

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS  
TA'LIM VAZIRLIGI  
O'RTA MAXSUS KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

---

**Sh.A. Mavlonov**

**MAISHIY XIZMAT  
MASHINALARI VA JIHOZLARINI  
ELEKTR ENERGIYA BILAN  
TA'MINLOVCHI IKKILAMCHI  
ELEKTR ENERGIYA MANBALARI**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

Toshkent  
«Yangi nashr»  
2007

**31.293-5**  
**M13**

*Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi ilmiy-metodik  
birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi Kengash tomonidan  
nashrga tavsiya etilgan*

Taqrizchilar: **E. O'LJAYEV** – ToshDTU ning «Avtomatika  
va telemexanika» kafedrasi dotsenti, t.f.n.  
**S.A. ABDUG'OFUROVA** – Toshkent  
Radiotexnika kasb-hunar kolleji katta  
o'qituvchisi.

**Mavlonov Sh.A.**

**Maishiy xizmat mashinalari va jihozlarini elektr energiya bilan  
ta'minlovchi ikkilamchi elektr energiya mandalari:** Kasb-hunar kollejlari  
uchun o'quv qo'llanma/ Sh.A. Mavlonov; O'zbekiston Respublikasi oliy va  
o'rta-maxsus ta'lim vazirligi, O'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi markazi.  
– Toshkent: Yangi nashr, 2007. – 88 b. – ISBN 978-9943-330-11-5:

O'quv qo'llanma kasb ta'limi yo'nalishining «Radiotexnika»,  
«Maishiy xizmat mashinalari va jihozlarini ta'mirlas» mutaxassisligida  
ta'lim oluvchi o'quvchilari uchun tayyorlangan bo'lib, ta'lim borasidagi  
milliy kadrlar tayyorlash qonuniga mos tushadi.

O'quv qo'llanmada maishiy xizmat mashinalari va jihozlarida  
ishlatiladigan manbalarning turalri, ularning ishlash prinsipi,  
xarakteristikasi, parametrlari va sxemalari keltirilgan.

**BBK 31.293-5**

**ISBN 978-9943-330-11-5**

©«Yangi nashr», 2007-y.

---

## SO‘ZBOSHI

Elektr energiya boshqa turdagi energiyalarga nisbatan katta yutuqqa ega, oson yo‘l bilan hosil qilinadi, uzoq masofalarga uzatiladi va o‘zgartiriladi. Elektr energiyani akkumulatorlarda saqlash va tejamkorlik bilan uzoq vaqtgacha ishlatish mumkin. Sanoat, xalq xo‘jaligi, aloqa, qishloq xo‘jaligi va harbiy sohalarni energosistemalar yoki xudud elektrostansiyasi elektr energiya bilan ta‘minlab beradi.

Maishiy xizmat mashinalari va jihozlari sanoat tarmog‘idan oquvchi o‘zgaruvchan tok orqali kuchlanishi 220 V, chastotasi 50 Hz bo‘lgan o‘zgaruvchan kuchlanishda ishlaydi. AQSH da esa sanoat tarmog‘ida 115 V, 60 Hz chastotali o‘zgaruvchan kuchlanish ishlatiladi. Elektronikaning hamma sohalarini elektr manbayisiz ko‘z oldiga keltirish mumkin emas: sanoat elektronikasi; transport elektronikasi, elektroenergetika, radiotexnika, televidenie, kompyuter texnikasi va boshqalar.

Bu sohalarda ishlatiladigan maishiy xizmat mashinalari va jihozlari o‘lchov va nazorat qurilmalarida, boshqaruvchi va muhofazalovchi qurilmalar, o‘zgartirgichlar qurilmalarida hamda axborotni uzatuvchi, qabul qiluvchi, kuchaytiruvchi qurilmalarda ishlatiladi.

Bunday qurilmalarning ishlashi uchun albatta elektr manba bo‘lishi shart. Aksariat qurilmalar o‘zgarmas elektr manbayida ishlaydi. Elektron qurilmalarning 9V dan kam kuchlanishda ishlaydigani galvanik elementlar – akkumulatorlar va batareyalar yordamida ishlashi maqsadga muvofiqdir (albatta tok kuchiga va xizmat qilish vaqtiga qarab).

Qurilmalarning 9V o‘zgarmas kuchlanishdan yuqori kuchlanishda ishlaydiganlari uchun sanoat tarmog‘idan oqadigan o‘zgaruvchan kuchlanishni o‘zgarmas kuchlanishga o‘zgartirilib manba sifatida qo‘llaniladi. Elektr energiya bir shaklidan ikkinchi shakliga o‘zgartirib berilishi ikkilamchi elektr manbalarida amalga oshiriladi.

Kasb ta'limi yo'nalishining «Radiotexnika», «Maishiy xizmat mashinalari va jihozlarini ta'mirlash» mutaxassisligida ta'lim oluvchi o'quvchilar uchun «Maishiy xizmat mashinalari va jihozlarini elektr energiya bilan ta'minlovchi ikkilamchi energiya manbalari» fanini o'qitish katta ahamiyatga ega. Bu fanni o'rganish uchun elektr o'zgartirgich qurilmalari nazariyasini o'rganib amaliyotga qo'llash, ularni analitik hisoblash hamda shu sinfga kiradigan yangi, ixcham, foydali ish koeffitsiyenti yuqori bo'lgan qurilmalarni adabiyotlardan izlab o'rganishdan iboratdir.

O'quv qo'llanma tarkibida doimiy o'zgarmas kuchlanish hosil qiluvchi manba turlari, ularning ishlash prinsipi, xarakteristikalari va parametrlari mujassamlangan, shu bilan bir qatorda o'zgarmas kuchlanishni ravon o'zgartiradigan manbalar, impulsli manbalar, kuchlanishni siljituvchi qurilmalar, filtrlar, invertorlar, chastota o'zgartirgichlar, konvertorlar, stabilizatorlar, mitti elementlardan tashkil topgan manbalar hamda doimiy o'zgarmas kuchlanish hosil qiluvchi mabaning namunaviy analitik yechimi uslubiy qo'llanma tarkibidan joy olgan.

Muallif o'quv qo'llanmaning qo'lyozmasini diqqat bilan ko'rib chiqib, qimmatli maslahat va ko'rsatma berganligi uchun ToshDTU «Sanoat elektronika» kafedrasining dotsenti, t.f.n. Shoislomov Shavkat Shoabdurahmonovichga minnatdorchilik bildiradi.

«Maishiy xizmat mashinalari va jihozlarini elektr energiya bilan ta'minlovchi ikkilamchi energiya manbalari» o'quv qo'llanmasi o'zbek tilida birinchi marta yozilganligi sababli, ayrim kamchiliklardan holi bo'lmasligi mumkin. Shu boisdan bu o'quv qo'llanma to'g'risidagi tanqidiy fikr - mulohazalar va istaklaringizni ToshDTU «Elektronika, avtomatika kasbiy ta'limi va radiotexnika» kafedrasiga yuborishingiz so'raladi va muallif tomonidan bajonudil qabul qilinadi.

---

## KIRISH

Hozirgi vaqtda texnika taraqqiyotining asosiy omili yangi texnologiyadir. Yangi texnologiyani qo'llash katta foyda keltiradi. Bunday texnologiyaga asoslangan qurilmalarni o'z joyida qo'llash va boshqa qurilmalar bilan moslashtirib katta foyda olib, murakkab qurilmalar va sistemalar hosil qilish asosiy masalalar qatoriga kiradi [1, 4].

Radiosistemalarning elektromexanik qismlarida yangi texnologiyaga asoslangan qurilmalarning ishlatilishi butun sistemaning sifatini yaxshilashga olib keladi.

Elektromexanik qurilmalarga turli elektromexanik mashinalar, apparatlar, asboblari, o'zgartirgichlar va boshqalar kiradi. Ular sistemaning boshqaruv qismida va elektr manba qismida ishlatiladi.

Elektromexanik qurilmalar quyidagi guruhlariga bo'linadi:

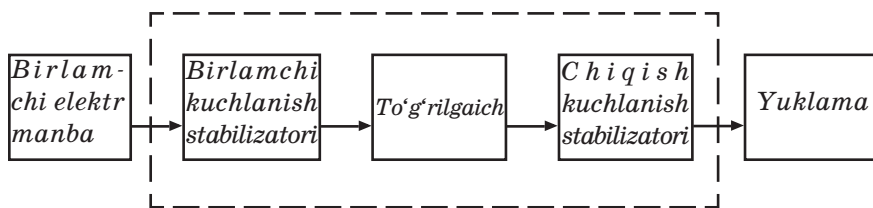
a) *radiosistemalarning tarkibiga kiradigan qurilmalar* (elektryuritma, qaytaulagich, mantiqiy elementlar, sinxron bog'lanuvchi sistemalar, o'z-o'zini sozlovchi qurilmalar, datchiklar va boshqalar);

b) *elektr manba qurilmalari*. Bu o'zgartirgichlar kam quvvatli qurilmadan quvvati yuqori qurilmalargacha ishlashlari uchun elektr energiya bilan ta'minlab beradi (elektromashina generatorlari, transformatorlar, to'g'rilagichlar, o'zgartirgichlar va boshqalar).

## I BOB. ELEKTR MANBA TURLARI

### 1.1. Fanning tarkibi, mazmuni va elektr manbaning tuzilish prinsipi

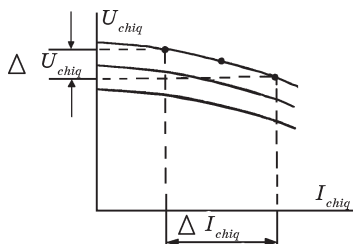
Manbalar murakkab qurilma bo'lib, uning struktura sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm

*Birlamchi elektr energiya manbayi* – (BEEM) noelektrik energiyani (mexanik, issiqlik, kimyoviy) elektr energiyaga aylantiradi. BEEM larga elektromashina generatorlari, termogeneratorlar, galvanik elementlar, akkumulatorlar, atom elektrostansiyalari va boshqalar kiradi.

*Ikkilamchi manbalarda* elektr energiyaning bir shakli boshqa bir shakliga o'zgartirgichlar orqali o'zgartiriladi. Bu o'zgartirgichlar tarkibiga to'g'rilagichlar, rostlagichlar, chastota o'zgartirgichlar va stabilizatorlar kiradi. To'g'rilagichlarda esa o'zgaruvchan kuchlanish o'zgarmas kuchlanishga aylantiriladi. O'zgartirgichlar tarkibidagi birlamchi stabilizator esa o'zgaruvchan kuchlanishni stabillash uchun ishlatiladi, ayrim hollarda kuchlanishning shaklini ham o'zgartiradi.

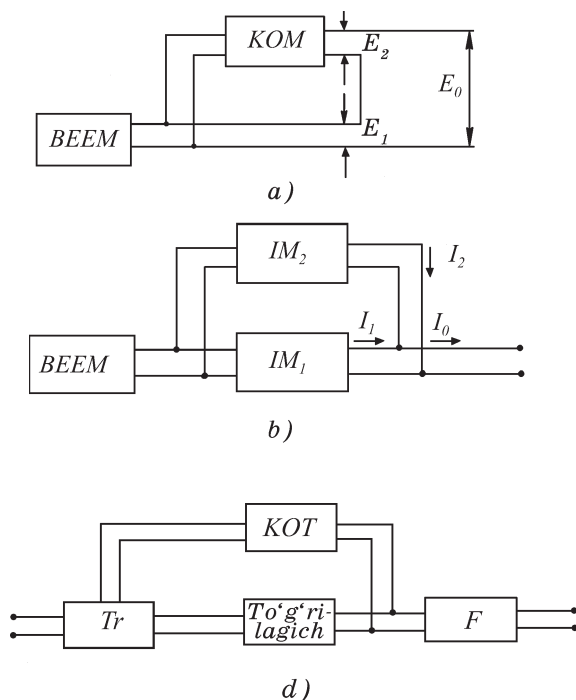


Chiqishdagi stabilizator esa o'zgarmas kuchlanishni stabillash va shaklini tekislash uchun ishlatiladi. Hozirgi zamon manbalari ko'p tarmoqli (kanalli) qilib tayyorlanmoqda. Manbalarning asosiy xarakteristikasi tashqi xarakteris-

tikadir (2-rasm). Bu xarakteristika chiqish kuchlanishi bilan chiqish toki orasidagi munosabatni ko'rsatadi.

Xarakteristikadagi har bir egri chiziqli tashqi parametrlari bilan farqlanadi (tashqi muhit harorati, birlamchi kuchlanish kattaligi va boshqalar). Tashqi xarakteristikaning oilasi manba to'g'risida to'la fikr yuritishga va quyidagi asosiy parametrlarini aniqlab olishga yordam beradi:

- nominal chiqish kuchlanishi;
- yuklama quvvati;
- foydali ish koeffitsiyenti;
- chiqish kuchlanishining chegarasi;
- chiqish kuchlanishining stabilligi;
- manbaning ichki qarshiligi.



3-rasm

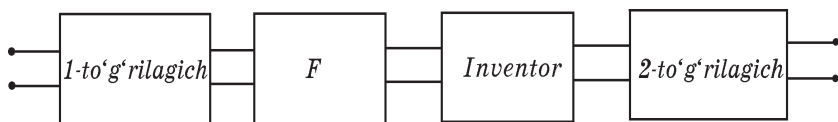
Chiqish qarshiligi qancha kam bo'lsa, yuklamada quvvat shuncha ko'p bo'ladi. Shular bilan bir qatorda iqtisodiy-konstruktor ko'rsatkichi ham bor. Bu ko'rsatkichga o'zgartirgichning og'irligi, hajmi va bahosi kiradi. Agarda BEEM chiqishidagi yoki sanoat

tarmog'idan olingan kuchlanish bilan tok yuklama uchun yetarli bo'lmasa, u holda qo'shimcha qurilmalar qo'shish yo'li bilan quvvatliroq to'g'rilagichlar hosil qilish mumkin.

3-a,b,d rasmda kuchlanishni oshiruvchi to'g'rilagichlarning struktura sxemasi keltirilgan.

Bunda BEEM – birlamchi elektr energiya manbayi; KOM – kuchlanishni oshiruvchi manba; Tr – transformator; KOT – kuchlanishni oshiruvchi to'g'rilagich; F – filtr, IM<sub>1</sub>, IM<sub>2</sub> – ikkilamchi manbalar.

Invertor va to'g'rilagichlarning ikkilamchi manbalarda ishlatilishi o'zgartirgichning ixchamlanishiga, vaznining kamayishiga va kam energiya isrofiga olib keladi, chunki to'g'rilagichlar tarmoq transformator kuchlanishi yordamisiz ishlaydi (4-rasm).



4-rasm

Elektr manbalar loyihalanayotganda quyidagi talablar quyiladi:

1) ishlab chiqarilayotgan kuchlanish va tok (o'zgaruvchan va o'zgarmas) talab qilingan kattalikdan farqlanmasligi kerak;

2) kuchaytirayotgan va ishlab chiqarayotgan qurilmani ta'minlagan elektr manba katta xatoliklar keltirib chiqarmasligi kerak;

3) puxta ish qobiliyatiga ega va uzoq muddatga bardosh berib ishlashi, ekspluatatsion parametrlarining zaiflashmasligi va ixchamligi, kam vaznli bo'lishi, yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega bo'lishi talab qilinadi;

4) manbaning kuchlanish va tok pulsatsiyasi ruxsat berilgan kattalikdan oshmasligi kerak.

Tok va kuchlanish pulsatsiya koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_p = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max} + U_{\min}} \cdot 100 = \frac{\Delta U_o}{2U_o} \cdot 100,$$

$$K_p = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} \cdot 100 = \frac{\Delta I_o}{2I_o} \cdot 100.$$

Yuklama aktiv qarshilik ko‘rinishida bo‘lsa, kuchlanish va tok bo‘yicha pulsatsiya koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_p = \frac{U_m}{U_o} \cdot 100 = \frac{I_m}{I_o} \cdot 100.$$

Buyerda  $I_m$  va  $U_m$  – tok va kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi.

$I_o$  va  $U_o$  – tok va kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi.

Eng past chastota pulsatsiyasi kattaliklar ichida muhim ahamiyatga ega. Chastota pulsatsiyasi qancha katta bo‘lsa, uni tekislash shuncha oson bo‘ladi. Sanoatda ishlatiladigan kuchlanish chastotasi 50 Hz dir, kuchlanishi esa ~127V, ~220V, ~380 V. Samolyot bortlarida, kemalarda 400 Hz chastotali, 220/380 V li va 27,4 V li kuchlanish ishlatiladi. O‘zgarmas kuchlanishli avtonom manbalar (115 V va 230 V) ham mavjud. Kosmik apparatlarda va ko‘chuvchi qurilmalarda manba sifatida elektrokimyoviy manbalar, quyosh elementlari va fotoelementlar ishlatiladi.

Elektromashina generatorlari 2–25 kV o‘zgaruvchan kuchlanish hosil qilib beradigan qurilmaga kiradi. Ular o‘zgarmas tokni (2yo400 V) o‘zgartirib beradi. Hozirgi vaqtda impulsli manbalar ishlatilmoqda. Ular chastotasi 16 kHz bo‘lgan qurilmalarni ta’minlash uchun ishlatiladi. Ular ixcham va tejamkordir.

## **1.2. O‘zgarmas kuchlanish manbalari. To‘g‘rilagichlarning turlari va tasnifi**

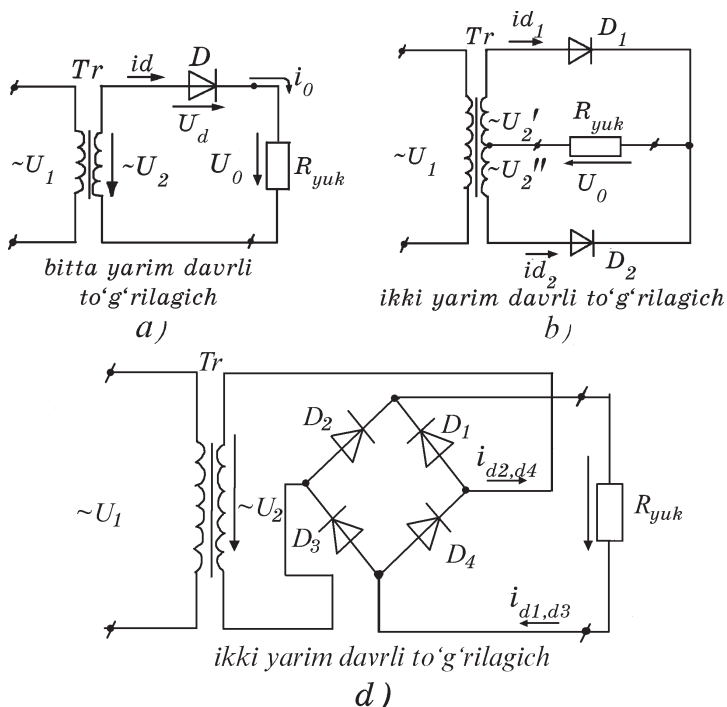
O‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartiruvchi t‘g‘rilagichlarning ko‘plab turlari mavjud. Quyidagi sxemalarda ularning keng tarqalgan turlari keltirilgan. Bularni tartib bilan o‘rganish uchun ular quyidagi belgilarga asosan tasniflanadi:

a) faza kuchlanishining har bir yarim davrida yuklamadan oqadigan tokning xarakteriga qarab;

b) o‘zgaruvchan kuchlanishning fazalar soniga qarab;

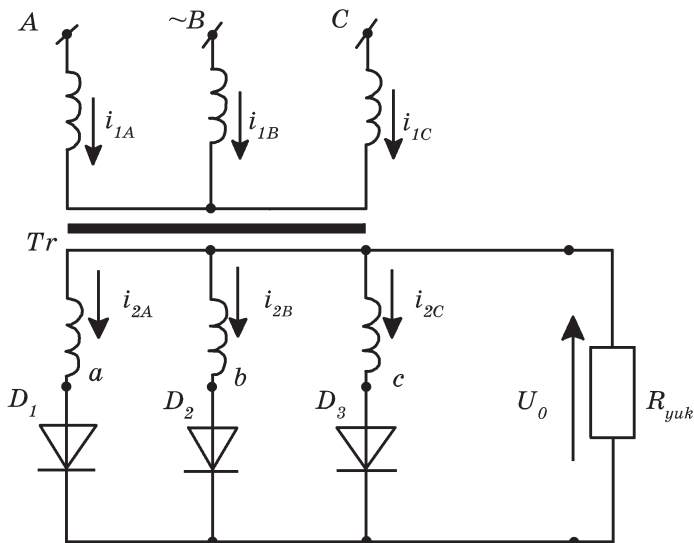
d) manbaning fazalar soniga qarab.

a) turdagi to‘g‘rilagichlarga bitta yarim davrli to‘g‘rilagichlar kiradi (5-a, b, d rasm).



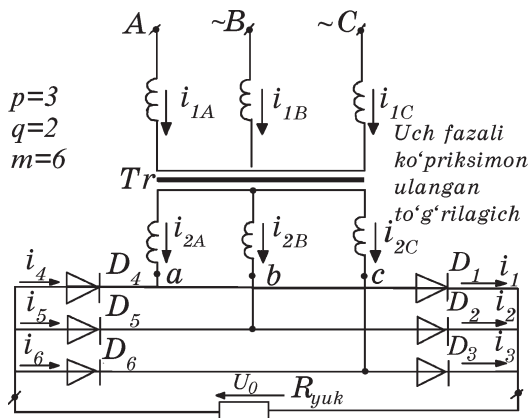
d)  
5-rasm

6-rasmda uch fazali nol chiqishli to'g'rilagich keltirilgan.

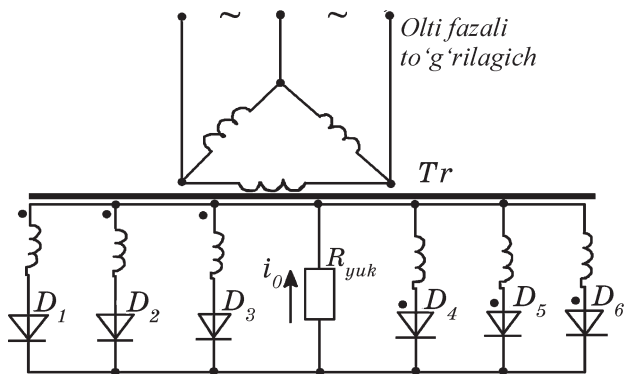


6-rasm

To'g'rilagichlar ishlayotgan tarmog'iga qarab bir fazali va uch fazali to'g'rilagichlarga bo'linadi. Katta quvvatli to'g'rilagichlarda sun'iy ravishda olti fazali to'g'rilagichlar ishlatiladi (7, 8 - rasmlar).



7-rasm



8-rasm

To'g'rilagichlarda to'g'rilangan kuchlanishning fazalar sonini aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalaniladi:

$$m=p \cdot q.$$

Buyerda  $m$  – to'g'rilangan fazalar,  $r$  – to'g'rilanuvchi kuchlanishning fazalar soni,  $q$  – yarim davrlar soni.

To'g'rilagich qurilmasi chiqish parametrlari, ventil parametrlari, to'g'rilash sxemalari va transformator parametrlari bilan xarakterlanadi.

Chiqish parametrlari quyidagilar:

- to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘rtacha qiymati –  $U_0$ ;
- to‘g‘rilangan tokning o‘rtacha qiymati –  $I_0$ ;
- to‘g‘rilangan tok zanjiridagi quvvat –  $P_0 = U_0 I_0$ .

Pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_p$  to‘g‘rilangan kuchlanishning ta‘sir etuvchi o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi  $U_m$  ni to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘rtacha qiymati  $U_0$  ga nisbatiga tengdir, ya‘ni

$$K_p = K_{pk} = U_{mk} / U_0;$$

bu yerda  $k$  – garmonika tartibi.

Transformatorning parametrlariga quyidagilar kiradi:

- transformatorning birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amidagi tok va kuchlanishning haqiqiy qiymati ( $I_1, I_2, U_1, U_2$ );
  - birlamchi chulg‘amdagi quvvat  $S_1 = m_1 \cdot I_1 \cdot U_1$ ;
  - ikkilamchi chulg‘amdagi quvvat  $S_2 = m_2 \cdot I_2 \cdot U_2$ ;
  - transformator quvvati  $S_{tr} = (S_1 + S_2)/2$ ;
  - birlamchi chulg‘amning foydali ish koeffitsiyenti  $K_1 = R_0/S_1$ ;
  - ikkilamchi cho‘lg‘amning foydali ish koeffitsiyenti  $K_2 = R_0/S_2$ ;
  - transformatorning foydali ish koeffitsiyenti  $K_{tr} = R_0/S_{tr}$ ;
- ( $m_1, m_2$  – birinchi va ikkinchi chulg‘amning fazalar soni).

Diodlarning parametriga quyidagilar kiradi:

- ventil tokining o‘rtacha, ta‘sir etuvchi va amplituda qiymati ( $I_{or}, I_0, I_m$ );

- teskari kuchlanishning maksimal qiymati  $U_{tesk.maks.}$ .

Hozirgi vaqtda sanoatda diodning uch turi ishlab chiqarilyapti:

selenli;

germaniyli;

kremniyli.

Selenli ventillar aluminiy asosda tayyorlanadi. Ularning teskari kuchlanishi 20 yo 45 V.

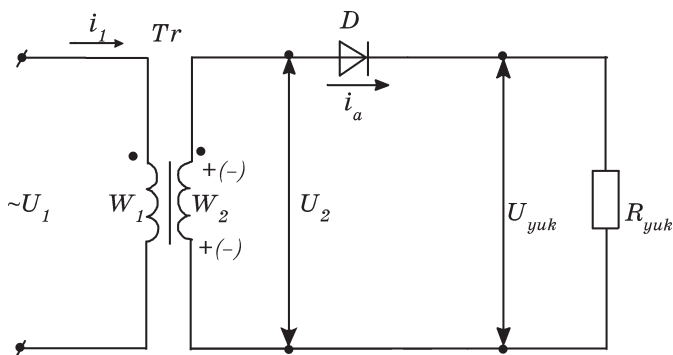
Germaniyli ventillar suvli sovitgichlar bilan tayyorlanadi: BFB-200, BFB-500, BFB-1000 larning to‘g‘ri toki 50 ÷ 150 A gacha, teskari toki 20 yo 30 mA, teskari kuchlanishi bir necha yuz voltga boradi, FIK 0,98 ga teng.

Kremniyli ventillar havo orqali sovitiladi. Ularning B va BJL seriyalari mavjud. To‘g‘ri tok – 800 A gacha, BB va BJIB da to‘g‘ri tok – 1250 A gacha boradi.  $U_{tesk}$  ruxsat berilgan

kuchlanish – 100 V yo 1500 V gacha; teskari tok  $I_{\text{tesk}} = 1$  yo 5 mA gacha. Kremniyli Д203 va Д226 turdagi ventillardan oqadigan to‘g‘ri tok 0,1 yo 10 A gacha. Teskari kuchlanish – 600 V gacha.

### 1.3. Bitta yarim davrli to‘g‘rilagich

Aktiv yuklamada ishlovchi bitta yarim davrli to‘g‘rilagichning sxemasi 9-a rasmda keltirilgan.



9-a rasm

Bu sxemada  $i_1, \sim U_1$  – tarmoqdagi tok va kuchlanish, Tr  $W_1$  birlamchi va  $W_2$  ikkilamchi chulg‘amli tarmoq transformatori. Tarmoq transformatorining ikkilamchi chulg‘amiga diod  $D$  ning anod tarafi ulangan. Chulg‘amning boshqa uchi bilan diodning katodi orasiga  $R$  yuklama ulangan. Chiqish kuchlanishi  $U_0$  shu yerdan olinadi.

Tok dioddan va yuklamadan transformator ikkilamchi chulg‘amidagi ta’sir etuvchi  $U_2$  o‘zgaruvchan kuchlanish davrining faqat bitta yarim davrida, ya’ni musbat yarim davrida o‘tadi ( $r$  to‘g‘ri diod = 0), diod ochiladi, ya’ni anodga musbat potentsial keladi va diod ochiladi. Ikkinchi yarim davrda diod yopiq, chunki diodning anodiga manfiy potentsial keladi ( $r$  to‘g‘ri diod =  $\infty$ ). 9-b rasmdan ko‘rinib turibdiki, bu tok pulslanuvchi xarakterga ega bo‘lib, yuklamadan faqat bir tomonga oqib, kattaligi esa 0 dan to  $I_{2m}$  kattalikkacha o‘zgaradi.

To‘g‘rilangan tokning va kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi quyidagicha aniqlanadi:

$$U_0 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_2 = 0,45 \cdot U_2,$$

$$I_0 = 0,45 \cdot I_2.$$

Bu yerda  $I_2, U_2$  – ta'sir etuvchi tok va kuchlanish;

$U_{2m}$  – kuchlanishning amplituda chiqish qiymati.

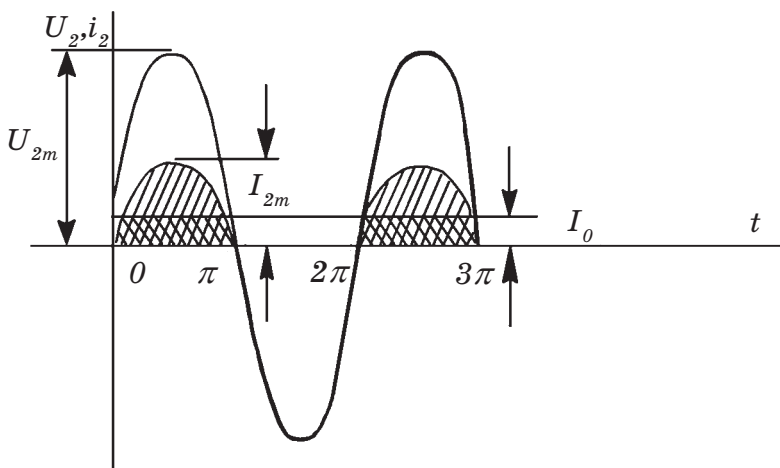
$U_0, I_0$  – tok va kuchlanishning o'zgarmas tashkil etuvchisi:

$$U_0 = 0,318 \cdot U_{2m}, \quad I_0 = 0,318 \cdot I_{2m};$$

$U_{\text{tesk.m}} = U_{2m} = \pi \cdot U_0$  – teskari maksimal kuchlanish.

O'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga

aylantirishda sifat belgisi qilib  $\frac{U_0}{U_2}$  nisbati olinadi. Kasrdan



9-b rasm

chiqqan qiymat qancha katta bo'lsa, to'g'rilagichning sifati shuncha yaxshi bo'ladi.

To'g'rilagichning chiqishdagi to'g'rilangan kuchlanishda o'zgaruvchan tashkil etuvchining kam bo'lishi uning sifatliqligini bildiradi va pulsatsiya koeffitsiyenti orqali aniqlanadi.

$$\text{Ya'ni} \quad K_p = \frac{U_m}{U_0} \quad \text{yoki} \quad K_p \% = \left( \frac{U_m}{U_0} \right) \cdot 100.$$

Bu yerda  $U_m$  – chiqishdagi kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi;

$U_0$  – chiqishdagi kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi.

Bu ifodani chiqishdagi o‘zgaruvchan tashkil etuvchining birinchi garmonika tashkil etuvchisi orqali ifoda etish mumkin:

$$K_{p1} = \frac{U_{m1}}{U_0} = 1,57.$$

Bu yerda  $U_{m1}$  – o‘zgaruvchan tashkil etuvchining birinchi garmonikasining amplitudasi.

To‘g‘rilagichning sifatini oshirish uchun quyidagi shartlar bajarilishi shart:

1) teskari kuchlanishning maksimal qiymati chiqishdagi o‘zgarmas kuchlanishning o‘rtacha qiymatidan katta bo‘lishi kerak:  $U_{v \max} > U_0$ ;

2) o‘zgaruvchan kuchlanishni o‘zgarmas kuchlanishga aylantirishda quvvat isrofi kam bo‘lishi kerak.

Quvvat isrofi koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{p.i} = \frac{P_0}{P_T} = 0,33.$$

Bu yerda  $P_0$  – to‘g‘rilangan tokning o‘zgarmas tashkil etuvchisining quvvati:  $P_0 = U_0 \cdot I_0$ ;

$R_t$  – qurilmaning ishlashi uchun sarf bo‘lgan transformator quvvati.

Chiqishdagi kuchlanish o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi birinchi garmonikasining amplituda qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{pm} = \frac{\pi \cdot U_0}{2} = 1,57 \cdot U_0.$$

To‘g‘rilangan kuchlanishning pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_p = 1,57$ .

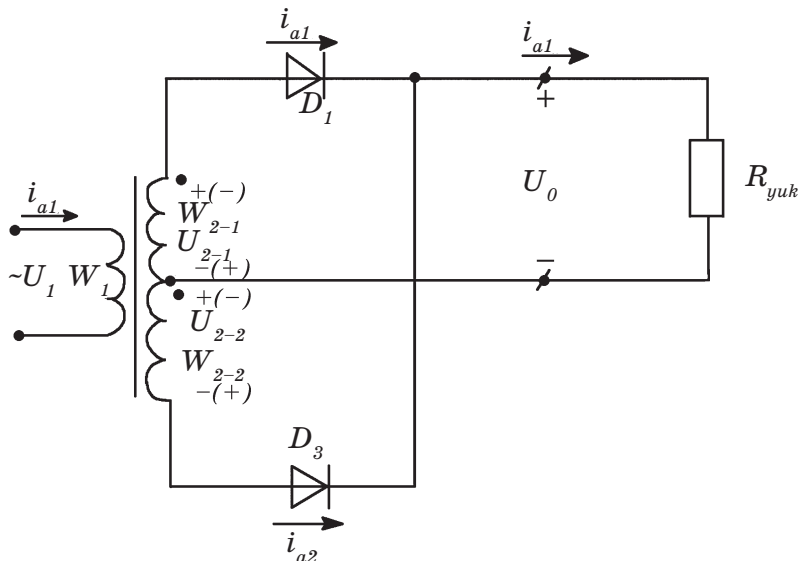
Pulsatsiya koeffitsiyentining bunday katta qiymatga ega bo‘lganligi bitta yarim davrli to‘g‘rilagichning kamchiligi hisoblanadi.

Bundan tashqari to‘g‘rilangan tok  $I_0$  ning transformatorning ikkinchi chulg‘amidan oqqan  $I_2$  tokga ta’siri ( $I_0 = 0,636 I_2$ ) ikkinchi kamchilik hisoblanadi. Shuning uchun bunday sxemalar hozirgi zamon to‘g‘rilagichlarida ishlatilmaydi.

#### 1.4. Nol chiqishli ikki yarim davrli bir fazali to'g'rilagich

Ikki yarim davrli to'g'rilagichning ikki xil ulanish sxemasi mavjud: transformator ikkilamchi cho'lg'aming o'rtasidan olingan chiqish kuchlanishli (nol chiqishli) va ko'priksimon ulangan sxema.

10-rasmda ikki yarim davrli nol chiqishli to'g'rilagichning prinsipial sxemasi keltirilgan.



10-rasm

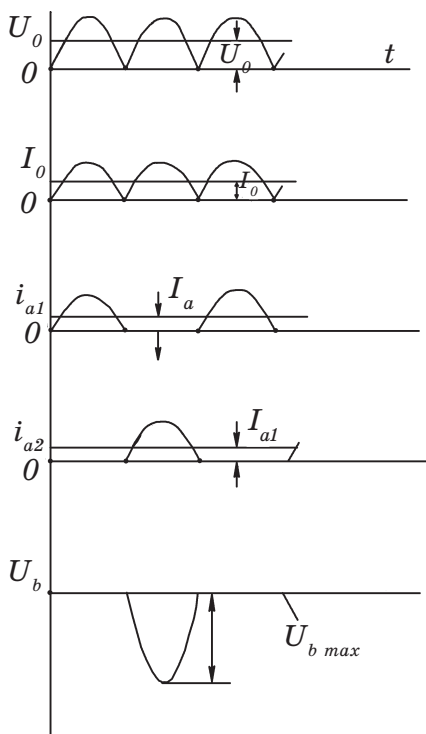
Bu sxemada  $i_{a1}$ ,  $\sim U_{2-2}$  tarmoqdagi tok va kuchlanish to'g'rilagichning asosiy elementlaridan tarmoq transformatori Tr ikki bo'limli ikkilamchi chulg'am  $W_{2-1}$ ,  $W_{2-2}$  dan tashkil topgan bo'lib,  $D_1$  va  $D_2$  diodlarning anodiga ulangan. Chiqish kuchlanishi  $U_0$  diodlarning katodi ulangan umumiy nuqta bilan transformatorning ikkilamchi chulg'aming bir-biri bilan ulangan 0 nuqtasidan olinadi.

Bu sxemani bitta yarim davrli ikkita to'g'rilagichning bir-biriga birlashgani deb qarash mumkin. Sxemani transformatorning chiqishidagi kuchlanishga nisbatan ikki fazali deb qarash mumkin, ya'ni transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanishlar  $U'_2$  va  $U''_2$ , bir-biriga amplitudalari teng fazalari esa qarama-qarshidir.

Ikkilamchi cho'lg'amning umumiy nuqtasidagi  $O$  (o'rta) potentsialga nisbatan  $A$  nuqtaga musbat potentsial kelsa, diod  $D_1$  dan  $i'_1$  tok o'tib  $R_{yuk}$  yuklama orqali  $O$  nuqtaga keladi va berk zanjir hosil bo'ladi.

Diod  $D_2$  ning anodiga esa manfiy potentsial keladi. Shunday qilib  $0 - \pi$  oralig'ida diod  $D_1$  – ochiq, diod  $D_2$  – yopiq.

Keyingi yarim davrda  $(\pi - 2\pi)$   $O$  nuqtaga nisbatan  $B$  nuqtaga musbat potentsial keladi, natijada  $D_2$  dioddan  $i''_2$  tok o'tib  $R_{yuk}$  yuklamadan avvalgi  $i'_1$  yo'nalishi bo'yicha tok o'tadi va  $O$  nuqtaga keladi, ya'ni berk zanjir xosil bo'ladi. Bundan ko'rinib turibdiki, tarmoqdan oqayotgan o'zgaruvchan  $i_1$  tok  $R_{yuk}$  yuklamadan faqat bir tomonga oqadigan  $I_0$  o'zgarmas tok va yuklamadagi potentsial  $U_0$  o'zgarmas kuchlanishga o'zgaradi. 11-rasmda bu jarayonning vaqt diogrammasi orqali tok va kuchlanish shakli ko'rsatilgan.



11-rasm

Ikki yarim davrli to'g'rilagichning o'zgarmas tashkil etuvchi tok va kuchlanishi bitta yarim davrli to'g'rilagichning o'zgarmas tashkil etuvchisidan ikki baravar ko'p bo'ladi.

Rasmdan ko‘rinib turibdiki yuklamadagi tok va kuchlanish sinusoidal-impuls ko‘rinishda bo‘ladi va har yarim davrda qaytariladi. To‘g‘rilangan kuchlanishning o‘rtacha qiymati  $U_0$  bilan transformatorning ikkinchi chulg‘amidagi ta‘sir etuvchi kuchlanish orasidagi munosabat quyidagicha bo‘ladi:

$$U_0 = 0,9 \cdot U_2.$$

To‘g‘rilangan tokning o‘rtacha qiymati  $I_0$  bilan transformatorning ikkinchi chulg‘amidagi tokning ta‘sir etuvchisi  $I_2$  orasidagi munosabat esa quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0 = 0,9 \cdot I_2.$$

Pulsatsiya koeffitsenti

$$K_p = \frac{U_m \cdot m}{U_0} = \frac{2}{m^2 - 1} = 0,67,$$

bu yerda  $m$  – fazalar soni (bu sxema uchun  $m=2$ );  
quvvat isrofi koeffitsiyenti

$$K_{pi} = \frac{P_0}{P_T} = 0,83.$$

Ikki yarim davrli to‘g‘rilagich bo‘lgani uchun har bir dioddan oqadigan  $I_{0d}$  tok quyidagicha aniqlanadi:

$$I_{0d} = \frac{I_0}{2}$$

Yopiq dioddagi teskari kuchlanishning maksimal qiymati transformatorning ikkilamchi zanjiridagi kuchlanishning yig‘indisiga teng bo‘ladi va u quyidagicha aniqlanadi.

$$U_{bmax} = 2\sqrt{2} \cdot U_2 = \pi \cdot U_0.$$

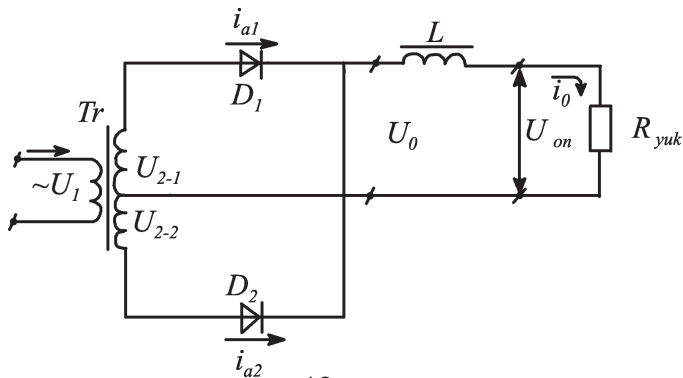
Bu ifodadan ko‘rinib turibdiki, maksimal teskari kuchlanish o‘zgarmas kuchlanishga nisbatan uch marotabadan ham ortiq.

### 1.5. To‘g‘rilagichning aktiv-induktiv yuklamaga ishlashi

12-rasmda to‘g‘rilagichning aktiv-induktiv yuklamaga ishlaydigan prinsipial sxemasi keltirilgan.

Sxemani o‘rta va katta quvvatli to‘g‘rilagichlar sifatida ishlatish ko‘proq foyda keltiradi, chunki sxemaning chiqishiga ulangan induktivlik tekislovchi filtr vazifasini bajaradi. To‘g‘rilagichning ishlash prinsipini 13-rasmdagi vaqt diagrammasi orqali ko‘rib chiqamiz. Transformator ikkilamchi chulg‘aming 1-bo‘limida

kuchlanish  $U_{2-1}$  musbat yarim davri bo'lganda diod  $D_1$  ochiladi, ya'ni  $0 - \pi$ ,  $2\pi - 3\pi$  oralig'ida  $R_{yuk}$  yuklamadan  $i_0$  tok o'tadi.



12-rasm

Transformator ikkilamchi chulg'aming 2-bo'limidan kuchlanish  $U_{2-2}$  musbat yarim davri bo'lganda diod  $D_2$  ochiladi, ya'ni  $\pi - 2\pi$ ,  $3\pi - 4\pi$  oralig'ida  $R_{yuk}$  yuklamadan  $i_0$  tok o'tadi.

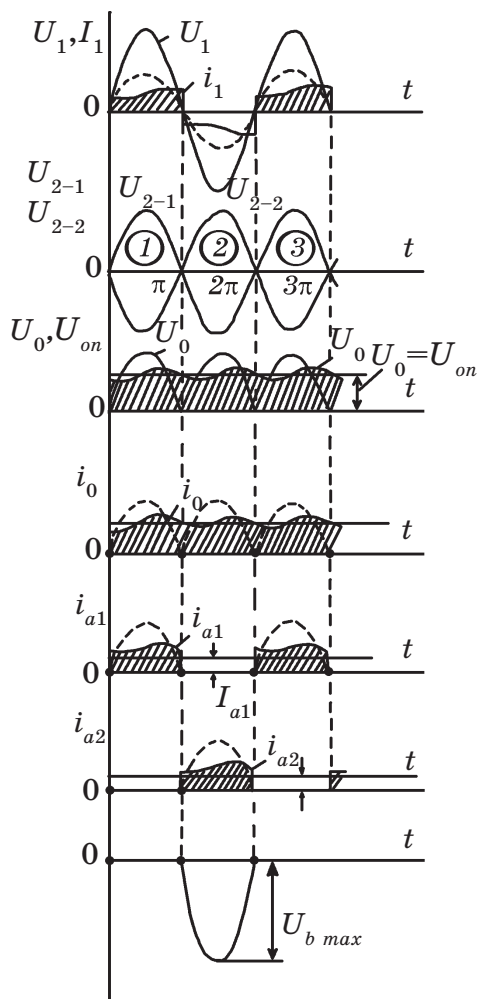
Aktiv-induktiv yuklamali to'g'rilagichning aktiv yuklamali to'g'rilagichdan farqi shundaki induktivlikning ta'siri natijasida yuklamadan oqadigan tokning shakli tekislangan bo'ladi. Ammo induktivlik ta'siri natijasida  $U_0$  kuchlanish 0 bo'lganda  $i_0$  tok 0 bo'lmaydi, chunki  $i_0$  tok  $U_0$  kuchlanishning maksimal nuqtasidan vaqt bo'yicha kechikadi, natijada  $U_0$  bilan  $I_0$  orasida fazalar farqi hosil bo'ladi. Agarda induktivlikning aktiv qarshiligini 0 deb qabul qilsak, yuklamadagi kuchlanishning nominal o'rtacha qiymati  $U_{0,H} = U_0 = 0,9 \cdot U_2$ . Induktivlikni oshirgan sari to'g'rilagichning tekislash qobiliyati oshib boradi,  $U_{0,H}$  kuchlanish egri chizig'ining pulsatsiyasi kamayib boradi. Agarda  $L$  induktivlik cheksizlikka intilsa, kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi butunlay induktivlik ta'sirida bo'ladi, yuklamada esa faqat o'zgarmas tashkil etuvchi bo'ladi.  $i_0$  tok shaklining o'zgarishi  $i_{a1}$ ,  $i_{a2}$  toklar va o'z navbatida  $i_{2-1}$ ,  $i_{2-2}$  toklar shaklining o'zgarishiga olib keladi, ya'ni to'g'ri burchakli shaklga, kattaligi esa

$$I_0 \approx \frac{U_0}{R_{yuk}},$$

o'rtacha qiymati

$$I_a = \frac{I_0}{2}$$

bo'ladi.



13-rasm

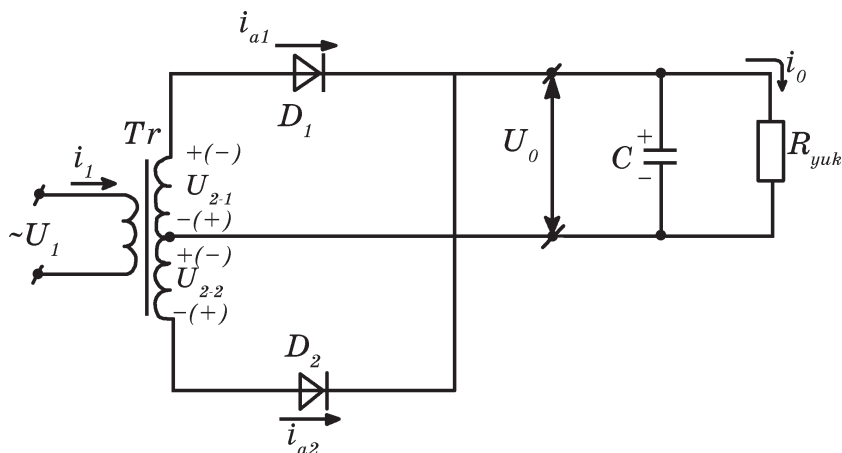
Induktivlikning tekislash qobiliyati tekislash koeffitsiyenti  $q$  orqali aniqlanadi, ya'ni tarkibida induktivlik bo'lgan filtrning kirishidagi pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_{kir.P}$  ni chiqishdagi pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_{chiq.P}$  ga nisbati orqali aniqlanadi:

$$q = \frac{K_{kir.P}}{K_{chiq.P}}.$$

To'g'rilagich loyihalanayotganda yuklama qarshiligi bilan induktivlik qarshiligi orasidagi munosabat quyidagicha bo'lishi kerak:  $L \gg R_{yuk}$ .

## 1.6. Aktiv-sig‘im yuklamali to‘g‘rilagich

Aktiv-sig‘im yuklamali to‘g‘rilagich o‘zgarmas kuchlanishni tekislovchi filtr  $C$  ni to‘g‘rilagichning chiqishiga parallel ulangan holda xosil qilingan (14-rasm).



14-rasm

Sxemaning ish holati impulsli holat bo‘lib,  $C$  ning zaryadlanishi va razryadlanishiga asoslangandir. Diodlar ( $D_1$  va  $D_2$ ) ochilishi uchun  $U_{2-1}$  yoki  $U_{2-2}$  kuchlanishlar yarim davrlarining kelishi yetarli bo‘lmaydi.

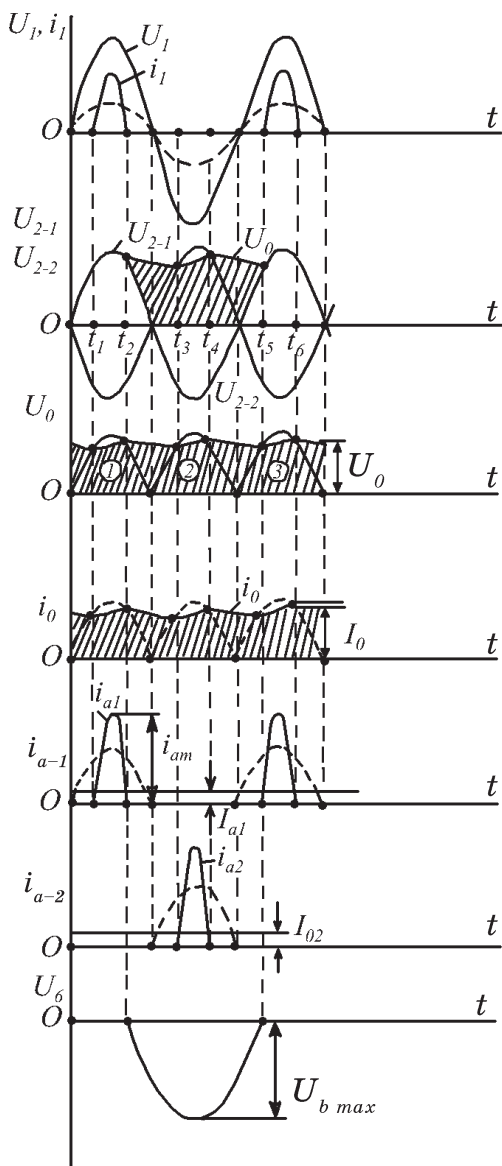
Transformatorning ikkilamchi chulg‘amidagi kuchlanish  $U_{2-1}$ ,  $U_{2-2}$  sig‘im  $C$  dagi kuchlanish, ya‘ni  $D_1$ ,  $D_2$  diodlarning katodidagi potentsial yoki chiqishdagi kuchlanish  $U_0$  dan katta bo‘lishi kerak.

$0 - t_1$  vaqt oralig‘ida  $U_{2-1} > 0$  bo‘lsa,  $U_{2-2} < 0$  sig‘imdagi kuchlanish  $U_0 > |U_2|$ . Bu vaqt oralig‘ida ikkala diod ham yopiq.  $t_1$  vaqtga yaqinlashganda (15-rasm)  $U_{2-1}$  kuchlanish oshadi va sig‘imdagi kuchlanishga yaqinlashishga harakat qiladi.

Bu vaqt oralig‘ida  $D_1$  diodga kelgan kuchlanish  $U_{2-1} < U_0$  dan kichkina bo‘lganligi uchun yopiq.  $D_2$  diod esa  $U_{2-2}$  teskari kuchlanish bilan qo‘shilib, ko‘proq teskari kuchlanish hosil qilgani uchun yopiq. Bu vaqtda yuklama  $R_{yuk}$  sig‘im  $C$  orqali sig‘imning vaqt doimiyliги kattaligida, ya‘ni  $\tau = C \cdot R_{yuk}$  zaryadlanadi.

$t_1$  vaqtda kuchlanishlar  $U_{2-1} = U_0$  bo‘ladi va  $D_1$  ochiladi va sig‘imni yuklama bilan bog‘laydi. Natijada yuklamaga  $U_{2-1}$  ulanadi.

$t_1 - t_2$  vaqt oralig'ida  $C$  sig'im  $U_{2-1}$  orqali zaryadlanadi va  $U_0$  biroz  $U_{2-1}$  dan kichikroq bo'ladi. Sxemadagi kuchlanish transformatorning birinchi, ikkinchi cho'lg'amidagi aktiv qarshiliklar potentsiali simlardagi va dioddagi kuchlanishlar yig'indisiga teng bo'ladi.



15-rasm

Sig'imning zaryad toki, transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidan o'tayotgan tok, dioddagi o'tayotgan toklar amplitudasi  $I_{am}$  impuls ko'rinishda bo'ladi.

Transformatsiya koeffitsiyenti  $n$  ni hisobga olinsa, transformatorning birlamchi cho'lg'amidagi tok  $i_1$  ning shakli ham impuls ko'rinishda bo'ladi. Sig'imning zaryadlanishi  $t_2$  vaqtgacha davom etib, kuchlanish  $U_{2-1}$  ga teng bo'ladi.

$t_2 - t_3$  vaqt oralig'ida  $D_1$  va  $D_2$  diod yopiq. Bu oraliqda sig'im yuklamaga razryadlanadi.  $U_0$  kuchlanish shakli  $\tau = CR_{yuk}$  eksponenti bo'yicha bo'ladi.

$t_3$  vaqtda transformator ikkinchi cho'lg'amidagi  $U_{2-2}$  kuchlanish  $U_0$  ga teng bo'ladi. Diod  $D_2$  ochiladi va  $t_3 - t_4$  vaqt oralig'ida kondensator impuls zaryad toki  $i_{a2}$  sig'imga oqadi. Transformatorning birinchi cho'lg'amidagi  $i_{a1}$  impuls toki  $U_1$  kuchlanish fazasi bilan mos keladi. Shu tariqa bu jarayon qaytariladi.  $U_0$  ning shakli sof aktiv qarshilikli yuklamaniqidan farqlanadi, ya'ni sig'imning ishtiroki kuchlanish shaklini yana ham tekislaydi. Vaqt doimiyliigi  $\tau = CR_{yuk} = (4 \div 8) / f_t$  ga teng bo'lganda kuchlanishning pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_p = 0,02 \div 0,04$  oralig'ida bo'ladi.

Pulsatsiya koeffitsiyenti hisobda quyidagicha aniqlanadi:

$$K_p = \frac{1}{2\pi \cdot f_t \cdot \tau};$$

Bu yerda  $f_t$  – tarmoq kuchlanishi chastotasi;

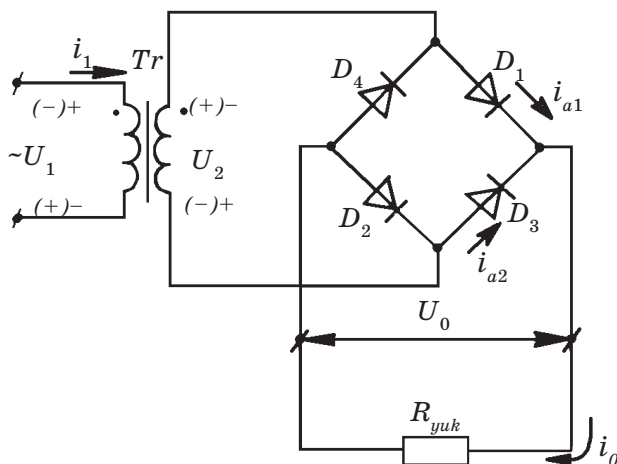
$\tau$  – vaqt doimiyliigi.

Yuklamadan oqayotgan tok  $i_0 = U_0 / R_{yuk}$  ancha tekislangan shaklda bo'ladi. Aktiv-induktiv yuklamali to'g'rilagichda  $U_0 = 0,9 \cdot U_2$  bo'lgan bo'lsa, sig'imli to'g'rilagich salt ishlagan holda kuchlanishning amplituda qiymati  $U_{2m} = 1,41 \cdot U_2$  bo'ladi. Yuklamaning manbadan olayotgan energiyasi impuls tariqasida bo'ladi, ya'ni sig'im qisqa vaqt ichida energiyani manbadan olib yuklamaga beradi. Energiyaning impulsanib, yuklamaga o'tishi diod orqali transformatorning birinchi, so'ngra ikkinchi cho'lg'amida ham sodir bo'ladi, ya'ni dioddan o'tayotgan tokning amplitudasi  $I_{am} = (3 \div 8) \cdot I_0$ . Sig'imning sxemada borligi teskari kuchlanishni diodga ta'sirini oshiradi (maksimal teskari kuchlanishning  $U_{b \max}$  pasaytirmagan holda). Bu  $U_{b \max}$  ning kattaligi oldingi sxemadagidek  $2 \sqrt{2} \cdot U_2$  ga teng bo'ladi.

Bir necha o'n vatli to'g'irlagichlarni loyihalashda sig'imli to'g'irlagichlardan foydalanilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi, chunki yuklamaning oshishi filtrning samaradorligini oshiradi.

### 1.7. Bir fazali ko'priksimon to'g'rilagich

To'g'irlagichning bir fazali ko'priksimon sxemasi transformator va to'rtta dioddan tashkil topgan (16-rasm).



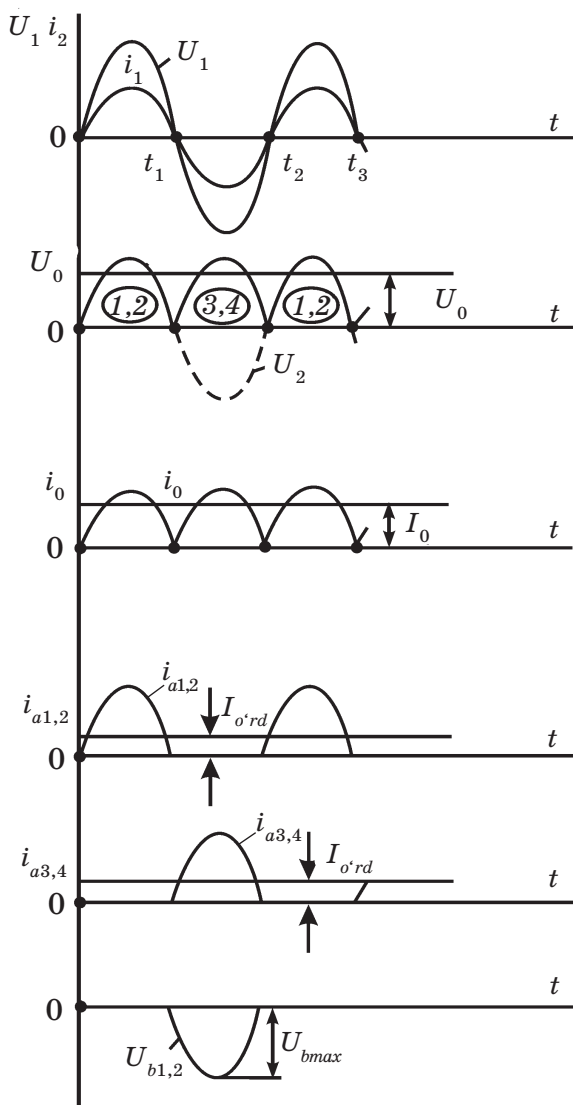
16-rasm

Yuklamani aktiv qarshilikdan iborat deb qaraymiz va ishlash prinsipini o'rganamiz. Chiqishdagi kuchlanish  $U_0$  xuddi to'g'irlagichning nol chiqishli ikki yarim davrli sxemasidan chiqadigan kuchlanishga o'xshab bir tomonli kuchlanishdan iboratdir (17-rasm).

$D_1, D_2$  diodlar  $0 - t_1$  vaqt oralig'ida ochiq, chunki  $U_2$  kuchlanish musbat yarim davrli kuchlanishdan iborat. Shuning uchun xuddi shu davrda musbat yarim davrli kuchlanish  $U_0$  chiqishda hosil bo'ladi.  $D_1, D_2$  ochiq diodlar transformatorning ikkilamchi chulg'amini  $R_{yuk}$  yuklama bilan bog'laydi va chiqishdagi  $U_0$  kuchlanishning kattaligi va qutbi  $U_2$  kuchlanish bilan mos keladi.  $U_1$  kuchlanishda manfiy yarim davr kelganda transformatorning ikkilamchi cho'lg'amida  $U_2$  teskariga o'zgaradi ( $t_1 - t_2$  vaqt oralig'ida). Bu kuchlanishning ta'sirida  $D_3, D_4$  diodlar ochiq, tok o'tadi, natijada to'g'irlagichning

chiqishida xuddi avvalgiga o'xshagan bir tomonli kuchlanish hosil bo'ladi. Avvalgi yarim davrdagi kuchlanishning amplitudasi, shakli navbatdagiga o'xshagan bo'lganligi uchun chiqish kuchlanishining o'rtacha qiymati  $U_0$  orqali aniqlanadi.

To'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati  $U_0$  bilan transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi ta'sir etuvchi



17-rasm

kuchlanish orasidagi munosabat ikki yarim davrli nol chiqishli to'g'rilagichdagiga o'xshagan bo'ladi, ya'ni  $U_0 = 0,9 \cdot U_2$ .

Yuklamadan oqayotgan  $I_0$  tok navbatma-navbat  $D_1$ ,  $D_2$  va  $D_3$ ,  $D_4$  diodlardan oqadi, shuning uchun har bir dioddan

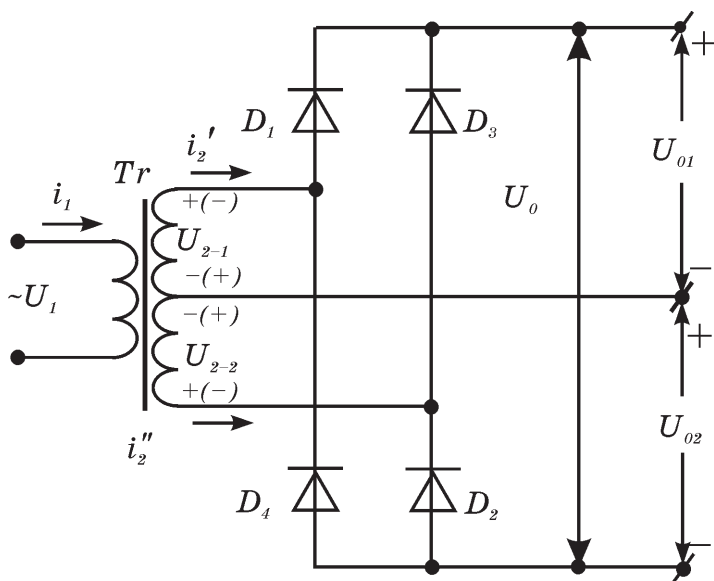
oqadigan ortacha tokning qiymati  $I_{o'r.d} = \frac{I_0}{2}$ .

Yopiq dioddagi teskari kuchlanishning maksimal qiymati

$$U_{bmax} = \sqrt{2} \cdot U_2 = \frac{\pi}{2} \cdot U_0.$$

Bu kuchlanish nol chiqishli ikki yarim davrli to'g'rilagichnikidan ikki barobar kichkina. Bu sxemada diodlarning soni ko'pligiga qaramasdan avvalgi sxemaga nisbatan sodda tuzilgan va teskari kuchlanishning maksimal qiymati kichkina bo'lganligi uchun bular kichik va o'rta quvvatli to'g'rilagichlarda ishlatiladi.

18-rasmdagi sxemada transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi nol chiqishga nisbatan ikkita har xil ishorali kuchlanish olinadi, ya'ni  $U_{01}, U_{02}$ . Bu sxema ikkita nol chiqishli



18-rasm

ikki yarim davrli to'g'rilagichlarni birlashtirishdan hosil bo'lgan deb qarash mumkin (biri  $D_1$ ,  $D_3$  diodlar, ikkinchisi  $D_2$ ,  $D_4$  diodlar orqali).

Chiqishdagi kuchlanishlar  $U_{01}, U_{02}$  bir-biriga, ya'ni  $\frac{U_0}{2}$  ga teng bo'ladi. Bu sxemaning ishlash jarayoni esa ikki yarim davrli nol chiqishli to'g'rilagichning ishlash prinsipiga o'xshab ishlaydi.

Chiqishda sifatli o'zgarmas kuchlanish olish uchun  $U_{01}$  va  $U_{02}$  chiqish kuchlanishi va yuklama oraliq'iga silliqlovchi filtrlar ulanadi. To'g'rilagichning ikkala chiqishiga yuklama ulansa, albatta, transformatorning birinchi chulg'ami biroz zo'riqishi mumkin, ammo bu zo'riqish katta ta'sir kuchiga ega emas.

### 1.8. Kuchlanishni oshiruvchi to'g'rilagichlar

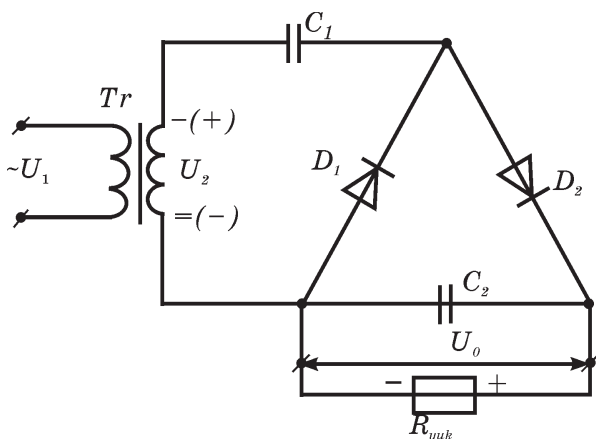
Bu xildagi to'g'rilagichlar yuqori kuchlanish va kichik tokda ishlaydigan yuklamalarga manba sifatida xizmat qiladi. Ular yuklamaga 1 kV gacha kuchlanish kerak bo'lganda ishlatiladi.

Bu xildagi to'g'rilagichlarning ishlash prinsipi quyidagicha: to'g'rilagichga ulangan chiqish sig'imi bir yoki bir nechta bo'lib, ishlash jarayonida sig'imga yig'ilgan kuchlanish yuklamaga beriladi, ya'ni elektr energiya yuklamaga razryadlanadi.

Kuchlanishni oshiruvchi to'g'rilagichlar simmetrik va nosimmetrik guruhlariga bo'linadi. Kuchaytirishni karrali ko'paytirish cheklangan emas, ammo amaliy jihatdan  $2 \div 10$  baravar bo'lishi mumkin. Xususiy hollarda yuklama kam tok iste'mol qilganda ( $I_{yuk} = 0,5 \div 2 \mu A$ ,  $U_0 = 10 \div 100$  kV) karrali oshirish 100 gacha borishi mumkin.

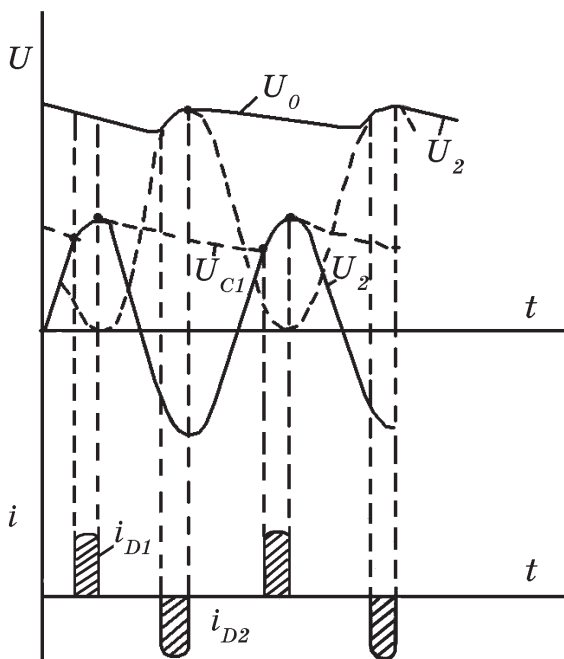
19-rasmda kuchlanishni ikki baravar oshiruvchi nosimmetrik to'g'rilagichning prinsipial sxemasi, 20-rasmda tok va kuchlanishlar vaqt diagrammasi keltirilgan.

Sxemaning ishlash prinsipi quyidagicha: birinchi yarim davrda kuchlanish  $U_2$  bo'lganda tok  $D_1$  diod orqali o'tib  $C_1$  sig'imni zaryadlaydi. Bu jarayon tok uzulguncha davom etadi. Ikkinchi yarim davrda  $U_2$  teskari yarim davrga o'zgarganda kuchlanish  $U_{C1}$  va  $U_2$  qo'shiladi va  $D_2$  orqali  $C_2$  sig'im maksimal



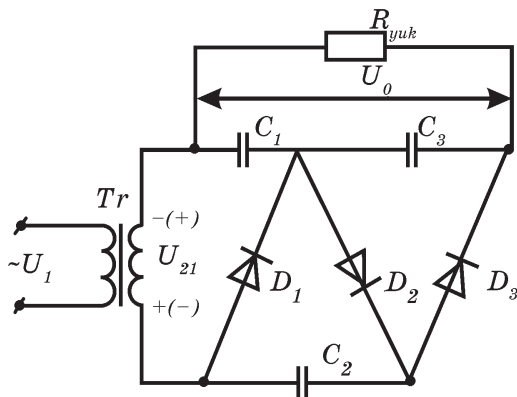
19-rasm

$U_0 \approx 2 U_{2m}$  kuchlanish yig'indisi bilan zaryadlanadi. Diod  $D_2$  yopilganda sig'im  $C_2$  yuklamaga razryadlanadi. Bu jarayon har yarim davrda qaytariladi va yuklamadagi  $I_{yuk}$  toki  $I_{zar}$  zaryad tokidan kichkina bo'ladi.



20-rasm

21-rasmda kuchlanishni uch baravar oshiruvchi to'g'rilagichning prinsipial sxemasi keltirilgan.

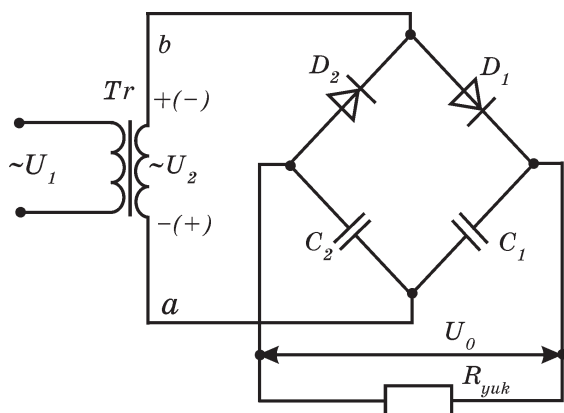


21-rasm

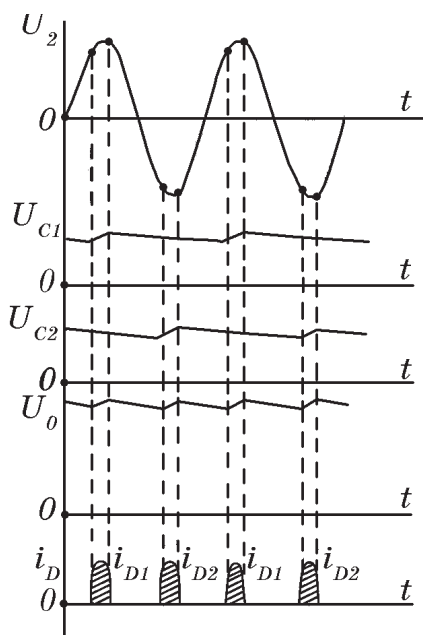
Birinchi yarim davrda  $C_1$  sig'im  $D_1$  diod orqali  $U_{C1} = U_{2m}$  qiymatgacha zaryadlanadi. Ikkinchi yarim davrda  $C_2$  sig'im  $D_2$  orqali  $U_{C2} = U_2 + U_{C1}$  qiymatgacha zaryadlanadi. Uchinchi yarim davrda  $C_1$  sig'im  $D_1$  diod orqali yana zaryadlanadi,  $D_2$  diod esa yopiq va  $C_2$  sig'im  $D_3$  diod orqali  $C_3$  sig'imga  $U_{C3} = U_{2m} + U_{C2}$  kattalikkacha razryadlanadi.  $C_1$  sig'imning razryadlanishi tamom bo'lgandan so'ng yuklamadagi kuchlanish kuchlanishlar yig'indisi  $U_{C1} + U_{C3}$  ga yoki  $3U_{2m}$  ga teng bo'ladi. Kuchaytiruvchi zvenoning soni  $n$  ga teng bo'lsa, u vaqtda  $U_n = n \cdot U_{2m}$ . Yuklamadagi kuchlanish  $n$  yarim davrdan tashkil topgan bo'ladi. Bu sxemada hamma diodlarning teskari kuchlanishi  $U_{\text{tesk}} = 2U_{2m}$ . Sig'imdagi kuchlanish  $2U_{2m}$  dan oshmaydi.

Kuchlanishni ikki baravar oshiruvchi simmetrik to'g'rilagich sxemasi 22-rasmda, tok va kuchlanish diogrammasi 23-rasmda keltirilgan.

Birinchi yarim davrda  $D_1$  diod ochiq va  $C_1$  sig'im zaryadlanadi. Ikkinchi yarim davrda  $C_2$  sig'im  $D_2$  diod orqali zaryadlanadi. Yuklamadagi kuchlanish  $U_0$  birinchi va ikkinchi sig'imdagi kuchlanishlar yig'indisiga teng:  $U_0 = U_{C1} + U_{C2}$ . Yuklamadagi to'g'rilangan kuchlanish pulslanish chastotasi tarmoqdagiga nisbatan ikki baravar ko'p bo'ladi:  $f_p = 2f_t$ .



22-rasm

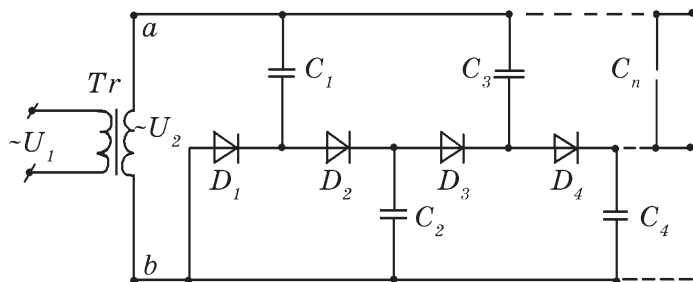


23-rasm

Kuchlanishni oshiruvchi simmetrik to'g'rilagich 24-rasmda ko'rsatilgan.

Sxemaning ishlash prinsipi quyidagicha: birinchi yarim davrda musbat potentsial transformatorning ikklamchi cho'lg'aming "b" nuqtasida bo'lsa,  $D_1$  diod orqali  $C_1$  sig'im

$U_{C1} = U_{2m}$  gacha zaryadlanadi,  $D_2$  esa bu holda yopiq. Keyingi yarim davrda “a” nuqta musbat ishorali potentsialda bo‘ladi. Transformatorning ikkinchi cho‘lg‘amidagi kuchlanish  $C_1$  sig‘imdagi kuchlanish bilan qo‘shiladi va  $C_2$  sig‘im  $U_{C2} = U_{2m} + U_{C1}$  kuchlanishga  $D_2$  orqali zaryadlanadi.



24-rasm

Keyingi yarim davrda “b” nuqta musbat bo‘lganda  $D_3$  diod ochiladi va  $C_3$  sig‘im  $U_{C3} = U_{2m} + U_{C2} = 3U_{2m}$  kattalikda zaryadlanadi. Shu bilan bir vaqtda  $C_1$  sig‘im ham zaryadlanadi.  $C_n$  sig‘im  $n$  yarim davr orqali  $U_{Cn} \approx n \cdot U_{2m}$  kattalikka zaryadlanadi.

Amalda sig‘im bir xil tanlanadi va pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_p = 6\%$  bo‘lish sharti bilan sig‘imning mutloq qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$C = \frac{I_0}{f_n \cdot U_0} \cdot 2n(n+2) \cdot 10^6.$$

Bu yerda  $f_p$  – chiqish kuchlanishining chastota pulsatsiyasi,  $n$  – kaskad soni.

Pulsatsiyani kamaytirish uchun silliqlovchi filtr ishlatiladi.

### 1.9. Silliqlovchi filtrlar

To‘g‘rilagichning chiqishidagi to‘g‘rilangan kuchlanishning pulsatsiyasini kamaytirishda silliqlovchi (tekislovchi) filtrlar ishlatiladi.

Har qanday silliqlovchi filtr kuchlanish pulsatsiyasini mo‘ljallangan kattalikda kamaytiradi, bu kamaytirish silliqlovchi koeffitsiyent –  $q$  orqali aniqlanadi, ya’ni

$$q = \frac{K_p}{K'_p}.$$

Bu yerda  $K_p$  va  $K'_p$  – silliqlovchi filtrdan oldingi va silliqlovchi filtrdan keyingi pulsatsiya ko'effitsiyenti.

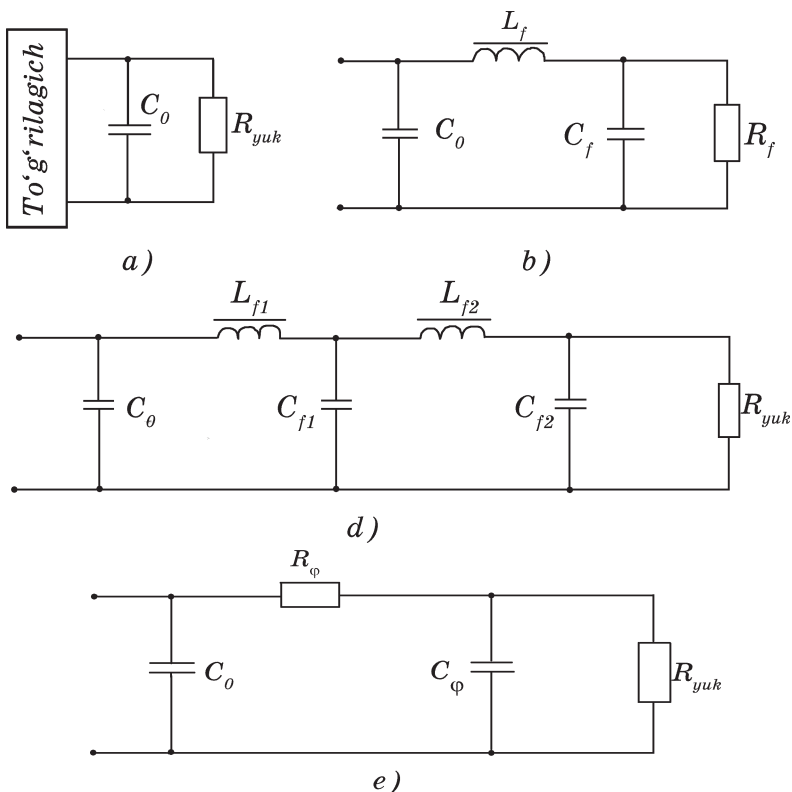
Filtrning asosiy vazifasi yuklamadagi to'g'rilangan tok va kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisini kamaytirishdan iborat. Yuklamadagi o'zgaruvchan tashkil etuvchi tok va kuchlanish qancha kamaysa, to'g'rilangan kuchlanish shuncha silliqqlanadi.

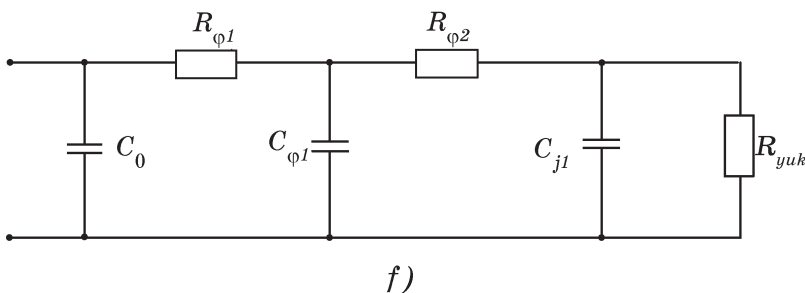
Silliqlovchi filtrlar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

a) manbaning normal ish jarayoniga ta'sir o'tkazmasligi kerak;  
b) avvaldan belgilangan silliqlash ko'effitsiyenti ta'minlanishi kerak;

d) o'zgarmas tashkil etuvchi kuchlanish va quvvat kam miqdorda isrof bo'lishi lozim;

e) filtrning xususiy tebranish chastotasi kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchi chastotasidan farqli bo'lishi kerak, chunki to'g'rilagichning zanjirida rezonans hosil bo'lishi mumkin;





25-rasm

f) kichik hajmli, yengil hamda arzon va puxta bo'lishi lozim.

Yuklamadan kichik pulsatsiyali kuchlanish olish uchun yuklama bilan sig'im parallel ulanadi (25-rasm).

To'g'rilagichdagi diod ochiq holatdalgida undan tok o'tadi va sig'imga elektr energiya yig'iladi. Diodga teskari kuchlanish to'g'ri kelganda diod berk holatda bo'ladi, sig'imdagi yig'ilgan elektr energiya yuklamaga razryadlanadi va yuklama orqali uzluksiz yuklama toki oqadi. Shu bilan bir qatorda tok va kuchlanish pulsatsiyasi kamayadi. Bunday filtrlarning kam quvvatli to'g'rilagichlarda ishlatilishi ma'qul hisoblanadi.

Bitta yarim davrli to'g'rilagichlar uchun sig'im toifali filtr sig'imi quyidagicha hisoblanadi:

$$C_0 \approx \frac{50I_0}{U_0}.$$

Ikki yarim davrli to'g'rilagich uchun sig'im quyidagicha aniqlanadi:

$$C_0 \approx \frac{25I_0}{U_0}.$$

Bu yerda:  $C_0$  – filtrning kirishdagi sig'im;  $U_0$ ,  $I_0$  – to'g'rilangan kuchlanish va tok.

Filtr elementlarini ketma-ket yoki parallel ulab murakkablashtirgan sari chiqish kuchlanishi va tokning silliqilanishi yaxshilanadi. Filtrning elementlari sifatida induktivlik, aktiv qarshilik va sig'imler ishlatiladi. Bunday elementlardan tashkil topgan filtrlar *passiv filtrlar* deyiladi. Induktiv elementlardan tashkil topgan filtrlarda (25-b rasm) o'zgaruvchan kuchlanish induktivlikda kamayadi, chunki

uning qarshiligi  $X_{L_f} = \omega \cdot L_f$  yuklama qarshiligidan katta bo‘ladi. Yuklamaga parallel ulangan sig‘im (25-a rasm) yuklama

qarshiligini shuntlaydi va uning qarshiligi  $X_{C_f} = \frac{1}{\omega C_f}$  yuklama

qarshiligidan kichkina bo‘lganligi uchun to‘g‘rilangan tok o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining aksariyati sig‘imdan o‘tadi. O‘zgarmas tashkil etuvchi tokka nisbatan sig‘imning qarshiligi  $X_{C_f}$  juda katta bo‘lganligi uchun to‘g‘rilangan tok yuklamadan o‘tadi. Filtrning elementlari bilan silliqlovchi koeffitsiyenti orasidagi munosabat quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$L_f \cdot C_f = \frac{2,5 \cdot 10^4 (q+1)}{m^2 f_t^2},$$

bu yerda  $f_t$  – tarmoq chastotasi, Hz;  $m$  – to‘g‘rilangan fazalar soni (bir fazali to‘g‘rilagich uchun  $m=1$ ). Ikki yarim davrli to‘g‘rilagichlar uchun quyidagi formula qulay hisoblanadi:

$$L_f \cdot C_f = 2,5(q+1).$$

$L_f$  va  $C_f$  lar aniqlanganda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$m \cdot \omega_T > \frac{1}{m \omega_T \cdot C_f},$$

bu yerda  $\omega_t$  – tarmoq burchagi chastotasi.

Odatda, sig‘imlar filtr sifatida ishlatilganda elektrolitik sig‘im ishlatiladi (10–40  $\mu$ F). Sig‘imning ishchi kuchlanishi yuklama kuchlanishidan 1,5 baravar katta bo‘lishi kerak. Filtr elementlarining kattaligini aniqlash quyidagicha olib boriladi: avvaliga  $C_f$  tanlanadi va yuqoridagi formulalar orqali  $L_f$  hisoblanadi.

Silliqlash koeffitsiyentini oshirish uchun  $\Gamma$ -shaklli filtrlarni qo‘shib ulash orqali  $\Pi$ -shaklli yoki ko‘p zvenoli filtrlar hosil qilinadi (25-d rasm).

Ikki zvenoli filtrlar uchun silliqlash koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$q = q_1 \cdot q_2.$$

LC filtrlarning induktivligida o‘zgarmas kuchlanishning kam ta’sirga berilishi, bu filtrlarning yuklamasi katta tokli

qurilmalarda ishlatilishiga asos bo'lad. Ammo induktivlikdagi temir o'zakning katta hajmliligidan qattiy nazar, temir o'zak atrofida hosil bo'lgan magnit maydonining nozik qurilmalarga ta'siri sezilarli bo'ladi.

RC filtrlarda (25-e, f rasm) bu kamchiliklar bo'lmaydi. Bu filtrlar LC filtrlarga nisbatan ham arzon, ham ixcham bo'lib, kam tokli to'g'rilagichlarda (10–15mA) va silliqlash koefitsiyenti katta bo'lgan to'g'rilagichlarda ishlatiladi. Chunki bu filtrlardagi  $R_f$  aktiv qarshilikda to'g'rilangan kuchlanishning ham o'zgaruvchan, ham o'zgarmas tashkil etuvchilari kamayadi, natijada yuklamada tokning birdaniga oshishi filtrning chiqishidagi kuchlanishning pasayishiga olib keladi. Filtr elementlarining kattaligi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R_f \cdot C_f = \frac{1,5 \cdot 10^6 q}{mf_t}.$$

$R_f$  quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$P = I_0^2 \cdot R_f.$$

Bu yerda  $I_0$  – to'g'rilangan tok.

### Aktiv filtrlar

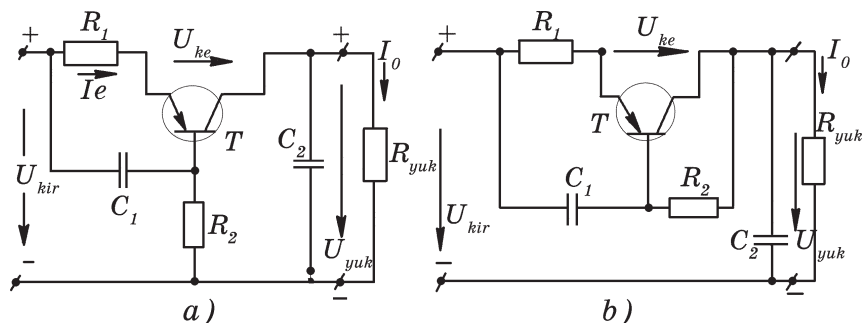
Aktiv filtrlarda induktivlik yoki aktiv qarshilik vazifasini tranzistor bajaradi. Bu hildagi filtrlarda silliqlovchi koefitsiyent yuklama tokiga bog'liq bo'lmagan holda LC filtrga nisbatan hajmi kichik bo'ladi. Bu yutuqlar bilan bir qatorda aktiv filtrlarning kamchiliklari ham mavjud, jumladan, haroratning o'zgarishi tranzistorning parametriga salbiy ta'sir etadi.

Tranzistorli filtrlarning ishlash prinsipi shundan iboratki, tranzistorning o'zgaruvchan tokka nisbatan qarshiligi ayrim holatlarda tranzistorning o'zgarmas tokka nisbatan qarshiligidan ko'p marotaba katta bo'ladi.

Tranzistorli filtrlar yuklamaga ulanishiga nisbatan kollektor (KF) yoki emitter (EF) orqali yukka ketma-ket yoki parallel ulanadi.

Filtrda kuchlanishning siljishi avtomatik yoki muayyan holatga mo'ljallangan ravishda boshqariladi.

26-a rasmda muayyan va 26-b rasmda avtomatik siljish holatiga mo'ljallangan kollektorli filtrlar KF keltirilgan.



26-rasm

$I_K$  kollektor toki  $I_0$  yuklamadan oqayotgan tokka teng bo'lib,  $U_{KE}$  potensialga bog'liq bo'lmagan holda  $I_E$  – emitter tokiga bog'liqdir.

Agarda  $I_E = \text{const}$  bo'lsa,  $U_{KE}$  ning o'zgarishi ishchi nuqtaning xarakteristikada siljishiga olib keladi. O'zgarmas tok  $I_0 = I_K$

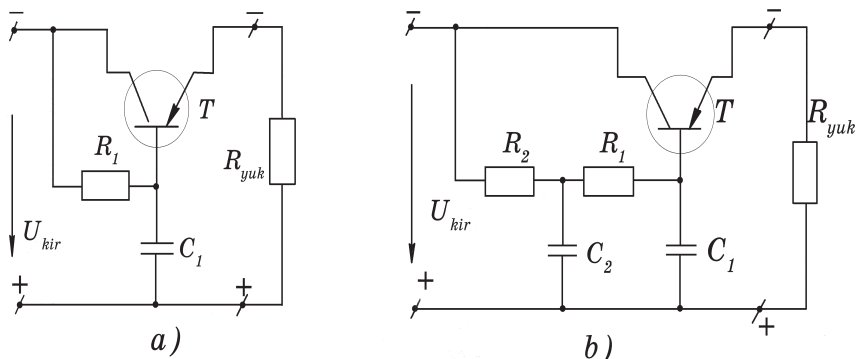
uchun tranzistorning qarshiligi  $r_{mp} = \frac{U_{ke}}{I_0}$  bo'lib, bu bir necha Om ni tashkil qiladi. Agarda  $I_E = \text{const}$  bo'lsa, ishchi nuqtaning chiqish xarakteristikasida surilishi kollektor kuchlanishiga bog'liq bo'ladi. Tokning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi uchun

$R_K = \frac{\Delta U_K}{\Delta I_K}$  bo'lib, bir necha kOm ni tashkil qiladi.  $I_E = \text{const}$  ushlar uchun sxemada katta doimiy vaqtga ega bo'lgan  $R_1 C_1$  elementlar zanjiri ulangan bo'lishi kerak. Bunda  $I_E = U_{C1}/R_1$  bo'lib, to'liq bir davrda bu kattalik o'zgarmaydi. Ammo sxemada  $R_1$  ning mavjudligi sxemaning FIK ni 20% ga kamaytiradi.

Muayyan siljish holatiga mo'ljallangan filtrlarda (26-a rasm) yuklama kuchlanishi  $U_{yuk}$  harorat va yuklamadan oqadigan tok o'zgarganda o'zgaradi. Avtomatik siljish holatiga mo'ljallangan filtrlarda bu o'zgarish o'z-o'zidan bartaraf etiladi, ya'ni chiqishdagi o'zgarish ta'siri manfiy teskari bog'lanish orqali amalga oshadi ( $R_2$  kirishga ta'sir o'tkazadi), ammo siliqlash koeffitsiyenti  $q$  kamayadi.

Sxemadagi  $C_2$  sig‘im esa pulsatsiyani yana ham kamaytirish uchun ishlatiladi.

Tranzistorli emitterli filtrlarning (EF) 27-*a* rasmda bir zvenoligi, 27-*b* rasmda ikki zvenoligi keltirilgan va ular KF

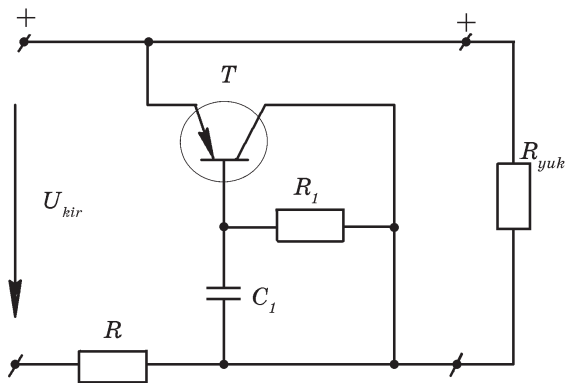


27-rasm

tranzistorli filtrlarga nisbatan quyidagi yutuqlarga ega: kirish qarshiligi kam (1 Om dan kam); avtomatik siljitish holati bazada ishlatilganda muhit haroratining o‘zgarishi sxemaga o‘z ta‘sirini o‘tkazmaydi.

Bu filtrlarda KF filtrlarga nisbatan  $C_2$  kondensator olib tashlangan, bu esa  $q_{sil}$  aytarlik oshirmaydi.  $R_1$  qarshilikning yo‘qligi FIK ning oshirishga olib keladi.

Yuklamaning tranzistor bilan parallel ulangan turi (28-rasm) kam kuchlanishli va ko‘p tokli sxemalarda filtr sifatida ishlatiladi.



28-rasm

Bu filtrlarda yuklamaga parallel ulangan tranzistor LC filtrlardagi  $C$  bilan ketma-ket ulangan. Bu filtrlar chiqishdagi kuchlanish orqali boshqariladi. Shuning uchun uning xarakteristikasi tashqi muhit ta'siriga kam beriluvchandir.

### **1.10. Kuchlanishni siljituvchi qurilmalar va boshqariluvchi to'g'rilagichlar**

Quvvati yuqori bo'lgan elektr qurilmalar (elektrodvigatel, generator lampalarining qizdirgichlari va boshqalar) ishlatilganda kelayotgan tokning o'zgarishiga qarab kuchlanishni mos ravishda o'zgartirish kerak bo'ladi. Ish jarayonida kuchlanishni o'zgarishi elektr dvigatellarining aylanish chastotalarini o'zgartirish va qurilmalarning ish holatlarini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi.

To'g'rilagichning chiqishidagi o'zgarmas kuchlanishni siljitish o'zgaruvchan tok orqali, o'zgarmas tok orqali va boshqariluvchi ventellar orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari bu usullarning aralashgan hollari orqali amalga oshirish mumkin. Shular bilan bir qatorda yuklamaga bog'liq bo'lmagan holda yuklamaga kelayotgan kuchlanishni noldan to nominal qiymatgacha o'zgartirish mumkin. Kuchlanishni siljitish avtomatik tarzda yoki noavtomatik tarzda amalga oshiriladi. Noavtomatik siljitish operator shaxs orqali amalga oshiriladi. Avtomatik siljitish esa avvaldan rejalashtirilgan dastur orqali amalga oshiriladi. Tashqi ta'sir natijasida siljiydigan kuchlanish bu yuklama kuchlanishi yoki undan oqadigan tok hisoblanadi.

Qurilma manbayi o'zgaruvchan kuchlanish orqali siljirilganda siljitish transformatori, siljitish g'altagi, induksiya roslagichlar orqali amalga oshiriladi. Bunday qurilmalarning kamchiligi shundan iboratki, ular katta hajmli va og'ir, ko'p isroflil va inersiondir.

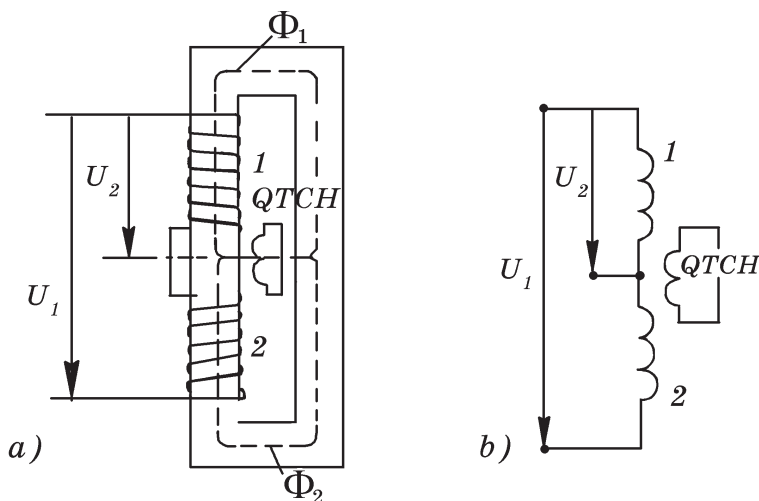
Chiqish kuchlanishini o'zgarmas kuchlanishdan siljitish o'zgaruvchan qarshiliklar orqali, ko'mir gardishga o'rnatilgan tayoqchalar orqali, elektron lampalar orqali va transformator orqali amalga oshiriladi. Bunday qurilmalarning kamchiligi FIK ning kamligidir, chunki kerakli energiya ning bir qismi ularning ishlashi uchun sarf bo'ladi.

Kuchlanishni siljitish ventil parametrlarni o'zgartirib amalga oshirilganda, qurilma tezkor ishlaydi, energiya kam isrof bo'ladi. Ammo bu usulning o'ziga xos kamchiligi mavjud.

Bu usulda yuklamada kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi hosil bo'ladi, shu bilan bir qatorda  $\cos \varphi$  kamayadi. Kuchlanishning siljitish chegarasi qancha katta bo'lsa, bu kamchilik shuncha ko'payadi.

### O'zgaruvchan tok orqali kuchlanishni siljitish

Transformator orqali yoki avtotransformator orqali chiqish kuchlanishi siljiriladi. Buning uchun transformatorning yoki avtotransformatorning (birlamchi yoki ikkilamchi) chulg'amlar soni o'zgartiriladi, ya'ni bir nechta chiqqichlar transformator chulg'amlarining uchlariga ulangan bo'ladi. Qayta ulagich yordamida chulg'amlar soni o'zgartiriladi, natijada shunga mos ravishda chiqish kuchlanishi o'zgaradi. Bir bo'limdan ikkinchi bo'limga o'tish esa qayta ulagich orqali amalga oshiriladi va chiqishda esa shunga mos kuchlanish chiqadi. Bu qurilmaning kamchiligi shundan iboratki, kuchlanishni siljitish transformatorni tarmoqdan uzish orqali amalga oshiriladi, chunki tarmoqdan uzilmasa kuchlanishni siljitish jarayonida ikkinchi cho'lg'am qisqa tutashishi mumkin. Bu esa transformatorning chiqishida tokning birdaniga oshib ketishiga olib keladi.



29-rasm

Bu noxush jarayon sodir bo'lmashligi uchun qisqa tutashgan cho'lg'amga aktiv va reaktiv qarshiliklar ulanadi. Qisqa tutashgan cho'lg'amda tokni chegaralash uchun latorlardan (siljituvchi laboratoriya transformatori) foydalaniladi.

29-*a* rasmda qisqa tutashgan chulg'amli transformator, 29-*b* rasmda transformator avtotransformator sxemasi orqali keltirilgan.

Po'latdan yasalgan o'zakka cho'lg'am o'ralgan 1 va 2 g'altak kiygazilgan va «O» shaklli o'zak ichida qisqa tutashgan cho'lg'am QTCH tor yo'lakda plastinkaning pastidan to yuqorisigacha oson suriladi. 1 va 2 cho'lg'amlar bir-biriga qarama-qarshi yo'nalishda o'ralgan va ularda hosil bo'ladigan magnit oqim  $\Phi_1$  va  $\Phi_2$  bir biriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi. Bu o'zaklarning magnit yurituvchi kuchi bir-biriga har doim teskari yo'nalgan bo'lib, birinchi cho'lg'amdan chiqish kuchlanishi olinadi. Agarda qisqa tutashgan cho'lg'am 1 va 2-cho'lg'amlarning o'rtasida joylashib qolsa, bu cho'lg'amlarning magnit oqimi bog'langan holda neytral holatni egallaydi va  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  magnit oqimlarining QTCH cho'lg'amga ta'siri bo'lmaydi. Cho'lg'amlarning bir-biriga teskari hosil qilgan elektr yurituvchi kuchi quyidagi kuchlanishga teng:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_2.$$

Birinchi va ikkinchi g'altaklar bir xil magnit muhitida bo'lganligi uchun, ularning EYK quyidagiga teng:

$$E_1 = E_2; \quad U_2 \approx E_1 \approx U_1/2.$$

Ikkinchi cho'lg'amdagi kuchlanish taxminan birinchi g'altakning elektr yurituvchi kuchiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$U_2 = E_2 = U_1/2.$$

Agarda qisqa tutashgan cho'lg'am g'altakning pastiga surilsa,  $\Phi_2$  magnit oqimining hammasi  $\Phi_1$  bilan qo'shiladi va natijada  $E_2 = 0$  bo'ladi;  $\dot{U}_1 = -\dot{E}_1$  ga teng bo'ladi. Bunda  $U_2 = -E_1 = U_1$  bo'ladi.

Agarda qisqa tutashgan cho'lg'am harakatlanayotgan yo'lakning o'rta va pastki qismlari orasida bo'lsa,  $\Phi_2$  to'liq kompensatsiyalashmaydi va ikkinchi g'altakning EYK nolga

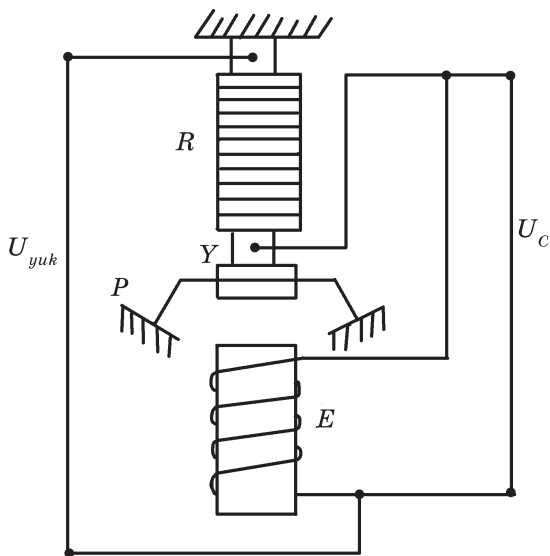
teng bo'lmaydi. Chiqishdagi kuchlanish  $U_2$  kirishdagi kuchlanish  $U_1$  dan kichik bo'ladi. Shunday qilib QTCH ni yo'lakning o'rta qismidan pastki qismigacha surilsa, chiqish kuchlanishini  $0,5 \cdot U_1$  dan  $U_1$  gacha oshirish mumkin. QTCH ni o'rta qismidan to yuqori qismigacha surilsa, chiqish kuchlanishi  $0,5 \cdot U_1$  dan to  $U_2 = E_1 = 0$  gacha bo'lish mumkin. Bu qurilmaning yutug'i shundan iboratki, chiqish kuchlanishini bir xil me'yorda o'zgartirish mumkin.

Kamchiligi esa magnitlovchi tokning, induktiv qarshilikning ko'pligi hamda  $\cos\varphi$  ning kamligidir.

### O'zgarmas tok orqali kuchlanishni siljitish

Kuchlanishni o'zgarmas tok orqali siljitish o'zgaruvchan qarshilik (ko'mir tayoqcha, o'zgaruvchan qarshilik va boshq.) orqali yoki chiqishiga kuchlanishni oshiruvchi siljituvchi qurilma ulash orqali amalga oshiriladi.

Ko'mir tayoqchalali kuchlanishni siljituvchi qurilma 30-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, bular aloqa qurilmalarining manbalarida ishlatiladi.



30-rasm

Qurilmaning ko'mir tayoqchasi gardishli ko'mir bo'lakchalaridan yig'ilgan bo'lib, tayoqchanning qarshiligi  $R$  tayoqchadagi ko'mir gardishlarining siqilishiga bog'liq. Prujina  $P$  ko'mir tayoqchani siqib turishi natijasida ko'mir tayoqchanning qarshiligi  $R_c$  ga kamayadi. Elektromagnit  $E$  g'altagiga tok kelganda siljituvchi qurilmaning yakori  $Y$  ni tortadi va ko'mir tayoqchanning siqilishi bo'shashadi, natijada qarshilik  $R_c$  oshadi. Ko'mir tayoqcha qarshiligining ta'siri natijasida chiqishdagi siljigan kuchlanish kirish kuchlanishidan kichkina bo'ladi:

$$U_{yuk} = U - I \cdot R_c.$$

Agarda noma'lum sabablarga ko'ra  $U_{yuk}$  oshsa, elektromagnitdagi tok oshadi va yakorni avvalgidan ham ko'proq tortadi. Natijada tayoqchanning gardishlarini siqilib turishi bo'shashadi, bu esa  $R_c$  qarshilikning oshishiga olib keladi. Ko'mir tayoqchadagi kuchlanishning qarshilikka uchrashi chiqish kuchlanishi  $U_{yuk}$  ning kamayishiga olib keladi. Yuklama sxemaga ulaganda elektromagnitdan oqayotgan tok yuklama qarshiligiga ketma-ket ulanishi kerak, ya'ni siljitgich qurilmaning qarshiligi boshqarilayotgan tokka bog'liq bo'ladi. Qurilma quyidagi kamchiligi ega: inertsial, og'irlik va hajm ko'rsatkichlari yuqori, siljitish aniqligi past.

### **Boshqariluvchi ventilli to'g'rilagichlar**

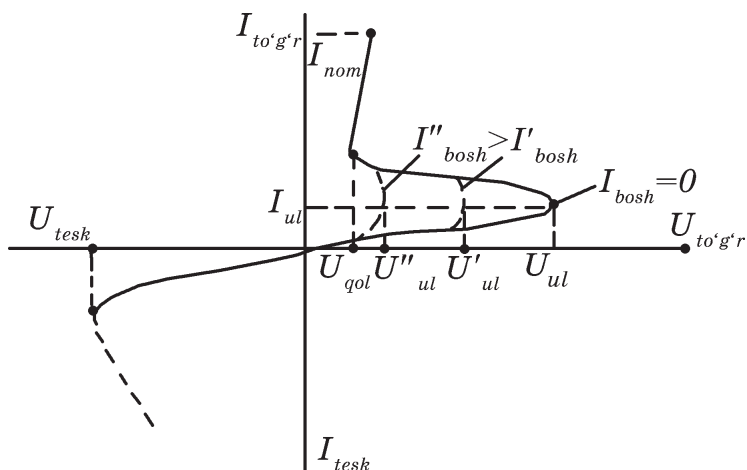
Ko'p hollarda to'g'rilagichlardan o'zgaruchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirish bilan bir qatorda, o'zgarmas kuchlanishni ravon o'zgartirish talab qilinadi. Bunday o'zgartirish to'g'rilagichning o'zgaruvchan kuchlanish qismida ham amalga oshirish mumkin va o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirilayotgan jarayonda ham amalga oshirish mumkin. To'g'rilagichning o'zgaruvchan kuchlanish qismida ravon o'zgartirish transformatorlar, avtotransformatorlar orqali amalga oshiriladi.

O'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirish jarayonida kuchlanishni ravon o'zgartirish tiristor orqali amalga oshirish ancha tejankor usul hisoblanadi.

Tiristor to'rt qatlamli yarim o'tkazgichli asbob bo'lib, uchta ketma-ket to'siq zonali  $p-n$  o'tishda iborat. Tiristor ventil xususiyatga ega, ya'ni elektr tokini bir tomonga o'tkazuvchi xususiyatga ega bo'lib, ikkita turg'un holatda ishlaydi: yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan holatda (tiristor ochiq) va past o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan holatda (tiristor yopiq) ishlaydi.

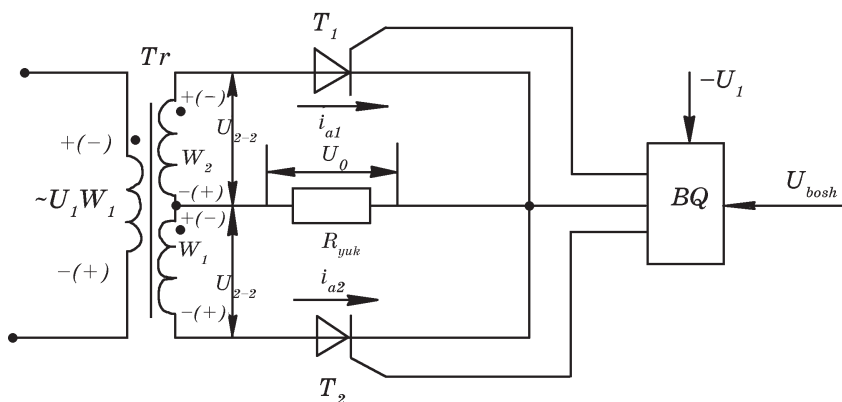
Tiristorning yopiq holatdan ochiq holatga o'tishi uchun tashqaridan qo'shimcha energiya berish kerak. Bunday energiyaga elektr energiyasi (kuchlanish yoki tok) va yorug'lik energiyasi kiradi.

Bu energiyalar boshqariluvchi elektrod orqali tiristorning chapdan hisoblaganda uchinchi qatlamiga katodga nisbatan musbat potentsial beriladi. Bu potentsial o'rtadagi to'siq zonani kompensatsiyalab, asosiy zaryad tashuvchilarning to'siqdan ertaroq o'tishiga va zanjirdan tok oqimining oqishiga olib keladi. Tiristorning yopiq holatdan ochiq holatga o'tishi juda tez bo'ladi, ya'ni 15–20 mk/s da ochiladi. Tiristorning birdaniga ochilishi va undan katta tok o'tishi natijasida qurilmaga havf tug'dirmaslik uchun tiristorga induktiv g'altak ketma-ket ulanadi. Tiristorning ulanish kuchlanishi boshqaruvchi elektrodga berilayotgan tokning amplitudasiga bog'liq. 31-rasmda tiristorning volt-amper xarakteristikasi  $I_{bosh}=0$  bo'lganda va  $I_{bosh}>0$  bo'lganda berilgan.



31-rasm

Bir taktli ikki fazali tiristor orqali boshqariluvchi to'g'rilagichning (32-rasm) ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz. Ikki yarim davrli nol chiqishli to'g'rilagichning  $D_1$  va  $D_2$  vetillarini tiristor  $T_1$  va  $T_2$  bilan almashtiriladi. Boshqaruvchi qurilma (BQ) ning chiqishi tiristorning boshqaruvchi elektrodiga (BE) ulanib boshqaruvchi tok beriladi va to'g'rilanayotgan kuchlanish impuls toki bilan fazalari mos tushadi.



32-rasm

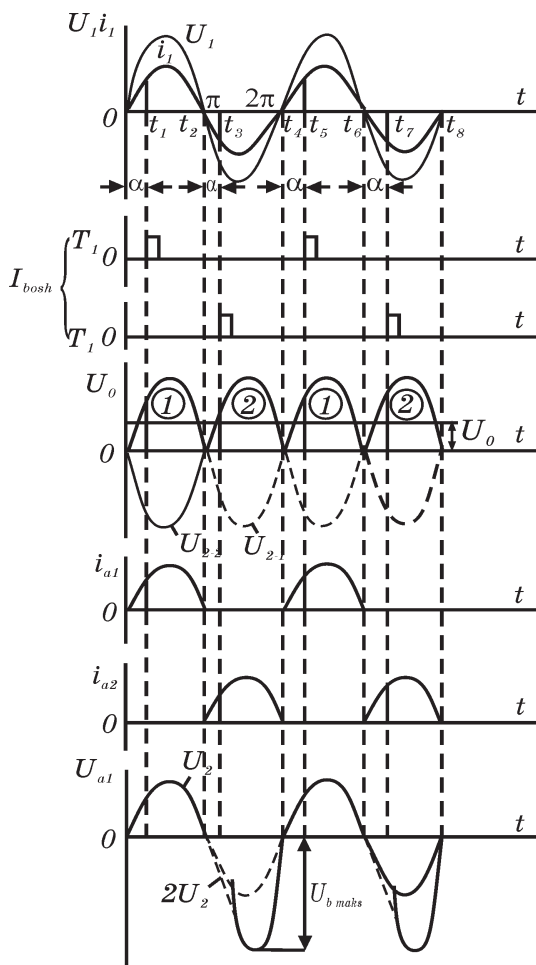
Tiristorlarga transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanishlar yig'indisi o'rnashgan bo'ladi.  $T_1$  ga kuchlanishning to'g'ri yo'nalishi  $T_2$  ga teskari yo'nalishi to'g'ri keladi. Ochiq tiristorlardagi kuchlanish  $(U_{2-1} + U_{2-2}) = U_{2 \text{ tesk.}}$  bo'ladi.

$I_b$  tokning fazasi BQ orqali  $U_{2a}$  va  $U_{2b}$  larga nisbatan siljiriladi. Tiristor  $T_1$  va  $T_2$  ga to'g'ri kuchlanish va  $I_b$  tok impuls berilganda tiristorlar ochiladi. Tiristorning kechikib ochilish burchagi ventil  $V_1$  va  $V_2$  ning ochilish vaqti bilan tiristorning kichikibroq ochilgan vaqti orasidagi faza burchagi hisoblanadi va  $\alpha$  bilan belgilanadi. Agarda  $\alpha > 0$  bo'lsa, BE ga kelayotgan impuls toki  $I_b$  ventilning ishga tushish vaqtidan kechikkanligini ko'rsatadi. Ya'ni,  $t=0$  dan to  $t_1=\alpha$  gacha tiristor ochilmaydi va undan tok o'tmaydi yuklama  $R_{yuk}$  dagi kuchlanish nolga teng bo'ladi (33-rasm).

$t_1=\alpha$  bo'lganda tiristor  $T_1$  ochiladi ( $I_b$  yordamida) va  $U_0$  birdaniga o'sib,  $U_2$  ga teng bo'ladi. Tiristor  $T_1$  dan oqadigan

tok  $i_{a1} = \frac{U_0}{R_{yuk}}$  bo'ladi.  $T_1$  yopiq bo'lgan holatda tiristordagi

kuchlanish  $U_{a1}$  ga teng bo'ladi. Manbadan kelayotgan kuchlanish  $t_2 = \pi$  bo'lganda tiristor  $T_1$  ning toki ham nolga teng bo'ladi va tiristor yopiladi.



33-rasm

$t_2 = \pi$  bo'lganda manba kuchlanishining yo'nalishi teskariga o'zgaradi va  $t_2 - t_3$  oralig'ida ikkala tiristor ham yopiq holda bo'ladi.  $T_1$  tiristorga teskari,  $T_2$  tiristorga to'g'ri kuchlanish to'g'ri keladi, ya'ni u  $U_2$  kuchlanish bilan aniqlanadi.

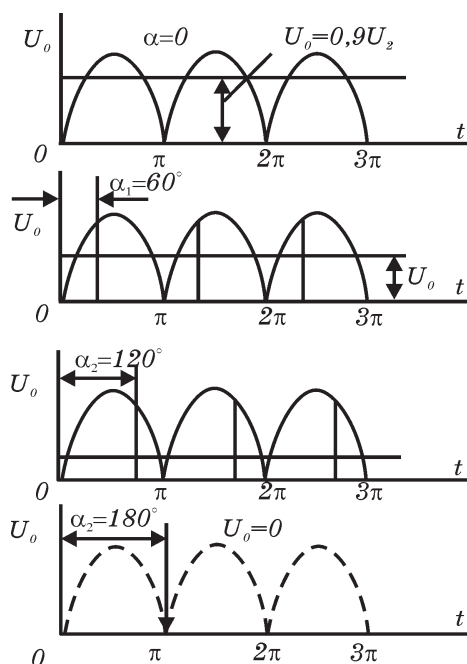
$t_3 = \pi + \alpha$  nuqtasida  $T_2$  ga BQ orqali tiristorni ochuvchi  $I_b$  toki beriladi va  $T_2$  ochiladi. Kuchlanish  $U_0 = U_{2-2} = U_2$  bo'ladi.

Tiristor  $T_2$  dan va yuklamadan oqqan tok  $i_0 = ia_2 = \frac{U_0}{R_{yuk}}$  bo'ladi.  $t_3 - t_4$  oralig'ida  $T_2$  tiristor ochiladi va tok o'tadi.  $T_1$  tiristor esa teskari kuchlanish  $2U_2$  ta'sirida bo'ladi. Yopiq tiristorning teskari kuchlanishining maksimal qiymati  $U_{bmax} = 2\sqrt{2} \cdot U_2$  bo'ladi.  $U_2$  - ta'sir etuvchi kuchlanish.

Bu jarayon keyingi yarim davrlarda ham shunday davom etadi. Transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi tok tiristorlar  $T_1$ ,  $T_2$  dan oqadigan tokka o'xshagan bo'ladi. Transformatorning birlamchi chulg'amidan oqadigan  $i_1$  tok transformatorning ikkilamchi chulg'amidan oqadigan tok bilan

transformatsiya koeffitsiyenti  $n = \frac{w_1}{w_2}$  orqali bog'langan bo'lib,

$\alpha$  oralig'ida bo'shliq paydo bo'ladi. Uning birinchi garmonikasi manba kuchlanishidan faza bo'yicha orqada qoladi. O'rganilgan fizik jarayondan shuni xulosa qilish mumkinki,  $\alpha$  ni o'zgartirish natijasida chiqish kuchlanishini siljitish mumkin.

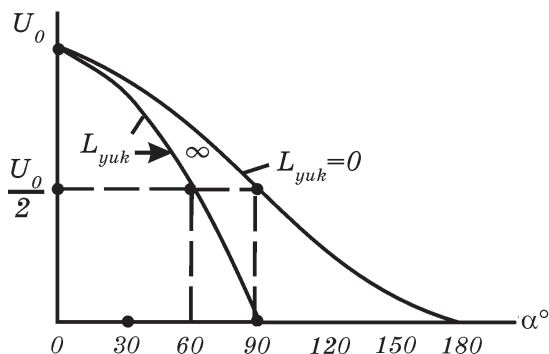


34-rasm

Agarda  $\alpha=0$  bo'lsa, chiqish kuchlanishi boshqarilmaydigan to'g'rilagichning chiqish kuchlanishiga teng bo'ladi, ya'ni  $U_0=0,9 U_2$  (maksimal qiymatga).

Agarda  $\alpha=\pi$  bo'lsa  $U_0=0$  bo'ladi.

Shunday qilib boshqariluvchi vintelli to'g'rilagichlarda  $\alpha=0$  dan to  $180^\circ$  gacha o'zgarganda,  $U_0$  maksimal qiymatdan nolgacha kamayadi.



35-rasm

Chiqishdagi kuchlanish  $U_0$  bilan  $\alpha$  orasidagi bog'lanish *siljish xarakteristikasi* deyiladi. 34-rasmda aktiv yuklamali bir fazali to'g'rilagichning chiqish kuchlanishi va boshqaruvchi burchak  $\alpha$  ning turli qiymatlardagi xarakteristikasi keltirilgan.

35-rasmda boshqariluvchi ventilli to'g'rilagichning ( $L_{yuk}=0$  da va yuklama induktiv xarakterga ega bo'lganda) siljish xarakteristikasi keltirilgan.

---

## II. BOB. O'ZGARUVCHAN VA O'ZGARMAS TOK O'ZGARTIRGICHLARI

Elektr manbalarni loyihalash jarayonida o'zgaruvchan tokning bir chastotasidan o'zgaruvchan tokning boshqa chastotasiga o'zgartirish lozim bo'lib qoladi va bu o'zgartirishda energiya tejamkorligiga katta e'tibor berish kerak. Shu bilan bir qatorda o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka va o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish masalalari ham yechiladi.

O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka aylantirish jarayoni «*invertirlash*» deyiladi, qurilma esa *inverter* deyiladi. Radiotexnikada bu jarayonda ishlovchi qurilma «*generator*» deyiladi. Generatorlarda esa yuqori va o'ta yuqori chastotali signallar olinadi. Generatorning invertordan farqi ishchi chastotasida va signalning shaklida hamda unga qo'yilgan talablarda bo'ladi. Ishlash prinsipiga qarab bular elektromexanik va statik qurilmalarga bo'linadi.

Statik o'zgartirgichlar mexanik yurgizuvchi bo'linmalaridan iborat bo'lib, ularni ishlatish elektron qurilmalar (tranzistor, tiristor va boshqalar) orqali amalga oshiriladi.

Statik o'zgartirgichlarning tarkibiy qismi 36-rasmda ko'rsatilgan.

36-*a* rasmda o'zgarmas kuchlanishni o'zgaruvchan kuchlanishga aylantirib beruvchi invertorning tarkibiy qismi keltirilgan.

36-*b* rasmda esa o'zgaruvchan tok chastotasini boshqa o'zgaruvchan tok chastotasiga aylantiruvchi statik o'zgartirgichning tarkibiy qismi keltirilgan.

36-*d* rasmda o'zgarmas tok manbayini bir kattalikdan boshqa kattalikka aylantirib beruvchi o'zgartirgichning (konvertor) tarkibiy qismi keltirilgan. Bu yerda: O'z TM – o'zgarmas tok manbayi; O'TM – o'zgaruvchan tok manbayi; I – inverter; T – to'g'rilagich; Tr – transformator; F – filtr.

O'zgartirgichlarning asosiy energetik ko'rsatkichlari quyidagilar:

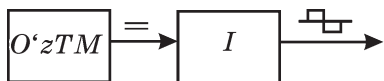
– o‘zgartirgichlarning FIK. Bu kattalik o‘zgarmas tok quvvatini shu quvvatni hosil qilish uchun sarf bo‘lgan quvvatga nisbati ko‘rinishida olinadi;

– tashqi muhit ta’siri natijasida chiqish kuchlanishi va chastotaning o‘zgarmasligi;

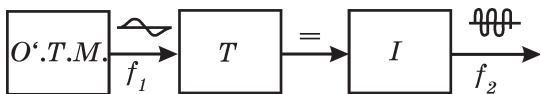
– chiqish kuchlanishining pulsatsiyasi;

– dinamik xarakteristikasi (chiqish kuchlanishining yuklama toki orasidagi bog‘lanish);

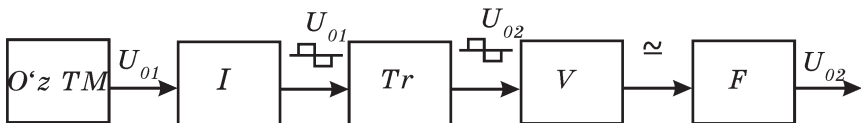
– chiqish kuchlanishining shakli.



a)



b)



d)

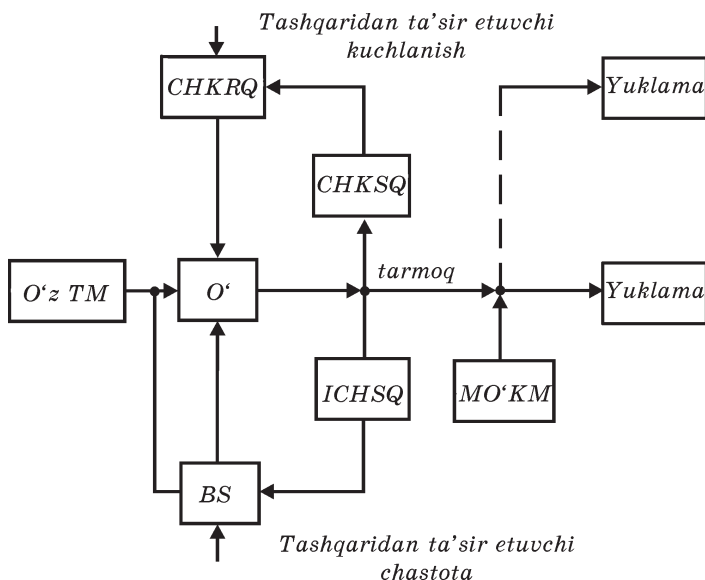
36-rasm

O‘zgartirgichlarning FIK ni oshirish uchun va sifatli (stabil kuchlanish va chastota, kichik pulsatsiya va talab qilingan shaklli kuchlanish) qurilma loyihalash uchun maxsus qo‘shimcha sxemalar qo‘shiladi.

## 2.1. O‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi qurilma (invertor)

Invertorlarning ishlash prinsipi shundan iboratki, yuklamaga kuchlanish davriy ravishda ulanadi, natijada yuklamadan o‘zgaruvchan tok oqadi. Statik o‘zgartirgichlarda tokni yuklamaga ulash kalit holatida ishlovchi elektron asbob ochiq (asbobdan oqayotgan tok maksimal qiymatida bo‘ladi)

va yopiq (tok nolga teng bo'ladi) holatda bo'ladi. Invertorlarning FIK 80 – 90 % ga teng bo'ladi. 37-rasmda invertorning tarkibiy qismi berilgan.



37-rasm

Invertorni quyidagi element va qurilmalar tashkil qiladi:

O'z TM – o'zgarmas tok manbayi;

O' – o'zgartirgich;

CHKRQ – chiqish kuchlanishini rostlovchi qurilma;

BS – boshqaruvchi sistema;

CHKSQ – chiqish kuchlanishini solishtiruvchi qurilma;

ICHSQ – invertor chastotasini solishtiruvchi qurilma;

MO'KM – mustaqil o'zgaruvchan kuchlanish manbayi;

Y – yuklama.

O'zgartirgich elektron asboblardan (elektron lampa, tranzistor) tuzilgan bo'lib, kalit holatda ishlaydi va o'zgarmas kuchlanishni o'zgaruvchan kuchlanishga o'zgartirib beradi. O'zgartirgichning chiqishiga yuklama ulangan.

O'zgaruvchi qurilmaning ochilishi uchun boshqaruvchi sistema orqali davriy ravishda impuls toki berib turiladi. Invertorning chiqish kuchlanishini rostlovchi qurilma (CHKRQ)

orqali o'zgartiriladi. Bu qurilma esa tashqaridan avvaldan rejalashtirilgan dastur orqali boshqariladi yoki etalon kuchlanishi bilan solishtiruvchi qurilma (CHKSQ) orqali etalon kuchlanish bilan solishtiriladi. Bu qurilmaning boshqaruvchi impulsi chiqishdagi nominal etalon kuchlanishdan farqlanganda u o'z ta'sirini o'tkazadi va invertorning kuchlanishini avtomatik tarzda stabillaydi. Chiqishdagi kuchlanish chastotasini stabillash ICHSQ orqali amalga oshiriladi, ya'ni invertorning chastotasi ICHSQ dagi etalon chastota bilan solishtiriladi, so'ngra boshqaruvchi sistema orqali inverter chastotasiga ta'sirini o'tkazadi. Invertorlarni lampali, tranzistorli, tiratronli va tiristorli elektron asboblari yordamida hosil qilish mumkin.

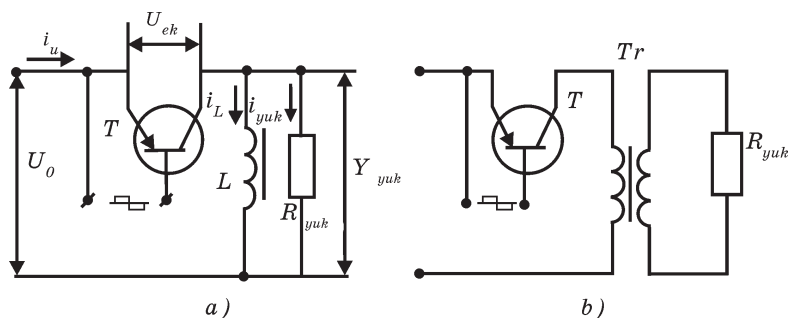
O'zgartirgich bilan boshqaruvchi sistema orasida aloqa ikki xil bo'lishi mumkin: invertorni tashqaridan qo'zg'otish va invertorni o'z ichidan qo'zg'otish. Invertorni tashqaridan qo'zg'atishda boshqaruvchi sistemaga mustaqil impuls generatori orqali impuls beriladi. Qo'zg'atishni invertorning ichidan amalga oshirganda ulash va o'chirish o'zgartirgichni musbat teskari bog'lanishi orqali o'zida amalga oshiriladi. Inverter ko'pincha umumiy manba orqali ta'minlanib, mustaqil o'zgaruvchan kuchlanish bilan parallel ulangan holda bir necha yuklamaga ishlaydi. Ya'ni inverterlar o'zgaruvchan tok manbalari bilan birgalikda ishlashlariga qarab avtonom va noavtonom inverterlarga bo'linadi. Avtonom inverterlarning noavtonom inverterlarga nisbatan yutug'i shundan iboratki, ular o'zgaruvchan tok manbalari yo'qligida ham ishlashlari mumkin.

Inverterlar ishlab chiqarayotgan kuchlanishiga qarab bir fazali, uch fazali va ko'p fazali bo'lishi mumkin. Chiqish kuchlanishining shakli sinusoidal va to'g'ri burchakli bo'lishi mumkin. Bundan tashqari ular boshqaruvchi qurilmaga qarab, o'zgartirgichning turiga qarab, stabillanishning turiga qarab, chiqish kuchlanishini va chastotasini o'zgartirishga qarab farqlanadi.

### **Tranzistorli inverterlar**

Tranzistorli inverterlar bir taktli va ikki taktli inverterlarga bo'linadi. 38-a rasmda tashqaridan ta'sirlanuvchi bir taktli invertorning sxemasi keltirilgan.

Tranzistor ochiq holatida emitter – kollektor orasidagi qarshilik juda kam bo‘lganligi uchun hisobga olinmaydi. Tranzistorning bazasiga manfiy boshqaruvchi signal berilganda tranzistor butunlay ochiladi va yuklamada o‘zgarmas tok manbaning kuchlanishi yuklamaga o‘tadi. G‘altakdan oqayotgan



38-rasm

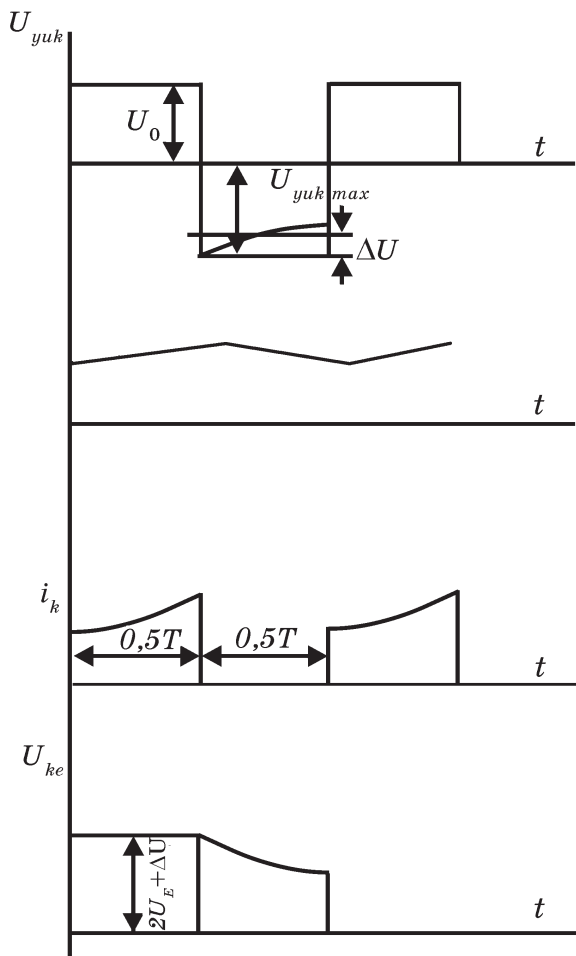
tok esa chiziqli qonuniyat asosida oshadi. Bu vaqtda drosseldan o‘tayotgan  $i_L$  tok chiziqli o‘shish qonuniyati bo‘yicha o‘sadi. Tranzistor yopilganda g‘altakdan oqadigan  $i_L$  tok yuklama bilan ulanadi va yuklamada manfiy impuls kuchlanishini hosil qiladi. Bu tok eksponensial qonun bo‘yicha kamayadi, yuklamada shunga mos ravishda yuklama kuchlanishi ham kamayadi. Yuklamadagi o‘zgarmas tashkil etuvchi nolga teng bo‘lganligi uchun yuklamadagi chiqish kuchlanishining musbat va manfiy yarim davri sathi bir-biriga teng bo‘ladi. Drosseldan yuklamaga teskari (razryadlanish) yo‘nalishda oqayotgan tok yuklamadagi kuchlanishning manfiy yarim davrini  $\Delta U$  ga ko‘paytiradi, ya’ni:

$$U_{yuk\ max} = U_0 + \Delta U.$$

Manbaning invertorga boradigan toki  $i_i = i_L + i_{yuk}$  toklarining yig‘indisiga teng bo‘ladi. Tranzistor yopiq holda bo‘lganda bu tok nolga teng bo‘ladi. Boshqaruvchi impuls manfiy bo‘lganda tranzistordagi kuchlanish nolga teng bo‘ladi. Tranzistor yopiq holida bu kuchlanish o‘zgarmas tok kuchlanishidan ikki barobar ortiq bo‘ladi (39-rasm).

Chiqishdagi kuchlanish esa o‘zgaruvchan kuchlanish bo‘lib, shakli to‘g‘ri burchakli bo‘ladi.  $L$  drossel qancha katta bo‘lsa,

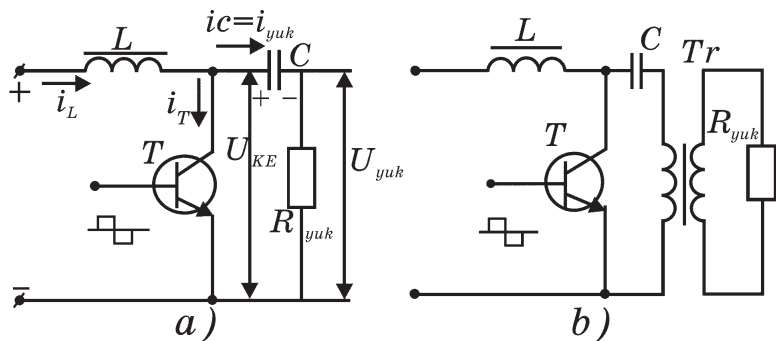
chiqish kuchlanishining shakli shuncha to‘g‘ri burchakli bo‘ladi. 38-b rasmda invertorning chiqishiga transformator ulangan bo‘lib, chiqishdagi o‘zgaruvchan kuchlanishni pasaytiradi yoki oshiradi.



39-rasm

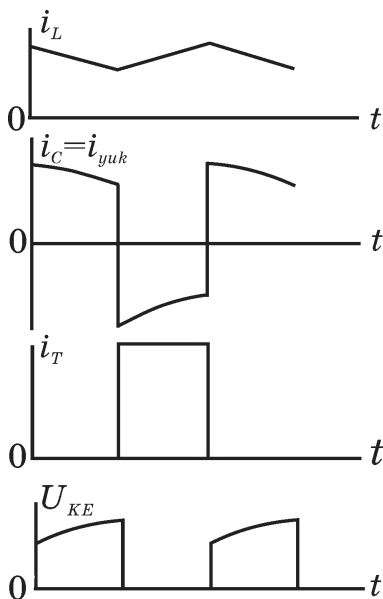
Bu sxemalarning kamchiligi, o‘zgarmas tok manbayining vaqt bo‘yicha bir xil yuklanmaganligidir, ya’ni manbadan oqayotgan tok impuls xarakterga egadir. Bu kamchilik 40-a rasmda keltirilgan sxemada bartaraf etilgan, ya’ni o‘zgarmas tok manbayi, tranzistor va yuklama parallel ulangan. Bu sxemaning tok va kuchlanish diogrammasi 41-rasmda

keltirilgan. Tranzistorning ochiq holati bazaga kelayotgan davriy kuchlanishning musbat yarim davriga to‘g‘ri keladi.



40-rasm

Tranzistor berk holatdalgida drossel  $L$  orqali sig‘im  $C$  zaryadlanadi va bir vaqtning o‘zida yuklamaga tok o‘tadi. Zaryadlanish natijasida toklar  $i_C = i_L = i_{yuk}$  kamayadi. Tranzistor ochilgan vaqtda sig‘im razryadlanadi va yuklamadan oqadigan tokning yo‘nalishi teskari tomonga o‘zgaradi. Bu vaqtda drossel  $L$  manbaga parallel ulangan ko‘rinishda bo‘lib qoladi va undan



41-rasm

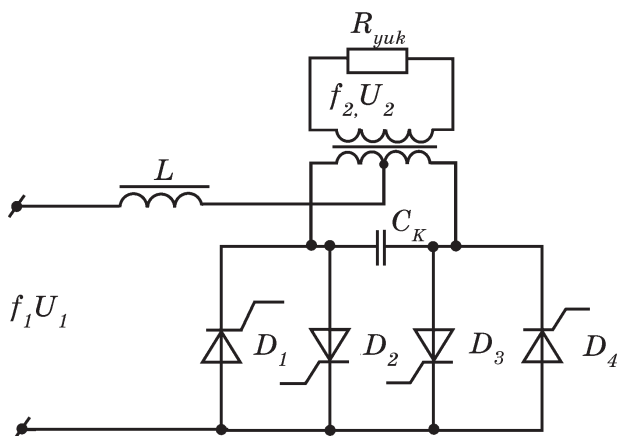
oqadigan tok chiziqli o'sish qonuniyati bo'yicha oshadi. Manbadagi tok vaqt bo'yicha o'zgarsa ham impuls xarakterga ega emas.

40-b rasmdagi sxemada transformatorning qo'shimcha ulanishi o'zgaruvchan kuchlanishni kerakli kattalikka aylantirib beradi.  $L$  va  $C$  larni kombinatsiya qilish orqali chiqish kuchlanishining shaklini xohlagan ko'rinishga aylantirish mumkin.

## 2.2. Chastota o'zgartirgichlar

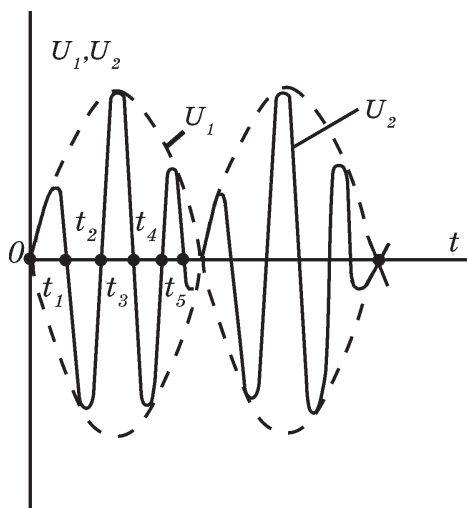
Aniq zvenolardan tuzilgan o'zgartirgichlarning struktura sxemasi 36-b rasmda keltirilgan. Bu o'zgartirgichlarda tarmoqdagi chastota  $f_1$  oddiy to'g'rilagich orqali o'zgarmas kuchlanishga aylantiriladi. O'zgarmas kuchlanish invertor kirishiga ulangan. Invertorda o'zgarmas kuchlanish kerakli chastotali o'zgaruvchan kuchlanishga aylantiriladi. Invertorlar tiristor yoki tranzistor orqali tuzilgan bo'ladi. O'zgartirgichlarning chiqishidagi kuchlanish kattaligini o'zgartirish to'g'rilagichdagi tiristorning boshqaruvchi qurilmasidan berilayotgan signal orqali, chiqishdagi chastotasini o'zgartirish esa invertordagi tiristorning boshqaruvchi elektrodiga kommutatsiya qurilmasidan kelayotgan boshqaruvchi impuls orqali amalga oshiriladi. O'zgarmas tok zvenosi yashiringan o'zgartirgichlarda ventellar ham to'g'rilagich sifatida, ham tokni invertorlash sifatida foydalaniladi. 42-rasmda bir fazali parallel invertorlardan tuzilgan tiristorlari qarama-qarshi ulangan chastota o'zgartirgichning prinsipial sxemasi keltirilgan.

Tiristorlar tarmoqdagi  $U_1$  kuchlanishni ham musbat, ham manfiy yarim davrda ishlaydi. Invertordagi tiristorning ochilishi uning boshqaruvchi elektrodiga berilayotgan boshqaruvchi impuls toki orqali amalga oshiriladi. Tiristor  $D_2$ ,  $D_3$  ning elektrodiga musbat impuls toki kelganda tiristorlar ochiladi. Kommutatsiyalovchi  $C_K$  sig'im  $D_2$ ,  $D_3$  tiristorlarning anodiga musbat potentsiali orqali ochilishi uchun xizmat qilsa,  $D_1$ ,  $D_4$  tiristorlarning yopilishi uchun ularning anodida manfiy potentsial hosil bo'ladi. Drossel  $L$  manba potentsialining uzluksizligini ta'minlaydi (ayniqsa kommutatsiya paytida).  $L$  ning katta qiymatida  $i_L$  tok o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi.



42-rasm

$t_1$  vaqtda  $D_2, D_3$  ning anodiga musbat boshqaruvchi impuls kelganda tiristorlar ochiladi va transformator  $T_R$  ning birinchi chulg'amidan tok o'tadi va chulg'amda EYK hosil bo'ladi. Transformatorning birlamchi chulg'amidan tok o'tishi natijasida o'zgaruvchan magnit maydon hosil bo'ladi. Bu maydon transformatorning ikkinchi chulg'amida EYK hosil qiladi va yuklamadan esa  $i_{yuk}$  toki oqadi. Sig'im  $C_K$  dan oqayotgan  $i_C$  tok maksimal qiymatidan kamaya boshlaydi. Ochiq tiristorlardagi kuchlanish kam miqdorda, tok esa  $i_{a1}=i_L$  katta miqdorda o'tadi.



43-rasm

$t_2$  vaqtda boshqaruvchi impuls  $D_1$ ,  $D_4$  tiristorning boshqaruvchi elektrodiga beriladi. Bu vaqtda  $C_K$  sig'imdagi kuchlanishning musbat potentsiali  $D_1$ ,  $D_4$  tiristorning anodiga ulangan bo'ladi.

Shunday qilib,  $C_K$  sig'im  $D_2$ ,  $D_3$  tiristorlarni yopishga  $D_1$ ,  $D_4$  tiristorlarni ochishga yordam qiladi. Chiqishdagi kuchlanish  $U_2$  ning  $f_2$  chastotasi boshqaruvchi qurilmadan kelayotgan kommutatsiyalovchi impuls qatori orqali aniqlanadi. Boshqaruvchi qurilma esa  $180^\circ$  farq bilan impuls ishlab chiqaruvchi generatordan tuzilgan. 43-rasmda o'zgartirgichning sinusoidal kuchlanish bo'yicha modullangan  $f_2$  chastotali kuchlanish shakli berilgan.

### 2.3. O'zgarmas tok o'zgartirgichlari (konvertorlar)

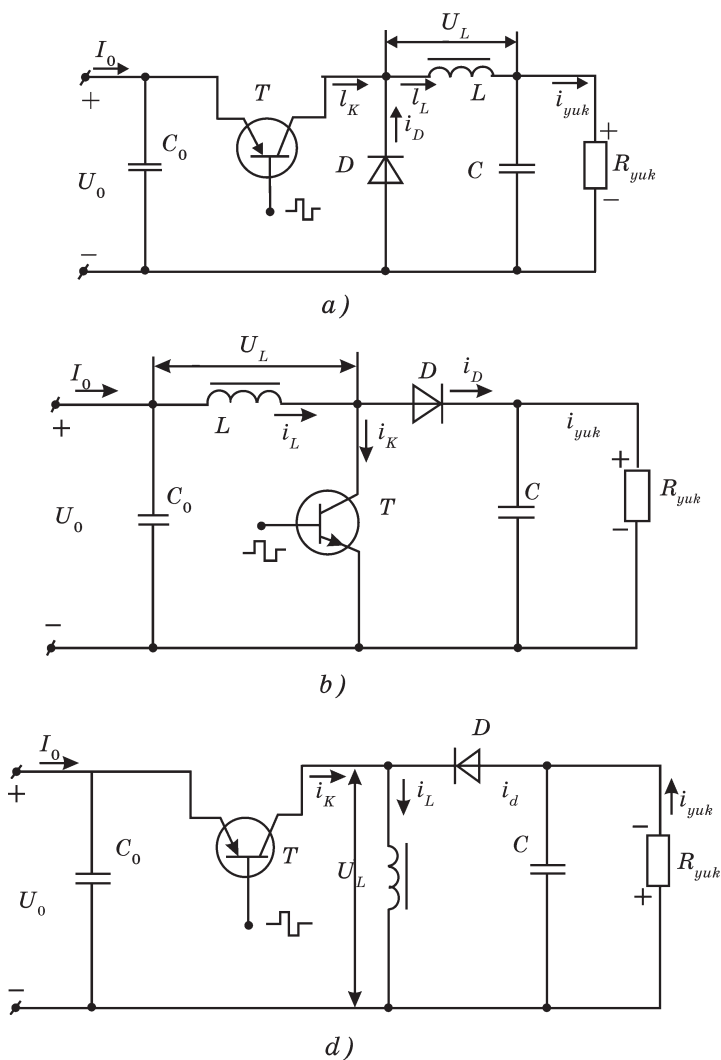
Konvertorlar o'zgarmas kuchlanishni nafaqat oshirish yoki kamaytirishi, balki ular yordamida kuchlanishni siljitish, revers natijasida kuchlanishni teskari ishoraga o'zgartirish mumkin.

Konvertor qurilmasi invertor, to'g'rilagich va filtdan tashkil topgan. 44-a rasmda bir taktli konvertorning prinsipial sxemasi keltirilgan.

Konvertorlarning hamma sxemalarida tranzistorlar kalit holatida ishlaydi. Tranzistor ochiq holatdaligida tarmoqdagi manba energiyasi yuklamaga beriladi. Bu bilan bir qatorda energiya sig'im  $C$  da va induktivlik  $L$  da yig'iladi. Tranzistor yopiq holatdaligida yuklama sig'im va induktivlikka yig'ilgan energiya hisobiga ta'minlanadi, ya'ni drosseldagi tok diod  $D$  orqali yuklamadan o'tadi.

44-b rasmda tranzistor ochiq holatida  $L$  induktivlik tarmoqdagi manbadan energiyani is'temol qiladi va tranzistor yopiq holatdaligida manba va induktivlikka yig'ilgan energiya yuklama va sig'imga beriladi. Tranzistor ochilganda esa sig'im energiyasini manbaga qo'shadi.

44-d rasmda tranzistor ochiq holatdaligida induktivlik  $L$  energiyani yig'adi. Tranzistor yopiq holatdaligida induktivlik energiyani yuklamaga va sig'imga beradi. Tranzistor ochiq holatdaligida yuklamadagi tok sig'imda yig'ilgan energiyaning ma'lum qismi orqali ta'minlanadi.

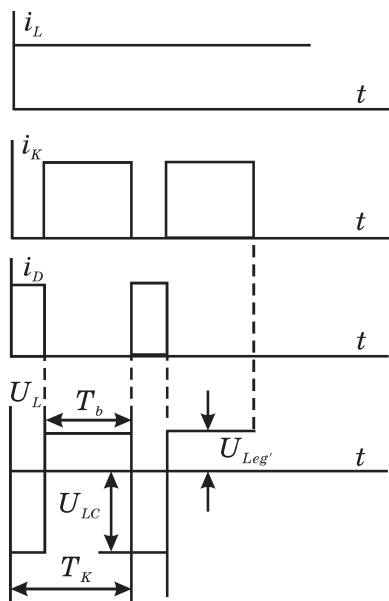


44-rasm

45-rasmda drosseldagi tok va kuchlanish diagramasi keltirilgan.

Bu yerda:  $T_b$  – tranzistorlarning ochiq halatdagi davri;  $T_K$  – kommutatsiya vaqti. Bularga mos keladigan  $U_{Leg}$  – kuchlanishning yig‘ilishi,  $U_{Lsf}$  – kuchlanishning sarf bo‘lishi.

$k = \frac{T_b}{T_K}$  – kommutatsiyalovchi impuls chuqurligi deyiladi.



45-rasm

Agarda  $k < 1$  bo'lsa, konvertor kuchlanishni pasaytiradi (44- $a, b$  rasm).

Agarda  $0,5 < k < 1$  bo'lsa, konvertor kuchlanishni ham pasaytiradi,  $k < 0,5$  da ham oshirishi mumkin.  $T_b$  ni o'zgartirib,  $T_K$  ni doimiy qilib chiqish kuchlanishning qutblarini qarama-qarshi ishoraga o'zgartirishi mumkin.

---

### III BOB. KUCHLANISH STABILIZATORLARI

Radio qurilmalar normal holatda ishlashi uchun manba talab qilingan aniqlikda yuklamani kuchlanish bilan ta'minlashi kerak. Manbalarining bu aniqlikdan chetga chiqishlari *nostabillik holati* deyiladi. Har bir radioqurilmalar uchun foiz hisobda manbalarga ruxsat berilgan nostabillik kattaligi belgilangan.

Masalan, radio uzatuvchi qurilmalarda va radiostansiyalarda manbalar uchun nostabillik 2 – 3 % gacha ruxsat etilgan.

Elektron mikroskoplarda nostabillik 0,005% gacha, o'zgarmas tok kuchaytirgichlarida va juda aniqlik bilan ishlaydigan elektron o'lchov asboblari 0,0001% gacha.

Asbob qancha sezgir bo'lsa, u shuncha aniq o'lchaydi va uning manbayi shuncha stabil bo'lishi lozim.

Manbalarining nostabillik holatda ishlashlari quyidagi chegaralarga bo'linadi:

- past stabillik holatida ishlovchi manbalarda kuchlanishning o'zgarishiga 5% gacha ruxsat beriladi;
- o'rta stabil holatda ishlovchi manbalarda kuchlanishning o'zgarishiga 1 – 5% gacha ruxsat beriladi;
- yuqori stabil holatda ishlovchi manbalarga 0,1 – 1% gacha ruxsat beriladi.

Manbaning stabil ishlashini buzuvchi omillar: muhit harorati, namlik, tarmoq chastotasi va boshqalar kiradi.

Ammo nostabillikni keltirib chiqaruvchi asosiy sabab – kirish kuchlanishining tebranishi va yuklamadagi tokning o'zgarishidir.

Tarmoqdagi kuchlanish yoki yuklamadan oqadigan tok ish jarayonida sekin-asta o'zgarmasdan birdaniga o'zgarishi mumkin. Bu o'zgarishni avtomatik ravishda talab qilingan kattalikda ushlab turishga yordam qiluvchi qurilma «*stabilizator*» deyiladi.

Tokning xiliga qarab ular o'zgaruvchan tok stabilizatorlari va o'zgarmas tok stabilizatorlariga bo'linadi. Stabilizatorlar parametrik va kompensatsiyalangan stabilizatorlarga bo'linadi.

Kompensatsiyalangan stabilizatorlar manfiy teskari bog'lanishli yopiq zanjirli avtomatik sistemani tashkil etadi.

O'zgarmas tok stabilizatorlari quyidagicha bo'linadi: siljituvchi elementning xiliga qarab va siljituvchi elementning ish holatiga qarab (impulsli va chiziqli).

Kuchlanish stabilizatorlarining asosiy parametrlari quyidagilar:

#### 1. Kuchlanish stabilizatsiyasi:

$$K_{st} = \frac{\Delta U_{kir} / U_{kir}}{\Delta U_{chiq} / U_{chiq}} = \frac{\Delta U_{kir}}{\Delta U_{chiq}} \cdot \frac{U_{chiq}}{U_{kir}},$$

bunda  $\Delta U_{kir}$  va  $\Delta U_{chiq}$  – stabilizatorlarning kirish va chiqish kuchlanishlarining o'sishi;

$U_{kir}$  va  $U_{chiq}$  – stabilizatorlarning kirish va chiqish kuchlanishlarining nominal qiymati.

2. Chiqish qarshiligi, kirish kuchlanishi o'zgarmagan holda, yuklamadan oqayotgan tokning o'zgarishi chiqishdagi kuchlanishiga ta'sirini ko'rsatadi:

$$R_{chiq} = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta I_{chiq}}, \quad U_{kir} = \text{const}$$

3. Foydali ish ko'effitsiyenti, yuklamadagi quvvatning kirishdagi nominal quvvatga nisbatan:

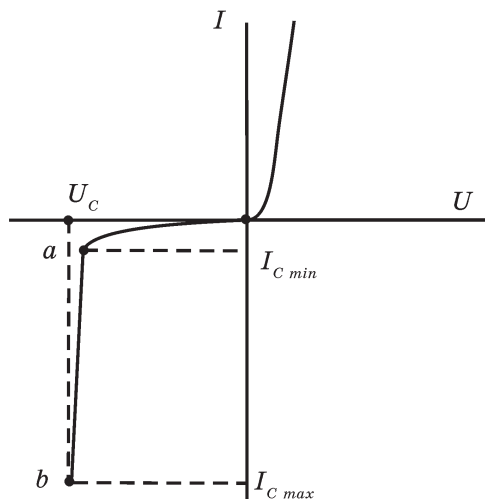
$$q = \frac{U_{chiq} \cdot I_{chiq}}{U_{kir} \cdot I_{kir}}.$$

4. Chiqish kuchlanishining nostabilligi, chiqish kuchlanishining belgilangan vaqtgacha yoki temperaturagacha o'zgarishi.

### 3.1. Parametrli o'zgarmas kuchlanish stabilizatori

Parametrli o'zgarmas kuchlanish stabilizatorlarida nochiziqli qarshilik ishlatiladi. Bu yerda stabilizatsiya toki kuchlanishning nochiziqli funktsiyasidir, ya'ni dinamik qarshilik  $R_d$  statik qarshilikka  $R_s$  teng bo'ladi. Bunday nochiziqli qarshilikka

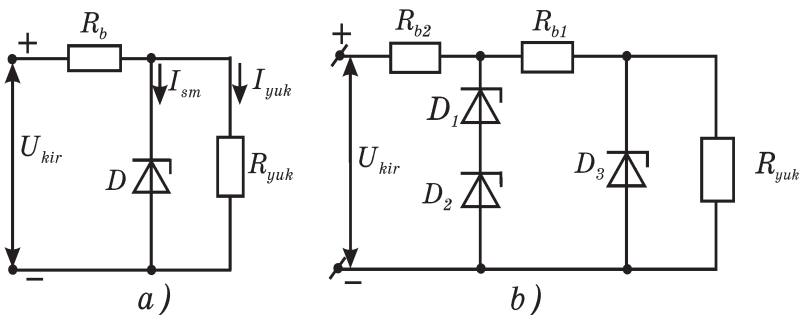
barettr, gaz to'ldirilgan va kremniyli stabilitron kiradi. Kremniyli stabilitron – o'zgarmas kuchlanishni stabillash uchun mo'ljallangan. Kremniyli stabilitronning volt-amper xarakteristikasi 46-rasmda keltirilgan.



46-rasm

Stabilitron sxemaga ulanib, uning elektrodlariga teskari kuchlanish berilganda teskari xarakteristika  $a - b$  qismida kuchlanish oz o'zgarganda tok ko'p miqdorda o'zgarishi kuzatiladi. Kremniyli stabilitronning stabillash xususiyati shundan iboratki,  $r - n$  o'tkazuvchanlikda tok o'zgarganda kuchlanishning pasayishi kam o'zgaradi.

Kremniyli stabilitronning ulanish sxemasi 47-a rasmda keltirilgan.



47-rasm

Sxemadagi  $R_b$  – ballast (so‘ndiruvchi) qarshilik bo‘lib, stabilitrondan oqadigan katta tokni chegaralaydi.

Kirishdagi kuchlanishning o‘zgarishi ballast qarshiligi orqali oqadigan tokning o‘zgarishiga olib keladi, bu esa o‘z navbatida stabilitrondan oqadigan tokni o‘zgartiradi. Stabilitronning qarshiligi oddiy qarshilik singari doimiy bo‘lmaganligi uchun undan oqadigan tok oshganda stabilitronning qarshiligi kamayadi yoki stabilitrondan oqadigan tok kamayganda uning qarshiligi oshadi. Natijada stabilitrondagi kuchlanish o‘zgarmasdan qoladi. Kirishdagi kuchlanishning o‘zgarishi  $R_b$  qarshilikda so‘ndiriladi. Agarda kirishdagi kuchlanish doimiy bo‘lganda yuklamadagi tok o‘zgarsa, stabilitrondan oqadigan tok shuncha teskari kattalikka o‘zgaradi. To‘g‘rilagichdan kelayotgan umumiy tok esa o‘zgarmaydi, natijada yuklamadagi kuchlanish ham o‘zgarmaydi. Stabilitron odatdagi yassi diodlarga o‘xshagan bo‘lib, tayyorlanish texnologiyasi biroz farqlanadi. Stabilitronning anodiga musbat, katodiga manfiy potentsial ulansa, kremniyli diodning xarakteristikasi olinadi. Agarda stabilitronga ulangan teskari kuchlanish oshirilsa (anodga manfiy, katodga musbat potentsial ulansa), stabilitrondan oqadigan tok avvaliga asta-sekin o‘sadi va shunday bir kuchlanish kelganda stabilitronning  $p-n$  to‘siq zonasida elektrik buzilish paydo bo‘ladi va kuchlanishning juda kam miqdorda o‘zgarishiga tokning ko‘p miqdordagi o‘zgarishi to‘g‘ri keladi. Stabilitronning elektrik buzilish holatida kuchlanishni stabillash sifati namoyon bo‘ladi. Bu holatni va bu sifatni stabilitronda turg‘un holatda saqlab turish uchun undan oqadigan tokning qiymati maksimal  $I_{C \max}$  va minimal  $I_{C \min}$  oraliqda bo‘lishi lozim. Bular bilan bir qatorda stabilitronda quyidagi parametrlar mavjud: kuchlanish stabilizatsiyasi –  $U_{CT}$  va differentsial

$$\text{qarshilik} - r_d = \frac{\Delta U_{CT}}{\Delta I_{CT}}.$$

Agarda  $r_d$  qancha kichik bo‘lsa, chiqishdagi kuchlanish stabilizatsiyasi shuncha yuqori bo‘ladi. Parametrik stabilizatorlarining sifati stabilizatsiya koeffitsiyenti  $K_{CT}$  orqali aniqlanib, kirish kuchlanishining nisbiy o‘zgarishini yuklamadagi kuchlanishning nisbiy o‘zgarishiga nisbati bilan o‘lchanadi, ya’ni

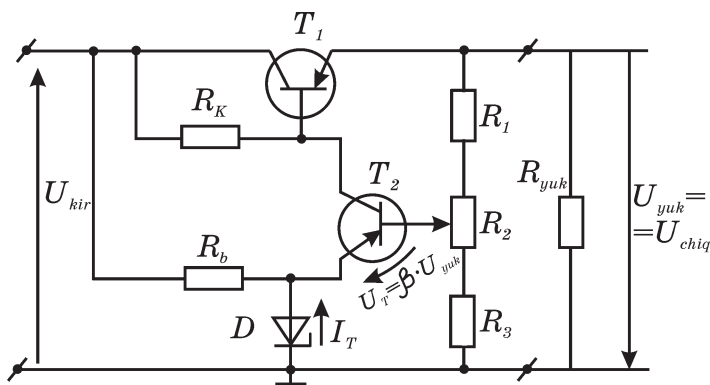
$$K_{CT} = \frac{\Delta U_{kir} / U_{kir o'r}}{\Delta U_{yuk} / U_{yuk o'rt}}.$$

Yarim oʻtkazgichli stabilitronidan tuzilgan stabilizatorlarda  $K_{ST}=100$  gacha borishi mumkin. Kuchlanishning stabilizatsiyasini oshirish uchun stabilizatorlar ketma-ket ulanadi (47-b rasm).

Parametrik stabilizatorlarning yutugʻi shundan iboratki, ular sodda tuzilgan va puxta. Kamchiligi esa FIK stabilizatsiya koeffitsiyenti kichik va tor siljima ydigan kuchlanish chegarasiga ega.

### 3.2. Kompensatsion stabilizatorlar

Kompensatsion stabilizatorlar (48-rasm) parametrik stabilizatorlarga oʻxshab silliqlovchi filtrlar bilan yuklama



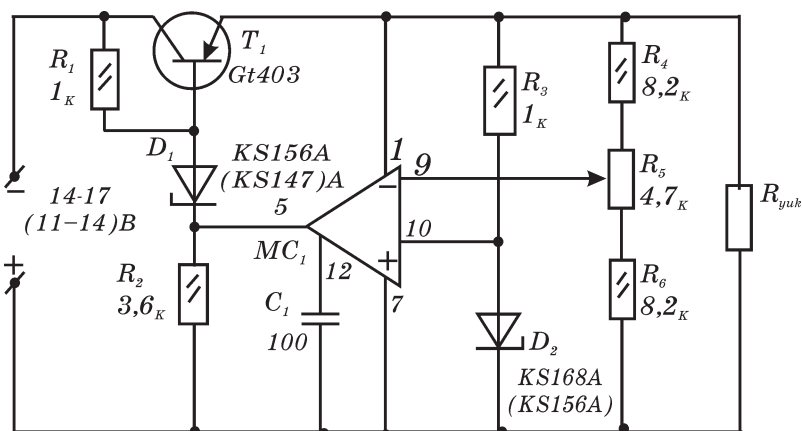
48-rasm

oraligʻiga ulanadi. Bu stabilizatorlarda chiqish kuchlanishi  $U_{chq}$  kirish kuchlanishi  $U_{kir}$  bilan tranzistor  $T_1$  dagi kuchlanish farqiga teng, yaʼni  $U_{chq} = U_{kir} - \Delta U$ . Kompensatsion stabilizatorlarda yuklamadagi kuchlanish  $U_{yuk}$  tayanch stabilitronidagi  $U_T$  kuchlanish bilan uzluksiz solishtirilib turiladi. Solishtirish natijasida farq paydo boʻlsa, boshqaruvchi tranzistor  $T_2$  ning kirishiga kuchlanish farqi  $U_T - \beta \cdot U_{yuk}$  beriladi. Bu kuchlanish farqi kuchaytirilib boshqariluvchi quvvatli tranzistor  $T_1$  ga beriladi. Tranzistor  $T_1$  ning qarshiligi oʻzgarib undagi kuchlanish  $\Delta U$  u yoki bu tomonga oʻzgarib, chiqish kuchlanishidagi kuchlanish farqini kompensatsiyalaydi. Stabilizatoridagi kirish kuchlanishi oshsa yoki yuklama toki  $I_{yuk}$  kamaysa,  $U_{yuk}$  kuchlanishi avvalgi kattaligidan farqlanib oʻzgaradi. Yuklama kuchlanishi  $\beta U_{yuk}$

( $\beta - R_1, R_2, R_3$  bo'luvchi qarshiliklarning bo'luvchi koeffitsiyenti), tayanch kuchlanishi  $U_T$  bilan solishtiriladi. Tayanch kuchlanishi doimiy bo'lganligi uchun chiqishdagi  $\beta U_{yuk}$  ning oshishi  $T_2$  tranzistorning baza va emitter orasidagi kuchlanishning kamayishiga olib keladi. Bu o'z navbatida  $T_1$  tranzistorning kollektor – baza orasidagi kuchlanishni kamaytiradi va o'z navbatida  $T_2$  tranzistorning kollektor toki kamayadi. Bu  $T_2$  tranzistorning qarshiligi oshgan holatiga to'g'ri keladi.

Bu o'zgarish  $\Delta U$  kuchlanishning oshishiga chiqishdagi kuchlanish  $U_{yuk}$  nominal holatini egallashga olib keladi. Kompensatsion stabilizatorlarda stabilizatsiya koeffitsiyenti bir necha mingga oshadi. Buning uchun katta kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan tranzistor tanlash hamda  $U_{yuk}$  kuchlanishni  $R_2$  o'zgaruvchan qarshilik orqali siljitish kerak.

49-rasmda yuklama toki 40 mA mo'ljallangan kuchlanish stabilizatori keltirilgan. Stabilizator ikkita 9 va 12,6V chiqish kuchlanishiga mo'ljallangan bo'lib, uni boshqarish xatoligi 10% ni tashkil qiladi. Stabilizator operatsion kuchaytirgich K1Y-T401A dan, solishtirish sxemasi va teskari bog'lanishli kuchaytirgichdan tashkil topgan. Invertirlovchi kirish 9 ga chiqish kuchlanishi bo'luvchi  $R_4-R_6$  qarshiliklardan beriladi, kuchaytirgichning ikkinchi kirishi 10 ga esa  $D_2$  stabilitronidan tayanch kuchlanishi beriladi. MS ning kirishidagi potentsiallar farqi operatsion kuchaytirgich orqali kuchaytirilib  $D_1$  stabilitron



49-rasm

orqali siljituvchi tranzistor  $T_1$  ning bazasiga beriladi. Bu qurilmaning stabilizatsiya koeffitsiyenti mingdan ortiq.

Kuchlanish stabilizatori ikki xil variantda: alohida aniq bir qurilmaga mo'ljallab va avtonom blok turida tayyorlanadi. Stabilizatorlarni tayyorlashda quyidagi talablarga rioya qilish kerak: prinsipial sxema montaj qilinayotganda har bir elementga qulay yetib borish kerak, ya'ni ayrim elementlarini almashtirish qulay bo'lishi kerak. Sxemada olib qo'yadigan elementlarni ishlatish hamda kerakli chiqqichlarni plataning bir tarafiga qulay qilib chiqarish maqsadga muvofiqdir. Platani ushlash esa kavsharlanmasdan, bir-biriga kirib kontakt beradigan elementlardan tayyorlash qulaylik keltiradi.

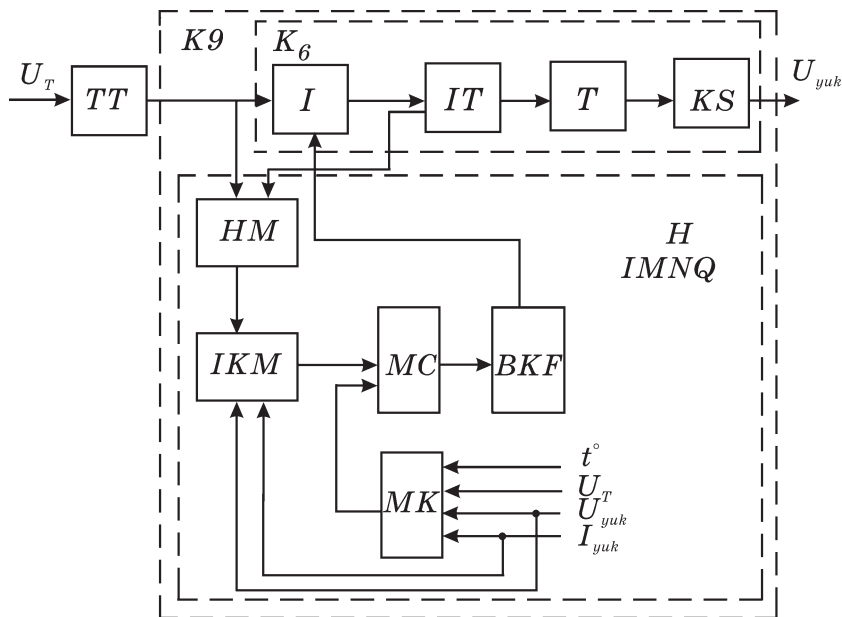
### 3.3. Impulsli manbalar

Impulsli manbalar dastavval televizion qabul qiluvchi TQQ va videomagnitofonlarda VM va audioqurilmalarda AQ qo'llanildi [10]. Bu qo'llanishning asosida ikkita sabab yotadi. Birinchi sabab – impulsli manbalarda hosil bo'lgan halaqitlarning televizion qabul qiluvchi va videomagnitafonlarning sezgirligiga ta'siri ovoyni qayta ishlovchi qurilmalarga nisbatan kamligi. Ikkinchidan, TQQ va VM larning yuklamasining quvvatligi (10 – 80 W gacha), ya'ni TQQ yuklamasidagi quvvatning o'zgarishi ekrandagi yorug'likning o'zgarishiga bog'liq bo'lib, bu esa kadrlar mazmuni natijasida o'zgaradi. Bu o'zgarish maksimal yuklama quvvatining 30% ni tashkil qiladi va 20 W dan oshmaydi. VM da esa bu o'zgarish tasma o'rovchi mexanizmni bir holatdan ikkinchi holatga o'zgartirganda hosil bo'ladi, buning natijasida quvvat bir necha vattga o'zgaradi.

2x20 W quvvatli stereofonli kuchaytirgichda quvvatning o'zgarishi 70 – 80 W gacha boradi (yuklama maksimal quvvatining 70% – 80 % ini tashkil etadi). Shuning uchun bunday qurilmalarda impulsli manbalarni ishlatish qimmatga tushadi, chunki qo'shimcha ikki taktli kuchaytirgichlar, konvertorlar, filtrlar ishlatilishi kerak. Shuning uchun IM TQQ va VM har xil muhofazalovchi qurilmalar yordamida ishlatilmoqda.

## Impulsi manbalarning (IM) stuktura sxemasi

IM amaliyotda TQQ va VM da boshqariluvchi konvertor orqali ishlatiladi. 50-rasmda TQQ va VM da ishlatilgan IM ning struktura sxemasi ko'rsatilgan.



50-rasm

IM tarmoq to'g'rilagichi (TT) va kuchlanish o'zgartirgichidan (KO') tashkil topgan.

TTning vazifasi tarmoqdan kelayotgan kuchlanishni stabil ushlab turishdan iborat. Yuklamadagi ish jarayoni o'zgarganda bu blok ruxsat berilgandan ortmagan holda kuchlanishni bir xil ushlab turadi. Har xil o'zgarishlar hamda avvaldan mo'ljallanmagan buzilishlar ta'sirini cheklash uchun TT ga muhofazalovchi qo'shimcha filtrlar ulangan.

Kuchlanish o'zgartirgich tarkibiga konvertor (K) (boshqaruvchi qurilma) kiradi. Konvertor boshqariluvchi invertordan (I), impuls transformatoridan (IT), to'g'rilagich (T) va kuchlanish stabilizatori (KS) dan iborat.

Invertor TT dan kelayotgan o'zgarmas kuchlanishni to'g'ri burchakli o'zgaruvchan kuchlanishga o'zgartirib beradi. Impuls

transformatori yuqori chastotada (20 kHz dan yuqori) invertorning avtogenerator holatini ta'minlab turish, sxemani nazorat qilib turuvchi va muhofazalovchi qurilmani manba bilan ta'minlash hamda yuklamani tarmoq zanjiri bilan bog'lab turish uchun xizmat qiladi. Nazorat qurilma quvvatli tranzistordan tuzilgan kalit orqali impuls holatda boshqariladi. Yuqorida keltirilgan sabablarga ko'ra konvertor bir taktli o'z-o'zini uyg'otuvchi avtogenerator holatda ishlaydigan invertor asosida qurilgan. Bundan tashqari, IMQ impuls manbayi kuchlanishini stabillash uchun, kuchlanishning oshib ketmasligi uchun IM ni har xil zo'riqlashlardan (chiqish tokidan) saqlash uchun, kuchlanishni birdaniga olib tashlash hamda qurilmani kuyib ketishidan saqlash uchun ishlatiladi. Ayrim qurilmalarda nazorat qurilmasi masofa orqali TQQ va VM larni uzish va ulash uchun ishlatiladi.

Impuls manba nazorat qurilma (IMQ) quyidagi qismlardan tashkil topgan: nazorat manbayi (NM); impuls kengligi modulatori (IKM); muhofazalovchi qurilma (MQ); MQ va IKM signallarini bog'lovchi mantiqiy sxema (MS), konvertorning quvvatli tranzistori uchun boshqaruvchi kuchlanish formirovateli (BKF).

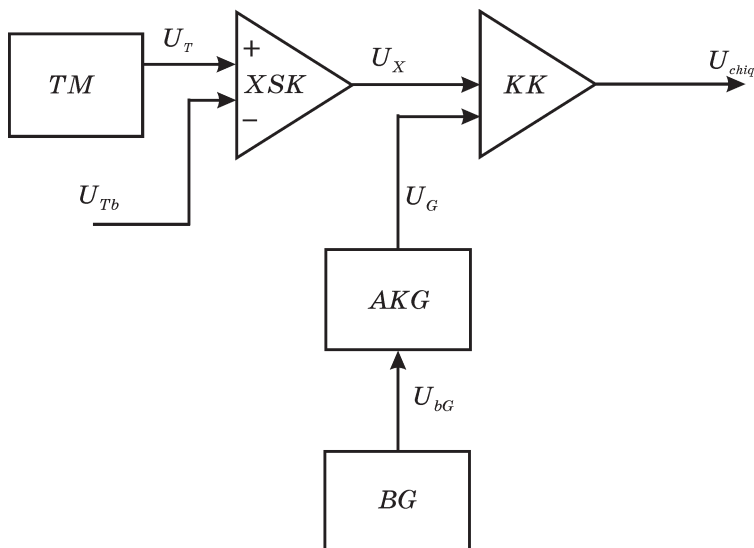
TKK va VM da ulovchi zanjir tarmoq bilan qisqa impulsli kuchlanishni IMQ ga ulaydi, bu o'z navbatida maxsus impuls transformatoriga ulanadi.

Impuls kenglik modulatori IKM impuls kengligini impuls oralig'iga nisbatini berilgan kattalikda shakllantirib beradi.

Impuls kengligining impuls oralig'i kengligiga nisbati «*Impuls chuqurligi*» deyiladi.

IKM impuls qatorini quyidagicha modullaydi: faza-impulsli modullash, chastota-impulsli modullash, impuls kengligi bo'yicha modullash. IM larda IKM ni loyihalashda impuls kengligi bo'yicha modullash qo'llaniladi, chunki prinsipial sxema sodda sxemalar orqali amalga oshiriladi, shu bilan bir qatorda bir turg'un ish holatdan ikkinchi turg'un ish holatiga o'tishda chastotasi o'zgaragan holda impuls kengligi o'zgaradi. Faza impulsli modulator (FIM) va chastota impulsli modulatorlarda (CHIM) ulanish chastotasining o'zgarishi ish holatini o'zgartiruvchi halaqit hosil bo'lishga olib keladi. Qayd etilgan kamchilik bu xildagi modulatorlarni qo'llashni cheklaydi.

Impuls kengligi bo'yicha modullash asosida ishlaydigan IKM ning prinsipial sxemasi 51-rasmda keltirilgan.

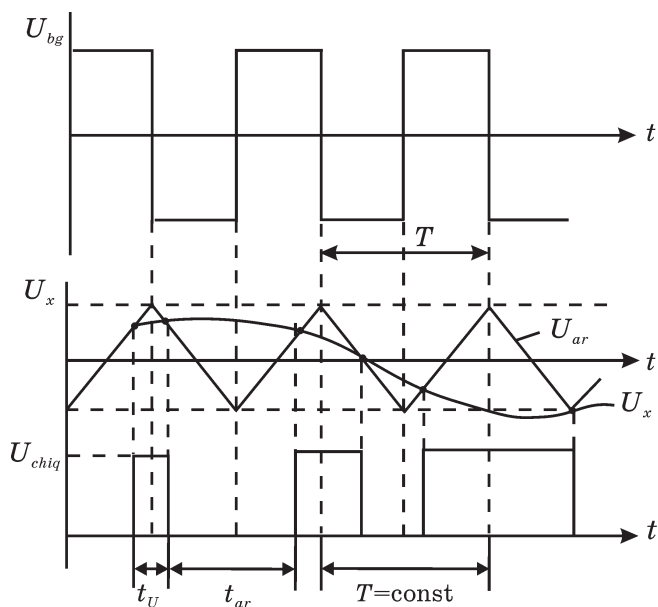


51-rasm

Impuls kengligi modulatori quyidagicha ishlaydi. Berilgan generator (BG) to'g'ri burchakli impulsni kuchlanish o'zgartiruvchi qurilma chastotasiga mos keladigan chastotada ishlab chiqaradi. Berilgan generator impuls ketma-ketligi  $U_{bg}$  arrasimon impuls ketma-ketligi  $U_g$  ga arrasimon shaklli kuchlanish generatorida (AKG) o'zgartiriladi. Bu kuchlanish impuls kengligi modulatorning komparatoriga KK beriladi. Komparatorning ikkinchi kirishiga esa xato signalga ishlovchi kuchaytirgichning (XSK) chiqishidagi  $U_x$  signal beriladi. XSK ning kirishiga esa teskari bog'lanish kuchlanishi va (TM) tayanch modulatori signali beriladi. Xato signal kuchaytirgich chiqishidagi signal  $U_x$  kirishiga berilgan tayanch kuchlanishi  $U_T$  va teskari bog'lanish  $U_{tb}$  kuchlanishi ayirmasi farqiga to'g'ri proporsionaldir.

Shunday qilib, xato signal kuchaytirgich chiqishidagi signal yuklamadagi tok  $I_{yuk}$  yoki  $U_{chik}$  kuchlanishini solishtirish natijasiga bog'liqdir. Keng impulsli komparator; impuls kenglik modulatorining uzoq chiziqli blokidir. Natijada chiqish kuchlanishini boshqaradigan yopiq zanjir hosil bo'ladi.

Keng impulsli komparatorning KK kirishiga kelayotgan signallarning biri arrasimon tayanch kuchlanishi, ikkinchisi boshqaruvchi kuchlanishdir (52-rasm).



52-rasm

KK ning chiqishida esa impuls signali chiqadi. Chiqish impulsining kengligi esa arrasimon impuls (urovenidan) boshqaruvchi impulsning ortiqligiga qarab hosil bo‘ladi. KK ning chiqishidan chiqqan modullangan signal mantiqiy sxema MS orqali boshqaruvchi kuchlanish o‘zgartiruvchi (formirovatel) BKF ga boradi. Bu signal esa o‘z navbatida konvertorning quvvatli kaliti sifatida ishlatilgan tranzistorini ulash yoki uzish uchun xizmat qiladi.

Chiqish kuchlanishi  $U_{yuk}$  ni stabillash quyidagicha amalga oshiriladi: ya’ni yuklama kuchlanishining o‘zgarishi teskari bog‘lanish kuchlanishi  $U_{tb}$  ni o‘zgartiradi; bu esa o‘z navbatida keyingi zanjirga berilayotgan kuchlanish quvvatini o‘zgartiradi. Bu kuchlanish o‘zgartirgichini stabil ushlab turishi uchun zamin yaratadi.

Impulsli manbalarning asosiy sharti shundan iboratki, manba bilan yuklama orasida bog‘lanish orqali muhofazalovchi

blok, xato signal kuchaytirgichi bilan galvanik bog‘liqlik bo‘lishi kerak. Bunday bog‘liqlikni hosil qilish uchun opto-elektron juftlar yoki transformatorlardan foydalaniladi. Optronlarni transformatorlarga nisbatan qo‘llash chastota spektor kengligining afzalligidir.

Ammo bu transformatorning nazoratchi blokda gi kuchaytirgichining qisqarishiga olib keladi.

Shunday qilib, impulsli manbalarining videoapparatlarning manbalarida ishlatilishi diskret elementlarining ishlatilishiga olib keladi. Hajmi katta bo‘lgan yarimo‘tkazgichli asboblardan tuzilgan sxemalarni integral mitti sxemalarga almashtirish ijobiy samara beradi. Birinchi o‘rinda, bu almashtirish impulsli manbaning nazorat blokiga va ikkilamchi kuchlanish stabilizatoriga tegishlidir.

Hozirda MOP tranzistorlaridan tuzilgan elektron kalitlar, ya’ni MOP tranzistorlardan tuzilib, integral mitti sxemalar yordamida nazoratchi bloklar hosil qilingan kalitlarni boshqarish oson, ish holatiga chidamli va yuqori ish chastotasida (0,1–1,0 MHz) mo‘tadil ishlaydi.

---

## **IV BOB. ELEKTR MANBALARNI LOYIHALASH VA MUHOFAZALASHGA DOIR MASALALAR**

Elektr manbalarni loyihalashda quyidagi masalalar yechiladi: Elektr manbaning struktura sxemasi tuziladi, uning ixchamlanishi va puxtaligi, elementlarda hosil bo'ladigan maydonning ta'sir etmasligi ishlab chiqiladi. Bu masalalar faqat ikkilamchi elektr manbalarga tegishli bo'ladi.

Elektr manbalarni loyihalash quyidagi tartibda olib boriladi:

- 1) texnik topshiriqni tuzish;
- 2) taktik-texnik talablarni ishlab chiqish;
- 3) struktura va prinsipial sxema hisoblarini ishlab chiqish;
- 4) konstruksiya tuzish;
- 5) tajriba o'tkazuvchi namunani ishlab chiqish;
- 6) texnik hujjatlarni ishlab chiqish.

Bu hujjatlar elektr manbayi yakka holda, seriyali va yalpisiga ishlab chiqishda asosiy hujjat bo'lib xizmat qiladi.

Hozirgi zamon texnik qurilmalarni loyihalash sistemali yondoshish yo'li orqali olib boriladi. Elektr manbalarni loyihalashda quyidagi printsipga amal qilinadi, ya'ni u yoki bu masalani yechish uchun bir nechta variant tekshiruvdan o'tkazilib, optimal parametrlı, eng yaxshi variant tanlanadi. Buni yechishda optimal mezonlarga suyaniladi. Integral mezon asosida qurılma tanlanadi. Bu tanlanishda birinchi o'rında samaradorlik mezonı turadi. Ya'ni qurılmaning bir nechta ko'rsatkichlarining yig'indisi, qo'yilgan talabni tejamkorlik bilan bajarish xususiyatiga ega bo'lishi kerak.

Elektr manba ko'rsatkichlari quyidagi guruhlarğa bo'linadi: funksional, ekspluatatsion, konstruksion va iqtisodiy.

Funksional ko'rsatkichga manbaning sifat va sanoq ko'rsatkichlari, energetik ko'rsatkichi, elektromagnit mosligi, manba tomonidan hosil qilingan xalaqitlar kiradi.

Ekspluatatsion ko'rsatkichlarga qurılmaning puxtaligi, qurılmani ekspluatatsiya qilish va tuzatishning qulayligi, texnika xavfsizligi kiradi.

Konstruksion ko‘rsatkichlarga hajmi, og‘irligi titrashga va mexanik bosimlarga chidamliligi, namdan muhofazalanganligi, tarkibidagi bloklarning, elementlarning qay darajada standartlashtirilgani kiradi.

Iqtisodiy ko‘rsatkichlarga loyihalashga, sanoatga va ishlatishga sarflangan maksimal qiymat kiradi.

Integral mezon effektivligi –  $E$  turli variantda olingan ko‘rsatkichlarning yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni:

$$E = \sum_{i=1}^n \mu_i f_i(x_i),$$

bu yerda:  $f_i(x_i)$  –  $i$  ta  $x_i$  ko‘rsatkichining funksiyasi;

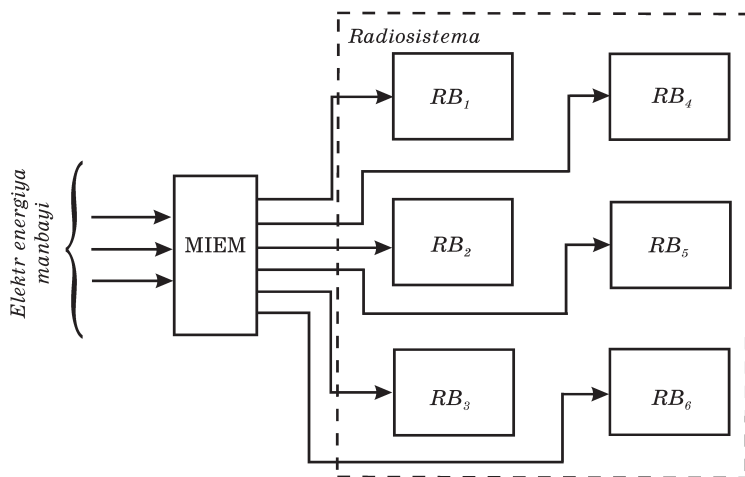
$\mu_i$  – og‘irlik koeffitsiyenti – ko‘rsatkichning kerakli darajasini ko‘rsatuvchi kattalik.

#### 4.1. Radiosistemalardagi elektr manbaning struktura sxemasi

Radiosistemalardagi elektr manbalar shu qurilmaning xarakteriga qarab kerakli tok va kuchlanish hosil qiladigan qilib tuziladi.

Radiosistemalar bir necha blokdan tuzilgan bo‘lganligi uchun ularni ta’minlaydigan manbalar markazlashtirgan tarqoq va aralash holda bo‘ladi.

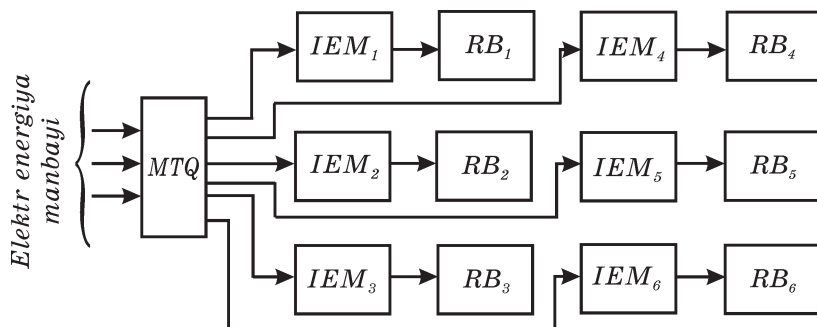
53-rasmda markazlashtirilgan elektr manba turlari keltirilgan.



53-rasm

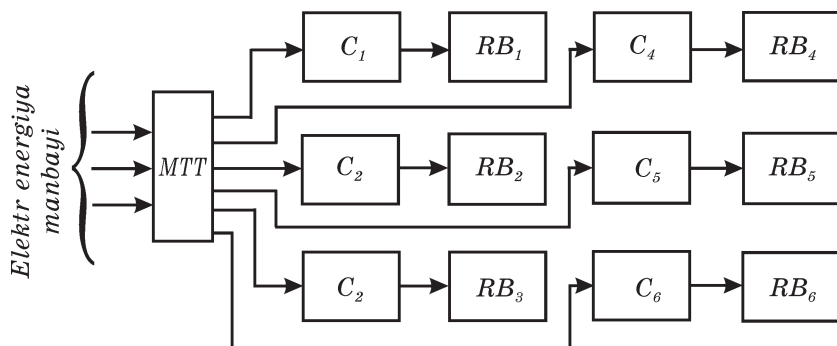
Markazlashtirilgan elektr manbada hamma kuchlanishlar markazlashtirilgan ikkilamchi elektr manbada (MIEM) ishlab chiqariladi va simlar orqali radio bloklarga (RB) beriladi.

Yakka tartibdagi elektr manbada (54-rasm) ikkilamchi elektr manba alohida o'zining ikkilamchi elektr manbayi bo'lib, markaziy taqsimlovchi qurilma (MTQ) orqali bog'lanadi.



54-rasm

Kombinatsiyalashgan elektr manbalarda ayrim qismlari markaziy ikkilamchi elektr manba orqali ishlasa, qolgan qismlari alohida ikkilamchi manbalardan ishlaydi (55-rasm).



55-rasm

Ya'ni MIEM yakka holdagi RB uchun umumiy ikkilamchi elektr manba bo'lib xizmat qilsa, yakka holdagi RB lar uchun alohida ikkilamchi elektr manba bo'lib xizmat qiladi. Kuchlanishni stabillash esa alohida stabilizator orqali amalga oshiriladi. O'zgaruvchan kuchlanishni transformatsiyalash va uni to'g'rilash markaziy transformatorli to'g'rilovchi blokda (MTTB) amalga oshiriladi.

Radiobloklarni markaziy elektr manba orqali ta'minlash qulay va tejamkor hisoblanadi, ammo elektr energiyaning taqsimlanishida, ayniqsa, kam kuchlanishli va ko'p tok istemol qiladigan yuklamalarda energiyaning isrofgarchiligi ko'p bo'ladi. Elektr manba yakka holda tuzilganda elektr energiya isrofgarchiligi kam bo'ladi.

#### **4.2. Elektr manba qurilmalarini ixchamlashtirishdagi asosiy yo'nalishlar**

Apparatlarning hajmini, og'irligini ixchamlashtirish hozirgi zamon texnikasining asosiy vazifasidir.

Ixchamlashganlikni baholash uchun elementlarning qay holatda joylashtirilishi baholanadi, ya'ni bir birlikdagi hajmga joylashgan elementlar soni aniqlanadi. Hozirda  $1 \text{ sm}^3$  da  $10^5$  element joylashtirilgan. Elektr manba energetika apparatlari tarkibiga kirgan bo'lib, energiya o'zgartiruvchi qurilma hisoblanadi. Shuning uchun qurilmani ixchamlashtirishning samaradorligini aniqlashda solishtirma quvvat  $P_{\text{sol}}$ , ( $\text{W}/\text{dm}^3$ ) dan foydalaniladi, ya'ni chiqishdagi quvvatning uning hajmiga nisbati yoki elektr manbaning egallagan hajmining butun radiosistemaning egallagan hajmiga nisbati bilan o'lchanadi.

Elektr manba ixchamlashtirilganda shunga aloqador bo'lgan kompleks muammolar hal qilinishi lozim, ya'ni energetik, struktura, konstruktiv-texnologik va sistemali metod muammolari hal qilinadi.

Energetik jihatdan ixchamlashtirish FIK ni oshirishga olib keladi.

Strukturali ixchamlashtirish qurilmani tashkil qiladigan bloklar iste'mol quvvatlarini kamaytirish va reaktiv elementlarning sonini kamaytirishga olib keladi.

«Qurilmani sistemali ixchamlashtirish» deyilganda avvalgi qaralgan ixchamlashtirish turlarini bir bo'lak holda bog'lab turib eng yaxshi sistema qabul qilinishi tushiniladi.

Tanlangan sistema integral texnologiya asosida, qobiqsiz yangi texnologiya asosida yaratilgan materiallarni ishlatib hosil qilingan yarimo'tkazgichli asboblarni qo'llab, zich kompanovkalar hosil qilinib va bu kompanovkalarda elektr maydon mutannosibligini hisobga olgan holda ishlab chiqiladi.

## Elektr manbaning ishonchliligi, reversi va nosozligi

«Qurilmaning ishonchliligi» deb talab qilingan ishchi sharoitida o'zining ishchi holatini, xarakteristikasini va parametrlarini saqlab qolishga aytiladi. Bu holatdan chetga chiqish yoki bu holatni yo'qotish qurilmaning *ishdan chiqishi* yoki *buzilishi* deyiladi. Qurilmaning ishdan chiqishi birdaniga yoki sekin asta sodir bo'lishi mumkin.

Qurilmaning buzilishi behosdan sodir bo'ladi, buzilish vaqtini aniq aytib bo'lmaydi, faqatgina buzilishni ehtimol qilish mumkin.

Buzilmasdan ishlash ehtimoli –  $P(t)$  quyidagicha aniqlanadi.

$$P(t) = (N - h(t)) / N.$$

Bu yerda  $N$  – ekspluatatsiyadagi o'xshash qurilmalarning umumiy soni.

$h(t)$  –  $t$  vaqtdagi buzilgan qurilmalar soni.

Buzilishning tezligi  $\lambda$  orqali aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{dP(t)/dt}{P(t)} = \frac{\Delta n}{N \cdot \Delta t}.$$

Bu yerda  $\Delta n - \Delta t$  vaqtidagi buzilgan qurilmalar.

Ko'p hollarda  $\lambda$  vaqtga bog'liq emas.

Qurilmaning puxtaligini oshirish uchun quyidagi tadbirlarni amalga oshirish kerak:

- ishonchli komponentlarni tanlash;
- komponentlarni optimal ish holatida ishlatish;
- elementlarning ehtiyot qismlarini tayyorlab qo'yish;
- elementlarning ishdan chiqishi ehtimolini ma'lum sistemaga solish va bu holatni oldindan kutish.

### 4.3. Elektr manbani ortiqcha yuklamadan va qisqa tutashuvdan muhofazalash

Elektr manbaning puxtaligini va ishonchliligini oshirish uchun uni ortiqcha yuklamadan va qisqa tutashuvdan asrash kerak.

Muhofazalash yakka va umumiy holda bo'lishi mumkin.

Umumiy muhofazalash elektr manba zo'riqqanda o'rnatiladi.

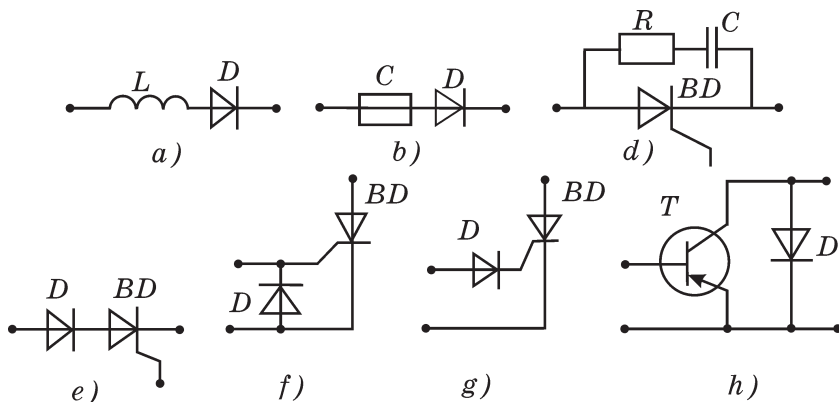
Yakka holda muhofazalash esa qurilma ayrim bloklarining zo'riqishini hisobga olib muhofaza qilinadi.

Sxemali muhofazalash metodida qo'shimcha sxema orqali elektr manba zo'riqishdan holi qilinadi va bu zo'riqish ayrim elementlarga og'irlik qilmaydi.

Zo'riqish paydo bo'lganda passiv metod yordamida elektr manba himoyalangani, ya'ni tok yoki kuchlanish pasaytiriladi yoki butunlay o'chiriladi.

Aktiv metod orqali elektr manba himoyalangani, zo'riqish paydo bo'lganda boshqa bir qurilma orqali zo'riqishning kamayishi boshqariladi. Bu zo'riqishlarga eng ta'sirchani yarimo'tkazgichli asboblardir.

56-rasmda yarimo'tkazgichli asboblarni muhofazalash variantlari keltirilgan.



56-rasm

Yarimo'tkazgichli diodlarni muhofazalashda unga ketma-ket induktivlik ulanadi (56-a rasm), ya'ni dioddan o'tayotgan tok mo'ljallangan qiymatdan oshganda chegaralanadi. Bu chegaralashni saqlagich orqali ham amalga oshirish mumkin (56-b rasm).

Tiristorli uch fazali to'g'rilagichlarda tiristor yakka holda saqlagich yordamida muhofazalangan  $RC$  – zanjir bilan ikkita diod boshqaruvchi elektrodni muhofazalaydi (56-d, e-rasm).

Tiristorlarning elektrodiga kelayotgan kuchlanishning manfiy bo'lishi va teskari tokning kelishi tiristor uchun havfli hisoblanadi, bu hodisadan saqlanish uchun tiristorning boshqaruvchi elektrodi bilan diod parallel (56-f rasm) yoki ketma-ket (56-g rasm) ulanadi.

Tiristorni emitter va kollektor orasidagi kuchlanishdan zo'riqishidan saqlash uchun bu oraliqqa parallel stabilitron ulanadi (56-h rasm), chunki stabilitron emitter va kollektor orasidagi kuchlanishni cheklaydi.

### **Elektr manbalarda xalaqitlardan muhofazalanish**

Elektr o'zgartirgich manba sifatida ishlatilishi bilan bir qatorda qolgan radio elementlarida ma'lum miqdorda xalaqit hosil qiladi. Xalaqitni kamaytirish uchun filtr ishlatiladi.

Yana bir havfli xalaqit struktura sxemasining o'zida hosil bo'ladigan xalaqit bo'lib, u «parazit (tekinxo'r) xalaqit» deyiladi.

Ikkita elektr zanjirning bir biriga yaqin joylanishi natijasida quyidagi parazit xalaqitlar hosil bo'ladi:

- elektr maydon orqali (sig'im orqali bog'langan);
- magnit maydon orqali (g'altak orqali bog'langanda);
- bog'lovchi sim orqali;
- elektromagnit maydon orqali.

Havoda elektr magnit maydon orqali elementlar orasida  $E$  kuchlanganlik hosil bo'ladi, elementlar orasida esa parazit sig'im  $C_{\text{par}}$  hosil bo'lishi parazit kuchlanishni hosil qiladi va quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{\text{bpar}} = U_A \frac{Z_V}{Z_V + \frac{1}{j\omega C_{\text{par}}}};$$

bu yerda:  $Z_V$  – qurilmaning qobig'i bilan element orasidagi umumiy qarshilik.

Parazit xalaqitlar qurilmaning yonidan o'tgan simlar ta'siri natijasida ham hosil bo'lishi mumkin.

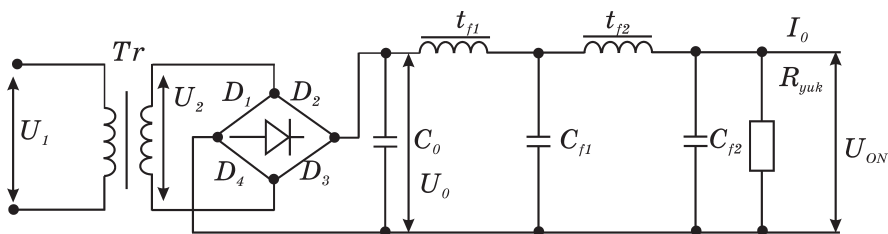
Bu xalaqitlarning oldini olish uchun parazit xalaqit hosil qiluvchi elementlar xalaqit hosil qiluvchi to'sqinlik qiladigan qobiq ichiga o'rnashtiriladi (ekran). Ekraning vazifasi elementlarning elektr, magnit maydonlar ta'sirini o'zidan tashqariga o'tkazmaydi. Bu ekran o'zida elektr tokini tez o'tkazuvchan bo'lib, u qurilmaning asos qobig'iga kavsharlangan bo'ladi.

Xalaqitlarni kamaytirishning yana bir yo‘li transformator va g‘altakning toroid shaklli o‘zaklaridan foydalanishdir hamda bog‘lovchi simlarni qisqartirish, yuqori kuchlanishli simlarni past kuchlanishli simlardan alohida qilib ajratish va mumkin qadar filtrlarni ko‘p ishlatish lozim. Surunkali xalaqitlar hosil qiladigan elektromexanik qurilmalarni (kollektor mashinalar, relelar va boshqalar) xalaqitlar hosil qiladigan ish jarayonlarida maxsus uchqunni yo‘qotuvchi zanjirlar orqali xalaqit minimumga keltiriladi.

#### 4.4. Ko‘priksimon ulangan to‘g‘rilagichni loyihalash

57-rasmda ko‘rsatilgan ko‘priksimon ulangan to‘g‘rilagichni analitik hisoblaymiz.

Berilgan: chiqishdagi nomnal kuchlanish  $U_{no}=33V$ ;



57-rasm

chiqishdagi tok  $I_0=500$  mA;

kirishdagi kuchlanish  $U_1=127$  V;

tarmoq chastotasi  $f_T=50$  Hz;

chiqishdagi pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_{P,chiq}=0,1\%$ .

**1. Diodning turini tanlash.** Diodning turini tanlash uchun teskari kuchlanish aniqlanadi:

$$U_{tesk.}=1,5 \cdot U_0=1,5 \cdot 40=60 \text{ V.}$$

$U_0$  quyidagicha aniqlanadi:

$$U_0=1,2 \cdot U_{no}=1,2 \cdot 33=40 \text{ V.}$$

Tokning o‘rtacha qiymati:

$$I_{o.r.}=0,5 \cdot I_0=0,5 \cdot 500=250 \text{ mA.}$$

Д7Б турдаги диод шартдаги qiymatlarni qoniqtiradi. Uning parametrlari quyidagicha:

$U_{\text{tesk.}}=100 \text{ V}; \quad I_{\text{o'r.}}=300 \text{ mA}; \quad R_1=2 \Omega$  (diodning ichki qarshiligi)

**2. Transformatorni hisoblash.** Transformatorning qarshiligi

$$R_{tr} = \frac{830U_0}{I_0^4 \sqrt{U_0 I_0}} = \frac{830 \cdot 40}{500^4 \sqrt{40 \cdot 500}} = 6 [\Omega].$$

Transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi kuchlanish:

$$U_2 = 0,75 \cdot U_0 + \frac{I_0(2R_1 + R_{tr})}{530} = 0,75 \cdot 40 + \frac{500(2 \cdot 2 + 6)}{530} = 39 \text{ V}.$$

Toklar:

$$I_2 = 1,41 \cdot I_0 + \frac{16,6 \cdot U_0}{2R_1 + R_{tr}} = 1,41 \cdot 500 + \frac{16,6 \cdot 40}{2 \cdot 2 + 6} = 770 \text{ mA},$$

$$I_1 = \frac{1,2 \cdot U_2 \cdot I_2}{U_1} = \frac{1,2 \cdot 39 \cdot 770}{127} = 284 \text{ mA}.$$

Transformatorning gabarit quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$P_g = \frac{1,7 \cdot U_2 \cdot I_2}{1000} = \frac{1,7 \cdot 39 \cdot 770}{1000} = 51 \cdot (B \cdot A) W \cdot A.$$

Transformator chulg'amlari egallaydigan hajm transformator o'zagi yuzasini  $Q_e$  transformator o'zagi egallaydigan sath ko'paytmasi  $Q_0$  ga tengdir. Transformator o'zagiga o'raladigan simlarning turi  $P_g$  bilan quyidagi bog'lanishda bo'ladi:

$Q_C \cdot Q_0 = 1,6 \cdot P_g$	ПЭЛ markali sim;
$Q_C \cdot Q_0 = 2,0 \cdot P_{g0}$	ПЭШО markali sim;
$Q_C \cdot Q_0 = 2,4 \cdot P_g$	ПШД markali sim.

Bu misol uchun ПЭЛ markali sim tanlaymiz.

Bunda quyidagini olamiz:

$$Q_C \cdot Q_0 = 1,6 \cdot P_g = 1,6 \cdot 51 = 82 \text{ sm}^4.$$

1-jadvaldan transformator uchun  $Q_c \cdot Q_0$  ning kattaligiga mos keladigan III-shakli plastinadan III-25 turli tanlaymiz.

Plastina- ning turi	O'lchamlari				Chegarasi $Q_c \cdot Q_0$ , sm <sup>4</sup>
	O'rta o'zakning kengligi a, sm	chulg'amlar egallaydi- gan ochiq sath b, sm	Ochiq sathning balandligi h, sm	Ochiq yuzaning sathi $Q=b \cdot h$	
III-10	1	0,5	1,5	0,75	0,75 – 1,5
III-10	1	0,65	1,8	1,17	1,17 – 2,34
III-10	1	1,2	3,6	4,32	4,32 – 8,64
III-12	1,2	0,6	1,8	1,08	1,56 – 3,12
VIII-12	1,2	0,8	2,2	1,76	2,53 – 5,06
III-12	1,2	1,6	4,8	7,68	11,1 – 22,2
III-14	1,4	0,7	2,1	1,47	2,88 – 5,76
III-14	1,4	0,9	2,5	2,25	4,41 – 8,82
III-15	1,5	1,35	2,7	3,65	8,21 – 16,4
III-16	1,6	0,8	2,4	1,92	4,91 – 9,82
VIII-16	1,6	1	2,8	2,8	7,17 – 14,3
III-18	1,8	0,9	2,7	2,43	7,87 – 15,7
III-19	1,9	1,2	3,35	4,02	14,5 – 29
III-20	2	1	3	3	12 – 24
III-20	2	1,7	4,7	7,99	32 – 64
VIII-22	2,2	1,4	3,9	5,46	26,4 – 52,8
III-25	2,5	2,5	6	15	93,7 – 180,7
III-25	2,5	3,15	5,8	18,3	114 – 228
III-28	2,8	1,4	4,2	5,88	46,5 – 93
VIII-30	3	1,9	5,3	10,1	91 – 182
III-32	3,2	3,6	7,2	25,9	265 – 530
VIII-35	3,5	2,2	6,15	13,5	165 – 330
VIII-35	4	2,6	7,2	18,7	300 – 600

Bunda  $Q_0=15 \text{ sm}^2$ , o'rta o'zakning kengligi  $a=2,5 \text{ sm}$ , ochiq sathning balandligi  $h=6 \text{ sm}$  va ochiq sathning yuzasi  $b=2,5 \text{ sm}$ .

Bundan quyidagini olamiz:

Transformator temir o'zagining egallagan hajmi:

$$Q_C = \frac{Q_C \cdot Q_0}{Q_0} = \frac{82}{15} = 5,5 \text{ sm}^2.$$

Plastinalar birlashmasining kengligi:

$$C = \frac{Q_C}{a} = \frac{5,5}{2,5} = 2,75 \text{ sm}.$$

$\frac{C}{a} = \frac{2,75}{2,5} = 1,1$ , bu kattalikning 1–2 orasida bo'lishi shart, aks holda boshqa plastina tanlanadi.

Transformatorning birinchi va ikkinchi chulg'amlarining soni –  $W$  va diametr –  $d$  aniqlanadi:

$$W_1 = \frac{48 \cdot U_1}{Q_C} = \frac{48 \cdot 127}{5,5} = 1100 \text{ o'ram},$$

$$W_2 = \frac{54 \cdot U_2}{Q_C} = \frac{54 \cdot 39}{5,5} = 380 \text{ o'ram},$$

$$d_1 = 0,02\sqrt{I_1} = 0,02\sqrt{284} = 0,34 \text{ mm} (0,35 \text{ mm}),$$

$$d_2 = 0,02\sqrt{I_2} = 0,02\sqrt{770} = 0,56 \text{ mm} (0,56 \text{ mm}).$$

**3. Filtrni hisoblash.** Filtrning kirishidagi sig'im kattaligi:

$$C_0 = \frac{30 I_0}{U_0} = \frac{30 \cdot 500}{40} = 380 \text{ } \mu\text{F}$$

Filtrning kirishidagi to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiya koeffitsiyenti:

$$K_{\text{pkir}} = \frac{300 \cdot 500}{40 \cdot 400} = 9,5\%.$$

Filtrning tekislash ko'effitsiyenti:

$$q = \frac{K_{\text{p kir}}}{K_{\text{p kir}}} = \frac{9,5}{0,1} = 95.$$

Bu misolda  $q > 25$  va  $I_0 > 20$  mA bo'lganligi uchun ikki bo'limli LC filtr ishlatamiz. Filtr bitta bo'limining tekislash ko'effitsiyenti:

$$q_3 = \sqrt{q} = \sqrt{95} = 9,8.$$

$Q_3$  orqali  $L_f C_f$  ko'paytmani topamiz:

$$L_f C_f = 2,5(q_3 + 1) = 2,5(9,8 + 1) = 26,5 \mu\text{F}.$$

$C_f$  sig'imni shunday tanlaymizki, filtrdagi induktivlik  $5 \div 10$  G dan oshmasligi kerak. Shuning uchun  $C_f = 30 \mu\text{F}$ , bunda

$$L_f = \frac{L_f C_f}{C_f} = \frac{26,5}{25} = 1,1 \text{ g}.$$

Induktivlik g'altagidagi o'zakka o'ralgan chulg'amlar orasidagi bo'shliqni  $l = 1 \text{ mm}$  desak, o'zakning ko'ndalang kesimidagi sath  $Q_s$ , chulg'amning o'ramlar soni  $W$ , simning diametri  $d$  topiladi:

$$Q_s = \frac{L_f I_0^2}{2 \cdot 10^4 \cdot l} = \frac{1,1 \cdot 500^2}{2 \cdot 10^4 \cdot 1} = 14 \text{ sm}^2;$$

$$W = \frac{4 \cdot 10^5 l}{I_0} = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 1}{500} = 800 \text{ o'ram};$$

$$d = 0,02 \sqrt{I_0} = 0,02 \sqrt{500} = 0,45 \text{ mm} (0,45 \text{ mm}).$$

Chulg'amning ko'ndalang kesimi:

$$Q_w = \frac{W d^2}{100} = \frac{800 \cdot 0,45^2}{100} \approx 2 \text{ sm}^2.$$

$Q_c \cdot Q_w = 14 \cdot 2 = 28 \text{ sm}^4$  ko'paytmasi orqali 1-jadvaldan III19 turdagi plastinani tanlaymiz. Ochiq yuzaning sathi  $Q_0 = 4,02 \text{ sm}^2$ . Tanlangan plastina uchun  $a = 1,9$ ,  $b = 1,2 \text{ sm}$ .

Yuklamadagi to'g'rilangan kuchlanishni tekshirish uchun chulg'amning o'rtacha uzunligi  $l_w$ , chulg'am qarshiligi  $R_w$ .

$$l_w = \pi(a + b) = 3,14(1,9 + 1,2) = 9,7 \text{ sm},$$

$$R_w = \frac{2 \cdot W \cdot l_w}{10^4 d^2} = \frac{2 \cdot 800 \cdot 9,7}{10^4 \cdot 0,5^2} = 6,50 \Omega.$$

Ikkita bo'limli filtrdagi kuchlanishning pasayishi:

$$U_f = 2 \cdot R_w \cdot I_0 = 2 \cdot 6,5 \cdot 0,5 = 6,5 \text{ V}.$$

Yuklamadagi kuchlanish esa:

$$U_{NO} = U_0 - U_f = 40 - 6,5 = 33,5 \text{ V}.$$

---

## Adabiyotlar

1. **О. В. Алексеев, В. Е. Китаев, А. Я. Шихин.** «Электротехнические устройства». Под. общей редакцией проф. А. Я. Шихина. М., «Энергоиздат», 1981г. – 335 стр.

2. **В. К. Битюков, В. И. Нефдов** «Электропрообразовательные устройства радиоэлектронных средств». Методические указания. М., 1996 г. Московский государственный институт радиотехника, электроника и автоматика.

3. **Ю. С. Забродин.** «Промышленная электроника». М., «Высшая школа», 1982 г. – 495 стр.

4. **А. И. Иванов – Цыганов.** «Электротехнические устройства радиосистем». М., «Высшая школа», 1984 г. – 280 стр.

5. **В. И. Нефдов, В. К. Битюков.** «Преобразовательная техника в радиоэлектронике». М., 1998 г. Московский государственный институт радиотехника, электроника и автоматика.

6. **Л. Н. Бочеров, С. К. Жеребрыков, И. Ф. Колесников.** Расчет электронных устройств на транзисторах. М., «Энергия». 1978 г. – 206 стр.

7. Ruscha – o‘zbekcha politexnika lug‘ati (elektrotexnika va energetika), texnika f.dok., prof. A. S. Karimov tahriri ostida. T., 1990-yil. ToshDTU.

8. **В. К. Битюков.** «Источники вторичного электропитания радиоэлектронной аппаратуры». М., 1987 г. Московский государственный институт радиотехника, электроника и автоматика.

9. «Интегральные микросхемы зарубежной бытовой видеоаппаратуры». Справочное пособие. Лань Виктория. Санкт-Петербург. 1995г. – 269 стр.

10. **Герман Шрайбер.** 300 схем источников питания. Серия: В помощь радиолюбителя. ISBN: 5-93700-16-1. 2000 г. – 200с.

11. **С. М. Янковский.** Импульсные источники питания телевизоров, 2-е издания «Наука и техника» Серия: «Телемастер» ISBN: 5-94387-166-7. 2005г. – 352с.

12. **В. Першин.** «Расчет выпрямителя источника питания» «Радио» жур. 10, 2004 г.

---

---

## МУНДАРИЖА

So‘zboshi .....	3
Kirish .....	5

### I bob. Elektr manba turlari

1.1. Fanning tarkibi, mazmuni va elektr manbaning tuzilish prinsipi .....	6
1.2. O‘zgarmas kuchlanish manbalari. To‘g‘rilagichning turlari va tasnifi .....	9
1.3. Bitta yarim davrli to‘g‘rilagich .....	13
1.4. Nol chiqishli ikki yarim davrli bir fazali to‘g‘rilagich .....	16
1.5. To‘g‘rilagichning aktiv-induktiv yuklamaga ishlashi .....	18
1.6. Aktiv-sig‘im yuklamali to‘g‘rilagich .....	21
1.7. Bir fazali ko‘priksimon to‘g‘rilagich .....	24
1.8. Kuchlanishini oshiruvchi to‘g‘rilagichlar .....	27
1.9. Silliqlovchi filtrlar.....	31
1.10. Kuchlanishni siljituvchi qurilmalar va boshqaruvchi to‘g‘rilagichlar .....	38

### II bob. O‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok o‘zgartirgichlari

2.1. O‘zgarmas tokni o‘zgaruvchan tokka aylantiruvchi qurilma (inverter) .....	49
2.2. Chastota o‘zgartirgichlar .....	55
2.3. O‘zgarmas tok o‘zgartirgichlari (konvertorlar) .....	57

### III bob. Kuchlanish stabilizatorlari

3.1. Parametrlri o‘zgarmas kuchlanish stibilizatorlari .....	61
3.2. Kompensatsion stabilizatorlar .....	64
3.3. Impulslı manbalar .....	66

### IV bob. Elektr manbalarni loyihalash va muhofazalashga doir masalalar

4.1. Radiosistemalardagi elektr manbaning struktura sxemasi .....	73
---	----

4.2. Elektr manba qurilmalarini ixchamlashtirishdagi asosiy yo'nalishlar .....	75
4.3. Elektr manbani ortiqcha yuklamadan va qisqa tutashuvdan muhofazalash .....	76
4.4. Ko'priksimon ulangan to'g'rilagichni loyihalash .....	79
Adabiyotlar .....	85

*O'quv adabiyoti*

**SHAVKAT AHMADJONOVICH MAVLONOV**

**MAISHIY XIZMAT MASHINALARI  
VA JIHOZLARINI ELEKTR ENERGIYA BILAN  
TA'MINLOVCHI IKKILAMCHI ELEKTR  
ENERGIYA MANBALARI**

*Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma*

Toshkent – «Yangi nashr» – 2007

Muharrir N. Goipov  
Texnik muharrir T. Smirnova  
Musahhih F. Komilova  
Kompyutyerda sahifalovchi Sh. Hasanov

Original maketdan bosishga ruhsat etildi 03.09.2007y. Bichimi  $60 \times 90^{1/16}$ .  
Kegli 11,5. SchoolBook garniturası. Shartli bosma tabog'i 5,5.  
Nashr tabog'i 5,8. 2450 nusxada bosildi. Buyurtma №235.  
Bahosi shartnoma asosida.

«Yangi nashr» MChJ nashriyoti, Toshkent, Jar-ariq 15/108.

«Polipaper» MChJ QK bosmaxonasida bosildi.  
Toshkent, J. Obidova ko'chasi, 160-uy.