

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

Akbarov G. A., Shaislamov Sh. Sh.

**O'ZGARMAS TOK ELEKTR YURITMASI UCHUN
VENTILLI O'ZGARTKICH**

O'quv qo'llanma

Toshkent – 2010

UDK 621.314

Akbarov G.A., Shaislomov Sh.Sh.. O'zgarmas tok elektr yuritmasi uchun ventilli o'zgartkich: O'quv qo'llanma – Toshkent, ToshDTU, 2010

Ushbu qo'llanmada o'zgarmas tok elektr yuritmasi uchun ventilli o'zgartkichni, ya'ni o'zgarmas tok dvigateliga ishlaydigan boshqariladigan to'g'rilagich qurilmasini yaratish uchun zarur bo'lgan nazariy va amaliy ma'lumotlar berilgan.

Qo'llanma «Elektronika va mikroelektronika», «Avtomatlashtirish va boshqarish» bakalavriyat ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun mo'ljallangan.

O'quv qo'llanma energetika mutaxassisliklari talabalari uchun ham o'zgartkichlar texnikasi qurilmalari toifasiga kiradigan to'g'rilagichlarni o'rganishda va loyihalashda foydalidir.

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy – uslubiy kengashi qaroriga ko'ra chop etildi.

Taqrizchilar: Toshkent temir yo'llari instituti
professori, t.f.d. X.B. Sapayev;
Toshkent davlat texnika universiteti
dotsenti, t.f.d. Yu.G. Shipulin

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2010

Kirish

Elektr energiyasini bir turdan boshqasiga (o'zgaruvchan tok energiyasini o'zgarmasga, o'zgarmas tok energiyasini o'zgaruvchanga, o'zgaruvchan tok chastotasini o'zgartirishda) aylantirishda ventilli o'zgartkichlar, ya'ni yarimo'tkazgichli asboblarda yaratilgan o'zgartkichlar texnikasining qurilmalari keng ishlatiladi.

Sanoat korxonalarida elektroliz va galvanikada, o'zgarmas tok dvigatellarini (o'zgarmas tok elektr yuritmasini) o'zgarmas tok energiyasi bilan ta'minlashda yarimo'tkazgichli to'g'rilagich qurilmalari qo'llaniladi. Keyingi yillarda o'zgarmas tok elektr yuritmalari uchun to'g'rilagich qurilmalari ko'plab ishlab chiqarilgan bo'lib, ularda o'zgarmas tok dvigatelinining yakor chulg'amini qiymati boshqariladigan o'zgarmas kuchlanish bilan ta'minlash uchun tiristorlarda bajarilgan to'g'rilash bloki, qo'zg'atish chulg'amini ma'lum qiymatdagi o'zgarmas kuchlanish bilan ta'minlash uchun diodli to'g'rilash bloki, to'g'rilagichning boshqarish va himoya tizimlari hamda dvigatelning aylanish tezligini rostdash va stabillash uchun teskari bog'lanish bloklari mavjuddir.

To'g'rilagich qurilmalarida turli afzalliklarga va kamchiliklarga ega bo'lgan har xil to'g'rilash sxemalari qo'llaniladi. Bunday to'g'rilash sxemalari turli yuklamalarga (aktiv, aktiv-induktiv, teskari - EYuK va hokazo) turlicha rejimlarda ishlaydi, shu sababli to'g'rilagich qurilmalari turli energetik ko'rsatkichlarga va ekspluatatsion tavsiflarga ega bo'ladi. Bularning barchasi yarimo'tkazgichli o'zgartkichlar texnikasiga oid fanlarda o'rganiladi.

O'zgartkichlar texnikasi qurilmalaridan olinayotgan nazariy va amaliy bilimlarni o'zlashtirishda talabalar uchun fazali boshqariladigan to'g'rilagichlar sxemasi asosida ventilli o'zgartkich qurilmalarini mustaqil loyihalashlari mumkin. Ma'lumki, egallangan bilimlarni mustahkamlash, chuqurlashtirish, umumlashtirish va mustaqil ravishda mavjud me'yoriy hujjatlardan hamda ma'lumotnomalardan foydalanish ko'nikmalarini hosil qilishda kurs loyihalari bajarilishining ahamiyati kattadir.

Kurs loyihasining asosiy natijasi – talabalarda loyihalanayotgan qurilmaning asosiy qismlari (to'g'rilash zanjiri, boshqarish tizimi, himoya va boshqalar) va ularning o'zaro ta'siri to'g'risida aniq tasavvurlar hosil qilishdir. Bunga erishish uchun talaba to'g'rilagich sxemalarining tuzilishini, ishlashini, turli rejimlarini, ekspluatatsion tavsiflarini, energetik ko'rsatkichlarini va chiqishdagi o'zgarmas kuchlanish qiymatini rostdash usullarini chuqur o'rganishi lozim. Bundan tashqari talaba loyihalanayotgan qurilmalarning to'liq prinsipial sxemasini tuzish va hisoblashni o'rganishi kerakdir.

Ushbu o'quv qo'llanmada o'zgarmas tok dvigateliga ishlaydigan uch fazali boshqariladigan to'g'rilagichlar to'g'risida nazariy ma'lumotlar; o'zgarmas tok elektr yuritmasi uchun to'g'rilagich qurilmasining katta quvvatli qismini hisoblash ketma-ketligi; to'g'rilagich qurilmalari uchun analog va raqamli boshqarish tizimlarining ba'zi bir qismlarini tanlash va ishlatish hamda dvigatelli yuklamada ishlovchi to'g'rilagich qurilmalarini yaratishga oid kurs loyihasini bajarish tartiblari keltirilgan.

O'ZGARMAS TOK DVIGATELIGA ISHLAYDIGAN UCH FAZALI BOSHQARILADIGAN TO'G'RILAGICHLAR

Boshqariladigan to'g'rilagich sxemalari va ularning ishlash rejimlari

To'g'rilagich qurilmalari umumiy holda quyidagi asosiy qismlardan iboratdir [1, 2, 3, 4]:

- to'g'rilagich chiqishida kerakli qiymatdagi o'zgarmas kuchlanish olish uchun xizmat qiladigan transformator;
- yuklamadan bir tomonlama tok oqishini ta'minlash uchun xizmat qiladigan ventillar bloki;
- yuklamadan oqadigan o'zgarmas tok pulsatsiyasini silliqlash uchun xizmat qiladigan silliqlovchi filtr.

To'g'rilagich qurilmasiga yuqorida keltirilgan asosiy qismlardan tashqari to'g'rilangan kuchlanish qiymatini rostlash, to'g'rilagichni ishga tushirish yoki o'chirish, to'g'rilagich ish rejimini buzuvchi turli shikastlardan himoya qilish kabi turli vazifalar uchun xizmat qiladigan qo'shimcha qismlar ham kiradi.

To'g'rilagich sxemalari noli chiqarilgan yoki ko'priksimon bo'lishidan qat'iy nazar ular bir yoki uch fazali bo'ladilar. Uch fazali to'g'rilagichlar o'rta hamda katta quvvatli iste'molchilarni o'zgarmas tok energiyasi bilan ta'minlashda qo'llaniladi. Bunday iste'molchilarga statik aktiv – induktiv va teskari – EYuK (elektroliz, akkumulyator va boshqalar) hamda dinamik (o'zgarmas tok dvigateli) yuklamalar misol bo'ladi [2,3].

Yuklamadagi o'zgarmas kuchlanish qiymatini rostlash imkoniyatiga ko'ra to'g'rilagichlar boshqarilmaydigan va boshqariladigan bo'ladilar.

Uch fazali boshqariladigan to'g'rilagichlarni aktiv va aktiv – induktiv yuklamalarda ishlashini ifodalovchi asosiy nisbatlar I-jadvalda keltirilgan.

Tiristorlar asosida yig'ilgan boshqariladigan to'g'rilagichlar yuklamadagi o'zgarmas U_d kuchlanish qiymatini rostlash xususiyatiga ega. Bu yerda: kuchlanish U_d kuchlanish $U_d(u)$ ning o'zgarmas tashkil etuvchisidir (o'rtacha qiymati). Agar to'g'rilagichlardagi tiristorlarni diodlar bilan almashtirsak, u holda U_d kuchlanish o'zining maksimal U_{d0} qiymatiga teng bo'ladi. Tiristorli to'g'rilagichlarda U_d kuchlanishni

maksimal qiymatidan boshlab kamaytirish, u_1, u_2, u_3 kabi nuqtalarga nisbatan tiristorlarning ochilish onlarini kechiktirish bilan amalga oshiriladi (1,b-rasm).

Mana shu u_1, u_2, u_3 nuqtalar «tabiiy ochilish nuqtalari» deb ataladi. Agar tiristor to'g'ri kuchlanish ostida bo'lsa, tiristorning boshqarish elektrodiga boshqarish tizimidan musbat tok impulsi berilgandagina u ochiladi. Boshqarish tizimi - bu shunday blokki, u tiristorlarni kerakli onda ochish uchun xizmat qiladigan impuls larni shakllantiradi hamda fazarostlagich yordamida bu impuls larni tiristorlarning anod kuchlanishga nisbatan fazasini, ya'ni α burchakni o'zgartirib beradi. α burchakning qiymati tabiiy ochilish nuqtasidan boshlab hisoblanadi.

To'g'rilagich sxemasining ishlashini tahlil qilayotganda shu narsani e'tiborga olish kerakki, $U_d(\alpha)$ ning qiymatiga va shakliga nafaqat α burchagining qiymati, balki yuklama qarshiligi va uning xarakteri (aktiv va aktiv-induktiv)ga ta'sir ko'rsatadi. Boshqariladigan to'g'rilagichlarning turli yuklamalarga hamda turli boshqarish burchaklarida ishlagandagi ba'zi bir xususiyatlarini ko'rib chiqaylik. 1,a-rasmda uch fazali noli chiqarilgan boshqariladigan to'g'rilagich sxemasi keltirilgan, 1,b-rasmda esa, $\alpha = 0^\circ$ bo'lganidagi sxemaning aktiv yuklamaga ishlagandagi tok va kuchlanish shakllari keltirilgan. 2, a,b-rasmlarda esa uch fazali ko'priksimon boshqariladigan to'g'rilagich sxemasi hamda $L_n=0$ va $\alpha = 0^\circ$ bo'lgan holda uning ishlashini vaqt diagrammasi keltirilgan (tiristorlarni ochuvchi impuls tabiiy ochilish nuqtasida beriladi). Ushbu to'g'rilagichlarning $L_n \neq 0$ va $\alpha = 0^\circ$ dagi ishlashi xuddi yuklama zanjiriga induktiv filtr ulangandagi kabi bo'lib, u to'g'rilangan kuchlanish pulsatsiyalarini silliqalaydi, ya'ni $L_n \neq 0$ yuklamada induktivlikning mavjudligi to'g'rilangan tokning pulsatsiyalariga hamda transformator chulg'amlaridan oqib o'tayotgan tokning ta'sir etuvchi qiymatiga ta'sir qiladi.

Xususan, L_n induktivlik qancha katta bo'lsa, yuklama toki $i_d(u)$ ning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi shuncha kam bo'ladi va to'g'rilangan tok shuncha silliqlangan bo'ladi.

Tiristorlarning ochilish onini o'zgartirish bilan to'g'rilangan kuchlanish qiymatini rostdlash ventli, transformator chulg'amlari, yuklama toki va kuchlanish shakllarining buzilishi bilan bog'liq. $\alpha > 0$ bo'lganda yuklama xarakteriga hamda α ning qiymatiga bog'liq holda to'g'rilagich sxemalarida turli ishchi rejimlar (uzluksiz, uzlukli) kuzatilishi mumkin.

1-jadval

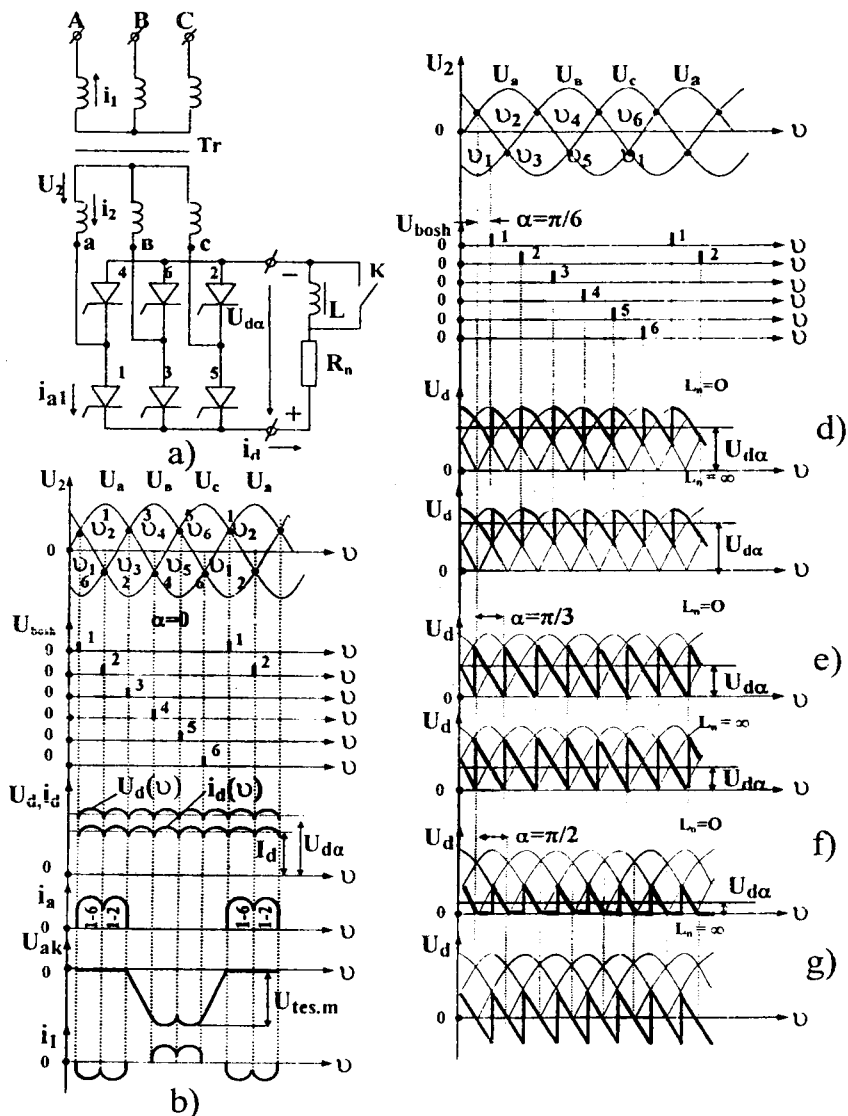
To'g'rilagich sxemasi	Aktiv yuklama		Induktiv yuklama	$\frac{U_{d0}}{U_2}$	$\frac{U_{mcc}}{U_{d0}}$	$\frac{I_a}{I_d}$	$\frac{I_2}{I_d}$	$\frac{S_T}{P_d}$
	Uzluksiz rejim	Uzlukli rejim						
Uch fazali noli chiqarilgan	$U_{da} = U_{d0} \cdot \cos a,$ $a < \frac{\pi}{6}$ bo'lganda	$U_{da} = U_{d0} \cdot \sqrt{3} \left[1 + \sin \left(\frac{\pi}{3} - a \right) \right],$ $a > \frac{\pi}{6}$ bo'lganda	$U_{da} = U_{d0} \cdot \cos a$	1,17	2,09	0,33	0,58	1,34
Uch fazali ko'priksimon	$U_{da} = U_{d0} \cdot \cos a,$ $a < \frac{\pi}{3}$ bo'lganda	$U_{da} = U_{d0} \cdot \left[1 + \sin \left(\frac{\pi}{6} - a \right) \right],$ $a > \frac{\pi}{3}$ bo'lganda	$U_{da} = U_{d0} \cdot \cos a$	2,34	1,04	0,33	0,82	1,04

Uch fazali noli chiqarilgan sxemada boshqarish α burchagi 0 dan $\frac{\pi}{6}$ gacha o'zgarganda yuklama xarakteridan qat'iy nazar (ya'ni u aktiv bo'ladimi yoki aktiv-induktiv bo'ladimi), to'g'rilagich chiqishidagi $U_d(u)$ kuchlanish shakli mos fazalarda ventillar ochiq bo'lganda transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish shaklini qaytaradi va to'g'rilangan $i_d(u)$ tok uzluksiz rejimga ega bo'ladi (1, d-rasm). Ventilning o'tkazuvchanlik burchagi $\frac{2\pi}{3}$ ga teng bo'ladi.

$\alpha = \frac{\pi}{6}$ bo'lsa, sxema aktiv yuklamaga ishlasa to'g'rilagich chiqishidagi $U_d(u)$ kuchlanishining oniy qiymati nolga teng bo'lgan on paydo bo'ladi, ya'ni ventillar noli nuqtada kommutatsiyalanadi va mana shu ondan boshlab uzluksiz - chegarali rejim boshlanadi.

$\alpha > \frac{\pi}{6}$ da boshqarish burchagining ortib borishi (sxema aktiv yuklamaga ishlaganda) bilan to'g'rilangan U_d kuchlanish hamda i_d tok shakllarida no'l qiymatga teng bo'lgan oraliqlar paydo bo'ladi. Ventilning o'tkazuvchanlik burchagi $\frac{2\pi}{3}$ dan kichik bo'ladi (1.e, g-rasm).

Yuklama aktiv-induktiv xarakterga ega bo'lganda, L_n induktivlikda yig'ilgan energiya hisobiga $U_d(u)$ kuchlanish manfiy qiymatlar sohasiga o'tganda ham yuklamadan tok o'tishda davom etadi (1, f, h - rasm). Bu holda transformator ikkilamchi chulg'ami kuchlanishining manfiy yarim davrining ma'lum qismida ventil tokni o'tkazishi davom etadi va bu yarim davrda ventilning tok o'tkazish davomiyligi musbat yarim davrdagiga nisbatan kamroq bo'ladi. $L_n = \infty$ bo'lganda boshqarish burchagining maksimal qiymati $\alpha = 90^\circ$ ga teng bo'ladi. $\alpha = 90^\circ$ bo'lgandagini yuklamadagi kuchlanishning o'rtacha qiymati nolga teng bo'ladi ($U_{da} = 0$), chunki $U_d(u)$ kuchlanishning musbat va manfiy yarim davrlarining yuzalari bir-biriga teng bo'ladi (1, h - rasm).



2-rasm. Uch fazali ko'priksimon boshqariladigan to'g'rilagich sxemasi va undagi tok hamda kuchlanishlarning vaqt diagrammalari

Uch fazali ko'priksimon boshqariladigan to'g'rilagichda, boshqarish burchagi $0 < \alpha < \frac{\pi}{3}$ oraliqda o'zgarganda va mos fazalardagi ventillar ochiq bo'lgan vaqtda, to'g'rilangan $U_d(u)$ kuchlanish shakli transformator ikkilamchi chulg'ami kuchlanishining sinusoidal shaklining ma'lum qismini takrorlaydi va to'g'rilangan tok yuklamaning xarakteridan qat'iy nazar, uzluksiz bo'ladi (2, d-rasm).

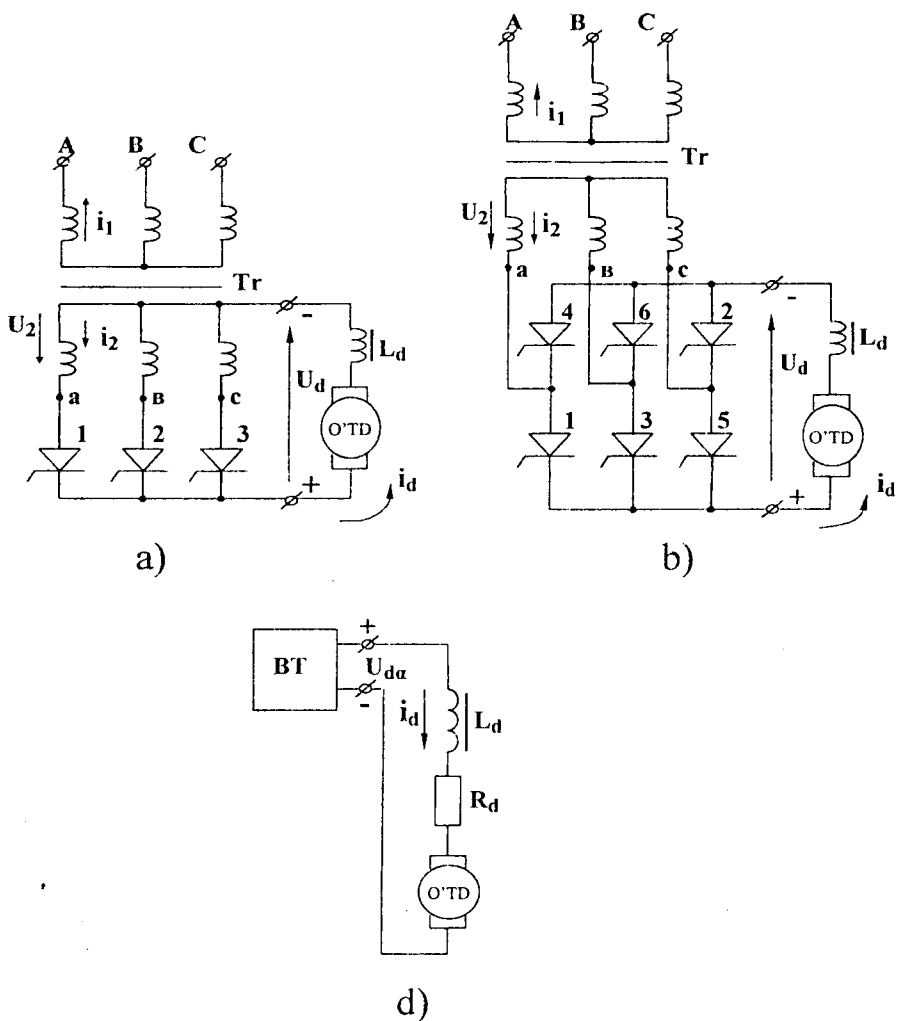
$\alpha = \frac{\pi}{3}$ bo'lganda va to'g'rilagich aktiv yuklamaga ishlaganda, to'g'rilangan kuchlanishning oniy qiymati nolga eng bo'lgan on paydo bo'ladi (2, e-rasm) va α qiymatining ortishi U_d ning nolga teng bo'lgan oraliqlarini vujudga keltiradi (2, f-rasm). Yuklama toki ham uzlukli bo'ladi va ventillarning o'tkazuvchanlik burchagi $\frac{2\pi}{3}$ dan kichik bo'ladi.

Yuklama aktiv-induktiv xarakterda, $\alpha > \frac{\pi}{3}$ bo'lsa (2, g-rasm) va $\omega L_n/R_n$ nisbati i_d tokining uzlukligini ta'minlasa, $U_d(u)$ kuchlanish shakli tarkibida manfiy kuchlanishga ham ega bo'ladi [4, 11].

Boshqariladigan to'g'rilagichlarni o'zgaras tok dvigateliga ishlashi

To'g'rilagichlarni o'zgaras tok dvigateli (O'TD), elektroliz qurilmalari, akkumulyator kabi yuklamalarda ishlashi to'g'rilagichlarning teskari EYuK ga (yakor chulg'amida E_d teskari EYuK bor) ishlashi deb ham ataladi. To'g'rilagichlar O'TD larning qo'zg'atuv va yakor chulg'amlarini elektr energiya (kuchlanish) bilan ta'minlash uchun keng ishlatiladi.

Uch fazali boshqariladigan to'g'rilagichlarning O'TD ga ishlash sxemalari 3 a,b-rasmlarda, ularning hisoblash sxemasi esa 3, d-rasmda ko'rsatilgan. Dvigatel yakorini energiya bilan ta'minlashda shuni hisobga olish kerakki, yakorda hosil bo'lgan teskari EYuK boshqariladigan to'g'rilagich-o'zgaras tok dvigateli (BT-O'TD) tizimining ishlashiga ta'sir qiladi va elektr yuritma tavsifini yomonlashtiradi. Bundan tashqari dvigatelni tezlik n qiymati o'zgarishi teskari EYuK E_d qiymatiga ta'sir etib, O'TD da uzlukli toklar rejimini vujudga keltiradi va O'TD ning qizishiga sabab bo'ladi.



3-rasm. Yuklamasi O'TD bo'lgan boshqariladigan to'g'rilagichlar (a,b) va ularning hisoblash (d) sxemasi

O'zgarmas tok dvigatelida uzluksiz va uzlukli toklar rejimi o'rnatilishiga quyidagi ko'rsatkichlar ta'sir etadi: $\alpha, \frac{\omega L_d}{R_d} \cdot I_d$ va E_d ,

bu yerda:

α - to'g'rilagichning boshqarish burchagi;

$R_d, \omega \cdot L_d$ - yuklama zanjiridagi aktiv va induktiv qarshiliklar;

I_d - yuklama toki;

E_d - yakor chulg'amidagi teskari EYuK;

ω - tarmoq kuchlanishining burchak chastotasi ($\omega=2\pi f$);

f - tarmoq kuchlanishi chastotasi.

To'g'rilagich yuklamasi O'TD va induktivlik L_d dan (silliqlovchi filtr) iborat bo'lsa, o'zgarmas tok zanjiri uchun quyidagi ifodani yozish mumkin:

$$U_{d\alpha} = E_d + R_d \cdot I_d + L_d \frac{di_d}{dt}, \quad (1)$$

bu yerda $U_{d\alpha}=U_{\gamma a}$ - boshqariladigan to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish

$L_d \frac{di_d}{dt}$ - yakor chulg'amida va silliqlovchi drossel chulg'amida

hosil bo'ladigan EYuKlar yig'indisi.

Tenglama (1) ni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin, ya'ni:

$$I_d = \frac{U_{d\alpha} - L_d \frac{di_d}{dt} - E_d}{R_d}. \quad (2)$$

Agar o'zgarmas tok ideal silliqlangan bo'lsa ($\omega L_d \gg R_d$), uning oniy va o'rtacha qiymatlari bir-biriga teng bo'ladi (kuchlanish pulsatsiyasining hammasi filtr L_d ga tushadi), ya'ni:

$$i_d = I_d, \quad (3)$$

$$U_{d\alpha} = E_d + R_d \cdot I_d \quad (4)$$

(3) va (4) ifodalarni (2) ga qo'yib, quyidagi ifodani olamiz:

$$I_d = \frac{U_{d\alpha} - E_d}{R_d}. \quad (5)$$

Demak, o'zgarmas tokning o'rtacha qiymati yuklamadagi kuchlanish $U_{d\alpha}$, teskari EYuK E_d va qarshilik R_d qiymatlariga bog'liq ekan.

Silliqlovchi filtr induktivligi L_d ni turli qiymatlarida uzlukli yoki uzluksiz yuklama toki rejimlarini o'rnatilishida E_d va α qiymatlarining

miqdoriy ta'sirini ko'ramiz. $L_d=0$ yoki $\omega L_d \leq R_d$ holatlarni tekshirmaymiz, sababi L_d da hosil bo'lgan energiya qiymati uzluksiz toklar rejimini o'rnatishga yetmaydi. U holda to'g'rilangan kuchlanishining oniy qiymati teskari EYuK dan katta bo'lganda ($U_{d\alpha} > E_d$) tok I_d dvigatel orqali o'tadi. Shunday qilib $I_d=I_{Ya}$ toki uzlukli xarakterga ega va istalgan vaqtdagi qiymati (5) ifodadan aniqlanadi.

Pulsulanuvchi tok dvigateldagi issiqlik isrofini oshiradi, kollektordagi kommutatsiyani yomonlashtiradi, elektr yuritma tavsifini yomonlashtiradi.

Uzlukli toklar zonasini kichraytirish va yo'q qilish hamda tokning pulsatsiyasini kamaytirish uchun yakor zanjiriga silliqlovchi filtr ($L_d \neq 0$) ulanadi. L_d da yig'ilgan energiya hisobiga hatto $U_{d\alpha} < E_d$ bo'lganida ham yakor zanjirida tok $I_d=I_{Ya}$ o'sha energiya hisobiga oqib o'tishi mumkin; bu esa uzluksiz toklar rejimini o'rnatishga olib keladi.

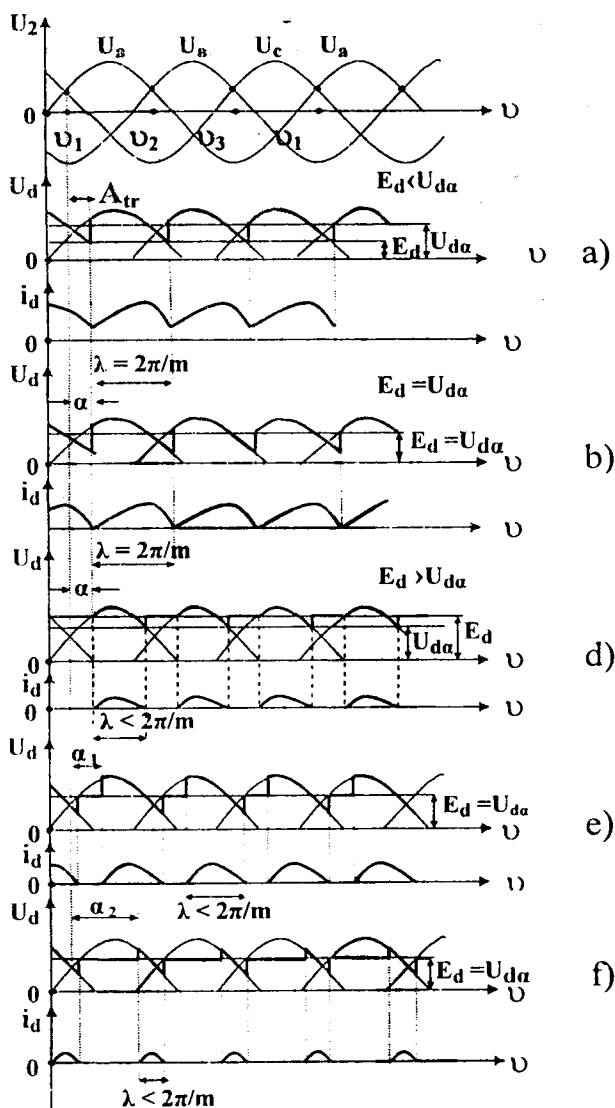
4 a, b, d - rasmlarda uch fazali noli chiqarilgan to'g'rilagich sxemasi misolida to'g'rilagichning ishlash rejimiga E_d qiymatining ta'siri ko'rsatilgan.

Katta qiymatli L_d induktivlik hisobiga I_d tokining ma'lum qiymatida uzluksiz (4, a - rasm) va chegaraviy - uzluksiz (4, b - rasm) toklar rejimi ta'minlanadi. 4, d - rasmda $E_d > U_{d\alpha}$ bo'lgan holatda $\omega L_d \gg R_d$ katta nisbatda ham induktivlikda yetarli energiya yig'ilmagani hisobiga uzlukli toklar rejimi ta'minlanganligi ko'rsatilgan; bu holat E_d chizig'i tepa va pastki yuzalarida aks ettirilgan.

4 e, f - rasmlarda $E_d=U_{d\alpha}$ va $\omega L_d \gg R_d$ holatlarda boshqarish burchagi α qiymatini to'g'rilagichning ishlash rejimiga ta'siri ko'rsatilgan. Rasmlarni solishtirish shuni ko'rsatadiki, α qiymati oshganda ($\alpha_2 > \alpha_1$) hattoki induktivlik L_d katta qiymatlarida ham chegaraviy - uzluksiz rejim ta'minlanmaydi [2, 3].

Yuqorida ko'rib chiqilganlar asosida quyidagilarni aytish mumkin:

1. $E_d > U_{d\alpha}$ bo'lsa, uzlukli rejim bo'ladi.
2. $U_{d\alpha}$, E_d va I_d qiymatlariga bog'liq holda hatto $\alpha > \alpha_{\text{ChEG}}$ bo'lsa ham, uzlukli rejim bo'lishi mumkin.
3. Uzlukli toklar rejimida har bir ventil uchun tok o'tkazish (davomiyligi) burchagi λ doimo $\lambda < \frac{2\pi}{m}$.



4-rasm. Yuklamasi teskari EYuK bo'lgan boshqariladigan to'g'rilagichning ishlash diagrammalari

BT – O‘TD tizimida o‘zgarmas tok dvigatelining aylanish tezligini rostdlash xususiyatlari

O‘zgarmas tok dvigatelining aylanish tezligini rostdlash uchun boshqariladigan to‘g‘rilagich va o‘zgarmas tok dvigatelidan iborat (BT-O‘TD) tizimi, ya‘ni tiristorli o‘zgarmas tok elektr yuritmasi ishlatiladi. Bu tizim ijro etuvchi mexanizm talablariga mos holda O‘TD ni yurgizish, tormozlash (to‘xtatish) va tezligini rostdlash kabi vazifalarni, ba‘zi hollarda esa aylanish yo‘nalishini o‘zgartirishni (reversni) bajaradi. Shuning uchun elektr yuritmalar aylanish yo‘nalishini o‘zgartirmaydigan (noreversiv) va o‘zgartiradiganga (reversiv) bo‘linadilar [11].

5-rasmda noreversiv (5, a-rasm) va reversiv (5,b-rasm) elektr yuritmada O‘TD aylanish tezligini vaqt bo‘yicha rostdlash jarayoni diagrammasi keltirilgan.

O‘zgarmas tok elektr dvigatellari ikki asosiy qism: aylanuvchi yakor va qo‘zg‘almas staninadan tashkil topgan. Yakor o‘zag‘i pazlariga joylashgan yakor chulg‘amiga o‘zgarmas U_{Ya} kuchlanishi, staninadagi qo‘zg‘atuvchi chulg‘amga o‘zgarmas $U_{QO'Z.ChUL}$ kuchlanishi beriladi.

O‘zgarmas tok elektr dvigatelining ishlashi ikkita magnit maydonining o‘zaro ta‘sirilariga asoslangan. Bu magnit maydonlar qo‘zg‘atish va yakor chulg‘amlaridan o‘zgarmas tok o‘tganda hosil bo‘ladi. Natijada aylantiruvchi moment vujudga kelib, u dvigatel yakorini harakatga keltiradi.

O‘TD aylanish tezligini (n) rostdlash quyidagi usullarda bajarilishi mumkin:

$$U_{Ya}=\text{var}, I_{QO'Z.ChUL}=\text{const},$$

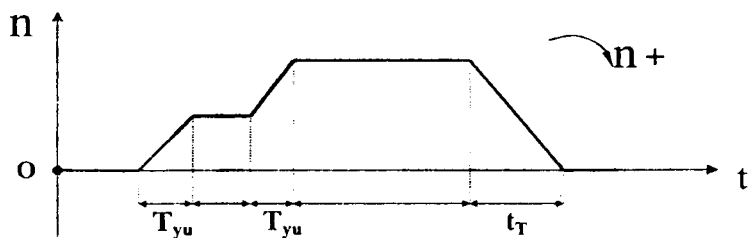
$$U_{Ya}=\text{const}, I_{QO'Z.ChUL}=\text{var}.$$

Birinchii usul ko‘p qo‘llaniladi; chunki bunda O‘TD ekspluatatsion tavsiflari yaxshi ko‘rinishda bo‘ladi. O‘TD ni birinchii usul bilan boshqarishni ko‘ramiz (5, d-rasm).

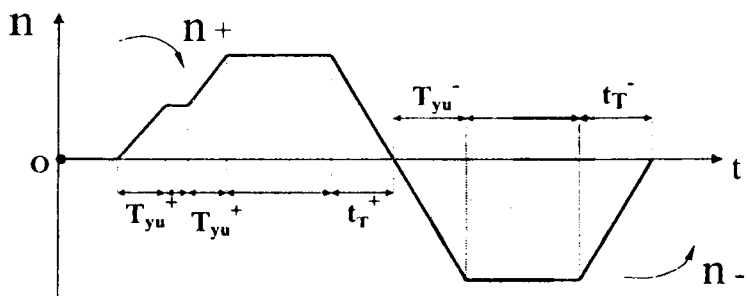
O‘TD yakori magnit maydonida aylanganda uning chulg‘amida EYuK induksiyanadi, u dvigatelga ishlayotgan to‘g‘rilagich uchun teskari EYuK deb ataladi (faraz qilinadi). Uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$E_d=k \cdot F \cdot n, \quad (6)$$

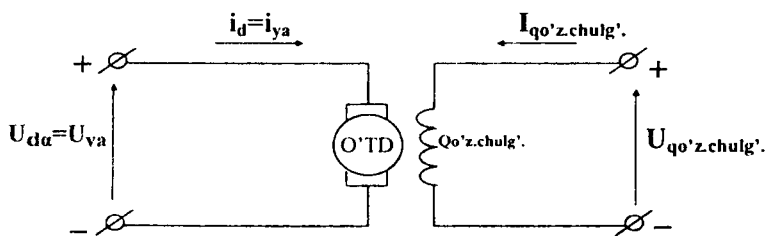
bu yerda: k - dvigatelning konstruktiv doimiysi,



a)



b)



d)

5- rasm. Noreversiv (a) va reversiv (b) elektr yuritmani boshqarish jarayoni diagrammalari va boshqarish (d) sxemasi

F - dvigatelning magnit oqimi,
n - dvigatel yakorining aylanish tezligi.

O'zgarmas tok dvigateli yakoriga beriladigan kuchlanish qiymati quyidagicha bo'lishi kerak

$$U_{da} = U_{ya} = E_d + I_d \cdot R_{ya}, \quad (7)$$

bu yerda: $I_d = I_{ya}$ - yakor chulg'aming toki,

R_{ya} - yakor zanjiri chulg'aming qarshiligi.

(6) ifodani hisobga olib (7) tenglamadan dvigatelning elektromexanik tavsifi deb nomlanuvchi $n=f(U_{da})$ bog'liqlikni olamiz:

$$I_d = \frac{U_{da} - KFn}{R_{ya}} \quad (8)$$

$$n = \frac{U_{da} - I_d \cdot R_{ya}}{k \cdot \Phi}. \quad (9)$$

Bu ifoda yakordagi o'zgarmas kuchlanish $U_{da} = U_{ya}$ qiymatini o'zgartirib, O'TD aylanish tezligi n ni rostdash mumkinligini ko'rsatadi. O'TD aylanishi uchun doimo $U_{da} > E_d$ bo'lishi kerak.

Endi O'TD ni BT dan ta'minlanayotgandagi ba'zi bir, xususiyatlarini, ya'ni yurgizish va tormozlash xususiyatlarini ko'rib chiqamiz [11].

O'zgarmas tok dvigatelining ishlashida quyidagi vaqt doimiylarini hisobga olish zarur:

1. $\tau_{El.Mex} = \psi(J_m)$ - yakor massasining inersionligiga bog'liq doimiyligi (s).

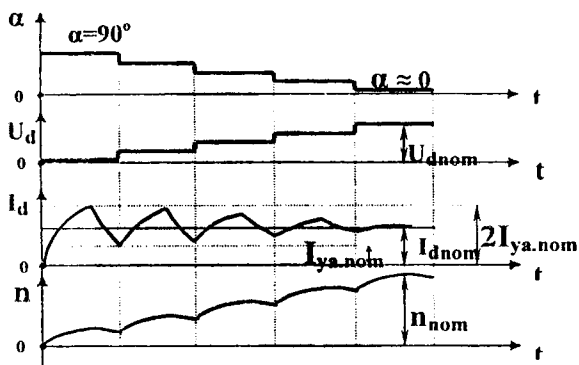
2. $\tau_{El.YaK} = \frac{L_{ya}}{R_{ya}}$ - yakor chulg'aming elektr

doimiyligi ($10^{-2} \div 10^{-3}$ s).

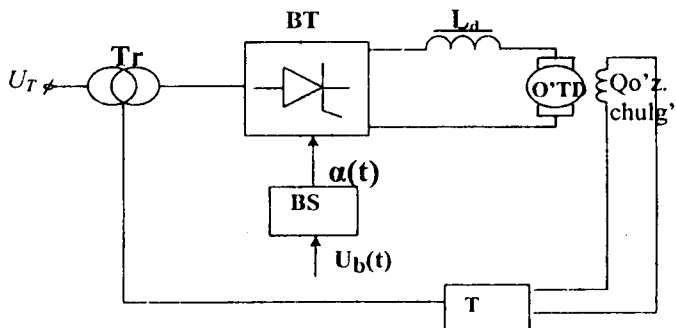
O'zgarmas tok dvigatellarida doimo

$$\tau_{El.YaK} < \tau_{El.Mex} \quad (11)$$

O'zgarmas tok dvigatelini yurgizishda (11) ifodani doimo hisobga olish zarur, chunki yakor chulg'aming qarshiligi katta emas. Shuning uchun dvigatel ishga tushirilganda (puskda) yakor birdaniga katta tezlik bilan aylanmaydi (massasi hisobiga), va shu vaqtda undagi teskari EYuK nolga teng va yakor zanjirlaridagi tokning qiymatlarida katta sakrashlar sodir bo'ladi.

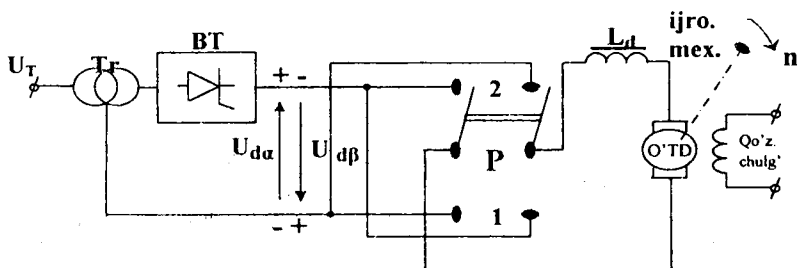


a)



b)

6-rasm. BT-O'TD tizimida dvigatelni yurgizish (a) diagrammalari va tizimning tuzilish (b) sxemasi



7-rasm. Tiristorli o'zgartgichning O'TD ga ishlash sxemasi

Bu holat $\tau_{El.YaK} < \Delta t < \tau_{El.Mex}$ oraliqda sodir bo'lib, tok qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$i_d = I_{ya} = \frac{U_d}{R_{ya}} \gg I_{ya.nom} \quad (12)$$

bu yerda $I_{ya.nom}$ - yakor chulg'ami tokining nominal (pasport) qiymati.

O'zgarmas tok dvigatelini yurgizishda Δt vaqt oralig'ida tok I_d qiymatini quyidagi shartga binoan

$$I_d \leq (2 \div 2,5) I_{ya.nom}, \quad (13)$$

asta oshirib borish kerak, ya'ni dvigatel yurgizish tokini cheklash kerak. Aks holda yurgizish vaqtida tokdagi katta sakrashlar yakor chulg'amining kuyishiga olib keladi.

BT - O'TD tizimida yurgizish tokini cheklash dvigatelni ta'minlovchi kuchlanishni ravon oshirish bilan amalga oshirish mumkin (6,a-rasm). Bu usulda dvigatelning yurgizish tokini ma'lum ($I_{ya.nom} \div 2 I_{ya.nom}$) oraliqda cheklash uchun, ya'ni yakor zanjiridagi tokning qiymatlarida katta sakrashlar bo'lmasligi uchun yakorga beriladigan $U_{da} = U_{ya}$ kuchlanish bosqichma-bosqich asta oshirib boriladi. Bu esa to'g'rilagichning boshqarish burchagi α ni ham mos holda bosqichma-bosqich asta kamaytirishni talab etadi. Bosqichlar soni qancha ko'p bo'lsa, dvigatelning ishga tushishi (yurgizish) shuncha yumshoq kechadi. Dvigatelni yurgizish va aylanishini boshqarish uchun xizmat qiladigan BT-O'TD tizimining struktura ko'rinishi 6,b-rasmda ko'rsatilgan.

O'zgarmas tok dvigatelini tormozlashda (11) ifodadagi tengsizlikni hisobga olmasa ham bo'ladi, chunki yakor tokidagi pastga tomon katta sakrashlar salbiy oqibatlariga olib kelmaydi. Ammo tormozlashda dvigatel maxovigi massasida yig'ilgan W energiyani yo'qotish masalasini hal etish kerak. Faraz qilamiz, dvigatel $t=t_1$ onda $n=n_1$ aylanish tezligida aylanayotganda uning maxovigi massasida $W=W_1$ energiya yig'ilgan. Tormozlash ($n_1 \rightarrow 0$) vaqtida ushbu energiyani ($W_1 \rightarrow 0$) yo'qotish uchun tormozlashning uchta usulini qo'llash mumkin:

- 1) o'z holicha (U_d kuchlanish dvigatelga berilmaydi, ya'ni $U_{da}=0$ va ishqalanishlar hisobiga erkin tormozlash);
- 2) dinamik (W_1 energiyani issiqlik energiyasiga aylantirish hisobiga majburiy tormozlash);
- 3) rekuperativ (W_1 energiyani elektr tarmoqqa qaytarish hisobiga majburiy tormozlash).

Erkin tormozlashga ko'p vaqt sarf bo'lgani uchun bu usul ishni tamomlab dvigatelni o'chirishda ishlatiladi.

Dinamik tormozlashda yakor chulg'ami to'g'rilagichdan uziladi va rezistorga ulanadi. Natijada aylanuvchi yakorda yig'ilgan energiya rezistorda issiqlikka aylanadi. Bu usul tejimli hisoblanmaydi, lekin soddaligi tufayli onda-sonda yurgiziladigan va to'xtatiladigan mexanizmlarning elektr yuritmasida qo'llaniladi.

Rekuperativ tormozlash yakorda hosil bo'lgan teskari - EYuK qiymati to'g'rilangan kuchlanish qiymatidan katta bo'lganda ($E_d > U_{da}$) va ular bir-biriga qarama-qarshi ta'sir qilganda sodir bo'ladi. Chunki bunda dvigatelga to'g'rilagichdan kuchlanish berilmaydi ($U_{da} \approx 0$), yakor esa inersiya tufayli aylangani uchun unda EYuK hosil bo'ladi, ya'ni elektr mashina dvigatel rejimidan generator rejimiga o'tadi.

Rekuperativ tormozlash asosan BT-O'TD tizimli elektr yuritmada ishlatiladi (7-rasm). Bunda o'zgartkich qurilmasi (to'g'rilagich sxemasi) to'g'rilagich rejimidan (BT dan) boshqarish tizimi BS yordamida bog'liq invertor (BI) rejimiga o'tkaziladi.

Dvigatelni rekuperativ tormozlashda kontaktor P yordamida to'g'rilagich va O'TD o'zaro hosil bo'lgan EYuK ga teskari ulanadi. Mazkur usul tejimli bo'lib, tez-tez yurgizib va to'xtatib turiladigan elektr yuritmalarda keng qo'llaniladi.

Ventilli o'zgarmas tok elektr yuritmasining tuzilishi

O'zgarmas tok dvigatelining yakoriga berilayotgan o'zgarmas kuchlanish qiymatini o'zgartirish hisobiga dvigatel aylanish tezligini boshqarish va stabillash uchun qo'llaniladigan ventilli o'zgarmas tok elektr yuritmasining struktura (tuzilish) sxemasi 8 – rasmda keltirilgan.

O'zgarmas tok dvigatelining qo'zg'atish chulg'ami boshqarilmaydigan to'g'rilagichdan o'zgarmas tok iste'mol qiladi, yakor chulg'amiga esa boshqariladigan to'g'rilagichdan (BT) qiymati rostlanadigan o'zgarmas kuchlanish U_{da} beriladi. O'TDga yuklamadan tashqari aylanish tezligini kuchlanishga o'zgartiruvchi taxogenerator (TG) ulangan. Aylanish tezligini rostlash quyidagicha amalga oshadi.

Rostlash qonuniyatini belgilaydigan kuchlanish U_z qiymatini o'zgartirib (R/I potensiometr yordamida), U_z kuchlanish va taxogenerator chiqishidagi kuchlanish U_{TG} farqi olinadi. Natijaviy kuchlanish (rostlanish kuchlanishi – U_B) kuchaytirgich K da kuchaytirilib BTning boshqarish tizimiga (BS) beriladi. U_B kuchlanish ta'sirida boshqarish tizimida shakllangan boshqaruvchi (ochuvchi) impulsning tiristorlarga berish onlari, ya'ni boshqarish burchagi α ning qiymatini o'zgartiradi.

Natijada mos ravishda ma'lum tiristorlarning ochilish onlari o'zgaradi va mos ravishda BT chiqishidan O'TD yakoriga berilayotgan o'zgarmas kuchlanish U_{da} ning o'rtacha qiymati o'zgaradi, ya'ni

$$U_{da} = U_{d0} \cdot \cos \alpha,$$

bu yerda: U_{d0} – BT chiqishida $\alpha=0$ holdagi o'zgarmas kuchlanishning o'rtacha qiymati;

α - boshqarish burchagi.

O'zgarmas tok dvigatelining yakoriga berilayotgan kuchlanish U_{da} qiymatining o'zgarishi esa, uning aylanish tezligini o'zgarishiga olib keladi.

Destabilizatsiya ta'sirlari (dvigatel yuklamasining, tarmoq kuchlanishning, tashqi haroratning, yakor zanjiri qarshiligining o'zgarishlari) oqibatida dvigatel aylanish tezligini stabilash uchun qurilmaga teskari aloqa zanjirini kiritish kerak. Bunda $U_Z = \text{const}$ bo'lgan holda ham destabilizatsiya ta'sirlari mavjud bo'lsa, O'TDning aylanish tezligi o'zgaradi, natijada TG chiqishidagi kuchlanish U_{TG} qiymati o'zgaradi. Kuchlanishi U_{TG} ning o'zgarishi, rostdash kuchlanishini

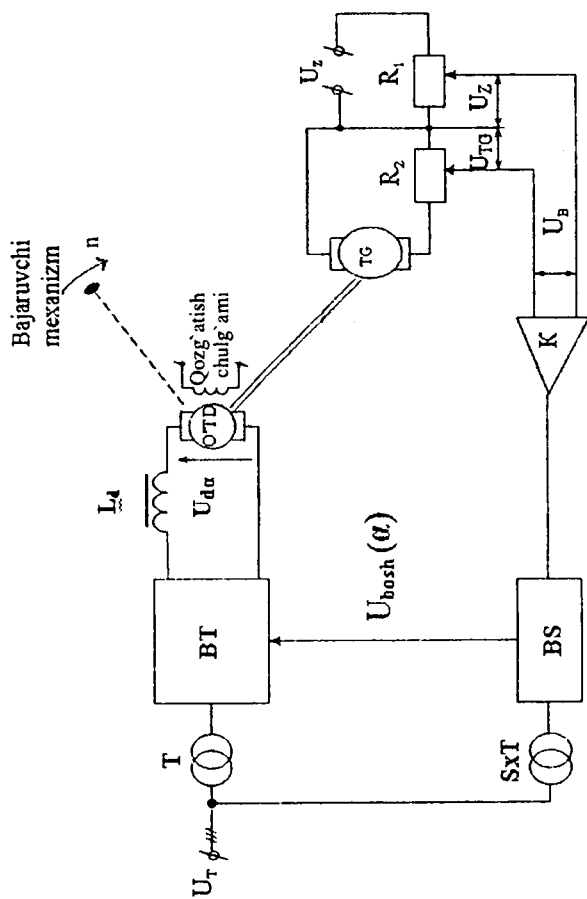
$$U_B = U_{TG} - U_Z$$

va natijada boshqarish burchagi α ni hamda mos holda kuchlanish U_{da} ning qiymati o'zgarishiga olib keladi.

Shuni ta'kidlash kerakki, teskari aloqa manfiy bo'lib, destabilizatsiya ta'sirida ($U_Z = \text{const}$ bo'lsa ham) O'TD aylanish tezligi kamaysa, kuchlanish U_{TG} qiymati kamayadi, natijada kuchlanish U_B qiymati kamayib boshqarish burchagi α qiymatini kamaytiradi. Bu esa yuqoridagi ifodaga asosan BT chiqishidagi kuchlanish U_{da} qiymatini va oqibatda O'TD aylanish tezligini oshirib, oldingi tezlikni ta'minlashga olib keladi.

Destabilizatsiya ta'sirida O'TD aylanish tezligi oshsa, burchak α qiymati oshadi, kuchlanish U_{da} kamayadi va natijada O'TD aylanish tezligi ham kamayadi.

Shunday qilib, manfiy teskari aloqa O'TD aylanish tezligini stabilashga olib keladi [6,7,8].



8-rasm. O'zgaras tok elektr yuritmasining tuzilish sxemasi

To'g'rilagichlarning boshqarish tizimlari haqida umumiy ma'lumotlar va ularga qo'yiladigan talablar

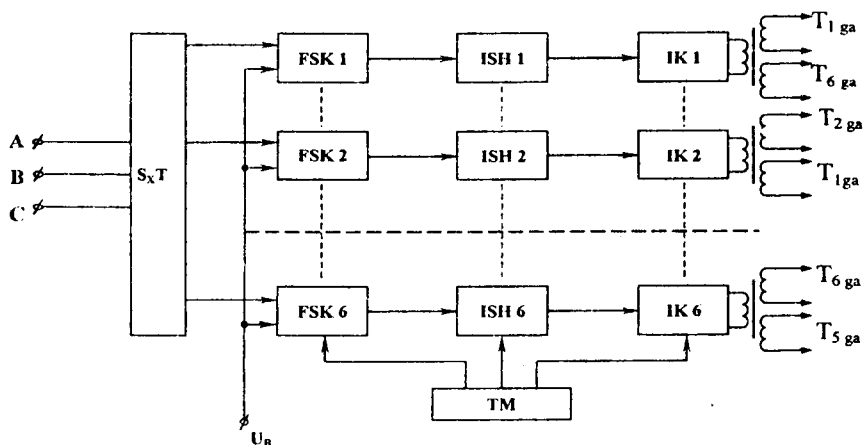
Boshqariladigan to'g'rilagichlarning boshqarish tizimlari to'g'rilagich tiristorlarini kerakli onda ochish uchun xizmat qiladigan boshqarish impulsini shakllantirish, ularni fazalar bo'yicha taqsimlash va faza siljitish qurilmasi yordamida ularni tiristorlar anod kuchlanishga nisbatan fazasini, ya'ni boshqarish burchagi α qiymatini o'zgartirish uchun xizmat qiladi.

Boshqarish impulsining parametrlariga qo'yiladigan talablar tiristor toifasiga, to'g'rilagich sxemasiga, yuklama xarakteriga va sxemaning ishlash rejimiga bog'liqdir. Tiristorlarni ishonchli ochish uchun impuls parametrlari (boshqarish toki qiymati I_{bosh} va boshqarish kuchlanish qiymati U_{bosh}) shunday qiymatga ega bo'lishlari kerakki, bu qiymatlar tiristorlarning boshqarish xarakteristikalaridagi ishonchli ishlash sohasida bo'lishi kerak. Tiristor ochilgandan so'ng boshqarish zanjiri tiristorning ishlashiga hech qanday ta'sir qilmaganligi uchun boshqarish impulsini ingichga qilib olish maqsadga muvofiqdir. Tiristorlarning yopilishi ulardagi anod toki qiymati nolga tushganda yoki anod toki tiristorni ochiq holda ushlab turish tokidan kichik bo'lgan holda sodir bo'ladi.

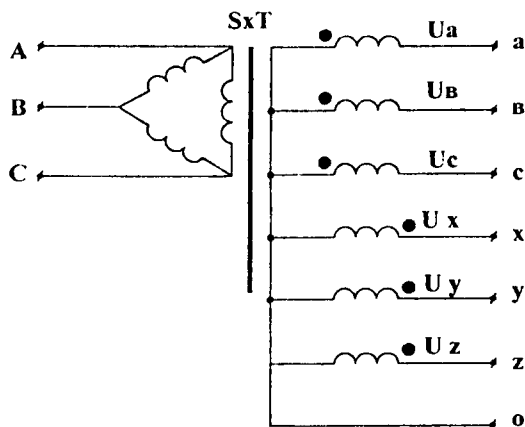
Boshqarish impulsining keng tarqalgan shakllaridan biri, bu - to'g'ri to'rtburchakli impulsdir. Boshqarish impulsining minimal davomiyligi (kengligi) tiristor anod tokining uning ochilishi toki qiymatigacha o'sishi uchun kerak bo'lgan davomiylik vaqti bilan aniqlanadi. To'g'rilagich aktiv yuklamaga ishlaganda boshqarish impulsining minimal qiymati tiristorning xususiy ochilish vaqti bilan aniqlanadi va $(1 \div 100)$ mks oraliqda bo'ladi. Agar to'g'rilagich induktiv yuklamada ishlasa, boshqarish impulsining davomiyligini oshirish maqsadga muvofiqdir, chunki impulsning ta'sir etish davomida tiristordagi tok uning yoqilish toki qiymatigacha yetib olishi kerak [1, 2].

Uch fazali ko'priksimon to'g'rilagichning boshqarish tizimiga qo'yilgan talablardan biri bu - tiristorning boshqarish elektrodida davomiyligi 60° ga siljigan juft davomiyligi qisqa impulslar hosil qilishdan yoki davomiyligi 60° dan katta bo'lgan bitta keng impulslar hosil qilishdan iborat [1, 2, 3, 4].

Boshqarish tizimlari bir kanalli yoki ko'p kanalli bo'lishi mumkin. Ko'p kanalli boshqarish tizimida boshqarish impulsari har bir kanal uchun (yoki tiristorlar guruhi uchun) alohida shakllantiriladi.



9-rasm. Uch fazali ko'prik sxema boshqariladigan to'g'rilagichning olti kanalli boshqarish tizimining tuzilish sxemasi



10-rasm. Sinxronlashtiruvchi qurilma sifatida ishlatiladigan ko'p chulg'amli transformatorning tuzilishi

To'g'rilagichning uch fazali noli chiqarilgan sxemasi uchun impulslarni shakllantiruvchi uchta kanal ishlatilsa, uch fazali ko'priksimon sxemasi uchun oltita kanal kerak bo'ladi.

9-rasmda olti kanalli boshqarish tizimining soddalashgan ko'rinishi keltirilgan. Bu yerda:

- S_xT – sinxrotransformator,
- FSQ – faza siljitish qurilmasi,
- ISh – impuls shakllantirgichi,
- IK – impuls kuchaytirgichi,
- U_B – boshqarish kuchlanishi,
- TM – ta'minlash manbai.

Bir kanalli boshqarish tizimida impulslarni shakllantirish bitta kanalda sodir bo'lib, impulslar kerakli tiristorlarga taqsimlanadi. Faza siljitish qurilmasi toifasiga ko'ra «gorizontal» boshqarish, «vertikal» boshqarish usullari mavjud.

Tiristorli o'zgartkichlarda «vertikal» boshqarish usuli keng qo'llaniladi. Bu usulda impuls shakllantirgichi kirishida «tayanch», ya'ni o'zgaruvchan kuchlanish bilan o'zgarmas boshqarish U_B kuchlanishlari taqqoslanadi. Kuchlanishlarning oniy qiymatlari teng bo'lgan vaqtda, boshqaruvchi impulsning oldingi fronti shakllanadi. Demak boshqarish kuchlanishi U_B qiymatini o'zgartirib, boshqarish impulslari fazasini o'zgartirish mumkin bo'ladi.

Ko'pincha tayanch kuchlanish tarmoq kuchlanishi bilan sinxronlashtirilgan. Shuning uchun bunday boshqarish tizimlari sinxron boshqarish tizimlari ham deyiladi. Sinxronlashtiruvchi qurilma sifatida esa pasaytiruvchi maxsus transformator ishlatiladi (10-rasm), boshqarish tizimida nechta kanal bo'lsa, transformatorning ikkilamchi chulg'amlar soni shuncha bo'lishi kerak[1].

O'ZGARMAS TOK ELEKTR YURITMASI UCHUN VENTILLI O'ZGARTKICH SXEMASINI HISOBLASH

Boshqariladigan to'g'rilagich sxemasining katta quvvatli qismini hisoblash tartibi

To'g'rilagich qurilmalarini loyihalashda uning elementlarini kerakli parametrlari bilan tanlash uchun to'g'rilagich sxemasi hisoblanadi. To'g'rilagichlarni hisoblashda boshlang'ich ma'lumotlar bo'lib yuklamadagi o'zgarmas kuchlanish U_d va tok I_d , yuklama tokining pulsatsiya koeffitsienti K_p , tarmoq kuchlanishning ta'sir etuvchi qiymati U_T , dvigatel tezligini boshqarish diapazoni n_{nom}/n_{min} kerak bo'ladi.

a) To'g'rilagich sxemasini tanlash

To'g'rilagich sxemalarini tanlash asosan to'g'rilagich quvvatiga, kuchlanishiga, pulsatsiya koeffitsientiga va boshqa talablar bo'yicha bajariladi. Masalan, bir fazali to'g'rilagich sxemalari kichik va o'rta quvvatli to'g'rilagichlarda pulsatsiya koeffitsientiga yuqori talab bo'lmagan hollarda ishlatiladi (bir fazali ikki yarim davrli to'g'rilagich sxemalarni chiqishdagi kuchlanish pulsatsiyasi - $K_p \approx 67\%$). O'rta va katta quvvatli to'g'rilagichlar pulsatsiya koeffitsienti $K_p \approx 25\%$ bo'lgan uch fazali noli chiqarilgan (1,a-rasm) va $K_p \approx 5,6\%$ bo'lgan uch fazali ko'priksimon (2,a-rasm) to'g'rilagich sxemalari asosida yig'iladi.

Uch fazali ko'priksimon to'g'rilagich sxemasi uch fazali noli chiqarilgan to'g'rilash sxemasiga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

1. To'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati ikki marta katta (agar to'g'rilagichlarning kirish kuchlanishlari teng bo'lsa);
2. Teskari kuchlanish bo'yicha ventillar kichik kuchlanishga mo'ljallanganlarni ishlatilishi (agar to'g'rilagichning chiqish kuchlanishlari teng bo'lsa);
3. To'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiya koeffitsienti kichik;
4. Transformatorning quvvati kichik (yuklama quvvatiga nisbatan).

Uch fazali ko'priksimon to'g'rilagich sxemasining uch fazali noli chiqarilgan sxemaga nisbatan kamchiligi – ventillar sonining va shu sababli boshqarish tizimidagi kanallar sonining ikki marta ko'pligidir.

Sxema tanlash tajribasida (amalda) yuqorida keltirilgan asosiy ko'rsatkichlardan tashqari chidamlilik, narxi, og'irligi, hajmi va boshqa ko'rsatkichlar ma'lum holatlarda asosiy mezon bo'lishi mumkin.

b) Ventillarni tanlash

To'g'rilagich sxemasida ishlaydigan ventillar ulardan oqadigan tok va ularga tushadigan teskari kuchlanishning maksimal qiymatlari bo'yicha tanlanadi.

Ushbu qiymatlarni aniqlash uchun avvalo yuklama quvvatining P_d va kuchlanishning U_d qiymatlariga ko'ra to'g'rilangan tokning o'rtacha qiymati quyidagicha hisoblanadi

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} [A],$$

so'ngra ventildan oqib o'tuvchi tokning o'rtacha qiymati hisoblanadi

$$I_{a.o'r} = a \cdot I_d [A].$$

Bu yerda: a – to'g'rilangan tok qiymati bilan ventildan oqib o'tuvchi tokning o'rtacha qiymatini bog'lovchi koeffitsient bo'lib, uch fazali sxemalar uchun $a = 0,33$ ga teng.

Ventilni tok bo'yicha aniqlash uchun undan oqadigan o'rtacha tokning ruxsat etilgan qiymatini topish kerak

$$I_{a.o'r.rux} = K_{Z.T.} \cdot I_{a.o'r} [A].$$

bu yerda: $K_{Z.T.} = (1,8 \div 2)$ – tok bo'yicha zaxira koeffitsienti.

Qiymat $I_{a.o'r.rux}$ tok bo'yicha ventil tanlanadi. 2-jadvalda «T» toifali 25÷200 A toklar uchun mo'ljallangan tiristorlar uchun [12] da berilgan ma'lumotlar keltirilgan.

Agar ventildan oqib o'tuvchi tokning o'rtacha qiymati katta bo'lib, unga mo'ljallangan ventilni topish iloji bo'lmasa, bir nechta bir xil tokga mo'ljallangan ventillarni parallel ulab ishlatish mumkin. U holda bitta ventildan oqadigan tokning o'rtacha qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$I_{a.o'r} = \frac{I_{a.o'r}}{n \cdot K_i} [A].$$

bu yerda K_i – parallel ulangan ventillardan oqadigan toklarning tengsizligini hisobga oluvchi koeffitsient,

$$K_i = 0,7 + \frac{0,3}{n}; \quad n - \text{parallel ulangan ventillar soni.}$$

2-jadval

Tiristorning toifasi	T 25	T 50	T 100	T 160	T 200
Tiristorning toki $I_{a.o'r}, A$	25	50	100	160	200
Takrorlanuvchi kuchlanish U_{takr}, V	50-1200	—	—	—	—
Qayta takrorlanmaydigan kuchlanish $U_{k.takr}, V$	60-1340	—	—	—	—
Chegaraviy kuchlanish U_o, V	1,3	1,2	1,3	1,18	1,3
To'g'ri va teskari siljish toki $I_{to'g'.sil}, I_{tes.sil}, MA$	10	15	20	20	40
Zarb toki impulsining amplitudasi $I_{zarb.rux}, A$	800	1500	3000	3300	3500
Issiqlik ekvivalenti integrali $\int i^2 dt, A^2 t$	3200	11000	45000	54450	61250
Tokning o'sish tezligi $di/dt, A/mks$	10	—	—	30	—
Kuchlanishning o'sish tezligi $dU/dt, V/mks$	—	—	—	500	—
Dinamik qarshiligi $10^{-5} R_d, Om$	800	336	200	107	100
Turg'un issiqlik qarshiligi $R_T, C^\circ/Bt$	0,9	0,5	0,21	0,16	0,19
Ochilish vaqti t_{och}, mks	010	—	—	—	20
Yopilish vaqti t_{yop}, mks	40-100	—	—	40-200	—
Boshqarish toki I_B, mA	200	300	—	—	—
Boshqarish kuchlanishi U_B, V	5,5	7,0	—	—	—

Ventil toifasi aniqlangandan so'ng uning sinfini aniqlash uchun unga tushadigan teskari kuchlanishning maksimal qiymati hisoblanadi:

$$U_{\text{tes.max.}} = K_{sx} \cdot U_d [V],$$

bu yerda: K_{sx} – to'g'rilagich sxemasi koeffitsienti. $K_{sx} = 2,09$ – uch fazali noli chiqarilgan to'g'rilagich sxemasi uchun, $K_{sx} = 1,045$ – uch fazali ko'priksimon to'g'rilagich sxemasi uchun; U_d – to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish (silliqlovchi filtrdagi kuchlanish tushuvi hisobga olinmasa $U_d = U_{yu}$ bo'ladi).

Ventillardagi toklar kommutatsiyasi vaqtida teskari kuchlanish ortishini hisobga oluvchi kuchlanish bo'yicha zaxira koeffitsienti ($K_{Z.K} = 1,3 \div 1,5$)ni ishlatib, takrorlanuvchi deb ataluvchi kuchlanish qiymatini topish kerak:

$$U_{\text{takr}} = K_{Z.K} \cdot U_{\text{tes.maks.}} [V]$$

Takrorlanuvchi kuchlanish qiymati orqali tanlanayotgan ventilning sinfi aniqlanadi:

$$N_{\text{inf}} \geq \frac{U_{\text{takr}}}{100}.$$

d) Ventillarning qizishga tekshirish

Yarimo'tkazgichli ventillarning tok bo'yicha yuklanish qobiliyati ulardagi p – n o'tish ning qizishi bilan, ya'ni p – n o'tishdan to'g'ri tok oqayotganda unda sodir bo'ladigan quvvat isrofi bilan aniqlanadi. Agar bu qizish harorati tanlangan toifali ventil uchun ma'lumotnomada keltirilgan ruxsat etilgan harorat qiymatidan katta bo'lsa ventilni radiatorga (sovitgichga) o'tkazib ishlatish tavsiya etiladi.

Ventildan to'g'ri tokni oqishi hisobiga hosil bo'ladigan quvvat isrofi: $\Delta P_v = U_o \cdot I_{\text{o.r}} + R_d \cdot I_{\text{eff}}^2 [V]$, bu yerda: U_o - ventilning volt – amper tavsifidan aniqlanadigan yoki ma'lumotnomadan (2-jadvaldan) olinadigan qiymat bo'lib, ventildan tok oqayotganda undagi kuchlanish tushuvi,

R_d - ventilning volt – amper tavsifidan aniqlanadigan yoki ma'lumotnomadan (2-jadvaldan) olinadigan qiymat bo'lib, ventildan tok oqayotganda uning dinamik qarshiligi,

I_{eff} - ventildan oqayotgan to'g'ri tokning ta'sir etuvchi qiymati, ya'ni

$$I_{\text{eff}}^2 = S \cdot I_{\text{a.o.r.}}$$

Uch fazali to'g'rilagich sxemalari uchun $S = \sqrt{3}$ bo'lib, tokning o'rtacha qiymatini ta'sir etuvchi qiymati bilan bog'lovchi koeffitsientidir.

O'zgarmas yuklamada ventilning qizish harorati quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$\Delta\theta = \Delta P_v \cdot R_T \quad [^{\circ}\text{C}],$$

bu yerda R_T – ventilning turg'un qarshiligi bo'lib, qiymati ma'lumotnomada (2-jadval) keltirilgan.

Ventillarni tanlashda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\theta_v = \Delta\theta + \theta_{\text{atof}} < \theta_{\text{cheg}},$$

bu yerda θ_{atof} – atrof muhit harorati, θ_{cheg} – ventil uchun ruxsat etilgan temperatura (qiymatini $\theta_{\text{cheg}} = 125^{\circ}\text{C}$ deb olish mumkin).

Agar ushbu shart bajarilmasa, tanlangan ventillarni radiatorlarda ishlatish kerak.

e) Transformatorni tanlash

Transformatorni tanlash uchun uning to'la quvvatini aniqlash kerak

$$S_{\text{va}} = \frac{P_d}{\Psi \cdot \cos \varphi} \quad [V \cdot A].$$

bu yerda P_d – yuklama dvigatelining quvvati,
 Ψ – transformator birlamchi chulg'amidagi tok shaklining buzilishi koeffitsienti ($\Psi = 0,826$ – uch fazali noli chiqarilgan, $\Psi = 0,955$ – uch fazali ko'priksimon to'g'rilagich sxemalari uchun),
 φ – tarmoq kuchlanishi va transformator birlamchi chulg'amidan oqadigan tok orasidagi faza siljish burchagi (agar kommutasiya burchagi $\gamma = 0$ bo'lsa) $\cos \varphi = \cos \alpha$, ya'ni $\varphi = \alpha$ bo'ladi.

Dvigatelning minimal aylanish tezligini ta'minlovchi boshqarish burchagining maksimal qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$\cos \alpha = \frac{U_{d\alpha}}{U_{d0}},$$

$$\alpha = \arccos \frac{U_{d\alpha}}{U_{d0}} \quad [\text{grad}].$$

bu yerda U_{d0} da to'g'rilagich chiqishidagi $\alpha = 0$ o'zgarmas kuchlanishning maksimal qiymati.

Tarmoq kuchlanishi qiymatini o'zgarishini ($\pm \Delta U_T$) hisobga olgan holda

$$U_{d0} = U_d \pm \Delta U_d = U_d \pm \frac{\Delta U_T}{100} \cdot U_d \quad [V].$$

Dvigatelning minimal aylanish tezligini ta'minlovchi to'g'rilagich chiqishidagi $U_{d\alpha}$ kuchlanish qiymati quyidagicha aniqlanadi: $\frac{U_{d0}}{U_{d\alpha}} = \frac{n_{nom}}{n_{min}}$, u

$$\text{holda } U_{d\alpha} = U_{d0} \cdot \frac{n_{nom}}{n_{min}} \quad [V].$$

To'la quvvat S_{yu} ning qiymatiga ko'ra ventilli yuritmalarda ishlatiladigan o'zgartkich qurilmalari uchun mo'ljallangan uch fazali TT toifali transformator tanlanadi. Bunday transformatorlarning [6] asosiy parametrlari 3-jadvalda keltirilgan.

Transformator 380 V kuchlanishli tarmoqqa ulansa chulg'amlarni Y/Y ulash usuli, 220 V kuchlanishli tarmoqqa ulansa, chulg'amlarni Δ/Y ulash usuli qo'llaniladi, ikkala holat uchun ham ikkilamchi chulg'am kuchlanishi 180 V bo'ladi.

Tanlangan transformator uchun uning elektr parametrlarini aniqlash lozimdir.

Transformatorning transformatsiyalash koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi: $K = \frac{U_r}{U_{2f}}$,

$$\text{bu yerda } U_{2f} = \frac{U_{d0}}{K_{sx}} \quad [V],$$

$$K_{sx} = 1,17 - m=3 \text{ sxema uchun,}$$

$$K_{sx} = 2,34 - m=6 \text{ sxema uchun.}$$

Transformator chulg'amining to'la qarshiligi (bitta o'rami uchun)

$$Z_{TR} = \frac{U_{q1}(\%) \cdot U_{2f}^2}{100 \cdot \frac{S_{yu}}{3}} \quad [Om],$$

bu yerda $U_{q1}(\%)$ - transformatoridagi qisqa tutashuv kuchlanishi, bu kattalik ma'lumotnomadan (3-jadval) olinadi yoki taxminan quyidagi ifodadan topiladi

$$U_{q1}(\%) = (5 \div 6)\% \cdot U_{2f}^2.$$

Transformator chulg'amining aktiv qarshiligi

$$r_{TR} = \frac{U_{q1}(\%) \cdot U_{2f}^2}{100 \cdot \frac{S_{yu}}{3}} \quad [Om], \text{ yoki}$$

Tarnsform. turi	Tarnsform. quvvati, kV/A	Birlamchi chulg'am			Ikkilamchi chulg'am			U _{ka}	U _{ka} %	Chulg'amlardagi istrof, Vt
		Kuch-sh, V	Chulg'am soni	Sim diametri, mm	Kuch- sh, V	Chulg'am soni	Sim diametri, mm			
TT - 6	6	380/220	177	2,26	180	84	181x5,5	4,0	5 dan ko'p emas	240
TT - 8	8		143	1,56x3,8		68	1,81x6,9	3,2		250
TT - 11	11		126	3,05		60	3,28x5,1	3,0		330
TT - 14	14	380/220	118	1,81x5,5		56	3,28x6,9	2,8		390
TT - 19	19		101	2,63x5,9		48	2x(2,63÷5,3)	2,1		400
TT - 25	20		99	3,28x5,9	380/220	47	2x(3,28÷5,9)	2,0		500
TT - 32	32		82	3,28x6,9		39	2x(3,28÷6,9)	1,96		635

$$r_{TR} = P_q \cdot \left(\frac{U_{2f}^2}{S_{yu}} \right)^2 [Om],$$

bu yerda: $U_{q.a}$ - transformatoridagi qisqa tutashuv kuchlanishining aktiv tashkil etuvchisi, bu kattalik ma'lumotnomada (3 – jadval) berilgan.

$P_{q.t.}$ – transformatoridagi qisqa tutashuv quvvati, bu kattalik ma'lumotnomadan (3-jadval) olinadi yoki taxminan quyidagi ifodadan topiladi

$$P_{q.t.} = 0,03R_d [Vt].$$

Transformator chulg'aming reaktiv qarshiligi:

$$X_{TR} = \sqrt{Z_{TR}^2 - r_{TR}^2} [Om].$$

Transformatorning qisqa tutashuv toki va kuchlanishi orasidagi siljish burchagi:

$$\text{ctg}\varphi_K = \frac{r_{TR}}{X_{TR}}.$$

f) Ventillarning himoya elementlarini hisoblash

O'zgartkich qurilmalaridagi avariya holatlariga asosan qisqa tutashuv, yuklama tokining oshib ketishi va o'ta kuchlanish kabi nosozliklar kiradi. Qisqa tutashuv va o'ta yuklanishda toklar qiymatlarining juda oshib ketishi ventil o'zgartkichlar uchun xavflidir, chunki yarimo'tkazgichli asboblarning tok bo'yicha yuklanishi chegaralangan. Shuning uchun qisqa tutashuv toklarining qiymatlarini aniqlash muhimdir [1,2].

O'zgartkich qurilmalaridagi o'ta kuchlanishning va o'ta yuklanish toklarining eng katta amplituda qiymatlariga transformator parametrlarining va tarmoq tizimi parametrlarining qiymatlari ta'sir etadi.

Ventil toki amplitudasining eng katta (transformatorning φ_K ga bog'liq zarb toki) qiymatini hisoblash uchun qisqa tutashuvning faza toki qiymatini aniqlash kerak

$$I_{q1f} = \frac{U_{2f}}{Z_{TR}} [A].$$

Ushbu tokning amplituda qiymati

$$I_{q1\max} = 2 \cdot I_{q1f} [A].$$

11, a-rasmda keltirilgan qisqa tutashuv tokining amplituda (zarb) qiymatini to'g'rilagich ekvivalent sxemasini parametrlariga bog'liqligini

ko'rsatuvchi (qisqa tutashuv ekvivalent sxemasida faqat transformator parametrlari hisobga olingan deb faraz qilingandagi) egri chiziqdan ($i_{zarb} = f(ctg\varphi_K)$) foydalanib ventillarning tokining maksimal qiymati aniqlanadi

$$I_{zarb\ max} = i_{zarb} \cdot I_{q\ t.\ max} \quad [A].$$

Ushbu $I_{zarb\ max}$ tokining qiymati tanlangan ventill uchun ma'lumotnomada keltirilgan ushbu tokning ruxsat etilgan qiymatidan kichik bo'lishi kerak, ya'ni quyidagi shart bajarilishi kerak

$$I_{zarb\ max} < I_{zarb\ rux}$$

Qisqa tutashuv paytida tiristorga ta'sir etuvchi maksimal issiqlik ekvivalenti $I^2_{t_m}$ tanlangan tiristor uchun ma'lumotnomada keltirilgan ruxsat etilgan qiymatidan kichik bo'lishi kerak. 11, b-rasmda issiqlik ekvivalentining nisbiy qiymati $I^{2*}_{t_m}$ transformator parametri $ctg\varphi_K$ ga bog'liqligi ko'rsatilgan. Ushbu egri chiziqdan $I^{2*}_t = f(ctg\varphi_K)$ foydalanib issiqlik ekvivalentining absolyut qiymati topiladi

$$I^2_{t_m} = I^{2*}_{t_m} \cdot I_{q\ t.\ max} \quad [A^2 \cdot s].$$

Ventillarni qisqa tutashuv va o'ta yuklanish toklaridan yuqorida keltirilgan ogohlantirish choralarini qo'llashdan tashqari himoya uchun tez eruvchan saqlagichlar va avtomatik uzgichlar ishlatiladi.

4 – jadvalda PNB–5 toifali tez eruvchan saqlagichlarning ba'zi bir ko'rsatkichlari keltirilgan [1,6].

Saqlagichlarni transformatorning har bir fazasining ikkilamchi (yoki birlamchi) chulg'amlariga ketma – ket ulash mumkin.

Saqlagichlar transformatorning ikkilamchi chulg'amlariga ulanganda eruvchan moslamasidan oqib o'tadigan tokning ta'sir etuvchi qiymatiga ko'ra

$$I_{saq} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d \quad [A],$$

ventillarga ketma – ket ulanganda esa

$$I_{saq} = \frac{I_d}{\sqrt{3}} \quad [A] \quad \text{tanlanadi.}$$

Ularning himoya qilish qobiliyati quyidagi tengsizlikdan aniqlanadi

$$I^2_{t_v.\ rux} > I^2_{t_{saq}}$$

Saqlagichni transformatorning birlamchi chulg'amiga o'rnatishda transformatorning transformatsiya koeffitsiyentini inobatga olish maqsadga muvofiqdir, ya'ni

$$I_{t_{v, \text{rux}}}^2 \left(\frac{U_2}{U_1} \right)^2 > I_{t_{\text{uq}}}^2$$

Ventilli elektr yuritmalarida ventillardagi toklar kommutatsiyasi natijasida vujudga keladigan kommutatsiya o'ta kuchlanishlari nihoyatda xavflidir, chunki ular ma'lum sharoitlarda tanlangan ventillar uchun ruxsat etilgan teskari kuchlanishi qiymatidan oshib ketib, ventillarni ishdan chiqarishi mumkin.

O'ta kuchlanishlardan himoya qilish uchun ventillarga parallel qilib ketma – ket ulangan rezistor va kondensator ya'ni, RC - zanjir ulanadi. Rezistor qarshiligi va kondensator sig'iminining qiymatlari bu holda quyidagicha aniqlanadi

$$R \approx \frac{U_{q, \text{takr}} - U_d}{1,4 \cdot R_d} \quad [Om],$$

$$C = \frac{2 \cdot L_K \cdot K_K^2 \cdot I_d^2}{U_{q, \text{takr}}^2 - U_d^2} \quad [F],$$

bu yerda: $U_{q, \text{takr}}$ – ochiq tiristorga teskari, yopiq tiristorga esa to'g'ri tushadigan qayta takrorlanmaydigan o'ta kuchlanish bo'lib, uning qiymati ma'lumotnomada (2-jadval) keltirilgan;

U_d, I_d – to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish va tok qiymatlari;

K_K – himoya qurilmasi qo'llanishi natijasida o'ta kuchlanish qiymatining pasayish koeffitsienti;

L_K – o'ta kuchlanish hosil bo'ladigan zanjir induktivligi bo'lib, u transformator induktivligidan iborat bo'lsa:

$$L_K = \frac{X_{TK}}{2\pi f} \quad [Gn].$$

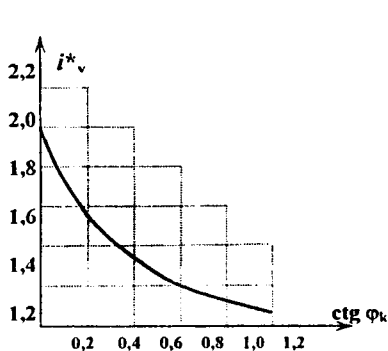
g) Silliqlovchi drossel induktivligi qiymatini hisoblash

O'rta va katta quvvatli to'g'rilagichlarda yuklama tokining pulsatsiyasini kamaytirish uchun yuklamaga ketma-ket silliqlovchi induktivlik ulanadi va uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

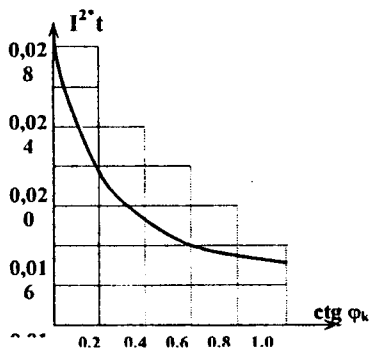
$$L_d \geq \frac{U_{d\text{nm}} - U_{d\text{yu}}}{m \cdot 2\pi f \cdot I_d} \quad [mGn],$$

bu yerda m – to'g'rilangan kuchlanishdagi pulsatsiyalar soni ($m = 3$ – uch fazali noli chiqarilgan, $m=6$ – uch fazali ko'priksimon to'g'rilagich sxemalari uchun);

$U_{d\text{nm}}$ – to'g'rilangan kuchlanishdagi pulsatsiya kuchlanishi qiymati



a)



b)

11-rasm. Zarb toki (a) va issiqlik ekvivalentining (b) transformator parametriga bog'liqligini ko'rsatuvchi egri chiziqlar

4-jadval

Saqlagich turi	Saqlagichning erish toki, A	Nominal kuchlanish, V	Eruvchanlikning issiqlik ekvivalenti, $A^2 \cdot s \cdot 10^3$	Kuchlanish, V
PNB5 – 380/100	40	220	0,4 – 4	220
PNB5 – 380/250	63	380	0,8 – 8	
	100		3 – 30	
	160		6 – 60	
PNB5 – 380/400	250		20 – 250	
	315		30 – 300	
	400		50 – 500	
	500		80 – 800	
PNB5 – 380/630	630		120 – 1200	
PNB5 – 660/100	63	660	1,8 – 18	600
PNB5 – 660/250	100		3 – 30	
	160		18 – 180	
	250		50 – 500	
PNB5 – 660/400	315		90 – 900	
	400		100 – 1000	
	500		100 – 1000	
PNB5 – 660/630	630		250 – 2500	

$$U_{dm} = U_{do} \frac{2}{m^2 - 1} \sqrt{1 + m^2 \lg^2 \alpha_{\max}} [V];$$

U_{dnyu} – yuklama kuchlanishidagi pulsatsiya kuchlanishi qiymati

$$U_{dnyu} = \frac{U_{do}}{100} \cdot K_n [V];$$

K_n – yuklama tokining pulsatsiya koeffitsienti

To'g'rilagich qurilmalari uchun amaliy kuchaytirgichli boshqarish tizimining ba'zi qismlarini tanlash va ishlatish

Hozirgi vaqtda ventilli o'zgartkich qurilmalarining yaratish muddati, hajmi va og'irligini kamaytirish hamda chidamliligi va ishlatish muddatini oshirish asosiy muammolardan hisoblanadi. Shuning uchun ham o'zgartkich qurilmasining texnik tavsiflari va ko'rsatkichlarini yaxshilash maqsadida ularning boshqarish tizimlarining asosiy qismlari integral mikrosxema ko'rinishidagi funksional uzellarda (qismlarda) bajarilmoqda.

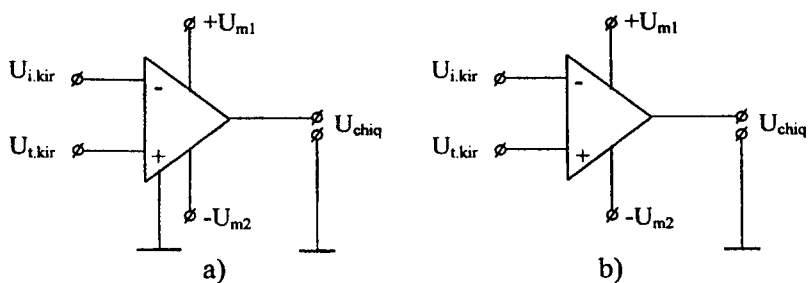
Boshqariluvchi to'g'rilagichlar boshqarish tizimlarining asosiy funksional qismlari K140, K153 toifadagi amaliy kuchaytirgichlar ishlatilayotgan ba'zi bir sxemalar bilan tanishamiz.

a) Amaliy kuchaytirgichlarning tavsif va parametrlari

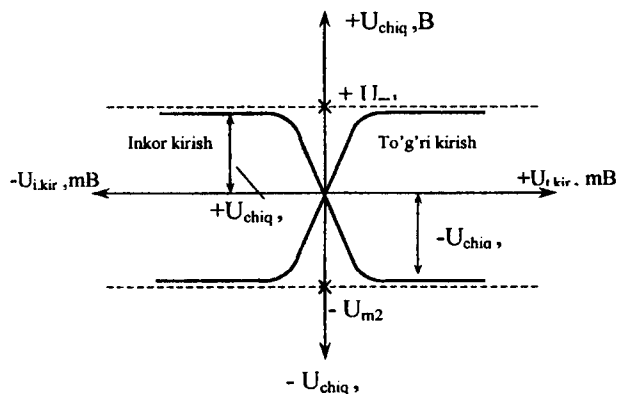
Ikkita kirish va bitta chiqishga ega bo'lgan, katta kuchaytirish koeffitsientli ($K=10^4-10^5$) o'zgarmas tok kuchaytirgichiga amaliy (operatsion) kuchaytirgich deyiladi. Integral mikrosxema ko'rinishidagi amaliy kuchaytirgichlarda (AK) kirish va chiqish oyoqchalaridan tashqari, ta'minlash manbaini va tavsif hamda ko'rsatkichlarining keraklisini olishda va qo'shimcha elementlar ulash uchun xizmat qiladigan oyoqchalari ham bor (12 a, b-rasmlar).

Amaliy kuchaytirichning bitta kirishi inkor kirish $U_{i, \text{kir}}$, ikkinchi kirishi esa to'g'ri kirish $U_{t, \text{kir}}$ bo'lib, agar kirish signali AK ning to'g'ri kirishiga berilsa, chiqish signalining ishorasi (fazasi) kirish signalining ishorasiga mos, agar kirish signali AK ning inkor kirishiga berilsa, chiqish signalining ishorasi aksincha (teskari) bo'ladi. Inkor kirish ko'pincha AK ga teskari bog'lanish zanjirini kiritish uchun xizmat qiladi.

Amaliy kuchaytirichning asosiy tavsiflaridan biri uning amplituda yoki o'tish tavsifidir (13-rasm). AK lar o'zining kuchaytirish, kirish, chiqish, energetika, chastota, tezligi va boshqa parametrlari bilan izohlanadi. 5-jadvalda K140 va K153 toifali AK larning parametrlari keltirilgan.



12-rasm. K140 UD1(a) va K153 UD1(b) seriyadagi amaliy kuchaytirgichlarning shartli belgilari



13-rasm. Amaliy kuchaytirgichlarning uzatish tavsifi

5-jadval

Toifa	K_u	U_{chiq} V	I_{ist} mA	U_{sil} mB	U_{kir} B	I_{kir} mA	R_{kir} MOm	R_{chiq} Om	f_{yu} MGs	U_m V
K140 UD1A	500	$\pm 2,8$	4,2	± 9	$\pm 1,5$	7000	0,004	700	3	$\pm 6,3$
K140 UD1B	1350	$\pm 5,7$	8	± 9	$\pm 1,5$	9000	0,004	700	8	$\pm 12,6$
K153 UD1A	>15000	± 10	<6	<7.5	± 5	<1500	>0.2	<200		± 15
K153 UD1B	>10000	± 9	<6	<7.5	± 5	<2000	>0.2	<200		± 15

b) Amaliy kuchaytirgichdagi taqqoslagichlar

Ikki kuchlanishni taqqoslovchi elektron sxemaga taqqoslagich (komparator) deyiladi (14 a-rasm).

Taqqoslagichlar impuls rejimida ishlaydigan elektron qism (uzel) bo'lib, asosan amaliy kuchaytirgichlarda yig'iladi (14 a, b, d – rasmlar). Taqqoslagich kirishlaridagi ikkala uzluksiz signal qiymatlari teng bo'lgan vaqtda, uning chiqishidagi kuchlanish o'z ishorasini o'zgartiradi (14, b-rasm).

AK ning to'g'ri kirishi orqali R_2 va R_3 qarshiliklar yordamida teskari bog'lanish zanjiri hosil qilinsa (14, d-rasm) va taqqoslagich gisterezis ko'rinishdagi (14, g-rasm) o'tish tavsifiga ega bo'lsa, bunday taqqoslagich Shmitt triggeri deyiladi. Bunday sxemada $U_{chiq}=U_{o'ch}$ teng bo'lganida sodir bo'ladi.

Ba'zan sinusoida shaklidagi signaldan to'g'riburchak shaklidagi impuls signalini hosil qilish uchun ham AK ishlatiladi. Bunda AK ning kirishini katta U_{kir} o'ta kuchlanishdan himoya qilish uchun AK ning kirishiga diodlar ulanadi.

d) Amaliy kuchaytirgichli arrasimon kuchlanish generatori

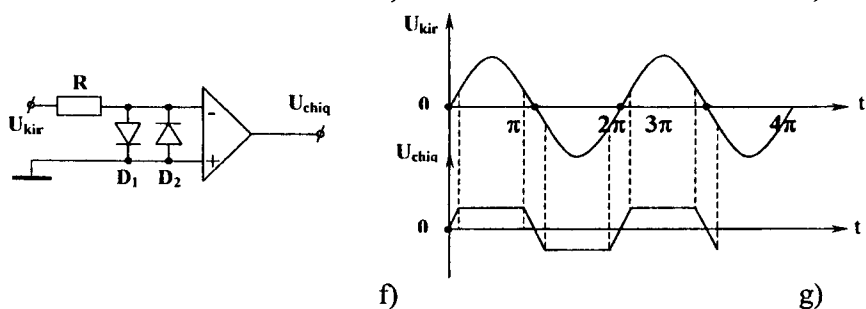
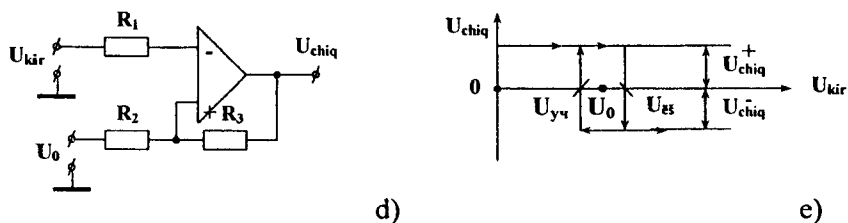
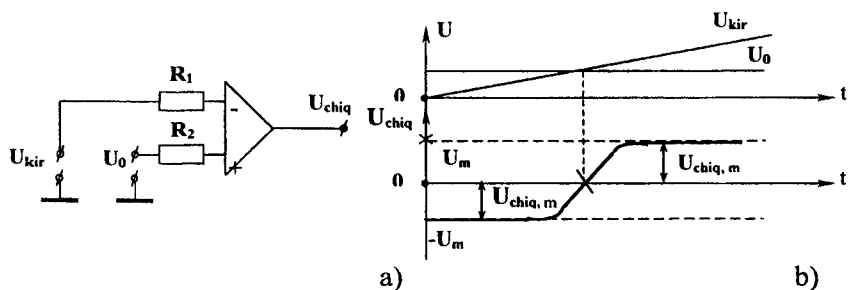
Arrasimon shakldagi impuls signallarni, ya'ni chiziqli o'zgaruvchan kuchlanishni hosil qiluvchi elektron qurilmaga arrasimon kuchlanish generatori (AKG) deyiladi. Bu generator asosan tranzistor va amaliy kuchaytirgichda qurilgan bo'lib, chiqishdagi arrasimon kuchlanish kondensator C ning davriy ravishda zaryadlanishi va razryadlanishi hisobiga hosil bo'ladi (15 a, b-rasm).

To'g'ri burchak shaklidagi kirish signali U_{kir} qarshilik R_3 orqali tranzistor T bazasiga beriladi. Agar $U_{kir}=0$ bo'lsa, tranzistor manba U_{sil} ta'sirida berk. Bu vaqtda kondensator qarshilik R_1 orqali manba U_m dan zaryadlana boshlaydi, ya'ni chiqishda arrasimon U_{chiq} signalning yuqoriga o'zgaruvchi (o'suvchi) qismi hosil bo'la boshlaydi.

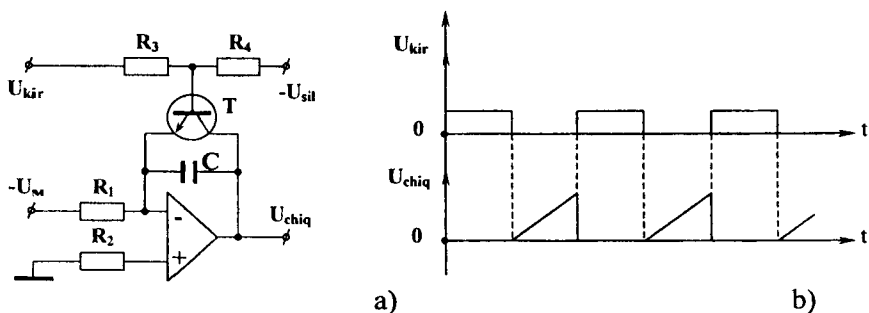
Agar $U_{knp} \neq 0$ bo'lsa, tranzistor ochiladi va kondensator tranzistor orqali razryadlanadi, ya'ni chiqish signali nolga tushadi $U_{chk} = 0$.

Bu jarayonlar davriy ravishda takrorlanishi natijasida AKG chiqishida kirish signali chastotasiga mos chastotali arrasimon kuchlanishlar (impulslar) hosil bo'ladi. AKG da amaliy kuchaytirgich integrator vazifasini bajargani uchun chiqish signalining qiymati quyidagicha aniqlanadi:

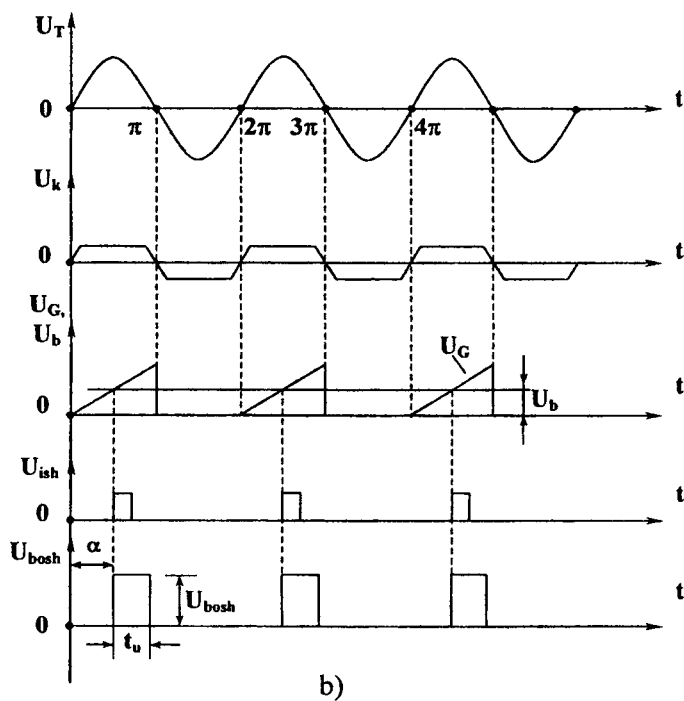
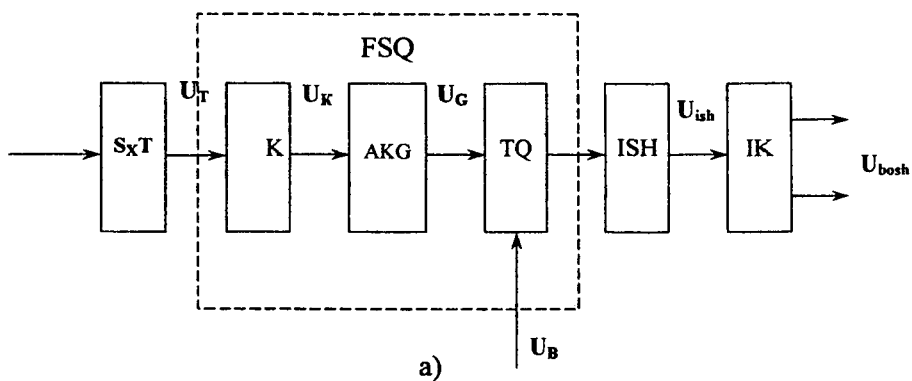
$$U_{chiq} = \frac{U_m \cdot t_u}{R_1 \cdot C}$$



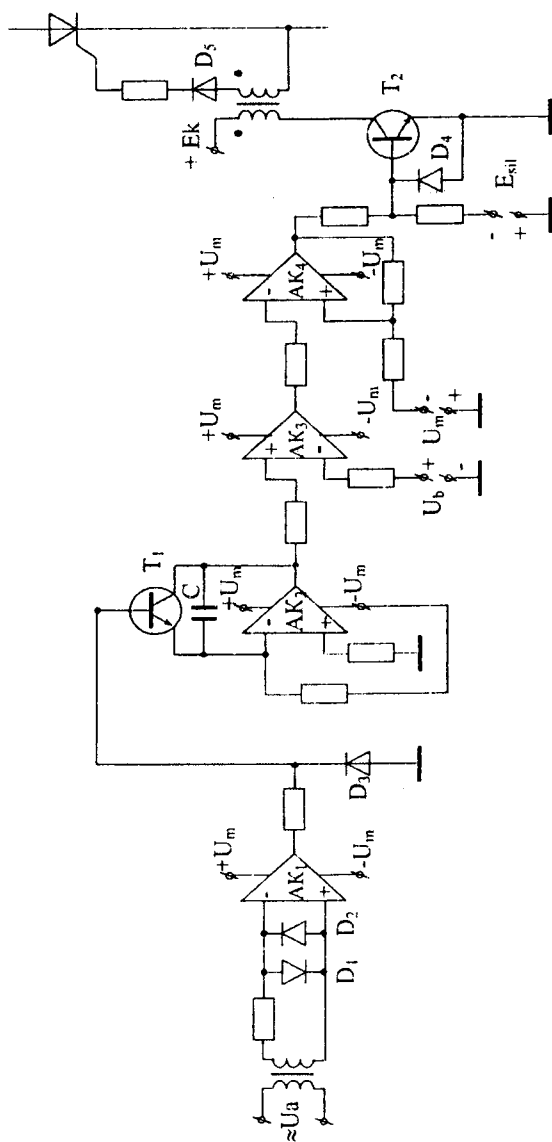
14-rasm. Taqqoslagich sxemalari va ularning ishlash diagrammalari



15-rasm. Arrasimon kuchlanish generatori sxemasi va undagi kirish hamda chiqish kuchlanishlari diagrammalari



16-rasm. To'g'rilagich boshqarish tizimining bitta kanalini tuzilish
(a) sxemasi va uning ishlash (b) diagrammalari



17-rasm. Boshqariladigan to'g'rilagich uchun boshqarish tizimi bitta kanalining sxemasi

*e) Boshqariladigan to'g'rilagichlarning analog
integral mikrosxemalarda tuzilgan boshqarish sxemasi*

16, a-rasmda boshqariladigan to'g'rilagichlarning «vertikal» usulda ishlaydigan boshqarish tizimining bitta kanali tuzilish sxemasi keltirilgan. Sxema quyidagicha ishlaydi. Sinxronizator (S_xT) chulg'amlari maxsus usulda o'ralgan transformator bo'lib, u to'g'rilagich sxemasidagi ventillarning tabiiy ochilish nuqtalarini boshqarish tizimi shakllantiradigan ochish impulslarining boshqarish burchagi α ning boshlanish nuqtasiga moslaydi, ya'ni sinxronizatsiyalaydi (16,b-rasm), hamda tarmoq kuchlanishini ma'lum miqdorgacha kamaytirib komparator (K) kirishiga beradi. Komparator sinxronizatorning sinusoidal shakldagi signalidan to'g'ri burchakli signallarni shakllantiradi va bu signallar arrasimon kuchlanish generatorining (AKG) tranzistorini (kalitni) boshqaradi. AKG chiqishidagi arrasimon shakldagi kuchlanish (impuls) taqqoslagich qurilmasiga (TQ) beriladi va unda boshqarish kuchlanishi U_B bilan taqqoslanadi. Arrasimon va boshqarish kuchlanishlarining oniy qiymatlari teng bo'lgan onda TQ chiqishida impuls shaklidagi signal shakllanadi. So'ngra bu signal ma'lum toifadagi tiristorni kafolatli ochish uchun kerakli uzunlikda (impuls shakllantirgichi – IShd) va qiymatda (impuls kuchaytirgichi – IKda) shakllantirilib, to'g'rilagich tiristorlarining boshqarish elektrodlariga beriladi.

17-rasmda boshqariladigan to'g'rilagichlarning «vertikal» usulda ishlaydigan boshqarish tizimining bitta kanalini analog integral mikrosxemalarda tuzilgan prinsipial sxemasi keltirilgan.

Boshqariladigan to'g'rilagichlarning raqamli boshqarish tizimlari ba'zi bir qismlarini tanlash va ishlatish

Boshqariladigan tiristorli o'zgartkich qurilmalarini mikrokontroller yoki mikro-EHM yordamida dasturli boshqarish uchun ularning boshqarish sxemalari raqamli integral mikrosxema ko'rinishidagi funksional uzellarda (qismlarda) bajarilmoqda.

Agar boshqarish tizimida axborot (signallar) raqamlar ko'rinishida qayta ishlansa, bunday tizim raqamli boshqarish tizimi deyiladi. Tiristorli o'zgartkich qurilmalarida raqamli boshqarish tizimlarining ishlatilishiga sabab:

1. Raqamli mikrosxemalar mustahkam, uzoq muddat davomida ishonchli xizmat qila oladi, arzon, ishlab chiqarish yaxshi yo'lga qo'yilgan va axborotlarni qayta ishlashda xatoligi kam.
2. Mikroprotessor yoki mikro-EHM yordamida boshqarish mumkin.

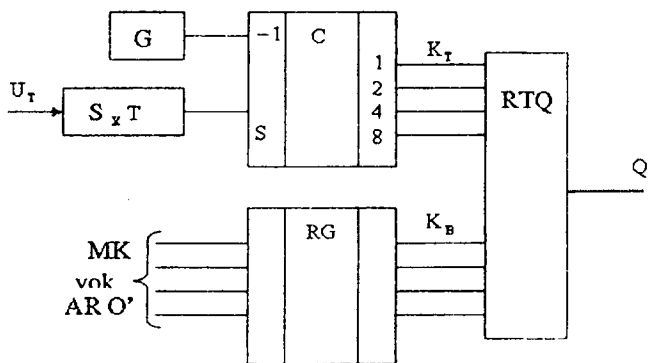
a) Raqamli faza siljitish qurilmasining tuzilishi

Tiristorli o'zgartkichlarning raqamli boshqarish tizimi boshqarish impulsari fazasini kod («0» va «1» raqamlar kombinatsiyasi) ko'rinishida hosil qiladi va uni impuls fazasiga o'zgartiradi. Mikrokontroller yoki analog-raqam o'zgartkichida boshqarish kodi K_B ga o'zgartirilgan boshqarish kuchlanishi U_B boshqarish tizimining raqamli faza siljitish qurilmasiga keladi, so'ngra impuls shakllantirgichi va impuls kuchaytirgichi orqali tiristorli o'zgartkich qurilmasidagi tiristorlarning boshqarish elektrodiga beriladi.

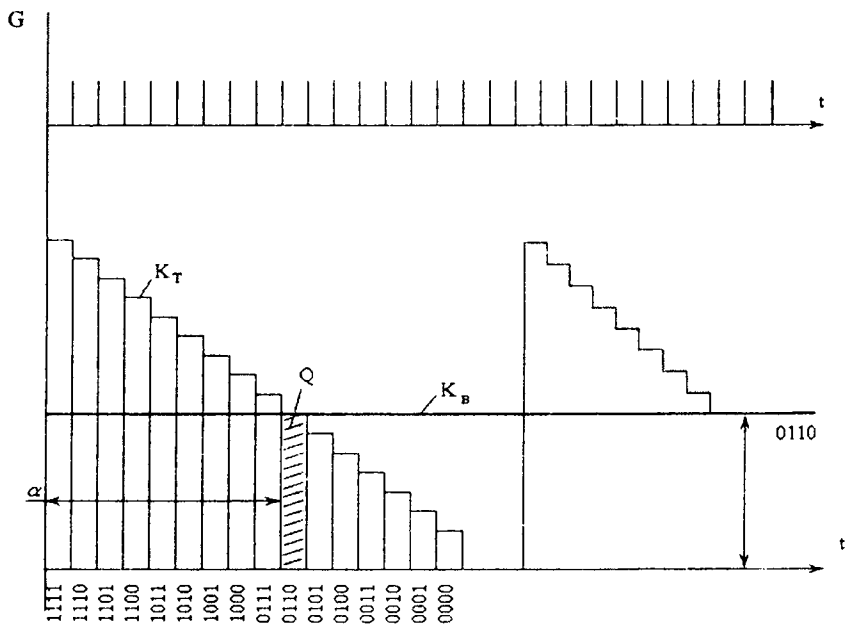
18, a-rasmda boshqariladigan to'g'rilagichning boshqarish tizimida ishlatiladigan to'rt razryadli ($n=4$) raqamli faza siljitish qurilmasining (FSQ) sxemasi va ishlash diagrammasi keltirilgan.

Mikrokontroller (MK) yoki analog-raqam o'zgartkichidan (ARO) kelayotgan parallel kod ko'rinishidagi boshqarish kodi K_B 0000 dan 1111 gacha bo'lgan 16 ta qiymatga ega bo'lib, bu kodlar raqamli taqqoslagich qurilmasiga (RTQ) beriladi.

Parallel kod ko'rinishidagi tayanch kodi K_T ham 2^n qiymatga ega bo'lib, u ham RTQ ga beriladi. Tayanch kodi K_T impuls schyotchigi C (hisoblagich) chiqishida hosil bo'ladi.



a)



b)

18-rasm. Raqamli faza siljitish qurilmasining sxemasi (a) va ishlash (b) diagrammasi

Schyotchik ayiruvchi (-1 kirish ishlatiladi) bo'lib, generator (G)dan kelayotgan har bir impuls hisobiga bittadan qiymatga kamayadi. 18, b-rasmdan ko'rinadiki, tayanch kodi K_T ning maksimal qiymatidan (2^n) minimal qiymatigacha kamayishi (1111 dan 0000 gacha) tarmoq kuchlanishi chastotasi (f_T)ning yarim davrida sodir bo'ladi. Shuning uchun impuls generatorning (G) chastotasi shunday olinadiki, f_T yarim davrda 2^n impuls hosil bo'lishi kerak:

$$f_T = 2 \cdot 2^n \cdot f_T = 2^{n+1} \cdot f_T$$

Tayanch kodining shakllanish (boshlanish) nuqtasi to'g'rilagich tiristorlarini «tabiiy ochilish nuqtasiga» mos (sinxron) kelishi kerak. Bu moslik sinxronizatsiya qurilmasi (S_xT) yordamida ta'minlanadi, ya'ni tarmoq kuchlanishi U_T davri o'zgarganda S_xT chiqishida hosil bo'lgan signal, schyotchikning C kirishiga kelib unda tayanch kodining maksimal qiymati 1111 ni o'rnatishi kerak. 18, b-rasmni, 16, b-rasm bilan solishtirsak, K_T va K_B kodlar (U_G va U_B kuchlanishlar) tenglashganda boshqarish burchagi α aniqlanadi. α momentda (18, b-rasm) RTQ chiqishida mantiqiy signal Q shakllanadi va bu signal ta'sirida impuls shakllantirgichi (ISh) chiqishida tiristorni ochuvchi boshqarish impulsi hosil bo'ladi.

Raqamli (18, a-rasm) va analog (16, a-rasm) faza siljitish qurilmalarini (FSQ) solishtirish shuni ko'rsatadiki, raqamli taqqoslagich RTQ analog taqqoslagich TQ bilan, impuls schyotchigi C esa arrasimon kuchlanish generatori AKG bilan almashtirilgan. Raqamli va analog FSQlar o'xshash bo'lsa, ham raqamli FSQ quyidagi xususiyatlarga ega:

1. Boshqarish burchagi α faqat 2^n diskret qiymatlarga ega, ya'ni $n=4$ bo'lsa, 16 qiymatga ega va har bir diskret burchak qiymati:

$$\frac{T}{2} : 2^n = 180^\circ : 16 = 11,25^\circ$$

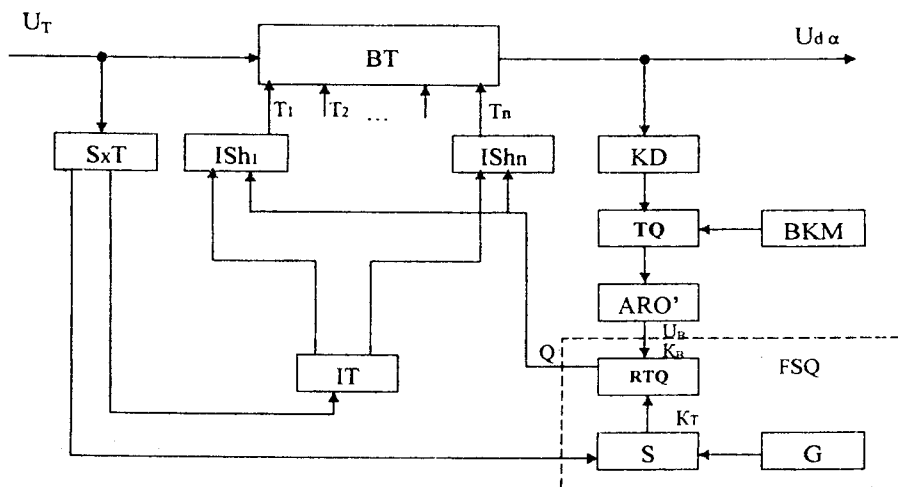
Agar burchak α ni kichik diskret qiymatlarda o'zgartirish lozim bo'lsa qurilmaning razryadlar soni n ni oshirish kerak.

2. Qurilmaning ishlash aniqligini oshirish uchun impuls generatorining (G) chastota stabiligini oshirish kerak.

19-rasmda ko'p fazali boshqariladigan to'g'rilagich (BT) chiqishdagi o'zgarmas kuchlanish U_{da} qiymatini boshqarish $U_{da}=f(\alpha)$ uchun xizmat qiladigan ko'p kanalli raqamli boshqarish tizimining tuzilish sxemasi keltirilgan. To'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish qiymati haqidagi axborot kuchlanish datchigi (KD) orqali boshqarish tizimiga beriladi va to'g'rilagich chiqishidagi kuchlanish $U_{d\alpha}$ qiymatini ma'lum qoida bo'yicha rostlaydigan

boshqarish kuchlanishi manbai (BKM) chiqishidagi kuchlanish bilan (TQ) taqqoslagichda solishtirilib, so'ngra analog-raqam o'zgartkichi (ARO') ga beriladi. ARO' da uzluksiz boshqarish signali (U_B) boshqarish kodiga (K_B) o'zgartiriladi va RTQga beriladi. RTQning boshqa kirishiga sinxronlashgan tayanch signaldan (S_XT) schyotchikda (S) tayanch kodiga (K_T) o'zgartirilgan tayanch signallari beriladi. RTQ chiqishdagi signal Q impuls shakllantirgichida (ISh) impuls shakliga keltirilib, so'ngra kuchaytirilib to'g'rilagich tiristorlariga beriladi. To'g'rilagichning qaysi fazasidagi qaysi tiristorga ochuvchi impuls berishni impuls taqsimlagichi (IT) bajaradi.

19-rasmdagi qurilma yordamida to'g'rilangan kuchlanish $U_{d\alpha}$ qiymatini faqat boshqaribgina qolmay, teskari bog'lanish zanjiri (KD, TQ va ARO') orqali stabilash ham mumkin.



19-rasm. Ko'p fazali boshqariladigan to'g'rilagich uchun raqamli boshqarish tizimining tuzilish sxemasi

b) Raqamli boshqarish tizimlari uchun integral mikrosxemalarni tanlash

Integral mikrosxemalarning qanday shakl va texnologiyalar asosida ishlab chiqarilganini, qanday vazifani bajarishligini aniqlash uchun ularning shartli tamg'alaridan foydalaniladi. Mikrosxemalar manba kuchlanishining kattaligi, kirish va chiqish qarshiligi, signal qiymati kabi kattaliklarni hisobga olgan holda to'plamlar-seriyalarga birlashtiriladi. Vazifasiga ko'ra har xil, ammo birgalikda ishlatish uchun bir xil texnologiyada yasalgan mikrosxemalar bir seriyadagi integral mikrosxemalar deyiladi [14, 15].

Raqamli integral mikrosxemalarni seriyalar bo'yicha uch guruhga ajratish mumkin: funksional tarkibiga qarab to'liq seriyali, funksional vazifasiga qarab maxsus seriyali va mikroprotssessor komplektlari seriyalari.

Birinchi guruh seriyasiga turli funksional vazifalarga ega bo'lgan mikrosxemalar: mantiqiy elementlar, triggerlar, registrlar, schyotchiklar, deshifradorlar, kod o'zgartkichlari va boshqalar kiradi. Tarkibi keng bo'lgan bunday seriyalarda yaratilgan mikroelektron qurilmalar ishonchlilik, ixchamlik, arzonlik, ishlatishda va ta'mirlashda qulaylik kabi talablarga javob berishi kerak. Bunday seriyalarga K500, K155, K555, K561, K564 va boshqalar misol bo'ladi. Ularni qo'llanish sohalari keng bo'lgani uchun universal seriyalar deb ham atash mumkin.

Ikkinchi guruh seriyasi mikrosxemalari tor doirada ixtisoslashgan bo'lib, ularga K537, K565, K556, K573, K1601 seriyalardagi xotira qurilmalari; K572, K1107, K1113 seriyalardagi signal o'zgartkichlari va boshqalar misol bo'ladi.

Uchinchi guruh seriyasi mikrosxemalari mikroprotssessor komplektlari bo'lib, ularga mikroprotssessorli hisoblash va boshqarish tizimlarida ishlatiladigan K580, K1810, K588, K1801, K1802, K1804 kabi seriyadagi kirish-chiqish qurilmalari, taymerlar, generatorlar va turli interfeys qurilmalarida ishlatiladi [15].

Hozirgi vaqtda barcha raqamli mikrosxemalar quyidagi (tayanch) mantiq sxemali elementlarida yaratilgan:

- tranzistor-tranzistorli mantiq sxema (TTM);
- emitter bog'lanishli mantiq sxema (EBM);
- komplementar (MDP) tranzistorli mantiq sxema (KMDPM);
- MDP tranzistorli mantiq sxema (MDPM);
- integral-injeksion mantiq sxema (IIM).

Mantiq sxemalarning bunday xilma-xil bo'lishi ularning afzalliklari va qo'llanish o'rni turlicha bo'lishini ko'rsatadi. Ular bir-biri bilan tavsif va parametrlari orqali solishtiriladi.

d) Raqamli taqqoslagich qurilmalari

Ikkita ko'p razryadli ikkilik kodlarini taqqoslab, ularning teng holati uchun chiqishda mantiqiy "1" signalini shakllantiruvchi funksional qurilmalarga raqamli taqqoslagich qurilmalari (komparatorlar) deyiladi.

Ko'p razryadli A ikkilik sonining barcha *i*-razryadlaridagi raqamlar ko'p razryadli B ikkilik sonining barcha *i*-razryadlaridagi raqamlarga teng bo'lsa, ya'ni $A_i=B_i$ bo'lsa, komparator chiqishida $F=1$ hosil bo'ladi.

$A_i=B_i$ bo'lishi uchun $A_i=1$ va $B_i=1$ yoki $A_i=0$ va $B_i=0$ bo'lishi kerak, ya'ni mantiqiy funksiya $F=1$ bo'lishi uchun A_i va B_i ko'p razryadli sonlarning barcha razryadlaridagi raqamlar yoki ularning inkor qiymatlarining ko'paytmalari "1" ga teng bo'lishi kerak. Demak komparatorning mantiqiy funksiyasi quyidagicha:

$$F = (A_1 \cdot B_1 + \overline{A_1} \cdot \overline{B_1}) \cdot (A_2 \cdot B_2 + \overline{A_2} \cdot \overline{B_2}) \dots (A_i \cdot B_i + \overline{A_i} \cdot \overline{B_i})$$

Mantiq algebrasidagi de-Morgan qonunidan foydalanib mantiqiy funksiyani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

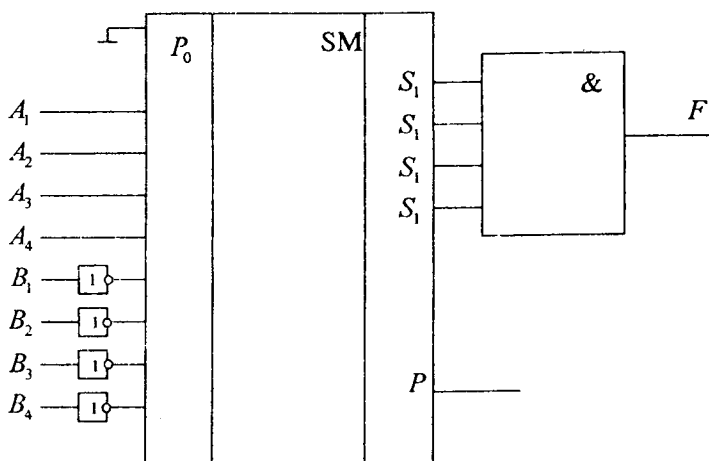
$$F = (\overline{A_1 \cdot B_1 + A_1 \cdot B_1}) \cdot (\overline{A_2 \cdot B_2 + A_2 \cdot B_2}) \dots (\overline{A_i \cdot B_i + A_i \cdot B_i})$$

Hosil qilingan mantiqiy funksiya uchun raqamli komparator sxemasi ko'p razryadli summator asosida tuziladi (20-rasm).

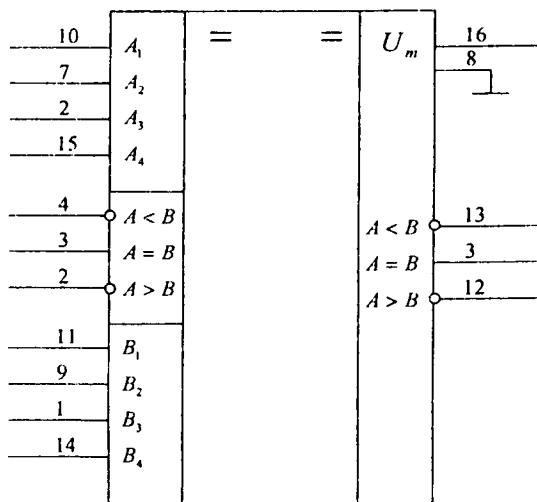
Darhaqiqat, birinchi razryadda agar $A_1=B_1$ bo'lsa, A_1 va B_1 yig'indisi $S_1=1$ bo'ladi, ko'chirish signali esa $P_1=0$. Ikkinchi razryadda ham agar $A_2=B_2$ bo'lsa, A_2 va B_2 yig'indisi $S_2=1$ hamda $R_2=0$ bo'ladi.

Boshqa razryadlarda ham $S_i=1$, $P_i=0$ o'xshash holatlar bo'ladi. Shunday qilib, A_1, A_2, A_3, A_4 va B_1, B_2, B_3, B_4 kodlardagi razryad raqamlari teng bo'lsa summator chiqishda $S_1=S_2=S_3=S_4=1$ bo'ladi. Bu holat VA mantiqiy element chiqishida $F=1$ hosil qiladi.

Summator asosida tuzilgan komparator sxemasini ozgina murakkablashtirib uchta chiqishli: $F_{A=B}$, $F_{A>B}$, $F_{A<B}$ komparatorning K561 ИП2 seriyadagi mikrosxemasi yaratilgan.



20-rasm. Summator mikrosxemasi asosida tuzilgan komparator sxemasi



21-rasm. K561 ИП2 seriyali raqamli komparatorning shartli belgisi

Bu mikrosxema ikkilik kodlarini faqat tengligini emas, balki katta yoki kichikligini ham aniqlaydi.

K561 ИИ2 seriyadagi komparator mikrosxemasining parametrlari quyidagicha [14, 15]:

- Razryadi - 4
- Taqqoslash vaqti - 600 ns
- Iste'mol quvvati - 1 mVt
- Iste'mol kuchlanishi - 10 V

K561ИИ2 seriyadagi raqamli komparatorning shartli belgisi 21-rasmda keltirilgan.

e) Hisoblagich qurilmalari

Hisoblagichlar (schyotchiklar) raqamli qurilma bo'lib, kirishiga beriladigan impulslarni sanash uchun xizmat qiladi. Funktsional belgisiga qarab ular jamlovchi va ayiruvchi hisoblagichlarga ajratiladi. Jamlovchi hisoblagichlarda navbatdagi impuls uning xotirasidagi sonni bir birlikka oshirsa, ayiruvchi hisoblagichda u bir birlikka kamaytiradi. Bundan tashqari hisoblagichlar bir vaqtda ham jamlovchi, ham ayiruvchi bo'lishi mumkin, ularni reversiv (qo'shaloq) hisoblagichlar deb ataladi.

Hisoblagich qurilmalari asosan triggerlardan tashkil topgan bo'ladi. Triggerlarning razryadlari orasidagi bog'lanish usuliga qarab hisoblagichning sxemalari bevosita bog'lanishli, olib o'tuvchi zanjirli va kombinatsiyalangan turlarga ega. Bundan tashqari, signal ta'sir ettirishi usuliga qarab ular ketma-ket, parallel va aralash turlarga ajratiladi. 22-rasmda T-triggerlarda tuzilgan to'rt razryadli bevosita bog'lanishli ketma-ket hisoblagichning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. Boshlang'ich vaqtda to'rtinchi trigger "0" holatga keltiriladi. Triggerlar ketma-ket ulangani uchun har bir kirish impulsi ta'sirida, oldingi triggerning qayta ulanishi keyingi triggerning ishlashiga olib keladi. Hisoblagich holatlarining o'zgarishi 6-jadvalda keltirilgan.

Bunday hisoblagich 2ⁿ holatga ega bo'lgani uchun 16 ta impulslarni hisoblaydi. Natija to'rt razryadli (n=4) bo'lib, ikkilik kodida ifodalanadi. Kirishdagi 16 ta impuls ta'siri tugagach, hisoblagich davri tugaydi va qurilma boshlang'ich holatga o'tadi.

Ushbu hisoblagich qo'shish amalini bajaradi. Ayiruvchi hisoblagich qo'shuvchi hisoblagichdan triggerlar orasidagi bog'lanish bilan farq qiladi, ya'ni keyingi trigger kirishiga oldingi triggerning $\bar{Q}$ chiqishidan signal beriladi (23-rasm).

6-jadval

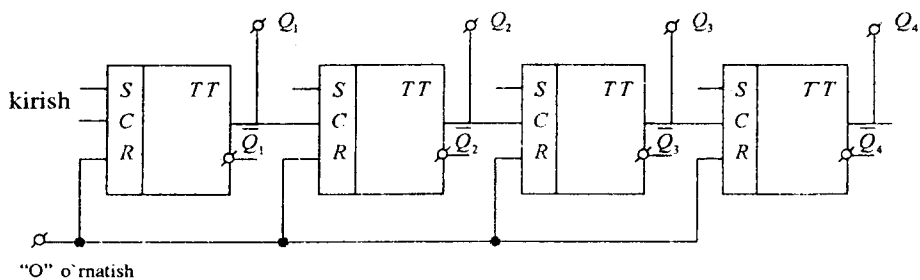
Kirishdagi impulslar soni	Triggerlar holati (chiqish kodi)			
	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1

Boshlang'ich vaqtda to'rttala trigger "1" holatga keltiriladi. Navbatdagi impuls kelishi bilan natija kamayadi, ya'ni triggerlar holati yuqoridagi jadvalning oxiridan boshiga qarab o'zgaradi.

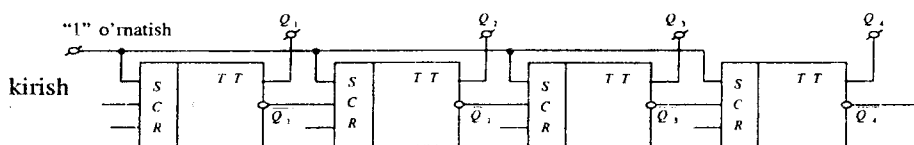
Reversiv hisoblagichlar ham qo'shish ham ayirish sxemalarini bajaradi. 24-rasmda integral mikrosxema ko'rinishidagi reversiv hisoblagichning shartli belgisi keltirilgan. Uning ikkita +C va -C kirishlari bo'lib, qo'shuvchi hisoblagichda kirish signallari +C kirishiga, ayiruvchi hisoblagichda -C kirishiga beriladi. Qo'shishda chiqish signali ≥ 15 dan olinadi, ayirishda esa ≤ 0 dan olinadi. Razryadlar sonini oshirishda, ya'ni hisoblagichlarni bir-biriga ulashda ikkala chiqish ishlatiladi.

K155 IE7 mikrosxemaning parametrlari quyidagicha [14, 15]:

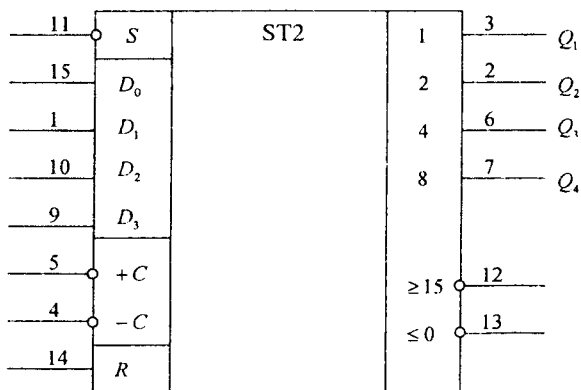
Chastotasi - 15 mGs
 Is te'mol quvvati - 500 mVt
 Is te'mol kuchlanishi - 5 V



22-rasm. Ketma-ket oshuvchi to'rt razryadli hisoblagich sxemasi



23-rasm. Ketma-ket ayiruvchi to'rt razryadli hisoblagich sxemasi



24-rasm. K155 IE7 seriyadagi hisoblagichning shartli belgisi

f) Impuls generatorlari

Ma'lum chastota va uzunlikdagi to'g'ri burchakli impulslar hosil qiluvchi qurilmalarga impuls generatorlari deyiladi.

Impuls generatorlarini yaratishda K155, K134, K555 va boshqa seriyalardagi raqamli integral mikrosxemalar keng ishlatiladi. 25, a-rasmda VA-YO'Q mantiqiy elementlarida tuzilgan generator sxemasi keltirilgan. Agar generator chiqishlariga kondensator va rezistorlar kiritilsa, generator chastotasini o'zgartirish mumkin. 25, b-rasmdagi generator chastotasi C1, C2 kondensatorlar, uzunligi esa R1 rezistor yordamida o'zgartiriladi. Ammo bunday generatorda impuls chastotasi stabil emas.

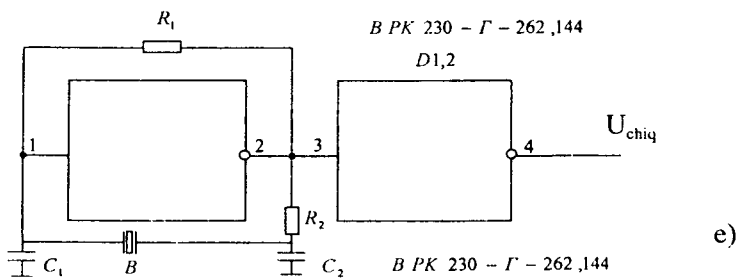
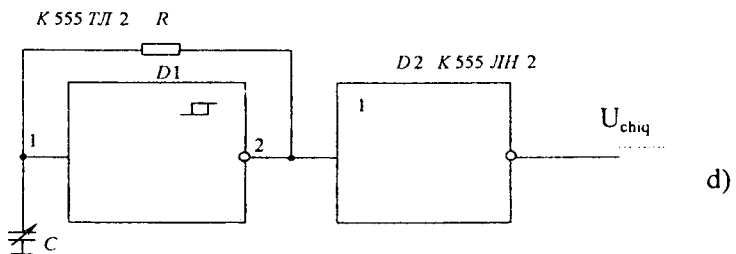
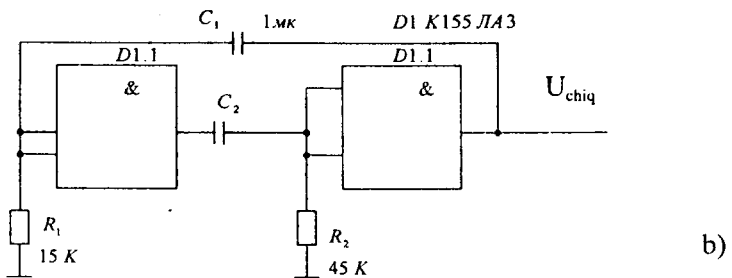
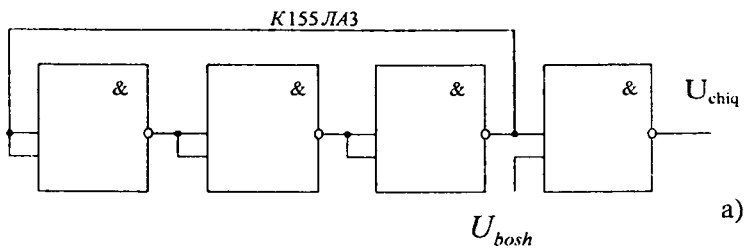
Chastota stabiligi yuqori bo'lgan va Shmitt triggerida yig'ilgan generator sxemasi 25,d-rasmda keltirilgan. C va R elementlarning qiymatlarini o'zgartirib generator chastotasini o'zgartirish mumkin.

K555 TJJ2 mikrosxemasining kirish toki qiymatiga moslab rezistor qarshiligini (680 – 2000) gacha olish mumkin [14, 15].

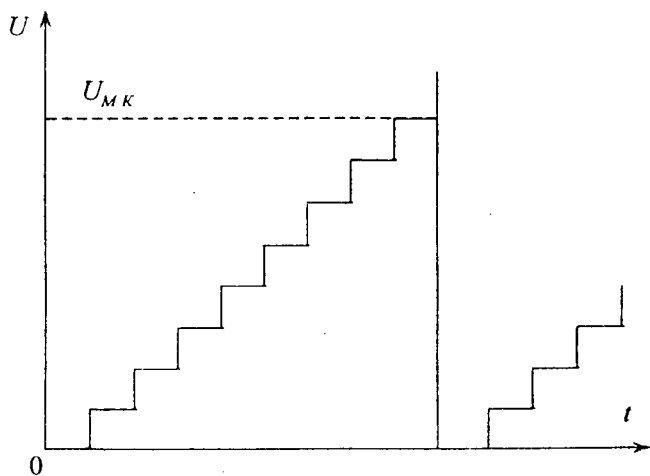
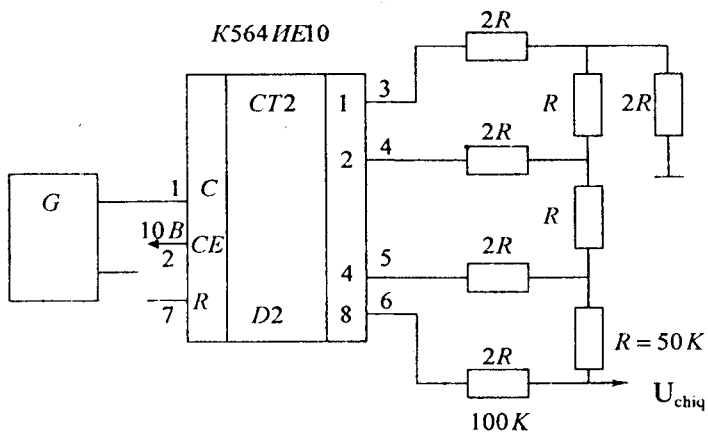
Generator chastotasi stabiligini oshirish uchun ko'pincha kvars generatori ishlatiladi. K564 seriyadagi mikrosxemada va kvars generatorida yig'ilgan generator sxemasi 25, e-rasmda keltirilgan. Kvarsning tipiga bog'liq holda generatorda 262,144 va 32,768 kGs chastotali impulslar hosil qilish mumkin.

Zinapoya shaklidagi arrasimon signal hosil qiluvchi generator sxemasi 26-rasmda ko'rsatilgan. Sxema impuls generatori (G) hisoblagich (ST2) va R-2R rezistorlar matrisasidan iborat [15].

Har bir kirish impulsi hisobiga hisoblagich qiymati birga oshadi va zinapoya shaklidagi kuchlanish hosil bo'ladi.



25-rasm. Impuls generatorlarining sxemalari



26-rasm. Raqamli arrasimon kuchlanish generatori va uning ishlash diagrammasi

DVIGATELLI YUKLAMAGA ISHLOVCHI TO'G'RILAGICH QURILMALARIDAN KURS LOYIHASINI BAJARISH TARTIBLARI

Kurs loyihasining maqsadi va vazifalari

Kurs loyihasini bajarishdan maqsad – talabalarning o'zgartkichlar texnikasi qurilmalari ishlatiladigan kurslarni o'rganish davomida olingan nazariy bilimlarni ventilli o'zgarmas tok elektr yuritmasining struktura sxemasini tuzish, struktura sxema tarkibidagi qismlarning vazifalarini o'rganish, to'g'rilash sxemasini tanlash va uning elementlarini, parametrlarini hisoblash, to'g'rilagich qurilmasining boshqarish tizimi va tezlik bo'yicha teskari aloqa zanjiri sxemalarini yaratish kabi ishlarni bajargan holda mustahkamlashdan iboratdir.

Kurs loyihasini bajarish vazifasi – o'zgarmas tok dvigatelining aylanish tezligini rostlash va stabillash uchun tiristorlarda yig'ilgan to'g'rilash sxemasidan, elektron asboblardan va integral mikrosxemalarda yig'ilgan boshqarish tizimidan va teskari aloqa zanjiridan tashkil topgan uch fazali boshqariladigan to'g'rilagich qurilmasini yaratish va uni hisoblashdan iboratdir.

Kurs loyihasining topshirig'i

Kurs loyihasi variantlaridan (1-ilova) biri talabaga loyiha topshirig'i sifatida alohida ko'rinishda (3-ilova) beriladi va u loyiha hisobotining hisob-tushuntirish qismida titul varag'idan (2-ilova) so'ng qo'yiladi.

Kurs loyihasi hisobotining tuzilishi va hajmi

Kurs loyihasi hisoboti ikki qismdan iborat:

1. Matnli, ya'ni hisob-tushuntirish ishlari.
2. Chizmalı, ya'ni alohida chizma qog'ozlarida tasvirlangan chizmalar.

Hisob - tushuntirish ishlari taxminan 15÷20 varaqda rasmiylashtirilgan bo'lib, o'z ichiga quyidagilarni olishi kerak:

- titul varag'i;
- loyiha topshirig'i;
- kirish;

- nazariy ma'lumotlar;
- hisoblash natijalari;
- xulosa;
- foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati.

Hisob - tushuntirish ishlari matndan tashqari qog'ozda chizilgan sxema, grafika, diagramma kabi tasviriy materiallardan iborat bo'lishi kerak.

Chizma ishlarida loyihalananayotgan to'g'rilagichning katta quvvatli qismi, boshqarish tizimining struktura va prinsipial sxemalari hamda ularning ishlash (vaqt) diagrammalari alohida tasvirlangan bo'lishi kerak.

Kurs loyihasini bajarish uchun ko'rsatmalar

Kurs loyihasini bajarish – unga berilgan texnik topshiriq bilan tanishishdan boshlanadi. Bunda loyihalananayotgan qurilmaning asosiy texnik parametrlari va tavsiflariga hamda uni ishlatish sharoitlariga e'tibor berish kerak.

Topshiriq bilan tanishilgandan so'ng ishni bajarish uchun avvalo ish rejasiini tuzib, so'ngra ishni bajarishga kirishish lozim. Ish rejasiining namunaviy shakli 4-ilovada keltirilgan.

Loyihani bajarish tartibi quyidagi ketma-ketlikda bo'lishi tavsiya etiladi:

- kurs loyihasi topshirig'ini chuqur tahlil etish;
- o'xshash qurilmalar tuzilishi bilan tanishib ularning ishlashini tahlil qilish va natijada loyihalananayotgan qurilma tuzilishi bo'yicha dastlabki yechimni qabul qilish;
- loyihalananayotgan ventilli o'zgarmas tok elektr yuritmasining struktura sxemasini tanlash va uni asoslash;
- ventilli o'zgartkichning elektr sxemasini optimal variantini aniqlash;
- ventilli o'zgartkich to'g'rilagichning katta quvvatli qismini hisoblash va uning elementlarini GOST bo'yicha tanlash;
- ventilli o'zgartkich boshqarish tizimi va tezlik bo'yicha teskari aloqa zanjiri sxemalarini yaratish;
- boshqarish tizimida ishlatiladigan diod, tranzistor va mikrosxemalarni ma'lumotnoma yordamida tanlash;
- loyiha hisob-tushuntirish qismini rasmiylashtirish;
- loyiha grafik qismini rasmiylashtirish;
- loyiha himoyasiga tayyorlanish va himoya qilish.

Hisob-tushuntirish qismining tarkibi

Hisob-tushuntirish qismining kirishida avtomatlashtirilgan elektr yuritmalarining vazifalari hamda o'zgarmas tok elektr yuritmasini ventilli o'zgartkichlar yordamida boshqarish o'zga boshqarish usullariga nisbatan o'ziga xos xususiyatlarga egaligi haqida qisqacha bayon qilinadi. Tarixiy ma'lumotlar hamda hammaga ma'lum bo'lgan ta'riflar keltirilishi shart emas.

Hisob-tushuntirish qismidagi nazariy ma'lumotlar ventilli boshqariladigan o'zgarmas tok elektr yuritmasining struktura sxemasini tanlash; boshqariladigan to'g'rilagichning sxemasini tanlash va uning dvigatel yuklamaga ishlash xususiyatlari; to'g'rilagich sxemasi elementlarining parametrlarini hisoblash ifodalari; boshqariladigan to'g'rilagich boshqarish tizimiga qo'yiladigan talablar; boshqarish usullari va boshqalarni o'z ichiga oladi.

Hisob-tushuntirish qismidagi hisoblash ishlari quyidagilarni o'z ichiga olishi kerak:

- to'g'rilagich sxemasini tanlash;
- ventillarni tanlash;
- ventillarning qizishini tekshirish;
- transformatorni tanlash;
- ventillarning himoya qilish elementlarini tanlash;
- silliqlovchi induktivlik qiymatini aniqlash.

Bulardan tashqari hisob-tushuntirish qismida tanlangan boshqariladigan to'g'rilagich uchun boshqarish tizimini bitta kanalining blok sxemasi, undagi har bir qismning elektr sxemasi, boshqarish kanalining to'liq prinsipial sxemasi va unda ishlatiladigan elektron asboblarning hamda mikrosxemalarning tavsiflari keltirilgan bo'lishi kerak.

Xulosada esa bajarilgan ish natijalari va loyiha qurilmasining texnik tavsiflarini yaxshilash hamda mukammallashtirish to'g'risidagi ba'zi bir mulohaza va fikrlar keltiriladi.

Hisob – tushuntirish qismini yozishda foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati ko'rsatilgan bo'lishi shart.

Kurs loyahasiga topshiriqlar

№	Dvigatel turi	P_{nom} (kW)	$\frac{n_{nom}}{n_{min}}$	U_{nom} (V)	n_{nom}	$U_T(V)$	$\Delta U_T(\%)$	Pulsatsiya koef.		
								a(%)	b(%)	d(%)
1.	4P – 22	1,0	2	220	3000	380	± 5	4	2	0,3
2.	4P – 32	1,6	3	220	2200	220	± 10	10	3	0,4
3.	4P – 32	2,5	3	220	4000	380	± 15	6	1	0,2
4.	4P – 33	2,9	1,5	220	3000	220	± 5	7	2	0,25
5.	4P – 42	3,0	2,5	220	2200	380	± 15	5	1	0,35
6.	4P – 42	3,5	2	220	3000	220	± 10	6	2	0,25
7.	4P – 43	4,0	1,5	220	2200	220	± 10	10	3	0,2
8.	4P – 43	4,8	3	220	3000	380	± 10	4	0,9	0,3
9.	4P – 43	5,4	2,5	220	4000	380	± 5	8	1	0,2
10.	4P – 52	5,8	3	220	2200	220	± 15	9	1,5	0,35
11.	4P – 63	6,5	1,5	220	1000	220	± 10	7	2,5	0,45
12.	4P – 63	6,5	2,5	220	1000	380	± 15	10	2	0,4
13.	4P – 52	7,0	1,5	220	3000	220	± 10	5	1,5	0,35
14.	4P – 62	7,3	2	220	1500	380	± 5	6	1	0,25
15.	4P – 53	7,7	3	220	2200	380	± 10	7	0,9	0,2
16.	4P – 53	9,5	1,5	220	3000	220	± 15	8	0,8	0,15
17.	4P – 62	10	3	220	2200	380	± 5	9	0,9	0,1
18.	4P – 63	10	2	220	1500	380	± 10	10	1,8	0,22
19.	4P – 62	13,5	1,5	220	3000	220	± 15	9	2	0,4
20.	4P – 63	14,5	2	220	2200	380	± 10	8	1	0,45
21.	4P – 63	17	2,5	220	3000	380	± 10	7	3	0,5
22.	4P – 63	18	3	220	4000	220	± 5	8	2	0,1
23.	4P – 63	17,5	2	220	2000	380	± 4	9	1	0,2
24.	4P – 52	6,8	1,5	220	1500	220	± 12	5	2	0,3

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

ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

**“O'ZGARMAS TOK ELEKTR YURITMASI UCHUN
VENTILLI O'ZGARTKICH”**

mavzuidagi kurs loyihasininng
hisob – tushuntirish qismi

Talaba _____

Rahbar _____

Toshkent – 2010

Fakultet _____
Kafedra _____
Talaba _____ Guruh _____
Loyiha rahbari _____
Loyiha mavzui _____
Loyiha topshirig'i _____
Berilgan vaqti _____
Bajarish muddati _____

Hisob – tushuntirish qismining tarkibi :

Kirish

O'zgarmas tok elektr yuritmasining tuzilishi va ishlashi

Ventilli o'zgartkich sxemasining elektr parametrlarini hisoblash

Ventilli o'zgartkich boshqarish tizimi qismlarining tuzilishi va ishlashi

Xulosa

Adabiyotlar

Chizma qismining tarkibi :

O'zgarmas tok elektr yuritmasining struktura hamda prinsipial sxemasi.

Ventilli to'g'rilagich hamda uni boshqarish tizimi sxemalarining vaqt diagrammalari

Loyiha rahbarining imzosi _____

Kurs loyihasini bajarish na'munaviy rejasi

№	Loyihani bajarish bosqichlari	Ishni bajarish haftalari													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	Topshiriqning berilishi	+													
2.	Topshiriqni o'rganish va kerakli adabiyotlarni yig'ish		+	+											
3.	O'zgarmas tok elektr-yuritmasi uchun mavjud sxemalarni tahlil qilish hamda ventilli o'zgartkichning struktura sxemasini tuzish			+	+										
4.	O'zgartkich qurilmasining prinsipial sxemasini tuzish				+	+	+								
5.	O'zgartkich sxemasining elektr parametrlarini hisoblash						+	+	+	+					
6.	O'zgartkichning boshqarish tizimini tuzish va hisoblash									+	+	+			
7.	Chizmalarni tayyorlash											+	+		
8.	Hisob-tushuntirish qismini rasmiylashtirish												+	+	
9.	Kurs loyihasini himoyaga tayyorlash va himoya													+	+

ADABIYOTLAR

1. Полупроводниковые выпрямители /Под ред. Ф.И. Ковалева и Г.П. Мостковой. – М.: Энергия, 1978
2. Ривкин Г.А. Преобразовательные устройства. – М.: Энергия, 1970
3. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. – М.: Высшая школа, 1980
4. Розанов Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники. – М.: Энергия, 1980
5. Силовая электроника: Примеры и расчеты / Ф.Чаки и др. Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982
6. Андреев Г.И., Найдис В.А., Системы постоянного тока с кремниевыми выпрямителями. – М.: Энергия, 1967
7. Найдис В.А. и др. Системы постоянного тока на тиристорах. – М.: Энергия, 1966
8. Зимин Е.Н., Кацевич В.Л., Козырев С.К. Электроприводы постоянного тока с вентильными преобразователями. – М.: Энергоиздат, 1981
9. Герман – Галкин С.Г. Силовая электроника. – СПб.: Корона принт, 2002
10. Шоисламов Ш.Ш. «Тўғрилагичлар ва стабилизаторлар» фанидан маърузалар матни. – Тошкент, ТошДТУ, 2000
11. Уч фазали тўғрилагич схемаларини текшириш: Тажиба ишларини бажаришга оид методик қўлланма / Акбаров Г. А., Шоисломов Ш. Ш. ва бошқалар. — Тошкент, ТошДТУ, 2001
12. Чебовский О.Г. и др. Силовые полупроводниковые приборы /Справочник/. – М.: Энергия, 1975
13. Горюнов Н.Н. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. – М.: Энергия, 1972
14. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С. В. Якубовский и др. — М.: Радио и связь, 1990
15. Вениаминов В. Н и др. Микросхемы и их применение / Справочник. – М.: Радио и связь, 1989
16. Internet: www.sxem.net
17. Internet: www.radio.ru

MUNDARIJA

Kirish	3
O'zgarmas tok dvigateliga ishlaydigan uch fazali boshqariladigan to'g'rilagichlar	5
Boshqariladigan to'g'rilagich sxemalari va ularning ishlash rejimlari.....	5
Boshqariladigan to'g'rilagichlarni o'zgarmas tok dvigateliga ishlashi	11
BT – O'TD tizimida o'zgarmas tok dvigatelining aylanish tezligini rostdlash xususiyatlari	16
Ventilli o'zgarmas tok elektr yuritmasining tuzilishi	21
To'g'rilagichlarning boshqarish tizimlari haqida umumiy ma'lumotlar va ularga qo'yiladigan talablar	24
O'zgarmas tok elektr yuritmasi uchun ventilli o'zgartkich sxemasini hisoblash	27
Boshqariladigan to'g'rilagich sxemasining katta quvvatli qismini hisoblash tartibi	27
a) to'g'rilagich sxemasini tanlash	27
b) ventillarni tanlash	28
d) ventillarning qizishga tekshirish	30
e) transformatorni tanlash	31
f) ventillarning himoya elementlarini hisoblash	34
g) silliqlovchi drossel induktivligi qiymatini hisoblash.....	36
To'g'rilagich qurilmalari uchun amaliy kuchaytirgichli boshqarish tizimining ba'zi qismlarini tanlash va ishlatish.....	38
a) amaliy kuchaytirgichlarning tavsif va parametrlari.....	38
b) amaliy kuchaytirgichdagi taqqoslagichlar	40
d) amaliy kuchaytirgichli arrasimon kuchlanish generatori.....	40
e) boshqariladigan to'g'rilagichlarning analog integral mikroshemalarda tuzilgan boshqarish sxemasi.....	44
Boshqariladigan to'g'rilagichlarning raqamli boshqarish tizimlari ba'zi bir qismlarini tanlash va ishlatish.....	45
a) raqamli faza siljitish qurilmasining tuzilishi	45
b) raqamli boshqarish tizimlari uchun integral mikroshemalarni tanlash	49
d) raqamli taqqoslagich qurilmalari	50
e) hisoblagich qurilmalari	52
f) impuls generatorlari	55

Dvigatelli yuklamaga ishlovchi to'g'rilagich qurilmalaridan kurs loyihasini bajarish tartibi	58
Kurs loyihasining maqsadi va vazifalari	58
Kurs loyihasining topshirig'i	58
Kurs loyihasi hisobotining tuzilishi va hajmi	58
Kurs loyihasini bajarish uchun ko'rsatmalar	59
Hisob-tushuntirish qismining tarkibi	60
Ilovalar.....	61
Kurs loyihasiga topshiriqlar	61
Titul varag'ining shakli	62
Kurs loyihasi topshiriq varag'ining shakli	63
Kurs loyihasini bajarish namunaviy rejasi.....	64
Adabiyotlar	65

Akbarov G'ofur Akbarovich
Shaislomov Shovkat Shabduraxmonovich

**O'ZGARMAS TOK ELEKTR YURITMASI UCHUN
VENTILLI O'ZGARTKICH**

O'quv qo'llanma

Muharrir: M.M. Botirbekova
Musahhih: Sh.S. Dexkanova

Bosishga ruhsat etildi 06.10.2010 y. Bichimi 60x84 1/16.
Shartli bosma tabog'i 4. Nusxasi 50 dona. Buyurtma № 436.

TDU bosmaxonasida chop etildi. Toshkent sh,
Talabalar ko'chasi 54. tel: 246-63-84.