

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY
VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

O'RTA MAXSUS KASB-XUNAR
TA'LIMI MARKAZI

NAMANGAN MUXANDISLIK-PEDAGOGIKA
INSTITUTI

AKADEMIK LITSEY VA KASB-XUNAR
KOLLEJLARI BILAN XAMKORLIK
KUTUBXONASI



M. Toshmirzaev, I. Xotamqulov

ELEKTR YURITMA VA UNI BOSHQARISH
ASOSLARI

NAMANGAN - 2006 yil

Ushbu o'quv qo'llanma kasb-hunar kollejlarning «Sanoat korxonalari va fuqaro inshootlaridagi elektromantaj ishlari» yo'nalishida taxsil olayotgan talabalari uchun tarmoq ta'lim standartlari asosida yozilgan.

O'quv qo'llanma ikki bo'limdan iborat bo'lib, birinchi bo'limda elektr yuritma asoslari ikkinchi bo'limda esa, elektr yuritmani boshqarish bayon etilgan.

Elektr yuritma asoslari bo'limida elektr yuritma mexanikasi, dvigatellarning elektromexanik xususiyatlari, ularni yurgizish, tormozlash va rostlash qarshiliklarini hisoblash, hamda o'tish jarayonlari, va elektr yuritmalarda energetika masalalari yoritilgan.

Elektr yuritmani boshqarish bo'limida boshqarish apparat va qurilmalari, elektr yuritmalarning boshqarishni rele kontaktorli, kontaktsiz, dasturli boshqarish usullari va boshqarishda berk sxemalar va tizimlar hamda elektr yuritmaning mustahkamligi va elektr xavfsizligi texnikasi to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Muallif:

M. Toshmirzaev

Namangan muxandislik-pedagogika instituti
«Elektroenergetika» kafedrasida dotsenti, f.m.f.n.

Taqrizchilar:

N.Raximov

Namangan Davlat universiteti
«Fizika» kafedrasida professori, f.m.f.d.

O.Otamirzaev

Namangan muxandislik-pedagogika instituti
«Elektroenergetika» kafedrasida katta o'qituvchisi

O'quv qo'llanma Namangan muhandislik-pedagogika instituti ilmiy-uslubiy kengashi hamda Namangan sanoat KXX pedagogik kengashi tomonidan ko'rib chiqilgan va chop etishga tavsiya etilgan.

@. Namangan muhandislik-pedagogika instituti

KIRISH

Bozor munosabatlari sharoitida ijtimoiy xayotimizning barcha soxalarida shu jumladan ma'naviyat, ma'rifat va ilm-fan soxalarida ham inqilobiy o'zgarishlar sodir bo'lmoqda.

Ma'naviyat soxasidagi asosiy vazifa ma'naviy qadriyatlarimizni ilm-fan va texnika-texnologiyalar yuksalishlari hisobiga boyitib borish, xalqimizni ongida milliy istiqlool g'oyalari printsiplarini qaror toptirishdan iborat.

Milliy istiqlool mafkurasi, o'zining mazmun - mohiyatiga ko'ra, mamlakatimizning har bir fuqarosi ongiga xalqimizning dunyodagi hech bir xalqdan kam emasligini va kam bo'lmasligi g'oyasini singdirishga qaratilgandir. Mana shunday g'oyalar bilan qurollangan yoshlarimiz mamlakat taqdirini xal qiladilar, uni buyuk kelajak sari qo'yayotgan qadamlarini tezlashtiradilar.

Mamlakatimizda qabul qilingan kadrlar tayyorlashning milliy dasturi zamon talablariga to'la javob bera oladigan, ma'rifatli, bozor munosabatlari sharoitida o'z bilim va ko'nikmalari bilan vatan istiqboli manfaatlari yo'lida samarali faoliyat ko'rsata oladigan mutaxassislar tayyorlashni nazarda tutadi.

Ma'ruzalar matni talabalarga elektr yuritma va uni boshqarish asoslarini o'zlashtirishga yordam beradi va sanoat, qurilish va ishlab chiqarishda elektr yuritmalardan bemalol va samarali foydalana olish uchun zarur bo'lgan malaka va ko'nikmalar hosil qiladi.

Qishloq xo'jaligi, sanoat, qurilish va elektr transportlarida turli mashina va mexanizmlarni harakatga keltirishda elektr yuritmalardan foydalaniladi. Ular yordamida o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tok elektr energiyasi mexanik energiyaga aylantirilib ishlab chiqarish mashinasining (ishchi mexanizm) bevosita texnologik jarayonni bajaruvchi qismi bo'lgan ijro organi harakatga keltiriladi.

Elektr dvigatel, uzatuvchi qurilma, ijro organi va boshqarish apparatlaridan tuzilgan elektromexanik tizimga elektr yuritma deyiladi. Elektr yuritmani asosiy elementi elektr dvigateli bo'lib u elektr energiyani mexanik energiyaga aylantiradi. Elektr dvigateli sifatida sinxron dvigatel, asinxron dvigatel, o'zgarmas tok dvigateli va boshqa turdagi dvigatellardan foydalaniladi. Elektr dvigatel va ijro organining harakatlarini moslashtirish uchun mexanik uzatuvchi qurilma xizmat qiladi, u dvigatel hosil qilayotgan mexanik energiyani ko'rinishini va ko'rsatkichlarini (aylanish tezligi) o'zgartiradi. Elektr dvigatelni harakatlanuvchi qismi (rotor), uzatuvchi qurilma va ijro organi elektr yuritmaning mexanik qismini tashkil qiladi. Ba'zi xollarda uzatuvchi qurilma ishlatilmaydi, bunda elektr dvigatel to'g'ridan-to'g'ri ijro organi bilan biriktiriladi.

Boshqarish apparatlari yordamida elektr yuritma ishga tushiriladi, ishdan to'xtatiladi va parametrlari rostlanadi. Boshqarish apparatlariga knopka, boshqarish kaliti, rostlagich, kuchaytirgich, rele, kontaktor, logik elementlar va boshqa apparatlar kiradi. Elektr dvigatelga elektr energiya to'g'ridan-to'g'ri elektr energiya manbasidan yoki agarda elektr energiya ko'rsatkichlarini o'zgartirish va rostlash zarur bo'lsa elektr o'zgartiruvchi qurilma orqali beriladi. O'zgartiruvchi qurilmalarga boshqariladigan to'g'rilagichlar, o'zgaruvchan tok kuchlanishi va chastotasini o'zgartirgichlar, invertorlar kiradi. Elektr energiya manbai vazifasini bir yoki uch fazali o'zgaruvchan tok tarmog'i, o'zgarmas tok tarmog'i, dizel-generator qurilmasi, akkumulyator batareyasi va quyosh batareyalari bajarishi mumkin. Elektr yuritma uch xil ko'rinishga ega bo'ladi. Agarda ijro mexanizmi bitta dvigatel orqali harakatga keltirilsa—yakka, dvigatel ijro mexanizmlar guruhini harakatga keltirsa—guruhli, ijro mexanizmlari alohida dvigatellar orqali harakatga keltirilsa—ko'p dvigatelli elektr yuritma deyiladi.

Elektr yuritmalarni boshqarishdagi avtomatlashtirilganlik darajasiga qarab uni avtomatlashtirilmagan, avtomatlashtirilgan va avtomatik xillarga ajratish mumkin. Agar elektr yuritmani ishga tushirish, to'xtatish va u yordamida jarayonning boshqarishning odam bajarsa, bunday yuritma avtomatlashtirilmagan elektr yuritma deyiladi. Agar odam faqat boshlangich boshqarish ta'sirini hosil qilishdagina ishtirok etsa, bunday yuritma avtomatlashtirilgan elektr yuritma deyiladi. Bunda murakkab ishlab chiqarish jarayonlari avtomatik bajariladi. Masalan, operatsiyalarni ma'lum ketma-ketlikda bajarish, andoza bo'yicha ishlash, katta quvvatli va murakkab elektr yuritmalarning tezligini boshqarish, harakat yo'nalishini o'zgartirish va boshqalar misol bo'ladi.

Agar odam faqat avtomatik boshqarish va elektromexanik sistemalarning xolatini kuzatishdagina ishtirok etsa, bunday yuritma avtomatik elektr yuritma yoki mashinalarning avtomat liniyalari deyiladi. Avtomat liniyalar sanoat korxonalarini avtomatlashtirishda yangi bosqich bo'lib, unda bir necha

mashinalar guruhi ishlaydi. Mashinalar detalga ishlov berishdagi bir qancha operatsiyalarni birin-ketin bajaradi hamda mazkur detal bir mashinadan ikkinchisiga avtomatik ravishda uzatiladi.

Avtomatlashtirilgan elektr yuritmani qo'llash mehnat unumdorligini ortishiga, mahsulot sifatini yaxshilanishiga va tannarxning kamayishiga hamda ishlab chiqarish maydonini qisqarishiga olib keladi.

Elektr yuritmalar mexanik energiyasidan xalq xo'jiligining hamma soxalarida keng foydalaniladi. Ular mamlakatimizda hosil qilinayotgan elektr energiyani 60 foizidan ko'prog'ini iste'mol qiladi. Elektr yuritmalarning keng qo'llanilishi ularning boshqa ko'rinishdagi yuritmalarga (mexanik, gidravlik, pnevmatik) nisbatan bir qator afzalliklari va o'ziga xos xususiyatlari bilan belgilanadi:

- mexanik energiya hosil qilishda eng tejamli bo'lgan elektr energiyadan foydalanish;

- quvvati va tezligini o'zgarishi oralig'ini kengligi;

- turli xil muhitlarda (suyuqlik, gaz, kosmik fazo sharoitlarida keng harorat oralig'ida) ishlashi mumkinligi;

- oddiy vositalar yordamida ijro organi harakatini har xil va murakkab turlarini hosil qilish, uni harakat yo'nalishi va tezligini o'zgartirish mumkinligi;

- texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishni qulayligi, elektr yuritmani umumiy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimiga osonlik bilan ulash mumkinligi;

- yuqori foydali ish koeffitsienti, ishlashdagi ishonchliligi.

Xozirgi zamon elektr yuritmalarining imkoniyatlari mashinasozlik, asbobsozlik, elektronika va elektrotexnika yutuqlaridan foydalanish hisobiga kengayib bormoqda. Murakkab funktsiyali elektr yuritmalarni boshqarishda mikroprotssessorli qurilmalardan foydalanish yuqori samara beradi.

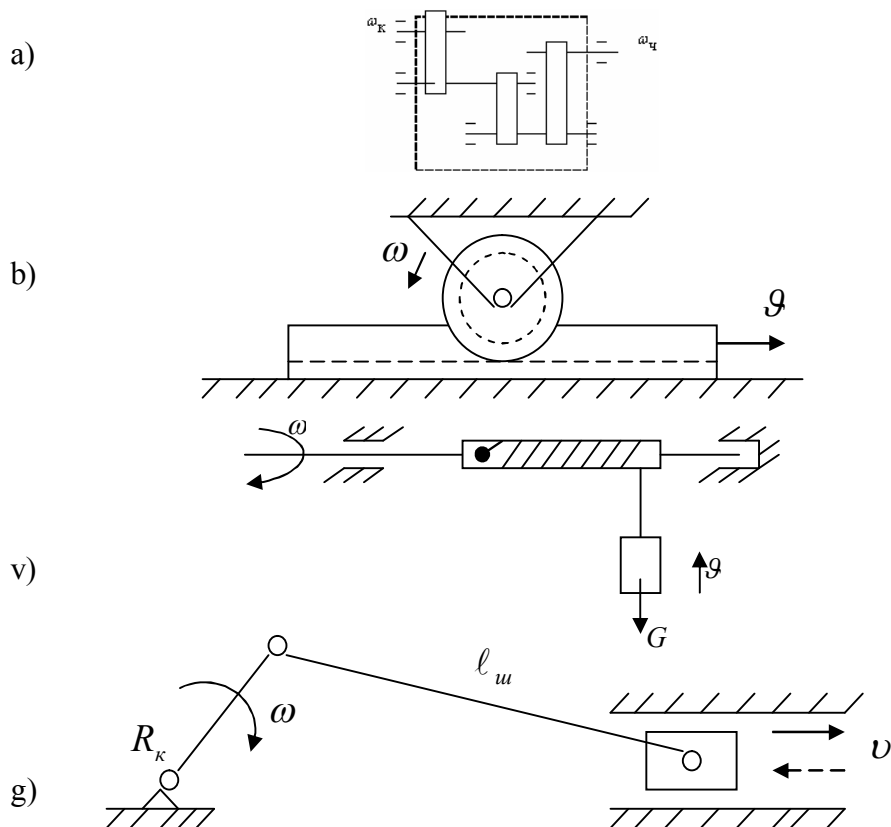
I-Bo'lim Elektr yuritma asoslari

1 . Elektr yuritma mexanikasi

1.1. Elektr yuritmaning mexanik bo'g'inlari

Elektr yuritma mexanizmining ijro organi foydali ish bajarish uchun mexanik energiyani mexanik bo'g'inlar orqali dvigateldan oladi. Umumiy xolda elektr yuritma mexanika qismi rotor (yakor) R uzatish qurilmasi UQ va ijro organ IO dan iborat. Rotor (yakor) inertsia momentiga ega bo'lib mexanik energiya manbasi yoki iste'molchisi bo'ladi. Uzatish qurilmalari yordamida tezlik o'zgartirilishi mumkin. Uzatuvchi qurilmalar reduktorli, tishli reykali, trosli barabanli, krivoship-shatun mexanizmli, zanjirli yoki tasmali bo'ladi.

Rasm 1-1 da uzatish qurilmalarining kinematik sxemalari ko'rsatilgan.



Rasm 1-1. Uzatish qurilmalarining kinematik sxemalari.

a - reduktorli uzatgich; b – tishli reykali uzatgich; v – trosli barabanli uzatgich; g – krivoship – shatun mexanizmli uzatgich;

1.2. Statik va inertsia momentlari

Mexanik uzatmadagi momentlar va kuchlar ishqalanish kuchlari bilan birgalikda statik momentni hosil qiladi. Statik moment o'z xarakteriga qarab aktiv va reaktiv momentlarga bo'linadi. Aktiv statik moment mexanik energiyani tashqi manbalari orqali hosil bo'ladi. Misol uchun yuk ko'tarish, shamol kuchi, elastik jismlarni qisilishida hosil bo'lgan momentlarni olish mumkin. Bu moment har doim bir tomonga yo'nalgan bo'ladi, shuning uchun yuritmaning harakat yo'nalishi o'zgarishi bilan aktiv momentning ta'sir yo'nalishi saqlanib qoladi. Reaktiv statik moment harakat natijasida hosil bo'ladi va harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, hamma vaqt tormozlovchi bo'ladi. Dvigatel yoki ijro organning mexanik quvvatini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$P_M = M \cdot \omega \quad (1.1)$$

Burchak tezligini ma'lum aylanish tezligi orqali ifodalash uchun quyidagi formuladan foydalaniladi:

$$\omega = 2\pi n / 60 \quad (1.2)$$

$$n = 60\omega / 2\pi = 9,55 \cdot \omega \quad (1.3)$$

bu yerda: M - moment (n·m); ω - burchak tezlik (rad / s); n – aylanish tezligi (ayl / min).

Inertsia momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$J = GD^2 / 4g \quad (1.4)$$

bu yerda: GD^2 – siltash momenti ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$). Uning qiymati har bir dvigatelning qo'zg'aluvchi qismi uchun ma'lumotnomada keltiriladi.

Dinamik moment mexanizm harakatlanuvchi qismlari (massalari) kinetik energiyasi orqali aniqlanadi va u elektr yuritma tezligi o'zgargan vaqtda hosil bo'ladi. Elektr yuritmaning tezlanishi (aylanayotgan massalarning) natijasida olayotgan yoki uning to'xtashi natijasida berilayotgan quvvati

$$R_{\text{din}} = J\omega \left(\frac{d\omega}{dt} \right) \quad (1.5)$$

Ifodani ω ga bo'lib dinamik moment uchun quyidagi ifoda olinadi

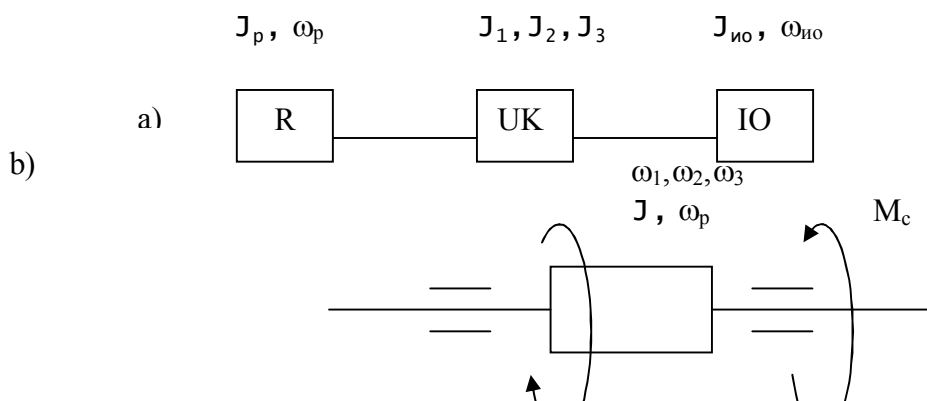
$$M_{\text{din}} = R_{\text{din}} / \omega \quad (1.6)$$

Mexanik zvenolar inertsia momentlarini bitta valga keltirish uchun, real sistema inertsia momentlari ekvivalent inertsia momenti J bilan almashtiriladi.

$$J \frac{\omega_p^2}{2} = J_p \frac{\omega_p^2}{2} + J_1 \frac{\omega_1^2}{2} + J_2 \frac{\omega_2^2}{2} + J_3 \frac{\omega_3^2}{2} \quad (1.7)$$

$$J = J_p + J_{\text{mex}} \quad (1.8)$$

Rasm 1-2. da elektr yuritmani real (a) va keltirilgan (b) sxemalari ko'rsatilgan. Elektr yuritma elektr mashina, uzatish qurilmasi va ishchi organdan iborat.



Rasm 1-2. Elektr yuritmaning real va keltirilgan sxemalari.
R-elektr mashina rotor, UK-uzatish qurilmasi
(1-1 rasmda ko'rsatilgan), IO-ishchi organ (mexanizm).

1.3. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi

Elektr yuritmaning bir turg'un xolatdan ikkinchisiga o'tishi hamda uni ishga tushirish, to'xtatish, harakat yo'nalishini o'zgartirish elektr yuritmaning o'tish rejimi deb ataladi. Bunda uning tezligi, momenti va undagi tokning qiymati o'zgaradi.

Elektr dvigatelning quvvatini boshqarish sxemasini va apparatlarni to'g'ri tanlash, dvigatelni ishga tushirish va to'xtatish vaqtida elektr energiya sarfini kamaytirish kabi masalalar katta ahamiyatga ega. Masalan, mexanizmning ish unumini oshirish uchun optimal tezlikni tanlash yetarli bo'lmay, balki elektr yuritmaning o'tish rejimining vaqtini kamaytirish ham kerakdir. Elektr yuritmaning o'tish rejimi elektr dvigatelning va ish mexanizmining ishlash dinamikasi bilan bog'langandir.

Elektr dvigatel ishlaganda hosil bo'luvchi aylantirish momenti M elektr yuritmaning turli qismlariga ta'sir etuvchi qarshilik momenti bilan muvozanatlashadi. Qarshilik momentlarini paydo bo'lish sabablariga ko'ra quyidagi uch guruhga bo'lish mumkin:

1. Ish mashinasi ijrochi qismining foydali ish bajarishda (masalan, kesish, yuk ko'tarish, qisish, chuzish, ezish va boshqalar) hosil bo'luvchi momentlar.
2. Ish mashinasi (ijro organi) va uzatish qurilmasi harakatlanuvchi qismlarining ishqalanishidan hosil bo'luvchi momentlar.
3. Ish mashinasi va uzatish qurilmasi harakatlanuvchi qismlarining inertsiasidan hosil bo'luvchi momentlar.

Birinchi va ikkinchi guruh momentlarini *statik qarshilik momenti* (M_K), uchinchi guruh momentini esa *dinamik qarshilik momenti* (M_{DIN}) deyiladi.

Elektr yuritma tizimidagi momentlarning muvozanatlik tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$M = M_K \pm M_{DIN}. \quad (1.9)$$

Dinamik moment. Dinamik (inertsia) moment quyidagi formula bilan topiladi:

$$M_{din} = J d\omega / dt \quad (1.10)$$

bu yerda: J -mexanik tizimdagi barcha harakatlanuvchi qismlarining dvigatel o'qiga keltirilgan umumiy inertsia momenti, $[kg \cdot m^2]$;

ω -dvigatel o'qining burchak tezligi, $[rad/s]$.

O'qning burchak tezligi ω ni aylanishlar soni n $[ayl/min]$ da ifodalab

$$\omega = 2\pi n / 60$$

dinamik momentning boshqa ifodasini keltirib chiqarish mumkin:

$$M_{din} = M - M_k = (J/9,55) \cdot dn / dt. \quad (1.11)$$

Ko'pgina ishlab chiqarish mexanizmlarida inertsia momenti o'zgarmas bo'lib, quyidagi ifoda bilan aniqlanishi mumkin:

$$J = GD^2 / 4g, \quad (1.12)$$

(1.12) ifodani (1.11) ga qo'yib, dinamik moment uchun quyidagi ifodani hosil qilish mumkin:

$$M_{din} = M - M_k = (GD^2/375) \cdot dn / dt. \quad (1.13)$$

(1.11) yoki (1.13) ifoda elektr yuritmaning harakat tenglamasi deb ataladi va (1.13) dan ko'rinadiki:

1. Agar $M > M_k$ bo'lsa, $dn / dt > 0$, bo'lib, yuritma musbat tezlanish oladi va o'z tezligini $M = M_k$ bo'lguncha oshiradi.

2. Agar $M < M_k$ bo'lsa, $dn / dt < 0$ bo'lib, yuritma manfiy tezlanish oladi va o'z tezligini $M = M_k$ bo'lguncha kamaytiradi.

3. Agar $M = M_k$ bo'lsa, $dn / dt = 0$ bo'lib, yuritma o'zgarmas tezlik bilan turg'un rejimda ishlaydi.

Demak, dinamik moment faqat o'tish rejimida paydo bo'ladi. Yuritmaning tezlanishida bu moment harakatga teskari yo'nalgan bo'lib, tezlikning oshishiga qarshilik qiladi, tormozlanishda esa harakat bo'yicha yo'nalib, harakatning davom etishiga yordam beradi.

Qarshilik momentini o'z xarakteriga qarab reaktiv va aktiv momentlarga ajratish mumkin. Reaktiv moment qisish, kesish, ishqalanishlar ta'sirida yuzaga kelib, yuritmaning harakatiga qarshilik qiladi va harakat yo'nalishi o'zgarsa, o'z ishorasini o'zgartiradi. Aktiv moment og'irlik kuchi, qayishqoq jismni cho'zish, qisish va burashda hosil bo'lgan qarshilik momentidan iborat bo'lib, yuritma harakatiga qarshilik qilishi va harakat yo'nalishi o'zgarishiga yordam berishi mumkin. U harakatning har ikki yo'nalishida ham o'z ishorasini o'zgartirmaydi. Demak, elektr yuritmaning harakat tenglamasini umumiy xolda quyidagicha yozish mumkin:

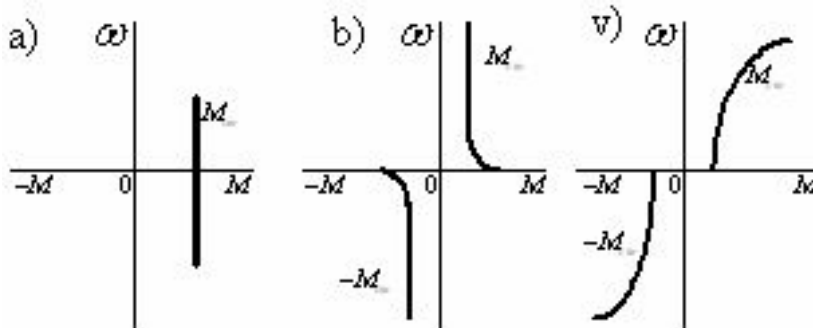
$$\pm M \pm M_k = (GD^2 / 375) \cdot dn/dt. \quad (1.14)$$

(1.14) tenglamadagi momentlar ishorasini tanlash dvigatelning ish rejimiga va qarshilik momentining xarakteriga bog'liq. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi berilgan rejimda yuritmaning tezligini, yuritmadagi dvigatelni ishga tushirish va to'xtatish vaqtini, berilgan vaqtda ish mashinasini ishga tushirish uchun zarur bo'lgan momentni aniqlash imkonini beradi.

1.4. Elektr yuritmalarining mexanik xarakteristikalar

Elektr yuritmani burchak tezligi ω ning mexanizm momenti M ga bog'liq o'zgarishi $\omega=f(M)$ ga elektr yuritmani mexanik xarakteristikasi deyiladi. Bu xarakteristikani shartli ravishda ish mexanizmining va dvigatelning mexanik xarakteristikalariga ajratish mumkin. Rasm 1-3 da mexanizmlarning mexanik xarakteristikalar ko'rsatilgan. Aktiv statik momentli M_{st} mexanizmlarda (rasm 1-3.a) tezlik yo'nalishi o'zgarganda moment M_{st} yo'nalishi o'zgarmaydi va moment tezlikka bog'liq emas. Reaktiv statik momentli M_{st} mexanizmlarda (rasm 1-3.b, v) tezlik yo'nalishi o'zgarganda, moment yo'nalishi o'zgaradi.

Bunday
tezlik
o'zgaradi.



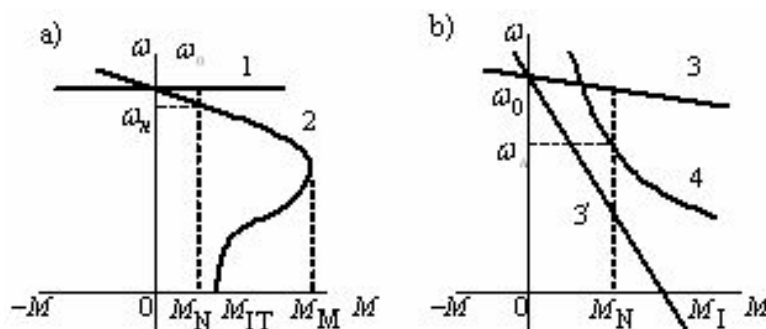
mexanizmlarda burchak
momentga bog'liq xolda

Rasm 1-3. Mexanizmlarning mexanik xarakteristikalar.
a- aktiv, b, v-reaktiv statik momentli mexanizmlarni
mexanik xarakteristikalar.

Rasm 1-4 da dvigatellarni mexanik xarakteristikalar ko'rsatilgan.

Sinxron dvigatel xarakteristikasi (1) yuklanishga bog'liq emas, demak burchak tezlik o'zgarmaydi. Xarakteristika (2) asinxron dvigatel tezligining momentiga bog'liq o'zgarishini ko'rsatadi, (1-4 a rasm). Parallel uyg'otishli o'zgaras tok dvigateli aylanish tezligi moment ortishi bilan kamayadi va to'g'ri chiziqli xarakterga (3) ega. Ketma-ket o'yg'otishli o'zgaras tok dvigatelini aylanish tezligi moment ortishi bilan kamayadi va parabola formasiga (4) ega (1-4 b rasm).

Momentning o'zgarishiga bog'liq ravishda aylanish tezligining o'zgarish darajasi dvigatelning turiga bog'liq bo'lib, ularning mexanik xarakteristikalarining «qattiqligi» bilan aniqlanadi. Agar tezlik qancha kam o'zgarsa, xarakteristika shuncha qattiqroq hisoblanadi.



Rasm 1-4.
mexanik

Dvigatellarni
xarakteristikalarini. 1-

sinxron, 2-asinxron, 3 va 3'-parallel uyg'otishli o'zgaras tok, 4-ketma-ket o'yg'otishli o'zgaras tok dvigatellari uchun.

Xarakteristikaning qattiqligi (β) moment orttiriasining tezlik orttiriasiga nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni $\beta = \Delta M / \Delta n$.

Qattiqlik darajasiga qarab elektr dvigatellarning mexanik xarakteristikalarini uchta guruhga bo'lish mumkin:

1. *Mutloq qattiq mexanik xarakteristika.* Bunda momentning o'zgarishi bilan tezlik o'zgarmay qoladi ($\Delta M / \Delta n = \infty$). Bunday xarakteristika sinxron dvigatelga xosdir.
2. *Qattiq mexanik xarakteristikasi.* Bunda momentning o'zgarishi bilan tezlik ham oz miqdorda o'zgaradi (moment $M = 0$ dan $M = M_{nom}$ gacha o'zgarganda tezlik 5-10% atrofida o'zgaradi). Bunday xarakteristika parallel uyg'otishli o'zgaras tok dvigatellari uchun hamda mexanik xarakteristikaning ish qismida asinxron dvigatellar uchun ham xosdir.
3. *Yumshoq mexanik xarakteristika.* Bunda momentning o'zgarishi bilan tezlik katta miqdorda o'zgaradi. Bunday xarakteristika ketma-ket uyg'otishli o'zgaras tok dvigateliga xosdir.

Stator va rotor zanjirlarida qo'shimcha qarshiliklar bo'lmaganida hosil bo'ladigan xarakteristikalar tabiiy xarakteristikalar deyiladi. Dvigatelning biror parametri (kuchlanish, chastota, magnit oqim, qarshilik) o'zgarganida hosil bo'ladigan xarakteristika sun'iy xarakteristika deyiladi.

Dvigatel mexanik xarakteristikasini aniqlovchi asosiy parametrlar quyidagilardir:

- 1) Boshlang'ich ishga tushirish momenti M_{it}
- 2) Eng katta moment M_m
- 3) Ideal salt aylanish tezligi ω_0 .

Nazorat savollari

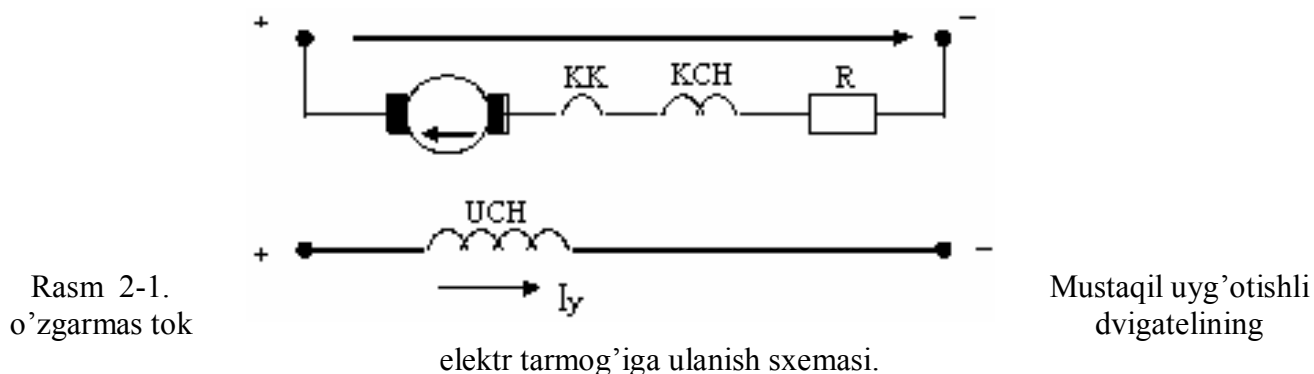
1. Elektr yuritma nima?
2. Elektr yuritma qanday qismlardan iborat?
3. Elektr yuritmani qanday turlarini bilasiz?
4. Elektr yuritmaning mexanik qismi nimalardan iborat?
5. MS Statik moment M_{st} ni nimalar hosil qiladi?
6. Inertsia va dinamik momentlar qanday aniqlanadi?
7. Elektr yuritma harakat tenglamasi formulasini yozing va tushuntiring.
8. Mexanik xarakteristika nima?
9. Mexanizmlarning mexanik xarakteristikalarini chizib ko'rsating.
10. MS Dvigatellar mexanik xarakteristikalarini chizib ko'rsating va ularni aniqlovchi kattaliklarni sanab bering.

2. O'zgaras tok elektr dvigatellarining elektromexanik xususiyatlari

2.1. Mustaqil uyg'otishli o'zgaras tok dvigatelining harakatlanish rejimidagi mexanik va elektromexanik xarakteristikalar

Dvigatelni burchak tezligi ω ning moment M ga bog'lanishi mexanik, burchak tezligi ω ning yakor toki J_{ya} ga bog'lanishi esa elektromexanik xarakteristika deyiladi.

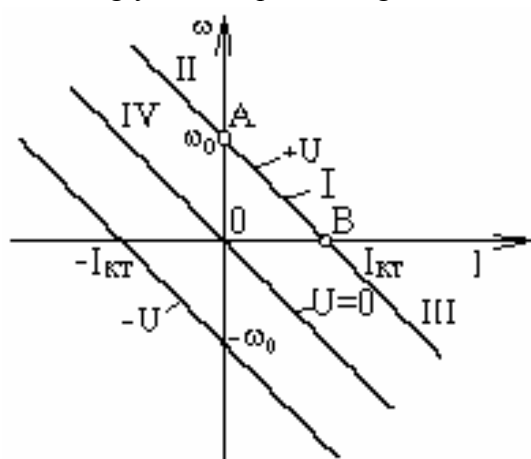
Mustaqil uyg'otishli o'zgaras tok dvigatelining (MU UTD) elektr tarmog'iga ulanish sxemasi 2-1 rasmda ko'rsatilgan. Rasmda quyidagi belgilashlar qabul qilingan Ya-yakor, QQ-qo'shimcha qutb chulg'ami, KCh-kompensatsiya chulg'ami, R-reostat qarshiligi, UCh-uyg'otish chulg'ami, U-kuchlanish, I-uyg'otish chulg'ami toki.



Rasm 2-2 da MU UTD ning elektromexanik xarakteristikalar ko'rsatilgan. Elektr dvigatellarning energetik rejimlarini ikki o'zgaruvchan kattaliklarining yo'nalishiga qarab aniqlash mumkin. Burchak tezlik (ω) va moment (M) bir xil yo'nalganda, tok (I) va EYuK (E) esa bir-biriga teskari bo'lganda dvigatel rejimi va aksincha burchak tezlik (ω) va moment (M) yo'nalishlari qarama-qarshi, tok (I) va EYuK (E) ning yo'nalishlari bir xil bo'lganda generator rejimi farqlanadi.

Generator va dvigatel rejimlari orasida esa salt yurish va qisqa tutashuv rejimlari chegaraviy rejimlar hisoblanadi. Salt yurishda tok va moment, qisqa tutashuvda esa EYuK va burchak tezlik nolga teng bo'ladi.

Salt yurish rejimida (xarakteristikani A nuqtasi) dvigatel elektr tarmog'idan va valdan energiya oladi. Dvigatel rejimida (xarakteristikani I qismi) ω va M yo'nalishi bo'yicha mos tushadi, dvigatelga elektr energiya tarmoqdan berilgan bo'lib, mexanik energiya esa dvigatel validan ijro organiga uzatiladi.



Rasm 2-2. MU UTD ning elektromexanik xarakteristikalar.

Rekuperativ (tarmoqqa energiyani rekuperatsiya qilish orqali to'xtatish) rejimida (xarakteristikani II qismi) $\omega > \omega_0$ bo'lgani uchun EYuK manba kuchlanishidan katta bo'ladi, tok va moment o'zlarini yo'nalishlarini teskarisiga o'zgartiradi. Dvigatel ishchi mexanizmdan mexanik energiya olib uni elektr energiya ko'rinishida tarmoqqa beradi.

Qisqa tutashuv rejimi (xarakteristikani V nuqtasi) $\omega = 0$ va $E = 0$ bo'lganda vujudga keladi. Bu rejimda elektr

energiya tarmoqdan olinib issiqlik ko'rinishida yakor zanjiridagi qarshiliklarda tarqaladi. Dvigatel validan mexanik energiya uzatilmaydi.

Teskari ulab to'xtatish rejimi $-\omega < 0$ bo'lganda boshlanadi. Tezlik yo'nalishining o'zgarishi hisobiga EYuK ham o'zining qutblarini o'zgartiradi. Yakordagi tok, kuchlanish va EYuK bilan yo'nalish bo'yicha mos tushadi va ularni birgalikdagi ta'siri orqali aniqlanadi.

Dinamik to'xtatish rejimi dvigatelning yakori tarmoqdan uzilib va uni qo'shimcha qarshilikka ulanganda hosil bo'ladi.

Shunday qilib MU UTD ni to'xtatish rekuperativ, teskari ulab to'xtatish va dinamik to'xtatish rejimlari orqali amalga oshiriladi.

Dvigatelning yurg'izish tokini chegaralash. Agar dvigatel kuchlanishi U bo'lgan tarmoqqa ulansa ishga tushirishni boshlang'ich paytida yakor o'zini tinch xolatdagi enertsiasini saqlashi ($n = 0$) sababli $E = 0$ bo'lib dvigatelni toki yakorning qarshiligi bilan cheklanadi, ya'ni $I_{it} = I_{kt} = U / R_{ya}$, bu tok yakorning qisqa tutashuv toki ham deyiladi. U ($18 \div 20$) $I_{ya.nom}$ ga teng. Yakor chulg'amini bunday katta tokdan saqlash maqsadida yakor chulg'amiga ketma-ket qilib ishga tushirish qarshiligi (reostat) ulanadi. Ishga tushirishni boshlang'ich paytida yakordagi tok $I_{ya} = U / (R_{ya} + R_{it})$. Ishga tushirish tokini qiymati esa $I_{it} = (1,5 \div 2) I_{ya.nom}$ bo'lishi kerak. Ma'lumki, dvigatel aylanish tezligi ortgan sari yakordagi tok va aylantiruvchi moment kamaya boradi. Aylantiruvchi momentni bir me'yorda ushlab turish uchun ishga tushirish reostati qarshiligini kamaytira boriladi va dvigatel nominal tezlikka erishganda $R_{it} \rightarrow 0$ bo'ladi.

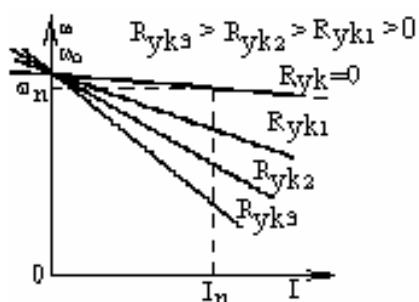
Dvigatelning elektromexanik va mexanik xarakteristikalarini ifodalovchi formulalar kuchlanishlar tenglamasi $U = E + IR$, yakor EYuK si $E = kF\omega$ va dvigatel momenti $M = kFI$ ifodalaridan foydalanib (bunda yakor reaksiyasi hisobga olinmaydi, dvigatel validagi moment elektromagnit momentga teng deb faraz qilinadi) keltirib chiqariladi va ular mos ravishda quyidagicha ifodalanadi:

$$\omega = (U - IR) / kF \quad (2.1)$$

$$\omega = U / kF - MR / (kF)^2 \quad (2.2)$$

Tok va moment mutanosib bo'lgani uchun ularni bitta to'g'ri chiziq ko'rinishida tasvirlash mumkin.

Rasm 2.3 da dvigatelning yakor zanjiri har xil qarshiliklarga ega bo'lgandagi xarakteristikalari tasvirlangan. Rasmdan ko'rinadiki, yakor zanjiridagi qarshilik ortgan sari burchak tezlik va xarakteristika qattiqligi kamayadi, xarakteristikalar ω_0 dan boshlanadi.



Rasm 2-3. Dvigatelning yakor zanjiri har xil qarshiliklardagi xarakteristikalari.

Bunday xarakteristikalar reostat xarakteristikalar deyiladi. Bunda yakor toki quyidagicha aniqlanadi

$$I_{ya} = (U - y_e) / R \quad (2.3)$$

Mexanik va elektromexanik xarakteristikalarining abstsissa o'qi bilan kesishish nuqtasi qisqa tutashuv rejimidagi moment (M_{kt}) va tokni (I_{kt}) ifodalaydi, bunda tok

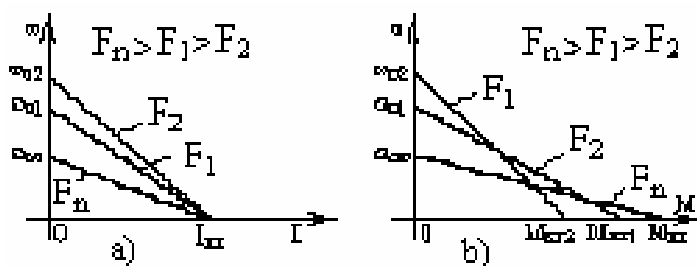
$$I_{kt} = U / (R - R_T) \quad (2.4)$$

formula bilan aniqlanadi.

Rasm 2-4 da MU UTD ni turli magnit oqimlarida elektromexanik va mexanik xarakteristikalari keltirilgan. Bunday xarakteristikani qurishda uyg'otish toki kuchini ozaytirish hisobiga magnit oqimi nominalga nisbatan kamaytiriladi. Rasm 2-4 a dan ko'rinadiki, magnit oqimi kamaytirilganda dvigatelni ideal salt yurish burchak tezligi (ω_0) oshadi. Qisqa tutashuv toki magnit oqimiga bog'liq bo'lmaydi. Shuning uchun, barcha sun'iy elektromexanik xarakteristikalar I_{kt} bo'lgan nuqtadan o'tuvchi to'g'ri chiziqlar to'plamidan iborat bo'ladi.

Qisqa tutashuv momenti esa magnit oqimi kamaytirilganda, kamaya boradi. Mexanik xarakteristikada rasm 2-4 b da ko'rsatilgan ko'rinishdagi to'g'ri chiziqlardan iborat bo'ladi.

Magnit oqimini o'zgartirish asosan tezlikni rostdash uchun qo'llaniladi, bu usul sodda va tejamli bo'lgani uchun elektr yuritmalarda keng qo'llaniladi.

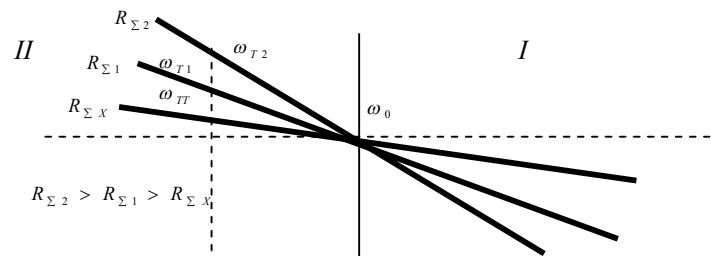


Rasm 2-4. Magnit oqim kamaygandagi xarakteristikalar
a) elektromexanik, b) mexanik.

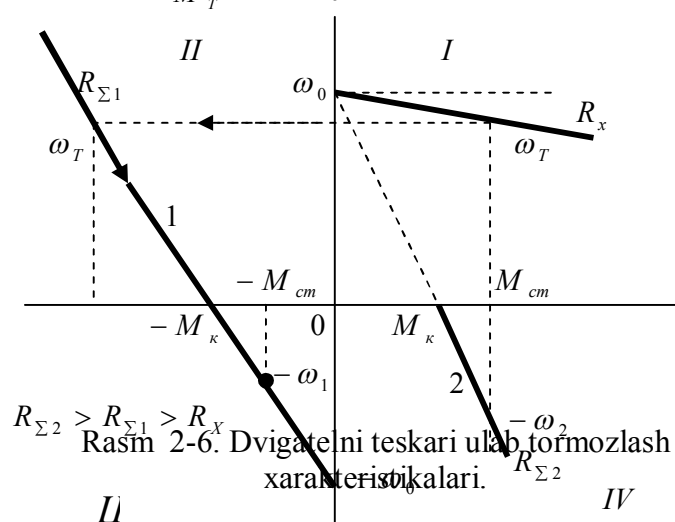
2.2. Mustaqil uyg'otishli o'zgarmas tok dvigatelning tormozlash rejimlaridagi xarakteristikalar

Rekuperativ tormozlash. Rekuperatsiya elektr energiyani tarmoqqa qaytarish demakdir. Bu xolat yuk ko'tarish kranlari yuk tushirishida kuzatiladi. Bunda dvigatelni aylanish yo'nalishi yuk tushish yo'nalishiga mos bo'lib, tezlik ω_0 dan ortadi va rasm 2-5 da ko'rsatilgan ko'rinishda yo'naladi. Bunda aylanuvchi qismlarning kinetik energiyasi elektr energiyaga aylanib dvigatel generator tariqasida ishlab tarmoqqa energiya uzatadi.

Teskari ulab tormozlash. Bu rejimga o'tish uchun yakor yoki uyg'otish chulg'amlari qutblarini o'rnini o'zgartirish kerak. Teskari ulab tormozlashda moment keskin o'zgaradi va dvigatel tezligi to'g'ri chiziq bo'yicha kamayadi (rasm 2-6, 1- xarakteristika).



Rasm 2-5. Rekuperativ tormozlash xarakteristikallari.



Rasm 2-6. Dvigatelni teskari ulab tormozlash xarakteristikallari.

Qutblar o'zgartirilganda yakor toki yo'nalishi o'zgarib, moment tormozlovchi bo'ladi. Elektromagnit moment yakor burchak tezligi yo'nalishiga teskari bo'lganida teskari ulab tormozlash hosil bo'ladi. Bunda yakor zanjiri toki quyidagicha ifodalanadi.

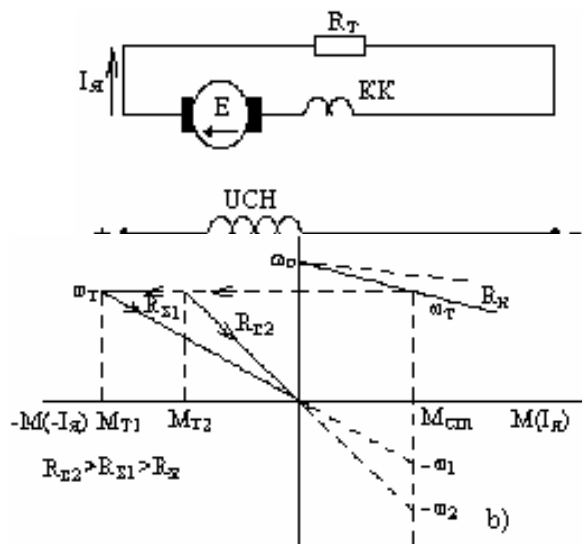
$$I_{ya} = (U + y_e) / R_{\Sigma} \quad (2.5)$$

Reaktiv momentli elektr yuritmani tormozlashda (xarakteristika 1) tezlik $\omega < 0$ bo'lganida yakor manbadan uzilishi kerak. Aktiv moment $M_{st} > M_k$ bo'lganida dvigatel $-\omega_2$ tezlikka erishadi (xarakteristika 2).

Dinamik tormozlash. Yakor tarmoqdan uzilib, tashqi qarshilikka ulanganida dinamik tormozlash rejimiga o'tiladi. Rasm 2-7 da dinamik tormozlashda dvigatelni elektr tarmog'iga ulanish sxemasi (a) va mexanik xarakteristikallari (b) ko'rsatilgan. Dinamik tormozlashda dvigatel momenti o'zgarib, kamaya boradi va $\omega=0$ da tarmoqdan uziladi. Bunda tormozlash momenti tormozlash qarshiligi R_t qiymatiga bog'liq bo'ladi. Dinamik tormozlashda elektr yuritma kinetik energiyasi elektr energiyaga aylanadi. Yakor EYuK si uz yo'nalishini o'zgartirmaydi, yakor toki yo'nalishi o'zgaradi va dvigatelda tormozlovchi moment hosil bo'ladi. Bunda yakor toki quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$I_{ya} = -E / R_{\Sigma} \quad (2.6)$$

Reaktiv statik momentda tormozlash $\omega < 0$ gacha, aktiv momentda esa $-\omega_1$ yoki $-\omega_2$ gacha amalga oshiriladi.

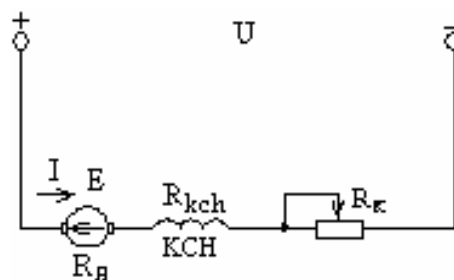


Rasm 2-7. Dinamik tormozlashda ulanish sxemasi (a)
va mexanik xarakteristikalar (b).

2.3. Ketma-ket uyg'otishli o'zgarmas tok dvigatelini ulanish sxemasi, statik xarakteristikalari va ish rejimlari

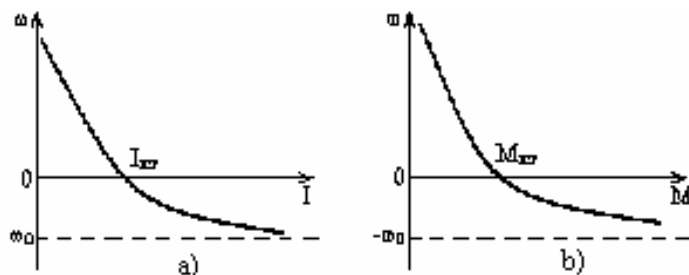
Ketma-ket uyg'otishli o'zgarmas tok dvigatellari KKH UTD xalq xo'jaligini turli soxalarida shu jumladan elektr transportida, yuk ko'tarish mashina va mexanizmlarida keng qo'llaniladi. Bunday dvigatellarda uyg'otish chulg'ami yakor chulg'amiga ketma-ket ulanadi, buning natijasida yakor toki bir vaqtni o'zida qo'zg'atish (o'yg'otish) toki vazifasini ham bajaradi. Rasm-2-8 da dvigatelni ulanish sxemasi, rasm 2-9 da esa elektromexanik (a) va mexanik (b) xarakteristikalari ko'rsatilgan.

Rasm 2-8. Ketma-ket
sxemasi



o'yg'otishli UTD ning ulanish

Rasm – 2.9.
ning



(a) va mexanik (b) xarakteristikalari

Ketma-ket o'yg'otishli UTD
elektromexanik

Dvigatelning elektromexanik va mexanik xarakteristikalari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi:

$$\omega = (U - I R) / [kF (3)] \quad (2.7)$$

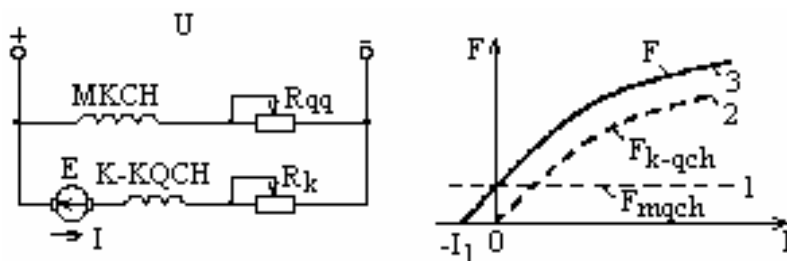
$$\omega = U / [kF (I)] - M R / [kF (I)]^2 \quad (2.8)$$

Rasm 2-9 dan ko'rinadiki, dvigatel yakor tokining (yoki yuklamasining) ortishi bilan, dvigatel tezligi sezilarli darajada kamayadi. Bunday dvigatellarda tarmoq bilan parallel ishlovchi generator (rekuperativ to'xtatish) rejimi hosil bo'lmaydi. Dvigatel xarakteristikalari tezlik o'qini kesmaydi, bu dvigatelda ideal salt yurish tezligini muayyan xolda aniqlab bo'lmaydi.

KKU UTD ning boshqa ish rejimlari MU UTD ning ish rejimlariga o'xshash bo'ladi.

2.4. Aralash uyg'otishli UTD ni ulanish sxemasi va xarakteristikalari

Aralash uyg'otishli UTD ning (AU UTD) tarmoqqa ulanish (a) va magnitlanish sxemasi (b) rasm 2-10 da ko'rsatilgan.



Rasm 2-10.
UTD ni ulash

(a) va magnitlanish sxemasi (b).

Aralash uyg'otishli
sxemasi

Dvigatel yakor zanjiriga ketma-ket ulangan qo'zg'atish (uyg'otish) chulg'amiga va mustaqil qo'zg'atish chulg'amiga ega. Dvigatelning magnit oqimi ikkala qo'zg'atish chulg'amlari hosil qilgan magnit oqimlari yig'indisi (F) ga teng bo'ladi. Yakor toki $-I_1$ qiymatga intilganda, magnit oqimi F nolga intiladi va dvigatel magnitsizlanadi. Dvigatelni elektromexanik va mexanik xarakteristikalari quyidagi formulalar bilan ifodalanadi.

$$\omega = (U - I R) / [kF (I)] \quad (2.9)$$

$$\omega = U / [kF (I)] - M R / [kF (I)]^2 \quad (2.10)$$

Dvigatel mustaqil va o'z-o'zini qo'zg'atishli dinamik, teskari ulanishli va rekuperativ rejimlarni amalga oshiradi.

Masala 1. O'zgarmas tok dvigatelini elektrodinamik usulda tormozlab to'xtatish uchun uning yakoriga qanday qiymatdagi qarshilik kiritilishi aniqlansin.
Dvigatelni texnik ko'rsatkichlari:

$$I_n = 132 \text{ A}; \quad U_n = 220 \text{ V}; \quad R_{ya} = 0,116 \text{ Om}$$

Echish:

Dvigatelni tez to'xtatish uchun tormozlash momentining qiymati mumkin qadar katta bo'lishi kerak. Buning uchun ishga tushirish toki qiymatini $I_{it} = 2,5 \cdot I_n = 2,5 \cdot 132 = 330 \text{ A}$ ga teng deb qabul qilinadi. Dinamik qarshilik qiymati quyidagicha aniqlanadi.

$$R_d = (E_m / I_{it}) - R_{ya} = (220 / 330) - 0,116 = 0,544 \text{ Om}.$$

Masala 2. O'zgarmas tok dvigateli teskari ulanish rejimida $I_{ya} = 100 \text{ A}$ tok va $n = 1000 \text{ aylG'min}$ tezlik bilan ishlaydi. Dvigatelni texnik ko'rsatkichlari:

$$I_n = 132 \text{ A}; \quad U_n = 220 \text{ V}; \quad n_n = 1500 \text{ ayl / min}; \quad R_{ya} = 0,116 \text{ Om}.$$

Dvigatel yakoriga kiritiladigan tashqi qarshilikning qiymati aniqlansin.

Echish:

Yakor zanjirining umumiy qarshiligi quyidagicha aniqlanadi.

$$R = \frac{U_u - E}{I_{\pi}} = \frac{U_n - C_E \cdot n}{I_{\pi}} = \frac{220 - 0,136 \cdot 1000}{100} = 0,84 \text{ Om}.$$

bu yerda:

$$S_E = \frac{U_u - I_n \cdot R_{\pi}}{n_n} = \frac{220 - 132 \cdot 0,116}{1500} = 0,136 \frac{\text{B}}{\text{айл / мин}}$$

Yakor zanjiriga kiritiladigan tashqi qarshilik

$$R_t = R - R_{ya} = 0,84 - 0,116 = 0,724 \text{ Om}.$$

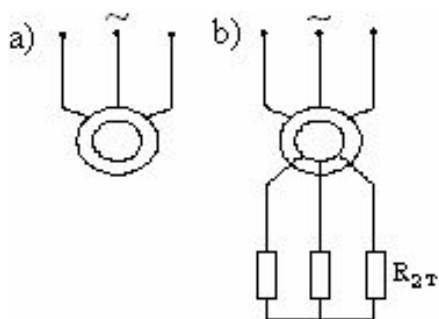
Nazorat savollari

1. Mexanik va elektromexanik xarakteristika deb qanday bog'lanishlarga aytiladi?
2. Dvigatellarni energetik rejimlari qanday aniqlanadi va ularga tushuncha bering.
3. Dvigatelning yurgizish toki qanday chegaralanadi?
4. Reostat xarakteristika nima?
5. MS MU UTD ni tormozlash usullariga tushuncha bering.
6. MS KKU UTD ni mexanik va elektromexanik xarakteristikalarini chizing va tushuntirib bering.
7. AU UTD ni ulanish va magnitlanish sxemasini tushuntirib bering.

3. O'zgaruvchan tok dvigatellarning elektromexanik xususiyatlari

3.1. Asinxron dvigatellar

Asinxron dvigatellar (AD) stator va rotor chulg'amlariga ega va ular qisqa tutashtirilgan va faza rotorli bo'lishi mumkin. Rasm 3-1-da asinxron dvigatelni ulanish sxemalari keltirilgan. Rasmda tashqi aylana stator chulg'ami, ichki aylana rotor chulg'ami, R_{2T} rotor chulg'amiga ulangan qo'shimcha qarshilik.



Rasm 3-1. AD ulanish rotorli

sxemalari. a-qisqa tutashtirilgan

b-faza rotorli.

Stator chulg'ami yulduz yoki uchburchak usulida ulanishi mumkin. Stator chulg'ami tarmoqqa ulanganida aylanuvchi magnit maydon hosil bo'ladi. Uning burchak tezligi quyidagicha ifodalanadi va sinxron tezlik deyiladi.

$$\omega_0 = 2\pi \cdot f / r \quad (3.1)$$

bu yerda: f - tok chastotasi, r - juft qutblar soni.

Rotor burchak tezligining stator magnit maydonining aylanish tezligidan orqada qolishi rotorning sirpanishi deyiladi va u quyidagicha ifodalanadi.

$$S = (\omega_0 - \omega) / \omega_0 \quad (3.2)$$

bu yerda: ω – rotorning burchak tezligi. AD ni ishlash jarayonida sirpanish qiymati 0 dan 1 gacha o'zgaradi, AD ni ishga tushirish paytida rotorning burchak tezligi $\omega = 0$ bo'lgani uchun $S = 1$ bo'ladi. AD ni nominal sirpanishi (3 - 6)% ni tashkil etadi.

Stator toki 3 fazali AX uchun quyidagi tenglama bilan ifodalanadi

$$I_n = P_n / \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n \quad (3.3)$$

bu yerda: P_n – nominal quvvat, U_n - nominal kuchlanish, $\cos\varphi_n$ – nominal quvvat koeffitsienti, η_n – nominal FIK

3.2. Asinxron dvigatellarning harakatlanish rejimidagi mexanik xarakteristikalar

Asinxron dvigatel (AX) elektr tarmoqqa ulanganida tezligi M_n dan egri chiziq bo'yicha (rasm 3-2) ortib, sirpanish kamaya boradi va sirpanish $S = 0$ bo'lganida $\omega = \omega_0$ bo'ladi. Rasm 3-13 da M_{kr} -kritik moment, S_{kr} -kritik sirpanish deyiladi va quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$\text{Kritik moment} \quad M_{kr} = \lambda \cdot M_n \quad (3.4).$$

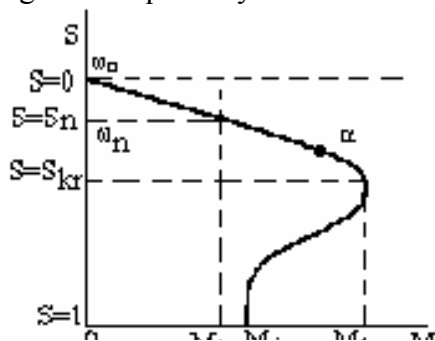
bu yerda: $\lambda = 1,7 \div 2,4$ - dvigatelning yuklanish qobiliyati deyiladi.

$$\text{Kritik sirpanish} \quad S_{kr} = S_n \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) \quad (3.5).$$

(3.4) va (3.5) tenglamalarga asosan mexanik xarakteristika tenglamasi quyidagicha yoziladi:

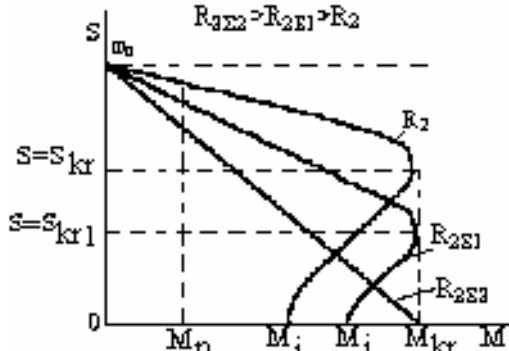
$$M = 2 \cdot M_{kr} / (S / S_{kr} + S_{kr} / S) \quad (3.6)$$

Xarakteristikaning $S = 0$ dan $S = S_{kr}$ gacha qismi turg'un qism deyiladi, $S = 1$ dan $S = S_{kr}$ gacha qismi esa turg'unmas qism deyiladi.



Rasm 3-2. AD ning tabiiy mexanik xarakteristikasi.

AD ning ishga tushish xossalari boshlang'ich ishga tushirish momenti M_i va boshlang'ich ishga tushirish toki I_i ($S = 1$) qiymatlari bilan baholanadi. Ishga tushirish xarakteristikalarini yaxshilash uchun ishga tushirish vaqtida rotor chulg'ami aktiv qarshiligini oshirish kerak. Bunda aylantiruvchi moment ortadi va ishga tushirish toki kamayadi.

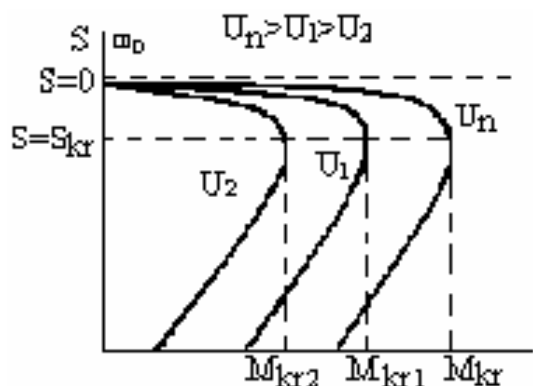


Rasm 3-3. AD ning reostat mexanik xarakteristikalarini.

Rotor zanjiridagi qarshilik $R_{2\Sigma}$ oshirilganida kritik momentlar M_{kr} bir xil, ishga tushirish momentlari M_i har xil bo'ladi va xarakteristikalar ω_0 da tutashadi (rasm 3-4).

Kritik sirpanish esa rotor zanjiridagi qarshilikka mos ravishda ortadi.

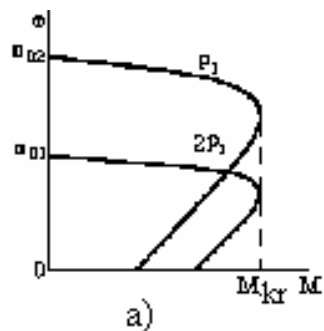
Kuchlanish o'zgartirilganida AD ning kritik va ishga tushirish momentlari har xil bo'ladi va xarakteristikalar $\omega = \omega_0$ da tutashadi. Kritik sirpanish o'zgarmasdan qoladi (rasm 3-4). AD ni burchak tezligi tok chastotasiga mutanosib ravishda o'zgaradi.



Rasm 3-4. AD ning har xil kuchlanishlardagi mexanik xarakteristikalarini.

Tok chastotasi f o'zgartirilganda AD ni salt yurish tezligi ω_0 mutanosib ravishda o'zgaradi.

Kuchlanish (U) va tok chastotasi (f) o'zgarmas bo'lganda va AD ning juft qutblar soni (p) o'zgartirilganida burchak tezligi $\omega_0 = 2\pi \cdot f / R$ ga asosan ya'ni, juft qutblar soniga nomutanosib ravishda o'zgaradi.



Rasm 3-5. Juft qutblar soni ikki marta o'zgartirilganida AD mexanik xarakteristikalarini.

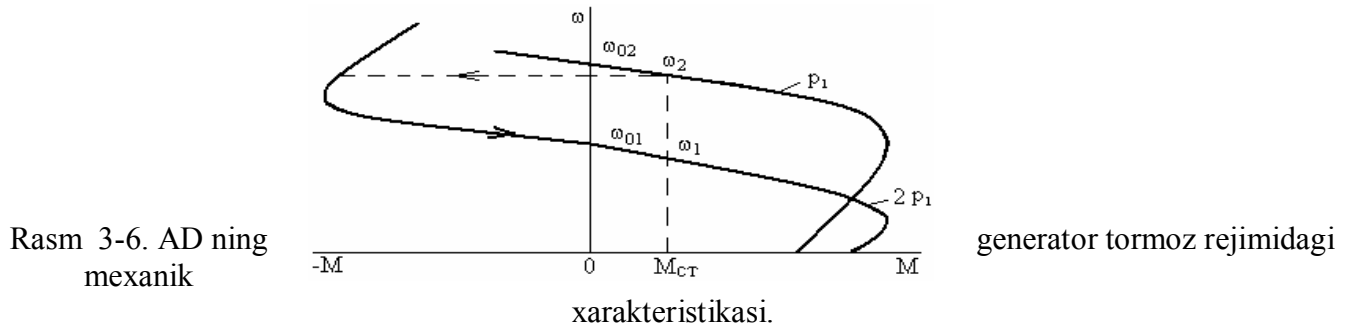
Ikki tezlikli AD momenti $M = \text{const}$ (a) va quvvat $R_{q\text{const}}$ (b) bo'lganidagi mexanik xarakteristikalarini rasm 3-5 dagi ko'rinishga ega bo'ladi.

3.3. Asinxron dvigatellarning tormozlash rejimlaridagi mexanik xarakteristikalarini

Asinxron dvigatellar (AD) generator (rekuperativ), teskari ulanish va elektrodinamik tormoz rejimida ishlashi mumkin.

Generator tormoz rejimi. Agar ishlab turgan AD ning tashqi kuch yordamida sinxron tezlikdan yuqori tezlik bilan aylantirilsa, ya'ni $\omega > \omega_0$ va $S < 0$, bo'lganida u generator rejimiga o'tib ishlay boshlaydi. Bunda AD tarmoqqa aktiv energiya uzatadi.

Rasm 3-6 da ko'rsatilganidek juft qutblar soni ortganida mexanik xarakteristikalar o'xshash o'zgaradi, tezliklari esa mos ravishda kamayadi.



Masala 1. Asinxron dvigatelni mexanik xarakteristikasini hisoblang va chizing. Asinxron dvigatelni texnik ko'rsatkichlari:

$$R_n = 13 \text{ kVt}; n_n = 1450 \text{ ayl/min}; \omega_n = 151 \text{ rad/s}; \lambda_m = 2; R = 2;$$

$$f_n = 50 \text{ Gts.}$$

Echish:

1. Ideal salt xarakatlanish tezligini aniqlaymiz

$$\omega_0 = 2\pi f_n / R = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 / 2 = 157 \text{ rad/s.}$$

2. Nominal momentni aniqlaymiz

$$M_n = R_n / \omega_n = 13000 / 151 = 86,1 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

3. Nominal sirpanishni aniqlaymiz

$$S_n = (\omega_0 - \omega_n) / \omega_0 = (157 - 151) / 157 = 0,04$$

4. AD ni kritik momentini aniqlaymiz

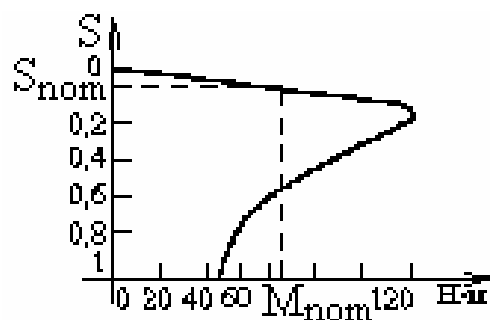
$$M_k = \lambda_m \cdot M_n = 2 \cdot 86,1 = 172,2 \text{ N} \cdot \text{m}$$

5. AD ni kritik sirpanishini aniqlaymiz

$$S_k = S_n (\lambda_m + \sqrt{\lambda_m^2 - 1}) = 0,04 (2 + \sqrt{4 - 1}) = 0,15$$

6. Aniqlangan qiymatlarni (M_k , S_k) quyida keltirilgan formulaga qo'yamiz va sirpanish (S) ni 0 dan 1 gacha o'zgartirib formuladan AD momentini aniqlaymiz. Olingan natijalar bo'yicha mexanik xarakteristikani chizamiz.

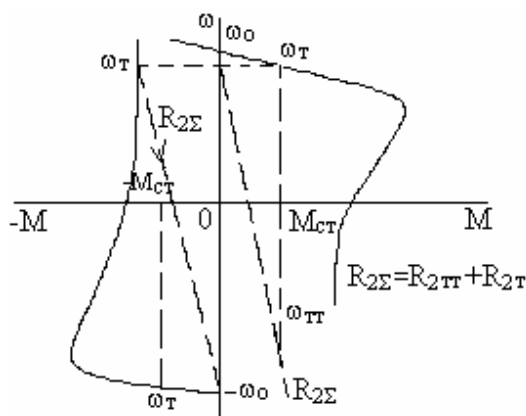
$$M = \frac{2M_k}{S/S_k + S_k/S} = \frac{2 \cdot 172,2}{S/0,15 + 0,15/S} = \frac{344,2}{S/0,15 + 0,15/S}$$



AD ni mexanik xarakteristikasi.

Teskari ulab tormozlash. Ishlab turgan dvigatelni teskari ulash rejimiga o'tkazish uchun, statorning ikki faza o'rinlarini almashlab-ulagich orqali almashtirib, ularni yana shu elektr tarmog'iga ulash kerak. Bunda, rotor zanjiriga, uning ishga tushirish qarshiligidan tashqari qo'shimcha aktiv qarshilik kiritiladi. Natijada, rotor aylanishiga teskari yo'nalgan tormozlovchi moment hosil bo'lishi sababli dvigatel tormozlanib to'xtaydi. Bunda dvigatel elektr tarmog'idan ajratilmasa va uning momenti M_{st} dan katta bo'lsa, u xolda dvigatel teskari tomonga aylana boshlaydi, $-\omega_t$ nuqtada esa u turg'un rejimda ishlay boshlaydi (rasm 3-7).

Teskari ulab tormozlashda rasm 3-7 da ko'rsatilganiday tezlik I-kvadrant xarakteristikasidan, II-kvadrantga o'tib (tezlik ω_t) egri chiziqli bo'yicha kamayadi va $\omega=0$ bo'lganida tarmoqdan uziladi. Agar uzilmasa IV-kvadrantda I-kvadrantdagi xarakteristika takrorlanadi va tezlik $\omega=-\omega_0$ bo'ladi.



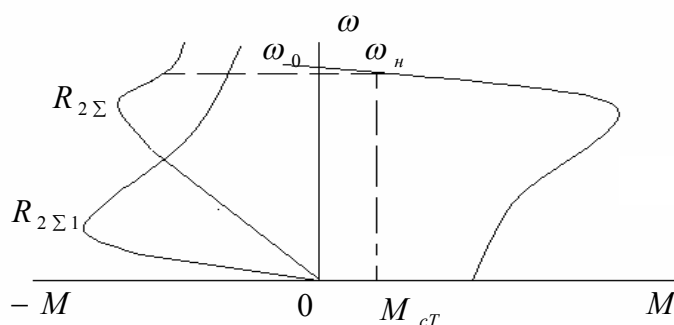
Rasm 3-7. Teskari ulab

tormozlash xarakteristikalarini.

Dinamik tormozlash.

Dinamik tormozlash dvigatel o'zgaruvchan tok tarmog'idan uzilib, stator chulg'amlari o'zgarmas tok tarmog'iga ulanganida amalga oshadi. Stator chulg'amlaridan o'zgarmas tok o'tganda qo'zg'almas magnit maydon hosil bo'lib, uning ta'sirida aylanayotgan rotor chulg'amida o'zgaruvchan tok hosil bo'ladi. Bu tokning magnit maydoni stator magnit maydoni bilan o'zaro ta'sirlanib tormozlanish momentini hosil qiladi. Rotor to'xtaganida $\omega=0$, rotor toki va moment 0 ga teng bo'ladi. Shuning uchun hamma xarakteristikalar bir nuqtada uchrashadi (rasm 3-8).

Rasm 3-8. Dinamik tormozlash xarakteristikasi.



3.4. Sinxron dvigatelning (SD) mexanikaviy va burchak xarakteristikalarini

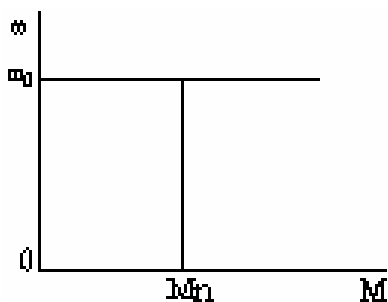
Sinxron dvigatelning statorida uch fazali chulg'ami bo'lib, rotorining po'lat o'zagiga qo'zg'atuvchi va qisqa tutashtirilgan chulg'amlar joylashtirilgan bo'ladi. Qo'zg'atuvchi chulg'amga o'zgarmas tok berilib asosiy magnit maydoni hosil qilinadi. Qisqa tutashtirilgan chulg'am bilan sinxron dvigatelni asinxron usulda ishga tushirish imkonini olinadi.

SD ni statoriga uch fazali tok berilsa, $n_1 q60fG^p$ tezlik, bilan aylanuvchi magnit maydoni hosil bo'ladi. Bu maydon rotorining qisqa tutashtirilgan chulg'amida EYuK va tok hosil qiladi. Natijada aylantirish momenti hosil bo'lib, uning ta'sirida rotor asinxron tezlik bilan aylana boshlaydi. Agar shu paytda rotorning asosiy chulg'amiga o'zgarmas tok berilsa, uning magnit maydoni bilan statorning

aylanuvchi magnit maydonining o'zaro ta'siri natijasida sinxronlovchi moment hosil bo'ladi. Bu moment rotorni n_1 sinxron tezlik bilan aylanishga majbur etadi. Dvigatel sinxron tezlik bilan aylangani uchun sinxron dvigatel deyiladi.

SD lardan tezligi rostlanmaydigan katta quvvatli nasoslar, kompressor ventilyator kabi mexanizmlarni yuritmalarida foydalaniladi.

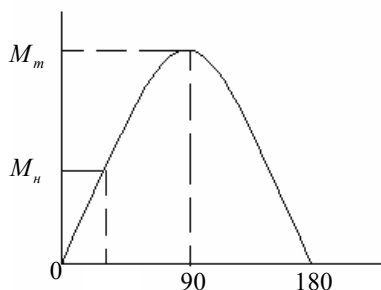
Aylantiruvchi momentning o'zgarishi bilan $n_{q60fG'pqconst}$ bo'lgani sababli sinxron dvigatelni mexanik xarakteristikasi abstsissa o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq bilan ifodalanadi, ya'ni uni aylanish chastotasi yuklamaga bog'liq bo'lmaydi (rasm 3-9).



SD ning aylantiruvchi momentining θ burchakka bog'lanishni ifodolovchi $M = f(\theta)$ egri chiziq SD ning burchak xarakteristikasi deyiladi.

Rasm 3-9 sinxron dvigatelning mexanik xarakteristikasi.

Bunday xarakteristika $M_{em} = M_m \sin \theta$ formula bilan ifodalanadi. Rasm 3-10 da SD ni burchak xarakteristikasi keltirilgan.



Rasm 3-10. SD ning burchak xarakteristikasi.

Xarakteristikaning $\theta = 0 \div 90^\circ$ gacha bo'lagi uning turg'un, $\theta = 90 \div 180^\circ$ gacha bo'lagi esa beqaror

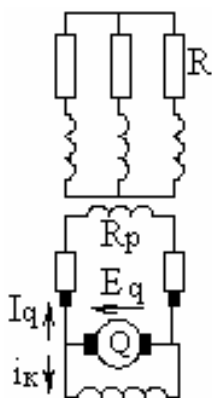
qismi deyiladi. Xarakteristikaning turg'un qismida dvigatelning yuklamasi ko'payishi bilan θ burchagining qiymati ortib boradi. Bunda SD ning aylantiruvchi momenti ham qarshilik momentiga tenglashguncha o'z-o'zidan ortib boradi. Qarshilik momenti aylantiruvchi momentning maksimal qiymatida bir oz ortishi bilan $\theta > 90^\circ$ bo'lib SD ning aylantiruvchi momenti kamayib boradi va momentlar muvozanati tiklana olmay dvigatel o'z-o'zidan to'xtab qoladi. SD yuklamasining tasodifan keskin o'zgarishini hisobga olib, θ burchakning nominal qiymati $25-30^\circ$ ga teng qilib olinadi. SD ning yuklanish qobiliyati quyidagicha bo'ladi.

$$\lambda = \frac{M_m}{M_n} = 2 \div 2,5 \quad (3.7)$$

3.5. Sinxron dvigatelni tormozlab to'xtatish usullari

Sinxron dvigatellarni tezda to'xtatish uchun teskari ulanish va elektrodinamik usullarni qo'llash mumkin. Ammo teskari ulanishda statordan katta tok o'tishi hamda chastota nol bo'lishi bilan uni elektr tarmoqdan darxol ajratadigan qimmatbaho asboblarning kerak bo'lgani tufayli teskari ulanish bilan tormozlash usuli amalda deyarli qo'llanilmaydi.

Rasm 3-11. Sinxron dvigatelni elektrodinamik usulda tormozlash sxemasi.



Elektrodinamik usul bilan tormozlash uchun ishlab turgan dvigatel statorini elektr tarmoqdan ajratib, uni tashqi aktiv qarshilikka ulash kerak. Bunda rotor chulg'amini o'zgarmas tok bilan ta'minlab turishni davom ettirish lozim.

Natijada, sinxron dvigatel o'zgaruvchan chastotali sinxron generator rejimiga o'tib, tormozlovchi moment ta'sirida tezda to'xtaydi.

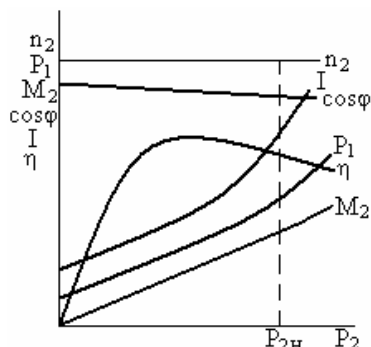
Dvigatelning bu rejimida hosil bo'luvchi tormozlash momentining qiymati stator chulg'amiga kiritilgan R_t va qo'zg'atish zanjiridagi tok qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Agar dinamik tormozlash jarayonida rotor chulg'amiga beriladigan o'zgaras tok alohida o'rnatilgan qo'zg'atgichdan olinsa, u xolda, dvigatel tez to'xtaydi, dvigatel validagi aylanadigan qo'zg'atgichdan olingan taqdirda esa chastota kamayishi bilan ya, I qiymatlari ham kamayib boradi. Bu esa tormozlovchi moment qiymatini kamaytirib, to'xtatish vaqtini uzaytirib yuboradi.

3.6. Sinxron dvigatelning ish xarakteristikalarini

n , R_1 , $\cos\varphi$, I , η va M_2 qiymatlarining dvigatel validagi foydali quvvat R_2 ga bog'lanishini ifodalovchi grafiklar sinxron dvigatelning ish xarakteristikalarini deb ataladi.

Bunda n -dvigatel valini aylanish tezligi.



Rasm 3-12 . Sinxron dvigatelning ish xarakteristikalarini.

Uning qiymati yuklamaga bog'liq bo'lmay, o'zgaras, ya'ni $n = \text{const}$ bo'ladi; $R_1 = R_2 + \Delta R$ – dvigatelga berilgan quvvat; $\cos\varphi$ -quvvat koeffitsientining qiymati bo'lib, yuklamaning ko'payishi bilan bir ozgina kamayadi; I -stator chulg'amidagi tok bo'lib, yuklama ko'payishi bilan $\cos\varphi$ bir oz kamaygani uchun uning qiymati R_1 ga nisbatan tezroq o'zgaradi; η -foydali ish koeffitsienti, uning eng yuqori qiymati nominal yuklamaning $(0.5 \div 0.75) R_n$ qiymatida sodir bo'ladi; $M_2 q \frac{P_2}{\omega}$ dvigatel validagi aylantiruvchi foydali moment bo'lib, uning qiymati o'qsonst bo'lgani uchun R_2 ga mutanosib ravishda o'zgaradi. Rasmda sinxron dvigatelning ish xarakteristikalarini ko'rsatilgan.

Nazorat savollari

1. AD ga tushuncha bering.
2. Sinxron aylanish tezligi, sirpanish va stator toki qanday aniqlanadi?
3. AD mexanik xarakteristikasi qanday qismlardan iborat?
4. MS AD ning mexanik xarakteristikasi qaysi parametrlarga asosan ko'riladi?
5. AD ning burchak tezligi qarshilik, kuchlanish chastota va juft qutblar soniga qanday bog'liq?
6. AD ni generator, teskari ulash, elektrodinamik rejimlarida tormozlashlar qanday bajariladi?
7. SD to'g'risida tushuncha bering.
8. SD ning mexanik xarakteristikasi qanday ko'rinishga ega?
9. MS SD ning burchak xarakteristikasi nimani tasvirlaydi?
10. SD ning tormozlash usullarini tushuntiring.

4. Elektr yuritma tezligini rostdash

4.1. Tezlikni rostdash to'g'risida umumiy tushuncha

Ishlab chiqarishda mashina va mexanizmlarni ijro organlarining harakat tezligi, ya'ni ijro organlari harakatining turli tezliklari, tezlikni belgilangan qiymatlaridagi barqarorligi, shuningdek ixtiyoriy o'zgaruvchan vazifa signaliga yoki oldindan belgilangan dasturga mos ravishda tezlikni o'zgarishini ta'minlash elektr yuritmalar yordamida ta'minlanadi. Ijro organining harakat tezligini mexanik uzatma yoki dvigatel yordamida o'zgartirish mumkin.

Mexanik uzatma yordamida tezlikni o'zgartirish uchun mexanik uzatmani uzatishlar soni o'zgartiriladi (dvigatelni aylanishlar soni doimiy bo'lganda), bu usul rostdashni mexanik usuli deyiladi. Mexanik usulni amalga oshirish uchun uzatish qutlari, variatorlar va elektromagnit muftalardan foydalaniladi. Bu usulni texnologik jarayonlarni avtomatlashtirishdagi murakkabligi, ishonchliligi va tejamliligini pastligi sababli undan kam foydalaniladi.

Zamonaviy elektr yuritmalarda tezlikni rostlashni elektr usulidan (dvigatelga ta'sir utkazish natijasida) foydalaniladi. Bu usul, o'zining rostlash imkoniyatini kengligi, soddaligi va avtomatlashtirish sxemalarida ishlatishni qulayligi va tejamliligi bilan ajralib turadi. Shuning uchun zamonaviy ishlab chiqarish mashina va mexanizmlarida ijro organlarining harakatini boshqarish, asosan elektr dvigatelga uning boshqarish tizimi yordamida maqsadga yo'naltirilgan ta'sir orqali erishiladi.

Tezlikni rostlash quyidagi ko'rsatkichlar bilan baholanadi:

1. *Rostlash diapazoni* D-dvigatel validagi yuklamani berilgan chegarasida maksimal $\omega_{\max}$ va minimal $\omega_{\min}$ tezliklarni nisbati bilan aniqlanadi, $Dq\omega_{\max} G'\omega_{\min}$;
2. *Rostlash ravonligi*. U rostlashdagi ikki yonma-yon (I va i-1) burchak tezliklari qiymatlarining nisbati bilan topiladigan rostlashning ravonlik koeffitsienti bilan aniqlanadi, $K=\omega_i/\omega_{i-1}$;
3. *Tezlik stabilligi (barqarorligi)* dvigatel tezligini, uning validagi yuklama momentini belgilangan chetga chiqish orqali o'zgarishi bilan xarakterlanadi va mexanik xarakteristikalarni bikrligi bilan aniqlanadi;
4. *Tezlikni rostlash yo'nalishi* olinayotgan sun'iy xarakteristikalarni tabiiy xarakteristikaga nisbatan joylashishi bilan aniqlanadi;
5. *Tezlikni rostlashning iqtisodiy tejamliligi*. Avtomatlashtirilgan elektr yuritmani yaratish va uni ishlatish uchun qilingan kapital sarflar va rostlashdagi quvvat yo'qotishining qiymatini taqqoslash orqali baholanadi.

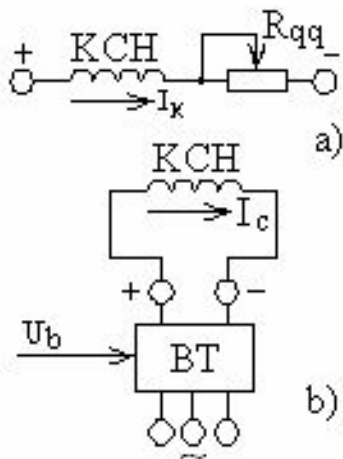
4.2. O'zgarmas tok elektr yuritma tezligini rostlash

O'zgarmas tok elektr yuritmalarida dvigatel tezligini yakor zanjiridagi qarshilik miqdori, qo'zg'atuvchi magnit oqimi va yakor zanjiri kuchlanishini o'zgartirish usullari bilan rostlash mumkin.

Dvigatel tezligini yakor zanjiridagi qarshilik miqdorlarini o'zgartirish yordamida rostlash o'zini soddaligi bilan ajralib turadi va amalda keng qo'llaniladi. Ma'lumki, dvigatelni salt yurish tezligi $\omega_0=U/(kF)$ yakor zanjiridagi rezistor qarshiligiga bog'liq bo'lmaydi, tezlikni o'zgarishi (pasayishi) esa $\Delta\omega = IR / (kF)$ yakor zanjiridagi rezistor qarshiligiga bog'liq (Rasm 4.1) va qarshilik qancha katta bo'lsa, shunga ortadi. Yakor zanjiridagi rezistor qarshiligini (R) o'zgarishi bilan (bunda $I_n \ll I_{onst}$) dvigatel nominal burchak tezligini (ω_n) o'zgartiriladi.

Bu usulda tezlik rostlanganda tezlikni rostlash diapazoni unga katta bo'lmaydi. Tezlikni rostlash yo'nalishi tabiiy xarakteristikadan pastga bo'ladi. Tezlikni rostlash ravonligi R ning o'zgarish xarakteriga bog'liq bo'ladi, odatda bu usul tezlikni bosqichli rostlashni ta'minlaydi.

Tezlikni barqarorligi rostlash diapazonini ortishi bilan kamaya boradi. Tezlikni ideal salt yurish tezligiga nisbatan ikki marta kamaytirilganda ($D=2:1$) tarmoqdan iste'mol qilinayotgan butun quvvatning yarmi dvigateldagi quvvat yo'qotishini qoplash uchun sarflanadigan, ya'ni FIK 50 foizdan ortmaydi, rostlash diapazonini ortishi bilan esa, u yana ham ko'p darajada kamayadi.



Rasm 4-1 . Mustaqil qo'zg'atishli UTD ni qo'zg'atish tokini rostlash sxemalari: a-qo'zg'atish chulg'ami zanjiriga rezistor ulash orqali, va b-boshqariladigan to'g'rilagich (BT) orqali.

Dvigatel tezligini magnit oqimini o'zgartirish bilan rostlash usuli elektr yuritmalarda, o'zining soddaligi va tejamli bo'lganligi uchun keng qo'llaniladi. Bu usulda magnit oqimi nominalga nisbatan qo'zg'atish toki kuchini ozaytirish hisobiga kamaytiriladi. Qo'zg'atish tokini rostlash uchun qo'zg'atish zanjiriga qo'shimcha qarshilik (R_{kk}) ulash yoki qo'zg'atish chulg'amini boshqariladigan to'g'rilagich (BT) orqali kuchlanish bilan ta'minlash lozim. To'g'rilagichni chiqish signali (U_{chik})

boshqarish signali (U_{bosh}) orqali rostlanadi. Bu sxema berk boshqarish tizimli elektr yuritmalarda ishlovchi katta quvvatli dvigatellarni qo'zg'atish tokini keng ko'lamda rostlash uchun qo'llaniladi.

Rasm 4-1 da UTD ni qo'zg'atish tokini rostlash sxemalari ko'rsatilgan. Ushbu rostlash usulini ko'rsatkichlari quyidagicha:

- tezlikni rostlash diapazoni – $D = 3-4:1$;
- tezlikni rostlash diapazoni – tabiiy xarakteristikadan yuqoriga;
- tezlikni rostlash ravonligi – qo'zg'atish tokini rostlash ravonligi bilan aniqlanadi;
- tezlikni barqarorligi – ancha yuqori, u magnit oqimini pasayishi bilan kamayadi;
- usul texnik – iqtisodiy tejamli, uni amalga oshirish katta kapital sarflarni talab qilmaydi, bu usulda sezilarli quvvat yo'qotishlar kuzatilmaydi.

4.3. O'zgartirgichlar va maxsus sxema yordamida o'zgaruvchan tok elektr yuritmalar tezligi rostlash

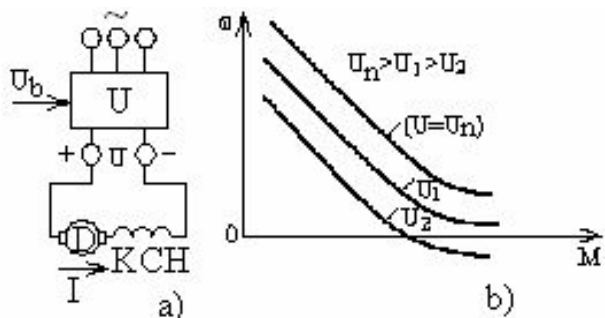
O'zgaruvchan tok elektr yuritmalar tezligini o'zgartirgichlar va maxsus sxemali «generator-dvigatel», «tiristorli o'zgartirgich-dvigatel» tizimlari yordamida rostlanadi.

Dvigatel tezligini kuchlanishni o'zgartirgich yordamida rostlash.

Dvigatel tezligini kuchlanishni o'zgartirish orqali rostlash sxemasi (a) va turli kuchlanishlarga mos keluvchi mexanik xarakteristikalari (b) rasm 4–2 da keltirilgan.

Sxemada kuchlanishi rostlanadigan o'zgartirgich (U) qo'llanilgan. O'zgartirgichni chiqish kuchlanishi (U_{chik}) kirishdagi boshqaruv signalini (U_{bosh}) o'zgarishiga mos ravishda rostlanadi.

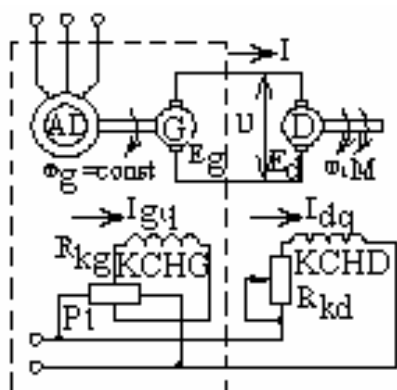
Kuchlanishni kamayishi bilan $\omega q(U-IR)G'kF(I)$ ifodaga mos ravishda UTD ning burchak tezligi ham kamayadi va xarakteristikalar tabiiy xarakteristikalariga nisbatan quyida joylashadi, bunda xarakteristikalarning bikrligi o'zgarmaydi.



Rasm 4-2 . Ketma-ket qo'zg'atishli UTD tezligini kuchlanishni o'zgartirish orqali rostlash sxemasi (a) va mexanik xarakteristikalari (b).

«Generator–dvigatel» tizimi. Bu tizimda dvigatel (D) yakori generorga (G) bevosita ulanadi, generator o'zining harakatlantiruvchi dvigateli (AD) bilan birgalikda elektr mashinali o'zgartirgichni (U) hosil qiladi.

Rasm 4-3 . «Generator–dvigatel» tizimining sxemasi.



Dvigatelni istalgan tezligi yakorga berilgan kuchlanishni qiymatini o'zgartirish orqali olinadi. Generator EYuK sini (E_r) o'zgartirish uchun generatorni magnit oqimi generatorni qo'zg'atish

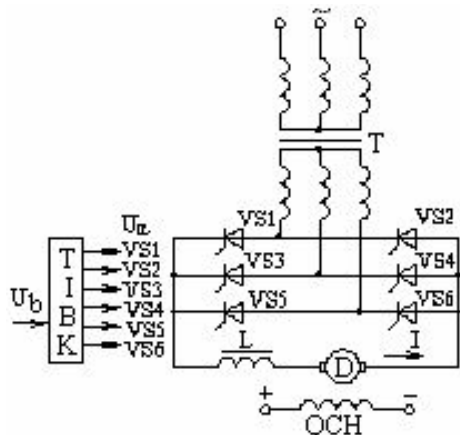
chulg'amidagi (GKCh) tokni rostlash orqali amalga oshiriladi. Ushbu tizimda kuchlanishni rostlash, UTD ning magnit oqimiga ta'sir ko'rsatish bilan birgalikda ham olib borilishi mumkin, bunda tezlikni ikki zonali rostlash ta'minlanadi.

«Generator–dvigatel» tizimining asosiy afzalliklari dvigatel tezligini rostlashning katta diapazoni va ravonligi, xarakteristikaning yuqori bikrligi va chiziqliligi, barcha ish rejimlarini (dvigatelni) hosil qilish mumkinligi, shu jumladan rekuperativ to'xtatishni ham. Bu tizim quyidagi kamchiliklarga ega: elektr mashinalar umumiy quvvatini uch barobar ko'payganligi, FIK ning pastligi, rostlash jarayonining inertsiyaga ega ekanligi va ishlashidagi shovqin.

«Tiristorli o'zgartkich – dvigatel» tizimi. Zamonaviy o'zgaruvchan tok elektr yuritmalarda o'zgartirgichlarning asosiy turi yarim o'tkazgichli statik o'zgartirgichlar, bulardan birinchi navbatda tiristorli o'zgartirgichlar ishlatiladi. Ishlab chiqarish va sanoatda tiristorli o'zgartirgichlardan keng foydalaniladi. Ular o'zgaruvchan tokni to'g'rilash, o'zgarmas tokni invertorlash, tok chastotasini o'zgartirish uchun ishlatiladi. Tiristorli o'zgartirgichlar yordamida o'zgarmas tok dvigatellarga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirib dvigatelni aylanish tezligi hamda asinxron dvigatellarga berilayotgan o'zgaruvchan tok chastotasini o'zgartirib asinxron dvigatelni aylanish tezligi boshqariladi.

«Tiristorli o'zgartirgich – o'zgarmas tok dvigatel» tizimi. Bunday tizimda elektr dvigatel tezligini boshqarish sxemasi rasm 4-4 da keltirilgan. Sxemada uch fazali ko'priqli to'g'rilagichdan foydalanilgan. Boshqariluvchi ventil sifatida tiristordan foydalanilgan. Tiristorlarning ochilish burchagini (α) boshqarish TIBK (to'g'rilagich ishini boshqarish qurilmasi) yordamida amalga oshiriladi. Boshqarish burchagi $\alpha < 60^\circ$ bo'lganida to'g'rilangan kuchlanish uzluksiz bo'ladi va kuchlanishning qiymati $U = U_0 \alpha$ bilan ifodalanadi. $\alpha > 60^\circ$ bo'lganda to'g'rilangan kuchlanish uzlukli bo'ladi va kuchlanishning qiymati quyidagicha ifodalanadi:

$$U = U_0 \left[1 + \cos \left(\frac{\pi}{3} + \alpha \right) \right]. \quad (4.1)$$

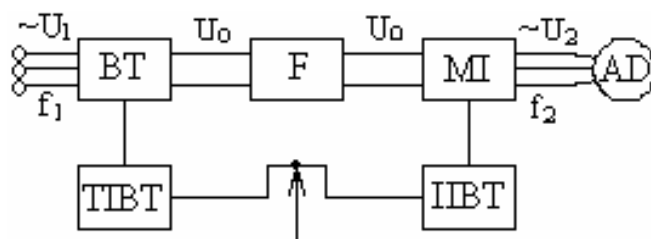


Rasm 4-4 . Ko'priqli noreversiv boshqariladigan to'g'rilagichli EYu sxemasi.

Bu yerda U_0 -uch fazali boshqarilmaydigan to'g'rilagichning chiqishidagi kuchlanish. Boshqarish burchagini (α) o'zgartirish orqali to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanishni (dvigatel yakoriga berilayotgan) o'zgartirib dvigatel tezligini rostlash mumkin.

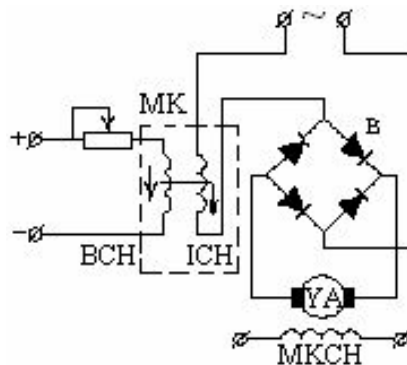
«Tiristorli chastota o'zgartirgich – asinxron dvigatel» tizimi. Tiristorli chastota o'zgartirgich – asinxron dvigateldan iborat elektr yuritmani sxemasi rasm 4-5 da ko'rsatilgan. Bu tizimda asinxron dvigatelni tezligini rostlash kontaktsiz apparatlar vositasida bajariladi. Buning uchun sanoat chastotasi $f=50$ Gts ga teng bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanish ($\sim U$), boshqarish to'g'rilagichi (BT) orqali o'rtacha qiymati rostlanuvchan o'zgarmas kuchlanishga (U_0) aylantiriladi. U_0 fil tr (F) orqali tekislanib mustaqil invertorga (MI) beriladi. Tiristorning boshqarish elektrodvigelga beriladigan musbat impulsar yordamida MI dan asinxron dvigatelga turli chastotaga ega bo'lgan uch fazali kuchlanish (U) beriladi va shu bilan uning tezligi rostlanadi.

Sxemadagi TIBT (to'g'rilagich ishlashini boshqarish qurilmasi) va IIBT (invertor ishlashini boshqarish qurilmasi) asinxron dvigatelga berilayotgan kuchlanish va chastotani keng oraliqda boshqarish imkonini beradi. Zamonaviy mikroprotsessorlar bilan boshqariladigan TIBT va IIBT lar yordamida dvigatel tezligini dasturli boshqarish imkoniyati ham tug'ildi. Bunday tizimlar quyidagi afzalliklarga ega: Tezlikni rostlashning ravonligi va keng diapazoni, sun'iy xarakteristikalarini yuqori bikrligi, FIK ning yuqoriligi (0,9-0,92), ishida shovqin yo'qligi, xizmat ko'rsatish va ishlatishni soddaligi. Bu tizimni asosiy kamchiligi uning qurilmalarini qimmatbaholiligi, ishchi kuchlanish va chastotalarining yuqori qiymati chegaralanganligi.



Rasm 4-5. «Tiristorli chastota o'zgartirgich-asinxron dvigatel» tizimi.

«Magnit o'zgartirgich-dvigatel» tizimi. Magnit kuchaytirgichni yarim o'tkazgichli to'g'rilagich bilan birgalikda kuchlanishni boshqaradigan o'zgartirgich sifatida qo'llab dvigatellarni tezligini rostdashda foydalanish mumkin. Rasm 4-6 da dvigatel tezligini magnit kuchaytirgichli o'zgartirgich bilan rostdash sxemasi keltirilgan.



Rasm 4-6. MU UTD bilan rostdash sxemasi.

tezligini magnit kuchaytirgichli o'zgartirgich

Sxemani ishlash printsipti quyidagicha: Boshqarish chulg'amiga (BCh) o'zgarmas tok berilmaganda ishchi chulg'amning (ICH) induktivligi maksimal qiymatga ega bo'ladi. Shu sababli, o'zgaruvchan tok manbaidan berilgan kuchlanishning katta qismi ishchi chulg'amga, kichik qismi esa yuklamaga (to'g'rilagichga) tushadi.

Boshqarish chulg'amiga berilayotgan boshqarish tokini oshirib (I_b) ishchi chulg'am kuchlanishini (U_{ich}) kamaytirish va yuklamadagi kuchlanishni (U) oshirish mumkin. O'zgaruvchan tok ko'prik sxemali yarim o'tkazgichli to'g'rilagichda to'g'rilanib dvigatel yakoriga uzatiladi. Demak, boshqarish chulg'amidagi tok qiymatini o'zgartirish bilan yakorga beriladigan to'g'rilangan kuchlanishni va natijada dvigatel tezligini rostdash mumkin. Bunday sxemada dvigatel mexanik xarakteristikasining bikrligi ancha past bo'ladi.

«Magnit o'zgartirgich-dvigatel» tizimli elektr yuritma tezligining rostdashni teskari aloqa zanjiriga ega bo'lgan magnit kuchaytirgichli, ichki teskari aloqa zanjiriga ega bo'lgan, tok va kuchlanish bo'yicha teskari aloqa zanjiriga ega bo'lgan magnit kuchaytirgichli sxemalari ham mavjud.

Bu sxemalarda ancha yuqori ko'rsatkich bilan turli quvvatli o'zgarmas tok dvigatellarini tezligini rostdashga erishiladi.

Nazorat savollari

1. Tezlikni rostdash qanday ko'rsatkichlar bilan baholanadi.
2. O'zgarmas tok EYu ni tezligi qanday rostdanadi.
3. UTD ni tezligi kuchlanishni o'zgartirish orqali qanday rostdanadi?
4. MS «Generator-dvigatel» tizimining sxemasini tushuntiring.
5. MS «Tiristorli o'zgartirgich-dvigatel» tizimining ish printsiptini tushuntiring.
6. Tiristorli chastota o'zgartirgich-asinxron dvigateli tizimini afzalliklarini ayting.
7. Magnitli o'zgartirgichni ish printsiptini ayting.

5. Yurg'izish, tormozlash va rostdash qarshiliklarini hisoblash

5.1. O'zgaras tok dvigatellaridagi yurg'izish, rostdash va tormozlash qarshiliklarini hisoblash

Elektr yuritmani ishga tushirish davrida yakor zanjiriga qarshilikni kiritish va chiqarish qurilmasi ishga tushirish reostati deyiladi. Qarshiliklarni kiritish va chiqarish pog'onali (seksiya) bajariladi. Bunday reostatdan dvigatel burchak tezligini rostdash uchun foydalaniladi.

Ishga tushirish qarshiliklari. Elektr yuritmalarni ishga tushirish va tormozlash uchun momentlarning aniq qiymatlari talab qilinadi. Ular dvigatel kuch zanjiridagi qarshiliklarni hisoblash orqali aniqlanadi

Rasm 5-1 da R_1, R_2, R_3 – pog'onalar qarshiliklari, R_{T1}, R_{T2}, R_{T3} – seksiyalar qarshiliklari. I_1 va I_2 toklar quyidagicha aniqlanadi:

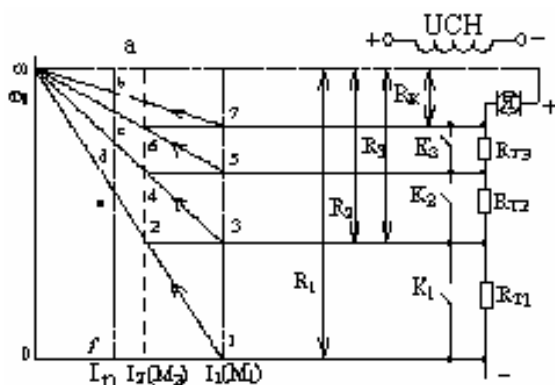
$$I_1 = (12 \div 2,5) \cdot I_n \quad (5.1)$$

$$I_2 = (1,1 \div 1,2) \cdot I_{st} \quad (5.2)$$

Tok I_2 qayta ulash toki deyiladi. Statik xarakteristikalarining ishga tushirish diagrammalari quyidagi tartibda quriladi:

1. Tabiiy xarakteristika quriladi: $I=0$ da ω_0 va I_n da ω_n nuqtalar koordinatalari aniqlanib, ular orqali to'g'ri chiziqli o'tkaziladi;
2. I_1 va I_2 (M_1 va M_2) aniqlanadi;
3. 1 va ω_0 nuqtalar orqali birinchi reostat xarakteristika quriladi;
4. Keyingi pog'onalar reostat xarakteristikalarini 2, 4, 6 va 3, 5, 7 orqali quriladi.

Dvigatel tezligi nuqta 2 gacha ortadi va bunda reostatning birinchi seksiyasi sxemadan chiqariladi (kontakt K_1 tutashadi). So'ngra tezlik 3-4 bo'yicha nuqta 4 gacha ortadi va sxemadan reostatning ikkinchi seksiyasi chiqariladi (kontakt K_2 tutashadi). Undan so'ng tezlik 5-6 bo'yicha 6 nuqtagacha ortadi va sxemadan reostatning uchinchi seksiyasi chiqariladi (kontakt K_3 tutashadi).



Rasm 5-1. Mustaqil uyg'otishli o'zgaras tok dvigateling ulanish sxemasi va reostatli ishga tushirish xarakteristikalarini.

Natijada dvigatel tezligi 7 bo'yicha ortib, tabiiy xarakteristikaga chiqadi. Dvigatelning yuklanish qobiliyati quyidagicha aniqlanadi:

$$\lambda = I_1 / I_2 = M_1 / M_2 = R_1 / R_2 = R_2 / R_3 = R_3 / R_x \quad (5.3)$$

Ishga tushirish pog'onalarini qarshiliklarini quyidagicha aniqlanadi:

$$R_1 = U_2 / I_1; R_2 = R_1 / \lambda; R_3 = R_2 / \lambda; R_x = R_3 / \lambda \quad (5.4)$$

Tormozlash qarshiliklari. Qayta ulab tormozlash, elektrodinamik tormozlash va rostdash qarshiliklari quyidagi tenglamalarda aniqlanadi:

Qayta ulab tormozlashda:

$$R_t = \frac{U_T + E}{I_T} R \quad (5.5)$$

Elektrodinamik tormozlashda

$$R_T = \frac{E}{I_T} - R \quad (5.6)$$

Rostdash qarshiliklari.

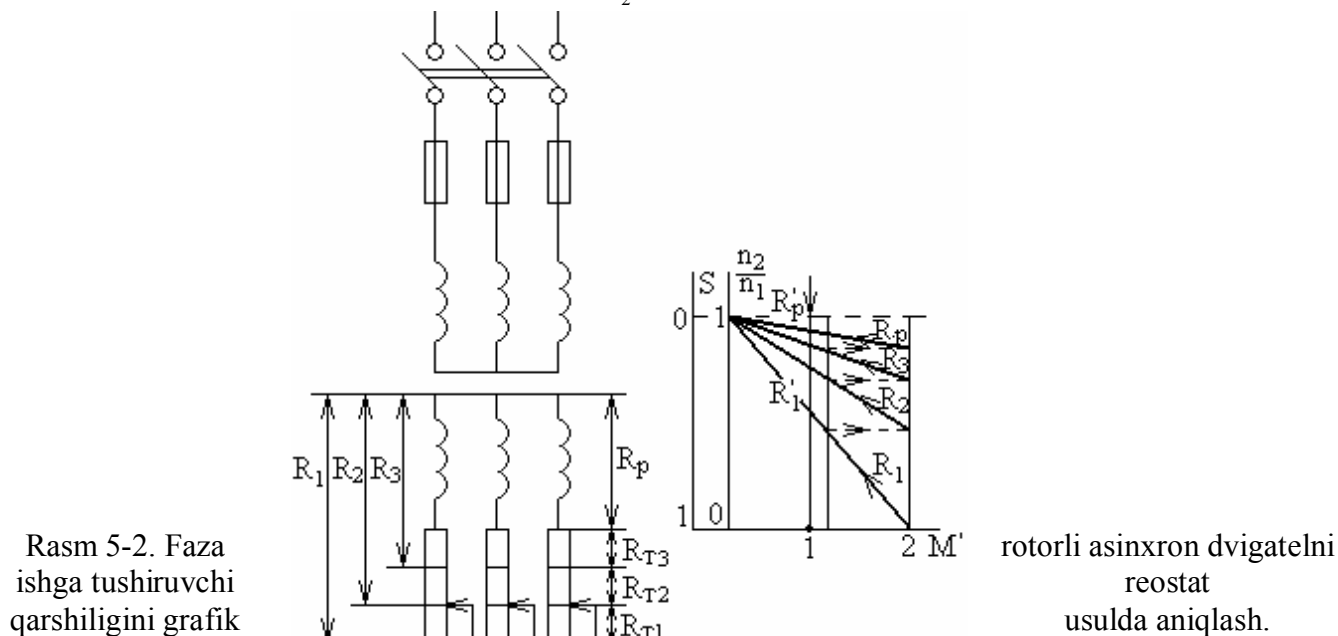
$$R_t = R_n \cdot (1 - \omega_n / \omega_0) - R_k \quad (5.7)$$

5.2. Asinxron dvigatelning ishga tushiruvchi reostati qarshiligini hisoblash

Buning uchun, yuqoridagi singari, taqribiy grafik usulidan foydalanish tavsiya qilinadi (5-2 rasm).

Faza rotorli dvigatelda rotor zanjirining har bir fazasiga tegishli aktiv qarshilikning R_2 qiymati sirpanishga teng bo'ladi. Asinxron dvigatelni mexanik xarakteristikasini $M=2 M_m (S/S_{kr}) S_{kr}$ o'miga, uning $S_{kr} = \frac{R_2^k}{x_1 + x_2^k}$ qiymatini qo'yib, quyidagi ifoda olinadi:

$$M = 2M_{maks} \frac{x_1 + x_2^k}{R_2^k} S \quad (5.8)$$



R_2^k ning qiymati rotor zanjirining xaqiqiy aktiv qarshiligidan ma'lum o'zgarmas koeffitsientga farq qilgani uchun (5.8) dagi hamma o'zgarmas miqdorlarni V koeffitsient bilan belgilab, quyidagi ifodani olish mumkin:

$$M = V \cdot \frac{S}{R_2^k}, \quad (5.9)$$

yoki $S=1$ va $M=M_n$ bo'lganda rotor zanjiridagi aktiv qarshilik o'zining nominal qiymati R_{2n} ga teng bo'lgani uchun

$$M_n = V \frac{1}{R_{2n}} \quad (5.10)$$

ifodani (5.9) ifodaga bo'linganda $\frac{R_2}{R_{2n}} = \frac{M_n}{M} S$ hosil bo'ladi.

Demak, $M=M_n$ sonst bo'lsa, $\frac{R_2}{R_{2n}} = R_2^1 = S$ bo'ladi. Shunga ko'ra, $R_2^1 = S_n$ bo'lib, $R_p = R_2^1 R_{2n}$

bo'ladi va hokazo, bunda R_{2n} -rotorning nominal qarshiligi bo'lib, uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$R_{2n} = \frac{E_{2n}}{\sqrt{3}I_{2n}}, \quad (5.11)$$

Bunda $y_{e_{2n}}$ ochiq zanjirli rotor chulg'aming (tashqi qarshilik bilan tutashtirilmaganda) ikki fazasi orasidagi EYuK.

I_{2n} -rotorning nominal toki. EYuK ning qiymati ham, rotorning nominal toki ham katalogda beriladi.

Nominal kuchlanishli elektr tarmog'iga ulangan tinch holatdagi motor rotori tokini nominal qiymat I_{2n} gacha chegaralovchi zanjirning to'la qarshiligi faza rotorli dvigatelning nominal qarshiligi deb ataladi va R_{2n} bilan belgilanadi (ichki va tashqi aktiv qarshiliklar yig'indisi).

Misol. Elektr yuritmada $M_{st} = 0,75 \cdot M_n$ da reostat yordamida $n=0,5 \cdot n_s$ hosil qilish kerak. Rotor zanjiridagi tashqi qarshilik aniqlansin. Dvigatel $R_n=16 \text{ kVt}$, $U_n = 380 \text{ V}$, $n_n = 957 \text{ ayl/min}$, $R_{2r} = 0,092 \text{ Om}$ parametrlarga ega.

Echish. Burchak tezliklari

$$\omega_H = \pi \cdot n_H / 30 = 3,14 \cdot 957 / 30 = 100 \text{ rad / s}$$

$$\omega_0 = 3,14 \cdot 1000 / 30 = 105 \text{ rad / s}$$

Nominal sirpanish

$$Sh = \omega_0 - \omega_H / \omega_0 = 105 - 100 / 105 = 0,0475$$

$$S_s = 105 - 0,5 \cdot 105 / 1,05 = 0,5$$

$$S_r^I = 0,75 \cdot Sh = 0,75 \cdot 0,0475 = 0,0355$$

Tashqi qarshilik

$$R_{2t} = S_s / (S_r^I \cdot R_{2p}) - R_{2p} = 0,5 / (0,0355 \cdot 0,092) - 0,092 = 1,29 \text{ Om}$$

Nazorat savollari

1. UTD ni ishga tushirish diagrammasini qurish tartibini ayting.
2. MS UTD ni ishga tushirish pog'onalarini qarshiligi qanday ifodalanadi.
3. UTD ni tormozlash qarshiliklarini ifodalovchi formulalarni yozing.
4. AD ni reostat qarshiligini ifodalovchi formulaga izoh bering.
5. MS AD rotorining qarshiligi qanday aniqlanadi.

6. Elektr yuritmalarda o'tish jarayonlari

6.1. Elektr yuritmani o'tish jarayonlari vaqtini aniqlash

Elektr yuritmadagi o'tish jarayonining davomiyligi, ya'ni ishga tushish, to'xtatish va bir tezlikdan ikkinchisiga o'tish vaqtlari mexanizmning ish unumiga ta'sir qiladi. O'tish jarayonida dvigatelning chulg'amidan juda katta tok o'tib, quvvat isrofi ko'payadi. Bundan ko'rinadiki, o'tish jarayonini tadqiq qilish katta ahamiyatga ega, ikkinchidan o'tish jarayonining davomiyligi orqali elektr yuritmani boshqarish sxemasining elementlari va strukturasi tanlanadi.

O'tish jarayonini o'zaro bog'langan mexanik, elektr va issiqlik miqdorlarini hisobga olgan holda tekshirish ancha murakkab vazifa. Shuning uchun bu masala amalda sodda va chegaralangan usullar yordamida xal qilinadi.

Elektr yuritmaning harakat tenglamasidan yuritma tezligining n_1 va n_2 gacha o'zgarishi uchun ketgan vaqt quyidagicha aniqlanadi:

$$t_{1,2} = \left(\frac{GD^2}{375} \right) \int_{n_1}^{n_2} dn / (M - M_k) = \left(\frac{GD^2}{375} \right) \int_{n_1}^{n_2} dn / M_{din} \quad (6.1)$$

(6.1) tenglamani yechish uchun M , M_k yoki M_{din} larning tezlik orqali ifodalangan mexanik xarakteristikalari ma'lum bo'lishi kerak.

$M_d = \text{const}$ bo'lgandagi o'tish rejimi. Agar aylantirish va qarshilik momentlari o'zgarmas bo'lsa, dinamik moment M_{din} tezlikka bog'liq bo'lmaydi va o'tish rejimining davomiyligi oson aniqlanadi:

$$t_{1,2} = \left(\frac{GD^2}{375} \right) (n_1 - n_2) G' M_{din}. \quad (6.2)$$

Ushbu tenglamadan dvigatelni reostat orqali ishga tushirish, bir tezlikdan ikkinchisiga o'tish vaqtini taxminan topishda foydalanish mumkin. Buning uchun dvigatelning o'zgaruvchan momenti o'rtacha o'zgarmas moment bilan almashtiriladi.

$$t_{1,2} \approx \left(\frac{GD^2}{375} \right) (n_1 - n_2) / (M_{ur} - M_k). \quad (6.3)$$

Masala 1. O'zgarmas tok dvigatelning parametrlari $GD^2 = 4,1 \text{ N} \cdot \text{m}^2$; $M_{\text{nom}} = 110 \text{ N} \cdot \text{m}$; $M_k = M_{\text{nom}}$ bo'lsa, uning tezligini $n_1 = 800 \text{ aylG}'\text{min}$ dan $n_2 = 900 \text{ aylG}'\text{min}$ ga oshirish uchun qancha vaqt kerak? Tezlik reostat orqali boshqariladi va reostat qarshiligi bir pog'onaga kamaytirilganda dvigatelning maksimal aylantirish momenti $M_{\text{max}} = 170 \text{ N} \cdot \text{m}$ bo'ladi.

Echish. Dvigatelning o'rtacha aylantirish momenti

$$M_{\text{ur}} = M_{\text{max}} + M_{\text{nom}} / 2 = (170 + 110) / 2 = 140 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Tezlikni 800 ayl/min dan 900 ayl/min ga oshirish uchun ketgan vaqt

$$t_{1,2} = 4,1(900-800) / 375(140-110) = 0,36 \text{ s}.$$

Agar $n_1 = 0$, $n_2 = n_{\text{nom}}$ bo'lsa, (6.3) formuladan dvigatelni ishga tushirish uchun sarflangan vaqtni topish mumkin:

$$t_{i,t} = GD^2 n_{\text{nom}} / 375 (M_{\text{ur}} - M_k).$$

Masala 2. Dvigatelning parametrlari $GD^2 = 30 \text{ N} \cdot \text{m}^2$, $n_{\text{nom}} = 1440 \text{ ayl/min}$, $M_{\text{nom}} = 80 \text{ N} \cdot \text{m}$, $M_k = M_{\text{nom}}$, $M_{\text{max}} = 160 \text{ N} \cdot \text{m}$ bo'lsa, dvigatelning ishga tushishi uchun qancha vaqt sarflanadi?

Echish. Dvigatelning o'rtacha momenti

$$M_{\text{ur}} = (M_{\text{max}} + M_{\text{nom}}) / 2 = (160 + 80) / 2 = 120 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Ishga tushirish vaqti

$$t_{i,t} = 30 \cdot 1440 / 375 (120 - 80) = 2,88 \text{ s}.$$

Masala 3. O'zgarmas tok dvigatelning parametrlari $GD^2 = 4,1 \text{ N} \cdot \text{m}^2$, $M_{\text{nom}} = 110 \text{ N} \cdot \text{m}$, $M_k = M_{\text{nom}}$ bo'lsa, dvigatel tezligini $n_1 = 900 \text{ ayl/min}$ dan $n_2 = 800 \text{ ayl/min}$ ga kamaytirish uchun ketgan vaqtni hisoblang. Reostat qarshiligi bir pog'anaga ko'paytirilganda dvigatelning minimal aylantirish momenti $M_{\text{min}} = 90 \text{ N} \cdot \text{m}$ bo'ladi.

Echish. Dvigatelning o'rtacha momenti

$$M_{\text{ur}} = M_{\text{min}} + M_{\text{nom}} / 2 = (90 + 110) / 2 = 100 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

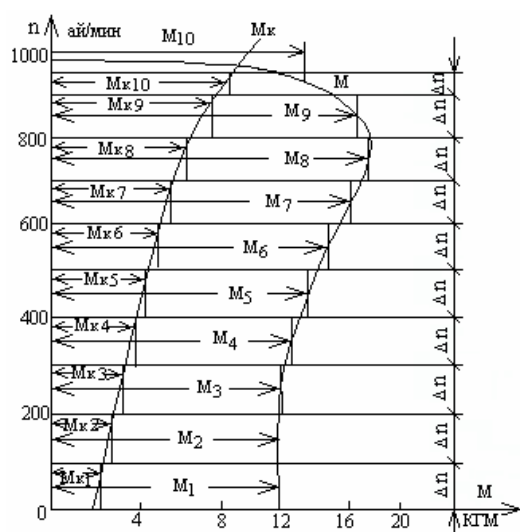
Tezlikni 900 ayl/min dan 800 ayl/min ga kamaytirish uchun ketgan vaqt:

$$t = GD^2(n_1 - n_2) / 375 (M_{\text{ur}} + M_k) = 4,1 (900 - 800) / 375 (100 + 110) = 0,052 \text{ s}.$$

Elektr tarmog'idan uzilgan dvigatelning qarshilik momenti ta'siri ostida to'xtash vaqti:

$$t_{\text{tux}} = GD^2 n_{\text{nom}} / 375 M_k = 4,1 \cdot 900 / 375 \cdot 110 = 0,089 \text{ s}.$$

Masala 4. Masala 2 shartidagi dvigatelning tezligini nominal qiymatdan nolgacha kamaytirish (to'xtatish) uchun sarflangan vaqtni aniqlang.



Echish. Dvigatelni to'xtatish uchun sarflangan vaqt:

$$t_{\text{tux}} = GD^2 n_{\text{nom}} / 375 \cdot M_k = 3 \cdot 1440 / 375 \cdot 80 = 0,144 \text{ s.}$$

$M_{\text{din}} \neq \text{const}$ bo'lgandagi o'tish rejimi. $M_{\text{din}} = f(n)$ ni integrallash murakkab bo'lsa, o'tish jarayonini grafik yoki analitik usul yordamida hisoblash ancha osondir. Buning uchun $M_{\text{din}} = M - M_k = (GD^2 / 375) \cdot dn/dt$ formuladagi dn va dt lar kichik ortirma Δn va Δt lar bilan almashtiriladi.

Rasm 6-1. Shuningdek, Δn_k tezlik oralig'ida M va M_k larni o'rtacha o'zgarmas kichik M_k va M_{kk} larga almashtiriladi (Rasm 6-1) va Δn_k tezlikka erishishi uchun dvigatel tezligini oshirish uchun ketgan vaqt quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta t_k = GD^2 / 375 \cdot \Delta n_k / (M_k - M_{kk}), \quad (6.5)$$

Bunda: Δn_k —grafikdagi har bir pog'onaga tegishli tezlik orttirmasi; M_k —har bir pog'onadagi o'rtacha aylantirish momenti; M_{kk} —har bir pog'anadagi o'rtacha qarshilik momenti; Δt_k — ko'rilayotgan tezlik oralig'idagi o'tish rejimi uchun sarflangan

vaqt.

Dvigatelni ishga tushirish uchun sarflangan umumiy vaqt

$$t = \sum_{k=1}^m t_k \quad (6.6)$$

bunda: m —diapazon (pog'ona) lar soni.

Masala 5. Ventilyator yuritmasini ishga tushirish uchun sarflangan vaqtni toping. Yuritma asinxron dvigatel yordamida harakatga keladi va uning parametrlari quyidagicha: n_{nom} q 960 ayl/min, $GD^2 = 2,1 \text{ N} \cdot \text{m}^2$, $R_{\text{nom}} = 40 \text{ kVt}$. Dvigatelning $n = f(M)$ va ventilyatorning $n = f_1(M_k)$ mexanik xarakteristikalar rasm 6-1 berilgan. Qulay bo'lishi uchun ventilyatorning xarakteristikasi ham birinchi kvadrantga joylashtirilgan.

Echish. $n = f(M)$ va $n = f_1(M_k)$ xarakteristikalarining o'zaro kesishgan nuqtasi turg'un rejimni beradi. Xarakteristikalar 9 ta bo'lakka $\Delta n = 100 \text{ ayl/min}$ (oxirgisi $\Delta n = 60 \text{ ayl/min}$) qilib bo'linadi. Har bir bo'lak uchun M va M_k ning o'rtacha qiymatlarini topamiz va har bir bo'lak uchun Δt vaqtni hisoblaymiz. Birinchi bo'lak uchun

$$\Delta t_1 = (GD^2 / 375) \cdot \Delta n_1 / (M_1 - M_{k1}) = (2,1 / 375) \cdot 100 / (12,2 - 2,2) = 0,056 \text{ s.}$$

Qolgan bo'laklar uchun hisoblash natijalarini quyidagi jadvalga kiritamiz.

K	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10
Δn , ayl/min	100	100	100	100	100	100	100	100	100	60
M, kGm	12,2	12,8	13,1	13,6	14,9	17	19	19,8	18,8	14
M_k , kGm	2,2	3	3,8	4,5	5	5,9	6,6	7,5	8,5	9,6
Δt , s	0,056	0,057	0,06	0,0615	0,0566	0,0445	0,0455	0,047 8	0,545	0,12 7

Demak, elektr yuritmaning ishga tushish vaqti $t = \sum_{i=1}^{10} \Delta t = 0.6131$ c. Xuddi shunday, dvigatelning to'xtashi uchun sarflangan vaqtni ham topish mumkin. Bunda dvigatelning momenti harakatga qarshilik ko'rsatadi. Qarshilik momenti esa harakat bo'yicha va unga qarama-qarshi bo'lishi mumkin. Masalan, qarshilik momenti ishqalanish tufayli harakatga qarama-qarshi yo'nalganda dvigatelning tezligini Δn ga kamaytirish uchun sarflangan vaqt Δt quyidagicha topiladi

$$\Delta t = (GD^2 / 375) \cdot \Delta n / (M_{ur} - M_{kur}) \quad (6.7)$$

Xuddi shuningdek, dvigatel tezligini bir tezlikdan ikkinchisiga o'tkazish uchun sarflangan vaqtni ham aniqlash mumkin.

Nazorat savollari

1. Elektr yuritmadagi o'tish jarayonini tushuntiring?
2. Elektr yuritma tezligini n_1 dan n_2 gacha o'zgarishi uchun ketgan vaqtni topish formulasini yozing va tushuntiring?
3. MS $M_d = \text{sonst}$ bo'lgandagi o'tish rejimini tushuntiring?
4. $M_d \neq \text{const}$ bo'lgandagi o'tish rejimini tushuntiring?
5. Elektr yuritma tezligini Δn ga kamaytirish uchun sarflangan vaqtni topish formulasini yozing va tushuntiring.

7. Elektr yuritmaning energetikasi

7.1. Elektr yuritmaning energetik ko'rsatkichlari

Hozirgi vaqtda elektr yuritmalar ishlab chiqarilayotgan elektr energiyani asosiy iste'molchisi hisoblanadi. Shuning uchun elektr yuritmalarni asosiy energetik ko'rsatkichlarini aniqlash va ularni ko'tarish usullarini topish amaliy ahamiyatga ega.

Elektr yuritmalarni asosiy energetik ko'rsatkichlariga quvvat yo'qotishlar, foydali ish koeffitsienti va quvvat koeffitsienti kiradi.

Elektr yuritmalarni energetik ko'rsatkichlari uni ish rejimiga, yuklamani o'zgarish xarakteriga va koordinatasini rostdash usuliga bog'liqdir. Ma'lumki, elektr yuritmalar rostlanmaydigan va rostlanadigan turlarga bo'linadi. Ularni energetik ko'rsatkichlari normal (o'rnatilgan) va o'tish rejimlari uchun aniqlanadi.

7.2. Rostlanmaydigan elektr yuritmalarni o'rnatilgan ish rejimidagi energetik ko'rsatkichlari

Rostlanmaydigan elektr yuritmalarda umumiy quvvat isrofi elektr yuritma elementlari, shu jumladan dvigateldagi va mexanik uzatmadagi quvvat isroflari yig'indisidan iborat bo'ladi.

Mexanik uzatmadagi quvvat isrofi ΔR_{mex} asosan harakatlanuvchi qismlardagi ishqalanish bilan aniqlanadi va uzatilayotgan momentga bog'liq bo'ladi. Mexanik uzatmadagi isrof FIK bilan baholanadi, turli mexanik uzatmalar uchun FIK qiymatlari ma'lumotnomalarda keltiriladi.

Elektr dvigateldagi quvvat isrofini shartli ravishda o'zgarmas va o'zgaruvchan qismlarga bo'lish mumkin, ya'ni

$$\Delta R_D = K + V. \quad (7.1)$$

O'zgarmas isrof (K) bu dvigatel tokiga bog'liq bo'lmagan va uni yuklamasi bilan aniqlanadigan isrofdir. Bu isrofga po'lat magnit o'tkazgich va podshipniklardagi ishqalanishdan mexanik quvvat yo'qotishlar kiradi. Sinxron dvigatellar va o'zgarmas tok dvigatellar (mustaqil qo'zg'atishli) uchun qo'zg'atish chulg'amidagi isrof ham doimiy quvvat yo'qotishga kiradi. O'zgarmas quvvat yo'qotish qiymati amalda o'zgarmas bo'lmaydi, u dvigatelni tezligi va dvigatel iste'mol qilayotgan kuchlanish amplitudasi va chastotasiga bog'liq bo'ladi. Lekin o'zgarmas quvvat isrofi juda kam miqdorda o'zgargani uchun o'zgarmas deb qabul qilinadi va u nominal doimiy isrofga teng deyiladi.

Dvigatelni mis chulg'amlarida undan o'tayotgan yuklama toklari sababli ajralayotgan isrof o'zgaruvchan quvvat isrofi (V) deyiladi.

Turli dvigatellar uchun umumiy xolda o'zgaruvchan quvvat isrofini quyidagicha ifodalash mumkin.

$$V = V_n \cdot X^2 \quad (7.2)$$

bu yerda: V_n -nominal o'zgaruvchan quvvat isrofi

X -dvigatellar tok karraligi.

Dvigateldagi to'la quvvat yo'qotishlarni quyidagicha aniqlanadi

$$\Delta R_D = K + V_n \cdot X^2 = V_n (\alpha + X^2) \quad (7.3)$$

bu yerda $\alpha = K / V_n$ – isrof koeffitsienti, turli dvigatellar uchun $\alpha = 0,5 \div 2$.

Dvigatel nominal ish rejimida ishlagandagi quvvat isrofi dvigatelni pasport ma'lumotlari bo'yicha quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta R_n = R_n (1 - \eta_n) \eta_n \quad (7.4)$$

O'zgarmas (doimiy) quvvat isrofi

$$K = \Delta R_n - V_n. \quad (7.5)$$

Dvigatel doimiy yuklamada ishlagan vaqt uchun energiya isrofi

$$\Delta A = \Delta R \cdot t \quad (7.6)$$

Dvigatel tsikli o'zgaruvchan yuklamada ishlaganda

$$\Delta A = \int_0^{t_y} \Delta R(t) dt = \sum_{i=1}^m \Delta P_i t_i \quad (7.7)$$

bu yerda: ΔR_i , t_i – tegishli yuklamadagi quvvat isrofi va ishlash vaqti.

Elektrodvigatelni foydali ish ko'effitsienti foydali mexanik quvvatni tarmoqdan iste'mol qilinayotgan quvvatga nisbati bilan aniqlanadi.

$$\eta = R / R_1. \quad (7.8)$$

Dvigatel tabiiy xarakteristikada ishlaganda ($X = I/I_n = R/R_n$) FIK uchun quyidagi ifodani yozish mumkin.

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + \Delta P_D} = \frac{X}{X + (V_n / P_n)(\alpha + X^2)} \quad (7.9)$$

Nominal rejimda ($X=1$) yuqoridagi 7-9 ifodani quyidagicha yozish mumkin.

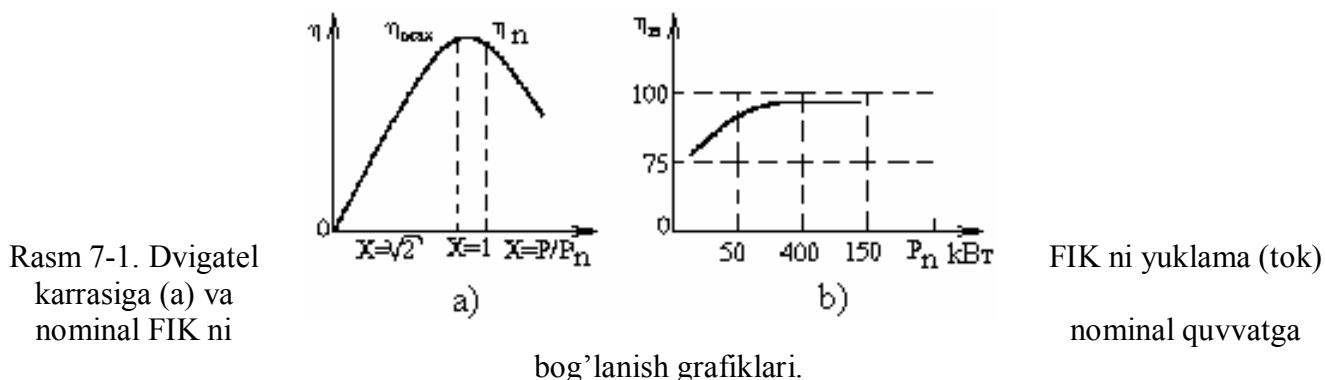
$$\eta_n = 1 / [1 + (V_n / R_n) (1 + \alpha)] \quad (7.10)$$

FIK ni maksimal qiymati

$$\eta_{\max} = 1 / (1 + 2 V_n \sqrt{\alpha} / R_n). \quad (7.11)$$

Rasm 7-1 da dvigatel FIK ni yuklama (tok) karrasiga (a) va nominal FIK ni nominal quvvatga bog'lanish grafigi keltirilgan. Yuqorida keltirilgan ifodalar va rasm 7-1 dan ko'rinadiki, dvigatellarni FIK nominal yuklamalarda eng katta qiymatga erishadi. Shuning uchun energiya isrofi va elektr yuritmalar quvvatni kamaytirish uchun ularni nominal yuklamalarda ishlashini ta'minlash va salt yurishini kamaytirish lozim. Kam yuklangan dvigatellarni yukni real quvvatiga mos keluvchi va kichik xajmli dvigatellarga almashtirish maqsadga muvofiq.

O'zgaruvchan tok dvigatellarining reaktiv quvvat iste'molini kamaytirish va shuni hisobiga ularni quvvat ko'effitsientini oshirish uchun kam yuklangan asinxron dvigatellarni kichik quvvatli'larga almashtirish, asinxron dvigatellarni salt yurishini kamaytirish, texnologik jarayon shartiga tug'ri kelsa asinxron dvigatellarni sinxron dvigatellarga almashtirish, reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi qurilmalardan foydalanish lozim.



7.3. Rostlanadigan elektr yuritmalarni o'rnatilgan ish rejimidagi energetik ko'rsatkichlari

Rostlanadigan elektr yuritmalarning energetik ko'rsatkichlarini aniqlash rostlanmaydiganlarnikiga nisbatan ancha murakkab masala hisoblanadi. Bunga asosiy sabab quyidagilardir:

1. Dvigatelning tezligini o'zgarishi dvigateldagi o'zgarmas quvvat isrofini o'zgarishiga olib keladi;
2. Elektr yuritma tizimida kuchli o'zgartirgich bo'lganligi uchun o'zgartirgichda sodir bo'ladigan qo'shimcha energiya va quvvat isrofini aniqlash talab etiladi;
3. Dvigatel tezligini rostdash usullari turlicha va ularni har biri o'ziga xos energetik ko'rsatkichlari bilan xarakterlanadi.

Rostlanadigan UTD li elektr yuritma. Mustakil qo'zg'atishli UTD da o'zgarmas quvvat isrofi qo'zg'atish chulg'amidagi isrof (K_k), mexanik (K_m) va po'latdagi (K_p) isroflar yig'indisidan iborat bo'ladi. Yakor zanjiridagi o'zgaruvchan quvvat isrofi

$$V = I^2 R_{ya} = M (\omega_{or} - \omega) \quad (7.12)$$

bu yerda: ω_0 —dvigatel sun'iy xarakteristikada ishlagandagi ideal

salt yurish tezligi

R_{ya} —yakor zanjirini aktiv qarshiligi

Reostat usulida MKUTD ni tezligini rostdashda o'zgaruvchan isrof tezlikni pasayishiga nisbatan $\delta = (\omega_0 - \omega) / \omega$ mutanosib ravshida ortadi va to'la quvvat quyidagicha aniqlanadi.

$$\Delta R_D = K_k + (K_m + K_p)_{nom} (\omega / \omega_{nom})^2 + M (\omega_{or} - \omega). \quad (7.13)$$

Boshqariladigan o'zgartirgich yordamida kuchlanishni o'zgartirib MK UTD tezligini rostlashda o'zgartirgichdagi isrofini, quvvat koeffitsientini hisobga olish lozim bo'ladi. Yarim o'tkazgichli statik o'zgartirgichlar uchun o'zgaras isrof (K) reaktor va transformatorni po'latidagi isroflardan iborat bo'ladi.

Bu isroflar elektr yuritmani barcha ish rejimlarida amalda o'zgarmaydi va nominal o'zgaras isrofga teng bo'ladi.

$$K = K_n = \text{const.} \quad (7.14)$$

O'zgartirgichdagi o'zgaruvchan isrof (V) kuch transformatori chulg'amlaridagi, reaktor va ventillardagi isroflar yig'indisidan iborat bo'ladi.

$$V = 3I_1^2 R_1 + 3I_2^2 R_2 + \Delta P_r + \Delta R_v \quad (7.15)$$

bu yerda I_1, I_2 —transformatorni birlamchi va ikkilamchi toklari.

$\Delta R_r, \Delta R_v$ —reaktor va ventildagi isroflar.

Rostlanadigan asinxron dvigatelli elektr yuritma. Asinxron dvigatel uchun o'zgaras quvvat yo'qotishi mexanik (K_m), stator (K_s) va rotor (K_r) po'latlaridagi va stator chulg'amidagi yo'qotishlardan iborat bo'ladi.

$$K = K_m + K_s + K_r + 3I^2 R \quad (7.16)$$

Mexanik yo'qotishlarni quyidagicha aniqlash mumkin.

$$K_m \approx K_{mn} (\omega / \omega_n)^2 \quad (7.17)$$

bu yerda: K_{mn} – nominal tezlikdagi mexanik quvvat yo'qotish.

Stator va rotor po'latlaridagi quvvat yo'qotishlar

$$K_p / K_s + K_r = K_{sn} (u / u_n)^2 (f_1 / f_{in})^{1,3} + K_{su} (u / u_n)^2 (f_1 \cdot s / f_{in})^{1,3} = K_{sn} (u / u_n)^2 \cdot (f_1 / f_{in})^{1,3} (1 + S^{1,3}) \quad (7.18)$$

bu yerda: K_{sn} – stator chulg'amidagi quvvat yo'qotishlar, nominal chastota (f_{in}) va kuchlanishda (U_n).

Asinxron dvigatel tezligini reostat usulida rostlashda $U=U_n, f_1=f_{in}$ va (7.18) formula quyidagicha ifodalanadi

$$K_p \approx K_{sn} (1 + S^{1,3}) \quad (7.19)$$

Agarda tezlik kamayishi bilan po'latdagi quvvat yo'qotishlar ortishi mexanik quvvat yo'qotishlarni kamayishi bilan kompensatsiyalanadi deb olinsa o'zgaras quvvat yo'qotish o'zgarmaydi va nominal quvvat yo'qotishga teng bo'ladi.

$$K = K_{mn} + K_{sn} + 3I^2 R \approx \text{const.} \quad (7.20)$$

Ushbu usul bilan tezlikni rostlashda o'zgaruvchan quvvat yo'qotishlar

$$V = V_c + V_p M \omega_0 S + M \omega_0 S (R_1 / R_2^1) \quad (7.21)$$

bu yerda: R_2^1 - rotor zanjiriga keltirilgan qarshilik

V_s, V_r – stator va rotor zanjiridagi o'zgaruvchan quvvat yo'qotishlar.

Rotor zanjiridagi quvvat yo'qotishlar quyidagicha aniqlanadi

$$V_p = M_n (\omega / \omega_n)^2 (\omega_0 - \omega). \quad (7.22)$$

Asinxron dvigatel chastota usulida rostlanganda dvigatel po'latidagi o'zgaras quvvat yo'qotishlar uchun quyidagi ifodani keltirib chiqarish mumkin

$$K_p = K_{sn} (f_1 / f_{in})^{3,3} \quad (7.23)$$

O'zgaruvchan quvvat isroflar uchun quyidagi ifodani yozish mumkin

$$V = V_n = M_n \omega_0 S_n (1 + R_1 / R_2^1) = \text{const.} \quad (7.24)$$

Elektr yuritmalarning o'tish jarayonlari uchun ham energetik ko'rsatkichlarini aniqlash axamiyatga egadir. Bunga sabab o'tish jarayonlarida dvigatel chulg'amlaridan o'tuvchi tok qiymati dvigatelni nominal tokidan ancha katta bo'ladi va dvigateldagi energiya isrofi birmuncha ortadi.

Ayniqsa, dinamik ish rejim asosiy bo'lgan va o'tish jarayonlari vaqti ish tsiklini umumiy davomiyligini anchagina qismini egallaydigan elektr yuritmalarda bu xolat yaqqol namayon bo'ladi.

O'tish jarayonlarida energiya isrofining kamaytirishni asosan 2 xil usuli bor:

1. Elektr yuritmani inertsia momentini kamaytirish;
2. O'tish jarayonlarida dvigatelni ideal salt yurish tezligini rostlash.

Elektr yuritmalarning inertsia momentini kamaytirish ularda qo'llanilgan elektr dvigatelni inertsia momentini pasaytirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Buning uchun kichik inertlikka ega bo'lgan

elektrodvigatellar qo'llaniladi. Bunday dvigatellarga rotorining (yakori) uzunligini uning diametriga nisbati katta bo'lgan dvigatellar kiradi.

Dvigatel inertsiya momentini bitta dvigatelni o'rniga ikkita kichik quvvatli dvigatelga almashtirish yo'li bilan ham kamaytirish mumkin.

Ideal salt yurish tezligini rostlash O'TD uchun «To'g'rilagich- dvigatel» tizimida kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan, AD uchun «Chastota o'zgartirgich-dvigatel» tizimida kirish kuchlanishining chastotasini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. Elektr yuritmani energetik ko'rsatkichlariga nimalar kiradi?
2. Elektr yuritmani energetik ko'rsatkichlari nimalarga bog'liq?
3. Elektr dvigateldagi quvvat isrofi qanday qismlardan iborat?
4. MS Dvigateldagi to'la quvvat yo'qotishlar qanday aniqlanadi?
5. O'zgartirgichdagi o'zgaruvchan quvvat isrofini nimalar tashkil etadi?
6. MS Rotor zanjiridagi quvvat isrofini qanday aniqlanadi?

Masala 1. Qisqa tutashtirilgan rotorli ikki tezlikli AD ni texnik ko'rsatkichlari quyidagilar:

$$R_n=2,5 \text{ kVt}; n_{01}=1500 \text{ ayl/min}; n_{02}=3000 \text{ ayl/min}; J=0,23 \text{ kG}\cdot\text{m}^2; R_1/R_2=1,6.$$

AD valida yuk yo'q, ya'ni $M_s \approx 0$.

AD ni to'g'ri va pog'onali ishga tushirish hamda tormozlashdagi energiya isroflarini aniqlang.

Echish:

1. AD ni burchakiy sinxron tezliklarini aniqlaymiz:

$$\omega_{01}=2\pi n_{01}/60=2\cdot 3,14\cdot 1500/60=157 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{02}=2\pi n_{02}/60=2\cdot 3,14\cdot 3000/60=314 \text{ rad/s}$$

2. AD ni to'g'ri ishga tushirishdagi to'la energiya isrofini aniqlaymiz.

$$\Delta A = J \cdot \omega_{01}^2 (1 + R_1/R_2)$$

$$(S_B^2 - S_0^2)/2 = 0,23 \cdot 314^2 (1 + 1,6) \cdot (1^2 - 0^2)/2 = 29480 \text{ J.}$$

3. AD ni pog'onali ishga tushirishdagi isroflar:

$$\Delta A_{p1} = 0,23 \cdot 157^2 (1 + 1,6) (1^2 - 0^2)/2 = 7370 \text{ J};$$

$$\Delta A_{p2} = 0,23 \cdot 314^2 (1 + 1,6) (0,5^2 - 0^2)/2 = 7370 \text{ J};$$

4. AD ni pog'onali ishga tushirishdagi to'la isrof

$$\Delta A_p = \Delta A_{p1} + \Delta A_{p2} = 7370 + 7370 = 14740 \text{ J.}$$

Hisoblash natijalaridan ko'rinadiki, pog'onali ishga tushirishda energiya isrofi 2 marta kam ekan.

5. AD ni teskari ulash bilan bir pog'onali tormozlashdagi (ω_{01} dan 0 gacha) energiya isrofini aniqlaymiz.

$$\Delta A_t = 0,26 \cdot 314^2 (1 + 1,6) (2^2 - 1^2)/2 = 100000 \text{ J}$$

6. AD ni ikki pog'onali tormozlashdagi energiya isrofi:

- a) ω_{01} dan ω_{02} gacha generatorli tormozlashda

$$\Delta A_{t1} = 0,26 \cdot 157^2 (1 + 1,6) (1^2 - 0^2)/2 = 8330 \text{ J}$$

- b) ω_{02} dan 0 gacha teskari ulashli tormozlashda

$$\Delta A_{t2} = 0,26 \cdot 157^2 (1 + 1,6) (2^2 - 1^2)/2 = 25000 \text{ J}$$

- v) To'la quvvat yo'qotish

$$\Delta A^1 = \Delta A_{t1} + \Delta A_{t2} = 8330 + 25000 = 33330 \text{ J.}$$

Olingan natijalardan ko'rinadiki, ikki pog'onali tormozlashdan energiya isrofi 3 marta kam ekan.

8. Elektr dvigatellarni tanlash

8.1. Dvigatellarning qizishi va sovishi

Dvigatelning ishlash jarayonida qizishi ularning yuklanish diagrammasiga bog'liq. Dvigatelni ishlatish sharoitida hosil bo'ladigan eng yuqori harorat undan foydalanish ko'rsatkichining darajasi bo'lib hisoblanadi. Elektr dvigatellar ishlaganida albatta qiziydi, bu barcha dvigatellarda sodir bo'ladigan energiya isrofi tufayli hosil bo'ladi. Dvigatellardagi elektr energiya isroflarining barcha turlari issiqlikka aylanadi va uning bir qismi tashqi muhitga, uzatiladi boshqa bir qismi dvigatelning qizishiga sarf bo'ldi.

Agar atrof-muhit harorati 40°S deb qabul qilinsa, u holda dvigatel izolyatsiyasi haroratining muhit haroratidan oshishi 105°S (A sinfdagi izolyatsiya uchun), 130°S (V sinfdagi izolyatsiya uchun) va 180°S (N sinfdagi izolyatsiya uchun) chegaragacha ruxsat etiladi. Chulg'am izolyatsiyasi haroratining belgilangan harorattan oshishiga yo'l qo'yilmaydi, chunki bu dvigatel izolyatsiyasining buzilishiga va xizmat muddatining qisqarishiga olib keladi.

Elektr dvigatelning qizish jarayonini tushunishni osonlashtirish uchun shartli ravishda dvigatelning butun xajmi bir me yorda isiydi, issiqlik esa uning sirtidan bir tekisda tarqaladi, issiqlik sig'imi hamda issiqlik uzatilishi dvigatel va tashqi muhit haroratlari farqiga mutanosib deb hisoblanadi. Ana shu sharoit uchun dvigatelning o'ta qizish harorati τ ning boshlang'ich harorat τ_{bosh} dan oxirgi, turg'un τ_{tur} haroratgacha t vaqt ichida o'zgarishi quyidagi tenglik bilan ifodalanadi:

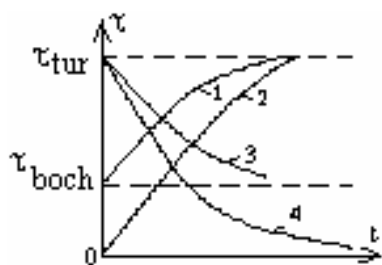
$$\tau = \tau_{\text{tur}}(1 - e^{-tG'T}) + \tau_{\text{bosh}} e^{-tG'T} \quad (8.1)$$

bunda T -qizish doimiysi bo'lib, issiqlik atrof muhitga tarqalganda dvigatelning eng yuqori barqaror haroratgacha qizishi uchun sarflangan vaqtni bildiradi.

Boshlang'ich ishlash davrida dvigatelning harorati atrof-muhit haroratidan deyarli farq qilmaydi, ya'ni $t = 0$ da $\tau_{\text{bosh}} = 0$ bo'ladi, u xolda (8.1) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\tau = \tau_{\text{tur}}(1 - e^{-tG'T}) \quad (8.2)$$

(8.1) va (8.2) tenglamalar asosida (Rasm 8-1) qizish egri chiziqlari (mos xolda 1 va 2) keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, boshlang'ich o'ta qizish harorati (τ_{bosh}) dvigatel haroratining ortish tezligini o'zgartirar ekan.



Rasm 8-1. Dvigatelni qizish va sovish egri chiziqlari.

Qizish egri chiziqlari 1 va 2 lardan ko'rinadiki, dvigatel turg'un o'ta qizish haroratiga ancha vaqt o'tgandan keyingina erishadi. Agar dvigatel elektr tarmog'idan uzilsa, uning qizishi to'xtaydi, biroq issiqlikning sirtidan nurlanishi davom etadi (nurlanish dvigatelda to'plangan issiqlik hisobiga sodir bo'ladi). Shuning uchun dvigatel soviy boshlaydi. Harorat dvigatelning sovish jarayonida quyidagi ifodaga muvofiq o'zgaradi:

$$\tau = \tau_{\text{bosh}}(1 - e^{-tG'T}) + \tau_{\text{tur}} e^{-tG'T} \quad (8.3)$$

Agar dvigatel atrof-muhit haroratigacha sovisa, ya'ni $\tau_{\text{bosh}} = 0$ bo'lsa, (8.3) tenglama quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\tau = \tau_{\text{tur}} e^{-tG'T} \quad (8.4)$$

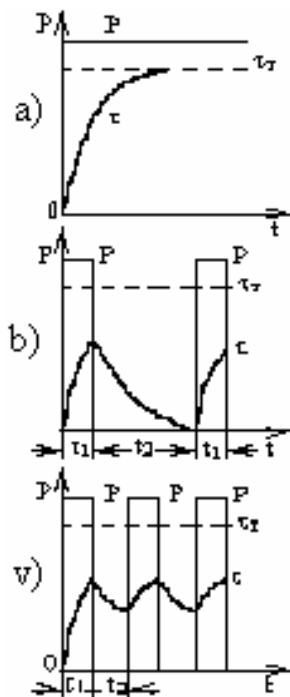
(8.3) va (8.4) tenglamalar asosida rasm 8-1 da dvigatelning sovish egri chiziqlari 3 va 4 keltirilgan.

Agar dvigatelning qizish harorati ruxsat etilgan barqaror (turg'un) haroratga yaqinlashsa-yu, ammo undan oshib ketmasa, u xolda bu rejimda dvigateldan to'liq foydalanilgan bo'ladi. Shuning uchun ham dvigatelning qizish va sovish xususiyatiga qarab elektr yuritmalarning ish jarayoni uchta: uzoq muddatli, qisqa muddatli va takrorlanadigan qisqa muddatli nominal ish rejimga bo'linadi.

8.2. Elektr yuritmaning ish rejimlari

Elektr yuritma yuklamasi, ko'pincha, o'zgaruvchan bo'ladi.

Ammo u uzoq muddatli o'zgarmas yoki o'zgaruvchan yuklamada hamda qisqa muddatli va takrorlanuvchi qisqa muddatli rejimlarda ham ishlaydi. Rasm 8-2 a da uzoq muddatli o'zgarmas yuklama bilan ishlaydigan ish mashinasining yuklama diagrammasi ko'rsatilgan.



Rasm 8-2. Ish mashinasining: a-uzoq muddatli; b-qisqa muddatli; v-takrorlanuvchi qisqa muddatli rejimlardagi yuklama diagrammalari.

Bunday yuklama rejimini, ko'pincha, ventilyator, nasos, transportyor kabi mexanizmlarda uchratish mumkin. Uzoq muddatli ish rejimida motor o'zining normal haroratigacha qiziy oladi. Rasm 8-2 b da qisqa muddatli ish rejimiga tegishli yuklama diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda t_1 ish vaqtida R quvvatga tanlangan motor o'zining normal haroratigacha qiziy olmaydi. Ammo elektr tarmog'idan ajratilgan motor harorati t_2 davrda (pauza) tashqi muhit haroratigacha soviy oladi.

Tashqi muhit harorati, odatda 35^0 ga teng deb qabul qilinadi. Qisqa muddatli ish rejimi ko'pchilik stanoklarning yordamchi mexanizmlari va shu kabilarda uchratiladi. Bunda ish davri muddatlari 10, 30, 60, 90 min.

Rasm 8-2 v da takrorlanuvchi qisqa muddatli ish rejimiga tegishli yuklama diagrammasi ko'rsatilgan. Bunda R quvvatga tanlangan motor t_1 ish davrida o'zining normal haroratigacha qiziy olmaydi, t_2 da esa uning harorati tashqi muhitnikigacha soviy olmaydi. Bunday ish rejimi, ko'pincha, kran va stanoklarda uchraydi. Bu ish rejimida ish tsikli muddati 10 minutdan oshmaydi. Ishning qisqa takrorlanuvchi rejimi nisbiy ulanish muddati bilan belgilanadi.

$$E = t_1 / T_{ts} = t_1 / (t_1 + t_2) \cdot 100 \% \quad (8.5)$$

Ishlab chiqarish uchun yeq15, 25, 40, 60 % bo'lgan turli quvvatli dvigatellar ishlab chiqariladi.

8.3. Elektr yuritma uchun dvigatel turini tanlash bo'yicha umumiy tavsiyalar

Dvigatelni to'g'ri tanlash katta ahamiyatga egadir. Ko'p sonli o'zgaruvchan va o'zgarmas tok dvigatellarining turlari ichida u yoki bu ish mashinasining yuritmasi uchun shunday dvigatelni tanlash kerakki, u ishlab chiqarish jarayonining ham texnik, ham iqtisodiy talablarini to'la-to'kis qondirsin. Elektr yuritmalarni loyixalashda o'zaro bog'liq bir qator masalalar (dvigatelning kuchlanishini, tezligini va turini tanlash) ni xal qilishga to'g'ri keladi.

Dvigatelning nominal kuchlanishini tanlash. Bu masalani yechishda standart nominal kuchlanishga asoslaniladi. Uch fazali dvigatellar 220, 380, 660, 3000, 6000 va 10000 V kuchlanishga, o'zgarmas tok dvigatellari 110, 220 va 440 V kuchlanishlarga mo'ljallab chiqariladi. Kichik va o'rtacha (100 kVt gacha) quvvatli uch fazali asinxron va sinxron dvigatellar uchun 380 V kuchlanishni tanlash maqsadga muvofiqdir. 220 V li kuchlanish tavsiya etilmaydi, chunki bunda tok kuchi $\sqrt{3}$ marta yuqori bo'ladi.

Katta quvvatli elektr yuritmalar uchun 3000, 6000 va 10000 V ga mo'ljallangan uch fazali dvigatellarni qo'llash tavsiya etiladi. Chunki 440 V ga mo'ljallangan o'zgarmas tok dvigatellari ishlash davrida tez-tez ishdan chiqib turadi.

Dvigatel turini tanlash. Tanlanadigan dvigatelning shunday turini tanlash kerakki, uni boshqarish oson, ekspluatatsiya mustaxkam va ishonchli, hamda narxi arzon, o'zi ixcham, shuningdek, yuqori energetik ko'rsatkichlarga ega bo'lsin. Dvigatelning turini tanlashda yuritmaning tezligi boshqariladigan yoki boshqarilmaydiganligiga ham e'tibor berish kerak. Yuqoridagi talablarning aksariyatini qondiruvchi elektr dvigatel—bu rotor qisqa tutashtirilgan asinxron dvigateldir. Shuningdek, mazkur dvigatellar kamchiliklardan ham holi emas. Ularning asosiylari quyidagilardan iborat:

1. Cheklangan ishga tushirish momentida katta ishga tushirish tokining mavjudligi;
2. Rotor zanjiridagi issiqlik miqdorining tashqi muhitga yaxshi tarqalmasligi tufayli qayta ulash sonining cheklanganligi;
3. O'qdagi yuklama momenti o'zgarganda tezlikning o'zgarishi.

Shunga qaramay, xalq xo'jaligidagi deyarli barcha kichik va o'rtacha (100 kVt) quvvatli, ish mexanizmlarida rotor qisqa tutashtirilgan asinxron dvigatellar qo'llaniladi.

Takrorlanadigan qisqa muddatli rejimda ishlaydigan va nisbatan katta ishga tushirish chastotasiga ega bo'lgan ba'zi mexanizmlar uchun oshirilgan nominal sirpanishli asinxron dvigatellarni qo'llash tavsiya qilinadi. Bunday dvigatellarning ishga tushirish momenti katta, ishga tushirish toki esa nisbatan kichik bo'ladi. Shuning uchun bu dvigatellardan foydalanilganda elektr yuritmaning ishga tushirishga energiya isrofi va ishga tushirish vaqti kamayadi.

Ba'zi xollarda faza rotorli asinxron dvigatellardan ham foydalanishga to'g'ri keladi. Ular quyidagi elektr yuritmalarni harakatga keltirishda qo'llaniladi:

1. Og'ir sharoitda ishga tushiriladigan, ishga tushirish momentining katta bo'lishi talab qilinadigan va tezlanishni cheklaydigan mexanizmlar;
2. Soatiga qayta ulanish soni ko'p bo'lgan (takrorlanadigan qisqa muddatli rejimda ishlaydigan) qurilmalar;
3. Tezlikni kichik chegarada boshqarish talab etiladigan qurilmalar.

Faza rotorli asinxron dvigatellarni qo'llash kerak bo'lganda ular tuzilishining murakkabligini, og'irligi va xajmi nisbatan katta ekanligini, cosφ ning kichikligini e'tiborga olish kerak.

O'rtacha va katta quvvatli, uzoq muddatli rejimda ishlaydigan boshqarilmaydigan elektr yuritmalarda sinxron dvigatellardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bunday yuritmalarga kompressorlar, katta quvvatli nasoslar va ventilyatorlar va boshqalar kiradi. Sinxron dvigatellar yuqori FIK va quvvat (cosφ) koeffitsienti bilan asinxron dvigatellardan farq qiladi. Kichik quvvatli qurilmalarda bu dvigatellarni qo'llash iqtisodiy jihatdan o'zini oqlamaydi, chunki sarflangan harajatlarni ularni ekspluatatsiya qilishdagi afzalliklari qoplamaydi.

Ish sharoitiga ko'ra tezlikni katta oraliqda ravon boshqarish talab etiladigan qurilmalarda, katta ishga tushirish soniga ega bo'lgan mexanizmlarda va nisbatan kichik tezlikda ishlaydigan yuritmalarda o'zgarmas tok dvigatellarini qo'llash mumkin. Bunday qurilmalarga reversiv prokat stanlari, metallarga ishlov berish dastgohlari, elektr transporti, liftlar, ko'tarma transport mexanizmlar va boshqalar misol bo'ladi.

Elektr dvigatellarini nominal tezligini aniqlash.

Elektr dvigatellarini ish mashinalari bilan o'zaro biriktirishning eng sodda va mustaxkam turi ularni bevosita mufta orqali ulashdir. Bu xolda dvigatelning tezligi ish mashinasining tezligiga teng qilib olinadi. Dvigatellar esa ma'lum standart tezlikka mo'ljallangan bo'ladi. Bundan tashqari, dvigatellarning nominal tezligi kichikroq bo'lsa, ularning o'lchami berilgan nominal quvvatda (R_{nom}) kattaroq bo'ladi. Shuning uchun aksariyat dvigatellar 1500 va 3000 aylG'min tezlikka mo'ljallab chiqariladi. Ikkinchidan, ish mashinalari, asosan, kichik tezlikka (200-500 aylG'min) mo'ljallangan bo'ladi. Binobarin, dvigatellarni ish mashinalariga ulash uzatish qurilmalaridan foydalanishni taqozo qiladi. Bunday xollarda dvigatelning nominal tezligi bir necha variantlarda hisoblash, tekshirish va analiz qilish asosida tanlanadi.

Elektr dvigatellarning konstruksiyasini tanlash. Dvigatel konstruksiyasini tanlashda atrof-muhit sharoiti ham hisobga olinadi. Bunda dvigatelni tashqi muhit ta'siridan himoyalash kerak bo'lsa, ikkinchi tomondan, dvigatellarda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan uchqunlardan atrof-muhitni (agar yonuvchi changlar, portlovchi gazlar va aralashmalar va shunga o'xshashlar mavjud bo'lsa) himoya qilish kerak bo'ladi. Shuning uchun ham dvigatellar ochiq, himoyalangan, yopiq va portlashga xavfsiz ko'rinishda ishlab chiqariladi.

Ochiq dvigatellar hech qanday himoya vositalariga ega bo'lmaydi va changsiz, iflossiz va boshqa aralashmalarga ega bo'lmagan quruq xonalarda ishlatiladi.

Himoyalangan dvigatellar tok o'tkazuvchi qismlarga tasodifan tegib ketishdan va dvigatel ichiga tashqi buyumlar tushib ketishidan himoyalangan va suv tomchilari tushishidan himoyalangan turlarga bo'linadi.

Yopiq dvigatellarni zax, gazli, changli xonalarda ishlatish mumkin. Ular qopqoq hamda maxsus zichlagich bilan ta'minlanadi. Bunday dvigatellar ichiga tashqaridan chang, gaz va boshqa aralashmalar kirmaydi. Germetik yopiq dvigatelni esa uzoq muddat suvga botirib qo'yilsa ham dvigatel ichiga nam o'tmaydi.

Portlashga xavfsiz dvigatellar yong'in va portlash xavfi bo'lgan, xavfli gaz yoki bug'li xonalarga o'rnatiladi. Ularning korpusi shu qadar mustaxkamki, portlash natijasida dvigatel ichida hosil bo'lgan alanga tashqariga—portlash xavfi bo'lgan muhitga chiqmaydi.

Bulardan tashqari, dvigatellarni sovitilishi, maxkamlanishi va shu kabi boshqa shunga o'xshash xususiyatlarga qarab ham bir necha turga ajratish mumkin.

Nazorat savollari

1. Dvigatelni qizishi nimalarga bog'liq?
2. Yuklanish diagrammasi nima?
3. Dvigatelni ish rejimlariga tushuncha bering?
4. MS Nisbiy ulanish muddati nima?
5. Dvigatelni nominal kuchlanishi qanday tanlanadi?
6. Dvigatel turini tanlashni tushuntiring?
7. Dvigatelni nominal tezligini qanday tanlanadi?
8. MS Dvigatellar konstruktsiyasi bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?

II-Bo'lim

Elektr yuritmani boshqarish

9. Elektr yuritmalarni boshqaruvchi elektromexanik apparat va qurilmalar

9.1. Elektr yuritmani boshqarish qurilmalari

Elektr yuritmani boshqarish, ya'ni avtomatik ravishda ishga tushirish, berilgan tezlikni o'zgartirmay saqlash, reverslash va tormozlab to'xtatish kabi vazifalarni elektromexanik qurilmalar bajaradi. Bunday qurilmalarga uzgichlar, paketli uzgichlar, avtomatlar, kontaktorlar, magnitli ishga tushirgichlar, boshqarish knopkalari, kontrolyorlar, saqlagichlar, boshqarish relelari, texnologik datchiklar va avtomatikada ishlatiladigan ba'zi tuzilmalar kiradi. Bu qurilmalar quyidagi ishlar uchun mo'ljallangan:

1. Dvigatellarni ishga tushirish, reverslash, tezligini rostlash, tormozlash va tarmoqdan uzish uchun;
2. Elektr energiya iste'molchilarini va elektr tarmoqlarni o'ta yuklanish, qisqa tutashuv shikastlanishlaridan himoya qilish uchun;
3. Elektr yuritma va mexanizm ayrim elementlarini blokirovka qilish uchun.

Uzgich. Bunday qurilmalar qo'l bilan bevosita yoki mexanik uzatmalar yordamida harakatlantirilib, kuchlanishi 500 V gacha bo'lgan o'zgaruvchan va o'zgarmas tok zanjirlarini uzib-ulab turishda ishlatiladi. Uzgichlar qo'zg'almas va harakatlanuvchi kontaktlardan tuzilgan. Ba'zi uzgichlar saqlagichlar bilan jihozlangan bo'lib, bir vaqtni o'zida ham uzib-ulagich, ham himoya vazifasini bajaradi. Uzgichlar bir, ikki va uch qutbli ishlab chiqariladi. Ular 600 A gacha toklarga mo'ljallab tayyorlanadi.

Paketli uzgich. Qo'zg'almas va qo'zg'aluvchan kontaktlari bir-biridan izolyatsiyalangan hamda maxsus paketlar ichiga o'rnatilgan qurilmaga paketli uzgich deyiladi. Bunday qurilmalar bilan kichik va o'rta quvvati dvigatellarni ishga tushirish, to'xtatish, ularni yulduz sxemasidan uchburchak sxemasiga o'tkazish va boshqarish zanjirlarini uzib ulash mumkin. Paketli uzgichlar bir yoki bir necha qutbli bo'lib 220 va 380 V kuchlanishda nominal toki 400 A gacha bo'lgan zanjirlarda ishlatilishi mumkin.

Kontrollerlar. Ishlash printsipli va vazifasiga ko'ra paketli uzgichlarga yaqin bo'lib, elektr zanjirlarni ma'lum dastur bo'yicha qayta ulashda ishlatiladi. Kontrollerlarning barabanli va kulachokli xillari bor. Barabanli kontrollerlarda zanjirni ulanishi barabanning aylanib qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas kontaktlarning tutashishida amalga oshadi. Qo'zg'aluvchan kontaktlar misdan yoki bronzadan yasaladi va barabandan dielektrik material bilan ajratib qo'yiladi. Suriluvchi kontaktning mavjudligi apparatning ishonchliligini pasaytiradi. Shuning uchun, ko'pincha, kulachokli kontrollerlar ishlatiladi. Ularda surilmaydigan kontaktlar bo'lib, ularga kulachoklar ta'sir etadi.

Komandokontrollerlar. Kulachogi nisbatan kichik kontrollerlar bo'lib kichik quvvatli boshqarish zanjirlarini uzib-ulash uchun ishlatiladi.

Avtomat uzgich. Avtomat uzgich elektr zanjirlarni va elektr jihozlarni ulab-uzish hamda ularni qisqa tutatashishlardan va o'ta yuklanishlardan himoya qilish uchun ishlatiladi. Qutblar soniga ko'ra avtomat uzgichlar bir, ikki va uch qutbli bo'ladi. Uzatiladigan kattalikning (tok kuchi, kuchlanish va issiqlik miqdori) ning belgilangan qiymatdan ortish lahzasidan boshlab kontaktlarning ajralish lahzasigacha bo'lgan vaqtga ko'ra, ya'ni ishlab ketish vaqti t_i ga ko'ra avtomatlar quyidagilarga bo'linadi: normal avtomatlar (t_i q $0,02 \div 0,1$ sek), tez ta'sir qiluvchi avtomatlar ($t_i < 0,005$ sek); ishlab ketish vaqti 1 sekund gacha bo'lgan rostlanuvchi selektiv avtomatlar.

Avtomatlar kuchlanishi o'zgaruvchan tokda 220, 380, 660 V va o'zgarmas tokda 110, 200, 400 V bo'lganda 6000 A gacha toklar uchun mo'ljallab ishlab chiqariladi. Ular quyidagi asosiy elementlar: yoy so'ndiruvchi tuzilma, kontaktlar, yuritma, erkin ajratish mexanizmi, ajratgichlar va yordamchi kontaktlardan iborat.

Kontaktor. Kontaktorlar o'z xolatiga qaytadigan ikki pozitsiyali qurilma bo'lib, ishchi toklarni uzib-ulash va o'ta yuklanishda uzish uchun xizmat qiladi. Kontaktorlar o'zgarmas tok zanjirlari uchun bir va ikki qutbli qilib tayyorlanadi va ular nominal toki 2500 A gacha bo'lgan elektr zanjirlarini soatiga 1500 martagacha uzib-ulab turishga hisoblab chiqariladi. O'zgaruvchan tok kontaktorlari 2÷5 qutbli bo'lib 600 A gacha tokga mo'ljallangan.

Magnitli ishga tushirgich. Elektr dvigatellarni boshqarish uchun mo'ljallangan blok kontaktli o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok kontaktorlar guruhi hamda knopka stantsiyasidan iborat qurilma

magnitli ishga tushirgich deyiladi. Ular reversiv va noreversiv bo'lishlari mumkin. Noreversiv magnitli ishga tushirgich orqali faqat bir tomonga aylanadigan dvigatel boshqarilsa, reversiv magnitli ishga tushirgich orqali esa ikki tomonga aylanadigan dvigatel boshqariladi. Ular dvigatelni qizib ketishdan himoyalaydigan issiqlik relelari bilan ta'minlanishi mumkin.

Komanda apparatlari. Elektr yuritmalarni ulash, reverslash, tezligini rostlash va to'xtatish uchun komanda beradigan qo'lda boshqariladigan apparatlar komanda apparatlari deyiladi. Ularga boshqarish knopkalari va komanda kontrollerlar kiradi.

Boshqarish knopkasi. Knopkalar boshqarish sxemalarida elektr zanjirlarni ulash va uzish orqali elektromagnit qurilmalarni masofadan turib boshqaradi. Knopkalarning tuzilishi turlicha bo'ladi: boshlang'ich xolatiga o'z-o'zidan qaytuvchi; bosilgan xolda qoluvchi; maxsus kalit bilan ulanuvchi va boshqalar.

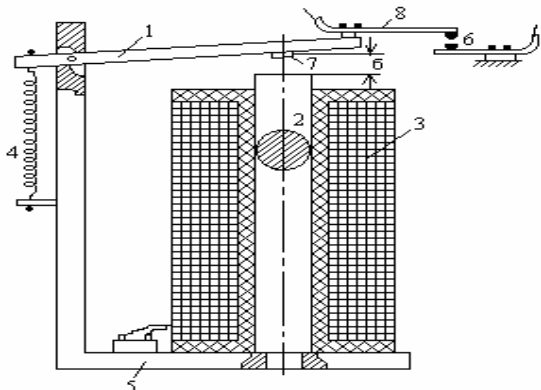
9.2. Boshqarish relelari va saqlagichlar

Rele. Hozirgi zamon murakkab elektr tizimlarida hamda elektr mashinalar va apparatlar avtomatikasida takomillashgan va mustaxkam qurilmalar–relelar ko'plab ishlatiladi. Ularda kirish (boshqarish) kattaligi o'zgarganda chiqish kontaktlari ulanadi (boshqarilayotgan zanjirda tok paydo bo'ladi), yoki uziladi.

Boshqarish apparatlari bilan birgalikda ishlaydigan himoya relelarining vazifasi buzilishga olib keluvchi ish rejimlarida elektr tizimlarni, dvigatellarni va boshqa elektr qurilmalarni buzilishdan saqlashdir. Qabul qilish elementlarining ishlash printsipiga ko'ra relelar: elektromagnit, induksion, qutblanuvchi, magnitoelektrik, elektrodinamik va elektron turlarga bo'linadi. Kirish parametrlariga qarab relelar: tok relesi, kuchlanish relesi, issiqlik relesi va boshqa turlarga bo'linadi.

Ayrim xollarda bitta rele yordamida bir–biriga bog'liq bo'lmagan bir nechta zanjirlarni boshqarish kerak bo'ladi. Bunda oraliq relelar ishlatiladi, relening ishga tushish vaqti 0,05–0,25 sek.

Elektromagnitli relelar ko'proq tarqalgan bo'lib, ular boshqarish chulg'amidagi tok (kuchlanish) o'zgarishidan ta'sirlanadi. Avtomatikada juda ko'p ishlatiladigan elektromagnitli relening sodda ko'rinishi rasm 9-1 da tasvirlangan.



Rasm 9-1. Elektromagnitli relening sxemasi.

U qo'zg'aluvchan yakor 1, o'zak 2, elektromagnit chulg'ami 3, magnit o'tkazgich 5, qaytaruvchi prujina 4, normal ochiq kontaktlar 6 va magnitsiz o'zakcha 7 dan iborat. Elektromagnit chulg'amidan o'zgarimas yoki o'zgaruvchan tok o'tganda yakorni tortuvchi elektromagnit kuch vujudga keladi. Bu vaqtda qaytaruvchi prujina teskari ta'sir ko'rsatuvchi moment hosil qiladi. Qo'zg'aluvchan

kontakt yassi kontakt prujina orqali yakorga maxkamlangan. Elektromagnit chulg'ami boshqarish zanjirining bir qismi bo'lsa, kontaktlar esa ijrochi zanjirning bir qismidir.

Elektromagnit chulg'amidan tok oqib o'tganda magnit maydoni vujudga keladi. Maydonning magnit oqimi o'zak, magnit o'tkazgich hamda yakor orqali tutashadi va yakorni o'zakka tortadi. Bu vaqtda o'zakka maxkamlangan qo'zg'aluvchan kontakt qo'zg'almas kontaktga ulanadi. Natijada ijrochi zanjirda kontaktlar ulanadi va ijrochi mexanizm ishga tushadi. Kontakt prujina 8 bosim hosil qilib, kontaktlar 6 ning ishonchli ulanishini ta'minlash uchun xizmat qiladi. Elektromagnit chulg'amida kuchlanish uzilganda relening yakori qaytaruvchi prujina 4 ta'sirida normal (dastlabki) xolatga qaytadi va kontaktlar 6 ajraladi. Yakorning past tomonidagi magnitsiz o'zakda 7 chulg'amdagi tok uzilganda yakorning o'zakdan oson ajralishini ta'minlash uchun xizmat qiladi. Bunda qoldiq magnetizm ta'siri keskin kamayadi. Relelar tuzilishiga qarab bir nechta ulanuvchi va uziluvchi kontaktlarga ega bo'lishi mumkin.

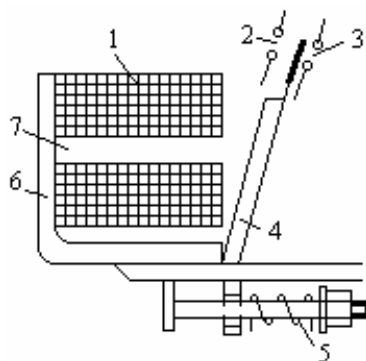
Ko'rib chiqilgan elektromagnit releni oraliq rele, ba'zi xolda kuchlanish relesi deb yuritiladi. U maksimal va minimal kuchlanish relelariga bo'linadi.

Maksimal kuchlanish relesi shunday rostlanadiki, agar kuchlanish nominal, ya'ni belgilangan qiymatdan oshib ketsa, u bilan bog'liq chulg'am toki ham oshadi. Natijada magnit oqimi oshib, yakorni

o'zakka tortadi. Bunday relening normal yopiq kontaktlari uzilib, himoya qilinayotgan elektr qurilmani uzishga avtomatik xolda axborot beradi. Minimal kuchlanish relesining normal yopiq kontakti nominal kuchlanishda ochiq bo'ladi. Agar kuchlanish belgilangan qiymatdan kamaysa, rele chulg'amidagi tok va magnit oqimi kamayadi. Bu oqim yakorni tortib turolmaydi. Natijada yakor o'zakdan uzoqlashadi va normal yopiq kontakt ulanib, himoya qilinayotgan elektr qurilmani uzishga axborot beradi.

Oraliq rele nominal kuchlanishda ishlaydi. Uning kontaktlari bir necha amper tok kuchiga mo'ljallanadi.

Maksimal tok relesi elektr dvigatellarni va boshqa elektr qurilmalarni qisqa tutashuv toklaridan himoya qilish uchun xizmat qiladi.



Rasm 9-2. Maksimal tok relesining sxemasi.

Relening chulg'ami 1 himoyalananayotgan zanjir bilan ketma-ket ulanadi, shuning uchun undan elektr dvigatel yoki boshqa qurilmaning ish toki oqib o'tadi. Rele chulg'amining qarshiligi kichik bo'lishi uchun, u yo'g'on simdan kam o'ramli qilib yasaladi. Tok hosil qilgan magnit oqim o'zak 7, magnit o'tkazgich 6 va yakor 4 bo'yicha tutashadi.

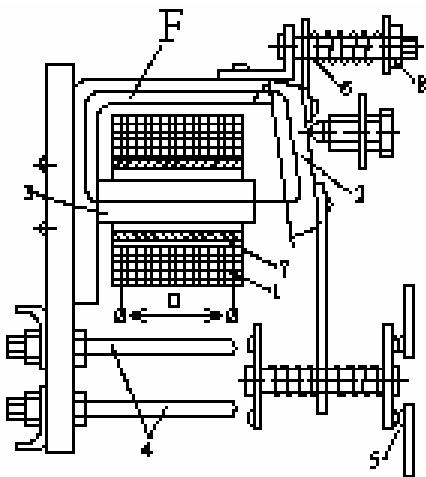
Rele chulg'amidan nominal tok o'tganda vujudga kelgan elektromagnit kuch prujinaning qayishqoqlik kuchidan kichik bo'ladi. Bu vaqtda yakor o'zakka tortilmaydi, natijada kontakt 3 ulangan, kontakt 2 esa ulanmagan xolda bo'ladi.

Agar elektr zanjirida qisqa tutashuv sodir bo'lsa, zanjir toki nominal qiymatdan bir necha marta katta bo'ladi. Bu vaqtda vujudga kelgan elektromagnit kuch xaddan tashqari katta bo'lganligi uchun prujina 5 ning qarshilik kuchini yengib, yakor 4 ni o'zak 7 ga tortadi. Bunda kontakt 3 uziladi, kontakt 2 esa ulanadi. Relening 3 kontakti kontaktor yoki boshqa apparatning boshqarish zanjiriga ulangan. Shuning uchun kontakt 3 ning uzilishi kontaktor yoki boshqa apparat yordamida elektr dvigatelni yoki boshqa elektr qurilmani elektr manбайдan uzadi.

Maksimal tok relesining ishlab ketish tokini prujina 5 ni taranglash bilan rostlash mumkin. Odatda, ishlab ketish toki $I_F = (2 \div 3) I_{nom}$ oralig'ida tanlanadi. Chulg'amda katta tokning paydo bo'lishidan kontakt 3 ning uzilishigacha ketgan vaqt 0,05–0,30 sek bo'lib, relening ishlab ketish vaqti deb ataladi. Tokning qiymati qancha katta bo'lsa, ishlab ketish vaqti shuncha kichik bo'ladi. Rele ishlagandan va kontakt orqali dvigatel manbadan uzilgandan keyin rele da magnit oqimi bo'lmaydi va yakor prujina ta'siri ostida dastlabki xolatga qaytadi.

Agar yuqoridagi relelar o'zgaruvchan tokda ishlatiladigan bo'lsa, ularning o'zagiga, xuddi magnitli ishga tushirgichdagi kabi, qisqa tutashtirilgan chulg'am joylashtirilishi kerak.

Rasm 9-3. Vaqt relesining sxemasi.



Vaqt relesi. Bunday relelar avtomatik boshqarish sistemalarida apparatlarni ma'lum ketma-ketlikda va ma'lum vaqt oralig'ida ishlashini ta'minlash va hayallash vaqtini yuzaga keltirish uchun xizmat qiladi. Vaqt relesi ishlashi va tuzilishiga ko'ra elektromagnitli, elektronli, pnevmatik va boshqa turlarga bo'linadi. Rasm 9-3 da ko'rsatilgan elektromagnitli vaqt relesining tuzilishi va ishlashini ko'rib chiqamiz.

Relening chulg'ami 1 o'zgaras tok tarmog'iga ulanganda o'zakda magnit oqim F vujudga keladi va uning ta'sirida yakor 2 darhol o'zak 3 ga tortiladi. Bunda kontaktlar 4 ulanadi va kontaktlar 5 esa uziladi. Agar chulg'am 1 ni o'zgaras tok manбайдan uzilsa rele da hayallash vaqti boshlanadi. Bunda chulg'amda tok nolga teng bo'ladi va magnit oqim qisqa tutashtirilgan o'ram 7 da o'zinduksiya

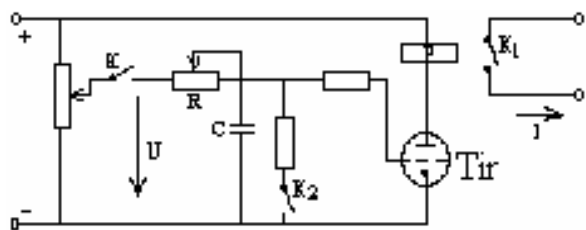
EYuK ni hosil qiladi. Bu EYuK ta'siri ostida qisqa tutashtirilgan o'ramdan tok oqib o'tadi va u magnit oqim F_k ni vujudga keltiradi. Bu oqim Lents qoidasiga muvofiq magnit o'tgazgichdagi magnit oqimining

qiymatini o'zgartirmaslikka intiladi. Ammo qisqa tutashtirilgan o'ramdagi quvvat isrofi tufayli magnit oqimi sekin–asta kamaya boshlaydi va u hosil qilgan elektromagnit kuch prujina 6 ning kuchidan kichik bo'lganda relening yakori o'zakdan uzoqlashadi. Bunda kontaktlar 4 uziladi, kontaktlar 5 esa ulanadi.

Shunday qilib, rele chulg'amini uzgan vaqtdan boshlab, kontaktlarning qayta ulanishi birdaniga emas, balki ma'lum vaqtdan keyin sodir bo'ladi. Bu vaqt xayallash vaqti deb ataladi. Ushbu turdagi relelarda xayallash vaqti sekundning ulushidan to 5–12 sekundgacha bo'lishi mumkin. Xayallash vaqtini prujina 6 ning tarangligini o'zgartirish bilan rostdash mumkin.

Elektron rele. Bunday relelarda o'zgarmas kuchlanish U da kondensator S ning rezistor R orqali zaryadlanishi xayallash vaqtini vujudga keltiradi (rasm 9-4). Dastlab tiratron (Tir) yonmaydi, chunki uning to'r kuchlanishi bo'lmaganda anodiga berilgan kuchlanish tiratronning ishlashi uchun yetarli emas. Zaryadlanadigan kondensatorning kuchlanishi tiratronning to'r kuchlanishiga tengdir.

Kondensatorning zaryadlanishi kalit K ulangan lahzada boshlanadi. Kondensator sekin–asta zaryadlana boshlaydi va uning kuchlanishi tiratronning ishga tushiruvchi to'r kuchlanishi qiymatiga yetmaguncha ko'payadi.



Rasm 9-4. Elektron releni ulanish sxemasi.

Kondensator kuchlanishi to'r kuchlanishining ishga tushirish qiymati U_{it} ga yetganda ($U_{it} \geq U_s$) tiratron ochiladi va tiratronning anodiga ulangan rele R

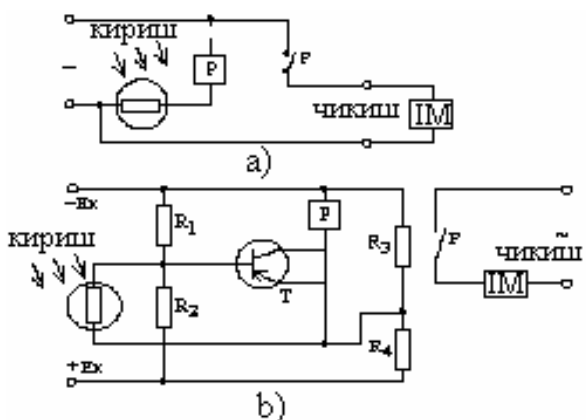
chulg'amida tok paydo bo'ladi. Natijada rele ishga tushadi va kalit $K1$ boshqaruv zanjirini ulaydi va kalit $K2$ ni ulab, kondensatorni zaryadsizlaydi. Tiratron ochilgandan keyin to'r o'zining boshqarish vazifasini yo'qotadi.

Kondensatorning zaryadsizlanishi vaqt relesini qaytadan ishlashga tayyorlaydi.

Shunday qilib, relening xayallash vaqti zaryadlanayotgan kondensator kuchlanishining oshish tezligi bilan aniqlanadi. Bu tezlik kondensator zaryadlanish konturining doimiy vaqti τ q RC ga bog'liq. Bu vaqt davomida kondensator kuchlanishi deyarli U ga teng bo'ladi.

Fotorele. Fotorelening kirish elementi fotoelektron asbobga tushayotgan yorug'lik oqimining o'zgarishi ta'sirida ishlaydi. Fotoelektron asboblarga fotorezistorlar, fotodiodlar, fototranzistorlar, fototiristorlar, elektronli va ionli fotoelementlar kiradi. Fotorezistorlar tuzilishi va ishlatilishiga kura fotoelektron asboblar ichida eng oddiysi hisoblanadi.

Fotorezistorli fotorelelar elektr yuritmalarni avtomat-lashtirishda keng ishlatiladi. Fotorele fotorezistorning turiga va boshqarilayotgan jarayonning xususiyatlariga qarab kuchaytirgichsiz (rasm 9-5, a) yoki kuchaytirgichli (rasm 9-5, b) bo'lishi mumkin.



Rasm 9-5. Fotorelening ulanish sxemasi
a-kuchaytirgichsiz,
b-kuchaytirgichli.

Fotorezistor o'zi boshqaradigan qurilma va elektr energiyasi manbai bilan ketma–ket ulanadi (rasm 9-5,a). Yoritilmagan fotorezistorning qarshiligi katta bo'lganligi uchun fotorezistorli zanjirda tok juda kichik bo'ladi. Agar fotorezistor yoritilsa, uning qarshiligi darhol kamayadi, natijada zanjirda tok ko'payadi va rele ishga tushadi. Relening kontakti ijrochi mexanizmni ulaydi. Ko'pgina xollarda fotorezistor tokidan

to'g'ridan–to'g'ri ijrochi mexanizmni ishga tushirish uchun foydalanish mumkin.

Fotorezistorli va bitta tranzistorli kuchaytirgichi bo'lgan fotoelektron relening sxemasi rasm 9-5 b da ko'rsatilgan. Fotorezistor yoritilmaganda tranzistor T ning baza va emitter potentsiallari kollektor manbaiga ulangan kuchlanish bo'lgichlar $R1$, $R2$ va $R3$, $R4$ bilan belgilanadi. Bu bo'lgichlar qarshiliklarining qiymatlari shunday tanlanganki, agar fotorezistor yoritilmagan bo'lsa, tranzistor

bazasining potentsiali emitter potentsialiga nisbatan musbat bo'ladi. Bunda tranzistor yopiq bo'ladi. Agar fotorezistor yoritilsa, uning qarshiligi birdaniga kamayib ketadi, natijada baza potentsiali emitter potentsialiga nisbatan manfiy bo'ladi va tranzistor ochiladi. Tranzistorning kollektor zanjiriga ulangan elektromagnit rele ishga tushadi va o'zining kontaktlarini ulab, kuzatilayotgan oqimning qiymati ma'lum miqdorga yetganligi to'g'risida axborot beradi yoki shu yorug'lik oqimiga tegishli zanjirni boshqaradi. Ushbu fotoelektron reledan elektr yuritmalarni boshqarishda foydalanish mumkin.

Issiqlik relesi. Elektr dvigatellarni va boshqa elektr qurilmalarni uzoq vaqt davom etadigan 10–20% li o'ta yuklanishdan himoyalash uchun xizmat qiladi.

Issiqlik relesi himoyalalanuvchi dvigatel yoki boshqa elektr qurilma zanjiri bilan ketma–ket ulangan qizdirish elementidan iborat. Qizdirish elementining ichiga bimetall plastinka joylashtirilgan. U chiziqli kengayish koeffitsienti turlicha bo'lgan ikkita metall plastinkalardan iborat bo'lib, ularning bir tomondagi uchlari o'zaro kavsharlangan, ikkinchi uchlari esa asosga qo'zg'almas qilib maxkamlangan. Qizdirish elementidan ajralib chiqayotgan issiqlik ta'sirida bimetall plastinka qiziydi. Iste'molchining toki o'zining nominal qiymatidan ma'lum miqdorga, masalan 20 % ga oshganda bimetall plastinka ko'prok qizib, ma'lum miqdorga bukiladi va richagni qo'yib yuboradi. Prujinaning ta'siri ostida richag buriladi va issiqlik relesining normal yopiq (ulangan) kontaktlarini ochadi. Kontakt magnitli ishga tushirgichning boshqarish zanjiriga ulanadi, shuning uchun yuritgich chulg'aming zanjiri uziladi va magnitli yuritgichning asosiy kontaktlari ajraladi, ya'ni elektr dvigatel yoki boshqa elektr qurilma elektr tarmoqdan uziladi. Issiqlik relesini dastlabki xolatga qaytarish uchun dastlabki xolatiga qaytarish knopkasidan foydalaniladi.

Saqlagichlar. Elektr zanjirida qisqa tutashuv yoki o'ta yuklanish yuzaga kelganda uni avtomatik ravishda bir marta uzish uchun xizmat qiladigan apparat saqlagich deb ataladi. Zanjirni saqlagich vositasida uzish eruvchan quymaning erishi tufayli amalga oshadi. Bu eruvchan quyma o'zidan muxofazalanayotgan zanjirning toki oqib o'tganda qizib eriydi. Eruvchan quymani qo'lda almashtirish mumkin. Konstruktsiyasining soddaligi va arzonligi sababli eruvchan saqlagichlar sanoat elektr qurilmalarida, elektr tarmoqlarida va elektr yuritmalarda keng qo'llaniladi. Saqlagichlarning konstruktsiyasi turlicha bo'lib, milliampordan to minglab ampergacha toklarga mo'ljallanadi. Hamma saqlagichlar asosiy elementlar asos, eruvchan quyma, kontakt va yoy so'ndiruvchi qurilma yoki yoy so'ndiruvchi muhitdan iborat bo'ladi. Saqlagichlarning asosiy texnik parametrlari nominal kuchlanish (U_{nom}) va nominal tok (I_{nom}) hisoblanadi.

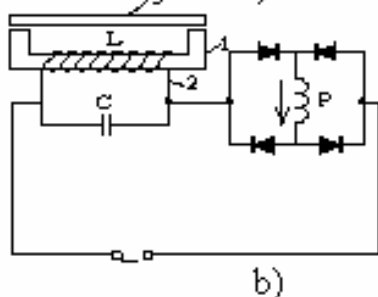
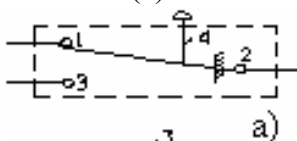
Ayrim iste'molchilarni (masalan, dvigatellarni) himoya qiluvchi quyma va saqlagichlarni tanlashda ikkita shartga rioya qilish kerak:

- 1) ulardan uzoq vaqt davomida normal tok (ish toki I_{ish}) o'tganda quymalar erimasligi, ya'ni $I_{k,nom} \geq I_{ish}$;
- 2) quymalar himoya qilinayotgan dvigatellarning qisqa muddatli (ishga tushirish) tokiga chidamli bo'lishi, ya'ni $I_{k,nom} \geq I_{i,t}(1,5 \div 2,5)$.

9.3. Texnologik datchiklar va avtomatikada ishlatiladigan ba'zi tuzilmalar

Ma'lum texnologik parametrlar: (masofa, tezlik, yuklama, bosim...) ta'sirida elektr kontaktli yoki kontaktsiz elementi ishga tushadigan apparat texnologik datchik deyiladi. Elektrik yuritmani avtomatlashtirishda ishlatiladigan ba'zi texnologik datchiklar bilan tanishamiz.

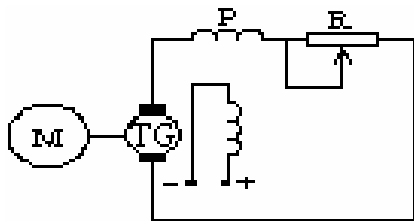
Yo'l almashib ulagichlar. Harakatdagi ish mexanizmining ba'zi qismlaridan ta'sirlanib ma'lum kontaktlari tutashadigan, boshqa qismlari ajraladigan qurilma yo'l almashib ulagichi deyiladi. Rasm 9-6 da kontaktli (a) va kontaktsiz (b) yo'l almashib ulagich sxemasi keltirilgan. 9-6 a-rasmda 1 va 2 kontaktlar normal xolda, ya'ni tutashgan 2 va 3 kontaktlar ajralgan xolda. Ish mexanizmi o'zidagi turtkich bilan 4 shtokni bosganda 1 va 2 kontaktlar ajraladi 2 va 3 kontaktlar birikadi. Bunday qurilmalar kuchlanishi $U=380$ V, tok kuchi $I=3$ A gacha bo'lgan zanjirlarda ishlatiladi. Xizmat davri kontakt tizimi xolatini $(5 \div 10) \cdot 10^6$ marta o'zgarishi bilan o'lchanadi. Agarda ish mexanizmi aylanma harakat qiladigan bo'lsa barabanli yo'l almashlab ulagichlar ishlatiladi.



Rasm 9-6. Yo'l almashlab ulagich
sxemalari.

Rasm 9-6 b da harakatlanuvchi mexanizm bilan plastinka 3 bog'langan bo'lib, u magnit tizim 1 yaqinidan o'tganda zanjirda 2 tok rezonansi sodir bo'ladi. Natijada zanjirdagi umumiy tok qiymati kamayib, rele o'z yakorini qo'yib yuboradi. Bunda rele yakori bilan bog'langan kontakt tizimi o'z xolatini o'zgartirib avtomatik sxemaga kerakli bo'lgan tok zanjirini elektr tarmog'iga ulaydi yoki undan ajratadi.

Tezlik relesi. Aylanish tezligi, aylanish yo'nalishi, hamda aylanishdan to'xtagan xolatlarni nazorat qilish uchun tezlik relelari ishlatiladi. Bunday relelar markazdan qochma kuch yoki induksion printsiplari asosida tayyorlanadi. Tezlik relesi sifatida taxogenerator bilan elektromagnit releni birgalikda qo'llash mumkin. Kuchlanishi rotor tezligiga mutanosib bo'lgan kichik quvvatli o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok generatori taxogenerator deyiladi. Taxogeneratorning vali tezligi nazorat qilinadigan dvigatel vali bilan bevosita yoki biror uzatma orqali bog'langan bo'ladi. Dvigatel vali ma'lum tezlikka erishganda shu tezlikka mutanosib bo'lgan kuchlanishga sozlangan rele ishlay boshlaydi. Rasm 9-7 da taxogeneratorli tezlik relesining sxemasi keltirilgan.



Rasm 9-7. Taxogeneratorli tezlik relesining sxemasi.

Elektromagnitlar va elektromagnit muftalar. Elektromagnit chulg'amiga tok berilishi bilan u o'z yakorini tezda tortib oladi. Shu asosda iskanjali va lentali tormoz mexanizmlarini elektromagnitlar bilan harakatga keltirish mumkin. Elektromagnitlar bilan pnevmo va gidroventillarni ham avtomatik boshqarish mumkin.

Elektromagnit muftalar avtomatikada keng tarqalgan qurilmalar hisoblanadi. Bunday muftalar orqali motor bilan ish mexanizmi orasidagi mexanik bog'lanishli zanjirlarini ajratib qo'yish yoki aylanib turgan motor valini kinematik zanjir bilan avtomatik ravishda tutashtirish mumkin. Nominal tezlik bilan aylanib turgan dvigatelni mufta orqali ish mexanizmi bilan tutashtirilganda, elektrik yuritmaning ishga tushish vaqti birmuncha qisqaradi.

Sel sinlar. Mexanik bog'lanishsiz bir valdagi harakatni ma'lum masofadagi boshqa valga sinxron ravishda uzatuvchi induksion elektr mashinalar sel sinlar deyiladi. Sel sinlar o'z vazifalariga ko'ra quyidagilarga bo'linadi:

a) Sel sin datchik (SD)-ish mexanizmi validagi harakatni qabul qiladi va uni elektr signaliga aylantirib sel sin priyomnikka uzatadi.

b) Sel sin priyomnik (SP)-elektr signalini, ya'ni ish mexanizmi validagi harakatni qabul qiladi va uni o'zgartirmay sinxron ravishda takrorlaydi.

Mexanik bog'lanmagan sistemalarda chiziqli yoki burchakli siljishni o'lchashda sel sinlardan foydalaniladi. Sel sin datchik rotor va statordan iborat bo'lib, stator pazlarida bir-biriga nisbatan 120° burchak ostida 3 fazali chulg'am joylashtiriladi va ular yulduz yoki uchburchak usulida ulanadi. Sel sin datchik rotorini bir fazali chulg'amdanda iborat bo'lib, u bir fazali o'zgaruvchan tokka ulanadi. Rotor chulg'ami hosil qilgan magnit oqimi stator chulg'aminin kesib o'tib unda EYuK hosil qiladi.

$$\begin{aligned} e_1 &= E_m \cos \alpha \\ e_2 &= E_m \cos (\alpha + 120^\circ) \\ e_3 &= E_m \cos (\alpha + 240^\circ) \end{aligned} \quad (9.1)$$

Rotorni turli xolatlarida stator chulg'amida rotor xolatiga mos keluvchi turlicha EYuK xosil bo'ladi.

Sel sin priyomnik ham sel sin datchik kabi tuzilgan bo'lib uni rotorini ham bir fazali o'zgaruvchan tokka ulanadi. Stator chulg'amlari esa 3 simli liniya bilan sel sin datchik stator chulg'amiga ulanadi. SD rotorini manbaga ulaymiz, SP rotorini esa manbaga ulanmagan. Bunda ikkala sel sin fazalarida

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{E_m}{Z} \cos \alpha \\ I_2 &= \frac{E_m}{Z} \cos (\alpha + 120^\circ) \\ I_3 &= \frac{E_m}{Z} \cos (\alpha + 240^\circ) \end{aligned} \quad (9.2)$$

tok hosil bo'ladi. Z-ikkala sel sin faza chulg'amlarini qarshiligi. SP rotorini tokka ulanganda rotor statorni umumiy magnit maydoni bilan moslashishga harakat qiladi. Bu umumiy maydon SD rotorini xolati bilan bir xil bo'ladi. Natijada SD va SP rotorlari o'zaro bog'langan bo'lib sinxron harakatlanadi.

Nazorat savollari

1. Saqlagichlarni tuzilishi va ishlash printsipini tushuntiring?
2. Elektromagnitli relelarning tuzilishi va ishlash printsipini tushuntiring?
3. MS Fotoreleni ishlash printsipini tushuntiring?
4. Vaqt relesi qanday funktsiyalarni bajaradi?
5. Qanday apparatlar texnologik datchik deyiladi?
6. MS Yo'l almashlab ulagichlarni qanday turlarini bilasiz?

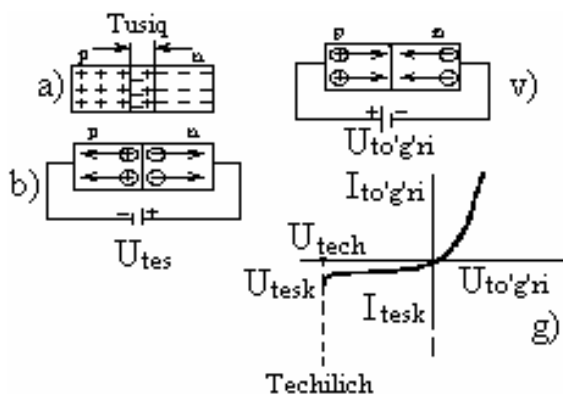
7. Tezlik relesi ishlash printsipi va vazifasini tushuntiring?
8. Elektromagnit muftalar qaerlarda ishlatiladi?
9. Sel sin nima va u qanday vazifani bajaradi?
10. Elektr yuritmaning boshqarish qurilmalarini ayting?
11. Boshqarish qurilmalari qanday ishlar uchun mo'ljallangan?
12. Uzgichlarni turlari, tuzilishi va vazifalarini ayting?
13. Avtomat uzgich qanday qurilma?
14. Kontaktor qanday vazifani bajaradi?
16. Magnitli ishga tushirgich deb qanday qurilmaga aytiladi.

10. Yarim o'tkazgichli qurilmalar (diod, tranzistor, tiristor) va magnit kuchaytirgichni elektr yuritmalarda qo'llanilishi

10.1. Yarim o'tkazgichli qurilmalarni elektr yuritmalarda qo'llanilishi

Ma'lumki, generator-motor tizimi orqali dvigatelni boshqarish va uning tezligini rostlash o'zining afzalliklari bilan birga, kamchiliklarga ham ega, ya'ni u ishlashda ishonchli emas, FIK past, qimmatbaho. Bu kamchiliklarni yarim o'tkazgichli qurilmalardan yig'ilgan o'zgartkichlar bar taraf etishi mumkin.

Diod. Tokni bir tomonlama o'tkazadigan yarim o'tkazgichli asbob diod deyiladi. Sanoatda Se, Ge va Si diodlaridan tok kuchi bir necha milliampordan 100 000 A gacha, kuchlanishi bir necha ming vol t bo'lgan to'g'rilagichlar ishlab chiqarilmoqda.



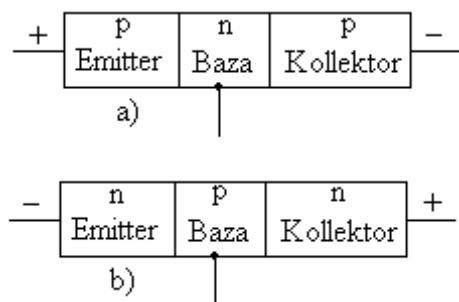
Rasm 10-1. r-n o'tishning tuzilishi (a), ulanish sxemasi (b, v) va vol tamper xarakteristikasi (g).

Rasm 10-1 da r-n o'tishni tuzilishi (a), tok manbaiga to'g'ri (b), teskari (v) ulanish sxemasi va vol tamper xarakteristikasi (g) keltirilgan. Diodni tayyorlash va uni ishlash printsipi bizga fizika kursidan ma'lumdir.

Tranzistorlar. Tranzistor ikkita r-n o'tishdan iborat uch qatlamli qurilmadir. Bunda chetki qatlamlar bir xil o'tkazuvchanlikka ega bo'ladi. Tranzistorlar elektr signallarini kuchaytirish uchun xizmat qiladi.

Ularni r-n-p va n-p-n turlari mavjud. Rasm 10-2 da r-n-r (a) va n-r-n (b) tranzistorlarning tuzilish sxemasi ko'rsatilgan.

Amalda asosan r-n-r tipli tranzistorlar ishlatiladi.



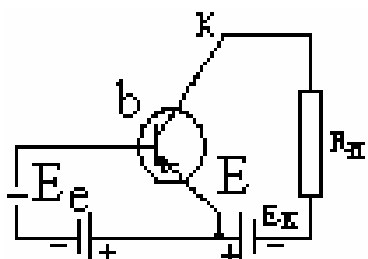
Rasm 10-2. Tranzistorlarning tuzilish sxemasi.

Tranzistorlarni umumiy bazaga (UB), emitterga (UE) yoki kollektorga (UK) ulash mumkin. Tranzistor UE sxemasi bilan ulanganda quvvat bo'yicha eng katta kuchaytirish koeffitsienti olinadi (rasm 10-3). Tranzistorni asosiy ko'rsatkichlari tok (α), kuchlanish (K_u) va quvvat (K_r) bo'yicha kuchaytirish

koeffitsientidir.

$$\alpha = \frac{\Delta I_{\kappa}}{\Delta I_{\eta}}; U_{\kappa} = \text{const} \quad (10.1)$$

$$K_u = K_r = \frac{I_{\kappa} R_{\eta}}{I, R_{\text{kuruu}}} = \frac{I_{\kappa}^2 R_{\eta}}{I^2, R_{\text{kuruu}}} = \frac{R_{\eta}}{R_{\text{kuruu}}}; \alpha \approx 1. \quad (10.2)$$

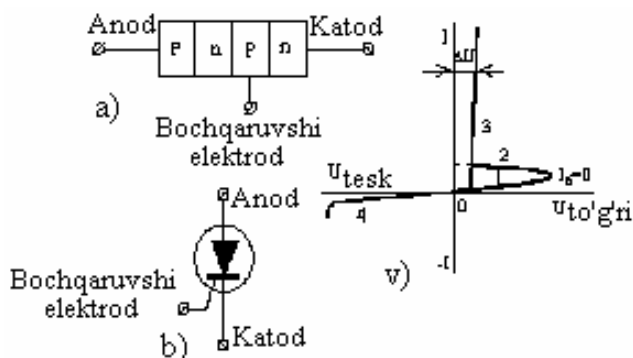


Rasm 10-3. Tranzistorni UE ga ulanish

sxemasi.

Tiristorlar. To'rt qatlamli ikkita r-n o'tishli boshqariladigan diod tiristor deyiladi. Chetki qatlamlariga biriktirilgan elektrodlar anod va katod deyilib, ichki baza qatlamidagisi esa boshqaruvchi elektrod deyiladi. Rasm 10-4 da tiristor struktura sxemasi (a) va shartli belgisi (b) va vol tamper xarakteristikasi (v) ko'rsatilgan.

Tiristorni boshqarish elektrodidan o'tadigan tokni (I_b) o'zgartirib tiristorni ochilish protsessini boshqarish mumkin. Agar tiristor anodi (A) va katodi (K) ga o'zgaruvchan kuchlanish berilsa, u xolda (I_b) boshqarish toki fazasini o'zgartirib tiristorni boshqariluvchi diodi sifatida qo'llash mumkin, ya'ni zanjirga ulangan yuklamadan o'tayotgan to'g'rilangan tokni katta diapazonda rostlash mumkin.



Rasm 10-4. Tiristorni tuzilish sxemasi (a), shartli belgisi (b) va vol tamper xarakteristikasi (v).

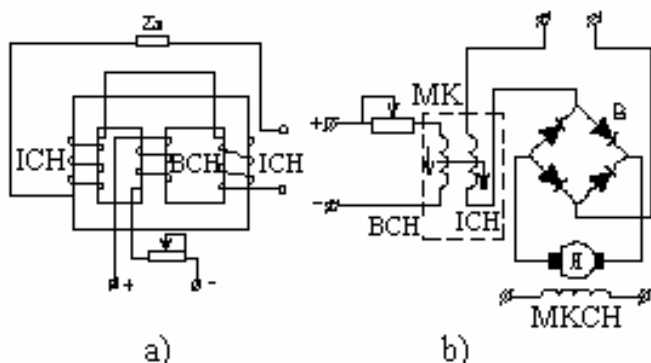
10.2. Magnit kuchaytirgich va uni elektr yuritmada qo'llanilishi

Magnit kuchaytirgichning ishlash printsipi oddiy to'yinish drosseli ishlashi kabidir. Magnit kuchaytirgich po'lat o'zagining tuzilishi va unga o'rnatilgan chulg'amlar soni bilan to'yinish drosselidan farq qiladi. To'yinish drosseli magnitlantiruvchi, ish chulg'ami va magnit o'zakdan iborat.

Agarda magnitlantiruvchi chulg'amga o'zgarmas tok berilsa, o'zak to'yinish xolatiga o'tib qoladi. Bunda ish chulg'amning induktivligi kamayib, undan o'tadigan tok qiymati ortadi. Demak, ish chulg'am zanjiriga ulangan yuklamadagi tok va kuchlanishning qiymati ham ortadi. Shunday qilib magnitlantiruvchi chulg'amdagi o'zgarmas tok qiymatini o'zgartirib ish chulg'amdagi yuklama tokini rostlash mumkin.

Ushbu printsipt asosida ishlovchi magnit kuchaytirgichni (MK) tuzilish (a) va dvigatelni MK li o'zgartirgich bilan tezligini rostlash sxemasi (b) rasm 10-5 da ko'rsatilgan. Turli tipdagi MK lar uchun quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti $K_r 2 \cdot 10^3 \div 2 \cdot 10^5$ ga teng bo'ladi.

MK ning yarim o'tkazgichli diodlar bilan birgalikda boshqariladigan to'g'rilagich sifatida qo'llash mumkin. Rasm 10-5 b da mustaqil qo'zg'atishli dvigatelni tezligini magnit kuchaytirgichli o'zgartirgich bilan boshqarish sxemasi keltirilgan. Bunda BCh boshqarish chulg'amidagi (magnitlantiruvchi chulg'am) tok qiymatini o'zgartirish bilan yakorga beriladigan to'g'rilangan kuchlanishni va, demak dvigatel tezligini boshqarish mumkin.



Rasm 10-5. MK ning ulanish (a), UTD ni MK li o'zgartirgich bilan tezligini rostlash sxemasi (b).

Nazorat savollari

1. Qanday yarim o'tkazgichli qurilmalarni bilasiz?
2. MS Diod qanday qurilma?
3. Tranzistor qanday qurilma?
4. Tiristor qanday qurilma?
5. Tranzistorni asosiy ko'rsatkichlarini ayting.
6. MS Magnit kuchaytirgichni ishlash printsipini ayting.

11. Elektr yuritmalarni rele kontaktorli boshqarish

11.1. Elektr yuritmalarni boshqarish printsiplari va elektr sxemalarini tuzilishi

Elektr yuritmani ishga tushirish, tezligini rostlash, reverslash, tormozlash va ishchi mashina texnologik jarayonini ta'minlash uchun tezlik, moment va quvvatni talab qilingan qiymatini ta'minlash elektr yuritmani boshqarish deyiladi. Elektr yuritmani boshqarish bo'yicha operatsiyalar avtomatika apparatlari bilan bajarilsa avtomatik boshqarish deyiladi.

Elektr yuritmalarni boshqarish printsiplari. Elektr yuritmani avtomatik boshqarish quyidagi usullar bo'yicha bajarilishi mumkin:

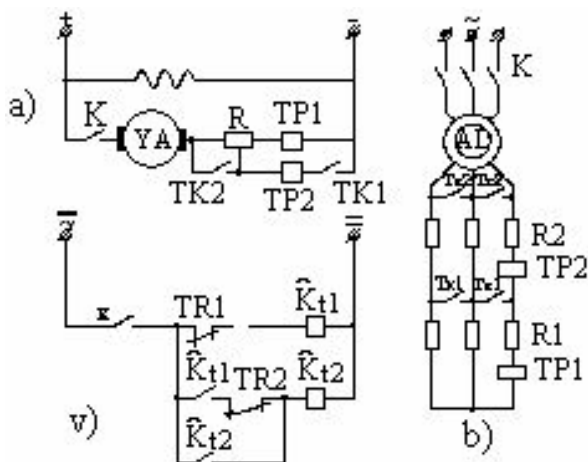
- 1) Vaqt asosida–boshqarish vaqt relesi yordamida bajariladi. Har bir rele biror kontaktorni ulaydi yoki uzadi;
- 2) Tezlik asosida–boshqarish harakatlanuvchi burchak tezligini nazorat qiluvchi rele yordamida bajariladi;
- 3) Tok asosida–boshqarish minimal yoki maksimal tok relelari yordamida bajariladi; Bu relelar tezlashtirish kontaktorlarini dvigatel toki ortganida yoki kamayganida ulaydi;
- 4) EYuK asosida–boshqarish rele yoki kontaktorlar yordamida bajariladi;
- 5) Chastota asosida–boshqarish rotordagi chastota o'zgarishiga asoslangan.

Elektr sxemalarini tuzilishi. Elektr zanjirlarning ulanish sxemasi elektrosxema deyiladi. Sxemada elektr zanjir elementlari shartli belgilar bilan tasvirlanadi. Shartli belgilar elektrosxemaning uzilgan xolati uchun chiziladi. Apparatning hamma elementlari (kontaktlari, chulg'ami) bir xil harf-raqam belgi bilan belgilanadi. Elektr sxemalar tuzilishiga ko'ra printsiplial (yoyilgan) va montaj (yig'ish) sxemalariga bo'linadi. Printsiplial sxemada uning har bir elementi o'zining ulanish tartibiga ko'ra ko'rsatiladi. Bunda elementlarning haqiqiy turish joyi hisobga olinmasdan, ularning ishlash printsiplini oson tushuntirish ko'zda tutiladi. Montaj sxemada apparatlar va ularning elementlari o'zlarining haqiqiy turish joylarida ko'rsatiladi. Elektr sxemalar bosh va boshqarish zanjirlardan iborat bo'ladi. Boshqarish zanjiri sxemada bosh zanjirga nisbatan ingichka chiziq bilan ko'rsatiladi. Boshqarish sxemalari elementlarining shartli belgilari ilova 1 da keltirilgan.

11.2. Elektr yuritmalarni ishga tushirish usullari

Elektr yuritmalarni tok, tezlik va vaqt asosida ishga tushirish mumkin.

Tok asosida ishga tushirish sxemasi rasm 11-1 da keltirilgan. Sxemada TR1 va TR2 tok relelari va ularning kontaktlari. TK1 va TK2 tezlashtirish kontaktorlari va ularning kontaktlari. R, R1 va R2 rezistorlar. Bunday sxemalarda dvigatel ishga tushirish knopkasi orqali (K ulanadi) to'la qarshilik bilan ishga tushiriladi.



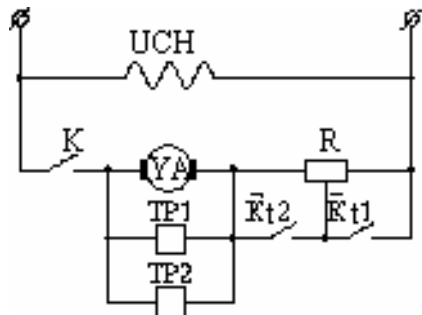
Rasm 11-1. Tok asosida boshqarish sxemalari (a, b), tezlashtirish kontaktorlarining boshqarish sxemasi (v).

Dvigatel aylanish tezligini ortishi bilan yakor (rotor) toki kamaya boradi va uning minimal qiymatida birinchi tok relesi (TR1) yakorini tortib turolmay uni qo'yib yuboradi. Bunda uni ajratuvchi kontakti tutashib birinchi tezlashtirish kontaktoriga (TK1) tok beradi natijada, uni birlashtiruvchi kontakti (TK1) yopilib rezistorni (R) bir qismini shuntlaydi. Bunda yakor (rotor) zanjiriga ikkinchi tok relesi TR2 ulanadi. Ikkinchi tok relesini (TR2) yakor (rotor) toki minimalgacha kamayganda u ham yakorini qo'yib yuboradi, ajratuvchi kontakti tutashib ikkinchi tezlashtirish kontaktoriga (TK2) tok beradi, uni ham birlashtiruvchi kontakti (TK2) yopilib rezistorni qolgan qismi shuntlanib, tashqi qarshilikni (R) sxemadan to'liq chiqaradi, dvigatel tabiiy xarakteristikada nominal yuklama toki bilan turg'un xolda ishlay boshlaydi.

Elektr yuritmani tezlik asosida boshqarish sxemasi rasm 11-2 da keltirilgan. Sxemada ishga tushirish jarayoni tezlik o'rniga, unga mutunosib bo'lgan EYuK asosida bajariladi. Sxemada kontaktor (K) ulanganda tezlashtirish relelari TR1 va TR2 lardagi kuchlanish yakordagi kuchlanish pasayishi ΔU_{ya} ga teng bo'ladi.

Dvigatelni aylanish tezligi ortganida yakor EYuK si ortadi, rele TR1 ishga tushib, tezlashtirish kontaktori TK1 ni ulaydi, rezistorning bir qismi shuntlanadi.

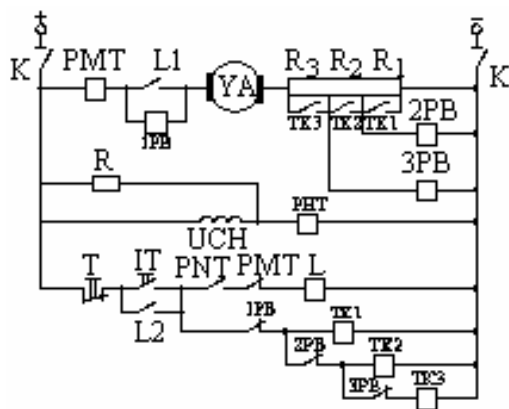
Aylanish tezligi yana ortganida TR2 ishga tushib TK2 ni ulaydi va rezistor to'liq sxemadan chiqarilib, UTD tabiiy xarakteristikada ishlay boshlaydi.



Rasm 11-2. Elektr yuritmani tezlik asosida boshqarish sxemasi.

Elektr yuritmani vaqt asosida ishga tushirish sxemasi rasm 11-3 da ko'rsatilgan.

Kontaktori (K) ulanganda dvigatelni o'yg'otish chulg'ami (UCH) va nol tok relesidan (RNT) tok o'ta boshlaydi. Bu bilan birga maksimal tok relesi (RMT), birinchi vaqt relesidan (1RV), yakor va to'la tashqi qarshiliklar orqali ham tok o'ta boshlaydi. Ammo 1RV qarshiligi nisbatan ancha katta bo'lgani uchun yakordan o'tayotgan tok dvigatelni harakatga keltira olmaydi.

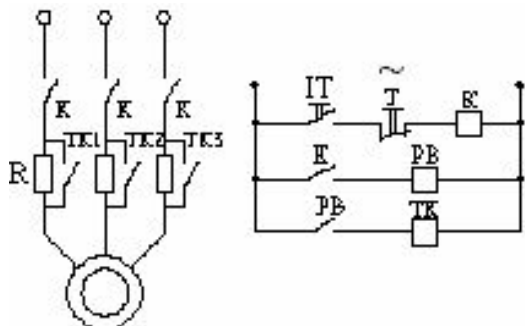


Rasm 11-3. Parallel o'yg'otishli o'zgarmas tok dvigateling vaqt asosida ishga tushirish sxemasi.

Dvigatelni ishga tushirish (IT) knopkasi bosilganda 1RV liniya kontaktorini L1 kontakti bilan shuntlanadi va t_1 qiymatli vaqt saqlash olinadi. t_1 vaqt o'tishi bilan (1RV shu vaqtga sozlangan) vaqt relesi o'z yakorini qo'yib yuboradi va TK1 zanjirini yopadi, TK1 orqali qarshilikni birinchi pog'onasi (R1), hamda 2RV chulg'ami shuntlanadi, natijada, dvigatelni aylanish tezligi yana maksimal moment ta'sirida orta boradi.

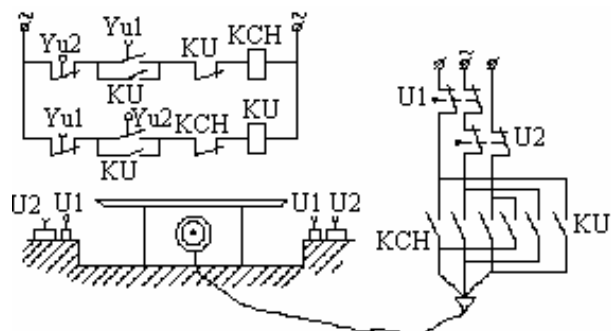
2RV ni sozlanish vaqti t_2 o'tishi bilan u ham yakorini qo'yib yuboradi va TK2 ham elektr tarmoqqa ulanadi va hokazo. Shunday qilib, dvigatel avtomatik ravishda ishga tushiriladi va u tabiiy xarakteristikada ishlay boshlaydi. Sxemada maksimal tok relesi (RMT) dvigatelni qisqa tutashuv tokidan himoyalash uchun qo'llanilgan, nol tok relesi (RNT) esa o'yg'otish zanjirida nominal tok bo'lgandagina dvigatelni ishga tushirish mumkinligini ta'minlaydi.

Rasm 11-4 da qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelni vaqt asosida avtomatik ishga tushirish sxemasi ko'rsatilgan. Sxemadagi IT knopkasi bosilishi bilan dvigatel qarshilik orqali elektr tarmog'iga ulanadi. Natijada vaqt relesi (RV) ishga tushadi. Dvigatelni ishga tushirish vaqti (rele sozlangan vaqt) tugashi bilan tezlatish kontaktori (TK) zanjiridagi vaqt relesini RV kontakti yopiladi. Buning natijasida dvigatelning bosh zanjiridagi tashqi qarshiliklar TK1, TK2 va TK3 kontaktlar bilan shuntlanadi va dvigatel tabiiy xarakteristikaga o'tib, turg'un rejimda ishlay boshlaydi.



Rasm 11-4. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelni vaqt asosida ishga tushirish sxemasi.

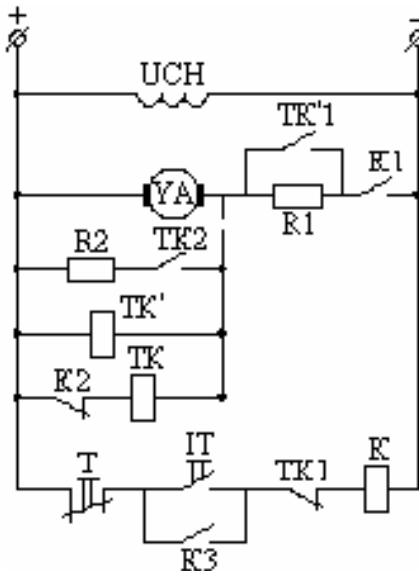
Yo'l asosida elektr yuritmani boshqarish. Agar mexanizmning biror elementi qaytar-ilgarilanma harakat qilsa dvigatel reversiga (teskari aylanishiga) avtomatik signal berish uchun yo'l uzgichlari Yu1 va Yu2 o'rnatiladi. Yo'l uzgichi ishlamay qolganida mexanizmni harakatlanuvchi elementi harakati cheklovchi uzgichlar U1 yoki U2 orqali chegaralanadi, ya'ni ular yordamida dvigatel elektr tarmoqdan uziladi. 11-5 rasmda elektr yuritmani yo'l asosida boshqarish sxemasi keltirilgan.



Rasm 11-5. Yo'l asosida elektr yuritmani boshqarish sxemasi.

11.3. Elektr yuritmalarni boshqarish sxemalari

O'zgarmas tok dvigateline boshqarish. O'zgarmas tok dvigateline EYuK asosida ishga tushirish va dinamik tormozlashni boshqarish sxemasi rasm 11-6 da keltirilgan. Sxemada dinamik tormozlashni amalga oshirish uchun rezistor (R2) ko'zda tutilgan. Uni ulanishi va uzilishi tormozlash kontaktorini (TK) TK2 kontakti bilan amalga oshiriladi, UTD ishga tushirish EYuK asosida amalga oshiriladi, buning uchun sxemada tezashtirish kontaktori (TK) va ishga tushirish rezistori R1 bor. UTD ni ishga tushirish va uni ishlash jarayonida tormozlash kontaktori (TK) liniya kontaktorini (K) K2 ajratuvchi kontakti bilan uziladi.



Rasm 11-6 . O'zgarmas tok dvigatelingining ishga tushirish va dinamik tormozlashni boshqarish sxemasi.

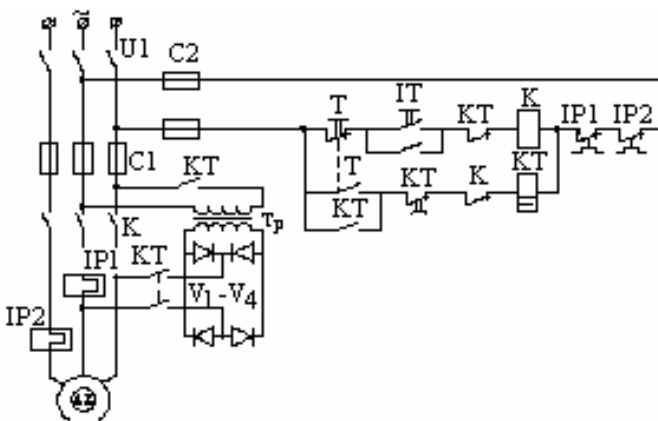
Tormozlash to'xtatish knopkasini bosish orqali amalga oshiriladi. Kontaktor K da elektr ta'minoti yo'qoladi, K1 kontakti bilan UTD elektr tarmog'idan ajratadi va K2 ajratuvchi kontakti bilan tormozlash kontaktori zanjirini tutashtiradi. Tormozlash kontaktori (TK) ishga tushadi va TK2 kontakti bilan UTD ga dinamik tormozlash rezistorini R2 ulaydi.

Dinamik tormozlash jarayoni UTD dagi EYuK tormozlash kontaktori (TK) yakorini qo'yib yuborish kuchlanishidan kamayganida tugaydi, bunda TK uziladi va sxema boshlang'ich xolatga qaytadi.

Asinxron harakatlantirgichlarni boshqarish. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelni boshqarish sxemasi rasm 11-7 da ko'rsatilgan. Asinxron dvigatelni ishga tushirish uchun uzgich

(U) ulanib ishga tushirish knopkasi (IT) bosiladi. Bunda liniya kontaktori (K) ishga tushib u bosh zanjirdagi kontaktlarini (K) tutashtiradi va asinxron dvigatel elektr tarmog'iga ulanib harakatga keladi.

AD ni elektrodinamik usulda tormozlash uchun to'xtatish knopkasi (T) bosiladi. Bunda boshqarish zanjiridagi kontaktor (K) elektr tarmoqdan uziladi, natijada, uni bosh zanjirdagi kontaktlar dvigatelni elektr tarmoqdan ajratadi. To'xtatish knopkasi (T) bosilganda uni blok kontakti (T1) tormozlash kontaktorini (KT) tarmoqqa ulaydi, uni kontaktlari stator chulg'amini o'zgarmas tok manbasiga ulab, dvigatelni elektrodinamik rejimga o'tkazadi. Bunda tormozlash kontaktori yakoriga o'rnatilgan mayatnikli vaqt rele si ishga tushib ma'lum (o'rnatilgan to'xtatish vaqti) kutish vaqtidan so'ng uni KT kontakti tormozlash kontaktorini elektr tarmog'idan ajratadi. Sxemaga dvigatelni qisqa tutashuv, o'ta yuklanish va qizishdan himoya apparatlari kiritilgan.



Rasm 11-7. Qisqa tutashtirilgan rotorli AD ni boshqarish sxemasi.

Sinxron dvigatellarni boshqarish. Sinxron dvigatellarni PN 7401 rusumli boshqarish stantsiyasini sxemasi rasm 11-8 da keltirilgan. Bunday stantsiyalar quvvati 50 dan 400 kVt, kuchlanishi 220, 380 va 500 V bo'lgan sinxron dvigatellarni ishga tushirish va to'xtatishda foydalaniladi.

SD ni ishga tushirish IT knopkasini bosish bilan amalga oshiriladi, bunda tezashtirish kontaktori TK ulanadi va SD energiya tarmog'iga R1 rezistor orqali ulanadi. Ishga tushirish toki ta'sirida rele (RT) ishga tushadi, o'z navbatida u liniya kontaktori zanjirini ulashga tayyorlovchi vaqt relelarini (RV1, RV2) ulaydi. SD harakatga keladi, uni qo'zg'atish chulg'ami zanjiriga rezistor (R3) orqali qo'zg'atish toki beriladi. SD stator chulg'ami zanjiridagi tok rele PI ni sozlash tokidan kamayganda rele yakorini qo'yib yuboradi va RV1 vaqt relesi energiya ta'minotidan uziladi. Buning natijasida ma'lum vaqtdan so'ng (releni kutish vaqti) kontaktor (K) ulanadi va SD ni elektr tarmog'iga to'g'ridan-to'g'ri ulanishini ta'minlaydi.

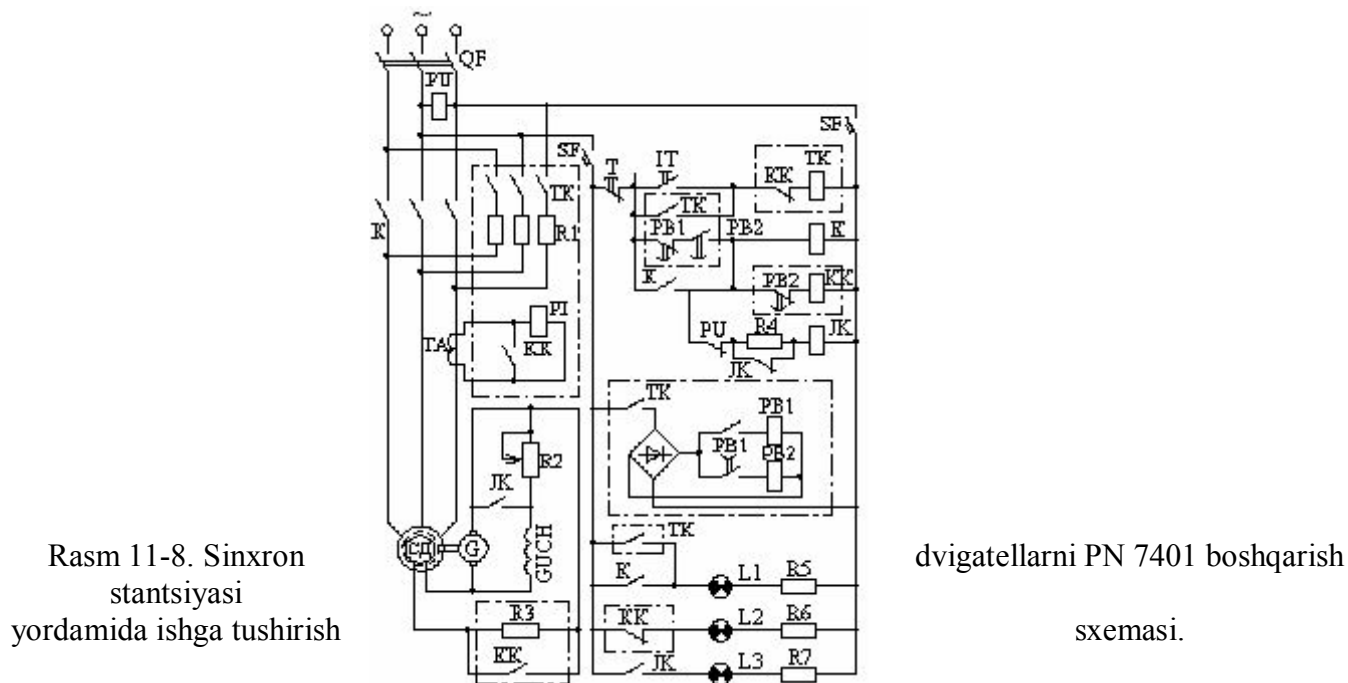
RV2 vaqt rele si ma`lum kutish vaqti bilan qo`zg`atish kontaktorini (KK) ulaydi. Uni KK kontakti SD ni qo`zg`atish zanjiridagi R3 rezistorni shuntlaydi va SD sinxronlashga tortadi. Bir vaqtni o`zida qo`zg`atish kontaktori (KK) tezlashtirish kontaktori (TK) va PI releni uzadi.

Tarmoqda kuchlanish pasayganda SD ni qo`zg`atishni tezlashtirish sxemada ko`zda tutilgan. Buning uchun sxemaga minimal kuchlanish rele si (RU), tezlashtirish kontaktori (TK) kiritilgan va ularni kontaktlari R rezistorga parallel ulangan. Tarmoqda kuchlanish pasayganda minimal kuchlanish rele si uziladi va tezlashtirish kontaktori zanjiridagi kontaktini tutashtiradi. U ishga tushib R rezistorni shuntlaydi, buni hisobiga SD ni qo`zg`atish toki ortadi. Kuchlanish tiklanganda PU ishga tushadi va TK ni uzadi. L1, L2, L3 lampalar kontaktorlarni xolati to`g`risida signal beradi.

Sxemada maksimal tok, qizishdan va asinxron rejimda ishlashdan himoya qo`llanilgan.

Ma`lumki, sinxron dvigatellarni tezda to`xtatish uchun teskari ulanish va elektrodinamik usullar qo`llaniladi.

SD ni teskari ulanish usulida to'xtatish amalda qo'llanilmaydi, bunga sabab bunday usulda to'xtatishni amalga oshirish apparatlarini nisbatan qimmatbaholiligi va sxemani murakkabligidir. Amalda elektrodinamik usuldan foydalaniladi. Elektrodinamik usul bilan tormozlash uchun ishlab turgan motor statorini elektr tarmoqdan ajratib, uni tashqi aktiv qarshilikga ulash kerak, bunda rotor chulg'ami o'zgaras tok bilan ta'minlab turiladi. Natijada, SD o'zgaruvchan chastotali sinxron generator rejimiga o'tib, tormozlovchi moment ta'sirida tezda to'xtaydi.



11.4. Elektr yuritmalarni boshqarish sxemalaridagi himoya

Elektr yuritmalarni boshqarish sxemalardagi himoya elementlari elektr yuritma qurilmalarini shikastlanishda himoya qiladi.

Qisqa tutashuvdan va maksimal tokdan himoya. Himoya qurilmasi elektr zanjirni qisqa tutashuvda yoki tok ortib ketganida tezda uzadi. Qisqa tutashuvlarda himoya saqlagich va avtomat uzgichlar bilan bajariladi (rasm 11-9 a, b). Maksimal tok himoyasi maksimal tok releasi (rasm 11-9 v) orqali bajariladi. Kuch zanjirini himoya qilish uchun saqlagich va avtomat uzgich toklari quyidagi formulalar bilan aniqlanadi. O'zgaras tok dvigateli va faza rotorli AD uchun uzoq va qisqa muddatli rejimlarda:

$$I_k \geq (1,25) \cdot I_n; \quad I_{bel} = (1,2 \div 1,3) \cdot I_{it} \quad (11-1)$$

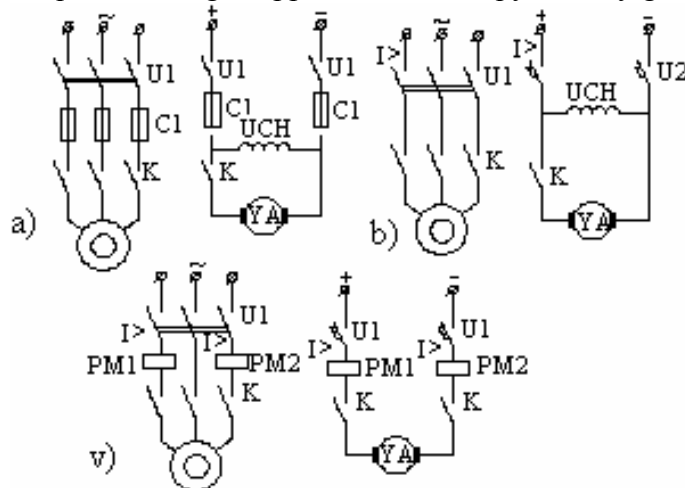
Qisqa tutashgan rotorli AD lar uchun:

$$I_k \geq 0,4 \cdot I_{it} \quad (11-2)$$

boshqarish zanjirlarini himoyasi uchun:

$$I_k = I_{bel} = (2,5 \div 3) \cdot I_{\Sigma} \quad (11-3)$$

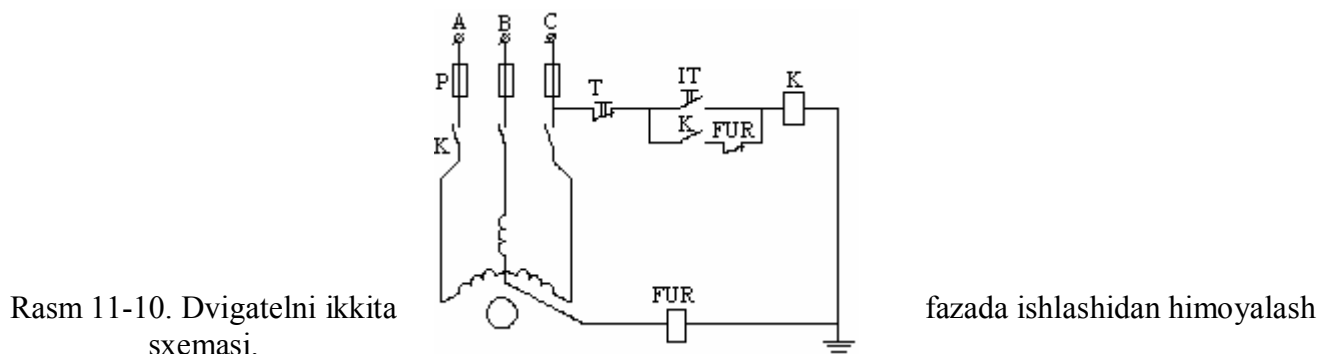
bu yerda: I_{Σ} -bir vaqtda ulanadigan apparatlar toklari qiymatini yig'indisi.



Rasm 11-9. Qisqa tutashuvdan himoya sxemalari.

tutashuvdan himoya

Dvigatelni ikkita fazada ishlashidan himoyalash uchun sxemaga maxsus rele ulanadi (rasm 11-10). Fazalar uzilishi relesi (FUR) stator chulg'ami neytrali bilan tarmoqning yerlashtirilgan nol o'tkazgichiga ulanadi.



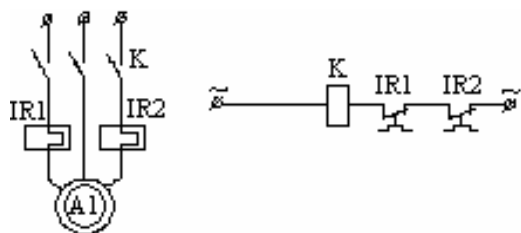
Simmetrik tizimda FUR katushkasida kuchlanish U_{q0} bo'ladi. Faza uzilganida FUR katushkasida $U \neq 0$ va FUR relesi ishlaydi, katushka K ni tarmoqdan uzib, uning kontaktlarini ochadi, AD to'xtaydi.

Dvigatellarni o'ta yuklanish toklaridan himoya qilish.

Bu himoya dvigatellarni o'ta qizishdan himoya qiladi. Buning uchun 3 fazali AD ning bosh zanjirini ikkita fazasiga issiqlik relesi ulanadi (rasm 11-11).

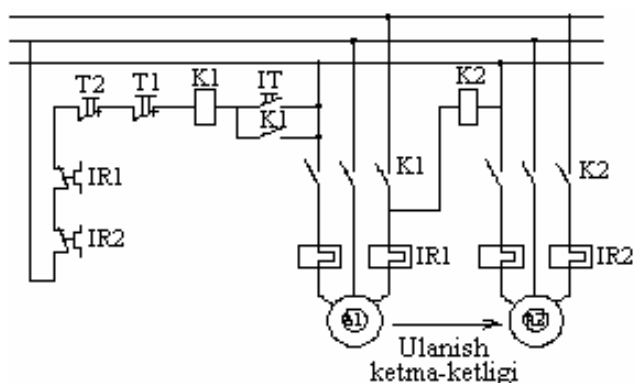
Bu himoya avtomat uzgich yoki maksimal tok relesi orqali ham amalga oshirilishi mumkin. Himoyani ishlab ketish toki quyidagicha aniqlanadi:

$$I \geq (1 \div 1,15) \cdot I_n \quad (7-4)$$



Elektr blokirovka Mexanizmning turli ish rejimlarini yoki avtomatlashtirish tizimlaridagi elementlar harakati tartibini o'zaro bog'lashda blokirovka bog'lanishlardan keng foydalaniladi. Elektr blakirovka elektr yuritma tizimini

normal ishini ta'minlaydi. Rasm 11-12 da elektr blakirovka sxemasi keltirilgan. Sxemada kontaktorlarni (K) ishlash ketma-ketligi komandokontroller tomonidan ta'minlanadi. Kontaktor K2 katushkasi faqat kontaktor K1 ulangandan so'ng ulanadi. Uzishda esa avval K1 so'ngra K2 uziladi.



Nazorat savollari

1. Elektr yuritmani qanday ishga tushirish usullarini bilasiz?
2. Elektr sxemalar qanday tuzilgan?
3. Tok asosida EYu ni ishga tushirishni ayting?
4. MS EYu tezlik asosida qanday ishga tushiriladi?
5. EYu ni vaqt asosida ishga tushirishda qanday relelardan foydalaniladi?
6. Tashqi qarshiliklarni shuntlash nima?
7. AD ni elektrodinamik usulda tormozlash sxemasini tushuntiring?
8. SD ni boshqarish stantsiyasini ishlash printsipini tushuntiring?
9. SD ni to'xtatish usullarini ayting?

10. Elektr blakirovka nima?

11. MS EYu larni boshqarish sxemalaridagi qanday himoya elementlarini bilasiz?

12. Elektr yuritmalarni boshqarishda kontaktsiz apparat va qurilmalar

12.1. Kontaktsiz qurilma va elementlar

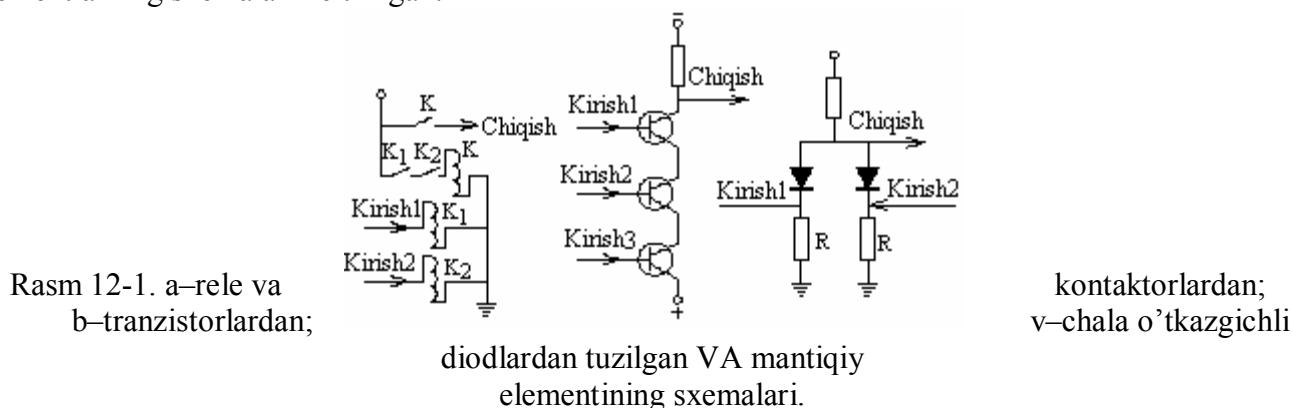
Elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish tizimlarida ishlatiladigan kontaktor, rele kabi apparatlarning o'ziga xos kamchiliklari mavjud. Bunday apparatlarni ulanish soni ko'p bo'lgani uchun, ularning xizmat qilish muddati birmuncha qisqaradi. Bunday kamchilikdan xoli bo'lgan kontaktsiz apparat va mantiqiy elementlardan foydalanilganda yuqori texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga erishish mumkin. Kontaktsiz almashlab ulagich va mantiqiy elementlar elektronika qurilmalari (mikrosxema, tranzistor, tiristor, diod) ferromagnetiklar va rele-kontaktor kabi qurilmalardan iborat bo'lib, ularning vol t-ampere xarakteristikasi keskin o'zgaruvchan xarakterga, ya'ni ikkita turg'un xolatga ega bo'ladi. Bu elementlarni, ma'lum sharoitda bir turg'un xolatdan ikkinchisiga keskin ravishda kontaktsiz o'tkazish mumkin.

Kontaktsiz elementlar kichik, ixcham, kichik kuchlanishlarda ishlaydi, FIK katta va elektr zarblarga chidamli, avtomatlashtirish tizimlarida ulardan foydalanish juda qulay.

Mantiqiy elementlar, ko'pincha kontaktsiz asboblardan asosida tuzilib, dastur bilan boshqariluvchi va boshqaruvchi tizimlarda ishlatiladi.

Kontaktsiz sxemalar TAKRORLAGICH, VA, YoKI, Yo'Q, XOTIRA, VAQT mantiqiy funksiyalarni bajaruvchi mantiqiy elementlar yordamida yig'ilishi mumkin.

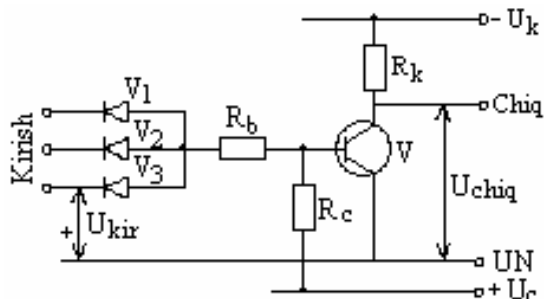
Rasm 12-1 da a—rele va kontaktordan, b—tranzistorlardan, v—diodlardan tuzilgan VA mantiqiy elementlarning sxemalari keltirilgan.



Elementlar bajaradigan funksiyalariga asosan klassifikatsiyalanadi. Murakkab funksiyalar elementar funksiyalariga ajratiladi. Murakkab mantiqiy funksiyalar har xil sxemalardan iborat mantiqiy elementlar orqali bajariladi. Rasm 12-2 da «Mantiq T» seriyali elementni sxemasi keltirilgan.

«Mantiq T» seriya mantiqiy elementlar diod-tranzistorli elementlardan tuzilgan, uning asosiy elementlari: tranzistorli kuchaytirgich yordamida qurilgan YoKI-YuK elementi va diod uzelli YoKI elementi.

Sxemada r-n-p tipli tranzistor umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan. Kirish signali (U_{kir}) diod V_1 - V_3 va rezistor R_b orqali tranzistor V ning bazasiga keladi. Chiqish signali (U_{chiq}) umumiy nuqta UN va tranzistor kollektoridan olinadi. Tranzistor kirish signali yo'qolganida berkiladi. Istalgan kirishga signal berilganda tranzistor bazasida manfiy potentsial paydo bo'ladi. Bunda baza-emitter orqali tok o'tadi. Sxema chiqishida potentsial U_{chik} keskin kamayadi, ya'ni chiqish signali diskret o'zgaradi. Kuchaytirish kaskadi mantiqiy inversiya amalini bajaradi.

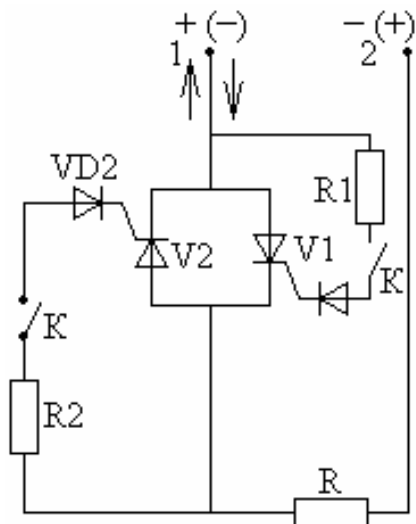


Rasm 12-2. «Mantiq T» seriyali elementni printsipl sxemasi.

12.2. Tiristorli kontaktorlar

Kuch zanjirlarini kommutatsiyalovchi (uzib-ulovchi) elektromagnitli apparatlar-kontaktorlar, magnitli ishga tushirgichlar va boshqa shunga o'xshash elementlarning eng muhim kamchiligi ulardagi kontaktlar ishonchliligining pastligidir. Katta toklarning kommutatsiyasi kontaktlar orasida yoyning vujudga kelishi bilan bog'langan. Bu esa ularning qizishiga, erishiga va natijada kommutatsiyalovchi apparatlarning ishdan chiqishiga olib keladi. Kuch zanjirlari tez-tez ulab-uzib turiladigan qurilmalarda kommutatsiyalovchi apparatlar kontaktlarining ishonchsiz ishlashi butun qurilmaning ishlashiga salbiy ta'sir qiladi. Tiristorlar asosida yaratilgan tiristorli kontaktorlar yuqorida ko'rsatilgan kamchiliklardan xolidir. Tiristorli kontaktorlar o'zgaruvchan va o'zgarmas tokda ishlaydigan xillarga bo'linadi.

Bir fazali tiristorli o'zgaruvchan tok kontaktorining sxemasi 12-3 rasmda ko'rsatilgan.



Rasm 12-3. Bir fazali o'zgaruvchan tok kontaktori.

Bu sxemadan qarshiligi R bo'lgan iste'molchini bir fazali o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulab-uzishda foydalaniladi. Mazkur sxemaning ishlash prinsipi bilan tanishib chiqamiz.

Kontaktor vazifasini o'zaro qarama-qarshi ulangan tiristorlar V1 va V2 bajaradi. Bunda V1 ning katodi V2 ning anodiga ulangan. V1 va V2 lar yuklama qarshiligi R bilan ketma-ket ulanadi. Tiristor V1 ning boshqaruvchi elektrodi diod VD1, kalit K, rezistor R1 orqali tiristor V1 ning anodiga, tiristor V2 ning boshqaruvchi elektrodi esa diod VD2, kalit K va rezistor R2 orqali tiristor V2 ning anodiga ulangan. Bunday ulash tiristor anodi musbat bo'lganda uning boshqaruvchi elektrodi katodga nisbatan musbat bo'lishini

ta'minlaydi. Bu esa tiristorning ishlashiga (ochilishiga) qulay sharoit yaratadi.

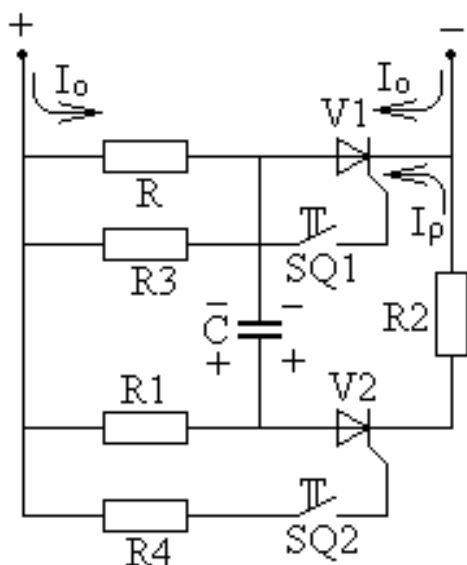
Kontaktorni ulash va iste'molchi zanjiriga kuchlanish berish uchun kalit K ni ulash kerak, uning kontaktlari tiristorlar (V1 va V2) ning boshqarish zanjirlarini ulaydi. Shu vaqtda agar qisma 1 da musbat potentsial (o'zgaruvchan tok sinusoidasining musbat yarim to'liqini) bo'lsa, u xolda tiristor V1 ning boshqaruvchi elektrodi rezistor R1 va diod VD1 orqali musbat kuchlanish beriladi. Tiristor V1 ochiladi va yuklama R dan tok o'tadi. Tarmoq kuchlanishi U_m ning qutbi almashganda tiristor V2 ochiladi. Shunday qilib, yuklama o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanadi. Kalit K ni uzganda boshqaruvchi elektrod zanjiri uzilib qoladi, natijada tiristorlar ulanmaydi va yuklama tarmoqdan uzib qo'yiladi.

Ko'rib chiqilgan sxemada tiristorni ulash kalit yordamida amalga oshirilishiga qaramasdan, bu tiristorli kontaktorning ishlash ishonchligi elektromagnit kontaktornikidan ancha yuqori, chunki kalit kontaktlari boshqaruvchi elektrodlar zanjirini kommutatsiyalaydi, ularga esa yuklama tokidan bir necha million martagacha kichik tok keladi. Kalit o'rnida relening kontaktidan foydalanish mumkin. Tiristorli kontaktorlarni elektron sxemalar yordamida kontaktsiz qilish mumkin. Bir fazali tiristorli kontaktorlar asosida uch fazali tiristorli kontaktorlarni yaratish xech qanday qiyinchilik tug'dirmaydi.

Tiristorli kontaktorlar kabi PT va PTK seriyali tiristorli yuritgichlar ham ishlab chiqilgan. Tiristorli yuritgichlarning PT va PTK seriyalari 16 va 40 A toklarga va 380 V kuchlanishga mo'ljallangan bo'lib, asinxron dvigatellarni manbaga ulab-uzish uchun xizmat qiladi. PTK seriyadagisi esa dvigatellarni o'ta yuklanishlardan va fazalarning uzilishidan ham himoya qiladi.

Tiristorli o'zgarmas tok kontaktori o'zgaruvchan tok tiristorli kontaktoridan farqli o'laroq majburiy kommutatsiya uzelliga ega bo'lishi kerak. Chunki, tiristorni yopish uchun boshqaruvchi signalnigina o'chirish kifoya qilmay, balki tiristor tokini xam nolgacha pasaytirish kerak.

Tiristorli o'zgarmas tok kontaktorining printsiptial sxemasi 12-4 rasmda ko'rsatilgan.



Rasm 12-4. Tiristorli o'zgarmas tok kontaktori.

Tiristor V1 yuklama R ni ulaydi, tiristor V2, kondensator S , rezistor $R1$ va $R2$ lar esa tiristor V1 ning majburiy yopilishini ta'minlaydi. Rezistorlar $R3$ va $R4$ tiristorlarning boshqaruvchi toklarini cheklash uchun xizmat qiladi. Yuklamani ulash uchun knopka SQ1 ni bosish kerak, bunda tiristor V1 ning boshqaruvchi elektrodi musbat (katodiga nisbatan) potentsial beriladi va u ochiladi, yuklama R orqali esa tok I_0 oqib o'tadi. Shu vaqtda kondensator S zaryadlana boshlaydi, natijada majburiy kommutatsiya zanjiri ishga tayyorlana boradi.

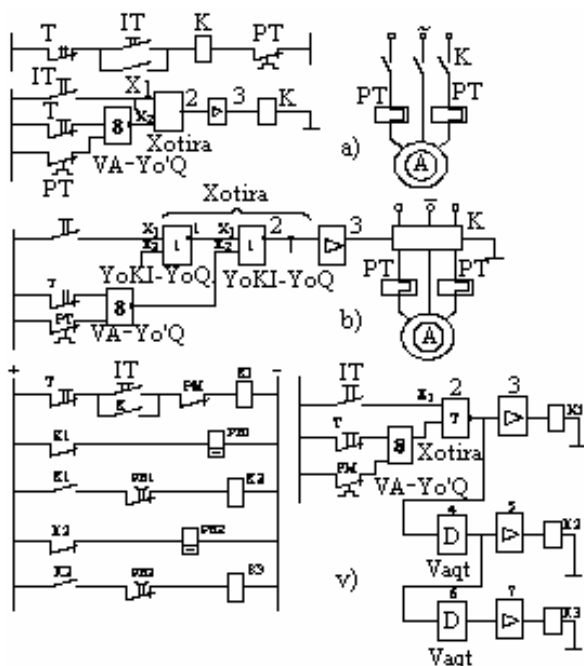
Yuklamani tarmoqdan uzish, ya'ni tok I_0 ni nolgacha kamaytirish uchun knopka SQ2 ni bosish kerak. Bu vaqtda tiristor V2 ochiladi va kondensator S ning rezistor $R2$ orqali zaryadsizlanishi boshlanadi. Zaryadsizlanish toki I_r tok I_0 ga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishga ega.

Shuning uchun tiristor orqali o'tuvchi natijalovchi tok I_0 - I_r nolgacha kamayganda yuklama R tarmoqdan uziladi. Yuklamani qaytadan manbaga ulash uchun yana knopka SQ1 ni bosish kerak.

12.3. Elektr yuritmani mantiqiy elementlar orqali boshqarish sxemalari

Noreversiv elektr yuritmani mantiqiy elementlarda boshqarish sxemalari rasm 12-5 da keltirilgan. Noreversiv magnitli ishga tushirgichning ulanish sxemasi kirishida signal bo'lmaganda uni chiqishida ham signal bo'lmaydi, kontaktor (K) uzilgan xolatda bo'ladi.

Sxemada 1-mantiqiy element, 2-trigger (T), 3-kuchaytirgich. Knopka IT bosilganida element 2 kirishida signal paydo bo'ladi va uning chiqishidagi signal element 3 kirishiga keladi va signal kuchaytirgich 3 da kuchayib, katushka K ni ishga tushiradi. Uning kontaktlari ulanib, AD ni tarmoqqa ulaydi. Knopka IT qo'yib yuborilganida element 2 kirish komandasini xotirasida saqlab qoladi. Chiqish signali knopka T ni bosish yoki RT kontaktlari ochilishi orqali yo'qoladi. Element 1 ning kirishida kirish zanjirining birortasi uzilganida chiqishda signal yo'qolib, AD tarmoqdan uziladi.



Rasm 12-5. Noreversiv elektr yuritmani kontaktisiz mantiqiy elementlarda boshqarish sxemalari.

Kirish komanda signalini xotiradi saqlash YoKI-Yo'Q ikkita mantiqiy elementlar orqali bajariladi (rasm 12-5 b). Bunda element 2 chiqishidagi signal X_2 element 1 kirishiga teskari bog'lanish zanjiri orqali keladi.

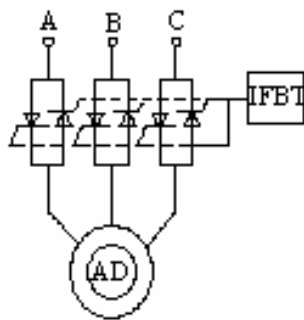
Rasm 12-5 v da uchta kontaktorlar K1, K2, K3 ulanishi ko'rsatilgan. Kontaktor K1 ulangan, biror vaqtdan so'ng kontaktor K2 rele VR1 orqali, kontaktor K3 rele VR2 orqali ulanadi. Knopka IT bosilgach kontaktor K1 ishga tushadi. Signal element 2 dan element 4 kirishiga keladi. Ma'lum vaqtdan so'ng element 4 chiqishida signal paydo bo'ladi va element 5 orqali kuchaygach kontaktor K2 ulanadi. Element 4 chiqishidan signal, shuningdek element 6 kirishiga beriladi va kuchaygach signal orqali kontaktor K3 ulanadi. Kontaktorlar to'xtatish knopkasi T ni bosish yoki rele RM ishlab ketishi natijasida uziladi.

12.4. Elektr yuritmalarni tiristorlar bilan boshqarish

Tiristorli o'zgartirgichlarning yuqori FIK, gabarit o'lchamlarining nisbatan kichikligi va shu kabi boshqa ko'rsatkichlari tufayli ulardan elektr yuritmalardan keng foydalanish yo'lga qo'yilgan. Tiristorli qurilmalardan foydalanish ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas tok dvigatellarini ishga tushirish muammosini xal qiladi, hamda kerakli rostdash xarakteristikalari va barcha ish rejimlarini olish imkonini beradi.

Tiristorli o'zgaruvchan tok elektr yuritmasi. Asinxron dvigatelning aylanishlar chastotasini rostdash uchun tiristorlar stator zanjiriga ulanadi. Bunda ular yordamida stator chulg'amlaridagi sinusoidal kuchlanishning amplitudasini (fazali rostdash) yoki chastotani (chastotali rostdash) rostdash mumkin. Har ikkala xolda ham asinxron dvigatelning aylanirish momenti o'zgaradi. Bu aylanishlar chastotasining o'zgarishiga olib keladi.

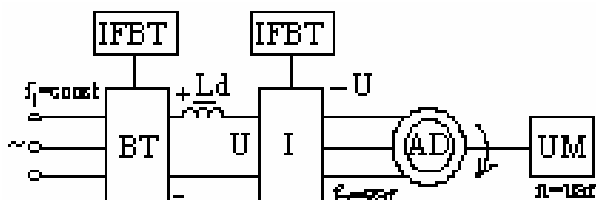
Asinxron dvigatelning aylanishlar chastotasini tiristorli kuchlanish o'zgartirgichi (TKU) yordamida rostdash sxemasi 12-6 rasmda ko'rsatilgan. TKU ning har bir fazasida ikkita qarama-qarshi (parallel) ulangan tiristor bo'lib, o'zgaruvchan tokning har ikkala yarim davrini o'tkazadi. TKU yordamida kuchlanishni o'zgartirish uchun impul sli faza boshqaruvchi tizim (IFBT) deb ataluvchi qurilma bo'lishi kerak. U ikkita vazifani bajaradi: boshqaruvchi impul sni vujudga keltiradi va uni tarmoq kuchlanishiga nisbatan faza bo'yicha siljitadi. IFBS tiristorli o'zgartirgichning rostdash burchagi α ni 0 dan 180 gradusga o'zgartirish imkonini beradi. (12-6 rasm).



Rasm 12-6. Asinxron dvigatelni aylanishlar chastotasini tiristorli kuchlanish o'zgartirgichi yordamida rostdash sxemasi.

Boshqaruvchi impul sni tiristorlarga berish laxzalarini o'zgartirib, asinxron dvigatelning stator chulg'amiga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirishga va rotorning aylanishlar chastotasini uncha katta bo'lmagan oraliqda o'zgartirishga erishish mumkin. Shu bilan birga kuchlanishni kamaytirish asinxron dvigatelning ishga tushirish va maksimal momentlarini kamaytirishga olib keladi. Asinxron dvigatelning aylanishlar chastotasini rostdash oralig'ini kengaytirish uchun yopiq yoki chastotali boshqarish tizimlaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Dvigatellarning aylanishlar chastotasini tarmoq tokining chastotasini o'zgartirib rostdash alohida manba bo'lishini taqozo qiladi. U asinxron dvigatelni ta'minlovchi kuchlanish chastotasini sanoat toki chastotasi ($f_1=50$ Gts) dan oshirish yoki kamaytirishni ravon o'zgartirish imkonini beradi. Bu rostdash usulining kamchiligi ancha murakkab va qimmatbaho chastota o'zgartirgichining talab qilinishidir. Asinxron dvigatelning aylanishlar chastotasini chastota o'zgartirgich yordamida rostdashning blok-sxemasi 12-7 rasmda ko'rsatilgan.



Rasm 12-7. Asinxron dvigatelning aylanishlar chastotasi chastota o'zgartirgich yordamida rostdashning blok sxemasi.

Chastota o'zgartirgich boshqariladigan to'g'rilagich (BT), u uch fazali va $f_1=\text{const}$ bo'lgan tarmoq kuchlanishini o'zgar mas tok kuchlanishi (U) ga aylantiradi, to'g'rilangan kuchlanishning pul slanishini tekislovchi drosselli L_d fil tr, o'zgar mas tok kuchlanishini o'zgaruvchan chastota f_2 li uch fazali o'zgaruvchan tok kuchlanishiga aylantiruvchi inverter I va IFBT lardan iborat. Impul sli faza boshqarish tizimlari IFBS to'g'rilagich va inverter tiristorlarini boshqarishni amalga oshiradi va qurilmaning kerakli ish rejimini ta'minlaydi.

Nazorat savollari

1. Kontaktsiz apparatlarga nimalar kiradi?
2. Kontaktsiz apparatlar qanday afzalliklarga ega?
3. Mantiqiy elementlarni turlari, ta'svirlanishi va funktsiyalarini ayting?
4. MS Elektr yuritmani mantiqiy elementlar orqali boshqarish struktura sxemasi qanday tuzilgan?
5. Elektr yuritmani mantiqiy elementlar orqali boshqarish uchun sxemalar uzellari to'g'risida tushuncha bering?
6. MS Tiristorli o'zgaruvchan tok kontaktorini sxemasini tushuntiring?
7. AD ni aylanishlar chastotasini chastota o'zgartirgich yordamida rostdash sxemasini tushuntiring?

13. Elektr yuritmalarni boshqarishda berk (uzluksiz harakatdagi) sxemalar va tizimlar

13.1. Elektr yuritmaning boshqarishni berk sistemalarini ko'rish printsipi

Biror tizimning keyingi zvenolaridan energiya olib, so'ngra bu energiya bilan uning oldingi zvenolariga ta'sir etuvchi zanjir teskari bog'lanish deyiladi.

Rostlanadigan qiymat bo'yicha teskari bog'lanishga ega bo'lgan elektr yuritmani avtomatik boshqarish tizimlariga berk (tutashgan) tizimlar deyiladi. Bunday tizimlar tezlikni rostdash, moment va quvvatni bir xilda saqlash uchun tuziladi. Elektr yuritmaning tezligi statik yuk ta'sirida pasayadi. Tezlikni ma'lum chegaralarda saqlab turish uchun ta'minlash va rostdash qurilmalari parametrlariga ta'sir

The diagram shows a control loop for a synchronous generator. The reference input TBK is compared with the feedback signal from the TE block at a summing junction. The resulting error signal U_t is processed by the gain block K to produce U_b . This signal is then fed into the excitation system EU , which also receives an external input U_c . The output of EU is U_{ch} , which drives the motor M . The motor is connected to an integrator IM . The output of the integrator is fed back to the TE block. Additionally, the motor output is fed into a damper DM and a generator TG . The generator output is U_{tg} , which is fed back to the summing junction via the 'Teskari aloqa' (feedback) path.

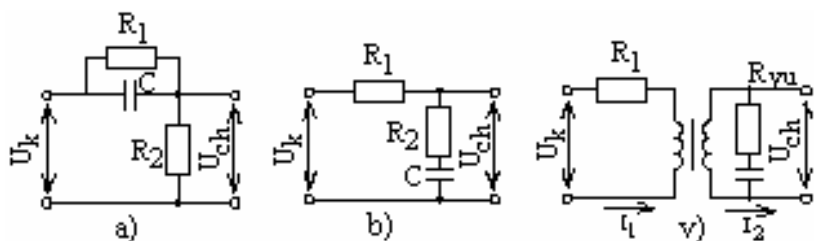
Bunday sxemali elektr yuritmalarda teskari bog'lanish zanjiri orqali rostlanuvchi parametr (masalan dvigatelni aylanish tezligi) xaqida ma'lumot yuritmaning kirishiga teskari bog'lanish signali (U_{TB}) ko'rinishida beriladi. Bu signal topshiriq signali (U_t) bilan solishtiriladi va natijaviy

$$U_b = U_g \pm U_{tg} \quad (13.1).$$

Agarda ishchi mashinada yuk ortsa dvigatelni aylanish tezligi va unga mos ravishda U_{tg} ham kamayadi va (13.1) ifodaga asosan U_b unga mos ravishda U_{ch} ortadi, natijada, dvigatel tezligi ortadi.

Kuchaytirgichlar. Kuchaytirgichlar elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish sxemalarida boshqarish kanalidagi signallar quvvatini oshirish uchun xizmat qiladi. Ularning asosiy ko'rsatkichlari: tok, kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti; kirish quvvati; FIK; sezgirliigi. Kuchaytirgichlarni elektrik, gidravlik va pnevmatik turlari mavjud. Elektr yuritmalarda asosan elektron kuchaytirgichlardan foydalaniladi.

Boshqaruvchi va formalashtiruvchi elementlar. Bu elementlar sistemaning dinamik xossalarini yaxshilash uchun ishlatiladi. Ularga korrektlovchi passiv va aktiv elementlar, funktsiya o'zgartirgichlar va hisoblash qurilmalari kiradi. Passiv (ichki energiya manbalari bo'lmagan) korrektlash elementlari jumlasiga RC-kontur va stabilizatsiya transformatorlari kiradi (rasm 13-2).

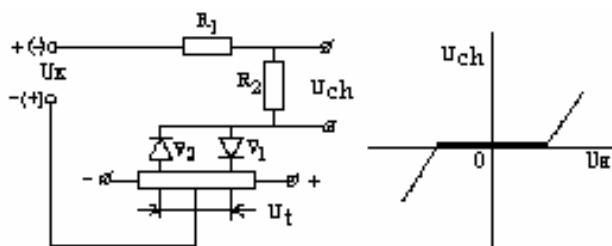


Differentsial element (rasm 13-2
a) o'tkinchi jarayonni tezlashtiradi.

Chiqish signali (U_{ch}) kirish signali (U_k) o'zgarishi boshlanish paytida katta bo'ladi va kondensator zaryadlanish jarayonida kamayadi. Integrallovchi element (rasm 13-2 b) aksincha o'tkinchi jarayonni sekinlashtiradi, bunda chiqish signali kirish signali qiymatidan ortib boradi. Stabillovchi transformator (rasm 13-2 v) faqat U_k va I_1 o'zgarganida U_{ch} signali hosil bo'ladi. Operatsion kuchaytirgichlar aktiv korrektlovchi elementlar hisoblanadi. Bu kuchaytirgichlar yordamida integrallash, differentsiallash, qo'shish signallar masshtabini o'zgartirish operatsiyalari bajariladi.

Formalashtiruvchi qurilmalar. Bunday qurilmalar kirish signalini ma'lum qonun bo'yicha o'zgaruvchi signalga aylantirish uchun mo'ljallangan.

$0 < |U_k| < |U_t|$ (U_t -taqqoslash kuchlanishi) bo'lganida tok rezistor R_2 orqali o'tmaydi va $U_{ch} \approx 0$ bo'ladi. $|U_k| > |U_t|$ tok rezistor R_2 orqali $|U_k| - |U_t|$ kuchlanishlar farqi hisobidan o'tadi. Uning yo'nalishi U_k qutbi orqali aniqlanadi.



Rasm 13-3. Formalashtiruvchi qurilmaning sxemasi va chiqish xarakteristikasi.
Nazorat savollari

1. Berk tizim deb qanday boshqarish tizimiga aytiladi?
2. MS Berk tizim struktura sxemasini tushuntiring?
3. Berk tizim elementlari va qurilmalariga nimalar kiradi?
4. Kuchaytirgichlar vazifasi nimalardan iborat?
5. Boshqaruvchi va formalashtiruvchi elementlarning vazifasi va turlari qanday?
6. MS Formalashtiruvchi qurilmalarning vazifasi nimadan iborat?
7. Qanday qurilmalarga datchiklar deyiladi?

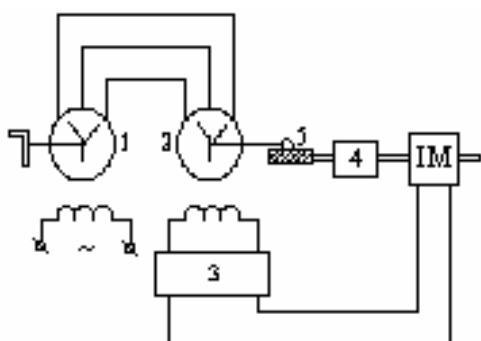
14. Kuzatuvchi elektr yuritma va dasturli boshqarish

14.1. Kuzatuvchi (taqlidchi) elektr yuritma

Kichik quvvatli elektr qurilma tomonidan berilgan mexanik harakatni ma'lum aniqlikda takrorlovchi katta quvvatli yuritma taqlidchi elektrik yuritma deyiladi. Demak, taqlidchi elektrik yuritma berilgan mexanik harakatlarni takrorlovchi elektromexanik tuzilmadir. Bunda mexanik uzatmasiz uzatiluvchi miqdorni vaqt bo'yicha ixtiyoriy ravishda o'zgartirish mumkin. Taqlidchi elektrik yuritmani asosiy vositalaridan biri buyruq beruvchi datchik va buyruqni qabul qilib qayta takrorlovchi priyomnikdir. Taqlidchi elektrik yuritmalarni o'z-o'zidan sinxronlanuvchi va tashqi teskari aloqalar ta'sirida sinxronlanuvchilarga bo'lish mumkin. O'z-o'zidan sinxronlanuvchi elektrik yuritmalar yordamida mexanik bog'lanishda bo'lmagan bir necha valni sinxron ravishda aylantirish yoki ularni ma'lum burchakka burish mumkin. Bunday tizimlarni asosiy elementlari potentsiometr va sel sinlardir.

Teskari aloqalar ta'sirida sinxronlanuvchi tizimlar uzlukli va uzluksiz taqlidchi elektrik yuritmalarga bo'linadi.

Uzlukli taqlidchi elektrik yuritmalarda datchik o'qi bilan priyomnik o'qi orasidagi burchak farqi ma'lum qiymatga erishganda priyomnik o'qining aylanishiga signal beriladi. Tizimda buyruq qanchalik tez berilmasin, uning qayta takrorlanishi o'zgarmas tezlikda o'tadi. Bu uning kamchiligidir.



Rasm 14-1. Kuzatuvchi (taqlidchi) elektr yuritmaning printsipl sxemasi.

Uzluksiz taqlidchi elektrik yuritmani printsipl sxemasi 14-1 rasmda ko'rsatilgan. Bunday elektrik yuritma datchik 1, priyomnik 2 (taqlidchi organ) kuchaytirgich 3, ish mexanizmi IM

va priyomnik bilan mexanik usulda bog'langan dvigateldan 4 iborat. Bu tizimda datchik va priyomnik sifatida transformator rejimida ishlovchi sel sinlar qo'llaniladi. Kuchaytirgich sifatida esa elektrik, mexanik, pnevmatik va gidravlik tuzilmalar ishlatiladi. Taqlidchi elektr yuritmalarda asosan o'zining soddaligi va ixchamligi sababli elektron kuchaytirgichlar ishlatiladi. Sxemani ishlash printsipi quyidagicha: Bunday tizim datchigi rotorini ma'lum burchakka burish jarayonida priyomnikning bir fazali chulg'amida EYuK hosil bo'ladi. Bu EYuK kuchaytirgichga uzatiladi, kuchaytirgich esa dvigatelni elektr tarmog'iga ulaydi. Bunda dvigatel ish mexanizmi va uzatma 5 orqali priyomnikni ma'lum tezlik bilan aylantira boshlaydi. Priyomnikning rotorini berilgan burchakka burilganda datchik va priyomnik rotorlari burilish burchagining farqi nolga teng bo'lib dvigatel aylanishdan to'xtaydi.

O'rtacha quvvatli taqlidchi elektrik yuritmalarda o'zgarmas tok dvigatellari ishlatilib ular yarim o'tkazgich yoki tiratron, katta quvvatlarda esa simobli ventillar yoki G-M sistemalari orqali boshqariladi. Kichik quvvatli taqlidchi yuritmalarda esa qisqa tutashtirilgan rotorli ikki fazali asinxron dvigatellar ishlatiladi.

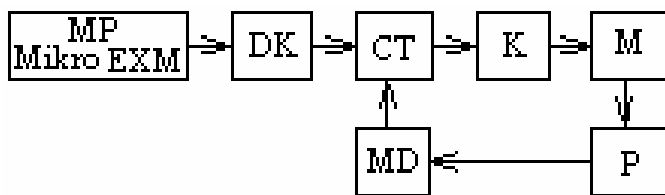
14.2. Dastur bilan boshqariladigan elektrik yuritmalarda

Dastur bilan boshqariladigan elektrik yuritmalarda rostlanuvchi miqdorning o'zgarish qonuni oldindan dastur asosida beriladi. Hozirgi zamon elektr apparatlari va hisoblash texnikasi imkoniyatlariga asoslanib raqamlar bilan boshqariladigan tizimlardan amalda keng foydalanilmoqda va bunday tizimlar takomillashtirilmoqda.

Dasturli boshqarish tizimlarini (DBT) boshqarish printsipiga asosan ochiq zanjirli va berk zanjirli guruhlariga bo'lish mumkin:

Ochiq zanjirli DBT larda olinadigan natija berilgan dastur bilan solishtirilmaydi. Berk zanjirli DBT larda olinayotgan natija uzluksiz yoki uzlukli ravishda berilgan dastur bilan solishtirilib, sodir bo'lgan xatoliklar o'z vaqtida rostlanib boriladi. Demak, berk zanjirli DBT lari teskari aloqali tizimlar bo'lib yuqori aniqlikka egadir. Berilgan elektr impul sig'a (signaliga) muvofiq burchakka buriluvchi va qadamli deb ataluvchi dvigatellarni kashf etilishi ochiq zanjirli DBT larning ham yuqori aniqlik bilan ishlashiga imkon beradi.

Boshqarish dasturini ifodalovchi ma'lumotga ko'ra DBT uzluksiz va uzlukli (diskret) tizimlarga bo'linadi. Uzluksiz DBT larida dastur uzluksiz ravishda o'zgarib turadigan miqdorlar orqali yozib olinadi. Bunda, ko'pincha, amplituda yoki faza orqali modulyatsiya qilingan tizimlar qo'llaniladi. DBT lar o'zlarining ish xarakterlariga ko'ra koordinatalarga asosan boshqariluvchi va konturga asosan boshqariluvchi tizimlarga bo'linadi. 14-2 rasmda DBT struktura sxemasi keltirilgan.



Rasm 14-2. DBT ning struktura sxemasi

Sxema quyidagi elementlardan iborat: DK-

dasturni ishga tushiruvchi dekodlash qurilmasi, ST-solishtirish tuzilmasi, K-kuchaytirgich, M-motor (ish mexanizmi), R-reduktor, XD-xolat datchigi.

Ishlab chiqarish texnologiyasi talab darajasida DBT ning ishini ta'minlash zamonaviy axborot tashuvchilar yoki mikroprotsessorlarga yozilgan maxsus dasturlar asosida ta'minlanadi.

Mikroprotsessorlarda yoki mikro EXM da joylashgan dasturlardagi boshqarish signallari dekodlash qurilmasiga beriladi. Bu tuzilmada kodlangan signallar avtomatik ravishda boshqarishga qulay bo'lgan elektr signallariga aylantiriladi. Dekodlash tuzilmasidan signal solishtirish tuzilmasiga beriladi. Solishtirish tuzilmasidan chiqadigan signal dastur orqali berilgan signalni moment datchigi MD signalidan ayirmasi bilan aniqlanadi. Shunday qilib hosil qilingan boshqarish signali kuchaytiriladi motorga M beriladi. Motor reduktor R orqali xolat datchigi bilan bog'langan. Xolat datchigi esa solishtirish tuzilmasi bilan bog'langan, ya'ni tizim teskari aloqa zanjiriga ega. DBT larini ishlash aniqligi asosan xolat datchiklarini ishlash aniqligiga bog'liq bo'ladi.

Elektronika va axborotlar texnologiyasi tez rivojlanayotgan hozirgi davrda elektr yuritmalarni avtomatik boshqarishda mikroprotsessorlar tadbiiq etilmoqda. Mikroprotsessorli boshqarish ayniqsa ko'p funktsiyali boshqariluvchi (bir necha parametrlari boshqariladigan) elektr yuritmalarni ma'lum ishlab

chiqarish texnologiyasiga binoan boshqarishda elektr yuritmalarni ishonchli ishlashini ta'minlaydi, qurilmani ishlashi to'g'risidagi axborotni personal EXM ga uzatish imkoniyatiga ega.

Elektr yuritmalarni avariya bilan himoyalovchi mikroprotessorli qurilmalarni o'lchash qismlarida signal o'lchashni yangi printsiplari qo'llanilgan bo'lib, unda kirish axborotini (signal) o'lchash tezkorligi, sezgirligi ancha yuqori, qurilma himoyalayotgan ob'ektda turli nosozliklar sababli yuzaga kelgan elektr signal buzilishlaridan tegishli kirish axboroti signallarini aniq ajratib olish imkoniyatiga ega.

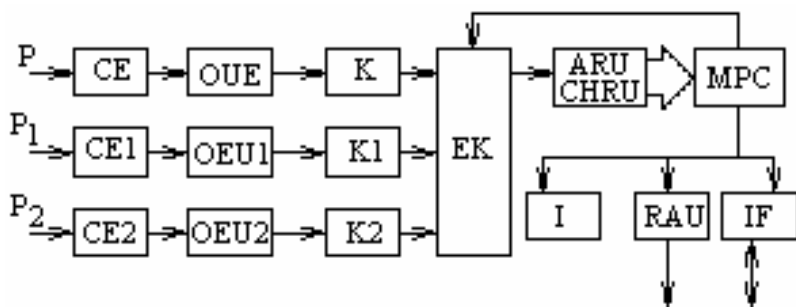
Mikroprotessorlar Texnologik o'lchashlarni bajarishda o'lchanayotgan qiymat kattaligini va o'lchash xatoligini hisoblash va turli mantiqiy operatsiyalarni bajarish talab etiladi. Bu masalalar mikroprotessor qurilmalari yordamida bajariladi. Mikroprotessorlar (MP) texnik asosi bitta kristallda 10^3 - 10^6 ta elementi bo'lgan integral sxema hisoblanadi.

Mikroprotessor-funksional tugallangan bitta yoki bir nechta integral sxema (IS) ko'rinishda bajarilgan raqamli axborotni ishlovchi, xotirada saqlovchi va dastur bilan boshqariluvchi qurilmadir. Ixchamligi, yengilligi va kam energiya iste'mol qilishi, mikroprotessorlarni avtomatik rostlash va boshqarish vositalarining elektron sxemasiga bevosita ulash imkonini beradi. Mikroprotessorlar odatda maxsus ishlab chiqilgan o'zining konstruktiv-texnologik qiymatlariga ko'ra bir xil va yagona butunga yig'ilishi mumkin bo'lgan alohida mikroprotessorli va boshqa IS yig'indisidan iborat bo'lgan mikroprotessor komplekti tarkibida foydalaniladi. Komplekt tarkibiga: Mikroprotessorlar, xotirlovchi qurilmalar, axborotni kiritish, chiqarish, mikrodisturli boshqaruv integral sxemalari kiradi.

O'lchov va nazorat qurilmalar tarkibiga MP ni kiritilishi quyidagi vazifalarni xal qilishga imkon beradi:

- berilgan algoritm bo'yicha hisoblash;
- statik ishlov berish;
- parametrlarni taxlil qilish;
- statik tasnifni tuzish;
- o'lchov qurilmasi ulangan sistema bilan bog'lanish;
- o'z-o'zini diagnostika qilish;
- o'lchashlarni boshqarish;
- o'lchov qurilmasining rejim parametrlarini stabilash yoki dasturiy sozlash;

14-3 rasmda texnologik parametrlarni o'lchash uchun MP o'rnatilgan qurilmaning struktura sxemasi keltirilgan.



Rasm 14-3. Texnologik parametrlarni o'lchash uchun MP o'rnatilgan qurilmaning struktura sxemasi.

Rasmda SE–sezgir element; OUE–oralik o'zgartkichli element; K–kuchaytirgich; EK–elektron kommutator; ARU–analogli raqamli o'zgartkich; RAU–raqamli analogli o'zgartkich; IRU–chastotaviy raqamli o'zgartkich; I–indikator; IF–interfeysli qurilma.

14.3. Dasturli boshqarishda qadamli dvigatellarni qo'llash

Bir qator elektr yuritmalarni bajaruvchi organlari aniq uzlukli (diskret) harakat qilish lozim. Bunday EYu larda turli rusumli qadamli dvigatellar qo'llanilmoqda va ularni diskret EYu lar deb atalmoqda. Ular sonli boshqarish tizimlari va dasturli qurilmalar asosida oson boshqariladi va hozirda ishlab chiqarishni turli soxalarida keng qo'llanilmoqda. Masalan, diskret elektr yuritmalar sonli dasturli boshqariluvchi metallarga ishlov berish dastgohlarida, hamda robot va manipulyatorlarda.

Qadamli dvigatel o'zini ishlash printsipti bo'yicha sinxron dvigatelga o'xshash bo'ladi. Sinxron dvigateldan farqi ularda aylanuvchi magnit maydoni uzluksiz emas, balki uzlukli (diskret), qadamli harakatlanadi. Bunga elektron kommutator yordamida qadamli dvigatel chulg'amini impul s hisobiga qo'zg'atish bilan erishiladi, ya'ni dvigatel fazalarida kuchlanish diskret ko'rinishida o'zgaradi, natijada, rotor ketma-ket burilishlardan iborat yoki qadamlab harakat qiladi.

Qadamli dvigatellar rotorini burilish burchagi (dvigatel qadami) quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$\alpha = 2 \pi / (r \cdot n) \quad (14.1)$$

bu yerda: r - qutblar soni

n - tsikldagi ulanishlar soni.

Dvigatelni burchak tezligi $\omega = \alpha f_k$

bu yerda: f_k —chulg'amni uzib-ulash (kommutatsiyalash) chastotasi.

Qadamli dvigatellarning harakat yo'nalishini o'zgartirish uchun, simmetrik sxemali kommutatsiyada chulg'am kuchlanishini teskari qutbda ulash kerak. Qadamli dvigatelni ishga tushirish uchun kirish kuchlanishini noldan nominalgacha (ishchi) sekin-asta yoki sakrash bilan o'zgartiriladi, tormozlash uchun esa kuchlanishni nolgacha kamaytiriladi.

Nazorat savollari

1. Qanday yuritma taqlidchi elektrik yuritma deyiladi?
2. Taqlidchi elektrik yuritmani asosiy elementlari nimalar?
3. Taqlidchi elektrik yuritmalarini qanday turlarini bilasiz?
4. Taqlidchi elektrik yuritmani ishlash printsiptini tushuntiring?
5. Dasturli boshqarish tizimini afzalliklarini gapirib bering?
6. Dasturli boshqarish tizimlari qanday guruhlariga bo'linadi?
7. MS Ochiq va berk zanjirli boshqarish tizimini farqlarini aytib bering?
8. Dasturli boshqarish tizimining struktura sxemasini tushuntirib bering?
9. Mikroprotessor qanday qurilma?
10. MS Qadamli dvigatellarni tuzilish va ish printsiptini gapirib bering.

15. Elektr yuritmaning mustaxkamligi

15.1. Elektr yuritmani boshqarish tizimi va elementlarini mustaxkamligi

Elektr yuritmani boshqarish tizimi va elementlarini mustaxkamligi (ishonchliligi) tizimning berilgan vazifalarni to'la bajarish qobiliyati, tizimning beto'xtovligi va uzoq muddat ishlashi orqali belgilanadi.

Beto'xtovligi – tizimning ishlatish jarayonida berilgan vaqt davomida to'xtashlarsiz ishlay olish qobiliyatidir.

Uzoq muddatlilik – bu tizimning ish qobiliyatini oxirgi xolatgacha saqlay olish xossasidir. U tabiiy va ma'naviy eskirish omillari bilan belgilanadi va tizimning xizmat qilish muddati bilan aniqlanadi.

Tizim ishonchliligining optimal darajasini o'rnatish va ta'minlash murakkab va ma'suliyatli vazifadir, chunki ko'p funktsiyali EYu ni boshqarish avtomatlashtirishni ko'p funktsiyali tizimiga kiradi, uning tarkibida ko'p texnik qurilmalar va operator xodim bo'ladi. Bunda bir tomondan ayrim vazifalarni bajarishda bir nechta qurilmalardan foydalanishi mumkin, ikkinchi tomondan ayni bir qurilmani bir nechta vazifani bajaruvchi o'rnida foydalanish mumkin. Tizimlarning ko'pligi ham katta ahamiyatga ega bu tizimning ishonchliligini ayrim qism tizimlar va qurilmalar ishonchliligidan yuqoriroq tutishga imkon beradi. Operator xodimlarining bo'lishi berilgan vazifalarni umumiy ishonchliligini oshirish ham mumkin, xodimlar texnik qurilmalar bilan izchil ishlagan xolda ishonchliligini kamaytirish ham mumkin.

Real qurilmaning uzliksiz ishlash vaqti berilgan qiymatdan yuqori bo'lishi kerak, ya'ni $\tau > \tau_b$ shart bajarilish kerak. Agarda $R(\tau)$ – berilgan vaqt davomidagi uzluksiz ishlash extimolligi, $q(\tau) - \tau_b$ vaqt davomida to'xtash extimoli, bo'lsa quyidagi tenglik o'rinli bo'ladi.

$$q(\tau) = 1 - R(\tau) \quad (15.1)$$

Berilgan τ_b vaqt oralig'ida $r(\tau)$ extimollik

$$R(\tau) = e^{-\frac{\tau_b}{\tau_{yp}}} \quad (15.2)$$

formula bo'yicha hisoblanadi. O'rtacha to'xtovsiz ishlash vaqti quyidagicha aniqlanadi.

$$\tau_{ut} = 1 / K\lambda \quad (15.3)$$

Bu yerda: K - qurilmaning to'xtab qolish jadalligi.

λ – qurilmaning yuklanish koeffitsienti.

Qurilmaning to'xtab qolish jadalligi uning pasportida keltirilgan.

15.2. Ishonchlilikni oshirish usullari

Ishonchlilikni oshirishning asosiy usullari ishlab chiqarish bosqichida ko'zda tutilgan zahiralash va foydalanish davrida sifatli texnik xizmat ko'rsatish va ta'mirlash hisoblanadi. Zahiralashni funktsional va tuzilmaviy turlari mavjud.

Funktsional zahiralash tizimga o'zaro bir-birini to'ldiruvchi vazifalarni kiritish bilan ta'minlanadi, masalan analogli va raqamli qayd etish, qo'lda va masofadan turib boshqarish, asboblarni yordamida va displeyda nazorat qilish.

Tuzilmaviy zahiralash boshqarishning eng muhim vazifalarini bajarishda qurilmalarni parallel o'rnatishni nazarda tutadi. Tuzilmaviy zahiralashni quyidagi turlari bor: ishchi qurilmalar to'xtaganda zahira qurilmalarini avtomatik ulash; oldindan montaj qilingan zahira qurilmani kommutatsion aloqalarning o'zgarishi hisobiga ulash; nosoz qurilmani yechib olish va uni zahiradagi bilan almashtirish.

Texnik xizmat ko'rsatishni va ta'mirlashni tashkil etish, bir tomondan, qurilmalarning ishonchliligi to'g'risidagi ma'lumotlarni, yuz berishi mumkin bo'lgan to'xtashlarni oldindan aytish maqsadida to'plash va taxlil qilish, ikkinchi tomondan esa – optimal davriylikni boshqarish va nazorat o'ltirish asboblarni ta'mirlash ishlari hajmini ishlab chiqish va ta'mirlashni ko'zda tutadi.

Elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish tizimlariga texnik xizmat ko'rsatish ta'mirlashlar orasidagi davrda ishonchlilik ko'rsatkichlarini kerakli darajada tutib turishning asosiy usuli hisoblanadi. U tizimning ayrim qurilmalarini ish qobiliyatini test signallari bo'yicha tekshirishni, qurilmalarni tozalashni, qurilmalarni ayrim elementlarini sozlashni, kontaktlarni va boshqa moslamalarni ishlash qobiliyati va ishonchliligini tekshirishni nazarda tutadi.

Texnik xizmat ko'rsatish davrida o'tkaziladigan ta'mirlash ishlari joriy ta'mirlash deyiladi, ular elektr yuritmani boshqarish tizimi va elementlarining ish qobiliyatini ta'minlash yoki tiklash uchun bajariladi. Ishonchlilik ko'rsatkichlarini to'la tiklash uchun tizimning barcha qismlarini ta'mirlagandan so'ng uni tekshirib ko'rish zarur.

16. Elektr xavfsizligi texnikasi

16.1. Elektr xavfsizligi asoslari

Ma'lumki, barcha soxalarda elektr yuritmalardan keng foydalaniladi. Elektr yuritmani harakatga keltiruvchi energiya manbai elektr tokidir. Elektr yuritma harakatdagi elektr qurilmalar bo'lib uning elementlari kuchlanish ostida bo'ladi. Shuning uchun ma'lum bir sharoitlarda xavfsizlik texnikasining qoidalarini buzilishi natijasida elektr yuritma qurilmasi insonni elektr toki urishi mumkin bo'lgan yoki turli ko'rinishdagi jaroxatlanish ehtimoli bo'lgan manbaga aylanadi.

Inson badani tok o'tkazuvchanlikka ega bo'lganligi sababli kuchlanish ostida bo'lgan va izolyatsiya qilinmagan elementlarga tegib ketishi natijasida inson badanidan elektr toki o'tishi mumkin. Tokning havfli qiymatlarida bu narsa kuchli kuyishga (elektr jaroxat), yoki inson organizmidagi asab, yurak va nafas olish yo'llarini lat yeyishga olib keladi (elektr zarbasi). Elektr toki bilan shikastlanish oqibati yomon bo'lib, ba'zan o'lim bilan yakunlanishi ham mumkin. Qiymati 10 mA gacha bo'lgan tok inson xayoti uchun xavfsiz bo'lib, yoqimsiz sezgi hosil qiladi. Agar tok 10- 25 mA dan oshsa, qo'l muskullari tortishib qoladi, natijada inson o'zini tok o'tkazuvchi qismdan mustaqil ajratib olo olmaydi. Agar tok 100 mA va undan ko'p bo'lsa odamni darhol o'ldiradi.

Elektr yuritmalar bilan ishlashning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, texnika xavfsizligi qoidalariga rioya qilmaslik natijasida faqatgina elektr toki bilan shikastlanib qolmay balki, elektr mashinalarini aylanuvchi qismlari tomonidan ham mexanik zarbalarga uchrashlari mumkin.

Xavfsizlik texnikasida ko'zda tutilgan himoya vositalari va tadbirlarini qo'llash elektr qurilmalarining xavfsiz ishlashini ta'minlaydi. Bunday tadbirlarga hamma tok o'tkazuvchi va aylanuvchi qismlarni maxsus himoya to'siqlari yordamida himoyalash, elektr qurilmalarini himoyali yerga yoki nolga ulash vositasiga biriktirish, himoyalovchi tagliklar, rezina kalish, qo'lqop va boshqa himoyalovchi vositalar qo'llash, kamaytirilgan kuchlanishdan foydalanish kiradi.

16.2. Elektr qurilmalarni yerga va nolga ulash

Elektr qurilmalar normal xolatda kuchlanish ta'sirida bo'lmaydi, ammo izolyatsiyaning shikastlanishida kuchlanish ta'sirida bo'lishi mumkin bo'lgan barcha qismlarini oldindan elektr jihatdan ataylab yerga biriktirish bu himoyali yerga ulash deyiladi. Himoyali yerga ulash tasodifan kuchlanish

ostida bo'lib qolgan elektr qurilmalarining metalli qismlariga odamlar tegib ketgan xollarda ularni elektr toki bilan shikastlanishdan saqlaydi. Himoyali yerga ulashning ishlash printsipti elektr qurilmaning ochilib qolgan tok o'tkazuvchi qismining qurilma qutisiga ulanib qolishi va boshqa sabablar tufayli ham ulanib qolishda kuchlanishni xavfsiz qiymatgacha pasayishga asoslangan.

Erga ulanmagan qurilma qutisiga odam tekkanda undan yerga o'tuvchi tok to'liq o'tadi. Bu xolat odam qurilma fazalaridan birining tok o'tkazuvchi qismlariga tekkani bilan barobardir.

Kuchlanishi ta'siri ostida bo'lishi mumkin bo'lgan tok o'tkazmaydigan metall qismlarni nolli himoya sim bilan oldindan ataylab elctr jihatdan biriktirish nolga ulash deyiladi. Nolli himoya sim nolga ulanadigan qismlarni tok manbaining yerga mustaxkam ulangan neytral nuqtasi bilan birlashtiradi. Himoyali nolga ulashni ishlash printsipti shikastlangan elektr qurilmani uzatuvchi apparatura yordamida elektr tarmoqdan tez uzish uchun fazalardan birini qurilma qutisiga ulanishini bir fazali qisqa tutashuvga aylantirishga asoslangan.

Shunday qilib, elektr qurilmalar qutilarini neytral sim orqali yerga ulash shikastlanish davrida ularning kuchlanishini yerga nisbatan pasaytiradi. Nolga ulash neytrali yerga ulangan to'rt simli tizimlarda hamda manbaning o'rta nuqtasi yerga ulangan o'zgarmas tok tizimlarida ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Elektr xavfsizligi nima va unga amal qilmaslik qanday oqibatlariga olib kelishi mumkin?
2. MS Elektr tokining qanday qiymatlari inson hayoti uchun xavfli hisoblanadi?
3. Qanday himoya vositalarini bilasiz?
4. Himoyali yerga ulash nima?
5. Nolli himoya nima?

Amaliy o'lchov birliklari tizimidagi ba'zi miqdorlarni xalqaro birliklar tizimi SI ga o'tkazish.
 Amaliy sistemada kuchning o'lchov birligi 1 kG bo'lib, SI sistemada esa 1 n'yuton (N) dir.
 1 kG=9,81 N yoki 1 N=0,102 kG.

Moment:

$$1 \text{ kG}\cdot\text{m}=9,81 \text{ N}\cdot\text{m} \text{ yoki } 1 \text{ N}\cdot\text{m}=0,102 \text{ kGm}.$$

Quvvat:

$$1 \text{ Vt}=1 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{sek}=1 \frac{\mathcal{K}}{\text{cek}}=0,102 \frac{\kappa\Gamma \cdot \mathcal{M}}{\text{cek}}.$$

$$1 \text{ kVt}=1 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{sek}=102 \text{ kG}/\text{sek}.$$

Energiya:

$$1 \text{ J}=1 \text{ N}\cdot\text{m}=1 \text{ Vt} \cdot \text{Sek}=0,102 \text{ kG}\cdot\text{m},$$

$$1 \text{ kG}\cdot\text{m}=9,81 \text{ J}=9,81 \text{ Vt}\cdot\text{sek},$$

$$1 \text{ Vt}\cdot\text{soat}=3600 \text{ J},$$

$$1 \text{ kVt}\cdot\text{soat}=3600 \text{ kJ}.$$

Bosim:

$$1 \text{ atm}=1 \frac{\kappa\Gamma}{\text{cm}^2}=9,81 \cdot 10^4 \frac{H}{\text{m}^2}.$$

$$1 \text{ N}/\text{m}^2=0,102 \text{ kG}/\text{m}^2$$

$$1 \text{ N}/\text{m}^2=1,02 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$$

$$1 \text{ at}=1 \text{ kG}/\text{sm}^2 \text{ q } 104 \text{ kG}/\text{m}^2$$

Bunda $\Delta R = \Delta R_{\text{mex}} + \Delta R_p$ bo'lib, quvvat isrofining o'zgaruvchan, ya'ni yuklanish tokiga bog'liq qismi

$\Delta R_n = \Delta R_n - \Delta R$, ΔR_n —quvvat isrofining nominal qiymati.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Karimov I.A. Barkamol avlod-O'zbekiston taraqqiyotining poydevori. T. «Sharq» nashriyot matbaa kontserni, 1997 y.
2. Kadrlar tayyorlash milliy dasturi. Toshkent. 1998 y.
3. Farberman B.L. va boshqalar. «Oliy maktabda o'qitishning zamonaviy usullari». T. OO'MMMI, 2002 y.
4. Majidov S. Elektr mashinalari va elektr yuritma. O'qituvchi, 2002 y.
5. Aripov N.M. Avtomatlashtirilgan elektr yuritma. Farg'ona 2001 y.
6. Zimin ye.N., Yakoviev V.I. Avtomaticheskoe upravlenie elektroprivodami. VSh. 1979 g.
7. Vasin V.M. Elektricheskiy privod. Vo'sshaya shkola, 1984 g.
8. Avtomatizirovanno'y elektroprivod. Pod red. Petrova I.I. i dr. Energiya, 1980 g.
9. Kiblitkiy V.A.—Sistemo' upravleniya s beskontaktno'mi logicheskimi elementami. Energiya, 1976 g.
10. Xalizev G.P., Serov V.I. Raschet puskovo'x, tormozno'x i regulirovanno'x ustroystv dlya elektrodvigatelay. Vo'sshaya shkola, 1976 g.
11. Xamidxonov M., Majidov S. Elektrik yuritma va uni boshqarish asoslari. O'qituvchi, Toshkent, 1970 y.
12. Karimov A.S. va boshqalar. Elektrotexnika va elektronika asoslari O'qituvchi, Toshkent 1995 y.
13. Majidov S. Avtomatik boshqarishga oid atamalarining ruscha-o'zbekcha lug'ati. «Uz.Fan va texnika» Davlat qumitasi nashriyoti, 1996 y.
14. Kovchin S.A., Sabinin Yu.A. Teoriya elektroprivoda. Energoatomizdat, 2000 g.
15. Chilikin M.G., Sandler A.S. Obhiy kurs elektroprivoda. Energoizdat, 1988 g.
16. Yusufbekov N.R. va boshqalar. Texnologik jarayonlarni boshqarish sistemalari, O'qituvchi 1997 y.
17. Kuznetsov A.N. Programmnoe obespechenie ustroystva protivovariynoy avtomatiki s primeneniem mikro EVM. Elektrotexnika, 1985, №9, s 54.
18. Biryukov S.A. Ustroystva na mikroshemax. Izd. «Salon – R», 2000 g.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
-------------	---

I-Bo'lim Elektr yuritma asoslari

1. Elektr yuritma mexanikasi

1.1. Elektr yuritmaning mexanik bo'g'inlari.....	6
1.2. Statik va inertsia momentlari.....	7
1.3. Elektr yuritmaning harakat tenglamasi.....	8
1.4. Elektr yuritmalarning mexanik xarakteristiklari.....	10

2. O'zgarmas tok elektr dvigatellarining elektromexanik xususiyatlari

2.1. Mustaqil uyg'otishli o'zgarmas tok dvigatelning harakatlanish rejimidagi mexanik va elektromexanik xarakteristiklari.....	12
2.2. Mustaqil uyg'otishli o'zgarmas tok dvigatelning tormozlash rejimlaridagi xarakteristiklari.....	15
2.3. Ketma-ket uyg'otishli o'zgarmas tok dvigatelinin ulanish sxemasi, statik xarakteristiklari va ish rejimlari.....	17
2.4. Aralash uyg'otishli O'TD ni ulanish sxemasi va xarakteristiklari.....	18

3. O'zgaruvchan tok dvigatellarning elektromexanik xususiyatlari

3.1. Asinxron dvigatellar.....	21
3.2. Asinxron dvigatellarning harakatlanish rejimidagi mexanik xarakteristiklari.....	22
3.3. Asinxron dvigatellarning tormozlash rejimlaridagi mexanik xarakteristiklari.....	23
3.4. Sinxron dvigatelning (SD) mexanikaviy va burchak xarakteristiklari.....	26
3.5. Sinxron dvigatelnin tormozlab to'xtatish usullari.....	27
3.6. Sinxron dvigatelning ish xarakteristiklari.....	28

4. Elektr yuritma tezligini rostdash

4.1. Tezlikni rostdash to'g'risida umumiy tushuncha.....	29
4.2. O'zgarmas tok elektr yuritma tezligini rostdash.....	30
4.3. O'zgartirgichlar va maxsus sxema yordamida o'zgaruvchan tok elektr yuritmalar tezligi rostdash.....	31

5. Yurgizish, tormozlash va rostdash qarshiliklarini hisoblash

5.1. O'zgarmas tok dvigatellaridagi yurgizish, rostdash va tormozlash qarshiliklarini hisoblash.....	35
5.2. Asinxron dvigatelning ishga tushiruvchi reostati qarshiligini hisoblash.....	37

6. Elektr yuritmalarda o'tish jarayonlari

6.1. Elektr yuritmani o'tish jarayonlari vaqtini aniqlash.....	39
--	----

7. Elektr yuritmaning energetikasi

7.1. Elektr yuritmaning energetik ko'rsatkichlari.....	43
7.2. Rostlanmaydigan elektr yuritmalarni o'rnatilgan ish rejimidagi energetik ko'rsatkichlari.....	43
7.3. Rostlanadigan elektr yuritmalarni o'rnatilgan ish rejimidagi energetik ko'rsatkichlari.....	45

8. Elektr dvigatellarni tanlash

8.1. Dvigatellarning qizishi va sovishi.....	49
8.2. Elektr yuritmaning ish rejimlari.....	50
8.3. Elektr yuritma uchun dvigatel turini tanlash bo'yicha umumiy tavsiyalar.....	51

II-Bo'lim

Elektr yuritmani boshqarish

9. Elektr yuritmalarni boshqaruvchi elektromexanik apparat va qurilmalar

9.1. Elektr yuritmani boshqarish qurilmalari.....55

9.2. Boshqarish relelari va saqlagichlar.....57

9.3. Texnologik datchiklar va avtomatikada ishlatiladigan ba'zi tuzilmalar...63

10. Yarim o'tkazgichli qurilmalar (diod, tranzistor, tiristor) va magnit kuchaytirgichni elektr yuritmalarda qo'llanilishi

10.1. Yarim o'tkazgichli qurilmalarni elektr yuritmalarda qo'llanilishi.....85

10.2. Magnit kuchaytirgich va uni elektr yuritmada qo'llanilishi.....67

11. Elektr yuritmalarni rele kontaktorli boshqarish

11.1. Elektr yuritmalarni boshqarish printsiplari va elektr sxemalarini tuzilishi.....68

11.2. Elektr yuritmalarni ishga tushirish usullari.....69

11.3. Elektr yuritmalarni boshqarish sxemalari.....72

11.4. Elektr yuritmalarni boshqarish sxemalaridagi himoya.....74

12. Elektr yuritmalarni boshqarishda kontaktisiz apparat va qurilmalar

12.1. Kontaktisiz qurilma va elementlar.....77

12.2. Tiristorli kontaktorlar.....78

12.3. Elektr yuritmani mantiqiy elementlar orqali boshqarish sxemalari.....80

12.4. Elektr yuritmalarni tiristorlar bilan boshqarish.....81

13. Elektr yuritmalarni boshqarishda berk (uzluksiz harakatdagi) sxemalar va tizimlar

13.1. Elektr yuritmaning boshqarishni berk tizimlarini ko'rish printsiplari.....83

13.2. Berk tizimli elektr yuritmalarni avtomatik boshqarish elementlari va qurilmalari.....84

14. Kuzatuvchi elektr yuritma va dasturli boshqarish

14.1. Kuzatuvchi (taqlidchi) elektr yuritma.....86

14.2. Dastur bilan boshqariladigan elektrik yuritmalar.....87

14.3. Dasturli boshqarishda qadamli dvigatellarni qo'llash.....90

15. Elektr yuritmaning mustahkamligi

15.1. Elektr yuritmani boshqarish tizimi va elementlarini mustahkamligi.....91

15.2. Ishonchlilikni oshirish usullari.....92

16. Elektr xavfsizligi texnikasi

16.1. Elektr xavfsizligi asoslari.....92

16.2. Elektr qurilmalarni yerga va nolga ulash.....93

Foydalanilgan adabiyotlar.....96