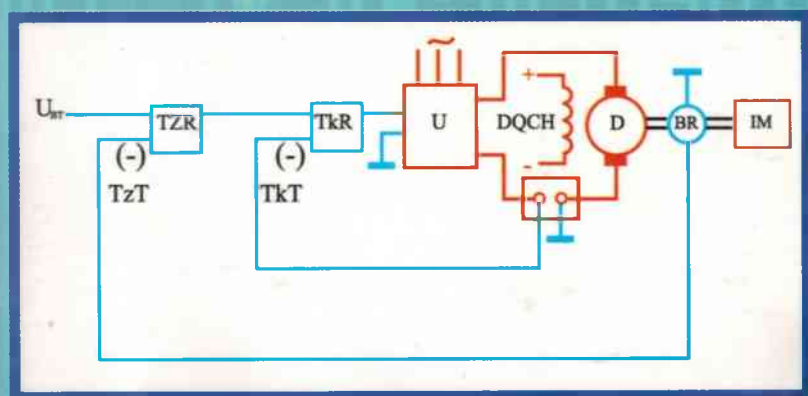


120
621.34(025)
5-80

N. H. BOZOROV

S. S. SAIDAHMEDOV

ELEKTROMEXANIK TIZIMLARNING STATIKA VA DINAMIKASI



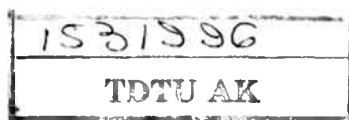
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

N.H. Bozorov, S.S. Saidahmedov

ELEKTROMEXANIK TIZIMLAR STATIKASI VA DINAMIKASI

(Masala, misol va nazorat savollari to'plami)

Oliy o'quv yurtlari talabali uchun o'quv qo'llanma



TOSHKENT — «ISTIQLOL» — 2005

Taqrizchilar:

U. Ibrohimov — TDTU «Elektr yuritma va sanoat qurilmalarini avtomatlashtirish» kafedrası dotsenti;
F.A. Hoshimov — «O'zbek ipagi» AJ Energetika va mexanizatsiyalash bo'limi boshlig'i, t.f.n.

O'quv qo'llanma 5521300- Elektrotexnika, elektromexanika va elektrotexnologiya hamda 5140900 — Kasb ta'limi (Energetika bakalavriat yo'nalishlari bo'yicha) bakalavriat talabalari uchun mo'ljallangan. Qo'llanma talabalarga elektr yuritma asoslari, elektromexanika tizimlarini boshqarish fanlariga oid masalalarni yechishga yordam beradi.

O'quv qo'llanmada elektromexanik tizimlarning mexanikasi, o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr dvigatellarining elektromexanik xususiyatlari, elektr yuritmalarning koordinatlarini rostlash, elektr yuritmaning energetikasi, elektr dvigatellarning quvvatini tanlash bo'yicha masala, misol va nazorat savollari hamda ularning yechimlari keltirilgan.

*O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus ta'lim
vazirligi Muvofiqlashtiruvchi Kengashi qaroriga asosan
o'quv qo'llanma sifatida chop etildi*

KIRISH

Elektromexanik tizim — bu mexanik tuzilma zvenolari va elektromagnit zanjirlarining majmuasidan iborat bo'lib, u erda **dinamik** jarayonlarning kechishi mexanik va elektr **magnit energiyalarining** o'zaro bir-biriga aylanishi bilan tavsiflanadi.

Bu tizimning asosiy elementlaridan biri — elektr yuritma bo'lib, uning asosida mashina va ishchi organ harakatga keltiriladi. Bundan tashqari yuritma xususan elektr energiyani ma'lum maqsadlarga erishish uchun avtomatik ravishda boshqaradi.

Elektr yuritma ishlab chiqarishning texnologiyasi tomonidan qo'yilayotgan talablarga to'liq javob berishi, statik va dinamik holatlarda energiya sarfini kamaytirishi uchun elektr yuritmaning mexanik qismini to'g'ri tanlash, elektr dvigatel quvvatini aniq hisob- kitob qilib chiqish hamda uni tanlash, dvigatellarning elektromexanik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda talab etilayotgan rejimlarni ta'minlash, elektr yuritmaga qo'yilayotgan talablarga muvofiq rostdash usulini **tanlash** va berilgan diapazonni ta'minlash, eng kam energiya **sarfini** ta'minlaydigan statik va dinamik holatlarni hisoblash hozirgi kunning eng dolzarb masalalaridandir.

Mazkur o'quv qo'llanma talabalarga yuqorida keltirilgan masalalarni yechishga ko'maklashadi va ularda ushbu rejimlarni hisoblash, dvigatel quvvatini aniqlash va tanlash, elektromexanik tizim parametrlarini hisoblab, o'tkinchi jarayonlarni qurish va uning sifat ko'rsatkichlarini aniqlash bo'yicha ko'nikma hosil qilishga yordam beradi.

I. ELEKTROMEXANIK TIZIMLAR MEXANIKASI

1.1. Savol va masalalar

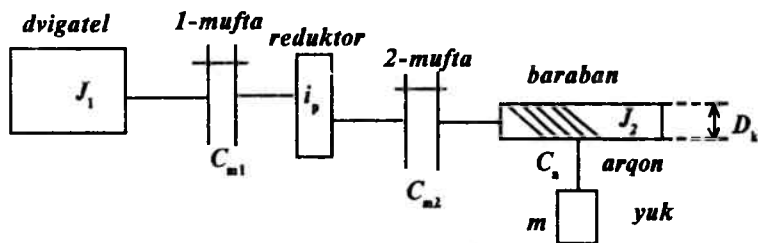
1.1. Elektromexanik tizimlar (EMT) mexanik qismlari elementlarining inersiya momentini bitta o'qga keltirish shartlari nimalardan iborat?

1.2. EMT mexanik qismlari elementlarining birliklarini bitta o'qga keltirish sharti nimadan iborat?

1.3. EMTning mavjud kuch va momentlarini bitta o'qga keltirish sharti nimadan iborat?

1.4. EMTning ketma-ket ulangan teng bikirlikka ega ikki S_1 va S_2 elementlari uchun ekvivalent bo'lgan S_{12} bikirlikni toping, formulasini aniqlang.

1.5. Kinematik sxemasi 1.1- rasmda keltirilgan EMT mexanik qismidagi ko'tarish mexanizmi uchun hisoblash sxemasini tuzing.



1.1- rasm.

Berilgan:

Dvigatelning inersiya momenti $J_1=0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; reduktor va muftalarning inersiya momentlarini hisobga olmang; barabanning inersiya momenti $J_2=12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; yukning massasi $m=1000 \text{ kg}$; muftalarning bikirliklari $C_{n1}=10^7 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$; $C_{n2}=3 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$; po'lat arqonning bikirligi $C_a=2 \cdot 10^6 \text{ N/m}$;

barabanning diametri $D=0,4$ m; reduktorning uzatish nisbati $i_p=12$; uzatmaning foydali ish koeffitsiyenti (FIK) $\eta=0,8$ ga teng.

1.6. Oldingi 1.5-masalada berilgan ma'lumotlarga tayanib tezlanishi 1 m/s^2 bilan $h=5$ m balandlikka yuk ko'tarish davrida dvigatel hosil qiladigan momentni aniqlang. Bunda dvigatel ishlatadigan quvvatning vaqt bo'yicha $P(t)$ grafigini yasang.

1.7. Yuqoridagi 1.5- masala ma'lumotlariga asoslanib, yukni $h_{\text{bosh}}=10$ m balandlikdan to $h_{\text{ox}}=6$ m pastlikkacha 1 m/s^2 tezlanish bilan tushirish davrida dvigatel hosil qiladigan momentni aniqlang. Bu davrda dvigatel quvvatining $P(t)$ vaqt bo'yicha grafigini yasang.

1.8. Yuk bilan birga massasi 1000 kg ega bo'lgan kabina $0,65 \text{ m/s}$ tezlik bilan ko'tarilyapti. Bunda dvigatelning aylanish tezligi 104 rad/s ni tashkil etgan. Dvigatelning baraban bilan birgalikdagi inersiya momenti $0,04 \text{ kg/m}^2$ ga teng. Po'lat arqonning inersiya momentini hisobga olmasdan inersiya momentlari yig'indisini aniqlang.

1.9. Ijrochi mexanizmnining mexanik tavsifiga ta'rif bering.

1.10. Elektromexanik yuritmaning qanday yuklamasi aktiv deyiladi? Uning mexanik tavsifini keltiring.

1.11. Elektromexanik yuritmaning qanday yuklamasi reaktiv deb ataladi? Uning mexanik tavsifini bering.

1.12. Elektromexanik yuritmaning qanday yuklamasi ventilyatorli (xususiyatga ega) deb ataladi. Uning tavsifini keltiring.

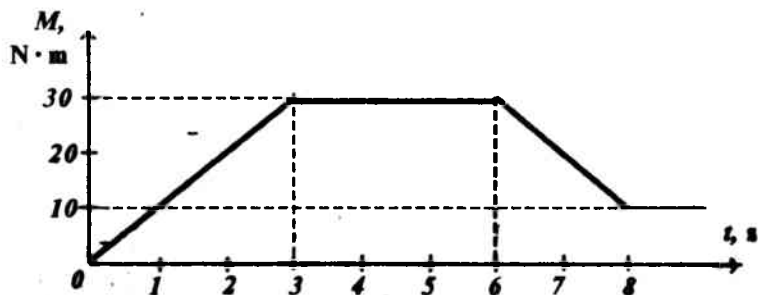
1.13. Lagranj tenglamasini yozib, uning tashkil etuvchilarini tushuntiring.

1.14. Inersiya momentining burilish burchagiga bog'liqlik funksiyasi $J_z=(5 + 2\sin 3\varphi)$ ga ega, dvigatel momenti tezlikka $M=(100-2\omega) \text{ N} \cdot \text{m}$ ko'rinishda bog'liq, yuklama momenti reaktiv xususiyatli va $20 \text{ N} \cdot \text{m}$ ga teng. Elektr yuritma mexanizmining harakat tenglamasini aniqlang.

1.15. Inersiya momenti $J_z=(5 + 2 \sin 3t) \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ funksiyasiga ega, dvigatel momenti tezlikka $M=(100-2\omega)$

ko'rinishda bog'liq, yuklama momenti reaktiv bo'lib, 20 N·m ga teng, elektr yuritma mexanizmining harakat tenglamasini aniqlang.

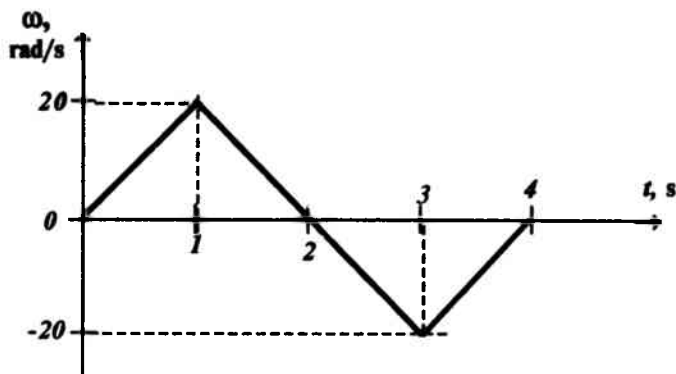
1.16. 1.2- rasmdagi dvigatel momentining vaqtga bog'liqlik grafiği $M(t)$, keltirilgan. Shu grafikka mos keladigan tezlikning vaqtga bog'liqlik grafiği $\omega(t)$ ni tasvirlang.



1.2- rasml.

Bu erda dvigatel o'qiga keltirilgan inersiya momentlarining yig'indisi $J_x = 1,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, qarshilik momenti (aktiv xususiyatga ega) $M_{yu} = 10 \text{ N} \cdot \text{m}$, boshlang'ich tezlik $\omega_{bosh} = 0$ deb hisoblang.

1.17. Bikir mexanik zvenoga keltirilgan mexanizmning 1.3- rasmda keltirilgan $\omega(t)$ taxogrammasi ma'lum bo'lgar.



1.3- rasml.

hol uchun dvigatelning $M(t)$ moment grafigini yasang. Bu yerda mexanizmning inersiya momenti yig'indisi $J_z = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, qarshilik momenti $M_{yu} = 25 \text{ N} \cdot \text{m}$ (reaktiv xususiyatga ega).

1.18. Qarshilik (yuklama) momenti tezlikka nohiziqli, ya'ni $M_{yu} = (10 + \omega^2) \text{ N} \cdot \text{m}$, bog'liq bo'lgan ventilyatorning ishga tushirish vaqtini aniqlang. Bunda dvigatel momenti tezlikka nisbatan chiziqli $M = (202 - 4\omega) \text{ N} \cdot \text{m}$ bog'liq, dvigatelning ventilyator bilan birgalikdagi inersiya moment yig'indisi $J_z = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

1.19. Dvigatel elektr tarmoqdan uzilganida boshlang'ich tezligi $\omega_0 = 100 \text{ rad/s}$, yuklama momenti $M_{yu} = (10 + 0,1\omega + 0,0004\omega^2) \text{ N} \cdot \text{m}$ ko'rinishda o'zgaradi, inersiya momenti yig'indisi $J_z = 3,0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ edi. Shu dvigatelning berilgan holatdan erkin aylanib to'xtash vaqtini aniqlang.

1.20. Tormozlash davrida mexanizm tomonidan o'tilgan yo'lni ushbu shartlar bilan aniqlab bering:

a) birinchi holda tormozlash faqat qarshilik momenti ta'sirida amalga oshiriladi;

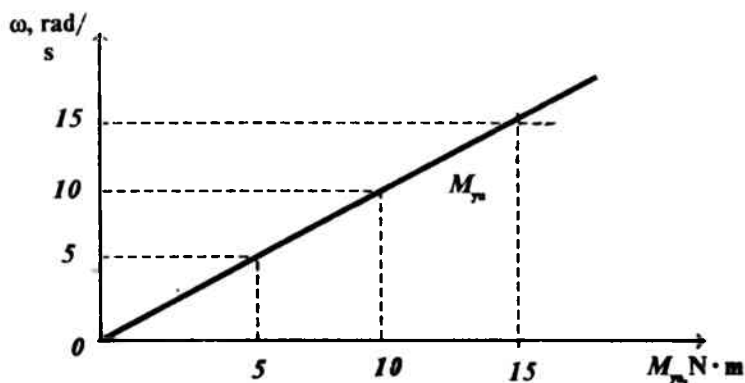
b) ikkinchi holda esa tormozlash dvigatelni teskari ulash rejimida amalga oshiriladi.

Bu hollarda dvigatelni tormozlash boshlang'ich tezlik $\omega_0 = 100 \text{ rad/s}$; dvigatel o'qiga keltirilgan qarshilik momenti $M_{yu} = 10 \text{ N} \cdot \text{m}$; dvigatel o'qiga keltirilgan inersiya momentlar yig'indisi $J_z = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; keltirish radiusi $R_k = 0,1 \text{ m}$ tengligi bo'yicha amalga oshiriladi. Teskari ulash bilan tormozlash rejimida dvigatelning momenti $M = (-100 - 2\omega) \text{ N} \cdot \text{m}$.

1.21. Mexanizmning 1.4- rasmda berilgan mexanik $M_{yu}(\omega)$ tavsifi uchun dvigatel momentining vaqtga $M(t)$ bog'liqligini toping.

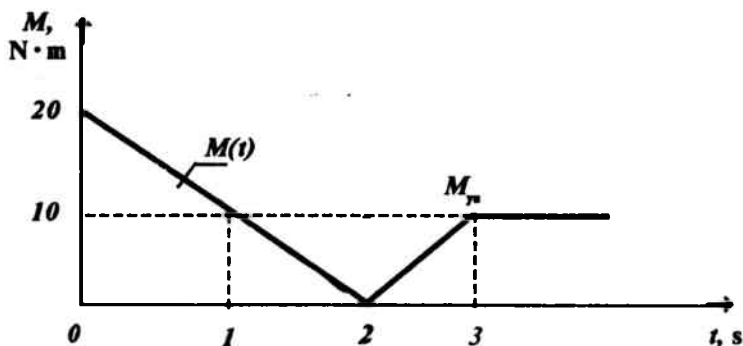
Bunda $t = 1 \text{ s}$ vaqt ichida tekis tezlanish bilan $\omega_0 = 15 \text{ rad/s}$ tezlikka erishiladi. Dvigatelning mexanizm bilan birgalikdagi inersiya momenti $J_z = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

1.22. Oldingi masalada berilgan shartlar uchun $t = 1 \text{ s}$ vaqt ichida turg'un $\omega_0 = 15 \text{ rad/s}$ tezlikka erishadigan ishga tushirish vaqtini ta'minlaydigan o'zgarmas tok dvigateli M momentining qiymatini toping.



1.4- rasm.

1.23. Dvigatelning 1.5- rasmda berilgan vaqtga bog'liqli $M(t)$ moment bilan harakatlanadigan mustahkam bog'langan (keltirilgan) zveno uchun tezlikning vaqtga $\omega(t)$ bog'liqligini hisoblab, qurib bering. Bunda inersiya momentlari yig'indisi $J_z = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; qarshilik momenti $M_{yu} = 10 \text{ N} \cdot \text{m}$; boshlang'ich tezlik $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$.

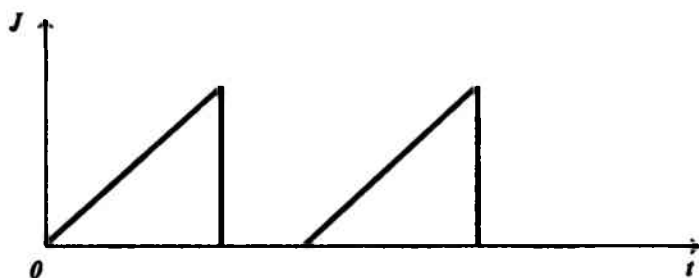


1.5- rasm.

1.24. Mustahkam bog'langan mexanik zvenoni $t = 2 \text{ s}$ vaqt ichida reverslash (teskariga aylanishi)ni ta'minlaydigan dvigatel zarur momentini aniqlang. Bunda inersiya momentlari yig'indisi $J_z = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; boshlang'ich tezligi $\omega_0 = -100 \text{ rad/s}$, oxirgi

tezligi $\omega_r = 100 \text{ rad/s}$, statik qarshilik (reaktiv xususiyatli) momenti $M_{yu} = 50 \text{ N} \cdot \text{m}$.

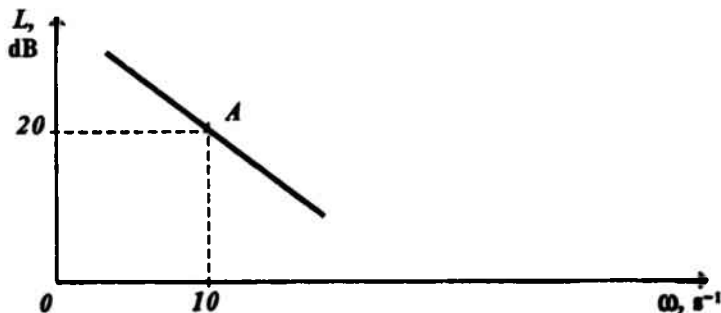
1.25. Dvigatelning 1.6- rasmda keltirilgan burilish burchagini vaqtga $\varphi(t)$ bog'liqlikning qanday shartlarda olish mumkin. Javobni asoslab bering.



1.6- rasm.

1.26. Mustahkam o'rnatilgan mexanik zveno uchun, agar moment $M = 20 \sin 10t$ ifodaga mos ravishda o'zgarsa, o'rnatilgan rejimda tezlik uchun tebranish amplitudasi va fazasini aniqlang. Bunda inersiya momenti $J_z = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, yuklamaning qarshilik momenti $M_{yu} = 0$.

1.27. Agar $W(p) = \omega(p)/(M(p))$ uzatish funksiyani logarifmik amplituda chastotaviy tavsifi (LACHT) berilgan (1.7- rasm) kesimida A nuqta ma'lum bo'lsa, unda mustahkam o'rnatilgan mexanik zvenoning inersiya momentini aniqlang.



1.7- rasm.

1.28. Ikki massali elastik xususiyatga ega bo'lgan tizimni tuzilish (struktura) sxemasini chizib bering.

1.29. Ikki massaga ega $W(p)=\omega_1(p)/M(p)$ tizim uchun asimptotik LACHTni tasvirlab bering. Agar inersiya massalarining $\gamma=(J_1+J_2)/J_1$ nisbat koeffitsiyenti ikki marta ortsa, ushbu LACHT qanday o'zgaradi:

a) agar ortish birinchi massaning J_1 inersiya momenti o'zgarmasdan, ikkinchi massaning J_2 inersiya momenti hisobida amalga oshirilsa;

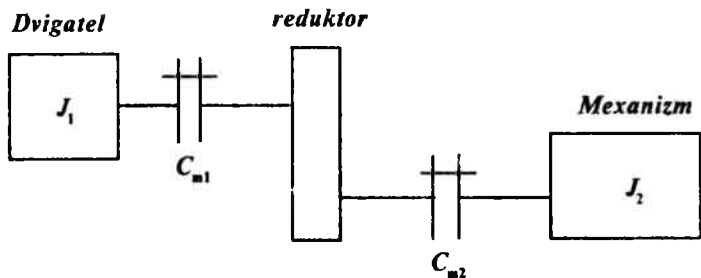
b) agar ortish, inersiya momentlarining yig'indisi $(J_1+J_2)=\text{const}$ (o'zgarmas) bo'lib, inersiya massalari-ning qayta taqsimlanishi hisobida bajarilsa.

1.30. Tuzilish sxemalarni o'zgartirish qoidalariga asoslanib, ikki massali elastik xususiyatga ega bo'lgan tizim uchun $W(p)=\omega_1(p)/M_{y_{u2}}(p)$ uzatish funksiyasini keltirib chiqaring.

1.31. Ikki massaga ega mexanik tizimning o'rnatilgan rejimi uchun, agar birinchi massaning inersiya momenti $J_1=1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, ikkinchi massaning inersiya momenti $J_2=3 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, ekvivalent elastiklik koeffitsiyenti $C_{12}=3 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{rad}$ bo'lganidagi birinchi massa tezligining amplitudasi va fazasini aniqlang. Bunda dvigatel momenti $M=10 \sin 5t \text{ N} \cdot \text{m}$ qonun bilan o'zgaradi, qarshilik M_{yu} momenti nolga yaqin. Javobni aniqlang.

1.32. Kinematik sxemasi 1.8- rasmda keltirilgan elektr yuritmaning mexanik qismi uchun erkin tebranish chastotasini aniqlang. Bunda dvigatelning inersiya momenti $J_1=0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, mexanizmnining inersiya momenti $J_2=20 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ birinchi muftaning bikirligi $C_{m1}=2 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{rad}$; ikkinchi muftaning bikirligi $C_{m2}=4 \cdot 10^8 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{rad}$; reduktorni uzatish nisbati $i_p=20$. Bu yerda reduktor tishli g'ildiraklarining inersiya momentlari hisobga olinmaydi deb hisoblaymiz.

1.33. Dvigatel ishchi mashinani ijrochi organi bilan bikirligi $C_{12}=10^6 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{rad}$ ga teng uzun o'q bilan ulangan. Bunda dvigatelning inersiya momenti $J_1=0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$,



1.8- rasm.

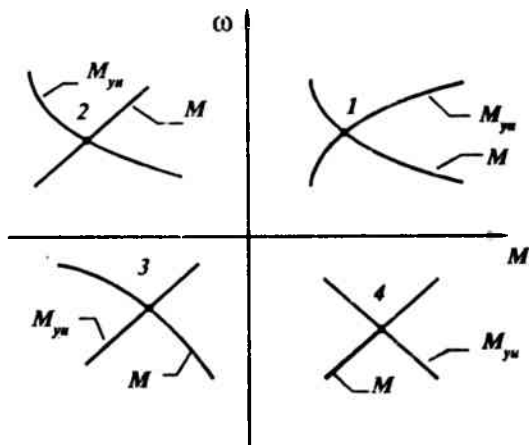
yuklamaning inersiya momenti $J_2 = 0,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Elektr yuritмага yuklama tomonidan muntazam davriy ta'sir beriladi. Bunda dvigatel o'qi tezligining tebranish amplitudasini baholash maqsadida uzatish funksiyasi $W(p) = \omega_1(p)/M_{yu2}(p)$ bo'lgan hol uchun LACHT va logarifmik faza chastota tavsifini (LFChT) quring.

1.34. Podshipnikning sinishi tufayli ikki massali mexanik tizimning ikkinchi J_2 massasi qadalib (zaklinila) qolgan. Birinchi J_1 massaga dvigatel momentining sakrashida hosil bo'ladigan o'tkinchi jarayonni hisoblang. Bunda $J_1 = 1,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $J_2 = 2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $C_{12} = 10^4 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$; dvigatel momenti $M = 60 \text{ N} \cdot \text{m}$; qarshilik momenti va dempferlash (so'ndirish) koeffitsiyentini hisobga oling.

1.35. Dvigatelning mexanik $M(\omega)$ va mexanizmning yuklama $M_{yu}(\omega)$ tavsiflari 1.9- rasmda keltirilgan. 1+4 nuqtalardagi turg'unlikni aniqlang.

1.36. Sentrifuga uchta uzatish nisbatiga ega bo'lgan, ya'ni $i_1=2$; $i_2=4$; $i_3=6$ uzatish qutisi orqali asinxron dvigatel yordamida harakatga keltiriladi. Dvigatelning inersiya momenti $J_d = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, dvigatelning nominal tezligi $\omega_n = 300 \text{ rad/s}$; sentrifuganing inersiya momenti $J_s = 16 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; qarshilik momenti kichik bo'lgani uchun uni hisobga olmasa ham bo'ladi, dvigatelning momenti $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ ga teng. Ana shu berilgan holat uchun qanday uzatish nisbatida sentrifuga maksimal (eng katta) tezlanishga erishishini aniqlang.

Sentrifuga tezlanishining uzatish nisbatiga $\epsilon_s(i)$ bog'liq-



1.9-расм.

lik, dvigatel vali tezlanishini uzatish nisbatiga $\epsilon_d(i)$ va sentrifuga tezligini uzatish nisbatiga $\omega_s(i)$ bog'liqlik grafiklarini yasang. Natijalarni sharhlang.

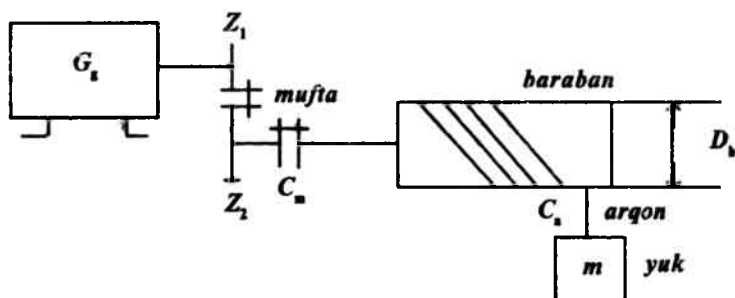
1.37. Ijrochi mashinaning ishchi organini, vali kichik siljishni minimal (eng kichik) vaqtda bajarishi uchun zarur bo'lgan reduktorning uzatish koeffitsiyentini aniqlang. Ishchi organ inersiyaga ega, uning statik qarshilik momentini hisobga olmasa ham bo'ladi. Bunda dvigatelning inersiya momenti $J_1=1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; dvigatelning nominal momenti $M_n=500 \text{ N} \cdot \text{m}$; dvigatelning nominal tezligi $\omega_n=100 \text{ rad/s}$; mexanizmning inersiya momenti $J_2=16 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

1.38. Yukning o'rnatilgan siljishi tezligi $V=1 \text{ m/s}$, tezlanishi $a=1 \text{ m/s}^2$. Yukni $S=2 \text{ m}$ masofaga siljitish kerak. Buning uchun zarur bo'lgan vaqtni aniqlang.

1.39. Birinchisining zichligi $\gamma=1 \text{ kg/m}^3$ bo'lgan materialdan yasalgan va o'lchamlari: diametri $D=1 \text{ m}$; uzunligi $L=1 \text{ m}$; ikkinchisi, tegishli $\gamma=1 \text{ kg/m}^3$; $D=2 \text{ m}$; $L=0,5 \text{ m}$; uchinchisi, tegishli $\gamma=2 \text{ kg/m}^3$; $D=0,5 \text{ m}$; $L=1 \text{ m}$ bo'lgan uchta silindrning inersiya momentlarini solishtiring.

1.2. Masala yechish namunalari

1.1- masala. Dvigatelning inersiya momenti $J_d = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; barabanning inersiya momenti $J_b = 10 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; dvigatel o'qi bilan ulangan shesternyaning inersiya momenti $J_{r1} = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; barabanning o'qi bilan ulangan shesternya inersiya momenti $J_{r2} = 2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; yukning massasi $m = 1000 \text{ kg}$; muftaning bikirligi $C_m = 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}/\text{rad}$; po'lat arqonni bikirligi $C_a = 10^6 \text{ N}/\text{m}$; reduktorning FIK $\eta = 0,8$; barabanning diametri $D_b = 0,2 \text{ m}$; shesternyalarning tishlari soni $r_1 = 12$, $r_2 = 48$ bo'lgan kinematik sxemasi 1.10- rasmda keltirilgan ko'targich mexanizm elektr yuritmasining mexanik qismi uchun hisoblash sxemasini tuzing.



1.10.- rasm.

Yechilish: Inersiya momentlarini va bikirliklarni dvigatel o'qiga keltirishni bajaramiz. Dvigatel o'qiga keltirilgan parametrlarni shtrix (') bilan belgilaymiz. Dvigatel — faza rotorli va r_1 tishlar soni bo'lgan shesternya dvigatel o'qi tezligida aylanadi, shu sababli $J'_d = J_d = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $J'_{r1} = J_{r1} = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. r_2 shesternya va baraban $\omega_2 = \omega_1/i_p$ tezlik bilan aylanadi, bunda

$$i_p = r_2/r_1 = 48/12 = 4;$$

$$J'_{r2} = J_{r2}/i_p^2 = 2/4^2 = 0,125 \text{ kg} \cdot \text{m}^2;$$

$$J'_b = J_b/i_p^2 = 10/4^2 = 0,625 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Yuk ilgari lama harakatlanadi. Ilgari lama harakatlanadigan parametrlarni aylanma harakatlanadigan parametrlarga keltirish uchun keltirish radiusini bilish zarur:

$$\rho_k = V/\omega = D_b/2 \cdot i_p = 0,2/2 \cdot 4 = 0,025 \text{ m.}$$

Yukning inersiyaga ega ekanligini baholovchi m massa, dvigatel valiga xuddi J'_m inersiya momentiga ega bo'lgan jismdan keltiriladi, ya'ni

$$J'_m = m \cdot \rho_k^2 = 1000 \cdot 0,025^2 = 0,625 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

ω_2 tezlik bilan aylanayotgan mufta bikirligini dvigatel o'qiga keltirish quyidagicha amalga oshiriladi:

$$C'_m = C_m/\rho_r^2 = 2 \cdot 10^6/4^2 = 12,5 \cdot 10^4 \text{ N} \cdot \text{m/rad.}$$

Po'lat arqonning bikirligi dvigatel o'qiga quyidagicha keltiriladi:

$$C'_a = C_a \cdot \rho_k^2 = 10^6 \cdot 0,025^2 = 0,625 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m/rad.}$$

Yuk tufayli hosil bo'ladigan yuklama (og'irlik kuchi) dvigatel o'qiga xuddi M_{yu2} moment kabi keltiriladi:

$$M_{yu2} = m \cdot g \cdot \rho_k = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,025 = 245 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

Uzatmaning foydali ish koeffitsiyenti orqali berilgan isrof momenti bevosita dvigatel o'qiga ta'sir ko'rsatadi, shu sababli

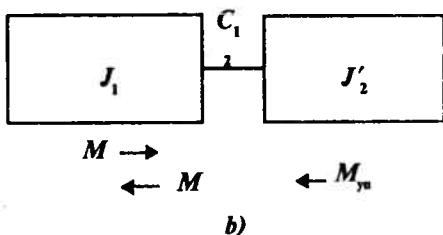
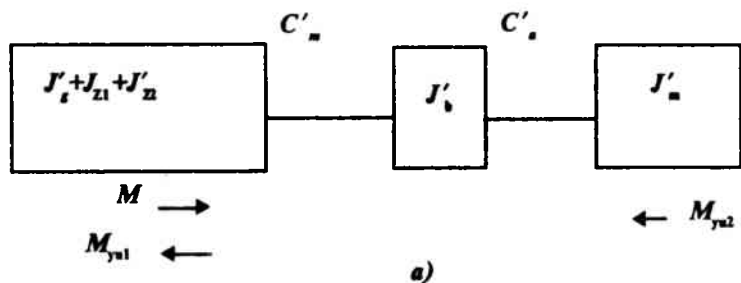
$$M_{yu1} = M_{yu2}(1/\eta - 1) = 245 (1/0,8 - 1) = 61 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

Mexanik qismni hisoblash sxemasida inersiya momentlari maydoni inersiya momentining miqdoriga proporsional bo'lgan to'g'ri burchaklar ko'rinishida, qayishqoqlik esa

to'g'ri chiziqli ko'rinishida, chiziqli uzunligini esa tegishli qayishqoqlik miqdoriga teskari uzunlik bilan tasvirlash qabul etilgan. Elektr yuritmaning mexanik qismini dastlabki hisoblash sxemasi 1.11- rasmda tegishli masshtabda keltirilgan.

Mexanik qismning keltirilgan hisoblash sxemasining tahlili arqonni C'_a qayishqoqligiga nisbatan muftani C'_m qayishqoqligini hisobga olmasak ham bo'lishligini ko'rsatayapti, chunki $C'_m > C'_a$. U holda hisoblash sxemasi soddalashib, 1.11- b rasmda keltirilgan so'nggi ko'rinishni oladi. Bunda $C_{12} = C'_a = 0,625 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m/rad}$; $J_1 = J_s + J_{r1} + J'_{r1} + J'_b = 1 + 0,1 + 0,125 + 0,625 = 1,85 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $J_2 = J'_2 = 0,625 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $M_{yul} = 61 \text{ N} \cdot \text{m}$; $M_{yu2} = 245 \text{ N} \cdot \text{m}$.

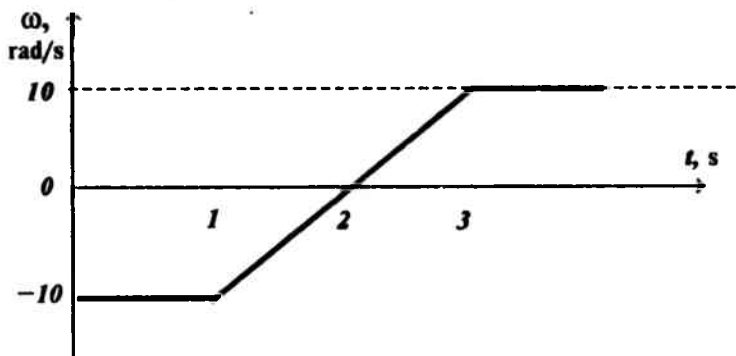
Shunday qilib, ko'targich mexanizm elektr yuritmasining mexanik qismini hisoblash sxemasi ikki massali tebranma tizim ko'rinishida taqdim etilishi mumkin.



Mexanik qismini hisoblash sxemasi

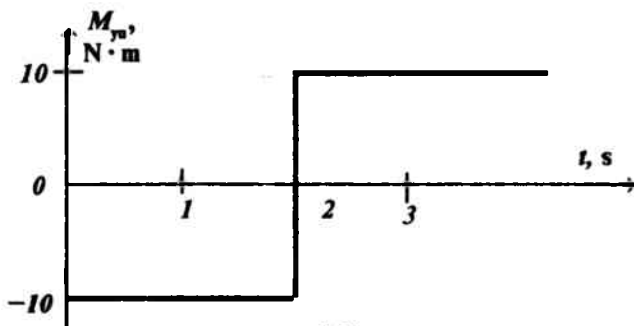
1.11- rasm.

1.2- masala. Mustahkam (dvigatel o'qiga) o'rnatilgan zveno $\omega(t)$ tezligining vaqtga nisbatan o'zgarishi 1.12- rasmda keltirilgan. Ana shu grafik uchun dvigatel momentining vaqtga $M(t)$ bog'liqligini hisoblab, qurib ko'rsating. Buning uchun inersiya momenti yig'indisi $J_z = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; reaktiv xususiyatga ega bo'lgan statik qarshilik momenti $M_{yu} = 10 \text{ N} \cdot \text{m}$ qilib berilgan.

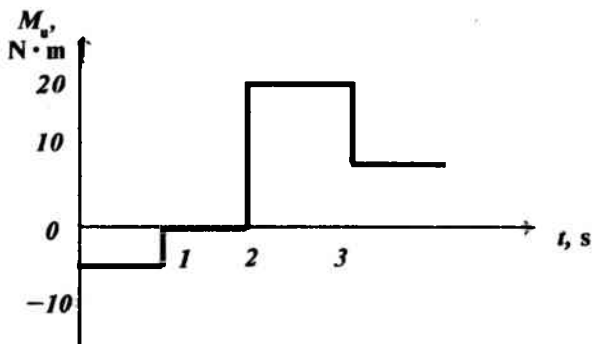
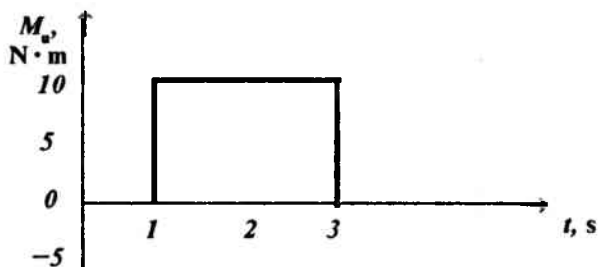


1.12- rasm.

Yechilishi. Mustahkam o'rnatilgan mexanik zveno uchun dvigatel $M(t)$ momentining harakat tenglamasi $M = M_{yu} + J_z d\omega/dt$ ni alohida $\omega(t)$ bo'laklarga qarab aniqlaymiz. Statik qarshilik $M_{yu}(t)$ momentining tezlikka bog'liqligiga qarab alohida hamda dinamik $M_u = J_z d\omega/dt$ momentni alohida ko'rsatamiz. (1.13 va 1.14- rasmlar)



1.13- rasm.



1.14- rasm.

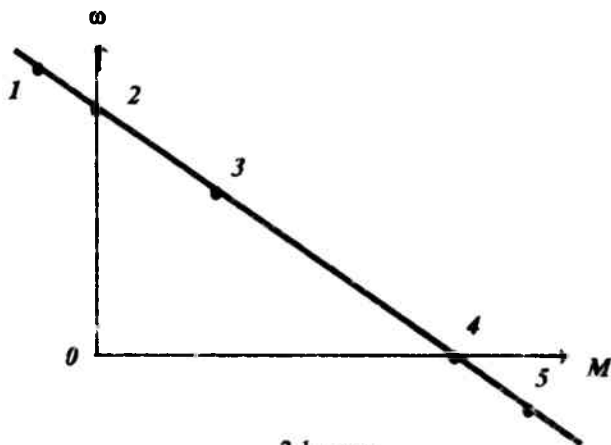
2. DVIGATELLARNING ELEKTROMEXANIK XUSUSIYATLARI

Mazkur bobdagi masalalarni yechish uchun talaba turli dvigatellarda energiyaning o'zgartirish bilan bog'liq dinamik jarayonlarni matematik ifodalashni bilishi va bu ifodalardan foydalana olishi, dvigatellarning statik tavsiflarini hisoblay olishi, turli parametrlar ta'sirini baholashga, turli turdagi elektromexanik o'zgartgichlarning tuzilish (struktura) sxemalari hamda chastota tavsiflarini tasvirlay olishi kerak. Berilgan savollarga olingan javoblar elektr dvigatellar qator ko'rsatkichlarining fizik ma'nosini chuqurroq tushunish imkonini beradi.

2.1. Masala va savollar

2.1. Pasport ma'lumotlari quyidagi qiymatlarga ega bo'lgan mustaqil qo'zg'atishli МП-41 turdagi o'zgarmas tok dvigatelining tabiiy elektromexanik va mexanik tavsiflarini quring: nominal quvvati $P_n=12$ kWt; nominal kuchlanishi $U_n=220$ V; nominal aylanish chastotasi $n_n=685$ ayl/min; nominal toki $I_n=64$ A; yakor va qo'shimcha qutblar chulg'amlarining qarshiliklari $r_{ya}+r_{qq}=0,248 \Omega$ (qarshiliklarning qiymatlari 20°C harorat uchun berilgan).

2.2. O'zgarmas tok elektr mashinasi 2.1- rasmda tasvirlangan mexanik tavsifning 1—5 nuqtalarida ishlaganida energiya oqimi diagrammalarini va quvvatlar balansini tasvirlab bering.

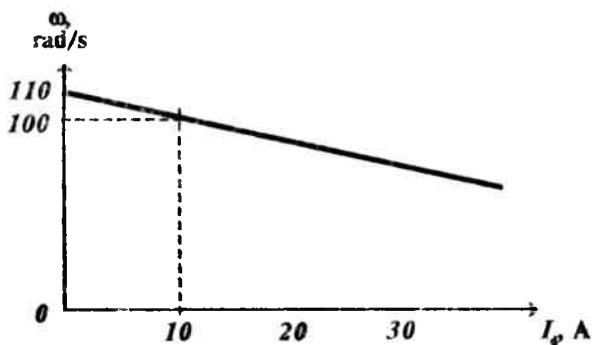


2.1- rasm.

2.3. Nominal kuchlanishi $U_n = 110$ V ga ega bo'lgan o'zgarmas tok dvigatelining elektromexanik tavsifi 2.2-rasmda keltirilgan. Dvigatelning yakor zanjiri qarshiligini aniqlash talab etiladi.

2.4. Ko'targich chig'iriq (lebedka) pasport ma'lumotlari.

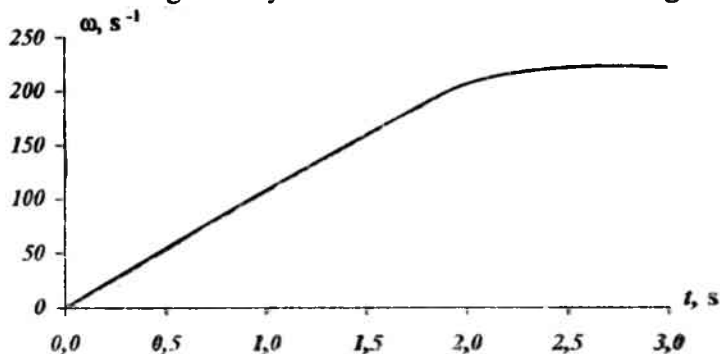
$P_n=10$ kWt; $U_n=220$ V; $I_n=50$ A; $\omega_n=104$ rad/s; $R_{yax}=0,1 \Omega$ bo'lgan o'zgarmas tok dvigateli yordamida ishlatiladi.



2.2- rasm.

Ana shu mexanizmi massasi 800 kg teng yukni $V = 0,5 \text{ m/s}$ tezlik bilan ko'tarishi uchun yakor zanjiriga qanday qarshilik ulash kerak? Mexanik uzatmaning keltirish radiusi $\rho_k = 0,01 \text{ m}$; uzatma FIK $\eta = 0,9$ berilgan.

2.5. Silliqlovchi stanokning silliqlash doirasini mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli aylantiradi. Uning nominal pasport ma'lumotlari quyidagicha: $P_n = 6 \text{ kWt}$; $U_n = 220 \text{ V}$; $n_n = 1100 \text{ ayl/min}$; $I_n = 33 \text{ A}$; $r_{ya} + r_{qq} = 0,57 \Omega$; $r_{qch} = 130 \Omega$. Yuklama momenti $M_{yu} = 25 \text{ N} \cdot \text{m}$ bo'lganida silliqlash burchak tezligi $\omega = 210 \text{ rad/s}$ bo'lishi uchun qo'zg'atish chulg'am tokini aniqlang. Sun'iy mexanik va elektromexanik tavsiflarini quring. Elektr mashinani nominal tezlikda olingan salt yurish tavsifi 2.3- rasmda keltirilgan.



2.3- rasm.

2.6. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining pasport ma'lumotlari quyidagilardan iborat: $P_n=16$ kWt; $\omega_n=72$ rad/s; $I_n=86$ A; $U_n=220$ V, $R_{ya\Sigma}=0,21$ Ω . Koordinatalari $\omega_s=36$ rad/s, $M_s=200$ N·m bo'lgan nuqtadan o'tadigan sun'iy mexanik tavsifni olish uchun dvigatel yakoriga beriladigan kuchlanishni qanday o'zgartirish kerak? Sun'iy elektromexanik tavsiflarni quring.

2.7. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining yakor zanjiriga qo'shimcha qarshilikni kiritish statik mexanik tavsifni ortiqroq chastota oralig'ida ishlatishga imkon berishini ko'rsating.

2.8. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining dinamik mexanik tavsifi nominaldan yuqori aylanish chastotalarida yakor zanjirining qarshiligiga bog'liq emasligini isbotlang.

2.9. Chiziqli mexanik tavsifga ega dvigatelning tezligi $\omega=(100+20 \sin 10 t)$ rad/s ko'rinishda o'zgaradi. O'rnatilgan (joriy) rejimda, mexanik tavsifning statik bikirligi $\beta_{st}=100$ N·m·s; yuklama bilan dvigatelning inersiya momenti yig'indisi $J_\Sigma=0,1$ kg·m², elektromagnit vaqt doimiysi $T_{ya}=0,1$ s bo'lgan holat uchun dvigatel momentining tebranish amplitudasini aniqlang.

2.10. Nominal rejimda ishlayotgan mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli qo'zg'atish toki 2 marta kamaytirilsa, unda statik mexanik tavsifning bikirligi qanday o'zgaradi?

2.11. Nominal rejimda ishlayotgan mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli tezkor to'xtatish uchun (dvigatelning nominal ma'lumotlarini 2.6- masaladan oling) dinamik tormozlash qo'llangan. Agar dvigatelni o'ta (ortiqcha) yuklanish imkoniyati $\lambda = 2$ bo'lsa, uning yakor zanjiriga zarur bo'lgan qo'shimcha qarshilikni hisoblab toping. Dvigatelning dinamik tormozlash rejimi uchun mexanik va elektromexanik tavsifini quring hamda tormozlash vaqtini aniqlang. Bu holat uchun dvigatel va mexanizmning inersiya momentlari yig'indisi $J_\Sigma = 1 \cdot 6$ kg·m², statik yuklama momenti reaktiv xususiyatga egaligi ma'lum.

2.12. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli (uning pasport ma'lumotlarini 2.6- masaladan oling) generatoridan ta'minlanadi, generatorning pasport ma'lumotlari dvigatelnikidan ushbu holatlar uchun dvigatelning elektromexanik tavsiflarini tasvirlang:

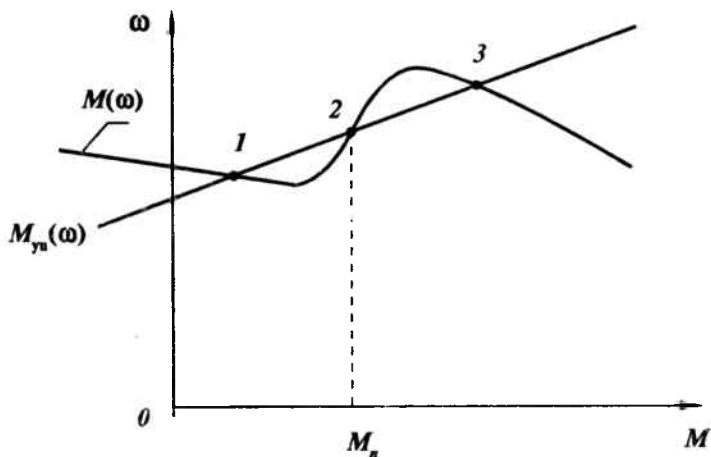
a) generator qo'zg'atish cho'lg'amidagi simning uzilishi tufayli generatorning EYK nolga teng bo'lib qoldi;

b) dvigatel yakorini generator yakori bilan bog'laydigan sim uzildi;

d) dvigatelning qo'zg'atish chulg'amidagi sim uzildi.

2.13. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining cho'tkasi tasodifan neytraldan siljishi tufayli yakorni magnitsizlantirish reaksiyasi paydo bo'ldi va mexanik $M(\omega)$ tavsif nochiziqli bo'lib qoldi. Dvigatel va yuklamaning mexanik tavsiflari 2.4- rasmda keltirilgan. Chiziqli mexanik $M_{yu}(\omega)$ tavsifga ega yuklama uchun dvigatel ishi turg'unligini aniqlang.

2.14. Magnitlash egriligining chiziqli bo'lagida ishlayotgan ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining yuklamasi 2 marta kamaysa, statik mexanik tavsif bikirligi qanday o'zgaradi?



2.4- rasm.

2.15. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateling moment bo'yicha o'ta yuklanish qobiliyati (imkoniyati) mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelnikidan nima uchun yuqori ekanligini tushuntiring.

2.16. Ketma-ket ko'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateling salt yurish tezligi amalda nima bilan aniqlanadi?

2.17. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateling tabiiy mexanik tavsifini hisoblang va quring. Nisbiy birlikda ifodalangan elektromexanik tavsif ushbu jadvalda berilgan:

λ^*	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
ω^*	2,28	1,75	1,41	1,28	1,1	1,0	0,92	0,81	0,72

Dvigatelning pasport ma'lumotlari quyidagicha: $P_n = 10 \text{ kWt}$; $\omega_n = 89 \text{ rad/s}$; $I_n = 100 \text{ A}$; $U_n = 110 \text{ V}$, $R_{\Sigma} = 0,05 \Omega$.

2.18. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli yordamida teskari ulanish rejimida nominal momentga teng yuklamani pastga $\omega = -0,5 \omega_n$ tezlik bilan tushirish uchun qanday qarshilik ulash kerakligini aniqlang (ma'lumotlarni oldingi masaladan oling).

2.19. Uzoq muddat zaruriy texnik nazorat bo'lmagani tufayli ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli ichidagi ifloslanish qo'zg'atish chulg'amida, uning qarshiligi bilan deyarli teng bo'lgan, shuntlovchi qarshilik hosil qildi. Bu holda statik mexanik va elektromexanik tavsiflar qanday o'zgaradi?

2.20. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli (pasport ma'lumotlarini 2.17- masaladan oling) nominal rejimda ishlayapti. Uni tezkor to'xtatish uchun o'zini-o'zi qo'zg'atadigan dinamik tormozlash rejimiga o'tkazib va tokning o'ta o'sishini cheklash uchun qo'shimcha $R_x = 0,5 \Omega$ qarshilik ulanadi. Statik mexanik tavsifni hisoblang va yakor (kuchli) zanjirining qayta ulashdagi sxemasini tasvirlang.

2.21. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli bo'lgan yuritmalarda nima sababdan tasmali va zanjirli uzatmalar ishlatilmaydi?

2.22. Ketina-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini ikki pog'onada ishga tushiradigan qarshiliklarni hisoblang. (Dvigatelning pasport ma'lumotlarini 2.10- masaladan oling). Bunda maksimal tok qiymati nominal tok qiymatidan ikki martadan (ya'ni $I_{\max} < 2 I_n$) ortmasligini ta'minlang.

2.23. Pasport ko'rsatkichlari nominal quvvat $P_n=9 \text{ kWt}$; nominal aylanish chastotasi $\omega_n = 915 \text{ ayl/min}$; nominal kuchlanishi $\bar{U}_{in} = 380/220 \text{ V}$; nominal faza toki $I_{in}=24 \text{ A}$; stator chulg'ami fazasining aktiv qarshiligi $r_1=0,755 \Omega$; stator fazasining sochilma reaktiv qarshiligi $x_1=1,05 \Omega$; rotor fazasining aktiv qarshiligi $r_2=0,485 \Omega$; rotor fazasining sochilma oqimidan hosil bo'lgan reaktiv qarshiligi $x_2=0,855 \Omega$; dvigatelning qisqa tutashish (harakatsiz) holatida rotor chulg'amida hosil bo'ladigan EYK $E_r = 273 \text{ V}$; inersiya momenti $J= 0,46 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ bo'lgan asinxron dvigatel uchun tabiiy mexanik va elektromexanik tavsiflarni quring.

2.24. Pasport ma'lumotlari oldingi masalada berilgan asinxron dvigatel uchun rotor zanjiriga qo'shimcha qarshilik ulab sun'iy tavsifini $\omega_s = 45 \text{ rad/s}$ va $M_s = 50 \text{ N} \cdot \text{m}$ nuqtadan o'tishiga erishing va ana shu reostatli elektromexanik hamda mexanik tavsiflarni hisoblab quring.

2.25. Pasport ma'lumotlari 2.23- masalada keltirilgan asinxron dvigatel nominal qiymatga ega bo'lgan yuklama bilan ishlamoqda. Agar elektr tarmoqning kuchlanishi tasodifan 10% kamaysa, u aylanish tezligiga va dvigatel iste'mol qiladigan tok hamda quvvat koeffitsiyenti $\cos\phi$ ga qanchalik ta'sir qilishini baholab bering.

2.26. Pasport ma'lumotlari 2.23- masalada keltirilgan asinxron dvigatel (AD) energiyani alohida cheksiz katta quvvatga ega avtonom sinxron generatordan (SG) oladi va nominal rejimda ishlamoqda. Sinxron generatorning rostlash tizimidagi shikastlanish tufayli uning tezligi 10% ga pasaygan, ammo kuchlanish o'zgarmasdan qolgan. Bunday holat uchun (AD) tezligi, iste'mol qiladigan toki va $\cos\phi$ qanday o'zgarishini baholang.

2.27. Uch fazali asinxron dvigatelning pasport ko'rsatkichlari haqida tushuncha bering. 2.23- masalada dvigatel

berilgan ideal salt yurish rejimida ishlamoqda. Fazalardan bittasi uzilganida dvigatel tezligi va u iste'mol qiladigan tokni aniqlab bering.

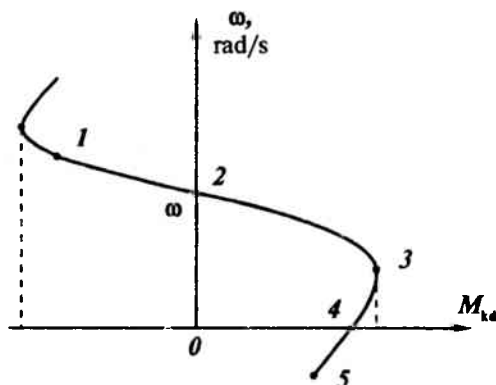
2.28. Agar asinxron dvigatelning kritik (eng katta) momenti $M_k=100 \text{ N} \cdot \text{m}$, kritik sirpanishi $S_k=0,1$ salt yurish tezligi $\omega_0=157 \text{ rad/s}$ ma'lum bo'lsa, bu dvigatelning dinamik bikirligi uchun LACHT va LFChTlarni tasvirlang.

2.29. Faza rotorli asinxron dvigatel nominaldan ancha kichik bo'lgan yuklama bilan yuklangan holda ishga tushirilish davrida u faqat nominal tezlikning taxminan yarmiga teng tezlikkacha borib etgan xolos. Bu paytda bo'lishi mumkin shikastlanishni tushuntirib bering.

2.30. Asinxron dvigatel ushbu pasport ko'rsatkichlarga ega: $U_{\text{ln}}=380/220 \text{ V}$; $I_{\text{ln}}=10 \text{ A}$; $x_1=x_2'=2 \Omega$; $x_\mu=22 \Omega$; $r_2'=1 \Omega$. Kritik sirpanish S_k ni aniqlang. Toklar uchun vektor diagrammani quyidagi $S=S_k/2$; $S=S_k$; $S=2S_k$ sirpanishlar uchun quring. Ularning aktiv tashkil etuvchilarini solishtiring. Bu nuqtalardagi momentlar nisbati haqida nima deyish mumkinligini tushuntiring.

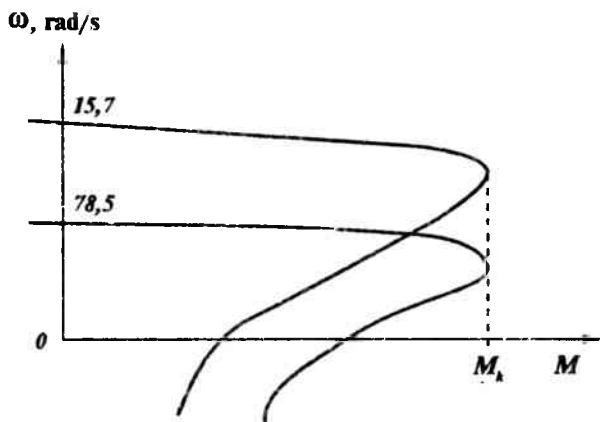
2.31. Asinxron dvigatelning 2.5- rasmda berilgan mexanik tavsifidagi 1—5 nuqtalari uchun rotordagi tok chastotalarini aniqlang. Stator tokining chastotasi $f_1=50 \text{ Hz}$; juft qutblar soni $p_p=2$; rasmda berilgan nuqtalardagi tezliklar quyidagi-

cha: $\omega_1=180 \text{ rad/s}$;
 $\omega_2=157 \text{ rad/s}$;
 $\omega_3=120 \text{ rad/s}$;
 $\omega_4=0 \text{ rad/s}$;
 $\omega_5=-30 \text{ rad/s}$.



2.5- rasm.

2.32. Asinxron dvigatel statoriga 2.6- rasmda ko'rsatilgan sun'iy tavsifni olish uchun berilishi kerak bo'lgan U_1 kuchlanishni aniqlang.

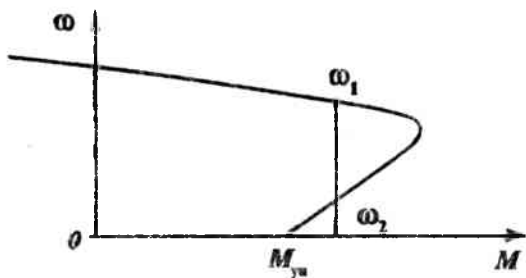


2.6- rasm.

Stator chulgʻaming R_1 qarshiligini hisobga olmasa ($R_1=0$) ham boʻladi, tarmoqning nominal chastotasi $f_1=50$ Hz; nominal kuchlanishi $U_{ln}=220$ V; sunʻiy tavsifdagi chastota $f_s=25$ Hz; juft qutblar soni $p=2$.

2.33. Mexanik tavsifi 2.7- rasmda keltirilgan asinxron dvigatel miqdori M_{yu} ga teng boʻlgan reaktiv momentli yuklama bilan ishga tushganda qanday tezlikkacha etib boradi?

2.34. Asosiy taʼmir davrida asinxron dvigatelning rotori yoʻnildi va natijada uning statori va rotor orasidagi havo tirqishi ikki marta ortdi. Bu hol asinxron dvigatelning tavsiflariga qanday taʼsir koʻrsatadi.



2.7- rasm.

2.35. Asinxron dvigatelning elektromagnit inersiyasi u tok manбайдan ta'minlanganda kuchlanish manбайдan ta'minlanganga qaraganda nega yuqori bo'ladi?

2.36. Dinamik tormozlash rejimida asinxron dvigatel magnit zanjirining to'jinishi mexanik tavsif shakliga qanday ta'sir ko'rsatadi?

2.37. Nominal quvvati $P_n = 630 \text{ kWt}$; nominal kuchlanishi $U_n = 6 \text{ kV}$; juft qutblar soni $p_p = 3$; $M_{\max}/M_{\text{nom}} = 1,8$ bo'lgan odatdagi ayon qutbli sinxron dvigatelning mexanik tavsifini qurib bering.

2.38. Oddiy ish rejimiga mo'ljallangan ayon qutbli sinxron dvigatel ideal salt yurish rejimiga yaqin holatda ishlab turibti. Agar qo'zg'atish toki bir tekisda nolgacha pasaysa, qanday holat yuzaga keladi?

2.39. Ayon qutbli sinxron dvigatel quvvat koeffitsiyenti $\cos\varphi = 1$ rejimida turibti. Operator qo'zg'atish tokini ko'paytirdi. Bu hol stator tokiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

2.40. Ayonmas qutbli sinxron dvigatel $M_{\text{yn}} = 0,5 M_n$ yuklama bilan ishlab turipti. Agar statorga berilayotgan kuchlanish 10% ga pasaysa, bunda rotor holatining burchagi stator maydoniga nisbatan qanday o'zgaradi?

2.2. Masala yechish namunalari

2.1- masala. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining (MQ O'TD) tabiiy tavsifini hisoblang va quring.

Dvigatel ko'rsatkichlari: $P_n = 20 \text{ kWt}$; $n_n = 750 \text{ ayl/min}$; $U_n = 220 \text{ V}$; $I_n = 100 \text{ A}$.

Yechilish: MQ O'TD tabiiy tavsifining matematik ifodasi ushbu ko'rinishda yoziladi:

a) elektromexanik tavsif uchun

$$\omega = U_{\text{ya}}/S - R_{\text{ya}\Sigma} I_{\text{ya}}/C;$$

b) mexanik tavsif uchun

$$\omega = U_{\text{ya}}/S - R_{\text{ya}\Sigma} M/C^2.$$

Bu formulalarda $R_{y\alpha}$ va $C = K\Phi$ noma'lum hisoblanadi. Odatda o'zgaras tok mashinalari uchun barcha isroflarni yarmi elektr isroflardan iborat deb qabul qilinadi, ya'ni

$$P_1 = U_n I_n = P_n + 2 \cdot I_n^2 R_{ya}.$$

Bundan

$$R_{ya} = U_n I_n / I_n^2 - R_n / 2 \cdot P_n = 220 \cdot 100 / 2 \cdot 100^2 - \\ - 20000 / 2 \cdot 100^2 = 0,1 \, \Omega.$$

Elektromexanik tavsif tenglamasidan quyidagini aniqlaymiz

$$C = U_n / \omega_n - R_{ya} I_n / \omega_n = 220 / \pi \cdot 750 / 30 - \\ - 0,1 \cdot 100 / \pi \cdot 750 / 30 = 2,67 \, \text{V} \cdot \text{s}.$$

Bu holda:

a) elektromexanik tavsif

$$\omega = 220 / 2,67 - (0,1 / 2,67) \cdot I_{ya} = 82,4 - 0,037 I_{ya};$$

b) mexanik tavsif

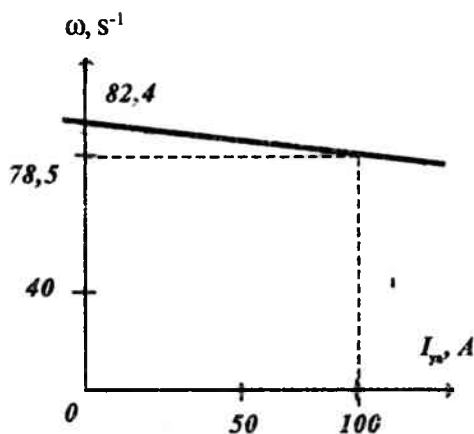
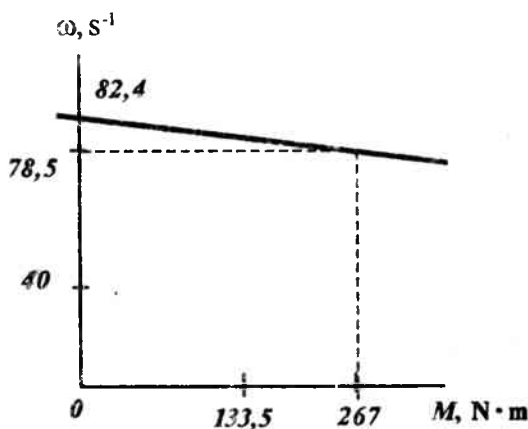
$$\omega = 220 / 2,67 - (0,1 / 2,67^2) \cdot M = 82,4 - 0,014 M$$

tenglamalar yordamida hisoblab topiladi. Bunday hisob-kitob natijalarida qurilgan MQ O'TD tavsiflari 2.8- rasmda keltirilgan.

2.2- masala. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgaras tok dvigateldan (KKQ O'TD) yuklama $M_{yu} = M_n$ bo'lganida $\omega_{yu} = -0,2 \, \omega_n$ tezlikni olish uchun yakor zanjiriga ulanadigan qo'shimcha qarshilikni aniqlang. Dvigatelning pasport ma'lumotlari quyidagicha: $P_n = 100 \, \text{kWt}$; $\omega_n = 100 \, \text{rad/s}$; $I_n = 1000 \, \text{A}$; $U_n = 110 \, \text{V}$ (mexanik isroflar momenti hisobga olinmaydi).

Yechilishi. KKQ O'TD mexanik tavsifi ushbu tenglama bilan aniqlanadi:

$$\omega = U_{ya} / k\Phi I_{ya} - (R_{ya} / [k\Phi I_{ya}]^2) \cdot M.$$



2.8- rasm.

Magnitlanish egriligini ushbu ikki to'g'ri chiziq yordamida chiziqlashtiramiz:

agar $I_{ya} < I_n$ bo'lsa, unda $\Phi = K_f I_{ya}$ deb qabul qilamiz;

agar $I_{ya} > I_n$ bo'lsa, unda $\Phi = \Phi_{to'y} = \Phi_n = \text{const}$ deb qabul qilamiz.

Mexanik isroflar momentini hisobga olmasdan quyidagini olamiz:

$$M_n = P_n / \omega_n = 100 \cdot 10^3 / 100 = 1000 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Ushbu $M_n = k \cdot \Phi_n \cdot I_n$ nisbatdan esa

$$k\Phi_n = M_n / I_n = 1000 / 1000 = 1 \text{ V} \cdot \text{s} \text{ ni aniqlaymiz.}$$

Mexanik tavsifning ifodasidan esa

$$R_{ya} = (U_{ya} / k\Phi_n - \omega_n) \cdot (k\Phi_n)^2 / M_n = (110 / 1 - 100) \cdot 1 / 1000 = 0,01 \Omega$$

ekanini aniqlaymiz. Qo'shimcha R_k rezistorni ulaganda

$$\omega = \omega_0 - [R_{ya} + R_k / (k\Phi_n)^2] \cdot M,$$

bundan esa

$$R_k = [(\omega_0 - \omega) / M] \cdot (k\Phi_n)^2 - R_{ya};$$

agar $\omega = -0,2 \omega_n$; $M = M_n$ bo'lsa, u holda

$$\omega_0 = U_n / k\Phi_n = 110 / 1 = 110 \text{ s}^{-1};$$

$$R_k = [110 - (-0,2 \cdot 100)] / 1000 \cdot 1^2 - 0,01 = 0,12 \Omega.$$

3. ELEKTR YURITMALARNING KOORDINATALARINI ROSTLASH

Bu bob elektr yuritmalarning asosiy koordinatalarini rostdash bilan bog'liq bo'lgan savollarni o'z ichiga oladi. Shuningdek, mazkur bobda o'zgarmas va o'zgaruvchan tok elektr yuritmalarning ochiq va yopiq tizimlari tavsiflarini hisoblash bilan bog'liq bo'lgan masalalar ham keltirilgan. Bir qator masalalarni yechishda zamonaviy standart (namunaviy) sozlash usullari koordinatalarni rostlovchi konturlarning sintezi misolida yoritiladi.

3.1. Masala va savollar

3.1. Elektr yuritmalarning umumlashgan ochiq konturli elektromexanik tizim tuzilish (struktura) sxemasini tasvirlash asosida o'zgarmas tok, asinxron va sinxron dvigatel-

lardan tashkil etilgan elektr yuritmani baholovchi parametrlarni tushuntiring.

3.2. Mexanizm inersiya momentining ko'payishi elektr yuritmaning ochiq konturli elektromexanik tizimi tebranishiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

3.3. O'zgarmas tok dvigatelida yakor zanjiridagi qarshilikning ortishi elektr yuritmaning ochiq konturli elektromexanik tizimi tebranishiga qanday ta'sir qo'rsatadi?

3.4. Asinxron dvigatelni asosiy (kapital) ta'mirlanish vaqtida havo oralig'ining kattalashuvi elektr yuritmaning ochiq konturli elektromexanik tizimi tebranishiga qanday ta'sir ko'rsatadi?

3.5. Chiziqli mexanik tavsifga ega elektr yuritmaning elektromexanik tizimining boshlang'ich shartlari nol va $M_{yu} = 0$ bo'lganida kirish ω_0 ta'sir sakrashidan hosil bo'lgan reaksiyaning o'tkinchi funksiyasini toping. Elektr yuritma o'zgaruvchi inersiya momenti va unga mos ravishda o'zgaradigan elektromexanik vaqt doimiyligi T_m bilan ishlaydi. Ushbu uchta holatni ko'rib chiqing:

a) $T_{va} = 0,01$ s; $T_m = 0,05$ s;

b) $T_{va} = 0,01$ s; $T_m = 0,04$ s;

d) $T_{va} = 0,01$ s; $T_m = 0,03$ s.

3.6. O'zgarmas tok dvigatelli ochiq konturli elektromexanik tizimning so'nish koeffitsiyentini va tebranishining logarifmik dekrementini aniqlang. Dvigatel quyidagi pasport ko'rsatkichlariga ega: $U_n = 220$ V; $I_n = 20$ A; $\omega_n = 100$ rad/s; $R_{ya\Sigma} = 1$ Ω ; $L_{ya\Sigma} = 0,01$ H; $J_{\Sigma} = 0,08$ kg $\cdot$ m².

3.7. Asinxron dvigatelli ochiq konturli elektromexanik tizimning so'nish koeffitsiyentini va tebranishining logarifmik dekrementini aniqlang. Dvigatel quyidagi pasport ko'rsatkichlariga ega: $M_k = 100$ N $\cdot$ m; juft qutblar soni $p_j = 2$; kritik sirpanishi $S_k = 0,2$; $J_{\Sigma} = 0,1$ kg $\cdot$ m².

3.8. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatel vali qayishqoqligi $C_{12} = 200$ N $\cdot$ m/rad bo'lgan mufta orqali yuklama bilan ulangan. Yuklama o'qi to'xtatilgan holatda logarifmik so'nish dekrementini yakor zanjiriga ulanadigan

qarshilik miqdoriga bog'liq bo'lgan grafigini quring. Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari $U_n=220$ V; $I_n=20$ A; $\omega_n=100$ rad/s; $R_{yn}=1$ Ω ; $J_1=0,1$ kg $\cdot$ m² (elektromagnit inersiyani hisobga olmang).

3.9. Ikki massaga ega elektromexanik tizimda dvigatelning mexanik tavsifining bikirligi ushbu qiymatlarga ega bo'lganida nega qayishqoqlik tebranishlarda tinchlantirgichi bo'lmaydi?

a) $\beta = 0$;

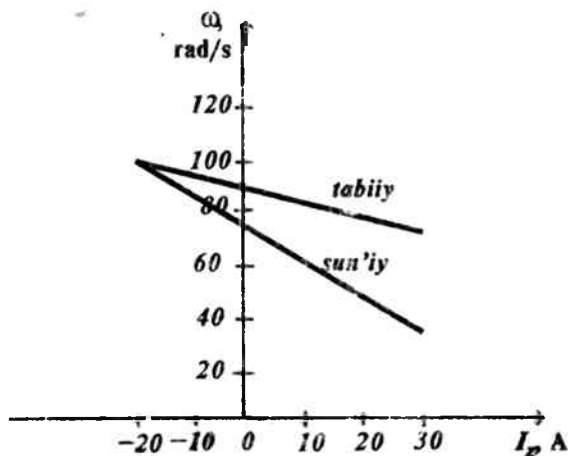
b) $\beta = \infty$.

3.10. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatel tezligini rostdash uchun generator-dvigatel (G—D) tizim qo'llanilgan. Generator va dvigatel sifatida ishlatilgan elektr mashinalar ikkalasi bir xil quyidagi nominal ko'rsatkichlarga ega: nominal quvvat $P_n=12$ kWt; nominal aylanish chastotasi $n_n=790$ ayl/min; nominal kuchlanishi $U_n=220$ V; nominal toki $I_n=65$ A; yakor zanjiri qarshiliklarining yig'indisi $r_{yn}=0,266$ Ω ; inersiya momenti $J=0,4$ kg $\cdot$ m². Dvigatel tezligini rostdash diapazonini aniqlang. Quyidagilar berilgan: tezlikni ushlab turish aniqligi $\pm 15\%$; dvigatel yuklamasining momenti $0,1 M_n$ dan to M_n gacha oraliqda o'zgaradi; generatorning qoldiq EYK ± 5 V ni tashkil etadi; ish jarayonida mashinalarning harorati $+50$ $^{\circ}$ C dan to $+90$ $^{\circ}$ C gacha o'zgaradi.

3.11. Ko'rsatkichlari oldingi masalada keltirilgan dvigatel tezligini rostdash uchun tiristorli o'zgartgich (TO') ishlatilgan. TO' ko'priksimon uch fazali sxema asosida yig'ilgan bo'lib, kuchlanishi 3×220 V bo'lgan elektr tarmoqdan bevosita energiya oladi. Tezlikni rostdash oralig'i (diapazoni) $D=5:1$ bo'lsin. Tezlikni bunday rostdash uslubida cos φ o'zgarishini baholang.

3.12. G—D tizimida dvigateini 0,7 s ichida ishga tushirish uchun zarur bo'lgan jadallashtirish koeffitsiyentini aniqlab bering. Dvigatel va generatorning pasport ko'rsatkichlari 3.10- masalada keltirilgan. Shuningdek, generator qo'zg'atish chulg'amining vaqt doirasi $T_v=1,5$ s, qo'zg'atish chulg'amining nominal kuchlanishi $U_k=220$ V.

3.13. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining yakor chulg'amiga qo'shimcha qarshilik R_{sh} parallel ulangan. Natijada sun'iy elektromexanik tavsif olingan. Ta'minot kuchlanishi 220 V, dvigatelning tabiiy elektromexanik tavsifi ma'lum va u 3.1- rasmda ko'rsatilgan.



3.1- rasm.

Berilgan shartlardan R_{sh} va R_k qarshiliklarning qiymatlarini aniqlang.

3.14. Agar quyidagi qarshiliklardan birortasi uzilsa, mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelining elektromexanik tavsiflarini (3.13- masaladagi sxema) tasvirlab bering:

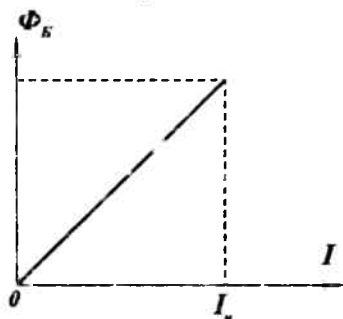
a) R_k ;

b) R_{sh} .

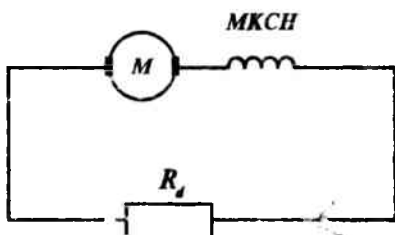
3.15. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli generatordan ta'minlanadi. Generator sifatida xuddi dvigatelni o'zi kabi elektr mashina ishlatilgan. Bu sxemada salt yurish rejimi xavfli bo'ladimi? Bunday tizimda tezlikni rostlash uslubini taklif eting.

3.16. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli ushbu nominal ko'rsatkichlarga ega: $P_n=6$ kWt; $U_n=220$ V; $n_n=850$ ayl/min; $I_n=36$ A; yakor zanjirining qarshiligi

$r_{\text{yn}} = 0,2 \, \Omega$; qo'zg'atish chulg'ami qarshiligi $r_{\text{qch}} = 0,1 \, \Omega$. Magnitlash egriligi 3.2- rasmda keltirilgan ko'rinishga ega bo'lgan to'g'ri chiziq bilan approksimasiyalash mumkin. O'z-o'zini qo'zg'atish bilan dinamik tormozlash rejimi uchun (3.3- rasm) dvigatelning elektromexanik tavsifini hisoblang va quring. Dinamik tormozlashdagi qo'shimcha qarshilik $R_k = 0,6 \, \Omega$.



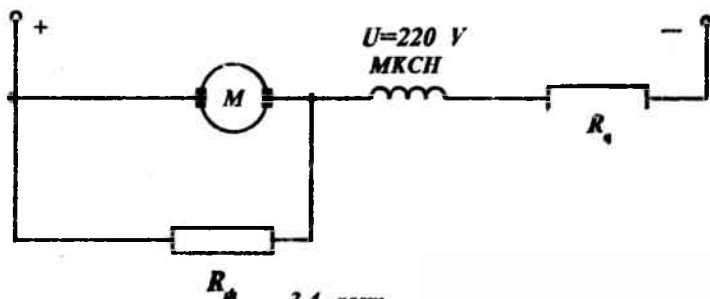
3.2- rasm.



3.3- rasm.

3.17. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli (pasport ko'rsatkichlari oldingi masalada keltirilgan) 3.4- rasmda ko'rsatilganidek, yakor chulg'ami shuntlangan sxemada ishlamoqda. Shuntlash qarshiligi $R_{\text{sh}} = 0,6 \, \Omega$; qo'shimcha qarshilik $R_k = 1,2 \, \Omega$. Mexanik tavsifni hisoblab chiqing va quring.

3.18. Ketma-ket qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli (pasport ko'rsatkichlari 3.16- masalada berilgan) 3.4- rasmda berilgan sxemaga mos yakor chulg'ami shuntlangan holda



3.4- rasm.

ishlarnoda. Shuntlash qarshiligi $R_{sh} = 0,9 \Omega$, qo'shimcha qarshilik $R_q = 2 \Omega$ teng. Dvigatelning mexanik va elektro-mexanik tavsiflarini hisoblab chiqing va quring.

3.19. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelning tezligi chastota o'zgartgich — asinxron dvigatel (ChO'—AD) tizimida rostlanadi. Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari quyidagilar: $P_n = 3,5 \text{ kWt}$; $n_n = 878 \text{ ayl/min}$; $U_n = 380 \text{ V}$; $I_n = 10,1 \text{ A}$; stator chulg'aming aktiv qarshiligi $r_1 = 2,16 \Omega$; statorning reaktiv qarshiligi $x_1 = 2,03 \Omega$; rotorning statorga keltirilgan aktiv qarshiligi $r_2' = 3,33 \Omega$; rotorning statorga keltirilgan reaktiv qarshiligi $x_2' = 1,46 \Omega$.

Quyidagi shartlar bajarilganda statorga berilishi kerak bo'lgan chastota va kuchlanishni aniqlang:

a) yuklama momenti $M_{yu} = 15 \text{ N} \cdot \text{m}$; $\omega = 157 \text{ rad/s}$ bo'lganida;

b) yuklama momenti $M_{yu} = 15 \text{ N} \cdot \text{m}$; $\omega = 45 \text{ rad/s}$ bo'lganida.

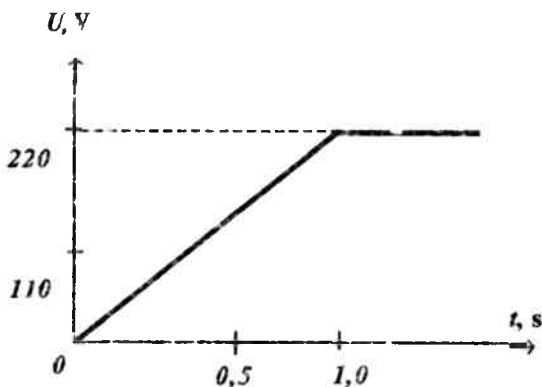
3.20. Qisqa tutashtirilgan rotorli ikkita asinxron dvigatel (pasport ko'rsatkichlari oldingi masalada berilgan) umumiy valda ishlaydilar. Ishlab chiqarishdagi texnologik nomutanosiblik tufayli birinchi mashina rotorining aktiv qarshiligi pasportdagi ko'rsatkichdan 10% kam, ikkinchi mashina rotor chulg'aming aktiv qarshiligi pasport ko'rsatkichidan 10% ga ko'p bo'lib chiqdi. Agar umumiy yuklama $M_{yu} = 75 \text{ N} \cdot \text{m}$ bo'lsa, dvigatellarning yuklanish darajasini baholang.

3.21. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini ishga tushirishdagi o'tkinchi jarayonni hisoblang. Dvigatel quyidagi pasport ko'rsatkichlarga ega: $P_n = 12 \text{ kWt}$; $n_n = 1360 \text{ ayi/min}$; $U_n = 220 \text{ V}$; $I_n = 64 \text{ A}$; $r_{ya\Sigma} = 0,194 \Omega$; $J_{\Sigma} = 0,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; o'ta yuklanish imkoni $\lambda = 2$. Ishga tushirish tokini yetarli darajada chegaralash uchun yakor zanjiriga qo'shimcha rezistor ulangan. Statik yuklama momenti dvigatelning nominal momentiga teng.

3.22. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini (pasport ko'rsatkichlari oldingi masalada keltirilgan) turli

$N = 1, 2, \dots, 7$ songa teng pog'onalar bilan ishga tushirganda ishga tushirish vaqtlarini solishtiring. Ishga tushirish pog'onalari sonini tanlashga tavsiyalar bering.

3.23. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigateli (pasport ko'rsatkichlari 3.12- masalada keltirilgan) uchun yakor zanjiriga berilgan kuchlanish 3.5- rasmda tasvirlangan qonun bo'yicha o'zgaradigan holatdagi ishga tushirish o'tkinchi jarayonini hisoblang. Qarshilik momenti reaktiv xususiyatli va u $M_{yu} = M_n$.

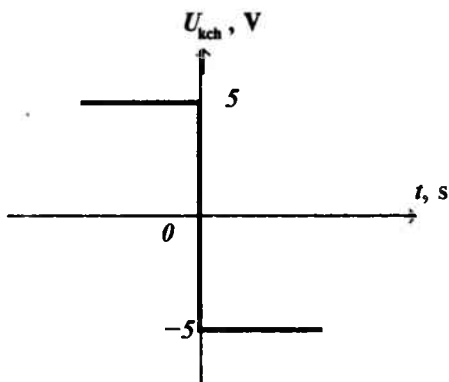


3.5- rasm.

3.24. G-D tizimida ishlaydigan dvigatelni ishga tushirishda generatorni qo'zg'atish chulg'amiga $U_k = 10$ V kuchlanish berilganidagi o'tkinchi jarayonni hisoblang. Generatorning uzatish koeffitsiyenti $K_g = 4,4$; generator qo'zg'atish chulg'amining vaqt doimiysi $T_g = 0,5$ s; generator — dvigatel tizimining yakor zanjiri qarshiligi $r_{yar} = 0,5 \Omega$; generator — dvigatelni yakor zanjiri induktivligi $L_{yar} = 0,025$ H; $U_n = 220$ V; dvigatelning ideal salt yurish teziigi $\omega_0 = 110$ rad/s; $J_r = 0,8$ kg · m²; statik qarshilik momenti aktiv xususiyatli bo'lib, u $M_{yu} = 10$ N · m.

3.25. G-D tizimida (tizim ko'rsatkichlari oldingi masalada keltirilgan) generatorni qo'zg'atish cho'lg'amiga

berilgan $U_{kch}=+5\text{ V}$ kuchlanish $U_{kch}=-5\text{ V}$ ga o'zgartirilganida (3.6- rasm) reverslash o'tkinchi jarayonini hisoblang. Yuklama momenti reaktiv xususiyatli va u $M_{yu}=10\text{ N}\cdot\text{m}$. $\omega(t)$ va $i_{ya}(t)$ bog'lanishlar grafigini quring.



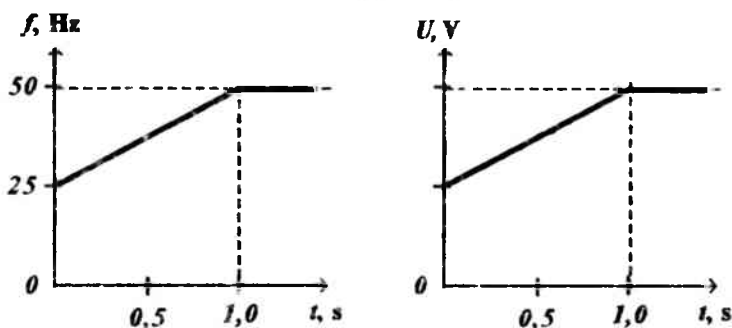
3.6- rasm.

3.26. Faza rotorli asinxron dvigatelni nominal miqdordagi yuklama bilan minimal (eng kichik) vaqt oralig'ida ishga tushirish uchun rotor zanjiriga ulanishi zarur bo'lgan qarshilik qiymatini aniqlang. Tezlik o'ralgan qiymatning 95 % ga etganida ishga tushirish tugaydi deb qabul qiling. Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari: $P=7,5\text{ kWt}$; $n_n=945\text{ ayl/min}$; $I_n=38\text{ A}$; $U_n=380\text{ V}$; $r_1=0,9\ \Omega$; $x_1=0,663\ \Omega$; rotor fazasining aktiv qarshiligi $r_2=0,35\ \Omega$; rotor fazasining sochilma oqimi hisobiga induktiv qarshiligi $x_2=0,511\ \Omega$; dvigatelning kuchlanish transformatsiya koeffitsiyenti $K_s=1,51$; inersiya momenti $J=0,225\text{ kg}\cdot\text{m}^2$.

3.27. Salt ishlayotgan asinxron dvigatelni dinamik tormozlashdan foydalanib (dvigatelning pasport ko'rsatkichlari oldingi masalada keltirilgan) eng tez to'xtashini ta'minlay oladigan rotor chulg'amiga ulanishi zarur bo'lgan qarshilik qiymatini hisoblab toping. O'zgarmas kuchlanish manbayining eng ko'p (maksimal) bera oladigan toki $I_u=5\text{ A}$. Asinxron dvigatelni magnitlash konturining induktiv

qarshiligi $x_\mu = 22 \Omega$. Stator chulg'amini turlicha ulash sxemalari bilan to'xtatish vaqtlarini baholating.

3.28. Pasport ko'rsatkichlari 3.26- masalada keltirilgan asinxron dvigatel chastota o'zgartgich bilan stator chulg'ami qarshiligida kuchlanish pasayishini, ya'ni IR — kuchlanish tushishini kompensatsiya qiladigan ta'minot oladi. Chastota f chiziqli o'zgarganida hosil bo'ladigan o'tkinchi jarayonni hisoblang. Chastota va faza kuchlanishining o'zgarish grafigi 3.7- rasmda keltirilgan. Yuklama momenti dvigatelning nominal momentiga teng: $M_{yu} = M_n$.

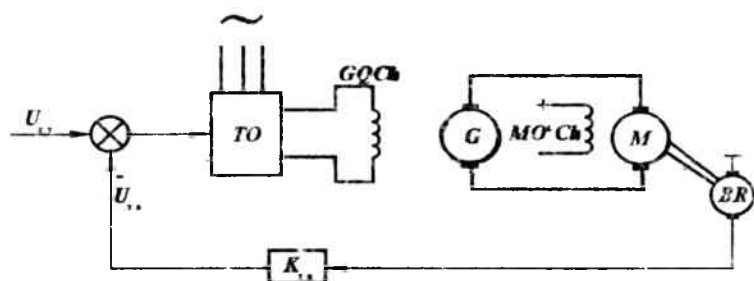


3.7- rasm.

3.29. Ayonmas qutbli sinxron dvigatel SD salt yurish rejimida ishlamoqda. SD burchak tavsifi $M=2500\sin Q$ ko'rinishga ega. Dvigatelning yuklama bilan birgalikdagi inersiya momenti $J_x=21 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Dvigatel ushbu ko'rsatkichlarga ega: kritik moment $M_{kr}=1200 \text{ N} \cdot \text{m}$; kritik sirpanish $S_k=0,3$; salt yurish tezligi $\omega_0=157 \text{ rad/s}$. Ushbu yuklarni $M_{yu}=1000 \text{ N} \cdot \text{m}$ berilganda hosil bo'ladigan o'tkinchi jarayonni hisoblang. Tezlikning vaqtga $\omega(t)$ bog'liqlik grafigini chizing.

3.30. G—D tizimida (3.8- rasm) tezlikni berilgan darajada aniqlik bilan ushlab turish uchun tezlik bo'yicha manfiy teskari bog'lanish ishlatilgan. Yuklama moment noldan nominal qiymatgacha o'zgarganida tezlik kamayishini 1 % aniqlik bilan ta'minlay oladigan teskari bog'lanish $K_{\Gamma R}$

ko'effitsiyentini aniqlang. Rasmda quyidagi belgilashlar kiritilgan: TO' — tiristorli qo'zg'atish; G — generator; M — motor; $GQCh$ — generator qo'zg'atish chulg'ami; $MQCh$ — motor qo'zg'atish chulg'ami; BR — taxo-generator. Tezlikni rostdlash diapazoni $D=10:1$. Tizimning pasport ko'rsatkichlari: dvigatelning nominal quvvati $P_n=4,5$ kWt; nominal kuchlanishi $U_n=220$ V; nominal toki $I_n=26$ A; dvigatelning nominal aylanish tezligi $n_n=1030$ ayl/min; $r_{yad}=0,95 \Omega$; $r_{vag}=0,8 \Omega$; generatorni qo'zg'atish chulg'amining nominal kuchlanishi $U_{kch}=110$ V; generator yakorining nominal kuchlanishi $U_k=230$ V; tiristorli qo'zg'atgichning uzatish ko'effitsiyenti $K_{tk}=11$.

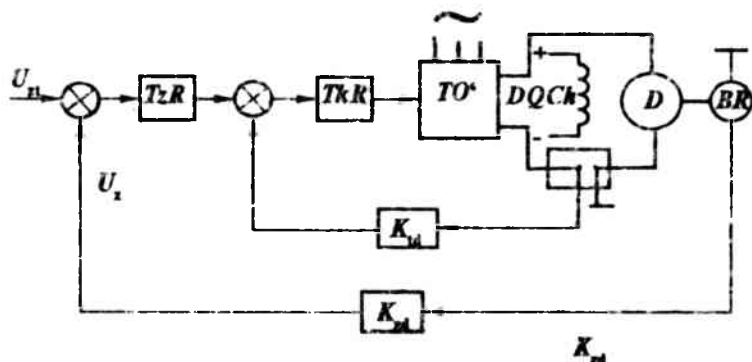


3.8- rasm.

3.31. Tok va tezlik konturlari texnik optimumga sozlanadigan o'zgarmas tok elektr yuritmasining koordinatalari bo'ysungan rostlanadigan tizimni (3.9- rasm) hisoblang. Rasmda quyidagi belgilashlar kiritilgan: TzR — tezlik rostdagichi; TkR — tok rostdagichi; TO' — tiristorli o'zgartgich; D — dvigatel; $DQCh$ — dvigatel qo'zg'atish chulg'ami; BR — taxogenerator; K_{td} — tok bo'yicha teskari bog'lanish ko'effitsiyenti; K_{zd} — tezlik bo'yicha teskari bog'lanish ko'effitsiyenti. $TO'-D$ tizimining ushbu parametrlari ma'lum: tiristorli o'zgartgichning uzatish ko'effitsiyenti $K_u=22$; tiristorli o'zgartgichning vaqt doimiysi $T_u=0,01$ s; yakor zanjirining o'zgartgich bilan birgalikdagi qarshiliklari yig'indisi $R_{va\Sigma}=0,84 \Omega$; yakor zanjirining vaqt doimiysi

$T_{\text{va}\Sigma}=0,08$ s; dvigatelning nominal kuchlanishi $U_n=220$ V; dvigatelning nominal toki $I_n=44$ A; ideal salt yurish tezligi $\omega_0=91$ rad/s; dvigatelning yuklama bilan birgalikdagi inersiya momenti $J_{\Sigma}=0,4$ kg $\cdot$ m²; tok bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsiyenti $K_{\omega}=0,08$ V/A; tezlik bo'yicha teskari bog'lanish koeffitsiyenti $K_{\omega}=0,1$ V $\cdot$ s/rad. Tiristorli o'zgartgich-dvigatel tizimining statik mexanik tavsiflarini quring.

3.32. Tizim kirishiga boshqarish $U_n=10$ V kuchlanish berilganida bo'ysunuvchan rostlanadigan tizimli o'zgarmas tok (oldingi masalada berilgan) elektr yuritmasining salt holatda ishga tushirish o'tkinchi jarayonini hisoblang. Salt ishga tushirishda hosil bo'lgan rostlashning dinamik hatosini va nominal yuklamadagi xatoni baholab bering. Natijani tushuntiring.

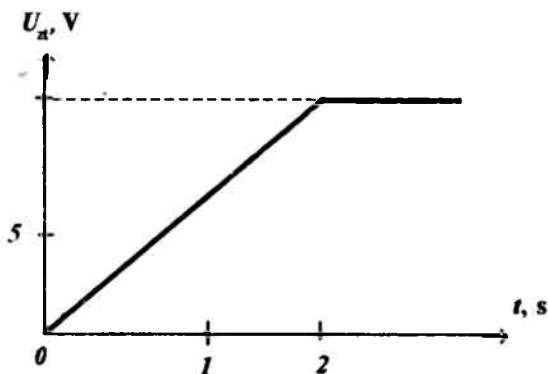


3.9- rasm.

3.33. Koordinatalari bo'ysunilgan tizimda rostlanadigan (ko'rsatkichlari oldingi masalada keltirilgan) elektr yuritmaning qiymati nominal miqdorga teng reaktiv yuklama bilan ishga tushirish o'tkinchi jarayonini hisoblang. Bunda kirish signali U_n jadallik topshiriqchisidan 3.10- rasmda ko'rsatilgan qonun bilan beriladi.

3.34. Agar 3.31- masalada hisoblangan koordinatalari bo'ysunilgan tizimda rostlanadigan elektr yuritma nominal momentga teng yuklama $M_{yu}=M_n$ va $\omega=30$ rad/s tezlik bilan

aylanayotgan paytda tizimdagi tok bo'yicha teskari bog'lanish uzilib ketsa nima bo'ladi? Tiristorli o'zgartgich 127 V uch fazali elektr tarmoqdan ta'minlanadi va ko'priksimon sxema asosida qurilgan.



3.10- rasm.

3.2. Masala yechish namunalari

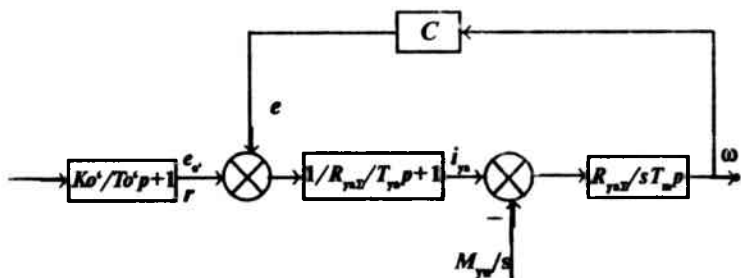
3.1- masala. Tuzilish sxemasining parametrlarini aniqlang va ochiq konturli TO^*-D tizimning tebranishligini baholang. Ushbu ko'rsatkichlar berilgan:

- a) dvigatel uchun $U_n = 220$ V; $I_n = 35$ A; $c = 2,6$ V · s;
 $L_{ya\Sigma} = 0,01$ H; $R_{dya\Sigma} = 0,057$ Ω; $J_{ya\Sigma} = 0,41$ kg · m²;
- b) o'zgartgich uchun $m=3$; $X=0,45$ Ω; $R_t=0,02$ Ω; $U_{in} = 220$ V; $U_{bn}=10$ V; $\Delta U_v = 2$ V; $T_u=0,01$ s;
- d) silliqlovchi reaktor uchun $L_r=0,05$ H; $R_r=0,065$ Ω.

Yechilishi: TO^*-D tizimning tuzilish sxemasini 3.11- rasmda keltirilganidek tasvirlaymiz.

Masala shartiga binoan T_m , T_{ya} , $R_{ya\Sigma}$, K_u parametrlarni aniqlash so'raladi.

$$R_{ya\Sigma} = (R_{dya\Sigma} + R_t + R_r + R_v + R_i) \cdot 1,1,$$



3.11- rasm.

bunda o'zgartgich ventillarining qarshiligi

$$R_v = n \cdot \Delta U / I_n = 1 \cdot 2/35 = 0,057 \, \Omega$$

ventillardagi kommutasiya qarshiligi

$$R_k = m \cdot X / 2\pi = 3 \cdot 0,45 / 2\pi = 0,21 \, \Omega.$$

U holda

$$R_{ya\Gamma} = (0,057 + 0,02 + 0,065 + 0,21 + 0,057) \cdot 1,1 = 0,45 \, \Omega;$$

$$L_{ya\Gamma} = L_{zya\Gamma} + L_p = 0,01 + 0,05 = 0,06 \, \text{H};$$

$$T_{ya} = L_{ya\Gamma} / R_{ya\Gamma} = 0,06 / 0,45 = 0,13 \, \text{s};$$

$$\beta = s^2 / R_{ya\Gamma} = 2,6^2 / 0,45 = 15 \, \text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s};$$

$$T_m = J_g / \beta = 0,41 / 15 = 0,027 \, \text{s};$$

$$K_o = U_{dm} / U_{bn} = 220 / 10 = 22;$$

$$m = T_m / T_{ya} = 0,027 / 0,13 = 0,2.$$

Demak, ochiq konturli TO'-D tizimi berilgan T_m va T_{ya} vaqt doimiylarining nisbatida ushbu tebranishni so'ndiruvchi dekrement koeffitsiyenti bilan tebranishlikka ega:

$$\lambda = \frac{\pi \cdot m}{\sqrt{m - \frac{m^2}{4}}} = \frac{\pi \cdot 0,2}{\sqrt{0,2 - \frac{0,2^2}{4}}} = 1,44.$$

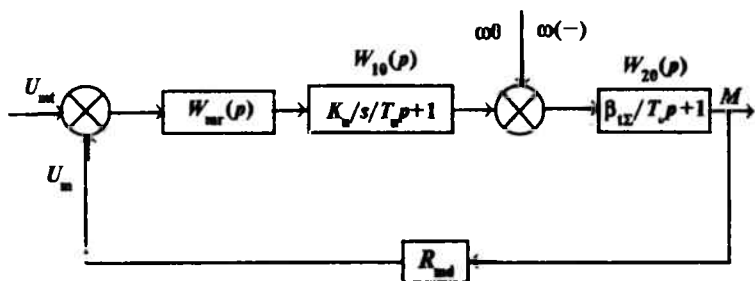
3.2- masala. TO'-D tizimni ishga tushirish paytida momentni rostlash konturini texnik optimumga sozlash uchun o'rinalgan $\Delta M_{\omega(1)}(0)$ xatoni aniqlang.

Berilgan: $\omega=100$ t rad/s; $T_{\mu}=0,01$ s; $U_n=220$ V; $I_n=100$ A; $\omega_n=100$ rad/s; $R_{yar}=0,2$ Ω .

Yechilishi: Tashqi ta'sir bo'yicha xato quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta M_{\omega}(r) = \omega(p) \cdot W_{20}(p) / [1 + W_{or}(p)].$$

Bu yerda $W_{20}(p)$ —rostlash ob'ektining (3.12- rasmga qarang) uzatish funksiyasi.



3.12- rasm.

Kompensasiya qilinmaydigan kichik vaqt doimiysi sifatida $T_u = T_{\mu}$ ni qabul qilib, sozlashda texnik optimumlash uchun ochiq konturli uzatish funksiyasini quyidagi ko'rinishda qabul qilamiz:

$$W_{or}(p) = 1 / [2 T_{\mu} P (T_{\mu} P + 1)].$$

3.12- rasmda

$$W_{20}(p) = \beta_{ix} / T_e R + 1.$$

U holda tashqi ta'sir bo'yicha xato

$$\Delta M_{\omega(1)}(0) = \omega(p) \cdot \beta \cdot 2 T_{\mu} P (T_{\mu} P + 1) / T_e R + 1 \cdot [2 T_{\mu} P (T_{\mu} P + 1)].$$

Shartga binoan

$\omega(t)=100 \text{ t}$, bu esa $\omega(p)=100/P$ ekanligini bilamiz,
u holda

$$\Delta M_{\omega(1)}(0)=100\beta_1 \cdot 2T\mu/1.$$

Quyidagini aniqlaymiz:

$$C=(U_n - R_{ya}I_n)/\omega_n=(220-0,2 \cdot 100)/100=2 \text{ V} \cdot \text{s}.$$

Tabiiy tavsifning bikiirligi

$$\beta=C^2/R_{ya}=2^2/0,2=20 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

U holda

$$\Delta M_{\omega(1)}(0)=100 \cdot 20 \cdot 2 \cdot 0,01/1=40 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

4. ELEKTR YURITMALARNING ENERGETIKASI. ELEKTR DVIQATELLARNING QUVVATINI TANLASH

Bu bobda dvigatellarga turli xarakterga ega yuklamalar berilganida ularning qizishi va sovutilish shartlariga tegishli savollar kiritilgan. O'tkinchi jarayonlarda dvigatellardagi energiya isroflarini baholashga ham diqqat qaratilgan. Ayrim masalalar; ekvivalent qiymatlar uslublarining tanlangan dvigatellarni qizish bo'yicha tekshirish uchun qo'llashga bag'ishlangan.

4.1. Masalalar va savollar

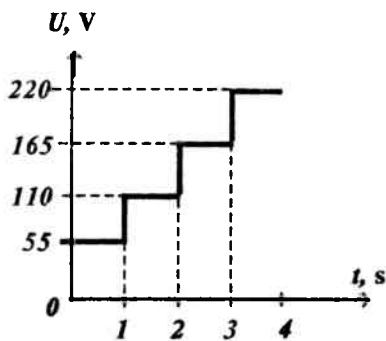
4.1. O'zini-o'zi shamollatadigan dvigatel ushbu davriy (siklli) rejimda ishlaydi: 50 s – to'liq yuklama bilan; 50 s – pauza (tanaffus, to'xtash). Qizish nuqtai-nazaridan pauzani o'tashda quyidagi ikki uslubni solishtiring: birinchi holda vaqtida dvigatel elektr tarmoqdan uzib qo'yiladi,

ikkinchi holda esa pauza vaqtida dvigatel salt yurish rejimida aylanishni davom ettiradi.

4.2. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini salt holatda ishga tushirish davrida yakorga berilgan kuchlanish

4.1- rasmda ko'rsatilgan qonuniyat bilan o'zgarganda yakor zanjiridagi energiya isrofini aniqlang.

Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat:

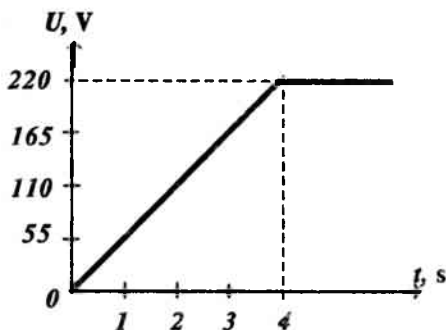


4.1- rasm.

$$P_n = 2 \text{ kWt}; U_n = 220 \text{ V}; \\ \omega_0 = 100 \text{ rad/s}; r_{ya} = 0,5 \Omega; \\ J_z = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

4.3. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini salt holatda ishga tushirish davrida yakorga berilgan kuchlanish 4.2- rasmda ko'rsatilgan qonuniyat bilan o'zgarganda yakor zanjiridagi energiya isrofini aniqlang.

Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat: $P_n = 2 \text{ kWt}$; $U_n = 220 \text{ V}$; $I_n = 10 \text{ A}$; $\omega_0 = 100 \text{ rad/s}$; $r_{ya} = 0,5 \Omega$; $J_z = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.



4.2- rasm.

4.4. Mustaqil qo'zg'atishli o'zgarmas tok dvigatelini salt holatda ishga tushirish davrida yakorga berilgan kuchlanish $U = 220 (1 - e^{0,3t})$ qonuniyat bilan o'zgarganda yakor zanjiridagi energiya isrofini aniqlang. Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat: $P_n = 2 \text{ kWt}$; $U_n = 220 \text{ V}$; $I_n = 10 \text{ A}$; $\omega_0 = 100 \text{ rad/s}$; $r_{ya} = 0,5 \Omega$; $J_x = 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

4.5. Asinxron dvigatelni salt holatda ishga tushirish va teskari ulab tormozlash davrida dvigatelda bo'ladigan energiya isrofini aniqlang. Asinxron dvigatelni ushbu pasport ko'rsatkichlari ma'lum: nominal kuchlanishi $U_n = 220 \text{ V}$; juft qutblar soni $p_1 = 2$; inersiya momenti $J_x = 0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; stator chulg'aming aktiv qarshiligi $r_1 = 0,1 \Omega$; stator chulg'aming sochilma oqimlardan hosil bo'ladigan induktiv qarshiligi $x_1 = 1 \Omega$; rotor chulg'amini aktiv qarshiligi $r_2 = 0,05 \Omega$; rotor chulg'amini sochilma oqimlardan hosil bo'ladigan induktiv qarshiligi $x_2 = 1 \Omega$; transformasiya koeffitsiyenti $K_e = 2$.

4.6. Agar dvigatel salt holatda va yuklangan holatda ishga tushirilsa, energiya isrofi qanday nisbatda bo'ladi?

4.7. Dvigatelni to'g'ridan-to'g'ri va reostat orqali salt holatda ishga tushirilganda bo'ladigan energiya isroflarini solishtiring.

4.8. Ikkita tezlikka ega asinxron dvigatelda bo'ladigan energiya isrofini ushbu rejimlar uchun solishtiring:

a) bir pog'onada $\omega = 314 \text{ rad/s}$ tezlikkacha ishga tushirish;
b) ikki pog'onada $\omega = 314 \text{ rad/s}$ tezlikkacha juft qutblar sonini qayta ulab ishga tushirish;

d) $\omega = 314 \text{ rad/s}$ tezlikdan to $\omega = 157 \text{ rad/s}$ tezlikkacha dinamik tormozlash bilan va undan so'ng $\omega = 157 \text{ rad/s}$ dan to $\omega = 0$ gacha tezlikkacha stator chulg'amlarini teskari ulash bilan tormozlash;

e) stator chulg'amlarini teskari ulash bilan $\omega = 314 \text{ rad/s}$ dan to $\omega = 157 \text{ rad/s}$ gacha tezlikkacha tormozlash va undan so'ng $\omega = 157 \text{ rad/s}$ dan to $\omega = 0$ gacha tezlikkacha dinamik tormozlash bilan to'xtatish;

f) bir pog'onada stator chulg'amlarini teskari ulash

orqali $\omega=314$ rad/s dan to $\omega=0$ gacha tezlikkacha tormozlash;

g) bir pog'onada stator chulg'amlarini $\omega=314$ rad/s dan to $\omega=0$ gacha tezlikkacha dinamik tormozlash usuli bilan to'xtatishgan.

Asinxron dvigatel ushbu pasport ko'rsatkichlariga ega: juft qutblar soni $p_1=2/1$; inersiya momenti $J_r=1$ kg·m²; stator chulg'aming aktiv qarshiligi $r_1=0,1$ Ω; rotor chulg'aming keltirilgan aktiv qarshiligi $r'_2=0,2$ Ω. Yuklamaning qarshilik momentini hisobga olmang.

4.9. Turg'un rejimda o'zgarmas tok dvigatelida bo'ladigan energiya isroflarining umumiy ifodasini yozing. Qisqa tutashish rejimida po'latda bo'ladigan isroflarni aniqlang. Javobni asoslab bering.

4.10. Turg'un rejimda asinxron dvigatelda bo'ladigan energiya isroflarining umumiy ifodasini yozing. Qisqa tutashish rejimida po'latda bo'ladigan isroflarni aniqlang. Javobni asoslab bering.

4.11. Asinxron dvigatel o'zgarmas yuklama bilan ishlayotganida, uning rotor zanjiriga rotorni qarshiligiga teng qo'shimcha qarshilik kirgizilsa, dvigatelning quvvat koeffitsiyenti $\cos\phi$ va FIK qanday o'zgaradi?

4.12. Dvigatelning FIK yuklamaga bog'liqligi nochiziqli va uning maksimumi, odatda, nominal yuklamadan chaproqda joylashgan. Nima uchun elektr mashinalarni loyihalovchilar, ularni FIK maksimumini nominal yuklamadan kichik miqdorda tanlashadi va bu holda o'zgarmas isroflar bir-biriga qanday nisbatda bo'lishadi?

4.13. O'zgarmas tok dvigatelining tezligi reostat yordamida rostlanadi va uning yuklamasi tezlikka chiziqli $M_{yu}=M_n (\omega/\omega_n)$ bog'liq. Bunda dvigatelni yakor zanjiridagi isrofi qaysi tezlikda maksimal qiymatga ega bo'ladi?

4.14. O'zgarmas tok dvigatelin tezligi reostat yordamida rostlanadigan bo'lsa, yakor zanjiridagi isroflarning tezlikka bog'liqlik grafigini. Yuklamaning mexanik tavsifi $M_{yu}=M_n (\omega/\omega_n)^2$ ko'rinishga ega. Hisoblarni nisbiy birlikda bajaring va quyidagilarni e'tiborga oling: $M_n^*=1$; $\omega_n^*=1$,

salt yurish tezligi $\omega_0 = 1,1 \cdot \omega_n$.

4.15. Elektr mashina nazariyasida elektromashina qizishining tahlilida uni bir jinsli jism deb qaraladi. Ana shunday deb qabul qilishda qator joizliklar (farazlar, yo'l qo'yishlar) qabul etiladi. Ana shu har bir joizliklarni baholang.

4.16. Asinxron mashinaning qaysi bir qismlari salt yurish rejimida va qaysi bir qismlari nominal rejimga yaqin bo'lganida eng qizigan bo'ladi.

4.17. Agar shamollatgichsiz bo'lgan dvigatelga tashqi mustaqil ventilyator (shamollatgich) o'rnatdik, nima o'zgaradi?

4.18. O'z-o'zini shamollatadigan dvigatel bilan mustaqil sovutiladigan dvigatelning qizish va sovish vaqt doimiylarining qanaqa o'zaro nisbati bor?

4.19. Qizish vaqt doimiysi dvigatel gabaritiga (tashqi o'lchamlariga) qanday bog'liq?

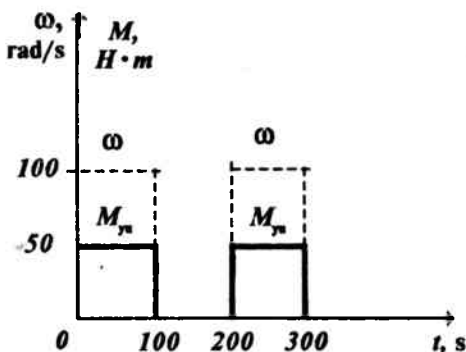
4.20. Siz ishga tushirilishida katta moment talab etadigan mexanizmga qanday turdagi dvigatel tanlashni taklif etgan bo'lar edingiz? Agar mexanizm $\omega = K/M_{yu}$ ko'rinishdagi mexanik tavsifga ega bo'lsa-chi? Agar mexanizm $M_{yu} = \text{const}$ ko'rinishidagi mexanik tavsifga ega bo'lsa-chi?

4.21. O'zgaruvchan yuklamada ishlayotgan va magnit oqimni pasaytirish bilan tezligini rostlash amalga oshirilayotgan o'zgarmas tok dvigateli qizishini tekshirish uslubini taklif eting.

4.22. Tez-tez ishga tushiriladigan, ishga tushirish toklarini cheklovchi tiristorli kuchlanish rostlagichi mavjud bo'lgan va o'zgaruvchan yuklama bilan ishlayotgan qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelni qizish bo'yicha tekshirishga uslub taklif eting.

4.23. Mexanizmning yuklama diagrammasi ma'lum, uni $M_{yu}(t)$ va $\omega(t)$ bog'lanishlari 4.3- rasmda keltirilgan. Dvigatelni oldindan tanlash uchun zarur bo'lgan parametrlarni aniqlang.

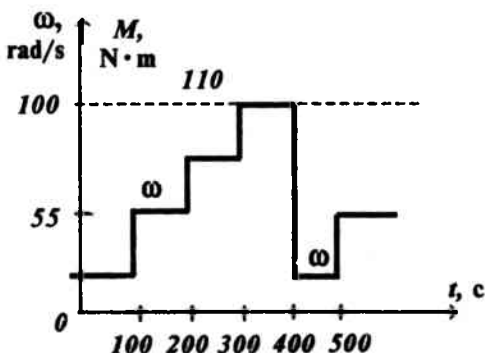
4.24. Ko'targich mexanizmning yuklama diagrammasini hisoblab chiqing. Ish sikli (davri) massasi $m=1500$ kg



4.3- rasm.

bo'lgan yukni ko'tarishdan, 12 s tanaffus (pauza)dan, massasi $m=500$ kg yukni tushirishdan, yana 20 s pauzadan iborat bo'lib, keyin sikl qaytariladi. Ko'tarish balandligi $h=24$ m; yukning tezlanishi $a=2$ m/s²; ko'tarish va tushirish tezligi $V=1$ m/s; mexanizmni, yuksiz dvigatel valiga keltirilgan inersiya momenti $J_m=0,02$ kg·m².

4.25. Himoyalangan o'zini shamollatadigan dvigatel o'zgarmas yuklama bilan davomli rejimda, ammo tezligi 4.4- rasmda tasvirlangandek o'zgaradigan qilib ishlatilmoqda. Rotor harakatsiz holatda uning issiqlik chiqarish koeffitsiyenti yomonlashib, $\beta=0,2$ teng bo'ladi va u tezlikka chiziqli

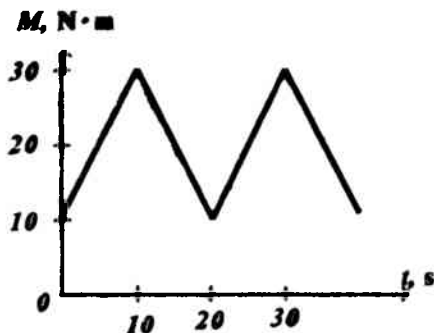


4.4- rasm.

bog'liq. Ekvivalent momentni aniqlang. Buning uchun yana yuklama momenti $M=100 \text{ N} \cdot \text{m}$, dvigatelni nominal tezligi $\omega_n=100 \text{ rad/s}$ ekani ma'lum.

4.26. Dvigatel o'qidagi momentning vaqtga nisbatan $M(t)$ o'zgarishi berilgan (4.5- rasm). O'zgarmas tok dvigatelining ekvivalent momenti miqdorini aniqlang.

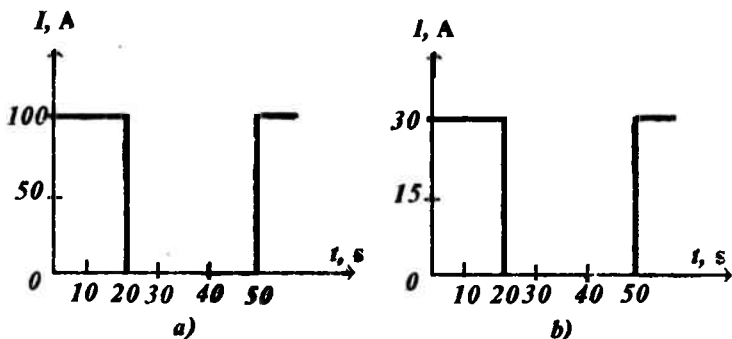
4.27. Ishlash rejimi S3 bo'lgan dvigatelning quyidagi



4.5- rasm.

pasport ko'rsatkichlari ma'lum: $I_n=10 \text{ A}$; o'ta yuklanish qobiliyati $\lambda=2,5$; nominal ulanish davomiyligi $\Pi B_n=25 \%$. Dvigatel to'g'ri tanlanganini 4.6- rasmdagi tok ossillogrammalari $i(t)$ tasvirlangan rejimlar uchun tekshiring (o'zgarmas isroflarni hisobga olmag).

4.28. Ish rejimi S1 bo'lgan dvigatel quyidagi pasport



4.6- rasm

ko'rsatkichlariga ega: $P_n=10$ kVt; $\omega_n=100$ rad/s; $U_n=110$ V; $I_n=100$ A; $r_{ya}=0,05$ Ω . Dvigatel $\Pi B=25$ %. Takrorlanma – qisqa rejimda ishlamoqda. Qizish bo'yicha ruxsat etilgan yuklamani aniqlang.

4.29. Qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron dvigatelning salt ishlashi uchun ruxsat etilgan bir soatdagi ulanish sonini aniqlang. Dvigatelning pasport ko'rsatkichlari quyidagicha: $P_n=11$ kWt; $\Pi B_n=25$ %; $n_n=910$ ayl/min; $U_n=380$ V; $I_{ln}=26$ A; $\text{FIK}\eta=0,78$; $\cos\varphi_n=0,76$; $M_p=311$ N·m; $J_z=0,22$ kg·m²; $r_1=0,54$ Ω ; $r_2=0,73$ Ω . Hisoblarni soddalashtirish uchun po'latdagi isroflarni chastotaga proporsional deb qabul qiling.

4.2. Masala yechish namunalari

4.1- masala. Reversiv ishlaydigan mexanizm uchun dvigatelni tanlang. Uning yuklama diagrammasi va taxogrammasi quyidagi ko'rsatkichlarga ega: statik yuklama $M_{yu}=180$ N·m (reaktiv xususiyatga ega); shartli “oldinga” yurishini turg'un harakat tezligi vaqti $t_{u1}=15$ s; xuddi shunga o'xshash, harakat faqat “orqaga” $t_{u2}=5$ s; pauza vaqti $t_0=17$ s; o'tkinchi jarayonlardagi tezlanish $\epsilon=50$ s⁻²; mexanizmni inersiya momenti $J_m=0,65$ kg m²; elektr yuritmani “oldinga” yurishidan “orqaga” yurish reversi pauzasiz bajariladi; ikki yo'nalishda turg'un tezlik $\omega_u=100$ s⁻¹; yuklama dvigatelga tezligi $0,5 \omega_u$ qiymatga eranganda “oldinga” tezlanish lahzasida sakrashsimon ravishda beriladi. Dvigatelning tanlagandan so'ng aniqlangan yuklama diagrammasini quring.

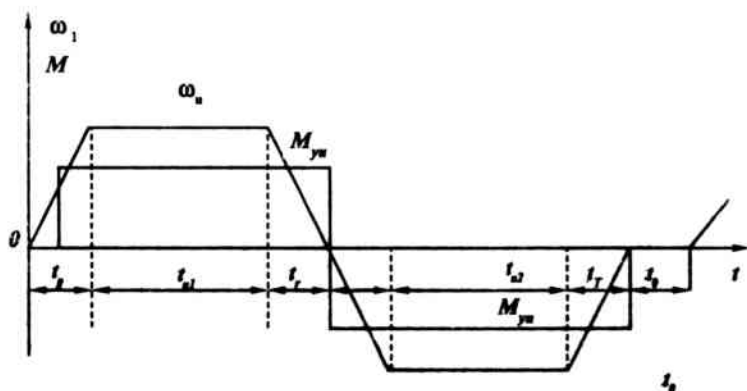
Y e c h i l i s h i . Ishga tushirish vaqti $t_p=\omega_u/\epsilon=100/50=2$ s.

Tormozlash vaqti $t_t=t_p=2$ s.

Revers vaqti $t_{rev}=2\omega_u/\epsilon=2 \cdot 100/50=4$ s.

Mazkur hisoblar va berilgan ko'rsatkichlar asosida 4.7-rasmda mexanizmning taxminiy $\omega(t)$ taxogrammasi va $M_{yu}(t)$ yuklama diagrammasi keltirilgan.

4.7- rasmda ko'rinishicha ishga tushirish vaqti ikki



4.7- rasm.

bo'lakka bo'linadi:

$$t'_p = t''_p = t_p/2 = 1 \text{ s.}$$

U holda mexanizmning ishlash sikli

$$t_s = t'_p + t''_p + t_{u1} + t_r + t_{u2} + t_t + t_0 = 1 + 1 + 15 + 4 + 5 + 2 + 17 = 45 \text{ s.}$$

Dvigatelning ish vaqti

$$t_n = t_s - t_0 = 45 - 17 = 28 \text{ s.}$$

Sikl davrida dvigateldan talab etiladigan o'rtacha kvadratik moment

$$M_{uk} = \sqrt{\frac{\Sigma \cdot M_i^2 \cdot t_i}{t_s}} = M_{yu} \sqrt{\frac{t_p}{t_s}} = 180 \cdot \sqrt{\frac{28}{45}} = 142 \text{ N} \cdot \text{m.}$$

Agar zahira ko'effitsiyenti $K_z = 1,25$ ni hisobga olsak, u holda dvigateldan talab etiladigan quvvat

$$R_{dt} = K_z \cdot M_{uk} \cdot \omega_u = 1,25 \cdot 142 \cdot 100 = 17,75 \text{ kWt.}$$

Ushbu talablarni qondiradigan dvigatelni tanlaymiz:

$$M_n > M_{uk}; \quad \omega_n = \omega_u; \quad R_n > R_{dt}.$$

Bu talablarga quyidagi nominal ko'rsatkichlarga ega П-81

ti pidagi o'zgaras tok dvigateli javob beradi: $P=18 \text{ kWt}$; $I_n=0 \text{ A}$; $M_n = 180 \text{ N} \cdot \text{m}$; $\eta_n=0,815$; $U_n=220 \text{ V}$; $P_j=2$; $\omega_n=100 \cdot \text{s}$; $J_d = 0,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $\lambda=2$.

Endi 4.7- rasmda ko'rsatilgan taxogrammaning turli bo'laklarida dvigatel momentini hisoblab chiqamiz va aniqlangan diagrammani quramiz.

Inersiya momentining yig'indisi

$$J_z = J_m + J_d = 0,65 + 0,4 = 1,05 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Salt holatda dvigatelni tezlatish uchun ketgan t'_n vaqtidagi moment $M_1 = J_z \varepsilon = 1,05 \cdot 50 = 52,5 \text{ N} \cdot \text{m}$.

Dvigatelni yuklama mavjud bo'lganda tezlatish uchun zarur bo'lgan moment

$$M_{yu} = M_{yu} + M_1 = 180 + 52,5 = 232,5 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Dvigatel o'qida yuklama bilan dvigatelni tormozlashdagi moment

$$M_z = M_{yu} - M_1 = 180 - 52,5 = 127,5 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Dvigatelni shartli "orqaga" yo'nalishga tezlatish uchun zarur bo'lgan moment

$$M_4 = -M_1 - M_{yu} = -52,5 - 180 = -232,5 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

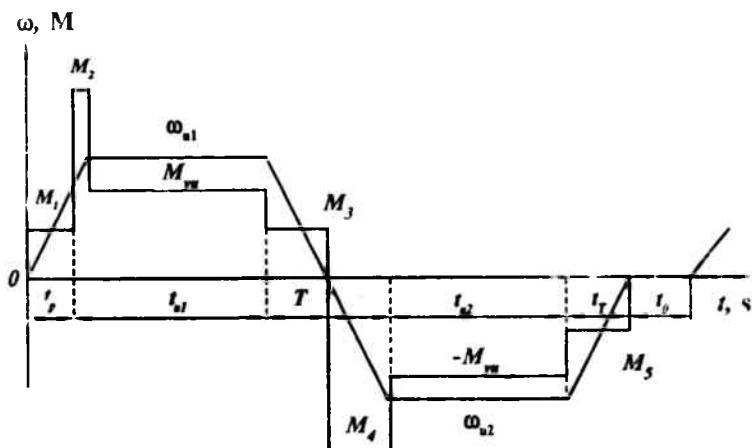
Dvigatelni to'xtatish uchun zarur bo'lgan moment

$$M_5 = M_1 - M_{yu} = 52,5 - 180 = -127,5 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Bajarilgan hisoblar asosida 4.8- rasmda aniqlashtirilgan yuklama diagrammasi va taxogramma qurilgan.

4.2- masala. Ekvivalent moment uslubi bilan 4.1- masalada tanlangan dvigatelni qizish bo'yicha tekshirish talab etiladi.

Yechilishi. Ekvivalent momentni hisoblash uchun quyidagi formulani ishlatamiz:



4.8- rasm.

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_p + M_2^2(t_p + t_{pn}) + M_{yu}^2(t_{u1} + t_{u2}) + M_3^2(t_{T1} + t_{T2})}{\beta_{uT} \cdot 4t_{uT} + \beta_{u2} \cdot t_0 + t_{u1} + t_{u2}}}$$

Bu yerda $\beta_{uT}=0,6$ – o‘tkinchi jarayonlarda issiqlik berishni yomonlashish koeffitsiyenti; $\beta_{u2}=0,2$ – pauza vaqtida issiqlik berishni yomonlashish koeffitsiyenti.

Barcha miqdoriarning qiymatlarini ekvivalent moment formulasiga qo‘yamiz:

$$M_e = \sqrt{\frac{52,5^2 \cdot 1 + 232,5^2 \cdot 3 + 180^2 \cdot 20 + 127,5^2 \cdot 4}{0,6 \cdot 4 \cdot 2 + 0,2 \cdot 17 + 15 + 5}} = 176,4 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

Endi $M_e = 176,4 \text{ N} \cdot \text{m} < M_n = 180 \text{ N} \cdot \text{m}$ ekanligini xisobga olsak, tanlangan dvigatel qizish bo‘yicha talabni qondirishga ishonch hosil qilamiz.

АДАБИЁТЛАР

1. Ю.А.Борцов, Г.Г.Соколовский. Автоматизированный электропривод с упругими связями — СПб.: Энергоиздат. 1992.
2. Проектирование следящих систем /под. редакцией Локоты Н.А./ —М.: Машиностроение, 1993.
3. Справочник по автоматизированному электроприводу под.ред. В.А.Елисеева и А.В.Шинянского. М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. С.А.Ковчин, Ю.А.Сабинин. Теория электропривода —СПб.: Энергоатомиздат. 2000.
5. С.Н. Вешеневский. Характеристики двигателей в электроприводе — М.: Энергия, 1977.
6. S.S. Saidahmedov. Elektr sxemalarini o'qish. Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma, T. 2002.

MUNDARIJA

Kirish	3
1. Elektromexanik tizimlarning mexanikasi	4
1.1. Masalalar va savollar	4
1.2. Masala yechish namunalari	13
2. Dvigatellarning elektromexanik xususiyatlari	17
2.1. Masalalar va savollar	18
2.2. Masala yechish namunalari	26
3. Elektr yuritmalarning koordinatlarini rostlash	29
3.1. Masalalar va savollar	29
3.2. Masala yechish namunalari	40
4. Elektr yuritmalarning energetikasi. Elektr dvigatellarning quvvatini tanlash	43
4.1. Masalalar va savollar	43
4.2. Masala yechish namunalari	50
Adabiyotlar	54

Bozorov, Najmiddin Hasanovich.

B77 Elektromexanik tizimlar statistikasi va dinamikasi:
(Masala, misol va nazorat to'plami): Oliy o'quv yurtlari
talabalari uchun o'quv qo'llanma /N.H.Bozorov, S.S.Said-
ahmedov; O'zbekiston Respublikasi oliy va o'rta maxsus
ta'lim Vazirligi. T.: Istiqlol, 2005.-56 b.

I. Muallifdosh

BBK 31.2ya73

**NAJMITDIN HASANOVICH BOZOROV
SULTON SIDIQOVICH SAIDAHMEDOV**

ELEKTROMEXANIK TIZIMLAR STATIKASI VA DINAMIKASI

(Masala, misol va nazorat savollari to'plami)

O'quv qo'llanma

**Muharrir *N. Gayipov*
Badiiy muharrir *M. Jo'rayev*
Texnik muharrir *Sh. Yo'ldosheva***

Rosishga ruhsat etildi . Bichimi $84 \times 108^{1/32}$. «Tayms» harfida terildi.
Nashr tabog'i 3,5. Adadi 1000 nusxa. Buyurtma №8

«Istiqlol» nashriyoti, Toshkent, 700129, Navoiy ko'chasi, 30.
Shartnoma № N - 49

XT «Melieva G. U.» bosmaxonasida chop etildi
Bobur ko'chasi, 6-uy.