10.2. Selsin komanda aparatı: а – sxem; b – statik xarakteristika; c – şərti işarə

Selsin rotorunun dönmə bucağını dəyişərək elektrik intiqalının idarəetmə sxeminə verilən idarəedici siqnalın qiymətini dəyişmək və bununla da mühərrikin işini idarə etmək olar (qoşmaq, ayırmaq, sürəti dəyişmək). Kontaktsız komanda aparatının dəstəyi bir sıra vəziyyətlərə malikdir (fiksə olunmuş). Selsinin çıxış gərginliyi 0-10 V, çıxış cərəyanı isə 0,4 A-ə qədərdir. Selsinin çıxış gərginlikləri T transformator vasitəsi ilə fotohəssas düzləndirici qurğuya FDQ və onun çevrilməsindən sonra isə – idarəetmə sxeminə verilir.

Selsinin vəziyyət vericisi qismində istifadə olunması zamanı onun rotoruna yerdəyişən müxanizm təsir göstərir.

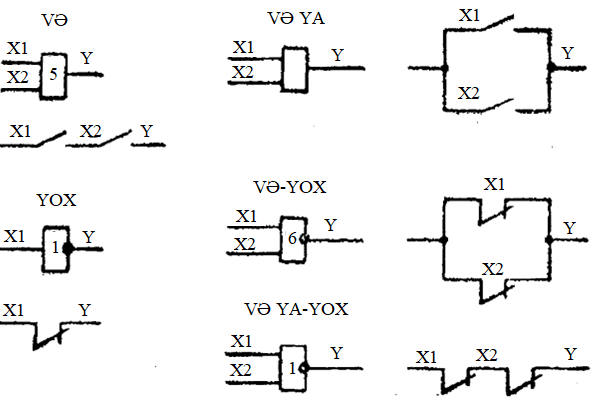
**Sürət vericisi mühərriklərin bucaq sürətinin nəzarət olunması üçün istifadə olunur**. Sürət vericisi qismində kiçik gücə malik elektrik maşınları olan, generator rejimində işləyən sabit və dəyişən cərəyan taxogeneratorları tətbiq olunur. Dəyişən cərəyan taxogeneratorları kontaktlara malik olmur ki, bu şərt də onların üstünlüyü sayılır. Sinxron taxogeneratorlar böyük olmayan, rotoru sabit maqnit şəklində olan sinxron maşınlardır. Belə taxogeneratorun çıxış kəmiyyəti EHQ ilə birlikdə tezliyidir.

Elektrik intiqalında şüalanma mənbəyindən kəsikləri olan disk vasitəsi ilə fotoqəbulediciyə istiqamətlənmiş işıq selinin modulyasiyasına əsaslanan impuls sürət vericiləri də tətbiq olunur. Çıxış siqnalının tezliyi bucaq sürətinə mütənasibdir. Cərəyan vericiləri qismində şuntlar, cərəyan transformatorları, Holl effektindən istifadə edən vericilər istifadə olunur.

Avtomatlaşdırılmış elektrik intiqalının idarə olunması üçün kontaktsız məntiq elementləri geniş istifadə olunur. Şəkil 10.3-də əsas kontaktsız məntiq elementlərinin və onlara ekvivalent kontakt sxemlərinin şərti qrafiki işarələri verilmişdir. Giriş siqnalları X1, X2, çıxış siqnalı isə Y ilə işarələnmişdir.

Məntiq elementi adi rele kimi iki əks vəziyyətlərdən birində yerləşə bilər: “Qoşulmuşdur” və ya “Ayrılmışdır”. Bunlar aşağıdakı məntiri anlayışlara uyğun gəlir: “Hə” (“1” rəqəmi) və ya “Yox” (“0” rəqəmi).

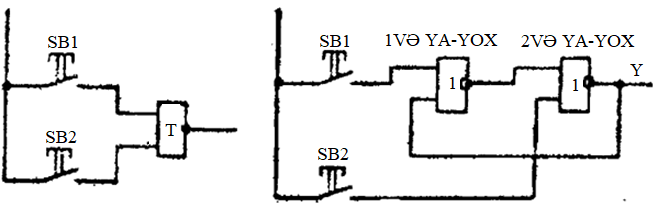
Və elementi məntiqi vuruğu (Y siqnalı X1 və X2 siqnallarının mövcudluğu zamanı yaranır), VƏ YA elementi – məntiqi toplamanı (Y siqnalı heç olmasa X1 və ya X2 bir siqnalın mövcudluğu zamanı yaranacaqdır) həyata keçirir. YOX elementi məntiqi inkarı həyata keçirir (çıxışda siqnal yalnız girişdə siqnalın olmaması zamanı yaranır).



Şək. 10.3. Məntiq elementlərinin qrafiki təsviri

VƏ – YOX elementi iki məntiqi elementin kombinasiyasıdır. Çıxışda siqnal yalnız hər iki girişdə siqnalların mövcudluğu zamanı itəcəkdir (Y = 0). Giriş siqnallarının bütün qalan hallarında isə çıxışda siqnal “1” olacaqdır. VƏ YA – YOX elementi onunla xarakterizə olunur ki, çıxışda siqnal hər iki girişdə siqnal olmadıqda yaranacaqdır. İstənilən girişə siqnalın verilməsi (və ya hər iki girişə) zamanı çıxışda siqnal itəcəkdir (Y = 0).

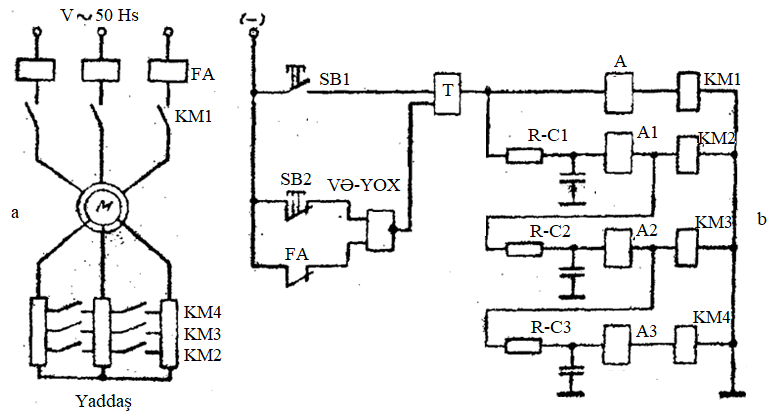
YADDAŞ elementi iki girişə malikdir və onunla xarakterizə olunur ki, birinci girişə siqnal verildikdə çıxışda bu girişdə siqnal götürüldükdən sonra da siqnal yaranacaqdır. Çıxışdan siqnalın götürülməsi üçün isə ikinci girişə siqnal verilməlidir. Şəkil 10.4-də YADDAŞ elementi T triggerində və VƏ YA – YOX elementləri üzərində yaradılmışdır. SB1 düyməsi basıldıqda T triggerin birinci girişinə SB1 düyməsi buraxıldıqdan sonra da saxlanılan “1” siqnalı verilir. SB2 düyməsi basıldıqda isə T triggerin ikinci girişinə triggerin çevrilməsini təmin edən və onun çıxışında “0” siqnalını yaradan, SB2 düyməsinin buraxılmaısndan sonra da saxlanılan “1” siqnalı verilir.



Şək. 10.4. YADDAŞ elementinin sxemi

Seriyalı məntiq elementlərinin çıxış dövrələrinin gücü 5 Vt-dan artıq deyil. Bu səbəbdən icra qurğularının (kontaktorlar, elektromaqnitlər və s.) idarə olunması üçün məntiq qurğuları nomenklaturasına daxil olan aralıq gücləndiricilər istifadə olunur.

Şəkil 10.5-də zaman funksiyasında faza rotorlu asinxron mühərrikin məntiq elementlərinin istifadə olunması ilə işəsalma sxemi verilmişdir.



Şək. 10.5. AM-in məntiq elementlərinin istifadə olunması ilə avtomatik işəsalma sxemi

İşəsalma üç pillədə həyata keçirilir. Sxemdə T triggerdə YADDAŞ özəyi nəzərdə turulmuşdur. SB1 düyməsinin basılması zamanı T triggerin çıxışında “1” siqnalı yaranır və G gücləndiricisinin köməyi ilə xətti KM1 kontaktoru işə düşür. T triggerin çıxışında siqnal SB1 düyməsi buraxıldıqdan sonra da saxlanılacaqdır. T triggerin çıxışından siqnal eyni zamanda R-C1 dövrəsi və G1 gücləndiricisindən KM2 sürətlənmə kontaktoruna verilir. KM2 kontaktoru verilmiş zaman gecikməsi ilə qoşulacaq və işəsalma reostatının birinci pilləsini kənarlaşdıracaq. Sonra analoji olaraq zaman gecikməsi ilə sürətləndirici KM3 və KM4 kontaktorları qoşulacaq və mühərrikin işə salınması başa çatacaq.

Mühərrikin söndürülməsi ya SB2 düyməsi ya da ki, maksimal FA relesinin ayırıcı kontaktları ilə həyata keçirilir. Bu zaman T trigger köçürülür, onun çıxışndakı siqnal itir, bütün kontaktorlar ayrılır və mühərrik dayanır.

Tamamilə kontaktsız elementlər üzərində hazırlanan sxemlər daha mükəmməl sayılırlar. Burada kontaktorlar əvəzinə tiristor və ya tranzistor çıxış elementləri istifadə olunur, komanda elementləri də kontaktsız hazırlanır.

**XI. ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN SEÇİLMƏSİ KRİTERİYALARI. ELEKTRİK MÜHƏRRİKLƏRİNİN QIZMAYA GÖRƏ ƏSAS İŞ REJİMLƏRİ**

**İstehsal mexanizmləri üçün elektrik mühərriklərinin seçilməsi**

İstehsal mexanizmi üçün elektrik intiqalının ən əmək tutumlu və məsuliyyətli layihələndirmə mərhələsi elektrik mühərrikinin seçilməsi sayıla bilər. Seçim məsələsi elə bir mühərrikin axtarışıdır ki, bu mühərrik gücə görə işçi maşının verilmiş texnoloji tsiklini təmin etsin, ətraf mühitin şəraitinə, işçi maşınla kompanovkaya uyğun olsun və bu zaman normativ (yolverilən) qızmaya malik olsun. Ümumi halda elektrik intiqalı bir sıra, hətta ziddiyyətli tələblərə cavab verməlidir (bu səbəbdən konkret halda elektrik mühərrikinin seçilməsi zamanı texniki-iqtisadi təsəvvürlərdən irəli gəlinməlidir).

İstehsal mexanizminin elektrik intiqalı üçün quruluşuna və idarə olunmasına görə nisbətən sadə, istismarda sərfəli və etibarlı, kiçik çəkiyə, qabaritə və maya dəyərinə malik mühərrik seçilməlidir. Bunanla bərabər mühərrik texnoloji prosesin tələblərinə tamailə cavab verməli və istismar müddətində yerləşdiyi ətraf mühitin şəraitinə uyğun olmalıdır.

Konkret istehsal mexanizmi üçün elektrik mühərrikinin düzgün seçilməsində aşağıdakı göstəricilərə görə seçim kriteriyalarına əməl olunmalıdır: güc, sürət, gərginlik, cərəyan növü, istismar şəraiti, montajın konstruktiv hazırlanması.

***Elektrik mühərrikinin gücü*** onun valındakı yükə uyğun olmalıdır belə ki, güc kifayət qədər olmadıqda mexanizmin normal işinin pozulması, onun məhsuldarlığının azalması, elektrik mühərrikinin qızması və işləmə müddətinin qısalması və hətta qəza vəziyyətinin yaranması baş verə bilər. Güc artıq olduqda isə kapital xərcləri artırır və elektrik mühərrikinin yükünün az olması və onun FİƏ-sinin kiçilməsi səbəbindən istismar xərclərini çoxaldır. Bu səbəbdən elektrik mühərrikinin nominal gücünün təyin olunmasını mexanizmlərin yüklənmə diaqramları və iş rejimlərinə uyğun aparırlar.

***Elektrik mühərrikinin sürəti*** elə seçilir ki, istehsal mexanizminin lazımi texnoloji prosesi təmin olunsun. Reduktorun və ya digər ötürmənin verilmiş ötürmə ədədində bu məsələ birmənalı şəkildə - yəni, məlum ötürmə münasibətinə və istehsal mexanizminin verilmiş sürətinə görə həll olunur. Yeni layihələndirilmiş elektrik intiqalının elektrik mühərrikinin nominal sürətinin və reduktorun ötürmə ədədinin seçilməsi optimallığın müəyyən kriteriyasından (teztəsir, reduktorun, mühırrikin qiymətlərinin minimum olması və s.) çıxış edərək bir neçə variantın texniki-iqtisadi müqayisəsi yolu ilə həyata keçirilməlidir.

Fəaliyyətdə olan müəssisənin mexanizmləri üçün elektrik mühərrikinin ***gərginliyə görə*** seçilməsi müəssisədə mövcud olan sabit və dəyişən cərəyan şəbəkələrinin gərginliyinə görə həyata keçirilir. Yeni yaradılan müəssisələrdə isə elektrik mühərriklərinin qidalanması üçün gərginliyin seçilməsi bütün müəssisə üçün gərginliyin seçilməsi ilə birlikdə elektrik təchizatının bir neçə variantın texniki-iqtisadi müqayisəsi yolu ilə həll olunur. Kiçik və orta gücə malik AM 220/127, 380/220 və 660 V nominal gərginliyə buraxılır. Orta və böyük gücə malik AM və SM isə 3, 6 və 10 kV gərginliyə buraxılır. Sabit cərəyan mühərriklərinin (SCM) ən geniş yayılan nominal gərginlikləri 110, 220 və 440 V olur. SCM-in kifayət qədər böyük gücündə nominal gərginlik 660...900 V intervalında yerləşir. Cərəyanın növünə görə istehsal mexanizmləri üçün müxtəlif həyəcanlanmaya (paralel, sərbəst, ardıcıl, qarışıq) və dəyişən cərəyana malik SCM tətbiq olunur: qısa qapanmış və ya faza rotorlu AM və SM.

Quruluşuna, idarə olunmasına görə ən sadə, istismarda etibarlı və sərfəli, müəyyən gücdə kiçik çəki, qabaritlər və maya dəyərinə malik qısa qapanmış rotorlu AM-dir. Onların vahid gücə olan çəkisi SCM ilə müqayisədə 1,5...2,0 dəfə çoxdur.

Asinxron mühərrik SCM ilə müqayisədə daha bir üstünlüyə malikdir: onların qidalanması birbaşa olaraq üçfazalı cərəyan şəbəkəısindən həyata keçirilir yəni, onlar üçün mürəkkəb və bahalı dəyişən cərəyanın sabit cərəyana çevirici qurğuları tələb olunmur. Əksər hallarda AM qoşulmaların aşağı tezliklərində - yəni, sürətin nizamlanmasının lazım gəlmədiyi və ya sürətin pilləli nizamlanması hallarında tətbiq olunur. Hazırda tezlik idarə olunması zamanı AM-in sürətinin dərin nizamlanması olan qurğular daha perspektivli sayılır.

Nisbətən kiçik hüdudlarda nizamlanma, hamar işəsalma, yaxşı tormozlanma keyfiyyətləri, keçid rejimlərində cərəyanların məhdudlanması tələb olunan qurğularda faza rotorlu AM tətbiq olunur. Belə mühərriklərin xarakterik xüsusiyyəti reostatların köməyi ilə onların işəsalma momentinin artırılması ilə eyni zamanda işəsalma cərəyanlarının azaldılmasıdır. Faza rotorlu AM mexanizmlərin tez-tez işəsalma və tormozlanmaya malik intiqalları üçün geniş tətbiq olunur.

Sürətin nizamlanması lazım gəlməyən orta və böyük gücə malik mexanizlər üçün SM-in istifadə olunması perspektiv sayılır. SM-in müsbət keyfiyyətləri – mexaniki xarakteristikanın sərtliyi, yüksək yüklənmə qabiliyyəti, AM ilə müqayisədə kritik momentin şəbəkə gərginliyindən liçik asılılığı, yüksək energetik göstəricilər, reaktiv enerjinin kompensə olunma mümkünlüyü sayıla bilər. Sürətin nizamlanması, dinamik rejimlərdə işin keyfiyyəti, tez-tez işəsalma və tormozlanmaya yüksək tələblər qoyan mexanizmlər üçün sabit cərəyan elektrik mühərrikləri tətbiq olunur. Bu zaman valdakı statik momentin xarakterindən və nizamlanma diapazonundan asılı olaraq sərbəst (paralel), ardıcıl və ya qarışıq həyəcanlanmaya malik SCM istifadə olunur. Onların belə hallarda istifadə olunması dəyişən cərəyanı sabit cərəyana çevirən çeviricilərin tətbiq olunması vacibliyindən irəli gəlir.

Nizamlanan elektrik intiqallarında texnoloji tələblərin yerinə yetirilməsi zamanı iqtisadi cəhətdən daha əlverişli sayılan sistemlər tətbiq olunur. Bu səbəbdən əksər hallarda nizamlanan elektrik intiqallarının iqtisadi müqayisəsini aşağıdakı ardıcıllıqla aparırlar: qütb-çevrilən AM, faza rotorlu və sürətin reostat nizamlanmasına malik AM, “gərginliyin idarə olunan çeviricisi – SCM” sistemi, “tezlik çeviricisi – AM” sistemi.

Elektrik mühərrikinin seçilməsi zamanı iqlim faktorların təsiri və ətraf mühitin vəziyyəti başa düşülən istismar şəraitini mütləq nəzərə almaq lazımdır. Elektrik mühərrikləri həm mülayim soyuq, tropik, həm də dəniz iqlimində işləmək üçün hazırlanır. İqlim şəraiti maksimal, minimal və orta temperaturlarla xarakterizə olunur. Məsələn, bu temperaturlar +40, -45 və +10 0С – mülayim; +45, -10 və +27 0С – tropik; +40, -40 və +10 0С – dəniz iqlimi üçündür.

Elektrik mühərrikinin ətraf mühitin təsirindən ***müdafiə üsuluna*** görə aşağıdakılar fərqləndirilir:

- bütün fırlanan və cərəyan axan hissələri insanın təsadüfi toxunmasından, daxilə kənar əşyaların və şaqul üzrə və ya şaqula nəzərən 600 bucaqdan böyük olmayan bucaq altında düşən su damcılarının düşməsindən qorunmuş müdafiə olunan elektrik mühərrikləri;

- üfürülən, sovurulan və germetik olan qapalı elektrik mühərrikləri. Üfürülən elektrik mühərriklərində (özü venrtilyasiyalı) valda havanı üfürən və onu qabırğalı korpusdan qovan ventilyator bərkidilir. Sovurulan elektrik mühərriklərində soyutma üçün hava borular vasitəsi ilə mühərrikdən ayrı olan ventilyatordan gətirilir. Germetik (partlamadan qorunan) elektrik mühərrikləri isə partlayış təhlükəsi olan binalarda işləmək üçün nəzərdə tutulur.

Ventilyasiya üsuluna görə mühərriklər təbii, özü ventilyasiya və sərbəst ventilyasiya ilə hazırlanırlar. Təbii ventilasiyada mühərriklər soyutma üçün hər hansı xüsusi qurğulara malik deyildir. Özü ventilyasiyalı mühərriklərdə soyutma mühərrikin valında bərkidilən ventilyator vasitəsi ilə həyata keçirilir. Qapalı hazırlandıqda ventilyator xaricdən qapağın üstündə quraşdırılır. Ventilyator mühərrikin qabırğalı səthini üfürür.

Elektrik mühərriklərinin təbii və özü ventilyasiya ilə soyudulma intensivliyi mühərrik valının bucaq sürətindən asılıdır və sürət aşağı düşdükdə pisləşir. Mühərriklərin sərbəst ventilyasiya ilə soyudulması əlavə mühərriklə hərəkətə gətirilən xüsusi ventilyator tərəfindən həyata keçirilir. Nəticədə əsas mühərrikin yükünü, xüsusən də onun sürəti azaldığı zaman bir qədər artırmaq mümkün olur.

Qapalı elektrik mühərrikləri qoruyucu qurğuların konstruksiyasına görə daha mürəkkəbdir. Onlar mühərriklə ətraf mühit arasında hava mübadiləsi üçün dəliklərin olmaması ilə fərqlənir. Partlayışlardan qorunmuş mühərriklər mühərrikin daxilində zədələnmədən partlayışa qarşı davamlı xüsusi örtüklə təchiz olunur. Örtük alovun ətraf mühitə yayılmasının qarşısını alır. Sudan qorunan mühərriklər qapaqların rezin təbəqələrin köməyi ilə gücləndirilmiş bərkidilməsi nəticəsində hazırlanır. Germetik mühərriklərdə bütün dəliklər və birləşmələr bağlıdır və bərkidilmələr maşının daxili fəzası ilə xarıcı qaz və ya maye mühiti arasında əlaqənin mövcudluğuna yol vermir. Germetik mühərriklər suya daxil edilərək işləyə bilər.

Ətraf mühitin təsirindən qorunma üsuluna görə elektrik mühərriklərinin seçilməsi onun işləyəcəyi şəraitdən asılı olaraq həyata keçirilməlidir.

Montaja münasibətdə konstruktiv hazırlanmaya görə elektrik mühərrikinin düzgün seçilməsi mühüm rol oynayır. Əksər istehsal mexanizmləri üçün valı üfüqi yerləşdirilmiş və aparıcı konstruksiyalara bərkidilmək üçün pəncələrə malik elektrik mühərrikləri tətbiq olunur. Bəzi mexanizmlər üçün valı şaquli yerləşən və pəncələrdə bərkidilməyə malik mühərriklər məqsədəuyğun sayılır. Valı üfüqi və ya şaquli vəziyyətdə yerləşən və flans bərkidilməli elektrik mühərrikləri də buraxılır.

**Elektrik mühərriklərinin qızması və soyuması**. Eelektrik mühərrikində elektrik enerjisinin mexaniki enerjiyə çevrilməsi prosesi AR-də istiliyə çevrilən güc itkiləri ilə müşayət olunur. Nəticədə elektrik mühərrikinin ayrı-ayrı hissələri qızır. Elektrik mühərrikinin işləmə müddətini nəzərəçarpacaq dərəcədə müəyyən edən dolaqların izolyasiyası temperaturun artmasına xüsusi ilə həssasdır. Bu səbəbdən elektrik mühərrikinin ən böyük yolveilən temperaturu t0y.v. onun dolaqlarının hazırlanmasında tətbiq olunan izolyasiya materialları ilə təyin olunur.

Elektrik intiqalları üçün ən geniş yayılmış izolyasiya materialları qızmaya davamlığa görə 7 sinfə (Y, А, Е, В, F, Н , С) bölünür:

***A sinfi*** – maue dielektrikdə hopdurulmuş kağız-pambıq parçalar və ipək, t0y.v. = 105 0C;

***E sinfi*** – sintetik üzvi təbəqələr (emallar), t0y.v. = 120 0C;

***B sinfi*** – slüda, asbest, şüşə-lif, t0y.v. = 155 0C;

***F sinfi*** – sintetik əlaqələndirici maddələrlə və hopdurucu dielektrik tərkiblərlə slüda, asbest, şüşə-lif, t0y.v. = 130 0C.

Göstərilən hüdud temperaturlarda izolyasiyanın işləmə müddəti 15, 20 il təşkil edir.

Elektrik mühərrikinin nominal gücü ətraf mühitin temperaturuna +40 0С aid edilir. +40 0С-dən aşağı temperaturda elektrik mühərrikinin uzun müddətli yolverilən yükü nominaldan böyük ola bilər, ətraf mühitin temperaturu +40 0С-dən yuxarı olduqda isə yolverilən uzun müddətli yük nominaldan kiçik olmalıdır.

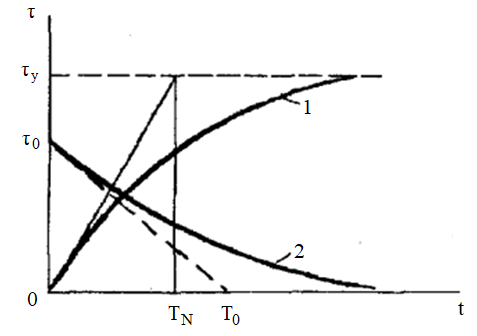
Elektrik mühərriki üçün dolaqların yolverilməyən temperaturu normalaşdırılır, onların temperaturunun ətraf mühitin temperaturundan yolverilən artımı isə τ qızma adlanır.

Sabit yük zamanı elektrik mühərrikinin qızması aşağıdakı ifadə ilə təsvir olunur:

*τ = t0 – t0ə.müh. = τq(1 – et/TN) + τ0e-t/TN*,

burada, τq = Q/A – qərarlaşmış qızma, 0C; Q – elektrik mühərriki tərəfindən vahid zamanda ayrılan istilik miqdarı, C/san; A – elektrik mühərriki tərəfindən vahid zamanda temperatur fərqi 1 0C olduqda ətraf mühitə verilən istilik miqdarı, C/(san·0C); τ0 – başlanğıc qızma (t = 0 anında); TA = C/A – qızmanın zaman sabiti yəni, elektrik mühərrikinin temperaturunun artma sürəti; C – elektrik mühərrikinin istilik tutumu yəni, mühərrikin temperaturunu 1 0C qaldırmaq üçün istilik miqdarıdır, C/0C.

Şəkil 11.1-də τ = f(t) asılılığı əyri 1-lə verilmişdir. Bu əyrinin asimptotu τq kəmiyyəti olacaqdır. Qızma prosesi t = (3-4)TA olduqda praktiki olaraq başa çatmış hesab edilir. Məsələn, t = 4TA, τ = 0,982τq olduqda yəni, τ və τq arasında fərq iki faizdən az olduqda.



Şək. 11.1. Mühərrikin qızma (1) və soyuma (2) əyriləri

Qızmış elektrik mühərrikini şəbəkədən ayırdıqda soyumağa başlayacaqdır. Mühərrikin soyuma tənliyi aşağıdakı kimi yazılır:

Mühərrikin soyuması qızmasına nisbətən zəif baş verir ki, bu da onun ω = 0 olduğu zaman ventilyasiyasının olmaması ilə bağlıdır.

Göstərilən tənliklərdən çıxır ki, elektrik mühərrikinin qızma və soyuma prosesləri praktiki olaraq τq, TA və T0 kəmiyyətlərindən asılıdır. τq kəmiyyəti elektrik mühərrikində ayrılan və əsasən dolaqlardakı itkilərlə müəyyən olunan istilik miqdarına düz, nəzərəçarpacaq dərəcədə mühərrikin ventilyasiyasından asılı olan istilik verilmə əmsalına isə əks mütənasibdir: ventilyasiya nə qədər yaxşı olarsa τq bir o qədər az olacaqdır.

Qərarlaşmış istilik rejimi mühərrikdə ayrılan tam istilik tamamailə ətraf mühitə verildikdə yəni, mühərrikin temperaturu dəyişməz qalan zaman baş verir (τ= τq - const).

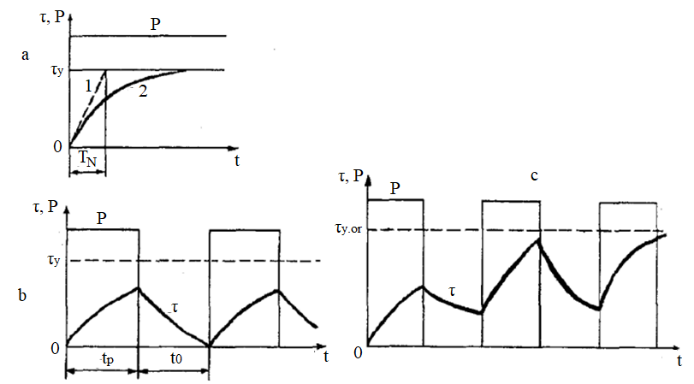
TA kəmiyyəti elektrik mühərrikinin ölçülərindən və konstruksiyasından asılıdır: ölçülər nə qədər böyük olarsa, istilik tutumu bir o qədər böyük olacaqdır. TA istilik tutumuna C düz mütənasib olduğundan elektrik mühərrikinin qabaritlərinin böyüməsi ilə TA kəmiyyəti də böyüyəcəkdir. Kiçik gücə malik qorunan elektrik mühərriklərində TA = 20...30 dəq, böyük gücə malik qapalı mühərriklərdə isə TA = 2-3 saat təşkil edir.

**Elektrik mühərriklərinin qızmaya görə əsas işləmə rejimləri**. Elektrik mühərrikinin işləməsi zamanı yüklənməsinin qiyməti müxtəlif cür dəyişə bilər, bu zaman mühərrik periodik və ya epizodik şəkildə şəbəkədən müəyyən zaman müddətində ayrıla bilər. Bu səbəbdən elektrik mühərrikinin iş zamanı qızması sabit olmayacaqdır. Standart elektrik intiqalının S1-dən S8-ə qədər şərti işarələnmiş səkkiz nominal iş rejimini qərarlaşdırır. Bu rejimlərdən əsası S1...S3 sayılır, qalanları (S4...S8) isə - əsas rejimlərin modifikasiyalarıdır. Əsas rejimləri nəzərdən keçirək:

***S1 – uzun müddətli*** – elektrik mühərrikinin qızması τq qərarlaşmış qiymətini alır (şəkil 11.2, a). İşçi periodun müddəti tiş > 3TA, pauzanın müddəti isə nəzərə alınmır. Uzun müddətli iş rejimində nasosların, kompressorların, konveyerlərin və s. mühərrikləri işləyir. Sabit və dəyişən yüklü uzun müddətli rejimlər fərqləndirilir:

***S2 – qısa müddətli*** – sabit yüklənmə periodu ayrılmalarla növbələşir, bu zaman τ qərarlaşmış τq qiymətini ala bilmir (tiş ≤ 3TA), ayrılma zamanı isə elektrik mühərriki ətraf mühitin temperaturuna qədər (t0 < ЗТ0) soyuyur (şəkil 11.2, b). Qısa müddətli rejim üçün işçi periodun müddətini 15, 30, 60, 90 dəq. götürmək məsləhət görülür. Belə rejimdə qaldırıcıların elektrik mühərrikləri, qapaqların intiqalları və s. işləyir.

***S3 – təkrar-qısamüddətli*** – sabit yüklənmə periodları (işçi periodlar) elektrik mühərrikinin ayrılmaları (pauzalarla) ilə periodik olaraq növbələşir, bu zaman τ qızma bir işçi tsikl tts müddətində τq qiymətini ala bilmir (şəkil 11.2, c). Təkrar-qısamüddətli rejimdə tsiklin müddəti 10 dəqiqədən böyük deyil (əks halda mühərrikin qızmaya görə uzun müddətli rejimdə işlədiyi sayılır).



Şək. 11.2. Elektrik intiqallarının nominal rejimdə qrafikləri

Təkrar-qısa müddətli rejim QM-in faizlərdə nisbi qoşulma müddəti ilə xarakterizə olunur:

*QM = tiş/(tiş + t0)·100 % = (tiş/tts)·100 %*.

Standart qiymətlər: QM = 15, 25, 40 və 60 %.

Təkrar-qısa müddətli rejim tiş < 3TA şərtləri ilə yəni, bir işçi periodu müddətində qızma τq qiymətini ala bilməməsi və pauza zamanı sıfır olmaması ilə xarakterizə olunur. Tsiklərin dəfələrlə təkrarlanması zamanı qızma prosesi qərarlaşır (qızma temperaturu tsiklin əvvəlində və sonunda orta qiymət τq.or yaxınlığında dəyişir). Təkrar-qısa müddətli rejimdə kranların, bəzi köməkçi mexanizmlərin elektrik intiqalları işləyir.

**XII. MEXANİZM VƏ ELEKTRİK İNTİQALININ YÜKLƏNMƏ DİAQRAMLARININ QURULMASI**

**Dəyişən yüklənmədə elektrik mühərrikinin gücünün hesablanması metodları**

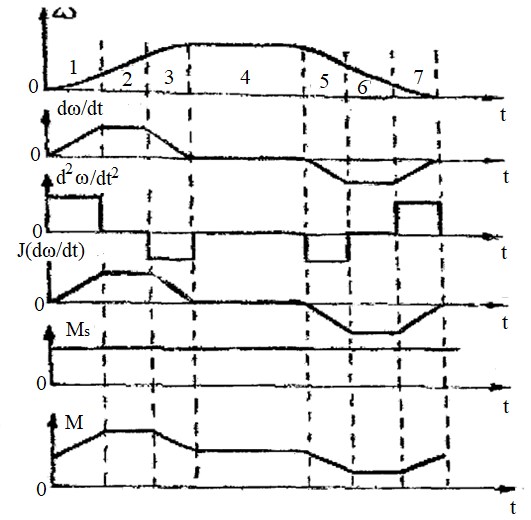
Mexanizm və elektrik intiqalının yüklənmə diaqramlarını fərqləndirmək qəbul edilmişdir. Mexanizmin yüklənmə diaqramı dedikdə mexanizmin müqavimət momentinin MM və ya gücünün PM zamandan asılılığı nəzərdə tutulur. Mexanizmin yüklənmə diaqramı ilə birlikdə sürət diaqramı ωM(t) da verilir və ya hesablanır.

Elektrik intiqalı üçün yüklənmə diaqramı [M = f(t) və ya P = f(t)] daha mürəkkəbdir belə ki, yüklənmə diaqramı yalnız statik iş rejimlərindən deyil, həm də elektrik intiqalının keçid prosesləri ilə təyin olunur. Elektrik intiqalı sistemində keçid prosesləri mühərrik momentinə və uyğun olaraq M(t) asılılığına nəzərəçarpacaq dərəcədə təsir edir. Keçid proseslərinə başlıca olaraq aşağıdakılar aid edilir: mühərrikin şəbəkəyə qoşulması və ayrılması, gətirilən gərginliyin, əsas dövrələrin və həyəcanlanma dövrələrinin parametrlərinin dəyişdirilməsi və s. Belə olan hallarda dω/dt ≠ 0. Bu səbəbdən elektrik intiqalının yüklənmə diaqramının M(t) qurulması zamanı hərəkət tənliyindən istifadə etmək lazım gəlir.

Uzun müddət sabit yüklənmə və sürət ilə işləyən elektrik intiqalları üçün keçid proseslərində enerji itkilərini yəni, mühərrik momentinin dinamik toplananını nəzərə almamaq və M(t) = Ms = const və P(t) = Ps = const götürmək olar.

İstehsal mexanizmlərinin güc və momentinin hesablanması üçün düsturlar onların iş spesifikası ilə təyin olunur və nisbətən sadədirlər. Məsələn, nasosun gücü nəql olunan mayenin kütləsindən və onun hərəkət sürətindən asılıdır, qaldırıcı mexanizmin gücü qaldırılan yükün çəkisi və qaldırılma sürəti, metalkəsən dəzgahın mühərrikinin gücü isə kəsmə təsiri və kəsmə sürəti ilə təyin olunur. Mexanizmin işləmə prosesində sistemin sürət, sürətlənmə və digər göstəriciləri sabit qalmadıqda elektrik intiqalının yüklənmə diaqramlarının qurulması daha mürəkkəb məsələdir. Misal olaraq liftin aşağıdakı işçi sahəsində yüklənmə diaqramını nəzərdən keçirək: liftin kabinəsi müəyyən sürətət qədər sürətlənir, müəyyən müddət sabit sürətlə hərəkət edir, sonra isə tormozlanır. Uyğun düsturlarla liftin statik yükünü Ms(t) hesablamaq olar. Liftin kabinəsi üçün verilənlər onun ω hərəkət sürəti həmçinin, uyğun normalarla şərtlənən dω/dt və d2ω/dt2 kəmiyyətlərinin maksimal qiymətləridir.

Liftin yüklənmə diaqramı yeddi sahədən ibarət qrafik şəklində verilir (şəkil 12.1).



Şək. 12.1. Sərnişin liftinin Eİ-nin yüklənmə diaqramının qurulması

Birinci dω/dt = const olan 4-cü qrafikin sahəsi qurulur. Sonra 2 və 6 sahələrini qurmaq mümkündür. Burada sürətlənmə və yavaşıma sabitdir, sürət isə xətti qanunla artıb azalır. 1, 3, 5, 7 sahələri sürətlənmənin xətti dəyişməsi ilə (yavaşıma) xarakterizə olunur, bu zaman sürətin zamana görə ikinci tərtib törəməsi sabit qalır, sürət isə parabolik qanunla dəyişir. Liftin elektrik intiqalı sisteminin məlum ətalət J momentinə görə dω/dt məlum olduğundan Jdω/dt = f(t) qrafikini qurmaq mümkündür.

Beləliklə, M(t) qrafikinin qurulması üçün bütün verilənlər məlundur:

*M(t) = Мs + Jdω/dt*.

M(t) və ω(t) qrafiklərinin əsasında P(t) = M(t)·ω(t) asılılığını qurmaq olar və sonra gücə görə elektrik mühərrikinin seçilməsinə keçmək olar.

**Dəyişən yüklənmə zamanı elektrik mühərrikinin gücünün hesablanma metodları**. Elektrik mühərriklərinin müəyyən yüklənmə qrafikinə (şəkil 12.2) görə valdakı gücü dəyişən elektrik intiqallarında eıeltrik mühərrikini əvvəlcə, onun yüklənməsi nəzərə alınmaqla bu qrafikin ən böyük gücünə görə seçirlər, sonradan seçilmiş elektrik mühərrikini qızmaya görə yoxlayırlar. Elektrik mühərrikinin valındakı yükü dəyişən olan elektrik intiqallarına misal çoxəməliyyatlı dəzgahların elektrik intiqallarını göstərmək olar. Yüklənmə qrafikinin forması emal olunan detaldan, detal emalının tsikllərinin ayrı-ayrı keçidlərinin davametmə müddətindən asılıdır. Bu zaman elektrik mühərriki onun mexaniki xarakteristikasının böyük sərtliyinə baxmayaraq sabit sürətlə fasiləsiz fırlanır.

Dəyişən yükdə qızmaya görə seçilmiş elektrik mühərrikinin yoxlanması üçün dörd metod mövcuddur:

1) ekvivalent Iekv cərəyan metodu;

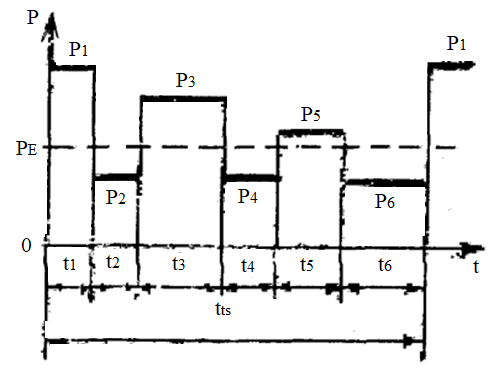
2) ekvivalent Mekv moment metodu;

3) ekvivalent Pekv güc metodu;

4) orta (ekvivalent) itkilər metodu.

Bu metodları nəzərdən keçirək.

**Orta (ekvivalent) itkilər metodu**. Dəyişən yük zamanı (dəzgahqayırmada) əksər hallarda sabit yüklənmədə uzun müddətli iş rejimi üçün nəzərdə tutulan adi elektrik mühərrikləri istifadə olunur.



Şək. 12.2. Dəyişən yüklənmə zamanı yüklənmə qrafiki

Bu səbəbdən elektrik mühərriki uzun müddətli iş rejiminin elə sabit gücünə görə seçilir ki, elektrik mühərrikində bir tsikl iş müddətində tts ayrılan istilik, dəyişən yük zamanı ayrılan istiliyə bərabər olsun:

*QE·tts = Σ(Qi·ti) və ya ΔPE·tts = Σ(ΔPi·ti)*,

burada, QE – PE gücünə malik elektrik mühərrikində vahid zamanda ayrılan istilik enerjisi miqarı; ΔPE – PE gücü ilə işlədikdə elektrik mühərrikində güc itkiləri; ΔPi – Pi gücü ilə işlədikdə elektrik mühərrikində güc itkiləridir.

Buradan orta itkilər üçün ifadə alırıq:

*ΔPE = Σ(ΔPi·ti)/tts*. (12.1)

Əvvəlcədən yüklənməyə əsasən seçilmiş qızmaya görə elektrik mühərrikinin yoxlanılması üçün orta itkilər metodu orta itkilər metodunun bu düsturuna əsaslanır və aşağıdakı kimidir:

1. Yüklənmə qtafikindən istifadə edərək:

*ΔPi = Pi/ηi – Pi*,

burada, ηi – elektrik mühərriki Pi gücü ilə işlədikdə onun FİƏ-sidir.

AM-in kifayət qədər ətraflı texniki verilənlərində PN-in 1/4, 2/4, 3/4, 4/4 və 5/4 hissəsi qədər yüklənmələrdə FİƏ-nin qiymətləri verilir. Bu verilənlərə görə ηi-nin qiyməti tapılan η = f(P) qrafiki qurulur.

Təxmini hesablamalar üçün (və həm də η = f(P) qrafikinin qurulması üçün verilənlər olmadıqda) belə bir ifadə istifadə oluna bilər:

2. (12.1) ifadəsinə əsasən ΔPi hesablanır və ΔPE ≤ ΔPN şərtinin ödənilməsi yoxlanılır.

Əgər bu şərt ödənilmirsə kataloqdan nominal gücünə görə şərt ödənilənə qədər sonrakı elektrik mühərrikləri götürülür.

**Ekvivalent cərəyan metodu**. Əgər (12.1) düsturunda güc itkilərini sabit və dəyişən kimi ayırsaq, cərəyan kvadratına mütənasib olan yük cərəyanını alarıq:

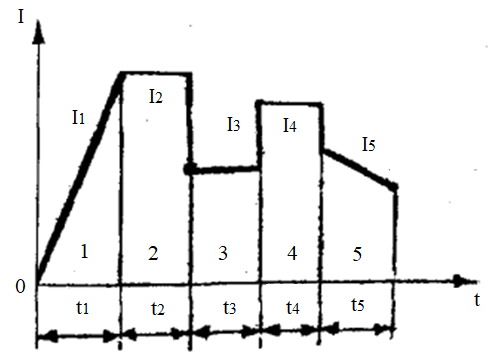
(12.2)

burada, b – konkret bir mühərrik üçün sabit kəmiyyətdir.

ΔPsab·tts = ΔPsab·Σti olduğundan müəyyən çevrilmələrdən və IE-yə görə (12.2)-nin həllindən sonra aşağıdakı ifadəni alarıq:

(12.3)

Bu düstur yüklənmə qrafikinin (şəkil 12.2) düzbucaqlı sahələrinə uyğun gəlir. Əgər I = f(t) yüklənmə qrafiki üçbucaq və trapesial sahələrə (şəkil 12.3) malikdirsə, (12.3) tənliyində I1 və I5 əvəzinə aşağıdakı ifadələr yazılmalıdır:



Şəkil 12.3. I = f(t) yüklənmə qrafiki

Ekvivalent cərəyan metodu (12.3) ifadəsindən elektrik mühərrikinin qızmaya görə yoxlanılması zamanı istifadəyə əsaslanmışdır və aşağıdakından ibarətdir:

1. I = f(t) qrafikindən istifadə edərək (12.3) ifadəsinə görə IE hesablanır.

2. Kataloqa görə (əvvəlcədən cərəyanın növünü, fırlanma sürətini və s. bilməklə) nominal cərəyanlı mühərrik seçilir IN ≥ IE.

Baxılan metod istənilən tip elektrik mühərriklərə tətbiq oluna bilər.

**Ekvivalent moment metodu**. SH SCM və AM üçün ekvivalent cərəyan metodunu ekvivalent moment düsturundan istifadə edən ekvivalent moment metodu ilə əvəz etmək olar:

SCM üçün Ф = const olduqda cərəyan momentə mütənasib olduğundan, AN üçün isə kiçik sürüşmə zamanı momenti cərəyana təxminən mütənasib hesab etmək olar.

**Ekvivalent güc metodu**. Əgər elektrik mühərrikinin fırlanma sürəti iş zamanı sərt mexaniki xarakteristikalara malik elektrik mühərriklərində olduğu kimi az dəyişərsə, güc təxminən momentə mütənasib olacaqdır. Belə olan halda ekvivalent güc düsturundan istifadə edən ekvivalent güc metodundan istifadə etmək olar:

Alınan düstur ηi FİƏ-nin əlavə hesablamaları tələb olunan orta itkilər düsturundan daha əlverişlidir.

Baxılan metod həm də elektrik mühərriklərinin qızmasına təsiri nəzərə alınmayan işəsalma proseslərinin kiçik sayında (saatda 20-yə qədər) istifadə olunur.

**XIII.** **UZUN MÜDƏTLİ İŞ REJİMİ ZAMANI ELEKTRİK MÜHƏRRİKİNİN GÜCÜNÜN HESABLANMASI**

**А. Yük sabitdir**. Əgər elektrik mühərriki sabit və ya kiçik dəyişməyə məruz qalan yük ilə işləməlidirsə (nasosların, ventilyatorların, konveyerlərin, iri metalkəsən dəzgahların elektrik intiqalları), onun gücü düzəlişəmsalları nəzərə alınmaqla emprik düsturlarla hesablanır.

Bülə düsturlara misallar:

1. Kəsmə təsiri F(H) və kəsmə sürəti V(m/dəq) məlumdursa, elektrik mühərrikinin valdakı gücü P (kVt) belə yazılır (mexaniki ötürmələrdə itkilər nəzərə alınmaqla):

*P = F·V/1000·60·ηöt*.

2. Nasosun elektrik intiqalı üçün:

*P = Q·Н·γ·10-3/(ηnas·ηöt), kVt*,

burada, Q – məhsuldarlıq, m3/san; H – hündürlük, m; γ – mayenin sıxlığı, kq/m3; ηnas – nasosun FİƏ-sidir.

Kataloqa görə nominal gücə malik PN ≥ P elektrik mühərriki seçilir. Mühərrikin tipi ətraf mühit, mexanizmlə uzlaşma, cərəyan və gərginliyin növü, fırlanma sürəti və digər texniki tələblər (məsələn, işəsalma momentinə görə) nəzərə alınmaqla seçilir. Mühərrik PN ≥ P şərtindən seçildiyindən aşağıdakı şərt də ödənilir: ΔPN ≥ ΔP və τqər ≤ τƏ. Bu səbəbdən sabit uzun müddətli yükdə mühərrikin qızmaya görə əlavə hesablamalara ehtiyac qalmır.

**B. Dəyişən yük**. Dəyişən yükdə uzun müddətli iş zamanı elektrik mühərriki gücə görə elə seçilməlidir ki, yüklənmə qrafikindən ən böyük güclə işləyə bilsin (buna yüklənməyə görə seçim deyilir) və normadan artıq qızmasın (buna qızmaya görə seçim deyilir). İki gücdən böyük olanı götürülür.

Yüklənməyə görə güc belə təyin olunur:

*P1 = Pmax/λ*,

burada, Pmax – yüklənmə qrafikindən ən böyük güc; λ – yolverilən yüklənmə əmsalıdır:

SCM üçün λ = 1,8...2,5 (kommutasiya şərtindən);

AM üçün λ = 0,92·λk (λk = Mk/MN – kataloqdan götürülür).

0,9 əmsalı şəbəkə gərginliyinin nominal qiymətdən 10% azalması mümkünlüyünü nəzərə alır.

Adətən, əvvəlcə elektrik mühərrikinin qızmaya görə gücü hesablanır və konkret mühərrik seçilir, sonra isə onu PN ≥ P1 yüklənməyə görə yoxlayırlar.

Əgər yüklənmənin bu şərti ödənilmirsə, kataloqdan güc şkalasındakı sonrakı mühərrik seçilir.

***Qeyd***. AM üçün həm də işəsalma momentinə görə yoxlama aparılmalıdır:

*0,92·Mi.s. ≥ M1*,

burada, M1 – yüklənmə qrafikinin birinci sahəsindəki momentdir.

**Məsələ**. Şəkil 13.1-də təqdim olunan yüklənmə qrafikinə görə işləyən mexanizm üçün elektrik mühərrikini seçməli. Valın fırlanma bucaq sürəti ω = 146 rad/san (n = 1460 dövr/dəq).

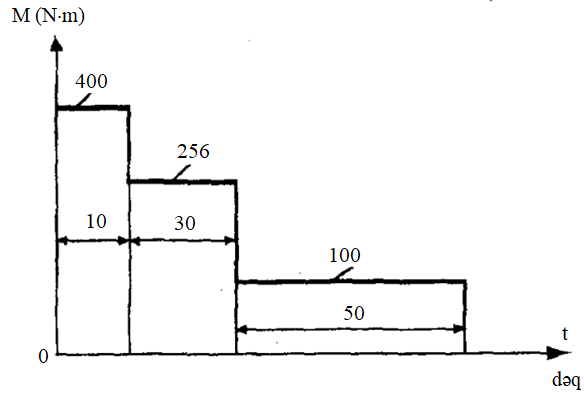
**Həlli**. Qrafikdən ekvivalent moment:

*ME = [(4002·10 + 2562·30 + 1002·50)/90]1/2 = 213 N·m*.

Elektrik mühərrikinin hesablanma gücü:

*Р = МE·ω = 213·146·10-3 = 31 kVt*.

Kataloqdan РN = 40 kVt, nN = 1460 dövr/dəq, λk = 2, λi.s. = Мi.s./МN = 1,1 xarakteristikalara malik А02-81-4 tip AM seçək.



Şək. 13.1. Yüklənmə qrafiki М = f(t)

AM-in nominal momenti:

МN = РN/ωN = (40/146)·103 = 274 N·m.

AM-in şəbəkə gərginliyinin 10% azalması nəzərə alınmaqla maksimal və işəsalma momentləri:

0,92·Мmax = 0,92·2·274 = 444 N·m;

0,92·Мi.s. = 0,92·1,1·274 = 244 N·m.

Alınmış ifadələri yüklənmə qrafikinin verilənləri ilə müqayisə etdikdə görünür ki, qəbul edilmiş elektrik mühərriki yüklənmənin tələblərinə (444 > 400 N·m) cavab verir lakin, işəsalma şərtlərinə görə (244 < 400 N·m) qəbul edilmir.

Gücə görə böyük sonrakı elektrik mühərriki РN = 55 kVt, nN = 1460 dövr/dəq, λk = 2,0, λi.s. = Мi.s./МN = 1,1 xarakteristikalara malik А02-82-4с tipdir. Hesablamalar göstərir ki, baxılan elektrik mühərriki də işəsalma şərtlərinə görə keçmir.

İşəsalma zamanı müqavimət momenti qərarlaşmış rejimdəki momentdən nəzərəçarpacaq dərəcədə böyük olan hallarda artırılmış işəsalma momentinə malik elektrik mühərrikinin qəbul edilməsi məqsədəuyğun sayılır. Bu səbəbdən РN = 40 kVt, n = 1470 dövr/dəq, λk = 2,2, λi.s. = Мi.s./МN = 1,8 xarakteristikalara malik АОП-81-4с tip AM qəbul edirik.

Baxılan elektrik mühərrikini işəsalma momentinə görə yaxlayırıq:

0,92·Мi.s. = 0,92·1,8·40·104/1470 ≈ 400 N·m.

İşəsalma momenti müqavimət momentinə bərabər olduğundan sonuncu elektrik mühərriki düzgün seçilmişdir.

**XIV. ELEKTRİK MÜHƏRRİKİNİN NOMİNAL GÜCÜNÜN TƏKRAR-QISA MÜDDƏTLİ VƏ QISA MÜDDƏTLİ İŞ REJİMLƏRİNDƏ HESABLANMASI**

Təkrar-qısa müddətli iş rejimi üçün xüsusi seriyalı elektrik mühərrikləri buraxılır. Kataloqlarda qoşulmaların normativ (standart) müddətində nominal güc göstərilir: QMN = 15, 25, 40, 60 %.

Əgər təkrar-qısa müddətli iş rejimində hesablanma gücü PE və qoşulmaların faktiki müddəti QMf bərabərdirsə (və ya mühərrikin nominal verilənlərinə çox yaxındırsa), onun qızmaya görə yoxlanılması tələb olunmur belə ki, yüklənmə diaqramının belə parametrlərində iş zavod-istehsalçı tərəfindən təminatlanır. QMf nominal qoşulma müddətindən QMN nəzərəçarpacaq dərəcədə fərqlənirsə, mühərrikin qızmaya görə yoxlanılması vacibdir və aşağıdakı kimi aparılır:

1) verilmiş yüklənmə diaqramına görə QMf və ekvivalent güc PE hesablanır (ekvivalent kəmiyyətlərin metodlarından biri ilə);

2) hesablanmış PE gücünü Р'E = РE·(QMf/QMN)1/2 düsturuna əsasən QMN-in yaxın normativ qiymətinə gətirilir;

3) kataloq üzrə nominal gücü Р'N ≥ Р'E olan elektrik mühərriki seçilir, bucaq sürətinin ωN qiyməti isə tələblərə uyğundur. Sonradan seçilmiş mühərriki dəyişən yükdə uzun müddətli işləyən mühərriklərdə olduğu kimi yüklənmə qabiliyyətinə görə (AM üçün isə işəsalma şərtlərinə görə) yoxlayırlar.

Uzun müddətli iş rejimi üçün nəzərdə tutulmuş lakin, təkrar- qısa müddətli yük üçün istifadə olunan elektrik mühərrikindən detalın emalı zamanı lazım olan ən böyük gücə malik olması və istənilən sayda detalların emalında normadan artıq qızmaması tələb olunur. Bu səbəbdən baxılan halda elektrik mühərrikinin gücü dəyişən yükdə uzun müddətli iş rejimində olduğu kimi həm yüklənmə və həm də qızmaya görə hesablanır. Bu zaman mühərrikin qızmaya görə nominal gücünün hesablanması üçün ekvivalent cərəyan, moment vı orta itkilər metodları istifadə oluna bilər (ekvivalent güv metodu burada tətbiq oluna bilmir belə ki, tsiklin bütün müddətində elektrik mühərrikinin cərəyanı ilə onun gücü arasında mütənasibliyə riayət olunmur).

Qaldırıcı-nəqliyyat mexanizmləri üçün xüsusi kran mühərrikləri seçilməlidir belə ki, onlar ağır iş rejimində (tez-tez işəsalmalar, tormozlanmalar, yükün nominaldan artıq dəyişmələri) istifadə olunmaq üçün nəzərdə tutulmuşdur və yüksəldilmiş maksimal və işəsalma momentlərinə malikdirlər.

Ayrı-ayrı QM üçün elektrik mühərrikləri müxtəlif nominal gücə malikdir. QM nə qədər böyük olarsa, güc bir o qədər kiçk olacaqdır. Elektrik mühərrikinin nominal gücünün bir qiymətdən digərinə hesablanması yaxınlaşdırılmış bərabərlik əsasında həyata keçirilir:

*(P15)2·QM15 ≈ (P25)2·QM25 ≈ (P40)2·QM40 ≈ (P60)2·QM60*.

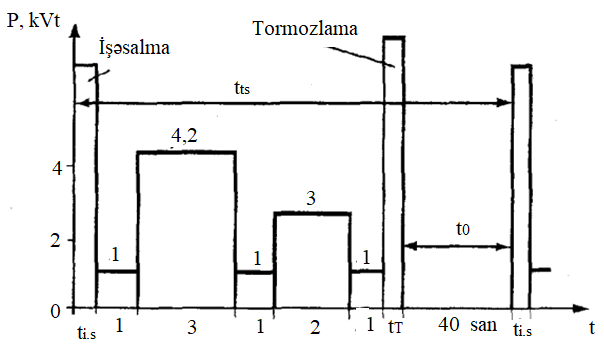
Təkrar-qısa müddətli rejim həm də eyni tip detalları emal edən metalkəsən dəzgahların elektrik intiqalları üçün xarakterikdir (bu zaman tsikldə hazırlanmanın dəyişilməsi və detalın ölçülməsi üçün pauzaya malik olur). Bu zaman elektrik mühərrikinin gücünün orta itkilər metodu ilə təyin olunması məqsədəuyğun sayılır:

*ΔPE = ΣΔAi/tts*, (14.1)

burada, ΔAi – işəsalma və tormozlanma prosesləri də daxil olmaqla yükün hər bir qiymətində enerji itkiləridir.

Elektrik mühərriki işləmədikdə (şəkil 14.1-də t0) onun soyudulma şərti kifayət qədər pisləşir. Belə şəraiti soyudulmasının pisləşməsi eksperimental əmsallarının (β0 < 1) daxil edilməsi ilə t0-ı β0-a vurmaqla nəzərə alırlar. Belə olan halda (14.1) tənliyində surət azalır və elektrik mühərrikinin nominal gücü artır.

Müdafiə hazırlıqlı AM-də n0 = 1500 dövr/dəq və PN = 1...100 Vt olduqda β0 = 0,5...0,2 (PN-in artması ilə β0 əmsalı azalır), üfürülmə olan AM-də β0 = 0,45...0,3, qapalı AM-də isə β0 = 0,98...0,93.



Şək. 14.1. Yüklənmə qrafiki: Р = f(t)

İşəsalma və tormozlanma zamanı elektrik mühərrikinin orta fırlanma sürəti nominaldan aşağıdır, elektrik mühərrikinin soyudulması pisləşir. Bu səbəbdən (14.1) düsturunda soyudulmanın pisləşməsi işəsalma və tormozlanma zamanlarının

β1 = (1 + β0)/2

əmsalına vurulması yolu ilə nəzərə alınır.

**Qısa müddətli iş rejimində elektrik mühərrikinin nominal gücünün hesablanması**. Dəzgahların köməkçi elektrik intiqalları adətən yüklənmənin qısa müdətli rejimində işləyir. Köməkçi intiqalların işləmə müddəti adətən 5...15 saniyəni (iri dəzgahlar üçün isə 1...1,5 dəq) keçmir. Bu zaman müddətində yolverilən yüklənmələrdə elektrik mühərriki qızmağa imkan tapmır. Qısa müddətli iş rejimində elektrik mühərrikinin nominal gücünü yalnız yüklənmə şərti ilə təyin edirlər, sonra isə işəsalma momentinə görə yoxlayırlar. Üfüqi hərəkət edən düyünün yerdəyişməsi zamanı müqavimət qüvvələrinə qarşı xərclənən güc belə hesablanır:

*Psür = Fsür·v·10-3 = G·μ·v·10-3 kVt*,

burada, Fsür – sürtünmə qüvvəsi, N; v – sürət, m/san; G – hərəkət edən düyünün ağırlıq qüvvəsi (çəkisi), N; μ – sürtünmə əmsalıdır.

Elektrik mühərrikinin valındakı güc:

*PN = Psür/(λ·η) = P/λ*,

burada, λ – yolverilən yüklənmə əmsalıdır.

AM-in xarakteristikasını işçi hissədə təxminən düzxəli kimi hesab etmək olar. Bu zaman elektrik mühərrikinin yüklənmədə bucaq sürəti belə yazılır:

*ωλ =ω0·(1 – λ·sN)*,

burada, ω0= πn0/30 AM-in sinxron bucaq sürəti; sN – nominal sürüşmədir.

AM-in yüklənmə zamanı momenti :

*P·103/[ω0·(1 – λ·sN)], N·m*.

İşəsalmanın başlanğıcında müqavimət qüvvələrinin momenti mühərrikin işləməsi zamanı olduğundan böyükdür:

*Mmüq = P·103·μ0/[ω0·μ0·(1 – λ·sN)], N·m*,

burada, μ0 – sükunət əmsalıdır.

AM-in momentinin süçilməsi aşağıdakına gətirir. PN üçün olan düsturdan istifadə edərək, kataloqdan elektrik mühərriki seçilir, sonra Mmüq momenti hesablanır və bu qiymət işəsalma momenti 0,92·Mi.s. ilə müqayisə edilir. Əgər 0,92·Mi.s. > Mmüq şərti ödənilirsə seçilmiş elektrik mühərriki yararlı sayılır.

**XV. ELEKTRİK CƏRƏYANININ İNSANA TƏSİRİ**

**Elektrik təhlükəsizliyi**

***Elektrik travmaları*** – insan elektrik cərəyanının (gərginliyinin) təsiri altına düşdükdə aşkar və ya gizli zədələrdir. İnsanı elektrik cərəyanı vurması əsasən texniki təhlükəsizlik qaydalarına (TTQ), elektrik qurğularının qurulması və istismarı qaydalarına (EQQ) əməl olunmaması, insanın gərginlik altında olan cərəyan keçirən hissələrə toxunması nəticəsində baş verir. Elektrik travmalarına elektrik nişanələri, yanıqlar və elektrik zərbələri aid edilir.

***Elektrik nişanəsi*** – elektrik cərəyanının insan bədəninə girişində və bədəndən çıxışda yaranan döyənək (mazol) şəklində olan ölmüş dəridir. Zaman keçdikcə (bəzən illərlə) elektrik nişanələri yox olur.

***Yanıqları*** – insanın gərginlik altında olan cərəyan keçirən hissələrə toxunduqdan sonra, qısa qapanmalarda yaranan elektrik qövsü həmçinin, insanın elektrik avadanlığının cərəyan keçirən hissələri ilə birbaşa kontaktı zamanı elektrik cərəyanının özü yaradır.

***Elektrik zərbəsi*** –müxtəlif ağırlıqlı əzələ yığılmasıdır (huşun itirilməsi, tənəffüsün, ürək fəaliyyətinin pozulması və hətta dayanması). Əgər 5-6 dəqiqə müddətində ürəyin fəaliyyətini bərpa etmək mümkün olarsa (süni nəfəsvermə, ürəyin massajı), insanın həyata qayıtmasına ümid etmək olar.

Elektrik cərəyanı ilə zədələnmənin xarakteri və onun nəticəsi cərəyanın növü və qiyməti kimi faktorlarla (sabit və ya dəyişən cərəyan, dəyişən cərəyanda isə - tezlik), gərginliyin qiyməti, insan bədənindən cərəyanın yolu və müddəti, metal hissələrə toxunan yerdə dərinin vəziyyəti, insanın fiziki və psixoloji vəziyyəti ilə təyin olunur.

Tezliyi 50...60 Hs olan dəyişən cərəyan daha təhlükəlidir. Dəyişən cərəyanı 10 mA və sabit cərəyanı 20 mA olan cərəyanlar az təhlükəli sayıla bilər belə ki, bu zaman insan elektrik avadanlığının elektrik keçirici hissələrindən özü azad ola bilər. Sənaye tezlikli cərəyanlar və 0,1 A və daha böyük qiymətli sabit cərəyanlar ölümcül sayılır. Dəyişən cərəyanın on və yüz kilohers tezliyində onun zədələyici təsiri səthi effekt nəticəsində azalır lakin, çox yuxarı tezliklərdə bədənin səthinin qızması nəticəsində yanıqlar ola bilər.

İnsan bədəninin elektrik müqaviməti dərinin müqavimətindən və daxili toxumaların müqaimətindən ibarətdir. Ən böyük müqavimətə dərinin yuxarı hissəsi (millimetrin hissəsi) malik olur. İnsan bədəninin müqaviməti – qeyri-xətti kəmiyyətdir, tətbiq olunmuş gərginliyin 10-dan 140 V-a qədər artmasında bədən müqaviməti 10 kOm-dan 800 Om-a qədər kəskin azalır, uyğun olaraq insanın zədələnmə təhlükəsi də artır. İnsan bədəninə cərəyanın təsir müddəti, cərəyan keçirən hissə ilə kontaktın sahəsi və sıxlığı artdıqda və xüsusi ilə insanın qeyri-kafi fiziki və psixi vəziyyətində də onun bədənin müqaviməti azalır. İnsan bədəninin müqavimətini xüsusən alkoqolun mövcudluğu kəskin azaldır. Elektrik təhlükəsizliyi məsələlərində insan bədəninin ən kiçik müqaviməti olaraq 1000 Om-a bərabər qiymət götürülür.

İnsan bədəninin müqaviməti böyük sayda faktorlardan asılı olduğundan təhlükəsizlik texnikasında müdafiə tədbirlərinin həcmi və xarakteri gərginliyin qiyməti ilə qərarlaşdırırlır: daşınan elektrik aləti, işıqlanma 36 və 12 V-a, elektrik qaynağı isə 65 V-a hesablanır.

**Təhlükəsiz gərginlik** anlayışı (12, 36 V) nisbi anlayışdır. Dəyişən cərəyanın gərginliyi 36, 24 və hətta 12 V olduqda ölüm hadisələri qeydə alınmışdır.

**Elektrik cərəyanı ilə zədələnmə təhlükəsi dərəcəsinə görə elektrik qurğuları məkanlarının klassifikasiyası (təsnifatı)**. Bütün elektrik qurğularını gərginliyə görə 1000-ə qədər və 1000 V-dan yuxarı kimi fərqləndirirlər. Elektrik qurğusunun xüsusi növü elektrik məkanı – yalnız xidmət personalının daxil ola bildiyi elektrik avadanlığının yerləşdiyi məkandır.

***Texniki təhlükəsizlik*** təşkilat tədbirləri və işçilərə təhlükəli istehsal faktorlarının təsirinin qabağını alan texniki vasitələr sistemidir. Elektrik qurğularında təhlükəli istehsal faktoru elektrik cərəyanıdır. Konkret təşkilati və texniki müdafiə tədbirləri məkanın sinfindən, gərginlikdən və elektrik qurğusunun təyinatından asılıdır.

Elektrik qurğularının bütün məkanları elektrik cərəyanı ilə zədələnmənin təhlükəlik dərəcəsinə görə 3 sinfə bölünür:

1) ***yüksək təhlükəlik*** – aşağıdakı şəraitlərdən birinin mövcudluğu ilə xarakterizə olunan məkanlar:

- nəmişlik (nisbi rütubətlik 75 %-dən çoxdur);

- cərəyan keçirən toz;

- cərəyan keçirən döşəmələr (metal, kərpic, torpaq və s.);

- yüksək temperatur (+35 0С-dən yuxarı);

- insanın yerlə əlaqəsi olan metal hissələrə və elektrik avadanlığının izolyasiyanın zədələnməsi zamanı gərginlik altında ola bilən metal korpuslarına (gövdələrinə) eyni zamanda toxunma imkanı;

2) ***xüsusi təhlükəli*** – aşağıdakı şəraitlərdən birinin mövcud olduğu məkanlar:

- böyük nəmişlik (nisbi rütubət 100 %-ə yaxındır);

- kimyəvi aktiv və ya üzvi mühit;

- iki və daha çox yüksək təhlükəlik şəraiti;

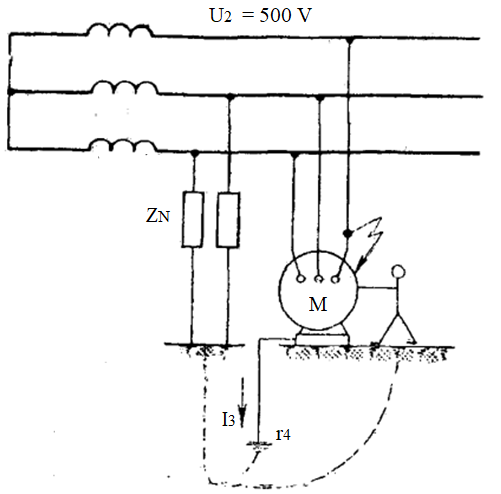
3) ***yüksək təhlükəlik olmayan*** – yüksək və ya xüsusi təhlükə yaradan şəraitlər mövcud olmayan məkanlar.

**XVI. ELEKTRİK TƏHLÜKƏSİZLİYİNİN ARTIRILMASININ ƏSAS TƏDBİRLƏRİ**

Gərginliyi həm 1000 V-a qədər, həm də yuxarı olan elektrik qurğularında elektrik təhlükəsizliyinin artırılmasının əsas tədbirləri müdafiə torpaqlanmasıdır. ***Müdafiə torpaqlanması*** – elektrik avadanlığının gərginlik altında ola bilən cərəyan keçirməyən metal hissələrinin torpaqlama qurğusu ilə əvvəlcədən elektrik əlaqələndirilməsidir. Torpaqlama qurğusunun əsas elementləri: torpaqlayıcı (yerləbirbaşa kontaktı olan metal keçirici) və elektrik avadanlığının torpaqlanan elementlərini torpaqlayıcı ilə birləşdirən torpaqlayıcı naqillərdir.

Müdafiə torpaqlanmasının əsas məsələsi – elektrik qurğularının cərəyan keçməyən metal hissələrində izolyasiyanın deşilməsi zamanı yaranan gərginliyi təhlükəsiz qiymətə qədər (40 V-dan yuxarı olmamaqla) azaltmaqdır.

Gərginliyi 1000 V-a qədər olan üçfazalı qurğularda müdafiə torpaqlanması neytral rejimindən asılı olaraq bəzi xüsusiyyətlərə malikdir.

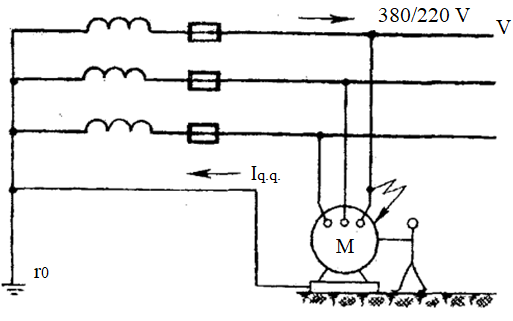


Şək. 16.1. Elektrik qəbuledicisinin korpusunun izolə olunmuş neytrala malik şəbəkədə yerlə qapanması

İzolə olunmuş neytrala malik qurğularda (şəkil 16.1) elektrik mühərrikinin (M) korpusunda izolyasiyanın deşilməsi zamanı mühərrik torpaqlama rtor müqavimətində ondan axan Itor cərəyanından gərginlik düşgüsünün qiymətinə bərabər gərginlik altında olacaq. Bu cərəyan U2 gərginliyi və naqillərin izolyasiyasının tam ZN müqaviməti ilə təyin olunacaq. İzolyasiyanın normal müqavimətində Itor cərəyanı böyük deyil, elektrik mühərrikinin korpusunda izolyasiyanın deşilməsi zamanı gərginlik kiçikdir və insanın ona toxunması az təhlükəlidir.

Yerlə uzun müddətli qapanmaya yol vermək olmaz belə ki, fazalrın gərginliyi yerə nəzərən xəttiliyə kimi artır və nəticədə digər fazada yerlə qapanma baş verir. Yerə ikiqat qapanma isə insan üçün böyük təhlükə yaradır.

Tam torpaqlanmış neytrallı sistemlərdə (şəkil 16.2) elektrik qurğularının bütün metal cərəyan keçirməyən hissələri transformatorun torpaqlanmış neytralı ilə şəbəkənin sıfır naqili və ya xüsusi torpaqlayıcı naqil vasitəsilə birləşdirirlər. Belə sistem qoruyucu sıfırlama adlanır. Burada elektrik qəbuledicisinin korpusuna izolyasiyanın deşilməsi zamanı qısa qapanma cərəyanı Iq.q. yaranır ki, nəticədə qoruyucu aparat işə düşürvə zədələnmiş sahə ayrılır.



Şək. 16.2. Elektrik qəbuledicisinin korpusunun sıfırlnaması

Elektrik qəbuledicisinin korpusunun neytralla birləşdirmədən sadə torpaqlanması qaydalarla qadağandır belə ki, belə qoruyucu torpaqlanma etibarlı müdafiəni təmin etmir (izolyasiyanın deşilməsi zamanı qısa qapanma Iq.q. cərəyanı iki torpaqlayıcının – elektrik qəbuledicisinin rtor və neytralın r0 müqavimətləri ilə məhdudlanır və qoruyucunun işə düşməsi üçün kifayət etməyə bilər, zədələnmiş elektrik qəbuledicisinin korpusunda isə təhlükəli gərginlik ola bilər).

Əgər eyni zamanda elektrik qəbuledicisinin korpusunu neytralla biləşdirib, torpaqlasaq bu müdafiənin təsirini pozmayacaq və təhlükəsizlik şəraitini yaxşılaşdıracaq (korpusa qapanma zamanı əlavə torpaqlanma qəza korpusunda gərginliyi azaldacaqdır). Belə əlavə torpaqlanma sıfır naqilin təkrar torpaqlanması adlanır.

Qaydalar sıfır naqilin hava xətlərində hər 250 m-dən bir həmçinin, xətlərin sonunda və uzunluğu 200 m-dən çox olan budaqlanmalarda təkrar torpaqlanmasını tələb edir.

Müdafiənin daha mükəmməl tədbiri qoruyucu ayırmadır belə ki, qoruyucu torpaqlama və sıfırlama insanı elektrik cərəyanı ilə zədələnmələrdən müdfaiə etmir: izolə olunmuş neytrala malik şəbəkələrdə birfazalı qapanmalar torpaqlama sistemində ayrılmır, tam torpaqlanmış neytrala malik şəbəkələrdə isə ayrılsa da onların ayrılma müddəti kiçik qısa qapanma cərəyanlarında böyük ola bilər (onlarla saniyə).

***Müdafiə ayrılması*** korpusa qapanma baş verdikdə qəza sahəsinin və ya şəbəkənin bütünlükdə tez bir zamanda ayrılması yolu ilə təmin edən müdafiə sistemidir. Müdafiə ayrılmasının ən mükəmməl sistemləri insanın gərginlik altında olan cərəyan keçirən hissələrə toxunması zamanı da belə işləyir. Müdafiə ayrılmasının tətbiq olunma oblastları:

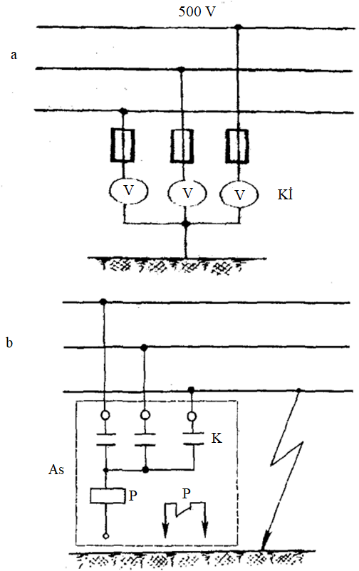
- daşınan elektrik qurğularında 1000 V-a qədər;

- elektrik təchizatı punktundan böyük məsafələrdə yerləşən elektrik avadanlığının ayrılması üçün müdafiə sıfırlamasına əlavə;

- qaya, uzun müddətli donmuş qruntlarında lazımi torpaqlama mümkün olmadıqda.

***Müdafiə ayrılmanın həyata keçirilmə prinsipi*** vericiyə (maksimal cərəyan və ya gərginlik relesi – sxemin əsas elementi) daxil olan giriş siqnalından asılıdır. Elektrik şəbəkəsinin fazasının yerə qapanması və ya izolyasiyanın azalması üçfazalı cərəyan və gərginliklərin qeyri-simmetrikliyinə gətirir, zədələnmiş elementin korpusunda isə yerə nəzərən gərginlik yaranır. Qısa qapanma cərəyanları, gərginliklər və ya onların qeyri-simmetrikliyi kommutasiya aparatını qəza sahəsinin qidalanma dövrəsində ayıran uyğun vericilərə təsir edir.

***Müdafiə ayrılma qurğusu*** (MAQ) yüksək effektli eıeltrik qoruyucu vasitədir. MAQ adətən avtomatik çeviricilərlə bir yerdə olur. Gərginliyi 1000 V-a qədər olan şəbəkələrdəki izolyasiyanın vəziyyətinə fasiləsiz nəzarət üçün şəkil 16.3-də göstərilən sadə sxemlər istifadə oluna bilər.



Şək. 16.3. İzolyasiyaya nəzarət cihazlarının qoşulma sxemi: a – lampa və voltmetrlərin qoşulma sxemi; b – asimmetrin qoşulma sxemi

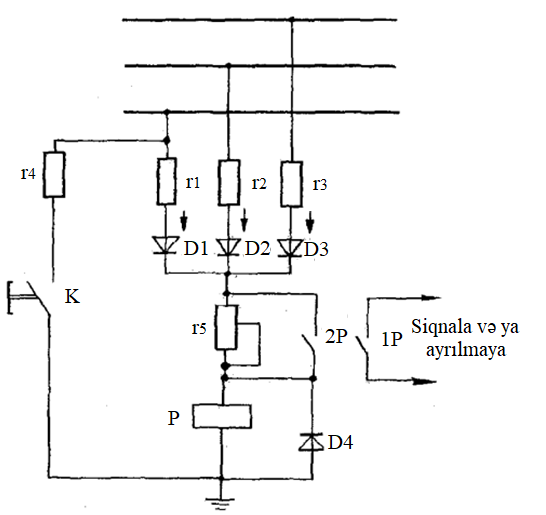
İndikatorlar Kİ qismində ***yüksək omlu voltmetrlər***, daha yaxşı halda isə elektron və ya ***qaz boşalma lampaları*** tətbiq etmək olar. Şəbəkənin izolyasiyası düzgündürsə Kİ indikatorlarından və ya asimmetrin K kondensatorundan axan cərəyanlar bir-birinə bərabərdir, sıfır nöqtəsində cəmləri isə sıfırdır. Bu səbəbdən indikatorlar eyni göstəricini verir (və ya lampalar eyni parlaqlıqla işıqlanır), 16.3, b sxemində isə P relesinin dolağı üzrə axan cərəyan sıfra bərabər olacaqdır. İzolyasiyanın yerə deşilməsi zamanı zədələnmiş faza ilə birləşdirilmiş lampa sönür (və ya voltmetr sıfır göstərir), asimmetrin sxemində isə relenin P dolağı üzrə cərəyan axacaq, rele işə düşəcək və özünün ayırıcı kontaktları ilə növbətçiyə siqnal və ya zədələnmiş sahənin ayrılmasına komanda göndərəcəkdir. Əgər fazalardan birinin izolyasiyasının müqaviməti kəskin azalsa və deşilmə təhlükəsi olsa, 16.3 şəklindəki sxemdə voltmetrlər müxtəlif göstəricilərə malik olacaqlar.

РА-74/2 tipli asimmetrlər (şəkil 16.3, b) gərginliyi 500 V olan elektrik qurğularında yerə birfazalı qapanmada müdafiə ayrılması üçün nəzərdə tutulmuşdur. Son illər izolyasiyaya nəzarətin və müdfiə ayrılmasının ventil sxemləri əsasında daha mükəmməl cihazları meydana çıxmışdır.

Şəkil 16.4-də izolə olunmuş neytrala malik gərginliyi 380 V olan HRP - Н51 tipli şəbəkələr üçün müdafiə ayrılması və izolyasiya nəzarəti aparatının sxemi verilmişdir. Sxemin təsir prinsipi asimmetrin işləmə prinsipinə analojidir (şəkil 16.3, b).

P rele D1-D3 diodları üzərində düzləndirici körpünün sıfır dövrəsinə qoşulmuşdur. Diodlardan birinin deşilməsi və ya fazalararsı qısa qapanma zamanı r1, r2, r3 müqavimətləri cərəyanın məhdudlandırılması üçün istifadə olunur. Dəyişən r5 müqaviməti izolyasiya müqavimətinə görə həssaslığın nizamlanması üçün nəzərdə tutulur.

Normal şəraitdə sıfır dövrəsindən relenin işə düşməsi üçün kifayət etməyən sabit gərginlikli kiçik cərəyan axır. Şəbəkənin fazalarında izolyasdiyanın müqavimətinin azalması zamanı rele dolağından əlavə düzləndirici cərəyan axır. Bu cərəyanın qiyməti fazaların izolyasiya müqavimətlərindən və r5 müqavimətindən asılıdır.



Şək. 16.4. İzolə olunmuş neytrala malik şəbəkələr üçün müdafiə ayrılması və izolyasiya nəzarəti aparatının sxemi

Cərəyanın müəyyən qiymətində P rele işə düşür və ayırma dövrəsini 1P qapayır. İnsanın gərginlik altında olan hissələrə toxunması zamanı da rele işə düşür belə ki, insanın toxunduğu fazanın izolyasiyası azalır.

İkinci 2P kontaktlar r5 müqavimətini şuntlayır ki, nəticədə yerə qeyri-dayanıqlı qapanmalar zamanı relenin kontaktlarının yanmasının qarşısı alınır.

Müdafiənin təsirinin yoxlanılması K düyməsi ilə həyata keçirilir. Rele işə düşdükdə transformatordan qidalanan bütün şəbəkə ayrılır.

Rele həm də şəbəkənin izolyasiyasına nəzarət üçün də istifadə oluna bilir.

**Elektrik qurğularında işləyənlərin müdafiə vasitələri**. İşçilərə təhlükəli və ya zərərli faktorların təsirinin qarşısını alan və ya zəiflədən vasitələrə müdafiə vasitələri deyilir.

**Elektrik müdafiə vasitələri** insanların elektrik cərəyanı zədələrindən, elektrik qövsünün və elektromaqnit sahəsinin təsirindən müdafiə üçün nəzərdə tutulur. Elektrik müdafiə vasitələrinə aşağıdakılar aid edilir:

- izolə ştanqları (operativ, ölçü, torpaqlama üçün), fazalaşdırmaq üçün gərginliyin elektrik ölçü göstəriciləri;

- izolə qurğuları və 1000 V-dan yuxarı gərginlikdə təmir işləri üçün alətlər və 1000 V-a qədər gərginlikdə işləmək üçün izolə olunmuş dəstəklərə malik çilingər-montaj alətləri;

- dielektrik əlcəklər, qaloşlar, botlar, xalçalar, izoləedici altlıqlar;

- individual izoləedici komplektlər;

- daşınan torpaqlamalar;

- kənarlaşdırıcı qurğular və dielektrik qapaqlar;

- plakatlar və təhlükəsizlik işarələri.

İzolə ştanqlarını möhkəm və yüksək keyfiyyətli dielektrikdən hazırlayırlar. Onlar izolə olunmuş hissədən, məhdudlayıcı halqadan və dəstəkdən ibarətdir.

İzoləedici tutacaqlar hər biri izolə olunmuş işçi dodaqdan, məhdudlayıcı halqadan və dəstək-tutucudan ibarət iki hissədən təşkil olunmuşdur.

Cərəyanölçən tutacaqlar içliyi çıxarılan, ikinci dolağa və ampermetrə malik daşınan cərəyan transformatordur.

1000 V-dan yuxarı gərginlik göstəricisi – gərginlik indikatoruna malik izoləedici ştanqdır (neon lampası və ya işıq diodu). 500 V-a qədər gərginliyi indikator qismində neon lampası olan ТИ-2, УНН-90 və ya МИН-1 tipli göstəricilər (cərəyan axtarıcılalrı) istifadə edir.

Rezin dielektrik əlcəklər, botlar, qaloşlar və xalçaları yüksək keyfiyyətli texniki rezindən hazırlayırlar.

***İzoləedici altlıq*** – 0,5 х 0,5 ölçülü dayaq izolyatorları üzərində taxta döşəmədir. Qoruyucularla, ayırıcılarla olan əməliyyatlarda əlavə izolyasiya üçün istifadə edilir.

Çilingər-montaj alətlərinin izoləedici tutacaqları məhdudlayıcı dayağa və uzunluğu 10 sm-dən az olmayan hamar izolyasiya örtüyünə malik olmalıdır.

Elektrik qurğularında həm də individual müdafiə vasitələri, eynəklər, kaskalar, əleyhqazlar, qolçaqlar, qoruyucu kəmərlər və sığorta kanatları tətbiq oluna bilər.

Elektrik müdafiə vasitələri əsas və əlavə kimi fərqləndirilir:

***Əsas*** – izolyasiyası elektrik qurğularının işçi gərginliyini uzun müddət saxlaya bilən və gərginlik altında olan cərəyan keçirən hissələrə toxunmağa imkan verən elektrik müdafiə vasitələridir. Bu səbəbdən onları dayanıqlı dielektrik xassələrə malik olan materiallardan (plastmas, bakelit, farfor, ebonit, getinaks və s.) hazırlayırlar.

***Əlavə*** – toxunma və addım gərginliyindən müdafiə vasitələridir. Bu vasitələr verilən gərginlikdə cərəyanla zədələnmədən müdafiəni özləri təmin edə bilmir və əsas elektrik müdafiə vasitələri ilə birlikdə tətbiq olunur.

**ƏDƏBİYYAT**

1. Фираго Б.И, Л.Б. Павлячик Теория электропривода - Минск; ЗАО «Техноперспектива», 2017.

2. Чиликин М. Г., А. С. Сандлер Общий курс электропривода -М .; Энергоиздат, 2009.

3. Харизоменов И. В. Электрооборудование и электроавтоматика металлорежущих станков - М.: Мащиностроение, 1975.

4. Сандлер, А.С. Электропривод и автоматизация металлорежущих станков - М.; Высшая школа, 1972.

5. Москаленко, В.В. Электричесий привод - М.: Высш. школа, 2010.

6. Автоматизированный электропривод промышленных установок / под ред. Г. Б. Онищенко.– М.: РАСХН - 2011. – 520 с.

7. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.

8. Усынин Ю. С. Системы управления электроприводов: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 328 с.

9. Чернышев И. А., Чернышев А. Ю. Синтез параметров регуляторов системы тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель// Электромеханические преобразователи энергии: материалы международной науч.-техн. конф., 20–22 октября 2005 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 237–240.

10. Онищенко Г. Б. Электрический привод. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 288 с.