

«O‘zbekiston temir yo‘llari» AJ
Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

S.N. Kayumov, Ye.V. Iksar,
A.M. Miryakubov

**ELEKTR HARAKAT TARKIBINI
AVTOMATLASHTIRISH**

5310600 – Yer usti transport tizimlari va ulaming ekspluatatsiyasi
(elektr transporti) ta’lim yo‘nalishi 4-bosqich bakalavriat talabalari
va professor – o‘qituvchilar uchun kurs loyihasini bajarishga doir
uslubiy qo‘llanma

Toshkent – 2020

UDK 656.25

Elektr harakat tarkibini avtomatlashtirish. Uslubiy qoʻllanma. **S.N. Kayumov, Ye.V. Iksar, A.M. Miryakubov.** ToshTYMI, T. 2020, 40 bet.

Mazkur uslubiy qoʻllanma “Elektr harakat tarkibini avtomatlashtirish” fanining dasturiga muvofiq yozilgan boʻlib, harakat tarkibini avtomatik boshqarish tizimlarini tekshirishga doir kurs ishining nazariy va hisob-kitob qismini oʻz ichiga oladi.

Ushbu qoʻllanma talabalarga avtomatik boshqarish tizimlari struktura sxemalarini oʻrganish, hisobot tayyorlash, avtomatik boshqarish tizimlari va boʻgʻinlarning turli xil tasniflari hamda funksional holatlarni oʻrganishda yordam beradi.

Mazkur ish institutning Ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga muvofiq nashrga tavsiya etilgan.

Taqrizchilar: t.f.n., dots. O.M. Burxonxodjaev (TDTU);
t.f.n., dots. A.M. Qurbonov (ToshTYMI).

Kirish

Elektr transportining ko‘p ishlashi davomida ulardagi elektr uskuna va avtomatik jihozlarning normal ishlashi buziladi, bularga o‘ta yuklanish tokida kuchlanishning ruxsat etilgan maksimal qiymatidan ortishi, o‘ta kuchlanish, g‘ildirakning rels bilan ilashishining buzilishi hamda elektr uskuna va avtomatik jihozlar texnik holatining buzilishi (izolyatsiya qarshiligining pasayishi, kommutatsiyaning yomonlashishi, apparatlar ustavkasining buzilishi va boshqalar) kiradi.

Elektr transportini avtomatlashtirishning ish rejimlari normal holatining buzilishi natijasida avariya holati yuzaga kelishi mumkin:

- tortuv elektr motorining kollektorida cho‘tkaning aylanishi natijasida olov chiqishi;
- tok o‘tkazuvchi qismining yoyni yerga ulash qismiga o‘tkazilishi;
- izolyatsiyaning teshilishi;
- qisqa tutashish;
- kremniyli ventillar uchun yarim o‘tkazgichli strukturalari teshilishidan ventillik xususiyatining yo‘qolishi.

Avariya holati ko‘pgina elektr qurilmalarning buzilishi natijasida ko‘p hollarda elektr harakat tarkiblarida yon g‘in chiqaradi.

Elektr harakat tarkiblarining elektr uskuna va jihozlarini (tortuv motorlari, yordamchi mashinalar, to‘g‘rilash qurilmalari va boshqalar) xavfli rejimlardan va avariya holatini keltirib chiqaradigan vaziyatlarning oldini olish uchun himoya apparatlari xizmat qiladi.

Harakatni tashkil etuvchi va boshqaruvchi zamonaviy xodim avtomatikaning zamonaviy tizimi, uning imkoniyatlari, ishlash tamoyillari va ekspluatatsiya xususiyatlarini bilishi zarur. Shu bilan birga, poyezdlar harakatini boshqarishda, harakat xavfsizligini ta‘minlash texnik vositalarning ishlashini bilishi kerak.

1. O'zgarmas tok tortuv elektr motorlarining ishga tushirish reostatlarini hisoblash

1.1. O'zgarmas tok tortuv elektr motorining asta-sekin reostatli ishga tushirish shartlari

Parallel o'ramlari a_m mavjud va har biriga ketma-ket ulangan m_M tortuv motorlardan iborat kuch sanjirlarini ko'rib chiqamiz. Ishga tushirish reostatining qarshiligini R bilan belgilaymiz (1.1-rasm, a). Asta-sekinlik bilan ishga tushirish uchun motorning ishga tushirish toki doimiylikni ushlab turish lozim:

$$I = I_{UT} = \text{Const} \quad \text{формулини териш керак} \quad (1.1)$$

Kuchlanishning muvozanat tenglamasi

$$U_c = a_M I_{UT} R + m_M C \Phi_{UT} V + m_M I_{UT} r_M \dots \quad (1.2)$$

bunda $F_{u,t}$ – motor magnit oqimining $I_{u,t}$ yakor tokiga mos qiymati.

Tenglamaning har bir hadini m_M ga bo'lamiz:

$$\frac{U_c}{T_M} = \left(\frac{a_M}{T_M} R + r_M \right) I_{UT} + C \Phi_{UT} V \quad (1.3)$$

Bu tenglama qismlaridagi kuchlanishi $U_M = \frac{U_c}{m_M} \quad (1.4)$

va qarshiligi $r = R \frac{a_M}{m_M} \quad (1.5)$

bo'lgan bir tortuv motoriga to'g'ri keladi (1.1-rasm, b).

$$U_M = (r + R) \cdot I_{U,T} + C \cdot \Phi_{U,T} \cdot V \quad (1.6)$$

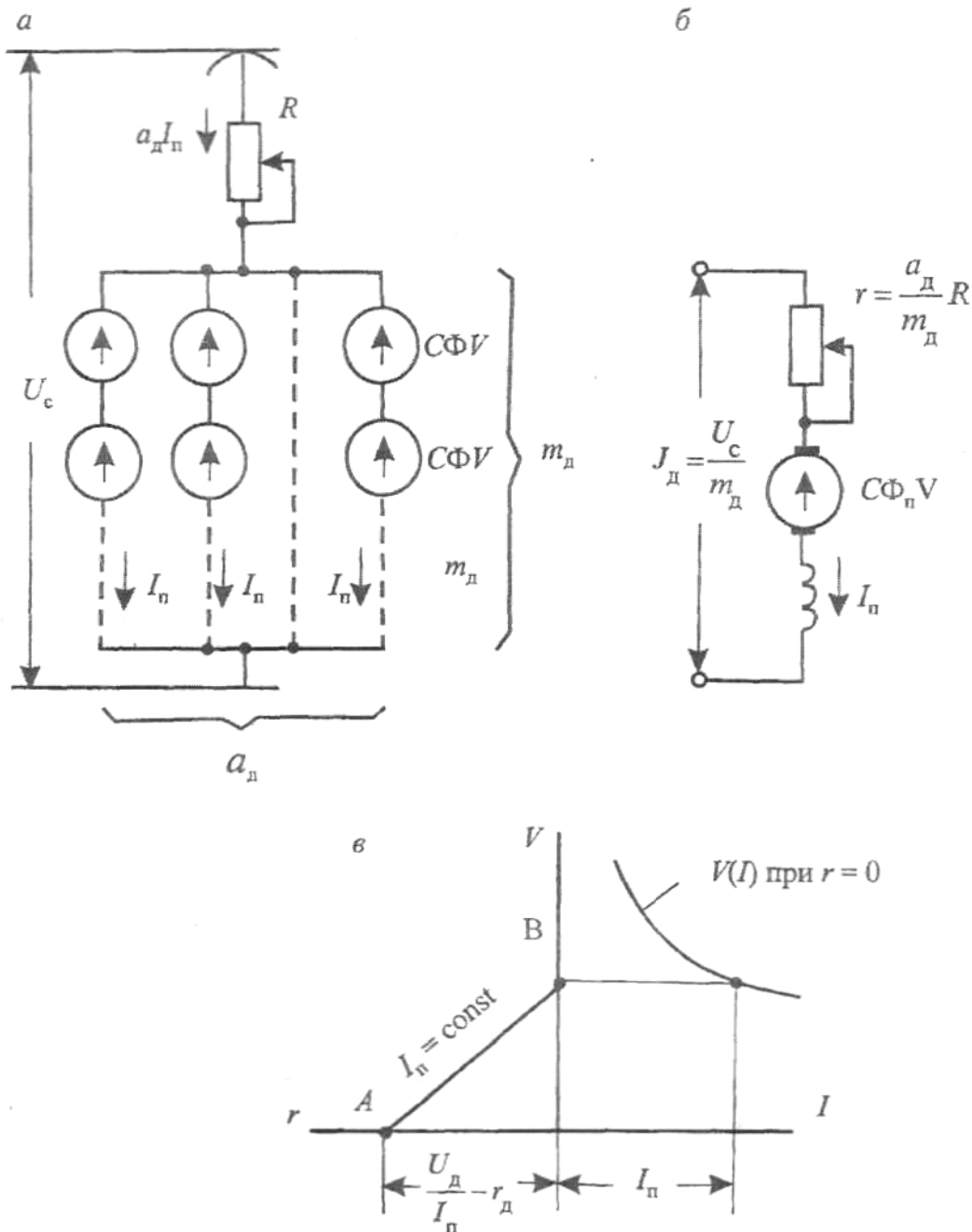
Bu tenglamada kuchlanishni asta-sekin reostat yordamida rostlanganda, r_M , $I_{u,t}$, $C \Phi_{u,t}$ qiymatlar – o'zgarmas, r va V – o'zgaruvchidir.

Ishga tushirish toki $I_{u,t}$ ning o'zgarmasligini ta'minlaydigan zanjirga qo'shiladigan qarshilik r ning qiymatini aniqlaymiz (1.1-rasm, v).

$$r = \frac{U_M - C \cdot \Phi_{U.T} \cdot V}{I_{U.T}} - r_M \quad (1.7)$$

$$I_{U.T} = \text{Const},$$

$$\Phi_{U.T} = \text{Const}.$$



1.1-rasm. Asta-sekin reostatli ishga tushirish shartlari

- a) bir necha tortuv motorli sxema; b) bir tortuv elektr motorli hisoblash sxemasi;
v) ishga tushirishda qarshilik r ning o'zgarish qonuni

1. Ixtiyoriy sondagi tortuv elektr motorini ishga tushirish qarshiligi R ni hisoblashda, bir tortuv motori uchun $U_M = \frac{U_c}{m_M}$ bo'lganda, ishga

tushirish qarshiligini r ga keltirish mumkin.

bu yerda
$$R = \frac{m_M}{a_M} \cdot r$$

2. $I_{u,t}=Const$ va $F_{u,t}=Const$ ta'minlash uchun ishga tushirish qarshiligini r asta-sekinlik bilan to'g'ri chiziqli qonun bo'yicha tezlik V funksiyasi bo'yicha o'zgartirish kerak. (1.1-rasm, b).
3. r va (V) bo'g'liqlik $I_{u,t}=Const$ bo'lganda, ikki nuqtaga asosan qurish mumkin:

A nuqta – $V = 0$;
$$r = \frac{U_M}{I_{U,T}} - r_M,$$

B nuqta – $r = 0$;
$$V = \frac{(U_M - I_{U,T} \cdot r_M)}{C\Phi_{U,T}}.$$

Ikkinchi nuqtaning ordinatasini $V(I)$ grafigidan $r = 0$ da aniqlash mumkin.

4. Asta-sekinlik bilan reostatli ishga tushirishni faqat qarshilikni impulsli rostlash yordamida, ya'ni ER-200 elektr poyezdida bajarilgani kabi amalga oshirish mumkin.
5. Quyidagi shart bajarilganda, asta-sekinlik bilan reostatli ishga tushirishni pog'onali usulga almashtirish mumkin.

$$I_{u.m.\min} \leq I_{u.m} \leq I_{u.m.\max}$$

1.2. Avtomatik boshqarish obyekti

Har qanday avtomatik boshqarish tizimi ikkita asosiy qismdan iborat bo'lib, ular boshqarish obyekti va boshqarish qurilmasi deyiladi. Umumiy holda boshqarish obyekti sifatida tirik organizmlar, insonlar, ishchi guruh, sanoat korxonalari, alohida sexlar, agregatlar va boshqalar bo'lishi mumkin. Ushbu kursda faqat texnik obektlar ko'rib chiqiladi va shuning uchun boshqarish obyekti deganda boshqarilishi kerak bo'lgan jarayonni amalga oshiradigan texnik qurilmalar tushuniladi. Obyekt sifatida soddaroq bo'lgan boshqarish tizimi ham ko'rib chiqilishi mumkin. Bu holda boshqarish tizimi yanada murakkabroq bo'ladi.

Obyekt holati, uning ishlash rejimi tashqi muhitning obyektga va boshqarish qurilmasiga ta'siri hamda obyektning o'zida yuz beruvchi jarayonni ifodalovchi qator fizik kattaliklar bilan aniqlanadi. Ulardan ba'zilar ish jarayonida o'lchanadi va nazorat qilinadigan kattaliklar deyiladi, boshqalari esa o'lchanmaydi va nazorat qilinmaydigan kattaliklar deyiladi, lekin ular obyekt ishlashiga ta'sir ko'rsatadi.

Obyektga boshqarish qurilmasi orqali ishlab chiqilgan yoki inson tomonidan beriladigan ta'sir boshqaruvchi ta'sir (kattalik) deyiladi,

boshqarish tizimiga bo'g'liq bo'lmagan ta'sirlar to'ldiruvchi deyiladi.

To'ldiruvchi ta'sirlarni ikki turga bo'lish mumkin: yuklama va xalaqit beruvchi ta'sir.

Yuklama odatda obyektning boshqa o'zgaruvchan parametrlariga, vaqtga, obyektning ish va texnologik jarayoni bilan bo'g'liq bo'ladi va uni bartaraf qilib bo'lmaydi. Xalaqitlar kutilmagan hodisalar bilan bo'g'liq va ularning har qanday kamayishi obyekt ishini yaxshilaydi.

Obyekt holatini ifodalovchi, nazorat qilinadigan va ular orqali boshqarishni amalga oshirish mumkin bo'lgan kattaliklar boshqariluvchi yoki rostlanuvchi kattaliklar deyiladi.

Ko'rib o'tilgan barcha kattaliklarni obyektlarni o'rganish paytida tez tushunib olish mumkin. Masalan, elektr generatorining ishlash rejimi kuchlanish, qo'z g'atish toki, yuklama toki, aylanish chastotasi bilan harakterlanadi. Bu yerda generator kuchlanishi – rostlanadigan kattalik, qo'z g'atish toki – boshqaruvchi ta'sir, yuklama toki va aylanishlar chastotasi – tashqi ta'sirlardir.

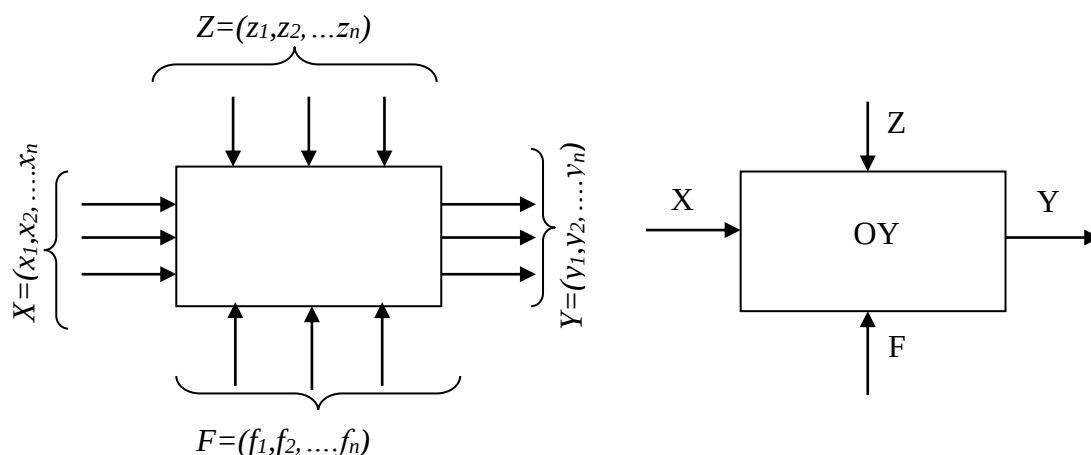
Umumiy holda boshqarish obyekti 1.2 - a va b - rasmlarda ko'rsatilgan sxemalar ko'rinishida berilishi mumkin. Bu yerda boshqarish ta'sirlarining to'plami $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ vektori, boshqarish kattaliklarining $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ vektori, nazorat qilinadigan tashqi ta'sirlar to'plami $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_r\}$ vektori va nazorat qilinmaydigan tashqi ta'sirlar $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ vektori bilan belgilanadi.

Agar obyektning matematik tavsifi ma'lum bo'lsa, u holda tashqi ta'sirlarning boshqariladigan kattaliklarini bo'g'laydigan tenglamalar tizimi ham ma'lum bo'ladi. Shuning uchun berilgan X, Z, F tashqi ta'sirlar bo'yicha Y chiqish kattaligini aniqlash mumkin.

Agar obyekt bitta boshqariladigan va bitta boshqaruvchi kattaliklar bilan ifodalansa, ya'ni X va Y vektorlar bittadan koordinataga ega bo'lsa, obyekt oddiy va bir bo'g'lanishli deyiladi. Agar bir nechta boshqaruvchi va boshqariladigan kattaliklar mavjud bo'lsa, obyekt ko'p bog'lamli deyiladi.

Har bir boshqarish obyektining ishi statika va dinamika sharoitlarida ko'rib chiqilishi mumkin. Statik rejimlarda X, Z, F tashqi ta'sirlar vaqtga bo'g'liq bo'lmagan, o'zgarmas kattaliklar bo'ladi va obyekt boshqariladigan ta'sirlarni bu ta'sirlarga bo'g'liqligi $Y = Y\{X, Z, F\}$ bilan tavsiflanadi.

Boshqariladigan kattalik Y ning boshqaruvchi ta'sir X ga bo'g'liqlik grafigi katta qiziqish uy g'otadi va u boshqarishning statik tavsifi deyiladi. Har qanday to'ldiruvchi ta'sir X va Y orasidagi bu funktsional bo'g'lanishni o'zgartirishga harakat qiladi (1.2 a, b, v-rasm).



1.2-rasm. Ko‘p va bitta bo‘g‘lamli boshqariladigan obyektlar chizmasi

Boshqarish obyekti barqaror, nobarqaror va neytral bo‘lishi mumkin. Agar tashqi ta‘sir tugagandan so‘ng obyekt o‘zining muvozanat holatiga qaytib kelsa, u barqaror bo‘ladi. Nobarqaror obyektida tashqi ta‘sir tugagandan so‘ng boshqariladigan kattalik o‘zgarishi davom etadi va obyekt muvozanat holatiga qaytib kelmaydi. Neytral obyektlarda esa tashqi ta‘sir tugagandan so‘ng dastlabki farqli va qo‘yilgan ta‘sirga bo‘g‘liq bo‘lgan yangi muvozanat holati yuzaga keladi.

Bitta obyektning o‘zi ishlash rejimiga bo‘g‘liq holda barqaror, beqaror va neytral holatlarda bo‘lishi ham mumkin. Masalan, asinxron elektr motori (uning mexanik tavsifini eslang) sir g‘alishning qiymati kritik qiymatdan kichik bo‘lganda aylanish chastotasiga nisbatan barqaror bo‘ladi va sir g‘alish kritik qiymatidan katta bo‘lganda beqaror bo‘ladi. Agar chiqish valining burilish burchagini boshqariladigan kattalik sifatida qabul qilsak, u holda motor neytral obyekt bo‘ladi.

2. Asosiy elektr uskunalarning parametrlari

2.1. Nominal kuchlanishda tortuv dvigateli tavsiflari

Nominal rejim deb, dvigatelning ishlab chiqaruvchi zavod tomonidan belgilangan rejimga aytiladi. Bu rejim quvvat P_n , tezlik V_n , kuchlanish $U_{\partial n}$, tok I_n maydonni rostlash koeffitsiyenti β_n ning nominal qiymatlari bilan ifodalanadi.

Elektrovozlarning tortuv dvigatellari uchun to‘liq maydon rostlash koeffitsiyenti $\beta_n = \beta_o$ nominal koefisieynti hisoblanadi (o‘zgarmas tokdagi EHT uchun $\beta_o = 1$, o‘garuvchi tokdagi EHT uchun $\beta_o = 0,97$).

Elektrovozning TEDlari ko‘pincha susaytirilgan maydon bilan

ishlatiladi. Shuning uchun ularda asosiy qutb chulgʻami tokning $\beta_H \cdot I_H$ qiymatiga hisoblanadi. Rostlash koefitsiyenti β_H ning qiymati $\beta_o > \beta_H > \beta_{\min}$ orliqda yotadi. Bu maydon rostlash koefitsiyentining $\beta > \beta_H$ kuchaytirilgan qoʻzgʻatish rejimi deyiladi va qisqa vaqt, asosan harakatni boshlash vaqtidagina ishlatiladi.

2.1.1. TED ning nominal (soatbay) toki

$$I_H = P_H / U_{\partial H} \cdot \eta_{\partial H}, \quad (2.1)$$

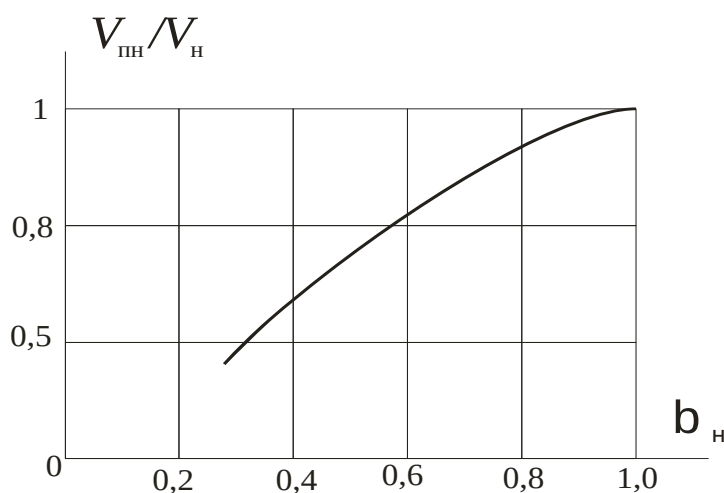
bu yerda $\eta_{\partial H}$ – nominal rejimda TEDning FIK (foydali ish koefitsiyenti) 2.1-jadvalda keltirilgan.

2.1-jadval

P_H, kVt	100	200	400	600	800
$\eta_{\partial H}$	0,85-0,91	0,87-0,92	0,91-0,93	0,92-0,94	0,93-0,94

2.1.2. Toʻliq maydonda va tokning nominal qiymatlarida elektropoyezd tezligi

Toʻliq maydonda va tokning nominal qiymatlarida elektropoyezd tezligi grafigi $V_{\text{nh}} / V_H = f(\beta_H)$ 2.1 - rasmda keltirilgan. Bogʻliqlik grafigidan b_n qiymatlari topiladi.



2.1-rasm. $V_{\text{nh}} / V_H = f(\beta_H)$ ning bogʻliqlik grefigi

2.1.3. Nominal rejimda TED tortuv kuchi

$$F_H = P_H \cdot \eta_{3H} / V_H, \quad (2.2)$$

bu yerda $P_H = Vt$; $V_H = \text{m/s}$; η_{3H} - tishli uzatmaga ega bo'lgan yurgazuvchi mexanizmning FIK ($\eta_{3H} = 0,98$)ga teng.

2.1.4. To'liq maydon tokning nominal qiymatida elektropoyezdning tortuv kuchi

$$F_{nH} = F_H \cdot \beta_o / \beta_H. \quad (2.3)$$

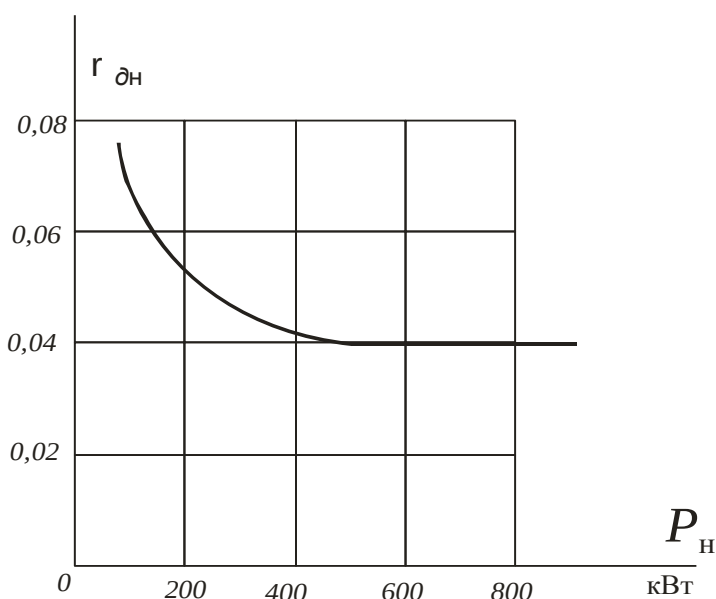
2.1.5. Nominal rejimda TED chul g'amlarining qarshiligi:

$$r_{\partial H} = \rho_{\partial H} \cdot U_{\partial H} / I_H, \quad (2.4)$$

bu yerda $r_{\partial H}$ - chulg'amlariga kuchlanishning nisbiy tushishi bo'lib, quyidagi empirik formuladan aniqlanadi:

$$\rho_{\partial H} = 0,03 + \frac{6}{P_H + 100}, \quad (2.5)$$

bu yerda P_H - nominal quvvat, kVt.



2.2-rasm. $r_{\partial H}$ chulg'amlariga kuchlanishning nisbiy tushishining nominal quvvatga bog'liqlik grafigi

Quvvati 500 kVt dan yuqori bo'lgan TEDlar uchun $\rho_{\partial H} = 0,04$ deb olgan ma'qul.

TED alohida chulg'amining qarshiligini 2.2 - jadvaldan aniqlash mumkin.

2.2-jadval

CHul g'amning nomi	Kompensatsiyalangan TED	Kompensatsiyalanmagan TED
Yakor $r_{\text{я}}$	$0,45 r_{\partial\text{H}}$	$0,4 r_{\partial\text{H}}$
Qo'shimcha qutb $r_{\partial\text{on}}$	$0,2 r_{\partial\text{H}}$	$0,1 r_{\partial\text{H}}$
Asosiy qutb r_{zn}	$0,35 r_{\partial\text{H}} / \beta_o$	$0,25 r_{\partial\text{H}} / \beta_o$
Kompensatsiyalangan r_{ko}	-	$0,25 r_{\partial\text{H}}$

$$r_{\text{я}} = 0,4 r_{\partial\text{H}}$$

$$r_{\partial\text{on}} = 0,1 r_{\partial\text{H}}$$

$$r_{\text{zn}} = 0,25 r_{\partial\text{H}} / \beta_o$$

$$r_{\text{ko}} = 0,25 r_{\partial\text{H}}$$

To'liq maydon bo'lganida, TED chul g'amlarining qarshiligi

$$r_{\partial\text{H}} = r_{\text{я}} + r_{\partial\text{on}} + r_{\text{zn}} \cdot \beta_o + r_{\text{ko}}. \quad (2.6)$$

formuladan hisoblanadi.

2.1.6. Normal qo'z g'atishli nominal rejimda dvigatelning magnit oqimi

Normal qo'z g'atishli nominal rejimda dvigatelning magnit oqimi formula orqali hisoblanadi.

$$C\Phi_{\text{H}} = \frac{U_{\partial\text{H}} - I_{\text{H}} \cdot r_{\partial\text{H}}}{V_{\text{H}}} = (1 - \rho_{\partial\text{H}}) \cdot \frac{U_{\partial\text{H}}}{V_{\text{H}}}. \quad (2.7)$$

Elektrovozlarning TEDlari uchun magnit oqim Φ_{HH} to'liq qo'z g'atish va tokning nominal qiymatlarida hisoblanadi. Φ_{HH} ni hisoblash uchun (2.7) formuladagi V_{H} o'rniga V_{HH} , $r_{\partial\text{H}}$ o'rniga $r_{\partial\text{H}}$ qo'yiladi.

2.1.7. TEDlar tavsiflarini nominal kuchlantirishda hisoblash

Dastlabki hisoblashda TEDlarning nisbiy tavsiflaridan foydalanish qulay bo'lib, unda tok I , tezlik V va tortuv kuchi F nominal rejimdagi qiymatlaridan ulushlarida ifodalanadi.

2.3-jadvalda pulsatsiyalashuvchi tok tortuv elektr dvigatelning magnit zanjir to'yinish koeffitsiyenti 1,85 bo'lgandagi nisbiy tavsifi keltirilgan.

2.3-jadval

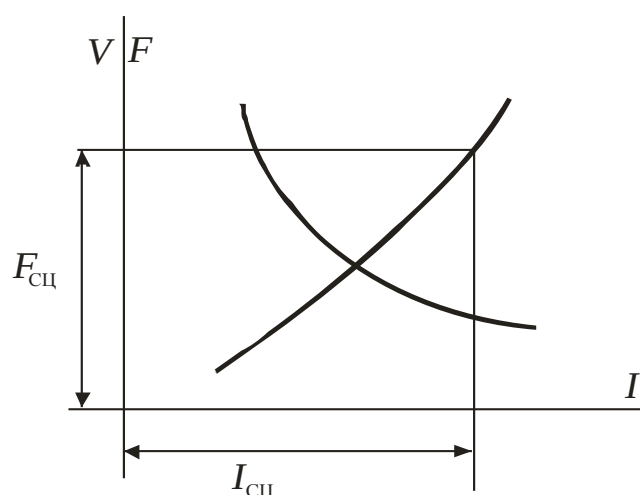
Dvigatelning toki I/I_H	Harakat tezligi V/V_H				Tortuv kuchi $F_{\kappa\partial}/F_{\kappa\partial H}$			
	Nominal qo'z g'atish $\beta=0,96$	Susaytirilgan qo'z g'atish β			Nominal qo'z g'atish $\beta=0,96$	Susaytirilgan qo'z g'atish β		
		0,7	0,52	0,43		0,7	0,52	0,43
0,2	2,06	-	-	-	0,06	-	-	-
0,5	1,4	1,61	1,98	-	0,37	0,31	0,25	0,2
0,8	1,1	1,24	1,4	1,65	0,75	0,66	0,58	0,51
1	1	1,1	1,25	1,4	1	0,91	0,82	0,74
1,3	0,92	1	1,1	1,2	1,41	1,3	1,19	1,1
1,6	0,85	0,93	1,01	1,08	1,81	1,68	1,57	1,45
1,9	0,8	0,88	0,95	1,02	2,21	2,07	1,94	1,8

I, V, F larning qiymatlari nisbiy kattaliklar $I/I_H, V/V_H, F/F_H$ larni mos nominal qiymatlar I_H, V_H, F_H ga ko'paytirish bilan aniqlanadi.

Elektropoyezdning TEDlari uchun tezligi, tortish kuchi, magnit oqimining to'liq maydonga mos qiymatlaridan foydalaniladi: V_{nh}, F_{nh} i $C\Phi_{nh}$.

Bu ma'lumotga asosan $V(I)$ va $F(I)$ grafik quriladi (2.3-rasm).

Keyingi hisobda nominal kuchlanish $U_{\partial H}$ dagi tezlik V_{UH} kabi ifodalanadi.



2.3-rasm.

2.1.8. Dvigatelning maksimal ishga tushirish toki

Dvigatelning maksimal ishga tushirish toki $I_{\max}$ g'ildirakni rels bilan ilashishi bilan chegaralanadi.

$$\begin{aligned} I_{\max} &\leq I_{cy}, \\ I_{\max} &\leq k_{n\vartheta} \cdot I_H; \end{aligned} \quad (2.8)$$

bu yerda $k_{n\vartheta}$ - ortiqcha ekspluatatsiya qilish koeffitsiyenti:

Elektrovoz uchun: $k_{n\vartheta} = 1,2-1,4$;

Metro vagon uchun : $k_{n\vartheta} = 1,6-1,7$;

I_{cy} - ilashish shartiga ko'ra tokning eng katta qiymati bo'lib, $F(I)$ egri chiziq yordamida aniqlanadi (2.3-rasm), tortish kuchi uchun quyidagiga teng:

$$F_{cy} = \Psi_{\kappa} \cdot m_{\vartheta} \cdot g / N_{\partial}. \quad (2.9)$$

bu yerda Ψ_{κ} - ilashish koeffitsiyenti;

$$\Psi_{\kappa} = a + b / (c + d \cdot V) - e \cdot V, \quad (2.10)$$

bu yerda a, b, c, d, e - tajriba ma'lumotlari asosida aniqlangan koeffitsiyentlar bo'lib, qiymatlari 2.4 - jadvalda keltirilgan.

$I_{\max}$ ning (2.8) shart bo'yicha aniqlangan eng kichik qiymati qabul qilinadi.

2.1.9. O'rtacha ishga tushirish toki

$$I_n = I_{\max} / (1 + k_{HI}), \quad (2.11)$$

bu yerda k_{HI} - kuchlanishni rostlashining avvalgi pozitsiyalarida tok bo'yicha tushirishning notekisligi koeffitsiyenti.

Ishga tushirishning barcha pozitsiyalarida bir xil tebranishga ega bo'lgan elektrovozlarda ($\Delta I = \text{const}$) $k_{HI} = 0,05-0,06$.

Ishga tushirishda kuchlanishni rostlash pog'onalarida barcha pozitsiyalarda bir xil bo'lgan ($\Delta U = \text{const}$), ya'ni transformator chul g'amlarining mos bo'lmagan va mos holda ulanganida, k_{HI} o'zgaruvchan qiymatida $k_{HI} = 0,12-0,16$ ga teng birinchi ishlash pozitsiyalarida qoladi.

Oddiy rostlash sxemasi uchun (motor vagonlari uchun)

$$k_{HI} = 0,1-0,12.$$

2.1.10. Minimal ishga tushirish toki

$$I_{\min} = (1 - k_{HI}) \cdot I_n. \quad (2.12)$$

EHT turi	Ishlash rejimi	Aravachalarning bo'laklarga ajratilish imkoni	Tortuv dvigateli tokini rostdash	Eng kam ulanishi mumkin bo'lgan tortuv dvigatellari soni	Formula koefitsiyentlari (2.10)				
					<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
Elektrovoz VL10 VL82M VL80T VL80R	Tortish	Ha	Pog'onali-	2	0,25	8	100	20	0
		Yo'q	"-	2	0,28	3	50	20	0,0007
		"-	"-	1	0,28	4	50	6	0,0006
		"-	Bir tekis	1	0,3	4,3	50	6	0,0006
	Reostatli tormozlanish	Yo'q	Bir tekis	1	0,09	11	56	1	0,00005
VL80R	Rekuperativ tormozlash	Yo'q	Tortuv rejimidan 20%dan kam bo'lgan, ilashishni hisoblash koefitsiyenti qo'llanadi						
Elektropoyezd ER2	Tortish	Yo'q	Po g'onali	2	0	22	100	1	0
ER2T		Yo'q	Po g'onali	4	0	19	100	1	0

2.2. Tortuv transformatori

Vaznining kattaligi tufayli transformator (tortuv transformatori) TEDga nisbatan sekinroq qo'zg'aladi. Shuning uchun TEDlarning qisqa vaqt o'ta yuklanish bilan ishlashiga transformator chulg'amlari harorati sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Elektrovoz transformator tortuv chulg'ami nominal quvvati TEDlar nominal quvvatlarining yig'indisiga teng. Elektropoyezdlar uchun tez - tez ishga tushirish xos bo'lib, bu jarayonda transformator chulg'amlaridagi isroflar yuqori pozitsiyalarda bo'ladigan isroflarga nisbatan kamroq. Shuning uchun elektropoyezdlarda transformator tortuv cho'l g'ami nominal toki. TEDlar nominal tokidan (parallel tarmoqlarni hisobga olganda) 25% kam qabul qilinadi.

Transformatorning to'g'rilagich va inventorga ishlaganda, tok va kuchlanishning shakli sinusoidadan ancha farq qiladi.

Bunday transformatorlarda ortiq materiallar (mis va po'lat) ishlatilishi effekti tok va kuchlanishning sinusoida shakliga nisbatan pastroq. Bu xususiyatni hisobga olish uchun "namunaviy quvvat" nomli ko'rsatkichdan foydalaniladi.

Transformatorning asosiy ko'rsatkichlari quyidagicha aniqlanadi.

2.2.1. Transformator tortuv chulgʻami quvvati.

$$S_{m\pi\pi} = P_H \cdot N_{\partial c} \cdot k_{mm} \cdot k_M \cdot (1 + 0,7u_K) / \eta_{\partial H}, \quad (2.13)$$

bu yerda P_H - TEDlarni nominal quvvati, kVt;

$N_{\partial c}$ - elektrovozning bir seksiyadagi TEDlar soni;

k_{mm} - transformator namunaviy quvvati koeffitsiyenti boʻlib, namunaviy quvvatning toʻgʻrilangan nominal quvvat nisbati (2.5-jadval) dan olinadi;

k_M - jami TEDlarning nominal quvvati deb, TTning nominal quvvati nisbatiga aytiladi. Koʻrilayotgan variant boʻyicha:

Elektrovozlar uchun $k_M = 1$;

Motor vagonlar uchun $k_M = 0,75$;

$\eta_{\partial H}$ - nominal rejimdagi dvigatelning FIK;

u_K - transformator qisqa tutashish kuchlanishi nominal kuchlanishdan ulushlarda:

Past kuchlanish tarafidan rostlashda $u_K = 0,1$;

Yuqori kuchlanish tarafidan rostlashda $u_K = 0,12$

2.5-jadval

Kuchlanishni rostlash tizimi	k_{mm} toʻgʻrilagich tizimi qiymati	
	koʻprik	nol nuqtali
Past kuchlanish tarafidan rostlashda	1,11	1,34
Yuqori kuchlanish tarafidan rostlashda	1,66	1,89

2.2.2. Qoʻshimcha ehtiyojlar uchun, chulgʻam quvvati S_{ecn} tortuv chul gʻami quvvatidan 7,5 – 8,5% qiymatidan olinadi.

2.2.3. Isitish chul gʻami quvvati:

$$S_{om} = P_H \cdot k_{mm} \cdot k_M \cdot (1 + 0,7u_K) \quad (2.13 a)$$

S_{om} - hisoblardan har bir yoʻlovchi vagoni uchun 30 – 40 kVtdan olinadi. Yoʻlovchi poyezdida vagonlar soni 20 ta deb qabul qilinadi. Elektropoyezdlarda bir seksiyaga 2 ta vagon (1 ta motor vagon, 1 ta tirkama vagon) toʻgʻri keladi. Yuk elektropoyezdlari uchun isitish chulgʻamiga ehtiyoj yoʻq.

2.2.4. Barcha chulgʻamlarning nominal yuklanganida transformator quvvati:

$$S_{mp} = S_{m\pi\pi} + S_{ecn} + S_{om} \quad (2.14)$$

2.2.5. Transformatora massasi, kg:

$$m_{mp} = 20 \cdot S_{mp}^{3/4},$$

bu yerda S_{mp} - kVA.

2.2.6. Nominal rejimda ikkilamchi chulg'amga keltirilgan transformator chulg'aming reaktiv qarshiligi:

$$x_{mH} = u_K \cdot m_\partial \cdot U_{\partial H} \cdot (1 + 0,7 u_K) / a_\partial \cdot I_H \cdot k_{\partial np}, \quad (2.15)$$

m_∂ – ketma-ket ulangan dvigatellar soni;

a_∂ – parallel ulangan dvigatellar tarmoqlari soni;

$k_{\partial np}$ – to'g'rilash koeffitsiyenti; bir fazali to'g'rilashda $k_{\partial np} = 0,9$.

2.2.7. Nominal rejimda ikkilamchi chulg'amga keltirilgan transformator chulg'aming aktiv qarshiligi kuchlanishning aktiv tushishi bilan aniqlanadi, nominal kuchlanishdan 1,5 - 2 % ni tashkil qiladi.

$$r_{mH} = (0,015 - 0,02) \cdot m_\partial \cdot U_{\partial H} / a_\partial \cdot I_H \cdot k_{\partial np}. \quad (2.16)$$

2.2.8. Transformator ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanishi

O'rtacha to'g'rilangan salt ishlashdagi kuchlanish

$$U_{don} = m_\partial \cdot U_{\partial H} + \Delta U_{np.H.}, \quad (2.17)$$

bu yerda $\Delta U_{np.H.}$ – rostlashning so'nggi pozitsiyasida nominal tokdagi o'zgartirgichga tushuvchi kuchlanish.

$$k_{nI} = 0,25 - 0,30$$

$$\Delta U_{npH} = a_\partial \cdot I_H \cdot (0,7 x_{mH} + 0,67 r_{mH} + 1,04 r_{pH}) + \Delta U_V. \quad (2.18)$$

bu yerda $\Delta U_V = 4 - 5$ V – to'g'rilagich yarim o'tkazgich qurilmalarida jami bo'sag'aviy kuchlanish.

Transformator ikkilamchi chulg'amidagi ta'sir etuvchi kuchlanish

$$U_{2HO} = U_{don} / k_{\partial np}.$$

Yordamchi mashinalar nominal kuchlanishi elektrovozlar uchun $U_{\partial cn.H.} = 380$ V, elektropoyezdlar uchun - $U_{\partial cn.H.} = 220$ V. Isitish zanjirlari nominal kuchlanishi $U_{om.H.} = 3000$ V.

Transformatsiya koeffitsiyentini aniqlash uchun yordamchi chulg'amlar salt ishlash kuchlanishini topish lozim. Transformator nominal yuklanganda bu chulg'amlarda kuchlanishning yo'qotilishi umumiy kuchlanish yo'qotilishining 5% ini tashkil etadi.

$$U_{\partial cn.O} = 1,05 U_{\partial cn.H.} \text{ va } U_{om.O} = 1,05 U_{om.H.}.$$

2.2.9. Transformator birlamchi cho'l g'aming tarmoqdan iste'mol qiluvchi nominal toki:

$$I_{\partial H} = S_{mp} / U_{\partial H} \cdot \eta_{mp}, \quad (2.19)$$

bu yerda $U_{\partial H}$ – kontakt tarmo g‘i nominal kuchlanishi;

η_{mp} – transformator foydali ish koefitsiyenti (FIK); $\eta_{mp} = 0,97 - 0,98$.

2.3. Silliqlovchi reaktor

SR (silliqlovchi reaktor) induktivligi L_p to‘g‘rilangan tokning tortuv dvigatellar zaruriy pulsatsiyasini ta‘minlash sharti bilan aniqlanadi. Pulsatsiya amplitudasining to‘g‘rilangan tok o‘rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlanuvchi to‘g‘rilangan tokning pulsatsiya koefitsiyenti k_{nI} qiymati odatda 0,2-0,25 oraliqda olinadi. k_{nI} ning katta qiymatlarida tortuv dvigatellari kommutatsiyasi yomonlashadi, k_{nI} qiymatini kamaytirish esa SR o‘lchamlarini sezilarli darajada oshishiga olib keladi.

2.3.1. Nominal rejim va $2f_c$ chastotada to‘g‘rilangan tok zanjiri induktiv qarshiligi:

$$x_d = 0,67 \cdot m_d \cdot U_{\partial H} / k_{nI} \cdot I_H \cdot a_d. \quad (2.20)$$

2.3.2. Nominal rejimda reaktorning induktiv qarshiligi:

$$x_p = 0,95 \cdot x_d \cdot a_p. \quad (2.21)$$

bu yerda a_p – EHT dagi SR lar soni.

Tortuv dvigatellarning induktivligi x_d ning 5% ini tashkil etadi deb qabul qilamiz.

2.3.3. SR induktivligi (nominal rejimda)

$$L_p = x_p / 4 \cdot \pi \cdot f_c. \quad (2.22)$$

2.3.4. Reaktorning o‘zgaras tokka qarshiligi:

$$r_p = x_p / \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.23)$$

bu yerda $\operatorname{tg} \varphi$ – uning aslligi bo‘lib, dastlabki hisoblarda 100 Gts chastotada 280 ga teng deb qabul qilinadi.

2.3.5. TEDlarining barcha parallel tarmoqlariga keltirilganda reaktorning o‘zgaras tokka qarshiligi

$$r_{pn} = r_p / a_p \quad (2.24)$$

2.3.6. Reaktor massasi

$$m_p = k_p \cdot (a_d \cdot I_H)^2 \cdot L_p / a_p, \quad (2.25)$$

bu yerda $k_p = 0,12$ kg/Dj mich chulg‘am uchun; $k_p = 0,1$ kg/Dj alyumin chulg‘am uchun.

Konstruktiv ishlab chiqilgan reaktorning massasi, dastlab (2.25) formula bilan hisoblangan qiymatdan 20% dan kam bo'lgan miqdorda farq qilishi mumkin.

2.4. To'g'rilagichlar

To'g'rilagich parametrlari kuch zanjirlari sxemalari to'g'risida qabul qilingan qarorlarga asosan tanlanadi. Yarim o'tkazgich qurilmalar parametrlari GOST 20332 – 84 (ST SEV 1125 – 78) ga ko'ra belgilanadi.

Hisoblar uchun quyidagi ma'lumotlar kerak.

2.4.1. Transformator ikkilamchi chulg'ami kuchlanishining amplituda qiymati:

$$U_{2m} = U_{2HO} \cdot H \cdot \sqrt{2}, \quad (2.26)$$

bu yerda H – kontakt tarmog'ida kuchlanishning nominal qiymatdan oshib ketishini hisobga oluvchi koeffitsiyent; $H = 1,16-1,3$.

2.4.2. Impuls kuchlanishlarining amplituda qiymati:

– yarim o'tkazgichli kuchlanish chegaralovchi qurilma uchun

$$U'_{2m} = (1,35-1,45) \cdot U_{2m};$$

– tervitli razryadniklar uchun $U'_{2m} = 2 \cdot U_{2m}$.

2.4.3. TED toki I_p ,

$$I_p = (1,1-1,19)I_{\max}.$$

2.4.4. Ketma-ket ulangan yarim o'tkazgich elementlar soni:

$$m_n = U_{2m} / U_{RRM} \cdot k_u + 1, \quad (2.27)$$

bu yerda

$$m'_n = U'_{2m} / U_{RSM}, \quad (2.28)$$

2.4.5. Parallel ulangan elementlar soni:

$$a_n = a_{\partial n} \cdot I_p / 2 \cdot I_{F(AV)} \cdot k_\tau \cdot k_I. \quad (2.29)$$

2.4.6. Ketma-ket ulangan tiristorlarni shuntlovchi rezistorlar qarshiligi:

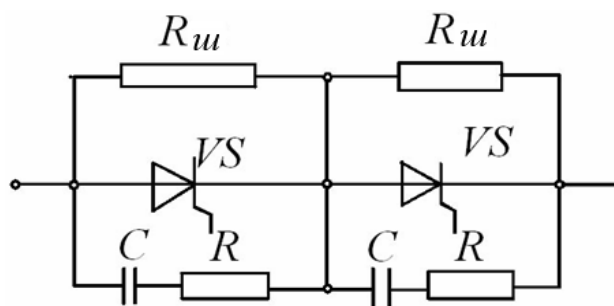
$$R_{uu} = (m_n \cdot U_{RRM} - U_{2m}) / (m_n - 1) \cdot I_{RRM}, \quad (2.30)$$

Shuntlovchi rezistorlarning quvvati:

$$P_{Ruu} = U_{2m}^2 / 2 \cdot R_{uu} \cdot m_n. \quad (2.31)$$

2.4.7. Ketma-ket ulangan tiristorlarni shuntlovchi kondensator, mkF

$$C \geq (m_n - 1) \cdot \Delta Q_{rr} \cdot 10^{-6} / (m_n \cdot U_{RRM} - U_{2m}). \quad (2.32)$$



2.4-rasm. Ketma-ket ulangan tiristorlarni shuntlash

2.7 - jadval

Yarim o'tkazgichli diodning turi	Sovutgich turi	U_{RRM} , V	I_{RRM} , mA	$I_{F(AV)}$, A (T_c °C)	U_{TO} , V	r_t , mOM	$R_{th(j-c)}$, °S / Bt
D243-800	0143, 0243, 0343	2400-4400	45	800 (102)	1	1	0.03
D243-1000	0143, 0243, 0343	1800-3200	50	1000 (127)	1	0	0.03
DL153-1000	0153, 0253	3800-5000	50	1250 (100)	1.3	0.54	0.02
DL153-1250	0153, 0253	2200-3200	50	1250 (115)	1.1	0.35	0.02
DCH343-800	0243	600-1800	40	800 (100)	1.3	0.6	0.035
DCH343-1000	0243	600-1800	40	1000 (100)	1.2	0.35	0.035
DCH353-800	0253	3000-4600	50	800 (93)	1.4	0.84	0.02

2.8-jadval

Tiristorning turi	T253-800	T453-630	T353-800
Sovutgich turi	0242, 0153	0242, 0153, 0253	0242, 0153, 0253
U_{DRM} , U_{RRM} , V	2000-2400	2400-2800	2400-3400
I_{DRM} , I_{RRM} , mA	70	100	70
$I_{T(AV)}$ (T_c °C), A	800 (91)	630 (85)	800 (88)
U_{TM}/I_{TM} , V / A	2.1/ 2500	2.4/ 1980	2.2/ 2512
r_t , mOM	0.44	0.48	0.5
$(di/dt)_{crit}$, A / mks	200	630	100
$(du/dt)_{crit}$, V / mks	200-1600	1600	1600-2500
$R_{th(j-c)}$, °C/Vt	0.02	0.02	0.02
$t_{q(typ)}$, mks	250	160	400
Massasi, kg	0.55	0.55	0.55

2.9-jadval

Sovutgich turi	Gabarit o'lchamlari (eni* uzunligi* balandligi), mm (otvodlarsiz)	Massasi, kg (otvodlar siz)	Ochilgan rezba diametri, mm	Issiqlik qarshiligi, °C/Vt (quvvat isrofi, Vt)		Bosimning o'zgarishi, Pa
				Tabiiy sovutish	Shamol tezligi 6 m/s	
0161	70*80*167 max (70*80*100)	0,685 (0,635)	M16*1,5	1,12(80)	0,355	18
0171	70*80*167 max (70*80*100)	0,670 (0,625)	M20*1,5	1,12(80)	0,355	18
0243	230*150*170 max (170*150*170)	5,8 (5,0)	42	0,28(220)	0,080	30
0153	230*150*176 max (170*150*176)	6,0 (5,2)	55	0,28(220)	0,075	30
0343	230*150*145 max (170*150*145)	5,3 (4,5)	42	0,355(220)	0,100	30
0253	230*150*145 max (170*150*145)	5,5 (4,7)	55	0,355(220)	0,100	30
0353	230*150*156 max (170*150*156)	5,7 (4,9)	55	0,355(220)	0,100	30

U_{RRM} - takrorlanuvchi impulsli teskari kuchlanish;

U_{TO} - diodning oraliq kuchlanishi;

I_{RRM} - takrorlanuvchi impulsli teskari tok;

$I_{F(AV)}$ - o'rtacha to'g'ri tokning maksimal qiymati;

T_c - korpus harorati;

r_t - dinamik qarshilik;

$R_{th(j-c)}$ - o'tish joyi-korpus issiqlik qarshiligi;

$(du/dt)_{crit}$ - yopiq holatdagi kuchlanish qiymati o'sishining kritik tezligi;

$(di/dt)_{crit}$ - ochiq holatdagi tok qiymati o'sishining kritik tezligi

3. Kurs loyihasini bajarish bo'yicha misol

3.1. EHTni avtomatik boshqarish sxemasini takomillashtirish

3.1.1. Misol tariqasida boshlan g'ich ma'lumotlarga ega bo'lgan EHT parametrlarini keltiramiz:

Elektr harakat tarkibining turi – elektropoyezd;

Qabul qiladigan tok turi bo'yicha – o'zgaruvchan;

Tok qabul qilgichga tushadigan kuchlanish qiymati - 27 kV;

Tortuv dvigateli turi – DK106B;

Tarkib turi – 3(P+M+P);

TED qo'z g'atish turi – o'z-o'zini qo'z g'atish;

Ish rejimi – tortuv;

TEDning ish rejimlari ikki xil, qarshilikni rostdash va kuchlanishni o'zgartirish orqali rostdash;

Stabilizatsiyalash turi – tok bo'yicha;

Astatizm tartibi – 2.

3.2. 3.1-jadval bo'yicha elektrodvigatel holati, tezlik va tortuv tavsiflari tanlanadi (3.1-rasm)

3.1-jadval

TED elektromexanik tavsifini qurish uchun ma'lumotlar

J, A	30	35	40	60	80	100	180
V, km/ch	121	111	101	75,5	65,5	60,5	47,5
F _H , kH	0,9	1,3	1,7	3,7	5,9	8,2	18,3

TED ishchi tavsifi cheklangan ish chegarasini hisoblash.

Elektrovozlar uchun TED ishchi tavsifi ikkita cheklash chegarasiga ega:

– maksimal tok bo'yicha, u quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$J_{max}=J_{nom}\cdot 1,5=115\cdot 1,5=172,5\text{ A}$$

– maksimal harakat tezligi bo'yicha, u ergonomik ko'rsatkichlar bo'yicha bir tomondan va ikkinchi tomondan EHT konstruktiv xususiyatlari bo'yicha ko'rilayotgan elektrovoz uchun tanlab olinadi, masalan:

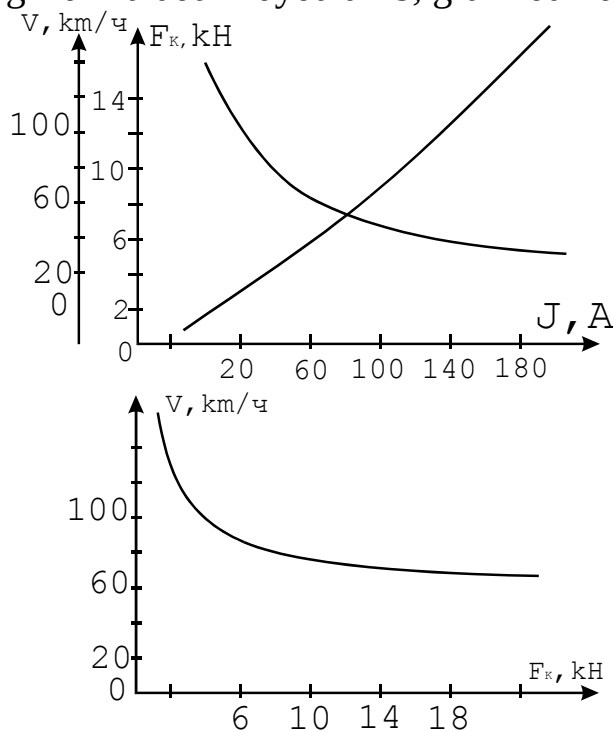
$$V_{max}=120\text{ km/ch}$$

Maksimal tortuv kuchi F_{Kmax} tekislikda $F_K(J)$ grafigi quyidagi formula orqali topiladi:

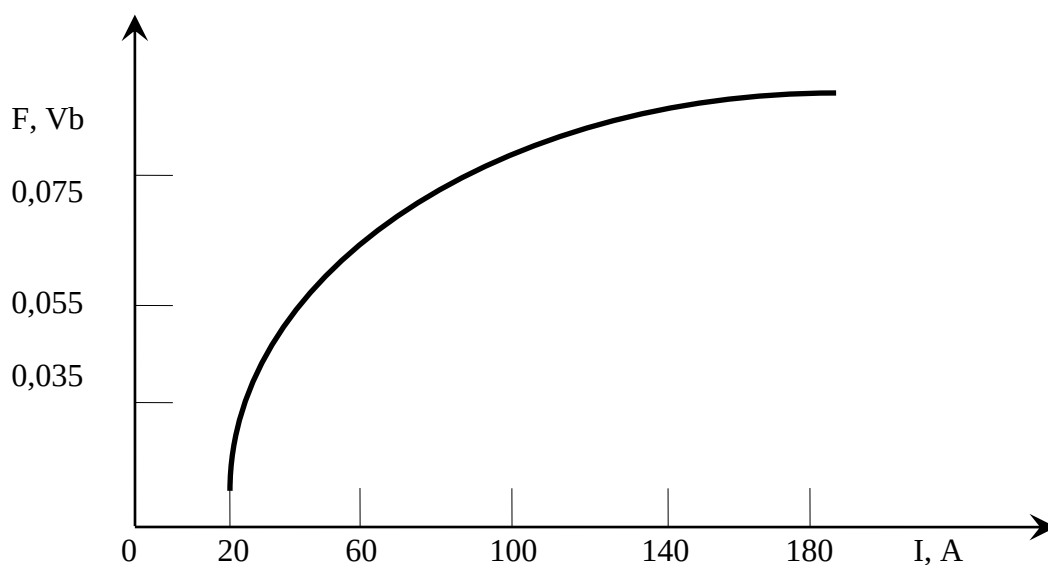
$$F_{Kmax}=17,2\text{ kN}=F_1$$

F_1 kuchning qiymati tortuv tavsifi grafigida V_1 tezlik ($V_1=48\text{ km/ch.}$) bo'lgan joydan olinadi.

Hisob-analitik uslub yordamida hisoblash ko‘tarilish va o‘rnatilgan tezlik grafigidan aniqlanadi. Buning uchun, tortuv tavsifi tekisligidagi $W_0=f(V)$ bo‘g‘liqligi formuladan foydalanib, grafikdan olinadi.



3.1-rasm. TED ning elektromexanik tavsifi



3.2-rasm. TED ning magnitlash tavsifi

$$W_0 = w_0 \cdot m \cdot g$$

O‘zgarmas tok elektropoyezdlari harakatlarining asosiy solishtirma qarshiliklari keltirilgan empirik formuladan hisoblanadi:

$$w_0 = 1,1 + 0,012 \cdot V + 0,000267 \cdot V^2$$

Elektropoyezd massasi va ortish koeffitsiyenti bilan olinadi:

$$m = 525,5 \text{ tonna}$$

Olingan natijalar 2-jadvalga qayd etib boriladi.

3.2-jadval

V, km/ch.	0	10	20	30	40	50	60	80	100	120
w_0 , N/kN	1,1	1,25	1,45	1,7	2,0	2,37	2,78	3,77	4,97	6,38
W_0 , kN	0,48	0,55	0,63	0,74	0,88	1,04	1,22	1,65	2,18	2,8

3.2-jadvalda keltirilgan qiymatlardan foydalanib hamda tortuv tavsifi tekisligidagi $W_0=f(V)$ kesishish nuqtalari koordinatalari:

$$V_2=95\text{km/ch.} \quad W_0=1,003 \text{ kN.}$$

Maksimal ko'tarilish hisobi:

$$i_{p\max} = \frac{F_1 - W_1}{P_{\text{кп}}} = \frac{17..2 - 1.003}{437.9} = 37\%$$

$i_{p\max}$ qiymatini 2 ga bo'lib, i_p ning qiymatini olamiz:

$$i_p = i_{p\max}/2 = 18\%$$

Berilgan variant uchun elektropoyezd TED ish rejimini rostlash orqali uning V_1 tezligini olamiz:

$$V_p = V_1 = 48\text{km/ch.}$$

5. Elektropoyezd TED hisoblangan ish rejimini rostlash aniqlash.

$$F_{kp} = W_0 + W_i + 8,9kH;$$

$$I_p = 113A;$$

$$\Delta I = 172,5A;$$

$$\Delta U = 1500B;$$

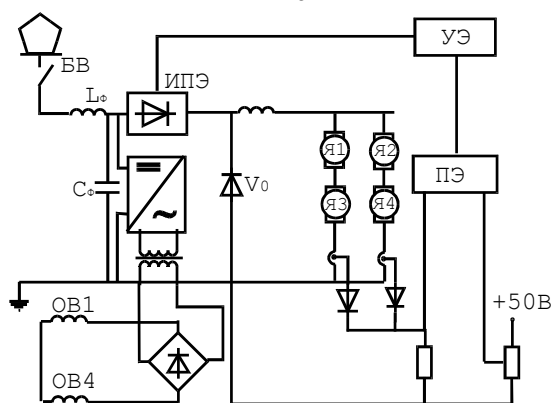
$$\Delta V = 120\text{km/ch.}$$

6. ABT ning prinsipial sxemasini qurish. (Kurs loyihasining tushuntirish qismida sxemaning ishlashini tushuntiring va xulosa qiling) (3.3 - rasm).

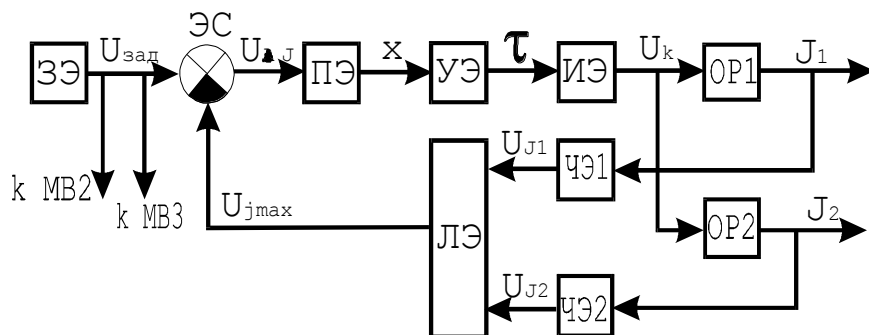
7. ABTning funksional sxemasini qurish (3.4 - rasm).

8. TED ishlashini ko'rsatuvchi bo'g'inlarning statik tavsiflarini qurish. O'zgarmas tok TED quriladi.

$$C_v = \frac{\mu \cdot p \cdot N}{3.6 \cdot \pi \cdot D_\delta \cdot a} = 351.3$$



3.3-rasm. ABT ning prinsipial sxemasi



3.4-rasm. ABTning funksional sxemasi

Magnitlanish nuqtalari tavsiflari $F=f(J)$ TED uchun quyidagi formula asosida hisoblanadi.

$$\Phi = \frac{U_k - I_{JB} r_{JB}}{C_V V},$$

bu yerda $r_d = r_{ya} + r_{DP} + r_{KO} = 0,2435 \text{ Om}$.

Olingan natijalar 3.3- jadvalga qayd etib boriladi.

3.3-jadval

J, A	30	35	40	60	80	100	180
V km/ch.	121	111	101	75,5	65,5	60,5	47,5
F _K , kN	0,9	1,3	1,7	3,7	5,9	8,2	19,3
F, Vb	0,035	0,038	0,042	0,056	0,064	0,069	0,087

9. ABT parametrlarini hisoblash.

$$L_{\epsilon} = 2pw_{\epsilon} \sigma \frac{\Delta\Phi}{\Delta I_{\epsilon}}.$$

Qabul qilamiz $\sigma=1,2$, unda $L_B=90,4 \text{ mGn}$.

$L_{YA}=0,17L_B=15,4 \text{ mGn}$,

$L_{DP}=L_{KO}=0,08L_B=7,2 \text{ mGn}$,

$\Sigma L_D = L_{YA} + L_{DP} + L_{KO} = 29,8 \text{ mGn}$.

10. **ZE** chiqish parametrlarini aniqlaymiz.

Keyingi hisoblashlar uchun $U_{vblx}^{max}=50 \text{ V}$ deb qabul qilamiz.

11. W_{ES} ni aniqlash.

Sxemadagi **ES** inersionsiz element bo'lgani uchun $W_{ES}(p)=10$ deb qabul qilamiz.

12. W_{UE} ni aniqlash.

Sxemadagi **UE** ning chiqish signali U_{ES} va ES dan keladigan tiristorli uzgich chiqish – sozlagichi (скважность тиристорного прерывателя), shuning uchun

$$W_{y\varnothing}(p) = \frac{\Delta \tau_{MAX}}{\Delta U_{MAX}} = \frac{2,4125}{500} = 4.825 \cdot 10^{-6} \text{ c / B.}$$

13. W_{IE} ni aniqlash

Ko'rilayotgan variantda ijrochi element (IE) tiristorli uzgich misolida va uzatuvchi funksiya shaklida namoyon bo'ladi

$$W_{IE}(p) = f \cdot U_{KC} = 400 \cdot 3000 = 1.2 \cdot 10^{-6} \text{ B / c.}$$

14. W_{CHE} ni aniqlash.

Sezuvchi element (CHE) sifatida, magnit kuchaytirgichli tok datchigi (datchik toka)ni olamiz.

U quyidagi uzatish funksiyasi ko'rinishida aks etadi:

$$W_{y\varnothing}(p) = \frac{K_y}{0.3p+1} = \frac{0.29}{0.3p+1}$$

$$\text{где } K_y = \frac{U_{\delta \max}}{J_{\max}} = \frac{50}{172,5} = 0,29 \text{ B / A.}$$

15. W_{OR} ni aniqlash.

Kuchlanish bo'yicha rostlanadigan mustaqil qo'z g'atish chul g'amli TED uzatish funksiyasi quyidagicha hisoblanadi.

$$W_{i-U_K}^H(p) = \frac{K_{i-U_K}^H}{T_{i-U_K}^H \cdot p + 1} = \frac{3.95}{0.13 \cdot p + 1},$$

$$\text{где } K_{i-U_K}^H = \frac{1}{r_{я\varnothing}} = \frac{1}{0,2535} = 3,95,$$

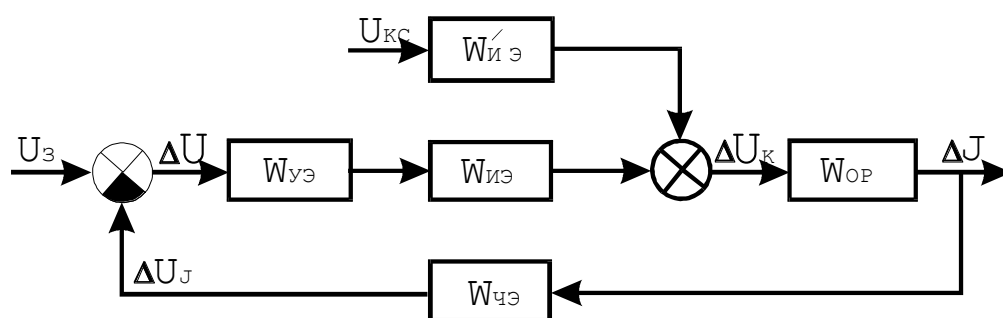
$$T_{i-U_K}^H = \frac{L_{я\varnothing}}{r_{я\varnothing}} = \frac{0,0338}{0,2535} = 0,13.$$

$$r_{YAE} = r_{ya} + r_{DP} + r_{KO} + r_{SR} = 0,2435 + 0,01 = 0,2535 \text{ Om,}$$

$$L_{YAE} = L_D + L_{SR} = 0,0288 + 0,004 = 0,0338 \text{ Gn.}$$

16. ABT uzatish funksiyasi $W_{SAR}(r)$ ni aniqlash.

ABT uzatish funksiyasi topilgan elementlari asosida, uning struktura sxemasini tuzamiz (3.5-rasm).



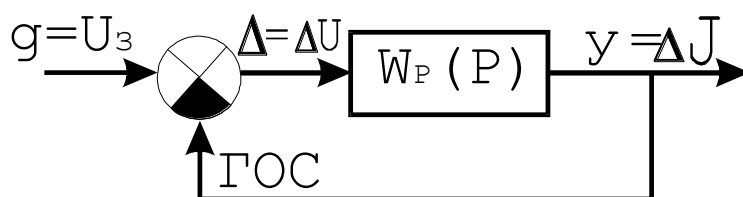
3.5-rasm. ABT struktura sxemasi

ABT uzatuvchi funksiya to'g'ri ta'sir etuvchi zanjir orqali keltirilgan tizimga quyidagicha ta'sir qiladi.

$$W_3(p) = W_{y3}(p) \cdot W_{x3}(p) \cdot W_{op}(p) \cdot W_{3c}(p) = \frac{10 \cdot 4,825 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 3,95}{0,13 \cdot p + 1} = \frac{228,7}{0,13p + 1}$$

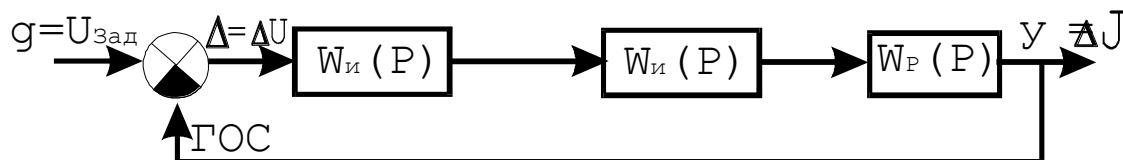
ABT uzatuvchi funksiya uzilgan holat uchun:

$$W_{mA}(p) = W_{y3}(p) W_{x3}(p) W_{mm}(p) W_{3c}(p) = \frac{228,7}{0,13p + 1} \cdot \frac{0,29}{0,3p + 1} = \frac{66,32}{(0,13p + 1)(0,3p + 1)}.$$



3.6-rasm. ABT struktura sxemasi

$W_p(p)$ funksiyaning tahlili shuni ko'rsatadiki, olingan tizim ABT uchun, tur g'un holatda kerakli aniqlikni bermaydi. Astatizm asosida 2-tartibli ABT uchun $W_p(p)$ dan ikkita integrallovchi bo'g'in olamiz.



3.7-rasm. ABT struktura sxemasi

Bunday tizimning uzatuvchi funksiyasi:

$$W_{иcx}(p) = W_{и}(p) \cdot W_{и}(p) \cdot W_p(p) = \frac{K_{и}^2}{T_p^2 \cdot p^2} \times \frac{66,32}{(0,13p + 1)(0,3p + 1)}$$

Uzatuvchi funksiya $W_p(p)$, $W_{исx}(p)$ ning topilgan qiymatlari bo'yicha LACHX (3.8-rasm) quriladi va amplituda qiymati quyidagi tenglamalar orqali topiladi:

$$A_p(w) = \frac{66,32}{\sqrt{[(0,13)^2 w^2 + 1][(0,3)^2 w^2 + 1]}},$$

$$L_p(w) = 20 \lg A_p(w) = 36,4 - 20 \lg \sqrt{(0,13)^2 w^2 + 1} - 20 \lg \sqrt{(0,3)^2 w^2 + 1},$$

$$A_{иcx}(w) = \frac{66,32}{w^2 \sqrt{[(0,13)^2 w^2 + 1][(0,3)^2 w^2 + 1]}},$$

$$L_{ИСХ}(w)=36.4-40\lg w-20\lg \sqrt{(0.13)^2 w^2+1}-20\lg \sqrt{(0.3)^2 w^2+1},$$

$$w_{cm}=\frac{1}{T_1}=\frac{1}{0.13}=7.7 \text{ Гц} , w_{ch2}=\frac{1}{T_2}=\frac{1}{0.3}=3.3 \text{ Гц}.$$

$L_{ISX}(r)$ funksiya grafigini qurishda, uning asimptota qiymati koordinata chizig'i $w=1$ dan o'tadi. $L_{ISX}=20\lg K_P=36.4\text{dB}$. Shu grafik $L_{SKR}(w)$ ga muvofiq istalgan korrektirovka qilingan uzlukli tizimlarni qurish mumkin. Bunda w_{sr} kesish chastotasi (*частота среза*) topiladi.

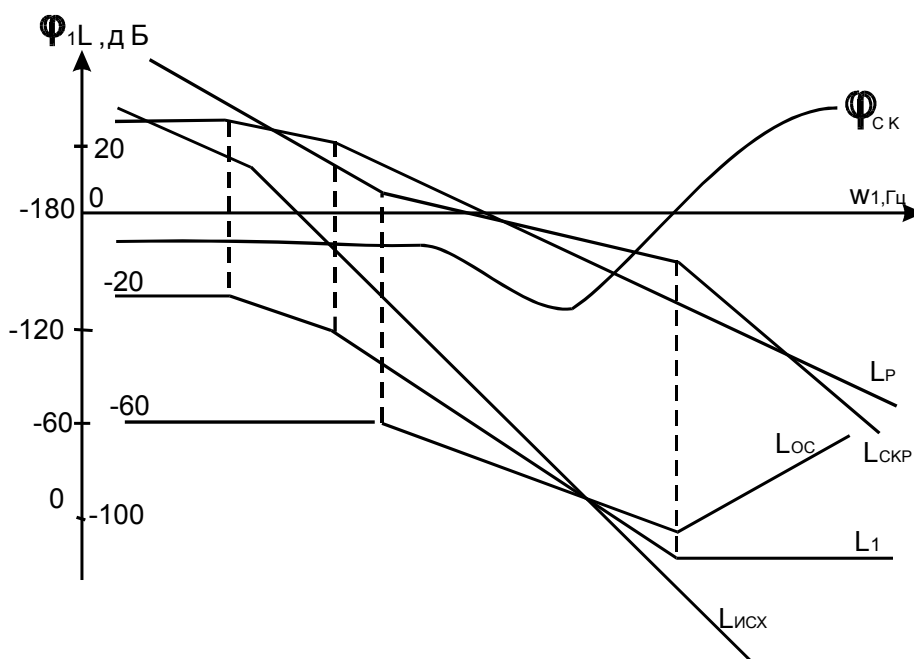
$$w_{-p}=\frac{\prod \lambda_{\delta}}{t_p}=\frac{\prod \cdot 1,6}{0,1}=50,3 \text{ Gs}$$

O'rta chastota bo'yicha $L_{SKR}(w_2)=/L_{SKR}(w_3)/=16 \text{ dB}$ qabul qilish chegaralari. Past chastotada qiyalik hududi – 40 dB/dek, yuqori chastota hududi – 80 dB/dek (1.8.- Rasm).

$L_{ISX}(w)$ va $L_{SKR}(w)$ grafik asosida hisoblanib, oraliq LACHX $L_1(w)$ hamda teskari aloqa (LACHX *обратной связи*) $Los(w)$ quriladi. Chastota $w_3=8,9 \text{ Gs}$; $w_1=214 \text{ Gs}$ qiymatlarga erishganda ikki marotaba sinadi (3.8 - rasm).

3.3. Bo'g'inlar va korrektirovka bo'g'inlari

Ketma-ket har xil bo' g'inlarni ulab, LACHX teskari aloqani hosil qilish mumkin. Shuni inobatga olib, korrektirovka bo'g'inlarini jadvaldan olamiz (3.1-ilogaga qarang). Uch va to'qqiz bo' g'inli (3 va 9) chastota tavsiflari (3.9-rasm).



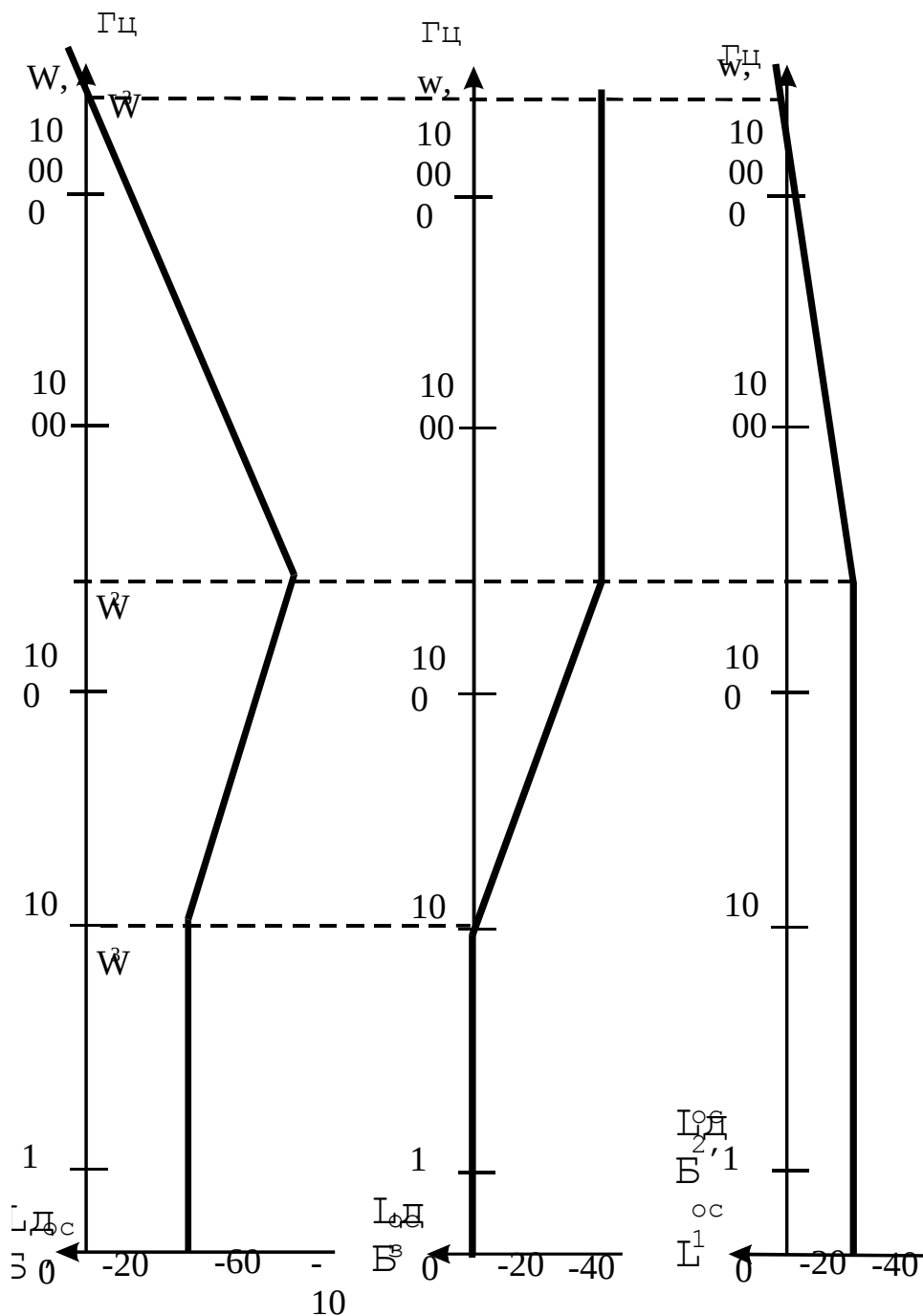
3.8-rasm. ABT sintezini aniqlash bo'yicha LACHX grafigi

$$W_{oc1}(j\omega) = W_{oc2}(j\omega) = \frac{K_1(1+j\omega T_1)}{1+j\omega T_2},$$

$$W_{oc3}(j\omega) = \frac{1+j\omega T_1}{1+j\omega T_1 K_2} = \frac{1+j\omega T_1}{1+j\omega T_3}.$$

Ekvivalent bo'g'in teskari aloqasini, ushbu bo'g'inlarni ketma-ket $W_{ose}(j\omega)$ funksiya chastota tavsifidan topamiz.

$$W_{oc3}(j\omega) = \frac{K_{oc}(1+j\omega T_1)^3}{(1+j\omega T_2)^2(1+j\omega T_3)}$$



3.9-rasm. 3×3 bo'g'inli (3 va 9) chastota tavsiflari
(Графики LACHX для подбора корректирующих звеньев)

$L_{OSE}(w)$ bo'lg'in LACHX si ushbu $L_{OS1}(w)$, $L_{OS2}(w)$, $L_{OS3}(w)$ funksiyalarning chastota tavsiflarini qo'shib quriladi.

R qarshilik va S kondensator sig'imi bo'lg'in teskari aloqasining qiymatini aniqlashda kerak va R_i 1 kOm dan kichik, kondensator si g'imi 1mkF dan katta bo'lib ketmasligi kerak.

Vaqt doimiysi T_1 va T_2 larning qiymatini esa w_1 va w_2 orqali $L_{OSE}(w)$ ning singan joyi tavsifdan topiladi. Vaqt doimiysi T_2 ning qiymati tenglamadan olinadi $T_2 = K_{OS} \cdot T_1$, bu yerda $K_{OS} = a \lg(b/20)$ ga teng. Hisoblash amalga oshirilgandan so'ng quyidagi qiymatlar topiladi:

$$\begin{aligned} b &= -57/B_3, \quad \kappa_{\omega_1} = 1,41 \cdot 10^{-3}, \\ T_1 &= 1/w_1 = 1/214 = 4,67 \cdot 10^{-3}, \\ T_3 &= 1/w_3 = 1/8,9 = 0,112, \\ T_2 &= 1,41 \cdot 10^{-3} \cdot 4,67 \cdot 10^{-3} = 6,6 \cdot 10^{-6}, \\ w_2 &= 1/T_2 = 47800 \text{Gs} \end{aligned}$$

OS_1 va OS_2 ni hisoblash uchun barcha bo'lg'inlar uchun qarshilikning qiymatini $R_2 = 1 \text{ kOm}$ deb olamiz. Unda

$$\begin{aligned} \kappa &= A \lg \left(-\frac{28,5}{20} \right) = 0,037, \\ R_1 &= \frac{R_2(1-K)}{K} = 25,6 \text{ M} \Omega, \\ \omega &= \frac{T_1}{R_1} = \frac{4,67 \cdot 10^{-3}}{25600} = 0,18 \text{ pkF}. \end{aligned}$$

OS_3 bo'lg'in uchun qarshilikning qiymatini $R_2 = 10 \text{ kOm}$ deb olamiz. Unda

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{T_3}{T_1} = \frac{0,112}{4,67 \cdot 10^{-3}} = 23,98, \\ R_1 &= R_2(K-1) = 239,8 \text{ kOm}, \\ \omega &= \frac{T_1}{R_2} = \frac{4,67 \cdot 10^{-3}}{10000} = 0,467 \text{ } \mu\Phi. \end{aligned}$$

Bo'lg'inlar teskari aloqasining qiymatini aniqlashda FCHXni qurish mumkin. Olingan natijalar bo'yicha $W_{OSE}(jw)$ funksiyaning FCHX quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\varphi_{CKP}(w) = \varphi_H(w) - \varphi_{OC}(w) = -180^\circ - 3 \arctg wT_1 + \arctg wT_3 + 2 \arctg wT_2.$$

Hisoblangan FCHX qiymati 3.4-jadvalga yozib boriladi.

3.4-jadval

W, Gts	$3 \arctg wT_1$	$\arctg wT_3$	$2 \arctg wT_2$	φ_{SKR}
1	0,81	6,39	$7,6 \times 10^{-4}$	-173,9
10	8,01	48,24	$7,6 \times 10^{-3}$	-134,4
50	39,42	79,87	0,04	-113,27
100	75,09	84,9	0,08	-120,13
120	87,8	85,7	0,09	-182,01
150	105,03	86,6	0,11	-198,3
200	129,13	87,44	0,15	-221,54
300	163,45	88,3	0,23	-254,7

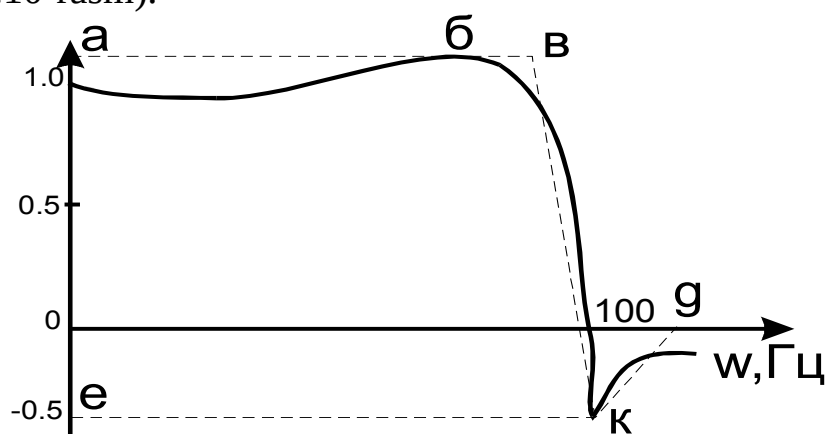
3.8-rasmda $\varphi_{SKR}(w)$ funksiya grafigi keltirilgan. $L_{SKR}(w)$ va $\varphi_{SKR}(w)$ grafiklariga asosan ABT barqarorligi haqida baho berish mumkin.

- faza bo'yicha: 67 grad > 30 grad,
- amplituda bo'yicha: 10 dB > 6 dB.

ABT faza va amplituda bo'yicha yetarlicha zaxira barqarorligi mavjud.

LAFXni qurishda mustaqil ravishda hisoblangan qiymatlar bo'yicha amalga oshiriladi va uni hisoblash tartibi keltirilmaydi.

Ko'rgazmali yopiq ABT chastota tavsifini qurishda $R_3(w)=const$ deb olinadi va uni tuzishda nomogrammadan foydalaniladi, hisoblangan natijalar 5-jadvalga kiritiladi. 5-jadvaldan foydalanib, $R_3(w)$ grafigi chiziladi (3.10-rasm).



3.10-rasm. $R_z(w)$ funksiyasi bo'laklarining tekislangan yangi trapetsiyasimon tavsifi

ABT ni hisoblash trapetsiyalash uslubida olib boriladi.

Ko'rgazmali yopiq ABT chastota tavsifini qurishda trapetsiyalarga ajratiladi. Bu holatda $R^3_3(w)$ uchta trapetsiya shaklidagi tavsiflarga ajratilib, ko'rsatilgan parametrlar a-b-g, a-v-k-e, l-d-k-e grafiklari chiziladi:

$$R_{z01}(0)=R_{z1}(0)-R_{z2}(0)=1,13+0,5=1,63$$

3.5-jadval

$L_{CK}, \text{ dB}$	$\varphi_{SK}, \text{ grad}$	$w, \text{ Gts}$	P_z
25,5	152	4,78	1,05
21	144	7,24	1,075
17,5	137	9,33	1,1
12	130	12,59	1,13
9	125	17,78	1,1
6	117	29,51	0,975
0	112	50,11	0,5
-4	112	70,8	0,15
-6	120	100,0	0
-7	130	112,2	-0,15
-7,5	142	109,6	-0,3
-8,1	152	114,8	-0,4
-9,2	170	117,5	-0,5
-11	185	128,8	-0,4
-13	205	144,5	-0,25
-17	225	229,1	-0,1
-20	235,5	245,5	-0,05

$w_{d1}=33.0$; $w_{01}=109.6$; $\aleph_1=0.3$;

$P_{z02}(0) = P_{z0}(0) - P_{z1}(0) = 1,01 - 1,13 = -0,13$;

$W_{d2}=0$; $w_{02}=12.6$; $\aleph_2=0$;

$P_{z03}(0) = P_{z2}(0) = -0.5$;

$w_{d3}=117.5$; $P_{03}=293.8$; $\aleph_2=0.4$.

Keltirilgan parametrlar va ma'lumotlar 3 – ilova 3.7 - jadvaldagi $h_{\aleph}(\tau)$ ordinata trapetsiyasimon ko'rgazmali chastota tavsifi bo'ladi (3.11 - rasm).

3.4. ABTni rostlash sifatini baholash

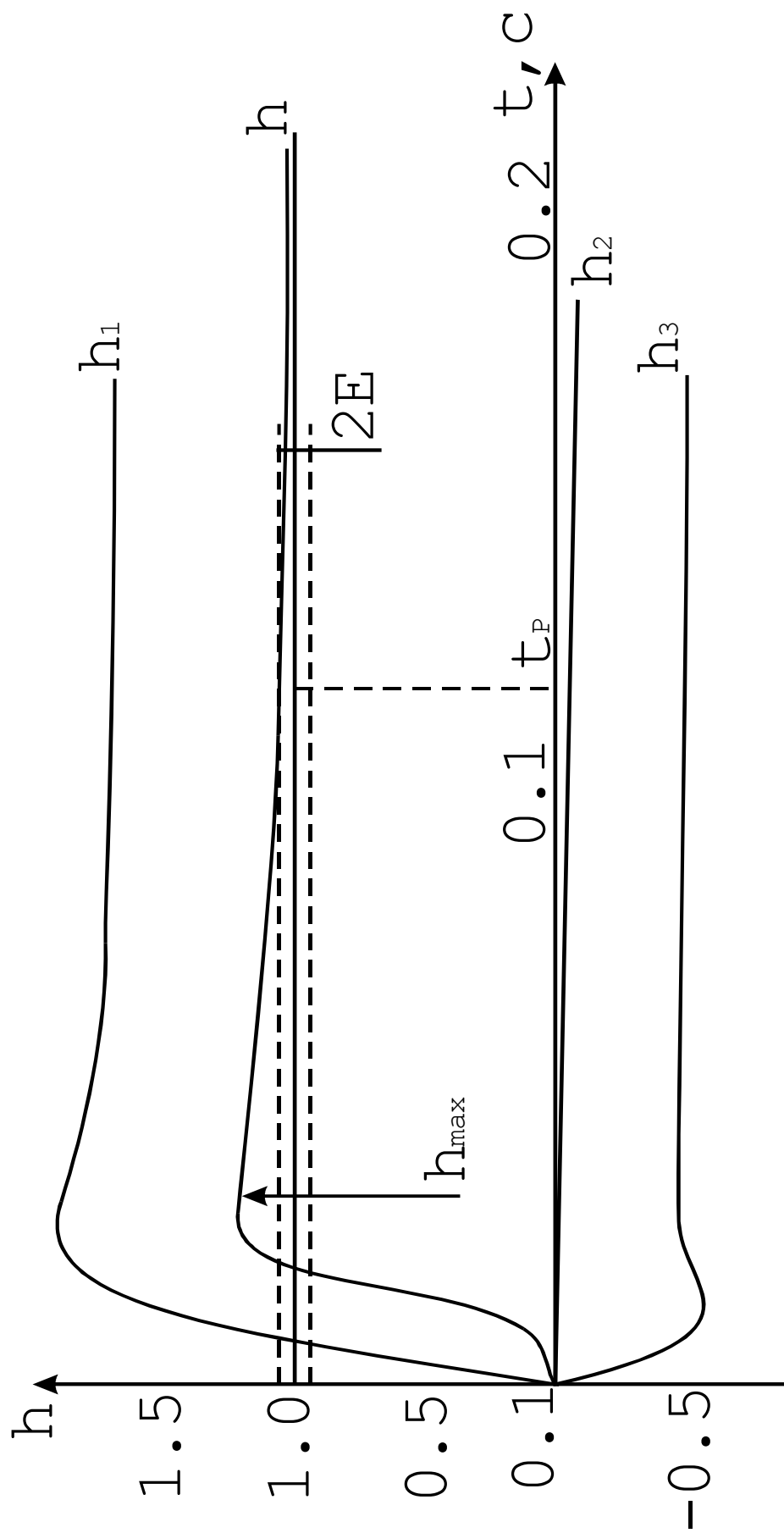
3.10 - rasmdan chizilgan funksiya grafigi parametrlari olinadi:

- $t_p=0,13$ s;
- aperiodik o'tkinchi jarayon;
- $\sigma=22\%$

Ushbu tartibda ABT keyingi bo'g'inlari hisoblanadi. Demak, ushbu bo'g'inni temir yo'l tizimida ishlatish mumkin.

3.6-jadval

τ	$h_{\text{N0}}(\tau)$	h_2	$t_2, \text{ c}$	$h_{\text{N0,3}}(\tau)$	h_1	$t_1, \text{ c}$	$h_{\text{N0,4}}(\tau)$	h_3	$t_3, \text{ c}$
0	0			0			0		
0,5	0,138	0,018	0,04	0,207	0,33	0,005	0,223	0,11	0,002
1,0	0,310	0,04	0,08	0,401	0,65	0,01	0,432	0,23	0,003
1,5	0,449	0,058	0,12	0,594	0,97	0,014	0,617	0,31	0,005
2,0	0,572	0,07	0,16	0,681	1,11	0,018	0,786	0,39	0,007
2,5	0,674	0,087	0,2	0,862	1,41	0,023	0,917	0,46	0,0085
3,0	0,755	0,1	0,24	0,958	1,56	0,027	1,013	0,51	0,01
4,0	0,857	0,11	0,32	1,06	1,72	0,037	1,107	0,55	0,014
5,0	0,896	0,116	0,4	1,087	1,77	0,046	1,113	0,56	0,017
6,0	0,904	0,117	0,48	1,065	1,74	0,055	1,065	0,53	0,02
7,0	0,904	0,117	0,56	1,037	1,69	0,064	1,023	0,51	0,024
8,0	0,910	0,118	0,64	1,021	1,66	0,073	0,995	0,5	0,027
9,0	0,924	0,12	0,71	1,018	1,66	0,082	0,992	0,5	0,031
10,0	0,939	0,122	0,8	1,019	1,66	0,091	0,993	0,5	0,034
11,0	0,947	0,123	0,87	1,014	1,65	0,1			
12,0	0,95	0,124	0,95	1,004	1,63	0,11			
13,0	0,952	0,124	1,03	0,994	1,62	0,118			
14,0	0,952	0,124	1,11	0,988	1,61	0,128			
15,0	0,956	0,124	1,19	0,988	1,61	0,137			



3.11-rasm. ABT $h(t)$ o'tish funksiyasi grafigi

Ilovalar
1-ilova
“Tasdiqlayman”
“ET va YT EHT” kafedrası mudiri
_____ U.T. Berdiyev

Fakultet _____
Kafedra _____
Talaba _____ Guruh _____
Loyiha rahbari _____
Loyiha mavzusi __ *Elektr harakat tarkibini boshqarish tizimini avtomatlashtirish* _____
Loyiha topshirig‘i _____
Berilgan vaqti _____
Bajarish muddati _____

Hisob-tushuntirish qismining tarkibi:

Kirish.

Elektr harakat tarkibini boshqarish tizimini avtomatlashtirishni sozlash.

Xulosa.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.

Chizma qismining tarkibi:

Elektr harakat tarkibini boshqarish tizimini avtomatlashtirishni sozlash struktura hamda prinsipial sxemasi.

Boshqarish tizimini avtomatlashtirishni sozlash tizimi sxemalarining vaqt diagrammalari.

Kurs loyihasiga topshiriq

№	Elektrovoz turi	Tortuv dvigateli turi	Tortuv dvigatel nominal quvvati P_n , (kWt)	O‘q yuklamasi P_{eq} , (kN)	Nominal tezlik V_n , km/s	Dvigatelning nominal kuchlanishi U_m (V)	Maydonni roslash β_{min} koefitsiyenti	Kontakt tarmog‘idagi kuchlanish U_{en} (V)	Kontakt tarmog‘idagi chastota f_c

Loyiha rahbarining imzosi _____

“O‘ZBEKISTON TEMIR YO‘LLARI” AJ
TOSHKENT TEMIR YO‘L MUHANDISLARI INSTITUTI

“Elektr transporti va yuqori tezlikdagi elektr harakat tarkibi”
kafedrası

ELEKTR HARAKAT TARKIBINI AVTOMATLASHTIRISH
fanidan

Elektr harakat tarkibini boshqarish tizimini avtomatlashtirish

mavzusidagi kurs ishining hisob-tushuntirish qismi

Bajardi: _____ guruh talabasi

Tekshirdi: _____

Toshkent – 201 yil

3-ilova

Variantlar

1-10

J	150	150	150	150	150	160	160	160	160	160
V	121	118	115	112	109	106	103	100	97	94
F	18,4	18,0	18,0	17,6	17,6	17,2	17,2	16,4	16,4	16,0

11-20

J	170	170	170	170	170	180	180	180	180	180
V	121	118	115	112	109	106	103	100	97	94
F	18,4	18,0	18,0	17,6	17,6	17,2	17,2	16,4	16,4	16,0

21-30

J	190	190	190	190	190	200	200	200	200	200
V	121	118	115	112	109	106	103	100	97	94
F	18,4	18,0	18,0	17,6	17,6	17,2	17,2	16,4	16,4	16,0

Kurs loyihasi variantlari

4-ilova

$$U_{\partial H} = 25 \text{ kV}, f_c = 50 \text{ Gs};$$

1.1-jadval

Tortuv dvigatelining nominal quvvati $P_H, \text{ kVt}$			700	750	800	850	900	950
O'qqa tushadigan yuklanish $P_{\text{qH}}, \text{ kH}$			220	225	230	235	240	245
Nominal tezlik $V_H, \text{ km / ch}$	Nominal kuchlanish qiymati $U_{\partial H}, \text{ V}$	$\beta_{\min}$	O'quv guruhi shifri va oxirgi raqami					
50	900	0,36	01	02	03	04	05	06
54	1000	0,37	07	08	09	10	11	12
58	1100	0,38	13	14	15	16	17	18
62	1200	0,39	19	20	21	22	23	24
50	1300	0,40	25	26	27	28	29	30
54	900	0,41	31	32	33	34	35	36
58	1000	0,42	37	38	39	40	41	42
62	1100	0,43	43	44	45	46	47	48
50	1200	0,44	49	50	51	52	53	54
54	1300	0,45	55	56	57	58	59	60
58	900	0,46	61	62	63	64	65	66
62	1000	0,45	67	68	69	70	71	72
50	1100	0,44	73	74	75	76	77	78
54	1200	0,43	79	80	81	82	83	84
58	1300	0,42	85	86	87	88	89	90
62	900	0,40	91	92	93	94	95	96
50	1000	0,39	97	98	99	00	-	-

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Yusupbekov N.K., Muhammedov B.I., G'ulomov Sh. M. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish. T., O'qtuvchi., 2011
2. Сапожников В.В. и др. Теоретические основы железнодорожной автоматики. Учебник. М. ГОУ «УМЦ по образованию на ж.д. т.». 2008. 394 с.
3. Мирахмедов Д.А. Автоматик бошқариш назарияси. Т. Ўқитувчи. 1993.
4. Бабков Ю.В. и др. Автоматизация локомотивов. М. 2007. 323 с.
5. Савоськин А.Н. Автоматизация электроподвижного состава. М., Транспорт: 1990. 346 с.
6. Плакс А.В. Система управления электрического подвижного состава. М. 2005-360 с.
7. Арипов Н.М., Баратов Д., Аметова Э.К. Автоматик бошқариш назарияси фанидан лаборатория ишларини бажариш учун услубий қўлланма. Т. 2008 й.
8. Автоматизация электрического подвижного состава. Под ред. Д.Д. Захарченко. Учебник для вузов ж. –д. транспорта. – М.: Транспорт, 1988. – 280 с.
9. Berdiyev U.T., Xushboqov B.X., Qayumov S.N. "Elektr transporti elektr va elektron uskunalari" T. "Shams-ASA": 2014y - 196 b.
10. <http://www.ais.ru> (Автоматика, информатика и связь)
11. <http://www.tgizdat.ru> (Приборостроение и средства автоматизации)
12. <http://www.mashen.ru> (Автоматизация и современные технологии)
13. <http://www.akirom.ru> (Автоматизация в промышленности)
14. www.ziyo.edv.uz,
15. www.tsue.fan.uz,
16. www.uzinfo.com,
17. www.borland.ru
18. Temir yo'l transportidagi zamonaviy avtomatik boshqarish tizimlari va ularda qo'llanilishga ega bo'lgan elementlar va qurilmalar bo'yicha Internet materiallari

Mundarija

Kirish.....	3
1. O‘zgarmas tok tortuv elektr motorlarining ishga tushirish reostatlarini hisoblash.....	4
1.1. O‘zgarmas tok tortuv elektr motorining asta-sekin reostatli ishga tushirish shartlari.....	4
1.2. Avtomatik boshqarish obyekti.....	6
2. Asosiy elektr uskunalarining parametrlari.....	8
2.1. Nominal kuchlanishda tortuv dvigateli tavsiflari.....	8
2.2. Tortuv transformatori	14
2.3. Silliqlovchi reaktor	17
2.4. To‘ g‘rilagichlar	18
3. Kurs loyihasini bajarish bo‘yicha misol	21
3.1. EHTni avtomatik boshqarish sxemasini takomillashtirish	21
3.2. 3.1-jadval bo‘yicha elektrodvigatel holati, tezlik va tortuv tavsiflari tanlanadi (3.1-rasm)	21
3.3. Bo‘g‘inlar va korrektirovka bo‘g‘inlari	27
3.4. ABTni rostlash sifatini baholash	31
Ilovalar	34
Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.....	37

**Sayfulla Nigmatovich Kayumov
Yelena Vladimirovna Iksar
Anvar Mirkadirovich Miryakubov**

**ELEKTR HAKKAT TARKIBINI
AVTOMATLASHTIRISH**

Uslubiy qo'llanma

Muharrir: S.G.Asranova
Texnik muharrir va sahifalovchi: M.H.Tashbaeva

Nashrga ruxsat etildi 22.10. 2019 y.
Qog'oz bichimi 60×84/16. Hajmi 2,5 b.t.
Adadi 15 nusxa. Buyurtma № 13-1/2018
ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi
Toshkent sh., Odilxo'jaev ko'chasi, 1

Toshkent temir yo'l muhandislari instituti, 2020y.