

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA  
O RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI**

**M.S.Sapayev**

**F.M.Qodirov**

**INFOKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI  
ELEKTR TA’MINOTI**

Oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik

Toshkent 2023

**Taqrizchilar:**

E.O'ljayev

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti professori, texnika fanlari doktori

B.N.Raximov

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti professori, texnika fanlari doktori

Darslik kompyuter va telekommunikatsiya tizimlarining elektr ta'minot qurilmalariga bag'ishlangan bo'lib, ta'minot manbalari haqida umumiyl tushunchalar, chiziqli va impulsi ta'minot manbalari, ta'minot manbalarini himoyalash masalalari, kimyoviy tok manbalari va akkumulyatorlarni zaryadlash usullari va qurilmalarining sxemotexnikasi, elektr mashinalari, kuchlanish stabilizatorlari va ularni himoyalash, kuchlanish o'zgartirgichlar, invertorlar, tiristorli to'g'rilaqichlar, dizel generatorlar, elektr ta'minoti manbalarining energiya tizimi bilan elektromagnit moslashuvchanligi, uzlusiz va kafolatlangan elektr ta'minoti kabi ma'lumotlarni o'z ichiga qamrab oladi.

**INFOKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI ELEKTR  
TA'MINOTI**

Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik

## MUQADDIMA

Axborot texnologiyalari va telekomunikatsiya texnologiyalarini mavqei hozirgi zamonda tobora ortib bormoqda. Aloqa va axborot uzatish vositalarining rivojlanishi, axborotni raqamli qayta ishlash usullarining keng qo'llanilishi, uzatilayotgan va qayta ishlanayotgan axborot hajmining oshib borishi axborot texnologiyalari va telekommunikatsiyalar (infokom) vositalarining elektr ta'minoti sifati va ishonligiga qat'iy talablar qo'yemoqda. Keyingi o'n yilliklarda internet, sotali aloqa, mobil yo'l doshli aloqa, raqamli televedenie, yuqori tezlikka ega bo'lgan jarayon (protess) lar kabi yangi yo'nalishlar paydo bo'ldi va rivojlandi. Uzluksiz ishlaydigan aloqa liniyalari turlari oshdi.

Axborot texnologiyalari va kommunikatsiya qurilmalarining ish holatini ta'minlab turuvchi omillardan biri ularni uzluksiz elektr energiya bilan ta'minlashdir. Energiya ta'minoti yoqolishi yoki elektr energiyasi parametirlarining mumkun bo'lgan qiymatlardan og'ishi vaqtincha axborot uzatishni to'xtatishi va hatto qurilmani ishdan chiqarishi mumkun. AKT ning asboblari, qurilmalari va jihozlari keng diapazondagi quvvat kuchlanishli o'zgarmas va o'zgaruvchan elektr energiyani iste'mol qiladi. Iste'mol qilinayotgan quvvat bir necha vattdan (bluetooth raqamli uzatgich standartlari qurilmalari) bir necha kilovattgacha (quvvatli radiouzatgichlar), iste'mol qilinayotgan kuchlanish esa bir necha voltdan kilovoltgacha bo'lishi mumkun.

Kompyuter va telekommunikatsiya tizimlari korxonalari elektr ta'minoti tarqoqlangan elektr tarmog'i va elektr energiyani bir necha marotaba o'zgartirish talab qiladi.

Elektr ta'minoti manbalari aloqa apparaturalarini sifatli va ishonchli elektr energiyasi bilan ta'minlaydigan elektr energiyasi o'zgartirgichlarining turli qurilmalarini o'ziga birlashtiradi. Kompyuter tizimlari, o'lchov asboblari, telekommunikatsiya qurilmalari va tizimlarining tarkibiy qismi hisoblangan elektr ta'minoti manbalari (ETM) ularning ishslash ishonchlilagini, materiallar sarfini va boshqa qator texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini belgilaydi. Yirik telekommunikatsiya tizimlari elektr ta'minoti qurilmalarining harajatlari ulushi umumiy harajatlarning 40 foizlariga yetadi, bundan tashqari, telekommunikatsiya qurilmalarining hajmi va massasi ham ETMlar ko'rsatkichlari orqali aniqlanadi. Telekommunikatsiya qurilmalari tomonidan ETMlarga qo'yiladigan talablar uzluksiz ortib bormoqda.

Telekommunikatsiya qurilmalari o‘zgaruvchan tok energiyasi bilan bir qatorda o‘zgarmas tok energiyasini ham iste’mol qiladi. Radiotexnik qurilmalarning ko‘p qismi esa asosan o‘zgarmas tok energiyasini iste’mol qiladi. Turli qiymatlardagi (nominallardagi) o‘zgarmas tok kuchlanishini olish uchun o‘zgaruvchan tok asosan to‘g‘rilash qurilmalari yordamida to‘g‘rulanadi. ETMlar keng quvvatlar diapazonlarida imkonli boricha yuqori foydali ish koeffitsiyentiga va to‘g‘rilangan kuchlanishning kichik pulsatsiyasiga ega bo‘lishi, turli ish rejimlarida kuchlanishning yuqori stabilligini ta’minlashi kerak. Shuning uchun ETMlar tarkibiga asosan, to‘g‘rilagichlar bilan birga, silliqlovchi filtrlar, ma’lum darajadagi aniqliqdagi chiqish kuchlanishlari va toklarini stabilligini ta’minlaydigan stabilizatorlar va zarur chegaralarda chiqish kuchlanishlari va toklarini o‘zgartirishni ta’minlaydigan o‘zgartirgichlar kiradi.

Axborot texnologiyalari va kafolatlangan telekommunikatsiya qurilmalarini uzluksiz elektr energiyasi bilan ta’minlashda (asosiy tarmoqdan zahira tarmoqqa o‘tishda) elektr akkumulyatorlar keng qo‘llaniladi. Bu holda turli nominallardagi kuchlanishlar yuqori o‘zgartirish chastotali o‘zgartirgichlar yordamida olinadi. Kafolatlangan ETM larda esa dizel generatorlar keng qo‘llaniladi. ETM larda yuqori quvvatli maydoniy tranzistorlar, integral mikrosxemalarning joriy etilishi esa elektr ta’minoti manbalarining iste’mol quvvati, hajmi va massasining keskin kamayishigi olib kelmoqda.

Telekommunikatsiya qurilmalarining elektr ta’minoti murakkabligi kuch elektronikasi elementlari bazasi va komponentlarining taraqqiyoti bilan belgilanadi. Bundan tashqari, zamonaviy elementlar bazasini qo‘llanilishining o‘ziga xos xususiyatlari yangi sxemotexnik yechimlar asosida yanada sifatli qurilmalarning yaratilishi imkoniyatini bermoqda.

Yuqorida keltirilganlardan ko‘rinib turibdiki, elektr ta’minotining turli ko‘rinishlardagi masalalari mutaxassislardan kuch elektronikasi asoslari va zamonaviy ETMlar tuzilishi haqida chuqur bilimga hamda qo‘yilgan talablar asosida ta’minot qurilmasini tanlash malakasiga ega bo‘lishlikni talab qiladi.

Xozirgi kunda elektron jihozlar bozorida tayyor funksional bloklar chiqarishga harakat qilinmoqda. Shu sababli ko‘p hollarda yangi qurilma uchun elektr ta’minoti manbaini ishlab chiqishga ehtiyoj qolmadi. Ishlab chiqarilayotgan standart ta’minot manbalar nomenklaturasi ehtiyojni

to‘la qoplaydi. Shu bilan birga mutaxassis energiya manbaini savodli tanlashi uchun tayyor elektr ta’minot manbalarini ularning parametirlarini, xususiytlarini, ishlatilishi va ish tamoyillarini yaxshi bilishi kerak.

Elektr energiyani ishlab chiqish va qayta ishlash masalalari bilan elektrotexnika, kuch va o‘zgartirish elektronikasi, ekektr liniyalari, kimyoviy tok manbalari nazariyasi nazariyasi, qayta tiklanuvchan elektr energiya manbalari kabi fanning qator sohalari shug‘ullanadi. Hajm jihatdan cheklangan nashrda barcha zarur bilimlarni berib bo‘lmaydi. Shu sababli mualliflar ushbu darslikni yozishdi. Maqsad qilib elektr energiya ishlab chiqarish va o‘zgartirish sohasida ishlarning umumiy holatini yoritish, elektr ta’minot sohasidagi qurilmalar ishlashining fundamental tamoyillarini ochib berish, o‘quvchini elektroenergetika va o‘zgartirish texnikasi sohasidagi maxsus adabyotlarni o‘rganishga tayyorlashni maqsad etib qo‘yishdi.

Mualliflar ushbu darslikni yozish jarayonida o‘zlarining fikr-mulohazalari bilan yaqindan yordam bergan hamkasblariga chuqur minnatdorchiliklarini izhor etadilar. Darslikni sifatini yaxshilashga va mazmunini boyitishga qaratilgan barcha takliflarni mualliflar mammuniyat bilan qabul qiladilar.

Mualliflar

## 1.1. Elektr energiyasi manbalari<sup>1</sup>

Elektr energiya manbalari birlamchi (BETM) va ikkilamchi elektr ta'minoti manbalariga (IETM) bo'linadi.

BETMlarga har xil turdag'i energiyalarni (mexanik, issiqlik, kimyoviy, quyosh va h.k.) bevosita elektr energiyasiga aylantiruvchi o'zgartirgichlar kiradi, ya'ni kimyoviy tok manbalari (galvanik elementlar, batareya va akkumulyatorlar), termobatareyalar, termoelektron o'zgartirgichlar, fotoelektrik o'zgartirgichlar (quyosh batareyalari), issiqlik elementlari, biokimyoviy tok manbalari, atom elementlari, elektr mashina generatorlari va h.k.

*Kimyoviy tok manbalari* mustaqil elektr ta'minotni talab etadigan kam quvvatli qurilmalar va apparatlarni elektr manba bilan ta'minlashda keng ishlatiladi. O'zgaruvchi tok tarmog'i orqali ishlovchi qurilmalarda batareya va akkumulyatorlar zaxirada turuvchi elektr energiya manbalari hisoblanadi. Bunday manbalarning chiqishidagi kuchlanish tarkibida o'zgaruvchan tashkil etuvchi (pulsatsiya) bo'lmaydi, ammo chiqish kuchlanishi yuklamaga berilayotgan tok qiymatiga va razryadlanish darajasiga bog'liq bo'ladi. Kuchlanish ta'minoti kritik (keskin o'zgarishi mumkin) bo'lgan qurilmalarda kimyoviy tok manbalari kuchlanish stabilizatorlari bilan birgalikda ishlatiladi.

*Termobatareya*, bu qurilma ketma-ket ulangan termojuftlikdan iborat bo'lib, kam quvvatli yuklamalarni elektr energiyasi bilan ta'minlashda ishlatiladi, masalan: radio qabul qilgichni elektr energiyasi manbai bilan ta'minlashda. *Termogenerator qurilmasi* quyidagicha ishlaydi. Termojuft plastinkaning uchlari kavsharlangan bo'lib, bir tamoni qizdiriladi, ikkinchi uchida juda past harorat (temperatura) hosil qilinadi. Buning natijasida termo elektr yurituvchi kuch (EYuK) hosil bo'ladi. Natijada termojuftlikka sim orqali ulangan yuklamadan elektr toki oqib o'tadi. Har bir termojuftlik har xil turdag'i yarimo'tkazgichli plastinkadan yoki o'tkazgich va yarimo'tkazgichli plastinkadan tuzilgan bo'ladi. Metaldan tuzilgan termojuftlik plastinka uchlaridagi haroratning farqi kam bo'lganligi uchun elektr yurituvchi kuch ham kamroq bo'ladi, buning natijasida tok ham kam oqadi. Eng yaxshi natija ikkala

---

<sup>1</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

termojuftlik plastinkalari yarimo‘tkazgichli materialdan yoki o‘tkazgich va yarimo‘tkazgichdan tuzilganda olinadi. Yarimo‘tkazgichli termojuftlikdan tuzilgan termogenerator batareyasini termojuftliklarini bir uchlarini qizdirilganda asosiy zaryad tashuvchilari kavak bo‘lgan  $p$ -tipli va asosiy zaryad tashuvchilari elektron bo‘lgan  $n$ -tipli plastinkalarda ko‘payadi. Diffuziya natijasida harorati yuqori bo‘lgan uchidan harorati past bo‘lgan tomonga kovaklar va elektronlar harakat qiladi. Bu harakat natijasida kovaklar harakat qilgan plastinkaning xarorati yuqori uchi manfiy zaryadlanadi, sovuq uchi esa musbat zaryadlanadi. Yarimo‘tkazgichli  $n$  tayoqchani harorati yuqori bo‘lgan tomoni musbat zaryadlanadi. Termo elektr yurituvchi kuch yarimo‘tkazgichli termojuftlikda ko‘proq hosil bo‘ladi.

*Termoelektron o‘zgartirgichlar*, bu qurilmalar vakuumli yoki gaz to‘ldirilgan asbob bo‘lib, ularda qattiq materialdan tayyorlangan qizuvchi katod bo‘ladi, issiqlik energiyasini elektr energiyasiga aylanishi katodning qizish natijasida elektron emissiya hosil bo‘lishi hisobiga bo‘ladi. Emissiya natijasida katoddan chiqqan elektronlar anodga etib borib, haroratining farqi hisobiga tok hosil qiladi. Buning uchun anodni doimiy sovitib turiladi. Katodni qizish haroratiga nisbatan past haroratlari ( $1200\div1600^{\circ}\text{C}$ ) va o‘rta haroratlari ( $1900\div2000^{\circ}\text{C}$ ) termo o‘zgartirgichlarga bo‘linadi. O‘rta haroratlari o‘zgartirgichlarda foydali ish koeffitsiyenti 20% ga etadi. Termobatareyaning foydali ish koeffitsiyenti bundan pastroq bo‘ladi.

*Fotoelektrik o‘zgartirgichlar*, bu qurilmalarda quyosh nurining issiqlik va yorug‘lik energiyasi elektr energiyasiga aylanadi. Fotoelementlarning bir nechtasini muayyan (ma’lum) tarzda ulab quyosh batareyasi hosil qilinadi. Bunday qurilmalar kam quvvatli elektron asboblarni elektr energiya manbai bilan ta’minlashda ishlataladi, ya’ni radioapparaturalarda, Yer suniy yo‘ldoshlarining radiotexnik va telemetrik apparatlarida va avtomatlashtirilgan planetalararo stansiyalarda ishlataladi. Quyosh batareyalari sodda, xizmat qilish muddati yuqori va harorat o‘zgarishining keng diapazonida ishlaydi.

*Issiqlik (yoqilg‘i) elementlari*. Issiqlik (yoqilg‘i) elementlari kimyoviy reaksiya energiyasini bevosita elektr energiyasiga aylantiradi. Bunday elementlarning ishlashi xuddi yoqilg‘ini yonish reaksiyasiga o‘xshab moddaning (yoqilg‘ining) oksidlanishiga asoslangan. Bunday qurilmalarda yoqilg‘ining yonishidan farqli ravishda yoqilg‘ining oksidlanish va kislороднинг hosil bo‘lishi boshqa-boshqa elektrodlarda

hosil bo‘ladi. Shuning uchun bunday energiya boshqa turdag'i energiyaga o‘zgartiruvchi oraliq o‘zgartirgichlardan foydalanmasdan, bevosita yuklamada ajratiladi. Shuning uchun bunday qurilmalarning foydali ish koeffitsiyenti katta. Yoqilg‘i elementlarida qattiq, suyuq yoki gaz holatida elektrodga uzluksiz kelib turadigan aktiv moddalarning o‘zaro ta’siri natijasida kimyoviy reaksiyasi amalga oshadi.

*Biokimyoviy tok manbai.* Biokimyoviy tok manbaini yoqilg‘i elementlarining bir turi sifatida qarash mumkin, chunki ularda ham oksidlanish-qayta tiklanish jarayonlariga o‘xhash jarayonlar yuz beradi. Biokimyoviy elementlarning yoqilg‘i elementlaridan farqi shundaki, aktiv moddalar (yoki ulardan biri) turli uglerod va uglevodlarning fermentlari yoki bakteriyalari yordamida hosil qilinadi.

*Atom elementlari.* Atom elementlari kichik quvvatli qurilmalarning ta’midotida qo‘llaniladi. Bunday ta’mot manbalarining tuzilishi ularning ishlash prinsipiga bog‘liq holda turlicha bo‘ladi.  $\beta$ -nurlanish qo‘llaniladigan elementlar ichki elektrodida stronsiy 90 (kimyoviy element, engil metall) ning radioaktiv izotopi joylashtiriladi. Metall qobiq ikkinchi elektrod hisoblanadi. Elektrodlar orasida qattiq dielektrik yoki vakuum bo‘ladi.  $\beta$ -nurlanish ta’sirida elektrodlarda zaryad hosil qilinadi. Bunday elementlardagi kuchlanish bir nechta kilovoltga etishi mumkin, ichki qarshilik juda katta ( $10^{13}$ Om atrofida). Razryad toki bir milliamperdan oshmaydi. Bunday elementlarning afzalligi juda katta xizmat muddati hisoblanadi. Nurlanuvchi yarim o‘tkazgichli elementlarda radioaktiv modda yarim o‘tkazgich (kreminiy) yuzasiga surtiladi. Nurlanayotgan elektronlar katta tezlikka ega bo‘lib, yarim o‘tkazgich atomidan ko‘p sonli elektronlarni urib chiqaradi. Yarim o‘tkazgich va unga payvandlangan kollektor orasida bir tomonlama o‘tkazish natijasida qiymati bir nechta o‘ndan bir voltga teng bo‘lgan EYuK yuzaga keladi. Bunday elementlarning ichki qarshiligi 100-1000Om ni tashkil qiladi, FIK ber necha foizlarga etishi mumkin. Kamchiligi radiatsiya ta’sirida yarim o‘tkazgichning buzilishi sababli kichik xizmat ko‘rsatish muddatidir.

*Elektr mashina generatorlari.* Bu turdag'i qurilmalar mexanik energiyani elektr energiyasiga aylantiradi. Ular o‘zgaruvchan tok ishlab chiqaruvchi va o‘zgarmas tok ishlab chiqaruvchi elektromashina generatorlariga bo‘linadi. O‘zgaruvchan tok mashinalari bir fazali va ko‘p fazali bo‘lishi mumkin. Ishlashi aylanuvchi magnit maydonidan foydalanishga asoslangan uch fazali sinxron va asinxron generatorlar

nisbatan keng qo'llanilishga erishgan. Sinxron mashinalarda energiyani o'zgartirish jarayoni sinxron chastotada amalga oshiriladi, ya'ni rotorning aylanish chastotasi magnit maydonning aylanish chastotasiga teng bo'ladi. Asinxron mashinalarda energiyani o'zgartirish jarayoni asinxron chastotada amalga oshiriladi, ya'ni rotorning aylanish chastotasi magnit maydonning aylanish chastotasiga teng bo'lmaydi.

IETMlarga bir turdag'i elektr energiyani ikkinchi turdag'i elektr energiyasiga aylantirib beruvchi o'zgartirgichlar (transformatorlar, to'g'rilaqichlar, stabilizatorlar va h.k.) kiradi. Ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari tarmoq zanjirining turi (bir va uch fazali o'zgaruvchan tokda va mustaqil o'zgarmas tokda ishlaydigan ta'minot manbai), yuklamadagi kuchlanish (past - 100V gacha, o'rta - 100 V dan 1000V gacha, va yuqori - 1000V dan yuqori kuchlanishli ta'minot manbai) yuklama quvvati (past - 100Vt gacha, o'rta - 100 Vt dan 1000Vt gacha, va yuqori - 1000Vt dan yuqori quvvatli ta'minot manbai), yuklamadagi tok turi (chiqish toki o'zgaruvchanva o'zgarmas ta'minot manbai), chiqishlar soni (bir kanalli ta'minot manbai - o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tokli bitta chiqishga ega, ko'p kanalli ta'minot manbai - ikki va undan ko'p chiqish kuchlanishiga ega), yuklama kuchlanishining stabilligi (stabillashtirilgan va stabillashtirilmagan ta'minot manbai) parametrлari bo'yicha turlarga ajratiladi.

## **1.2. Qayta tiklanadigan va tiklanmaydigan energiya manbalari<sup>2</sup>**

Energiya manbai – ma'lum turdag'i energiyani chiqaruvchi yoki uning zaxira potensialidagi imkoniyatini o'zgartiruvchi ob'yektdir.

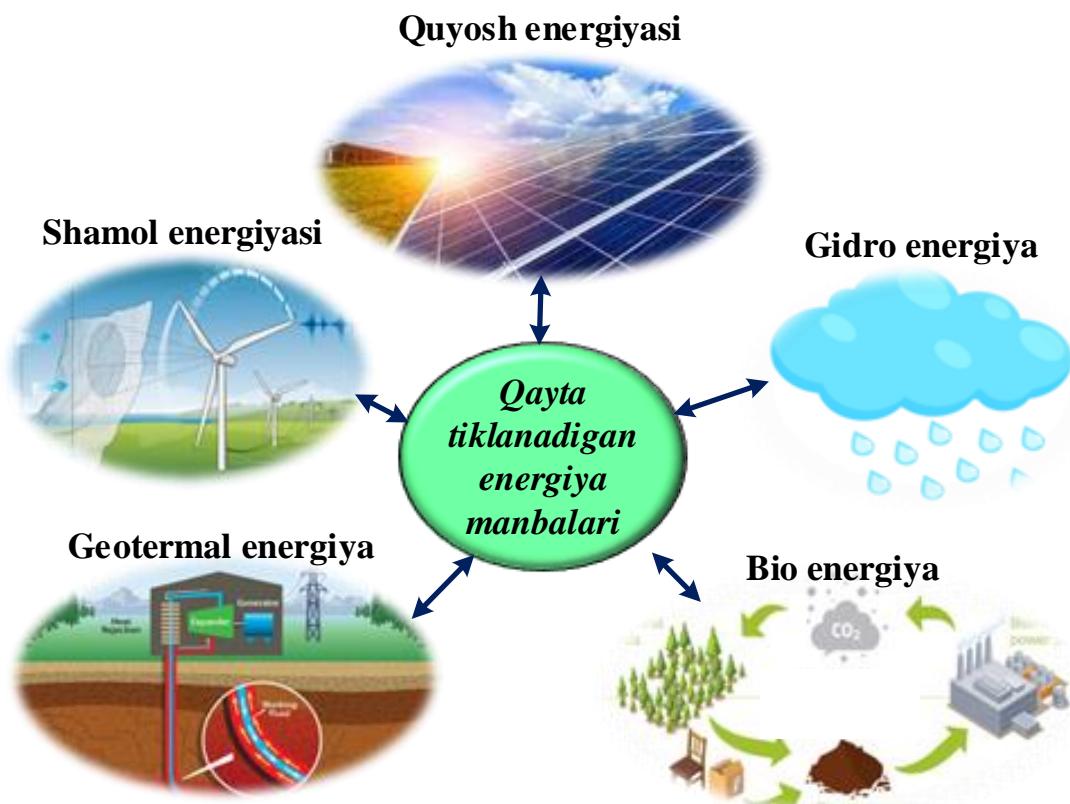
Energiya manbalari haqida ko'plab tasniflari mavjud. Yerdagi barcha energetik resurslar, yani quyoshning uzlusiz faoliyati natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar, ikkita asosiy guruhga bolinadi: tabiatda akkumulyatsiyalangan va akkumulsiyalanmaydigan. Birinchi guruhga yoqilgi qazilma zaxiralari: neft, tosh va qongir komir, slanets, torf va yerosti gazlari, hamda yadro va termoyadro energiyalari kiradi. Ikkinchi guruhga quyidagi energiya manbalari kiradi: quyosh, shamol, daryo oqimlari, okean va dengizlardagi tolqinlar va suvning qalqib kotarilishi, yerning ichki issiqlikgi.

<sup>2</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

Energiya manbalarini quyidagilarga bo'lish mumkin:

- qayta tiklanadigan manbalar;
- qayta tiklanmaydigan manbalar.

*Qayta tiklanadigan* energiya manbalari (1.1-rasm) - atrof muhitda doimo mavjud yoki vaqtiga vaqtga bilan vujudga keladigan energiya oqimlari asosidagi energiya manbalaridir. Qayta tiklanadigan energiya odamning maqsadli faoliyati oqibatida emas, balki atrof muhitda doim hosil bo'ladigan energiyadir. Qayta tiklanadigan energiya manbalarining resurslari vaqt o'tishi bilan atrof muhitda qayta tiklanadi. Qayta tiklanadigan energiya manbalari tabiatda juda ko'p va barqarordir. Ushbu energiya resurslari tabiiy ravishda to'ldirilishi mumkin va atrof-muhit uchun xavfsizdir.



1.1-rasm. Qayta tiklanadigan energiya manbalari

Qayta tiklanadigan energiya manbalariga: quyosh energiyasi, geotermal energiya, shamol energiyasi, biomassa, hidroenergetika va suv oqimi energiyasi kiradi.

Qayta tiklanadigan energiya manbalari ularni qo'llash texnologiyasiga qarab, *an'anaviy* va *noan'anaviy* energiya manbalariga bo'linadi.

An'anaviy energiya manbalari – an'anaviy keng

foydalanimayotgan, texnologik jihatdan o'rnatilgan energiya manbalaridir.

Noan'anaviy (alternativ) energiya manbalari – tabiiy energiya manbalarining tanqisligi hamda atrof muhit ekologiyasi yomonlashishi oqibatida an'anaviy energiyalar o'rniga foydalanimayotgan va izlanayotgan energiya manbalaridir.

Noan'anaviy energiya manbalari ozining quyidagi musbat va manfiy sifatlariga ega:

1. Ular qayta tiklanadi va amalda bepul bo'ladi, ulardan foydalanish oqibatida ekologiya o'zgarmaydi va atrof muhitda ifloslanish bo'lmaydi.

2. Past konsentrasiyaga ega, fazoda va vaqt bo'yicha o'zgaradi; geografik, iqlimi va ob-havo sharoitlariga bog'liqdir.

3. Noan'anaviy qayta tiklanadigan energiya manbalardan foydalanish samaradorligi energiyani konsentrasiyalash, akkumulyatsiyalash va saqlash tizimlarini yaratish bilan bog'liqdir.

### 1.1-jadval

An'anaviy va noan'anaviy energiya manbalari o'rtasidagi farq

| An'anaviy  | Noan'anaviy  |
|--|--|
| energiya manbalari   |  |
| Bu resurslar tugaydi.  | Bu resurslar bitmas-tuganmas.  |
| Bu resurslar atrof muhitni ifoslantiradi (chang, zaharli gaz va tutun, kul). | Bu resurslar odatda atrof muhitni ifoslantirmaydi.   |
| Ushbu resurslarni saqlash va uzatish juda qimmat.                            | Ushbu manbalar mahalliy foydalanish uchun arzonroq va ularni osongina saqlash mumkin.      |
| Ularga - ko'mir, tabiiy gaz, neft va suv energiyasi.                         | Ularga - quyosh, biomassa, shamol, biogaz va suv sathini ko'tarilishi-tushishi, geotermal. |

Qayta tiklanadigan energiya manbalarning rivojlanishi va ulardan yil sayin keng foydalanishning asosiy sabablari quyidagilardan iborat<sup>3</sup>:

- keng miqyosda boruvchi fojiali ekologik muammolar;
- energiyani iste'mol qilish masshtabining kattalashishi va

<sup>3</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

uzluksiz o'sishi, masalan, xususan elektr energiyaga talabning va uning narxlarining o'sib borishi;

v) qayta tiklanmaydigan energiya manbalarining cheklanganligi, organik yoqilg'i bilan ta'minlanganlikning tanqisligi, tabiiy resurslarning kamayishi;

g) organik yoqilg'ini olish hamda elektrenergiyani ishlab chiqarish va ularni iste'mol qilishda mintaqalar orasidagi masofalarning o'sib borishi;

d) davriy takrorlanadigan dunyo energetik krizislari;

e) elektrenergiyani va issiqlikni olish uchun qayta tiklanadigan energiya manbalari foydalanish texnologiyalarning rivojlanishi;

j) ilmiy-texnikaviy katta o'zgarishi va ilmiy-texnikaviy taraqqiyotining doimiy o'sish suratlari;

z) energiya tashuvchilarning narxlari o'sib borishi (birinchi navbatda organik yonilg'i turlarining), yoqilg'i-energetika muammolarining o'sishi;

k) chekka huhudlarda, yiroqda joylashgan va energiyani uzatish qiyin bo'lgan hamda o'ziga xos iste'molchilarni ishonchli va samarali energiya bilan ta'minlash zaruriyati;

l) atrof muhit bilan o'zaro ta'siri nuqtai nazaridan, energiyani ishlab chiqarishda mavjud texnologiyalarni takomillashtirish imkoniyatlarining cheklanganligi.

### **Qayta tiklanadigan energiya manbalarining samaradorligi.**

Qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanish samaradorligi ilmiy-texnik omillar asosida rivojlanadi. Qayta tiqlanadigan energiya oqimlari atrof muhitda doimiy ravishda mavjuddir. Shuning uchun, qayta tiklanadigan manbalarga asoslangan energetika, yangi qayta tiklanadigan energiya manbalarini yaratish deb maqsad qilib qo'ymasdan, faqat mavjud bo'lgan energiya resurslariga mo'ljallangan bo'lishi lozim. Qayta tiklanadigan manbalarga asoslangan energetikaning rivojlanishi uchun ularning resurs va quvvatini aniq belgilash zarur. Muntazam va uzoq muddatli kuzatishlar va energiya manbaining ko'rsatkichlarini tahlil qilish asosida energiya resurslari aniqlanadi. Birinchi navbatda mavjud bo'lgan energiya oqimi aniqlanadi, bundan kelib chiqqan holda, ushbu oqimdan energetik qurilmalarda foydalanish mumkin bo'lgan qismi belgilanadi.

**Qayta tiklanadigan energiya manbalarining vaqt boyicha tavsiflari.** Vaqt bo'yicha energiyani iste'mol qilish doimiy emas.

Masalan, elektrenergiyasiga ehtiyoj ertalab va kechki soatlarda maksimal, tungi vaqtarda esa minimal bo‘ladi. Xuddi shunday, qayta tiklanadigan energiya manbalarining quvvati davriy ravishda o‘zgaradi. Shu sababdan, qayta tiklanadigan energiya manbalariga asoslangan energetika, energiyani iste’mol qilishning vaqtli o‘zgarishini, hamda ushbu manbalar quvvatlarining davriy o‘zgarishini hisobga olish zarur. Ko‘p holatlarda, energiyani iste’mol qilish davrlarining o‘zgarishi va energiya manbalarining quvvat o‘zgarishlari davriga to‘g‘ri kelmaydi yoki hatto ular o‘zaro qarama-qarshi bo‘ladi.

Qayta tiklanadigan energiya manbalari asosidagi energetikaning rivojlanishi uchun quyidagi tadbirlarni o‘tkazishni talab etadi:

1. Muntazam ravishda atrof muhitni tadqiq qilish: iqlimi, meteorologik, ekologik tadqiqotlar; atrof muhitning monitoringi.

2. Energiya iste’molchilarining tarkibi, iste’mol qilinadigan energiyaning turi va quvvati; sanoat, qishloq va kommunal xojaliklar uchun zarur bolgan energiya ehtiyojlarini aniqlash lozim.

*Qayta tiklanmaydigan* resurs - bu yer ostida joylashgan tabiiy resurs. Qayta tiklanmaydigan energiya manbalari (1.2-rasm) - energiyani ishlab chiqarish uchun ishlataladigan tabiatdagi modda va materiallar zaxiralaridir.



1.2-rasm. Qayta tiklanmaydigan energiya manbalari

Qayta tiklanmaydigan energiya manbalari tabiatda bog‘langan

holatda turadi va odamning maqsadli faoliyati natijasida ajratiladi. Ushbu turdag'i energiya resurslari ishlatilgandan tezlikda o'mni to'ldirilmaydi. Ularni to'ldirish uchun millionlab yillar kerak bo'ladi. Qayta tiklanmaydigan energiya manbalariga: tabiiy gaz, ko'mir, neft, atom energiyasi va uglevodorodli gaz suyuqliklari kiradi.

Yaxshi energiya manbalari quyidagi ko'rsatkichlarga ega bo'lishi kerak:

- ishlatilgan hajm/massa birligi uchun optimal issiqlik ishlab chiqarish;
- oson tashish (ko'chirish);
- eng kam ifoslantiruvchi;
- iqtisodiy.

### 1.2-jadval

**Qayta tiklanadigan va qayta tiklanmaydigan energiya manbalari o'rtaсидаги farq**

| Qayta tiklanadigan<br>energiya manbalari  | Qayta tiklanmaydigan   |
|---|--|
| Iste'mol qilingandan keyin yangilanadi.   | Iste'mol qilingandan keyin yangilanmaydi.  |
| Atrof-muhitni ifoslantirmaydi.  | Atrof-muhitning ifoslantiradi.   |
| Manbalar bitmas-tuganmas.   | Manbalari tugaydi.   |
| Inson faoliyati ta'sir qilmaydi.  | Inson faoliyati ta'sir qiladi.   |
| Qayta tiklanadigan manbalar: quyosh energiyasi, geotermal energiya, shamol energiyasi, biomassa, gidroenergetika va suv oqimi energiyasi. | Qayta tiklanmaydigan resurslar: tabiiy gaz, ko'mir, neft, atom energiyasi va uglevodorodli gaz suyuqliklari. |

Lozim bo'lgan turdag'i energiyani olish va u bilan iste'molchilarni ta'minlash energetik ishlab chiqarish jarayonida amalga oshiriladi. Bu jarayonni besh bosqichga ajratish mumkin.

1. Energiya resurslarini olish va konsentratsiyalash: yoqilg'ini qazib olish va tayyorlash, gidrotexnik inshootlar yordamida naporni vujudga keltirish va h.k.

2. Energiya resurslarini o'zgartiruvchi qurilmalarga uzatish: bu quruqlikda va suvda tashish orqali yoki suv, gaz va h.k.larni trubalarda haydash orqali amalga oshiriladi.

3. Birlamchi energiyani ikkilamchi mavjud sharoitlarda taqsimlash

va iste'mol qilish uchun qulay bo'lgan energiya turiga (odatda elektr va issiqlik energiyalariga) o'zgartirish.

4. O'zgartirilgan energiyani uzatish va taqsimlash.
5. Energiyani uzatilgan va o'zgartirilgan ko'rinishlarda iste'mol qilish.

### **1.3. Elektr energiyasini uzatish tizimi<sup>4</sup>**

Elektr energiya boshqa tur energiyalardan rad qilib bo'lmaydigan uchta afzallikka ega. Birinchidan, uni boshqa turdag'i energiyaga osongina aylantirish mumkin (elektrodvigatel, issiqlik qurilmalari, elektr yoritgich va boshqalar). Ikkinchidan, bu ekologik toza energiya turi bo'lib, uni boshqa tur energiyaga aylantirganda atrof-muhit ifloslanmaydi. Uchinchidan, elektr energiyani kichik va katta masofalarga uzatish juda oson.

Aloqa va axborot uzatish korxonalarining elektr ta'minoti asosan energiya tizimi yoki mahalliy elektrostansiya orqali amalga oshiriladi. Aloqa korxonalarini apparaturalarining elektr ta'minoti turli elektr ta'minotini amalga oshiruvchi inshoatlar majmuasi bo'lgan elektr qurilma orqali amalga oshiriladi. Korxona elektr qurilmasi tarkibiga transformator podstansiyasi va elektr ta'minot tizimi kiradi.

Elektr energiyasi ta'minoti tizimi bu o'zaro elektr tarmoq liniyalari orqali bir-birlari bilan bog'langan, elektrostansiyalar, podstansiyalar va elektr energiyani qabul qilish majmualari to'plamidir (1.4-rasm).

Elektr energiyani kichik masofalarga uzatish osonligini kundalik tajribadan ko'rish mumkin: ikkita sim bilan elektr energiyani xonadondagi istagan asbobga ulash mumkin. Elektr energiyani katta masofalarga uzatishda paydo bo'ladigan qiyinchiliklarni hisobga olishga to'g'ri keladi. Bu qiyinchiliklarning xususiyati bilan quyidagi masalani yechish orqali tanishish mumkin.

1. Kuchaytiruvchi yordamchi stansiya (podstansiya). Elektr energiyani katta masofalarga uzatishda elektr toki o'tayotgan simlarning qizishini hisobga olish kerak.

Tokning simlarni qizdirishga sarflanadigan quvvatini hisoblaymiz. Quvvatning ta'rifiga ko'ra  $P=A/t$ . Biroq, Joul-Lens qonuniga ko'ra  $A=Q=I^2Rt$ . Shuning uchun

---

<sup>4</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

$$P = \frac{I^2 R t}{t} = I^2 R, \quad P = I^2 R. \quad (1.1)$$

1.1-formuladan ko‘rinadiki, elektr uzatish tarmog‘idagi energiya isrofini kamaytirish uchun:

- a) tok kuchini kamaytirish;
- b) tarmoqning qarshiliginini kamaytirish zarur.

Tarmoqning qarshiligini kamaytirish uchun solishtirma qarshiligi kichik bo‘lgan materialdan (odatda mis yoki alyuminiydan) tayyorlangan yo‘g‘on (ko‘ndalang kesimi katta bo‘lgan) simlar, ishlataladi.

Tok kuchini kamaytirish uchun uning kuchlanishi orttiriladi - transformatsiyalanadi. Buning uchun elektrostansiya hududida yuksaltiruvchi transformatorlar o‘rnataladi. Ular generatorlar beradigan kuchlanishni (odatda taxminan 20000V) elektr uzatish tarmog‘ining uzunligiga bog‘liq holda 500000V, 750000V va, hatto, 1150000V kuchlanishgacha orttirib beradi. Kuchlanishni 2000V dan 500000V gacha, ya’ni 25 marta orttirib, tarmoqdagi isrofni  $25^2=625$  marta kamaytirish mumkin. Kuchlanish 40 marta orttirilganda esa isrof 1600 marta kamaytiriladi. Nihoyat, kuchlanishni 1150000V gacha orttirish elektr uzatish tarmoqlari simlarining qizishida isrof bo‘ladigan energiyani deyarli 3600 marta kamaytiradi<sup>5</sup>.

2. Elektr uzatish tarmoqlari. Elektr energiyani elektrostansiyalardan iste’mol qilinadigan joylarga uzatuvchi tarmoqlar elektr uzatish tarmoqlari deyiladi.

Elektr energiyani uzoq masofalarga uzatish uchun mo‘ljallangan elektr uzatish tarmog‘ining tayanchlari (1.3-rasm) to‘rt asosiy qismga ega: tok o‘tzazuvchi simlar (1) likopsimon izolyatorlar (2) orqali tayanchlar (3) ga osiladi. Tayanchda momaqaldiroqdan himoya qiluvchi simlar va yashin qaytargich ham o‘rnatilgan bo‘ladi.

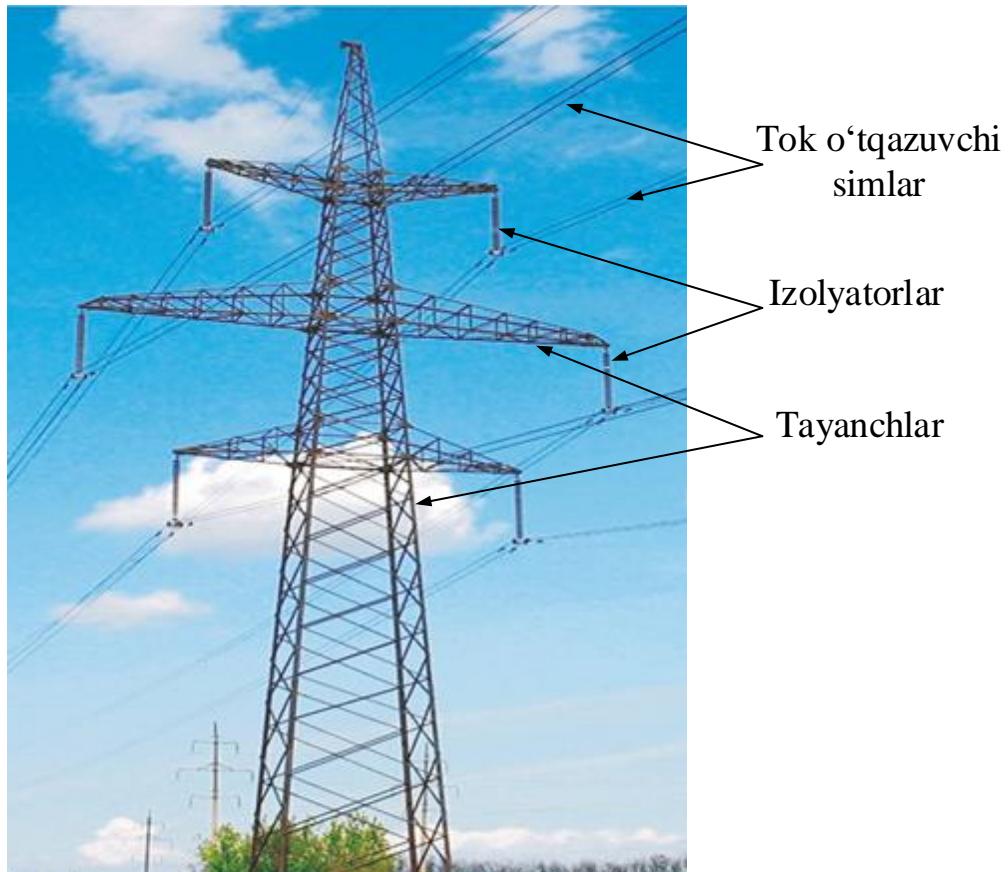
Momaqaldiroqdan himoya qiluvchi simlar yashinqaytargich vazifasini ham bajaradi va elektr uzatish tarmog‘ini bevosita yashinlardan himoya qiladi.

3. Pasaytiruvchi yordamchi stansiya (podstansiya)lar. Elektr uzatish tarmoqlari orqali uzatilgan elektr energiya juda katta kuchlanishga ega bo‘lgani uchun undan iste’molchilar bevosita

---

<sup>5</sup> Elektr energiya ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash. O‘quv qo‘llanma. L.A.Nematov, I.U.Raxmonov – Buxoro: 2020. – 346 b.

foydalana olmaydi. Shuning uchun iste'mol qilinadigan joyda uning kuchlanishi pasaytiriladi.

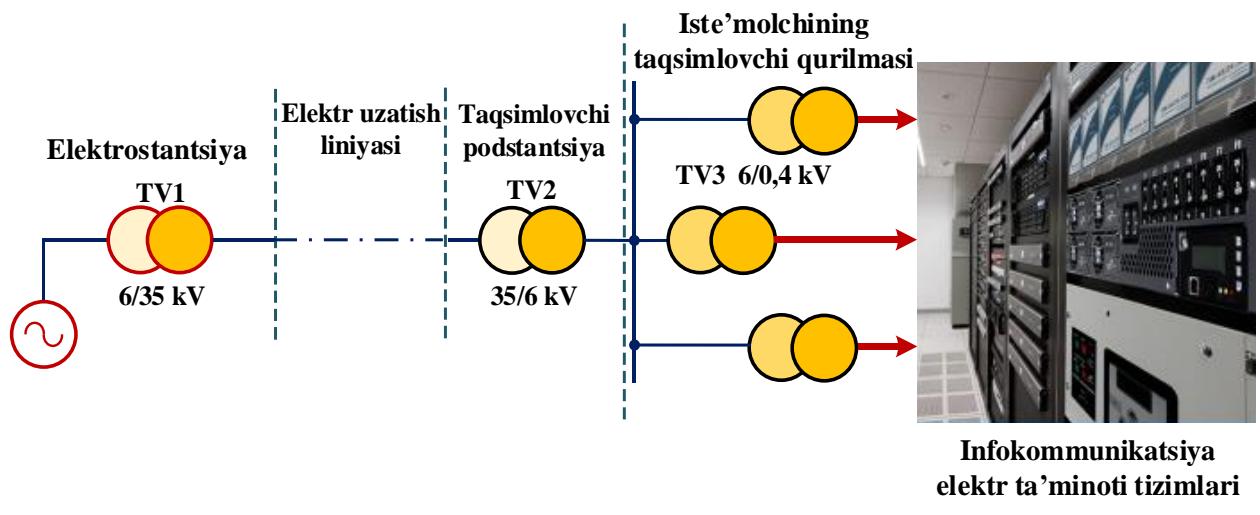


1.3-rasm. Eelektr uzatish tarmog'ining tayanchi

Kuchlanishni pasaytirish bir necha bosqichda bajariladi. Elektr uzatish tarmog'ining oxiriga o'rnatilgan pasaytiruvchi transformatorlar kuchlanishni 35-6kV gacha pasaytiradi. Shundan so'ng energiya iste'mol qilinadigan joyga uzatiladi.

Iste'molchilar kata kuchlanishni transformatorlar yordamida mo'ljallangan kuchlanishgacha pasaytiradi. Odatda, xonadonlarga taqsimlangan elektr tokining kuchlanishi 220V bo'ladi.

Elektr energiyasi tiziminining tuzilish sxemasidan ko'rilib turibdiki (1.3-rasm), elektrostansiyada generator ishlab chiqarayotgan elektr energiyasi  $TV_1$  transformator yordamida 6kV li kuchlanishdan 35kV li kuchlanishgacha orttiriladi va elektr uzatish liniyasi orqali  $TV_2$  taqsimlovchi podstansiyaga beriladi. Bu transformator orqali 35kV li kuchlanish 6kV li kuchlanishgacha pasaytiriladi va iste'molching (aloqa korxonasining)  $TV_3$  transformatorlariga uzatiladi.



1.4-rasm. Elektr energiyasi tizimining tuzilish sxemasi<sup>6</sup>

TV3 transformator yordamida 6kV li kuchlanish ist'emolchi uchun zarur bo'lgan 380/220, 220/127 V li kuchlanishlarga aylantiriladi. Ko'rinish turibdiki, elektr energiyasi iste'molchiga etib kelguncha uch marotaba o'zgartirilmoqda. Amaliyotda o'zgartirishlar soni bundan ham ko'p bo'lishi mumkin.

#### 1.4. Ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari va ularga qo'yiladigan talablar

Telekommunikatsiya qurilmalarining elektr ta'minoti birlamchi elektr ta'minoti tarmog'iga ulangan va uning o'zgaruvchan kuchlanishini telekommunikatsiya qurilmalarining berilgan rejimlarda normal ishlashini ta'minlaydigan turli nominallardagi o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tok kuchlanishlariga o'zgartirib beradigan ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari orqali amalga oshiriladi. Bu vazifalarni bajarish uchun ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari tarkibiga ta'minot manbai bilan birga ularning ishlashini ta'minlaydigan qator qo'shimcha qurilmalar kiradi.

IETMni hisoblashda va loyihalashtirishda kirish elektr energiyasining quyidagi asosiy tavsiflari e'tiborga olinadi:

- o'zgaruvchan tok tarmog'i nominal kuchlanishi  $U_t$  (V);
- o'zgaruvchan tok tarmog'i nominal kuchlanishining chegaraviy og'ish qiymatlari  $U_{t,max}$  va  $U_{t,min}$ , yoki tarmoq

<sup>6</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

kuchlanishining nisbiy o‘zgarishi:  
oshirilgan tomonga

$$\alpha_t = \frac{U_{t.\max} - U_t}{U_t}, \quad (1.2)$$

kamaytirilgan tomonga

$$\beta_t = \frac{U_t - U_{t.\min}}{U_t}, \quad (1.3)$$

- kirish kuchlanishining amplitudasi  $U_t$  (V) va davomiyligi ( $s$ );
- ta’minot tarmog‘ining chastotasi  $f_t$  (Hz) va uning o‘zgarishi  $f_{t.\max}$  va  $f_{t.\min}$ ;
- o‘zgaruvchan tok tarmog‘i fazalari soni;
- kirish sinusoidal kuchlanishi egrilik shaklining buzilishi. Bu iste’mol toki egriligidagi yuqori garmonikalar mavjudligini bildiradi va shaklining buzilish koefitsiyenti  $k_f$  (%) orqali xarakterlanadi.  $k_f$  koefitsiyent tarmoq toki birinchi ( $I_{t1}$ ) garmonikasining ta’minot manbai tarmoqdan ist’emol tokining ta’sir etuvchi ( $I_{t.tek.}$ ) qiymatiga nisbati orqali aniqlanadi:

$$k_f = \frac{I_{t1}}{I_{t.tek.}} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

Sinusoidal kuchlanish va tokda  $k_f = 1$  bo‘ladi. Hisoblashlarda agar egrilik shaklining buzilishlari 6...7% lardan oshmasa, tarmoq kirish kuchlanishini sinusoidal hisoblash mumkin.

• tarmoq ta’minot kuchlanishi sathi va modulyasiya chastotasi. Bu parametrni oshirilgan chastotalarda ishlaydigan IETMlarda silliqlovchi filtrlarni hisoblashda e’tiborga olish zarur. Past chastotali modulyasiyaning sathi 0,5...1% larga, chastota esa  $n/60$  teng. Bunda  $n$  - generatorning aylanish chastotasi.

• kirish ta’minot shinalari bo‘yicha halaqitlar qiymati. Sinusoidal halaqitlar tarmoq kuchlanishining 1...3% larini tashkil qiladi, halaqitlar chastotalari esa 50 Hz dan 150 kHz largacha bo‘lishi mumkin. Impulslari halaqitlar tarmoq kuchlanishining 5...10% larini tashkil qiladi, impulslar uzunliklari 1...10mksdan 100ms gacha, takrorlanish chastotalari esa

1kHz dan 10kHz largacha bo‘lishi mumkin. Bu halaqitlar kirish va chiqish filtrlarini tanlashda va hisoblashda e’tiborga olinishi zarur.

IETMni hisoblashda va loyihalashtirishda quyidagi elektr talablar qo‘yiladi:

- O‘zgarmas tok chiqish nominal kuchlanishining qiymatlari va ularning voltlardagi o‘rnatish aniqligi quyidagi qatordan tanlanadi: 0.25; 0.4; 0.6; 1.2; 2.4; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0 (6.3); 9.0 (10); 12.0 (12.6); 15; 20; 24; 27; 30; 40; 48; 60; 80; 100 (125); 150; 200; 250 (300); 400 (500); 600; 800; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 12000; 15000; 20000; 25000.

O‘zgaruvchan tok chiqish nominal kuchlanishining qiymatlarining ta’sir etuvchi voltlardagi qiymatlari quyidagi qatordan tanlanadi: 1.2; 2.4; 3.15; 5.0; 6.0 (6.3); 12.0 (12.6); 15; 24; 27; 36; 40; 48; 60; 80; 100 (115); 127; 200; 220; 380.

Qavslar ichida ko‘rsatilgan kuchlanishlar qo‘llanilishga tavsiya etilmaydi. Zarurat bo‘lganida ularning qo‘llanilishi o‘rnatilgan tartib bilan muvofiqlashtiriladi.

Chiqish kuchlanishining nominal qiymati loyihalashtiriladigan apparatura elementlar bazasi orqali aniqlanadi va kam sonli nominal kuchlanishlar bilan cheklanadi. Masalan, integral mikrosxemalardagi (analog va raqamli mikrosxemalardagi) apparaturalar uchun 5, 6, 9, 12, 15 Vli kuchlanishlar ishlatiladi. Kompyuterlar chiqish va qo‘sishimcha qurilmalari, shuningdek, tranzistorlardagi apparaturalarning ba’zi turlari uchun bu qator 20, 27, 40 Vli kuchlanishlar bilan to‘ldiriladi.

Nominal kuchlanishni o‘rnatish aniqliligiga ruxsat etish elementlar bazasi va apparatura chiqish parametrlariga talablar orqali aniqlanadi.

- Ta’midot kuchlanishining har bir chiqish zanjiri bo‘yicha yuklama tokining qiymati va uning ish jarayonida o‘zgarishi. Tok impulsli iste’mol qilinayotganda uning quyidagi parametrlari ko‘rsatiladi: impuls davomiyligining amplitudasi, frontning davomiyligi, impulsning takrorlanish chastotasi. Keng qo‘llanishdagi unifikatsiyalangan IETMlar uchun nominal tok qiymatlari standart bo‘yicha o‘rnatilgan qatordan tanlanadi. Xususiy qo‘llanishlardagi IETMlar uchun har bir zanjir bo‘yicha yuklama tokining qiymati texnik topshiriq orqali aniqlanadi.

- O‘zgarmas tok chiqish kuchlanishlarining o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi (pulsatsiyasi) nominal kuchlanishning foizlarida yoki absolyut qiymatlarda beriladi. Bunda pulsatsiya ta’sir etuvchi, amplitudaviy yoki

ikkilangan (yuqori nuqtadan yuqori nuqtagacha) amplituda bo'yicha qanday qiymatlarda o'lchanayotgani ko'rsatilishi kerak. Bu talab yuqori chastotali impulsli energiyani o'zgartirishli, impulsli boshqarishli yoki tiristorli boshqariladigan to'g'rilagichli zamonaviy IETMlar uchun qo'yiladi. Bunda pulsatsiya ko'rinishi ostida uning quyidagi uchta tashkil etuvchisi yashirinadi: asosiy chastotaga karrali bo'lgan to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiyasi, keng chastotalar spektrli shovqinlar, shuningdek, qisqa cho'qqisimon o'zgarishlar.

O'zgarmas tok chiqish kuchlanishlarining pulsatsiya koeffitsiyentlari apparatura talablari orqali aniqlanadi va quyidagi qator orqali beriladi: 0.01; 0.02; 0.03; 0.05; 0.1; 0.2; 0.3; 0.5; 1; 2; 3; 5 %.

Barcha nostabillovchi omillar ta'sir qilganida chiqish kuchlanishining yig'indi nostabilligi nominal kuchlanishning foizlarida beriladi: 0.1; 0.5; 1; 2; 3; 5; 10 %. IETM parametrlarini nazorat qilish uchun ularni tayyorlash va sinash jarayonlarida chiqish kuchlanishlarining xususiy nostabilliklari beriladi:

- Kuchlanish bo'yicha nostabillik – o'zgarmaydigan tokda tarmoq kirish ta'minot kuchlanishining berilgan o'zgarishi chegaralarida chiqish kuchlanishining ruxsat etiladigan o'zgarishi. Bunda tarmoq kuchlanishing o'zgarish xarakteri (asta-sekin yoki sakrashsimon) ko'rsatiladi.
- Tok bo'yicha nostabillik – tarmoq kirish ta'minot kuchlanishi o'zgarmaganida va yuklama tokining berilgan o'zgarish chegaralarida chiqish kuchlanishining ruxsat etiladigan o'zgarishi. Bu parametr tok sekin o'zgarganida IETMning ichki qarshiliginini aniqlaydi. Impulsi ist'emol tokida ruxsat etiladigan dinamik ichki qarshilik yoki chastotaviy tavsif ko'rsatiladi.
- Harorat bo'yicha nostabillik – atrof-muhit haroratining berilgan berilgan o'zgarish chegaralarida chiqish kuchlanishining ruxsat etiladigan o'zgarishi. Odatda, harorat bo'yicha nostabillik kuchlanish va tok bo'yicha nostabilliklar bilan birgalikda beriladi.

Chiqish o'zgarmas kuchlanishlarining nostabilliklari va pulsatsiyalari IETMning hajm va massa tavsiflariga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan muhim parametrlar hisoblanadi. Binobarin, ularni amalgaloshirish uchun ko'p sonli elementlar va murakkab sxemotexnik echimlar talab qilinadi. Misol sifatida 1.3-jadvalda ba'zi turdag'i elektr qurilmalar uchun ist'emol qilinadigan energiya sifatiga namunaviy talablar keltirilgan.

## Ta'minot kuchlanishlariga quyiladigan talablar

| Qurilma turi  | Kuchlanish, V | Ist' emol toki turi | Nostabillik | Pulsatsiya, % (amplitudaviy qiymat) |
|---|---------------|---------------------|-------------|-------------------------------------|
| Telekommunikatsiya qurilmalari  | 24            | O'zgarmas           | 1–3         | 0,1–1                               |
|   | 48            | O'zgarmas           | 1–3         | 0,1–1                               |
|   | 60            | O'zgarmas           | 1–3         | 0,1–1                               |
| Radio qabul qilish qurilmalari:<br>kirish kaskadlari<br>oraliq chastota kuchaytirgichi<br>chiqish kaskadlari            | 5; 6          | O'zgarmas           | 3–5         | 0,01–0,1                            |
|   | 6             | O'zgarmas           | 3–5         | 0,5–1,0                             |
|   | 12; 15        | O'zgarmas           | 5–10        | 0,5–1,0                             |
| Kompyuter qurilmalari:<br>doimiy xotira qurilmasi<br>ma'lumotlarni akslantirish<br>qurilmalari<br>qo'shimcha qurilmalar | 5; 9          | Impulsli            | 5–7         | 1,0–2,0                             |
|   | 5; 12         | Impulsli            | 7–10        | 1,0–2,0                             |
|   | 20; 27        | Impulsli            | 10          | 1,0–2,0                             |
| Avtomatika va telemexanika qurilmalari  | 5,6; ±15      | O'zgarmas           | 5–10        | 1,0–2,0                             |
| Operatsion kuchaytirgichlar   | ±15           | O'zgarmas           | 10          | 0,5–1,0                             |

- IETMning foydali ish koeffitsiyenti yoki turli ish rejimlarida (uzluksiz yoki impulsli) birlamchi energiya manbaidan iste'mol qilinadigan quvvat. FIKning qiymati chiqish kuchlanishi va quvvatining sathi, rostlash uslubi va talab qilinadigan aniqlik, kirish ta'minot manbaidan galvanik ajratish va boshqalar kabi qator omillarga bog'liq.
- Chiqish ta'minot zanjirlarini kirish elektr energiyasi manbalari shinalaridan galvanik ajratish.
  - O'zgartirish chastotasi, uning tanlanishi bo'yicha cheklash, berilgan chegaralarda o'zgartirish chastotasini rostlash zarurati va uning tashqi takt generatori yoki qo'shni ta'minot manbai (statik o'zgartirgichli IETMlar uchun) orqali sinxronizatsiyalash imkoniyati.
  - Chiqish kuchlanishining ortishidan ist'emolchini elektr himoyalash, ta'minot kuchlanishining ruxsat etiladigan ortish sathi.
  - Ta'minot manbaini o'ta yuklanishlardan va yuklamadagi qisqa tutashuvlardan elektr himoyalash, o'ta yuklanishlar va yuklamadagi qisqa tutashuvlar olib tashlanganda ta'minot manbaining ish qobiliyatini

avtomatik qayta tiklanishi.

O'zgaruvchan chiqish tokli ta'minot manbalari uchun ularning ishini belgilovchi qo'shimcha talablar ko'rsatiladi:

- chiqish kuchlanishining stabillanish xususiyati xarakteri o'zgaruvchan kuchlanishning qaysi qiymati (ta'sir etuvchi, o'rtacha va amplitudaviy) bo'yicha rostlash amalga oshirilishi kerakligi;
- chiqish kuchlanishi egrilik shaklining ruxsat etiladigan buzilishi;
- yuklama xarakteri va uning quvvat koeffitsiyenti.

### **Ikkilamchi elektr ta'minoti manbalarining sinflarga bo'linishi<sup>7</sup>.**

Telekommunikatsion qurilmalarning elektr ta'minoti manbalari vazifasiga ko'ra kirish kuchlanishini sathini o'zgartirish, to'g'rilash, invertorlash, stabillash, filtrlash, himoyalash yoki bu funksiyalarning birgalikda ishlatilishiini ta'minlaydi. Vazifalarning turliligi, ishlatilish sharoitlari va telekommunikatsion qurilmalarning keng diapazonli parametrli ekanligi uchun IETMlar o'z parametrlarini keng diapazonlarda ta'minlashi kerak [6]. Shuning uchun IETMlarni quyidagi asosiy xususiyatlari bo'yicha sinflarga bo'lish maqsadga muvofiq:

- Kirish elektr energiyasining turi bo'yicha: o'zgaruvchan tok tarmog'idan ishlaydigan; o'zgarmas tok tarmog'idan ishlaydigan; o'zgaruvchan va o'zgarmas tok tarmoqlaridan ishlaydigan.
- Chiqish quvvati bo'yicha: mikro quvvatli ( $R_{CHIQ} \leq 1Vt$ ); kichik quvvatli ( $R_{CHIQ}=1\dots 10Vt$ ); o'rtacha quvvatli ( $R_{CHIQ}=10\dots 100Vt$ ); oshirilgan quvvatli ( $R_{CHIQ}=100\dots 1000Vt$ ); katta quvvatli ( $R_{CHIQ}\geq 1000Vt$ ). Qabul qilish va uzatish, optika qurilmalari, texnologik qurilmalar uchun  $1kVt$  dan  $1000kVt$  gacha chiqish quvvatli ta'minot manbalari alohida guruhni tashkil etadi.
- Chiqish elektr energiyasining turi bo'yicha: o'zgaruvchan chiqish kuchlanishli; o'zgarmas chiqish kuchlanishli; aralash o'zgaruvchan chiqish va o'zgarmas kuchlanishili.
- Chiqish kuchlanishining nominal qiymati bo'yicha: kichik ( $U_{CHIQ}<100V$ ); oshirilgan ( $U_{CHIQ}=100\dots 1000V$ ); yuqori ( $U_{CHIQ}>100V$ ). Chiqish kuchlanishi  $1000V$  dan katta bo'lgan elektr ta'minoti manbalarini yuqori voltli elektr ta'minoti manbalari deb atash qabul qilingan. Bunday ta'minot manbalari odatda, radiouzatish qurilmalarida

<sup>7</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

qo‘llaniladi.

- Chiqish kuchlanishining o‘zgarmasligi darajasi bo‘yicha: stabillamaydigan va stabillaydigan. Stabillaydigan IETMlar ta’sir etuvchi omillar (kirish kuchlanishining, yuklama tokining, atrof-muhit haroratining o‘zgarishi va h.k.) ta’sir etganida chiqish kuchlanishini berilgan aniqlikda o‘zgarmasligini ta’minlaydi. Ular o‘z tarkibida funksional qism sifatida yig‘ilgan bo‘lishi mumkin bo‘lgan kuchlanish IETMiga ega bo‘ladi.

- Nominal chiqish kuchlanishining ruxsat etiladigan og‘ishi bo‘yicha: past aniqlikdagi ( $> 5\%$ ); o‘rtacha aniqlikdagi (1...5%); yuqori aniqlikdagi (0,1...1%); (1...5%); o‘ta aniqlikdagi ( $< 0,1\%$ ).

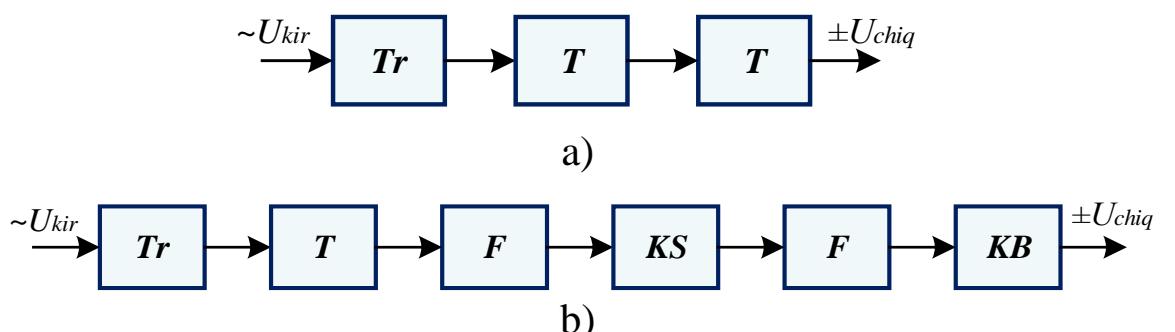
- O‘zgarmas tok chiqish kuchlanishi pulsatsiyasining (o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining) sathi bo‘yicha: past sath ( $< 0,1\%$ ); o‘rtacha sath (0,1...1%); yuqori sath ( $> 5\%$ ).

- Chiqishlari soni bo‘yicha: bir kanalli (bitta chiqish); ko‘p kanalli (ikki va undan ortiq chiqishlar).

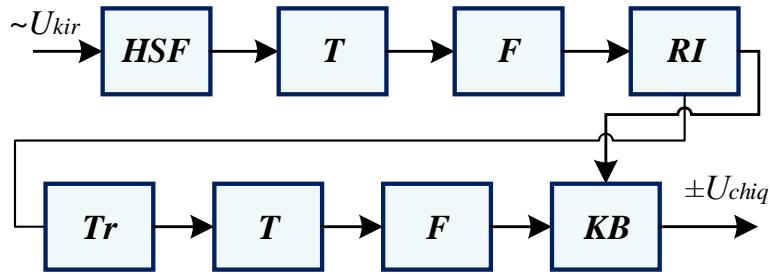
- Kuchlanishni stabillash uslubi bo‘yicha: uzlucksiz (chiziqli) va impulsli.

IETMning tuzilish sxemasi kirish va chiqish parametrlari orqali aniqlanadi. IETMning tuzilish sxemasi transformator ( $Tr$ ), to‘g‘rilagich ( $T$ ), silliqlovchi filtr ( $F$ ), kuchlanish stabilizatorlari ( $KS$ ), chiqish kuchlanishi bo‘lgichi ( $KB$ ), halaqitlarni so‘ndirish filtri ( $HSF$ ), invertor ( $I$ ) va rostlovchi invertorlardan ( $RI$ ) tashkil topadi.

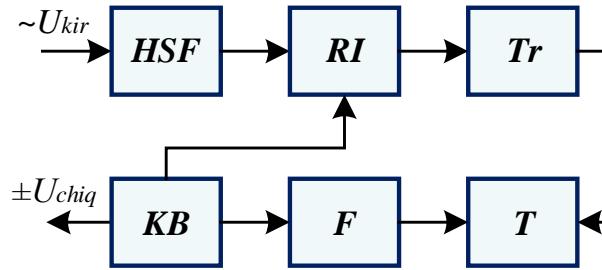
IETM kirishidagi transformator (1.5a,b-rasmlar) elektr ta’minoti tizimi toki chastotasiga muvofiq hisoblanadi. Bunday sxemalar kichik chiqish quvvatlarida qo‘llaniladi, chunki transformator tarmoq toki chastotasida ishlaganida katta hajmga va massaga ega bo‘ladi.



1.5-rasm. Transformatorli kirishli IETMlar tuzilish sxemalari



1.6-rasm. Transformatorsiz kirishli rostlovchi invertorli IETMning tuzilish sxemasi

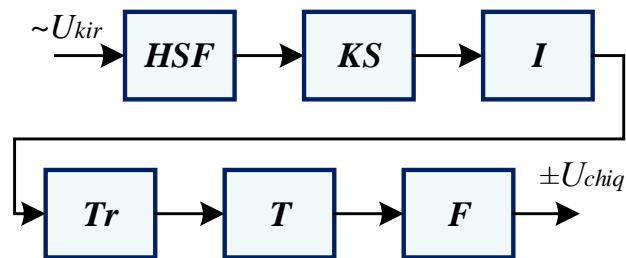


1.7-rasm. O'zgarmas tok tarmog'i rostlovchi invertorli IETMning tuzilish sxemasi

1.6...1.8-rasmlarda tasvirlangan sxemalarda tarmoqdan IETMga va IETMdan tarmoqqa o'tishda kirish zanjirlaridagi yuqori chastotali halaqitlarni so'ndiradigan HSFlar ishlataladi.

1.6- va 1.7-rasmlardagi sxemalarda kuchlanish bo'lgichidagi teskari aloqa signali bo'yicha IETM chiqish kuchlanishini rostlovchi invertor (RI) qo'llaniladi.

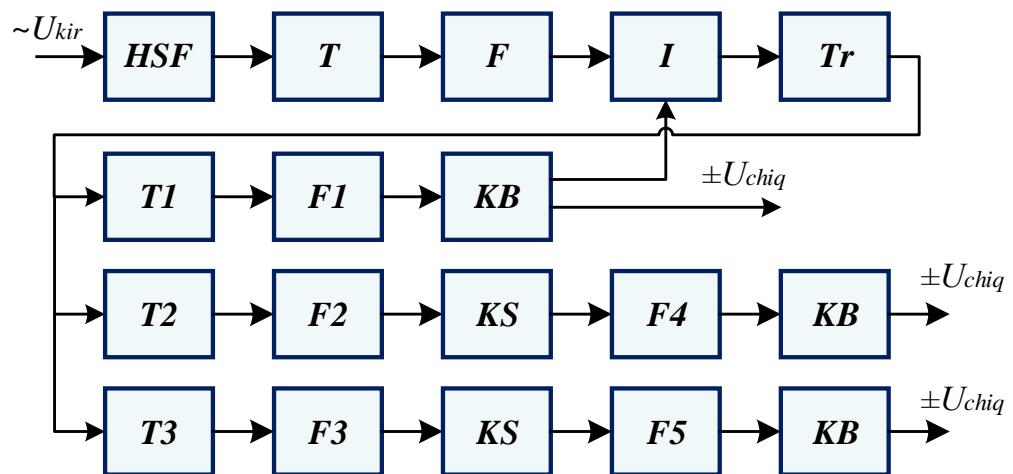
1.7-rasmdagi sxemada  $I$  invertor faqat o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka o'zgartirish vazifasini bajaradi, chiqish kuchlanishini stabillash esa, transformatordagи teskari aloqa signali bo'yicha (qo'shimcha cho'lg'amdan) KS IETM orqali amalga oshiriladi.



1.8-rasm. O'zgarmas tok tarmog'i rostlamaydigan invertorli IETMning tuzilish sxemasi

1.9-rasmda ko'p kanalli IETMning tuzilish sxemasi keltirilgan.

Rostlovchi invertorga teskari aloqa signali faqat bitta chiqishdan berilishi mumkin, shuning uchun qolgan kanallar chiqish kuchlanishlarini stabillash zarurati bo‘lganida  $KS1$  va  $KS2$  kuchlanish stabilizatorlari sxemaga kiritiladi. Invertorga teskari aloqa signali odatda, katta tokka hisoblangan chiqish kanalidan beriladi.



1.9-rasm. Transformatorsiz kirishli ko‘p kanalli IETMning tuzilish sxemasi

**Ikkilamchi elektr ta’minoti manbalarining parametrlari.** IETMlar bir qator elektr, ishlatish, hajm va massa parametrlari orqali xarakterlanadi. Ular telekommunikatsiya qurilmasi tarkibida IETMlarning ish qobiliyatini ta’minlaydi. Elektr parametrlar statik va dinamik parametrlarga bo‘linadi. Statik parametrlar ta’sir etuvchi omillar vaqt bo‘yicha sekin o‘zgorganida (kirish ta’minot kuchlanishi, yuklama toki, harorat va h.k.) o‘lchanadi. Dinamik parametrlar ta’sir etuvchi omillar vaqt bo‘yicha keskin o‘zgorganida (kirish ta’minot kuchlanishining sakrashsimon ulanishida, yuklama tokining impulsli o‘zgarishida va h.k.) o‘lchanadi [4]. IETMning asosiy parametrlari qo‘yidagilardan iborat:

- To‘g‘rilagichning nominal chiqish kuchlanishi  $U_{0,max}$  va uning o‘zgarish chegaralari: yuqori o‘zgarish chegarasi  $U_{0,max}$  va quyisi o‘zgarish chegarasi  $U_{0,min}$ , V. To‘g‘rilagich kuchlanishining maksimal o‘zgarish chegarasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U_0 = U_{0,max} - U_{0,min} = (a_0 + b_0) \cdot U_0, \quad (1.5)$$

bu yerda

$$a_0 = \frac{U_{0.\max} - U_0}{U_0}, \quad b_0 = \frac{U_0 - U_{0.\min}}{U_0}. \quad (1.6)$$

- IETMning nominal chiqish kuchlanishi  $U_{yu}$  va uning o‘zgarish chegaralari: yuqori o‘zgarish chegarasi  $U_{yu.\max}$  va quyisi o‘zgarish chegarasi  $U_{yu.\min}$ , V. IETM kuchlanishining maksimal o‘zgarish chegarasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta U_{yu} = U_{yu.mx} - U_{yu.min}. \quad (1.7)$$

- IETM chiqish kuchlanishining rostlash chegaralari: yuqori rostlash chegarasi  $U_{yu.rost.\max}$  va quyisi rostlash chegarasi  $U_{yu.rost.\min}$ , V.
- To‘g‘rilagich yuklama tokining nominal qiymati  $I_0, A$ , va uning o‘zgarish chegaralari: maksimal o‘zgarish chegarasi  $I_{0.\max}$  va minimal o‘zgarish chegarasi  $I_{0.\min}, A$ .
- IETM yuklama tokining nominal qiymati  $I_{yu}, A$ , va uning o‘zgarish chegaralari: maksimal o‘zgarish chegarasi  $I_{yu.\max}$  va minimal o‘zgarish chegarasi  $I_{yu.\min}, A$ .
- Chiqish kuchlanishining nostabilligi. U kirish kuchlanishi yoki yuklama tokining berilgan o‘zgarishlarida chiqish kuchlanishi  $\Delta U_{yu}$  o‘zgarishining IETMning nominal  $U_{yu}$  chiqish kuchlanishiga nisbati orqali aniqlanadi.

Kuchlanish bo‘yicha nostabillik koeffitsiyenti (yoki nostabillik)  $\delta U_{yu.kuch}$ , %, berilgan ta’milot kuchlanishi o‘zgarishida (va  $I_0 = \text{const}$  bo‘lganida)  $\Delta U_{kir}$  qiymatga aniqlanadi:

$$\delta U_{yu.kuch} = \frac{(\Delta U_{yu})_U}{U_{yu}} 100\% \quad (1.8)$$

Tok bo‘yicha nostabillik koeffitsiyenti  $U_{yu.\max}$ , %, berilgan yuklama toki o‘zgarishida (va  $U_0 = \text{const}$  bo‘lganida)  $\Delta I_{yu} = I_{yu.\max} - I_{yu.\min}$  qiymatga aniqlanadi:

$$\delta U_{yu,max} = \frac{(\Delta U_{yu})_I}{U_{yu}} 100\% \quad (1.9)$$

- Nostabillik koeffitsiyenti bilan bir qatorda IETMlarning stabillash xususiyatlarini tavsiflash uchun kuchlanish bo'yicha stabillash koeffitsiyentidan foydalaniladi. U yuklama toki o'zgarmas bo'lganida kirish kuchlanishining nisbiy o'zgarishi chiqish kuchlanishining nisbiy o'zgarishidan qancha marotabaga kattaligini ko'rsatadi:

$$K_{st} = \frac{\Delta U_0 / U_0}{\Delta U_{yu} / U_{yu}} 100\% \quad (1.10)$$

Kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisining amplitudasi (pulsatsiyasi): filtr kirishida  $U'_{0\sim}$ ; filtr chiqishida  $U_{0\sim}$ ; IETM chiqishida  $U_{yu\sim}$ .

Pulsatsiya qiymati  $k_{yu}$  pulsatsiya koeffitsiyenti orqali beriladi. U nisbiy birlklarda belgilanadi, masalan to'g'rilaqich kirishida quyidagicha aniqlanadi:

$$k_p = \frac{U'_{0\sim}}{U'_0} \quad \text{yoki foizlarda } k'_p = \frac{U'_{0\sim}}{U'_0} \cdot 100\%$$

To'g'rilaqich chiqishidagi pulsatsiyani kamaytirish uchun silliqlovchi filtr qo'yiladi. Filtrning silliqlash xususiyati  $k_f$  filtrlash koeffitsiyenti orqali xarakterlanishi mumkin. U filtr kirishidagi va chiqishidagi pulsatsiya qiymatlarining nisbati orqali aniqlanadi:

$$k_f = \frac{U'_{0\sim}}{U'_0}.$$

Filtrlash koeffitsiyenti filtrlash zvenosining aktiv qarshiligidagi kuchlanishning tushishini hisobga olmaydi. Aniqroq aytganda, filtrning silliqlash xususiyati pulsatsiyalarni silliqlash koeffitsiyenti  $q$  orqali baholanadi. U to'g'rilaqich kirishi va chiqishidagi pulsatsiya koeffitsiyentlarining nisbati orqali aniqlanadi:

$$q_f = \frac{k'_p}{k_p}, \quad (1.11)$$

bu yerda  $k_p = \frac{U_{0\sim}}{U_0}$  - to‘g‘rilagich chiqishidagi pulsatsiya koeffitsiyenti.

Past voltli to‘g‘rilagichlarning silliqlovchi  $LC$  – filtrlari uchun drosselning aktiv qarshiligini hisobga olmasa ham bo‘ladi, u holda quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$k_f \approx q_f. \quad (1.12)$$

- To‘g‘rilagich va IETMning dinamik ichki qarshiligi yuklama toki ( $\Delta I_0$  yoki  $\Delta I_{yu}$  ga) sekin o‘zgarganida to‘g‘rilagichning  $\Delta U_0$  yoki IETMning  $\Delta U_{yu}$  chiqish kuchlanishining o‘zgarishini aniqlaydi va u mos ravishda quyidagiga teng bo‘ladi:

$$r_0 = \frac{\Delta U_0}{\Delta I_0}, \quad (1.13)$$

$$r_{yu} = \frac{\Delta U_{yu}}{\Delta I_{yu}}. \quad (1.14)$$

- To‘g‘rilagich va IETMning dinamik ichki qarshiligi yuklama toki ( $\Delta I_{0.imp}$  yoki  $\Delta I_{yu.imp}$  ga) sekin o‘zgarganida to‘g‘rilagichning  $\Delta U_{0.imp}$  yoki IETMning  $\Delta U_{yu.imp}$  chiqish kuchlanishining o‘zgarishini aniqlaydi va u mos ravishda quyidagiga teng bo‘ladi:

$$r_{0.din} = \frac{\Delta U_{0.imp}}{\Delta I_{0.imp}}, \quad (1.15)$$

$$r_{yu.din} = \frac{\Delta U_{yu.imp}}{\Delta I_{yu.imp}}. \quad (1.16)$$

- Kuchlanishning harorat bo‘yicha koeffitsiyenti (KHBK)  $\alpha_{yu}$ ,  $^{\circ}/^{\circ}C$ , atrof-muhit harorati  $T_s=1^{\circ}C$  ga o‘zgarganida IETM chiqish kuchlanishini qanday o‘zgarishini ko‘rsatadi:

$$\alpha_{yu} = \frac{\Delta U_{yu}/U_{yu}}{\Delta T_s} 100\%, \quad (1.17)$$

yoki  $\gamma_{yu}$ ,  $mV^0C$ :

$$\gamma_{yu} = \frac{\Delta U_{yu}}{\Delta T_S}. \quad (1.18)$$

$\Delta T_s$  qiymat atrof–muhit haroratlarining berilgan  $T_{s,max}$  va  $T_{s,min}$  qiymatlarida aniqlanadi:

$$\Delta T_S = T_{s,max} - T_{s,min}. \quad (1.19)$$

- ETM chiqish kuchlanishining natijaviy nostabilligi barcha ta'sir etuvchi omillar bir vaqtda ta'sir etganida ularning nostabillik koeffitsiyentlari yig'indisi orqali aniqlanadi:

$$\delta U_{yu} = \delta U_{yu(U)} + \delta U_{yu(I)} + \alpha_{yu} \Delta T_S. \quad (1.20)$$

- To‘g‘rilagichning, o‘zgartirgichning va IETMning foydali ish koeffitsiyenti yuklamaga uzatiladigan foydali quvvatning kirish elektr energiya manbaidan ist’emol qilinadigan quvvatga nisbati orqali aniqlanadi:

$$\eta_{st} = \frac{P_{yu}}{P_0}, \quad \eta_{o'zg} = \frac{P_{yu}}{P_{ist}}. \quad (1.20)$$

## 1.5. Elektr ta'minoti manbalarining infokommunikatsiya tizimida tutgan o'rni va rivojlanish istiqbollari<sup>8</sup>

Telekommunikatsiya ko‘p energiya talab qiluvchi soha bo‘lib, telekomunikatsiya tizimining ishlashiga ketadigan energiya uchun ko‘p sarf talab qilinadi. Bunda, iste’mol qilinadigan energiyaning katta qismi telekommunikatsiya sohasining texnologik jarayonlari (signallarni kuchaytirish va uzatish, tebranishlarni generatsiyalash, signallarni qayta ishlash, abonentlar orasidagi aloqani o‘rnatish va h.k.) uchun sarf bo‘ladi. Telekommunikatsiya qurilmalarining ish sifati ko‘p jihatdan elektr energiyasi manbalarining ishonchliligi orqali aniqlanadi. Elektr ta’minot manbai ta’minot tarmog‘idagi avariya holatida ham aloqa qurilmalarining uzluksiz ishlashini ta’minlashi talab qilinadi. Bu ikki

<sup>8</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

omillar (energiya sarfi va energiya sifati) ham yirik aloqa tugunlari (telemarkazlar, telefon stansiyalari va h.k.), ham alohida elektron qurilmalar elektr ta'minoti manbalari, tizimlari elementlarini va tuzilmasini aniqlaydi [12].

ETM elektron qurilmalar, asboblar, tizimlarning tarkibiy qismi sifatida ko'p jihatdan ularning texnik tavsiflarini aniqlaydi. Hozirda zamonaviy kompyuterlar, elektron va optik tolali avtomat telefon stansiyalari (ATS) hajmining 20...30 foizini ETMlar tashkil qiladi, shuning uchun ularning kelajakda takomillashtirilishi ETMlarning takomillashtirilishiga bog'liq. ETMlar tavsiflarini keyingi yaxshilash yangi fizik samaralardan va elektron texnikaning yangi elementlaridan foydalanishni talab qiladi.

Yirik elektr ta'minoti tizimlari sohasida ularning takomillashtirishning eng ilg'or yo'nalishi metallarning ishlatalishini kamaytirish (ayniqsa qimmatbaho rangli metallarni) va energiyani o'zgartirishda quvvat isroflarini kamaytirish (foydali ish koeffitsiyentini oshirish) hisoblanadi. Afsuski, bunda ma'lum cheklashlar mavjud. Xususan, ATSlar elektr ta'minoti uchun 200...400A tokli zamonaviy to'g'rilaqichlar FIK i 90 foizlarga etadi.

Fanni rivojlanishi elektron texnika yutuqlariga bog'liq. Binobarin, yarim o'tkazgichli texnikaning taraqqiyoti yarim o'tkazgichli asboblardagi nisbatan yuqori toklarda o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirish muammosini samarali echishga imkon berdi. Aloqa sohasida ishlab chiqarishda to'liq kremliyli diodlar asosidagi to'g'rilaq qurilmalarini ishlab chiqarishga o'tildi. Katta quvvatli tiristorli kalitlarning paydo bo'lishi to'g'rilaqichlarni takomillashtirish, qurilmaning chegaraviy quvvatlarini oshirish, foydali ish koeffitsiyenti va ularni avtomatlashtirish darajasini oshirishga imkon berdi.

To'g'rilaq texnikasining takomillashishi bilan bir qatorda o'zgarmas kuchlanishni o'zgaruvchan kuchlanishga va boshqa qiymatdagi o'zgarmas kuchlanishga o'zgartirish ham rivojlandi. Bu yo'nalish boshqariladigan yarim o'tkazgichli kalitlar bo'lgan tranzistorlarlarga to'liq asoslandi. Bugungi kunda tranzistorlar tiristorlar bilan kommutatsiyalanadigan toklar qiymatlari bo'yicha raqobat qiladi, ularning ishlash tezligi esa tiristorlarga nisbatan ikki marta yuqori. Ko'p vaqt tranzistorlarning imkoniyatlari tok bo'yicha kichik kuchaytirish koeffitsiyenti qiymati va ularning kuchsiz

yuklanish qobiliyati bilan chegaralandi. Maydoniy tranzistorlarning paydo bo‘lishi va yangi texnologiyalarning o‘zlashtirilishi boshqarish elementili quvvatli tranzistorlar, kuchlanish va tok bo‘yicha yuklanishlardan himoyani o‘z ichiga olgan “maqsadli” kalitlar va butun modullarni yaratish imkoniyatini berdi.

Bu texnologiya bo‘yicha elektr ta’mnoti tizimini modulli loyihalashtirishni ta’minlaydigan o‘zgartirish qurilmalarining funksional jihatdan tugallangan qator ko‘plab boshqarish va nazorat qilish qurilmalari ishlab chiqildi.

**Elektr ta’mnoti manbalarining rivojlanish istiqbollari<sup>9</sup>.** Ma’lumki, hozirgi vaqtida elektron apparaturani miniatyurizatsiyalash uning taraqqiyotining asosiy yo‘nalishi hisoblanadi. Lekin, bu ETMlarga kam ta’sir etmoqda. So‘nggi yillarda shunday holat yuzaga keldiki, ETMlarning hajmi va massasi boshqa funksional qismlarga (bloklarga) taqqoslanganda ancha katta bo‘ldi va 20...30 foizni tashkil qildi, ayrim hollarda esa, elektron apparaturani butun hajmi va massasidan katta bo‘ldi. Buning asosiy sabablari quyidagilar hisoblanadi:

- ta’mnot manbalari quvvatli yarim o‘tkazgichli asboblarda, katta hajmli transformatorlarda, kondensatorlarda, drossellarda va boshqa elementlardan yig‘ilgan kuch qurilmasi hisoblanadi. Bunday elementlar bazasi ETMlarni miniatyurizatsiyalashni amalga oshirishga imkon bermaydi [5].

- ETMlardagi quvvat isrofi sababli uncha yuqori bo‘lmagan foydali ish koeffitsiyenti tranzistorlar, tiristorlar va diodlardan issiqlikni yo‘qotish uchun katta o‘lchamlardagisovutkichlarni (radiatorlarni) qo‘llanilishini talab qiladi. Bunda ETMlarni miniatyurizatsiyalash elementlarning hajmi kamaytirilganda ulardan ajralib chiqadigan issiqlikning ruxsat etilmaydigan qiymatlarga ortishiga sabab bo‘ladi.

ETMlarning hajmi va massasini transformatorsiz to‘g‘rilash sxemalariga o‘tish, silliqlovchi filtrlarni esa tranzistorlarda yig‘ish orqali oson kamaytirish mumkin. Biroq, bu muammoning yarim echimi hisoblanadi.

Bunday muammoning asosiy echimi butun ETMni miniatyurizatsiyalashdan iborat. Mutaxassislarining fikricha ETM tarkibiga kiradigan barcha elementlarni hajmi va massasini kamaytirish

<sup>9</sup> Сапаев М., Алиев У., Кодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

kerak. Buni quyidagicha amalga oshirish mumkin:

- to‘g‘rilanadigan o‘zgaruvchan kuchlanish chastotasini sezilarli oshirish kerak, bu transformatorlar, drossellar va kondensatorlar hajmi va massasini keskin kamaytirishga olib keladi;
- qobiqsiz (korpussiz) quvvatli yarim o‘tkazgichli asboblar, kuch integral mikrosxemalari, to‘plamlarini va boshqalarni ishlab chiqish va keng qo‘llash orqali kichik hajmli kuch qismlariga birlashtirish imkonini yaratish;
- issiqlikni uzatuvchi katta o‘lchamlardagi sovutkichlardan voz kechib, issiqlikni uzatishning yangi samarador usullarini yaratish va joriy etish;
- uzluksiz rostlovchi chiziqli IETMlarni impulsli IETMlarga almashtirish (bir vaqtda impulslar chastotasini orttirgan holda).

ETMlarni miniatyurizatsiyalash muammosini echish elektron qurilmalar chiqish parametrlari ko‘rsatkichlarini keskin yaxshilashga va ularning ishonchlilagini oshirishga imkon beradi.

## II-BOB.

## KIMYOVIY TOK MANBALARI

O‘zida mavjud aktiv moddalardagi elektr kimyoviy reaksiyalarning borishi natijasida hosil bo‘lgan kimyoviy energiyani bevosita elektr energiyaga o‘zgartirib beradigan qurilma *kimyoviy tok manbai* deb ataladi.

*Galvanik element* – bitta idishda joylashgan elektrodlar va elektrolitdan iborat bo‘lib, bir yoki ko‘p karra foydalanishga mo‘ljallangan kimyoviy tok manbai hisoblanadi. Galvanik elementning tok o‘tkazadigan qismi bo‘lib, elektrolit bilan bevosita aloqada bo‘lgan va u bilan fazoviy chegara hosil qiluvchi *elektrodlar* xizmat qiladi.

*Elektrolit* – elektrodlar bilan fazoviy chegarada elektr kimyoviy reaksiyalarni o‘tishini va ionli o‘tkazuvchanlikni ta’minlovchi xarakatdagi ionlarga ega bo‘lgan suyuq yoki qattiq moddadir. Faol massa, elementning faol moddasi va uning berilgan fizik-kimyoviy xossalariini ta’minlaydigan moddalar aralashmasidan iborat bo‘ladi. Faol moddalar va elektrolit asosida yaratilgan element kimyoviy tok manbaining *elektr kimyoviy tizimi* deb ataladi.<sup>10</sup>

Barcha kimyoviy tok manbalari birlamchi va ikkilamchiga ajratiladi. *Birlamchi* kimyoviy tok manbai bir martalik uzlusiz va uzlukli zaryadsizlanish uchun, *ikkilamchisi* esa – zaryadlash jarayonida faol moddalarning kimyoviy energiyasini tiklanishi hisobiga ko‘p marta foydalanishga mo‘ljallangan.

Ko‘pincha quyoshli, shamolli yoki mikrogidroelektr uskunalar tomonidan ishlab chiqarilgan energiyani to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llash muayyan qiyinchiliklarni tug‘diradi. Shuning uchun elektr quvvatini qo‘llash uchun maxsus akkumulyatorli batareyalardan (AB) foydalaniladi.

Avtonom elektr bilan ta’minlash tizimlarida qo‘llash uchun mo‘ljallangan maxsus batareyalar ko‘pincha kuchlanishi 2V bo‘lgan va bir-biriga qo‘silgan alohida akkumulyatorlardan yig‘iladi. Kuchlanishi 6V va 12V bo‘lgan kamroq sig‘imli ABlar ham qo‘llaniladi. ABning eng ko‘p tarqalgan turi bo‘lib ham suyuq elektrolit ishlatiladigan, ham germetik bo‘lgan qo‘rg‘oshinli-kislotali ABlar xizmat qiladi (hozirda

---

<sup>10</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.

uning tannatxining pastligi sababli ommabop bo‘lib bormoqda).<sup>11</sup> Nikel-kadmiyli batareyalar ham qo‘llaniladi. Garchi ular kislotalilarga nisbatan qimmatroq bo‘lsa ham, biroq ular juda katta xizmat qilish muddatiga ega va razryad jarayonida stabil kuchlanishni saqlab turadi.

## 2.1. Birlamchi va ikkilamchi kimyoviy tok manbalarining xarakteristikalari

**Batareya sig‘imi.** Batareyalarda saqlanib qolinishi mumkin bo‘lgan energiya miqdori uning sig‘imi deyiladi. U amper-soatlarda o‘lchanadi. Batareya sig‘imi razryadli tok oshganda kamaysa ham sig‘imi 100As (amper-soat) bo‘lgan bitta AB 1A kuchlanishli tok bilan 100 soat davomida yoki 4A kuchlanishli tok bilan 25 soat davomida ta’minalashi mumkin bo‘ladi.<sup>12</sup>

**Xizmat qilish muddati.** AB xizmat qilish muddatini uzaytirish uchun qaytadan zaryadlashda uning sig‘imining faqat kichik qismini qo‘llash maqsadga muvofiq bo‘ladi. Har bitta razryad-zaryad berish jarayoni zaryadli tsikl deyiladi. Agar zaryadlashgacha AB da saqlangan energiyaning 50%idan ortig‘ini qo‘llashning imkonini bo‘lsa, bunday batareya “chuqr zayardli” batareya deyiladi.

Qo‘rg‘oshinli-kislotali ABlar avtonom elektr bilan ta’minalash tizimlarida qo‘llash uchun loyihalashtirilgan bo‘lib, ularning xizmat qilish muddati 300 dan 5000 tsiklgacha yetadi (nikel-kadmiylilari uchun 50 000 tsiklgacha), agar ular sig‘imining 20%igacha razryadlansa. Uzoq xizmat qilish muddatini ta’minalash uchun oddiy tsikl AB sig‘imining 20%idan kamroq bo‘lishi, chuqr razryad uchun esa – sig‘imining 80%idan oshmasligi lozim.

Agar batareyalarni qayta zaryad qilinsa, ularga shikast yetishi mumkin. Kislotali AB maksimal kuchlanishi elementga 2,5V yoki 12V li batareya uchun 15V bo‘lishi kerak. Ko‘pchilik fotoelektrli batareyalar yumshoq yuklamali xarakteristikaga ega bo‘ladi, shuning uchun kuchlanish oshganda zaryad toki kamayadi. Garchi bu holat AB uchun yaxshi bo‘lsa-da, shuni unutmaslik lozimki, zaryad har holda taxminan 17V kuchlanishgacha boradi (salt ishslash kuchlanishi 18V bo‘lgan fotoelektrli batareyalar uchun). Shuning uchun ko‘pchilik holatlarda maxsus zaryad kontrolleri kerak bo‘ladi. Shamolli elektr stansiyalari

<sup>11</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij VM. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

<sup>12</sup> <http://www.batteryuniversity.com>

yoki mikro GES lar qo‘llanilganda, bunday kontrollerlarni qo‘llash shart bo‘ladi.<sup>13</sup>

### **Akkumulyatorlarning asosiy xarakteristikalari<sup>14</sup>**

ABlarning xavfsiz qo‘llanilishi uchun quyidagi qoidalarga amal qilish lozim:

- batareya klemmalarini orasida qisqa tutashish zanjirini yuzaga kelmirmaslik, chunki bunda zaryadlangan batareyadagi qisqa tutashishning sezilarli miqdordagi toki klemmalar kontaktlarini eritib yuborishi va termik kuyishga olib kelishi mumkin.
- ABlarni razryadlangan holda saqlamaslik lozim. Bu holda elektrodlar sulfatatsiyasi ro‘y beradi va batareyalar o‘zining sig‘imini sezilarli darajada yo‘qotadi.
- ABni faqatgina qutblilik bilan mos ravishda qurilmaga ulash kerak. Zaryadlangan batareya sezilarli miqdordagi energiyaga ega bo‘ladi va noto‘g‘ri ulanganda qurilmani ishdan chiqarishi mumkin.
- batareya korpusini ochmaslik lozim. Uning ichidagi gelsimon elektrolit terining kimyoviy kuyishini kelitrib chiqarishi mumkin.
- o‘z xizmat muddatidan o‘tib ketgan batareyalarni tarkibida og‘ir metallar bo‘lgan mahsulotlarni utilizatsiya qilish qoidalariiga muvofiq utilizatsiya qilish kerak.

### **Texnik xarakteristikalar**

#### **ABlarning zaryad-razryadlanish xarakteristikalari**

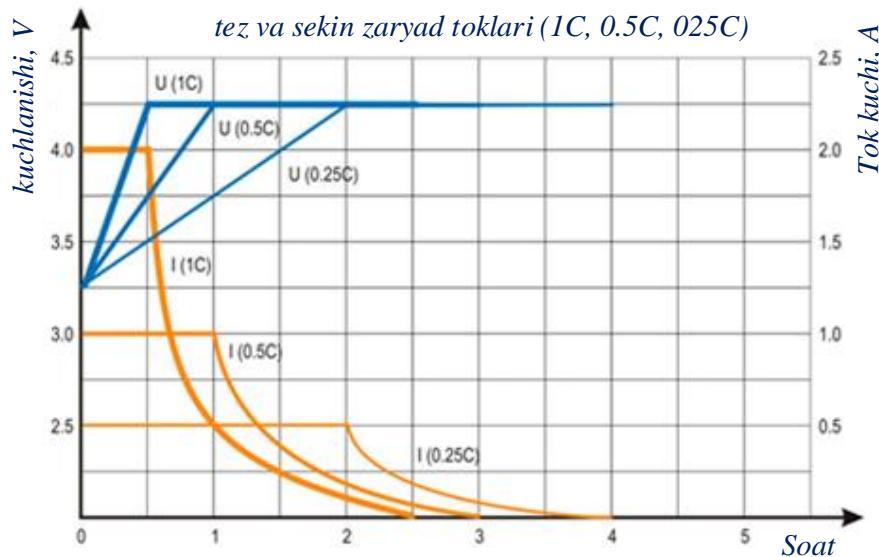
AB ning eng muhim ko‘rsatkichlari bo‘lib quyidagilar hisoblanadi: sig‘im, kuchlanish, o‘lchamlar, og‘irlik, qiymati, yo‘l qo‘yilgan razryad chuqurligi, xizmat qilish muddati, FIK, ishchi haroratlari diapazoni, yo‘l qo‘yilgan zaryad va razryad toki. Shuningdek ishlab chiqaruvchi barcha xarakteristikalarini muayyan harorat uchun – odatda 20 yoki 25°C uchun ko‘rsatishi esda tutish lozim.

Kuchlanish va sig‘im qiymatlari odatda batareya modeli tarkibiga kiradi. Masalan: RA12200DG – kuchlanishi 12V va sig‘imi 200 A\*s bo‘lgan batareya, gelli, chuqur razryadli. Bu shuni anglatadiki, batareya sig‘imidan 1/10 ulush bilan 10 soatli razryad davomida 12x200, ya’ni 2400 Vt\*soatli yuklamani yuzaga keltirish mumkin. Katta tok va tez razryad sharoitida batareya sig‘imi pasayib ketadi (2.1-rasm). Kichikroq

<sup>13</sup> Химические источники тока: Справочник / Под редакцией Н.В.Коровина и А.М.Скундина. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 740 с.

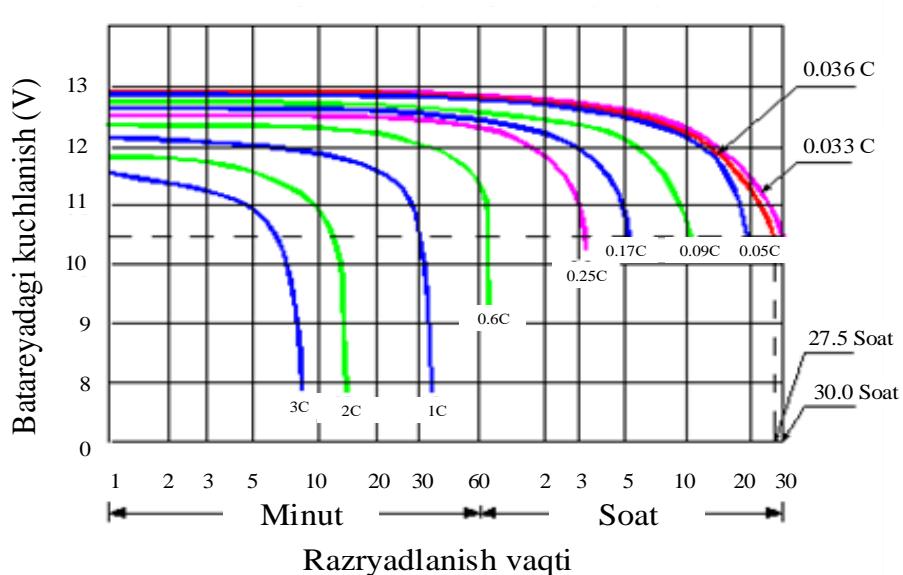
<sup>14</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij M. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

toklarda - odatda oshib ketadi. Buni AB razryadli xarakteristikalarini grafigida ko‘rish mumkin (2.2-rasm).



2.1 - rasm. ABlarning zaryadlash xarakteristikalarini

Shuningdek muayyan batareyalarning razryadli xarakteristikalariga e’tibor berish lozim. Ba’zida ishlab chiqaruvchilar mahsulot nomida faqatgina ideal sharoitda namoyon bo‘lishi mumkin bo‘lgan akkumulyatorning ortiqcha sig‘imini ko‘rsatishadi.

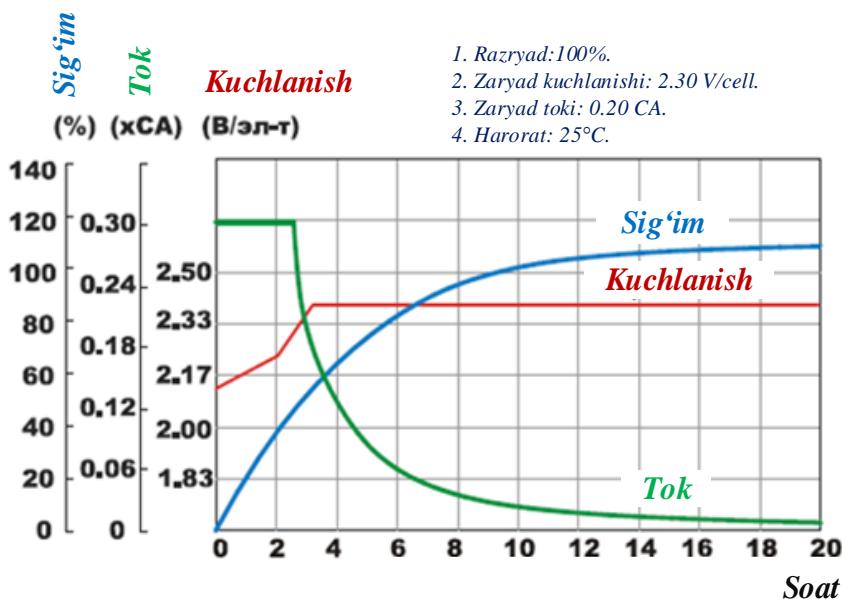


2.2 - rasm. ABlarning razryadlanish xarakteristikalarini

Tok razryadi 0,1C bo‘lganda ishlash vaqt 10 soatni tashkil etadi va batareya to‘liqligicha akkumulyatsiya qilingan energiyani yuklaydi.

Tok razryadi 2C bo‘lganda (20 baravar ko‘proq) ishlash vaqtini taxminan 15 daqiqa (1/4 soat) bo‘ladi va bunda batareya akkumulyatsiya qilingan energiyaning faqatgina yarmini yuklay oladi. Razryadning katta toklarida bu qiymat yana ham kamroq bo‘ladi. Ko‘pincha uzluksiz quvvat manbalaridagi akkumulyatorli batareyalar yanada og‘irroq rejimlarda tshlaydilar va bu sharoitda razryad toklari 4C gacha yetadi. Bunda razryad vaqtini 5 daqiqa atrofida bo‘ladi va batareya energiyaning 40%idan kam bo‘lgan yuklamani beradi.

**Batareya sig‘imi<sup>15</sup>.** Batareyada saqlanishi mumkin bo‘lgan energiya miqdori uning sig‘imi deyiladi. U amper-soatlarda o‘lchanadi. Sig‘imi 100A\*s bo‘lgan bitta AB 100 soat davomida 1A kuchlanishli tokni yoki 25 soat davomida kuchlanishi 4A bo‘lgan tokni yetkazib berishi mumkin va hokazo, biroq razryadli tok oshganda batareya sig‘imi pasayib ketadi. Bozorda sig‘imi 1 dan 2000 A\*s gacha bo‘lgan batareyalar sotiladi.



2.3 - rasm. ABlarning zaryadli-razryadli egri chiziqlari

Qo‘rg‘oshinli-kislotali AB xizmat muddatini oshirish maqsadida qaytadan zaryadlash uchun uning sig‘imining faqat kichik qismini qo‘llash tavsiya etiladi. Har bir razryad-zaryad jarayoni zaryadli tsikl deyiladi, vaholanki bunda akkumulyatorni to‘liqligicha razryadlash shart emas. Masalan, agar siz akkumulyatorni 5 yoki 10% ga razryad qilsangiz va so‘ngra yana zaryad qilsangiz – bu ham bitta tsikl

<sup>15</sup> <http://www.batteryuniversity.com>

hisoblanadi. Albatta mumkin bo‘lgan tsikllar soni turlicha razryad chuqurligida turlicha bo‘ladi (2.3-rasm). Agar zaryadlashgacha ABda mavjud bo‘lgan energiyaning 50%ini qo‘llash mumkin bo‘lsa, bunday batareya “chuqur razryadli” batareya deyiladi.

Agar batareyalarni qaytadan zaryadlasa ularni shikastlash mumkin. Kislotali AB maksimal kuchlanishi elementga 2,5V yoki 12V li batareya uchun 15V bo‘lishi kerak. Ko‘pchilik fotoelektrli batareyalar yumshoq yuklamali xarakteristikaga ega bo‘ladi, shuning uchun kuchlanish oshganda zaryad toki kamayadi. Shuning uchun ko‘pchilik holatlarda maxsus zaryad kontrolleri kerak bo‘ladi. Shamolli elektr stansiyalari yoki mikro GES lar qo‘llanilganda, bunday kontrollerlarning borligi majburiy bo‘ladi.

**Kuchlanish.** Akkumulyatordagi kuchlanish ko‘pincha akkumulyatorning holati va zaryadlanganlik darajasi to‘g‘risida xabar qiluvchi asosiy parametr hisoblanadi. Ayniqsa bu gap elektrolit zichligini o‘lchab bo‘lmaydigan germetik akkumulyatorlarga tegishlidir.

Zaryad, razryad vaqtida va tok yo‘q bo‘lganda kuchlanish juda farqlanadi. Akkumulyatorning zaryadlanganlik darajasini aniqlash uchun ham zaryadli, ham razryadli tok yo‘q bo‘lgan paytda uning klemmalaridagi kuchlanishni kamida 3-4 soat davomida o‘lchash lozim bo‘ladi. Bu vaqt ichida kuchlanish odatda stabillashadi. Zaryad va razryad vaqtida kuchlanish qiymati AB ning zaryadlanganlik holati to‘g‘risida hech nimani anglatmaydi. Salt ishslash vaqtida akkumulyator zaryadlanganligining uning klemmalaridagi kuchlanishiga taxminiy bog‘liqligi quyida jadvalda keltirilgan. Bu suyuq elektrolitli starterli akkumulyatorlar uchun odatiy qiymatlardir. Germetik akkumulyatorlar uchun (AGM va gelli) odatda bu kuchlanish ko‘rsatkichlari bir oz yuqori bo‘ladi (ishlab chiqaruvchidan so‘rash lozim bo‘ladi) – masalan, AGM batareyalar agar kuchlanish 13-13,2 V bo‘lsa, to‘liq zaryadlangan bo‘ladi (suyuq elektrolitli 12,5-12,7 V li starterli batareyalarning kuchlanishi bilan solishtiring).

**Zaryadlanganlik darajasi.** Zaryadlanganlik darajasi juda ko‘p omillarga bog‘liq, va uni faqatgina xotirasiga va mikroprotsessorga ega bo‘lgan maxsus zaryadli qurilmalarda aniqlash mumkin, bunda muayyan akkumulyatorning ham zaryadi, ham razryadi bir necha tsikl davomida kuzatiladi. Bu usul eng aniq hisoblanadi, biroq eng qimmat ham bo‘ladi. Biroq u akkumulyatorlarga xizmat ko‘rsatganda va ularni almashtirganda ko‘p pulni tejab qolishi mumkin. Akkumulyatorlarning

zaryadlanganlik darajasiga qarab ularning ishlashini nazorat qiladigan maxsus qurilmalarni qo'llash qo'rgoshinli-kislotadi akkumulyatorlarning xizmat qilish muddatini juda kuchli ravishda oshirishga imkon beradi. Bir qator taklif etiladigan quyoshli batareyalarning kontrollerlari akkumulyatorning zaryadlanganlik darajasini aniqlab beradigan ichki qurilmalarga ega bo'ladi va ular zaryadni uning kattaligiga qarab tartibga soladi.

*Zaryadlanganlik darajasini aniqlash uchun quyidagi 2 ta soddalashgan usuldan foydalanish mumkin:*<sup>16</sup>

Akkumulyatordagi kuchlanish. Bu usul aniqligi eng kam hisoblanadi, biroq u faqatgina voltning o'nlik va yuzlik foizlarini o'lchaydigan raqamli voltmetrning bo'lishini talab etadi xolos.

## 2.1-jadval

### Zaryadlanganlik darajasini aniqlash

| Zaryadlanganlik dariasi | Batareya 12V | Batareya 24V | Elektrolit zichligi |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------|
| 100                     | 12.70        | 25.40        | 1.265               |
| 95                      | 12.64        | 25.25        | 1.257               |
| 90                      | 12.58        | 25.16        | 1.249               |
| 85                      | 12.52        | 25.04        | 1.241               |
| 80                      | 12.46        | 24.92        | 1.233               |
| 75                      | 12.40        | 24.80        | 1.225               |
| 70                      | 12.36        | 24.72        | 1.218               |
| 65                      | 12.32        | 24.64        | 1.211               |
| 60                      | 12.28        | 24.56        | 1.204               |
| 55                      | 12.24        | 24.48        | 1.197               |
| 50                      | 12.20        | 24.40        | 1.190               |
| 40                      | 12.12        | 24.24        | 1.176               |
| 30                      | 12.04        | 24.08        | 1.162               |
| 20                      | 11.98        | 23.96        | 1.148               |
| 10                      | 11.94        | 23.88        | 1.134               |

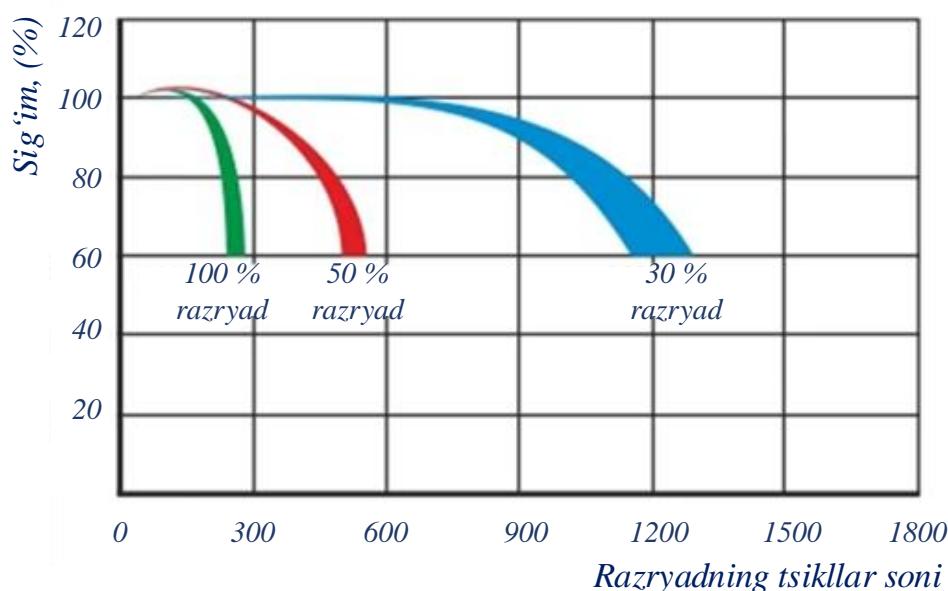
O'lchashdan oldin akkumulyatorni barcha iste'molchilardan va zaryadlovchi qurilmalardan uzib qo'yish hamda kamida 2 soat kutish lozim bo'ladi. So'ngra akkumulyator terminallaridagi kuchlanishni o'lchash mumkin bo'ladi. Quyida jadvalda suyuq elektrolitli akkumulyatorlar uchun kuchlanishlar keltirilgan. Yangi to'liq

<sup>16</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij VM. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

zaryadlangan AGM yoki gelli batareyalar uchun kuchlanish 13-13,2V ni tashkil etadi (suyuq elektrolitli 12,5-12,7 V li starterli batareyalar bilan solishtiring). Qarigan sari akkumulyatorlar uchun bu kuchlanish kamayadi. Nosoz bankani topish uchun akkumulyatorning har bir bankasidagi kuchlanishni o‘lhash mumkin bo‘ladi (har bir bankadagi kerakli kuchlanishni topish uchun 12V li kuchlanishni 6 ga bo‘ling).

Zaryadlanganlik darajasini topishning ikkinchi usuli – elektrolit zichligini aniqlash. Bu usul faqatgina suyuq elektrolitli akkumulyatorlar uchun to‘g‘ri keladi. Shuningdek bu yerda ham o‘lhashdan oldin 2 soat kutish lozim bo‘ladi. O‘lhash uchun areometr qo‘llaniladi. Albatta rezina qo‘lqop va himoyalovchi ko‘zoynak kiyish lozim! Teriga tekkan holatni oldini olish uchun yoningizda doim osh sodasi va suv bo‘lishi kerak.

**Akkumulyatorlarning xizmat qilish muddati.** Akkumulyatorning xizmat qilish muddatini yillar yoki oylar bilan o‘lhash noto‘g‘ri hisoblanadi. Batareyaning xizmat qilish muddati zaryad-razryadlar tsikllari soni bilan o‘lchanadi va uni ekspluatatsiya qilish sharoitlariga ko‘p jihatdan bog‘liq bo‘ladi. Batareya qanchalik chuqurroq razryadlansa, u qanchalik razryadlangan holatda bo‘lsa, mumkin bo‘lgan ishlash tsikllari soni shunchalik kam bo‘ladi (2.4-rasm).



2.4-rasm. ABLarining tsikllardagi xizmat qilish muddati

Akkumulyatorning “zaryad-razryad ishchi tsikllari soni” tushunchasining o‘zi nisbiydir, chunki turli omillarga bog‘liq bo‘ladi. Bundan tashqari Ishchi tsikllarining soni misol uchun bir turdagি

akkumulyator uchun universal tushuncha hisoblanmaydi, chunki har bitta ishlab chiqaruvchida bo‘ladigan texnologiyaga bog‘liq bo‘ladi. Akkumulyatorlarning xizmat qilish muddati tsikllarda o‘lchanadi, shuning uchun ishslash muddatini yillarda o‘lhash – taxminiy bo‘ladi va tipik ishslash sharoitlari uchun mo‘ljallangan bo‘ladi. Shuning uchun masalan reklamada akkumulyator xizmat qilish muddati 12 yil deb ko‘rsatilgan bo‘lsa, bu holat ishlab chiqaruvchi buferli rejim uchun o‘rtacha zaryad-razryadlar tsikllari soni oyiga 8 ta bo‘lishini ko‘rsatgan bo‘ladi. Massalan, AGM Haze akkumulyatorlari uchun 12 yil ko‘rsatiladi va razryad 20% bo‘lganda tsikllar soni 1200 ga teng bo‘ladibir yilda bunday tsikllar 100 ta chiqadi va demak oyiga 8 taga to‘g‘ri keladi.

Yana bitta muhim jihat – ekspluatatsiya jarayonida akkumulyatorning foydali sig‘imi kamayadi. Barcha xarakteristikalar po tsikllar soniga qarab odatda akkumulyatorning to‘liq ishdan chiqqunicha keltirilmaydi, balki u tomondan nominal sig‘imning 40%ni yo‘qotilguncha hisoblanadi. Ya’ni agar ishlab chiqaruvchi 50% razryad sharoitida tsikllar sonini 600 deb ko‘rsatgan bo‘lsa, bu 600 ta ideal tsikldan keyin (ya’ni harorat 20C va bitta kattalikdagi razryadda, odatda 0,1C bo‘lganda) akkumulyatorning foydali sig‘imi boshlang‘ichining 60%ini tashkil etishini bildiradi. Bunday sig‘im miqdori yo‘qotilganda akkumulyatorni almashtirish tavsiya etiladi.

Avtonomli elektr bilan ta’minalash tizimlarida qo‘llash uchun mo‘ljallangan qo‘rg‘oshinli-kislotali AB larning xizmat qilish muddati razryadlanish turi va chuqurligiga bog‘liq ravishda 300 dan 3000 tsiklgacha yetadi. VIE bazasidagi tizimlarda batareya buferli rejimdagiga nisbatan kuchliroq razryadlanishi mumkin. Uzoqroq xizmat muddatini ta’minalash uchun, tipik tsiklda razryad AB ning sig‘imining 20-30%idan oshmasligi, chuqur razryadi esa – sig‘imining 80%idan oshmasligi lozim. Razryaddan keyin qo‘rg‘oshinli-kislotali akkumulyatorlarni shu zahoti zaryadlash muhim hisoblanadi. Uzoq vaqt (12 soatdan ortiq) razryadlangan holatda bo‘lish yoki to‘liq zaryad olmaslik akkumulyatorda orqaga qaytarib bo‘lmaydigan oqibatlarni yuzaga keltiradi va ularning xizmat qilish muddati kamayadi.

**Maksimal zaryadlanish va razryadlanish toklari.** Har qanday akkumulyatorli batareyaning zaryadlanish va razryadlanish toklari unin sig‘imiga nisbatan o‘lchanadi. Odatda akkkumulyatorlar uchun maksimal zaryadlanish toki 0,2-0,3C dan oshmasligi lozim. Zaryadlanish tokining oshib ketishi akkumulyator xizmat muddatining

kamayishiga olib keladi. Maksimal zaryadlanish tokini 0,15-0,2C dan oshirmaslikni tavsiya etiladi. Maksimal zaryadlanish va razryadlanish toklarini aniqlash uchun akkumulyatorlarning muayyan modellariga e'tibor beriladi.

**O‘z-o‘zini razryadlash.**<sup>17</sup> O‘z-o‘zini razryadlash u yoki bu ma’noda barcha turdagи akkumulyatorlar uchun xarakterli bo‘lib ular to‘liqligicha zaryadlanganidan keyin tashqi tok iste’molchisi yo‘q bo‘lgan sharoitda ular tomonidan o‘z sig‘imining yo‘qotilishini ifoda etadi.

O‘z-o‘zini razryadlashni miqdoriy baholash uchun ular tomonidan muayyan vaqt davomida zaryadlanishdan keyin darhol olingan qiymatning foizida o‘lchangan sig‘imini qo‘llash qulay bo‘ladi. Vaqt oralig‘ida odatda bir kun va bir oyga teng bo‘lgan vaqt intervali olinadi. Misol uchun soz bo‘lgan NiCD akkumulyatorlari uchun zaryad tugaganidan keyin birinchi 24 soat davomida 10%gacha bo‘lgan o‘z-o‘zini razryadlashga yo‘l qo‘yiladi, NiMH lar uchun – biroz ko‘proq, Li-ION lar uchun esa hisobga olmaydigan darajada kam bo‘ladi va bir oy uchun baholanadi. Germetik qo‘rg‘oshinli-kislotali akkumulyatorlardagi o‘z-o‘zini razryadlash sezilarli darajada kamaytirilgan va bir yilda 20°C haroratda 40%ni, 5°C haroratda esa – 15%ni tashkil etadi. Yanada kattaroq saqlash haroratlarida o‘z-o‘zini razryadlash oshadi: 40°C da batareyalar 4-5 oy ichida sig‘imining 40% ini yo‘qotadi.

Shuni ta’kidlash lozimki, akkumulyatorlar uchun o‘z-o‘zini razryadlash aynan zaryaddan keyingi birinchi 24 soatda maksimal bo‘ladi, keyinchalik sezilarli darajada kamayib ketadi. Uni chuqur razryadlash va so‘ngra zaryadlash o‘z-o‘zini razryadlash tokini kuchaytiradi.

Akkumulyatorlarning o‘z-o‘zidan razryadlanishi asosan kislорodning musbat elektrodda ajralib chiqishiga bog‘liq bo‘ladi. Bu jarayon yuqori haroratlarda yanada kuchayadi. Masalan, atrofdagi harorat xona haroratiga nisbatan 10 gradusga oshsa o‘z-o‘zini razryadlash ikki baravar oshishi mumkin.

Qaysidir ma’noda o‘z-o‘zini razryadlash qo‘llanilgan materiallar sifatiga, ishlab chiqarishning texnologik jaraniga, akkumulyatorning turi va konstruksiyasiga bog‘liq bo‘ladi. Sig‘imning yo‘qotilishi separatorning shikastlanishiga bog‘liq bo‘lishi mumkin va bunda

<sup>17</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.

yopishib qolgan kristallarning hosil bo‘lgan birlashmalari uni teshib o‘tadi. Separator deb odatda musbat va manfiy elektrodlarni ajratib turadigan yupqa plastinaga aytildi. Bu odatda akkumulyatorga noto‘g‘ri xizmat ko‘rsatish, umuman xizmat ko‘rsatmaslik yoki sifatsiz zaryadlovchi qurilmalar oqibatida yuzaga kelishi mumkin. Haddan tashqari ishlatilgan akkumulyatorda elektrodlarning plastinkalari shishib ketadi, bir-biriga yopishadi va bu holat o‘z-o‘zini razryadlash tokining oshib ketishiga olib keladi, bunda shikastlangan separatorni zaryadlash/razryadlash tsikllarini takroran amalga oshirish orqali tiklab bo‘lmaydi.

**Doimiy tok bilan quvvatlovchi tizimni hisoblash tamoyillari.** UPS qo‘llaniladigan hisoblash markazlariga quvvat berishning qabul qilingan sxemalari doimiy tok tizimlari uchun qo‘llaniladigan tamoyillardan farq qiladi. Doimiy tok tizimlari boshqacha tuzilmagan, komponovkaga va zavoddagi tayyorgarlik darajasiga ega bo‘ladi. Tamoyillarga va ularning konfiguratsiyalari bo‘yicha tavsiyanomalarga qat’iy rioya qilish ishonchlilikning zarur bo‘lgan darajasini va butun tizimning uzluksiz ishlashini ta’minlaydi.<sup>18</sup>

So‘nggi vaqtarda tizimning ishonchliligi xarakteristikalarini ko‘rsatish uchun “to‘qqiztaliklar”, ya’ni foizlarda o‘lchanadigan tizimning ishlamay qolish ehtimolining ko‘rsatkichlari keng tarqaldi. Masalan, 99.9% li shonchlilik («uchta to‘qqiztalik») shuni anglatadiki, bir yilda o‘rtacha bu tizim umuman olganda 8-9 soat ishlamasligi mumkin. AQSh da bunday ishonchlilik qo‘sishimcha rezervlashsiz “umumiyl foydalanishdagi” elektr tarmoqlari uchun standart hisoblanadi. Agar rezervli quvvat berish uskunasi (dizel-generator) va AVR o‘rnatilsa, bizning EPU ning ishonchliligi o‘rtcha “to‘qqiztalik” largacha oshadi – 99.99 – 99.999, bu esa bir yilda 5 daqiqagacha o‘rtacha ishlamay qolish vaqtini tashkil etadi. O‘rtacha katta bo‘limgan elektron tijorat saytining ishlamay qolishining qiymati soatiga 80000 dollarni tashkil etadi. Yirik on-layn sotuvchilar uchun bu ko‘rsatkich soatiga 180 000 dollargacha borishi mumkin. Elektr quvvatidan mahrum bo‘lish sababli turib qolish tarmoq iqtisodiyotining korxonalari rejasiga kirmaydi. Telekommunikatsion tarmoqlarning rivojlanishi, ma’lumotlarni va ovozni uzatish tarmoqlarining konvergensiyasi elektr quvvati bilan ta’minlashning ishonchli bo‘lishini talab etadi. Elektr

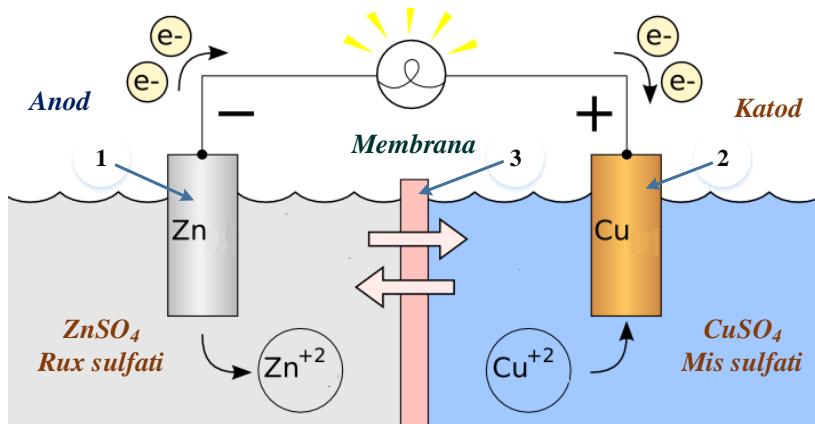
<sup>18</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.

energiyasini uzatishdagi qisqa muddatli uzilish, cho'kib qolish yoki birdan ko'tarilib ketish ko'p milliardli yo'qotishlarga, muhim axborotning yo'qotilishiga, ma'lumotlarning buzilishiga va tiklab bo'lmaydigan ma'naviy harajatlarga olib kelishi mumkin. Shuning uchun quvvat berishning uzilib qolishlariga kritik bo'lgan aloqa uzellari kamida "oltita to'qqiztalik"li ishonchlilikni talab etadi. Bunday ishonchlilik doimiy tokning tizimlarini shunchaki qo'llashni emas, balki ularni hisoblashning muayyan tamoyillariga amal qilishni talab etadi.

Umumiy ko'rinishda bu protsedura muayyan sondagi to'g'rilagichlar, akkumulyatorli batareyalar sig'imini, batareyali kabellarning kesimi va turini, batareyaning himoyalanish tizimi ajratuvchisi nominal tokini, taqsimlovchi avtomatlar yoki saqlagichlar turini va nominallarini tanlashni, shuningdek yuklashning quvvat berish kabelining kesimini talab etadi. Qo'shimcha ravishda tizimlarni hisobkitob qilishda tizimni konstruktiv joylashtirish borasidagi talablar (avtonom ravishda shkafda yoki mavjud bo'lgan shtativga o'rnatish), polga nisbatan maksimal yuklatish borasidagi talablarni hisobga olgan holda batareyali stellaj konfiguratsiyasining nuqtali yoki taqsimlangan bo'lishini, shuningdek mahalliy yoki masofadan turib boshqarish imkoniyatiga bo'lgan talablarni inobatga olish lozim bo'ladi.

## 2.2. Birlamchi kimyoviy tok manbalari – galvanik elementlar: ishlash prinsipi va turlari

Birlamchi kimyoviy tok manbaining ishlash prinsipini Yakobi-Danielning galvanik elementi misolida ko'rib chiqamiz (2.5-rasm).



2.5-rasm. Galvanik element: 1-rux elektrod; 2-mis elektrod; 3-g'ovak to'siq; A-anod; K-katod

Bu element mis kuporosi  $\text{CuSO}_4$  aralashmasiga tushirilgan mis

elektrod 3 dan va rux kuperosi  $ZnSO_4$  aralashmasiga tushirilgan rux elektrod 1 dan iborat. Shisha idishga quyiladigan elektrolitlar bir-biriga tegib tura-di, lekin aralashib ketmaydi, chunki ular g'ovak to'siq 2 bilan ajratilgan.

Rux elektrod elektritolit aralashmasiga tushirilganda, metallning musbat ionlari elektrod oldi fazosiga suriladi, elektrolitning musbat ionlari esa elektrod yuzasiga o'tiradi. Rux elektrodning elektrod oldi fazosiga bergen musbat ionlari soni, uning yuzasiga elektrolitdan kelib tushgan musbat ionlari soni-dan ortiqdir. Elektrodda erkin elektronlar hosil bo'lib, u manfiy zaryadlanadi. Natijada *elektrod potensali*  $\varphi_-$  deb nomlanadigan ma'lum bir potensiallar ayirmasiga ega bo'lgan zaryadlangan qatlam hosil bo'ladi. Agarda elektrolit aralashmasiga mis elektrodi tushirilsa, unda xam shunga o'xshash jarayon kechadi. Lekin mis o'zining elektrod oldi fazosiga, elektrolitdan yuzaga cho'kkan musbat ionlardan kam bo'lgan musbat ionlarni beradi. Elektrod musbat zaryadlanib,  $\varphi_+$  *elektrod potensialini* xosil qiladi.

Tashqi zanjir ulanganda, ozod elektronlar manfiy elektroddan musbat elektrodga tomon xarakatlanadi. Ruxni musbat ionlari elektrod oldi fazosidan chiqib ketadi, ularning o'rniga esa yangi elektronlar suriladi. Ular musbat elektrodga kelib, misning musbat ionlarining bir qismini neytrallashtiradi va misning neytral molekulalarini hosil qiladi. Kislota qoldig'inining bo'shagan manfiy ionlari, elektrod oldi fazosidan chiqib, manfiy elektrodga yo'naladi. Musbat elektrod yuzasida, neytrallangan ionlar o'rniga elektrolitdan misning yangi ionlari o'tiradi.

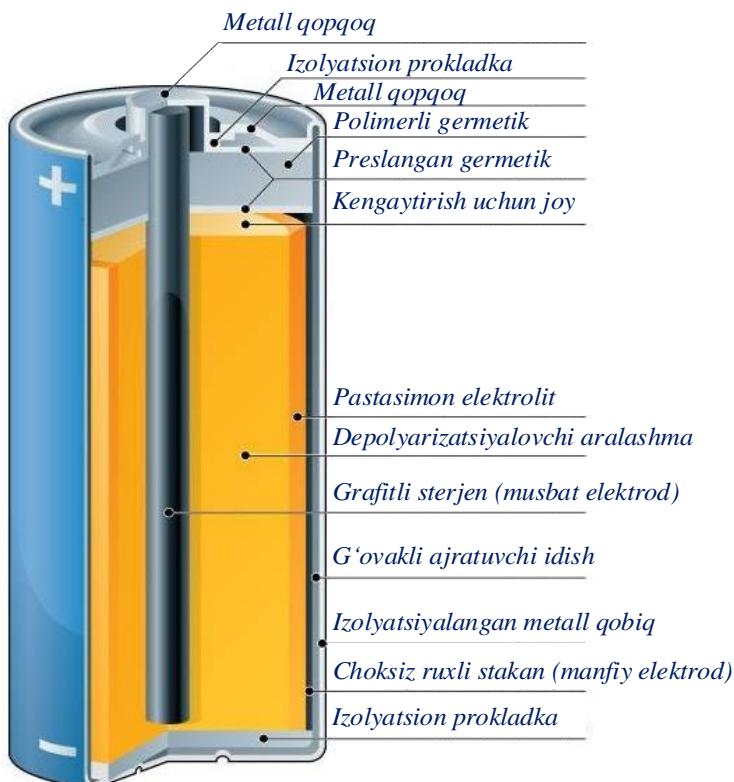
Musbat elektroddan kelib tushgan kislota qoldig'inining manfiy ionlari manfiy elektrod oldida bo'shagan rux ionlarini neytrallaydi. Elektr kimyoviy jarayonlar natijasida rux kuperosining ko'shimcha molekulalari xosil bo'ladi va mis kuperosining molekulalari soni kamayadi. Manfiy elektrod oldidagi elektrolit zichligi ko'payadi, musbatining oldida esa kamayadi. Manfiy elektrod massasi kamayadi, musbatiniki esa ortadi. Massani kamayishi bilan kechadigan manfiy elektroddagi reaksiyalar *oksidlanish jarayoni*, musbat elektroddagi massani ortishi bilan kechadigan reaksiyalar esa *tiklanish jarayoni* deb ataladi.

Elektroliti quyuqlashgan holatda (pasta ko'rinishida) bo'lgan birlamchi elementlar *quruq elementlar* deyiladi. Quruq elementlarning ko'p turlari mavjud, bulardan marganes ruxli – tuzli (elektrolit), galetali (qatlamlı), ishqorli, simob-ruxli turlari hisoblanadi.

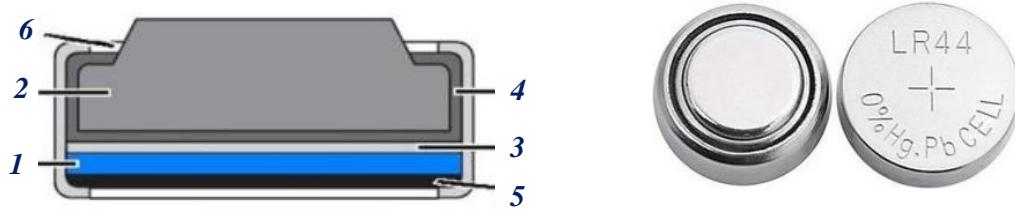
**Tuzli (elektrolit) marganets-ruxli elementlar.** By elementlar loyihasi ikki xil bo‘ladi: stakanli va galetali (qatlamlili). Marganets-ruxli elementlarda ruxli (manfiy) elektrod tsilindr yoki to‘g‘ri burchakli stakanga o‘xshahs bo‘lib, idish vazifasini o‘taydi.

Musbat elektrod vazifasini stakanning markaziga joylashtirilgan ko‘mir tayoqcha bajaradi. Bu elektrod marganes ikki oksidi, pargrafit va asetenlen qurum aralashmasidan qilinadi. Elektrolit vazifasini ammoniy xlorid (novshadil) o‘taydi (2.6-rasm).

**Galetali (qatlamlili) marganets-ruxli elementlarda** (2.7-rasm) musbat elektrod vazifasini tekis presslangan galeta o‘taydi. Manfiy elektrod rux plastinkadan qilingan. Ikkala elektrodnинг o‘lchovlari bir xil. Elektrodlar bir-biri bilan karton yoki qog‘ozdan qilingan va elektrolit bilan shimdirligani g‘ovakli to‘sinq orqali ajratilgan. Element xlorvinil xalqa bilan qattiq bog‘langan. Galetali elementlarni bir-birining ustiga joylashtirilib ketma-ket ulash mumkin. Elementlarning EYuK taxminan 1.6 voltga teng.

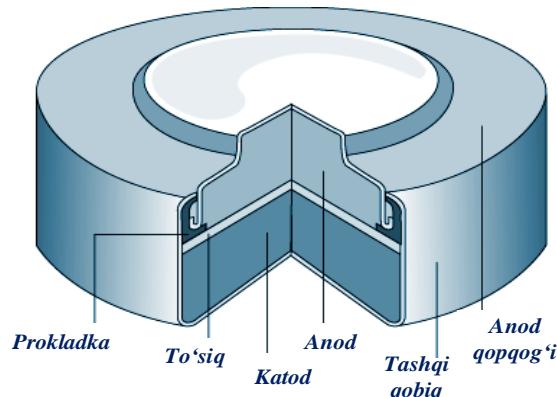


2.6-rasm. Stakanli marganets-ruxli element.



2.7-rasm. Galetali (qatlamlili) marganes-ruxli element

1-ruxli plastina (manfiy elektrod), 2-aglomerat (musbat elektrod), 3-diafragma, 4-izolyator, 5-suv o'tkazmaydigan qatlam, 6-germitik xalqa.

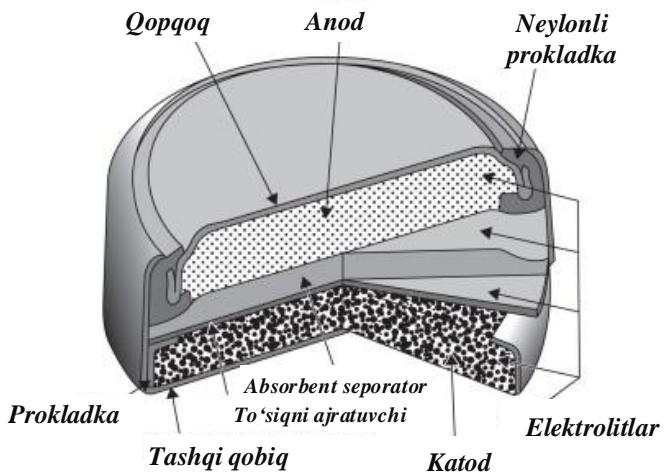


2.8-rasm. Ishqorli marganes-ruxli elementning tuzilishi.

**Ishqorli marganes-ruxli elementlar.** Musbat elektrod marganes ikki oksid va grafit aralashmasidan iborat. Bu aralashmaga presslangan silindrik po'lat shakli beriladi (2.8-rasm).

Manfiy elektrod vazifasini presslangan kukunsimon rux o'taydi. Elektrodlarning orasi bir necha qatlamlili, 30%li ishqor eritmasi shimdirlilgan karton bilan to'ldirilgan. Bu elementlar 4 xil ishlab chiqariladi. MR-1K, MR-2K, MR-3K, MR-4K. Elementlarning EYuK taxminan 1.5 voltga teng.

**Simob-ruxli elementlar.** Musbat elektrod vazifasini qizil simob oksidi va grafit aralashmasi o'taydi (2.9-rasm). Bu aralashma  $2000\text{kG/sm}^2$  bosimda nikellangan po'lat korpusuga presslanganyu Manfiy elektrod vazifasini rux kukuni o'taydi. Elektrolit vazifasini separatorning qog'ozga shimdirlilgan, zichliga 1.4 ga teng bo'lgan kaliyli ishqor o'taydi. Simob ruxli elementning EYuK 1.36 voltga teng.



2.9-rasm. Simob-ruxli element.

Kimyoviy tok manbalarining simob-ruxli tizimi marganes ruxli elementlarga nisbatan, o‘zining quyidagi asosiy elektr tavsiflariga ko‘ra afzalliklarga ega: ancha yuqori solishtirma elektr sig‘imi; EYuKning mu’tadilligi; bir oyda 3...5% ga teng bo‘lgan o‘z-o‘zidan zaryadsizlanishi; mexanik jihatdan mustahkamligi.

Simob-ruxli elementlar turli nominal sig‘im va zaryadsizlanish toklari bo‘yicha ishlab chiqariladi. Masalan RS53 elementi uchun nominal sig‘im  $S_n=0,25A\cdot soat$ , zaryadsizlanish toki  $I_r=0,125A$ , RS93 element uchun  $S_n=13A\cdot soat$ ,  $I_r=0,3A$ . Simob-ruxli elementlarning boshlang‘ich zaryadsizlanish kuchlanishi  $U_{r.b.}=1,0V$ , oxiridagi kuchlanish esa  $U_{r.o.}=1,0V$ . ga teng bo‘ladi.

Barcha birlamchi elementlarning afzalliklariga: ularning kichik xajmliligi, ishlatilishining soddaligi, foydalanishga doyimo tayyorligi hisoblanadi. Bu elementlarning bir qator kamchiliklari bor, ular: qayta zaryadlana olmasligi; yuqori ichki qarshilikka va nisbatan kichik saqlashning muddatiga ega ekanlidigadir. Temir yo‘lda, ular asosan ko‘chma radiostansiyalar, kichik o‘lchamli apparatlar, masofaviy boshqarish tizimidagi telefon apparatlari va o‘lchov asboblarini elektr ta’minti uchun ishlatiladi.

**Litiy-ionli va litiy-polimerli elementlar (batareyalar).** Litiy batareyalari ustida birinchi tajribalar 1912 yilda boshlangan. Bu tajribalarni G.N.Luis boshchiligidagi olimlar guruhi tomonidan amalga oshirilgan. 1970 yillar boshida qayta quvvatlanmaydigan litiy batareyalari paydo bo‘ldi. 1980 yildan boshlab litiy batareyalari ishlab chiqarishga xarakat qilishgan, lekin anod materiali sifatida ishlatiladigan litiy materialini nostabilligi sababli bu xarakat to‘xtab qoldi. 2009 yilda

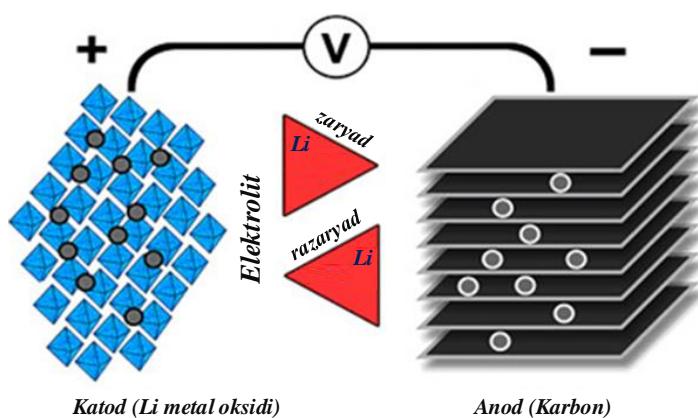
barcha batareyalar daromadining taxminan 38 foizi Li-ion batareyalari tashkil qiladi. Li-ion batareyalariga kam xizmat qo'rsatiladigan batareyalar hisoblanadi. Nominal kuchlanishi 3.6V. Mobil telefonlarda va raqamli kameralarda keng qo'llaniladi. Li-ion batareya tashqi ko'rinishi 2.10-rasmda va turlari 2.2 - jadvalda keltirilgan.

Li-ion batareyalari katodi musbat elektrod, anodi manfiy elektrod va elektrolitlar o'tkazgich sifatida foydalaniladi. Katod metal oksididan, anod esa g'ovakli ugleroddan iborat.<sup>19</sup>

Razryadlanish jarayonida ionlar oqimi anoddan katod tomon elektrolit va separator tomon oqib o'tadi (2.11, 2.12-rasm). Zaryadlanish va razryadlanish jarayonida ionlar katod (musbat elektrod) va anod (manfiy elektrod) o'rtaida almashadi.



2.10-rasm. Li-ion batareyalar tashqi ko'rinishlari



2.11-rasm. Li-ion akkumulyator batareyasining razryadlanish jarayonini tushuntiruvchi chizma

<sup>19</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij VM. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

## 2.2-jadval

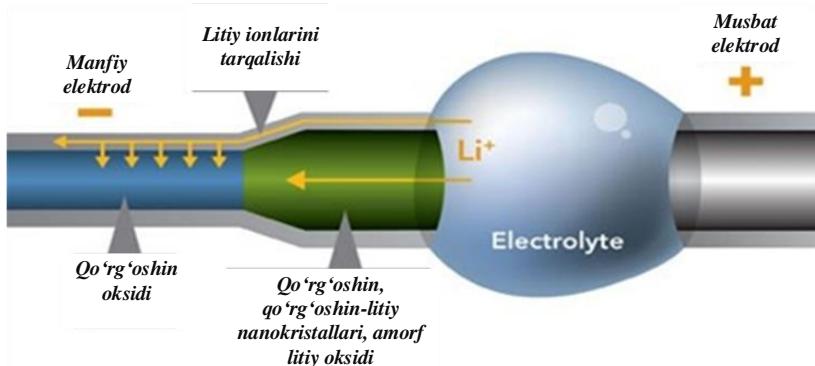
### Li-ion batareyalari uchun mos yozuvlar nomlari<sup>20</sup>

| Kimyoviy nomi  | Material                              | Qisqartmasi | Qisqa shaklda nomlanishi  | Izoh  |
|--|---------------------------------------|-------------|---------------------------|---|
| <b>Lithium Cobalt Oxide<sup>1</sup></b><br>(bundan tashqari Lithium Cobalate yoki lithium-ion-cobalt deb nomlanishi mumkin)        | $\text{LiCoO}_2$<br>(60% Co)          | LCO         | Li-cobalt                 | Imkoniyati yuqori. Mobil telefon, noutbuk, foto va video kamera                             |
| <b>Lithium Manganese Oxide<sup>1</sup></b><br>(bundan tashqari Lithium Manganate yoki lithium-ion-manganese deb nomlanishi mumkin) | $\text{LiMn}_2\text{O}_4$             | LMO         | Li-manganese, yoki spinel | Xavfsiz. Li-cobalt ga nisbatan solishtirma quvvati yuqori va xizmat ko'rsatish vaqtin uzoq. |
| <b>Lithium Iron Phosphate<sup>1</sup></b>  | $\text{LiFePO}_4$                     | LFP         | Li-phosphate              |   |
| <b>Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide<sup>1</sup>, (bundan tashqari lithium-manganese-cobalt-oxide deb nomlanishi mumkin)</b>   | $\text{LiNiMnCoO}_2$<br>(10–20% Co)   | NMC         | NMC                       | Elektr asboblarda: radiotexnika, tibbiyot asboblarida, va x.k.                              |
| <b>Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide<sup>1</sup></b>  | $\text{LiNiCoAlO}_2$<br>(9% Co)       | NCA         | NCA                       | Elektr kuch agregatlarida   |
| <b>Lithium Titanate<sup>2</sup></b>  | $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ | LTO         | Li-titanate               |   |

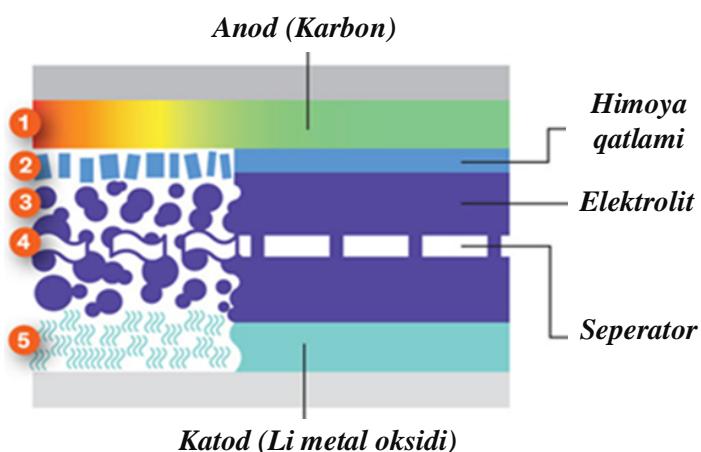
<sup>1</sup> Katod materiali, <sup>2</sup> Anod materiali

---

<sup>20</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.



2.12-rasm. Li-ion akkumulyator batareyasida elektronlar oqimi



2.13-rasm. Li-ion akkumulyator batareyalarida issiqlik ajralishi<sup>21</sup>

1. Qizishning boshlanishi. 2. Saqllovchi qatlam parchalanishi. 3. Elektrolitlar yonuvchan gazlar ichida parchalanishi. 4. Eritish separatori, qisqa tutashuv. 5. Katod parchalanib kislorod hosil qiladi.

Nazariyadan bizga ma'lumki, barcha batareyalardagi materiallar solishtirma enegetik harakteristikalarga ega. Umumiylar katod materiali litiy-oksid kobalt, (yoki litiy-kobalt), litiy-marganes oksidi (yoki litiy manganat), litiy-fosfat, litiy-nikel marganes kobalt (yoki NMC) va litiy-nikel Kobalt oksid aluminiy (yoki NCA). 2.3-jadvalda Li-ion batareyalrining xarakteristikalarini keltirilgan.

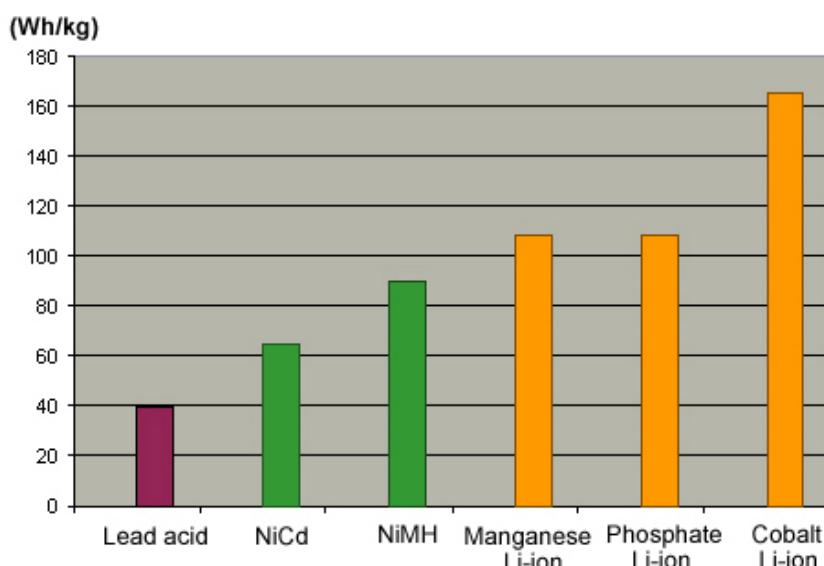
<sup>21</sup> Kedrinskii I. A., Podalinskii J. A., Chudinov E. A. Charging curves of first charging of lithium-ionic battery anode. // Abstracts of 8th International Frumkin Symposium «Kinetics of electrode processes» Moscow. 2005. P. 121.

### 2.3 - jadval

Eng ko‘p ishlataladigan Li-ion batareyalarining xarakteristikalari<sup>22</sup>

| <b>Texnik xususiyatlari</b>                    | <b>Li-cobalt</b>   | <b>Li-manganese</b>   | <b>Li-phosphate</b>   | <b>NMC <sup>1</sup></b>  |
|--|--|---|---|--|
| <b>Kuchlanishi</b>                             | 3.60V  | 3.70V   | 3.30V   | 3.60/3.70V   |
| <b>Zaryadlash chegarasi</b>                    | 4.20V  | 4.20V   | 3.60V   | 4.20V  |
| <b>Hayot davri</b>                             | 500  | 500-1,000   | 1,000-2,000   | 1,000-2,000  |
| <b>Ishchi harorat</b>                          | O‘rtacha   | O‘rtacha  | Yaxshi  | Yaxshi   |
| <b>Solishtirma energiya</b>                    | 150-190Wh/kg   | 100-135Wh/kg  | 90-120Wh/kg   | 140Wh/kg   |
| <b>Solishtirma qvvat</b>                       | 1C   | 10C, 40C puls   | 35C uzlucksiz   | 10C  |
| <b>Xavfsizlik</b>                              | O‘rtacha.  |   | Juda yaxshi   | Yaxshi   |
| <b>Issiqlik ajralishi</b>                      | 150°C (302°F)  | 250°C (482°F)   | 270°C (518°F)   | 210°C (410°F)  |
| <b>Qiymati</b>                                 | Yuqori xom ashyo   | Kobaltga nisbatan 30% kam   | Yuqori  | Yuqori   |
| <b>Foydalanish davri (dan hozirgacha)</b>      | 1994   | 2002  | 1999  | 2003   |
| <b>Tadqiqodchilar va ishlab chiqaruvchilar</b> | Sony, Sanyo, FDK, Saft   | NEC, Samsung, Hitachi   | UT, QH, MIT A123, Valence   | Sony, Sanyo, Nissan Motor  |
| <b>Eslatmalar</b>                              | O‘ziga xos juda yuqori energiya, cheklangan energiya miqdori, mobil telefonlar va noutbuklar uchun | Yuqori qvvat, yuqori solishtirma energiya, elektr asboblar, tibbiyot asboblari va elektromobillar uchun | Yuqori qvvat, o‘rtacha solishtirma energiya, boshqa litiy-ion batareyalariga nisbatan o‘z o‘zidan razryadlanishi yuqori | Juda yuqori qvvat, yuqori solishtirma energiya, elektr asboblar, tibbiyot asboblari va elektromobillar uchun |

<sup>22</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.



2.14-rasm. An'anaviy kimyoviy batareyalarining energiya zichligi

Litiy ionli akkumulyator batareyalarning avzalliklari:

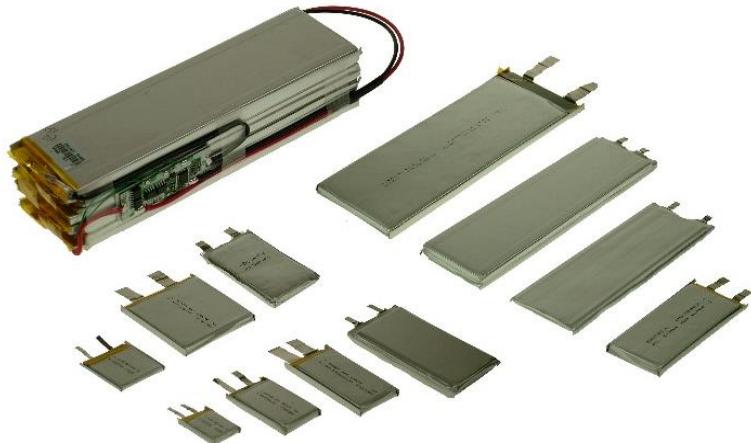
- katta energetik zichligi;
- o‘z-o‘idan quvvatsizlanishi past;
- «hotira effekti» mavjud emas;
- hizmat ko‘rsatishning soddaligi.

Litiy ionli akkumulyator batareyalarning kamchiliklari:

- Tok va kuchlanish bo‘yicha havfsizlik sxemasi mavjud bo‘lishi kerak;
- Nisbatan tezroq eskirish. Batareyani salqin joyda saqlash eskirish jarayonini taxminan 40% ga kamaytiradi;
- Razryad tokining belgilanganligi;
- Katta partiyadagi batareyalarini tashish muamolari – oldindan kelishib olish talab etiladi;
  - Tannarxining yuqoriligi (nikel kadmiyli batareyalar bilan solishtirganda 40 % yuqoriroq);
  - Konstruksiya mukammal emasligi.

Litiy polimerli akkumulyator batareyalari ishlatiladigan elektrolit turlari bilan litiy ionli batareyalardan farqlanadi. Zamonaviy litiy-polimer akkumulyator batareyalarini xona haroratida o‘tkazuvchanligini oshirish uchun geleyli elektrolit qo‘sildi. Bugungi kunda barcha Li-ion polimer panjaralari nam mikro g‘ovakli ajratuvchilardan (separator) tashkil topgan. "Litiy-ion polimer" iborasi adabiyotlarda Li-ion polimer yoki qisqacha Li-polimer deb keltiriladi. Ko‘plab tizimlarda litiy-polimer batareyalari litiy-kobalt, litiy-fosfat i

litiy-marganey asosida tuzilgan. Shuning uchun litiy-polimer akkumulyator batareyalari noyob kimyoviy batareyalari hisoblanmaydi. Ko‘plab litiy-polimer paketlari iste’mol bozori uchun litiy-kobalt asos hisoblanadi.



2.15-rasm. Litiy-polimer akkumulyator batareyalari

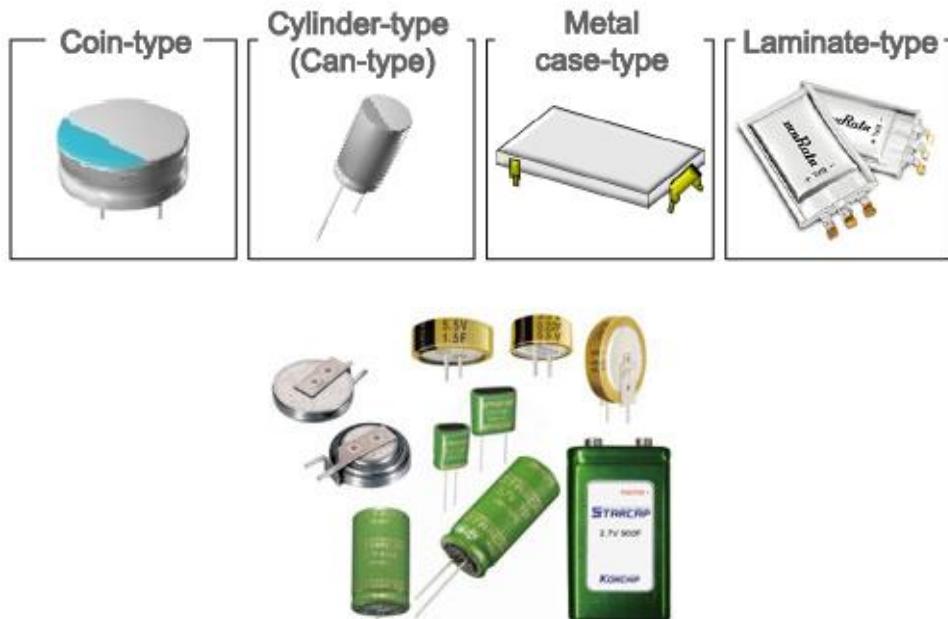
Litiy-polimer batareyalarini quvvatlash jarayoni litiy-ion batareyalarinikiga o‘xshash. Litiy-polimer batareyalarida quruq elektrolit ishlataladi. Ularning quvvatlanish vaqtি 3...5 s. ni tashkil qiladi. Gelli elektrolitli litiy-polimer batareyalari ularni odatda litiy-ionli batareyalarga sinfiga keritishadi va ularning quvvatlanishi bir xil. Ko‘pgina quvvatlash uskunalari litiy-ionlia va litiy-polimerli batareyalarini zaryadlashga mo‘ljallangan bo‘ladi.

Ionistor (yoki superkondensator) – energiya saqlovchi kondensator hisoblanib, zaryadlar ikki muhit chegarasida, ya’ni elektrod va elektrolit da saqlanadi. Ionistordagi energiya statik zaryad shaklida bo‘ladi. Uning elektrordlariga potensiallar farqi (DC kuchlanish) ta’sir qilsa zaryad to‘planish amalga oshadi. Ionistor tushunchasi yaqinda paydo bo‘ldi va o‘zini qo‘lanilish sohalarini tanlab oldi. Ionistorlar kimyoviy tok manbalarini o‘rnini bosishi mumkin. Masalan, zaxira elektr manaba sifatida (xotira mikrosxemasida) yoki boshlang‘ich zaryadlovchi batareya quvvat manbai sifatida qo‘llash mumkin.

Odatda superkondensatorlar elektrod va elektrolitlar (shu jumladan, elektrolit tuz) va separatordan (manfiy va mumdat elektrodlar orasidagi aloqani oldini olish uchun) tashkil topgan. Elektrodlar elektr kollektorlarida joylashtirilgan va faol uglerod kukunlari bilan qoplangan. Superkondensatorlarni zaryadlash vaqtida manfiy ionlar musbat ionlar

o‘rnini va mubat ionlar manfiy ionlar o‘rnini egallaydi. Ionlarni bunday holatda o‘z o‘rnini almashtirishi “ikki elektr qatlam” ham deb yuritiladi.

Superkondensatorlarning asosiy shakillari va turlari 2.16-rasmda keltirilgan. Bu superkondensatorlar laminat turi hisoblanadi.



2.16-rasm. Superkondensatorlarning asosiy shakillari

*Superkondensatorning asosiy xususiyatlari:*<sup>23</sup>

- Kichik va yupqa paketli (LWT boshlab: 14.0mm×21.0mm×3.2mm);
- Quvvat va sig‘imi yuqori (masalan, DMF tipidagi: 45mΩ, 55V, 470mF);
- Zamonaviyligi, an’anaviy superkondensatorlarga nisbatan kirish va chiqish elektr xarakteristikalari yuqori;
- Zaryadlar va razryadlash davomiyligi yaxshi;
- Ishonchliyligi yuqori.

Simsiz texnologiya ko‘لامи киyingi yillarda keng rivojlanib ularning o‘lchamlari xam kichiklashib bormoqda. Ular, sanoat korxonalarini va muassasalarini nazorat qilish va undagi jarayonlarni boshqarish, xavfsizlik tizimlari va radio chastotalarini aniqlash qurilmalarining holatini nazorat qilish uchun ishlataladi. Superkondensatorlarin bunday qurilmalarda ishlatalishi iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi. Ortiqcha sim yoki akkumulyator

<sup>23</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.

batareyalari qo‘llanilmaydi.

### **2.3. Ikkilamchi kimyoviy tok manbalari – akummulyatorlar: ishlash prinsipi va turlari.**

Birlamchi elementlar zaryadsizlangandan keyin ish qobiliyatini yo‘qotadi. Akkumulyatorlarni esa tok o‘tkazib, qayta zaryadlantirish mumkin.

Hozirgi vaqtida qo‘rg‘oshinli yoki kislotali, kadmiy-nikelli, temir-nikelli, kumush-ruxli yoki ishqorli akkumulyatorlar juda keng tarqalgan.

Telekommunikatsiyadagi avtomatika, telemexanika va aloqa qurilmalarida uzoq muddat mobaynida ko‘p martali foydalanish mumkin bo‘lgan *ikkilamchi kimyoviy tok manbalari – akkumulyatorlar* keng tarqalgan. Ular kichik ichki qarshilikka ega bo‘lib, katta zaryadsizlanish toklarini o‘tkazishga mo‘ljallangan.

*Akkumulyator* deb, elektr tokining zaryadi yordamida, uning sig‘imini tiklanishi hisobiga ko‘p marta zaryadsizlanish uchun mo‘ljallangan galvanik elementga aytildi. Zaryadlanish paytida akkumulyator iste’mol qiladigan elektr energiya, kimyoviy energiyaga aylanadi. Zaryadsizlanishda sarf bo‘lgan faol moddalar, akkumulyatorning navbatdagi zaryadlanishi davomida yangidan tiklanadi<sup>24</sup>.

**Akkumulyator batareyalarning konstruktiv turlari va tuzilishi.** Har bir akkumulyator bir-biridan ajratilgan va mustaxkam, kislota ta’siriga chidamli idishdagi elektrolit eritmasiga botirilgan turli ishorali elektrodlardan (plastinalar) tashkil topgan.

Tuzilishi bo‘yicha batareyalarning quyidagi turlari mavjud:

- Odatdagи konstruksiya ga ega bo‘lgan batareyalarda yaxlit qobiqga joylashtirilgan uch yoki olti ketma-ket ulangan akkumulyatorlardan tashkil topgan bo‘lib, ularning usti alohida qopqoqlar bilan yopilgan. Elementlar aro ulagichlar esa qopqoqning ustidan o‘tgan.

- Umumiy qopqoqga ega bo‘lgan yaxlit qobiqli va elementlar aro ulagichlar qopqoq ostidan o‘tkazilgan batareyalar;

- «Xizmat ko‘rsatilmaydigan» batareyalar. Bu akkumulyator batareyasi ham umumiy qopqoqga ega bo‘lib, unda suyuqlik quyish

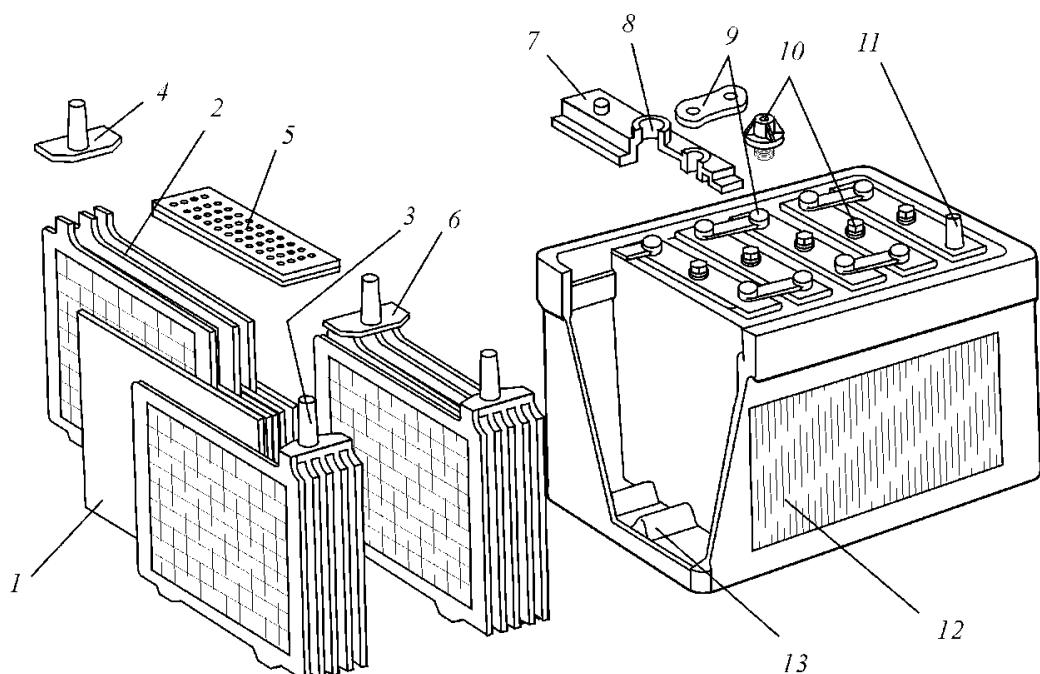
---

<sup>24</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij M. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

teshiklari yo‘q va ularni ishlatish jarayonida distillangan suv quyish talab qilinmaydi.

- Mutlaqo xizmat ko‘rsatilmaydigan, zichlashtirilgan akkumulyator batareyalari. Bu akkumulyatorlar «DRYFIT» texnologiyasi bo‘yicha yaratilgan. Ularda elektrolit quyuqlashtirilgan holatda bo‘lib, bu akkumulyatorlarni yuqori ishonchli va xavfsiz ishlatilishini kafolatlaydi.

**Alohida qopqoqlarga ega bo‘lgan batareyalar.** Akkumulyator batareyasi bitta ko‘p bo‘limli yaxlit qobiqqa yig‘iladi (2.17-rasm). Yaxlit qobiq (12) kislotaga chidamli, mexanik mustaxkamligi va izolyatsiya xususiyatlari yuqori bo‘lgan materiallardan tayyorlanadi.



2.17-rasm. Alohida qopqoqli akkumulyator batareyasi

1 - separator, 2 - musbat plastinalar, 3 - manfiy plastinalar, 4 - baretka, 5 - saqlovchi to‘siq, 6 - ko‘prikcha, 7 - qopqoq, 8 - elektrolit va distillangan suv quyish tuynugi, 9 – elementlar aro ulagich, 10 - tiqin, 11 - qutb qulog‘i, 12 – yaxlit qobiq, 13 - tayanch qovurg‘asi.

Yaxlit qobiq bo‘linmasiga joylashtirilgan va qopqoq bilan yopilgan plastinalar bloki nominal kuchlanishi 2V bo‘lgan akkumulyator elementini tashkil qiladi. Akkumulyator elementlar aro qo‘rg‘oshin ulagichlar yordamda batareyaga birlashtiriladi. Qopqoqlar alohida bo‘lgan akkumulyatorlarda ulagichlar tashqaridan, ya’ni qopqoqlarni ustidan o‘tadi. Akkumulyatorlarni ketma-ket ulab batareya hosil qilish uchun ulagichning bir uchi musbat plastinalar yarim blokining bortiga

kavsharlanadi, ikkinchi uchi esa keyingi bo‘linmada joylashtirilgan manfiy plastina yarim blokining bortiga kavsharlanadi va xakozo. Ikkita eng chekkadagi akkumulyatorning bornlariga qutb chiqish joylari va kavsharlanadi. Musbat va manfiy chiqish joylarining diametri har hil qilib ishlangan bo‘lib, bu akkumulyatorlarni iste’molchining tok tarmog‘iga to‘g‘ri ulanishini ta’minlaydi.

Ko‘p yillar davomida yaxlit qobiq yasash uchun ebonit ishlatildi. Ebonit kislotaga chidamli va yaxshi izolyator, lekin uning zarur mexanik mustahkamligini ta’minlash uchun devorchalarining qalinligi 9...12 mm bo‘lishi kerak. Bu batareyaning vaznini ortib ketishiga olib keladi. Bundan tashqari, atrof muhitning harorati pasayishi bilan ebonit juda ham mo‘rt bo‘lib qoladi. Shu sababli hozirgi vaqtida yaxlit qobiqlar termoplast (to‘ldirilgan polietilen), polipropilen va polistorol kabi materiallardan tayyorlanmoqda. Bu materiallarning yuqori mustahkamligi yaxlit qobiq devorchalarining qalinligini 1,5...3,5 mm gacha va batareyaning og‘irligini esa 5 barobar kamaytirish imkoniyatini beradi. Plastmassadan tayyorlangan yaxli qobiqning yetarli darajada tiniqligi batareyadagi elektrolit sathini bemalol tashqaridan nazorat qilish imkonini beradi.

Yaxlit qobiqning bir-biridan ajratilgan bo‘linmalarida bir blokga yig‘ilgan plastinalar (2, 3) va separatorlar (1) joylashtiriladi. Oddiy separatorli batareyalarda har bir bo‘linmaning pastki qismida musbat va manfiy plastinalar tayanadigan to‘rtta qovurg‘a (13)o‘rnatilgan bo‘lib, ularning orasida hosil bo‘lgan bo‘shliqda batareyaning ishslash jarayonida plastinalardagi aktiv massadan uqalanib tushadigan cho‘kma yig‘iladi va plastinalararo qisqa tutashuv bo‘lishidan saqlaydi.

Elektrolit sathini yoki zichligini o‘lhash jarayonida plastinalar hamda separatorning yuqori qismini yemirilishdan saqlash maqsadida ular ustiga kislotaga chidamli plastmassadan tayyorlangan g‘alvirsimon saqlovchi to‘sinq (5) o‘rnatiladi.

Ebonit yoki plastmassadan tayyorlangan qopqoq (7) akkumulyatorlarning alohida bo‘linmalarini yopadigan qilib tayyorlanadi. Alovida qopqoqning atrofi kislotaga chidamli maxsus bitumli mastika bilan zichlashtiriladi. Har bir qopqoqning (2-rasm) uchta doirasimon tuynugi bo‘lib, ikkita chekkasidagi plastina yarim bloklarining qutb quloqchalarini (2) chiqarish uchun mo‘ljallangan bo‘lsa o‘rtadagi rezbali tuynuk (3) akkumulyatorga elektrolit, distillangan suv quyish, elektrolit sathi va zichligini o‘lhash uchun

xizmat qiladi. Plastina yarim bloklarining qutb quloqchalarini kavsharlash va tegishli germetik zichligini ta'minlash maqsadida qopqoqning ikki chekkadagi tuynugiga qo'rg'oshin halqalar (1) preslanib joylashtiriladi.

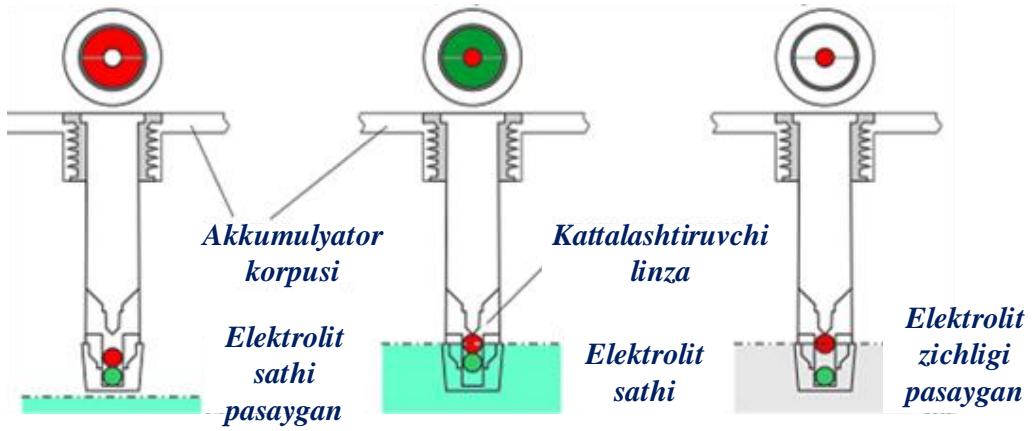
**«Xizmat ko'rsatilmaydigan» akkumulyatorlar batareyasi.** Oddiy qo'rg'oshin-kislotali akkumulyator batareyalariga xos kamchiliklarning (elektrolit sathining tez kamayib ketishi, musbat qutbli plastinalarning tez yemirilishi, o'z-o'zidan razryad bo'lishi va hokazo) ko'pchiligi plastina panjaralari tarkibida 4...6% surma borligidan kelib chiqadi.

Surma elektrolit tarkibidagi suv elektroliz bo'lishiga katalizator sifatida ta'sir qiladi. Suv vodorod va kislorodga parchalanish potensialini generatorning ishchi kuchlanishlari darajasigacha pasaytirib, surma akkumulyatordan gazlar ajralib chiqishni tezlatadi. Natijada, akkumulyatordagi elektrolit sathi nisbatan tez pasayadi, ajralib chiqayotgan gazlar musbat plastina panjaralari, qutb quloqlari va avtomobillarning metall qismlari korroziyalanishiga olib keladi.

«Xizmat ko'rsatilmaydigan» batareya plastinalarini shaklanish jarayoni odatda blok usulida amalga oshiriladi. Bu usulda akkumulyator batareyasi avval to'la yig'iladi, keyin unga zichligi  $1,25 \text{ g/sm}^3$  bo'lgan elektrolit quyiladi va tasdiqlangan tartibda plastinalarni shakllanishi o'tkaziladi.

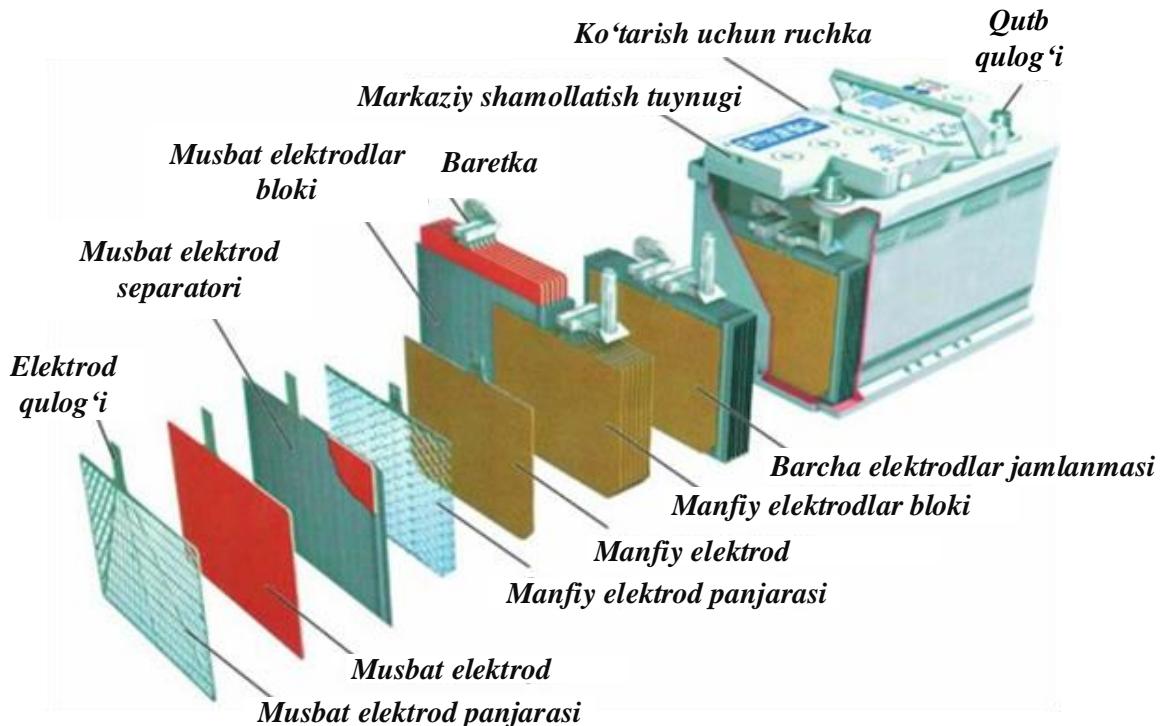
“Xizmat ko'rsatilmaydigan” akkumulyatorlarning ba'zi turlari elektrolit quyiladigan tuynuksiz, ichki bo'shlig'i atrof muhitga umumiyligida qopqoqning chekka qismidagi kichik shamollatish teshiklari orqali bog'langan bo'ladi. Bu akkumulyatorlarning razryadlanganlik darajasini elektrolit zichligi orqali aniqlash imkoniyati yo'q. Shuning uchun, bunday akkumulyatorlarning qopqog'ida maxsus razryadlanganlik ko'rsatkichi - indikator o'rnatiladi (2.18-rasm).

Zaryadlanganlik darajasini ko'rsatuvchi indikatordan olinadigan ma'lumot oltita bankadan faqat bittasiga, ya'ni indikator o'rnatilgan bankaga tegishli bo'ladi. Agar batareyaning indikator o'rnatilmagan bankalarida nosozlik yuzaga kelsa indikator buni aks ettirmaydi.



2.18-rasm. Akkumulyatorning zaryadlanganlik darajasini ko'rsatuvchi indikator.

**Qo'rg'oshin-kislotali akkumulyatorlar.** Qo'rg'oshin-kislotali akkumulyator elementining elektr yurituvchi kuchi (EYuK) 2V ga teng bo'lib, 12V kuchlanishga ega bo'lgan akkumulyator batareyasini hosil qilish uchun oltita akkumulyator elementi ketma-ket ulanadi (2.19-rasm).



2.19-rasm. Qo'rg'oshin-kislotali akkumulyator tuzilishi

Qo'rg'oshin-kislotali akkumulyator batareyalarining ichki qarshiligi nisbatan kichik bo'lganligi sababli, ularga startyor ulanganda akkumulyatordagi kuchlanishning pasayishi kam bo'ladi. Bu turdagি

batareyalarga xizmat ko‘rsatish qulay, ularni razryadlanganlik darajasini aniqlashning oddiy usullari mavjud. Qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlar, ularda ishlatiladigan xom ashyoning narxi nisbatan pastligi, ishlab – chiqarish jarayonini yuqori darajada avtomatlashtirilganligi sababli eng ommaviy va arzon kimyoviy tok manbai hisoblanadi.

Shuning uchun, qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlarning bir qator kamchiliklari bo‘lishiga qaramasdan (mexanik mustahkamligi uncha katta emas, xizmat muddati nisbatan kichik va hokazo) avtomobilarda juda keng ko‘lamda ishlatiladi, chunki ularning tavsifnomalari startyor rejimiga eng to‘la mos keladi.

Ishqorli akkumulyator elementining EYuK 1,25V ga teng bo‘lib, 12V kuchlanishga ega bo‘lgan akkumulyator batareyasini hosil qilish uchun o‘nta akkumulyator elementi ketma-ket ulanadi. Ishqorli akkumulyator batareyalarining ichki qarshiligi nisbatan katta bo‘ladi, shuning uchun katta tok bilan razryad qilinganda (startyor rejimi) ularning tutqichlaridagi kuchlanish, qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlarga nisbatan ancha past bo‘ladi va demak startyor yetarli quvvat bera olmaydi. 12V kuchlanishga mo‘ljallangan ishqorli akkumulyator batareyasi, qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorga nisbatan 1,5 marta og‘ir bo‘ladi, narxi esa 2-3 barobar ortiq bo‘ladi. Shuning uchun, ishqorli akkumulyatorlar avtomobilda juda kam ishlatiladi. Lekin, ishqorli akkumulyatorlarning mexanik mustahkamli-gini yuqoriligi va xizmat muddati qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyatorlarga nisbatan 4-5 barobar ortiq bo‘lishi diqqatga sazovardir. Shu sababli, akkumulyatorlarni ishlatish jarayonida ularning ishonchlilik va chidamli-lik omillari o‘ta zarur bo‘lganda (masalan, yer sharining shimoliy yoki janubiy qutblarida, umuman yetib borish qiyin bo‘lgan joylarda ishlaydigan avtomobillar uchun) ishqorli akkumulyatorlarni ishlatish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Birinchi qo‘rg‘oshin-kislotali akkumulyator batareyasini fransuz olimi Gaston Plante 1860 yilda yaratdi va fransuz fanlar akademiyasiga sovg‘a qildi. Uning akkumulyatori bir biridan rezina qatlami bilan ajratilgan va spiral shaklda o‘ralgan qo‘rg‘oshin listlaridan tashkil topgan bo‘lib, uning umumiyl yuzasi  $10m^2$  ni tashkil qilgan. Plante akkumulyatorlari yuzali elektrodlardan tashkil topib, ular uzoq muddatli (bir necha oydan ikki yilgacha) shakllanish jarayonini talab qilardi.

1881 yilda Folkmer tomonidan panjaralni elektrodlarga ega bo‘lgan

akkumulyator yaratildi. Bu akkumulyatorsozlik sanoatini jadal va muvaffaqiyatli rivojlanishiga katta ta'sir ko'rsatdi.

O'sha davrning eng yaxshi akkumulyatorlari massa bo'yicha solishtirma energiyasi  $7\dots8 \text{ Vt}\cdot\text{soat}/\text{kg}$  bo'lib, ishslash muddati 100 ta "zaryad-razryad" tsiklini tashkil qilgan (zamonaviy akkumulyatorlarda  $40\dots47 \text{ Vt}\cdot\text{soat}/\text{kg}$ , 200...300 tsikl).

Elektrolit tarkibiga ko'ra akkumulyatorlar kislotali yoki ishqorli bo'ladi. Avtomatika va aloqaning elektr ta'minoti qurilmalarida S turidagi statsionar kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar keng qo'llaniladi.

Plastinkaning qovurg'asimonligi faol modda yuzasini oshirish imkonini beradi va shu sababli, plastinkalarning va butun akkumulyatorning elektr sig'imi ortadi. *Shakllantirish* deb nom olgan maxsus ishlov berish natijasida plastinkalar faol moddalar (qo'rg'oshin sulfat  $\text{RbSO}_4$ ) xosil bo'ladi.

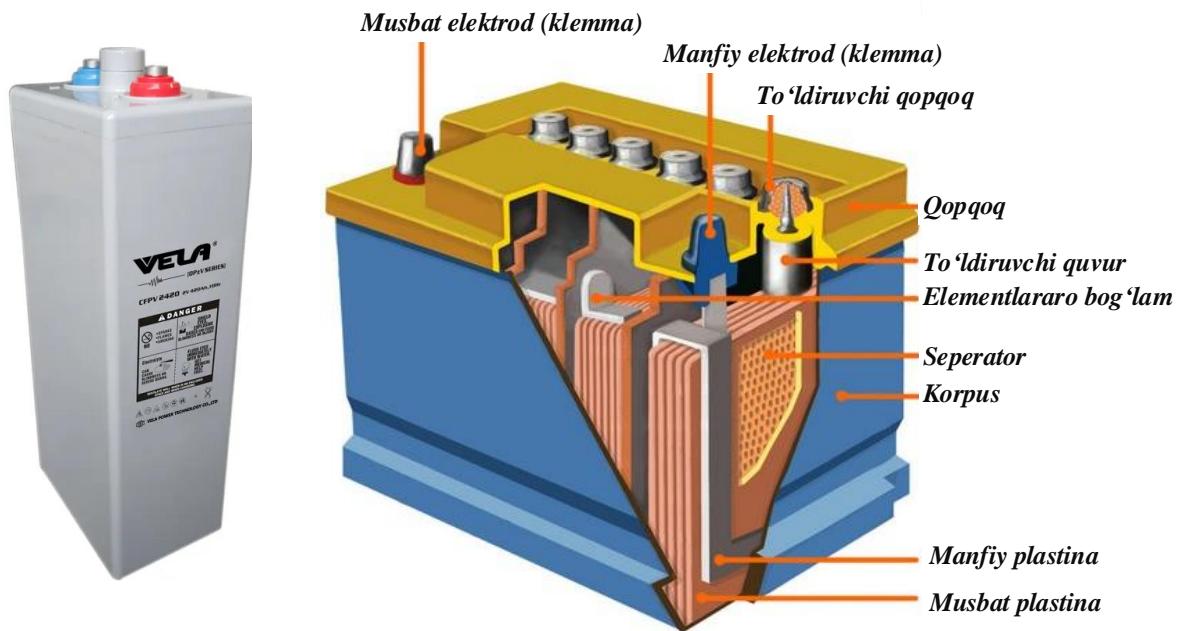
Turli qutbli plastinalarning bir-biriga tegishini oldini olish uchun, ular orasiga *separator* deb nomlanadigan izolyatsiyalovchi qatlam (prokladka) o'rnatiladi. Separator kislotaga chidamli juda mayda g'ovakli materiallardan tayyorlanadi.

Zaryadlangan akkumulyatorlardan olish mumkin bo'lgan elektr miqdori  $Q$  uning sig'imi deyiladi (amper-soatlarda o'lchanadi). Razryad vaqtida  $I_p=const$  bo'lganda akkumulyatorning sig'imini qo'yidagi tenglama orqali aniqlash mumkin:

$$Q_p = I_p \cdot t_p. \quad 2.1)$$

**Ishqorli akkumulyatorlar.** Bu xildagi akkumulyatorlarda elektrolit vazifasini o'yuvchi kaliy ( $\text{KOH}$ ) yoki o'yuvchi natriy ( $\text{NaOH}$ ) suvdagi 21% li eritmasi bajaradi (2.20-rasm). Ular elektrolit bilan to'ldirilgan po'lat idishga tushirilgan plastinkalarning ikkita blokidan iborat. Ishqorli akkumulyatorlarning elektrodlari po'lat romlardan iborat bo'lib, ularga teshikchalardan iborat po'lat tasmadan yasalgan yassi to'rtburchak qutichalar joylashgan. Ular aktiv massa bilan to'ldirilgan. Kadmiy-nikelli elementda manfiy qutbli plastinkalardagi aktiv massa g'ovak kadmiydan, temir-nikelgli elementda g'ovaksimon temirdan iborat bo'ladi. Ikkala akkumulyatorning musbat plastinkalardagi aktiv massa nikel oksidining gidrati  $\text{Ni(OH)}$  dan iborat. Akkumulyatorning kuchlanishi taxminan 1,25V ga teng. Ishqorli akkumulyatorlarning ichki qarshiligi qo'rg'oshinli akkumulyatorlarining qarshiligidan kattaroq.

Shuning uchun ularning foydali ish koeffitsienti past (0,5-0,6) va qisqa tutashuvlarga sezgirligi kamroq. Bu akkumulyatorlar ko‘p yillar xizmat qilishi mumkin, shuningdek, ortiqcha texnik xizmatni talab qilmaydi.



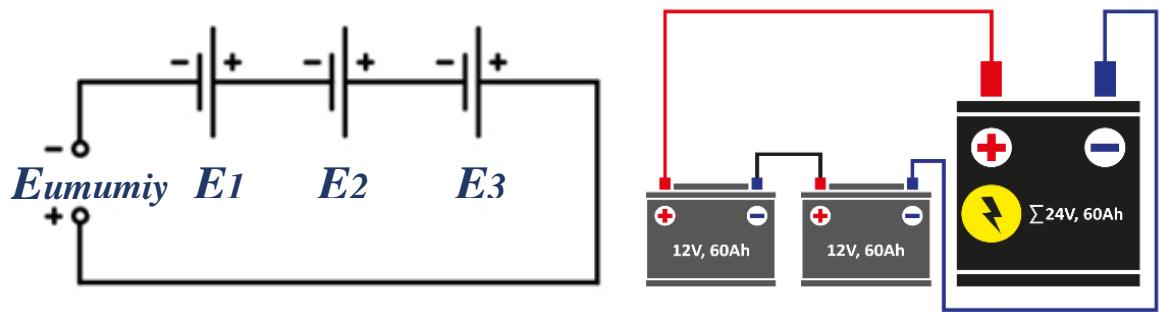
2.20-rasm. Ishqorli akkumulyator tuzilishi

**Kumush-ruxli akkumulyatorlar.** Bu akkumulyatorlarda zichligi 1,4 bo‘lgan o‘yuvchi kaliy (KOH) ning suvdagi eritmasi eletrolit vazifasini o‘taydi. Akkumulyator plastmassa idishga tushirilgan ikkita blok plastinkalardan iborat. Musbat elektrod g‘ovak kumush oksidi  $Ag_2O_3$  plastinkalaridan, manfiy elektrodi esa ruxli g‘ovak plastinkalardan yasaladi. Kumush-ruxli akkumulyatorlar boshqa akkumulyatorlarga nisbatan afzalliklarga ega:

1. Solishtirma sig‘imi va quvvati ancha katta.
2. Ish vaqtida kuchlanishi o‘zgarmaydi (1,5V ga teng bo‘ladi).
3. Qisqa muddatli katta yuk olishi mumkin.
4. Yuqori foydali ish koeffitsienti  $\eta=0,85$ .

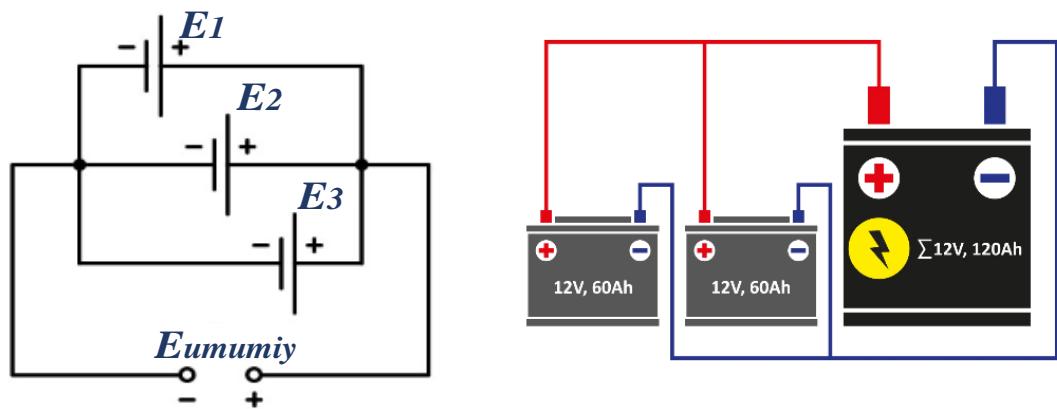
## 2.4. Akkumulyator batareyalarini ulash sxemalari: parallel va ketma-ket ulash

Agar iste’molchini quvvatlantirish uchun yuqori kuchlanish talab etilsa, u holda batareyalarni ketma-ket ulanadi (2.21-rasm). Elektr ta’minoti uchun katta tok kerak bo‘lsa, batareyalarni parallel ravishda ulanadi (2.22-rasm) va akkumulyator batareya deb ataladi.



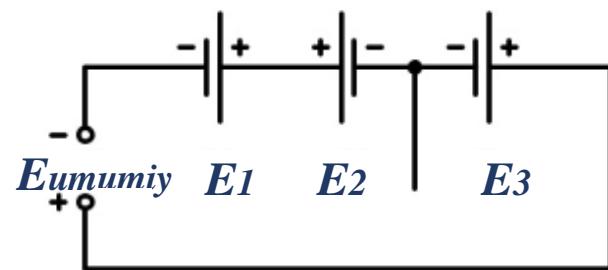
$$E_{umumi} = E_1 + E_2 + E_3$$

2.21-rasm. Akkumulyator batareyalarni ketma-ket ulanishi



$$E_{umumi} = E_1 = E_2 = E_3$$

2.22-rasm. Akkumulyator batareyalarni parallel ulanishi



$$E_{umumi} = E_1 - E_2 + E_3$$

2.23-rasm. Akkumulyator batareyalarni aralash ulanishi

### Batareyani ulash sxemalarining taqqoslash jadvali

| Xarakteristika                               | Ketma-ket ulanish                          | Parallel ulanish                               | Aralash ulanish         |
|--|--|--|-------------------------|
| Kuchlanish                                   | O'zgarmaydi                                | Har bir batareya kuchlanishlarining yig'indisi | Muayyan sxemaga bog'liq |
| Sig'im                                       | Har bir batareya sig'imlarining yig'indisi | O'zgarmaydi                                    | Muayyan sxemaga bog'liq |
| Zaryad/razryad toki                          | Batareyalar o'rtasida taqsimlanadi         | Barcha batareyalar orqali tok bir xil oqadi    | Muayyan sxemaga bog'liq |
| Ishlash davomiyligi                          | Oshadi                                     | O'zgarmaydi                                    | Muayyan sxemaga bog'liq |
| O'rnatish qiyinligi                          | Past                                       | Yuqori   | Yuqori                  |
| Yuklanish xavfi                              | Past                                       | Yuqori   | Muayyan sxemaga bog'liq |
| Ishonchliyliги                               | Yuqori                                     | Past   | Muayyan sxemaga bog'liq |
| Zaryad/razryad nazorati                      | Oson                                       | Oson   | Qiyin                   |
| Bir xil bo'limgan batareyalardan foydalanish | Mumkin                                     | Mumkin emas                                    | Mumkin                  |

### 2.5. Akkumulyatorlarni zaryadlash rejimlari va turlari<sup>25</sup>

Akkumulyatorlarni zaryad qilish uchun odatda, maxsus o'zgarmas tok manbalaridan foydalaniladi. Hozirgi vaqtda zaryadlashning asosan ikki usuli qo'llaniladi:

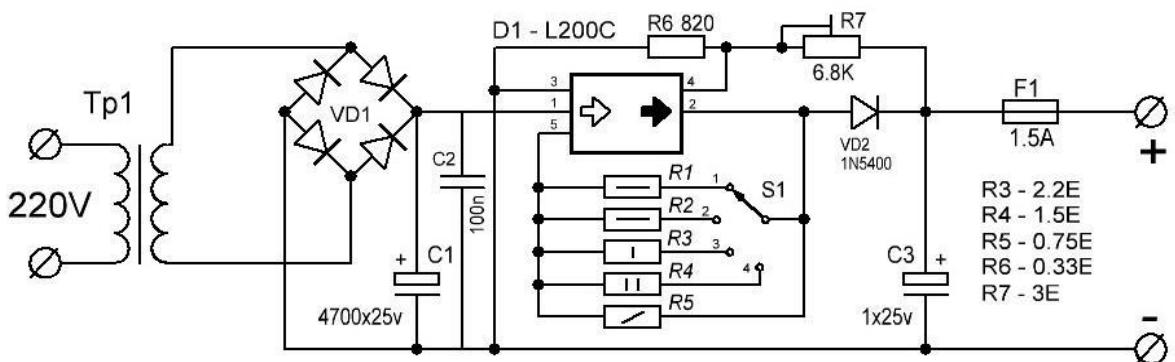
- zaryadlash tokining kiymati o'zgarmas bo'lganda;
- zaryadlash kuchlanishi o'zgarmas bo'lganda.

<sup>25</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij M. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

**Tok qiymati o‘zgarmas bo‘lganda zaryadlash.** Bu usulda zaryad qilinganda, akkumulyator batareyalari o‘zgarmas tok manbaiga ketma-ket ulanadi (2.24-rasm). Zaryadlash mobaynida, tok o‘zgarmas holda saqlanadi va uning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$I = \frac{U_z - E_b}{R_b}, \quad 2.2$$

bu yerda  $U_z$  – akkumulyator qisqichlaridagi kuchlanish, V;  $E_b$  – zaryadlanayotgan batareyaning EYUК, V;  $R_b$  – akkumulyator batareyasining ichki qarshiligi, Om.



2.24-rasm. Akkumulyator batareyalarini tok qiymati o‘zgarmas bo‘lganda zaryadlash qilish ulanish sxemasi

Zaryadlash davomida tok qiymatini o‘zgarmas holda saqlash va uni nazorat qilish uchun, akkumuylatorlarga ketma-ket reostat  $R$  va ampermetr ulanadi.

Zaryadlash jarayoni bir yoki ikki bosqichda amalga oshirilishi mumkin. Bir bosqichli jarayonning boshidan oxirigacha zaryadlash tokining qiymati o‘zgarmaydi va u  $0,05C_{20}$  ga teng bo‘ladi ( $C_{20}$  – akkumulyatorning nominal sig‘imi). Ikki bosqichli jarayonda, elektrolitda gaz ajralib chiqish boshlanguncha, akkumulyator qiymati  $0,15C_{20}$  ga teng tok bilan zaryadlanadi.  $R3-R7$  rezistorlaridagi quvvat sxemada ko‘rsatilgan qiymatdan kam bo‘lmasi kerak, ko‘proq bo‘lishi afzal hisoblanadi. Mikrosxemani sovutish radiatoriga o‘rnatilgan bo‘lishi kerak, u issiqlik rejimi xarakteristikalarini yaxshilaydi.  $R3$  rezistori chiqish kuchlanishini 14-15V ga rostlashga xizmat qiladi. Transformatorning ikkinchi cho‘lg‘amidagi kuchlanish 15-16V ni tashkil qiladi.

Ikki bosqichli zaryadlash jarayonining afzallik tomoni shundan iboratki, birinchidan akkumulyatorlarni to‘la zaryadlash uchun ketadigan vaqt tejaladi (1-bosqichda zaryadlash tokining oshirilishi hisobiga), ikkinchidan zaryadlash oxirida elektrolit «qattiq» qaynab ketishiga yo‘l qo‘yilmaydi (2-bosqichda zaryadlash tokini sezilarli darajada kamaytirish hisobiga) va natijada, plastinalardagi aktiv massa muddatidan oldin yemirilishini oldi olinadi.

Kuchlanishi Utm ga teng bo‘lgan o‘zgarmas tok manbaiga ketma-ket ulanishi mumkin bo‘lgan akkumulyator bankalarining soni (reostat qarshiligi R=0 bo‘lganda) qo‘yidagicha aniqlanadi:

$$N_n = \frac{U_{TM}}{2,7}, \quad 2.3$$

bu yerda  $U_{TM}$  – o‘zgarmas tok manbaining kuchlanishi, V; 2,7 – zaryadlash oxirida xar bir akkumulyator elementiga to‘g‘ri keladigan kuchlanish, V.

Zaryadlashga qo‘yilayotgan akkumulyator batareyalarining sig‘imi bir xil yoki imkonli boricha bir-biriga yaqin bo‘lishi kerak, aks xolda zaryadlash tokining qiymatini, sig‘imi eng kichik bo‘lgan batareya bo‘yicha belgilashga to‘g‘ri keladi va sig‘imi katta bo‘lgan batareyalar juda sekin zaryadlanadi.

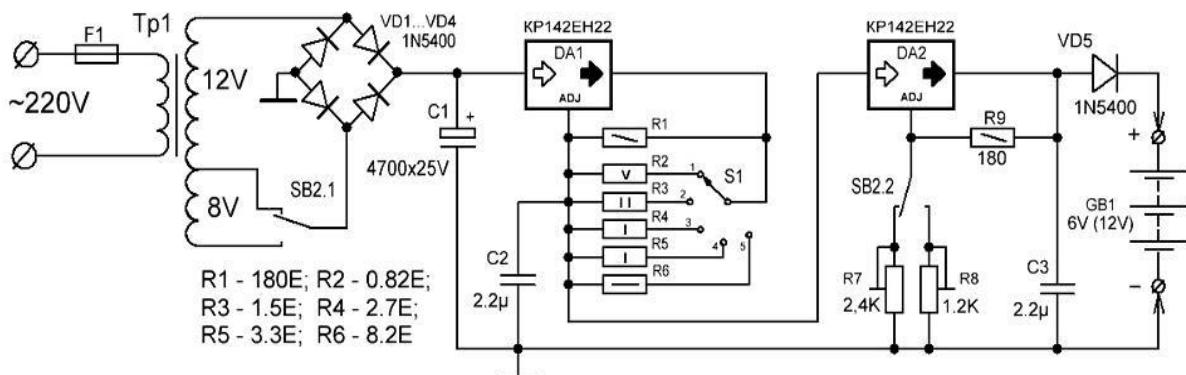
Tok qiymati o‘zgarmas bo‘lganda zaryadlash, xozirgi vaqtida akkumulyatorlarni zaryad qilishning asosiy usuli hisoblanadi. Bu usul yordamida akkumulyatorlarni to‘la zaryadlashga erishish mumkin. Bundan tashqari, zaryadlash tokining qiymatini ma’lum chegarada tanlash, uni rostlab turish va nazorat qilish imkoniyatlari borligi, yangi akkumulyatorlarni birinchi bor zaryad qilishda, plastinalari sulfatlanib qolgan akkumulyatorlarni tiklashda juda qo‘l keladi.

Akkumulyatorlarni zaryadlash uchun sarflanadigan vaqtning nisbatan ko‘pligi, zaryadlash davomida tok qiymatini doimo nazorat qilish va rostlab turish zarurati – bu usulning asosiy kamchiliklaridir.

**Kuchlanish qiymati o‘zgarmas bo‘lganda zaryadlash.** Zaryadlashning bu usuli korxona va zaryadlash stansiyalarida kam qo‘llaniladi va u, asosan, texnikaga o‘rnatilgan akkumulyatorni generator yordamida qo‘srimcha zaryadlab turishda ishlatiladi. Bu usulda, akkumulyatorlar o‘zgarmas tok manbaiga parallel ravishda ulanadi (2.25-rasm).

2.25-rasmdagi zaryadlash sxemasi qo‘yidagicha ishlaydi:

razdyadlangan akkumulyatorga nominal tok beriladi, kiyin akkumulyator batareyasidagi kuchlanish ortishni boshlaydi. Kuchlanish o‘rnatilgan sathga yetgunga qadar tok o‘zgarmaydi. Kuchlanish o‘rnatilgan sathga ega bo‘lgandan kiyin tok tushishi boshlanadai. Zaryadlash vaqtı tugagan vaqtida zaryad toki o‘z-o‘zidan razryadlanish tokiga teng bo‘ladi. Bunday vaqtida akkumulyator batareyasi zaryadlash qurilmasida ancha vaqtgacha turishi mumkin.



2.25-rasm. Akkumulyator batareyalarini kuchlanish o‘zgarmas bo‘lganda zaryadlash sxemasi<sup>26</sup>

Tok manbaining kuchlanishi 12V li akkumulyator batareyalari (yoki 6 elementli) uchun 14,4 V bo‘lishi, ya’ni xar bir elementga 2,4V to‘g‘ri kelishi kerak. Kuchlanish maxsus moslamalar (kuchlanish rostlagichi) yordamida rostlab turiladi va voltmetr orqali nazorat qilinadi.

Zaryad zanjiridagi tokning maksimal qiymati generator quvatiga va akkumulyator batareyalarining razryadlanganlik darajasiga bog‘liq bo‘lib quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$I_z = \frac{U_G - E_b}{R_b}, \quad 2.4$$

bunda  $U_G$  – generatorning rostlangan kuchlanishi, V;  $E_b$  – batareyaning EYuK, V;  $R_b$  – batareyaning ichki qarshiligi, Om.

Zaryadlash jarayonining boshlang‘ich davrida, generator kuchlanishi –  $U$  bilan razryadlangan akkumulyatorning EYuKi  $E_b$  orasidagi farq katta bo‘lishi hisobiga, zaryad tokining qiymati nisbatan yuqori qiymatlarga ega bo‘lishi va (1,0-1,5) C20 ga yetishi mumkin.

<sup>26</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847. Charge Methods.

Akkumulyator zaryadlana boshlagandan so‘ng uning EYuKi ortib boradi, natijada zaryadlash toki keskin kamayadi va zaryadlash oxirida qiymati 0 ga yaqinlashadi .Tokning kiymati zaryadlash jarayoning boshlang‘ich qismida katta bo‘lganligi sababli, akkumulyator zaryad vaqtining birinchi 3-4 soatida sig‘imining 80-90 % gacha zaryadlanadi.

Kuchlanish o‘zgarmas bo‘lganda zaryadlashning asosiy afzalliklari qo‘yidagilardan iborat:

- zaryadlash tokining qiymati avtomatik ravishda kamayib borganligi sababli, uni doimo nazorat qilish va rostlab turish zarurati yo‘q;
- zaryadlash jarayonining oxirida tok qiymati juda kichik bo‘lganligidan, elektrolitdan gaz ajralib chiqishi xam juda sust sodir bo‘ladi va bu plastinalarning aktiv massasini va panjaralarini yemirilishdan saqlaydi;
- zaryadlashga xar hil sig‘imga ega bo‘lgan akkumulyatorlarni qo‘yish mumkin, zaryadlash tokining qiymati xar bir akkumulyatorning razryadlanganlik darajasiga ko‘ra avtomatik ravishda qaror topadi.

Yuqorida keltirilgan afzalliklariga qaramasdan, akkumulyatorlarni zaryadlashning bu usuli – yordamchi usul hisoblanadi. Chunki, uning yordamida akkumulyatorlarni oxirigacha to‘la zaryadlab bo‘lmaydi. Bundan tashqari, tok qiymatini rostlash imkoniyati bo‘lganligi uchun, bu usul bilan plastinalari sulfatlanib qolgan akkumulyatorlarni tiklab bo‘lmaydi.

**Akkumulyatorlarni zaryadlashning boshqa usullari.** Amaliyotda akkumulyatorlarni zaryadlashning boshqa, masalan, baravarlashtiruvchi, jadallashtirilgan va impuls usullari xam keng qo‘llaniladi.

Baravarlashtiruvchi zaryadlash, asosan, uzoq muddat davomida ishlatilgan akkumulyatorlarning alohida bankalarida elektrolit zichligi va razryadlanganlik darjasini xar hil bo‘lib qolish hollarini bartaraf qilish uchun qo‘llaniladi. Bu usulda ham zaryadlash tokining qiymati o‘zgarmas bo‘lib, akkumulyator sig‘imining (0,05-0,1) C20 qismini tashkil etadi. Baravarlashtiruvchi zaryadlash akkumulyatorning xamma plastinalaridagi aktiv massani to‘la tiklash va ularda hosil bo‘lgan sulfatlanish o‘choqlarini bartaraf qilish maqsadida amalga oshiriladi. Baravarlashtiruvchi zaryadlash hamma akkumulyatolar bankalaridagi elektrolit zichligi va kuchlanishi 3 soat mobaynida bir xil o‘zgarmas qiymatga ega bo‘lguncha davom ettiriladi va odatdagisi zaryadlash

usullaridan ancha ko‘proq vaqt oladi.

Jadallashtirilgan zaryadlash kuchli razrayadlangan akkumulyatorlar qisqa vaqt davomida ish qobiliyatini tiklashi uchun ishlataladi. Bu usulda tok qiymati akkumulyator sig‘imining 0,7 S20 qismini tashkil qilishi mumkin. Zaryadlash toki qanchalik katta bo‘lsa, zaryadlash vaqt shunchalik kam bo‘ladi. Masalan, zaryad tokenig qiymati 0,7C20 bo‘lganda – 30 min, 0,5C20 bo‘lganda – 45 min, 0,3C20 bo‘lganda – 90 min. Jadallashtirilgan zaryad davomida doimo elektrolit temperaturasini nazorat qilib turish zarur va 450C ga yetganda zaryadlashni darxol to‘xtatish kerak.



2.26-rasm. Impulsli zaryadlash qurilmalari turlari

Akkumulyatorlarni impuls usulida zaryad qilish uchun oxirgi yillar ishlab chiqilgan turli turdagি moslama ishlataladi (2.26-rasm). Impuls usulida akkumulyatorlar quyidagi tartibda zaryadlanadi, so‘ngra 100 sekund davomida 100 mA tok bilan razryadlanadi. Bu jarayon avtomatik ravishda amalga oshiriladi. Shunday «zaryadlash-razryadlash» davrining 80 tasidan keyin zaryadlash moslamasi batareyadan avtomatik holda uziladi. Mutaxassislarning fikricha, impuls usuli zaryadlash sifatini yaxshilishga, plastinalar sulfatlanib qolish darajasini kamaytirishga va natijada, akkumulyatorlarning xizmat muddatini ikki baravar oshirishga yordam beradi.

**Akkumulyatorlarni simsiz zaryadlash<sup>27</sup>.** Bluetooth va Wi-Fi texnologiyalari singari hozirda simli zaryadlash qurilmalarini o‘rnini simsiz zaryadlash qurilmalari egallab kelmoqda. Bu tushuncha elektromagnit maydon orqali energiyani uzatuvchidan qabul qiluvchiga uzatishga asoslangan.

Simsiz energiyani uzatish yangilik emas. 1831 yilda Maykl Faradey elektromagnit maydonni atof-muhitga tarqatib induksiya qonunini yaratdi.

18000 yilning oxiri va 1900 yilning boshlarida Nikola Tesla simsiz aloqani va elektroenergiyani uzatishni namoyish qildi. Tesla elektr energiyani simsiz uzatish mumkinligini isbotlashiga moliyaviy sabablar to‘sqinlik qildi.

Simsiz zaryadlash induktivli zaryadlash, radio zaryadlash va rezonans zaryadlash sifatida tasniflanadi. Ko‘pgina zamonaviy simsiz zaryadlash qurilmalarida induktivli zaryadlash ishlatiladi.

Radio zaryadlash (ishchi diapazoni 10 metr radius atrofida) kam quvvatli qurilmalarda qo‘llaniladi: soatlarda, eshitish qurilmalarida, tibbiy inplantatlarda va RFID (radio frequency identification-radio chastotasini aniqlash qurilmasi) chiplarida. Radio zaryadlashda uzatuvchi qurilma kam quvvatli radioto‘lqin yuboradi, qabul qiluvchi qurilma signalni energiyaga o‘zgartiradi. Radio zaryadlash ko‘p xollarda radiouzatishni eslatadi, u yuqori moslashuvchanlikka ega, lekin kam quvvatga ega. Radio zaryadlashni umumiyl foydalanishga ro‘xsat etilmaydi.

Ko‘pincha katta kuchlanishli akkumulyator batareyalari transport vositalarida ishlatiladi. Ularda rezonans zaryadlash (cho‘lg‘amlari “xalqa” simon) turi ishlatiladi. Undagi magnit maydoni 1 metr (3 fut) radiusda bo‘ladi. Uzatgich va qabul qilgich qurilmalarining cho‘lg‘amlari orasidagi masofa to‘lqin uzunligining to‘rtadan bir qismini tashkil qilish kerak (915MHz da to‘lqin uzunligi 0.328 m yoki 1 fut).

Simsiz zaryadlashda rezonans zaryadlash yuqori nominal kuchlanishni cheklanmaydi. Ular barcha quvvat stahlarida ishlatiladi. Yuqori quvvatlarda masalan, 3kVt da FIK 93-95 % ga, 100Vt da FIK 90% ga erishilmoqda. Biroq kam quvvatlida (5Vt) FIK 75-80% samaradorlikka erishilmoqda. Rezonans zaryadlash usuli tajriba bosqichida turibdi va keng qo‘llanilgani yo‘q.

Simsiz zaryadlash global standart va simsiz elektr bilan ta’minlash konsorsiumi (Wireless Power Consortium (WPC)) 2008 yilda CI (Qi

---

<sup>27</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.

norm) normalariga kiritish orqali amalga oshirildi. Bu zaryadlash qurilmalarini (5 vattli) ishlab chiqaruvchilar uchun juda qo'l keldi. Tadqiqotlar natijasida 2012 yilda A4WP rezonansli zaryadlash qurilmasini e'lon qilindi va shundan kiyin normalarga o'zgartirish kiritildi. 2.5-jadvalda uchta norma keltirilgan.

2.5-jadval

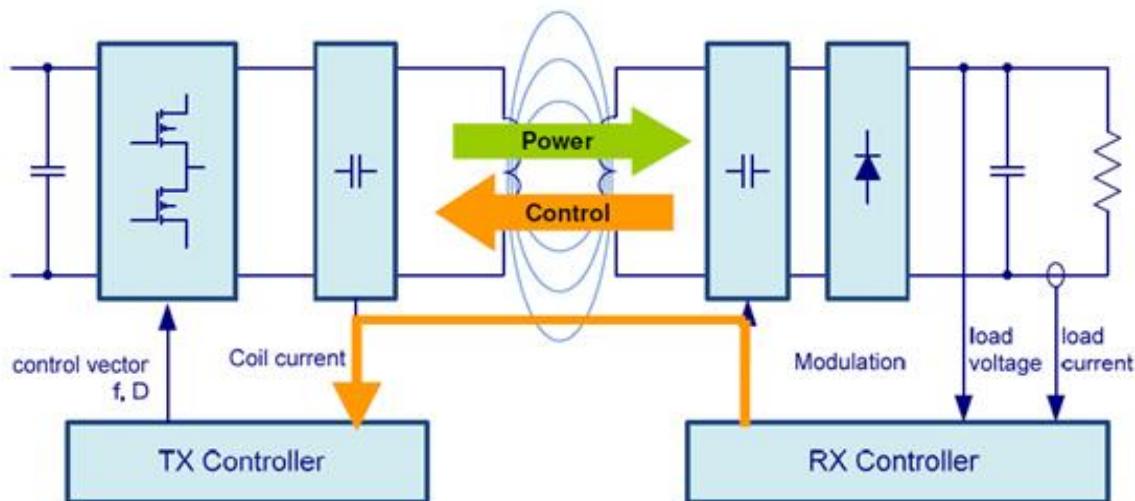
### Simsiz zaryadlash uchun tan olingan standartlar<sup>28</sup>

|                                       | <b>Simsiz quvvat konsorsium (WPC or Qi)</b>  | <b>Kuchlanish masalalari bo'yicha ittifoqi (PMA)</b>  | <b>Simsiz zaryadlash masalalari bo'yicha ittifoqi (A4WP)</b>  |
|---------------------------------------|--|---|---|
| <b>Belgilangan</b>                    | 2008, Qi birinchi simsiz zaryadlash standarti  | 2012, Procter & Gamble va Powermat  | 2012, Samsung va Qualcomm   |
| <b>Texnologiya</b>                    | Induktiv zaryadlash, 100–205kGs;<br>Cho'lg'amlar orasidagi masofa 5mm;   | Induktiv zaryadlash, 277–357kGs; SI (Qi) ga o'xhash   | Rezonans zaryadlash, yaxshi aloqa yo'q;<br>o'ta muxim muammolarni keltirib chiqaradi (atrof-muhitga tashlanmalari hisobiga) |
| <b>Birja</b>                          | Keng qamrovli,<br>500 dan ortiq maxsulotlar va 60 dan ortiq telefonlar   | Qi normasi bilan juda katta raqobatga ega (100,000 Powermats at Starbucks)  | A4WP va PWA birlashtirildi, lekin maxsulot mavjud emas  |
| <b>Iste'molchilar va kompaniyalar</b> | Samsung, LG, HTC, TI, Panasonic, Sony, Nokia, Motorola, Philips, Verizon, BMW, Audi, Daimler, VW Porsche, Toyota, Jeep | Powermat, Samsung, LG, TDK, TI, AT&T, Duracell, WiTricity, Starbucks Teavana, Huawei, FCC, Energy Star, Flextronics | Qualcomm, TediaTek, Intel, LG, HTC, Samsung, Deutsche Telecom.<br>No commercial products                                    |

Simsiz zaryadlashda zaryadlash qurilmasi tagligi (pristavkasi) zaryadlanuvchi qurilmaning standartlar protokoli bo'yicha mosligini

<sup>28</sup> "Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers" Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847. Charge Methods.

tekshiradi. Zaryadlash vaqtida quvvat sathini rostlash uchun qabul qilish qurilmasi boshqarish signalini yuboradi. Zaryadlanuvchi qurilma to‘liq zaryadlangandan keyin, zaryadlash qurilmasi kutish rejimigan o‘tadi. 2.27-rasmda simsiz zaryadlash tizimi keltirilgan.



2.27-rasm. Simsiz zaryadlash tizimi<sup>29</sup>

## 2.6. Akkumulyatorlarga texnik xizmat ko‘rsatish va ekspluatatsion omillari

Ishlashi birinchi oylari ichida odatda ishlab chiqarish nuqsonlari paydo bo‘ladi. Ularning tashqi namoyon bo‘lishi va paydo bo‘lish sabablari 2.6-jadvalda keltirilgan.

2.6-jadval

Batareyalarning ishlab chiqarish nuqsonlari, ularning belgilari va paydo bo‘lishi ehtimol sabablari

| Nuqson                                  | Belgilar   | Mumkin sabablari  |
|---|--|---|
| 1                                       | 2  | 3   |
| AKB ichida elektr zanjirining uzilishi. | Batareya chiqishlarida kuchlanish bor, biroq strater aylanmaydi  | Bankalar* orasida ko‘prik-chalarning buzilishi. Qutb klemmalarning yomon payvandlanishi |
| Musbat va manfiy elektrodlar            | Nuqson bankada zichlik boshqalardagidan ko‘ra pastroq zaryadlash | Separatori shikastlanishi yoki yig‘ishsh paytida uning noto‘g‘ri                        |

<sup>29</sup> “Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers” Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847. Charge Methods.

| <i>I</i>  | <i>2</i>  | <i>3</i>  |
|---|---|---|
| (plastinalar) orasida qisqacha tutashuv                         | uskunasi bilan zaryadlashda banka «qaynamaydi». Starter ishlashida bankada intensiv gaz ajralib chiqish ro‘y beradi                           | joylashtirilishi. Separator materialining past sifati yoki uning o‘lchamlarining yo‘l qo‘yiluvchidan og‘ishi. Elektrodlar qiyshayishi |
| Elektrodlarning aktiv massasining to‘la shakllanmasligi         | To‘liq zaryadlangan batareya dvigatelning 2-3 ishga tushurishdan ortiq ta’minlay olmaydi, zaryadlash va razryadlanishda esa intensiv qaynaydi | Formalashtirish – elektrodlarni zaryadlash jarayoni operatsiyasi buzilgan   |
| Elektrodlarning (plastinalar) ulash ko‘prikchalarida n uzilishi | «Starterning ishlashida bunday bankada elektroliti qaynaydi». Batareya harakatsizligida elektrolit zichligiga pasaymaydi                      | Plastinaning ko‘prikcha bilan payvandlanishining past sifati  |

\*Bankalar o‘rtasida elektr kontaktini ta‘minlovchi detallar.

Kafolat muddati tugamagan bo‘lib, batareya nosozligi ishlab chiqaruvchi tufayli degan shubha paydo bo‘lsa, ixtisoslashtirilgan ustaxonaga murojaat qilish zarur (uning manzili kafolatlash talonida ko‘rsatilgan bo‘lishi kerak). Bunda kassa yoki tovar cheki, sotuv muddati hamda sotuvchi-tashkilot nomi ko‘rsatilgan kafolat taloni bo‘lishi kerak. Bundan tashqari sotish paytida batareyaning tavsiflari – elektrolit zichligi, yuklamasiz chiqarishlardan kuchlanish va hokazo undan ko‘rsatilish maqsadga muvofiq. Bu ekspertiza o‘tkazilishiga yordam beradi.

Akkumulyatorni nozozligi asosan, ehtiyyotsizlik bilan ekspluatatsiyalanishi natijasida paydo bo‘ladi. Asosiy buzilishlar – elektrolit darajasi va elektr uskuna ahvoli - nazorati amalga oshirilmaydi. 2.7-jadvalda keltirilgan nuqsonlar batareyani keyingi qo‘llanish uchun deyarli yaroqsiz qiladi. Faqatgina boshlang‘ich bosqichda elektrodlar faol massasining oqib chiqishigina (plastikalar yuzasidan mayda zarrachalarning ajralishi) istisnodir. Chunki ancha shlam hosil bo‘lishi (oqib chiqqan faol massa) plastinalar panjaralarining yalang‘ochlanishi AKB ish qobiliyatining yo‘qolishiga olib keladi.

**AKB ning ekspluatatsion nuqsonlari, ularning belgilari va paydo bo‘lishi ehtimol sabablari**

| <b>Nuqson</b>   | <b>Belgilar</b>  | <b>Mumkin sabablari</b>  |
|---|--|--|
| Polyus (qutb) klemmalarining kuchli oksidlanishi                            | Batareya chiqishlarida kuchlanish bor, starter esa aylanmaydi. Klemmalar qiziydi.  | Qutb klemmalarining tozalanishi amalga oshirilmagan.   |
| Faol massaning oqib chiqishi – elektrodlar panjarasining yalang‘ochlanishi. | Elektrolitning to‘q rangi. Starter ishlashida batareya kuchlanishining tez pasayishi.  | Past darajada zaryadlanganlik va elektrolit darajasi pastlikda batareyani uzoq vaqt ekspluatatsiya qilinishi. Mustahkamlashmagan batareya vibratsiyasi |
| Manfiy haroratlarda elektrolitning muzlanishi.                              | Korpus devorlarining ilinib chiqishi yoki uning parchalanishi.   | AKBning chuqur razryadlanishi tufayli elektrolitning juda past darajada zaryadlanishi va zichligi  |
| Kislород va vodorод aralashmasining portlashi.                              | Qopqoq va devorlarda yoriqlar yoki to‘liq korpus parchalanishi   | Elektrod ustki milklaridan elektrolit darajasining pastligi bu gazning to‘planishiga olib kelib, u kichik uchqundayoq portlaydi.                       |
| Musbat elektrodlar panjaralari korroziysi (to‘liq)                          | Batareya yomon zaryadlanadi*. Starter ishlashida batareya kuchlanishining tez pasayishi.   | Katta kuchlanish tufayli doimiy ortiqcha zaryadlanish (14,6V ortiq)  |
| Elektrodlar orasida qisqacha ulanish  | Nuqsonli bankada zichlik qolganlariga nisbatan pastroq. Zaryadlanishda nuqsonli ajratib chiqarmaydi va «qaynamaydi» starter ishlashida bankada intensiv gaz ajralishi ro‘y beradi. | Oqib chiqqan faol massaning katta miqdori**. Elektrolitning past darajasi tufayli separatorlarning parchalanishi                                       |

\*55 A.g. Sig ‘imli batareyaning 5,5 A tok bilan zaryadlanishi 15 soatdan otiq davom etadi.

\*\*Minplast turdagи separatorli batareyalarning eski turlari uchungina.

## 2.8-jadval

Elektrolit zichligining AKB zaryadlanganlik darajasiga bog‘liqligi

|                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |           |      |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|------|
| Zichlik                 | 1,28 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,21 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,12      | 1,10 |
| Zaryadlanish darajasi % | 100  | 88   | 82   | 75   | 69   | 62   | 56   | 50   | 38   | 25   | 13   | 3 dan kam | 0    |

## 2.9-jadval

Elektrolit zichligi kattaligiga harorat tuzatmalari

|   |           |          |          |           |           |
|---|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Elektrolit harorati, $^{\circ}\text{C}$ | -34...-20 | -19...-5 | -4...+10 | +11...+25 | +26...+40 |
| Tuzatma, g/sm <sup>3</sup>              | -0,30     | -0,03    | -0,02    | -0,01     | +0,01     |

Ekspluatatsiya nuqsonlari sabablari quyida qayd etilgan omillar tufayli paydo bo‘ladi.

**Zaryadlanishning past darajasi.**<sup>30</sup> 75% dan kam (yo‘zdada 65% zaryadlanish darajasiga yo‘l qo‘yiladi) bo‘lishi quyidagilar natijasi bo‘lishi mumkin:

- generator yuritmasi tasmasining bo‘sh tortilgani;
- generator va kuchlanishni tartibga soluvchining nosozligi. Ishlayotgan dvigatelda batareya chiqishlarida kuchlanish 13,68 dan kam bo‘ladi;
- iste’mol qiliuvchi tok kuchining oshishiga yoki dvigatelni ishga tushirish harakatlarining takrorlanishiga olib keluvchi starter nosozligi;
- kuch simlari simlar ulanishi klemmalarining oksidlanishi, ya’ni katta kuchdagi tok o‘tuvchi simlar, shuning uchun ularda ko‘ndalang kesilish yuzasi ancha bu starter ishini yoki batareya zaryadlanishini yomonlashtiradi;
- tiqinda elektroenergiyaning kuchli iste’molchilar turishidagi doimiy foydalanish (masalan, orqa oyna isituvchisini). Generator dvigatelning bo‘sh oborotlarida ularning ishini doimo ham ta’minlay olmaydi, shuning uchun AB razryadlanadi;
- keyingi qisqa muddatli harakatlanishda dvigatel kolenvalining doimiy ko‘psonli aylantirilishi (ishga tushirishning muvaffaqiyatsiz harakatlari). Generator batareyani yetarlicha zaryadlashga ulgurmeydi.

---

<sup>30</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij VM. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

Quyidagi hollarda elektrolit darajasi past bo‘ladi:

- uning darajasi nazorati o‘z vaqtida o‘tkazilmasa (har bir TXK da, biroq har uch oyda bir martadan kam emas). Issiq havoda tekshiruvni tez-tez o‘tkazish maqsadidga muvofiq, chunki yuqori harorat suvning tez bug‘lanishiga olib keladi;

- kuchlanishni tartibga soluvchining nosozligi tufayli batareya chiqishlariga 14,6V dan ortiq kuchlanish beradi.

### **Issiq iqlim sharoitlarida AB ekspluatatsiyasi bo‘yicha xulosalar va tavsiyalar.**

1. Ekspluatatsiya jarayonidaakkumulyator batareyasini shunday holatda saqlash kerakki, unda u avtomobil dvigatelini elektrostarter bilan ishga tushira olsin, chunki ko‘pchilik zamonaviy transport vositalarida bu ishga tushirish sistemasi asosiy, ba’zilarida esa yagonadir. Eng muhim shart uning yuqori darajada zaryadlanganligi va elektrolitning u ishga tushira oladigan haroratini saqlab turishidir.

2. Past haroratlardaakkumulyator zaryadini ta’minalash uchun generator kuchlanishini oshirilishi elektr uskunalar sistemasidagi lampalar va yarim o‘tkazgich asboblarining hamda batareyalar xizmat muddatini qisqarishiga olib keladi.

3. Elektrolit zichligining o‘zgartirilishi yiliga 2 marta amalga oshiriladi: yozgi ekspluatatsiyadan qishkiga o‘tishda va aksincha bo‘lib, bu operatsiya TO-2 bilan birga olib boriladi. Elektrolit zichligini qishki ekspluatatsiya boshlanishidan oldinakkumulyatorlardan grusha yordamida elektrolit qismini so‘rib olish va  $1,40 \text{ g/sm}^3$  zichlikdagi eritma qo‘sib amalga oshiriladi. Elektrolit zichligini pasaytirish amalga oshiriladi.

4. Vodorodning 4,15 % dan ortiq har qanday konsentratsiyasi portlash xavfiga ega bo‘lgani tufayli, gaz ajratish tezligi vaakkumulyator batareyasi o‘rnatilgan konteyner hajmini bilgan holda konteyner ventilyatsiyasi uchun zarur bo‘lgan havo almashish tezligini hisoblash mumkin. Namat bilan an’anaviyakkumulyatorlarni isitilishida probkalardagi teshiklardan gaz chiqarilishini ta’minalamaydigan qurilmalardan saqlanish lozim. Xususan, quyin bo‘yinlari tiqinlari ustida teshik qoldirib, batareyani namat bilan o‘rash mumkin.

Past haroratlar sharoitlarida akkumulyator batareyasi ish tartibi quyidagi omillar bilan murakkablashadi:<sup>31</sup>

- sovuq dvigatelni ishga tushirish uchun zarur energiya sarfi oshadi. Bunda ba’zi hollarda (yuk avtomobilari, traktorlar, avtobuslar) sovuq dvigatelni ishga tushirishdan oldin isitish vositalarini oziqlantirishga (suyuq isitgichlar, qizdirish svechalari va hokazo) batareya energiyasining ishga tushirishdan oldin tanlanishi amalga oshiriladi;
- past haroratda batareya energiya berishi pasayadi;
- sovuq dvigatelni ishga tushirishda starterni oziqlantirishda batareyaning yuqori toklar bilan razryadlanishi ro‘y beradi;
- jarayon FIKning kamayishi hisobiga past haroratda batareya sig‘imini tiklash sharoitlari yomonlashadi, shuningdek bataeyaning ichki qarshilik o‘sishi sababli generatordan batareya orqali o‘tuvchi zaryad toki kuchining pasayishi ro‘y beradi.
- qishda hatto to‘liq zaryadlanmagan holida batareyalar mumkin eritilishi xavfini kamaytirish, yozgi vaqtida musbat tok chiqarishlarida elektrkorrozion jarayonlarni pasaytirish.

Akkumulyator batareyalariga texnik xizmat ko‘rsatishda akkumulyator batareyalaridan foydalanuvchining oldiga ikki asosiy vazifa qo‘yiladi:

- Maksimal tarzda akkumulyatorlarni ishonchli ishslash davrini uzaytirish;
- O‘z vaqtida akkumulyator batareyalaridagi nosozliklarni aniqlash va bartaraf etish.

Bu, ayniqsa akkumulyatorlar tizimi uchun o‘ta muhim. Akkumulyatorlar tizimidagi ketma-ket ulangan akkumulyator batareyalarida (ularning soni 10 taga yoki ayrim hollarda 100 tagacha yetishi mumkin) birining ishdan chiqishi, qolgan akkumulyatorlarning butkul ishdan chiqishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu sabab akkumulyatorlarga texnik xizmat ko‘rsatishni tizimli amalga oshirish kerak.

**Texnik xizmat ko‘rsatishning umumiyl prinsiplari.** Germetik “xizmat ko‘rsatilmaydigan” kislotali akkumulyatorlarni ekspluatatsiya qilish davrida, birinchi navbatda ikkita asosiy xodisani hisobga olish

---

<sup>31</sup> Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij VM. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.

kerak: sig‘imini yo‘qotish va zaryadlangan sathini (kuchlanishini) tushirish kerak.

*Sig‘imni yo‘qotish.* Qo‘rg‘oshin akkumulyatorlari o‘zining maksimal sig‘imiga ularni ekspluatatsiya qilgandan keyin erishadi. Bu holat akkumulyator batareyasini bir necha bor razryadlash-zaryadlash yoki bir necha oy akkumulyatorni bir maromda kuchlanish ostida bo‘lsagina kuzatiladi.

Keyingi ekspluatatsiyalar davomida akkumulyator sig‘imini yo‘qotadi. Sig‘imini yo‘qotish vaqt bo‘yicha notekis. Akkumulyatordan foydalanish jarayonida birinchi yil sig‘imi sezilarli o‘zgarmaydi, keyingi yillarda sezilarli o‘zgarib, tez o‘z sig‘imini yo‘qotadi.

Akkumulyatorning xizmat ko‘rsatishi davomida unga bir necha faktorlar ta’sir qiladi.

Akkumulyatorlar o‘z sig‘imini tez yo‘qotadi, agar:

- a) yuqori haroratda ishlashi ( $20^{\circ}\text{C}$  dan yuqori);
- b) ko‘p marta razryad-zaryadlashda;
- v) juda past kuchlanishgacha razryadlanganda;
- g) katta toklar bilan zaryadlanganda;
- d) katta kuchlanish ostida bo‘lsa;
- e) o‘zoq vaqt (bir yildan ortiq) zaryadlanmasa.

*Zaryadlanganlik darajasini pasaytirish.* Qo‘rg‘oshin akkumulyatorlarini ishlab chiqaruvchi korxonalar akkumulyatorlarni zaryadlashda aniq va belgilangan kuchlanish bilan avtomatik zaryadlash qurilmalari bilan zaryadlashni talab qiladi.  $20^{\circ}\text{C}$  haroratda akkumulyatorning har bir elementining kuchlanishi  $2.3\text{V}$  ni tashkil qilishi kerak.

*Ekspluatatsiya davrida alohida akkumulyator batareyalarini almashtirish.* Yangi akkumulyator batareyalarini xarakteristikalarini ekspluatatsiya qilingan akkumulyator batareyalaridan farq qiladi.

Shuning uchun akkumulyator batareyalarini almashtirishdan oldin, yangi akkumulyatorlarni tayyorlash kerak.

a) akkumulyatorlarni nominal sig‘imi  $50\%$  idan kam bo‘limgan miqdorgacha razryadlash.

v) akkumulyatorlarni to‘liq zaryadlash va ikki sutka davomida kuchlanish ostida ushlab turish.

g) akkumulyatorning kuchlanishi va sig‘imini tekshirish.

d) eski akkumulyatorlarni qayta ta’mirdan chiqarish va uni yangisining o‘rniga o‘rnatish.

### **III-BOB. ELEKTR MASHINALARI**

#### **3.1. Elektr mashinalarning ishlash prinsipi**

Elektr mashinalar mexanik energiyani elektr energiyasiga yoki elektr energiyani mexanik energiyasiga o‘zgartirishga mo‘ljallangan. Mexanik energiyani elektr energiyaga o‘zgartiradigan mashina generator, elektr energiyani mexanik energiyaga o‘zgartiradigan mashina esa dvigatel deyiladi. Har qanday elektr mashinasi ham generator, ham dvigatel rejimida ishlashi mumkin. Tok turi zanjirida ishlashiga qarab elektr mashinalar o‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok mashinalariga bo‘linadi. O‘zgaruvchan tok mashinalari asinxron va sinxron mashinalarga bo‘linadi va bir fazali yoki uch fazali bo‘lishi mumkin. Amalda sinxron mashinalar generator, asinxron mashinalar esa dvigatel rejimida ishlatiladi<sup>32</sup>.

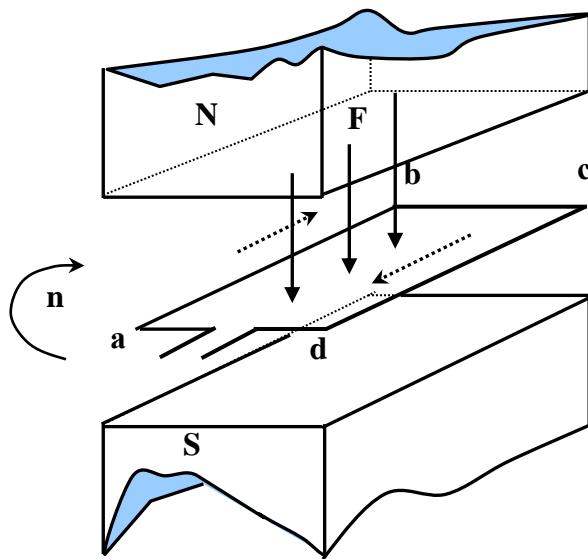
Barcha elektr mashinalarning ishlash prinsipi elektrodinamika qonunlariga, ya’ni elektromagnit induksiya va elektromagnit kuchlar qonunlariga asoslangan. Agar doimiy magnit yoki elektromagnit maydoni (N-S) qutblari orasiga joylashtirilgan ramka  $n$  tezlik (soat mili yo‘nalishida) bilan aylantirilsa (tashqi aylantirish manbai yordamida), u holda elektromagnit induksiya qonuniga binoan ramkaning aktiv a-b va c-d o‘tkazgichlarida (magnit oqimi liniyalariga perpendikulyar harakatlanadigan) yo‘nalishi o‘ng qo‘l qoidasi bilan aniqlanadigan EYuK induksiyalanadi (3.1-rasm).

Bu o‘tkazgichlar magnit oqimga nisbatan qarama-qarshi yo‘nalishlarda bir vaqtida harakatlangani uchun undagi EYuK ham qarama-qarshi yo‘nalishda bo‘ladi. Elektromagnit induksiya qonuniga binoan ikki o‘kazgichlar EYuKlari yig‘indisiga teng bo‘lgan ramkaning EYuKi  $e=-dF/dt$  shartdan aniqlanadi, chunki  $F=BS$  va  $V=const.$  U holda  $e=-Bds/dt$ , ya’ni magnit oqimining yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lgan ramka maydoni o‘zgarsa, EYuK o‘zgaruvchan sinusoidal bo‘ladi. Agar ramkaning uchlarini tashqi yuklama orqali tutashtirsak, u holda EYuK ta’sirida berk zanjirdan  $i$  tok oqib o‘tadi. Shunday qilib, ramkani aylantirishga sarf bo‘lgan mexanik energiya tashqi iste’molchiga uzatiladigan elektr energiyasiga aylanadi.

Agar magnit maydoniga ( $N-S$ ) kiritilgan ana shu ramkaga  $i$  tok

<sup>32</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

berilsa, u holda  $i$  tok va  $F$  magnit oqimining o‘zaro ta’sirlashishi natijasida elektromagnit moment  $M_{em} \sim iF$  vujudga keladi va ramkani aylantira boshlaydi.



3.1-rasm. Eng oddiy elektr mashinasining ishlash prinsipi

Demak, elektr energiya mexanik energiyaga aylanadi, ya’ni mashina dvigatel rejimida ishlaydi. Ramkaning magnit maydonda bir marta to‘liq aylanishida EYuK sinusoidal ravishda bir davrni bosib o‘tadi. Bu sinusoidal EYuKning chastotasi ramkaning bir marta to‘liq aylanishida qutblar soniga bog‘liq. Elektr mashinalarda kamida ikkita qutbli bo‘ladi (ular doimo juft sonli bo‘ladi), ya’ni ularni juftlar (juft qutblar) deb hisoblanadi va  $r$ -juft qutbli deb belgilash qabul qilingan. Bizning holda  $p=1$ , lekin mashinalarda ko‘p juft qutblar bo‘lishi mumkin, u holda ramka bir marta to‘liq aylanganda unda sinusoidal EYuK ning bir necha davrlari vujudga keladi. EYuK ning chastotasi  $f \sim r$ , lekin ramkaning aylanish tezligi  $1 \text{ ayl/min}$  emas, balki  $n \text{ ayl/min}$  ga teng, u holda mashinada induksiyalangan EYuKning chastotasi  $f = pn/60$  bo‘ladi. Ya’ni har qanday elektr mashinada juft qutblar soni, aylanish tezligi va induksiyalangan EYuK chastotasi orasida uzviy bog‘lanish mavjud. Mashinalarda bir o‘ramli emas, balki ko‘p o‘ramli g‘altaklar ishlatiladi.

Har qanday elektr mashina qo‘zg‘almas qism – stator va aylanuvchan qism – rotordan iborat. Rotor stator ichida erkin aylanishi uchun ular orasida havo tirkishi (millimetr ulushlaridan bir necha millimetrlargacha) qo‘yiladi.

Mashinalar statori qalinligi 0,35 yoki 0,5mmli elektrotexnik po'lat plastinalardan (transformatorlardagi kabi) yig'iladi. Plastinalar mashinaning turiga qarab elektromagnit cho'lg'am joylashtiriladigan qutblari yaqqol ko'rinish turadigan (o'zgarmas tok mashinalarda) yoki halqa ichki sirti bo'ylab joylashtiriladigan bir tekisdagi yarim yopiq ariqchalarli (o'zgaruvchan tok mashinalarda) tarzda shtamplanadi va cho'yandan yoki po'latdan quyilgan stanicining ichki tomoniga mahkamlanadi. Staninanig yon tomonlari rotor vali o'tkaziladigan qoplama bilan qoplanadi.

Mashinalar rotori ham elektrotexnik po'lat plastinalardan yig'ilib, uning tashqi tomoniga cho'lg'amlar joylashtiriladigan ariqchalar o'yiladi. Rotorlar tuzilishini turli turdag'i mashinalarni o'rganish jarayonida ko'rib chiqamiz. Mashinalar cho'lg'amlari mis yoki alyuminiy simlardan tayyorlanadi va mashina turiga qarab rotorga yoki statorga ma'lum tarzda joylashtiriladi.

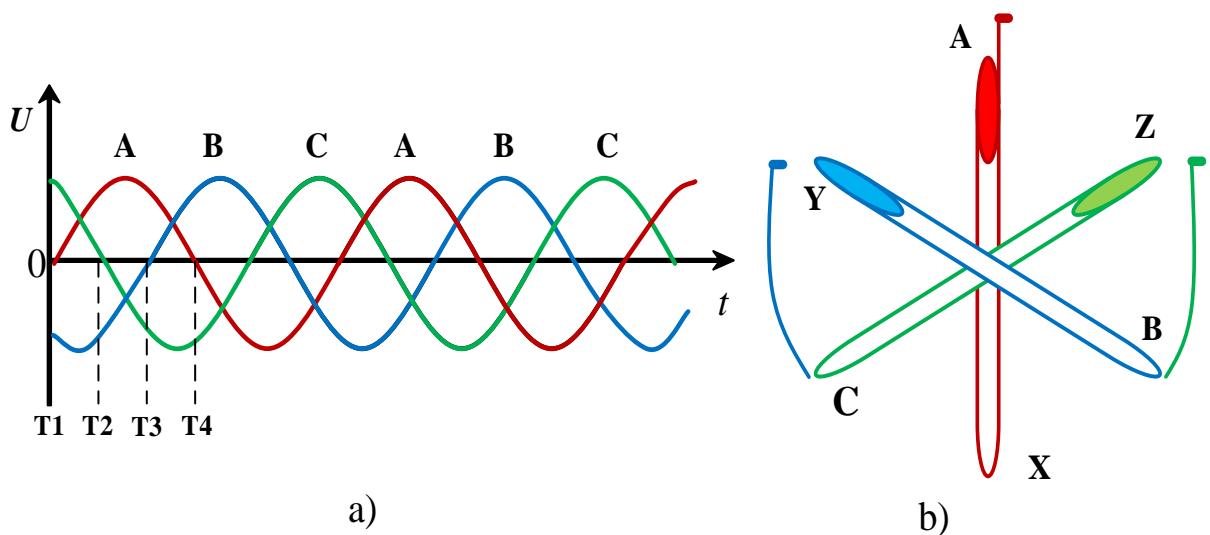
### 3.2. Asinxron dvigatellar

Barcha mashinalar kabi asinxron mashina ham generator, ham dvigatel rejimlarida ishlashi mumkin. Lekin u generator sifatida qator sezilarli kamchiliklarga ega va deyarli dvigatel sifatida ishlatiladi. Asinxron dvigatellar bir fazali, ikki fazali va uch fazali bo'ladi. Mashinaning statori yarim yopiq ariqchalar o'yilgan elektrotexnik po'lat plastinalardan yig'iladi. Bu ariqchalarga cho'lg'am joylashtiriladi. Dastlab sinxron dvigateli ko'rib chiqamiz. Ularda stator cho'lg'amlari o'zaro  $120^\circ$  ga surilgan mos ravishda ulangan uchta cho'lg'amdan iborat va uch fazali tizimni tashkil qiladi. Staninaning klemmalar qutichasiga 6 ta har bir fazaning boshi va uchlari chiqariladi, ya'ni cho'lg'amlarni ham yulduz, ham uchburchak shaklida ularash mumkin. Asinxron mashinalarning rotorlari faza cho'lg'ami va qisqa tutashtirilgan bo'lishi mumkin.

Qisqa tutashtirilgan rotor to'liq yopiq ariqchali po'lat plastinalardan yig'iladi, ularga uchlari metall halqachalarga mahkamlangan sterjenlar joylashtiriladi. Sterjenlar ko'pincha alyuminiydan tayyorlanadi va bosim ostida rotor ariqchalariga quyiladi. Bunday rotorlarning zanjirga chiqishlari bo'lmaydi. Qisqa tutashtirilgan rotorli dvigatellar faza cho'lg'amli rotorli dvigatellardan ko'ra arzon, sodda va ishlatishda ishonchli, lekin ularning rostlash tavsiflari yomon. Faza cho'lg'amli rotoring cho'lg'amlari statorniki kabi uch fazali

bo‘lib, ularning oxirlari yulduz sxemada ulanadi, uchlari esa rotor validan va bir-birlaridan izolyasiyalangan holda rotor valiga mahkamlangan kontakt halqachalariga ulanadi. Staninaga ko‘mir yoki mis cho‘tkalar mahkamlangan bo‘lib, val aylanganida ular halqachalar bilan sirpanma kontakt hosil qiladi. Cho‘tkalar yordamida rotor cho‘lg‘amlari qisqa tutashtirilishi yoki tashqi qarshilikka ulanishi mumkin. Faza cho‘lg‘amli rotorlar qisqa tutashtirilgan rotorlardan kam va faqat yuqori quvvatli asinxron dvigatelarda ishlataladi<sup>33</sup>.

Asinxron dvigatelning ishlash prinsipi. Statorning uch fazali cho‘lg‘amini uch fazali tok beriladigan fazoda o‘zaro  $120^\circ$ ga surilgan uchta g‘altaklar ko‘rinishida tasavvur qilamiz (3.2-rasm).



3.2-rasm. Fazalarning siljish diagrammasi (a) va A, B, C cho‘lg‘amlarning aylanish sxemasi (b)

Tok yo‘nalishini ramkaning boshidan oxiriga musbat, ramkaning oxiridan boshiga esa manfiy deb qabul qilamiz.  $T_1$  vaqt momentida A-X ramkada tok yo‘q, B-Y va C-Z ramkalarda esa tok bor. Bu ramkalar ko‘rsatigan yo‘nalishdagi magnit oqimini hosil qiladi (Parma qoidasigi binoan).

Shunday qilib, ta’midot kuchlanishining yarim davrida stator maydoni  $180^\circ$  ga buriladi, ya’ni  $360^\circ$  da to‘liq aylanib chiqadi. Agar statorning uch fazali cho‘lg‘amiga uch fazali tok berilsa, unda  $n=60 \text{ ayl/min}$ . tezlikda aylanadigan  $f_{lp}$  magnit maydoni hosil bo‘ladi (3.3-rasm), bu yerda  $f_l$  - chastota (chunki  $f_l$  va  $r=const$ , u holda

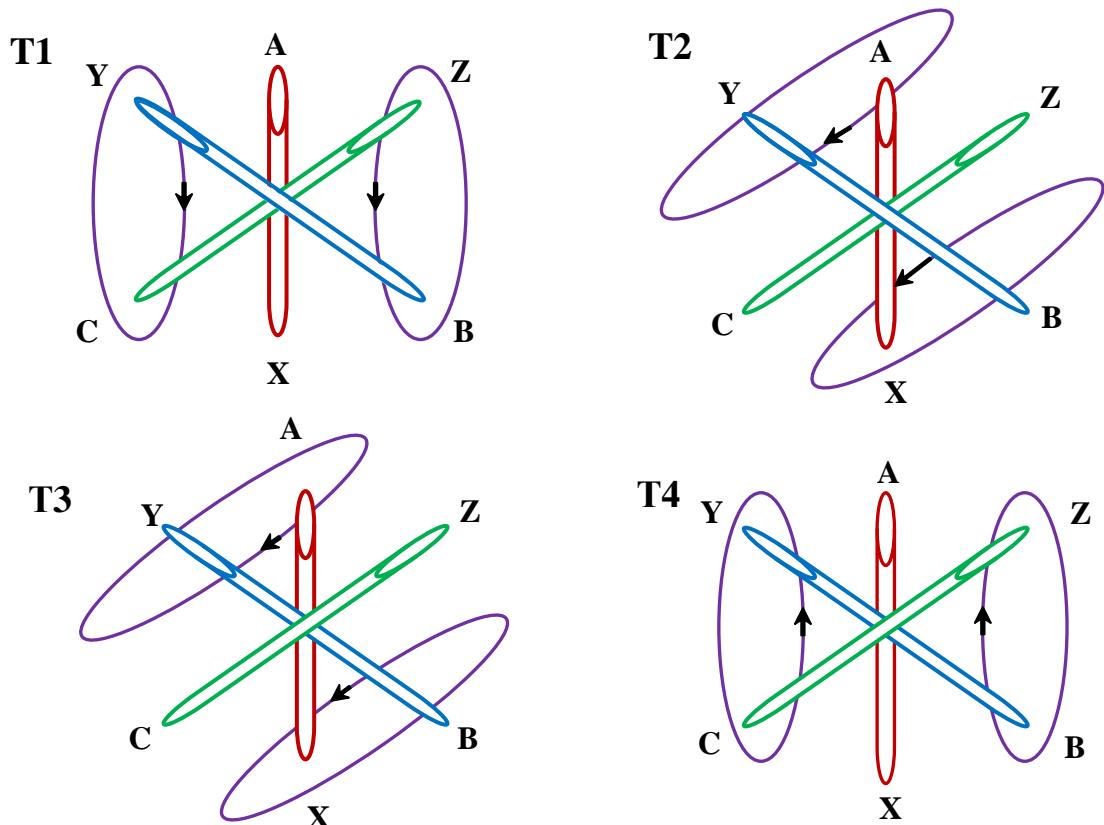
<sup>33</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

$n=const$ .

Bu maydon rotor cho‘lg‘amlarini kesib o‘tib, unda  $E_2$  EYuKni hosil qiladi:

$$E_2 = 4.44 \cdot f \cdot I \cdot K_{ch} \cdot W_2 \cdot F, \quad (3.1)$$

bu yerda  $K_{ch}$  - rotor cho‘lg‘amining joylashtirish usuliga bog‘liq bo‘lgan cho‘lg‘am koffitsienti;  $W_2$  - rotor cho‘lg‘amining o‘ramlari soni.



3.3-rasm. Vaqtning  $T1-T4$  momentlari uchun  $A, B, C$  cho‘lg‘amlarning aylanish sxemalari

Rotor cho‘lg‘amlari qisqa tutashtirilgan bo‘lganligi uchun undan  $I_2$  tok oqib o‘tadi. Bu tok aylanuvchan magnit maydoni bilan o‘zaro ta’sirlashib rotorni aylanuvchan magnit yo‘nalishida aylanishga tortadigan  $F_y$  kuchni hosil qiladi. O‘z navbatida  $F_y$  kuch rotorni aylanishiga majburlaydigan  $M_{ayl}$  aylantiruvchi momentni hosil qiladi. Uning ta’sirida rotor  $n_2$  tezlikda aylana boshlaydi (rotor cho‘lg‘amlari ko‘p bo‘lganligi uchun dvigatelning aylantiruvchi momenti barcha cho‘lg‘amlar aylantiruvchi momentlari yig‘indisiga teng bo‘ladi). Dvigatel rejimida  $n_1 > n_2$ , ya’ni rotor maydoni statorning aylanuvchan magnit maydonidan orqada qoladi. Agar  $n_1 = n_2$  bo‘lsa, rotor stator

maydoniga nisbatan harakatlanmaydi, demak uning cho‘lg‘amlarida EYuK va toklar vujudga kelmaydi, ya’ni aylantiruvchi moment bo‘lmaydi va rotorning aylanishi to‘htaydi.  $n_1$  sinxron tezlik deyiladi, asinxron dvigatellarda rotorning tezligi undan kichik bo‘ladi. Statorning magnit maydoni rotorga nisbatan  $n_s = n_1 - n_2$  ayl/minga tezroq aylanadi.

Asinxron dvigatellarda rotorning stator maydonidan orqada qolishini sirpanish kattaligi  $S = n_s/n_1$  bilan nisbiy birliklarda yoki foizlarda ifodalash qabul qilingan:

$$S = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

Agar rotor to‘xtagan  $S=1$  yoki 100 foiz bo‘lsa, va dvigatel sinxron tezlikka yetsa  $S=0$ , ya’ni dvigatel rejimida  $S=0$  dan 1 gacha o‘zgaradi.

Agar tashqi aylantirish manbai orqali rotor stator magnit maydoni yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalishda aylantirilsa, u holda

$$S = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} > 1, \quad (3.3)$$

bu rejim elektromagnit tormoz rejimi deyiladi.

Agar rotorni stator magnit maydoni yo‘nalishida  $n_2 > n_1$  tezlikka bilan aylantirilsa,

$$S = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} < 0, \quad (3.4)$$

bu rejim generator rejimi deyiladi, lekin asinxron dvigatel odatda bu rejimda ishlamaydi.

Dvigatelning ish jarayonida cho‘lg‘amlaridagi EYuK va tok chastotasi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$f_{2S} = \frac{P(n_1 - n_2)}{60} \cdot \frac{n_1}{n_2} = f_1 \cdot S. \quad (3.5)$$

EYuK esa quyidagiga teng bo‘ladi:

$$E_{2S} = 4.44 \cdot f_{2S} \cdot W_2 \cdot K_{r2} \cdot F_m = 4.44 \cdot f_1 \cdot S \cdot W_2 \cdot K_{r2} \cdot F_m = E_2 \cdot S. \quad (3.6)$$

Rotor cho‘lg‘amining  $Z_2$  qarshiligi aktiv va induktiv tashkil etuvchilarga ega. Induktiv tashkil etuvchi chastotaga bog‘liq, u holda

rotor cho‘lg‘amining qarshiligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$Z_2 = \sqrt{r^2 + x^2 \cdot S}. \quad (3.7)$$

U holda asinxron dvigatel ish jarayonidagi rotor zanjiridagi tok quyidagiga teng bo‘ladi:

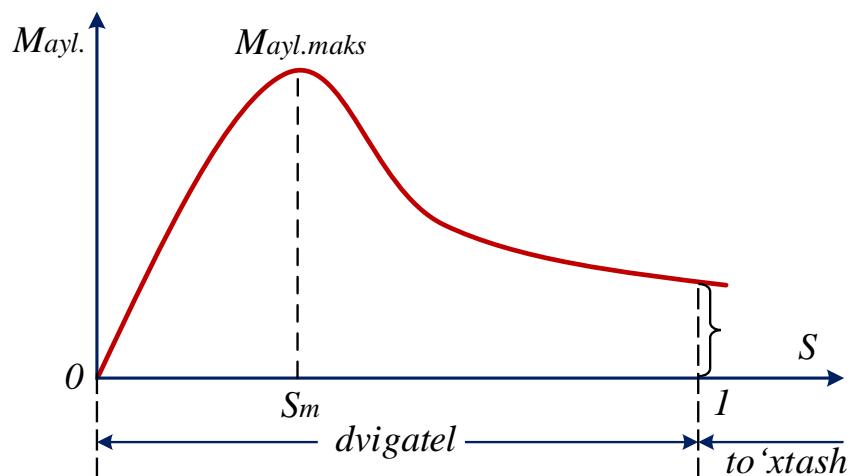
$$I_{2S} = \frac{E_2 \cdot S}{\sqrt{r^2 + x^2 \cdot S}}. \quad (3.8)$$

Dvigatelning aylantiruvchi momenti magnit oqimiga, rotor tokiga bog‘liq va quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{ayl} = S \cdot F_m \cdot I_{2S} \cdot \cos \psi_{2S}, \quad (3.9)$$

bu yerda,  $\psi_{2S}$  - rotordagi  $I_{2S}$  tok va  $E_{2S}$  EYuK orasidagi burchak, rotor cho‘lg‘amlarining qarshiligi  $S$  kattalikka bog‘liq bo‘lganligi uchun  $\psi_{2S}$  ham  $S$  kattalikka bog‘liq bo‘ladi;  $F_m$  - statorning magnit oqimi;  $S$  - fazalar sonini, juft qutblar sonini, cho‘lg‘am o‘ramlari va uning konstruktiv tuzilishini hisobga oladigan konstruktiv koefitsiyent.

Shunday qilib,  $M_{ayl}$  aylantiruvchi moment  $S$  sirpanishga bog‘liq bo‘lgan murakkab funksiyadir. Asinxron dvigatel uchun  $M_{ayl}=f(S)$  bog‘liqlikni bilish muhimdir (3.4-rasm).



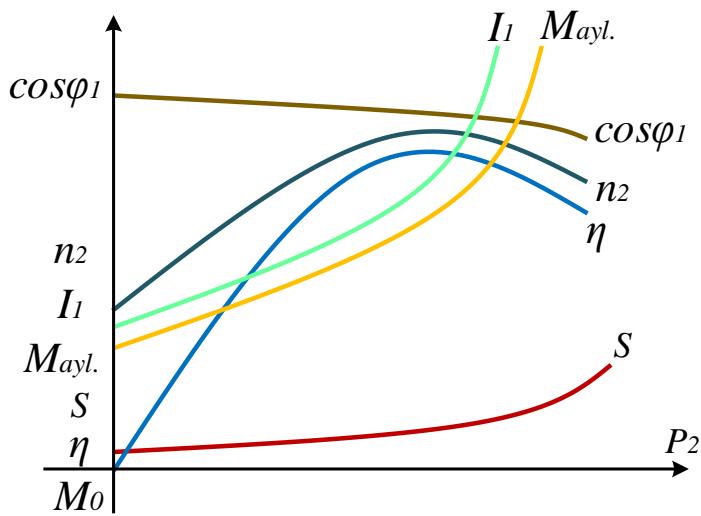
3.4-rasm. Aylantiruvchi momentning sirpanishga bog‘liqligi

Asinxron dvigatel  $M_{ayl}$  aylantiruvchi moment yuklamaning  $M_t$  tormozlovchi momentiga teng bo‘lganida o‘zgarmas tezlikda barqaror ishlaydi.

Yuklama qanchalik katta bo‘lsa,  $n_2$  shunchalik kichik va  $M_{ayl}$

shunchalik katta bo‘ladi. Asinxron dvigatelning barqaror ish sohasi  $0...S_m$  oraliq hisoblanadi. Nominal yuklamada  $S=0,03...0,05$ , ya’ni 3-5 foiz, yuklama ortishi bilan  $S$  ortadi, salt ishlashda esa nolga yaqin bo‘ladi.  $S_m...1$  oraliq dvigatelning barqaror ish sohasi, ya’ni  $M_{ayl}$  momentning juda kichik kamayishida sirpanish keskin ortadi va dvigatel to‘xtaydi.

Asinxron dvigatelning ish tavsiflari rotoring  $n_2$  aylanishlar sonini,  $M_{ayl}$  aylantiruvchi momentini,  $I_1$  iste’mol tokini,  $\cos\varphi_1$  quvvat koeffitsiyentini va  $\eta$  foydali ish koeffitsiyentini mashina validagi foydali  $R_2$  quvvatga bog‘liqligidan iborat (2.5-rasm).  $n_2=f(P_2)$  bog‘liqlik quyidagicha xarakterlanadi: salt ishlashda ( $R_2=0$ )  $n_2 \sim n_1$ , yuklama to‘liq ortsa,  $n_2$  ning qiymati 2...6 foizga kamayadi. Shuning uchun  $M_{ayl}$  aylantiruvchi moment dvigatel yuklamasiga deyarli proporsional bo‘ladi. Lekin,  $n_2$  to‘liq katta yuklamalarda kamayganligi sababli,  $M_{ayl}$  egri chiziqli bir oz yuqoriga ko‘tariladi.  $n_2$  kam o‘zgarganligi uchun  $S$  sirpanish ham 2...6 foizga ortadi.  $I_1$  tok salt ishlashda katta reaktiv tashkil etuvchiga (oqimni hosil qilish uchun) va juda kichik aktiv tashkil etuvchiga ega bo‘ladi. Yuklamaning ortishi bilan aktiv tashkil etuvchi ortadi, reaktiv tashkil etuvchi esa deyarli o‘zgarmaydi. Shuning uchun kichik yuklamalarda aktiv tashkil etuvchi kuchsiz ortadi,  $I_1$  tok kam o‘zgaradi, katta yuklamalarda esa  $I_1$  va  $I_2$  toklar aktiv tashkil etuvchilari keskin ortadi va  $I_1$  tokning o‘zgarishi katta bo‘ladi.



3.5-rasm. Asinxron dvigatelning ish tavsiflari

( $M_0$  – mexanik yo‘qotishlar momenti)  $\cos\varphi_1$  quvvat koeffitsiyenti  $U_1$  kuchlanish va  $I_1$  tok orasidagi burchakni xarakterlaydi. Salt ishlashda

$I_1$  tokning reaktiv tashkil etuvchisi katta bo‘ladi, shuning uchun  $\varphi_1$  burchak katta,  $\cos\varphi_1$  esa kichik (0.2 atrofida) bo‘ladi. Yuklamaning ortishi bilan tokning aktiv tashkil etuvchisi ortadi va  $\varphi_1$  burchak kamayadi, ya’ni  $\cos\varphi_1$  ortadi, nominal yuklamada u kattaroq qiymatlarga (0.75 – 0.85) erishadi.

Juda katta yuklamalarda esa  $F$  oqimni orttirishga to‘g‘ri keladi, shuning uchun yana  $I_1$  tokning reaktiv tashkil etuvchisi ortadi, ya’ni  $\varphi_1$  bir qancha ortadi,  $\cos\varphi_1$  esa bir oz kamayadi. Transformatordagi kabi FIK o‘zgaradi, ya’ni salt ishlashda  $\eta=0$ , yuklama ortganda esa o‘zining qandaydir maksimal qiymatigacha (o‘zgarmas va o‘zgarmas isroflarda teng bo‘lganda) ortadi, keyin esa kamaya boshlaydi.

### 3.3. Sinxron generatorlar

Sinxron mashinalar ham dvigatel, ham generator rejimlarida ishlashi mumkin. Bu mashinalarning afzalliklari shundaki, ularda barcha jarayonlar sinxron ( $n_1=n_2$ ) tezliklarda bo‘lib o‘tadi, ya’ni rotoring aylanishlar soni stator magnit maydoni aylanishlar soniga teng, ya’ni dvigatel uchun  $n_1=n_2=60 \cdot f/p$  bog‘liqlik bajariladi ( $f$  - ta’minot tarmog‘i chastotasi), tashqi aylantirish manbai orqali aylantiriladigan generator uchun chiqish kattaligi esa ishlab chiqariladigan EYuKning  $f=p n/60$  (n-rotoring aylanish tezligi) chastotasi xizmat qiladi.

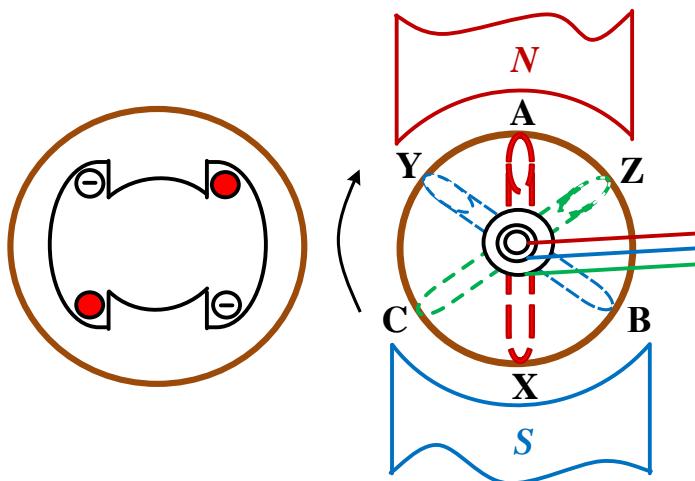
Shundan kelib chiqib, bunday mashinalar sinxron mashinalar deyiladi. Hozirgi vaqt dagi deyarli barcha energiya sinxron generatorlardan olinadi. Sinxron generatori aylantiruvchi birlamchi dvigatelning turiga qarab bir necha turlarga bo‘linadi:

- gidroelektrostansiyalarda; bu yerda birlamchi dvigatel gidroturbina hisoblanadi, qutblari ko‘p sonli yaqqol ko‘rinadigan, kichik tezlikli gidrogeneratorlar ishlatiladi;
- issiqlik elektr stansiyalarida; bu yerda birlamchi dvigatel bug‘ turbinasi hisoblanadi, qutblari kam sonli va yaqqol ko‘rinmaydigan katta tezlikli gidrogeneratorlar ishlatiladi;
- kichik elektr stansiyalarida; masalan aloqa korxonalarining o‘z elektr stansiyalarida; bu yerda birlamchi dvigatel dizel hisoblanadi, qutblari ko‘p sonli va yaqqol ko‘rinadigan, katta va kichik tezlikli dizel generatorlari ishlatiladi.

Sinxron generator barcha elektr mashinalar kabi stator va rotordan iborat. Sinxron generatorlarning bir necha turlari mavjud. Ulardan birinchisida yaqqol ko‘rinadigan qutblari statorda, uch fazali

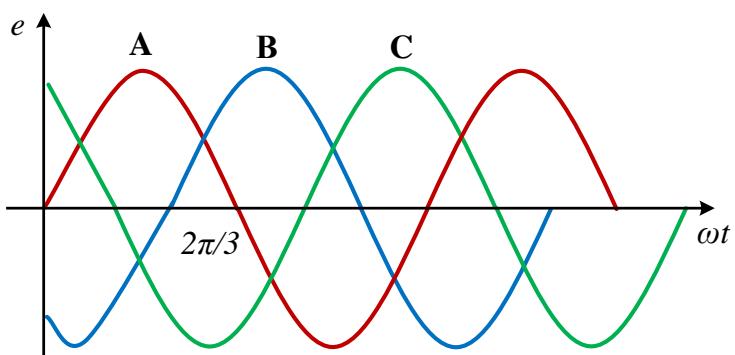
cho‘lg‘amlari esa rotor ariqchalariga joylashtiriladi. U holda stator elektrotexnik po‘lat plastinalardan yig‘iladi, qutblarga esa qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami o‘raladi, u o‘zgarmas tokdan ta’minlanadi va mashinada doimiy magnit oqimini hosil qiladi (3.6-rasm).

Rotor faza rotorli asinxron mashinalardagi kabi yasaladi, ya’ni unda ariqchalar o‘yiladi va unga o‘zaro  $120^\circ$  ga surilgan va ko‘pincha yulduz sxemada ulanadigan uchta g‘altakdan iborat uch fazali cho‘lg‘am joylashtiriladi.



3.6-rasm. Sinxron generatorning ishlash prinsipi

Cho‘lg‘amlar oxirlari umumiy nuqtaga, boshlari esa rotor valiga mahkamlangan va bir-birlaridan izolyasiyalangan uchta halqachalarga ulanadi. Har bir halqacha statorga mahkamlangan qo‘zg‘almas cho‘tka bilan sirpanma kontakt hosil qiladi. Bu cho‘tkalar orqali rotor cho‘lg‘amlaridan yuklamaga EYuK uzatiladi (3.7-rasm).



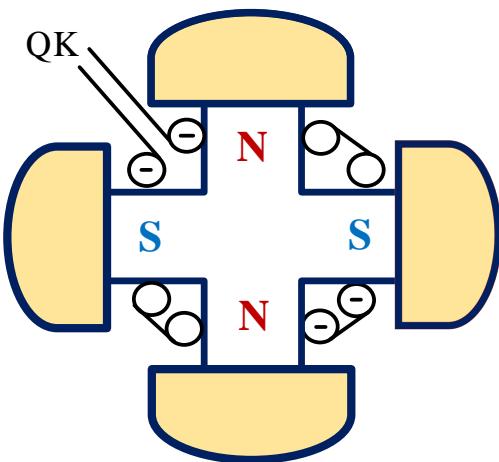
3.7-rasm. Sinxron generatorning kuchlanish diagrammalari

Elektr mashinalarda EYuK induksiyalanadigan qism yakor deyiladi. Bu holda yakor rotor hisoblanadi.

Generatorning ishlash prinsipi quyidagicha. Doimiy magnit (yoki qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami hosil qiladigan elektromagnit) qutblari orasiga uch fazali g‘altaklar tizimi joylashtiriladi va tashqi aylantirish manbai yordamida aylantiriladi. G‘altaklar doimiy magnit maydonida harakatlanganida ularda fazasi  $2/3\pi$  ga, ya’ni davrning  $1/3$  qismiga surilgan EYuK vujudga keladi. Bu EYuK ning chastotasi  $f=p \cdot n/60$ , bu yerda  $n=const$  bo‘lganida, chastota ham  $f=const$  bo‘ladi. Sanoat chastotasini  $f=50Hz$  olish uchun  $n=3000$  ayl/min. tezlikni ushlab turish kerak bo‘ladi.

Agar mashinani  $r=1$  juft qutbli qilib yasalsa,  $n=3000$  ayl/min. tezlikni, agar mashinani  $r>1$  juft qutbli qilib yasalsa,  $n<3000$  ayl/min. tezlikni ta’milashi kerak bo‘ladi. Bunday tuzilishdagi mashinani faqat kichik quvvatlarda (15kVt gacha) va kichik kuchlanishlarda (380/220V) ishlab chiqarish mumkin, chunki yuqori kuchlanishlarni va toklarni harakatlanadigan kontaktlardan olish qiyin.

Qo‘zg‘almas doimiy magnit maydonida uch fazali cho‘lg‘amni aylantirish yoki bu maydonni qo‘zg‘almas uch fazali cho‘lg‘amga nisbatan aylantirish prinsipial farq qilmaydi. Shuning uchun sinxron mashinaning ikkinchi tuzilishi mavjud bo‘lib, bunda uch fazali yakor cho‘lg‘ami stator ariqchalariga joylashtiriladi, ya’ni stator asinxron mashinadagi kabi bo‘ladi, rotor esa qutblari yaqqol ko‘rinadigan bo‘ladi va uning qutblariga tashqi o‘zgarmas tok manbaidan ta’milanadigan qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami o‘raladi (3.8-rasm).



3.8-rasm. Sinxron generatorning rotorining chizmasi

Rotoring valiga cho‘tkalar orqali tashqi ta’mot manbalaridan o‘zgarmas tok beriladigan ikkita izolyasiyalangan halqalar mahkamlanadi. Rotor aylanadi va mos ravishda statorning magnit

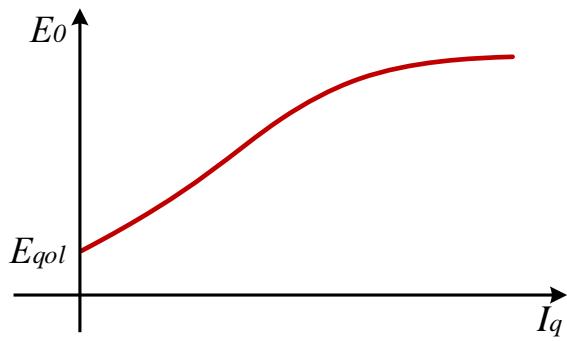
maydoni harakatlanadi. Magnit maydoni uch fazali cho‘lg‘amlarga nisbatan  $n$  tezlikda aylanadi va  $f=p \cdot n/60$  chastotali EYuK induksiyalanadi. Endi esa yuqori kuchlanishlar va toklar qo‘zg‘almas cho‘lg‘amlardan olinadi. Odatda bunday rotorlar  $p>3$  juft qutbli qilib yasaladi, mashinaning tezligini uncha katta bo‘lmagan ( $n=1000$  ayl/min.) tezlikli qilish mumkin. Agar yuqori tezlikni ta’minlash kerak bo‘lsa (ya’ni  $p<3$  juft qutblar sonini), u holda rotorning mexanik puxtaligini oshirish uchun rotor qutblari yaqqol ko‘rinmaydigan tarzda ishlab chiqariladi. U silindr shaklida bo‘lib, sirtiga ariqchalar o‘yiladi. Bu ariqchalarga o‘zgarmas tokni o‘tkazadigan va aylanuvchan doimiy magnit maydoni hosil qiladigan qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami joylashtiriladi. Odatda qutblari yaqqol ko‘rinmaydigan rotorlar  $p=1$  juft qutbli, ya’ni yuqori tezlikli tarzda ishlab chiqariladi. Har qanday tuzilishdagi sinxron mashinalarning ishslash prinsiplari bir xil.

Sinxron generatorlarning asosiy tavsiflari quyidagilar hisoblanadi:

- 1) salt ishslash tavsifi  $E=f(I_q)$ ,  $I_{yu}=\text{const}$  bo‘lganida;
- 2) yuklama tavsifi  $U=f(I_q)$ ,  $I_{yu}=\text{const}$  bo‘lganida;
- 3) tashqi tavsifi  $U=f(I_{yu})$ ,  $I_q=\text{const}$  bo‘lganida;
- 4) rostlash tavsifi  $I_q=f(I_{yu})$ ,  $U_{yu}=\text{const}$  bo‘lganida.

Barcha tavsiflar  $n=\text{const}$  bo‘lganida olinadi. Agar sinxron generator salt ishlayotgan bo‘lsa, ya’ni yuklama ulanmagan bo‘lsa, u holda qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami  $F_q$  magnit oqimini vujudga keltiradigan  $F_q=I_q \cdot W_q$  ( $W_q$  - qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami o‘ramlari soni) magnitlovchi kuchni hosil qiladi. Rotor aylanganida bu oqim statorning uch fazali cho‘lg‘amlarini kesib o‘tadi va ularda magnit oqimidan  $\pi/2$  burchakka orqada qoladigan EYuKni induksiyalaydi. Bu EYuKning ta’sir etuvchi qiymati transformatordagи kabi  $E_0=4,44 \cdot f \cdot K_r \cdot W \cdot F_m$  bo‘ladi ( $W$  - birinchi faza o‘ramlari soni,  $K_r$  - uch fazali cho‘lg‘amning cho‘lg‘am koeffitsiyenti).  $E_0$  EYuK  $F_m$  magnit oqimiga to‘g‘ri proporsional bo‘lganligi uchun qo‘zg‘atish tokiga ham bog‘liq bo‘ladi.

Salt ishslash tavsifi mashina magnit zanjirining magnitlanish egri chizig‘i shaklini takrorlaydi. U 0 dan emas, mashinadagi qoldiq magnit oqimi tufayli  $E_0=E_{q0}$  qiymatdan boshlanadi (3.9-rasm).  $E_0=f(I_q)$  tavsif egri chiziqli xarakterga ega bo‘ladi.



3.9-rasm. Sinxron generatorning salt ishlash tavsifi

Boshqa tavsiflarni aniqlash uchun yakor reaksiyasi nima ekanligini tushunib olish zarur. Generatorga yuklama ulanganida yakor cho‘lg‘amidan tok oqib o‘tadi. Agar yuklama simmetrik bo‘lsa, u holda fazalardagi tok o‘zaro davrning  $1/3$  qismiga surilgan bo‘ladi. Bu toklar  $n=60f/p$  tezlikda aylanuvchan o‘zgaruvchan magnit maydoni hosil qiladi (ya’ni rotor aylanayotgan tezlikdagi). Shunday qilib, doimiy va o‘zgaruvchan maydonlar bir xil sinxron tezliklarda aylanadi, ya’ni ular qat’iy bog‘langan bo‘ladi. Bunda aylanayotgan yakor maydoni magnit kuch chiziqlarining katta qismi mashinaning magnit zanjiri bo‘yicha, ya’ni  $F_{ya}$  yakor oqimini vujudga keltirgan holda stator va rotor bo‘yicha tutashadi. Maydonning magnit kuch chiziqlari kam bo‘lgan qismi esa  $F_{sya}$  tarqalish oqimini vujudga keltirgan holda yakor cho‘lg‘amlari atrofida tutashadi. Bu oqimning mavjudligi yakor cho‘lg‘amining induktiv qarshiligi orqali asoslanadi<sup>34</sup>.

Yakorning  $F_{ya}$  oqimi mashinaning magnit zanjiri bo‘yicha tutashib, qutblar magnit oqimiga ta’sir qiladi va uning kattaligini hamda bo‘shliqda tarqalishini o‘zgartiradi. Yakor maydonining qutblar maydoniga bunday ta’siri yakor reaksiyasi deyiladi. Yakor reaksiyasi tufayli yuklama ulangandagi magnit oqimi salt ishlashdagi magnit oqimiga teng bo‘lmaydi, bu esa EYuK va yakor qisqichlaridagi kuchlanishga ta’sir qiladi. Yakor maydonining qutblar maydoniga ta’siri generator yuklamasi xarakteriga bog‘liq, chunki  $F_I$  yakor reaksiyasi magnit oqimi yo‘nalishi yuklama xarakteriga bog‘liq ravishda o‘zgaradi. Bu holda mashinaning yig‘indi ishchi oqimi  $F_q$  (qutblar) va  $F_I$  (yakor reaksiyasi) oqimlar vektor yig‘indisiga teng bo‘ladi, ya’ni  $F_r=F_q=F_{ya}$ .

Aktiv yuklamada  $E_0$  EYuK va yakor cho‘lg‘amidagi  $I_{ya}$  tok

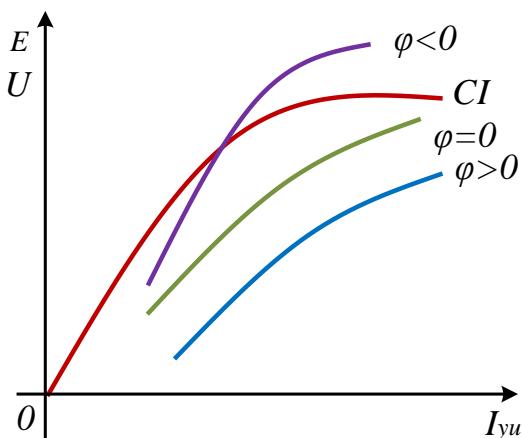
<sup>34</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

orasidagi burchak  $0$  ga teng,  $F_q$  va  $F_{ya}$  oqimlar vektorlari esa o‘zaro  $90^\circ$  burchak ostida joylashadi, ya’ni mashinaning  $F_r$  yig‘indi ishchi oqimi salt ishlashdagi oqimdan kichik bo‘ladi. Induktiv yuklamada  $I_{ya}$  tok  $E_0$  EYuKdan  $90^\circ$  ga orqada qoladi,  $F_q$  va  $F_{ya}$  oqimlar yo‘nalishlari esa qarama-qarshi bo‘ladi, ya’ni ular orasidagi burchak  $180^\circ$  ga teng bo‘ladi, ishchi oqim aktiv yuklamadagiga nisbatan yanada kamroq bo‘ladi. Sig‘im yuklamada  $I_{ya}$  tok  $E_0$  EYuKni  $90^\circ$  ga orqada qoldiradi,  $F_q$  va  $F_{ya}$  oqimlar esa bir tomonga yo‘naladi, ya’ni ishchi oqim bu oqimlarning algebraik yig‘indisiga teng bo‘ladi va aktiv yuklamadagiga nisbatan katta bo‘ladi.

Generatorning yuklama tavsifi  $U=f(I_q)$  bog‘liqlik bo‘lib, yuklama toki  $I_{yu}$  va quvvat koeffitsiyenti  $\cos\varphi$  o‘zgarmas bo‘lganda olinadi (3.10-rasm).

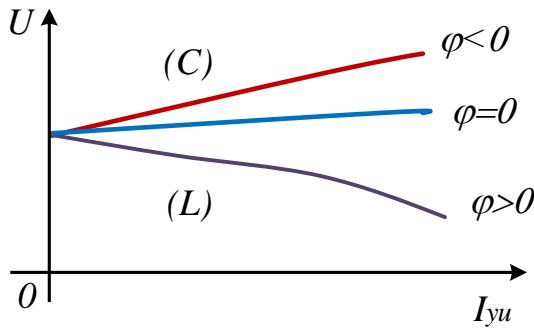
Generator yuklamada ishlagandagi uning chiqishlaridagi kuchlanish yuklama tokiga bog‘liq bo‘ladi. Bu tavsiflarni turli yuklama turlarida ko‘rib chiqamiz.

Aktiv yuklamada  $\varphi=0$ , kuchlanish esa salt ishlashdagi EYuKdan kichik bo‘ladi, chunki ishchi oqim salt ishlashdagi ishchi oqimdan yakorning ko‘ndalang reaksiyasi hisobiga kichik bo‘ladi, ya’ni bu tavsif salt ishlash tavsifidan pastroqdan o‘tadi. Induktiv yuklamada  $\varphi>0$ , ishchi oqim yanada kamroq bo‘ladi, ya’ni tavsif ham oqimning kamayishi, ham yakor cho‘lg‘amidagi kuchlanishning pasayishi hisobiga yanada pastroqdan o‘tadi. Sig‘im yuklamada  $\varphi<0$ , ishchi oqim ortadi, ya’ni kuchlanish ortadi va yakor cho‘lg‘amlarida kuchlanish pasayishiga qaramasdan tavsif salt ishlash tavsifidan yuqoriqdan o‘tishi mumkin.



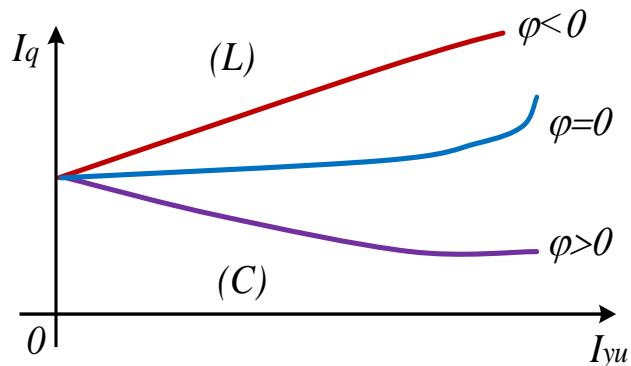
3.10-rasm. Sinxron generatorning yuklama tavsifi

Generatorning tashqi tavsifi  $U=f(I_{yu})$  ( $I_q=const$  va  $\cos\varphi=const$  bo‘lganida) olinadi (3.11-rasm). U ham yuklama xarakteriga bog‘liq bo‘ladi.



3.11-rasm. Sinxron generatorning tashqi tavsifsi

Yakor reaksiyasi oqimini yakor cho‘lg‘amidan oqib o‘tadigan yuklama toki keltirib chiqaradi va shuning uchun bu tok qancha katta bo‘lsa u shuncha katta bo‘ladi va ishchi oqimga, ya’ni kuchlanish qiymatiga shuncha katta ta’sir qiladi. Aktiv yuklamada  $\varphi=0$ , u mashinaning ishchi oqimini kamaytiradi, ya’ni yuklama tokining ortishi bilan cho‘lg‘amdagи kuchlanishning tushishi va  $F_r$  magnit oqimining kamayishi hisobiga chiqish kuchlanishi kamayadi. Induktiv yuklamada  $\varphi>0$ ,  $F_r$  magnit oqimi yanada kamaya boradi, shuning uchun chiqish kuchlanishi ham aktiv yuklamadagidan ko‘proq kamayadi. Sig‘im yuklamada  $\varphi<0$ ,  $F_r$  magnit oqimi ortib boradi, shuning uchun, ya’ni yuklama tokining ortishi bilan chiqish kuchlanishi ortadi, ya’ni tavsif aktiv yuklamadagidan yuqoriroqda joylashadi. Generatorning rostlash tavsifi  $I_q=f(I_{yu})$ ,  $U=const$  va  $\cos\varphi=const$  bo‘lganida olinadi (3.12-rasm).



3.12-rasm. Sinxron generatorning rostlash tavsifi

Generator chiqishidagi kuchlanish ham o‘zgarishsiz bo‘lishi uchun

ishchi oqim ham o‘zgarmasligi kerak.  $F_r$  oqim  $F_m$  va  $F_a$  oqimlar yig‘indisidan iborat.  $F_m$  oqim yuklamaga bog‘liq, u holda yuklama va  $F_a$  oqim o‘zgarganida  $F_r$  oqimni o‘zgarishsiz saqlash uchun  $F_m$  oqimni o‘zgartirish, ya’ni qo‘zg‘atish tokini o‘zgartirish kerak bo‘ladi. Bu tavsiflar ham yuklama xarakteriga bog‘liq bo‘ladi. Aktiv yuklamada ( $\varphi=0$ )  $F_a$  oqim  $F_r$  oqimni kamaytiradi, shuning uchun  $F_r=const$  bo‘lishi uchun  $F_m$  oqimni, ya’ni ya’ni qo‘zg‘atish tokini orttirish kerak bo‘ladi. Bunda rostlash tavsifi yuqoridan o‘tadi.

Induktiv yuklamada ( $\varphi>0$ )  $F_a$  oqim  $F_r$  oqimni yanada kamaytiradi, shuning uchun  $F_r=const$  bo‘lishi uchun  $F_m$  oqimni yanada orttirish kerak bo‘ladi, ya’ni rostlash tavsifi yanada yuqoridan o‘tadi. Sig‘im yuklamada ( $\varphi<0$ )  $F_a$  oqim  $F_r$  oqimni orttiradi, shuning uchun  $F_r=const$  bo‘lishi uchun  $F_m$  oqimni, ya’ni mashinaning qo‘zg‘atish tokini kamaytirish kerak bo‘ladi, demak rostlash tavsifi aktiv yuklamadagidan pastdan o‘tadi, ya’ni  $I_{yu}$  tokning ortishi bilan qo‘zg‘atish tokini kamaytirish kerak bo‘ladi.

### 3.4. O‘zgarmas tok mashinalari<sup>35</sup>

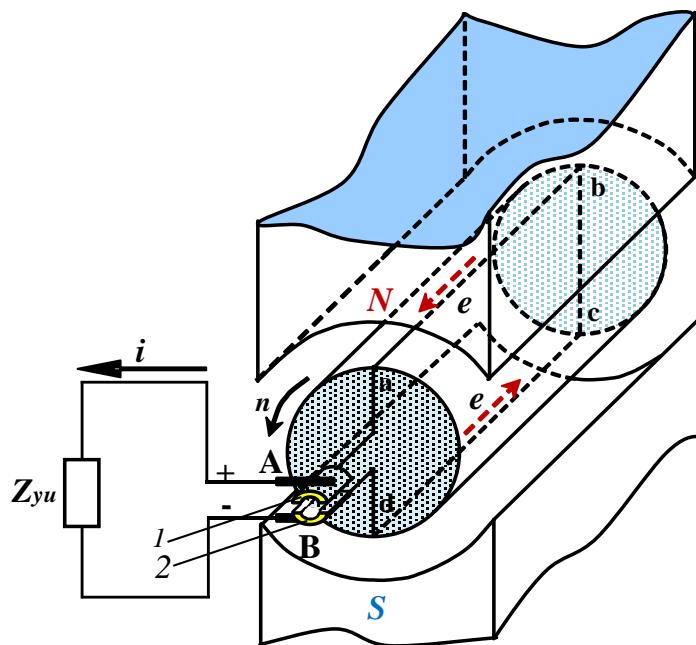
O‘zgarmas tok mashinalari aloqa korxonalarining elektr ta’minoti qurilmalarida zaryad va bufer energiya manbalari, o‘zgarmas kuchlanish elektromagnit o‘zgartirgichlari (radioumformerlar) sifatida uzlucksiz ta’minot qurilmalarida keng qo‘llaniladi.

Eng oddiy o‘zgarmas tok generatori doimiy magnit va uning qutblari oralariga joylashtirilgan ramkadan iborat. Ramkaning boshi va oxirining uchlari ikkita 1 va 2 yarim segmentlarga mahkamlangan (3.13-rasm). Yarim halqalar bilan sirpanuvchan elektr kontaktta ega bo‘lgan qo‘zg‘almas  $A$  va  $B$  cho‘tkalarga generatorning yuklamasi ulanadi. Ramka magnit maydon qutblarida orasida aylanganida uning aktiv o‘tkazgichlarida elektromagnit induksiya qonuniga muvofiq o‘zgaruvchan EYuK vujudga keladi.

Agar ramka tekisligi aylanishdan oldin gorizontal holatda bo‘lsa, u holda undagi EYuK nol qiymatdan o‘zgara boshlaydi (314-rasm). Bu EYuK birinchi yarim aylanishda (ramkaning av tomoni shimoliy qutb ta’siri ostida bo‘lish vaqtida) maksimal qiymatgacha ortadi va o‘z yo‘nalishini o‘zgartirmagan holda nolgacha kamayadi. Binobarin, ramka zanjiri berk bo‘lganligi uchun bu EYuK ta’sirida yuklamadan tok

<sup>35</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

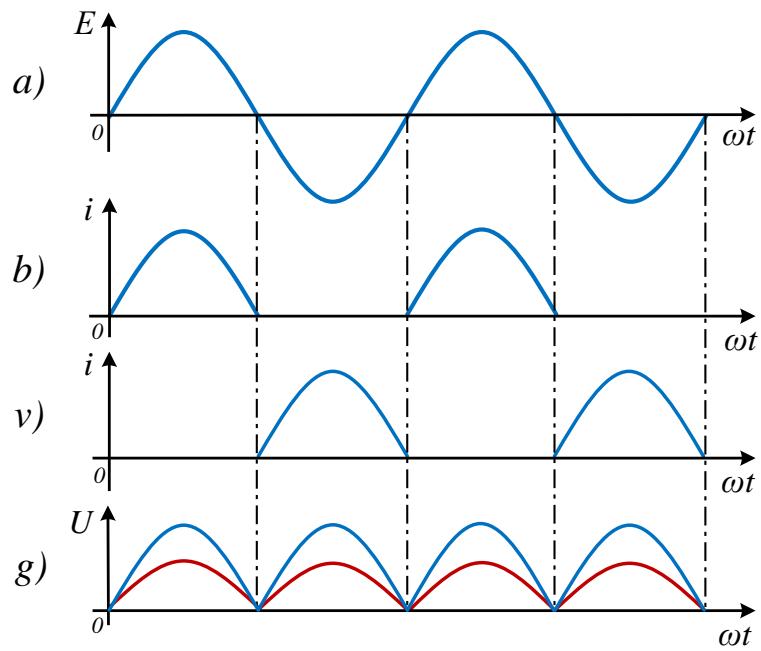
oqib o‘tadi. Ikkinchchi yarim aylanishda ramkaning *ab* tomoni janubiy qutb ta’siri ostiga, *dc* tomoni esa shimoliy qutb ta’siri ostiga kiradi. Bu yo‘nalish natijasida ulardagi EYuK teskarisiga o‘zgaradi. Lekin bu bilan birga *ab* tomonga biriktirilgan 1 yarim halqa *A* cho‘tka ostidan chiqib *B* cho‘tka ostiga kiradi, *cd* tomonga biriktirilgan 2 yarim halqa esa *B* cho‘tka ostidan chiqib *A* cho‘tka ostiga kiradi.



32.13-rasm. Eng oddiy o‘zgarmas tok generatori

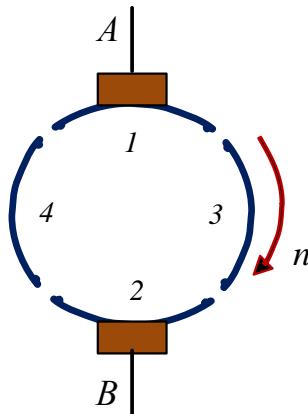
Shunday qilib *A* va *B* cho‘tkalar vaqtning istalgan momentida mos ravishda mos qutbda EYuK induksiyalangan o‘tkazgich bilan bog‘lanadi. Buning natijasida yuklamada tok bir yo‘nalishda oqib o‘tadi va ikkinchi yarim davrda birinchi yarim aylanishdagi o‘zgarish takrorlanadi. Ramkaning bir marta to‘liq aylanishida tokning o‘zgarish qonuni 3.14-rasmda ko‘rsatilgan tartibda bo‘ladi. Ramkaning keyingi aylanishlarida jarayon takrorlanadi va yuklama orqali bir yo‘nalishdagi pulslanuvchi tok oqib o‘tadi. Cho‘tkalardagi kuchlanish tok shaklini takrorlaydi.

Generator qisqichlaridagi to‘g‘rilangan kuchlanish aylanuvchan yarim halqlari va qo‘zg‘almasi cho‘tkalar yordamida olinadi. Biroq, 3.14g-rasmdan ko‘rinadiki, yuklamadagi tok va kuchlanish to‘g‘rilangan hisoblansada kattaligi jihatidan o‘zgarmas emas.



3.14-rasm. Eng oddiy o‘zgarmas tok generatorining vaqt diagrammalari

To‘g‘rilangan tokning o‘zgarmas bo‘lishiga dastlabki yaqinlashishda magnit qutblari oralariga birinchisiga nisbatan  $90^\circ$  burchak ostida joylashtirilgan ikkinchi o‘xshash ramka kiritiladi. Har bir ramkaning boshi va uchlari to‘rt yarim halqalarning biriga mustahkam biriktiriladi (315-rasm).

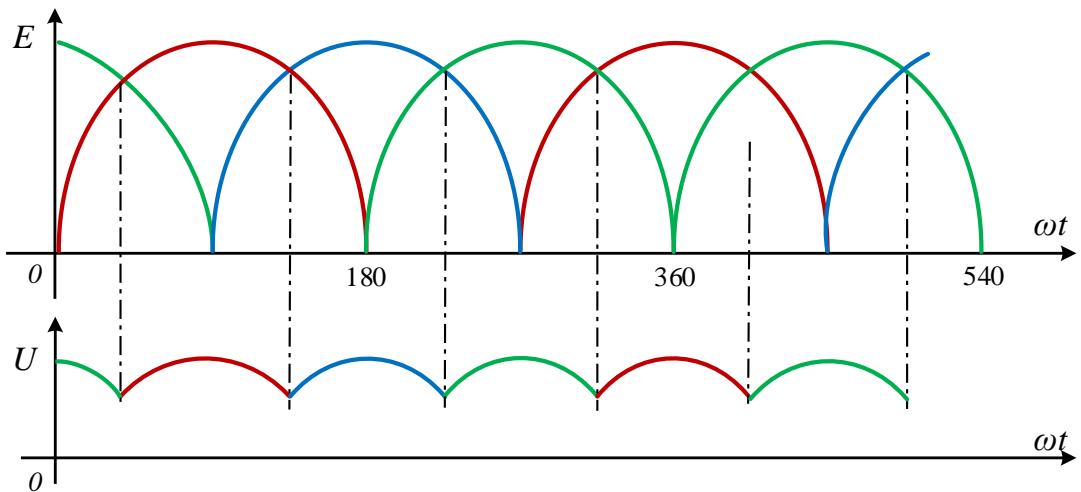


3.15-rasm. Eng oddiy o‘zgarmas tok generatorida ramkalar sonining oshirilishi

$A$  va  $B$  cho‘tkalar dastlabki holatida qoladi. Bir-biridan  $90^\circ$ ga surilgan ramkalar aylanganda ularda sinusoidal EYuK vujudga keladi.

Har bir ramkaning bir marta aylanishida 1-2 va 3-4 yarim halqalar juftligi cho‘tkalar bilan ikki marta sirpanadi. Buning

natijasida yuklamadagi kuchlanish ramkalardagi EYuKlardan tashkil topadi.

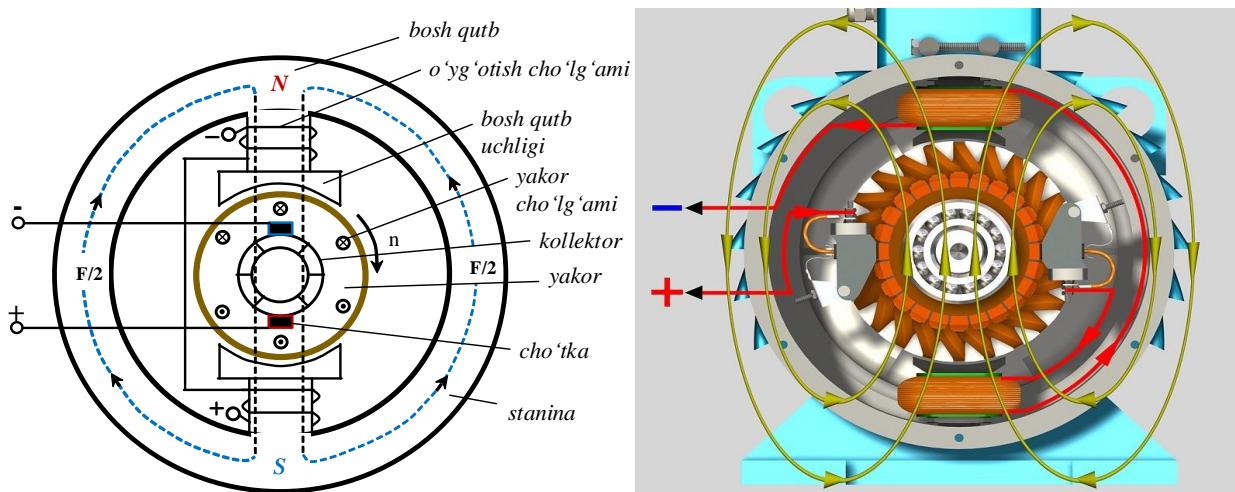


3.16-rasm. Eng oddiy o‘zgarmas tok generatorida ramkalar soni 3 taga oshirilgandagi kuchlanish va tok diagrammalari

Ramkalardagi EYuK to‘g‘rilanadigan 1, 2, 3 va 4 yarim halqalar *kollektor* deyiladi. 3.16-rasmda ramkalar soni 3 taga oshirilgandagi kuchlanish va tok diagrammalari keltirilgan. Rasmdan ko‘rinadiki, olingan tok va kuchlanish kattaligi jihatidan sezilarli kichik tebranishga ega. Agar mana shu prinsip buyicha qutblar oralig‘idagi ramkalar soni ko‘paytirilsa, cho‘tkalardagi kuchlanish va yuklamadagi tokni deyarli o‘zgarmas olish mumkin.

Eng oddiy o‘zgarmas tok generatori qator mavjud kamchiliklarga ega, undagi magnit oqimi kuchsiz, o‘tkazgichning aktiv uzunligi kichik, buning natijasida generator qisqichlaridagi kuchlanish kattaligi jihatdan va shaklan pulsatsiyasi talab kilingan darajada bo‘lmaydi. Zamonaviy generatorlar konstruksiyasi bu kamchiliklarni to‘g‘rilash imkonini beradi (3.17-rasm).

Zamonaviy generator, qo‘zg‘almas qism-statina va aylanuvchan qism yakordan iborat. Stanina yirik mashinalar uchun po‘latdan, kichik mashinalar uchun cho‘yandan yasaladi va unga qutblarning o‘zaklari o‘rnataladi. Bosh qutb staninaning ichki sirtiga o‘rnatalgan bo‘lib, unga qo‘zg‘atish cho‘lg‘amlari o‘ralgan. Bosh qutb mashinaning asosiy magnit maydonini hosil qiladi. Magnit maydonini tekis tarkalishi uchun bosh qutbga uchlik o‘rnatalgan.



3.17-rasm. Zamonaviy o‘zgarmas tok generatorining tuzilishi

Yakor silindrsimon o‘zak bo‘lib, o‘qqa o‘rnataladi. Yakor qalinligi 0,35 yoki 0,5 mmli elektrotexnik po‘lat plastinalar to‘plamidan tayyorlanadi. Uyurma toklarga bo‘ladigan kuvvat isrofini kamaytirish maqsadida plastinalar bir-birlaridan izolyasiya qilinadi. Aylanuvchi yakorning cho‘lg‘amlarida o‘zgaruvchan EYuK hosil qilinib, kollektor va cho‘tkalar yordamida generatordan o‘zgarmas tok olinadi. Yakor cho‘lg‘ami izolyasiyalangan mis simdan iborat bo‘lib, u alohida-alohida seksiya qilinib yasalgandan so‘ng yakorning o‘zagidagi ariqchalarga joylashtirildi. Cho‘lg‘am yakorning o‘zagidan yaxshilab izolyasiya qilinadi va maxsus yog‘och ponalar yordamida ariqchalarga mahkamlanadi. Korpusdagi tutqichga o‘rnatalgan cho‘tkalar yordamida kollektordan tok olinadi. Cho‘tkalar ko‘mir, grafit, mis yoki bronzadan yasaladi.

Agar yakor cho‘lg‘ami, cho‘tkalar va kollektorlar kontaktlari qarshiliklaridan iborat bo‘lgan mashinaniig ichki karshiligidini  $r_{ya}$  orqali belgilasak, u holda yakordagi tok quyidagicha aniklanadi:

$$I_{yu} = \frac{r_{ya}}{R_{yu}}, \quad (3.10)$$

$I_{yu} \cdot R_{yu} = U$ , ( $U$  - yuklangan generator qisqichlaridagi kuchlanish) ekanligini hisobga olsak, generator EYuKlari muvozanat tenglamasini olamiz:

$$U = E - I_{yu} \cdot r_{ya}. \quad (3.11)$$

O‘zgarmas tok generatorlarining xususiyatlari ularning qo‘zg‘atish

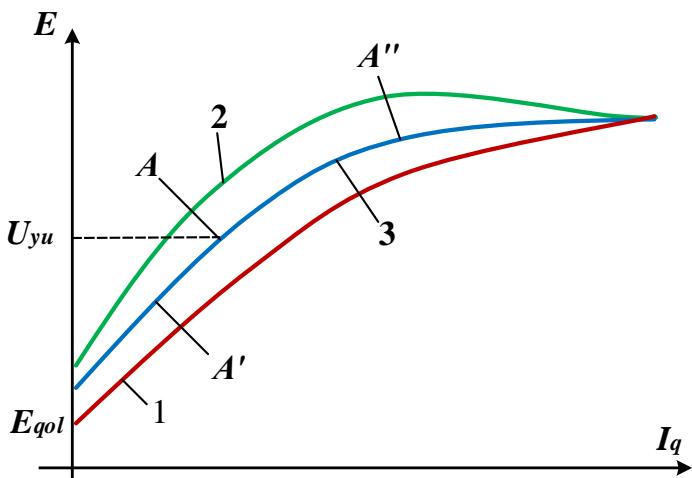
sxemasiga qarab, ya’ni tok bosh qutbning qo‘zg‘atish cho‘lg‘amlariga kanday berilishiga karab turlich bo‘ladi.

O‘zgarmas tok generatorlari magnit maydoni qo‘zg‘atish usuliga qarab mustaqil qo‘zg‘atishli va o‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli bo‘ladi.

Mustaqil qo‘zg‘atishli generatorlarning qo‘zg‘atish cho‘lg‘amlariga beriladigan tok tashqi manbadan (akkumulyator yoki boshqa generator) olinadi.

Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorlarining kamchiligi qo‘shimcha energiya manbaining zarur bo‘lishidir.

Generatorning tavsiflari uning ish xususiyatlarini aniqlaydi va ko‘p jihatdan qo‘zg‘atish usuliga bog‘liq. Salt ishslash tavsifi yuklamasiz va aylanish tezligi o‘zgarmas ( $n=const$ ) bo‘lganida yakordagi EYuK va qo‘zg‘atish tokining o‘zaro bog‘liqligidan iborat ( $E=f(I_q)$ ). Mustaqil qo‘zg‘atishli generatorlar salt ishlaganda yakordagi tok nolga teng.  $n=const$  da yakor cho‘lg‘amidagi EYuK (3.18-rasmdagi 1-egri chiziq) magnit oqimiga to‘g‘ri proporsional, shuning uchun salt ishslash tavsifi ma’lum jihatdan mashina po‘latining magnitlanish tavsifidir.



3.18-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining salt ishslash tavsiflari

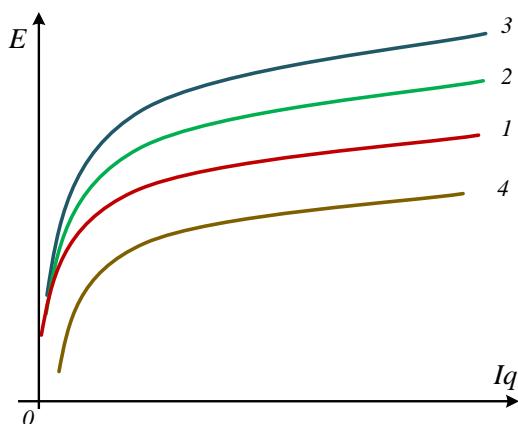
Mashinaniig magnit zanjiri yakor cho‘lg‘amida EYuKni induksiyalovchi qandaydir magnit oqimiga ega bo‘ladi. Bu EYuK mashina nominal kuchlanishining (2...5)%ini tashkil etadi. Magnit oqimi kabi qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami tokining ortishi bilan yakor cho‘lg‘amida induksiyalangan EYuK ham ortadi (1-egri chiziq). Bu tavsifning ko‘tariluvchi tarmog‘i olingandan so‘ng, qo‘zg‘atish toki kamaytirilsa, EYuK kamayadi, ammo kamayuvchi tarmoq (2-egri chiziq.) po‘latning

magnitlanishi hisobiga 1-egri chiziqdan yuqoriroqqa joylashadi. Tavsifning ko‘tariluvchi hamda kamayuvchi tarmoqlari deyarli ustma-ust tushmaydi va asosiy tavsif sifatida o‘rtacha bog‘liqlik (3-egri chiziq) qabul qilinadi.

Normal tipdagи barcha mashinalar uchun nominal kuchlanish nuqtasi  $A$  magnit tavsifining bukilgan joyiga joylashadi. Magnit tavsifning chiziqli qismida nominal kuchlanish nuqtasini tanlashda ( $A'$  nuqta) qo‘zg‘atish toki sezilarsiz o‘zgarganda generator qisqichlaridagi kuchlanishning keskin o‘zgarishiga olib keladi. Bu nuqtani tavsifning yuqori qismida joylashishini tanlashda ( $A''$  nuqta) generator qisqichlaridagi kuchlanishni rostlashda EYuKning o‘zgarishi uchun qo‘zg‘atish tokini juda katta o‘zgarishi talab qilinadi.

Generatornint EYuKi aylanish tezligi  $n$  ga proporsional, demak  $n$  ning o‘zgarishi EYuK ning o‘zgarishiga olib keladi.  $n > n_{nom}$  da salt ishslash tavsifi  $n_{nom}$  dagidan yukorida joylashadi (3.19-rasmdagi 2-egri chiziq),  $n < n_{nom}$  ishslash tavsifi  $n_{nom}$  dagidan pastda joylashadi (3-egri chiziq).

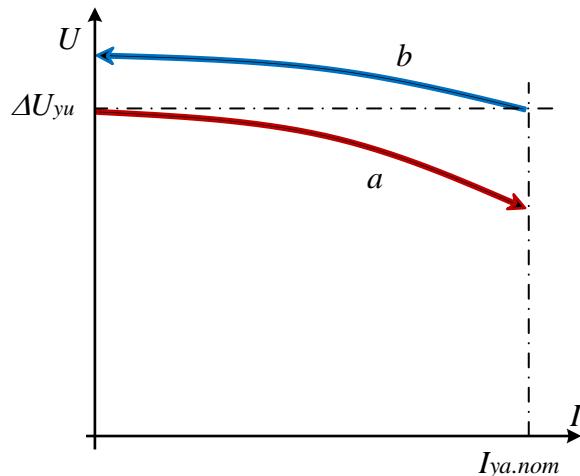
Generatoring yuklanish tavsifi generator chiqishidagi kuchlanishning qo‘zg‘atish tokiga bog‘liqligidan iborat, ya’ni  $U=f(I_q)$ , bunda  $I_{yu}$  yuklama toki va  $n$  aylanish tezligi o‘zgarmas bo‘ladi. Yuklanish tavsifi, odatda, salt ishslash tavsifi bilan bitta grafikda chiziladi (4-egri chiziq) va bu yakor cho‘lg‘amidagi kuchlanishni yuklama tokiga bog‘liq ravishda pasayishni baholashga imkon beradi.



3.19-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining turli aylanish tezliklaridagi salt ishslash tavsiflari

Tashqi tavsif (3.20-rasm) generator qisqichlaridagi kuchlanishni yuklama tokiga bog‘liqligidan iborat, ya’ni  $U=f(I_{yu})$ , bunda  $I_q=const$ ,

$n=n_{nom}=const$ . Tashqi tavsif kuchlanishning kamayishiga ( $a$  egri chiziq) va kuchlanishning ortishiga ( $b$  egri chiziq) olinadi.



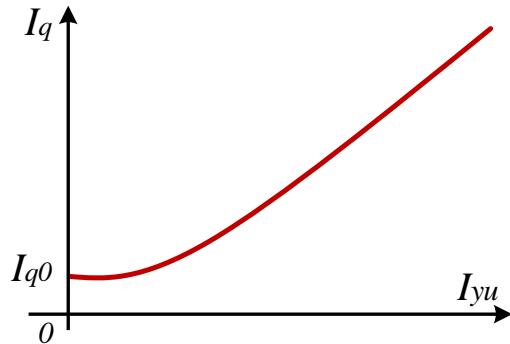
3.20-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining tashqi tavsiflari

Kuchlanishning ortishiga olinadigan tavsifni ( $b$  egri chiziq) olish uchun shunday qo‘zg‘atish toki o‘rnataladiki, generator nominal yuklama toki  $I_{ya.nom}$  da uning qisqichlaridagi kuchlanish  $U_{nom}$  ga teng bo‘lsin. Yuklama toki kamayganda, ham yakor cho‘lg‘ami qarshiligidagi kuchlanishni pasayishi, ham yakor reaksiyasi oqimining magnitsizlovchi ta’siri kamayadi va bu generator kuchlanishini  $\Delta U_{yu2}$  qiymatga ortishiga olib keladi. Mashina po‘latining to‘yinishi hisobiga kuchlanishning ortishi  $\Delta U_{h2}$ , kuchlanishning kamayishi  $\Delta U_{yu1}$  dan kichik bo‘ladi ( $\Delta U_{yu2} < \Delta U_{yu1}$ ). Bu shundan kelib chiqadiki, mashina po‘lati to‘yinish darajasi qanchalik kichik bo‘lsa, yakor oqimining magnitsizlovchi ta’siri shunchalik kuchli bo‘ladi. Nominal yuklamadan salt ishslashga o‘tishdagi kuchlanishni foiz o‘zgarishi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\Delta U = \frac{U - U_{nom}}{U_{nom}} \cdot 100\% \quad (3.12)$$

O‘rtacha quvvatli zamonaviy mashinalarda kuchlanishning ortishi nominal kuchlanishning 5...15% ini tashkil etadi.

Rostlash tavsifi (3.21-rasm) kuchlanish va tezlikning o‘zgarmas qiymatlarida yuklama tokining qo‘zg‘atish tokiga bog‘liqligidan iborat, ya’ni  $I_{YU}=f(I_q)$ , bunda  $U=U_{nom}$ ,  $n=n_{nom}$ .



3.21-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining rostlash tavsifi

Generator salt ishlaganda nominal kuchlanishgacha qo‘zg‘atiladi (mos qo‘zg‘atish toki  $I_q$  qayd qilinadi). Keyin ketma-ket yuklanadi va qo‘zg‘atish toki shunday orttiriladiki, generator chiqishidagi kuchlanish miqdor jihatdan  $U_{nom}$  nominal kuchlanishga teng va o‘zgarmas qolsin.

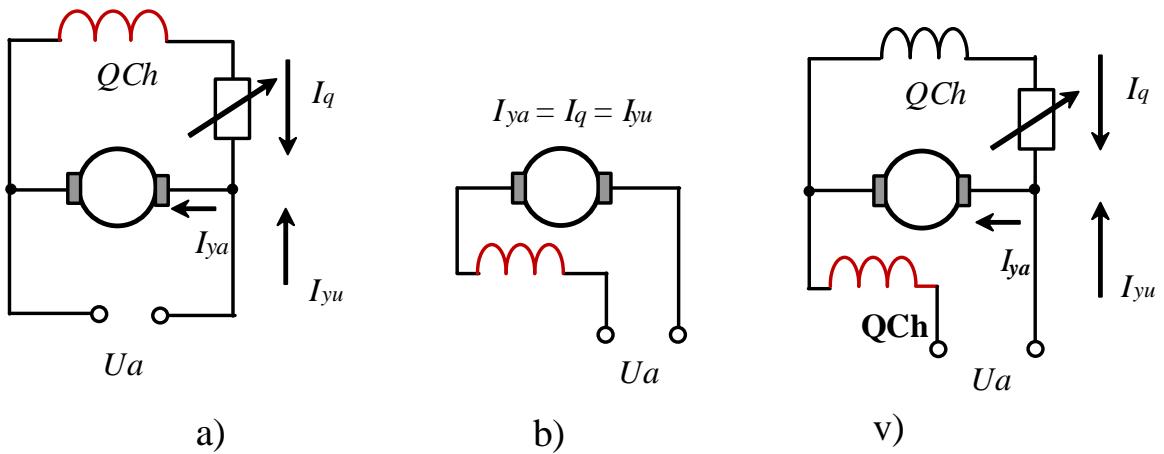
Rostlash tavsifi yuklama o‘zgargan vaqtida yuklamadagi kuchlanishni o‘zgarmas saqlash uchun qo‘zg‘atish tokini kanday o‘zgartirish kerakligini aniqlashga imkon beradi.

O‘zgarmas tok mashinalarida magnit maydon doimiy magnit va elektromagnit yordamida vujudga keltirilishi mumkin. Bu maqsad uchun doimiy magnitlarning qo‘llanilishi ma’lum darajada cheklangan. Mashinaning magnit maydonini vujudga keltirishda asosan elektromagnit qo‘zgatish keng qo‘llaniladigan usuldir. Bunda magnit oqimini elektromagnit qo‘zg‘atish cho‘lg‘amidan oqib o‘tadigan o‘zgarmas tok vujudga keltiradi.

O‘zgarmas tok generatorlari magnit maydonining qo‘zg‘atish usuliga karab, mustaqil qo‘zg‘atishli va o‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli bo‘ladi (2.22-rasm). O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli generatorlarning qo‘zg‘atish cho‘lg‘amlariga beriladigan tok bevosita o‘z yakoridan olinadi.

O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli generatorlar uch xil bo‘ladi:

- parallel qo‘zg‘atishli yoki shunt qo‘zg‘atishli generatorlar;
- ketma-ket qo‘zg‘atishli yoki series generatorlar;
- alarash qo‘zg‘atishli yoki kompaund generatorlar.



3.22-rasm. Qo‘zg‘atish cho‘lg‘amining ulanish sxemalari:

a) parallel, b) ketma-ket, v) aralash

Parallel qo‘zg‘atishli generatorlarda qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami rostlash karshiligi orqali yakor cho‘lg‘amiga parallel qilib ulanadi (3.22a-rasm). Ketma-ket qo‘zg‘atishli generatorlarda esa qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami yakor cho‘lg‘amiga ketma-ket ulanadi (3.22b-rasm). Aralash qo‘zg‘atishli generatorlarnig qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami ikkita bo‘ladi. Ulardan biri yakor cho‘lg‘amiga parallel, ikkinchisi esa tashqi yakor shoxobchasiga ketma-ket ulanadi (3.22-rasm). Agar bunday generatorning parallel cho‘lg‘amidan o‘tuvchi ozgina tok hisobga olinmasa, ketma-ket qo‘zg‘atish cho‘lg‘amini ham yakor cho‘lg‘amiga ketma-ket ulangan, deb hisoblasa bo‘ladi.  $I_q$  qo‘zg‘atish tokini rostlash uchun qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami zanjiriga  $R_R$  rezistor qo‘yilgan.

Parallel qo‘zg‘atishli generator yakoridagi kuchlanishning quyidagiga teng bo‘ladi:

$$U_{yu} = E - I_a \cdot R_a = U, \quad (3.13)$$

bu yeyrda  $I_a \cdot R_a$  yakor qarshiligidagi kuchlanishning pasayishi.

Yakor ham tashki elektr shoxobchasini, ham qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami zanjirini tok bilan ta’minlaydi (3.23-rasm). Generator normal ishlaganida uning qo‘zg‘atish cho‘lg‘amidan o‘tadigan tok quyidagiga teng bo‘ladi:

$$I_q = \frac{U_q}{R_q + R_r} - \frac{U_a}{R_q + R_r}, \quad (3.14)$$

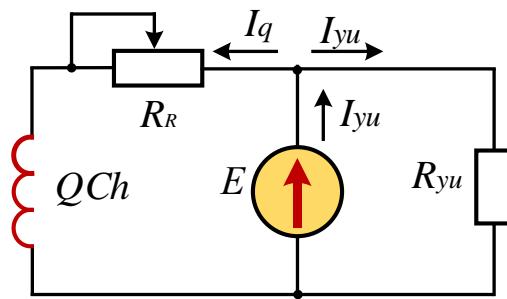
bu yerda  $U_q$  - qo‘zg‘atish kuchlanishi (u yakordagi kuchlanishga teng);  $R_q$  - qo‘zg‘atish cho‘lg‘amining qarshiligi;  $R_r$  - rostlash reostatining qarshiligi.

Yuklama bo‘lmanida, ya’ni  $I_{yu}=0$  bo‘lganida

$$I_{ya}=I_q, \quad (3.15)$$

bo‘ladi.

Qo‘zg‘atish toki yakorning nominal tokiga nisbatan juda kam bo‘lganligi uchun yakor kuchlanishining pasayishini e’tiborga olmasa ham bo‘ladi, ya’ni  $U=E=s\cdot n\cdot F$  bo‘ladi, bunda  $F=I_q\cdot w/R_m$ .



3.23-rasm. O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining ekvivalent sxemasi

Yakorning aylanish tezligi o‘zgarmas bo‘lganida yakordagi kuchlanish qo‘zg‘atish tokigagina bog‘liq bo‘ladi, ya’ni

$$U_{ya}=E=f(I_q). \quad (3.16)$$

3.17-ifodaga muvofiq, qo‘zg‘atish tokini hosil qilish uchun yakorda kuchlanish bo‘lishi kerak. 3.16-ifodaga ko‘ra yakorda kuchlanish hosil qilish uchun esa qo‘zg‘atish toki bo‘lishi kerak.

Dastlab yakor birlamchi dvigatel yordamida aylantirila boshlaganda qo‘zg‘atish toki va qo‘zg‘atish tokini hosil qiluvchi yakorda hech kanday kuchlanish bo‘lmaydi. Shunday bo‘lsa, mashinada kuchlanish va tok qanday hosil bo‘ladi? Bunday generatorda EYuK paydo bo‘lishi o‘z-o‘zidan qo‘zg‘atish prinsipiiga asoslangan.

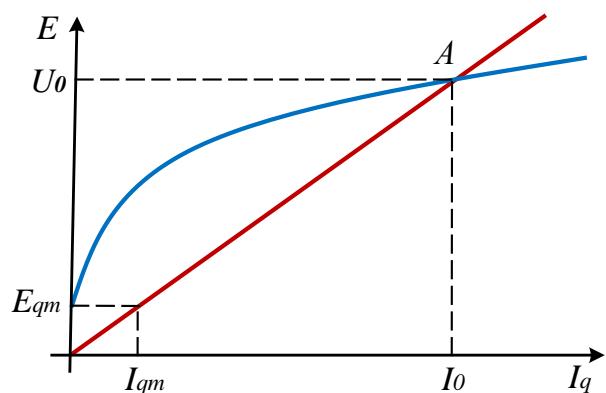
Generator ishlashi yoki o‘z-o‘zidan qo‘zg‘alishi uchun uning magnit sistemasida (qutblar va stanina) qoldiq magnetizm  $F_{qm}$  bo‘lishi shart. Mashinada bunday koldiq magnetizm dastlab zavodning o‘zida tashqi tok manbai yordamida vujudga keltiriladi. Qoldiq magnetizm  $F_{qm}$  yakor cho‘lg‘amlarida biroz bo‘lsa ham  $E_{qm}$  EYuKni induksiyalaydi (3.25-rasm). Shu EYuK qo‘zg‘atish cho‘lg‘amlarida  $I_{qm}$  tokni hosil qiladi:

$$I_{qm} = \frac{E_{qm}}{R_{ya} + R_q + R_p} = \frac{E_{qm}}{R_q + R_r}, \quad (3.17)$$

Bunda yakorning qarshiligi e'tiborga olinmaydi, chunki qo'zg'atish cho'lg'amining qarshiligiga qaraganda ancha kichik bo'ladi.  $I_{qm}$  qo'zg'atish toki magnit maydoni hosil kiladi. Bu magnit maydoni qoldiq magnetizmning magnit maydoni tomon yo'nalgan. Agar ular bir tomonga yo'nalmasa, generator o'z-o'zidan qo'zg'almaydi va ishlay olmaydi. Bunda generator yakorini teskari tomonga aylantirish yoki qo'zg'atish cho'lg'ami zanjiridagi tok yo'nalishini o'zgartirishga to'g'ri keladi. Buning uchun qo'zg'atish cho'lg'ami zanjirining yakor cho'lg'amiga ulangan uchlarini almashtirish kerak.

Qo'zg'atish cho'lg'ami tokini hosil qiluvchi magnit maydoni qoldiq magnetizmning magnit maydoni tomon yo'nalgan bo'lsa, butun magnit maydoni va induksiyalanuvchi EYuK osha boradi. EYuK orta borgan sari qo'zg'atish toki ham kuchaya boradi. Bu jarayon qo'zg'atish cho'lg'ami zanjiridagi kuchlanish induksiyalanuvchi EYuKni muvozanatlagunga qadar davom etadi (3.24-rasmdagi A nuqta). Ammo magnit to'yinish tufayli kuchlanishning o'sish jarayoni cheklangan bo'ladi.

Elektr mashinalarning xossalalarini, ularning tavsiflari yordamida oson tushunish mumkin. Bu tavsiflar mashinaga oid barcha kattaliklar o'zgarmas bo'lganda, faqat ikki asosiy parametr o'zgarganda ular orasidagi bog'lanishni ifoda etuvchi egri chiziqdan iborat. Amalda generator uchun yakorning aylanishlar chastotasi o'zgarmas, yakor kuchlanishi, yakor toki va qo'zg'atish toki o'zgaruvchan kattaliklar hisoblanadi.



3.24-rasm. O'z-o'zidan qo'zg'atishli o'zgarmas tok generatorining salt ishslash tavsifi

Parallel qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorini tekshirganda uning uchta asosiy tavsifi olinadi.

1. *Salt ishlash tavsifi*. Bu tavsif yakordagi kuchlanishning (yakorning tashki zanjiri ochik bo‘lganda) qo‘zg‘atish tokiga bog‘liq bo‘lishini ko‘rsatadi. Salt ishlash tavsifining analitik ifodasi  $U=f(I_q)$  bunda  $I_{ya}=0$  va  $n=const$ .  $I_{ya}=0$  bo‘lganda  $U=E$  bo‘ladi, binobarin  $E=f(I_q)$  bo‘ladi.  $n=const$  bo‘lganligi uchun  $E=s\cdot n\cdot F$  ifodani  $E=KF$  ko‘rinishida,  $E=f(I_k)$  analitik ifodani esa  $F=f(I_q\cdot w)$  yoki  $B=f(H)$  ko‘rinishida yozish mumkin. Bu esa magnitlanish tavsifining analitik ifodasidir.

Shunday qilib, salt ishlash tavsifsining egri chizig‘i mashina magnit zanjiri ayrim elementlarining magnit xossalari bilan belgilanadi. Qo‘zg‘atish toki ortganida EYuK ortadi. EYuK maksimal qiymatga erishganidan so‘ng, qo‘zg‘atish toki asta-sekin kamaytira borilsa, qo‘zg‘atish tokining avvalgi qiymatlariga to‘g‘ri kelganda hosil bo‘ladigan EYuK avvalgidan ortikroq bo‘ladi. Mashina qutbi va korpuslaridagi koldiq magnetizm shunga sabab bo‘ladi.

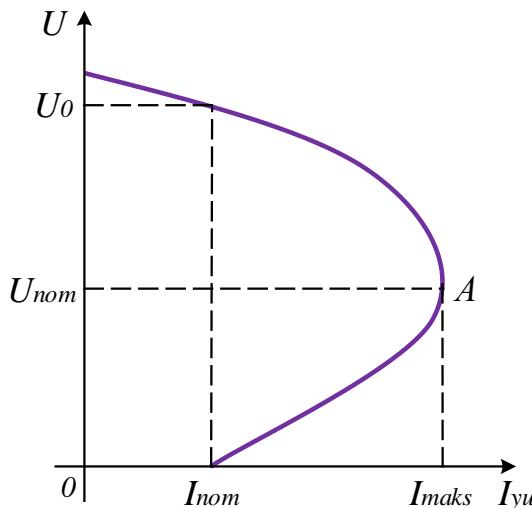
Odatda, nazariy salt ishlash tavsifi ishlataladi. Bu tavsif haqiqiy tavsifning ko‘tariluvchi va kamayuvchi tarmoqlari o‘rtasidan o‘tgan chiziqdir.

Salt ishlash tavsifi uch qismdan iborat. Birinchi qism tavsifning to‘g‘ri chiziqli boshlang‘ich qismidir. Bu qismda mashina hali magnit jihatdan to‘yinmagan bo‘lib, magnitlanish ancha kam bo‘ladi. Ikkinci qism tavsifning egri chiziqli qismi bo‘lib, “tirsak” deb ataladi. Bu qismda mashina magnit to‘yinish arafasida bo‘ladi. Uchinchi qism tavsifning yotiq va to‘g‘ri chiziqli qismlari bo‘lib, bunda mashina to‘yingan, ya’ni qo‘zg‘atish tokining ortishi yangi magnit kuch chiziqlarini hosil qilmaydi.

Nominal kuchlanishning ishchi qismi, albatga, tavsifning egri chiziqli (tirsak) qismida bo‘lishi kerak, chunki bu holda kuchlanishni rostlash qulayroq.

2. *Tashqi tavsif*. Qo‘zg‘atish zanjirining qarshiligi va aylanish tezligi o‘zgarmas bo‘lganda generator yakoridagi kuchlanishning yuklama toki bilan qanday bog‘langanligini ko‘rsatuvchi egri chiziq  $U=f(I_{yu})$  ( $n=const$  bo‘lganida) tashqi tavsifdir.

Parallel qo‘zg‘atishli generatordaning tashqi tavsifini olishda qo‘zg‘atish zanjirining qarshiligi  $R_q=const$  bo‘ladi (3.25-rasm).



3.25-rasm. O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli generatorining tashqi tavsifi

Yuklama toki  $I_{yu}$  ortganda yakordagi tok  $I_{ya}$  ham ortadi. Bu esa yakordagi kuchlanish pasayishi ( $I_{ya} \cdot R_{ya}$ ) hamda yakor reaksiyasi tufayli yakordagi kuchlanishning pasayishiga sabab bo‘ladi.

Demak, qo‘zg‘atish toki  $I_q = U/R_q$  kamayadi. Bu esa magnit oqimi  $F = I_q \cdot w_q / R_M$ , induksiyalanuvchi EYuK  $E = s \cdot n \cdot F$  va yakordagi kuchlanish  $U = E - I_{ya} \cdot R_{ya}$  ning kamayishiga sabab bo‘ladi.

Shunday qilib, parallel qo‘zg‘atishli generator kuchlanishining pasayishiga ta’sir ko‘rsatuvchi sabablar quyidagilardan iborat:

1.  $I_{ya} \cdot R_{ya}$  kuchlanishning yakor qarshiligidagi pasayishi.
2. Yakor reaksiyasi.
3. Qo‘zg‘atish tokining kamayshi.

Parallel qo‘zg‘atishli generatorda nisbiy kuchlanish pasayishi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$U = \frac{U_0 - U_{nom}}{U_{nom}} \cdot 100\% \quad (3.18)$$

O‘rtacha quvvatli qo‘shimcha qutbli mashinalarda  $U=8-15\%$  ga teng bo‘ladi. Tavsifdan ko‘rinadiki, parallel qo‘zg‘atishli generatoni faqat aniq bir chegaragacha ( $I_{maks}$  gacha) yuklash mumkin va bu tok kritik tok deb ataladi (A nuqta). Tokni bu darajagacha orttirish mumkin emasligining sababi, tok orta borsa, kuchlanishni pasayishining  $I_q$  yuklama tokini kamaytirishiga ta’siri  $R$  tashqi qarshilikning ta’siriga qaraganda ko‘proq bo‘ladi. Tashqi qarshilikniig kamayishi yuklama tokini orttiradi:

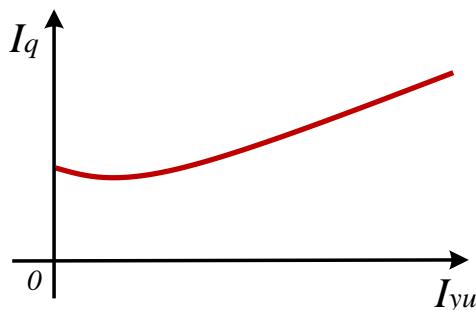
$$I_{yu} = \frac{U}{R} = \frac{U_0 - U}{R}. \quad (3.19)$$

Tashqi qarshilik nolga teng bo‘lganida  $I_{yu}$  tok  $I_{qt}$  kiska tutashuv tokiga teng bo‘ladi. Tavsifdan ko‘rinadiki, qisqa tutashuv toki uncha katta emas. Bu tokni qoldiq magnetizm oqimi induksiyalangan EYuK hosil qiladi.

3. *Rostlash tavsifi.* Aylanish tezligi o‘zgarmas bo‘lganida qo‘zg‘atish tokining yuklama toki bilan qanday bog‘langanligini ko‘rsatuvchi egri chiziq rostlash tavsifi deyiladi.  $I_Q=f(I_{yu})$ , bunda  $U=const, n=const$ .

Elektr energiyasi iste’molchilarining (elektr dvigatellar, lampalar va boshqalar) yaxshi ishlashi uchun manbadan olinadigan kuchlanish yuklama o‘zgarishiga teng bo‘lishi kerak.

Shuntli generatorlarda yuklama o‘zgarishi bilan kuchlanishni miqdor jihatdan bir xil saqlash imkoniyati bor. Buning uchun qo‘zg‘atish zanjiridagi rostlash reostati yordamida qo‘zg‘atish toki  $I_Q$ , shuningdek, magnit oqimi  $F$  va EYuK o‘zgartiriladi, kuchlanish esa o‘zgarmas ( $U=const$ ) ushlab turiladi. Barcha generatorlar kuchlanish rostlagichlari bilan jihozlanadi. Demak, rostlash tavsifi (3.26-rasm) turli yuklamalarda generatorning qisqichlaridagi kuchlanishni bir xil (o‘zgarmas) ushlab turish uchun qo‘zg‘atish tokini qancha o‘zgartirish kerakligini ko‘rsatadi.



3.26-rasm. O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli o‘zgarmas tok generatorining rostlash tavsifi

O‘zgarmas tok generatori aloqa qurilmalarinint (elektroliz va galvanik) past kuchlanishli o‘zgarmas tok iste’mol kiladigan manbalari hisoblanadi. Undan sinxron generatorning qo‘zg‘atkichi sifatida ham foydalaniladi.

Ayniqsa, maxsus o‘zgarmas tok generatorlari (payvandlashda, poezdlarni yoritish uchun ishlataladigan generatorlar, o‘zgarmas tok kuchaytirgichlari, akkumulyatorlarni zaryadlash uchun generatorlar) keng tarqalgan.

### 4.1. Bir fazali transformatorlar<sup>36</sup>

Telekommunikatsiya vositalari va qurilmalarini ishlatishda turli nominallardagi o‘zgaruvchan tok kuchlanishlaridan foydalanishga to‘g‘ri keladi. Hatto bir qurilmaning o‘zida turli nominallardagi kuchlanishlar kerak bo‘lib qoladi. Shu sababli o‘zgaruvchan tok kuchlanishini o‘zgartirishga to‘g‘ri keladi. Ayni bir chastotaning o‘zida o‘zgaruvchan tok kuchlanishi bilan tok kuchini bir vaqtda o‘zgartirish o‘zgaruvchan tok energiyasini transformatsiyalash (o‘zgartirish) deyiladi. Bu vazifani transformatorlar bajaradi.

Transformator deb, bir parametrdagi o‘zgaruvchan tok energiyasini boshqa parametrdagi o‘zgaruvchan tok energiyasiga o‘zgartirib beruvchi statik elektromagnit qurilmaga aytildi. O‘zgaradigan parametrlar tok, kuchlanish, fazalar soni, chastota (maxsus transformatorlarda) bo‘lishi mumkin.

Ikkilamchi elektr ta’minoti qurilmalarida transformatorlar ko‘pincha bir qiymatdagi o‘zgaruvchan kuchlanishning boshqa qiymatdagi o‘zgaruvchan kuchlanishga o‘zgartirish uchun qo‘llaniladi. Quvvat bo‘yicha transformatorlar kuch transformatorlari (bir kVA dan yuzlab kVA largacha), kichik quvvatli transformatorlarga (VA birliklarida kVA birliklarigacha) bo‘linadi. Kichik quvvatli transformatorlar telekommunikatsiya va radioapparaturalarida kuchlanish yoki tokni o‘zgartirish uchun moslashtiruvchi yoki ajratuvchi transformatorlar sifatida qo‘llaniladi.

Kuch transformatorlari radiokorxonalar va simli aloqa korxonalari ta’minot zanjirlarida qo‘llaniladi.

Transformator o‘zgaruvchan tok apparati bo‘lib, o‘zgarmas tokda ishlamaydi.

Har qanday transformator ikki assosiy qism, ya’ni berk po‘lat o‘zak va mis simdan o‘raladigan cho‘lg‘amlardan iborat. Transformator o‘zagi maxsus elektrotexnik po‘lat plastinalardan yig‘iladi. Bu plastinalar qalinligi transformator ishchi chastotasiga bog‘liq, chastota qancha yuqori bo‘lsa, plastina shuncha yupqa bo‘ladi. O‘zak shakli va unda cho‘lg‘amlarning joylashishi bo‘yicha transformatorlar sterjenli, bronli

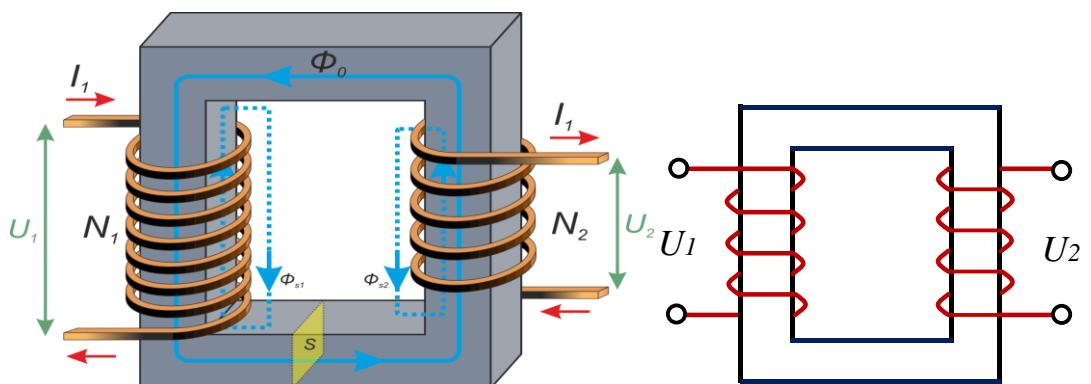
<sup>36</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

(III-simon), torreodal va lertasimon kesimli bo‘lishi mumkin. Bajarilish sxemasi bo‘yicha transformatorlar (ya’ni cho‘lg‘amlar soni bo‘yicha) bir, ikki va ko‘p cho‘lg‘amli bo‘lishi mumkin. Elektr energiyasi manbasiga ulanadigan cho‘lg‘am birlamchi, iste’molchiga ulanadigan cho‘lg‘am esa ikkilamchi cho‘lg‘am deyiladi.

Transformatorning birlamchi cho‘lg‘ami bitta, ikkilamchi cho‘lg‘amlari esa bir nechta bo‘lishi mumkin. Bir cho‘lg‘amli transformator avtotransformator deyiladi (TV stabilizatoridagi maishiy transformator). Unda ikkilamchi cho‘lg‘am birlamchi cho‘lg‘amning bir qismi hisoblanadi. Unda birlamchi va ikkilamchi tomonlar orasida ham magnit, ham elektr aloqa mavjud. Ikki cho‘lg‘amli transformator bitta birlamchi va bitta ikkilamchi cho‘lg‘amlarga ega bo‘ladi. Ular bir-birlaridan elektr jihatidan izolyasiyalanadi. Ko‘p cho‘lg‘amli transformator bitta birlamchi va bir necha ikkilamchi cho‘lg‘amlarga ega bo‘lib, ular bir-birlari bilan elektr jihatdan bog‘lanmaydi.

Ishchi chastotasi buyicha transformatorlar shartli ravishda quyidagilarga ajratiladi;

- kamaytirilgan chastotali (50Hz dan kichik);
- sanoat chastotali (50Hz);
- oshirilgan chastotali (100Hz-10kHz);
- yuqori chastotali (10kHz dan yuqori).



4.1-rasm. Bir fazali transformatorning sxemasi

Fazalar soni bo‘yicha transformatorlar bir fazali (4.1-rasm) va ko‘p fazali (uch fazali, olti fazali va x.k.) bo‘lishi mumkin. Birlamchi cho‘lg‘am fazalari soni elektr energiyasi manbai fazalari soni orqali, ikkilamchi cho‘lg‘am fazalari soni esa transformatorning sxemadagi vazifasi orqali aniqlanadi.

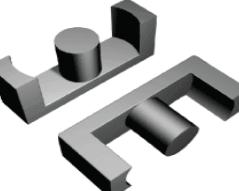
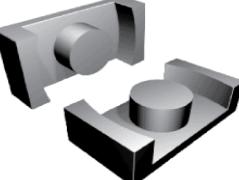
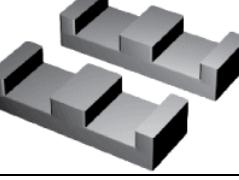
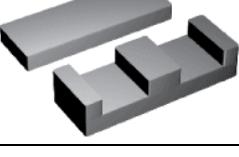
Kuchlanish bo‘yicha transformatorlar kichik kuchlanishli (uning har qanday cho‘lg‘amining kuchlanishi 1000V dan kichik bo‘ladi) va

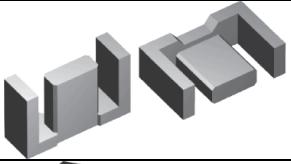
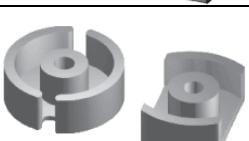
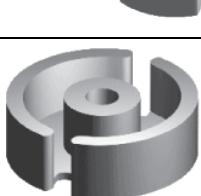
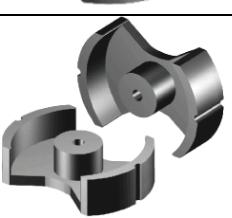
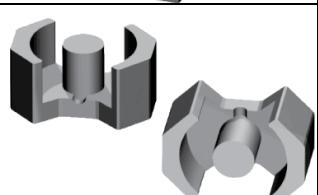
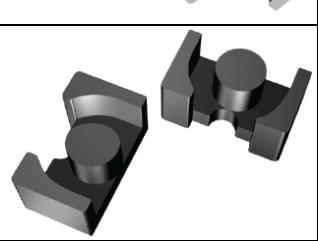
yuqori kuchlanishli (uning cho‘lg‘amlaridan kamida birining kuchlanishi 1000V dan katta bo‘ladi) transformatorlarga bo‘linadi.

Transformatorning asosiy qismlari berk po‘lat o‘zak (magnit o‘tkazgich) va unga o‘raladigan cho‘lg‘amlar hisoblanadi. O‘zaklar sterjenli, bronli, torreodal, tasmasimon kesimli bo‘lishi mumkin (4.1-jadval).

#### 4.1-jadval

Har xil turdagи magnit o‘tkazgichlarning turlari va qiyosiy tavsiflari

| Magnit o‘tkazgich turi | Tavsifi   | Ko‘rinishi   | Qo‘llanish xususiyatlari                                     |
|------------------------|---|--|--|
| 1                      | 2   | 3  | 4  |
| EE                     | III-shakldagi markaziy sterjini to‘rtburchak magnit o‘tkazgich            |    | standart kuch transformatorlar, drossellar                   |
| ETD                    | III-shakldagi markaziy sterjini dumaloq magnit o‘tkazgich                 |   | standart kuch transformatorlar, drossellar                   |
| EC                     | III-shakldagi markaziy sterjini dumaloq magnit o‘tkazgich (pazlari yaqin) |  | standart kuch transformatorlar, drossellar                   |
| EER                    | III-shakldagi markaziy sterjini dumaloq keng magnit o‘tkazgich            |  | Kichik profildagi ta’midot manbaining kuch transfotmatorlari |
| PEE                    | III-shakldagi markaziy sterjini to‘rtburchak tekis magnit o‘tkazgich      |  | elektron platalarga asoslangan planar transformatorlar       |
| PEI                    | III shaklidagi tekis segment va bar shaklida segmentdan tashkil topgan    |  | elektron platalarga asoslangan planar transformatorlar       |

| I   | 2   | 3  | 4  |
|-----|---|--|--|
| EFD | III-shakldagi markaziy sterjini tor magnit o'tkazgich                     |    | Kichik profildagi ta'minot manbaining kuch transfotmatorlari                               |
| UU  | II- shakldagi magnit o'tkazgich   |    | yuqori kuchlanish transformatorlari  |
| CUT | Chashka shaklidagi magnit o'tkazgich                                      |    | shovqin sathi past bo'lgan kichik kuchlanishli quvvat transformatorlari                    |
| POT | Chashka shaklidagi magnit o'tkazgich                                      |    | shovqin sathi past bo'lgan kichik kuchlanishli quvvat transformatorlari                    |
| PM  | Dumaloq shakldagi chashkasimon ochiq turdag'i magnit o'tkazgich           |   | shovqin sathi past bo'lgan kichik kuchlanishli quvvat transformatorlari                    |
| PQ  | To'g'ri burchakli chashkasimon ochiq turdag'i magnit o'tkazgich           |  | shovqin sathi past bo'lgan kichik kuchlanishli quvvat transformatorlari                    |
| RM  | Romb ko'rinishidagi chashkasimon ochiq turdag'i magnit o'tkazgich         |  | shovqin sathi past bo'lgan kichik kuchlanishli quvvat transformatorlar va drossellar       |
| LP  | To'rtburchak shaklidagi ochiq turdag'i chashkasimon assimetrik o'tkazgich |  | shovqin sathi past bo'lgan kichik kuchlanishli quvvat transformatorlar va drossellar       |
| R   | Xalqasimon magnit o'tkazgich  |  | kichik profildagi ta'minot manbaining kuch transfotmatorlari, drossellar, filtr drossellar |

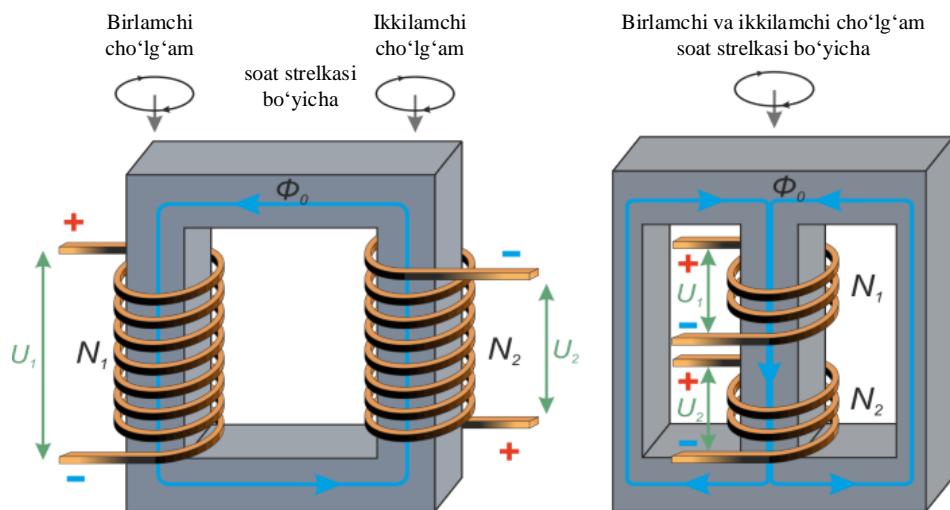
O'zakning cho'lg'am o'raladigan qismi sterjen, cho'lg'am o'ralmaydigan va magnit zanjirni tutashtirish uchun xizmat qiladigan

qismi esa yarmo deyiladi.

Sterjenli bir fazali transformatorlarda cho‘lg‘amlar har ikkala sterjenlarga (har bir cho‘lg‘amning yarmi birinchi sterjenga va boshqasiga esa ikkinchi yarmi) o‘raladi. Bronli (III-simon) bir fazali transformatorlari har ikkala cho‘lg‘amlar o‘rtadagi sterjenga o‘raladi, uch fazali transformatorlarda esa har bir faza birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar o‘z sterjenlariga o‘raladi. Torreodal transformatorlar bir fazali va kichik quvvatli tarzda yasaladi. O‘zaklar materiali E-41, 42 va boshqa markalardagi maxsus elektrotexnik po‘lat plastinalarda tashkil topadi.

Plastinalar qalinligi transformator chastotasiga bog‘liq.  $f=50Hz$  chastotada ishlaydigan transformatorlar uchun 0,5 mm yoki 0,35 mmli qalinlikdagi po‘lat plastinalardan, yuqoriroq chastotalarda ishlaydigan transformatorlar uchun esa 0,2 dan 0,08mm li qalinlikdagi po‘lat plastinalardan foydalaniladi.

Transformatorlar o‘zgaruvchan tokda ishlaganligi uchun po‘lat o‘zaklarda uyurma toklar (Fuko toklari) paydo bo‘ladi, ular transformator po‘lat o‘zagidagi quvvat yo‘qotishlariga sabab bo‘ladi (4.2-rasm). Bu yo‘qotishlarni kamaytirish uchun o‘zaklar yupqa plastinalardan yig‘iladi va bu plastinalar bir tomonidan bir-birlaridan izolyasiyalash uchun lak qoplami bilan qoplanadi (yoki yupqa qog‘oz yopishtiriladi). Sterjenli o‘zaklar to‘g‘ri burchakli shakldagi alohida plastinalardan yig‘iladi.



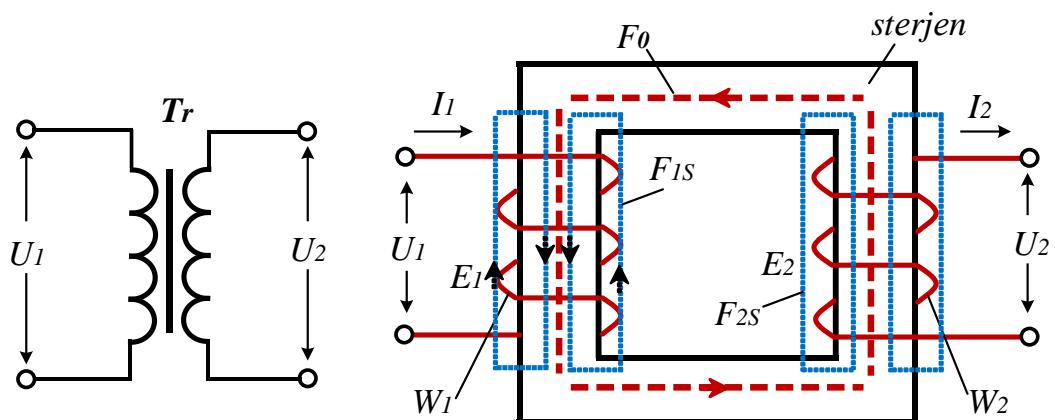
4.2-rasm. Transformatorning kirish va chiqish kuchlanishining qutblarini aniqlash

Bronli o‘zaklar shtamplangan III-simon plastinalardan yig‘iladi.

Torreodal o‘zaklar oshirilgan chastotali kichik quvvatli (o‘nlab  $V_t$  lar) transformatorlar uchun yasaladi.

Kuchlanishni transformatsiyalash koeffitsiyenti bo‘yicha transformatorlar kamaytiruvchi va orttiruvchi transformatorlarga bo‘linadi.

Transformatorning ishlash prinsipini ikki cho‘lg‘amli sterjenli transformator yordamida ko‘rib chiqamiz (4.3-rasm).



4.3-rasm. Transformatorning ishlash prinsipi

Transformatorning ishlash prinsipi bir-birlari bilan elektr jihatdan bog‘lanmagan va qo‘zg‘almas ikki yoki bir necha cho‘lg‘amlarning o‘zaro elektromagnit ta’sirlanishiga asoslangandir. Cho‘lg‘amlar  $W_1$  va  $W_2$  o‘ramlar soni orqali xarakterlanadi.

Transformatorning uchta: salt ishlash, qisqa tutashuv va yuklama ish rejimlari mavjud.

Bu rejimlarni ketma-ket ko‘rib chiqamiz.

**Transformatorning salt ishlash rejimi<sup>37</sup>.** Salt ishlash rejimida transformatorning birlamchi cho‘lg‘ami o‘zgaruvchan tok manbaiga ulanadi, ikkilamchi cho‘lg‘amining uchlari esa ochiq qoladi, ya’ni ikkilamchi cho‘lg‘am toki nolga teng bo‘ladi.  $U_1$  kuchlanish sinusoidal qonun bo‘yicha o‘zgaradi deb olaylik. Uning ta’sirida birlamchi cho‘lg‘amdan salt ishlash tokiga teng bo‘lgan  $I_1=I_0$  sinusoidal tok oqib o‘tadi.  $I_0$  tokning qiymati transformator quvvatiga bog‘liq; kichik quvvatli transformatorlarda  $I_1$  tok nominal qiymatining 25-30 foiziga, katta quvvatli transformatorlarda esa  $I_1$  tok nominal qiymatining 3-10 foizigacha etadi.  $I_1$  tok ta’sirida  $F_0=I_0\cdot W_1$  magnitlovchi kuch vujudga keladi va bu kuch transformator o‘zagida  $F_0$  magnit oqimini hosil qiladi.

<sup>37</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

Uning katta qismi transformator magnit o‘zagida tutashadi va birlamchi (o‘ramlari soni  $W_1$  bo‘lgan) va ikkilamchi (o‘ramlar soni  $W_2$  bo‘lgan) cho‘lg‘amlarning barcha o‘ramlarini kesib o‘tadigan  $F_0$  asosiy magnit oqimini hosil qiladi.  $F_0$  magnit oqimining unga katta bo‘lmagan qismi birlamchi cho‘lg‘am atrofida havoda tutashadi va faqat birlamchi cho‘lg‘amga bog‘langan  $F_{1S}$  tarqalish oqimini tashkil qiladi.

$F_{1s}$  oqim birlamchi cho‘lg‘amda tarqalish EYuKini induksiyalaydi:

$$e_{1S} = -W_1 \frac{d\Phi_{1S}}{dt} = \omega W_1 \Phi_{1S} \sin(\omega i - 90^\circ). \quad (4.1)$$

Asosiy magnit oqimi  $F_0$  esa birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlarda mos EYuKlarni induksiyalaydi.

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi_1}{dt} = \omega W_1 \Phi_{1S} \sin(\omega t - 90^\circ), \quad (4.2)$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi_2}{dt} = \omega W_2 \Phi_{2S} \sin(\omega t - 90^\circ). \quad (4.3)$$

Agar  $F_0$  oqimni sinusoidal deb hisoblasak, ya’ni  $F_0 = F_{0m} \sin \omega$  bo‘lsa, u holda induksiyalangan EYuKlar (4.2) va (4.3) larga muvofiq quyidagi tarzda yoziladi:

$$e_1 = -W_1 \cdot \omega \cdot \Phi_{0m} \cdot \cos(\omega o - \frac{\pi}{2}) = \omega \cdot W_1 \cdot \Phi_{0m} \cdot \sin(\omega i - \pi), \quad (4.4)$$

$$e_2 = -W_2 \cdot \omega \cdot \Phi_{0m} \cdot \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = \omega \cdot W_2 \cdot \Phi_{0m} \cdot \sin(\omega t - \pi), \quad (4.5)$$

bu yerda  $\omega W_1 F_{0m} = E_{1m}$ ,  $\omega W_2 F_{0m} = E_{2m}$ , ya’ni  $e_1$  va  $e_2$  ham sinusoidal qonun bo‘yicha o‘zgaradi, lekin faza bo‘yicha  $\pi/2$  burchakka orqada qoladi.

Amalda EYuKlarning oniy qiymatlariga emas, ta’sir etuvchi qiymatlariga tayanilib, ular quyidagi ifodalar orqali aniqlaniladi:

birlamchi cho‘lg‘am EYuKining ta’sir etuvchi qiymati

$$E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} W_1 f \Phi_{0m} = 4.44 f W_1 \Phi_{0m}, \quad (4.6)$$

ikkilamchi cho‘lg‘am EYuKining ta’sir etuvchi qiymati

$$E_2 = 4.44 f W_2 \Phi_{0m}. \quad (4.7)$$

(42) va (4.3) ifodalardan ko‘rinadiki, birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar EYuKlari bu cho‘lg‘amlar o‘ramlari sonlariga to‘g‘ri proporsional, ya’ni o‘ramlar soni qancha katta bo‘lsa, cho‘lg‘am EYuKi shuncha katta bo‘ladi.

Transformerlarni  $W_1/W_2=E_1/E_2=n$  nisbati bilan xarakterlash qabul qilingan. Bu nisbat transformatsiya koeffitsiyenti deyiladi. U birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlari EYuKlari o‘zaro necha marta farq qilishini ko‘rsatadi. Ko‘p sonli o‘ramlarga ega bo‘lgan cho‘lg‘am yuqori kuchlanishli cho‘lg‘am, kam sonli o‘ramga ega bo‘lgan cho‘lg‘am esa past kuchlanishli cho‘lg‘am deyiladi.

Agar  $W_1 > W_2$  bo‘lsa, transformator kamaytiruvchi,  $W_1 < W_2$  bo‘lsa, transformator orttiruvchi transformator deyiladi. Transformator tarmoqdan  $S_1=U_1 I_1$  quvvatni iste’mol qiladi, u ikkilamchi tomondagi  $S_2=U_2 I_2$  quvvatdan katta yoki unga teng bo‘ladi, ya’ni  $S_2 < S_1$ . Shuning uchun transformator cho‘lg‘amidagi kuchlanish qancha katta bo‘lsa, undagi tok shuncha kichik bo‘ladi, ya’ni

$$n = \frac{E_1}{E_2} \approx \frac{I_2}{I_1}. \quad (4.8)$$

Agar transformator birlamchi cho‘lg‘amidagi va o‘zakdagi energiya isrofi hisobga olinmasa va butun  $F_0$  magnit oqim bo‘yicha tutashadi, deb hisoblasak,  $E_1$  EYuK Lens qonuni bo‘yicha  $U_1$  berilgan kuchlanishga qiymat bo‘yicha teng, ishora bo‘yicha esa qarama-qarshi bo‘ladi, ya’ni  $\dot{E}_1 = \dot{U}_1$  bo‘ladi. Lekin amalda o‘zakdagi va magnit oqimi tarqalishi isroflarini hisobga olmasa bo‘lmaydi. Shuning uchun real transformatorlarda  $\dot{I}_0$  salt yurish toki  $\dot{I}_{0a}$  aktiv va  $\dot{I}_{0r}$  reaktiv tashkil etuvchilarga ega bo‘ladi, ya’ni

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_{0a} + \dot{I}_{0r}. \quad (4.9)$$

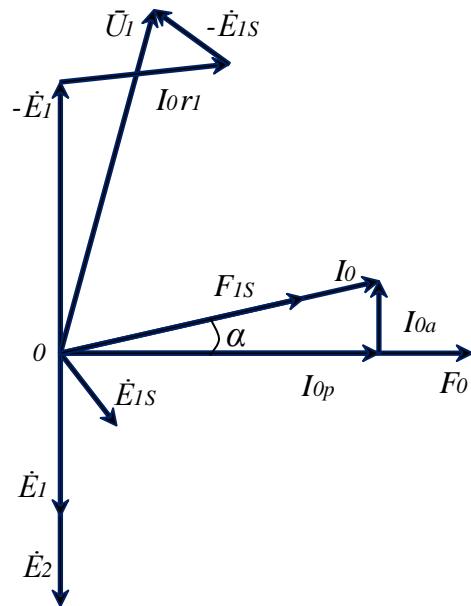
$\dot{I}_{0a}$  aktiv tashkil etuvchi transformator magnit o‘tkazgichlaridagi quvvat yo‘qotish uchun sarf bo‘ladi (gisterezis va uyurma toklarga),  $\dot{I}_{0r}$  reaktiv tashkil etuvchi magnit o‘zakda  $F_0$  asosiy magnit oqimini hosil qilishga sarf bo‘ladi.

Bundan tashqari real transformatorning birlamchi cho‘lg‘ami  $r_1$  aktiv qarshilikka ega, bu qarshilikda  $\dot{I}_0$  tok ta’sirida  $\dot{U}_{0a} = \dot{I}_{0r} r_1$  kuchlanish

kamayadi. Bundan tashqari  $F_{IS}$  tarqalish oqimining mavjudligi uchun birlamchi cho‘lg‘amda  $\dot{E}_{IS} = -jx_I I_0$  tarqalish EYuKi vujudga keladi, bu yerda  $x_I$  - birlamchi cho‘lg‘am tarqalish induktiv qarshiligi. Kirgxofning ikkinchi qonuniga binoan berilgan  $\bar{U}_I$  kuchlanish transformator birlamchi zanjiridagi barcha kuchlanishlar pasayishiga teng bo‘lishi kerak, ya’ni

$$\bar{U}_I = -\dot{E}_I - \dot{E}_{IS} + I_0 r_I = -\dot{E}_I + I_0 r_I + j x_I I_0 \quad \text{sa} \quad \bar{U}_2 = \dot{E}_2. \quad (4.10)$$

Ushbu munosabatlarga asoslanib salt ishslash rejimida transformatorning vektor diagrammasini qurish mumkin (4.4-rasm).



4.4-rasm. Transformatorning salt ishslash rejimidagi vektor diagrammasi

Vektor diagrammani qurishni gorizontal yo‘nalishda  $F_o$  magnit oqimining vektorini qo‘yishdan boshlaymiz. Biz sinusoidal ideal oqim holatini ko‘rib chiqayotganligimiz uchun ular induksiyalaydigan  $\dot{E}_1$  va  $\dot{E}_2$  EYuKlar oqimidan fazalar bo‘yicha  $90^\circ$  ga orqada qoladi ( $\cos$  ishorasi almashgani uchun). Musbat aylanish yo‘nalishi sifatida soat mili yo‘nalishiga qarama-qarshi yo‘nalish qabul qilinadi.

Tokning reaktiv tashkil etuvchisi  $I_{0r}$   $F_o$  oqimning yo‘nalishiga mos tushadi, aktiv tashkil etuvchisi  $I_{0a}$  esa,  $F_o$  oqimni  $90^\circ$  ga orqada qoldiradi.  $I_0$  tok geometrik ( $I_{0a} + I_{0r}$ ) yig‘indi kabi aniqlanadi.  $F_o$  va  $I_0$  orasidagi burchak magnit kechikish burchagi yoki magnit yo‘qotishlar burchagi deyiladi va po‘lat o‘zakdagagi quvvat yo‘qotilishi qiymatiga bog‘liq bo‘ladi. Tarqalish oqimining vektori  $F_s$   $I_0$  tokning yo‘nalishiga

mos tushadi,  $\dot{E}_1$  vektor esa undan  $90^\circ$  foizga ortda qoladi. Keyin (4.10) tenglamadan foydalanamiz.

$O$  nuqtadan  $\bar{U}_1$  vektorni qo‘yamiz va uning oxiriga  $\dot{I}_0$   $r_1$  vektorni  $\dot{I}_0$  vektorga parallel qo‘yamiz.

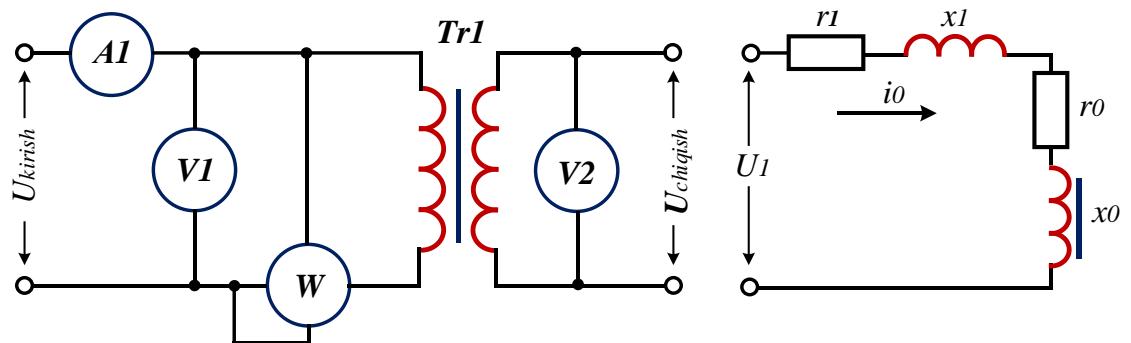
Vektor diagrammadan ko‘rinib turibdiki, salt ishlash rejimida  $\dot{E}_1$  va  $\dot{E}_2$  vektorlar  $\bar{U}_1$  vektorga nisbatan  $180^\circ$  foizga yaqin burchakka surilgan.

(4.10) ifodada  $r_1+jx_1 = z_1$  belgilash mumkin, u holda

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + z_1 \cdot \dot{I}_0. \quad (4.11)$$

Bu kompleks qarshilikning moduli  $z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2}$  birlamchi cho‘lg‘amning to‘liq qarshiligi hisoblanadi. (4.10) ifodada  $-\dot{E}_1 = \dot{I}_0 z_0$  almashtirish mumkin, bu yerda  $z_0$  – po‘lat o‘zak kiritadigan to‘liq qarshilik.  $\dot{I}_0$  tok  $-\dot{E}_1$  vektordan fazaga bo‘yicha ortda qolayotganligi uchun  $z_0$  qarshilik faqat aktiv ( $r_0$ ) tashkil etuvchiga emas, induktiv ( $x_0$ ) tashkil etuvchiga ham ega bo‘ladi, ya’ni  $z_0 = r_0 + jx_0$  bo‘ladi.

$x_0$  va  $r_0$  larda ajraladigan energiya o‘zakda asosiy magnit oqimini hosil qilish va unda vujudga keladigan yo‘qotishlarni qoplash uchun sarflanadi. Buni hisobga olib (4.11) ifoda  $\bar{U}_1 = \dot{I}_0 z_1 + \dot{I}_0 z_0 = \dot{I}_0(z_1 + z_0)$  tenglik ko‘rinishiga o‘zgartiriladi. Bu tenglamaga asoslanib salt ishlash rejimidagi transformatorning ekvivalent sxemasi chiziladi (4.5-rasm).



4.5-rasm. Salt ishlash tajribasini o‘tkazish sxemasi va uning ekvivalent sxemasi

Transformatorning parametrlarini aniqlash uchun salt ishlash tajribasi o‘tkaziladi. Ko‘p transformatorlarda salt ishlash rejimida birlamchi cho‘lg‘amdagisi quvvat yo‘qotishlari kam, ikkilamchi cho‘lg‘amdagisi quvvat yo‘qotishlari esa  $0$  ga teng bo‘lganligi uchun  $\dot{E}_1 \approx \bar{U}_1$ ,  $\dot{E}_2 = \bar{U}_2$  deb hisoblash mumkin.

Shunday qilib, salt ishlash rejimida  $n \approx U_1/U_2$  transformatsiyalash koeffitsiyenti, o‘zakdagi quvvat isrofi (boshqacha qilib aytganda salt ishlash yo‘qotishlari yoki doimiy yo‘qotishlar) va salt ishlashdagi  $z_1$  va  $z_0$  kirish qarshiliklari aniqlanadi.

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{E}_{1S} + \dot{E}_1 + \dot{I}_0 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 r_0 + j x_0 \dot{I}_0$$

$$\bar{U}_0 = \dot{E}_2$$

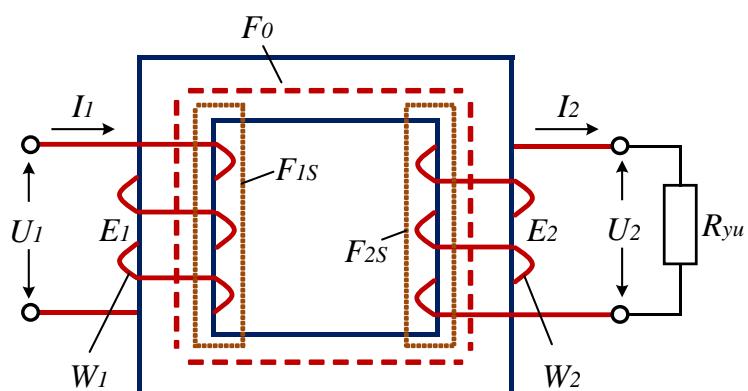
$$r_1 \neq j x_1 = z_1$$

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{E}_{1S}$$

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_0 \cdot z_1$$

$$z_1 = \sqrt{r_1^2 + x_1^2} \text{ to‘liq qarshilik.}$$

**Transformatorning yuklama rejimi**<sup>38</sup>. Agar transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amiga yuklama ulansa, u holda transformator ishchi rejimda ishlaydi (4.6-rasm). Bu rejimda transformatordagi fizik jarayonlar yuklama xususiyatiga bog‘liq bo‘ladi. Ikki asosiy aktiv-induktiv va aktiv-sig‘imli yuklamalni hollarni ko‘rib chiqamiz.



4.6-rasm. Yuklangan rejimdagи bir fazali transformator

Agar birlamchi cho‘lg‘amga  $U_1$  kuchlanish berilsa, ikkilamchi cho‘lg‘am esa yuklamaga ulansa, u holda har ikkala cho‘lg‘amlardan mos ravishda  $\dot{I}_1$  va  $\dot{I}_2$  toklar oqib o‘tadi. Ular transformatorda  $F_{1S}$  va  $F_{2S}$  magnit oqimlarini hosil qiladi. Ularning ko‘p qismi transformator o‘zagida tutashadi, qolgan kam qismi esa cho‘lg‘amlar atrofida  $F_{1S}$  va  $F_{2S}$  tarqalish oqimlarini hosil qilib, havoda tutashadi. Bu oqimlar transformator cho‘lg‘amlarida  $\dot{E}_{1s}$  va  $\dot{E}_{2s}$  tarqalish EYuKlarini hosil qiladi, ular birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar  $x_1$  va  $x_2$  induktiv

<sup>38</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

tarqalish qarshiliklariga sarflanadi, ya’ni

$$\dot{E}_{IS} = -j \dot{I}_1 x_1, \quad (4.12)$$

$$\dot{E}_{2IS} = -j \dot{I}_2 x_2. \quad (4.13)$$

Bu holda yuklangan transformator uchun muvozanat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{IS} + \dot{I}_1 \cdot r_1 = -\dot{E}_1 + j \cdot \dot{I}_1 \cdot x_1 + \dot{I}_1 \cdot r_1, \quad (4.14)$$

$$\bar{U}_2 = -\dot{E}_2 - \dot{E}_{2S} + \dot{I}_2 \cdot r_2 = -\dot{E}_2 + j \cdot \dot{I}_2 \cdot x_2 + \dot{I}_2 \cdot r_2. \quad (4.15)$$

$F_{2S}$  oqimning hosil bo‘lishi uchun  $F_{IS}$  oqim xizmat qilganligi uchun Lens qonuni bo‘yicha ular qarama-qarshi yo‘naladi, ya’ni transformator o‘zagida natijaviy yig‘indi oqim vujudga keladi. Bu oqim  $\dot{E}_1$  va  $\dot{E}_2$  EYuKlar manbai hisoblanadi. Agar  $\dot{I}_2$  yuklama toki ortsas,  $F_{2S}$  oqim ortadi, u holda  $F_0$  kamayadi, demak,  $\dot{E}_1$  va  $\dot{E}_2$  EYuKlar ham kamayadi. (4.15) tenglamadan ko‘rinib turibdiki  $\dot{E}_1$  kamayganda tenglikni saqlash uchun  $\dot{I}_1$  ortishi kerak, bu esa  $F_{IS}$  oqimni va  $F_0$  yig‘indi oqimni orttiradi.  $\dot{I}_1$  tok  $F_{2S}$  oqimni magnitsizlovchi ta’sirini kompensatsiyalaguncha ortadi, ya’ni  $F$  oqim qiymati tiklanadi. Agar  $\dot{I}_2$  kamaya boshlasa (0 gacha),  $F_0$  oqim va unga mos ravishda  $E_1$  va  $E_2$  EYuKlar ortadi. Lekin  $\dot{E}_1$  ortganda (4.13)  $\dot{I}_1$  tok, ya’ni  $F_{IS}$  oqim kamaya boshlaydi va mos ravishda  $F$  oqim  $F_0$  oqimga teng bo‘lib qoladi. Shunday qilib, transformatorda yig‘indi magnit oqimi yuklama o‘zgarishining keng chegaralarida deyarli o‘zgarishsiz qoladi va salt ishslash oqimiga teng bo‘ladi, ya’ni

$$F_{SI} = F_1 - F_2 = F_0. \quad (4.16)$$

Demak, magnitlovchi kuchni hosil qiladigan bu oqim ham o‘zgarishsiz qoladi, magnitlovchi kuch quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:  $F_0 = \dot{I}_0 \cdot W_1$ ,  $F_0$  – transformator salt ishlaganidagi magnitlovchi kuch.

Transformator yuklamada ishlaganida uning magnit o‘tkazgichida  $F_1 = \dot{I}_1 \cdot W_1$  va  $F_2 = \dot{I}_2 \cdot W_2$  magnitlovchi kuchlar mos ravishda  $F_1$  va  $F_2$  magnit oqimlarini hosil qiladi. U holda natijaviy magnitlovchi kuch  $F_n = F_1 \pm F_2 = I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2$  bo‘ladi.

Yig‘indi magnitlovchi kuch  $F_n = F_0$ , bo‘lganligi uchun quyidagini yozish mumkin:

$$\dot{I}_0 \cdot W_1 = \dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2. \quad (4.17)$$

Bu tenglama magnitlovchi kuchlar muvozanat tenglamasi deyiladi. Shunday qilib, transformator yuklama rejimida ishlaganida (4.14) va (4.15) tenglamalar orqali tavsiflanadigan bir-birlaridan elektr jihatdan mustaqil bo‘lgan ikkita birlamchi va ikkilamchi tarmoqlar konturlari ko‘rib chiqiladi. Ular asosida transformatorning vektor diagrammasi va ekvivalent sxemasini qurish mumkin. Lekin bunda birlamchi va ikkilamchi zanjirlarga taaluqli bo‘lgan kattaliklarni taqqoslash zarur bo‘ladi. Agar transformatsiyalash koeffitsiyenti  $n \neq 1$  bo‘lsa, u holda bu kattaliklar turlicha bo‘ladi. Vektor diagrammalar va ekvivalent sxemalarni qurishda qulaylik uchun transformator ikkilamchi cho‘lg‘amini birlamchi cho‘lg‘amga keltirish qabul qilingan, ya’ni birlamchi cho‘lg‘am o‘ramlari soniga teng bo‘lgan o‘ramlar sonili cho‘lg‘am bor deb shartli hisoblash mumkin, u holda  $E'_2 = E_1 = n \cdot E_2 = E_2$  ( $W_2/W_1$ ) bo‘ladi.

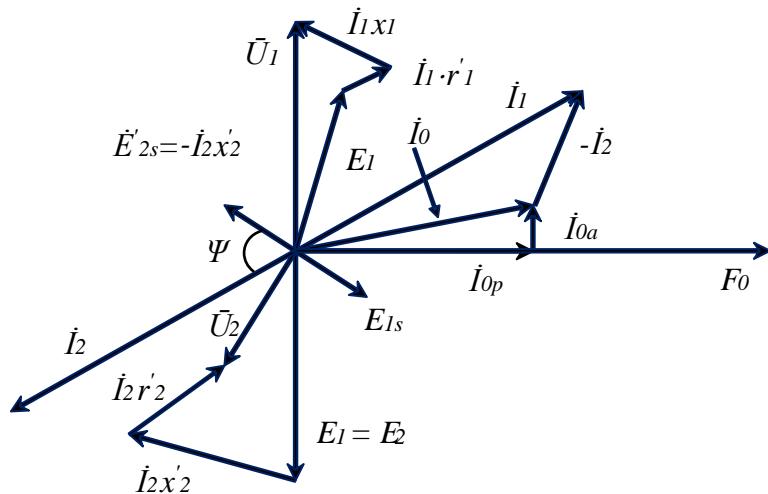
(4.17) tenglamani  $W_1$  ga bo‘lish mumkin, u holda  $\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \cdot W_1/W_2$  ko‘rinishga, birlamchi cho‘lg‘amga keltirilgani esa,  $I_2 = W_2/W_1 = 1/n \cdot I_2 = I'_2$  ko‘rinishga ega bo‘ladi. Bu holda, cho‘lg‘amlar orasidagi elektromagnit aloqani faqat elektr aloqaga almashtirish mumkin. U holda transformatorning aktiv, induktiv va to‘liq qarshiliklarini aniqlash mumkin. Transformatorning yuklama rejimidagi vektor diagrammasini qurishni  $F_0$  vektordan boshlaymiz. Transformatorning vektor diagrammasini aktiv-induktiv yuklama holati uchun quramiz. Keyin  $\dot{I}_0$  va  $\dot{E}'_1 = \dot{E}'_2$  vektorlarni qo‘yamiz. So‘ngra (4.17) tenglamaga muvofiq  $\dot{I}_1 = \dot{I}_0 - \dot{I}_2$  ga teng bo‘lgan  $\dot{I}_1$  vektorni qidiramiz. Aktiv-induktiv yuklamada  $\dot{I}_2$  vektor  $\dot{E}'_2$  vektordan ma’lum burchakka ortda qoladi, birlamchi cho‘lg‘amga keltirilgan  $\dot{E}_{2s}$  tarqalish EYuKi vektori  $\dot{I}'_1$  vektordan  $90^\circ$  ga ortda qoladi. Ikkilamchi zanjir parametrlarini birlamchi zanjirga keltirilishida barcha quvvat yo‘qotishlari va elektr kattaliklar orasidaga fazaviy burchaklar keltirishdan keyin o‘zgarishsiz qolishi sharti bajariladi. Ikkilamchi cho‘lg‘amning keltirilgan aktiv qarshiligi  $I_2^2 \cdot r_2 = (I'_2)^2 \cdot r'_2 = (I_2/n)^2 \cdot r$  shartdan aniqlanadi. Bundan  $r_2 = n^2 \cdot r_2$  bo‘ladi. Cho‘lg‘amning induktiv qarshiligi o‘ramlar sonining kvadratiga proporsional, bundan  $x'_2 = W_1/W_2 \cdot x_2 = n^2 \cdot x_2$  bo‘ladi.

Birlamchi cho‘lg‘am uchun muvozanat tenglamasi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\bar{U}_k = -\dot{E}_I + j \cdot x_I \cdot \dot{I}_I + r_I \dot{I}_I, \quad (4.18)$$

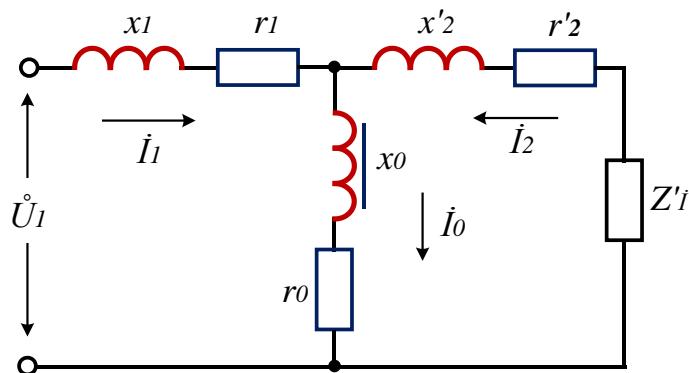
ya'ni,  $I_I = -I_2$  deb olamiz va diagrammani quramiz (4.7-rasm).

$\dot{I}_I$  vektor yo'nalişini bilgan holda, (4.15) ga muvofiq  $\dot{E}_I$  vektorni  $\dot{I}_I \cdot r_I$  vektorga qo'shamiz, keyin  $\dot{E}_{Is}$  vektorni ayirib  $\bar{U}_I$  vektorni hosil qilamiz. Vektor diagrammasidan ko'rinish turibdiki, ikkilamchi cho'lg'am kuchlanishing  $\bar{U}_2$  qiymati  $\dot{I}_2$  yuklama tokiga va yuklama xarakteriga (ya'ni  $\Psi$  ga) bog'liq bo'ladi. Aktiv-induktiv yuklamada  $\bar{U}_2$  absolyut qiymati bo'yicha  $\dot{E}_2$  EYuKdan kichik ( $|\bar{U}_2| < |\dot{E}_2|$ ), aktiv-sig'im yuklamada esa katta ( $|\bar{U}_2| > |\dot{E}_2|$ ) bo'ladi.



4.7-rasm. Transformatordaning yuklangan rejimidagi vektor diagrammasi

Yuklangan transformatordaning ekvivalent sxemasini asosiy muvozanat tenglamalarini tahlil qilgan holda qurish mumkin (4.8-rasm).



4.8-rasm. Transformatordaning yuklangan rejimidagi ekvivalent sxeması

Ularni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$\bar{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \cdot z_1. \quad (4.19)$$

$$\bar{U}_2 = \dot{E}_2 - \dot{I}_2 \cdot z_2, \quad (4.20)$$

bu yerda  $z_1$  va  $z_2$  – birlamchi cho‘lg‘amning to‘la qarshiligi va ikkilamchi cho‘lg‘amning keltirilgan to‘la qarshiligi.

$\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = -\dot{I}_0 \cdot z_0$  deb belgilaymiz, bu yerda  $\dot{I}_0$  – salt ishslash tokining vektori,  $z_0$  – magnitlovchi konturning to‘la qarshiligi. Transformator ikkilamchi cho‘lg‘amining kuchlanishi yuklama bo‘lganida  $\bar{U}_2 = \dot{I}_2 \cdot Z'_{yu}$  bo‘ladi, bu yerda  $Z'_{yu} = n^2 \cdot Z_{yu}$  – tashqi yuklamaning keltirilgan to‘la qarshiligi.

Muvozanat tenglamasidan  $\dot{I}_2 = \dot{I}_0 - \dot{I}_1$  ga egamiz. U holda transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘ami uchun EYuKlar muvozanat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$(\dot{I}_0 - \dot{I}_1) \cdot Z'_{yu} = -\dot{I}_0 \cdot z_0 + (\dot{I}_1 - \dot{I}_0) \cdot Z'_2. \quad (4.21)$$

U holda salt ishslash toki quyidagiga teng bo‘ladi:

$$(Z_2 + Z_{yu}) / (Z_0 + Z_2 + Z_{yu}) \cdot I_0 = I_1. \quad (4.22)$$

Uning qiymatini (3.19) ifodaga qo‘yib quyidagi ko‘rinishdagi ifodani olamiz:

$$\bar{U}_1 = \dot{I}_0 \cdot z_0 + \dot{I}_1 \cdot z_1 = \dot{I}_1 \cdot z_1 + z_0 (Z'_0 + Z'_2 + Z'_{yu}) / (Z'_2 + Z'_{yu}) \quad (4.23)$$

U holda yuklama bo‘lganda transformatorning ekvivalent qarshiligi quyidagicha bo‘ladi:

$$Z_e = Z_1 + Z_0 \cdot (Z_2 + Z_{yu}) / (Z_0 + Z_2 + Z_{yu}), \quad (4.24)$$

ya’ni u ikki ketma-ket ulangan qarshiliklardan tashkil topadi, bu yerda  $Z_1$  – birlamchi cho‘lg‘amning to‘la qarshiligi, ikkinchi qo‘shiluvchi esa  $Z_0$ , (konturning magnitlanishi) ikkilamchi zanjir to‘la qarshiligi (ya’ni ikkilamchi cho‘lg‘am va transformator yuklamasi to‘la qarshiliklarining ketma-ket ulanishi) parallel ulanishidir.

**Transformatorning qisqa tutashuv ish rejimi**<sup>39</sup>. Qisqa tutashuv rejimida birlamchi cho‘lg‘am tarmoqqa ulanadi, ikkilamchi cho‘lg‘am esa qisqa tutashtiriladi. Ishlatish sharoitlarida qisqa tutashuv avariya rejimi hisoblanadi va cho‘lg‘amlar toklari katta qiymatlarga ortib ketadi. Bunda cho‘lg‘amlar kuchli qiziydi va ularni deformatsiyalaydigan katta mexanik kuchlar ta’sir qiladi.

Lekin, har qanday yuklamada transformator parametrlarini aniqlash uchun qisqa tutashuv tajribasi o’tkaziladi. Bu tajribada ikkilamchi cho‘lg‘am qisqa tutashtiriladi, birlamchi cho‘lg‘amga esa pasaytirilgan  $U_k$  kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish qisqa tutashuv kuchlanishi deyiladi va nominaldan foizlarda o‘lchanadi, ya’ni

$$U_k = \frac{U_k}{U_1} \cdot 100\% \quad (4.25)$$

Standart bo‘yicha qisqa tutushuv kuchlanishi nominal kuchlanishning 5.5....10.5 foizini tashkil qiladi.  $U_k$  qiymat juda kichik bo‘lganligi sababli  $I_0$  magnitlovchi tok va mos ravishda  $F_0$  magnit oqimi sezilarsiz bo‘ladi, ya’ni  $I_{0k} \approx 0$  bo‘ladi, bunda birlamchi cho‘lg‘amning magnitlovchi kuchi ikkilamchi cho‘lg‘amning magnitlovchi kuchini kompensatsiyalash uchun sarf bo‘ladi. Magnitlovchi tokni hisobga olinmasa (ya’ni  $I_{0k}=0$ ), u holda magnit muvozanat tenglamasi  $\dot{I}_1 \cdot W_1 + \dot{I}_2 \cdot W_2 = 0$  ko‘rinishga ega bo‘ladi va agar transformatorni keltirilgan deb hisoblansa, u holda  $\dot{I}_1 = -\dot{I}_2$  bo‘ladi. Ikkilamchi cho‘lg‘amning muvozanat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$U_2' = E_2' - \dot{I}_2 \cdot z_2' = 0, \quad (4.26)$$

$$\text{ya’ni } E_2' = \dot{I}_2' \cdot (r_2' + o \cdot x_2') \quad (4.27)$$

Ikkilamchi cho‘lg‘amdan oqib o‘tadigan  $\dot{I}_2$ , tok  $\dot{E}_2'$  vektordan  $\psi_{2k}$  burchakka ortda qoladi, u quyidagi shartdan aniqlanadi:

$$-\frac{x_2}{r_2} \cdot \operatorname{tg} \psi_2 = \frac{\pi}{2}. \quad (4.28)$$

Transformatorning qisqa tutashuv rejimidagi vektor diagrammasini

---

<sup>39</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

qurish mumkin (4.9-rasm).

Absissalar o‘qiga  $F_{mqt}$  qo‘yamiz, undan  $\dot{E}_I = \dot{E}'_2$  vektorlar  $90^\circ$  ga ortda qoladi,  $E'_2$  vektordan esa  $\dot{I}'_2$  vektor  $\psi_{2k}$  burchakka ortda qoladi, binobarin

$$\dot{E}'_2 = \dot{I}'_2 \cdot r'_2 + j \cdot x'_2 \cdot \dot{I}'_2. \quad (4.29)$$

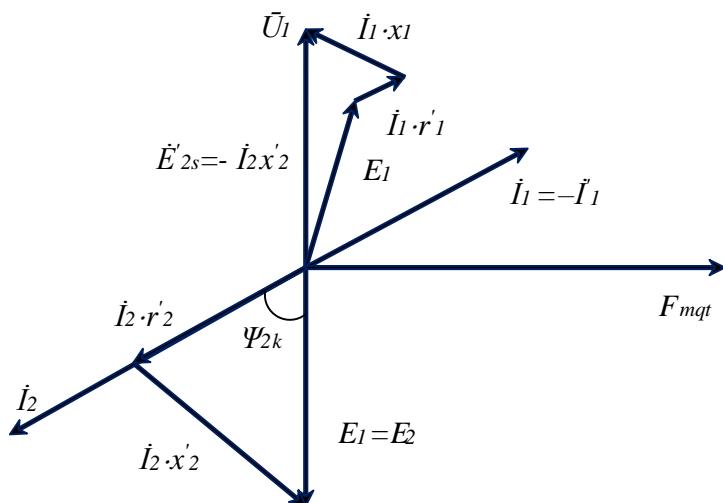
Qisqa tutushuv rejimida ishlayotgan transformatoring ekvivalent sxemasini qurish uchun (3.29) ifodadan foydalaniladi.

$$\dot{E}_I = -\dot{E}'_2 = -(\dot{I}'_2 \cdot r'_2 + j \cdot x'_2 \cdot \dot{I}'_2), \quad (4.30)$$

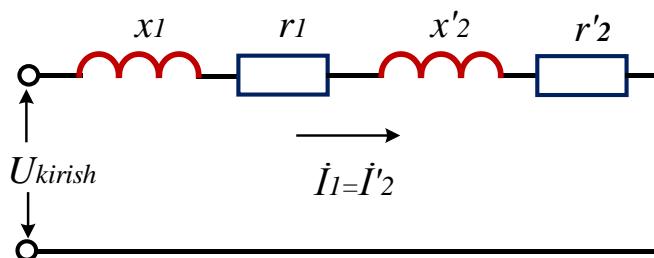
u holda

$$\bar{U}_k = \dot{I}_I r_I + j x_I \dot{I}_I - \dot{I}'_2 r'_2 - j x'_2 \dot{I}'_2 = \dot{I}_I (r_I + j x_I + r'_2 + j x'_2), \quad (4.31)$$

$I_0=0$  bo‘lganligi sababli,  $z_0=\infty$ ,  $z_n=0$ , u holda ekvivalent sxemasi 4.10-rasmida ko‘rsatilgan ko‘rinishda bo‘ladi.



4.9-rasm. Transformatoring qisqa tutashuv rejimidagi vektor diagrammasi



4.10-rasm. Transformatoring qisqa tutashuv rejimidagi ekvivalent sxemasi

Transformatorning qisqa tutashuv qarshiligi  $z_k = r_1 + j \cdot x_1 + r_2 + j \cdot x_2$ , bundan qisqa tutashuvda transformator qarshiligining aktiv va reaktiv qarshiliklarini aniqlanadi:

$$r_k = r_1 + r_2, \quad x_k = x_1 + x_2, \quad z_k = \sqrt{r_k^2 + x_k^2}.$$

Bu qarshiliklar transformator cho‘lg‘amlaridagi yo‘qotishlarni aniqlaydi va transformator mis cho‘lg‘amlaridagi  $R_m$  yo‘qotishlar deyiladi, chunki qisqa tutashuvda  $I_1$  va  $I_2$  nominal toklar oqib o‘tadi, transformatorning butun quvvati cho‘lg‘amlarning qizishiga sarf bo‘ladi,  $I_0=0$ ,  $F_0=0$  bo‘ladi, ya’ni po‘lat o‘zakdagiga yo‘qotishlar nolga teng bo‘ladi.

**Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti<sup>40</sup>.** Transformatorning tarmoqdan oladigan aktiv iste’mol  $P_1$  quvvati, uning yuklamaga uzatadigan  $P_2$  quvvatiga teng bo‘lmaydi, chunki  $P_1$  quvvatni bir qismi magnit oqimini hosil qilish uchun, ya’ni po‘lat o‘zakdagiga ( $P_p$ ) va cho‘lg‘amlarni qizishi uchun, ya’ni simlardagi yo‘qotishlar ( $P_m$ ) uchun sarf bo‘ladi, quvvatning qolgan qismi esa yuklamaga uzatiladi.

Po‘lat o‘zakdagiga quvvat yo‘qotishlar salt ishlashdagi yo‘qotishlarga teng va o‘zgarmas hisoblanadi, simlardagi yo‘qotishlar esa yuklama tokiga bog‘liq va  $I_{12}^2$  ga proporsional, ya’ni o‘zgaruvchan yo‘qotishlar hisoblanadi (4.11-rasm). Transformatorning FIKi yuklamaga uzatiladigan quvvatni iste’mol quvvatiga nisbatidir, ya’ni

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}. \quad (4.32)$$

FIK ko‘pincha foizlarda aniqlanadi:

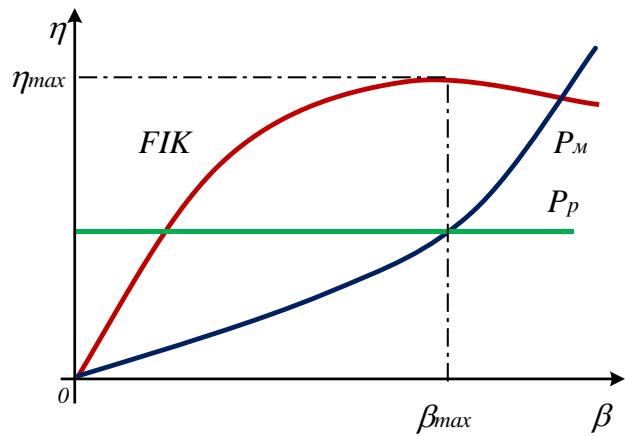
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% \quad (4.33)$$

yoki yo‘qotishlar hisobga olinsa:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_P + P_M}. \quad (4.34)$$

---

<sup>40</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.



4.11-rasm. FIKning maksimal qiymatini aniqlash chizmasi

Simlardagi quvvat yo‘qotishlari yuklama tokining qiymatiga bog‘liq.

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2yu}}.$$

Bu munosabat transformatorning yuklama koeffitsiyenti deyiladi, u nominal yuklamaga nisbatan transformator kancha yuklanganligini ko‘rsatadi.  $\eta=f(\beta)$  bog‘liqlikni ko‘rib chiqamiz. Undan ko‘rinib turibdiki transformatorning FIKi o‘zgarmas va o‘zgaruvchan quvvat yo‘qotishlar o‘zaro teng bo‘lganida maksimal bo‘ladi.

## 4.2. Avtotransformatorlarlar<sup>41</sup>

Transformatorda faqat elektromagnit aloqaga ega bo‘lgan kamida ikki cho‘lg‘am mavjud. Avtotransformator esa bitta cho‘lg‘amdan iborat bo‘lib, u bir vaqtning o‘zida ham birlamchi, ham ikkilamchi tarmoqqa tegishli bo‘ladi [5,12].

Avtotransformatorlar orttiruvchi va kamaytiruvchi bo‘lishi mumkin. (4.12-rasm).

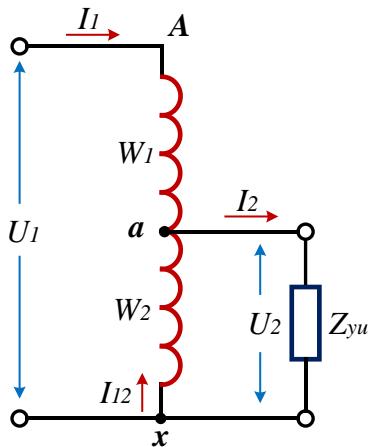
Avtotransformatorning birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlari elektromagnit aloqadan tashqari, elektr aloqaga ham ega bo‘ladi.

Kamaytiruvchi avtotransformatorlarda  $W_1$  o‘ramlar sonli butun cho‘lg‘am ( $A\dots x$ ) birlamchi cho‘lg‘am,  $W_2$  ( $W_1 > W_2$ ) o‘ramlar sonli birlamchi cho‘lg‘amning bir qismi ( $a\dots x$ ) esa, ikkilamchi cho‘lg‘am hisoblanadi. Orttiruvchi avtotransformatorlarda, aksincha birlamchi cho‘lg‘am  $W_1$  o‘ramlar sonili butun cho‘lg‘amning bir qismi ( $a\dots x$ ),

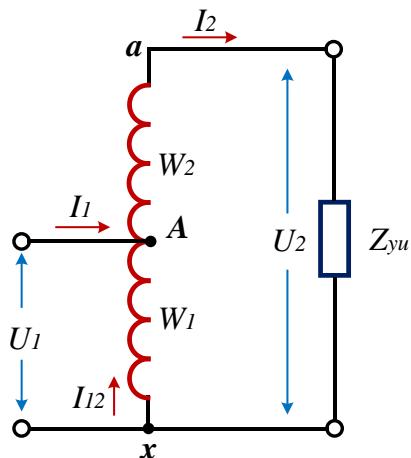
<sup>41</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

ikkilamchi cho‘lg‘am esa  $W_2$  ( $W_1 < W_2$ ) o‘ramlar sonli butun cho‘lg‘am ( $A \dots x$ ) hisoblanadi. Cho‘lg‘amlar boshini  $A$ , oxirini esa  $x$  bilan belgilaymiz.

*Pasaytiruvchi*



*Ko‘paytiruvchi*



3.12-rasm. Avtotransformatorlarning elektr sxemalari

Kamaytiruvchi avtotransformatorlarning ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz.  $U_1$  birlamchi kuchlanish birlamchi cho‘lg‘amning  $A \dots x$  uchlariga beriladi. Salt ishlashda ( $I_2=0$ ,  $Z_{yu}=\infty$ ) bo‘ladi. Birlamchi cho‘lg‘amdagи quvvat yo‘qotishlarni e’tiborga olinmasa, EYuKlar muvozanat tenglamasini qo‘yidagicha yozish mumkin.

Birlamchi cho‘lg‘am uchun:

$$U_1 = E_1 = 4.44 \cdot W_1 \cdot f \cdot F_m. \quad (4.1)$$

Ikkilamchi cho‘lg‘am uchun

$$U_2 = E_2 = 4.44 \cdot W_2 \cdot f \cdot F_m. \quad (4.2)$$

Salt ishlash rejimidagi birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar EYuKlari nisbati avtotransformatorning transformatsiyalash koeffitsiyenti deyiladi:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} = n. \quad (4.3)$$

Agar ikkilamchi cho‘lg‘am  $Z_{yu}$  yuklamaga ulansa, ikkilamchi cho‘lg‘amdan  $I_2$  tok oqib o‘tadi ( $I_1$  va  $I_2$  toklar doimo qarama-qarshi yo‘naladi). Avtotransformatordagi quvvat yo‘qotishlari transformatordagidan kam, shuning uchun bu yo‘qotishlar e’tiborga olinmasa,  $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$  deb qabul qilish mumkin:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{n}, \quad (4.4)$$

ya’ni avtotransformator uchun transformatordagi barcha asosiy munosabatlar saqlanib qoladi.

Tarmoq kuchlanishi o‘zgarmaganida magnit oqimi o‘zgarmaydi, u holda avtotransformatorning magnit muvozanat tenglamasi qo‘yidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$I_1 \cdot W_1 + I_2 \cdot W_2 = I_0 W_1. \quad (4.5)$$

Cho‘lg‘amning  $A\text{-}x$  qismidan birlamchi va ikkilamchi zanjirlar toklari geometrik farqiga teng bo‘ladigan  $I_{12}$  tok, ya’ni  $I_{12} = I_1 - I_2$  tok oqib o‘tadi.

Agar salt ishlash toki e’tiborga olinmasa ( $I_0=0$ ) va  $I_1$  hamda  $I_2$  lar qarama-qarshi fazadaligi hisobga olinsa, ularning geometrik yig‘indisi arifmetik farqqa teng bo‘ladi, ya’ni

$$I_{12} = I_2 - I_1 = I_2 \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right). \quad (4.6)$$

Kamaytiruvchi avtotransformatorlarda  $I_2 > I_1$  va  $I_{12}$  tok yo‘nalishi bilan  $I_2$  tok yo‘nalishi mos tushadi. Kuchaytiruvchi avtotransformatorlar qator afzalliklar va kamchiliklarga ega.

Avtotransformatorning transformatorga qaraganda afzalliklari bir xil foydali quvvatda ishlashda va o‘raladigan sim kam sarflanadi (chunki  $A\text{-}x$  qismidan doimo toklar farqi oqib o‘tadiganligi uchun bu qismni ingichka simdan o‘rash mumkin), kichik quvvat yo‘qotishlari, yuqori

FIK, yuklama o‘zgarganda kuchlanishning kam o‘zgarishi hisoblanadi. Bu afzalliklar transformatsiya koeffitsiyenti birga yaqin bo‘lganda yuqori bo‘ladi, shuning uchun avtotransformatorlar ikkidan katta bo‘lmagan transformatsiya koeffitsiyentlarida qo‘llaniladi.

Avtotransformatorda quvvat birlamchi cho‘lg‘amdan ikkilamchi cho‘lg‘amga quvvat faqat elektromagnit yo‘l bilan emas, balki elektr yo‘l bilan cho‘lg‘amlar orasidagi to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr aloqa orqali uzatiladi. Bu avtotransformatording quyidagi kamchiliklarini yuzaga keltiradi:

1) yuqori kuchlanishdan kichik kuchlanishli tarmoqqa o‘tishning ehtimoli, chunki cho‘lg‘amlar orasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr aloqa bor. Shuning uchun agar energiya iste’molchisi yerga ulangan qutbga ega bo‘lsa avtotransformatorni ishlatib bo‘lmaydi;

2) avtotransformator kichik qisqa tutashuv karshiligidagi ega, ya’ni qisqa tutashuv toklari transformatordagiga qaraganda ancha katta bo‘ladi.

### 4.3. O‘lchov transformatorlari<sup>42</sup>

Ko‘pincha katta tok va kuchlanishlarning o‘lchash noqulay bo‘ladi, chunki bunda o‘lchash asboblarini yasash va ishlatish murakkab bo‘ladi. O‘zgaruvchan toklar va kuchlanishlar o‘lchash chegaralarini kengaytirish va yuqori kuchlanishdan o‘lchash asboblarini izolyasiyalash uchun tok va kuchlanish transformatorlari mavjud.

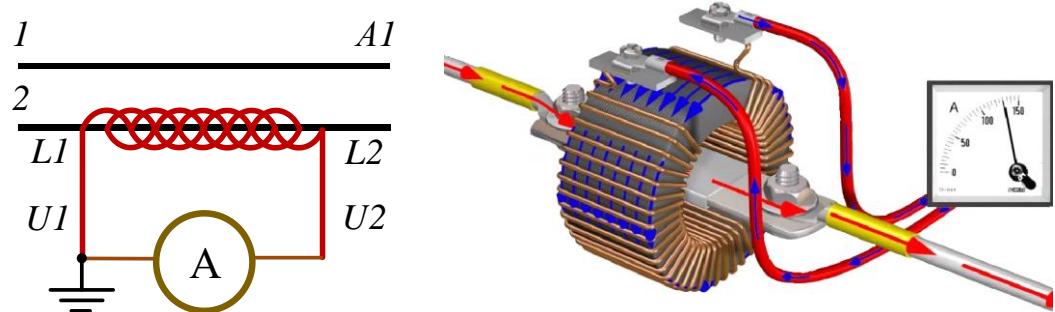
**Tok transformatorlari.** Tok transformatorlari katta qiymatli ( $40A$  gacha) tokni kichik qiymatli tokga o‘zgartirib beradi va birlamchi cho‘lg‘amdagagi har kanday tok qiymatida ikkilamchi cho‘lg‘amdagagi tok qiymati  $5A$  dan oshmaydi.

Birlamchi cho‘lg‘amdagagi tokning qiymatiga ko‘ra, ular  $1A$  dan  $40kA$  gacha bo‘lgan  $40$  gradatsiyaga ega. Ikkilamchi cho‘lg‘am nominal toki  $1A$ ,  $2A$ ,  $2,5A$  va  $5A$  bo‘lishi mumkin. Ikkilamchi cho‘lg‘amlar bir nechta bo‘lishi mumkin. Sxemada tok transformatori 4.13-4.14-rasmlarda ko‘rsatilgan tarzda belgilanadi.

Birlamchi cho‘lg‘am ( $L_1-L_2$ ) bir yoki bir necha juda katta kesimli simli o‘ramlardan tashkil topadi va yuklama zanjiriga ketma-ket ulanadi. Tok o‘lchanadigan ( $U_1-U_2$ ) ikkilamchi cho‘lg‘am kichik kesimli simlardan ko‘p sonli o‘ramli tarzda bajariladi va kichik qarshilikga ega

<sup>42</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

bo‘lgan ampermetr yoki boshqa asbob g‘altagiga ketma-ket ulanadi (hisoblagich, vattmetr va h.k), ya’ni tok transformatori qisqa tutashuvga yaqin bo‘lgan rejimda ishlaydi. Uning magnit tizimi muvozanatga ega emas.



4.13-rasm. Tok transformatori elektr sxemasi

Agar birlamchi cho‘lg‘amdagи tok o‘zgarganida, ikkilamchi cho‘lg‘am zanjiri uzilsa, ya’ni  $I_2=0$  bo‘lsa,  $I_1$  kamaymaydi, u holda magnit zanjirida juda katta magnit oqimi hosil bo‘ladi, bu o‘zakni ruxsat etilmaydigan qizishini keltirib chiqaradi, xayot uchun xavfli va ikkilamchi cho‘lg‘am izolyasiyasini buzilishiga olib keladi. Xavfsizlikni ta’minalash uchun tok transformatori ikkilamchi cho‘lg‘ami yerga ulanadi. Ishlayotgan tok transformatorining ikkilamchi cho‘lg‘amlarini ajratib bulmaydi.  $U_1-U_2$  zanjirga asboblar shunday ulanadiki, asbobdagi tokning musbat yunalishi nazorat qilinadigan zanjirdagi tok yo‘nalishi bilan mos tushishi kerak.

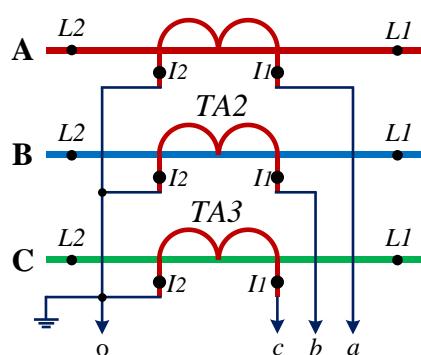


4.14-rasm. Tok transformatori

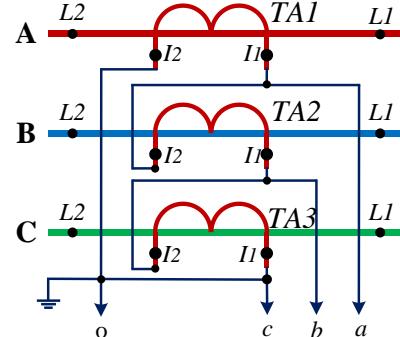
Tok transformatorlari bir fazali qurilmalar bo‘lib, o‘lchanadigan tarmoqning bir, ikki yoki uch fazasiga o‘rnatilishi mumkin.

Uch fazali tarmoqlarda o‘chash asboblari va releni ulash uchun tok transformatorlarining ikkilamchi cho‘lg‘amlari tarmoqning turli

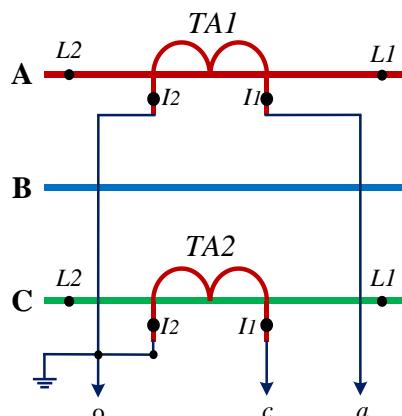
zanjirlariga ulanadi. Eng ko‘p tarqalgan ulash usullarining sxemalari quydagagi 4.15-rasmida keltirilgan.



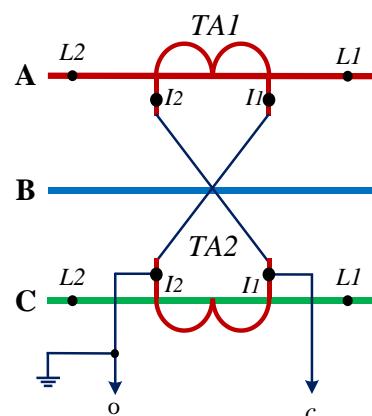
a)



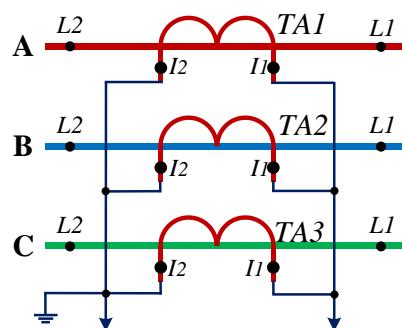
b)



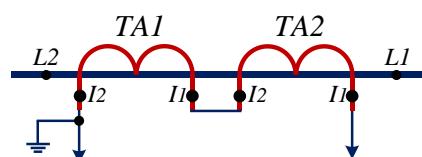
v)



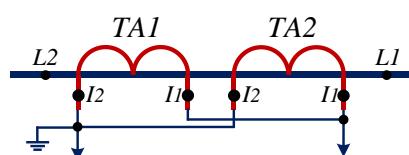
g)



d)



e)



j)

4.15-rasm. Tok transformatorlarining tarmoqqa ulash sxemalari

a) “to‘liq yulduz” ulanish sxemasi, u elektr tarmog‘ining barcha

uchta fazalaridagi tokni nazorat qilish zarur bo‘lganda qo‘llaniladi va barcha turdagи bir fazali va fazalar o‘rtasidagi qisqa tutashuv nosozliklaridan himoya qilishni o‘z ichiga oladi.

b) Uchburchak ulanish sxemasi ikkilamchi zanjirdan katta tokni olish yoki ikkilamchi tokning fazasini birlamchiga nisbatan 30 yoki 330 ga siljitish uchun ishlatiladi. Bundan tashqari, differential fazali toklarni olish uchun, masalan, transformatorning differential himoyasini faollashtirish uchun ishlatiladi.

v) qisman yulduzcha ulanish sxemasi, neytrali izolyatsiyalangan tarmoqlarda fazalar o‘rtasidagi qisqa tutashuvdan himoya qilish uchun ishlatiladi.

g) delta ulanish sxemasi “sakkiz”. Fazalar o‘rtasidagi qisqa tutashuvdan himoyasini faollashtirish uchun ishlatiladi. Bu tok transformatorlar o‘rnatilgan ikki fazaning toklari orasidagi farqga teng.

d) yerga nisbatan qisqa tutashuvni himoya qilishni faollashtirish uchun ishlatiladigan uch fazali toklarning yig‘indisi uchun ulanish sxemasi ko‘rsatilgan.

e) bir fazada o‘rnatilgan ikkita tok transformatorining ketma-ket ulanishi. Ikkilamchi cho‘lg‘amlarning bunday ulanishi va bir xil transformatsiya nisbati bilan tok faqat transformatorlardan biri yoqilganda yuklamalar o‘rtasida teng taqsimlanganda bir xil bo‘ladi. Ushbu sxema kam iste’mol quvvatli tok transformatorlarida qo‘llaniladi.

j) bir fazada o‘rnatilgan ikkita tok transformatorining parallel ulanishi. Bu ma’lum bir tarmoq tokida ikkilamchi cho‘lg‘amlarning oqimlarini yig‘ish orqali transformatsiya koeffitsiyentini pasaytiradi. Ushbu sxemadagi transformatsiya koeffitsiyenti bitta tok transformatorining yarmini tashkil qiladi. Masalan, 150/5 nisbatni olish uchun 300/5 nisbatda ikkita standart tok transformatorlari parallel ravishda ulanadi.

**Optik tolali o‘lchov tok transformatori.** Smart Grid tarmoqlarini rivojlantirish va raqamli podstansiyalarni joriy etish induktiv tok transformatorlarini raqamli o‘lchash asboblariga almashtirishning muqarrarligini taqozo etadi. Shu sababli, optik tok transformatorlari jadal rivojiana boshladi, ularning texnologiyalari hali ham bir qator kamchiliklarga ega. Avvalo, mutaxassislar bunday transformatorlarning metrologik xususiyatlarini yaxshilash va tayyor yechimlarning tannarxini pasaytirish uchun kurashmoqda.

Qo‘llash sohasi: elektr tarmoqlari, elektr energiyasini ishlab

chiqarish, uzatish va taqsimlash, shuningdek, elektr tarmoqlariga texnologik ulanish bo'yicha xizmatlar ko'rsatadigan ishlab chiqarish va sotish kompaniyalari.

Optik tolali o'lchov tok transformatori (4.16-4.17-rasm) tokning sanoat chastotasi amplitudasi va spektral tarkibini yuqori aniqlik bilan o'lhash va o'lchanan qiymatlarni raqamli ma'lumotlar oqimiga o'zgartirish IEC61850-9-2 (2011) standartiga muvofiq avtomatlashtirish qurilmalari, avtomatlashtirilgan jarayonlarni boshqarish tizimlari, transformator podstansiyalari va boshqa avtomatlashtirilgan tizimlari uchun mo'ljallangan. Optik tolali o'lchov tok transformatori past va 110-220kV va undan yuqori kuchlanish sinflari uchun mo'ljallangan.

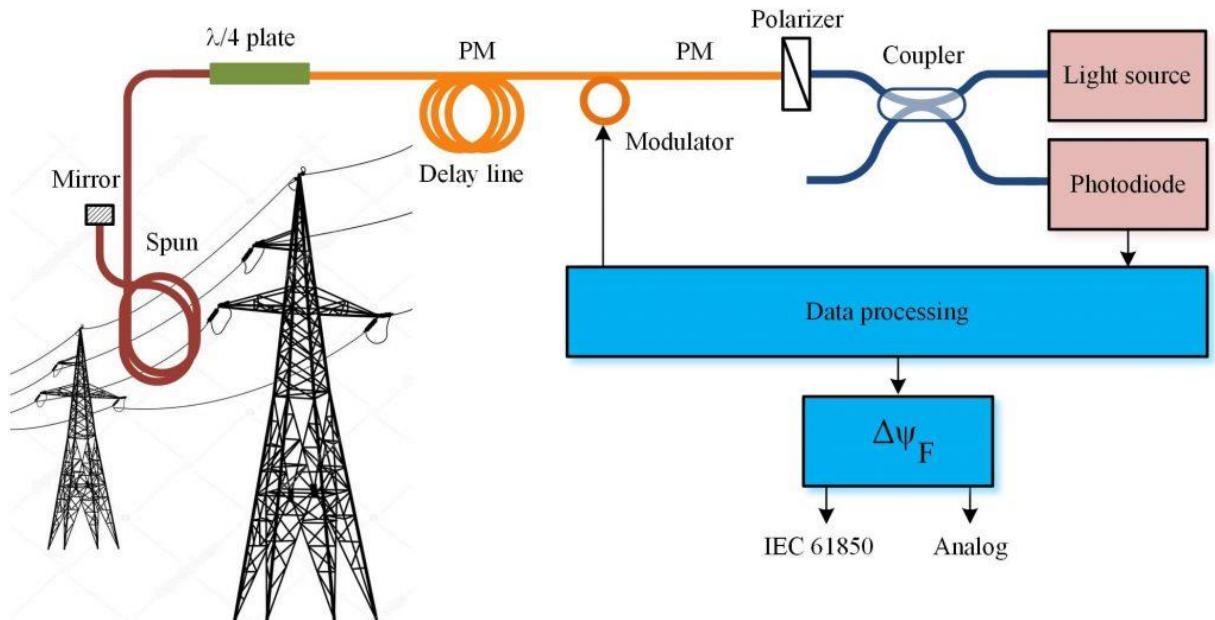
Afzallik va xususiyatlari:

- magnitlanish va to'yinganlik effekti yo'q;
- piezoelektrik effekt yo'q;
- ferorezonansning yo'qligi;
- fazadan fazaga ulanish imkoniyati.

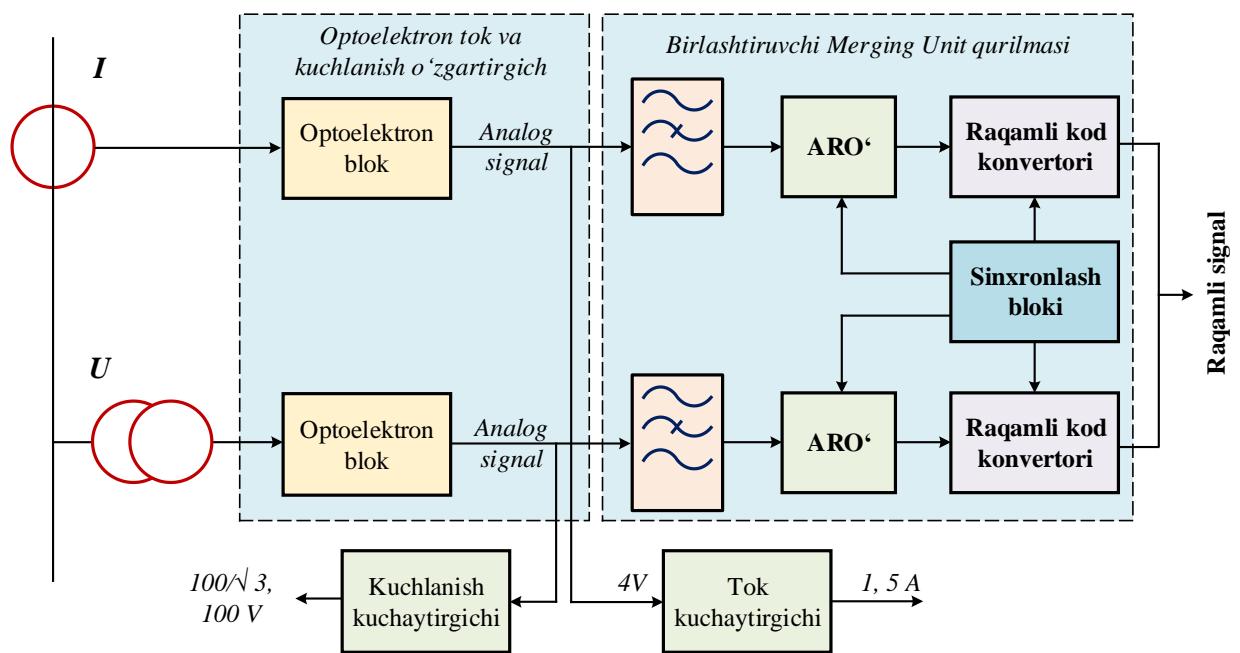


4.16-rasm. Optik tolali tok datchik

Optik tolali o'lchov tok transformatori (4.16-rasm) o'tkazgich orqali o'tadigan tok tomonidan yaratilgan tashqi magnit maydon (Faraday effekti) ta'sirida aylantirilgan turdag'i maxsus optik tolada yorug'lik modulyatsiyasining ta'siriga asoslangan. Natijada, Optik tolali o'lchov tok transformatori chiqishida o'lchanan tokga proportional signal hosil bo'ladi.



4.17-rasm. Optik tolali o‘lchov tok transformatorining optik sxemasi

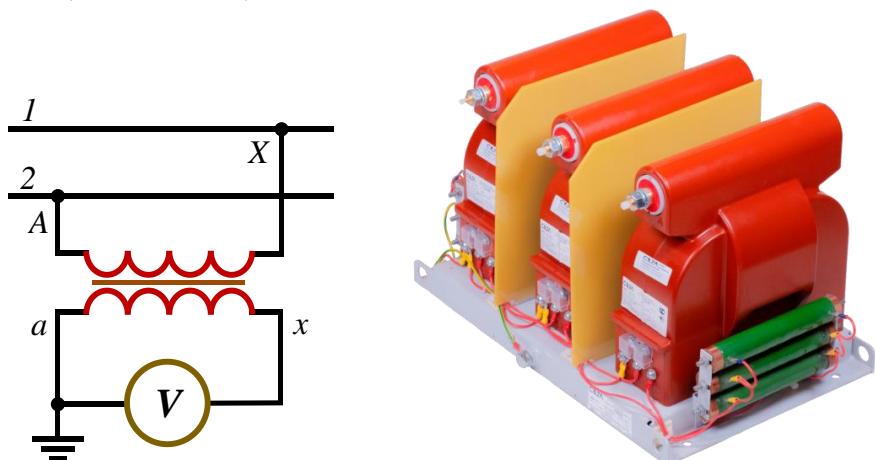


4.18-rasm. Kombinatsiyalangan optik raqamli oqim va kuchlanish transformatori.

Keng polosali manbaning markaziy to‘lqin uzunligi 1550 nm bo‘lgan optik nurlanishi tolani ajratuvchi va polarizator orqali elektro-optik modulyatorning kirish qismiga kiradi, bunda u ortogonal chiziqli polarizatsiyaga ega bo‘lgan ikkita yorug‘lik to‘lqini ko‘rinishida tarqaladi (418-rasm). To‘lqinlar orasidagi fazalar farqi yuqori chastotada

garmonik qonunga muvofiq o‘zgaradi. Bundan tashqari, yorug‘lik 200 m uzunlikdagi kechikish chizig‘idan o‘tadi, bu oldinga va teskari yo‘nalishda tarqaladigan yorug‘lik to‘lqinlari o‘rtasida shunday kechikishni ta‘minlaydi, shuning uchun to‘lqinning fazalarini modulyatoridan oynaga va orqaga tarqalishi paytida fazalarini modulyatsiya qiluvchi kuchlanish belgisi teskari tomonga o‘zgaradi. Faza plitasi chiziqli polarizatsiyalangan rejimlarni dumaloq polarizatsiyalangan rejimlarga aylantiradi. Ular tok o‘tkazuvchi o‘tkazgich atrofida o‘ralgan sezgir yigirilgan tola bo‘ylab turli tezlikda tarqaladi. Bunday holda, ular o‘rtasida o‘tkazgichdagi oqimiga mutanosib ravishda fazali kirish sodir bo‘ladi. Oynadan aks ettirilgan yorug‘lik to‘lqini teskari yo‘nalishda tarqaladi va polarizatsiya rejimlari teskari bo‘lib, buning natijasida oqim sezuvchanligi ikki barobar ortadi. Yorug‘lik optik zanjirdan teskari yo‘nalishda o‘tgandan so‘ng, polarizatorda interferentsiya signali hosil bo‘ladi, uning optik quvvati modulyatsiya chastotasing harmonikalari yig‘indisidir. Signal fotodetektorga keladi, uning chiqishidan ARO‘ orqali ishlov berish blokiga kiradi.

**Kuchlanish transformatorlari.** Ular kichik quvvatli transformatorlar bo‘lib ko‘p sonli o‘ramli ( $A-X$ ) birlamchi cho‘lg‘amlari o‘lchanadigan tarmoqning chiziqli simlariga ulanadi, ( $a-x$ ) ikkilamchi cho‘lg‘am esa voltmetrغا yoki katta qarshilikka ega bo‘lgan boshqa asbobga ulanadi (3.19-rasm).



4.19-rasm. Kuchlanish transformatori

Transformatsiyalash koefitsiyenti shunday tanlanadiki, tarmoq nominal kuchlanishida ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishi 100V yoki 200V dan oshmasligi kerak.

Kuchlanish transformatorlari shunday ulanishi kerakki, asbobga birlamchi kuchlanishga faza bo‘yicha mos tushadigan ikkilamchi

kuchlanish berish kerak bo‘ladi. Chunki ikkilamchi cho‘lg‘am qarshiligi yetarlicha katta bo‘lganligi uchun kuchlanish transformatorini salt ishlashga yaqin rejimda ishlaydi deb hisoblash mumkin, ya’ni ikkilamchi cho‘lg‘amdagи tok 0 ga yaqin bo‘ladi. Shunday qilib, birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishlari bu cho‘lg‘amlar EYuKlariga teng bo‘lgan son jihatdan n martaga transformatsiyalash koefitsientiga farq qiladi.

Transformatsiya koefitsiyentini bilgan holda voltmetr ko‘rsatishlari bo‘yicha  $U_1$  kuchlanishni aniqlash mumkin. Agar ikkilamchi zanjirdagi tok ortsa,  $U_2$  kuchlanish o‘zgaradi va o‘lhash aniqligi ikkilamchi cho‘lg‘amdagи kuchlanishning pasayishi hisobiga kamayadi. Chunki bu transformatorning birlamchi cho‘lg‘ami yuqori kuchlanishli tarmoqqa ulangan va past kuchlanishli tarmoqqa o‘tishi yuz berishi mumkin, u holda ishlatishda ikkilamchi cho‘lg‘am yerga ulanadi.

Kuchlanish transformatorlari bir fazali va uch fazali turlari mavjud. Kerakli ma’lumotlarning turiga qarab, ular tarmoqqa turli tartibda ulanishi mumkin (4.20-rasm).

4.20a-rasmida kuchlanish transformatorining bir fazadan ikkinchisiga ( $U_{ab}$ ) ulanish sxemasi ko‘rsatilgan. Ushbu sxema himoya yoki o‘lhash uchun fazalar orasidagi faqat bitta kuchlanish kerak bo‘lganda ishlatiladi.

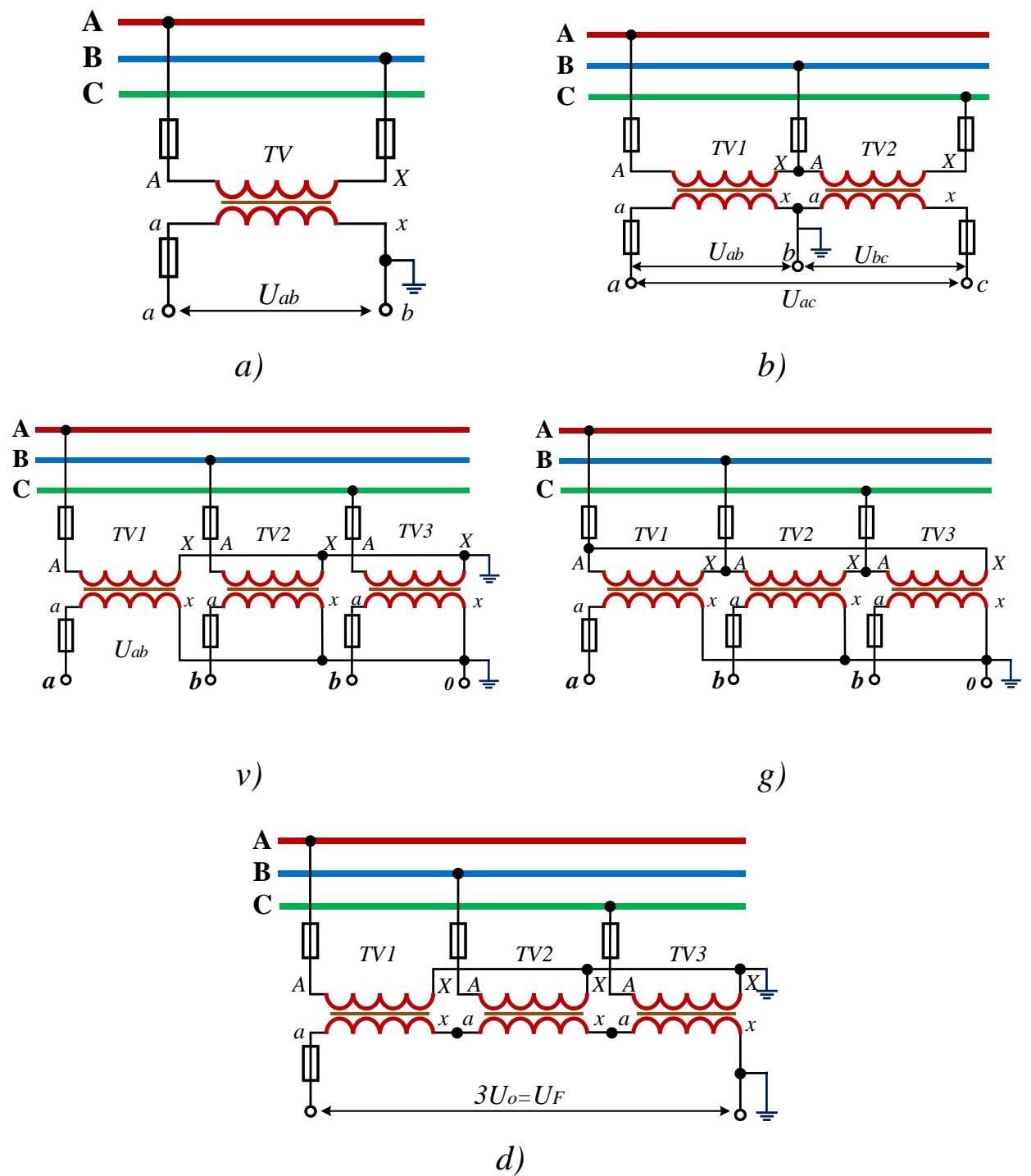
4.20b-rasmida ikkita kuchlanish transformatorining ochiq uchburchak yoki to‘liq bo‘lmagan yulduz usulidagi ulanishi ko‘rsatilgan. Ushbu sxema himoya qilish yoki o‘lhash uchun ikki yoki uch fazali kuchlanish zarur bo‘lganda ishlatiladi.

4.20v-rasmida yulduz usulidagi ulanishda uchta bir fazali yoki bitta uch fazali kuchlanish transformatorining ulanishini ko‘rsatilgan. Ushbu tartibda ular, himoya qilish va o‘lhash uchun faza kuchlanishlari yoki ikkala faza kuchlanishlari zarur bo‘lganda qo‘llaniladi.

4.20g-rasmida uchta kuchlanish transformatori uchun uchburchak-yulduz ulanish usuli keltrilgan. Bunday holda, ikkilamchi cho‘lg‘amda ( $U_2$ ) 173V kuchlanishli haddan tashqari kuchlanish paydo bo‘ladi. Ushbu sxema avtomatik boshqaruv qurilmalari uchun kuchlanish korrektorlarini quvvatlantirish uchun ishlatilishi mumkin.

4.20d-rasmida faza kuchlanishlarining yig‘indisi uchun kuchlanish transformatorlari ochiq uchburchak ulanish usuli keltrilgan. Ushbu sxemada birlamchi cho‘lg‘amlar yulduzcha, ikkilamchi cho‘lg‘am ketma-ket ulanadi va ochiq uchburchak ulanish usulini hosil qiladi.

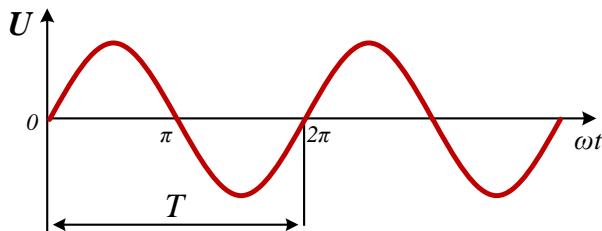
Ushbu ulanish kuchlanish relesini yoqish va yerga ulanib qolishdan himoya qilish moslamasini quvvatlantirish uchun zarur bo‘lgan neytral kuchlanishni ( $3U_o$ ) hosil qilish uchun ishlataladi.



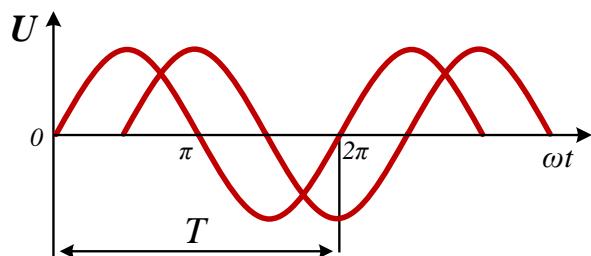
4.20-rasm. Kuchlanish transformatorlarining tarmoqqa ulash sxemalari

## 4.4. Uch fazali transformatorlar

**Uch fazali zanjirlar<sup>43</sup>.** Yuqorida  $f$  chastotali sinusoidal EYuKka ega bo‘lgan elektr zanjirlar haqida aytgan edik. Uning grafigi 4.21-rasmda keltirilgan. Lekin umumiy elektr energiya manbai hosil qiladigan, faza bo‘yicha o‘zaro qandaydir burchakka surilgan, bir xil chastotali sinusoidal EYuKlar elektr zanjirlar birligini yaratishi mumkin. Elektr zanjirlarning bunday birligi ko‘p fazali tizim deyiladi.



4.21-rasm. Bir fazali sinusoidal EYuK grafigi



4.22-rasm. Ikki fazali sinusoidal EYuK grafigi

Ko‘p fazali tizim toklaridan biri oqib o‘tadigan elektr zanjirlar tiziminining qismi faza deyiladi (4.22-rasm).

Aloqa qurilmalarining elektr ta’mnoti tizimlarida ko‘p fazali, ya’ni 2 fazali, 3 fazali, 6 fazali tizimlar keng qo‘llaniladi. Bu tizimlarni ko‘proq tarqalgan 3 fazali tizim misolida ko‘rib chiqamiz (4.23-rasm).

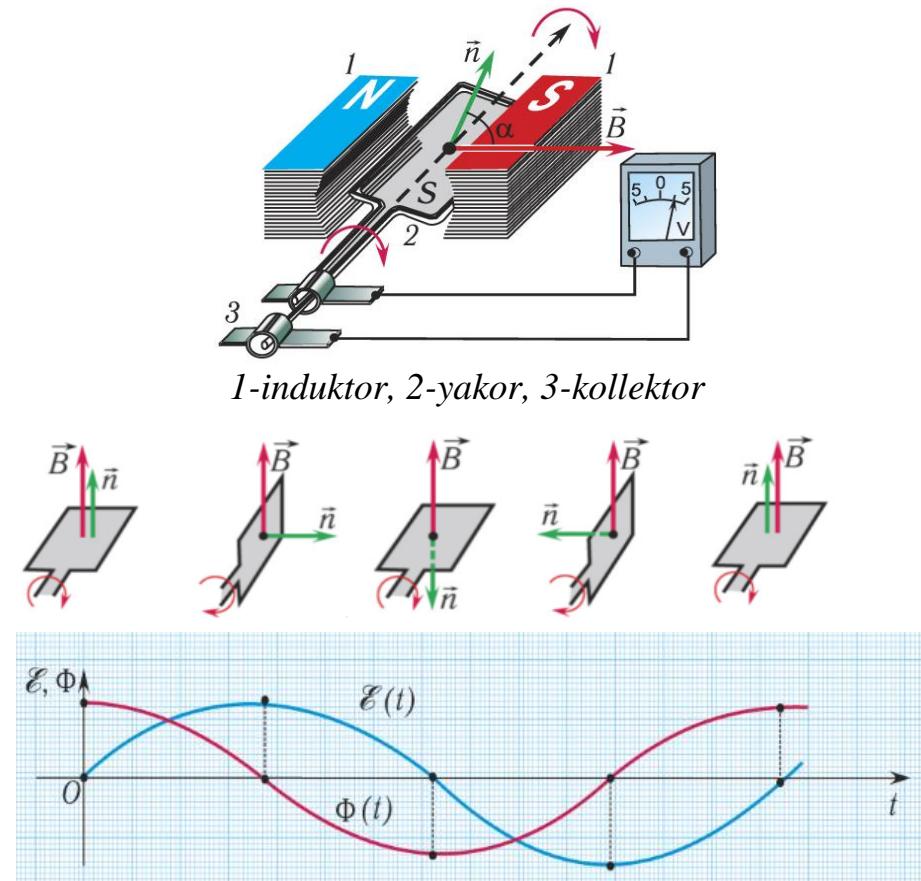
Ko‘p fazali tizim alohida fazalari orasidagi surilishi burchagi quyidagicha aniqlanadi.

$$\alpha = \frac{2\pi}{m}, \quad (4.7)$$

bu yerda  $2\pi$  – ta’mnot kuchlanishining davri ( $360^\circ$ ),  $m$  – tizimdagи fazalar soni. Agar g‘altakni doimiy magnit maydoniga joylashtirib uni

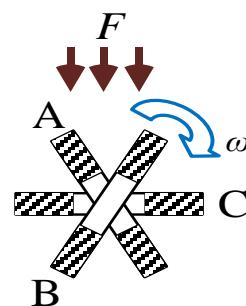
<sup>43</sup> Nazarov A.M., Yarmuhamedov A.A., Sh.K.Xudayberganov, Ya.T.Yusupov, A.B.Jabborov, F.M.Qodirov. Elektr ta’mnot qurilmalari. O‘quv qo‘llanma. – T.: 2020. – 256 bet.

aylantira boshlasa unda  $e = E_m \cdot \sin \omega t$  EYuK induksiyalanadi, bu yerda  $\omega$  – burchakli tezlik.



4.23-rasm. Doimiy magnit maydoniga g‘altak joylashtirilganda bir fazali EYuKning olinishi

Endi ana shu magnit maydoniga o‘qlari fazoda bir-birlaridan  $120^\circ$  ga surilgan 3 ta bir xil g‘altakli tizimni joylashtiramiz (4.24-rasm).

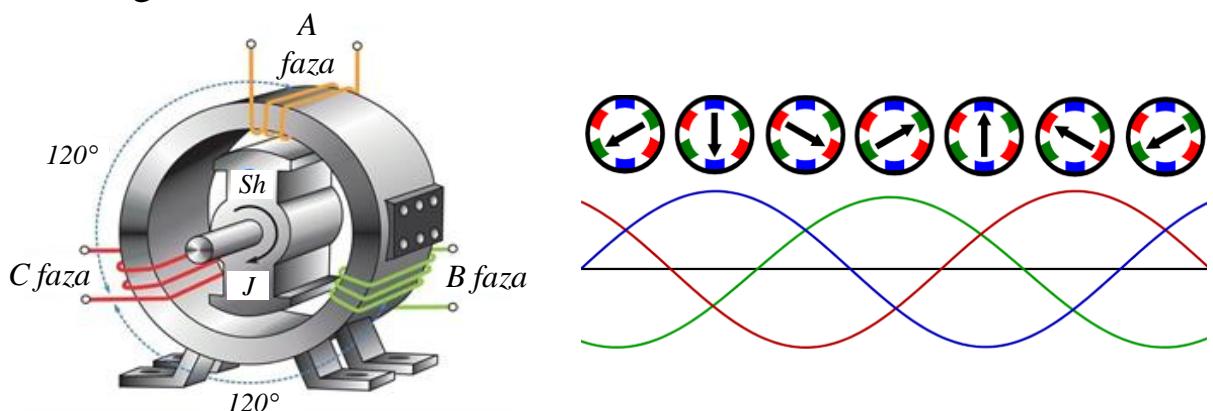


4.24-rasm. Doimiy magnit maydonida 3 ta g‘altak joylashtirilganda uch fazali EYuKning olinishi

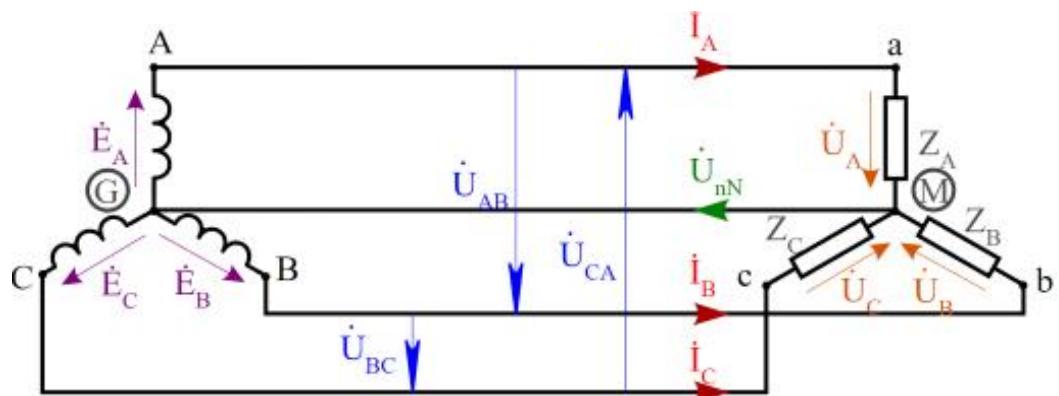
Agar g‘altaktaklardan tashkil topgan tizimni  $\omega$  burchakli tezlik bilan aylanishiga majburlansa, ularda uch fazali EYuK tizimi vujudga

keladi. Agar A g‘altak alohida olinsa, u holda unda bir fazali tizimdagidek  $e_A = E_m \cdot \sin \omega t$  EYuK vujudga keladi.

B g‘altak A g‘altakdan fazoda unga nisbatan  $120^\circ$  ga surilgani bilan farqlanadi. Demak, unda ham A g‘altakdagি EYuK induksiyalanadi, lekin undagi barcha jarayonlar B g‘altak A g‘altakni o‘rnini egallashga vaqtingacha kechikadi. G‘altakning bir marta to‘liq aylanishiga sinusoidal EYuKning bitta  $T$  davri mos kelgani uchun  $120^\circ$  burilishga  $T/3$  vaqt mos keladi, u holda  $e_B = E_m \cdot \sin(\omega t - 120^\circ)$  bo‘ladi. A va C g‘altaklar orasidagi burchak  $240^\circ$  ga teng, u holda  $e_C = E_m \cdot \sin(\omega t + 120^\circ)$ . Bu EYuKlar grafik jihatdan 4.25-rasmda tasvirlangan.



4.25-rasm. Uch fazali EYuKning grafik orqali tasvirlanishi



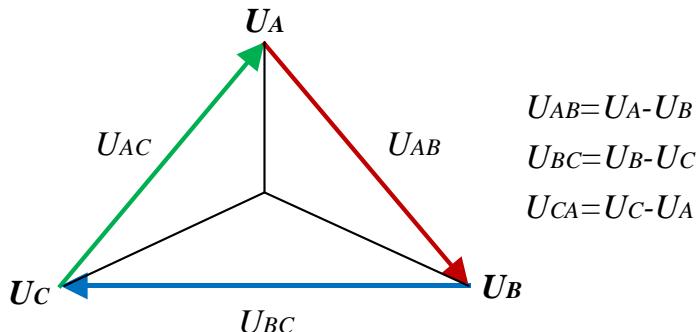
4.26-rasm. Uch fazali cho‘lg‘amning «Y » sxemada ulanishi

Ko‘p fazali tizimning alohida cho‘lg‘amlari ulanishining bir necha sxemalari mavjud. 3 fazali tizim uchun asosiy ulanish sxemalari yulduz va uchburchak ulanish sxemalari hisoblanadi.

«Y» yulduz ulanishda barcha fazalar oxirlari bir nuqtaga, uchlari esa yuklamaga ulanadi. Uning grafik ko‘rinishi 4.26-rasmida ko‘rsatilgan

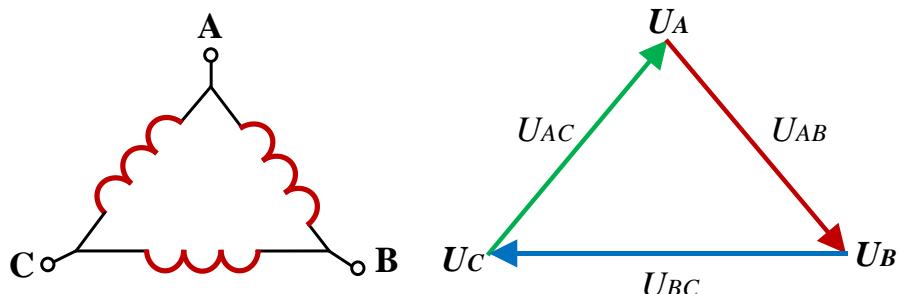
ko‘rinishda bo‘ladi.

Bu sxemada faza boshi va nolinchı nuqta orasidagi kuchlanish fazaviy kuchlanish ( $U_f$ ), ikkita fazalar boshlanishlari orasidagi kuchlanish esa chiziqli kuchlanish ( $U_{chiz}$ ) deyiladi. Ular odatda faqat o‘zaro simmetrik, ya’ni  $U_A=U_B=U_C=U_f$ ,  $U_{AB}=U_{BC}=U_{AC}=U_{chiz}$  bo‘ladi. Uch fazali cho‘lg‘am «Y» sxemada ulangandagi kuchlanishlar vektor diagrammasi 4.27-rasmida keltirilgan. Binobarin  $U_{chiz}=\sqrt{3} \cdot U_f$ , yulduz sxema uchun  $I_{chiz}=I_f$  bo‘ladi.



4.27-rasm. Uch fazali cho‘lg‘amning «Y» sxemada ulangandagi vektor diagrammalari

Uch fazali cho‘lg‘am « $\Delta$ » sxemada ulanganda har bir fazaning oxiri, keyingi fazaning boshi bilan ulanadi. Uchburchakning uchlariga yuklama ulanadi. Uch fazali cho‘lg‘amning « $\Delta$ » sxemada ulangandagi vektor diagrammalari 3.28-rasmida keltirilgan.



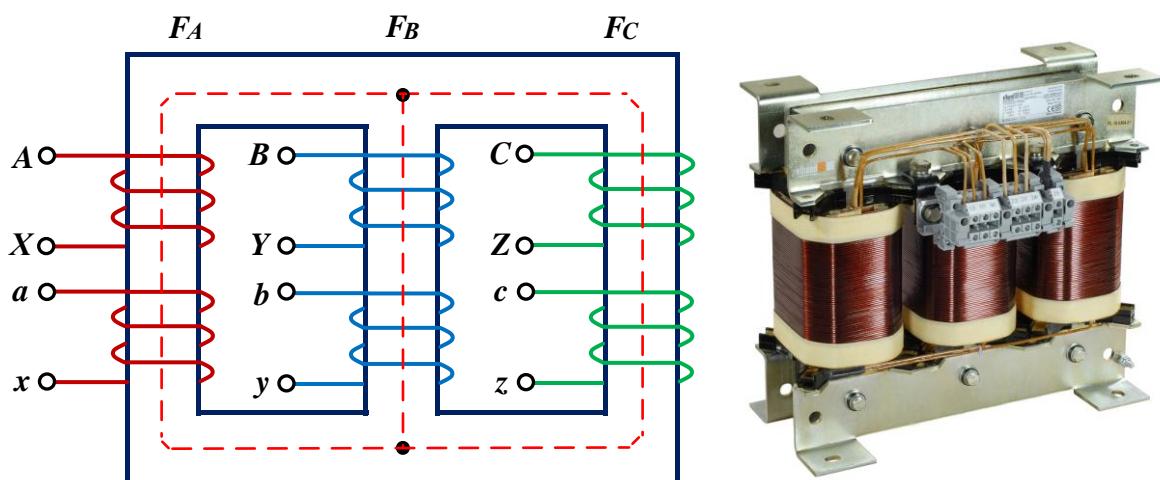
4.28-rasm. Uch fazali cho‘lg‘amning « $\Delta$ » sxemada ulangandagi vektor diagrammalari

Bunday ulanishda  $U_A=U_B=U_C=U_{AB}=U_{BC}=U_{AC}$ , ya’ni  $U_{chiz}=U_f$ , yuklama simmetrik bo‘lganida esa  $I_{chiz}=\sqrt{3} \cdot I_f$  bo‘ladi.

**Uch fazali transformatorlar<sup>44</sup>.** Ko‘pincha uch fazali tok energiyasini yuklamaga uzatish kerak bo‘ladi. Bunday uzatishni uchta bir xil bir fazali transformator yoki bitta uch fazali transformator orqali amalga oshirish mumkin. Odatda uch fazali transformatorlar sterjenli tarzda, ya’ni yarmo orqali bog‘langan uchta sterjenlardan iborat bo‘ladi (4.29-rasm).

Har bir sterjenga bir fazaning har ikkala birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar o‘raladi. Birlamchi cho‘lg‘amlarni  $A-X$ ,  $B-Y$ ,  $C-Z$ , ikkilamchi cho‘lg‘amlarni esa mos ravishda  $a-x$ ,  $b-y$ ,  $c-z$  belgilash qabul qilingan.

Birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar ko‘pincha yulduz yoki uchburchak sxemada ulanadi. Yulduz sxemada ulanishda xar bir fazaning boshlanishi uch fazali tarmoq manbaiga yoki yuklamaga, oxirlari ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) esa nolinch o‘tkazgich chiqariladigan umumiy nuqtaga ulanadi.



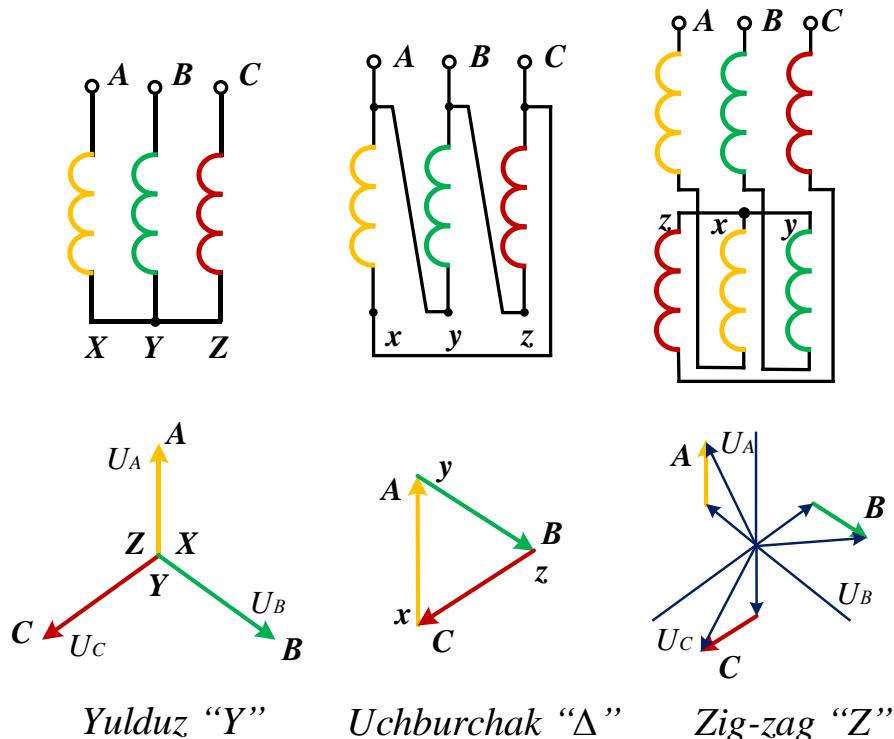
4.29-rasm. Uch fazali transformatorning sxemasi

Uchburchak sxemada ulanishda birinchi fazaning oxiri, ikkinchi fazaning boshlanishi bilan, ikkinchi fazaning oxiri uchinchi fazaning boshlanishi bilan, uchinchi fazaning oxiri esa birinchi fazaning boshi bilan ulanadi (4.30-rasm).

Bir fazaning boshlanishi va ikkinchi fazaning oxirining ulanish nuqtasiga uch fazali tarmoqqa ulanadi. Uch fazali ikki cho‘lg‘amli transformatorlar uchun cho‘lg‘amlarning  $Y/Y$ -,  $Y/\Delta$ ,  $\Delta/Y$ - guruhli ulanishlari qabul qilingan. Sur’atdagi belgi birlamchi cho‘lg‘amga,

<sup>44</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

mahrajdagi belgi esa ikkilamchi cho‘lg‘amga tegishli bo‘ladi. Agar cho‘lg‘am chiqarilgan nolinchi nuqtaga ega bo‘lsa belgilashlarda Y-kabi ko‘rsatiladi. Parallel ishslashga ulanish uchun transformatorlar 0 dan 11 gacha bo‘lgan guruhlarga birlashtiriladi, ularni  $Y/Y-0$  (12),  $Y/\Delta-11$  (3 yoki 7) tarzda belgilanadi.



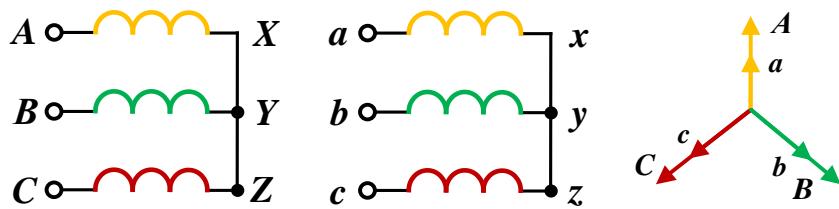
4.30-rasm. Transformator cho‘lg‘amlarini yulduz, uchburchak, zig-zag sxemalarida ulanishi va ularning vektor diogrammalari

Majburiy magnitlanish bilan kurashishda magnit o‘tkazgich sterjenlarida cho‘lg‘amlarni ratsional joylashtiriladi, ya’ni cho‘lg‘amlar “zig-zag” sxemada ulanadi (4.30-rasm).

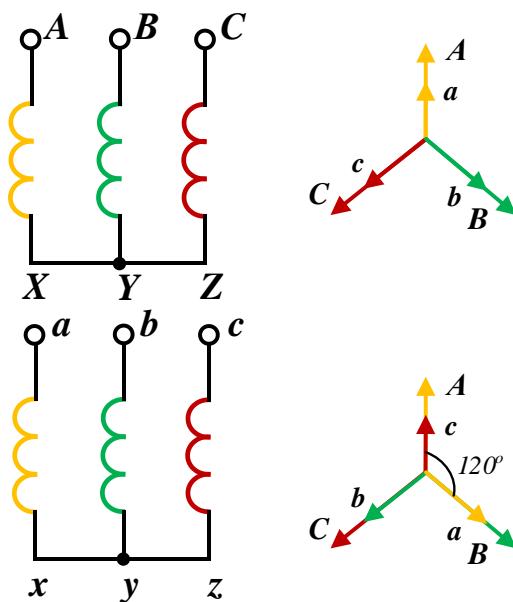
Buning uchun har bir fazaning ikkilamchi cho‘lg‘amlari ikkita g‘altaklardan iborat bo‘ladi, bu g‘altaklar turli sterjenlarga joylashtiriladi va ketma-ket qarama-qarshi yo‘nalishda ulanadi. Bunda cho‘lg‘amning har bir yarim qarama-qarshi yo‘nalgan va bir-birlarini kompensiyalaydigan magnit oqimlarini hosil bo‘ladi, shuning uchun transformatorning majburiy magnitlanishi keskin kamayadi yoki umuman bo‘lmaydi. To‘g‘rilash sxemasini to‘g‘ri tanlash orqali ham majburiy magnitlanishni yo‘qotish mumkin.

Uch fazali transformatorning guruhi birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar ulanish sxemalariga, ularning o‘ralish yo‘nalishlariga va uchlarining belgilanishiga bog‘liq bo‘ladi. Birlamchi va ikkilamchi

cho‘lg‘amlar chiziqli EYuKlari vektorlari orasida birligi  $30^\circ$  ga teng bo‘lgan burchak siljishi bor. Bu siljish o‘ralish yo‘nalishiga va cho‘lg‘amlarning ulanish sxemasiga bog‘liq bo‘ladi.



4.31-rasm. Y/Y ulanishda transformator guruhini aniqlash chizmasi



4.32-rasm. Ikkilamchi cho‘lg‘am fazalari almashtirilganda Y/Y ulanishdagi transformator guruhini aniqlash chizmasi

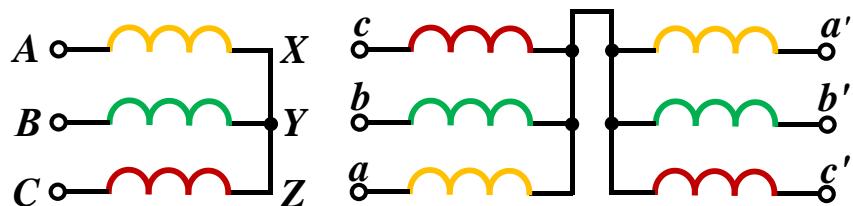
Burchak siljishini aniqlash uchun soat milidan foydalaniladi, bunda har bir son boshqasiga nisbatan  $30^\circ$ ga surilgan. Agar transformator  $Y/Y$  bo‘lsa bunda bir xil nomdagi birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar sterjenda joylashadi va bir xil yo‘nalishda o‘raladi, birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlar kuchlanishlari vektorlari yo‘nalish bo‘yicha mos tushadi, ya’ni ularning surilishi  $0$  ga yoki  $12$  ga teng bo‘ladi, u holda  $Y/Y-0$  guruhni olamiz. Agar ikkilamchi cho‘lg‘amda fazalar o‘rnini almashtirsak, bir xil nomdagi chiziqli kuchlanishlar vektorlari orasida ( $A-X$ ,  $a-x$ )  $120^\circ$  burchakka surilish vujudga keladi (soat mili 4 ni ko‘rsatadi), ya’ni  $Y/Y-4$  guruhdagi transformatorni olamiz (4.31-4.32-rasmlar).

Transformatorning 3 fazali cho‘lg‘amlari  $Y/Y$  sxemada ulanganida istalgan juft guruhni olish mumkin. Transformatorning cho‘lg‘amlari  $Y/\Delta$ ,  $\Delta/Y$  sxemalarda ulanganida esa istalgan toq guruhlarni, ya’ni 1, 3, ..., 11 guruhlarni olish mumkin.  $Y/Y-0$ ,  $Y/\Delta-11$ ,  $Y/\Delta-11$  guruhlar standart guruhlar hisoblanadi,  $A$  faza sariq,  $B$  faza yashil va  $C$  faza qizil ranga bo‘yaladi.

#### 4.5. Fazalar sonini o‘zgartiradigan transformatorlar<sup>45</sup>

Ba’zi bir hollarda (MT sxemalarida, kabel magistrallarida, to‘g‘rilagichlarda va boshqalarda) uch fazali o‘zgaruvchan tok tarmog‘ini boshqa sonli fazalar tarmoqqa o‘zgartirish kerak bo‘ladi.

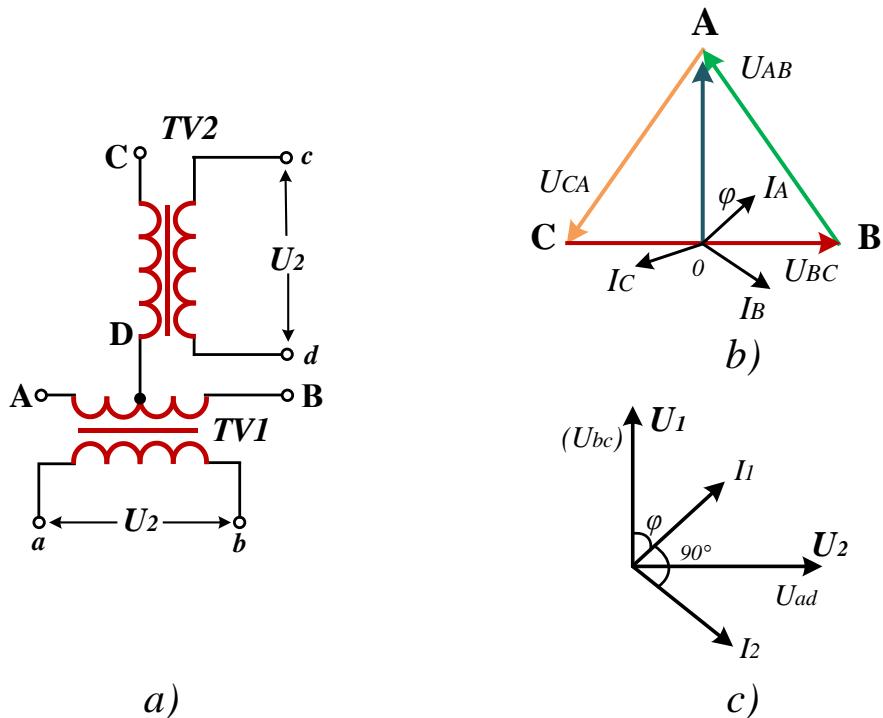
Uch fazali tarmoqni olti fazali simmetrik tarmoqqa o‘zgartiruvchi transformatori ko‘rib chiqamiz (4.33-rasm). Buning uchun oddiy uch fazali transformatorda ikkita ikkitalik ( $a, b, c$  va  $a', b', c'$ ) o‘ramli, lekin o‘ralish yo‘nalishlari qarama-qarshi bo‘lgan cho‘lg‘amlar qilinadi. Barcha cho‘lg‘amlar “ $Y$ ” sxemada ulanadi. Ikkilamchi  $a, b, c$  cho‘lg‘amlarda birlamchi cho‘lg‘amlar EYuKlari fazasiga mos tushadigan,  $a', b', c'$  cho‘lg‘amlarda esa, birlamchi cho‘lg‘amlar EYuKlari fazasiga qarama-qarshi bo‘lgan EYuKlar induksiyalanadi. Agar ikkilamchi cho‘lg‘amlar nolinchi nuqtalarini birlashtirsak, ikkilamchi zanjirda simmetrik fazali sxema hosil bo‘ladi.



4.33-rasm. Uch fazali tarmoqni olti fazali tarmoqqa aylantiruvchi sxema

**Skott sxemasi.** Uch fazali tok tarmog‘ini ikki fazali tok tarmog‘iga o‘zgartirish uchun ikkita  $TV1$  va  $TV2$  bir fazali transformatorlardan foydalaniladi.  $A, B, S$ , uchlar  $U_{chiz}$  chiziqli kuchlanishli uch fazali tarmoqqa ulanadi (4.34-rasm).

<sup>45</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

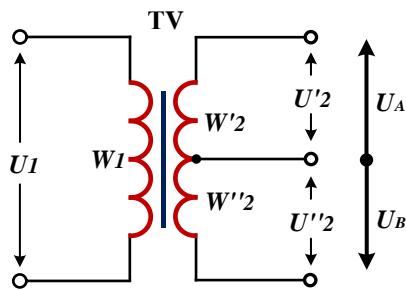


4.34-rasm. Skott sxemasi (*a* - elektr ta'minoti sxemasi; *b*, *c* - transformatorning vektor diagrammasi)

*TV1* transformatorning birlamchi *A-B* cho'lg'ami  $W_1$  o'ramlar soniga ega va  $U_{chiz}=U_{AB}$  to'liq chiziqli kuchlanish ta'sirida bo'ladi. Shunday qilib, bu cho'lg'amning har bir o'ramiga  $U_{chiz}/W_1$  kuchlanish to'g'ri keladi. *TV2* transformatorning birlamchi *C-D* cho'lg'ami *D* uchi orqali *A-B* cho'lg'am o'rta nuqtasiga ulangan bo'lib,  $0,707 \cdot W_1$  o'ramlar soniga ega va  $U_{CD}=U_{chiz} \cdot \sin 60^\circ=0,707 \cdot U_2^2$  kuchlanish ta'siri ostida bo'ladi. U holda bu cho'lg'amning xar bir o'ramiga  $0,707 \cdot U_{chiz}/0,707 \cdot W_1=U_{chiz}/W_1$ , ya'ni *TV1* transformatordagi kabi kuchlanish to'g'ri keladi.

Demak, har ikkala transformatorlarning ikkilamchi cho'lg'amlaridagi kuchlanishlar qiymatlari bo'yicha  $U_{AB}=U_{CD}=(W_2/W_1) \cdot U_{chiz}$  ga teng va fazalar bo'yicha  $90^\circ$ ga surilgan. Diagrammadagi *ab* va *cd* kesmalar orqali simmetrik ikki fazali zanjirni tashkil qiladigan ikkilamchi cho'lg'amlar keltirilgan  $U'_{AB}$ ,  $U'_{CD}$  kuchlanishlari ko'rsatilgan (4.34-rasm).

Bir fazali sxemani ikki fazali sxemaga  $180^\circ$ ga faza surish orqali o'zgartirish mumkin. Buning uchun bir fazali transformator ikkilamchi cho'lg'amdan o'rta nuqta chiqariladi. Shunday qilib, o'ramlar soni  $W'_2$ ,  $W''_2$  ( $W'_2=W''_2$ ) bir xil bo'lgan ikkita yarim cho'lg'amlar, ya'ni qarama qarshi fazadagi bir xil ikki fazali kuchlanishlar olinadi (4.35-rasm).



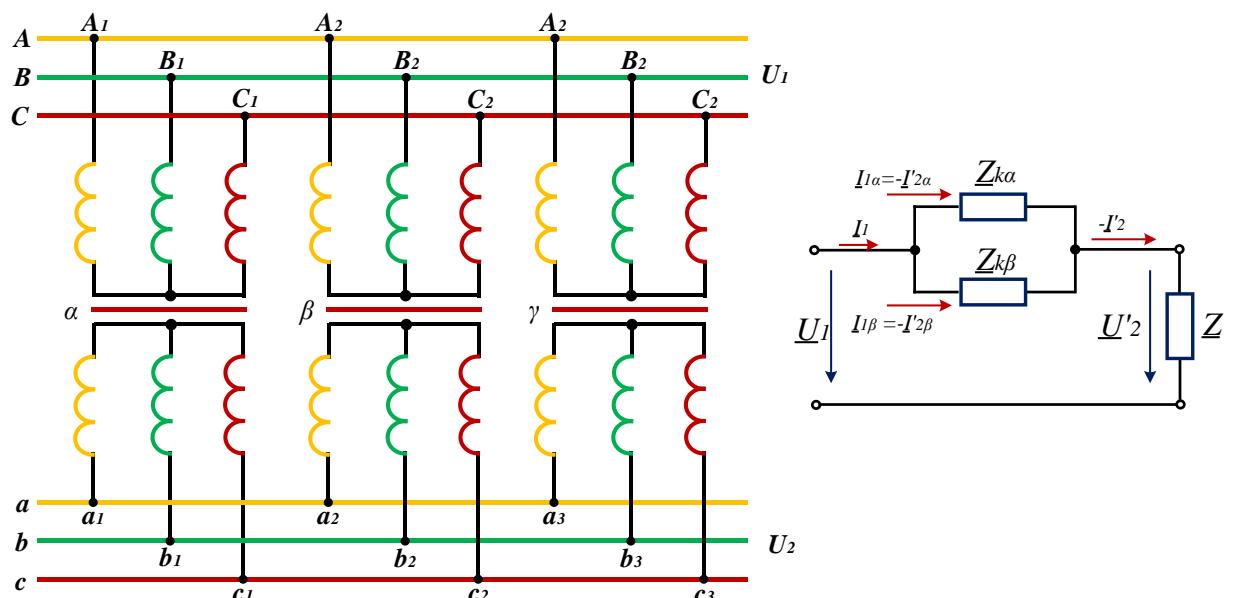
4.35-rasm. Bir fazali tokni ikki fazali tokka o‘zgartirish sxemasi

#### 4.6. Transformatorlarning parallel ulanishi<sup>46</sup>

Transformatorlar parallel ulanganida ularning birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlari umumiy shinalarga alohida-alohida ulanadi (4.36-rasm).

Parallel ishlashga istalgan sondagi transformatorlar ulanishi mumkin, lekin bunda qator shartlar bajarilishi kerak bo‘ladi:

- transformatorlar birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlari nominal kuchlanishlari teng bo‘lishi;
- transformatorlar bir guruhga tegishli bo‘lishi;
- qisqa tutashuv kuchlanishlari, ularning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari teng bo‘lishi.



4.36-rasm. Transformatorlarning parallel ulanishi

Birinchi shart parallel ishlayotgan transformatorning

<sup>46</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

transformatsiyalash koeffitsiyentlari tengligini bildiradi, bunda ikkilamchi cho‘lg‘amlarda induksiyalanadigan EYuKlar teng va qaramaqarshi yo‘nalishda, ularning geometrik yig‘indisi nolga teng bo‘lishi uchun bitta shinaga transformator cho‘lg‘amlarining bir xil nomlardagi chiqishlari ( $a_1$  bilan  $a_2$  va h.k.) ulanishi kerak bo‘ladi, u holda transformatorlar orasida hech qanday tok vujudga kelmaydi. Agar bu shart bajarilmasa, ya’ni  $n_1 \neq n_2$  va  $E_{21} \neq E_{22}$  bo‘lsa, transformatorlar orasida  $I_T$  tenglovchi tokni vujudga keltiradigan  $E_2$  tashkil etuvchi paydo bo‘ladi. Qisqa tutashuv qarshiliklari kichik bo‘lganligi uchun  $I_T$  juda katta bo‘lishi mumkin.

Ikkinchi shart transformatorlar birlamchi cho‘lg‘amlari umumiy tok manbai tarmog‘iga ulanishini bildiradi. Shuning uchun cho‘lg‘amlarning ulanish guruuhlaridan chiziqli EYuKlar vektorlari faza bo‘yicha mos tushadi. Agar parallel ulanadigan transformatorlar guruhlari bir xil bo‘lsa, ikkilamchi cho‘lg‘amlar chiziqli EYuKlari vektorlari mos tushadi va tenglovchi toklar yo‘q bo‘ladi. Agar transformatorlar guruhlari bir xil bo‘lmasa, bu vektorlar faza bo‘yicha mos tushmaydi va ularning geometrik yig‘indisi nolga teng bo‘lmaydi, natijada katta tenglovchi toklar vujudga keladi.

Uchinchi shart qisqa tutashuv kuchlanishi, uning aktiv va reaktiv tashkil etuvchilari parallel ishlashda har bir transformator yuklamasini aniqlashini bildiradi. Agar bu kuchlanishlar teng bo‘lmasa, yuqlama transformatorlar orasida notekis taqsimlanadi, kichik qisqa tutashuv kuchlanishili transformatorda yuqlama ko‘proq bo‘ladi.

### 5.1. To‘g‘rilagichning tuzilish sxemasi<sup>47</sup>

Respublikamizda elektr energiyasi 50Hz chastotali o‘zgaruvchan tokda tarqatiladi, bu bilan birga telekommunikatsiya apparaturalarining ko‘p qismi turli nominallardagi o‘zgarmas tok bilan ta’minlanishi sababli o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartirish zarurati tug‘iladi. Buning uchun elektr mashinalarni ishlatish mumkin, lekin ularning aylanuvchan qismlari shovqin hosil qiladi, maxsus fundamentlarni talab qiladi va qator kamchiliklarga ega. Quvvatli kuchli ventillar yaratilgandan so‘ng elektr mashinalardan statik to‘g‘rilash qurilmalariga, ya’ni to‘g‘rilagichlarga o‘tildi.

To‘g‘rilagich deb o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokga aylantiruvchi qurilmaga aytildi. Ishlatish jarayonida to‘g‘rilagichlar quyidagi qator texnik talablarga javob berishi kerak:

- 1) talab qilinadigan kuchlanish va quvvat;
- 2) to‘g‘rilangan kuchlanish pulsatsiyasining ruxsat etiladigan darajasi;
- 3) xavfsiz xizmat ko‘rsatish;
- 4) qulaylik va boshqarish ishonchliligi;
- 5) yuqori FIK;
- 6) to‘g‘rilangan kuchlanishning stabilligi;
- 7) yuqori kuvvat koeffitsiyenti;
- 8) o‘ta yuqori toklardan va ortiqcha kuchlanishlardan ishonchli va tezkor himoya;
- 9) texnik ishlatishning past narxi;
- 10) qurilmaning kichik xajmga va massaga ega bo‘lishi.

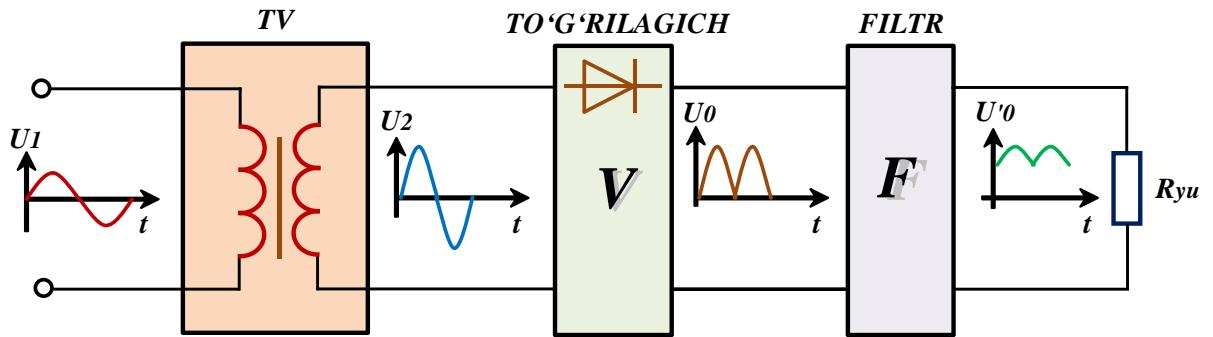
Umumiyoq ko‘rinishda to‘g‘rilagich 4 ta asosiy qismlardan iborat bo‘ladi (5.1-rasm).

Transformator quyidagi vazifalarni bajaradi:

1. O‘zgaruvchan tok tarmog‘i kuchlanishini to‘g‘rilovchi element kirishida talab qilinadigan qiymatga o‘zgartiradi.
2. To‘g‘rilagich ishchi zanjirlarini va yuklamani ta’minlash tarmog‘idan va boshqa iste’molchilardan galvanik (elektr) ajratadi, ya’ni ularni mustaqil qiladi.

<sup>47</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

3. Ko‘pincha telekommunikatsiya apparaturalari talab qiladigan to‘g‘rilagich bir qutbini yerga ulash imkoniyatini beradi. Ba’zan to‘g‘rilagich transformatori fazalar sonini oshirish uchun ishlataladi. Buning uchun ikkilamchi cho‘lg‘amlar soni birlamchi cho‘lg‘amlar soniga nisbatan ikki martaga oshiriladi. Bu to‘g‘rilangan kuchlanish pulsatsiyasi chastotasini oshirish va pulsatsiyani kamaytirish maqsadida qilinadi. Bundan tashqari transformatorning ikkilamchi tomonidagi yulduz sxemada ulangandagi faza cho‘lg‘amlarining umumiy nuqtasi ko‘pincha to‘g‘rilagichning yuklama ulanadigan chiqish qutbi bo‘lib xizmat qiladi.



5.1-rasm. Bir kanalli to‘g‘rilagichning tuzilish sxemasi

Diodlar bir tomonlama o‘tkazuvchanlikka ega va o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartirishni amalga oshiradi. To‘g‘rilagichda ularning soni to‘g‘rilash sxemasiga bog‘liq bo‘ladi. To‘g‘rilagichning har bir fazasi kamida bitta diod zvenosiga ega bo‘ladi. Lekin ko‘p hollarda talab qilinadigan tok va kuchlanish qiymatini olish uchun har bir diod zvenosida bir necha diodlar bo‘lishi mumkin. Diodlar ketma-ket, parallel va murakkab guruhlarda ulanishi mumkin.

To‘g‘rilagichdan keyin kuchlanish yoki tok pulslanuvchan bo‘ladi. Uni o‘zgarmas va o‘zgaruvchan tashkil etuvchilardan iborat deb tasavvur qilish mumkin. Telekommunikatsiya apparaturalari pulslanuvchan o‘zgarmas tok bilan ta’minlanganda aloqa signallarini uzatishda jiddiy halaqitlar yuzaga kelishi mumkinligi sababli pulsatsiyani kamaytirish choralar ko‘riladi. Buning uchun diodlar va ta’minlanadigan apparaturalar orasiga silliqlovchi filtr qo‘yiladi. To‘g‘rilagichning chiqish kuchlanishi 10...15 foizga o‘zgarishi mumkin bo‘lgan ta’minot o‘zgaruvchan kuchlanish qiymatiga bog‘liq. Telekommunikatsiya qurilmalarida ko‘pincha bunday sezilarli tebranishga ruxsat berilmaydi. Shuning uchun zamonaviy

to‘g‘rilagichlarda filtrdan keyin tok va kuchlanish stabilizatorlari qo‘yiladi. Bu zvenodan tashqari to‘g‘rilash qurilmasida kommutatsiyalash apparaturasi, himoyalash zanjiri va boshqalar bo‘lishi mumkin.

To‘g‘rilagichlar boshqariladigan va boshqarilmaydigan bo‘ladi. Boshqarilmaydigan to‘g‘rilagich chiqish kuchlanishini boshqarish imkoniyatini bermaydi. U hamisha  $U_0=K \cdot U_2$  munosabat orqali aniqlanadi (bu yerda  $U_0$  – chiqishdagi o‘zgarmas tok kuchlanishi,  $U_2$  – to‘g‘rilagich kirishidagi o‘zgaruvchan tok kuchlanishi,  $K$  – to‘g‘rilash sxemasining doimiy koeffitsiyenti).

Agar bunday to‘g‘rilagichda chiqish kuchlanishini o‘zgartirish kerak bo‘lsa, kirishdagi kuchlanishni o‘zgartirishga to‘g‘ri keladi.

Boshqariladigan to‘g‘rilagichlarda yuklamadagi o‘zgarmas tok kuchlanishini to‘g‘rilagich ishlashi jarayonida to‘g‘rilagich ish rejimiga ta’sir qilgan holda o‘zgartirish mumkin.

To‘g‘rilash qurilmalarini quyidagicha sinflarga ajratish mumkin<sup>48</sup>:

1) to‘g‘rilash sxemasi bo‘yicha – bir fazali va ko‘p fazali, bitta yarim davrli (bir taktli) va ikkita yarim davrli (ikki taktli);

2) quvvat bo‘yicha – kichik quvvatli (100Vt gacha), o‘rta quvvatli (5 kVt gacha), katta quvvatli (5kVt dan yuqori);

3) to‘g‘rilangan tok chastotasi bo‘yicha – sanoat chastotasi (50Hz), oshirilgan chastotali (400 yoki 1000Hz), yuqori chastotali (1000Hz dan yuqori);

4) kuchlanish bo‘yicha – kichik kuchlanishli (250V gacha), o‘rta kuchlanishli (1000V gacha), yuqori kuchlanishli (1000V dan yuqori);

5) ish yuklamasining rejimi bo‘yicha – uzoq vaqtli, impulsli, qisqa vaqtli;

6) to‘g‘rilagichga yuklamaning reaksiysi bo‘yicha – aktiv, induktiv va sig‘im reaksiyali.

O‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartirish nochiziqli element diod yordamida amalga oshiriladi.

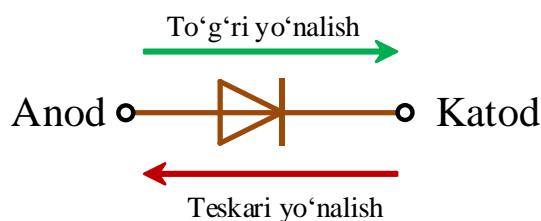
Diod bir tomonlama o‘tkazishga, ya’ni bir yo‘nalishdagi tokka katta o‘tkazuvchanlikka (kichik qarshilikka) va boshqa yo‘nalishdagi tokka kichik o‘tkazuvchanlikka (katta qarshilikka) ega bo‘ladi. Diod kichik qarshilikka ega bo‘lgan yo‘nalish to‘g‘ri yo‘nalish deyiladi va

<sup>48</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

$R_{to'g'}$ ,  $I_{to'g'}$ ,  $U_{to'g'}$  kattaliklar bilan xarakterlanadi. Diod katta qarshilikka ega bo‘lgan yo‘nalish esa teskari yo‘nalish deyiladi va  $R_{tes}$ ,  $I_{tes}$ ,  $U_{tes}$  kattaliklar bilan xarakterlanadi. Sxemada Diodning belgilanishi 52-rasmida keltirilgan.

Anoddan katodga yo‘nalishdagi kuchlanish to‘g‘ri, katoddan anodga yo‘nalishdagi kuchlanish esa teskari kuchlanish deyiladi. Dioddan oqib o‘tadigan tok va diodning asosiy elektr xususiyatlari uning volt-amper tafsifi (VAX)  $I=f(U)$  orqali xarakterlanadi.

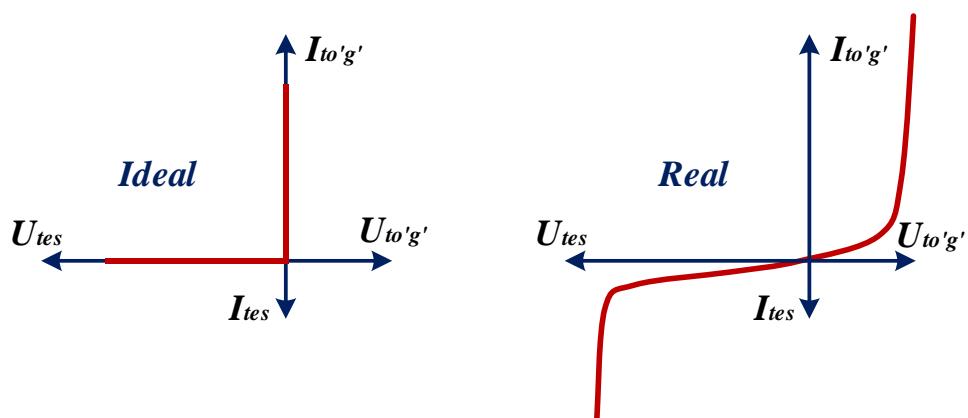
Diodlar real va ideal diodlarga ajratiladi. Ideal diodda  $R_{to'g'}=0$ , mos ravishda  $U_{to'g'}=0$ ,  $I_{to'g'}$  tok esa hech narsa bilan cheklanmaydi,  $R_{tes}=\infty$ , ya’ni  $U_{tes}$  kuchlanishning har qanday qiymatida  $I_{tes}=0$  bo‘ladi.



54.2-rasm. Sxemada diodning belgilanishi

Real diod qandaydir  $R_{to'g'}$  qarshilikka ega bo‘ladi, shuning uchun talab qilinadigan  $I_{to'g'}$  to‘g‘ri tokni olish uchun diod ga ma’lum qiymatdagi  $U_{to'g'}$  kuchlanishni berish kerak bo‘ladi. Real diod teskari yo‘nalishda  $R_{tes}$  yuqori qarshilikka ega bo‘lganligi sababli qandaydir  $I_{tes}$  teskari tokni o‘tkazadi (5.3-rasm).

Diodlar boshqariladigan va boshqarilmaydigan bo‘lishi mumkin. Hozirgi vaqtida asosan yarim o‘tkazgichli diodlar selenli va kremniyli diodlar, kremniyli boshqariladigan tiristorlar qo‘llaniladi.



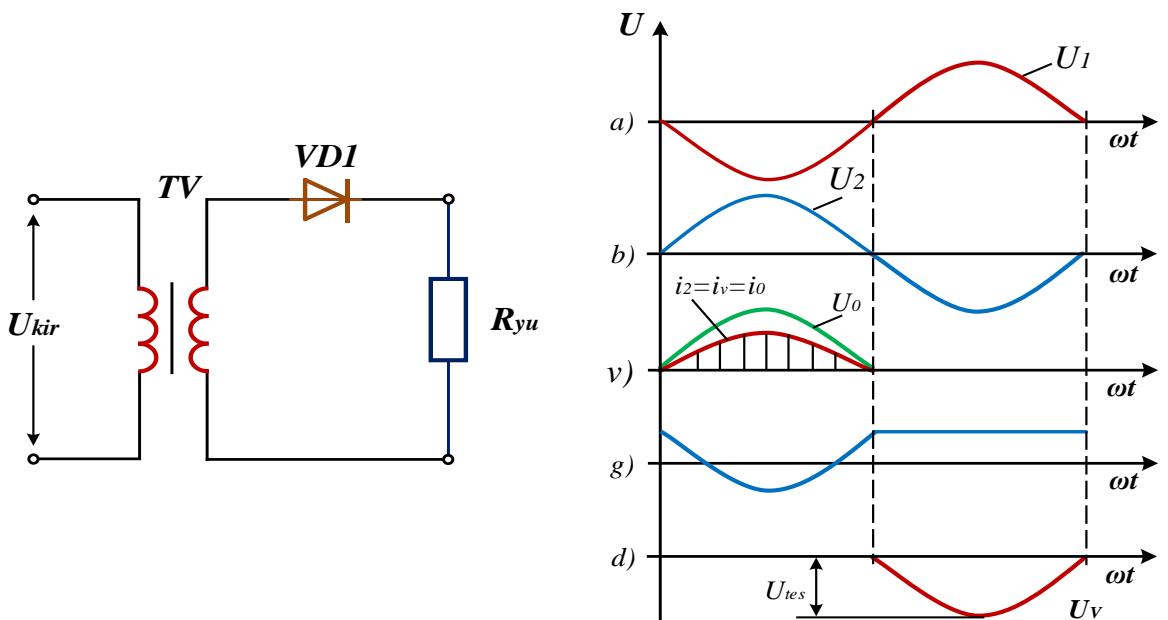
5.3-rasm. Yarim o‘tkazgichli diodning volt-amper tafsiflari

Germaniyli diodlar, asosan ko‘proq kichik kuchlanishli to‘g‘rilagichlarda qo‘llaniladi, chunki ularning  $U_{to\cdot g\cdot}$  kuchlanishi kremniyli diodlarga qaraganda 2-3 marta kichik.

Kremniyli diodlar germaniyli diodlarga qaraganda katta  $U_{tes.rux}$  kuchlanishga va 2-3 marta kichik  $I_{tes}$  tokka ega va quvvatli tiristorli to‘g‘rilash qurilmalarida yuqori temperaturalarda qo‘llaniladi. Boshqarilmaydigan kremniyli diodlar 1000A gacha  $I_{to\cdot g\cdot}$  toklar va 1000V gacha teskari kuchlanishlarga ishlab chiqariladi.

## 5.2. Bir taktli to‘g‘rilash sxemalari<sup>49</sup>

**Bir fazali bir taktli to‘g‘rilash sxemasi.** Bir fazali yarim davrli to‘g‘rilash sxemasi 5.4-rasmda keltirilgan.  $VD1$  diod anodida musbat potensial bo‘lganida tok  $VD1$  diod,  $R_{yu}$  yuklama orqali oqib o‘tib transformator ikkilamchi cho‘lg‘amiga tutashadi. Agar  $U_{kir}=U_{Im}\cdot \sin\omega t$  bo‘lsa, yuklamadagi tok yarim sinusoidal shaklda bo‘ladi, yuklamadagi kuchlanish shakli ham shunday shaklda bo‘ladi. Bu to‘g‘rilangan tok bitta davrda yuklamadan oqib o‘tadigan to‘g‘rilangan tokning o‘rtacha qiymati bo‘lgan o‘zgarmas tashkil etuvchiga ega bo‘ladi.



5.4-rasm. Bir fazali bir taktli to‘g‘rilash sxemasi va vaqt diagrammalari

Bir taktli to‘g‘rilash sxemasida quyidagi munosabatlar o‘rinli

<sup>49</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

hisoblanadi.

$$U_0 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_2 = 0,45 \cdot U_2, \quad (5.1)$$

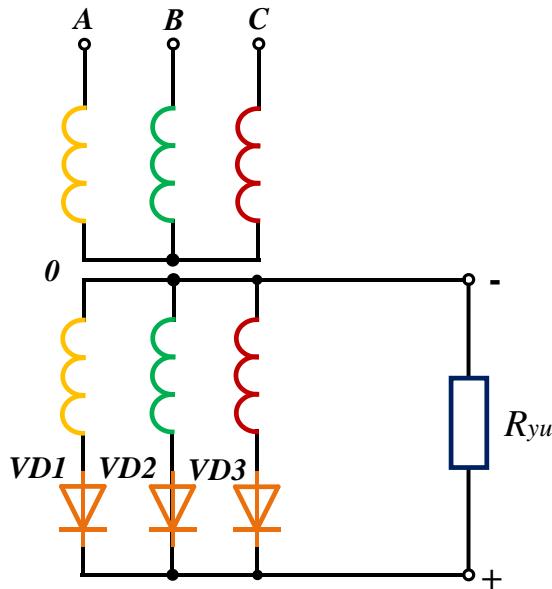
$$I_0 = \frac{2}{\pi} \cdot I_2 = \frac{I_2}{1,57} = 0,637 \cdot I_2, \quad (5.2)$$

Yopiq ventilga quyiladigan teskari kuchlanish transformator ikkilamchi cho‘lg‘amiga qo‘yiladigan kuchlanishga praporsional bo‘ladi:

$$U_{tes} = U_t = \pi \cdot U_0 = 3,14 \cdot U_0 = \sqrt{2} \cdot U_2, \quad (5.3)$$

ya’ni, to‘g‘rilangan kuchlanishda  $\pi$  martaga katta bo‘ladi. To‘g‘rilangan kuchlanish va tok pulsatsiyasining chastotasi  $f_{to'g'} = f_{tar}$  bo‘ladi (ya’ni  $m=1$ ).

*Uch fazali bir taktli to‘g‘rilash sxemasi*<sup>50</sup>. U ikkilamchi cho‘lg‘ami yulduz sxemada ulangan uch fazali transformator va transformator ikkilamchi cho‘lg‘amlari fazalariga bittada ulangan uchta diodlardan iborat. Transformator ikkilamchi cho‘lg‘amlari oxirgi uchlari nolinchi nuqtaga, bosh uchlari esa diodlar anodlarga ulanadi. Barcha ventillar katodlari umumiyligi nuqtaga ulanadi va to‘g‘rilagich chiqishida musbat qutbni tashkil qiladi (5.5-rasm).

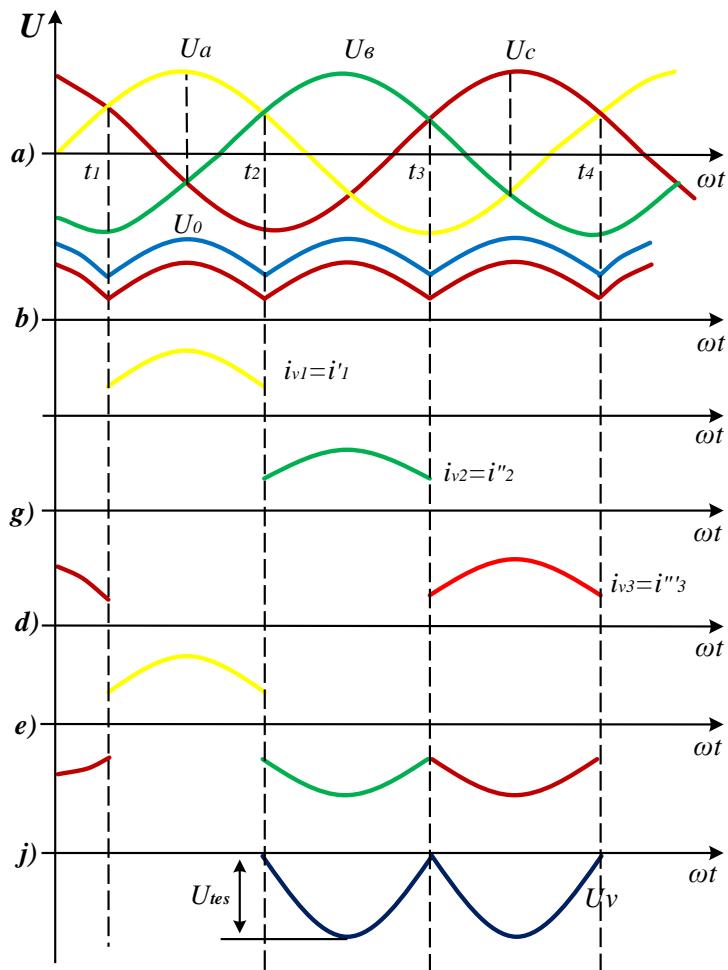


5.5-rasm. Uch fazali bir taktli to‘g‘rilash sxemasi

<sup>50</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

Transformatorning nolinchi nuqtasi manfiy qutb hisoblanadi. Ikkilamchi cho‘lg‘am faza kuchlanishlari bir-birlaridan  $2\pi/3$  burchakka surilgan bo‘ladi.

Istalgan vaqt momentida anodida boshqa fazalarga qaraganda eng katta musbat potensial bo‘lgan faza diodi ochiladi (5.6-rasm).



5.6-rasm. Uch fazali bir taktli to‘g‘rilash sxemasi vaqt diagrammalari

$t_o$  ixtiyoriy vaqt momentida  $VD1$  diod anodida eng katta musbat potensial bo‘ladi va u ochiq bo‘ladi.  $U_{21}$  kuchlanish ta’sirida tok birinchi faza,  $VD1$  diod,  $R_{yu}$  yuklama orqali nolinchi nuqtaga oqib o‘tadi.

Yuklamadagi kuchlanish  $U_{21}$  oniy qiymatga teng bo‘ladi.  $t_1$  vaqt momentigacha ikkinchi fazadagi kuchlanish ham musbat, lekin birinchi fazadagi kuchlanishdan kichik bo‘ladi, shuning uchun  $VD2$  diod anodidagi potensial uning katodidagi potensialdan kichik bo‘ladi va  $VD2$  diod yopiq bo‘ladi.  $t_2$  momentdan boshlab uchinchi faza ishlay boshlaydi va jarayonlar davriy takrorlanadi. Har bir faza davrning  $2\pi/3$  qismi

davomida ishlaydi. To‘g‘rilagich chiqishidagi  $U_o$  kuchlanish istalgan vaqtda ikkilamchi cho‘lg‘am (faza diodi ochiq bo‘lganda) faza kuchlanishining oniy qiymatiga teng bo‘ladi, ya’ni  $U_o = U_0 \cdot \sin(\omega t)$ .  $I_o = U_o / R_o$  bo‘lganligi uchun mana shu egrilikning o‘zi boshqa masshtabda tok egriligi bo‘ladi. Binobarin, tok har bir faza bo‘yicha davrning uchdan bir qismida oqib o‘tadi.

Vaqtning boshlanishi deb qo‘sh cho‘lg‘amlar fazalaridagi  $U_2$  kuchlanish  $U_m$  kuchlanishiga teng bo‘lgan momentni olamiz va  $\omega t = \pi/m$  (bu yerda  $m=3$ ) vaqt intervalini ko‘rib chiqamiz. U holda to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi quyidagi ifodada orqali aniqlanadi.

$$U_o = \left( \frac{m}{2\pi} \right) \int U_m \cdot \cos \omega o s \omega t = \left( \frac{m}{\pi} \right) \cdot U_m \sin \frac{\pi}{m} = \frac{3}{2} \cdot U_m \left( \frac{\sqrt{3}}{2} \right), \quad (5.4)$$

yoki  $U_2$  ta’sir etuvchi qiymatga o‘tib quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$U_o = (3\sqrt{3} \cdot \sqrt{2} U_2) / 2 \cdot \pi = 1.17 \cdot U_2. \quad (5.5)$$

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

$$I_o = \left( \frac{m}{\pi} \right) \int (I_m)^2 \cdot \cos^2 \omega t d\omega t = \left( \frac{3}{\pi} \right) \cdot I_m \cdot \sin \frac{\pi}{3}, \quad (5.6)$$

Diod va transformator qo‘sh cho‘lg‘amlaridagi tokning ta’sir etuvchi qiymati quyidagi ifodadanani aniqlanadi:

$$I_2 = \left( \frac{1}{\pi} \right) \int (I_m \cdot \cos \omega t)^2 d\omega t = I_m \cdot \sqrt{\frac{1}{2m} + \left( \frac{1}{4\pi} \right) \cdot \sin \frac{2\pi}{m}}, \quad (5.7)$$

Agar  $I_o$  va  $I_2$  toklarni mos ravishdagi o‘zgartirishlarni qilib, o‘zaro taqqoslasak,  $I_o = I_2 / 0,58 = 1,752 \cdot I_2$  ga ega bo‘lamiz. Diodga qo‘yiladigan teskari kuchlanish bu sxemada ikki sinusoidal kuchlanishlar farqi orqali aniqlanadigan egrilik orqali tavsiflanadi. Bu ikki faza kuchlanishlarining farqi chiziqli kuchlanishga teng bo‘lganligi uchun teskari kuchlanishning maksimal amplitudasi transformator ikkilamchi cho‘lg‘ami chiziqli kuchlanishi amplitudasiga teng bo‘ladi, ya’ni  $U_{tes} = \sqrt{3} \cdot U_m = U_L = \sqrt{3} \cdot \sqrt{2} \cdot U_2$  to‘g‘rilangan kuchlanish pulsatsiyasining

chastotasi  $f_n=m \cdot f_c=3 \cdot f_c$  bo‘ladi.

Bir taktli sxemalarda transformator ikkilamchi cho‘lg‘ami har bir fazasi toki ( $I_m$ )  $I_o$  ga teng bo‘lgan o‘zgarmas tashkil etuvchiga ega bo‘ladi va bu tashkil etuvchi birlamchi cho‘lg‘am toki bilan konpensatsiyalanmaydigan  $F_o$  magnit oqimining o‘zgarmas tashkil etuvchisini vujudga keltiradi. Natijada bunday sxemalarda transformator magnit o‘tkazgichida majburiy magnitlanish bo‘ladi.  $I_o$  tok  $F_o=(I_o/m) \cdot W_0$  magnitlash kuchini hosil qiladi, magnit oqimi esa  $F_o=F_0/R_m$ , bu yerda  $R_m$  magnit oqimi yo‘lidagi magnit qarshilikdir. Bu oqim transformator o‘zagi bo‘ylab tutasholmaydi, chunki uning kuch chiziqlari o‘zaro qarama-qarshi yo‘naladi va sterjenlar atrofida havoda tutashadi. Havoning  $R_m$  magnit qarshiligi katta bo‘lganligi uchun  $F_o$  magnit oqim kam bo‘ladi. Lekin, odatda transformator magnit o‘tkazuvchan qolip bilan o‘raladi yoki uning yaqinida metall (magnit o‘tkazuvchan) bo‘lsa, u holda  $F_o$  magnit oqimi sezilarli bo‘lishi mumkin va transformator normal ish rejimini buzishi mumkin.

Bundan tashqari, to‘g‘rilagich yuklamasi o‘zgarganda ikkilamchi cho‘lg‘amlardagi tok o‘zgaradi va bunga mos ravishda majburiy magnitlanish intensivligi o‘zgaradi. Bu bir fazali bir taktli to‘g‘rilash sxemalarida ko‘proq sezilarli bo‘ladi, bunda tok past chastotada pulslanadi va pulslanuvchan  $F_o$  magnit oqimini vujudga keltiradi. Bu oqimlar magnit o‘tkazgichlarni qo‘sishma yuklab ularda qo‘sishma yo‘qotishlarni keltirib chiqarishidan tashqari, pulslanuvchan tarqalish magnit maydonini hosil qiladi va bu maydon yaqinda ishlayotgan boshqa qurilmalar ishiga ham halaqt beradi. Bu o‘rtalik va katta quvvatli to‘g‘rilagichlar ishida muhim hisoblanadi.

### 5.3. Ikki taktli to‘g‘rilash sxemalari<sup>51</sup>

**Ko‘priksimon to‘g‘rilash sxemasi.** Sxemada yarim davr mobaynida to‘g‘rilangan tok  $VD1$  diod,  $R_{yu}$  yuklama,  $VD3$  diod orqali transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amiga oqib o‘tadi (5.8-rasm). Teskari qutbda tok  $VD2$  diod,  $R_{yu}$  yuklama,  $VD4$  diod orqali transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amiga oqib o‘tadi. Ya’ni, tok yuklama va transformator ikkilamchi cho‘lg‘ami orqali butun davr mobaynida oqib o‘tadi.

$R_{yu}$  yuklamadan oqib o‘tadigan  $I_{yu}$  yuklama tokining o‘zgarmas

<sup>51</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

tashkil etuvchisi ( $I_m = U_m/R_{yu}$  bo‘lganida) qo‘yidagicha teng bo‘ladi:

$$I_0 = \left( \frac{m}{n} \right) \cdot I_m \cdot \sin \frac{\pi}{m} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi \cdot R_{yu}} = 0.9 \frac{U_2}{R_{yu}}, \quad (5.8)$$

$$U_0 = 2\sqrt{2} \frac{U_2}{\pi}, \quad (5.9)$$

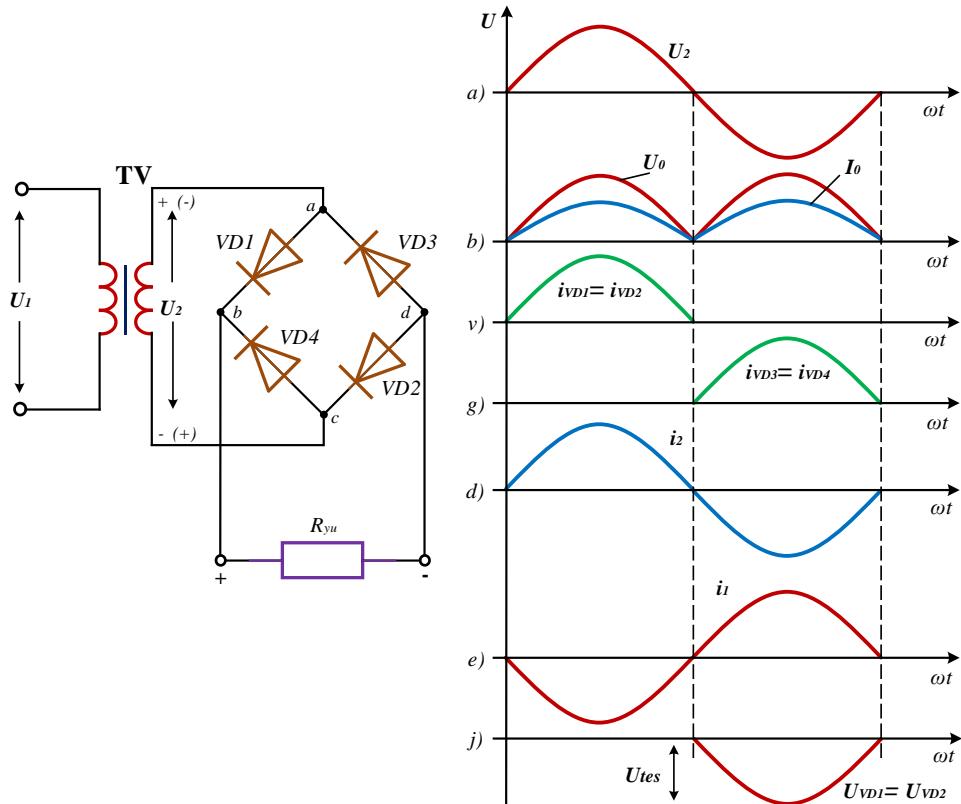
ya’ni, bir fazali bir taktli sxemadagidan 2 marta katta bo‘ladi.

Transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amidan tok butun davr mobaynida oqib o‘tadi, u holda uning ta’sir etuvchi qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_2 = \left( \frac{1}{2\pi} \right) \int (I_m)^2 \sin^2 \omega t dt = I_m \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad (5.10)$$

u holda,  $I_0$  va  $I_2$  toklarni taqqoslab, quyidagini olamiz:

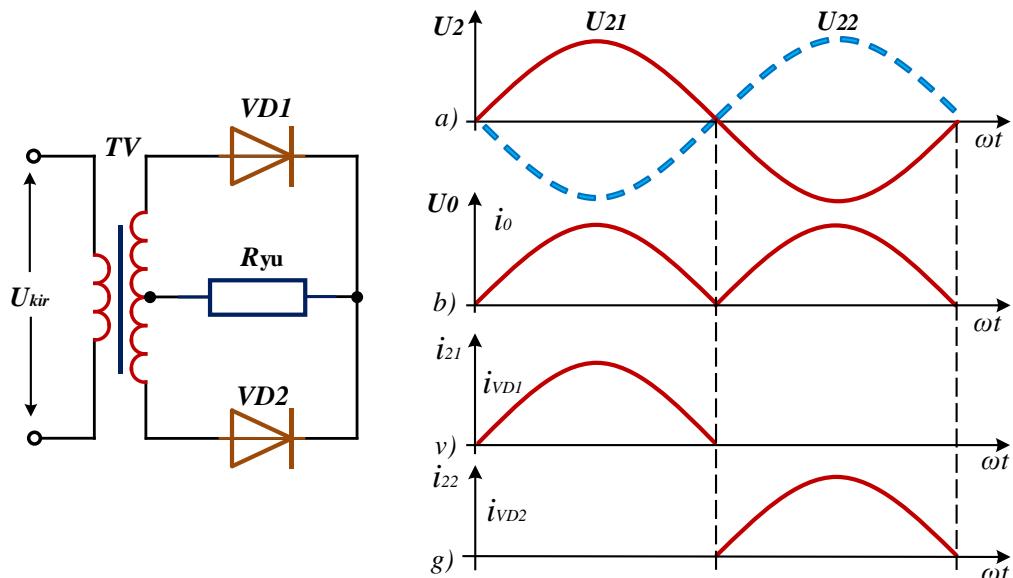
$$I_0 = \left( \frac{2}{\pi} \right) \sqrt{2} \cdot I_2 = 0.9 \cdot I_2. \quad (5.11)$$



5.8-rasm. Ko‘priksimon to‘g‘rilash sxemasi va uning vaqt diagrammalari

Har bir yarim davrda ikkita diod ishlagani uchun har bir ketma-ket ulangan diodlardan oqib o‘tadigan tokning ta’sir etuvchi qiymati  $I_{vd}=I_2/2$  bo‘ladi. Bu sxema uchun  $m=2$ ,  $f_{t.k}=2f_t$  bo‘ladi, diodlar ikkilamchi cho‘lg‘amga parallel ulangani uchun yopiq diodlardagi teskari kuchlanish esa  $U_{tes}=U_m=\sqrt{2} U_2$  bo‘ladi.

**Transformer ikkilamchi zanjiridan nolinchi chiqish chiqarilgan ikki taktli to‘g‘rilash sxemasi.** Bu sxemani boshqacha qilib ikki fazali bir taktli sxema deyiladi, chunki to‘g‘rilangan tokning bir davri mobaynida transformatorning ikkilamchi har bir yarim cho‘lg‘amlaridan bitta tok impulsi oqib o‘tadi, lekin, odatda o‘zgaruvchan tok texnikasida ikki fazali tok, uning generatsiyalashni qiyinligi va ikki fazali tok tarmog‘ining yo‘qligi uchun birinchi nom qo‘llaniladi (5.9-rasm).



5.9-rasm. Transformer ikkilamchi zanjiridan nolinchi chiqish chiqarilgan ikki taktli to‘g‘rilash sxemasi va uning vaqt diagrammalari

Bu sxemada ikkilamchi cho‘lg‘amning har ikkala yarimlari to‘g‘rilagich ishida navbatma-navbat ishtirok etadi. Birinchi yarim davrda tok  $VD1$  diod,  $R_{yu}$  yuklama va transformator yarim cho‘lg‘ami, ikkinchi yarim davrda esa  $VD2$  diod,  $R_{yu}$  yuklama va transformator boshqa yarim cho‘lg‘ami orqali oqib o‘tadi. Yuklamadan butun davr mobaynida bir qutbli tok oqib o‘tadi (5.9-rasm).

Bu sxemada yuklamadagi kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$U_0 = \frac{m}{\pi} U_m \sin \frac{\pi}{m} = 2\sqrt{2} \frac{U_2}{\pi}, \quad (5.12)$$

$m=2$ ,  $U_2=U'_2=U''_2$ , u holda

$$I_0 = \frac{U_0}{R_{yu}} = 0.9 \cdot \frac{U_2}{R_{yu}}. \quad (5.13)$$

Transformatorning ikkilamchi har bir yarim cho‘lg‘ami tokining ta’sir etuvchi qiymati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$I_2 = \frac{I_m}{2} \cdot \frac{2}{m} + \sin\left(\frac{2\pi}{m}\right) = \frac{I_m}{2} = 1.28 \cdot I_0. \quad (5.14)$$

Yuklamadagi pulsatsiyalar chastotasi  $f_{t.k.p}=2f_{tar}$ . Yopiq diod transformator ikkilamchi cho‘lg‘amlari uchlari orasidagi potensiallar farqiga teng bo‘lgan teskari kuchlanish ta’siri ostida bo‘ladi. Potensiallar farqining maksimal qiymati bitta ikkilamchi yarim cho‘lg‘amdagи kuchlanishning ikkilangan amplitudaviy qiymatiga teng bo‘ladi:

$$U_{TES} = 2U_m = 2\sqrt{2}U_2. \quad (5.15)$$

Demak, bu sxemada yopiq ventildagi teskari kuchlanish ko‘priksimon sxemadagiga nisbatan ikki marta katta bo‘ladi.

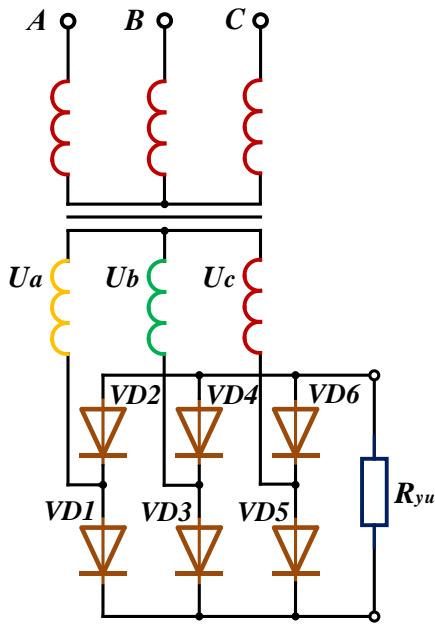
#### 5.4. Uch fazali ikki taktli sxema<sup>52</sup>

Bunda transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amini yulduz yoki uchburchak sxemada ulash mumkin, lekin u ko‘pincha yulduz sxemada ulanadi, chunki bunda to‘g‘rilangan kuchlanishning yarmini olish uchun nolinchi nuqtadan foydalanish imkoniyati bor (5.10-rasm).

Transformator cho‘lg‘amlarining har bir fazasi bir diodning anodiga va ikkinchi diodning katodiga ulanadi. Uchta diodlar (1, 3, 5) anodlari bilan o‘zaro umumiy nuqtaga ulanadi va chiqishda (-) qutb bo‘ladigan anod guruhini tashkil qiladi, boshqa uchta diodlar esa, chiqishda (+) qutb bo‘ladigan katod guruhini tashkil qiladi.

---

<sup>52</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.



5.10-rasm. Uch fazali ikki taktli sxema (Larionov sxemasi)

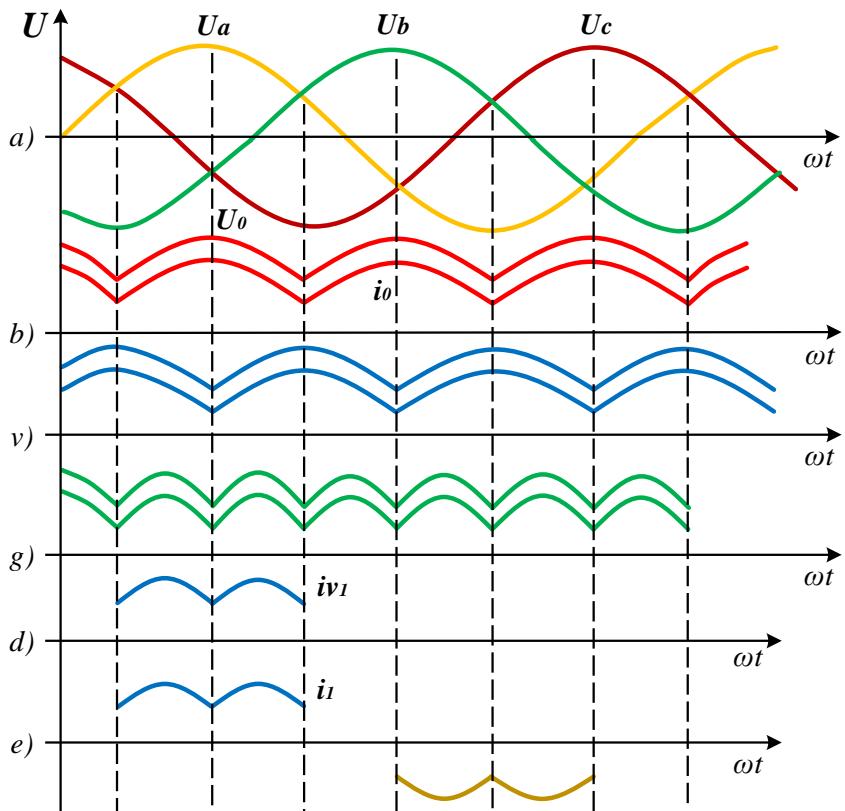
Anod guruhi katodida eng katta manfiy potensial bo‘lgan diod, katod guruhi esa anodida eng katta musbat potensial bo‘lgan diod ochiq bo‘ladi. Istalgan vaqt momentida tok ikki ketma-ket ulangan diod, yuklama qarshiligi va ikki fazalar cho‘lg‘amlaridan oqib o‘tadi.

Har bir diodlar juftligi davrning  $1/6$  qismida ishlaydi. Fazalarni qoplash tartibi qaysi ventillar juftligidan tok oqib o‘tishini aniqlaydi. Agar bu tartibni o‘zgartirilsa, u holda ketma-ket ulangan ventillar tartibi o‘zgaradi. To‘g‘rilangan tokning har bir davrida transformatorning har bir fazasi orqali  $1/3T$  mobaynida musbat qutbli ikkita tok impulsi (har bir impuls  $T/6$  uzunlikda) va o‘sha uzunlikdagi manfiy qutbli ikkita tok impulsi oqib o‘tadi (5.11-rasm).

Shunday qilib, transformatorning har bir fazasi davrning  $2T/3$  qismi mobaynida, har bir diod esa davrning  $T/3$  qismi mobaynida ishlaydi. To‘g‘rilagich chiqishidagi kuchlanish (bu sxema uchun  $m=6$ ) kuchlanishlar oltita taktlarini to‘g‘rilashda olingan og‘maga, uning qiymati esa bu fazalardagi diodlarning ochilish davrlaridagi ikki fazalar orasidagi chiziqli kuchlanishning oniy qiymatiga teng bo‘ladi.

To‘g‘rilangan kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisining qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$U_0 = \frac{m}{\pi} \cdot \sqrt{2} U_2 \sin\left(\frac{\pi}{m}\right) = \frac{6}{\pi} \cdot U_2 \sqrt{2} \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = 2.34 \cdot U_2. \quad (5.16)$$



5.11-rasm. Uch fazali ikki taktli sxemaning vaqt diagrammalari

To‘g‘rilangan tokning o‘zgarmas tashkil etuvchisining qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0 = 1.22 \cdot I_2, \quad (5.17)$$

bu yerda,  $I_2$  – transformator har bir fazasi tokining ta’sir etuvchi qiymati.

To‘g‘rilangan kuchlanish va tok pulsatsiyasining chastotasi  $f_{nt.k.ch.} = 6f_{tar}$ .

Har bir dioddagi teskari kuchlanish quyidagicha bo‘ladi:

$$U_{TES} = 2.457 \cdot U. \quad (5.18)$$

## 5.5. To‘g‘rilash qurilmalarining parametrlari<sup>53</sup>

To‘g‘rilagichning chiqish parametrlariga quyidagilar kiradi:

- 1) to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘rtacha qiymati  $U_o$ ;
- 2) to‘g‘rilangan tokning o‘rtacha qiymati  $I_o$ ;
- 3) to‘g‘rilangan kuchlanish asosiy garmonikasi pulsatsiyasining chastotasi  $f_{tkp}$ ;

<sup>53</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

4) to‘g‘rilangan kuchlanishning pulsatsiya koeffitsiyenti  $K_p$ ;

5) to‘g‘rilagich kirish kuchlanishi bitta qiymatda bo‘lganida  $U_o$  chiqish kuchlanishining  $I_o$  yuklama tokiga bog‘liqligi bo‘lgan to‘g‘rilagichning tashqi tafsifi;

6) diodlarni tanlash uchun  $U_{tes}$  teskari kuchlanish.

To‘g‘rilash sxemalaridagi transformatorlar uchun quyidagi parametrlar aniqlanadi:

1) ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishi  $U_2$  va toki  $I_2$ , chunki ularni to‘g‘rilangan kuchlanish va tokning o‘rtacha qiymati (o‘zgarmas tashkil etuvchi) bilan taqqoslash qabul qilingan;

2) birlamchi cho‘lg‘am kuchlanishning  $U_1$  va tokining  $I_1$  ta’sir etuvchi qiymatlari;

3) ikkilamchi cho‘lg‘amning to‘la quvvati  $S_2$ ;

4) birlamchi cho‘lg‘amning to‘la quvvati  $S_1$ ;

5) transformatorning to‘la (gabarit) quvvati  $S_{tr}=(S_1+S_2)/2$ ;

6) transformator ikkilamchi cho‘lg‘amidan foydalanish koeffitsiyenti  $K_2=P_o S_2$ , bu yerda  $P_o$  to‘g‘rilagichning quvvati;

7) transformator birlamchi cho‘lg‘amidan foydalanish koeffitsiyenti  $K_1=P_o S_1$ ;

8) transformatordan foydalanish koeffitsiyenti  $K_{tr}=P_o S_{tr}$ .

Bu koeffitsiyentlar to‘g‘rilash sxemasiga bog‘liq, chunki bir taktli to‘g‘rilashda transformatorda majburiy magnitlash hodisasi mavjud bo‘lib, u transformatoridan foydalanish koefitsientini keskin kamaytiradi.

Bu chiqish parametrlarini ko‘rib chiqamiz. To‘g‘rilash sxemasi bo‘yicha to‘g‘rilagichlar bir fazali va ko‘p fazali, bitta yarim davrli (bir taktli) va ikkita yarim davrli (ikki taktli) bo‘ladi. Shuning uchun to‘g‘rilash fazalari soni m transformator ikkilamchi cho‘lg‘ami fazalari soniga mos kelmasligi mumkin. Bu son  $m=pn$  munosabatdan aniqlanadi (bu yerda  $n=1, 2, 3, 4, \dots, 6$  va h.k. - transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amlari soni,  $p=1$  yoki 2 to‘g‘rilanadigan yarim davrlar soni). Bir taktli yoki ikki taktli sxemalarni aniqlash shundan kelib chiqadiki, ta’milot kuchlanishni bir davrida transformator ikkilamchi zanjiri faza cho‘lg‘amidan nechta tok impulslar oqib o‘tadi. Bir taktli to‘g‘rilagichda bir davrda bir fazali cho‘lg‘am orqali bitta tok impulsi, ikki taktli to‘g‘rilagichda esa ikki fazali cho‘lg‘am orqali ikkita tok impulsi oqib o‘tadi. Shunday qilib, to‘g‘rilangan tok pulsatsiyasi chastotasi ta’milot tarmog‘i chastotasiga mos tushmaydi va u  $f_{t.k.p}=mf_{tar}$  bo‘ladi.

## 5.6. To‘g‘rilash sxemalarini nisbiy baholash<sup>54</sup>

To‘g‘rilagichlar uchun yuklamada sarf bo‘ladigan  $P_0=U_0I_0$  o‘zgarmas tok quvvati qiymatini bilish muhim. Lekin, to‘g‘rilagich tarmoqdan iste’mol qiladigan o‘scha  $P_0$  quvvat, to‘g‘rilagich sxemasiga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun biz transformatoridan foydalanish koeffitsiyenti  $K_{TR}$ , transformator birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlaridan foydalanish koeffitsiyentlari  $K_1$  va  $K_2$  haqida gapiramiz, chunki ular to‘g‘rilagichning iqtisodiy va energetik ko‘rsatkichlarini aniqlaydi.

$$K_{TR} = \frac{P_0}{S_{TR}}, \quad S_{TR} = S_1 + S_2, \quad (5.19)$$

$$K_1 = \frac{P_0}{S_1}, \quad S_1 = n_1 \cdot U_1 \cdot I_1, \quad (5.20)$$

$$K_2 = \frac{P_0}{S_2}, \quad S_2 = n_2 \cdot U_2 \cdot I_2, \quad (5.21)$$

$n_1$   $n_2$  ga teng emas, u holda bu koeffitsiyentlar kuchli farq qiladi.

Taqqoslash uchun bu koeffitsiyentlarni turli to‘g‘rilash sxemalari uchun ko‘rib chiqamiz (5.1-jadval).

Taqqoslashlardan ko‘rinib turibdiki, bir taktli to‘g‘rilagichlarda transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘ami birlamchi cho‘lg‘amga qaraganda yomon ishlataladi, chunki bu transformatorlarda o‘zakning majburiy magnitlanishi mavjud. Bundan tashqari, agar  $n_2 > n_1$  bo‘lsa, bu ham ikkilamchi cho‘lg‘amlardan foydalanishni yomonlashtiradi.

5.1-jadval

| To ‘g‘rilash sxemasi                    | $K_1$ | $K_2$ | $K_{TR}$ |
|---|-------|-------|----------|
| <i>1-taktli:</i>                        |       |       |          |
| <i>1-fazali</i>                         | 0,37  | 0,29  | 0,33     |
| <i>3-fazali</i>                         | 0,83  | 0,67  | 0,75     |
| <i>2-fazali</i>                         | 0,83  | 0,57  | 0,68     |
| <i>2- taktli:</i>                       |       |       |          |
| <i>1-fazali (o‘rta nuqtali)</i>         | 0,83  | 0,57  | 0,68     |
| <i>1-fazali ko‘priksimon</i>            | 0,83  | 0,83  | 0,83     |
| <i>3-fazali ko‘priksimon (Larionov)</i> | 0,95  | 0,95  | 0,95     |

<sup>54</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

Ko‘priksimon sxemalarda o‘zakning majburiy magnitlanishi yo‘q, shuning uchun transformatordan va uning cho‘lg‘amlaridan foydalanish koeffitsiyentlari bir xil. Bundan tashqari, ko‘priksimon ikki taktli sxemalarda ventilga qo‘yiladigan teskari kuchlanish ikki marta kichik bo‘ladi. Lekin, ularning kamchiligi ko‘p ventillar sonidan foydalanishdir.

To‘g‘rilash qurilmasi sxemasini tanlashda uning ekspluatatsion xususiyatlari va unga xarakterli bo‘lgan toklar, kuchlanishlar, quvvatlar miqdoriy munosabatlari hisobga olinadi, chunki ular butun qurilmaning narxini, hajmini va og‘irligini belgilaydi<sup>55</sup>.

Turli sxemalarni nisbiy baholash barcha sxemalar uchun bir xil sharoitlarda olib boriladi. Shungacha biz to‘g‘rilagichni yo‘qotishlarsiz va aktiv yuklamada ko‘rib chiqdik, to‘g‘rilash sxemalarnida yuklamaning boshqa turlarida tok va kuchlanishlar munosabatlari o‘zgaradi.

To‘g‘rilash sxemalarining qo‘llanilish sohalari ruxsat etiladigan pulsatsiyalar koeffitsiyenti, ventillar soni va transformatordan qanchalik yaxshi foydalanish orqali aniqlanadi.

Bir fazali bir taktli sxema soddaroq, yuklamada katta pulsatsiya koeffitsenti ruxsat etilsa 15Vt gacha chiqish quvvatlarida qo‘llaniladi. Uning afzalligi oddiyligi, elementlarning kamligi va transformatorsiz ishslash imkoniyati hisoblanadi. Kamchiliklari esa  $f_{t.k.ch}$  pulsatsiya chastotasining kichikligi va  $K_P$  pulsatsiya koeffitsiyentining kattaligi hisoblanadi.

Bir fazali ko‘priksimon sxema to‘g‘rilanadigan kuchlanish nisbatan katta bo‘lmagan va yuklama toki esa katta bo‘lgan hollarda 300Vt gacha quvvatlarda qo‘llaniladi. Uning afzalliklariga pulsatsiyalarning oshirilgan chastotasi, transformatordan yaxshi foydalanish, transformatorsiz ishslash imkoniyati, kamchiliklarga esa diodlar sonini ko‘pligi (chunki bunda ketma-ket ulangan diodlarda kuchlanishning pasayishi ortadi) kiradi.

Bir fazali ikki taktli o‘rta nuqtali sxema kichik yuklama toklarida va yuqori to‘g‘rilanadigan kuchlanishlarda (ko‘priksimon sxemaga qaraganda  $U_2$  kuchlanishning bir xil qiymatlarida u 2 marta katta bo‘ladi), lekin kichik quvvatlarda (50Vt gacha) qo‘llaniladi. Bu to‘g‘rilash sxemasining avfzalliklariga diodlar sonining kamligi,

<sup>55</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

pulsatsiyalarning oshirilgan chastotasi, yuqori to‘g‘rilash kuchlanishi kiradi. Sxemaning kamchiliklariga transformatordan yomon foydalanish, uning tuzilishining murakkabligi, dioddagi yuqori teskari kuchlanish kiradi.

O‘zgarmas tokning yetarlicha katta qiymatlarida ko‘p fazali to‘g‘rilash sxemalardan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi. O‘rtacha quvvatli to‘g‘rilagichlarda asosan uch fazali bir taktli Mitkevich sxemasi qo‘llaniladi. Uning afzalligi pulsatsiyalarning kichik qiymati va katta chastotasi, ochiq diodda kuchlanishni pasayishining kichikligi kiradi, shuning uchun bu sxema kichik kuchlanishlarni to‘g‘rilashda qo‘llaniladi. Kamchiliklariga esa transformatordan yomon foydalanish, transformator o‘zagida majburiy magnitlanish mavjudligi, dioddagi katta teskari kuchlanish kiradi. O‘zgarmas tokning katta quvvatlarda uch fazali ikki taktli Larionov sxemasi qo‘llaniladi. Uning afzalliklariga transformatordan yaxshi foydalanish, transformatorda majburiy magnitlanish yo‘qligi va transformator cho‘lg‘amlarini istalgan sxemada ulash imkoniyatining borligi kiradi. Kamchiliklariga esa diodlar soni ko‘pligini kiritish mumkin.

Murakkabroq to‘g‘rilash sxemalari juda kam qo‘llaniladi, chunki bunda ularning chiqish parametrlari sezilarli yaxshilanmaydi, harajat esa ko‘p talab qilinadi.

## **5.7. Tiristorli boshqariladigan to‘g‘rilash sxemalari<sup>56</sup>**

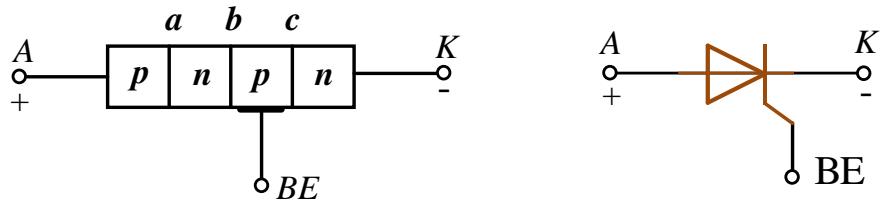
Tiristorlar keng qo‘llanilib kelinayotgan element bo‘lib, zamonaviy o‘zgartirish texnikasining istiqbolli elementi hisoblanadi.

Tiristorlar yordamida bir qurilmada katta qiymatdagi quvvatlardan o‘zgartirishdan tashqari, bir necha funksiyalarni, ya’ni to‘g‘rilash hamda rostlash, to‘g‘rilash hamda stabillash, o‘zgartirish va stabillash va hokazolar amalga oshiriladi.

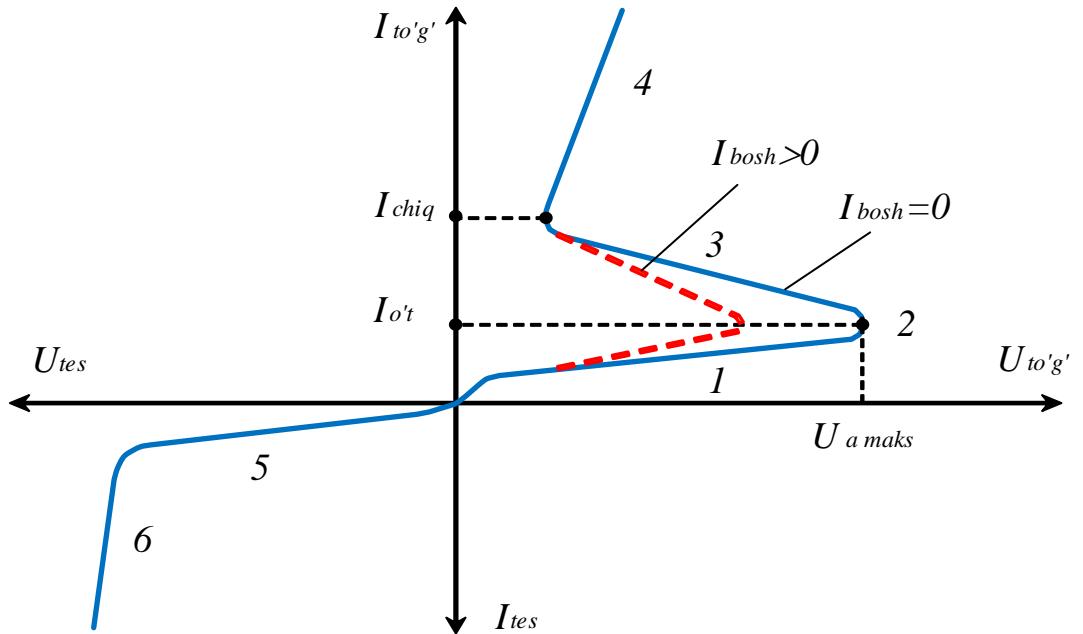
Tiristor 4 qatlamdagi strukturali yarim o‘tkazgichli asbob bo‘lib, ketma-ket ulangan uchta  $p-n$  o‘tish ( $a, b, c$ ) ni tashkil qiladi (5.12-rasm).

Tiristorning volt-amper tavsifi (VAX) 513-rasmda keltirilgan bo‘lib, uni quyidagi sohalarga ajratish mumkin: 1-to‘g‘ri yo‘nalishdagi o‘tkazmaslik holati sohasi; 2-teshilish sohasi; 3-manfiy qarshilik sohasi; 4-yuqori o‘tkazuvchanlik sohasi; 5-teskari o‘tishdagi o‘tkazmaslik holati sohasi; 6-qaytmas lavin teshilish sohasi.

<sup>56</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.



5.12-rasm. Tiristorning tuzilishi va sxemada belgilanishi



5.13-rasm. Tiristorning volt-amper tavsifi

Agar boshqaruvchi element elektrodga (BE) kuchlanish qo'yilmagan bo'lib, anod ( $A$ ) va katod ( $K$ ) orasidagi kuchlanish  $U_{to'g'.rux}$  dan oshmasa, u holda tiristor yopiq va undan tok o'tmaydi. Anod kuchlanishi yetarlicha yuqori, ya'ni  $U_{to'g'.rux}$  ga teng bo'lsa, o'rta  $p-n$  o'tishda erkin zaryad tashuvchilar ko'chkisimon ravishda ortadi va bu tiristordan oqib o'tuvchi anod tokining keskin ortib ketishiga sabab bo'ladi. Buning natijasida kuchlanishning tushuvi oniy (15-20 mks) ravishda kamayadi.

Tiristorning kichik qarshilik holatiga (ya'ni yuqori o'tkazuvchanlik holati) o'tishi tiristorning ochilishi deyiladi. Bunda tiristordan to'g'ri yo'nalishda oqib o'tuvchi tok (4-soha) amalda yuklama qarshiligi bilan chegaralanadi.

Kichik qarshilik holatigacha (3-soha) tiristorning ishchi nuqtasi manfiy qarshilik sohasidan (ya'ni tiristordagi kuchlanishning tushishi bilan anod tokining ortishi) o'tadi. Tiristorning ishchi nuqtasi VAXning yuqori o'tkazuvchanlik sohasida tiristordan oqib o'tuvchi anod tokining

qiymati  $I_{UT}$  ushlab turuvchi tok qiymatidan kichik bo‘lguncha joylashadi.

Tiristorga manfiy kuchlanish qo‘yilganda ketma-ket ulangan har ikki chetdagi  $p-n$  o‘tishlar teskari o‘tishda aralash, o‘rtadagi  $p-n$  o‘tish esa to‘g‘ri yo‘nalishda bo‘lib qoladi. Bu holda tiristorning ishlashi o‘tkazmaslik yo‘nalishidagi  $p-n$  o‘tish ishiga o‘xshaydi va demak, tiristorning teskari tavsifi (5-soha) kremniyli diodning teskari tavsifiga o‘xhash bo‘ladi. O‘tkazmaslik holatida tiristorning qarshiligi bir necha megaomlargacha etishi mumkin. Tiristorning o‘tkazmaslik holatiga qaytishi tiristorning yopilishi deyiladi. 6-soha tiristorning qaytmas teshilishini ko‘rsatadi.

Boshqaruvchi elektrodga boshqarish signali berilganda tiristorning to‘g‘ri ochilish kuchlanishi  $U_{OT}$  kamayadi ( $I_{boshq}>0$ ). Demak, bu holda tiristorning yopilishi uchun kichikroq anod kuchlanishi talab qilinadi.

Boshqarish signaling qiymatini o‘zgartirib, tiristorning ochilish kuchlanishi qiymatini rostlash mumkin.

Agar boshqarish signali tiristorning ochilishini ta’minlagan bo‘lsa, u holda bundan keyin tiristor boshqarilmaydi. Tiristorning yopilishi uchun anod tokini shunday kamaytirish kerakki, toki u  $I_{UT}$  dan kichik bo‘lsin.

Ma’lumki, tiristor ochilgandan keyin boshqarish zanjiri uning holatiga ta’sir qilmaydi., shuning uchun tiristorni boshqarish uzunligi uncha katta bo‘lman va fronti yetarlicha tik bo‘lgan impulslar orqali amalga oshiriladi.

Tiristorlarni boshqarishning bir necha usullari mavjud bo‘lib, ulardan amplitudaviy, fazaviy va faza-impulslari usullarini ajratib ko‘rsatish mumkin.

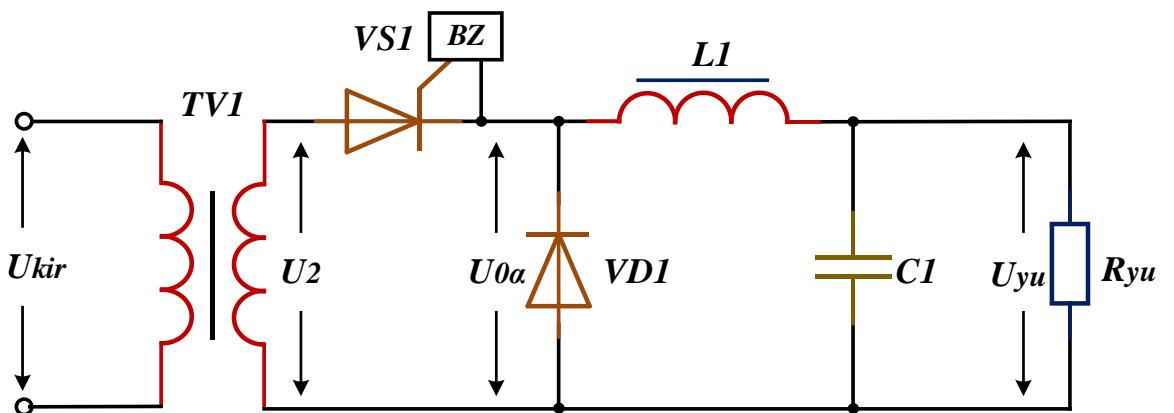
Amplitudaviy usulda boshqaruvchi elektrodga qiymat jihatdan o‘zgaruvchi musbat kuchlanish beriladi. Shu bilan birga tiristorning ochilish momentining o‘zgarishi ta’minlanadi.

Tiristorlarni boshqarishning fazaviy usulida faza aylantirgich ko‘priк yordamida tiristorning anod kuchlanishiga nisbatan boshqarish kuchlanishining fazasi o‘zgartiriladi. Boshqarish signali chastotasi bunday sxemalarda ta’milot tarmog‘i chastotasi bilan sinxronlashtirilgan bo‘lishi kerak. Boshqarish zanjiri sxemalari sodda tuzilgan bo‘lib, ular rezistor va kondensatorlardan iborat. Fazaviy usulning kamchiligi boshqaruvchi kuchlanish egriligining kichikligi natijasida tiristorning ochilish momentining uncha yuqori bo‘lman

stabilligidir.

Faza-impulsli usulning fazaviy usuldan farqi shundaki, bunda tiristorning ochilish momentida aniqlik va stabillikni oshirish maqsadida boshqaruvchi elektrrodga tik frontli impulli kuchlanish beriladi. Bu usul hozirgi vaqtida keng qo'llanilmoqda. Faza-impulsli usuldagi boshqarish zanjiri sxemalari turlicha bo'lib, fazaviy usuldagi boshqarish zanjiri sxemalariga qaraganda murakkab tuzilishga ega.

5.14-rasmda bir fazali, bir yarim davrli to'g'rilaqichning aktiv yuklamadagi ish jarayoni sxemasi, uning kuchlanishlari va toklari ossillogrammalari esa 4.15-rasmda tasvirlangan.



5.14-rasm. Bir yarim davrli tiristorli to'g'rilaqichning sxemasi

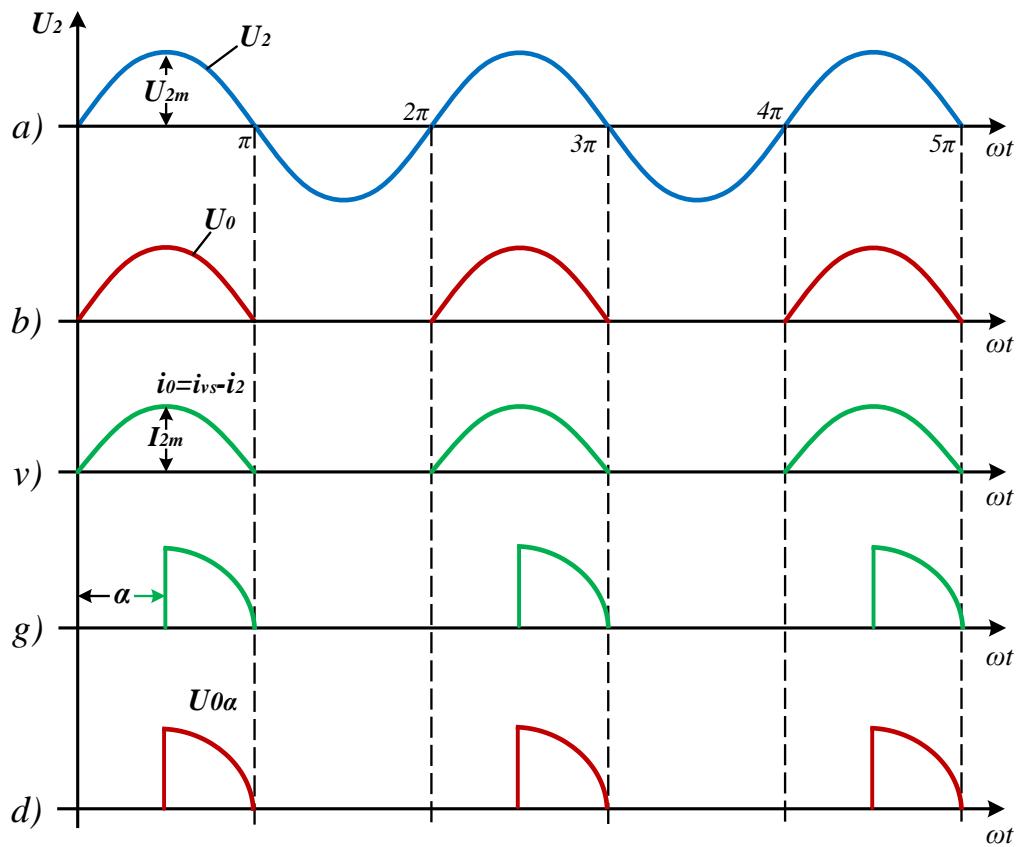
Agar tiristorga musbat kuchlanish boshqaruvchi impuls bilan bir vaqtida berilsa, ishchi zanjirdan bir davr mobaynida tok oqib o'tadi. Bunday rejim (5.15-rasmdagi  $b$ ,  $v$  - ossillogrammalar) boshqarilmaydigan rejim deyiladi.

Agar boshqaruvchi impuls tiristorga to'g'ri kuchlanishga nisbatan biror vaqtga kechikib berilsa, u holda tiristordan bir davr mobaynida oqib o'tuvchi tok kamayadi va to'g'rilaqichning o'rtacha qiymati  $I_{0\alpha}$  to'g'rilaqichning boshqarilmaydigan rejimidagi  $I_0$  qiymatdan kichik bo'ladi.  $\alpha$  - burchak boshqarish burchagi deyiladi.

Boshqariladigan rejimda tok va kuchlanish  $\alpha$  burchakka bog'liq va bir fazali bir yarim davrli sxema uchun quyidagiga teng bo'ladi:

$$I_{0\alpha} = I_0 \frac{1 + \cos \alpha}{2}, \quad (5.22)$$

$$U_{0\alpha} = U_0 \frac{1 + \cos \alpha}{2}. \quad (5.23)$$



5.15-rasm. Bir yarim davrli tiristorli to‘g‘rilagichning kuchlanishlari va toklari ossillogrammalari

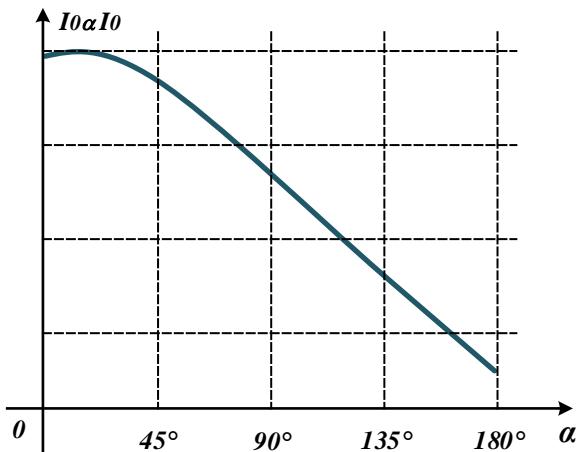
Bir fazali ikki yarim davrli to‘g‘rilash sxemasida  $m=2$  bo‘lganligi uchun tok va kuchlanish quyidagiga teng bo‘ladi:

$$I_{0\alpha} = I_0(1 + \cos \alpha), \quad (5.24)$$

$$U_{0\alpha} = U_0(1 + \cos \alpha), \quad (5.25)$$

$(I_{0\alpha}/I_0)=\varphi(\alpha)$  va  $(U_{0\alpha}/U_0)=\varphi(\alpha)$  bog‘liklilar rostlash tavsiflari deyiladi. 5.16-rasmda ikki yarim davrli to‘g‘rilagichning rostlash tavsifi keltirilgan.

Ikki yarim davrli to‘g‘rilash sxemasining ish jarayonini ikki fazali o‘rta nuqtali sxema misolida ko‘rib chiqamiz (5.17-rasm).



5.16-rasm. Ikki yarim davrli to‘g‘rilagichning rostlash tavsifi

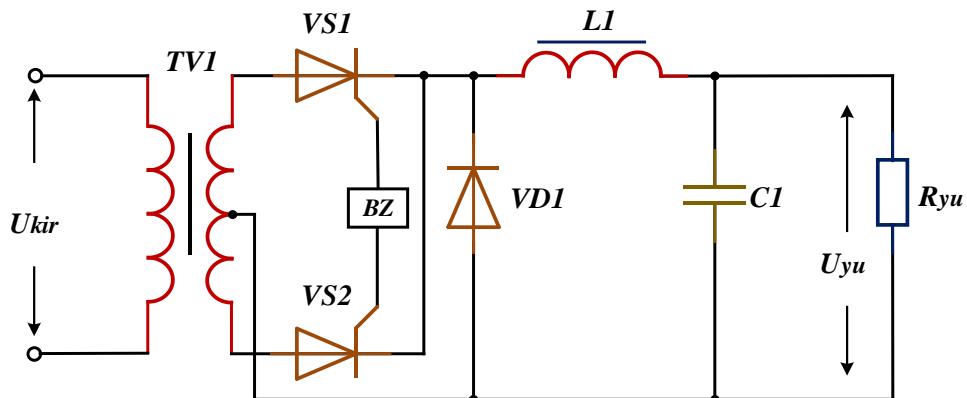
Agar  $\alpha > 0$  bo‘lsa, ya’ni  $I_{boshq}$  tok impulsi boshqaruvchi elektrod zanjiridagi boshqarilmaydigan tiristor kuchlanishidan kechikib oqib o‘tsa,  $\omega t = 0$  dan  $\omega t = \alpha$  gacha VS1 tiristordan tok oqib o‘tmaydi, undagi to‘g‘ri yo‘nalishdagi kuchlanish ortadi, yuklamadagi kuchlanish esa nolga teng bo‘ladi,  $t_1 = \alpha/\omega$  momentda VS1 tiristor  $I_{boshq}$  tok impulsi ta’sirida ochiladi va yuklamadagi kuchlanish sakrashsimon ravishda  $t_1$  vaqt momentidagi  $U_{21}(t)$  faza kuchlanishi qiyamatigacha ortadi (5.17-rasm).  $t_2 = \pi/\omega$  momentda  $U_{21}(t)$  faza kuchlanishi ishorasi o‘zgaradi va teskari tok ta’sirida VS1 tiristor yopiladi.  $t_2 = (\pi + \alpha)/\omega$  momentda VS2 tiristor boshqaruvchi elektrodiga musbat potensial beriladi va  $I_{boshq}$  tok impulsi ta’sirida VS2 tiristor ochiladi, undagi kuchlanish  $U_{V2}$  keskin kamayadi, yuklamadagi kuchlanish  $U_0$  esa sakrashsimon tarzda  $U_{22}(t)$  faza kuchlanishi qiyamatigacha ortadi.  $\omega t_2$  dan  $\omega t_3$  gacha bo‘lgan intervalda yuklamadagi kuchlanish nolga teng bo‘ladi, chunki VS1 va VS2 tiristorlar yopiq bo‘ladi. Keyin jarayon takrorlanadi.

Shuni ta’kidlab o‘tish kerakki, boshqariluvchi to‘g‘rilagichlarda boshqarish burchagini ortishi bilan kuchlanish va tok orasidagi fazalar farqi ortadi, ya’ni tarmoqdan reaktiv tok iste’moli ortadi va to‘g‘rilagichning quvvat koeffitsiyenti kamayadi.

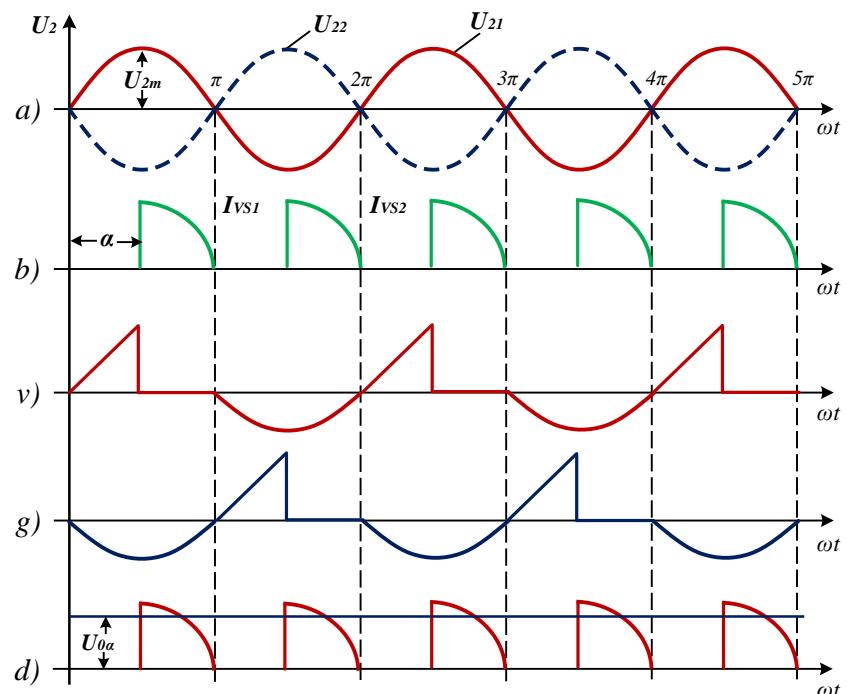
5.15 va 5.18-rasmlarda keltirilgan aktiv xarakterdagi yuklama uchun olingan ossilogrammalardan ko‘rinadiki, ulardagi kuchlanish (tok) lar impulslanuvchi ko‘rinishga ega, ya’ni siliqlovchi filtr qo‘yilishi zarur.

Ma’lumki filtr induktiv elementdan boshlanganligi uchun to‘g‘rilagich uzluksiz tok rejimidan tashqari induktiv elementda yig‘ilgan energiya yuklamadagi tokni to‘g‘rilagichning ikkinchi fazasi

ochilguncha ushlab turishga yetarli bo‘lmasganda uzlukli tok rejimida ham ishlashi mumkin.



5.17-rasm. Ikki yarim davrli tiristorli to‘g‘rilash sxemasi



5.18-rasm. Ikki yarim davrli tiristorli to‘g‘rilagichning kuchlanishlari va toklari ossillogrammalari

Uzluksiz tok rejimi asosiy rejim hisoblanadi. Bunda induktiv elementda yig‘ilgan energiya yuklamadagi tokni to‘g‘rilagichning ikkinchi fazasi ochilguncha ushlab turishga yetarli yuklamadagi tok uzluksiz bo‘ladi.

$$L > L_{kr} = \frac{R_{yu}}{\omega} \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (5.26)$$

Bu shart yuklama katta qarshilikka ega bo‘lganida va to‘g‘rilagich salt ishlaganida bajarilishi qiyin.

## VI-BOB.

## FILTRLAR

Turli o‘zgaruvchan tokni to‘g‘rilash sxemalarini o‘rganishda ma’lum bo‘ldiki, to‘g‘rilangan kuchlanishning oniy qiymati o‘zgarmas emas, balki Fure qatori orqali aniqlanadi. U o‘zgarmas tashkil etuvchidan va o‘zgaruvchan garmonikalar yig‘indisidan iborat bo‘ladi. O‘zgaruvchan garmonikalarning  $f_p=m f_t$  chastotali birinchi garmonikasi eng katta qiymatiga ega bo‘ladi. U holda biz to‘g‘rilangan kuchlanishning pulsatsiya koeffitsiyentini aniqlaymiz<sup>57</sup>:

$$K_{PK} = \frac{2}{(km)^2 - 1} = \frac{U_{\tilde{\sim}}}{U_0}, \quad (6.1)$$

bu yerda  $k$  – garmonika nomeri.

Pulsatsiya koeffitsiyentini tok uchun ham aniqlash mumkin:  $K_{PI}=I/I_0$ . Aktiv yuklamada  $K_{pi}=K_{pl}$ , kompleks yuklamada esa  $K_{pi}\neq K_{pl}$ , bo‘ladi. Ko‘pincha yuklama ta’milot kuchlanishi pulsatsiya koeffitsiyentini to‘g‘rilagich chiqishidagi pulsatsiya koeffitsiyentidan kichik bo‘lishini talab qiladi. Bunda pulsatsiyani kamaytirish uchun to‘g‘rilagich chiqishiga silliqlovchi filtr qo‘yiladi.

Lekin shunday zanjirlar borki, ularda halaqitlar faqat amplituda orqali emas, kuchlanish ichki garmonikalari orqali ham paydo bo‘lishi mumkin, turli chastotali tebranishlarga turlicha sezgirlikka ega bo‘ladi. Inson 20Hz...20 kHz chastotalar diapazonidagi tovushlarni eshitish oladi, signallar quvvatlari bir xil bo‘lganida 600Hz dan 2000Hz o‘rta chastotalardagi tovushlar qattiqroq eshitiladi.

Shuning uchun, mikrotelefon zanjirlari va inson qulog‘ini hisobga olganda turli chastotali garmonikalar ta’sirini aniqlaydigan  $\alpha_k$  xalaqitlar parametrik koeffitsiyenti tushunchasi kiritiladi (6.1-rasm). U tajribada aniqlanadi va 800Hz chastotali garmonikada 1 ga teng bo‘ladi.

Boshqa chastotali garmonikalarning nisbiy ta’siri  $\alpha_k$  koeffitsiyent qiymatlari orqali xarakterlanadi.

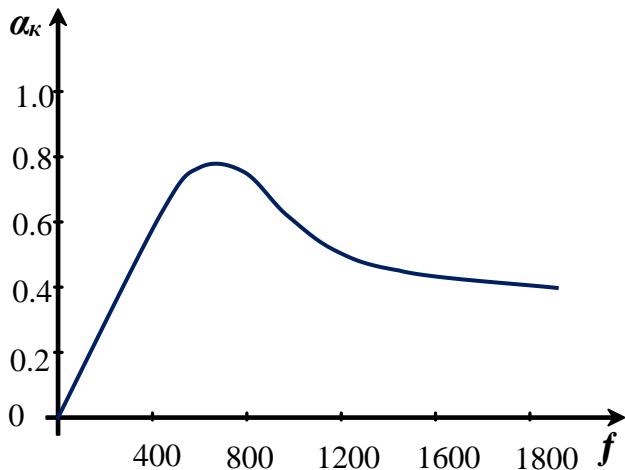
Silliqlovchi filtrlarning pulsatsiyani kamaytirish qobiliyati filtr kirishidagi (to‘g‘rilagich chiqishidagi) pulsatsiyani, uning chiqishidagi (yuklamadagi) pulsatsiya koeffitsiyentiga nisbatiga teng bo‘lgan silliqlash koeffitsiyenti orqali baholanadi.

<sup>57</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

$$K_S = \frac{K_{P.kir}}{K_{P.chiq}} = \frac{U_{0Im}/U_0}{U_{yu.Im}/U_{yu}}, \quad (6.2)$$

bu yerda  $U_{0Im}$ ;  $U_{yu.Im}$  – o‘zgaruvchan tashkil etuvchining asosiy (birinchi) garmonikasining filtr kirishi va chiqishidagi amplitudalari;  $U_0$ ;  $U_{yu}$  – filtr kirishi va chiqishidagi kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchilari.

Filtrlarga zarur silliqlash koeffitsiyentini ta’minlashdan tashqari, yana bir qator talablar qo‘yiladi. Filtr orqali butun yuklama toki oqib o‘tadi, unda kuchlanish va tokni o‘zgarmas tashkil etuvchilarining bir qismi tushadi. Bu tushuvni kamaytirish uchun filtr odatda kichik aktiv yo‘qotishlarga ega bo‘lgan  $L$  va  $C$  reaktiv elementlar turli kombinatsiyalaridan tashkil topadi. Faqat yuklamaning juda kichik quvvatlarda filtrda  $L$  drosselning o‘rniga  $R$  rezistor qo‘yiladi.



6.1-rasm.  $\alpha_k$  xalaqitlar parametrik koeffitsiyenti,  $\alpha_k$  ning chastotaga bog‘liqligi

Filtrlarga quyidagi talablar qo‘yiladi<sup>58</sup>:

- 1) kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi minimal bo‘lishi kerak;
- 2)  $R_{yu}$  yuklama qarshiligi keskin o‘zgarganida yuklamadagi tokning shaklini o‘zgarmasligi (filtrning reaktiv elementlari kuchlanish va tokning keskin o‘zgarishiga to‘sqinlik qilishi hisobiga);
- 3) o‘tish jarayonlarida tokning keskin o‘zgarishi va ortiqcha kuchlanish bo‘lmashligi;
- 4) yuqori ishonchlilik;

<sup>58</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

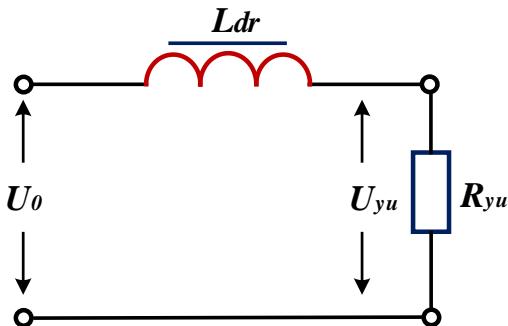
5) filtrning o‘z tebranishlarining chastotasi to‘g‘rilangan kuchlanish va tok o‘zgaruvchan tashkil etuvchilari chastotasidan kichik bo‘lishi.

Filtrlarning  $C$ ,  $L$ ,  $LC$  ( $\Gamma$ -simon),  $CLC$  ( $\Pi$ -simon), ko‘p zvenoli  $LC$  va  $RC$ , rezonansli, tranzistorli va mikrosxemali turdagি sxemalari mavjud.

Reaktiv elementlarda silliqlovchi filtrlarni qurish uslublari quyidagicha: yuklama zanjirga ketma-ket ravishda tokning o‘zgarishlariga katta qarshilikka, tokning o‘zgarmas tashkil etuvchisiga kichik qarshilikka ega bo‘lgan element ulanadi (masalan, o‘zgaruvchan reaktiv g‘altak, paralell rezonans kontur), yuklamaga paralell ravishda esa tokning o‘zgarishlariga kichik qarshilikka, tokning o‘zgarmas tashkil etuvchisiga katta qarshilikka ega bo‘lgan element qo‘yiladi (masalan, kondensator, ketma-ket rezonansli kontur). Bu filtrlarning ishlash prinsiplari reaktiv elementlarning elektr energiyasini yig‘ish va o‘zgarish qobiliyatlariga moslangandir.

## 6.1. Passiv filtrlar

Induktivli filtr yuklamaga ketma-ket ulangan  $L$  drosseldan iborat (6.2-rasm). Drosselning silliqlash xususiyati to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining o‘zgarishlariga to‘sinqlik qiluvchi undagi o‘zinduksiya EYUklarini vujudga kelishiga asoslangandir.



6.2-rasm. Induktivli filtr

Drosselning  $X_L = \omega_p L$  qarshiligi tokning o‘zgarmas tashkil etuvchisi uchun nolga teng (bu yerda  $\omega_p = 2 f_p = 2 mf_c = m\omega_p$ ), tokning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi uchun esa nolga teng emas va drossel qarshiligida kuchlanishni o‘zgaruvchan tashkil etuvchisini pasayishiga ega bo‘lamiz. Pulsatsiyalarni yaxshi silliqlash uchun

drosselni induktiv qarshiligi  $R_{yu}$  yuklama qarshiligidan ko‘p martaga katta bo‘lishi kerak (ya’ni  $X_L=m\omega_p L >> R_{yu}$ ), u holda bunday filtrning silliqlash koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_C = \frac{K_{P.kir}}{K_{P.chiq}} \approx \frac{\sqrt{R_{yu}^2 + (m\omega CL)^2}}{R_{yu}}, \quad (6.3)$$

bunda filtrning aktiv qarshiligini e’tiborga olmaymiz ( $R_{dr}=0$ ).

Odatda to‘g‘rilash sxemasini va yuklamada ruxsat etiladigan pulsatsiya koeffitsiyentini bilgan holda  $K_s$  silliqlash koeffitsiyentini oson aniqlash mumkin. Filtr drosselning zarur induktivligi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$L = \frac{R_{yu}}{m\omega_n} \sqrt{K_C^2 - 1}. \quad (6.4)$$

Induktivli filtrlarni katta quvvati ko‘p fazali to‘g‘rilagichlarda va uncha katta bo‘lmagan  $R_{yu}$  yuklama qarshiliklarida qo‘llash mumkin, bunda filtr induktivligi kichik gabaritga ega bo‘ladi va undagi aktiv yo‘qotishlarni e’tiborga olmaslik mumkin.

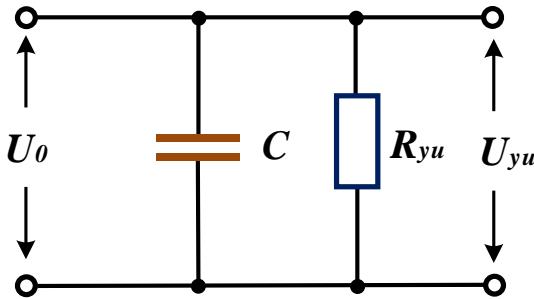
Induktivli filtrlar quyidagi kamchiliklarga ega:

1) yuklama toki keskin o‘zgarganida drosselda katta o‘zinduksiya EYuK vujudga keladi, bu drossel cho‘lg‘amlarida izolyasiyalangan uchun xavfli bo‘lgan ortiqcha kuchlanishni keltirib chiqaradi.

2) yuklama toki o‘zgarganida bunday filtrning silliqlash prinsipi o‘zgaradi, chunki (6.4) ifodaga muvofiq drossel induktivligi  $R_{yu}$  yuklama qashiligiga bog‘liq.

Afzalliklari esa, oddiyligi, kichik quvvat yo‘qotishlari va kuchlanishning chiqishida kam o‘zgarishidan iborat.

Sig‘imli filtrning ishslash prinsipi quyidagicha. To‘g‘rilagichda kuchlanish ortganida kondensator elektr energiyani yig‘adi, to‘g‘rilagichdagi kuchlanish kamayganda esa kondensatorda yig‘ilgan energiya yuklama orqali zaryadlanadi (6.3-rasm).



6.3-rasm. Sig‘imli filtr

Pulsatsiyani silliqlanishini ta’minlash uchun kondensatorning sig‘im qarshiligi yuklama qarshiligidan sezilarli kichik bo‘lishi kerak.

$$X_C = \frac{1}{\omega_C C} \ll R_{yu}. \quad (6.5)$$

U holda kondensator yuklamani shuntlagandek bo‘ladi, shuning uchun tokning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining katta qismi kondensatordan oqib o‘tadi, bunda o‘zgarmas tashkil etuvchi uchun kondensatorning qarshiligi  $X_C=\infty$  bo‘ladi va o‘zgarmas tashkil etuvchi yuklama orqali oqib o‘tadi. To‘g‘rilagich sig‘im filtrga ishlaganda kuchlanishni o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining amplitudasi  $\theta$  kesish burchagiga bog‘liq bo‘ladi, u holda

$$U_{0Im} = \frac{U_0 \cdot N}{r_F C}, \quad (6.6)$$

bu yerda  $N$  - ma’lum qiymatda  $N=f(A)$  grafik bog‘liqlikdan aniqlanadigan va  $\theta$  kesish burchagiga bog‘liq bo‘lgan parametr. U holda  $C$  - filtr chiqishidagi pulsatsiya koeffitsiyenti quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi:

$$K_{P.chiq} = \frac{U_{0Im}}{U_0} = \frac{N}{r_F \cdot C}, \quad (6.7)$$

Sig‘im bo‘lmaganida to‘g‘rilagich chiqishida pulsatsiya koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_{P.chiq} = \frac{2}{(m^2 - 1)}, \quad (6.8)$$

u holda sig‘im filtrning silliqlash koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_C = \frac{2/(m^2 - 1)}{N/(r_F \cdot C)}. \quad (6.9)$$

Odatda yuklamadagi pulsatsiya koeffitsiyenti aniq bo‘ladi, bunda sig‘im filtr zarur sig‘imi quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$C = \frac{N}{r_F \cdot K_{P.chiq}}. \quad (6.10)$$

(6.3) va (6.9) ifodalardan ko‘rinadiki,  $m$  ning ortishi bilan induktiv filtrning silliqlash koeffitsiyenti ortadi, sig‘im filtrining silliqlash koeffitsiyenti esa kamayadi, shuning uchun sig‘im filtrlar bir fazali toklarni to‘g‘rilashda va katta yuklama qarshiliklarda qo‘llaniladi, chunki  $R$  yuklama qarshiligi ortganda filtrning silliqlash xususiyati ortadi.

Sig‘imli filtrning afzalliklari oddiyligi va kichik quvvat yo‘qotishlari hisoblanadi.

Sig‘imli filtri quyidagi kamchiliklarga ega:

1) sig‘imli filtr to‘g‘rilagich diodlariga qo‘yiladigan teskari kuchlanishni ortishiga olib keladi;

2) yuklama toki katta bo‘lganida filtrga katta sig‘im kerak bo‘ladi, aks holda yuklamadagi kuchlanish kondensatorning tez zaryadsizlanishidan kelib chiqadigan yuklama tokining ortishi bilan keskin kamayib ketadi;

3) ko‘p fazali to‘g‘rilash sxemalarida bunday filtr qo‘yilsa, kesish burchagi keskin kamayib ketadi va fazani o‘tkazib yuborilishi mumkin, ya’ni to‘g‘rilagich diodlaridan biri tokni o‘tkazmaydi;

4) kondensatorning zaryadlanish toki katta va to‘g‘rilagich orqali oqib o‘tadi, bunda diod toki kesish burchagi kuchli kamayadi;

5) to‘g‘rilagich diodlari orqali faqat to‘g‘rilagich kichik ichki qarshiligi orqali chegaralanadigan katta tok amplitudasi o‘tadi.

**Bir zvenoli Γ-simon LC – filtrlar.** U drossel hamda kondensatordan iborat bo‘ladi. Bunday filtr sezilarli katta silliqlash koeffitsiyentini ta’minlaydi (5.4-rasm). Bunda birlamchi garmonika uchun quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$X_{C1} = \frac{I}{m\omega_c \cdot C} \ll R_{yu} \ll m\omega_c \cdot L = X_L, \quad (6.11)$$

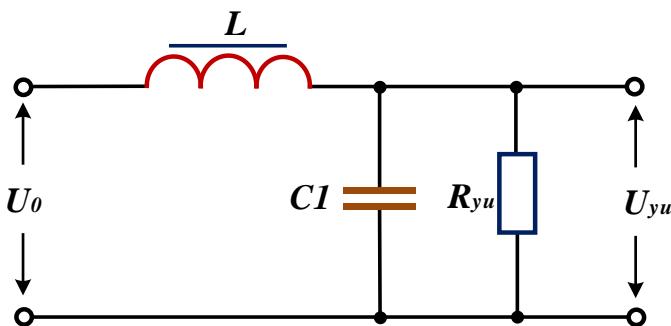
u holda har bir element alohida qo'llanilgandan ko'ra bиргаликда qo'llanilsa yaxshiroq bo'ladi.

Bu shartni bajarilishida to'g'rilangan kuchlanish o'zgaruvchan tashkil etuvchisi uchun zanjirning umumiyligi qarshiligi kuchli kamayadi, shuning uchun drossel orqali oqib o'tadigan to'g'rilangan tokning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi ortadi, undagi kuchlanishning pasayishi ortadi, demak, yuklamada kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi sezilarli kamayadi ( $L$  va  $C$  elementlar alohida qo'llanilgandagiga nisbatan taqqoslanganda). Bu holda drossel aktiv qarshiligini e'tiborga olmaganda,  $U_0=U_{yu}$  deb hisoblash mumkin. U holda  $\Gamma$ -simon filtrning silliqlash koeffitsiyenti quyidagiga teng bo'ladi.

$$K_C = \frac{U_{0lm}}{U_{NIm}} = m^2 \cdot \omega_c^2 \cdot L \cdot C I - 1. \quad (6.12)$$

Agar  $\omega_0 = \frac{I}{\sqrt{LCI}}$  ekanligini hisobga olsak, u holda quyidagiga ega bo'lamiz.

$$K_C = \left( \frac{m \cdot \omega_c}{\omega_0} \right)^2 - 1. \quad (6.13)$$



6.4-rasm. Bir zvenoli  $\Gamma$ -simon LC-filtr

Agar silliqlash koeffitsiyenti ma'lum bo'lsa, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$LCI = \frac{K_C + 1}{m^2 \cdot \omega_c^2} \quad (6.14)$$

o'pincha filtrga to'g'rilaqichga induktiv reaksiya qilish talabi qo'yiladi, shuning uchun u induktivlikdan boshlanadi. Induktivlikning qiymati quyidagi shartni qanoatlantirishi kerak bo'ladi:

$$L \geq \frac{2R_{yu}}{(m^2 - 1)m\omega_c} = \frac{2U_{yu}}{(m^2 - 1)m\omega_c I_0}, \quad (6.15)$$

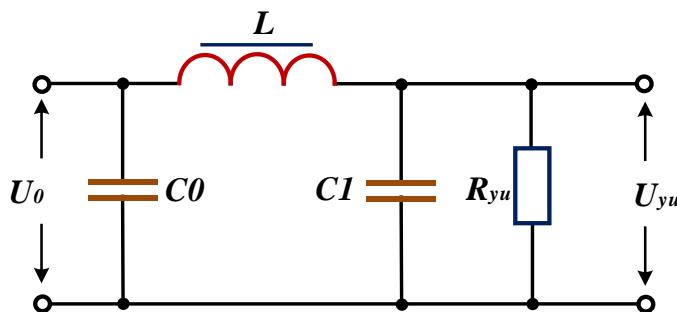
$L$  ni aniqlab  $C$  ni topish mumkin. Umumiy holda  $L$  va  $C$  ning qiymatlarini yuklama xarakteriga bog'liq ravishda turli uslublarda aniqlash mumkin. Amalda  $L$  va  $C$  larni tanlashning tejamkorlik shartlari rezonans jarayonlarni yo'qligi va o'tish jarayonlarini to'g'rilagich normal ish rejimiga kamroq ta'siri orqali chegaralanadi. Induktivlikdan boshlanadigan  $LC$  filtrlar ko'pincha quvvatli diodlarda ishlash uchun qo'llaniladi.

**Bir zvenoli  $\Pi$ -simon  $LC$  – filtrlar.**  $\Pi$ -simon  $LC$  filtrni  $C0$  sig'im filtrdan va  $L$ ,  $C1$  elementlardan iborat  $\Gamma$ -simon filtrlardan tashkil topgan ikki zvenoli filtr ko'rinishda tasvirlash mumkin (6.5-rasm). Bunday filtrlarning silliqlash prinsipi har ikkala zvenolarning birgalikdagi ishlash tarzida tushuntirish mumkin va uning silliqlash koeffitsiyenti har ikkala zvenolarning silliqlash koeffitsiyentlarining ko'paytmasiga teng, ya'ni

$$K_{CP} = K_{CC0} \cdot K_{CG}, \quad (6.16)$$

yoki

$$K_{CP} = \frac{2r_F C0}{N(m^2 - 1)} \cdot (LIC1 m^2 \omega_C^2 - 1), \quad (6.17)$$



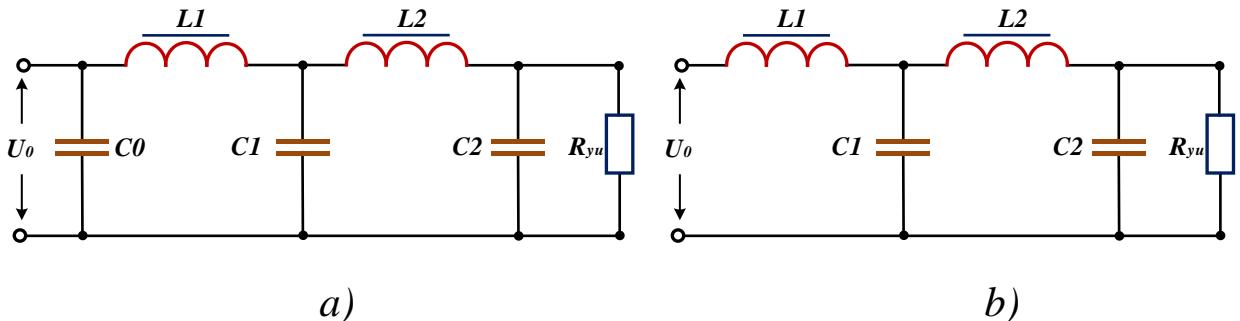
6.5-rasm. Bir zvenoli  $\Pi$ -simon  $LC$ -filtr

Odatda  $\Pi$ -simon filtrlarni hisoblashda  $C0$  kondensatorni  $m$ ,  $r_f$ ,  $N$  va  $K_{p.chiq}$  parametrlarni bilgan holda hisoblash mumkin. Keyingi  $K_{C0}$  va  $K_{CG}$  lar ma'lum bo'lgani uchun (6.17) ifodadan  $LC1$  parametrlarni aniqlashga qaratiladi:

$$LC1 = \frac{K_{CP}(m^2 - 1)N}{2r_F C0(m\omega_c)^2} + \frac{1}{m^2 \omega_c^2}. \quad (6.18)$$

$\Pi$ -simon filtrning eng katta silliqlash koeffitsiyenti  $C_0=C_1$  bo‘lganda olinadi.

**Ko‘p zvenoli LC – filtrlar.** Pulsatsiyalarni yaxshi silliqlash talab qilinganida ko‘p zvenoli LC filtrlar qo‘llaniladi. Ular bir nechta ketma-ket ulangan  $\Gamma$ -simon zvenolardan iborat bo‘lib,  $\Gamma$ -simon kabi induktivlikdan,  $\Pi$ -simon filtr kabi sig‘imdan boshlanish mumkin (6.6-rasm).



6.6-rasm. Ko‘p zvenoli filtrlar (a -  $\Gamma$ -simon, b -  $\Pi$ -simon)

Bunday filtr silliqlash koeffitsiyenti alohida zvenolar silliqlash koeffitsiyentlari ko‘paytmasiga teng, ya’ni

$$K_C = K_{C1} \cdot K_{C2} \cdot \dots \cdot K_{Cn}, \quad (6.19)$$

bu yerda  $n$  – filtr zvenolaring soni.

$C_0$  sig‘imni to‘g‘rilagichni hisoblashdan topish mumkin, u holda alohida zvenolar silliqlash koeffitsiyentlari quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{CG1} = (m\omega_C)^2 \cdot L_1 C_1, \quad K_{CG2} = (m\omega_C)^2 \cdot L_2 C_2. \quad (6.20)$$

Alohida ko‘p zvenoli filtrlarda zvenolar bir xil silliqlash koeffitsiyentlariga ega bo‘lish qulay, ya’ni  $K_{C1}=K_{C2}=\dots=K_{Cn}$ , u holda butun filtrning silliqlash koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi  $K_{C1}=K_{Cn}$  barcha zvenolar bir xil  $L$  va  $C$  elementlardan tashkil topgani uchun (ya’ni  $L_1=L_2=\dots=L_n$  va  $C_1=C_2=\dots=C_n$ ) quyidagini yozish mumkin:

$$K_C = (m\omega_C)^{2n} \cdot (L_{ZV} \cdot C_{ZV})^n = K_{C_{ZV}}^n, \quad (6.21)$$

bu yerda  $K_{C_{ZV}}$  – birinchi zvenoning silliqlash koeffitsiyenti.

Bundan quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$L_{zv}C_{zv} = \sqrt[n]{\frac{K_C}{(m \cdot \omega_c)^{2n}}}. \quad (6.22)$$

$L_{zv}C_{zv}$  ko‘paytma aniqlangandan so‘ng filtrning  $\omega_0$  o‘z chastotasini to‘g‘rilangan kuchlanish asosiy garmonikasi w chastotasi bilan taqqoslash kerak. Rezonans bo‘lmasligi uchun filtrning o‘z chastotasi  $\omega_0 \leq 0,5m \cdot \omega_c$  shartga rioya qilishi kerak,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  bo‘lganligi uchun  $LC \geq 4/(m \cdot \omega)^2$  ga ega bo‘lamiz, bu (6.14) ifodaga muvofiq  $K_C \geq 3$  bo‘lsa bajariladi.

Yuklama o‘zgarmas bo‘lganida  $\omega = \omega_c$ , impulsli yuklamada  $\omega = \omega_n$  bo‘ladi, bu yerda  $\omega_n$  – yuklama impulsleri chastotasi. U holda quyidagi munosabat

$$K = \frac{\omega_i}{\omega_c}. \quad (6.23)$$

Ko‘rib chiqiladi va rezonansning bo‘lmasligi sharti quyidagicha yoziladi:

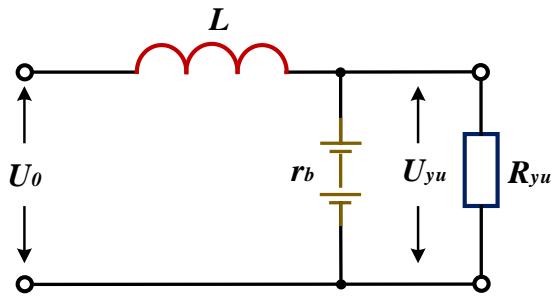
$$\omega_0 \leq 0.5 \cdot \omega_i = 0.5 \cdot K\omega_c. \quad (6.24)$$

Ushbu shart  $K_C \geq (2m/K)^2 - 1$  bo‘lsa bajariladi, aks holda  $LC$  ko‘paytmani oshirish kerak bo‘ladi.

Bunday filtrlar uchun  $L_{zv}$  induktivlik va  $C_{zv}$  sig‘im qiymatlari filtrni induktiv reaksiyasini ta‘minlash shartidan aniqlanadi, ya’ni  $L_{zv}$  (6.15) shartdan aniqlanadi, keyin esa  $C_{zv}$  aniqlanadi.

**Akkumulyatorli  $\Gamma$ -simon filtrlar.** Simli aloqa tizimlari elektr ta‘minoti tizimlarida o‘zgaruvchan tok tarmog‘i uzilsa, uzlusiz ta‘minotni ta‘minlash uchun to‘g‘rilagichlarga parallel ravishda akkumulyator batareyalari qo‘yiladi (6.7-rasm).

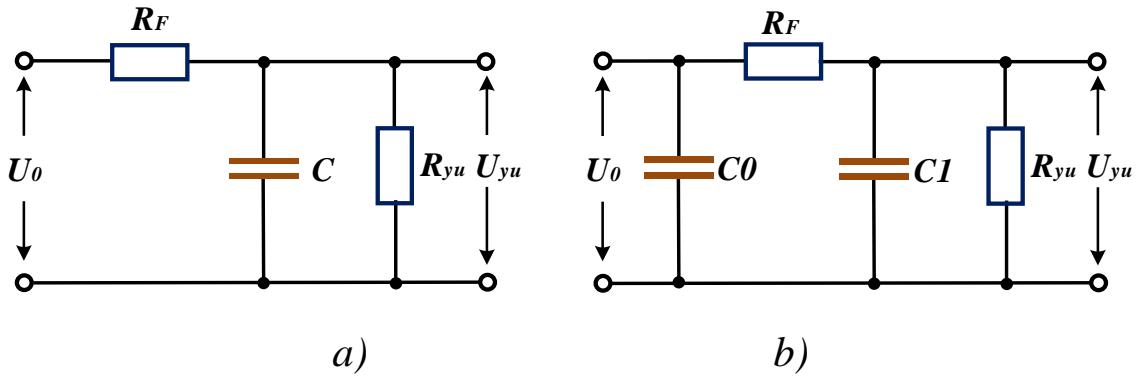
Bu batareyalar yuklama ta‘minoti uchun zarur bo‘lgan kuchlanishgacha zaryadlanadi, shuning uchun to‘g‘rilagich chiqishidagi kuchlanishning o‘zgarishlarida u ham yuklamaga parallel ulangan sig‘im sifatida filtr elementi hisoblanadi. Batareyaning qarshiligi  $r_b \ll R_{yu}$  bo‘lganligi uchun tokning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi drosseldan va akkumulyator batareyasidan oqib o‘tadi.



6.7-rasm. Akkumulyatorli  $\Gamma$ -simon filtr

**$RC$  – filtrlar.**  $RC$ -filtrlar kichik quvvatli to‘g‘rilagichlarda kichik yuklama toklarda ( $I_0 \leq 10mA$ ) va uncha katta bo‘limgan  $K_s$  silliqlash koeffitsiyentlarida qo‘llaniladi (6.8-rasm).

Ularda  $L$  induktivlik  $R_f$  aktiv qarshilikli rezistor bilan almashtiriladi. Bunda filtrning og‘irligi, gabaritlari va tannarxi keskin kamayadi, lekin unda kuchlanishning pasayishi  $LC$  - filtrga qaraganda ortadi.



6.8-rasm.  $RC$ -filtrlar: a)  $\Gamma$ -simon, b)  $\Pi$ -simon

Bunday filtrning silliqlash koeffitsiyenti quyidagi teng bo‘ladi:

$$K_C = \frac{K_{P.kir}}{K_{P.chiq}} \approx m \cdot \omega_c \cdot CR_F \cdot \frac{R_{yu}}{R_{yu} + R_F}. \quad (6.25)$$

Bunday filtr parametrlarining qiymatlari ma’lum  $K_s$  da, optimal FIKni ta’minalash shartidan kelib chiqib aniqlanadi.

$\Gamma$ -simon  $RC$  - filtrlar silliqlashdan tashqari bir vaqtida yuklama alohida zanjirlari orasida ajratuvchi zanjir sifatida xizmat qiladi va bu tranzistorlar orasidagi aloqani umumiyligi ta’minot manbai orqali tuzatadi. Ular ko‘p kaskadli tranzistorli va integral mikrosxemali kuchaytirish kaskadlarida keng qo‘llaniladi.

**Rezonansli filtrlar.** Rezonansli filtrlar to‘g‘rilangan kuchlanish

pulsatsiyasining asosiy garmonikasiga rezonansga sozlangan  $L_k C_k$  konturdan iborat. Tebranish konturi ketma-ket, parallel bo‘lishi mumkin, uning parametrлари shunday tanlanadiki, asosiy garmonika uchun konturning ekvivalent qarshiligi juda katta va to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi deyarli to‘liq holda konturda tushadi. Paralell konturli filtr sxemasi 6.9-rasmida keltirilgan.

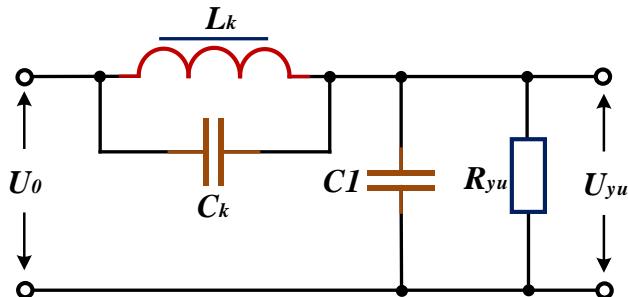
Bunda kontur pulsatsiyalarining asosiy  $f_p$  chastotasi rezonansga sozlanadi, ya’ni

$$2\pi \cdot f_p = \omega_k = \frac{1}{\sqrt{L_k \cdot C_k}}, \quad (6.26)$$

va bu chastotada kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisiga aktiv ekvivalent qarshilik ko‘rsatadi.

$$R_{ekv} = \frac{L_k}{C_k \cdot R_k}, \quad (6.27)$$

bu yerda  $R_k$  – konturning (drossel cho‘lg‘amining) aktiv qarshiligi.



6.9-rasm. Parallel konturli rezonansli filtrning prinsipial sxemasi

Bunday filtrning silliqlash koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_C \approx \frac{m \cdot \omega \cdot C}{R_{ekv}} = \frac{m \cdot \omega_c \cdot C \cdot L \cdot I}{r_{dr} C_k}. \quad (6.28)$$

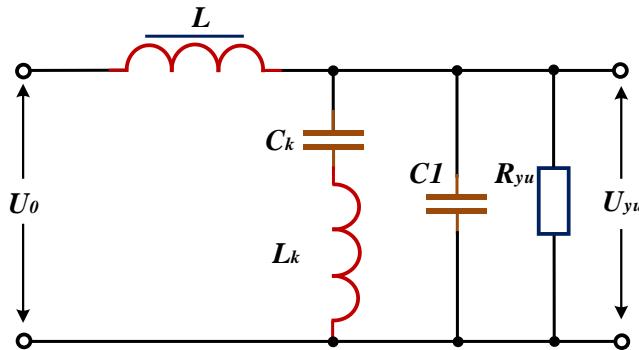
Bu filtr rezonans chastota pulsatsiyalarini yaxshi silliqlaydi, qolganlarini esa (asosan past chastotali) yuklamaga o‘tkazib yuboradi. Bunday filtr yuqori chastejchilik zanjirlarda rezonans chastejchilik halaqitlarni so‘ndirish uchun ishlataladi.

Ketma-ket rezonans konturli filtr (6.10-rasm) ham asosiy garmonika pulsatsiya garmonikasiga rezonansga sozlanadi. U uchun

rezonans sharti  $L_k = 1/(m \cdot \omega_c)^2 \cdot C_k$  bo‘ladi. Uning silliqlash koeffitsiyenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_C \approx m \cdot \omega_c \cdot \frac{L_k}{R_k}, \quad (6.29)$$

bunda  $R_k$  rezonans chastota tokning tashkil etuvchilari uchun  $R_k$  qarshilik  $C_I$  kondensator qarshiligidan ancha kichik bo‘ladi.



6.10-rasm. Ketma-ket rezonans konturli filtrning prinsipial sxemasi

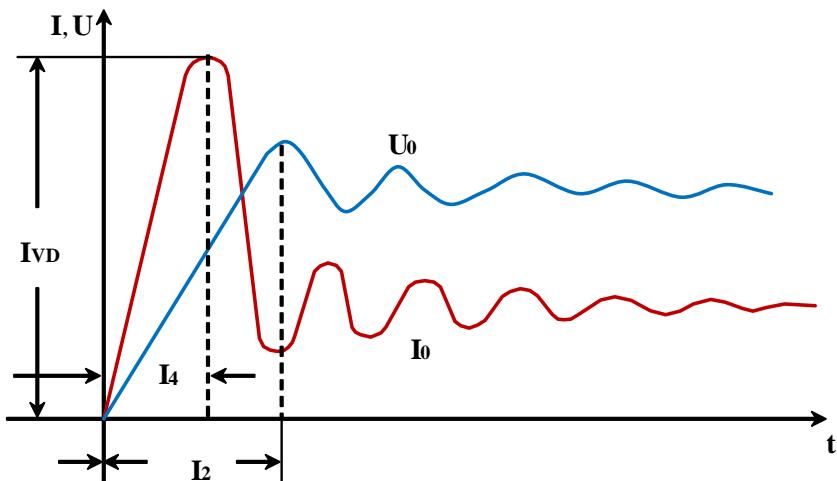
Bunday filtr rezonans chastotali va  $C_I$  kondensatorning qarshiligi kichik bo‘ladigan yuqoriroq chastotali pulsatsiyalarni yaxshi silliqlaydi. Rezonans filtrlarning kamchiliklari shundan iboratki, ular faqat rezonans chastotali tashkil etuvchini yaxshi silliqlaydi, boshqa chastotalardagi qolgan tashkil etuvchilar yomon silliqlanadi. Bundan tashqari ularning silliqlash koeffitsiyentlari yuklama tokiga bog‘liq bo‘ladi.

***LC – filtrlardagi o‘tish jarayonlari.*** Drosseldagi tok va kondensatordagi kuchlanish oniy ravishda o‘zgara olmaydi (bu elementlar reaktiv bo‘lib elektromagnit energiya zahirasiga ega bo‘ladi), bunda to‘g‘rilagich tarmoqqa ulanganda  $LC$  - silliqlovchi filtrlarda o‘tish jarayonlari vujudga keladi. To‘g‘rilagich diodi orqali qisqa vaqtli katta toklar (induktivlik sababli), kondensatorlarda esa katta ortiqcha yuklanishlar vujudga keladi. Ushbu o‘tish jarayonlari juda qisqa vaqtli bo‘lib, shu bilan birga to‘g‘rilagichga zararli ta’sir ko‘rsatadi va to‘g‘rilagichni yoki filtrni ishdan chiqarishi mumkin. Agar yuklamadan oqib o‘tadigan tokni uzluksiz, ya’ni filtr yuklama bilan  $U_{0CI}$  kuchlanishli o‘zgarmas tok zanjiriga ulanadi yoki uziladi, deb hisoblasak, u holda to‘g‘rilagich ulanganida quyidagi ifoda orqali ifolanadigan o‘tish jarayonlari vujudga keladi:

$$U_{0CI} = (r_f + r_{dr}) \cdot i_v + L \frac{di_v}{dt} + \frac{1}{C} \int i_c dt, \quad (6.30)$$

bu yerda  $i_d$  – diod orqali oqib o‘tadigan tok ( $i_d = i_c + I_0$ );  $r_{dr}$  – filtr drosseli qarshiligi;  $i_c$  – kondensatordagi tok.

Dioddan oqib o‘tuvchi tok va yuklamadagi kuchlanishning to‘g‘rilagich tarmoqqa ulangandagi o‘zgarishlari 6.11-rasmda keltirilgan.



6.11-rasm. To‘g‘rilagich tarmoqqa ulanganda dioddan oqib o‘tuvchi tok va yuklamada tokning o‘zgarishlari

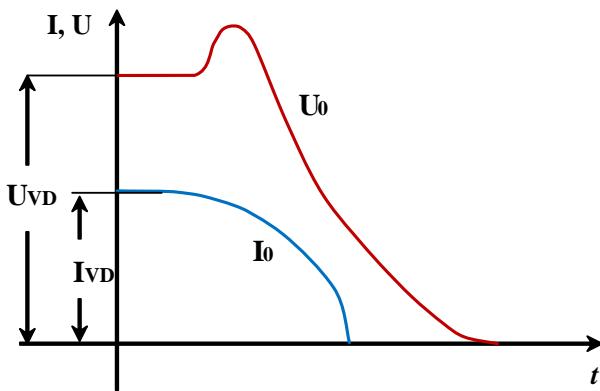
Dioddan oqib o‘tuvchi tokning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi sinusoida qonuni bo‘yicha o‘zgaradi. Dioddan oqib o‘tuvchi tokning maksimal qiymati to‘g‘rilagich tarmoqqa ulangandan so‘ng davrning choragida kuzatiladi va filtrning  $L$  va  $C$  elementlariga bog‘liq bo‘ladi. Kondensatordagi kuchlanish ikki tashkil etuvchiga ega bo‘ladi:

$$U_c = U_{c.turg'} + U_{c.o'tkr}, \quad (6.31)$$

bu yerda  $U_{c.turg'} = U_0$ ,  $U_{c.o'tkr}$  esa kosinusoida qonuni bo‘yicha o‘zgaradi va  $L$  va  $C$  parametrlar munosabatlariga va filtrning o‘z chastotasiga bog‘liq bo‘ladi. Kondensatorda maksimal kuchlanish to‘g‘rilagich tarmoqqa ulangandan so‘ng yarim davrdan keyin vujudga keladi.

To‘g‘rilagich tarmoqdan uzilsa, diod toki  $L$  va  $C$  parametrlarga va yuklama qiymatiga bog‘liq bo‘lgan vaqt doimiysi bilan kamayadi (6.12-rasm).

Kuchlanishning qiymati esa  $i_d$  tokka bog‘liq bo‘lib, dastlab keskin ortadi, keyin esa vaqt doimiysi bo‘yicha kamayadi.



6.12-rasm. To‘g‘rilagich tarmoqdan uzilganda kuchlanish va tokning kamayishi

## 6.2. Aktiv filtrlar

Silliqlovchi  $LC$  va  $RC$  filtrlar qator kamchiliklarga ega, ularning asosiyлари quyidagilar:

- 1) filtr drosselining kattaligi va qimmatligi;
- 2) silliqlash koeffitsiyentining yuklama tokiga bog‘liqligi;
- 3) drosselning elektrromagnit xalaqitlarni vujudga keltirishi;
- 4) filtrlarda o‘tish jarayonlarining vujudga kelishi;
- 5) sekin tebranishlar va kuchlanishni o‘zgarishi to‘sinqiniksiz yuklamaga uzatilishi;
- 6)  $RC$ -filtrlarda kuchlanishni pasayishining kattaligi, kichik silliqlash qobiliyati va boshqalar.

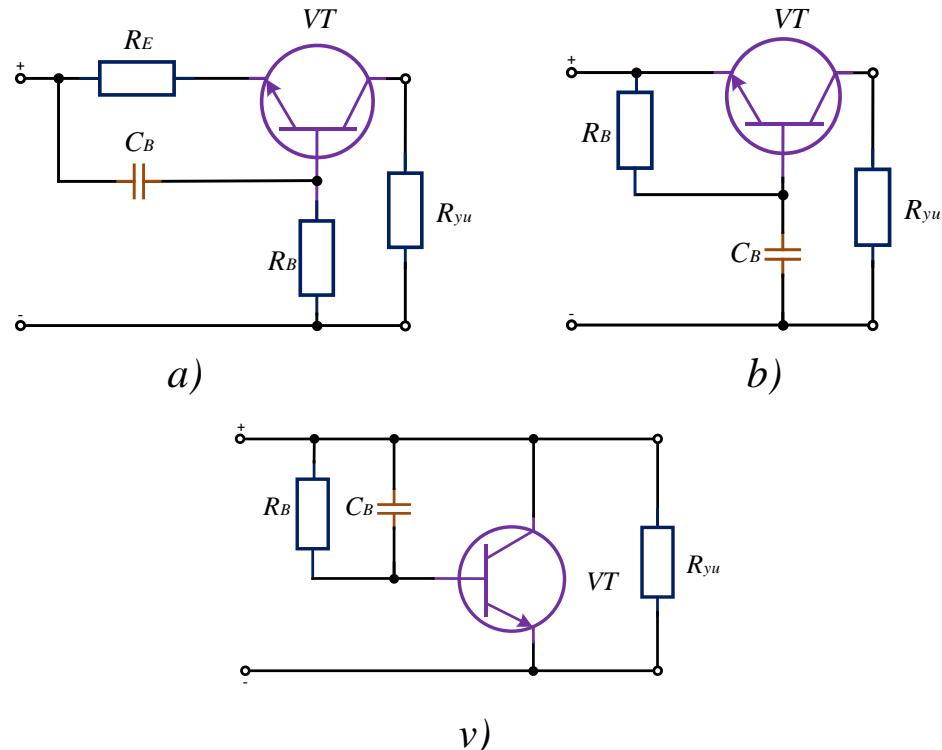
Bu kamchiliklardan qutilish uchun aktiv filtrlardan foydalaniladi. Ular tranzistorlarda va integral mikrosxemalarda yig‘iladi. Aktiv filtrlar shuningdek tranzistorli filtrlar deb ham ataladi, chunki filtrlash elementlaridan biri aktiv element-tranzistor hisoblanadi.

Ularning ishlash prinsiplari tranzistor ma’lum ish rejimlarida o‘zgarmas va o‘zgaruvchan toklar uchun turli qarshiliklarni hosil qilishga asoslangandir.

Agar yuklama tranzistorning kollektoriga ketma-ket ulansa, bunday filtrlar FK (6.13 a-rasm), agar yuklama tranzistorning emitter zanjiriga ketma-ket ulansa (6.13 b-rasm) FE va agar yuklama emitter-kollektor o‘tishga paralel ulansa (5.13 v-rasm) FSH filtr deyiladi. Tranzistorli filtrlarning ishlash prinsipi  $I_K$  kollektor tokining (yoki  $I_E$  emitter tokining)  $I_B$  baza toki o‘zgarmas bo‘lganida kollektor-emitter kuchlanishiga kam bog‘liqligiga asoslangandir (6.13-rasm).

6.14-rasmdan ko‘rinib turibdiki, tranzistorning  $A$  nuqtadagi kollektor tokining o‘zgaruvchan tashkil etuvchisiga qarshiligi

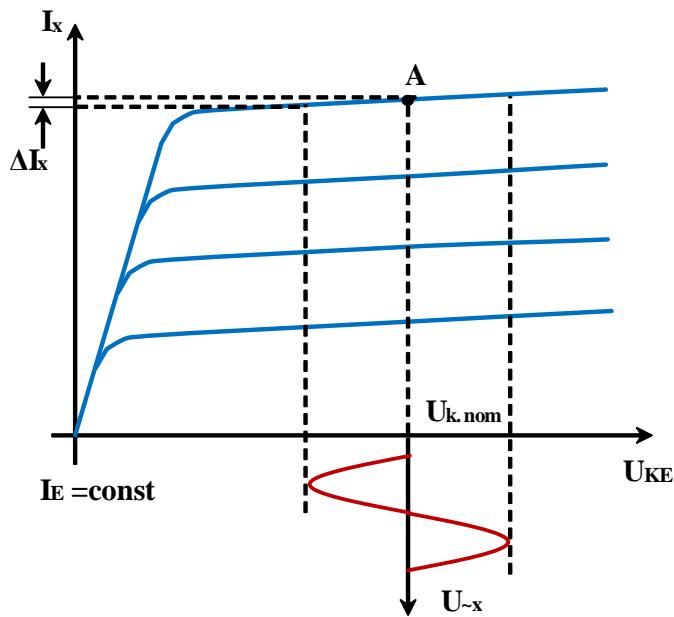
$R_{\sim} = \Delta U_{KE} / \Delta I_K$  uning o‘zgarmas tashkil etuvchisiga qarshiligi  $R_0 = U_{KE} / I_K$  dan ancha katta, ya’ni  $R_0 >> R_D$ . Shuning uchun filtr kirishidagi  $U_{kir}$  to‘g‘rilangan kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi kollektor tokining uncha katta bo‘lmagan o‘zgarishini vujudga keltiradi. Yuklamadagi kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining pasayishi  $\Delta U_{chiq} = \Delta I_K R_{yu}$ ,  $U_{kir}$  kuchlanishga qaraganda sezilarli kamaytiriladi.



6.13-rasm. Aktiv filtrlarning sxemalari: a) yuklama tranzistorning kollektoriga ketma-ket ulangan FK filtr; b) yuklama tranzistorning emitter zanjiriga ketma-ket ulangan FE filtr; v) yuklama emitter-kollektor o‘tishga paralel ulangan FSH filtr

To‘g‘rilangan kuchlanishning o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining asosiy qismi tranzistorning kollektor-emitter o‘tishining o‘zgaruvchan tok bo‘yicha yuqori bo‘lgan qarshiligidida yo‘qoladi, ya’ni tranzistor drossel vazifasining bajaradi. Tranzistorning baza tokining o‘zgarmas bo‘lishi uchun baza zanjiriga  $C_B$  kondensator va  $R_B$  rezistor qo‘yiladi. Bunda zanjirning doimiy vaqtiga  $\tau_B = R_B C_B$  to‘g‘rilangan kuchlanish davrining  $T_P$  pulsatsiyasidan ko‘p martaga katta bo‘lishi kerak, yani  $R_B C_B >> T_P$ . Ko‘p hollarda FE filtrlar keng qo‘llaniladi. Emitter zanjirining kichik  $r_E$  differensial qarshiligi hisobiga kichik  $r_{chiq}$  chiqish qarshiligiga ega.  $F_E$  filtrning FIKi FK filtrning FIKidan katta, chunki  $R_E$

rezistorning yo‘qligi quvvat isrofini kamaytiradi.



6.14-rasm. Bipolyar tranzistorning chiqish tavsifi

Aktiv filtrlar passiv filtrlarga qaraganda quyidagi afzalliklarga ega:

- yuqori sifat ko‘rsatkichlari;
- kuchli magnit maydonining yo‘qligi;
- keng chastota diapazoni;
- sillqlash koefitsiyentining yuklama o‘zgarishiga kam bog‘liqligi;

- o‘tish jarayonida kuchlanishning keskin ortib ketishi ehtimolining kamligi.

Aktiv filtrlarning asosiy kamchiligi FIKning passiv filtr FIKidan kichiklidir, chunki aktiv rejimda ishlaetgan tranzistorda sezilarli quvvat isrof bo‘ladi.

Tranzistorli filtrlar sifat ko‘rsatkichlarini oshirish tarkibiy tranzistorlarning, baza zanjirlarida ko‘p zanjirli  $RC$  zanjirlarni shuningdek, tokli stabillovchi ikki qutblilarning qo‘llanilishi orqali amalga oshiriladi.

## 7.1. Stabillash parametrlari<sup>59</sup>

Kuchlanish yoki tok stabilizatorlari deb ta'minot kuchlanishi, tarmoq chastotasi, atrof-muhit temperaturasi va boshqalar o'zgarganda yuklamadagi tok va kuchlanishni qiymat bo'yicha o'zgarmas ushlab turuvchi qurilmaga aytildi.

Ishlash prinsipiga ko'ra, stabilizatorlar parametrik, uzlusiz rostlovchi kompensatsion va impulsli stabilizatorlarga ajratiladi.

Parametrik stabilizatorlarda stabillash nochiziqli elementlar hususiyatlaridan foydalanib amalga oshiriladi. Ularda ko'pincha teskari aloqa mavjud bo'ladi.

Uzlusiz rostlovchi kompensatsion stabilizatorlarda stabillash teskari aloqa zanjiri orqali chiqish kuchlanishi yoki toki o'zgarishining rostlovchi elementga ta'siri hisobiga amalga oshiriladi.

Uzlusiz rostlovchi kompensatsion stabilizatorlar berk avtomatik rostlash tizimi bo'lib, ularda tok rostlovchi elementdan uzlusiz yoki uzlukli bo'lib oqib o'tadi.

Rostlash uslubi bo'yicha uzlusiz rostlovchi kompensatsion stabilizatorlar ketma-ket va paralell turlarga bo'linadi.

Stabillash aniqligi bo'yicha stabilizatorlar 4 sinfga bo'linadi:

1. Kichik stabillash. Kuchlanish va tokning ruhsat etiladigan o'zgarishi 5 % dan yuqori.

2. O'rta stabillash. Kuchlanish va tokning ruhsat etiladigan o'zgarishi 1-5 % gacha.

3. Yuqori stabillash. Kuchlanish va tokning ruxsat etiladigan o'zgarishi 0,1-1 % gacha.

4. O'ta yuqori (pretsizion) stabillash. Kuchlanish va tokning ruxsat etiladigan o'zgarishi 0,1 % dan kichik.

Stabilizatorlar chiqish kuchlanishining nostabilligi bo'yicha, stabillash prinsipi bo'yicha, stabillash diapazoni bo'yicha, harorat bo'yicha koeffitsiyent orqali baholanadi.

Kirishdagi nostabillik quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{I(kir)} = \frac{\Delta U_{kir}}{U_{kir}}. \quad (7.1)$$

<sup>59</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

Chiqishdagi nostabillik quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{2(chiq)} = \frac{\Delta U_{chiq}}{U_{chiq}}. \quad (7.2)$$

Yuklamadagi tokning nostabilligi quyidagicha aniqlanadi:

$$N_{Iyu} = \frac{\Delta I_{yu}}{I_{yu}}, \quad (7.3)$$

$\Delta U_{kir}$  – stabilizator kirishidagi kuchlanishning o‘zgarishi;

$\Delta U_{chiq}$  – stabilizator chiqishidagi kuchlanish o‘zgarishi;

$\Delta I_{yu}$  – yuklama tokining o‘zgarishi.

Kuchlanish stabilizatorining stabillash koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi ( $I_{yu}=const$  bo‘lganida):

$$K_{st.k} = K_{st.U} = \frac{N_{I(kir)}}{N_{2(chiq)}} = \frac{\Delta U_{kir}/U_{kir}}{\Delta U_{chiq}/U_{chiq}}. \quad (7.4)$$

Stabillash koeffitsiyenti qancha katta bo‘lsa, kuchlanishni stabillash sifati shuncha yaxshi bo‘ladi.

Agar kirish kuchlanishi o‘zgarmas kattalik hisoblansa, u holda yuklama bo‘yicha kuchlanishni stabillash koeffitsiyentidan foydalanish mumkin ( $U_{kir}=const$  bo‘lganida):

$$K_{st.k} = K_{st.U} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{\Delta U_{yu}/U_{yu}}{\Delta I_{yu}/I_{yu}}. \quad (7.5)$$

Yuklama bo‘yicha stabillash koeffitsiyenti qancha kichik bo‘lsa, stabilizator shuncha sifatliroq bo‘ladi.

Kirish kuchlanishi o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lmagan holda yuklamadagi tokning o‘zgarmasdan ushlab turilishi tokni stabillash hisoblanadi.

Tok stabilizatorlarining stabillash koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi ( $R_{kir}=const$  bo‘lganida):

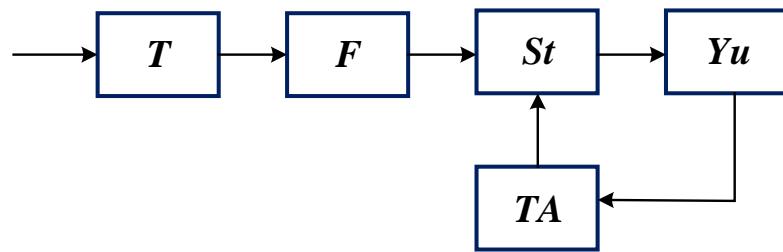
$$K_{st.k} = K_{st.U} = \frac{N_1}{N_i} \cdot \frac{\Delta U_{yu}/U_{yu}}{\Delta I_{yu}/I_{yu}}. \quad (7.6)$$

Agar kirish kuchlanishi o‘zgarmas bo‘lsa, u holda yuklama bo‘yicha tokni stabillash koeffitsiyenti kiritiladi ( $U_{kir}=const$  bo‘lganida):

$$\gamma_{st,k} = \gamma_{st,i} = \frac{\Delta I_{yu}/I_{yu}}{\Delta R_{yu}/R_{yu}}. \quad (7.7)$$

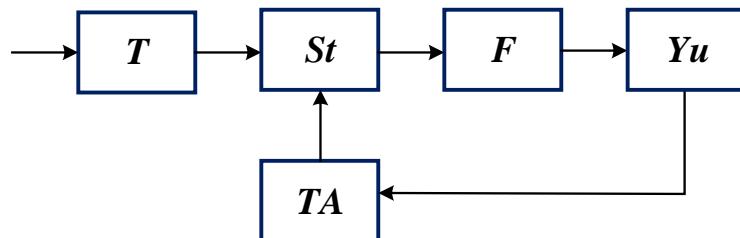
Stabilizatorlar kuchlanish yoki tokni rostlash uchun qo‘llaniladi va uchta usulda ulanishi mumkin.

Agar stabilizator tranzistorlardan yig‘ilgan bo‘lsa, u filtrdan keyin, yuklamadan oldinga qo‘yiladi (7.1-rasm). Bu yerda  $T$  – to‘g‘rilagich,  $F$  – filtr,  $St$  – stabilizator,  $Yu$  – yuklama va  $TA$  – teskari aloqa.



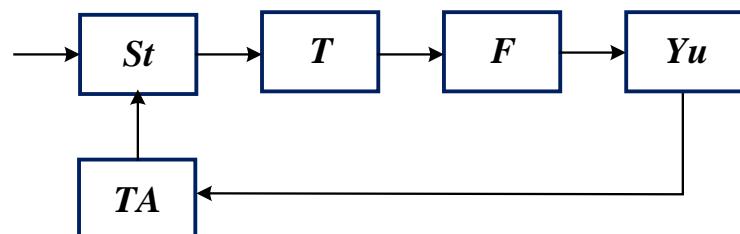
7.1-rasm. Stabilizatorlarning filtrdan keyin qo‘yilishi

Agar stabilizator tiristorlarda yig‘ilgan bo‘lsa, filtrdan oldin qo‘yiladi (6.2-rasm).



7.2-rasm. Stabilizatorlarni filtrdan oldinga qo‘yilishi.

Agar stabillash o‘zgaruvchan tok tomonida bo‘lsa, u holda stabilizatorlar to‘g‘rilagichdan oldinga qo‘yiladi (7.3-rasm).



7.3-rasm. Stabilizatorlarni to‘g‘rilagichdan oldinga qo‘yilishi

Stabilizatorlarni to‘liq tavsiflash uchun kuchlanish stabilizatorining “stabillash diapazoni” tushunchasi kiritiladi:

$$D_U = \frac{U_{st.\max} - U_{st.\min}}{U_{st.nom}}. \quad (7.8)$$

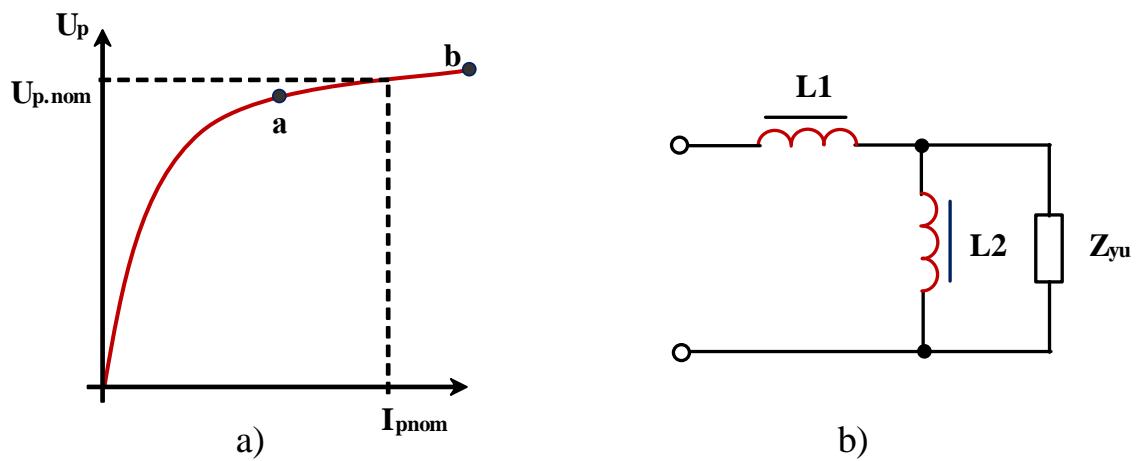
Tok stabilizatorining stabillash diapazoni quyidagiga teng bo‘ladi:

$$D_I = \frac{I_{st.\max} - I_{st.\min}}{I_{st.nom}}. \quad (7.9)$$

## 7.2. Parametrik stabilizatorlar<sup>60</sup>

Nochiziqli elementlarning xossalardan foydalanib kuchlanishni (tokni) stabillashni amalga oshiradigan stabilizatorlar parametrik stabilizatorlar deyiladi.

Parametrik stabilizatorlarda kirish kuchlanishining yoki yuklama tokining o‘zgarishi bevosita nochiziqli elementga ta’sir qiladi. Chiqish kuchlanishining (yoki yuklama tokining) talab qilingan qiymatdan o‘zgarishi nochiziqli element VAXining nochiziqliligi darajasi orqali aniqlanadi. Nochiziqli elementlar sifatida o‘zgaruvchan kuchlanish (tok) stabilizatorlarida drossellar (7.4-rasm), o‘zgarmas kuchlanish (tok) stabilizatorlarida esa stabilitron, stabistor va maydoniy tranzistorlar qo‘llaniladi (7.5-rasm).



7.4-rasm. Drosselning VAXi (a) va o‘zgaruvchan kuchlanish parametrik stabilizatorning sxemasi (b)

<sup>60</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

O‘zgaruvchan kuchlanishni parametrik stabillash o‘zgaruvchan tok uchun nochiziqli VAXga ega bo‘lgan nochiziqli elementlar yordamida amalga oshiriladi. Bunday tavsifga magnit o‘tkazgichi to‘yinish rejimida ishlovchi drossel ega bo‘lib (7.4a-rasm), bunda magnit o‘tkazgichning to‘yinishiga mos keluvchi  $a$ - $b$  oraliq drosselning ish oralig‘i hisoblanadi.

Sxemada to‘yingan  $L_2$  drossel  $Z_{yu}$  yuklamaga parallel ulanadi. Ballast qarshilik sifatida VAXi chiziqli bo‘lgan  $L_1$  drossel qo‘llaniladi. Sxemaning ishlash prinsipi quyidagicha:  $U_{kir}$  kirish kuchlanishi o‘zgarganda  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishi va  $L_1$  chiziqli drosseldagi kuchlanish ortadi.  $L_2$  to‘yingan drosseldagi tok keskin ortadi. Lekin bunda  $L_1$  drosseldagi kuchlanishning pasayishi kuchayadi,  $L_2$  drosseldagi va  $Z_{yu}$  yuklamadagi kuchlanish sezilarsiz ortadi.

Eng oddiy o‘zgaruvchan kuchlanish parametrik stabilizatorining afzalligi oddiyligi bo‘lsa, uning kamchiliklari FIKning kichikligi ( $0,4\dots0,6$ ), stabillash koeffitsiyentining kamligi ( $K_{st}<10$ ), shuningdek, og‘irligi hisoblanadi.

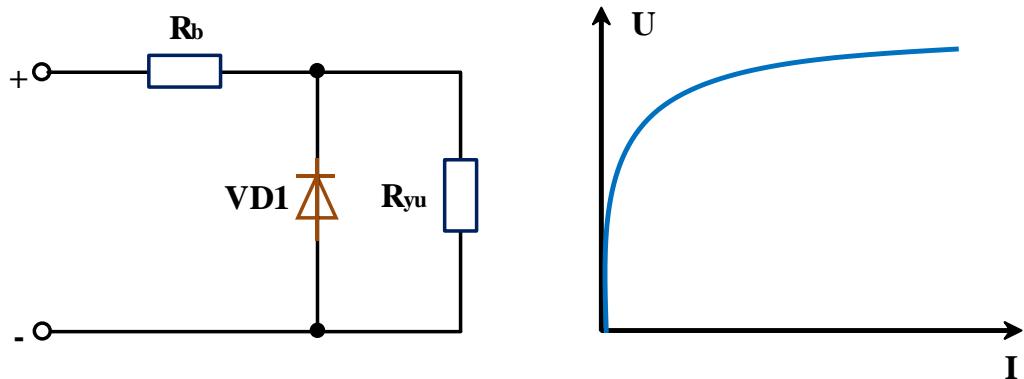
O‘zgarmas kuchlanish parametrik stabilizatorlarida nochiziqli elementlari sifatida stabilitronlar, stabistorlar va maydoniy tranzistorlar qo‘llaniladi.  $VD$  stabilitronda yig‘ilgan parametrik stabilizatorning prinsipial sxemasi 7.5-rasmda keltirilgan bo‘lib,  $R_b$  ballast rezistorning qarshiligi shunday tanlanadiki, undagi kuchlanishning pasayishi ( $0,5\dots3$ )  $U_{yu}$  ni tashkil qilishi kerak. Kirish kuchlanishi ortganda  $U_{chiq}$  kuchlanish ortadi. Lekin  $VD$  stabilitrondagи uncha katta bo‘lmagan  $\Delta U_{st}$  kuchlanishning o‘zgarishi undagi tokning keskin ortishiga olib keladi. Bunda  $R_b$  rezistordagi kuchlanishning pasayishi ortadi,  $R_{yu}$  yuklamadagi kuchlanish esa sezilarsiz o‘zgaradi. Stabilizator kirishidagi  $U_{kir}$  kuchlanishning o‘zgarishi  $R_b$  ballast rezistordagi kuchlanishning va stabilitrondagи kuchlanishning o‘zgarishi yig‘indisiga teng:

$$\Delta U_K = \Delta U_{Rb} + \Delta U_{st}. \quad (7.9)$$

Ballast rezistorining qarshiligi stabilizator qarshiligidan ancha katta ( $R_b >> R_{st}$ ) ekanligini etiborga olsak, u holda kirish kuchlanishining har qanday o‘zgarishi stabilitronning  $R_{st}$  qarshiligidagi ajraladi va yuklamadagi kuchlanish o‘zgarishsiz qoladi.

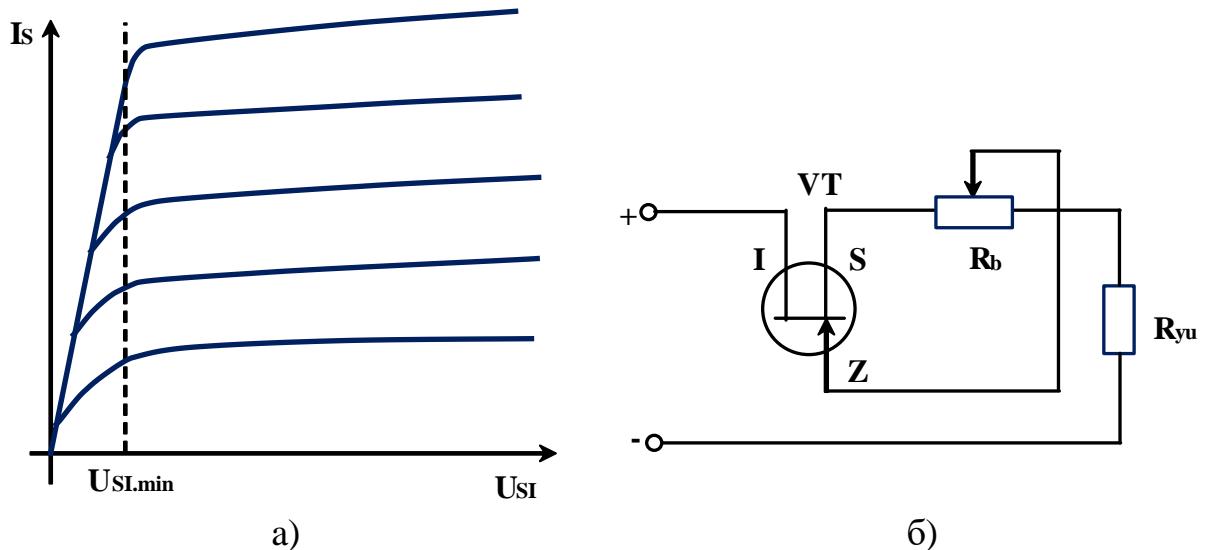
Bu sxemaning kamchiliklariga FIKning kichikligi (0,3) stabilizatorning katta ichki qarshiligi (5...20Om) va chiqish kuchlanishining kichik diapazonga egaligini kiritish mumkin. Stabilizatorning afzalliklari esa oddiyligi, ishonchliligi, hajmining va

massasining kichikligidir.



7.5-rasm. Stabilitronda yig‘ilgan parametrik stabilizator sxemasi va stabilitronning VAXi

O‘zgarmas tok parametrik stabilizatorlari toki unga qo‘yilgan kuchlanishga sezilarli bog‘liq bo‘lmagan nochiziqli elementlarda yig‘iladi. Bunday element sifatida maydoniy tranzistorlar qo‘llaniladi (7.6-rasm). Maydoniy tranzistorlarda  $U_{ZI}=const$  bo‘lganda  $I_S$  sezilarli o‘zgarmaydi.



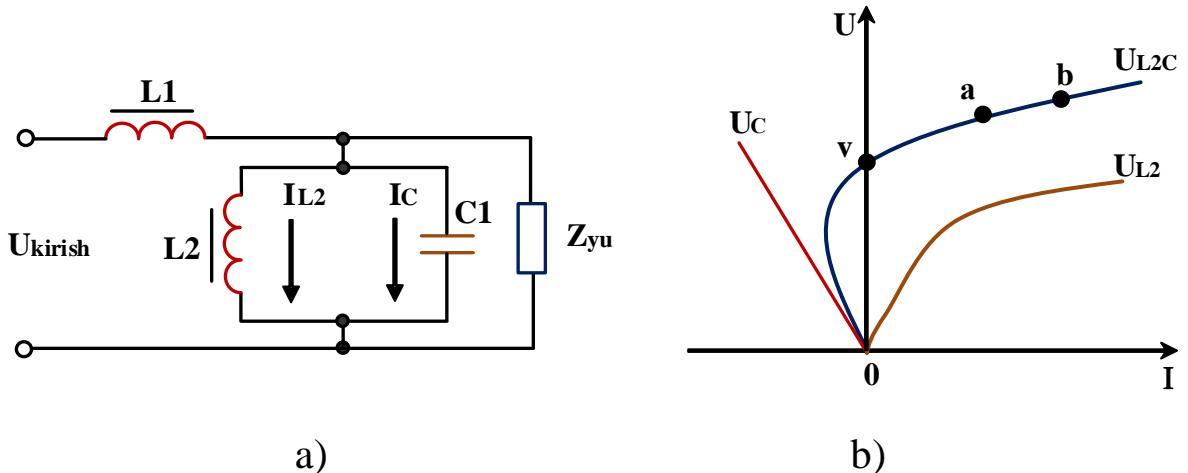
7.6-rasm. Maydoniy tranzistor VAXi (a) va maydoniy tranzistorda yig‘ilgan parametrik stabilizator sxemasi (b)

### 7.3. Ferrorezonansli o‘zgaruvchan kuchlanish stabilizatori<sup>61</sup>

Ferrorezonansli stabilizatorlarda to‘yinish rejimida ishlovchi  $L_2$  drosselga  $C$  kondensator parallel ulanadi.  $L_{2S}$  konturning rezonans

<sup>61</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

chastotasi stabillanuvchi kuchlanish chastotasiga yaqin, lekin teng emas.



7.7-rasm. Ferrorezonansli kuchlanish stabilizatorining prinsipial sxemasi (a) va VAX i (b)

O‘zgaruvchan kuchlanish ferrorezonansli stabilizatorning ishlash prinsipini 7.7-rasmida tasvirlangan  $L2$  drosselning va  $C$  kondensatorning VAXlaridan foydalangan holda tushuntirish mumkin.  $U_{L2}$  va  $U_C$  kuchlanishlarni geometrik qo‘sish natijasida  $L2C$  konturdagi kuchlanishning egri chizig‘ini olamiz. Kichik kirish kuchlanishda drossel to‘yinmagan, uning induktivligi katta va natijaviy egri chiziq sig‘im xarakteriga ega bo‘ladi (7.7b-rasm, 0-v).  $L2C$  konturdagi toklar rezonansida ( $v$  nuqta)  $L2C$  konturdagi natijaviy tok nolga teng bo‘ladi. Kirish kuchlanishining keyingi o‘zgarishida induktiv xarakterga ega bo‘ladi ( $v-b$ ). Tavsifning bu oralig‘ida tok keskin o‘zgaradi, konturdagi, ya’ni yuklamadagi kuchlanish esa sezilarli o‘zgarmaydi. Ferrorezonansli stabilizatorlarning afzalliklari quyidagilardan iborat:

- yuqori FIK (0,85-0,9) va yuqori quvvat koeffitsiyenti (0,9 gacha);
  - kuchlanish bo‘yicha yuqori stabillash koeffitsiyenti;
  - quvvatning keng diapazoni;
  - uzoq xizmat muddati;
  - qurilmaning soddaligi va ishonchliligi;
  - mexanik ta’sirlarga barqarorligi.
- Kamchiliklari esa quyidagilardan iborat:
- massa va hajmning kattaligi;
  - reaktiv qarshiliklarning chastotaga bog‘liqligi uchun kirish kuchlanishi o‘zgarganda chiqish kuchlanishining sezilarli o‘zgarishi;

- elektromagnit halaqitlarning mavjudligi;
- yuklamadagi stabillangan kuchlanish shaklining buzilishi.

## 7.4. Kompensatsion stabilizatorlar

**Uzluksiz rostlovchi kompensatsion stabilizatorlar<sup>62</sup>.** O‘zgarmas kuchlanishni uzluksiz rostlovchi kompensatsion stabilizatorlar tarmoq kuchlanishi yoki yuklama toki, shuningdek, boshqa parametrlar (ta’midot manbai tokining chastotasi, harorat, namlik va boshqalar) o‘zgarganda chiqish kuchlanishining ma’lum aniqlikdagi darajada o‘zgarmasligini ta’minlovchi avtomatik rostlovchi tizimdir. Kompensatsion stabilizatorlar tranzistorlarda va integral mikrosxemalarda yig‘iladi.

Rostlovchi elementlarining ulanishi bo‘yicha stabilizatorlar rostlovchi elementi ketma-ket va parallel ulangan stabilizatorlarga bo‘linadi. Birinchi turdagি stabilizatorlarda rostlovchi element yuklamaga ketma-ket, ikkinchi turida esa parallel ulanadi. 7.1-rasmda o‘zgarmas kuchlanish kompensatsion stabilizatorlarining tuzilish sxemalari keltirilgan. 7.1a-rasmda keltirilgan sxemada stabilizator yuklamaga ketma-ket ulangan rostlovchi element (*RE*), taqqoslovchi sxema (*TS*) va o‘zgarmas tok kuchaytirgichidan (*O’TKdan*) tashkil topgan. Stabilizatorning taqqoslash sxemasi tarkibiga tayanch kuchlanishi manbai va taqqoslovchi bo‘lgich kiradi. Taqqoslash sxemasida chiqish kuchlanishi va tayanch kuchlanishi taqqoslanadi. Bu ikki kuchlanishning farqi *O’TK* o‘zgarmas tok kuchaytirgichining kirishiga beriladi. Chiqish kuchlanishi o‘zgarganda *TS* chiqishida farq signali vujudga keladi va bu signal *O’TK* da kuchaytirilib *RE* ning kirishiga beriladi.

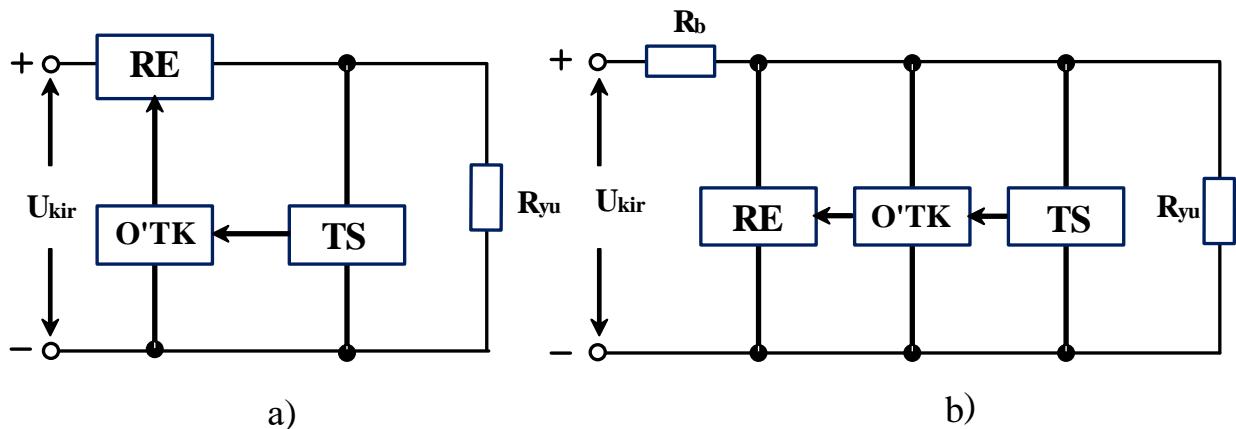
*RE* kirishidagi signalning o‘zgarishi undagi kuchlanish pasayuvining o‘zgarishiga olib keladi, natijada chiqishdagi kuchlanish stabilizator sxemasiga belgilangan aniqlikdagi dastlabki qiymatiga qaytadi.

7.1 b-rasmda keltirilgan sxemada yuklamaga *RE* paralel,  $R_b$  ballast qarshilik esa ketma-ket ulanadi. Chiqish kuchlanishi o‘zgarganda *TS* chiqishida farq signali vujudga keladi va *O’TK* da kuchaytirilib *RE* ga beriladi. Buning natijasida *RE* ning toki o‘zgaradi. *RE* tokining o‘zgarishi esa  $R_b$  ballast qarshilik orqali oqib o‘tuvchi tokning o‘zgarishi

---

<sup>62</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

natijasida undagi kuchlanish tushuvining o‘zgarishiga olib keladi va natijada chiqish kuchlanishning o‘zgarishi ma’lum darajadagi aniqlikda kompensatsiyalanadi. Ko‘rib chiqilgan sxemalarning sifat ko‘rsatkichlari deyarli bir xil. *RE* ketma-ket ulangan sxema yuqori foydali ish koeffitsiyentiga ega.



7.1-rasm. O‘zgarmas kuchlanishni uzluksiz rostlovchi kompensatsion stabilizatorlar tuzilish sxemalari: a) *RE* yuklamaga ketma-ket ulangan stabilizator; b) *RE* yuklamaga parallel ulangan stabilizator

*RE* parallel ulangan sxemaning afzalligi o‘zgarmas kirish kuchlanishidagi stabilizator to‘g‘rilagichdan iste’mol qiladigan tokning yuklama tokiga bog‘liq emaslidir. Parallel stabilizatorning bu xususiyati yuklama toki impuls xarakterga ega bo‘lganda muhim ahamiyatga ega.

Uzluksiz rostlovchi stabilizatorlar uchun, ularning keng qo‘llanilishini belgilovchi quyidagi asosiy xususiyatlar xarakterlidir:

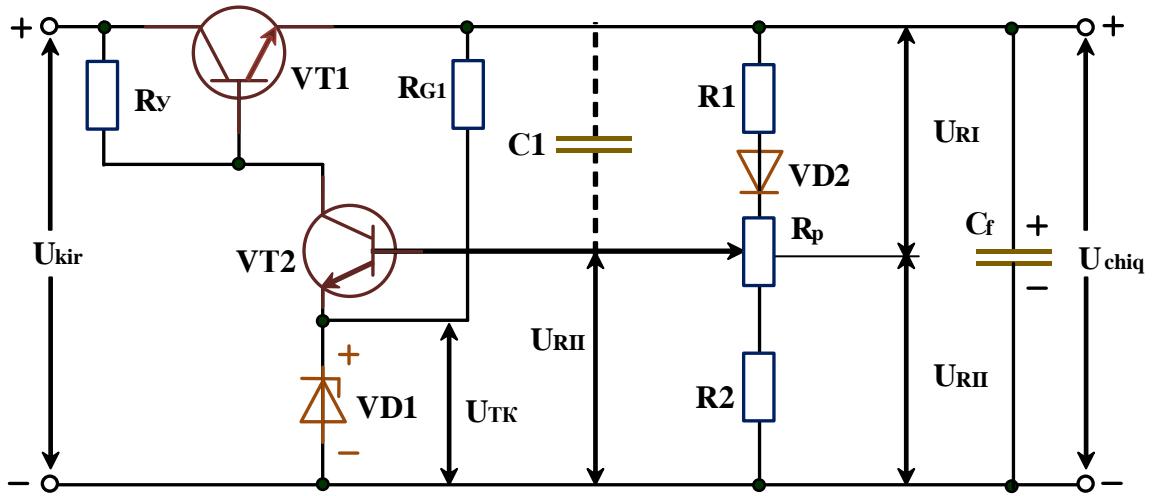
1. Chiqish kuchlanishining yuqori aniqlikda stabillanishi, bunda stabilizator kirish kuchlanishining o‘zgarishini stabillaydi va o‘zgaruvchan tashkil etuvchini (pulsatsiyani) kamaytiradi.

2. Kichik dinamik ichki qarshilik.

Bunday stabilizatorlarning kamchiligi rostlovchi elementdagi va ballast qarshilikdagi quvvat isrofi tufayli nisbatan kichik foydali ish koeffitsiyenti, shuningdek massa-xajm ko‘rsatkichlarning kattaligidir. Ko‘rsatilgan kamchiliklarga qaramasdan bugungi kunda bunday stabilizatorlar radioelektron apparaturalar elektr ta’minotida keng qo‘llanilmoqda.

*RE* yuklamaga ketma-ket ulangan stabilizatorlarning ishlash

prinsipini ko'rib chiqamiz (7.2-rasm). Stabilizator  $VT1$  rostlovchi tranzistor,  $R_y$ ,  $VT2$  o'zgarmas tok kuchaytirgichi,  $R_{G1}$ ,  $VD1$  tayanch kuchlanishi manbai va  $R1$ ,  $R_p$ ,  $R2$  rezistiv kuchlanish bo'lgichilardan tashkil topgan.



7.2.-rasm. RE yuklamaga ketma-ket ulangan stabilizatorning prinsipial sxemasi

$U_{kir}$  kirish kuchlanishi o'zgarganda, masalan ortganda dastlab  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishi ortadi va bu rezistiv bo'lgichning pastki elkasidagi  $U_{RII}$  kuchlanishning ortishiga olib keladi.  $VT2$  tranzistorning kollektor va baza toklari ortadi va  $VT1$  tranzistor bazasining manfiy potensiali uning kollektoriga nisbatan kamayadi. Natijada  $VT1$  tranzistorning kollektor-emitter o'tishidagi kuchlanishniq ortishiga olib keladi. Stabilizator chiqishidagi kuchlanish ma'lum darajadagi aniqlikdagi dastlabki qiymatiga qaytadi.

Yuklama toki o'zgarganda, masalan ortganda dastlab  $VT1$  tranzistor kollektor-emitter o'tishi kuchlanishi pasayuvining ortishi hisobiga chiqish kuchlanishi kamayadi.

Chiqish kuchlanishini rostlash sxemada  $R_p$  potensiometr orqali amalga oshiriladi. Potensiometrning harakatlanuvchi qismini stabilizatorning manfiy qutbi tomonga surilsa  $U_{RII}$  kuchlanish ortadi va bu  $VT2$  tranzistor baza va kollektor toklarinig ortishiga olib keladi.  $VT1$  tranzistorning baza toki kamayadi,  $U_{KE1}$  kuchlanish ortadi va chiqishidagi kuchlanish kamayadi.  $R_p$  potensiometrning harakatlanuvchi qismini musbat qutb tomonga surilsa stabilizator chiqishidagi kuchlanish ortadi.

Sxemaning asosiy parametrlarini aniqlash maqsadida chiqish kuchlanishining o'zgarishini topamiz:

$$\Delta U_{chiq} = \Delta U_{kir} - \Delta I_{KI} r_{KI} + K_I \Delta U_{BEI}, \quad (7.1)$$

$\Delta I_{KI} \approx \Delta I_{yu}$  deb hisoblasak quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\Delta U_{chiq} = \Delta U_{kir} - \Delta I_{yu} r_{KI} + K_I \Delta U_{BEI}, \quad (7.2)$$

bu yerda:  $r_{KI}$  – umumiy emitter sxemasida ulangan  $VT1$  tranzistor kollektorining qarshiligi;

$K_I$  –  $VT1$  tranzistorning kuchlanishi bo‘yicha kuchaytirish koefitsiyenti;

$\Delta U_{BEI}$  –  $VT1$  tranzistorning baza-emmitter kuchlanishining o‘zgarishi.

$\Delta U_{BEI}$  kuchlanishining o‘zgarishi  $VT2$  tranzistor kollektordagi kuchlanish o‘zgarishining va stabilizator chiqishidagi kuchlanish o‘zgarishining ayirmasiga teng, ya’ni

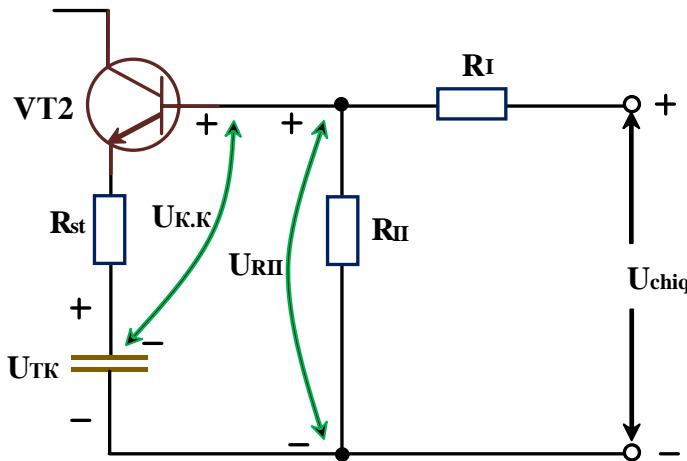
$$\Delta U_{BEI} = \Delta U_{KEI} - \Delta U_{chiq}. \quad (7.3)$$

O‘zgarmas tok kuchaytirgichi kirish kuchlanishiga teng bo‘lgan o‘zgaruvchi  $U_{K.T}=U_{kir}$  kuchlanishidan ta’mirlanaetganligi uchun  $VT2$  tranzistori kollektordagi kuchlanish ham ta’minot kuchlanishi hisobiga, ham uning bazasidagi kuchlanishning o‘zgarishi hisobiga o‘zgaradi:

$$\Delta U_{KE2} = \frac{\Delta U_{T.K.} r_{k2}}{R1 + r_{k2}} - K_{VT2} \Delta U_{K.K.}, \quad (7.4)$$

bu yerda:  $r_{k2}$ ,  $K_{VT2}$  – umumiy emitter sxemasida ulangan  $VT2$  tranzistorning kollektor qarshiligi va kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koefitsiyenti;  $\Delta U_{K.K.}$  – o‘zgarmas tok kuchaytirgichining kirishidagi kuchlanishning o‘zgarishi;  $\Delta U_{T.K.}$  – o‘zgarmas tok kuchaytirgichi ta’minot kuchlanishining o‘zgarishi.

Kuchaytirgich kirishidagi  $\Delta U_{K.K}$  kuchlanishning o‘zgarishini 7.3-rasmida tasvirlangan stabilizatorning taqqoslash sxemasi va o‘zgarmas tok kuchaytirgichi sxemasidan aniqlash mumkin.



7.3-rasm. O‘zgarmas tok kuchaytirgichining ishlash prinsipini tushuntiruvchi sxema

Sxemada  $VD1$  stabilitron ekvivalent kuchlanish manbai  $U_{TK}$  va stabilitronning dinamik qarshiligidagi teng bo‘lgan ichki qarshilik bilan almashtirilgan.

$$U_{k.k.} = U_{RII} - U_{TK} = U_{chiq} \left( \frac{\frac{R_{II} \cdot R_{K.K.}}{(R_I + R_{II}) + \frac{R_I R_{II}}{R_I + R_{II}}}}{R_{K.K.} + \frac{R_I R_{II}}{R_I + R_{II}}} \right) - U_{TK} \left( \frac{\frac{R_{K.K.}}{R_{K.K.} + \frac{R_I R_{II}}{R_I + R_{II}}}}{R_{K.K.} + \frac{R_I R_{II}}{R_I + R_{II}}} \right), \quad (7.5)$$

$$\text{u holda} \quad \Delta U_{K.K.} = \Delta U_{chiq} \cdot \alpha \cdot \alpha' - U_{TK} \cdot \alpha' \quad (7.6)$$

bu yerda  $R_{K.K.}$  – o‘zgarmas tok kuchaytirgichining kirish qarshiligi;  $\alpha = R_I R_{II} / (R_I + R_{II})$  – bo‘lgichning uzatish koeffitsiyenti;  $\alpha' = R_{K.K.} / (R_{K.K.} + (R_I R_{II} / (R_I + R_{II})))$  – kuchaytirgich kirish qarshiligi bo‘lgichning uzatish koeffitsiyentiga ta’sirini ifodalovchi koeffitsiyent.

(7.1) - (7.5) ifodalardan chiqish kuchlanishining o‘zgarishining yakuniy ifodasini topamiz:

$$\begin{aligned}\Delta U_{chiq} = & \frac{U_{01}}{1 + K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' + K_I} + \\ & + \frac{\Delta U_{TK} \cdot r_{K1} \cdot K_I}{(r_{K1} + R_I) \cdot (1 + K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' + K_I)} \\ & + \frac{\Delta U_{TK} \cdot \alpha \cdot K_I \cdot K_{VT2}}{1 + K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' + K_I} + \frac{\Delta I_{yu} \cdot r_{K1}}{1 + K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' + K_I}.\end{aligned}$$

$K_I K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' \gg (1 + K_I)$  ekanligini hisobga olsak, u holda

$$\begin{aligned}\Delta U_{chiq} = & \frac{\Delta U_{01}}{K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha'} + \frac{r_{K2} \cdot \Delta U_{TK}}{r_2 + R_I} \cdot K_{VT} \cdot \alpha \cdot \alpha' + \\ & + \frac{\Delta U_{TK}}{\alpha'} - \frac{\Delta I_{yu} r_{K1}}{K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha'}.\end{aligned}\tag{7.7}$$

(7.7) ifodadan ko‘rinib turibdiki, chiqish kuchlanishining o‘zgarishi kirish kuchlanishining, kuchaytirgich ta’mnot kuchlanishining, tayanch kuchlanishining va yuklama tokining o‘zgarishlariga bog‘liq. (7.6) ifodadan sxemaning sifat ko‘rsatgichlarini aniqlash mumkin.  $\Delta I_{yu}=0$ ,  $\Delta U_{TK}=0$  va  $\Delta U_{T.K}=U_{kir}$  deb hisoblab, sxemaning stabilizatsiyalash koeffitsiyenti ifodasini topamiz:

$$\begin{aligned}K_{st} = & \frac{\Delta U_{kir} \cdot U_{chiq}}{\Delta U_{chiq} \cdot U_{kir}} = \frac{K_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' \cdot (r_{K2} + R_I) \cdot U_{chiq}}{r_{K2} + R_I + r_{K2} \cdot K_I} \\ U_{kir} \approx & \frac{K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' \cdot (r_{K2} + R_I) \cdot U_{chiq}}{r_{K2} \cdot U_{01}}\end{aligned}\tag{7.8}$$

Rostlovchi tranzistorning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsenti quyidagiga teng bo‘ladi:

$$K_I = \frac{\Delta U_{KEVT1}}{\Delta U_{BEVT1}} = \frac{\eta_{2IEVT1} \cdot r_{K1}}{R_{K.VT1}}\tag{7.9}$$

bu yerda  $\eta_{2IEVT} - VT1$  tranzistorning tok bo‘yicha statik uzatish koeffsienti;  $r_{K1} - VT1$  tranzistorning kollektor qarshiligi;  $R_{K.VT1} - VT1$  rostlovchi tranzistorning kirish qarshiligi.

(7.8) ifodadagi  $\Delta U_{kir}$ ,  $\Delta U_{TK}$  va  $\Delta U_{T.K}$  larni nolga teng deb olib

stabilizatorning ichki qarshiliginini topamiz:

$$\begin{aligned}
 r_I &= \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta I_{yu}} = -\frac{r_{K1}}{K_{VT1} \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha'} = \\
 &= \frac{R_{K.VT1}}{\eta_{21EVT1} \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha'} = -\frac{I}{S_I \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha'},
 \end{aligned} \tag{7.10}$$

bu yerda:  $S_I - VT1$  tranzistor tavsifining qiyaligi.

Kuchlanishni uzluksiz rostlovchi stabilizator kirish kuchlanishining o‘zgarishini kamaytirishdan tashqari filtrlash xususiyatiga ham ega, ya’ni kirish kuchlanishining o‘zgaruvchan tashkil etuvchisini kamaytiradi.

Stabilizatorning sillqlash koeffitsiyenti taxminan stabilizatsiya koeffitsiyentiga teng ( $K_{st} \approx K_s$ ). Stabilizatorning sillqlash koeffitsiyentini oshirish uchun bo‘lgichning yuqori elkasiga parallel ravishda kondensator ulanadi. O‘zgaruvchan tashkil etuvchining asosiy garmonikasining chastotasi bo‘yicha  $C1$  kondensatorning qarshiligi bo‘lgich yuqori elkasining qarshiligidan ko‘p martaga kichik bo‘lishi kerak. Bu holda bo‘lgichning o‘zgaruvchan tashkil etuvchi bo‘yicha uzatish koeffitsenti birga yaqin bo‘ladi va stabilizatorning sillqlash koeffitsiyenti ortadi. (7.10) ifodada  $\alpha=1$  deb olib stabilizatorning sillqlash koeffitsiyentini topish mumkin.

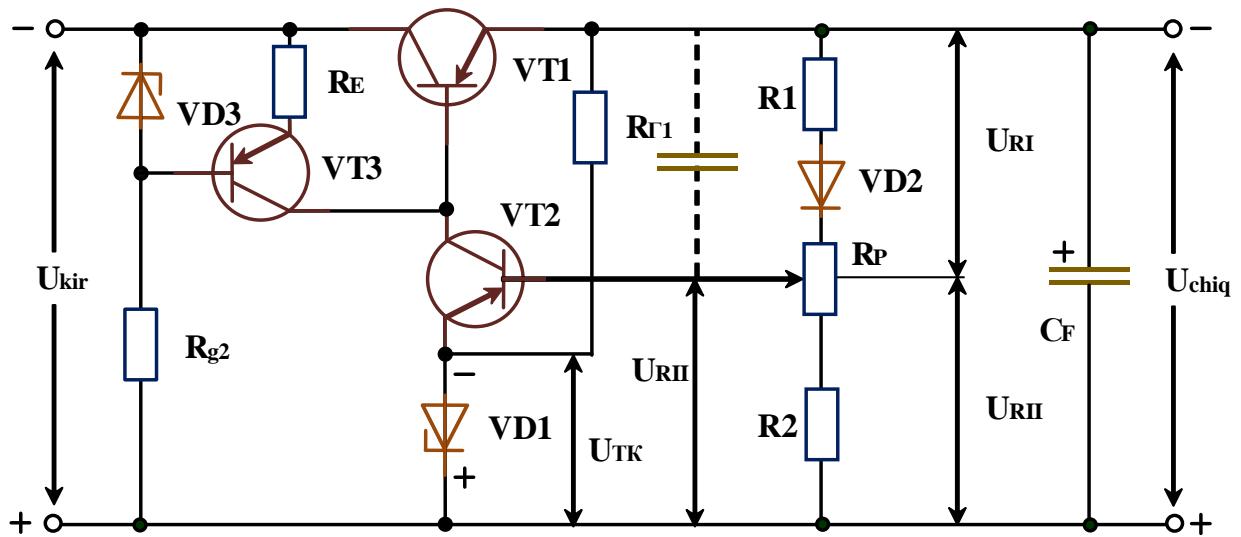
$S_{yu}$  sig‘imning qiymati chiqish kuchlanishi pul’satsiyasiga kam ta’sir qiladi, chunki o‘zgaruvgan tashkil etuvchi uchun stabilizatorning ichki qarshiligi kondensatorning ichki qarshiligidan sezilarli kichik.

$S_{yu}$  sig‘im yuklama toki impuls xarakterda o‘zgarganda stabilizatorning chiqish kuchlanishining keskin o‘zgarishining kamaytiradi.

Tayanch kuchlanishining stabilligi chiqish kuchlanishining o‘zgarmas saqlanishiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. (7.10) ifodadan ko‘rinib turibdiki  $\Delta U_{chiq}=0$ ,  $\Delta U_{T.K.}=0$  va  $\Delta I_{yu}=0$  da  $\Delta U_{chiq}=\Delta U_{TK}$  bo‘ladi. Bo‘lgichning uzatish koeffitsiyenti har doim birdan kichik bo‘lganligi uchun chiqish kuchlanishining o‘zgarishi tayanch kuchlanishining o‘zgarishidan katta bo‘ladi. Shuning uchun parametrik stabilizator hisoblangan tayanch kuchlanishi manbai ( $R_{G1}$ ,  $VD1$ ) stabil chiqish kuchlanishidan ta’minlanadi.

Atrof-muhit tempraturasining o‘zgarishi stabilizatorning harorat bo‘yicha koeffitsiyentiga bog‘liq bo‘lgan tayanch kuchlanishining

o‘zgarishiga olib keladi. Agar koeffitsiyent musbat bo‘lsa, atrof-muhit harorati ortganda tayanch kuchlanishi ortadi va bu VT2 tranzistori bazasidagi musbat potensialning kamayishiga olib keladi. Buning natijasida VT2 tranzistorining baza va kollektor, VT1 tranzistorining baza toki kamayadi va bu stabilizatorning chiqish kuchlanishining ortishiga olib keladi. Chiqish kuchlanishining atrof-muhit haroratiga bog‘liq bo‘lgan o‘zgarishlarini kamaytirish uchun stabilizatorlar sxemalarida harorat kompensatsiya ko‘llaniladi. 7.4-rasmda tasvirlangan stabilizator sxemasida termokompensatsion element sifatida to‘g‘ri yo‘nalishda bo‘lgichning yuqori elkasiga qo‘yilgan VD2 diod yoki stabilitron qo‘llaniladi.



7.4-rasm O‘zgarmas tok kuchaytirgichining kollektor zanjiriga tok stabilizatori qo‘yilgan stabilizator sxemasi

To‘g‘ri yo‘nalishda qo‘yilgan diod yoki stabilitron manfiy temperaturaviy koeffitsiyentga ega bo‘ladi. Atrof-muhit haroratining ortishi VD2 dioddagi yoki stabilitrondagи kuchlanishning tushuviga olib keladi. UR<sub>II</sub> kuchlanish esa ortadi va bu chiqish kuchlanishining kamayishiga olib keladi, ya’ni VD1 stabilitrondagи kuchlanishning o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan chiqish kuchlanishining o‘zgarishi VD2 kompensatsiyalovchi diod yoki stabilitrondagи kuchlanishning o‘zgarishiga bog‘lik bo‘lgan chiqish kuchlanishining o‘zgarishiga qarama-qarshi ishoraga ega bo‘ladi. Bunday harorat bo‘yicha kompensatsiya agar VD1 stabilitron harorat bo‘yicha koeffitsiyenti musbat bo‘lganda qo‘llanilishi mumkin, agar u manfiy bo‘lsa bo‘lgichning biror elkasiga termik qarshilik qo‘yiladi. Shunindek kuchaytirgichning ta’minot kuchlanishi ham chiqish kuchlanishining

stabililigiga ta'sir o'tkazadi, shuning uchun ko'rib chiqilgan sxema nisbatan kichik stabilizatsiya koeffitsiyentiga ega, chunki kuchaytirgich nostabil kirish kuchlanishi orqali ta'minlanadi.

(7.7) ifodadan ko'riniib turibdiki, stabilizator ishining yaxshilanishini o'zgarmas tok kuchaytirgichining kollektor yuklamasi qarshilagini oshirish yoki uning ta'minot kuchlanishini o'zgarishini kamaytirish ( $\Delta U_{T.K} \approx 0$ ) orqali amalgal oshirishi mumkin. Stabilizator ishini yaxshilash maqsadida sxemadagi  $R_1$  rezistor o'rniga  $VT2$  tranzistorning kollektor zanjiriga  $VT3$  tranzistor,  $R_E$ ,  $R_{G2}$  rezistorlar va  $VD3$  stabilitronidan iborat tok stabilizatori qo'yADI.  $VD3$  stabilitrondag'i kuchlanish kirish kuchlanishi o'zgarganda sezilarli o'zgarmaydi. Shuningdek  $R_E$  rezistordagi kuchlanish ham sezilarli o'zgarmaydi, chunki bu kuchlanish  $VD2$  stabilitrondag'i kuchlanishga deyarli teng.  $R_E$  rezistordagi kuchlanishning o'zgarmasligi natijasida  $VT3$  tranzistor emitter va kollektor toklari kirish kuchlanishi o'zgarganda deyarli o'zgarmaydi.

Tok stabilizatori katta ichki qarshilikka ega va uning qo'llanilishi  $VT1$  tranzistorning kollektor zanjiriga va  $R_1$  rezistorga juda kata qarshilik ulanishi bilan barobardir.

Bunda ekvivalent qarshilik quydagiga teng bo'ladi.

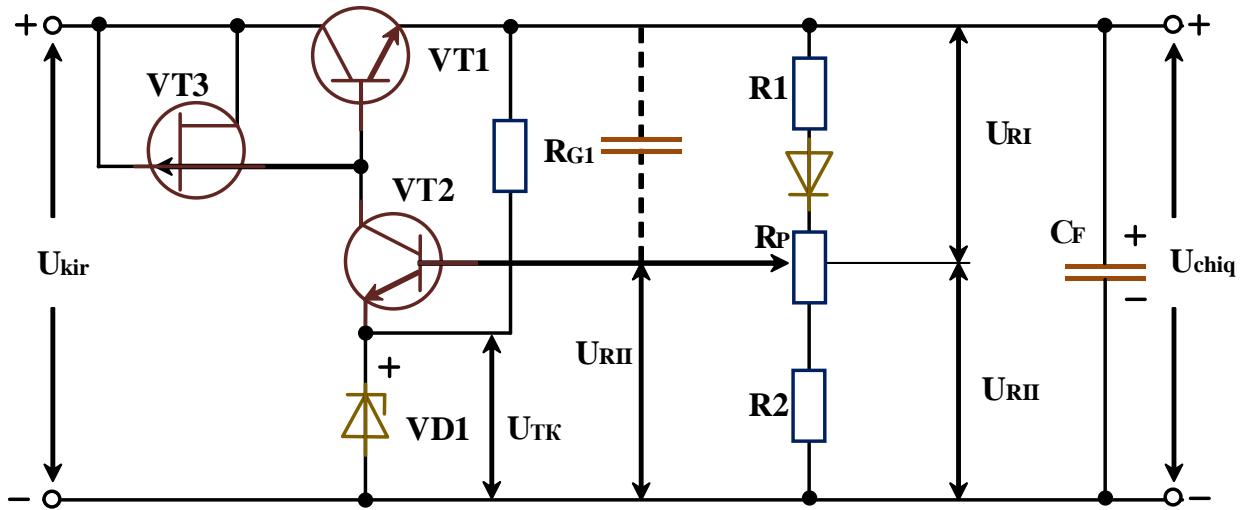
$$R_{K.EKV} = \frac{\eta_{UET3} \cdot r_{K3} \cdot R_{r2} \cdot R_E}{R_{r2} \cdot R_E + r_{ST2} \cdot r_{K3} \cdot \eta_{UET2}} \quad (7.11)$$

bu yerda:  $\eta_{UET3}$ ,  $r_{K3}$  –  $VT3$  tranzistorining mos ravishda tok bo'yicha statik o'tkazish koeffitsenti va kollektorining qarshiligi:  $r_{ST2}$  –  $VD3$  stabilitronning differensial qarshiligi.

(7.11) ifodadan ko'riniib turibdiki  $R_{K.EKV}$  ning qiymati  $\eta_{UET3}$ ,  $r_{K3}$  dan katta bo'lishi mumkin emas.

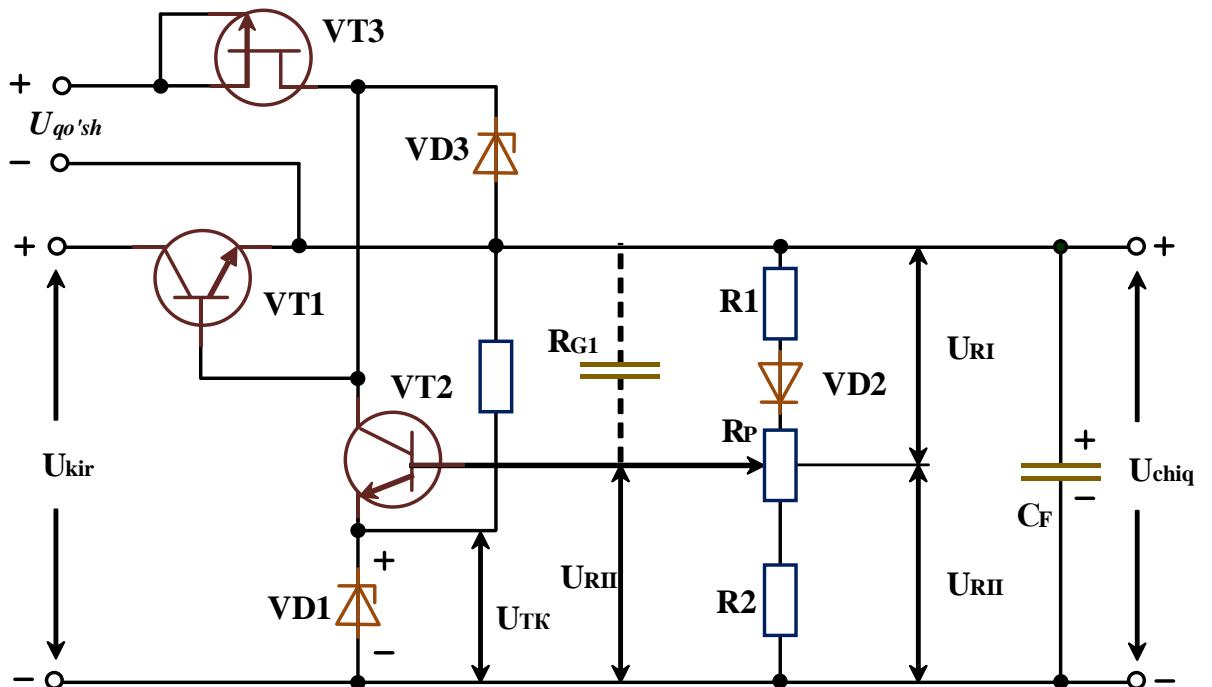
(7.7) va (7.8) ifodalardagi  $R_1$  ning o'rniga  $R_{K.EKV}$  ni ifodasining qo'yib bu sxema uchun  $\Delta U_{chiq}$  o'zgarishni va stabillash koeffitsiyentini hisoblash mumkin.

Tok stabilizatori sifatidi maydoniy tranzistor qo'llanilishi mumkin (7.5-rasm).



7.5-rasm. Tok stabilizatori sifatida maydoniy tranzistor qo‘yilgan stabilizator sxemasi

7.6-rasmda tasvirlangan stabilizator sxemasida o‘zgarmas tok kuchaytirgichi qo‘sishimcha ta’midot manbaidan ta’minlanadi. Qo‘sishimcha ta’midot manbai sifatida kremniyli stabilitron va maydoniy tranzistordan tuzilgan parametrik stabilizatordan foydalaniladi. Qo‘sishimcha ta’midot manbaining kuchlanishi stabilizatorning chiqish kuchlanishi bilan qo‘shiladi.



7.6-rasm. Qo‘sishimcha ta’mot manbaii qo‘yilgan stabilizator sxemasi

Stabilizatorning chiqish kuchlanishi o‘zgarganda, masalan,

ortganda bo‘lgichning pastki elkasidagi  $U_{RI}$  kuchlanish ortadi.  $VT2$  tranzistor bazasining musbat potensiali uning emitteriga nisbatan ortadi va buning natijasida uning baza va kollektor toklari ortadi. Bu sxemada  $R1$  rezistordagi kuchlanish qo‘s Shimcha manbaning kuchlanishi va  $VT1$  tranzistor baza-emitter kuchlanishi ayirmasiga teng, ya’ni  $U_{RI}=U_{VD3}-U_{EVT1}$ . Agar tranzistor kirish tavsifining nochiziqligidan baza-emitter kuchlanishining o‘zgarishini sezilarsiz ekanligini hisobga olsak,  $U_{VD3}$  kuchlanish qiymat jihatidan o‘zgarmaydi, u holda  $U_{RI}$  kuchlanishni o‘zgarmas deb hisoblash mumkin.  $U_{RI}$  kuchlanish o‘zgarmas bo‘lganigi uchun  $R1$  rezistor orqali oqib o‘tuvchi  $I_{RI}=I_{K2}+I_{b1}$  toklar yig‘indisini ham o‘zgarmas deb hisoblash mumkin.

$I_{K2}$  tokning ortishi  $VT1$  tranzistor  $I_{b1}$  baza tokining kamayishiga olib keladi ( $I_{RI}=const$ ).  $I_{b1}$  baza tokining kamayishi  $VT1$  tranzistorning kollektor-emitter kuchlanishini ortishiga olib keladi va stabilizator chiqishidagi kuchlanish o‘zining dastlabki qiymatigacha kamayadi.

O‘zgarmas tok kuchaytirgichi ta’midot kuchlanishini stabillash chiqish kuchlanishi o‘zgarishini kamaytirish imkonini beradi. Stabilizatsiya va pulsatsiyalarni silliqlash koeffitsentlari ortadi.

(7.7) ifodadagi  $\Delta U_{T.K.}$ ,  $\Delta I_{YU}$  va  $\Delta U_{T.K.}$  larni nolga tenglab bu sxema uchun stabilizatsiya koeffitsentini topish mumkin:

$$K_{ST} = \frac{K_{VT1} \cdot K_{VT2} \cdot \alpha \cdot \alpha' \cdot U_{chiq}}{U_{01}}. \quad (7.12)$$

Sxemaning silliqlash koeffitsiyenti taxminan stabilizatsiya koeffitsentiga teng.

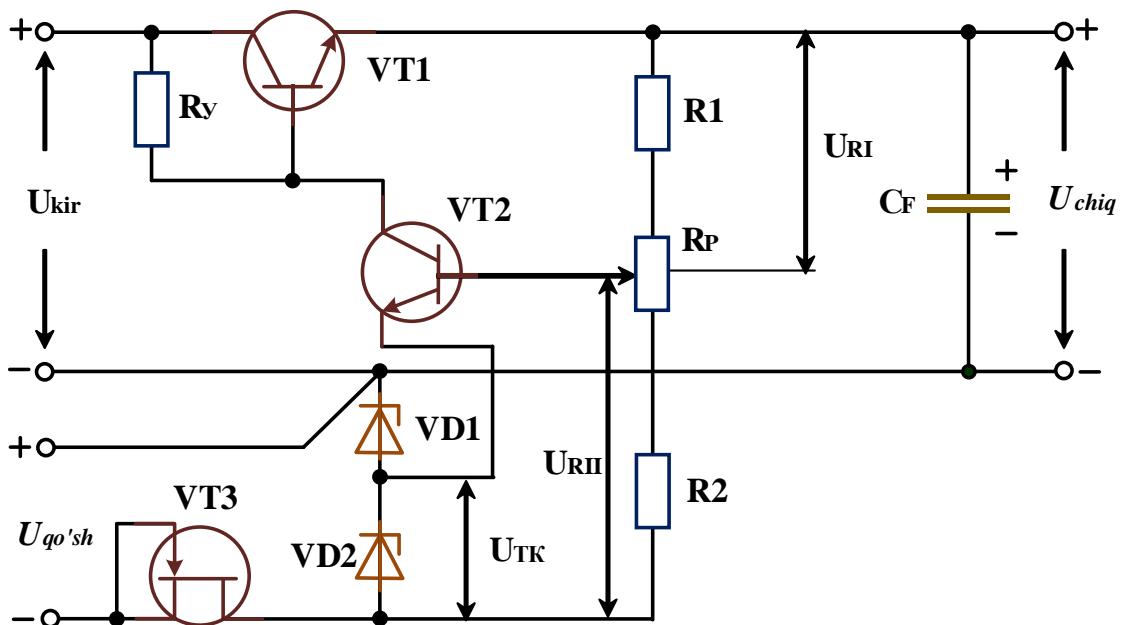
7.4, 7.5 va 7.6-rasmlardagi sxemalarni taqqoslanilganda eng katta stabilizatsiya koeffitsentiga stabillangan qo‘s Shimcha ta’midot manbaili sxema ega.

Ko‘rib chiqilgan sxemalarda tayanch kuchlanish manbai kuchaytiruvchi tranzistorning emitter zanjiriga qo‘yiladi va stabilizatorning chiqish kuchlanishidan ta’minlanadi.  $VT2$  tranzistor kollektor-emitter kuchlanishi  $U_{chiq}-U_{T.K.}$  kuchlanishlar farqiga teng. Bundan kelib chiqadiki,  $VT2$  tranzistor kollektor-emitter kuchlanishining minimal qiymatga ega bo‘lishi va  $VD1$  stabilitronning tok bo‘yicha zarur bo‘lgan rejimini ta’minalash uchun ko‘rib chiqilgan sxemada chiqish kuchlanishi tayanch kuchlanishidan doim katta bo‘lishi kerak. Kichik ( $U_{chiq} < U_{T.K.}$ ) chiqish kuchlanishlarini olish va agar chiqish

kuchlanishining keng doirada rostlanishi talab qilingan hollarda 7.7-rasmida tasvirlangan sxema qo'llaniladi. Bu sxemada tayanch kuchlanishi manbai  $VD1$  stabilitron hisoblanadi. Taqqoslovchi bo'lgich ( $R1, R_P, R2$ )  $U_{chiq} + U_{T.K.} + U_{VD2}$  yig'indi kuchlanishdan ta'minlanadi.

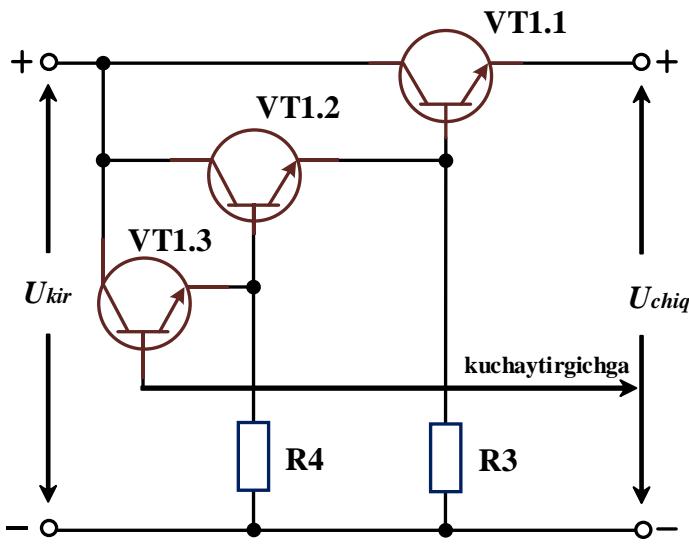
Chiqish kuchlanishi o'zgarganda bo'lgichning pastki elkasidagi  $U_{RII}$  kuchlanish o'zgaradi,  $VT2$  tranzistor bazasining potensialining o'zgarishi natijasida uning baza va kollektor toklari o'zgaradi. Demak  $VT1$  rostlovchi tranzistorning baza-emitter kuchlanishi o'zgaradi.  $VT1$  tranzistor baza-emitter kuchlanishining o'zgarishi uning kollektoridagi kuchlanishni o'zgarishiga olib keladi va chiqish kuchlanishi o'zining dastlabki qiymatiga qaytadi.

Ko'rib chiqilgan sxemalarning normal ishlashi uchun rostlovchi tranzistorining o'zgarmas tok kuchaytirgichi bilan tok bo'yicha moslashtirish zarur. Shuning uchun ko'p hollarda rostlovchi element tarkibiy tranzistorlar sxemasida (Darlington sxemasi) yig'iladi (7.8-rasm).



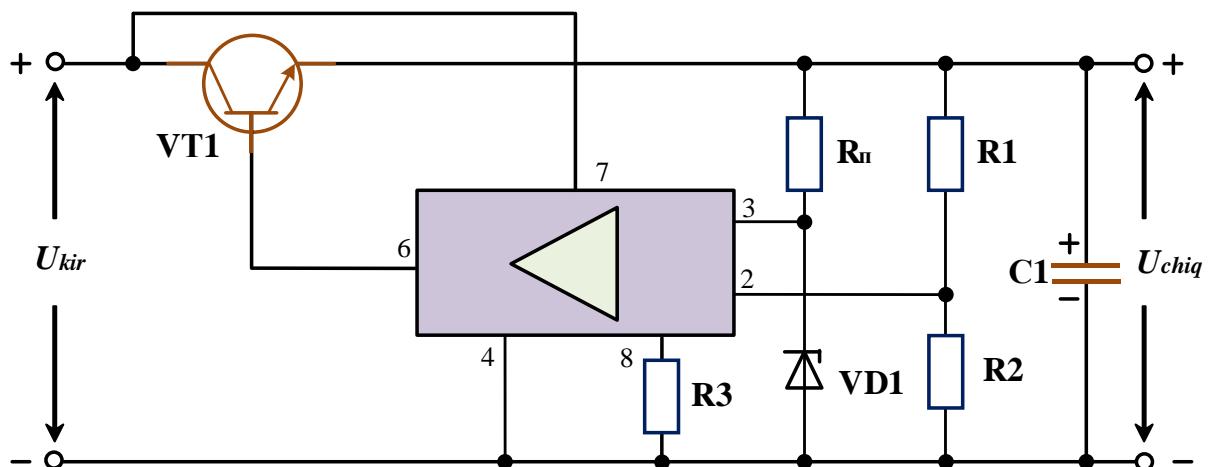
7.7-rasm. Chiqish kuchlanishini keng doirada rostlovchi stabilizator sxemasi

Bu sxemada rostlovchi element uchta  $VT1.1$ ,  $VT1.2$ ,  $VT1.3$  tranzistorlardan tashkil topgan.  $R3$ ,  $R4$  rezistorlar  $VT1.2$  va  $VT1.3$  tranzistorlar ishchi nuqtalarini aktiv sohadan chiqib ketmasligini, ya'ni tok bo'yicha ish rejimini ta'minlaydi.



7.8-rasm. Tarkibiy tranzistorlarda yig‘ilgan rostlovchi element sxemasi

Stabilizatorning chiqish kuchlanishini keng doirada rostlash talab qilinganda  $R3$ ,  $R4$ , rezistorlarni tok stabilizatorlariga almashtirish maqsadga muvofiqdir. O‘zgarmas tok kuchaytirgichi diskret elementlarda yoki operatsion kuchaytirgichlarda yig‘ilishi mumkin. Operatsion kuchaytirgichda yig‘ilgan stabilizator sxemasi 7.9-rasmda keltirilgan.



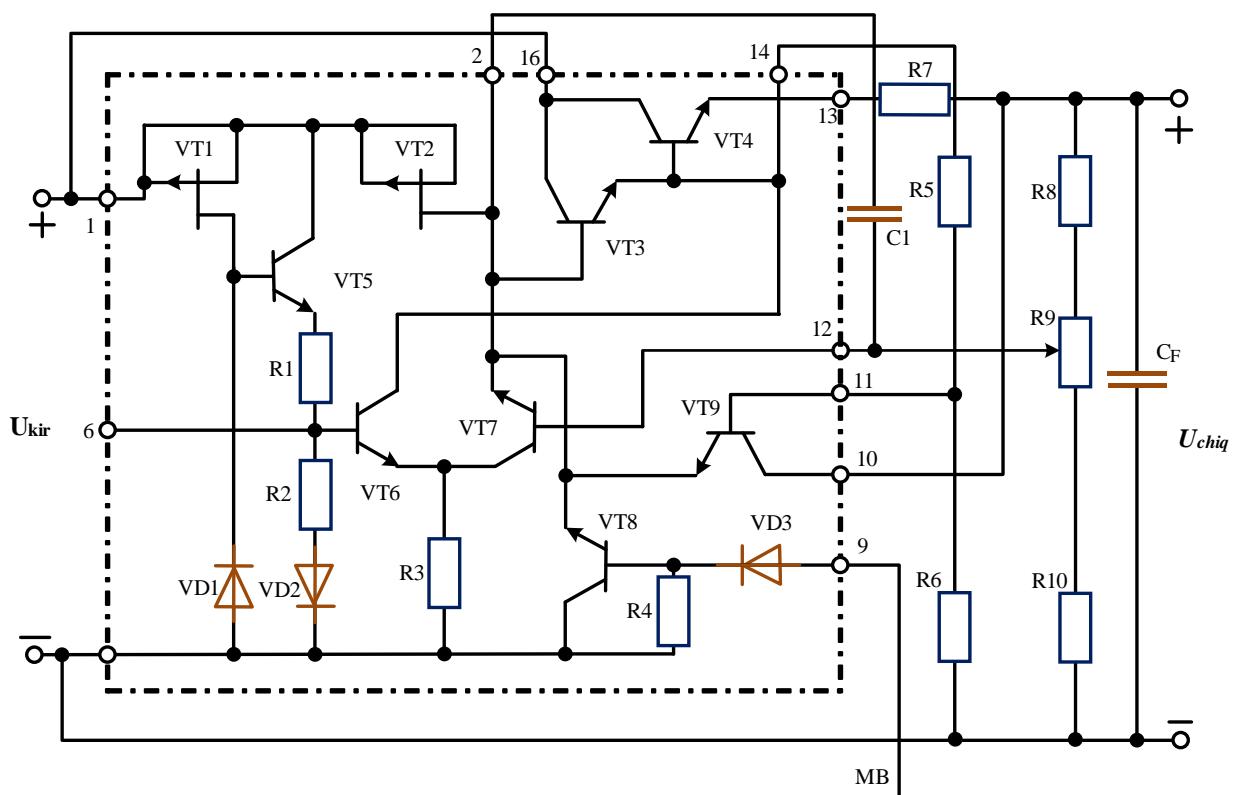
7.9-rasm. Operatsion kuchaytirgichda yig‘ilgan kompensatsion stabilizator sxemasi

Hozirgi vaqtida aloqa apparaturalarida integral mikrasxemalarda yig‘ilgan uzlusiz rostlovchi stabilizatorlar keng qo‘llanilmoqda.

K142EH1, 2 turdagи integral stabilizatorlar 3V dan 30V gacha chiqish kuchlanishini ta’minlashi mumkin. Bunda integral mikrosxemaga qator diskret elementlar ulanadi (7.10-rasm).

Mikrosxemalarning rostlovchi elementi  $VT4$ ,  $VT3$  tranzistorlarda Darlington sxemasi bo‘yicha yig‘ilgan.

Tayanch kuchlanishi manbai  $VT1$ ,  $VD1$ ,  $VT5$ ,  $R1$ ,  $R2$  va  $VD2$  elementlardan tuzilgan. Tayanch kuchlanishi mikrosxemaning 6 va 8 chiqishlardan olinadi.  $VT1$  maydoniy tranzistor va  $VD1$  stabilitron parametrik kuchlanish stabilizatorini tashkil qiladi.  $VT5$  tranzistor va  $R1$ ,  $R2$  rezistorlar talab kilgan tayanch kuchlanishini ( $U_{TK}=2,4V$ ) bo‘lishini ta’minlaydi.  $VD2$  diod tayanch kuchlanishini harorat bo‘yicha stabillanishini amalga oshiradi. O‘zgarmas tok kuchaytirgichi  $VT6$ ,  $VT7$  tranzitorlarda nosimmetrik differensial sxemada yig‘ilgan.  $VT7$  tranzistorining kollektor yuklamasi  $VT2$  maydoniy tranzistor hisoblanadi.  $R3$  rezistordagi kuchlanish  $U_{T.K}$  kuchlanishga teng.



7.10-rasm. K142 EN1(2) mikrosxema asosida yig‘ilgan stabilizator sxemasi

Stabilizatorni qisqa tutashuvdan va ortiqcha kuchlanishlardan himoyalash uchun sxemaga  $VT9$  tranzistor qo‘yilgan, stabilizatorni tashqi signal orqali uzish yoki ulash uchun  $VT8$  tranzistor qo‘ylgan.

Integral stabilizatorni ishlashi uchun sxemaga  $R8$ ,  $R9$ ,  $R10$  kuchlanish bo‘lgichi, chiqish sig‘imi  $C_F$  va himoyalash zanjiri rezistorlari  $R5-R7$  ulangan. Sxemaning ishlash prinsipi quydagicha

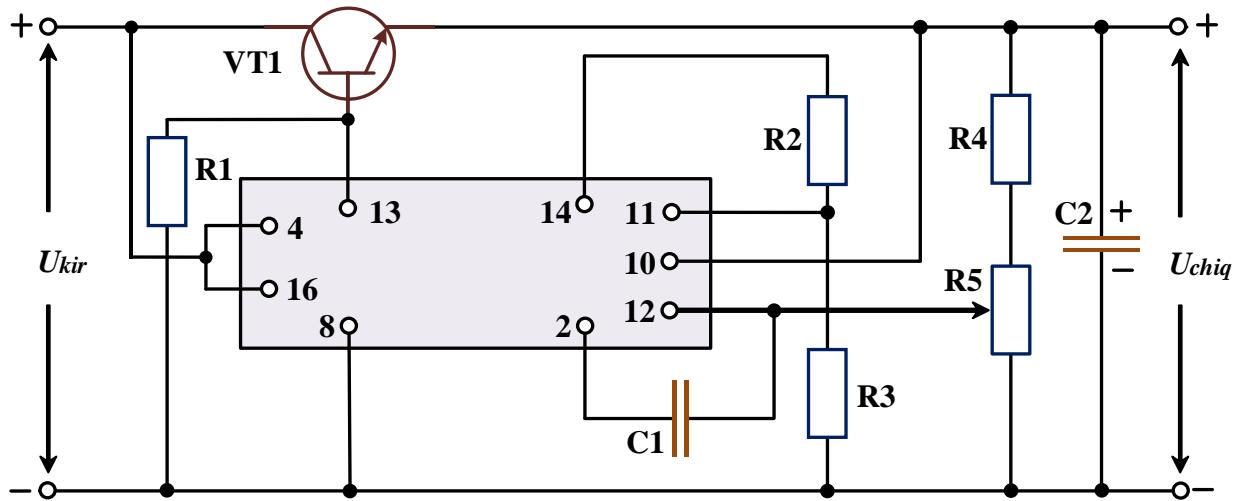
tartibda amalga oshadi. Kirish kuchlanishi o'zgarganda masalan, ortganda dastlab chiqish kuchlanishi, pastki elka rezistoridagi  $U_{R10}$  kuchlanish ortadi. Buning natijasida VT7 tranzistor bazasidagi musbat potensial va uning baza, kollektor toklari ortadi, natijada VT3, VT4 tranzistor baza toklari kamayadi va VT4 tranzistor kollektor-emitter kuchlanishi ortadi.

VT4 tranzistor kollektor-emitter kuchlanishining ortishi chiqish kuchlanishining dastlabki qiymatiga qaytishiga olib keladi. Chiqish kuchlanishini rostlash sxemada R10 o'zgaruvchan rezistor orqali amalga oshiriladi.

Stabilizatori qisqa tutashuv va ortiqcha yuklanishidan himoyalash sxemasining ishlash prinsipi tarkibiy tranzistorlarning yopilishiga asoslangan. Normal rejimda R7 rezistordagi (tok xabarchisi) kuchlanish R5 rezistordagi kuchlanishdan kichik, VT9 tranzistor bazasi emitteriga nisbatan manfiy potensialiga ega bo'ladi va VT9 tranzistor yopiq bo'ladi. Qisqa tutashuv yoki ortiqcha yuklanishlarda R7 rezistordagi kuchlanishi ortadi. R7 rezistoridagi kuchlanish R5 rezistordagi kuchlanishdan ortishi bilan VT9 tranzistor bazasining potensiali kollektoriga nisbatan musbat bo'lib qoladi va VT9 tranzistor ochiladi. VT9 tranzistorning ochilishi bilan uning baza va kollektor toklari ortadi. VT9 tranzistor kollektor tokining ortishi VT3, VT4 tranzistorlar baza toklarini kamaytiradi va bu bilan rostlovchi tranzistorlar yopiladi.

K142EH3 va K142EH4 turdag'i integral stabilizatorlar chiqish kuchlanishining 3...30V diapazonini olishni ta'minlaydi. Bunda ruxsat etilgan maksimal tok 1A ni, maksimal quvat esa 1,4Vt ni (radiatorsiz) tashkil qiladi. K142EH5A va K142EH5B turdag'i integral mikrosxemalar bir nominaldagi 5V va 6V kuchlanishlarni olinishini ta'minlaydi. Bunda ruxsat etilgan maksimal tok 3A ni, maksimal quvat esa 1, 2Vt ni (radiatorsiz) tashkil qiladi. KR142EN6 turdag'i integral stabilizatorlar  $\pm 5 \dots \pm 25$  diapazondagi ikki qutbli chiqish kuchlanishini olish imkonini beradi. Bunda yuklama toki 0,2A ni tashkil qiladi. KR142EN8 va KP142EH9 turdag'i integral stabilizatorlar 1,5A yuklama tokida 9, 12, 15, 20, 24, 27 V nominallardagi chiqish kuchlanishlarini olishni ta'minlaydi. Keyingi vaqtarda chiqish kuchlanishi rostlanadigan KP142EH12, KP142EH14, KP142EH18 KP1151EH1 va bir nominal chiqish kuchlanishini beruvchi KP142EH15 seriyalardagi integral stabilizatorlar yaratildi. Ularning parametrlari ilovalarda keltirilgan. Agar integral mikrosxemalar talab qilingan yuklama tokini ta'minlay-

olmasa, ularga tashqi rostlovchi tranzistor ulanishi mumkin. Qo'shimcha tranzistorli K142EH1 integral mikrosxema bazasida yig'ilgan stabilizator sxemasi 7.11-rasmda keltirilgan.



7.11-rasm. K142EH1 integral mikrosxema bazasida yig'ilgan qo'shimcha tranzistorli stabilizator sxemasi

**Kompensatsion tiristorli kuchlanish stabilizatorlari<sup>63</sup>.** Bu stabilizatorlarda to'g'rilash va stabilizatsiyani rostlash vazifasi umumlashtirilgan.

Tiristorli stabilizatorlar o'zgarmas va o'zgaruvchan toklarda ishlashlari mumkin.

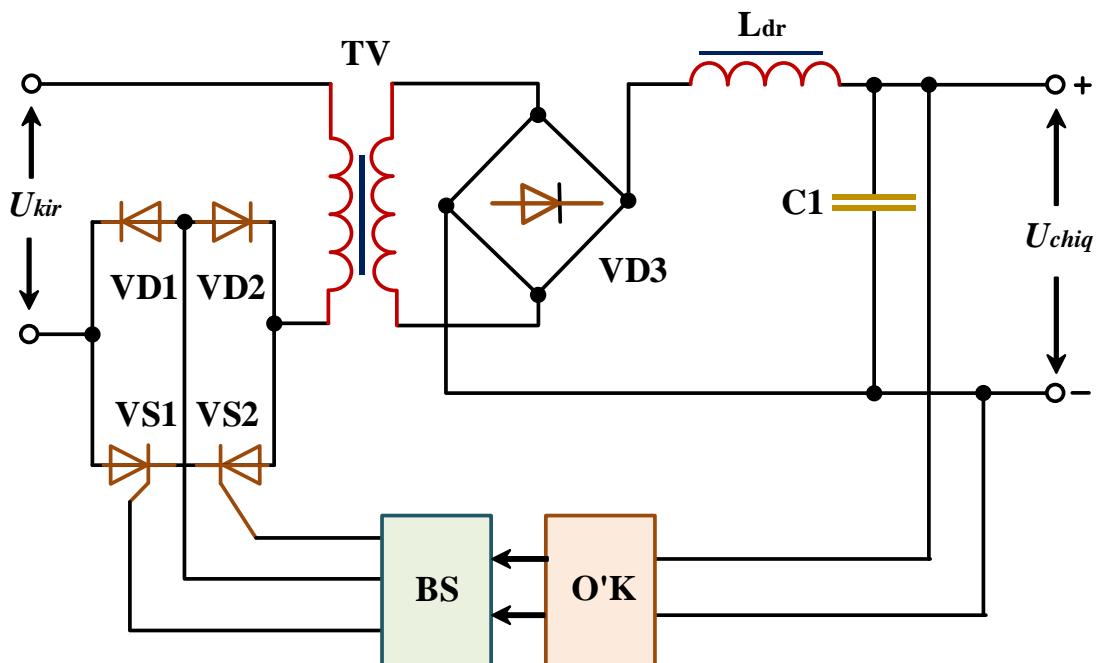
Kompensatsion tiristorli stabilizatorning prinsipial sxemasi 7.12-rasmda keltirilgan.

Rostlovchi element transformatorning birlamchi cho'lg'ami zanjiriga, ya'ni o'zgaruvchan tok tomoniga ulanadi. Rostlovchi element ikkita qarama-qarshi va ketma-ket ulangan VS1 va VS2 tiristorlardan, VD1 va VD2 diodlardan tashkil topgan. VD1 va VD2 diodlar tiristorlarni shuntlaydi va tiristor yopiq bo'lganida o'zgaruvchan tokni o'tishi uchun kiritiladi. Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amiga  $\Gamma$ -simon LC filtri ko'priksimon to'g'rilash sxemasi qo'yiladi. Teskari aloqani o'lchovchi kuchaytiruvchi ( $O'K$ ) va tiristorni boshqarish sxemasi ( $BS$ ) tashkil qiladi.

Chiqish kuchlanishi o'zgarganida  $O'K$  qism farq signali ishlab chiqaradi. Bu signal tiristorlarni boshqarish sxemasiga beriladi. Bu yerda  $BS$  rostlash burchagini boshqaradi. Teskari aloqaning ta'siri natijasida

<sup>63</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

chiqish kuchlanishi ortganida rostlash burchagi ortadi, bu transformator birlamchi va ikkilamchi cho‘lg‘amlaridagi kuchlanishning kamayishiga olib keladi. O‘lchovchi kuchaytiruvchi qism ( $O'K$ ) sifatida tranzistorlardan yoki operatsion kuchaytirgichlardan foydalanish mumkin.



7.12-rasm. Kompensatsion tiristorli stabilizatorning sxemasi

### 7.5. Impulsli stabilizatorlar<sup>64</sup>

O‘zgarmas kuchlanishli impuls stablizatorlari rostlovchi elementning kalit rejimida ishlashi bilan chiziqli stablizatorlardan farqlanadi.

Tranzistorning kalit rejimida ishlashi ishchi nuqtaning kesish sohasidan to‘yinish sohasiga tez o‘tishi orqali xarakterlanadi. Bunda rostlovchi tranzistordagi quvvat ajralishi chiziqli stabilizatorlarga qaraganda ancha kichik. Shuning uchun tranzistorning kalit rejimida ishlatilishi stabilizatorning FIKini oshirishga va hajmini kamaytirishga imkon beradi<sup>65</sup>.

Impulsli stabilizatorlar kenglik-impuls modulyasiyalı (*KIM*) va releli (ikki pozitsiyali rostlashli) stabilizatorlarga bo‘linadi.

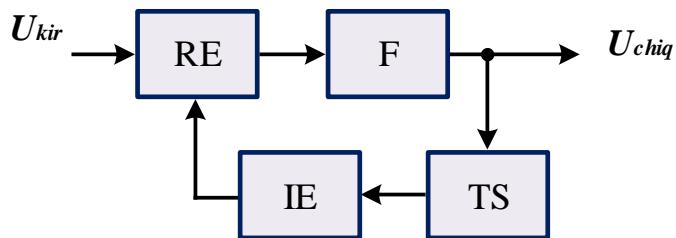
*KIM*li stabilizatorlarda impuls element sifatida generator

<sup>64</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув кўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

<sup>65</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

ishlatiladi. Bu generator impulsining kengligi va pauzasi impuls elementning kirishiga, taqqoslash sxemasining chiqishidan beriladigan doimiy signalga bog'liq ravishda o'zgaradi.

O'zgarmas kuchlanish to'g'rilagichdan yoki akkumulyatordan rostlovchi elementga beriladi, keyin esa silliqlovchi filtr orqali stabilizatorning chiqishiga beriladi (7.13-rasm).



7.13-rasm. Impulsli stabilizatorning tuzilish sxemasi.

Stabilizatorning chiqish kuchlanishi taqqoslash sxemasida tayanch kuchlanishi bilan taqqoslanadi va farq signali o'zgarmas tok signalini ma'lum kenglikdagi impulslargaga aylantiradigan qurilma kirishiga beriladi. Impulslar kengligi tayanch va o'lchangan kuchlanishlar farqiga proporsional ravishda o'zgaradi.

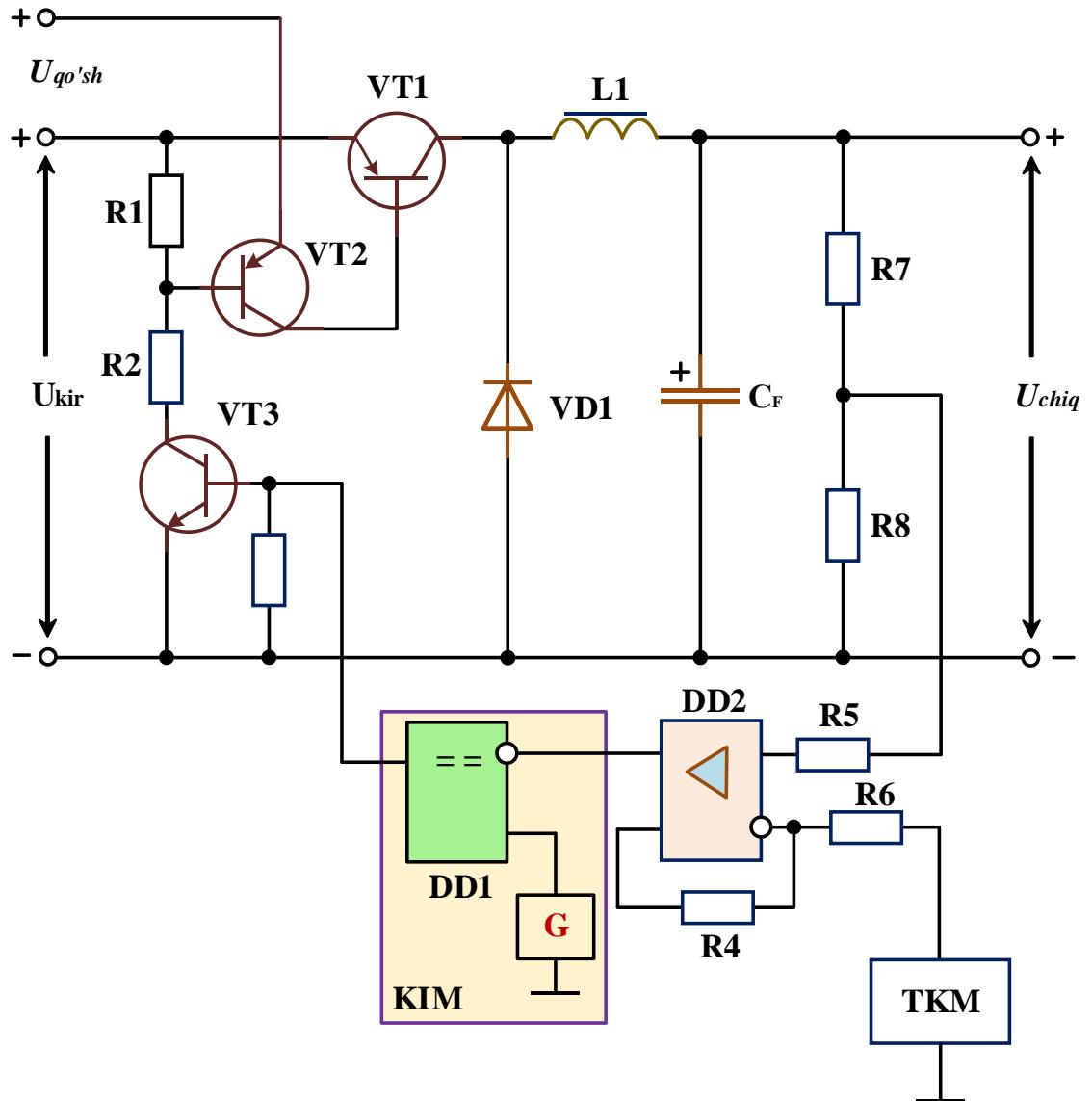
O'zgarmas tokni impuls larga o'zgartiruvchi qurilma chiqishidagi signal rostlovchi tranzistorga beriladi.

Rostlovchi tranzistor davriy ravishda qayta ulanadi va filtr chiqishidagi kuchlanishning o'rtacha qiymati tranzistorning ochiqligi va yopiqligi orasidagi intervallarga bog'liq bo'ladi. Stabilizator chiqishidagi kuchlanish o'zgarsa, o'zgarmas tok signali o'zgaradi, demak pauza va impuls orasidagi munosabat o'zgaradi va chiqish kuchlanishining o'rtacha qiymati dastlabki qiymatga qaytadi.

Kenglik-impulsli modulyasiyalı impuls stabilizatorining principial sxemasi 7.14-rasmda keltirilgan. Stabilizatorning kuch zanjiri kuch kaliti  $VT1$  tranzistor va  $LCD$  filtrdan tashkil topgan. Boshqarish sxemasi kuch kalitini boshqarish impulsalarini shakllantiradi va ularning kengligini boshqaradi. Yordamchi tranzistorlar  $VT2$  va  $VT3$ ,  $VT1$  tranzistorning baza-emitter o'tishiga boshqarish sxemasidan keladigan boshqarish signalini o'tkazishni ta'minlaydi ( $VT1$  tranzistorning baza-emitter o'tishi boshqarish sxemasi bilan umumiyluq nuqtaga ega emas).

$VT3$  tranzistorni  $U_T$  signal orqali ochilishi  $VT2$  tranzistor kollektor zanjirida tokni vujudga keltiradi va  $VT2$  tranzistor ochiladi. O'z navbatida  $VT2$  tranzistor ochilishi rostlovchi tranzistor bazasini  $U_{kir}$

manbaning musbat qutbi bilan tutashtiradi va baza tokining ortishi bilan  $VT1$  tranzitor ochiladi  $U_T$  signalning 0 sathida  $VT3$ ,  $VT2$  tranzistor yopiladi, keyin esa  $VT1$  tranzistor ham yopiladi.



7.14-rasm. Kenglik-impuls modulyasiyalı impulsli stabilizatorining prinsipial sxemasi

Stabilizatorning boshqarish sxemasi  $R1$ ,  $R2$  kuchlanish bo‘lgichi, tayanch kuchlanish manbai, farq signalini kuchaytirgichi va kenglik-impuls modulyatoridan iborat. Farq signalini kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti  $K_u=R_{TA}R_{kir}$  ga teng. *KIM* kuchaytirgich chiqishidagi analog  $U_U$  signalni kuch kalitini boshqaruvchi diskret signalga aylantiradi.

Kenglik-impulsli modulyasiya  $DA2$  kuchlanish komparatori va  $G$  arrasimon kuchlanish generatori dan iborat.  $DA2$  komparatorning invers

kirishiga  $U_U$  boshqaruvchi signal, to‘g‘ri kirishiga esa arrasimon signal beriladi. Komparatorning chiqishida birlik sathli  $U_T$  signal, arrasimon  $U_G$  signalning sathi boshqaruvchi  $U_U$  signalning sathidan katta bo‘lgan vaqt intervallarida ( $t_1-t_2$ ,  $t_3-t_4$ ) shakllanadi. Diagrammalardan ko‘rinib turibdiki  $U_U$  signal sathining kamayishi  $KIM$  signalining  $TI$  kengligini oshirishni keltirib chiqaradi.

KIMning uzatish koeffitsenti quyidagiga teng:

$$K_{KIM} = \frac{T_I}{U_U} = -\frac{T}{U_{PM}}, \quad (7.13)$$

bu yerda  $T$  – o‘zgartirish chastotasining davri (arrasimon signal chastotasining davri);  $U_{PM}$  – arrasimon signalning qadami.

$VT1$  rostlovchi tranzistorning davriy ravishda qayta ulanishi filtr kirishida kengligi  $T_I$  va balandligi  $A=U_{kir}-U_{KEVTI}\approx U_{kir}$  bo‘lgan kuchlanish impulslarini vujudga keltiradi. Bu kuchlanishning o‘zgarmas tashkil etuvchisi quydagiga teng bo‘ladi:

$$U_{OI} = \frac{(U_{kir} - U_{KEVTI}) \cdot T_I}{T} \approx U_{kir} \cdot K_3, \quad (7.14)$$

bu yerda  $K_3=T_I/T$  – boshqarish impulslarining to‘ldirish koeffitsiyentidir.

Kuch zanjirini impuls qismining statik uzatish koeffitsiyenti  $K_I=U_{OI}/T_I$  tushunchasini e’tiborga olgan holda quydagiga ega bo‘lamiz:

$$K_I = \frac{(U_{kir} - \Delta U_{KE}) \Delta T_I / T}{\Delta T_I} \cdot \frac{U_{kir} - \Delta U_{KE}}{T}. \quad (7.15)$$

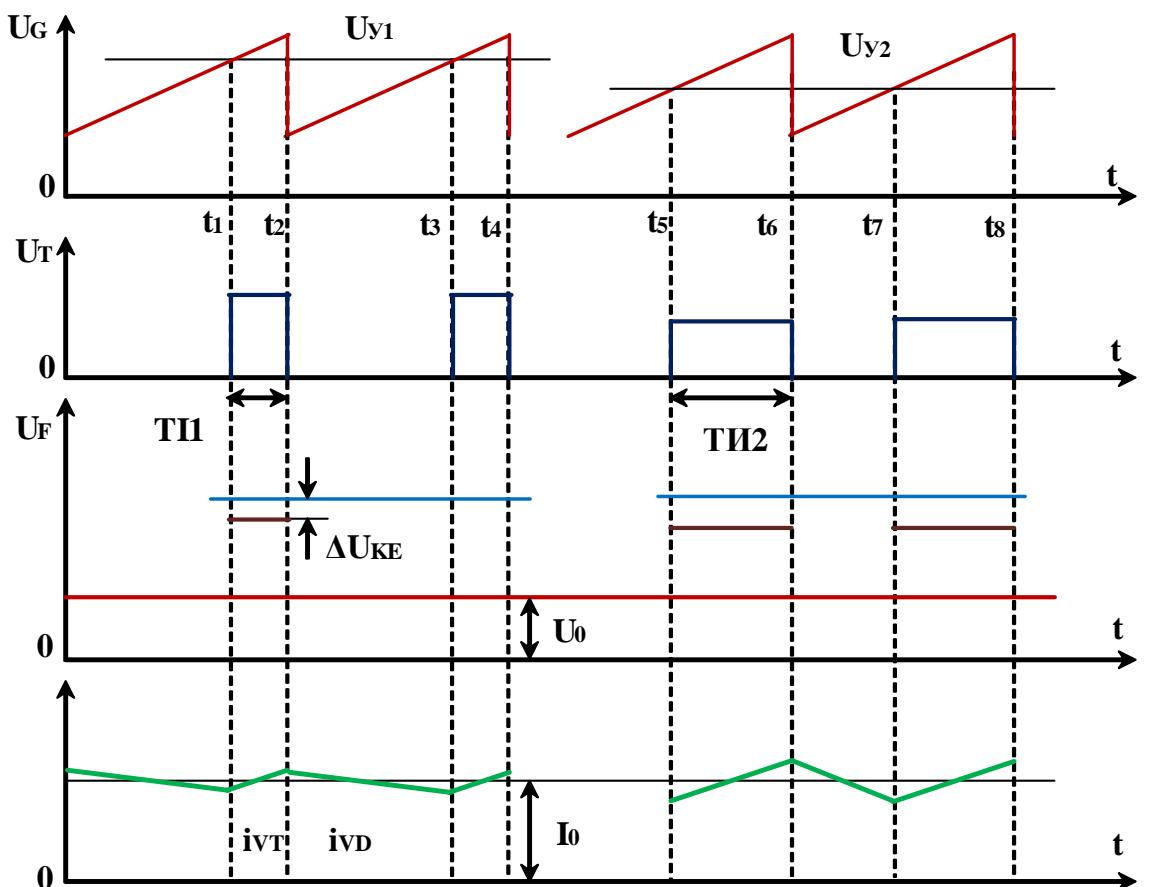
(7.14) va (7.15) larni hisobga olgan holda stabilizatorning statik o‘tkazish koeffitsiyentini aniqlaymiz:

$$\begin{aligned} K_{halqa} &= K_D \cdot K_U \cdot K_{KIM} \cdot K_I \cdot \eta_F = \\ &= \frac{R2}{R2 + R1} \cdot \frac{R_{TA}}{R_{kir}} \cdot \frac{(U_{kir} - U_{KEVTI})^2 \cdot \eta_F}{U_{PM} \cdot T}, \end{aligned} \quad (7.16)$$

bu yerda  $K_D=R2/(R1+R2)$  – teskari aloqa zanjiridagi rezistiv bo‘lgichning bo‘lish koeffitsiyenti;  $\eta_F$  – silliqlovchi filtrning FIKi;  $U_{KEVTI}$  –  $VT1$  ochiq tranzistordagi quvvat isrofi. Manfiy ishora teskari aloqaning manfiyligini ko‘rsatadi.

Stabilizatorning ishslash jarayonini unga ta'sirning o'zgarishi orqali oson kuzatish mumkin. Masalan, ta'sirni o'zgarishigacha  $U_{kir}$  kirish kuchlanishda (7.15-rasm) boshqarish zanjiri kengligi  $T_{II}$  bo'lgan  $U_{TII}$  impulslarini shakllantiradi.

Kirish kuchlanishi  $U_{kir}$  qiymatga kamayganda (hozircha  $TA$  zanjiri bu ta'sir o'zgarishidan chetda bo'ladi) dastlab filtr kirishidagi kuch tranzistori hosil qiladigan impulslar yuzasi mos ravishda kamayadi. Buning natijasida chiqish kuchlanishinig o'zgarmas tashkil etuvchisi  $U_0$ , teskari aloqa signali  $U_{TA}$ , farq signali  $U_F$  va kuchaytirgich chiqish signali  $U_U$  kamayadi. Kuchaytirgichning chiqish signali  $U_U$  komparatorning invers chiqishiga ta'sir qiladi va  $U_T$  impulslar kengligini  $T_{II}$  qiymatgacha oshiradi. Bunga mos ravishda kalit chiqishidagi impulslar yuzasi va ularning o'zgarmas tashkil etuvchisi ortadi.

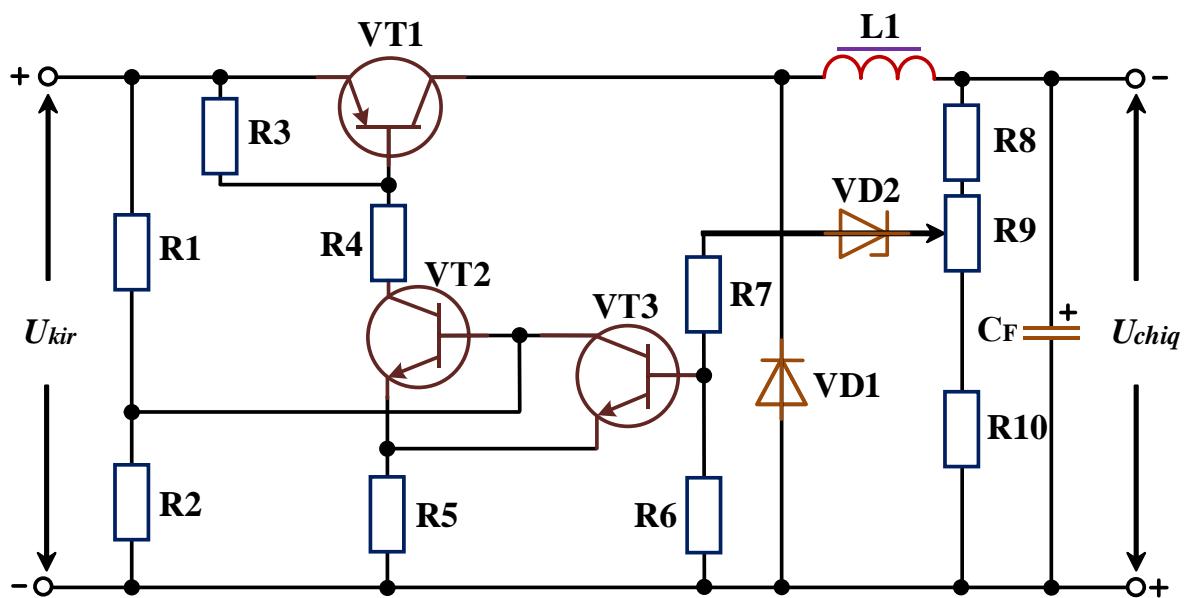


7.15-rasm. Kenglik-impuls modulyasiyali impuls stabilizatorining vaqt diagrammalari

7.16-rasmida releli (ikki pozitsiyali) impulsli stabilizator sxemasi keltirilgan. Bunda rele element sifatida  $VD2$  stabilitron qo'llanilgan.

Stabilizatorning ishslash prinsipi quyidagicha: stabilizator kirishiga

$U_{kir}$  kirish kuchlanishi berilganda VT2 tranzistor bazasi va  $R1$   $R2$  kuchlanish bo‘lgichlari orqali tok oqib o‘ta boshlaydi. VT2 tranzistor ochilib VT2 rostlovchi tranzistor baza toki uchun elektr zanjirini ta’minlaydi. Natijada VT1 tranzistor ochiladi va kuchlanish silliqlovchi filtr kirishiga beriladi. Rostlovchi tranzistor ochiq holatda VD2 stabilitron ochilguncha bo‘ladi. VD2 stabilitron ochilgandan keyin VT3 tranzistor bazasidan tok oqib o‘tishi bilan u ochiladi va VT2 tranzistor kirishini qisqa tutashtiradi. Bu VT2 tranzistorning yopilishiga olib keladi va demak rostlovchi tranzistor ham yopiladi. Stabilizator chiqishidagi kuchlanish avvaliga ortishini davom ettiradi, maksimal qiymatga etgach, kamayadi.



7.16-rasm. Rele element sifatida stabilitron qo‘llanilgan impulsli stabilizatorning prinsipial sxemasi

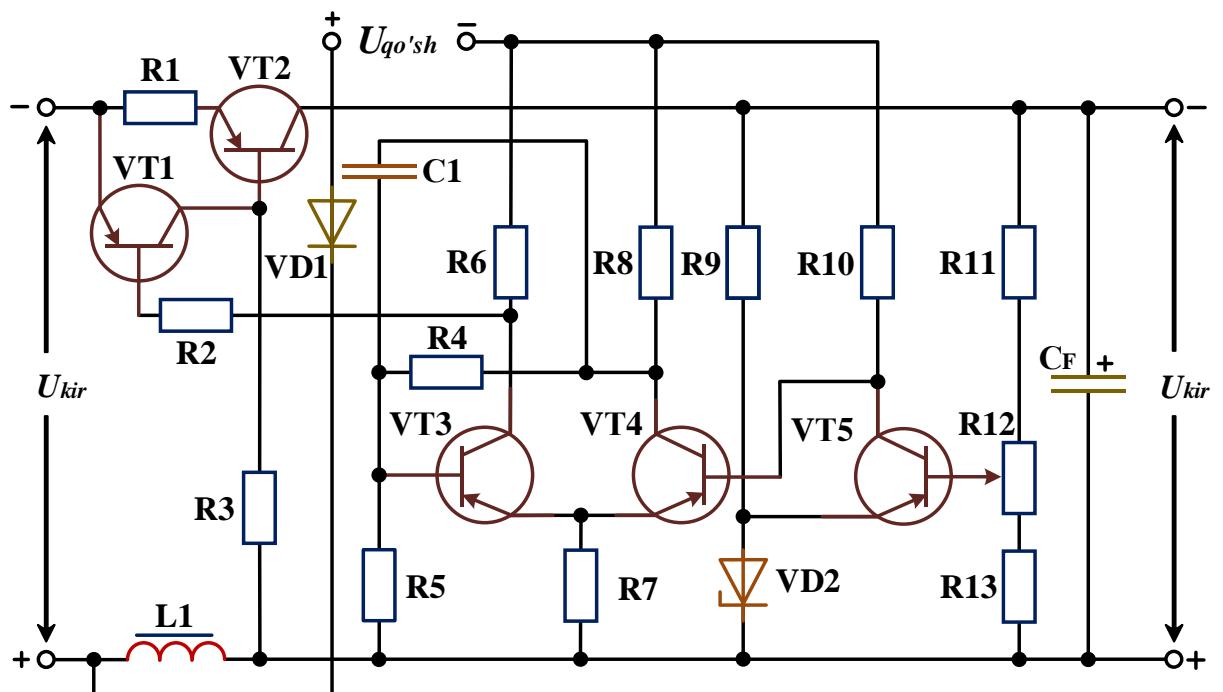
Chiqish kuchlanishining qandaydir bir qiymatida VD2 stabilitron yopiladi va bu VT3 tranzistorning yopilishiga, VT1, VT2 tranzistorlarning ochilishiga olib keladi. Stabilizator chiqishidagi kuchlanish avvaliga kamayishni davom ettiradi, minimal qiymatga etgach ortadi. VD2 stabilitronning keyingi ochilishida rostlovchi tranzistor ochiladi va va yuqoridagi jarayon takrorlanadi. Stabilizator chiqishidagi kuchlanishning ortishi (kamayishi) mos ravishda rostlovchi tranzistor yopiq holati uzunligining kamayishi (ortishiga) olib keladi, buning natijasida chiqish kuchlanish deyarli o‘zgarmas darajada ushlab turiladi.

7.17-rasmda keltirilgan rele tipidagi impuls stabilizator sxemasida

rele element sifatida Shmitt triggeri qo'llanilgan.

Shmitt triggeri  $VT3$  va  $VT4$  tranzistorlarida yig'ilgan bo'lib tarkibiy rostlovchi tranzistorlarni boshqaradi.

$U_{KIR}$  kirish kuchlanishi berilganda triggerning  $VT4$  tranzistori ochiladi. Uning baza toki  $R10$  rezistor,  $U_{qo'sh}$  qo'shimcha ta'minot manbai va ochilgan  $VT1$  va  $VT2$  tranzistorlar orqali oqib o'tadi.  $VT2$  tranzistorning baza toki qo'shimcha ta'minot manbaidan beriladi va  $R2$ ,  $R_6$  rezistorlar qarshiliklari orqali cheklanadi. Bunda o'zgarmas tok kuchaytirgichning  $VT5$  tranzistori yopiq bo'ladi.



7.17-rasm. Shmitt triggerli rele tipidagi impulsli stabilizatorning prinsipial sxemasi

Stabilizator chiqish kuchlanishi ortganda  $VT5$  tranzistorning kollektor toki ortadi.  $VT5$  tranzistorning kollektor tokining ortishi  $VT4$  tranzistor baza tokining kamayishiga olib keladi.  $VT4$  tranzistor baza tokining qandaydir bo'sag'aviy qiymatida Shmitt triggeri ishlab ketadi va dastlabki holatiga qarama-qarshi bo'lgan holatga o'tadi.  $VT4$  tranzistor ichki musbat aloqa orqali yopiladi va avval yopiq bo'lgan  $VT3$  tranzistor ochiladi.

$VT3$  tranzistorning ochilishi  $R6$  rezistor orqali oqib o'tadi tokni ortishiga olib keladi va undagi kuchlanishning kamayishi  $U_{qo'sh}$  qiymatdan ortiq bo'ladi. Bu rostlovchi tranzistorning yopilishiga olib keladi va chiqishidagi kuchlanish kamayadi.

Chiqish kuchlanishning kamayishi VT5 tranzistori kollektor tokining kamayishiga VT4 tranzistori baza tokining ortishiga olib keladi. SHmitt triggeri dastlabki holatiga qaytadi va rostlovsiga tranzistor yana ochiladi. Bu chiqish kuchlanishning ortishiga olib keladi.

**Impulsli stabilizatorlarning kenglik-impuls modulyasiyalı boshqarish zanjirlari<sup>66</sup>.** Xatolik signalini KIMli impulsli kuchlanishga o‘zgartirishda turli xil qurilmalar ishlataladi. Bunday qurilmalar raqamli texnika elementlarida yig‘ilishi mumkin. Shunga ko‘ra moduyasiyalovchi analog xatolik signalini impuls kengligini modulyasiyalashli impuls kuchlanishga o‘zgartirish uslubi keng qo‘llaniladi. Bu uslub modulyaslovchi signalni arrasimon kuchlanishga taqqoslashga asoslangan. Analog signal arrasimon kuchlanishda ortganda KIMli impuls shakllanadi. Shunday kilib, impulsarning takrorlanish davri arrasimon kuchlanish orqali, ularning uzunligi esa xatolik signalining sathi orqali aniqlanadi.

Hozirgi payta deyarli butun boshqarish zanjiri bitta kristalda katta mikrosxema tarzida yig‘ilishi mumkin. Bunday mikrosxemalar tarkibiga KIM modulyatoridan tashqari tayanch kuchlanishi manbai, tranzistorlar uchun impulsurni shakllantirish kuch zanjirlari va himoyalash zanjirlari kiradi. K142ЕП1 mikrosxema besh funksional qismdan: tayanch kuchlanishi manbai, teskari aloqa kuchaytirgichi, KIM zanjiri, boshqarish impulsari kuchaytirgichi va kichik quvatli tranzistorlardan iborat. Kichik yuklama toklarida (50mA gacha) mikrosxemani tugallangan stabilizator sifatida, katta yuklama toklarida esa impulsli stabilizatorlar katta quvvatli kuch tranzistorlarini boshqarish sxemasi sifatida ishlatalish mumkin.

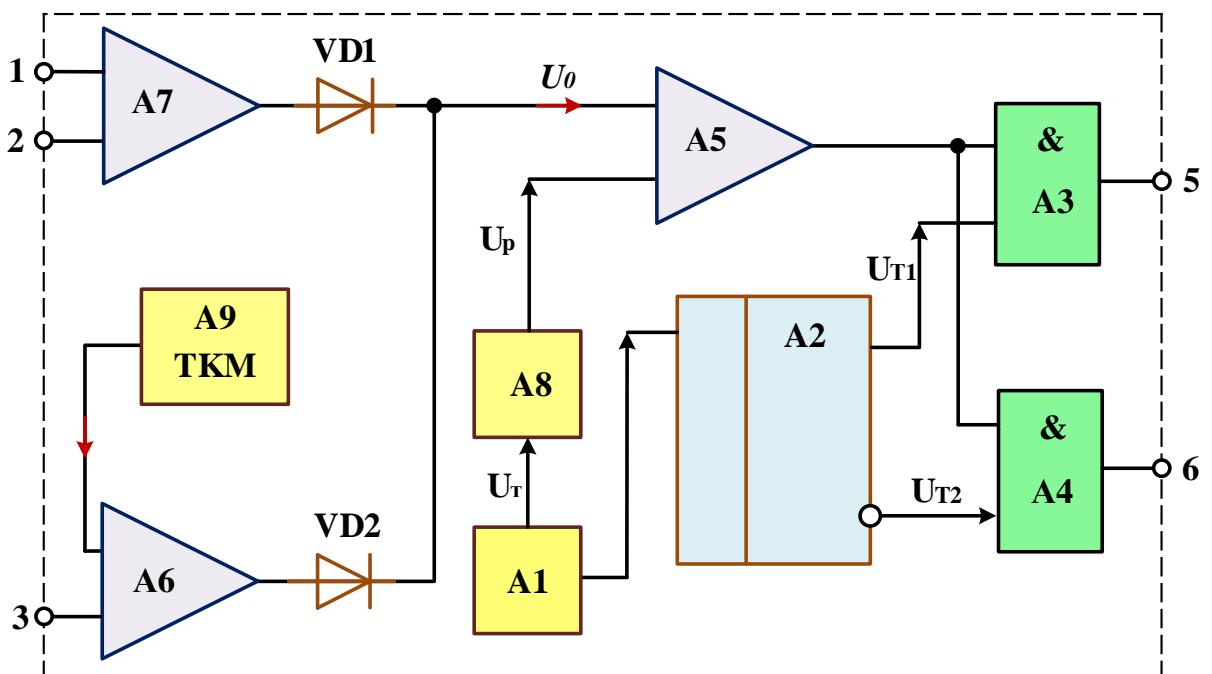
7.18-rasmda tasvirlangan katta integral mikrasxema tarkibiga A1 takt impulsari generatori, A8 arrasimon kuchlanish generatori, A6 teskari aloqa kuchaytirgichi, A9 tayanch kuchlanishi manbai, analog xatolik signalini arrasimon kuchlanish bilan farqini kuchaytirgichi, yani A5 KIM zanjiri, A3 va A4 moslashtirish sxemalarida yig‘ilgan chiqish kuchaytirgichlari va A2 hisoblash triggeri kiradi. Chiqish kuchlanishiga proporsional bo‘lgan analog signal kuchlanish bo‘lgichidan 3 kirishga beriladi va A6 operatsion kuchaytirgichda A12 dan olingan tayanch kuchlanishi bilan taqqoslanadi.

Xatolik signali kuchaytirgichi chiqishidagi analog signal A9 KIM

---

<sup>66</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

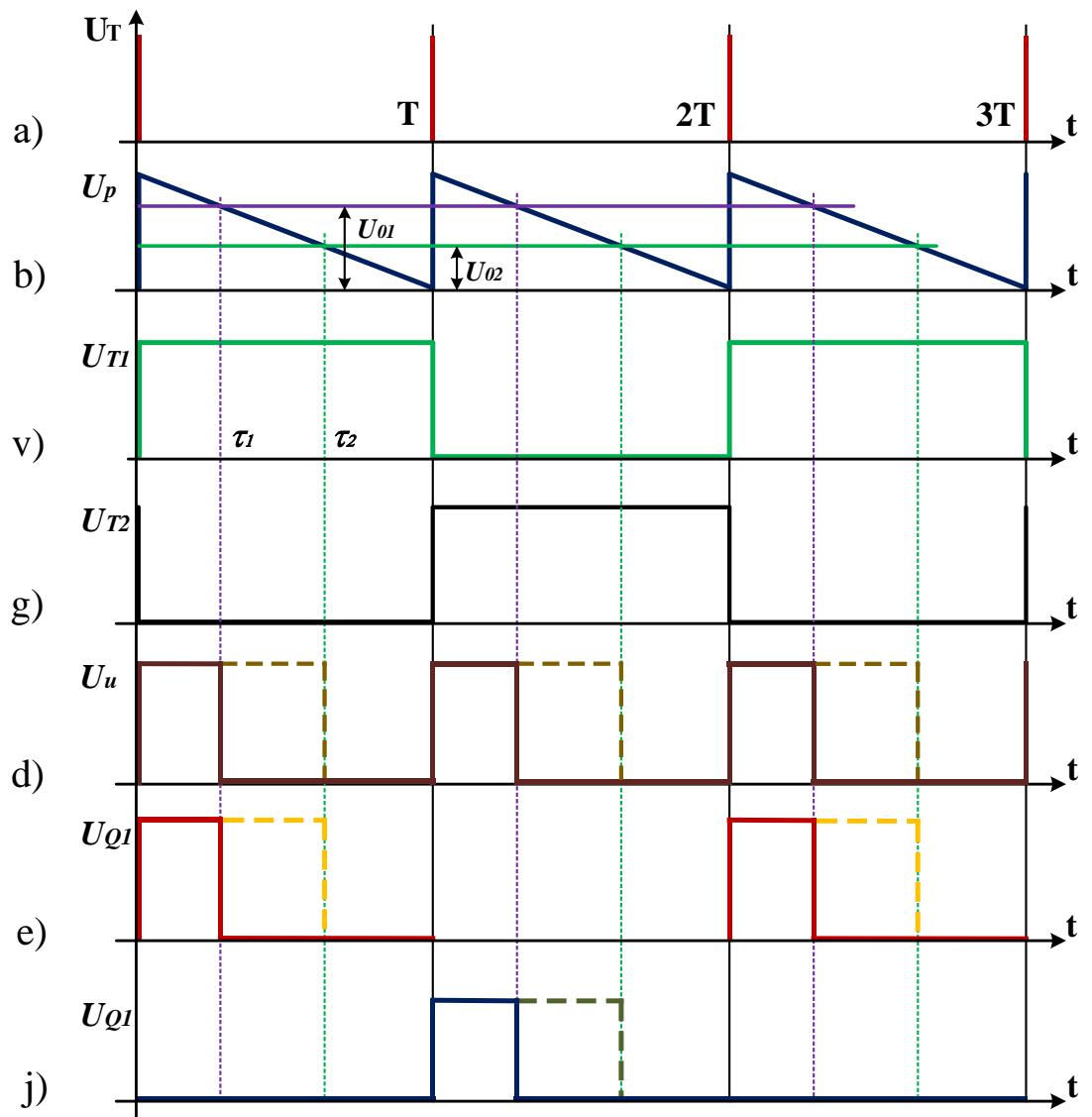
komparatori kirishlaridan biriga beriladi. Bu komparatorning ikkinchi kirishiga arrasimon kuchlanish beriladi. Bu kuchlanish  $A_8$  zvenoda shakllantirilib,  $A_1$  takt impulslar generatorida sinxronlashtiriladi (7.18 a, b-rasmlar).  $U_{01}$  xatolik signaliga  $\tau_1$  uzunlikdagi impuls,  $U_{02}$  xatolik signaliga esa  $\tau_2$  uzunlikdagi impuls mos keladi. Takt generatori impulslari arrasimon kuchlanish generatoridan tashqari hisoblash triggeriga ham beriladi. Triggerning noinverslovchi chiqishida  $T$  uzunlikka va  $2T$  takrorlanish davriga ega bulgan  $U_{T1}$  to‘g‘ri burchakli impulslar shakllanadi. Triggerning inverslovchi chiqishida esa  $U_{T1}$  ga nisbatan yarim davrga, ya’ni  $T$  ga surilgan  $U_{T2}$  impulslar ketma-ketligi shakllanadi (7.18 v, g-rasmlar).



7.18-rasm. Bitta kristalda katta mikrosxema tarzida yig‘ilgan boshqarish zanjiri

Xatolik signalining sathi qanchalik yuqori bo‘lsa komparator chiqishidan kengligi shunchalik katta bo‘lgan KIMli impulslar olinadi (7.18 d-rasm).  $U_{T1}$  impulslar ketma-ketligi  $A_3$  moslashtirish sxemasi kirishiga,  $U_{T2}$  impulslar ketma-ketligi esa  $A_4$  moslashtirish sxemasi kirishiga beriladi. Moslashtirish sxemalari chiqishlaridan  $U_{Q1}$  va  $U_{Q2}$  impulslar ketma-ketligi olinadi (7.18 e, j-rasmlar). 4 va 5 chiqishlardagi impulslar ketma-ketligining kengligini davriga nisbati 0 dan 0,5 gacha o‘zgaradi.  $A_7$  kuchaytirgichning 1 va 2 kirishlariga yuklama tokiga proporsional bo‘lgan farq signali beriladi. Bu farq signali ortganda  $A_7$  kuchaytirgichning chiqishida  $A_6$  teskari aloqa kuchaytirgichi

kuchlanishiga nisbatan kattaroq musbat kuchlanish shakllanadi.  $VD_2$  diod yopiladi va  $VD_1$  diod ochiladi KIM sxemasi kirishiga tok bo‘yicha himoya zanjiridan kuchlanish beriladi. Bu kuchlanishning ta’sirida KIM impulslari uzunligi kamayadi va buning natijasida chiqish kuchlanishi ham kamayadi.



7.18-rasm. Boshqarish zanjirining vaqt diagrammalari

Shunday qilib tok bo‘yicha ortiqcha yuklanishlarda kuchlanish bo‘yicha teskari aloqa zanjiri uziladi va tok bo‘yicha teskari aloqa zanjiri ulanadi.

Ko'chma telekommunikatsiya apparaturalarini elektr energiyasi bilan ta'minlashda birlamchi elektr energiyasi sifatida kichik kuchlanishli o'zgarmas tok manbalari (galvanik elementlar, akkumulyatorlar, termogeneratorlar, quyosh va atom batereyalari) ishlatiladi. Turli xildagi telekommunikatsiya apparaturalarining elektr ta'minoti uchun esa turli nominaldagi o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanishlar zarur bo'ladi. Shuning uchun bir nominaldagi o'zgaruvchan yoki o'zgarmas kuchlanishni ikkinchi nominaldagi o'zgaruvchan yoki o'zgarmas kuchlanishga o'zgartirish talab qilinadi. Bu vazifani o'zgartirgichlar bajaradi. O'zgartirgichlar elektr ta'minot manbai kuchlanishini apparaturalar alohida qismlarini elektr ta'minoti uchun talab qilingan turdag'i va nominaldagi kuchlanishlarga o'zgartirib berish uchun xizmat qiladi<sup>67</sup>.

O'zgartirgichlar ikki turga bo'linadi. O'zgarmas tok energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga o'zgartirib beruvchi o'zgartirgichlar invertorlar deyiladi va o'zgartirish jarayoni invertorlashdan iborat bo'ladi.

Agar o'zgartirgich chiqishida o'zgarmas kuchlanish olinishi talab qilinsa, u holda invertordan keyin to'g'rilaqich va filtr qo'yiladi. Bunday bir kuchlanishli o'zgarmas tok energiyasini boshqa kuchlanishli o'zgarmas tok energiyasiga o'zgartiruvchi o'zgartirgich konvertor deyiladi va o'zgartirish jarayoni konvertorlashdan iborat bo'ladi.

Invertor har qanday o'zgartirgichning asosiy qismi hisoblanadi. Invertorlar quyidagi belgilari qarab sinflarga bo'linadi:

- o'zgartiriluvchi kattalik turiga qarab: tok invertorlari va kuchlanish invertorlari;
- ish taktiga qarab: bir taktili va ikki taktili invertorlar;
- kalit elementlari turiga qarab: tranzistorli va tiristorli invertorlar;
- qo'zg'atish usuliga qarab: mustaqil va o'z-o'zidan qo'zg'atishli invertorlar;

Tranzistorli invertorlar quyidagi turkumlarga bo'linadi:

- tranzistorlarning ulanish sxemalariga qarab: umumiylarli va umumiylarli kollektorli invertorlar;
- teskari aloqa turiga qarab: kuchlanish bo'yicha teskari aloqali,

<sup>67</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

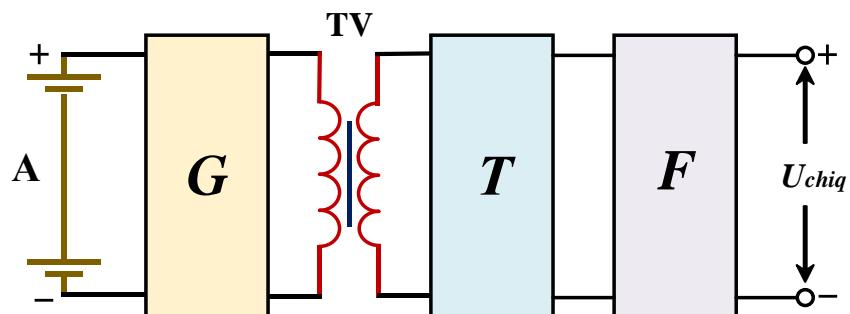
tok bo'yicha teskari aloqali, tok va kuchlanish bo'yicha teskari aloqali invertorlar;

Tiristorli invertorlar quyidagicha turlanadi:

- tiristorlar kommutatsiyasiga qarab: tarmoq orqali va avtonom;
- yuklamaga nisbatan kommutatsiyalovchi sig'imning ulanishiga qarab: ketma-ket, ketma-ket parallel va parallel. Yarim o'tkazgichli o'zgartirgichlarning afzalliklari ishonchlilik, yuqori FIK, kichik hajm va ishlatish muddatining uzoqligidir.

## 8.1. Bir taktli o'zgartirgichlar<sup>68</sup>

Tranzistorli o'z-ozidan qo'zg'atishli o'zgartirgichlarning (avtogenerateditorlar) o'zgarmas kuchlanishni o'zgartirish jarayonini 8.1-rasmida keltirilgan tuzilish sxemasidan foydalangan holda tushuntirish mumkin. O'zgarmas tok manbai Akkumulyator batareyasi (*AB*) hisoblanib, undan uncha katta bo'limgan  $U_{kir}$  kuchlanish *TV* transformatorga beriladi. *Tr* transformator o'zgaruvchan kuchlanishning shakllanishi va uning qiymatini o'zgartirish uchun xizmat qiladi. Akkumulyator kuchlanishi o'zgarmas bo'lganligi uchun akkumulyator va transformator orasiga o'zgarmas tok zanjirini davriy ravishda uzish va ular maqsadida 350...400Hz li tok uzgichi qo'yish zarur. O'zgarmas tok uzgichi sifatida tranzistorli *G* generator xizmat qiladi



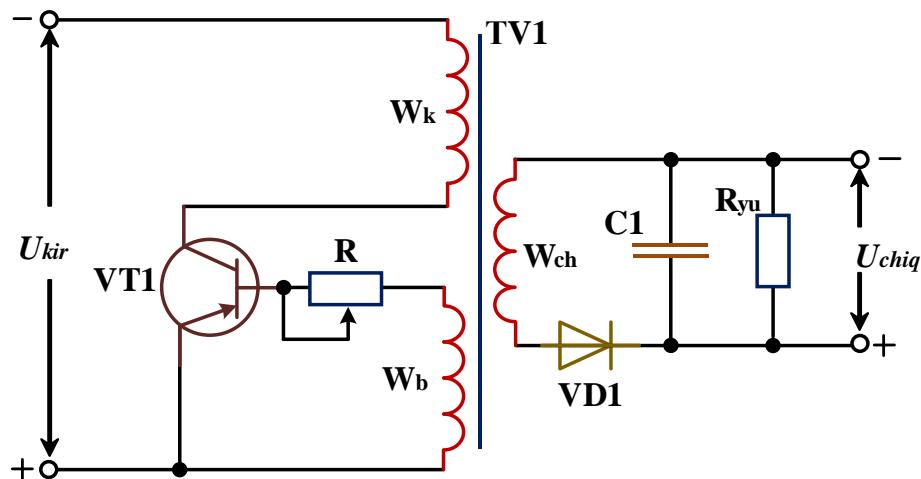
8.1-rasm. O'z-o'zidan qo'zg'atishli bir taktli o'zgartirgich (avtogenerateditor)ning tuzilish sxemasi

Transformator birlamchi cho'lg'amidagi tokning uzilishi magnit o'tkazgichda vaqt bo'yicha o'zgaruvchan  $F(t)$  magnit oqimini vujudga keltiradi. Natijada cho'lg'amlarda magnit oqimi o'zgarish tezligiga va cho'lg'am o'ramlar soniga proporsional bo'lgan EYuK induksiyalaradi.

<sup>68</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

Shunday qilib o‘zgarmas kuchlanishdan to‘g‘ri burchakli impulslar shaklidagi o‘zgaruvchan kuchlanish olinadi, ya’ni invertorlash amalga oshiriladi. To‘g‘ri burchakli impulslar transformator yordamida amplituda bo‘yicha o‘zgartiriladi va keyin  $F$  siliqlovchi filtrli  $T$  to‘g‘rilagichga beriladi. To‘g‘rilagich chiqishidan kirish kuchlanishidan talab qilingan qiymatga farqlanuvchi o‘zgarmas kuchlanish olinadi.

O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli tranzistorli bir taktli o‘zgartirgichning (8.2-rasm) prinsipial sxemasi  $U_{KIR}$  o‘zgarmas kuchlanish manbai, avtogenenerator sxemasi bo‘yicha kalit rejimda ishlovchi  $VT$  tranzistorda yig‘ilgan tok uzbegichi, magnit o‘tkazgichi to‘g‘ri burchakli gizterezis halqali impulsli  $TV1$  transformator,  $T$  bir yarim davrli to‘g‘rilagich,  $F$  filtr va yuklamadan tashkil topgan.



8.2-rasm. O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli tranzistorli bir taktli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi

O‘zgartirgichning ishlash prinsipi impuls transformatori birlamchi cho‘lg‘amida kalit ravishda ishlovchi  $VT1$  tranzistor yordamida o‘zgarmas tokni uzishga asoslangan. Kollektor zanjiriga  $U_{kir}$  o‘zgarmas kuchlanish qo‘yilganda transformatorning  $W_k$  birlamchi cho‘lg‘amidan tok oqib o‘ta boshlaydi. Ulanish momentidan boshlab tok oniy ravishda emas, ma’lum qonun bo‘yicha ortadi. Shuning uchun tok impuls transformatori magnit o‘tkazgichida o‘suvchi magnit oqimini vujudga keltiradi. Bu o‘zgaruvchan magnit oqimi  $W_b$  teskari aloqa cho‘lg‘amida o‘zinduksion EYUKNI vujudga keltiradi.  $W_b$  teskari aloqa cho‘lg‘amining uchlari baza-emitter oraliqqa shunday ulanganki, kollektor toki ortganda bazaga ochuvchi potensial keladi. Tranzistor ochila borib, bundan keyingi kollektor tokining ortishiga imkoniyat yaratadi, ya’ni sxemada musbat teskari aloqa amalga oshiriladi.

Kollektor va baza toklarining bunday ko‘chkisimon ravishda tez ortishi magnit oqimi to‘yinguncha davom etadi. Keyin bu toklarning ortishi to‘xtaydi va o‘zgarmas tokda transformator cho‘lg‘amlarida EYuK induksiyalanmaydi. Natijada tranzistor bazasiga ochuvchi potensial kelmaydi va u yopila boshlaydi.

Tranzistor yopilishidagi kollektor tokining kamayishi qaramaqarshi yo‘nalishdagi EYuKni hosil qiladi va bazaga tranzistorni yopuvchi kuchlanish beriladi. Birlamchi cho‘lg‘am toki uziladi. Shunday qilib tranzistor, impuls transformatori va ta’milot manbai kuchlanish bo‘yicha transformatorli teskari aloqali relaksion generatorni tashkil qiladi. U o‘zgarmas tokning uzilishini ta’minlaydi. Transformatorning ikkinchi cho‘lg‘amidan o‘sha chastota va qutbdagi, lekin amplitudasi ortgan shakldagi impulslar olinadi. Bu impulslar  $VD1$  diodda yig‘ilgan to‘g‘rilagichga beriladi. To‘g‘rilagichdan keyin  $R_{yu}$  yuklamada talab qilingan qiymatdagi o‘zgarmas kuchlanish shakllanadi.

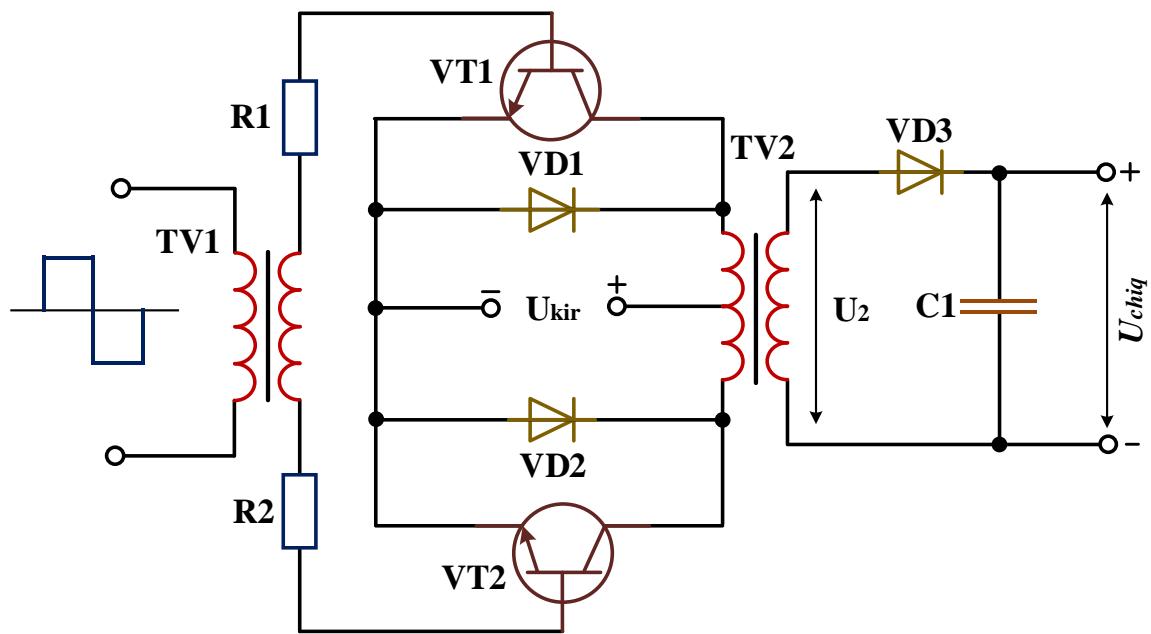
Bir taktli o‘zgartirgichning afzalligi uning sxemasining soddaligi va ishonchliligidir. Kamchiligi esa magnit o‘tkazgichning doimiy magnitlanish natijasida kollektor cho‘lg‘amidan tok faqat bir yo‘nalishda oqib o‘tadi.

## 8.2. Ikki taktli o‘zgartirgichlar<sup>69</sup>

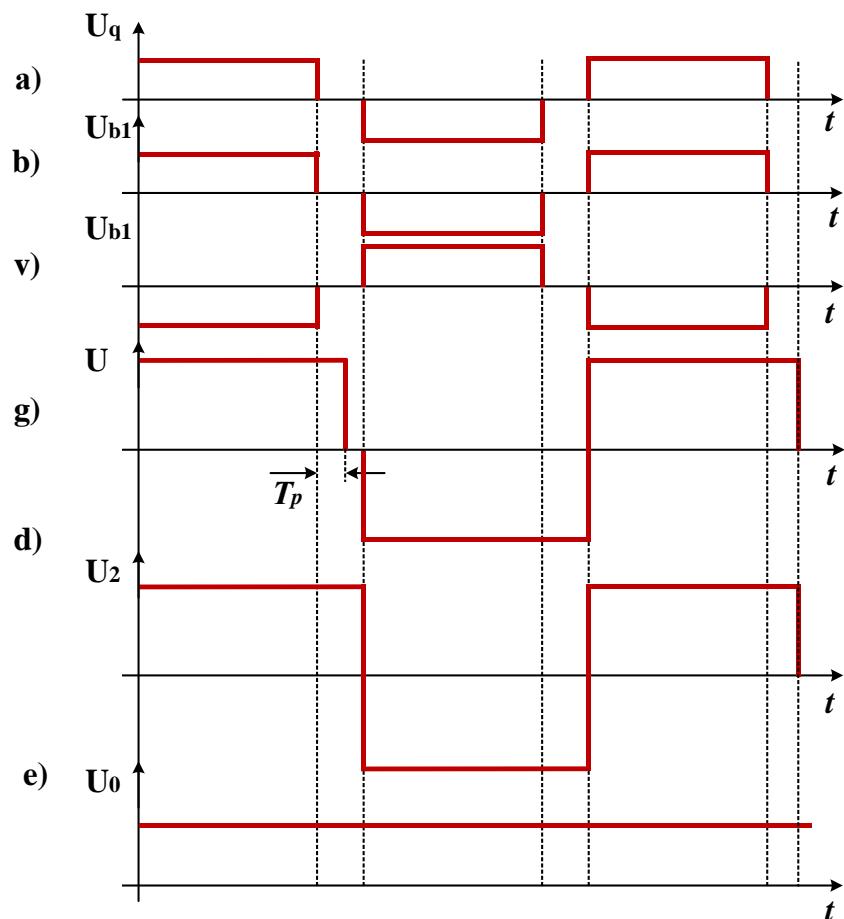
Eng sodda tuzilgan ikki taktli o‘zgartirgich sxemasida  $TV1$  kuch transformatorining ikki birlamchi cho‘lg‘ami  $VT1$  va  $VT2$  tranzistorlarning bazalari bilan ulangan, birlamchi ta’milot manbai  $U_{kir}$  esa tranzistorlar emitterlari va  $TV2$  transformator birlamchi yarim cho‘lg‘amlari o‘rta nuqtasi orasiga qo‘yilgan (8.3-rasm).

Agar kuch tranzistorlarini nolli uzilishsiz to‘g‘ri burchakli kuchlanish impulsleri bilan qo‘zg‘atilsa (8.4 d-rasm), u holda bazadagi asosiy bo‘lmagan tashuvchilarining zaryad so‘rish vaqtiga teng bo‘lgan vaqtda har ikkala tranzistor ochiq bo‘ladi, bu esa kuch transformatori birlamchi cho‘lg‘amining qisqa vaqtli tutashuviga tengdir. Bunday har bir yarim davr oxiridagi qisqa vaqtli tutashuvlarning salbiy oqibatlarini bartaraf qilish uchun invertor sxemasiga qo‘srimcha elementlar kiritish lozim bo‘ladi.

<sup>69</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.



8.3-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli ikki taktli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi



8.4-rasm. Mustaqil qo‘zg‘atishli ikki taktli o‘zgartirgichning vaqt diagrammalari

Invertor aktiv-induktiv xarakteridagi yuklamada ishlaganida yuklama toki qutblarining o‘zgarishi momentlari chiqish kuchlanish qutblari o‘zgarishi momentlariga, shuningdek, kuch tranzistorlarini qayta ulanish momentlariga nisbatan kechga qoladi. Bu har bir yarim davrning boshlang‘ich qismida kuch tranzistori orqali teskari yo‘nalishda tok o‘tishiga, ya’ni teskari tokni vujudga kelishiga olib keladi<sup>70</sup>.

Tranzistor orqali oqib o‘tadigan teskari tok impulsi o‘z yo‘nalishini o‘zgartirmagan yuklama toki transformatorning boshqa birlamchi cho‘lg‘amiga va kuch tranzistoriga transformatsiyalanadi. Invers rejimda ishlayotgan tranzistorning tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsenti kichik bo‘ladi. Bunday kollektor tokida tranzistor to‘yinish rejimidan chiqib ketishi kuch zanjiridagi qo‘srimcha quvvat isroflariga va tranzistorning kuyishiga olib kelishi mumkin.

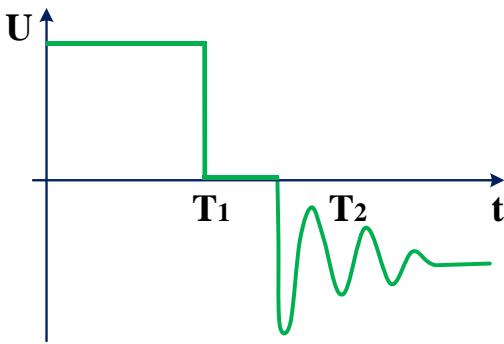
Kuch tranzistori orqali oqib o‘tadigan teskari tokni kamaytirish uchun invertor sxemasida kuch tranzistorlariga parallel ravishda shuntlovchi  $VD1$  va  $VD2$  diodlar ulanadi. Bunday diodlar agar invertor salt ishlaganida ishlay olsa ham, yuklama ravishda qo‘yilishi mumkin. Bunda induktiv tok hisoblangan  $TV1$  transformatorning magnitlash toki yarim davrining bir qismi davomida teskari yo‘nalishda oqib o‘tadi. Ba’zida shuntlovchi diodlarning yo‘qligida bunday magnitlovchi tok kuch tranzistorlarini ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin.

Tranzistorlarning kommutatsiyalanishini osonlashtirish maqsadida to‘g‘rilagich tarkibiga qo‘srimcha zaryadsizlash diodi kiritiladi (8.3-rasm). Avval ochiq bo‘lgan diodning yopilishidan so‘ng chiqishdagi kuchlanish sakrash orqali o‘z kutbini o‘zgartiradi va bu qutb o‘zgarishiga so‘nuvchi yuqori chastotali tebranishlar sabab bo‘ladi (8.5-rasm).

Bu tebranishlar transformator induktiv tarqalishining qayta zaryadlanishi, o‘ramlararo sig‘im va montaj sig‘imlari oqibatida vujudga keladi. Katta quvvatli o‘zgartirgichlarda ular radiohalaqtarning intensiv manbai hisoblanadi. Shuning uchun ba’zida yuklamasi induktiv elementdan boshlanuvchi o‘zgartirgichlardan foydalanmaslikka majbur qiladi.

---

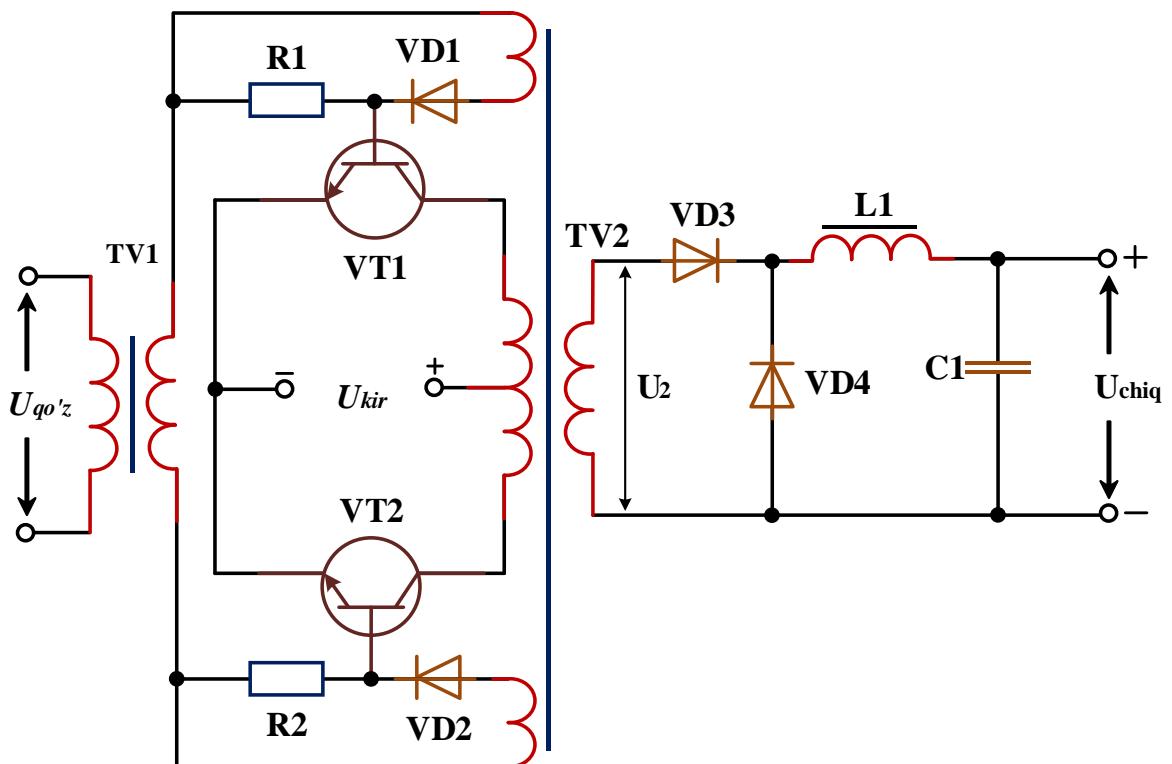
<sup>70</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.



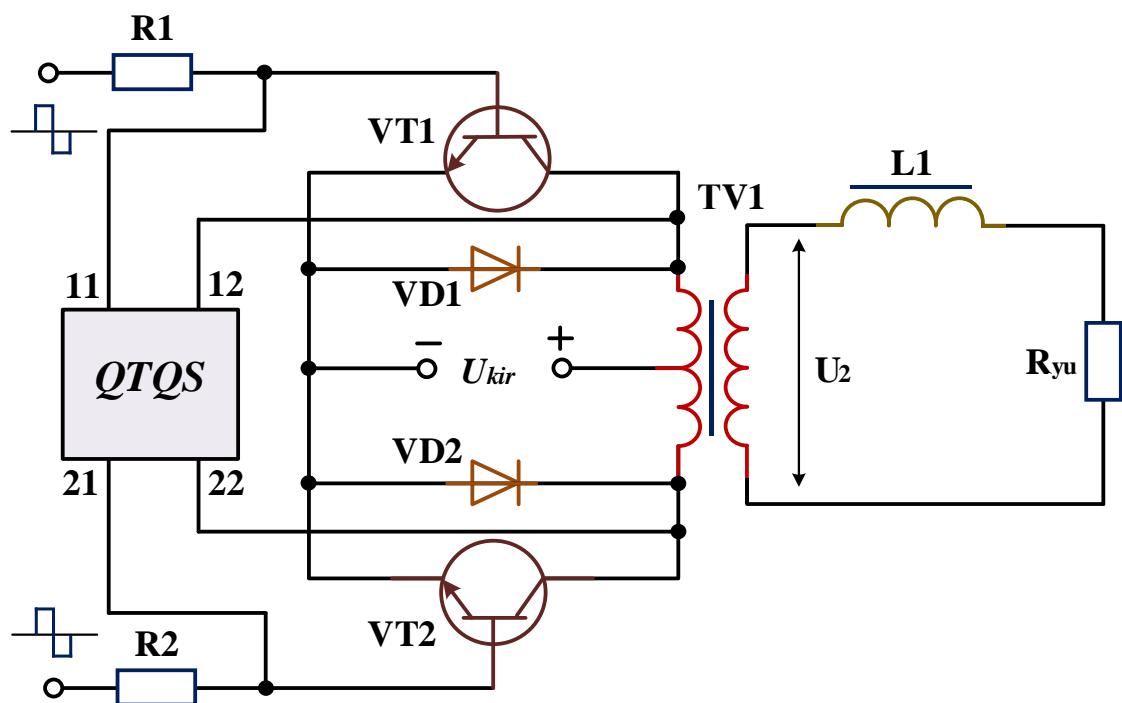
8.5-rasm. So‘nuvchi yuqori chastotali tebranishlarning paydo bo‘lishi

Mustaqil qo‘zg‘atishli invertorlar tranzistorlarining kollektor toklarining keskin ortib ketishi ham yuqori chastotali halaqitlarni keltirib chiqaradi. Bundan tashqari ular tranzistorlarning ortiqcha yuklanishiga sabab bo‘ladi. Bunday kamchiliklardan qutulishning faqat yagona usuli, birinchi tranzistor ochilishini ikkinchi tranzistorning yopilishigacha kechiktirish usulidir. Bu shart invertor tranzistorlarini nosimmetrik impulslar yoki nolli uzilish impulslar bilan boshqarilganda bajariladi. Bu har ikkala usul qo‘zg‘atkich sxemasini qurishda o‘zaro bog‘liq bo‘lgan qiyinchiliklarga ega va to‘g‘rilagich yuklamasi o‘zgaruvchan bo‘lganda yaxshi natijalarini bermaydi. Tranzistorning uzilish vaqtida kollektor tokiga bog‘liq, shuning uchun ulanishni kechiktirish invertor yuklamasining o‘zgarishiga mos almashishi kerak.

Qaytar toklardan tuzatish sxemasi bilan bog‘langan invertor sxemasi bu kamchiliklardan holidir (8.6-rasm). Undagi invertor transformatorining qo‘sishimcha  $W_2$  cho‘lg‘amlaridan olinadigan kuchlanish tranzistorlar ochilishini kechiktirish uchun xizmat qiladi. U chiqish kuchlanishini qutbi o‘zgarmaguncha yopiq bo‘lgan tranzistorni ochilishini ushlab turishga imkon beradi. Shuning uchun faqat bir elka tranzistori yopilgandan keyingina, ikkinchi elka tranzistori bazasiga ochuvchi kuchlanish keladi. Tranzistor uzilganda baza zanjiridagi diod yopiladi va  $W_2$  qo‘sishimcha cho‘lg‘amlardan olinadigan yopuvchi kuchlanish bazaga kelmaydi. Bunday invertor sxemasida kollektor toki impulslarida keskin ortish bo‘lmaydi, chiqish kuchlanishi esa nolli uzilishlarsiz bo‘ladi. Kommutatsion jarayonlar ularda deyarli bo‘lmaydi.



8.6-rasm. Qaytar toklardan tuzatish sxemasi bilan bog‘langan invertorli o‘zgartirgichning sxemasi



8.7-rasm. Kommutatsion xususiyatlari yaxshilangan invertorli o‘zgartirgich sxemasi

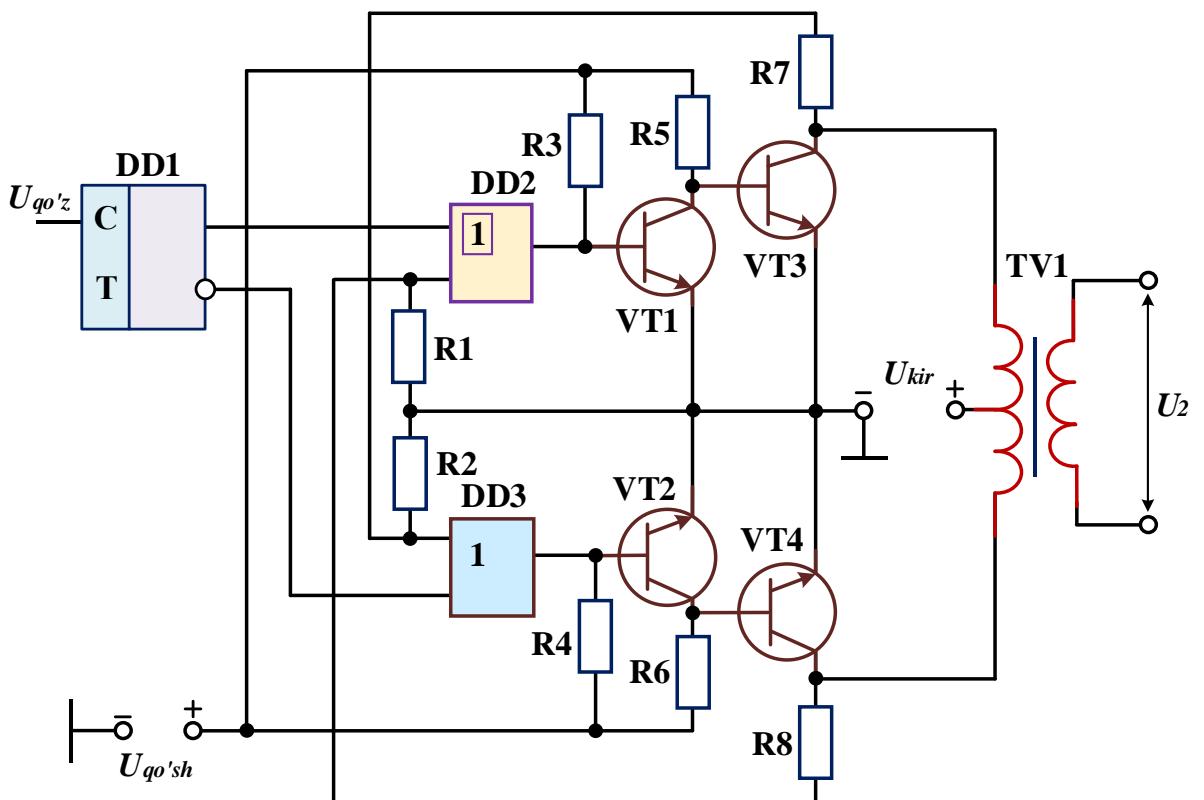
8.7-rasmida keltirilgan invertor kuch zanjiri  $TV1$  transformatoridan  $VT1$  va  $VT2$  tranzistorlardan,  $VD1$  va  $VD2$  diodlardan iborat.

Invertorning yuklamasi transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amidagi  $L1$  induktiv element va  $R_{yu}$  rezistor hisoblanadi. Tranzistorlar pauzalarsiz to‘g‘ri burchakli impulslar orqali kommutatsiyalanadi. Bu impulslar qo‘zg‘atgichdan tranzistor bazalariga  $R1$  va  $R2$  rezistorlar orqali beriladi. Shuningdek, bu rezistorlar to‘yingan tranzistorlar baza toklarini cheklaydi. Avval aytib o‘tilganidek, bunday qo‘zg‘atish kuch zanjirida qisqa vaqtli qisqa tutashuvlarni vujudga keltiradi. Bu vaqtarda har ikkala tranzistorlar ochiq bo‘ladi va ularda transformatorning birlamchi cho‘lg‘amlarida kommutatsion toklar keskin ortadi.  $VT1$  va  $VT2$  tranzistorlar kommutatsion toklari transformatorning birlamchi cho‘lg‘amlari o‘rta nuqtasidan  $U_{KIR}$  ta’milot manbaining minus qutbiga oqib o‘tadi, ya’ni transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amiga transformatsiyalanmaydi va shuning uchun bu toklar qaytar toklar deyiladi.

Kommutatsiya jarayonini yaxshilash maqsadida invertor sxemasiga qo‘srimcha ravishda qaytar toklardan qutilish sxemasi (*QTQS*) kiritiladi (8.7-rasm). U ikkita kirishga (11 va 21) va ikkita chiqishga (12 va 22) ega.  $VT1$  tranzistorning yopiq holatiga mos keladigan invers chiqish kuchlanishining qutbiga sxemaning 12 ochiq va  $VT1$  tranzistorning emitter-baza o‘tishini shuntlaydi va qo‘zg‘atish zanjirini  $VT1$  tranzistorni ochishiga  $VT2$  tranzistor yopilmaguncha va chiqish kuchlanishining qutbi o‘zgarmaguncha, ya’ni sxemaning 21 kirishida musbat potensial bo‘lmaguncha yo‘l qo‘yilmaydi.

8.8-rasmda tasvirlangan o‘zgartirgich invertorining qaytar toklardan qutilish sxemasida uchta  $DD1$ ,  $DD2$  va  $DD3$  mantiqiy elementlardan foydalanilgan.

$DD1$  mikrosxema trigger bo‘lib, chiqishda (1 va 2 chiqishlar) o‘zaro fazalar bo‘yicha  $180^\circ$  ga surilgan musbat impulslar ketma-ketligini shakllantiradi. Bu impulslar ketma-ketligi  $VT1$  va  $VT2$  tranzistorlarni ochilishi uchun zarur bo‘ladigan impulsurni shakllantirish uchun xizmat qiladi. Bunda  $DD2$  va  $DD3$  mikrosxemalar (moslashtirish sxemasi) ham ishtiroy etadi. Ularning birinchi kirishlariga berilgan impulslar, ikkinchi kirishlarida musbat potensial bo‘lmaguncha, ularning chiqishlariga o‘tmaydi (musbat potensial avval ochiq bo‘lgan tranzistor yopilgandan keyingina paydo bo‘ladi). Shu tarzda  $R7$  va  $R8$  rezistorlar orqali qaramaqarshi elkaning kuch tranzistori kollektori bilan ikkinchi kirishlarning aloqasi ta’milnadi.



8.8-rasm. Boshqarish sxemasida mantiqiy elementlardan foydalanan kommutatsion xususiyatlari yaxshilangan invertorli o‘zgartirgich sxemasi

### 8.3. Tiristorli o‘zgartirgichlar<sup>71</sup>

Yuqori quvvatli o‘zgartirish qurilmalarida yuqori voltli kuchlanishni o‘zgartirish uchun ikki barqaror holatga ega bo‘lgan tiristorlar qo‘llaniladi.

Tiristorlar bir necha kilovoltlarga kuchlanishlarga va bir necha amper toklarga mo‘ljallanib ishlab chiqariladi. Shuning uchun tiristorli o‘zgartirgichlar yuqori foydali ish koeffitsentli katta quvvatni ta’minlaydi.

Kommutatsiya maxsus qurilmalar orqali amalga oshiriladigan va yuklamasi boshqa o‘zgaruvchan tok energiyasi manbalariga ega bo‘lmagan tiristorli o‘zgartirgichlar avtonom o‘zgartirgichlar deyiladi. Avtonom invertoring kommutatsiya chastotasi tiristorlarning boshqarish tizimi ish chastotasi orqali aniqlanadi. Ular tok va kuchlanish invertorlariga bo‘linadi. Tok invertorlarida tokni o‘zgartirish amalga oshiriladi, kuchlanish shakli yuklamaga bog‘liq. Manbadan iste’mol

<sup>71</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

qilinadigan tokning doimiyligini ushlab turish uchun ular o‘zgarmas kuchlanish manbaiga katta induktivlikli  $L$  drossel orqali ulanadi.

Kuchlanish invertorlari o‘zgarmas kuchlanish manbaiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulanadi. Bunda invertor chiqishida manbaga parallel ravishda  $C$  kondensator ulanadi. Tiristorli invertorlarda tok kommutatsiyasini reaktiv elementlar-kondensatorlar va drossellar bajaradi.

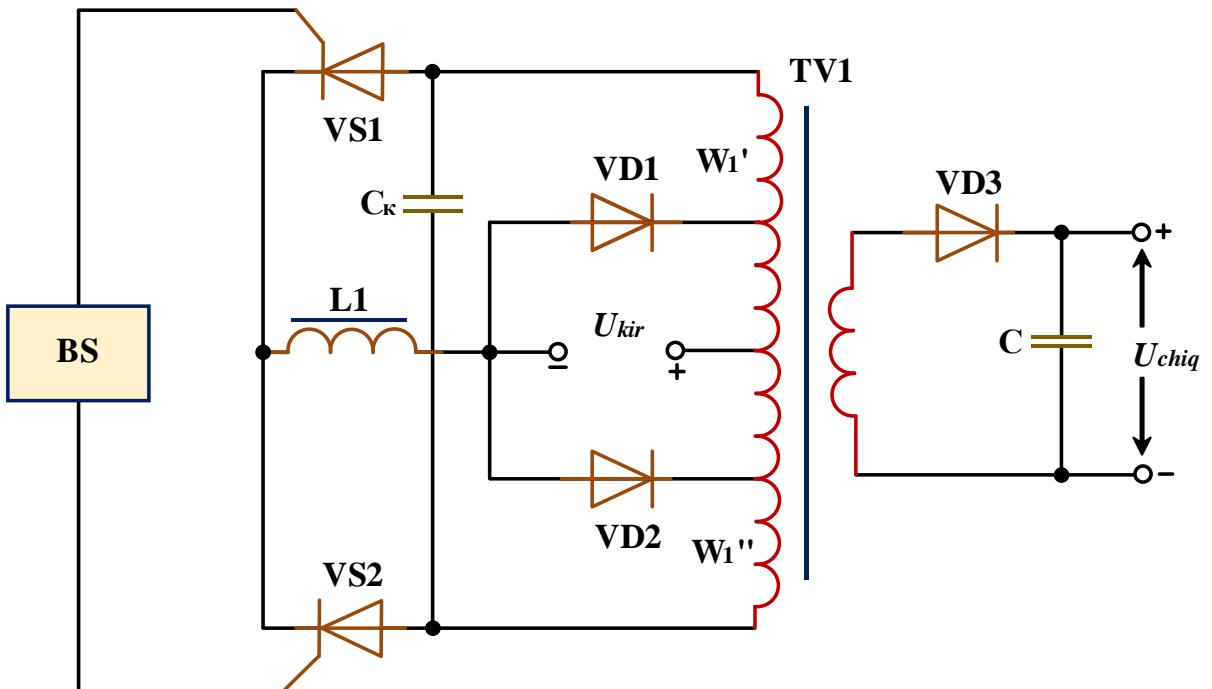
Invertorlarda tiristorlar kalit rejimida ishlaydi. Ularning ulanishi boshqarish qurilmasi orqali amalga oshiriladi. Boshqarish qurilmalari sifatida impuls generatorlari-avtogenenerator, multivibrator va bloking-generatorlar ishlatiladi. Boshqaruvchi impulslar tiristorlar boshqarish elektrodlariga qarama-qarshi fazada beriladi. Tiristorni ochilishi uchun anod tokini eng kichik ushlab turuvchi tok qiymatigacha kamaytirish kerak. Anod va katod oralig‘iga esa tiristor boshqarilishini qayta tiklanishi uchun yetarli bo‘lgan vaqtgacha manfiy teskari kuchlanish qo‘yiladi. Bu invertorda kommutatsiyalovchi kondensator qo‘llanilishi orqali amalga oshiriladi. Bunda kondensator tiristor anodiga katodiga nisbatan manfiy kuchlanish berilishini ta’minlaydi<sup>72</sup>.

Yuklamada  $C_k$  kommutatsiyalovchi kondensator ulanishiga qarab tiristorli invertor sxemalari paralell-ketma-ket va ketma-ket-paralell sxemalarga bo‘linadi. 8.9-rasmda tasvirlangan ikki taktli parallel invertor  $VS1$  va  $VS2$  tiristorlardan,  $BS$  boshqarish sxemasidan,  $C_k$  kommutatsiyalovchi kondensatorдан,  $VD1$  va  $VD2$  dioddardan va  $L$  drosseldan iborat. Transformatorning birlamchi cho‘lg‘ami  $0$  o‘rta nuqtaga va  $VD1$ ,  $VD2$  dioddalar ulanadigan ikki  $1$  va  $2$  nuqtalarga ega.

Birinchi yarim davrda boshqaruvchi impuls ta’sirida  $VS1$  tiristor ochiq va  $VS2$  tiristor yopiq bo‘ladi. Bunda tok ta’milot manbaidan transformatorning yuqori yarim cho‘lg‘ami  $VS1$  tiristor va  $L$  drossel orqali oqib o‘tadi. Bu tok pastki elkada yuqori elkadagi EYuKka teng bo‘lgan, lekin qarama-qarshi fazadagi EYuKni induksiyalaydi, ya’ni minus cho‘lg‘amning o‘rta nuqtasida, plus esa bu cho‘lg‘amning pastki oxirgi nuqtasida bo‘ladi. Shuning uchun  $C_k$  kondensatorga ketma-ket ulangan kuchlanishlar qo‘yiladi: ta’milot manbaidan  $U_K$  va transformatorning birlamchi pastki cho‘lg‘amidan taxminan  $U_K$  ga teng bo‘lgan kuchlanish. Natijada  $C_k$  kondensator ikkilangan ta’milot manbai kuchlanishgacha, ya’ni  $U_c=2U_{kir}$  gacha zaryadlanadi. Bunday

<sup>72</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

kuchlanish  $VD_2$  tiristor anodida ham bo‘ladi.



8.9-rasm. Ikki taktli tiristorli o‘zgartirgichning sxemasi

Ikkinci yarim davr vaqtida boshqaruvchi impuls  $VS_2$  tiristorni ochadi.  $VS_1$  tiristor tok o‘tkazishni davom ettiradi. Lekin ochilgan  $VS_2$  tiristor orqali  $C_k$  kommutatsiyalovchi kondensator  $VS_1$  tiristorga parallel ulanadi.  $C_k$  kondensatordan  $VS_1$  tiristorga  $2U_{kir}$  ga teng bo‘lgan teskari kuchlanish qo‘yiladi va  $C_k$  kondensatorning razryadlanish toki orqali  $VS_1$  tiristor yopiladi. Ochilgan  $VS_2$  tiristor orqali  $C_k$  kondensatorning  $i_{ck}$  qayta zaryadlanish toki va transformatorning birlamchi  $W_1''$  cho‘lg‘ami toklarining yig‘indisidan iborat bo‘lgan  $i_T$  tok oqib o‘tadi.  $C_k$  kondensator teskari kutbli  $2U_{kir}$  kuchlanishgacha zaryadlanadi.  $U_K$  o‘zgartirilgan kuchlanish  $W_1''$  birlamchi cho‘lg‘amga qo‘yiladi va bu cho‘lg‘amdagи tok avvalgi ochuvchi impuls vaqtidagi  $W_1'$  cho‘lg‘amdagи tokka qarama-qarshi yo‘nalishga ega bo‘ladi. Bunda  $W_2$  ikkilamchi cho‘lg‘amda kuchlanishning ikkinchi (manfiy) yarim to‘lqini shakllanadi.

$VS_1$  tiristorga navbatdagi ochuvchi impuls berilganda sxema dastlabki holatiga qaytadi va yuqoridagi jarayon takrorlanadi.

Tiristorlarning navbatma-navbat ochilishi natijasida transformatorning birlamchi yarim cho‘lg‘amlarida toklar davriy ravishda o‘zgaradi va ikkilamchi cho‘lg‘amda o‘zgaruvchan tok vujudga

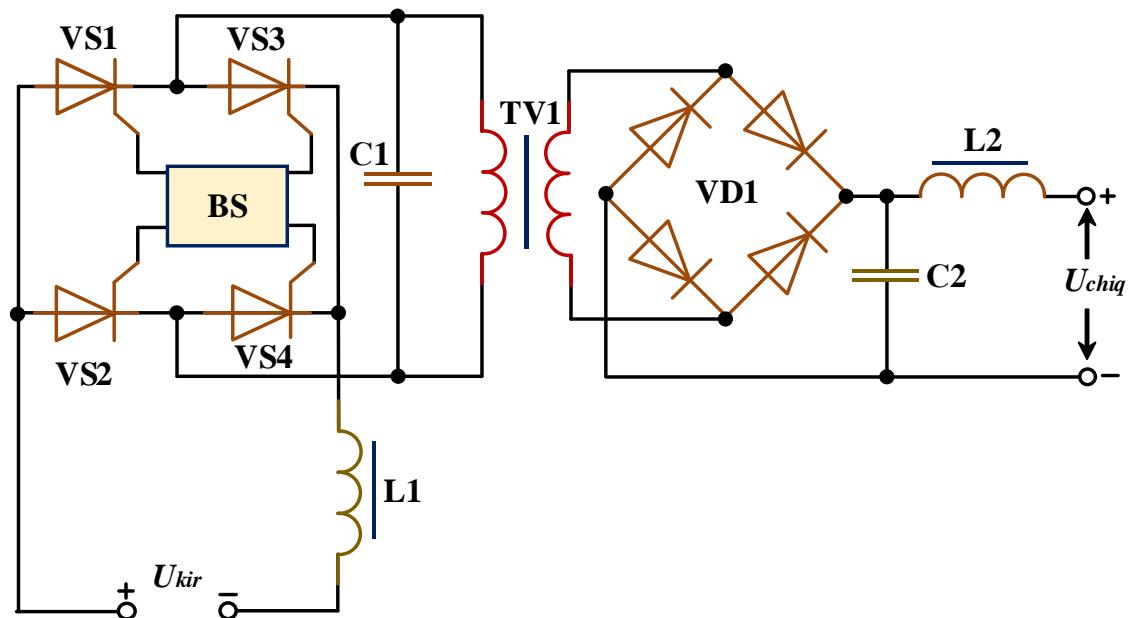
keladi. Bu tok chiqish to‘g‘rilagich orqali to‘g‘rlanadi va filtr orqali yuklamaga uzatiladi.

Shunday qilib, o‘zgartirgich chiqishida talab qilingan nominaldagι o‘zgarmas kuchlanish shakllanadi.

$L1$  drossel ta’minot manbai tokini har ikkala tiristorlar ochiq bo‘ladigan qisqa vaqt oralig‘ida ta’minot manbai tokini cheklab turadi.

Kommutatsiya momentida, tiristorlardan biri ochiq, ikkinchisi esa induktivlikning razryadlanish toki o‘tkazayotgan vaqtida yuklama induktivligida va reaktiv kommutatsion elementlarda yig‘ilgan reaktiv quvvatni  $VD1$  va  $VD2$  diodlar  $U_0$  ta’minot manbai tomoniga o‘tkazib yuborish uchun xizmat qiladi.

Ikki taktli ko‘priksimon o‘zgartirgich sxemasi 8.10-rasmda keltirilgan. Birinchi yarim davrda boshqaruvchi kuchlanish musbat impulslari bir vaqtning o‘zida  $VS1$  va  $VS4$  tiristorlarga beriladi. Tiristorlar ochiladi va ular orqali  $TV1$  transformatorning birlamchi cho‘lg‘amiga tok oqib o’tadi. Bu vaqtida  $C1$  kondensator ta’minot manbaining  $U_K$  kuchlanishigacha zaryadlanadi.



8.10-rasm. Ikki taktli ko‘priksimon o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi

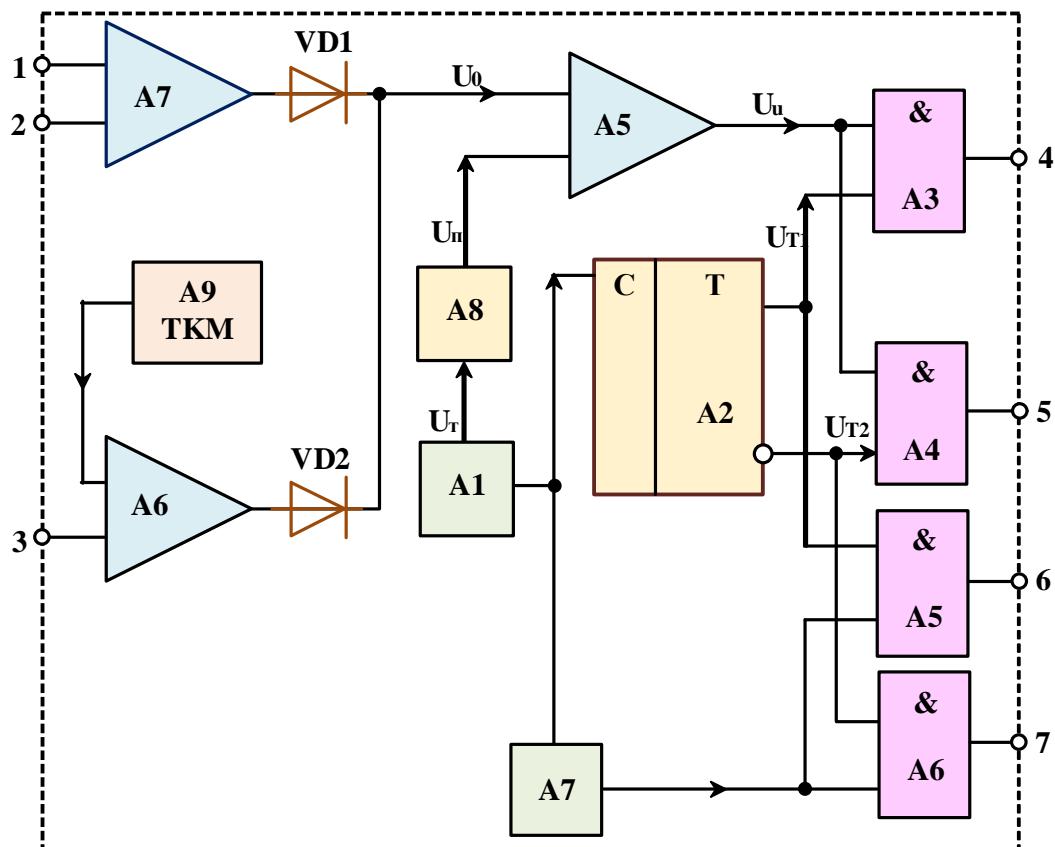
Boshqaruvchi kuchlanishning ikkinchi yarim davrida impulslar  $VS2$  va  $VS3$  tiristorlarga beriladi va ular ochiladi. Ammo bu vaqtida  $C1$  kondensatordan musbat potensial  $VS1$  tiristor katodiga beriladi va u yopiladi.  $VS4$  tiristor anodiga esa  $C1$  kondensatordan manfiy potensial beriladi va u ham yopiladi. So‘ng tiristorlar juftligi navbatma-navbat

ochiladi. Bunda *TVI* transformatorning birlamchi cho‘lg‘amidan qarama-qarshi yo‘nalishdagi tok impulslari oqib o‘tadi. Bu tok impulslari ikkilamchi cho‘lg‘amda o‘zgaruvchan tokni induksiyalaydi. Keyinchalik bu o‘zgaruvchan tok to‘g‘rilagichda to‘g‘rilaranadi va filtrda silliqlanib yuklamaga uzatiladi.

#### 8.4. O‘zgartirgich invertorlarining boshqarish zanjirlari<sup>73</sup>

Invertorlarni boshqarishda katta darajali integratsiyali mikrosxemalar amalda keng qo‘llanilmoqda. Bunday mikrosxemalar tarkibiga analog signalni KIMli impulslar ketma-ketligiga o‘zgartirishdan tashqari qator yordamchi qismlar kiradi.

Bu integral mikrosxemaning 1 va 2 chiqishlari KIMli katta taktli o‘zgartirgich kuch tranzistorlarini boshqarish uchun, 3 va 4 chiqishlari esa invertor tranzistorlarini kommutatsiyalash uchun xizmat qiladi (8.11-rasm).



8.11-rasm. Bitta kristalda katta mikrosxema tarzida yig‘ilgan boshqarish zanjiri

<sup>73</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

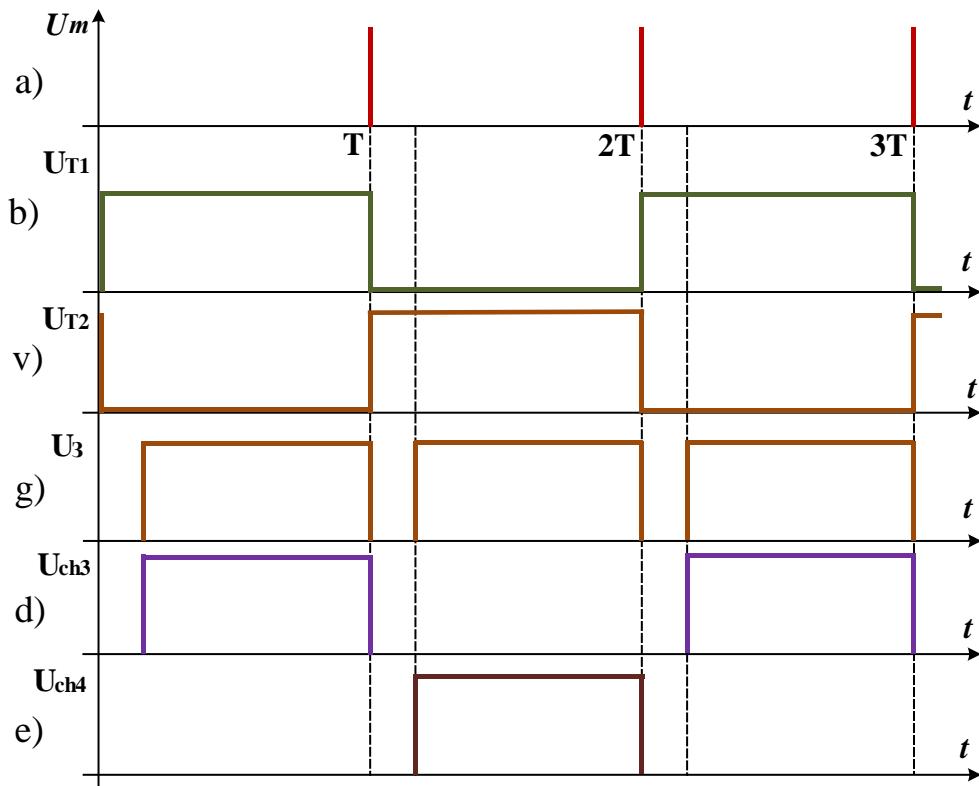
1 va 2 chiqishlarda KIM-signalning shakllanishi avval ko‘rib chiqilgan. Shuning uchun 3 va 4 chiqishlarda o‘zgartirgich tranzistorlarini boshqarish signallarini shakllantirishni ko‘rib chiqamiz.

A2 trigger kirishiga beriladigan takt davri  $2T$ , hajmi  $0,5$  bo‘lgan impulslari uning chiqishlarida  $U_{T1}$  va  $U_{T2}$  impulslar ketma-ketligini vujudga kelishiga olib keladi (8.12 a, b-rasmlar).

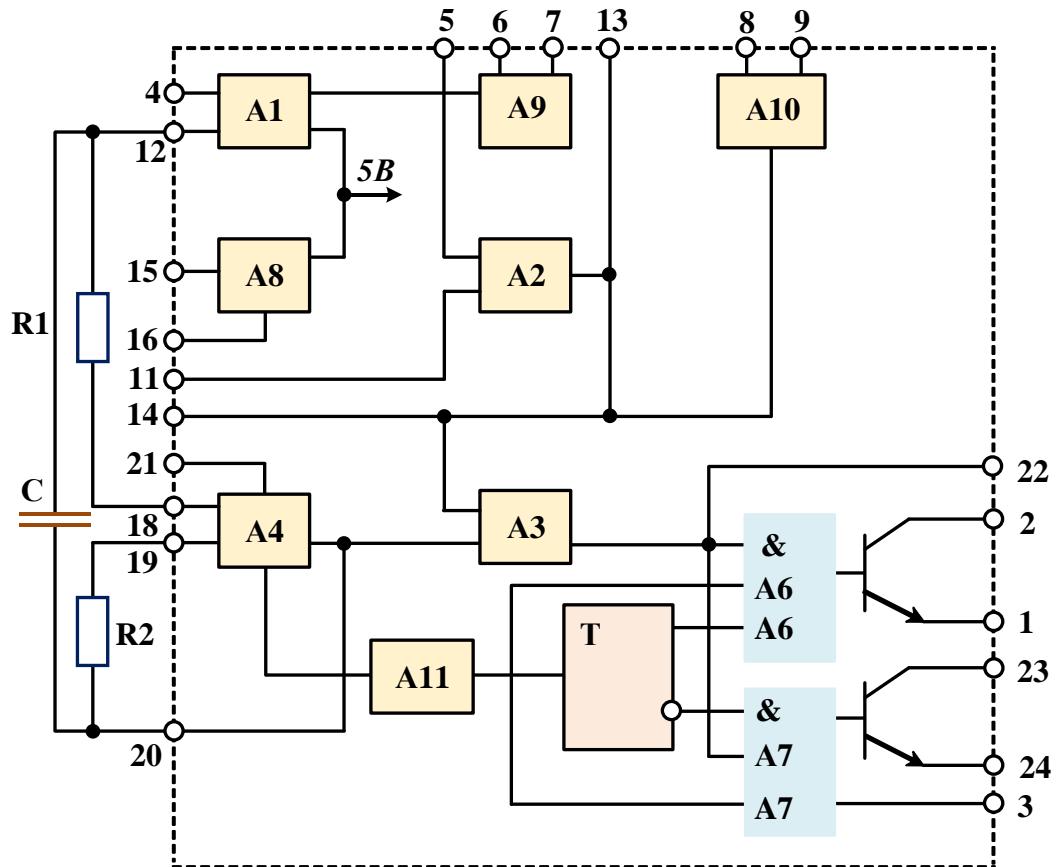
Bundan tashqari takt impulslari A7 himoya impulslari generatoriga ham beriladi. Uning chiqishida impulslar orasidagi uzunligi  $T_3$  ga teng bo‘lgan pauzali  $U_3$  kuchlanish olinadi. Bu pauza o‘zgartirgich invertori kuch qismida qaytar toklarni paydo bo‘lishini yo‘qotish uchun zarur bo‘ladi. Himoya impulslari A5 va A6 moslashtirish sxemalarining birinchi kirishlariga beriladi. Ularning ikkinchi kirishlariga  $U_{T1}$  va  $U_{T2}$  impulslar ketma-ketligi beriladi.

Moslashtirish sxemalari chiqishlarida 8.11 d, e-rasmlarda ko‘rsatilgan uzunligi  $T-T_3$  va takrorlanish davri  $2T$  bo‘lgan impulslar ketma-ketligi shakllanadi.

Boshqarish qurilmalarida K1114EY1 integral mikrosxemani qo‘llanilishi o‘zgartirgichning ko‘rsatgichlarini yaxshilanishini ta’minlaydi (8.13-rasm).



8.12-rasm. Boshqarish zanjirining vaqt diagrammalari



8.13-rasm. K111EY1 integral mikrosxemaning tuzilish sxemasi

Bu mikrosxema tarkibida o‘zgartirgichni boshqarish, himoyalash va yoqish uchun zarur bo‘lgan barcha qismlar bor.  $A_1$  zveno tayanch kuchlanishi va yordamchi stabil +15V kuchlanish manbai hisoblanadi. Xatolik signali kuchaytirgichi ( $A_2$  zveno), komparator ( $A_3$  zveno) va arrasimon kuchlanish generatori  $A_4$  KIM zanjirini tashkil qiladi. O‘zgartirgichning himoya tizimiga kirish kuchlanishini kamayishini nazorat qilish uchun  $A_8$  zveno, kirish kuchlanishi ortishini nazorat qilish uchun esa  $A_9$  zveno kiradi, shuningdek  $A_{10}$  zveno tok bo‘yicha himoya qismi hisoblanadi. Yuqorida aytib o‘tilganlardan tashqari mikrosxema tarkibiga  $VT_1$  va  $VT_2$  tranzistorlarni kommutatsiyalovchi chiqish boshqarish impulslarini shakllantiruvchi qismlari ham kiradi. Bu tranzistorlar esa kichik quvvatli o‘zgartirgichlarda kuch tranzistorlari sifatida o‘rta va yuqori quvvatli o‘zgartirgichlarda esa dastlabki quvvat kuchaytirgichi sifatida ishlataladi.

Taqqoslash zanjiri bo‘lgichidan teskari aloqa signali  $A_2$  kuchaytirgich kirishlaridan biriga beriladi. Kuchaytirgichning boshqa ikkinchi kirishiga  $A_1$  zveno chiqishidan tayanch kuchlanishi beriladi. Teskari aloqa kuchaytirgichi chiqishidan kuchaytirilgan xatolik signali

olinadi va KIM komparatori ( $A_3$  zveno) kirishiga beriladi. Arrasimon kuchlanish generatori ( $A_4$  zveno) kuchlanishi KIM komparatorining ikkinchi kirishiga beriladi. Komparator chiqishidan KIMli impuls kuchlanish  $A_6$  va  $A_7$  impuls selektorlariga beriladi. Bu mikrosxemalari kirishiga yana  $A_5$  trigger chiqishidan impulslar beriladi, bunda  $A_6$  zveno kirishiga triggerning noinverslovchi chiqish impulsulari (8.12b-rasmga o‘xshash),  $A_7$  zveno kirishiga esa triggerning inverslovchi chiqish impulsulari beriladi (8.12v-rasmga o‘xshash). Shunga ko‘ra  $A_5$ - $A_7$  zveno fazalar aralashtirgichi sifatida ishlaydi.  $A_7$  zveno chiqishidagi impulslar  $A_6$  zveno chiqishidagi impulslarga nisbatan faza bo‘yicha  $180^0$  ga surilgan bo‘ladi.

$VT_1$  va  $VT_2$  kichik quvvatli tranzistorlar kuchaytirgichlar hisoblanadi va KIMli impulsarni ikki taktli o‘zgartirgichning kuch tranzistor-kalitlariga uzatish imkonini beradi. Tashqi  $C_1$  kondensator va  $R_1$  rezistor impulsarning takrorlanish chastotasini o‘rnatish va rostlash uchun xizmat qiladi.  $R_2$  rezistorining qarshiligi impulslar orasidagi himoya pauzasining uzunligini aniqlaydi.

## 8.5. Kuchlanish ko‘paytirgichlari<sup>74</sup>

Kuchlanish ko‘paytirgichlari o‘z chiqishida kirishidagiga nisbatan istalgan marta katta kuchlanish olish imkonini beradi.

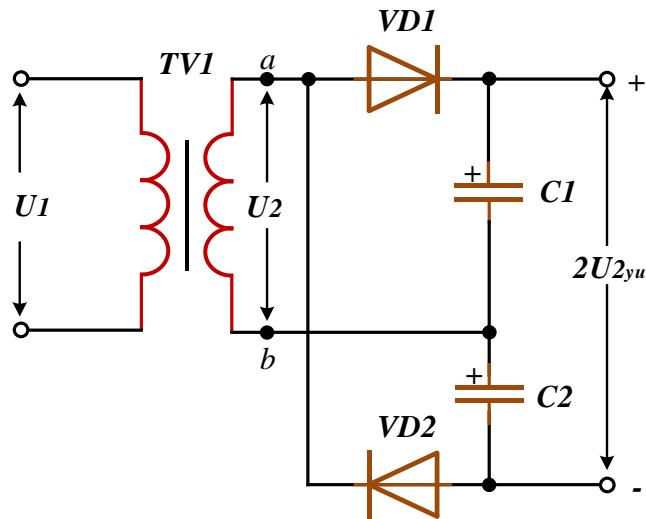
Bu qurilma keyingi vaqtida yuqori kuchlanishli transformatorlar o‘rnida ishlatilgani sababli ko‘p qo‘llanilmokda. Bunda hajmda va massada sezilarli yutuqqa erishilmoqda.

8.14-rasmda kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichning parallel prinsipial sxemasi keltirilgan. U transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘amiga ulangan ikkita bitta yarim davrli to‘g‘rilagichlardap iborat. Kirish kuchlanishining birinchi yarim davrida  $VD_1$  diod ochiq,  $VD_2$  diod esa yopiq. Vaqtning bu momentida  $C_1$  kondensator ochiq bo‘lgan  $VD_1$  diod orqali kuchlanishning  $U_{2m}$  amplituda qiymatigacha zaryadlanadi.

Kirish kuchlanishining keyingi yarim davrida ν nuqtaning potensial musbat, a nuqtaning potensiali esa manfiy  $VD_2$  diod esa ochiq bo‘ladi. Bu yarim davrda ochiq bo‘lgan  $VD_2$  diod orqali  $C_2$  kondensator kuchlanishning  $U_{2m}$  qiymatigacha zaryadlanadi.  $C_1$  va  $C_2$  kondensatorlar chiqish klemalariga nisbatan ketma-ket ulangani sababli kondensatorlar

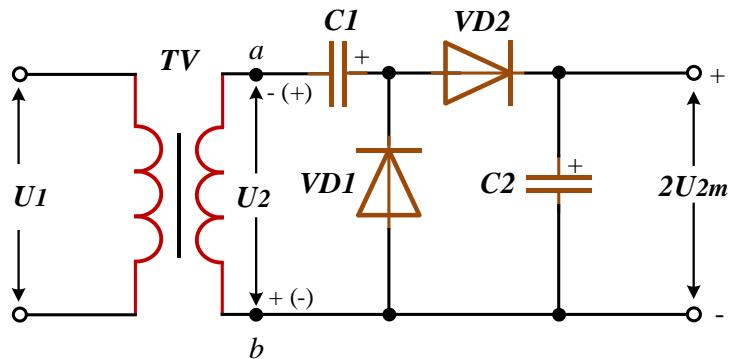
<sup>74</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

qutblaridagi kuchlanishlarning qiymati shundayki, kurilmaning chiqish kuchlanishi agar zaryadsizlanishining doimiy vaqtiga  $CR_{yu} >> T/2$  bo‘lsa, transformator ikkilamchi cho‘lg‘amining ikkilangan kuchlanishi qiymatiga teng bo‘ladi ( $C = C_1 = C_2$ ,  $T$  kirish kuchlanishining davri). Aks holda kondensatorlarning zaryadlanishi ularning zaryadlanish yarim davriga o‘tib ketadi va chiqish kuchlanish  $2U_{2m}$  qiymatdan kichik bo‘ladi.



8.14-rasm. Kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichning parallel prinsipial sxemasi

8.15-rasmda kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichning ketma-ket sxemasi keltirilgan.



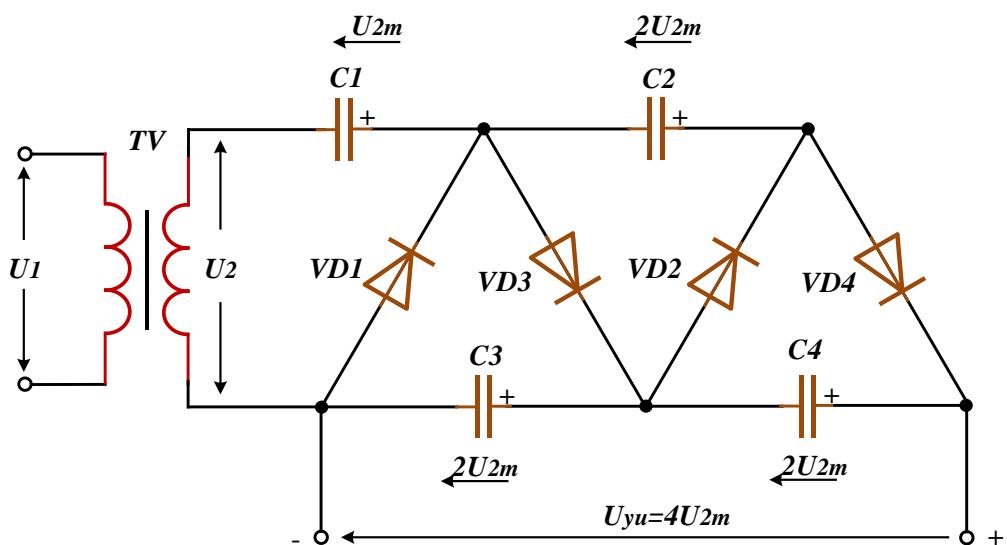
8.15-rasm. Kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichning ketma-ket sxemasi

Kirish kuchlanishining birinchi yarim davrida  $v$  nuqtaning potensial musbat,  $a$  nuqtaning potensiali esa manfiy bo‘lganda  $VD1$  diod ochiq,  $VD2$  diod esa yopik bo‘ladi. Bu vaqt momentida  $C1$  kondensator  $VD1$  diod orqali kuchlanishning  $U_2$  qiymatigacha

zaryadlanadi. Keyingi yarim davrida  $a$  nuqtaning potensial musbat,  $v$  nuqtaning potensiali manfiy bo‘ladi, bunda  $VD1$  diod yopiladi,  $VD2$  diod esa ochiladi.  $C2$  kondensator  $VD2$  diod orqali transformator ikkilamchi cho‘lg‘ami  $U_2$  kuchlanishi va avval zaryadlangan  $C1$  kondensator kuchlanishlar yig‘indisiga teng bulgan kuchlanishdan boshlab zaryadlana boshlaydi. Demak,  $R_{yu}$  rezistordagi kuchlanish  $U_{2m}$  kuchlanishning ikkilangan qiymatiga teng bo‘ladi.

Kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichning ketma-ket sxemasi parallel sxemaga qaraganda qator afzalliklarga ega: chiqish kuchlanishni pulsatsiyasi kichik, ishlash stabilligi esa yuqori. Bundan tashqari bir necha kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichning ketma-ket sxemalaridan kuchlanishni to‘rt marta ko‘paytirgichlarini yig‘ish qiyin emas (8.16-rasm).

Ikkita kuchlanishni to‘rt marta ko‘paytirgichining sxemasini ketma-ket ulab esa, kuchlanishni sakkiz marta ko‘paytirgichning sxemasini olish mumkin. Shuning uchun kuchlanishni ikki marta ko‘paytirgichlarni ketma-ket sxemalari parallel sxemalarga qaraganda ko‘proq qo‘llaniladi.



8.16-rasm. Kuchlanishni to‘rt marta ko‘paytirgichning ketma-ket sxemasi

Kuchlanishni ko‘paytirgichlari yordamida qurilma chiqishida bir necha o‘nlab kilovolt kuchlanishni kichik xajmli va arzon asboblardan (kondensatorlar va diodlar) foydalangan holda olish mumkin. Barcha kuchlanishni ko‘paytirgichlarining umumiy kamchiligi ularning yuqori

bo‘lmagan quvvati va kichik FIKi hisoblanadi<sup>75</sup>.

Hozirgi paytda mikroelektronika texnologiyasining rivojlanishi orqali 2000-2400V chiqish kuchlanishni olish imkonini beruvchi K299 seriyadagi integral mikrosxemalar ishlab chiqarilmokda va qo‘llanilmokda. Masalan, K299EB1 mikrosxema kuchlanishni to‘rt marta ko‘paytirgich hisoblanadi.

## **8.6. Kuchlanish o‘zgartirgichlari asosidagi impulsli elektr ta’minoti manbalari<sup>76</sup>**

Radioelektron apparaturalar elektr ta’minoti manbalarining hajmi va massasi tarmoq transformatori, past chastotali filtr parametrlari va chiziqli stabilizatorning rostlovchi elementidagi issiqqliq ajralishlari orqali aniqlanadi. Oshirilgan chastotada ishlaydigan va impulsli rejimli o‘zgarmas kuchlanishni rostlagichli elektr ta’minoti manbalarining hajmi va massasi sezilarli kichik. Lekin, radioelektron apparaturalar uchun kichik hajmli elektr ta’minoti manbalarini integral mikrosxemalarda yig‘ish uchun bu manbalarning parametrlari talablarni qoniqtirmaydi.

Transformatorsiz kirishli elektr ta’minoti manbalari yaxshi ko‘rsatkichлага ega. Ularda tarmoq kuchlanishi dastlab kirish to‘g‘rilagichida to‘g‘rilanadi, keyin to‘g‘rilangan kuchlanishning pulsatsiyasi sig‘im filtr orqali silliqlanadi, undan keyin o‘zgarmas kuchlanish invertorda yuqori chastotali to‘g‘ri burchakli shakldagi o‘zgaruvchan kuchlanishga o‘zgartiriladi. Bu kuchlanish kuch transformatorining ikkilamchi cho‘lg‘amiga talab qilinadigan qiymatga transformatsiyalanadi, yana to‘g‘rilanadi, silliqlanadi va yuklamaga uzatiladi.

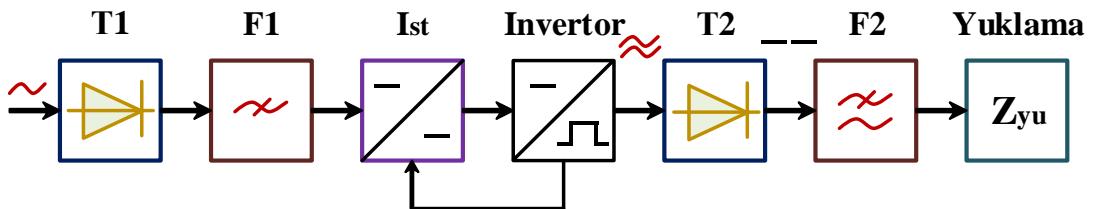
Transformatorsiz kirishli elektr ta’minoti manbalarining tuzilish sxemalari 8.17 va 8.18-rasmlarda keltirilgan. Bunday sxemalarda elektr ta’minoti manbai chiqish zanjirini kirish ta’minot tarmog‘idan ajratish invertor transformatori orqali amalga oshiriladi.

Chiqish kuchlanishini stabillash invertorda kenglik-impulslu modulyasiya uslubi bilan, shuningdek, invertordan oldin yoki undan keyin stabilizator qo‘yish orqali amalga oshiriladi.

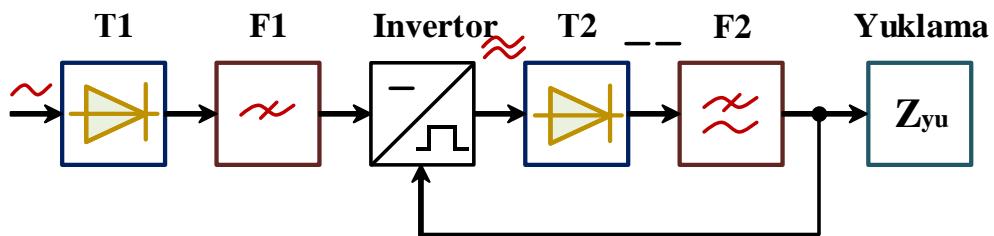
---

<sup>75</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

<sup>76</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.



8.17-rasm. Invertordan oldin stabilizator qo‘yilishi bilan stabillash amalga oshiriladigan transformatorsiz kirishli elektr ta’minoti manbaining tuzilish sxemasi



8.18-rasm. Invertorda kenglik-impulsli modulyasiya uslubi bilan stabillash amalga oshiriladigan transformatorsiz kirishli elektr ta’minoti manbaining tuzilish sxemasi

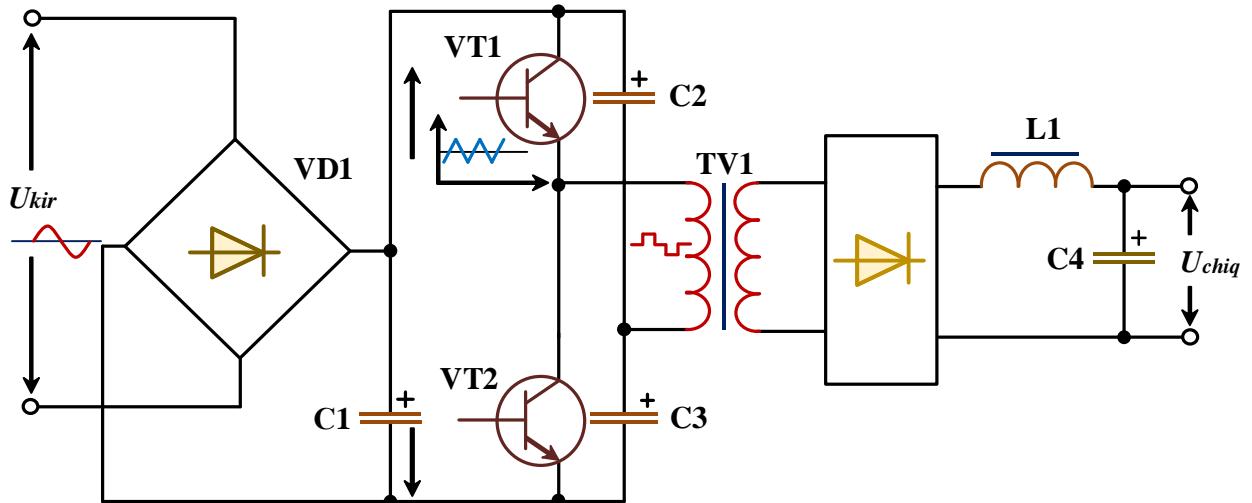
Yarim ko‘priksimon rostlanadigan invertor asosidagi transformatorsiz kirishli elektr ta’minoti manbaining prinsipial sxemasi 8.19-rasmida keltirilgan. Tarmoq kuchlanishi bevosita ko‘priksimon to‘g‘rilagichga beriladi va uning chiqishidagi o‘zgarmas kuchlanish invertorga beriladi. Invertoring tranzistorlari kenglik-impulsli modulyasiyalangan signal ta’sirida navbatma-navbat ochiladi. Invertor chiqishida oshirilgan chastotali (20kHz atrofida) ikki qutbli kenglik-impulsli modulyasiyalangan kuchlanish olinadi. Keyin bu kuchlanish to‘g‘rilanadi va LC – filtr yordamida silliqlanadi<sup>77</sup>.

Kichik hajmli elektr ta’minoti manbalarini qurish uchun kuch tranzistorlari yuqori voltli bo‘lishi ( $U_{KE.maks.rux} > 350 \dots 400V$ ),  $I_K = 5 \dots 10A$  kollektor toklarini o‘tkazishi, kichik  $U_{KE.to'y} = 1 \dots 2V$  to‘yinish kuchlanishlariga ega bo‘lishi, invertoring  $50 \dots 100kHz$  va undan yuqori chastotalarda ishlay olishini ta’minalashi kerak. To‘g‘rilash diodlari yuqori chastotali ( $f > 50 \dots 100kHz$ ) va kichik vaqtli qayta ulanishga ega bo‘lishi kerak.

Radioelektron apparaturalarning normal ishlashi uchun stabil toklar va kuchlanishlar zarur. Elektr ta’minoti manbalari o‘zgartirgichlari chiqishidagi kuchlanish esa kirish ta’minot kuchlanishi

<sup>77</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

o‘zgarganida o‘zgaradi.



8.19-rasm. Yarim ko‘priksimon rostlanadigan invertor asosidagi transformsiz kirishli elektr ta’mnoti manbaining prinsipial sxemasi

Bu bilan elektr ta’mnoti manbalari o‘zgartirgichlarida stabilizatorlarning qo’llanilishi zarurati yuzaga keladi.

Stabillovchi o‘zgartirgichlar deb kirish ta’mnot kuchlanishi va chiqish zanjiri yuklama toki o‘zgarganida chiqishida berilgan aniqlikdagi  $U_{chiq}$  o‘zgarmas kuchlanishni ta’mnlaydigan qurilmaga aytiladi.

O‘zgartirgichlarda kuchlanishni stabillash turli uslublarda amalga oshiriladi. Stabillovchi kuchlanish o‘zgartirgichlarining tuzilish sxemalari 8.20-rasmda keltirilgan.

Odatda, bitta o‘zgartirgich o‘z chiqishida bir necha kuchlanishlarni, ya’ni bir necha ta’mnot kanallarini shakllantiradi (8.20a-rasm).

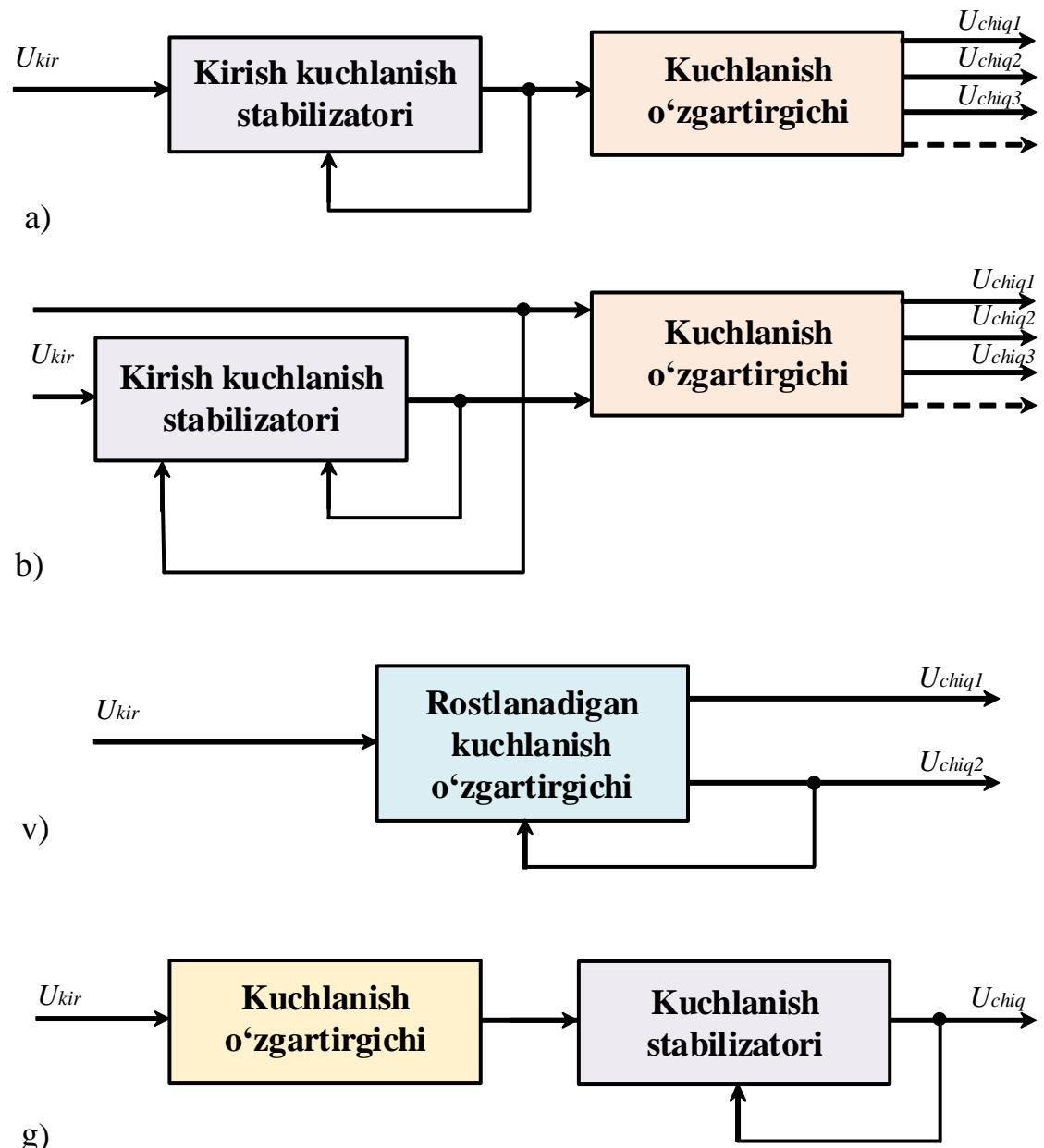
Markazlashtirilgan volt qo’shishli stabilizatorli o‘zgartirgichlar (8.20a-rasm) chiqishida 100Vt atrofidagi quvvatni ta’mnlaydi.

Rostlanadigan o‘zgartirgich yordamida bir necha chiqish kanallarini markazlashtirilgan stabillashli o‘zgartirgichlar tejamliroq hisoblanadi (8.20v-rasm). Bu o‘zgartirgichda o‘zgartirish va stabillash umumlashtirilgan bo‘lib, buning hisobiga foydali ish koeffitsiyenti ortadi. U kenglik-impulslari modulyasiya rejimida ishlaydi.

Markazlashtirilmagan stabillash uslubida kirish kuchlanishi to‘g‘ridan-to‘g‘ri o‘zgartirgichga beriladi, chiqishda esa har bir kanalga alohida chiziqli yoki impulsli stabilizator qo‘yiladi (8.20v-rasm). Chiqish kuchlanishi bu sxemada yuqori stabillikka, foydali ish

koeffitsiyenti past qiymatga ega bo‘ladi.

Stabillangan o‘zgarmas kuchlanish o‘zgartirgichga beriladi va uning chiqishidagi kuchlanish stabil ushlab turiladi.



8.20-rasm. Stabillovchi kuchlanish o‘zgartirgichlarining tuzilish sxemalari

Stabillashning bu uslubi ko‘p kanalli elektr ta’minoti manbalarida o‘zgartirgichdan bir necha bir stabillangan (3...5%) chiqish kuchlanishlarini olish zarurati bulganida qo‘llaniladi. Bu sxemada stabillash uzlusiz va impulsli rejimlarda amalga oshirilishi mumkin

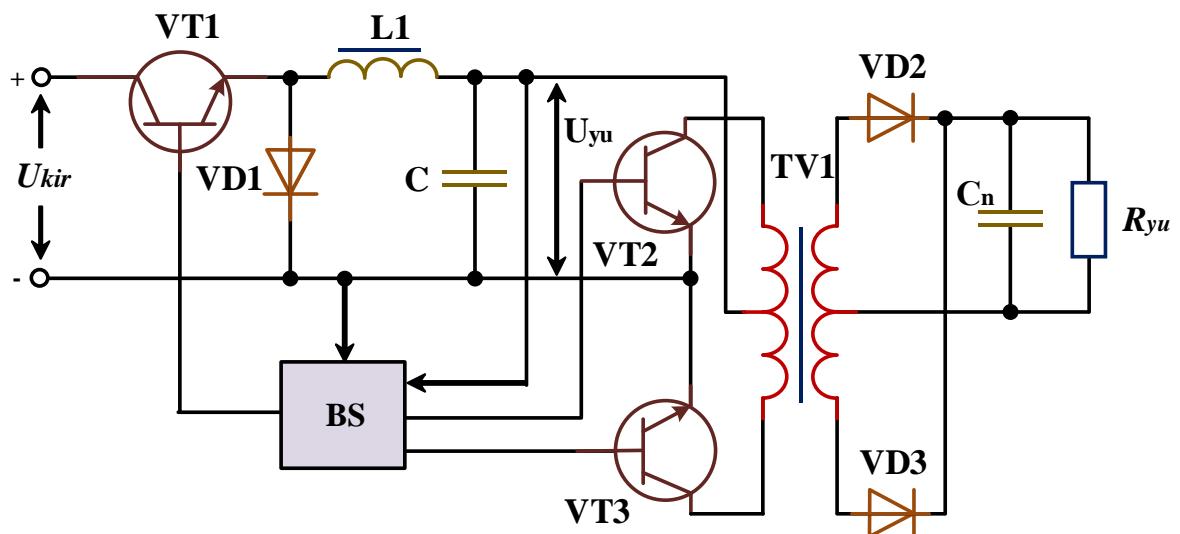
Birinchi uslub bo‘yicha qurilgan sxemalar kichik foydali ish koeffitsiyentiga ega bo‘lgani uchun 2Vt gacha quvvatdagи elektr

ta'minoti manbalarida qo'llaniladi.

Markazlashtirilgan impulsli o'zgartirgichlar tejamliroq hisoblanadi. Bunday o'zgartirgichlar o'nlab vattlargacha chiqish quvvatili ko'p kanalli elektr ta'minoti manbalarida qo'llaniladi.

Chiqish kuchlanishini impulsli uslubda stabillanadigan o'zgartirgichlar eng tejamlı hisoblanadi. Bunda kuch tranzistorlarining impulsli ishslash rejimi foydali ish koeffitsiyenti oshiradi, chastotaning 300 kHzgacha oshirilishi esa uning hajmini va massasini kamaytiradi.

Impulsli stabilizatorli kirishli o'zgartirgichning prinsipial sxemasi 8.21-rasmida keltirilgan. U 8.20a-rasmida keltirilgan tuzilish sxemasi bo'yicha yig'ilgan va VT1 tranzistordagi impulsli stabilizatordan, VD diod, L drossel va C kondensatordan iborat demodulyasiyalovchi filtrdan, VT1 rostlovchi tranzistor va VT2 hamda VT3 tranzistorlardagi ikki taktli kuchaytirgichni qayta ulanish rejimlarini boshqaradigan BS boshqarish sxemasidan tashkil topgan.



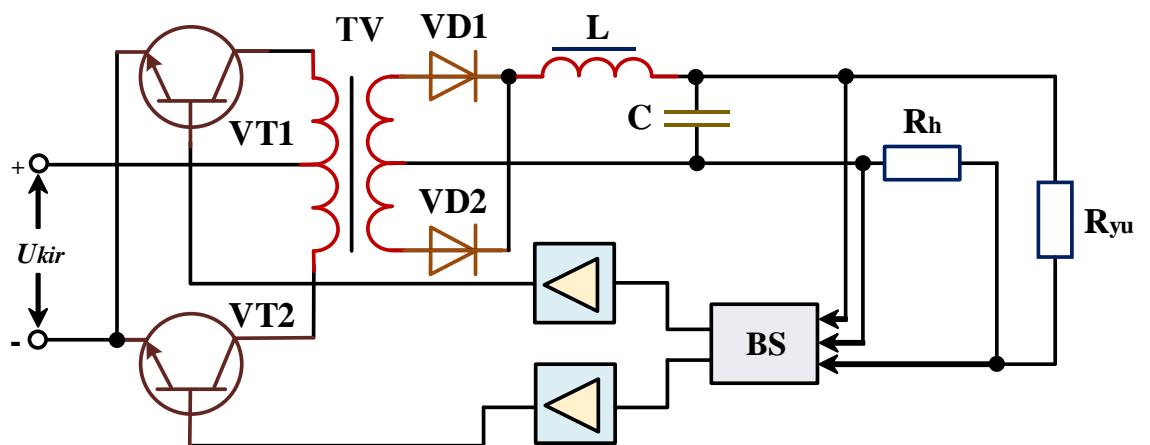
8.21-rasm. Impulsli stabilizatorli kirishli o'zgartirgichning prinsipial sxemasi

Sxemaning ishslash prinsipi quyidagicha. O'zgarmas  $U_{kir}$  kirish kuchlanishi VT1 tranzistordagi impulsli stabilizator kirishiga beriladi va uning chiqishidan LC filtr orqali mustaqil qo'zg'atishli kuchlanish o'zgartirgichi vazifasini bajaradigan VT2 va VT3 tranzistorlardagi quvvat kuchaytirgichi kirishiga beriladi. Unda o'zgarmas kuchlanish nolli pauzasiz to'g'ri burchakli o'zgaruvchan kuchlanishga o'zgartiriladi. TV1 transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi transformatsiyalangan kuchlanish VD2 va VD3 dioldardagi ikki taktli

to‘g‘rilagichga beriladi, to‘g‘rlanadi va  $C_n$  sig‘im filtrda sillliqlanadi.

Rostlanadigan ikki taktli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi 8.22-rasmida keltirilgan. U 8.20v-rasmida keltirilgan tuzilish sxemasi bo‘yicha yig‘ilgan. O‘zgarmas  $U_{kir}$  kirish kuchlanishi dastlab  $VT1$  va  $VT2$  tranzistorlardagi o‘zgartirgichga beriladi.

O‘zgartirgich ishini boshqarish boshqarish sxemasidan kenglik bo‘yicha modulyasiyalangan impulslarni berilishi orqali amalga oshiriladi. Bu impulslar  $R_{yu}$  yuklamadagi chiqish kuchlanishini nazorat qiladi va impulslar kengligini shunday o‘zgartiriladi,  $U_{kir}$  kirish kuchlanishi yoki yuklama toki o‘zgorganida chiqish kuchlanishining o‘rtacha qiymati berilgan aniqlikda o‘zgarmas ushlab turiladi.



8.22-rasm. Rostlanadigan ikki taktli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi

Integral mikrosxemalar rostlanadigan o‘zgartirichda boshqarish sxemalari sifatida qo‘llanilishi mumkin. Lekin, integral mikrosxemalarning chiqish toklari quvvatli kuch tranzistorlarini boshqarish uchun yetarli bo‘lmaydi. Shuning uchun, boshqarish sxemasidan keyin signal qo‘sishma kuchaytirgichda kuchaytiriladi va kuchaytirilgan farq signali quvvatli kuch tranzistorlarining kirishlariga beriladi. O‘zgartirgichda quvvatli kuch tranzistorlarini tok bo‘yicha ortiqcha yuklanishdan yoki qisqa tutashuvdan himoyalash boshqarish sxemasidan  $R_{HIM}$  himoya rezistoridan ortiqcha yuklanish haqida signal olinishi orqali amalga oshiriladi.

**9.1. Elektr ta'minoti manbalarining energiya tizimi bilan  
elektromagnit moslashuvchanligi<sup>78</sup>**

Elektr energiyasining sifati telekommunikatsion vositalarning ishonchli ishslash ko'rsatkichlarini aniqlovchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Telekommunikatsion apparaturalar tarkibida elektr ta'minoti manbalari yuklama va elektr ta'minoti tizimi o'rtasida moslashtiruvchi qism bo'lib xizmat qiladi. Elektr ta'minot manbalari ko'rsatkichlariga qo'yiladigan texnik talablar mazkur telekommunikatsion apparatura uchun ham umumiyyidir. Elektr ta'minoti manbalari tuzilish tarkibi, asos elementlari va tayyorlash texnologiyasi bo'yicha sezilarli farqlarga ega. Bu farqlar uning tarkibiga kiramagan telekommunikatsion qurilma afzalliklari orqali aniqlanadi. O'z navbatida telekommunikatsion qurilmalar funksional vazifalariga va ishlatish sharoitlariga ko'ra farqlanadi.

Elektr energiyasi tizimlari tomonidan IETMlarga qo'yiladigan talablar quvvatlar nisbati, tok turi (o'zgaruvchan yoki o'zgarmas), kuchlanishlar qiymatlari, tok va kuchlanishlar qiymatlarining ish va o'tish rejimlaridagi ruxsat etilgan og'ishlari orqali aniqlanadi.

O'zgarmas tok elektr ta'minot tizimlari talab qilinadigan quvvat 1,5kVt da oshmagan hollarda qo'llaniladi. Bunday tizimlarning afzalligi akkumulyatorlar yordamida rezervlashning oddiyligidir. Ularning kamchiliklariga esa analog yuklamani elektr ta'minotida elektr energiyani ikki marta o'zgartirish (impulslvi va uzluksiz) zarurligini kiritish mumkin.

IETMlarning o'zgaruvchan tok elektr energiyasi tizimi bilan moslashuvi tarmoqda generatsiyalanuvchi yuqori chastotali halaqitlar darajasini kamaytirish va IETM iste'mol tokining egriliginini yaxshilash talablarining bajarilishi orqali ta'minlanadi. Elektr energiyasi tizimlariga yuqori garmonikalarning ta'siri ketma-ket va parallel rezonanslar natijasida toklar va kuchlanishlar garmonikalarining ortishi, shuningdek, elektr energiyasini generatsiyalash, uzatish va undan foydalanish protsesslari samaralarining kamayishi, apparatura izolyasiyasining

<sup>78</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

eskirishi, buning natijasida xizmat muddatini kamayishi va apparaturaning xato ishlashi tarzida namoyon bo‘ladi.

Kuchlanish garmonikalari transformatorlarda gistorezisdagi yo‘qotishlarni va magnit o‘tkazgichlardagi uyurmaviy toklarni, shuningdek cho‘lg‘amlardagi yo‘qotishlarni keltirib chiqaradi.

Garmonikalarning kondensatorlarda hosil qiladigan qo‘srimcha yo‘qotishlari quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\delta P = \sum_{n=2}^{\infty} \Delta P_0 \cdot \omega \cdot C \cdot n \cdot U_n^2, \quad (9.1)$$

bu yerda  $\Delta P_0$  – asosiy chastotadagi hajmiy yo‘qotishlar,  $Vt/VAr$ ;  $C$  – kondensatorning sig‘imi;  $U_n$  –  $n$ -garmonikaning kuchlanishi;  $n$  – garmonikaning nomeri.

Qo‘srimcha yo‘qotishlar kondensatorlarning qo‘srimcha qizishiga olib keladi. Shuning uchun kondensatorlarni loyihalash, tok bo‘yicha ruxsat etilgan ortiqcha yuklanishni hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

Elektromagnit moslashuvni yaxshilash maqsadida kuchlanishlarning nosimmetrikligini kamaytirish va iste’mol toki shaklining egriligini yaxshilash uchun reaktiv quvvatni to‘plashni ta’minlovchi korreksiyalash qurilmalari ishlatiladi.

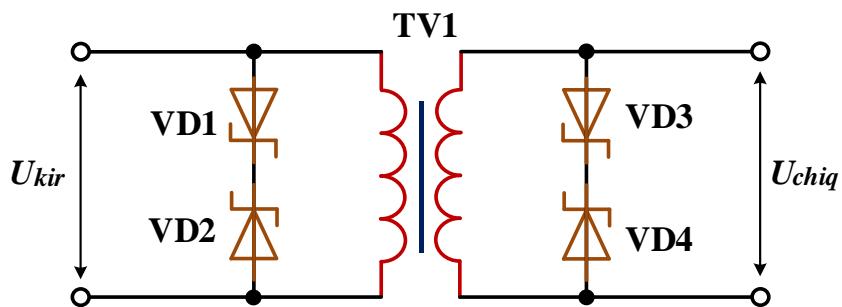
Elektr energiyasi tizimlarida o‘tish jarayonlari vaqtida IETMlar kirish zanjirlarida ruxsat etiladigan qiymatlardan sezilarli katta bo‘lgan kuchlanishning keskin sakrashsimon ortishi hollari bo‘lishi mumkin. Kuchlanishning keskin sakrashsimon ortishini odatda induktiv xarakterli yuklamali tok zanjirlari kommutatsiyalari keltirib chiqaradi. Xorijiy ma’lumotlarga ko‘ra 240V kuchlanishli elektr ta’minot tarmog‘iga ega bo‘lgan ishlab chiqarish korxonalarida kuchlanish bo‘yicha ortiqcha yuklanish 500V gacha (1 kunda 1 marta) va 300 gacha (500 marta kuniga) sakrashsimon ortib ketishi mumkin. Kuchlanishning sakrashsimon tarzda keskin ortib ketishini shuningdek, tabiiy yoki sun’iy elektromagnit impuls va statik elektr maydon ta’sirlari ham keltirib chiqarishi mumkin.

IETMlar kirish zanjirlarini ortiqcha yuklanishlardan himoyalash uchun kuchlanish cheklagichlari, zaryadsizlovchi qurilmalar, bipolyar tranzistorlar, varistorlar, diodlar va stabilitonlar qo‘llaniladi. Kuchlanish impulslari energiyasi katta darajada bo‘lganda turli xil fizik prinsiplarda yig‘ilgan bir necha kuchlanish bo‘lgichlaridan tashkil

topgan kombinatsion himoyalash sxemalari qo'llaniladi.

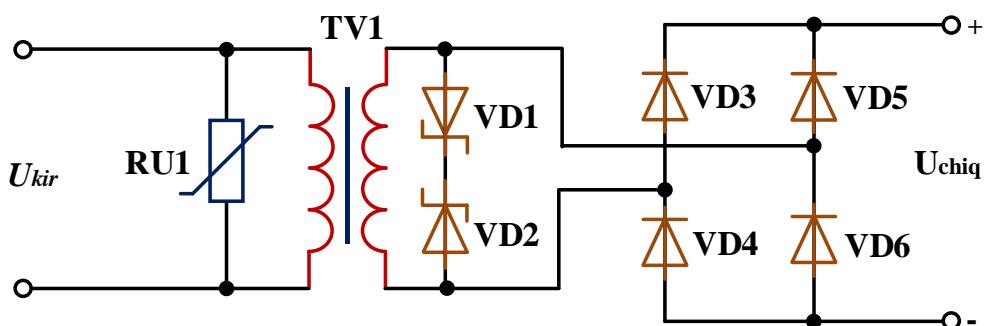
O'zgarmas tok zanjirlarini ortiqcha yuklanishlardan himoyalash, nosimmetrik kuchlanish cheklagichlari yoki stabilitronlar yordamida amalga oshiriladi. Bu asboblar shunday bo'sag'aviy kuchlanish qiymatiga tanlanadiki, bunda ortiqcha yuklanish impulsidan keyin ularning o'zgarmas tok zanjiridan avtomatik uzilishi lozim.

O'zgaruvchan tok tarmoqlarida himoyalash nosimmetrik kuchlanish cheklagichlarini qarama-qarshi ulash orqali amalga oshirish mumkin. Masalan, 9.1-rasmdagi  $VD1-VD4$  va 9.2-rasmdagi  $RU1$ ,  $VD1$ ,  $VD2$ .



9.1-rasm. Nosimetrik kuchlanish bo'lgichlarining ulanishi

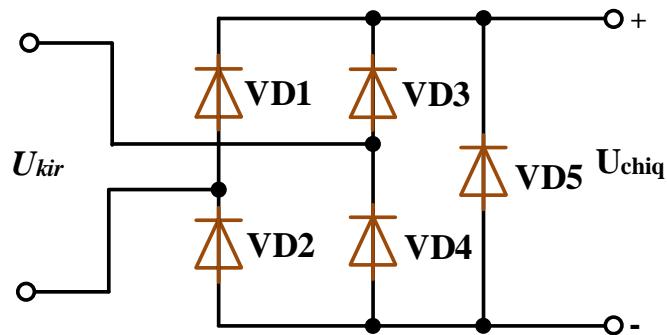
O'zgaruvchan tok zanjirida ko'priksimon to'g'rilash sxemasi bo'lganida to'g'rilagich diodlarni himoyalash nosimetrik kuchlanish cheklagichini ko'priq dioganaliga ulash orqali amalga oshirish mumkin, masalan 9.3-rasmdagi  $VD5$  diod. Bu holda sxemaning tezkorligini to'g'rilash diodlarining ulanish vaqtini hisobga olgan holda aniqlash zarur.



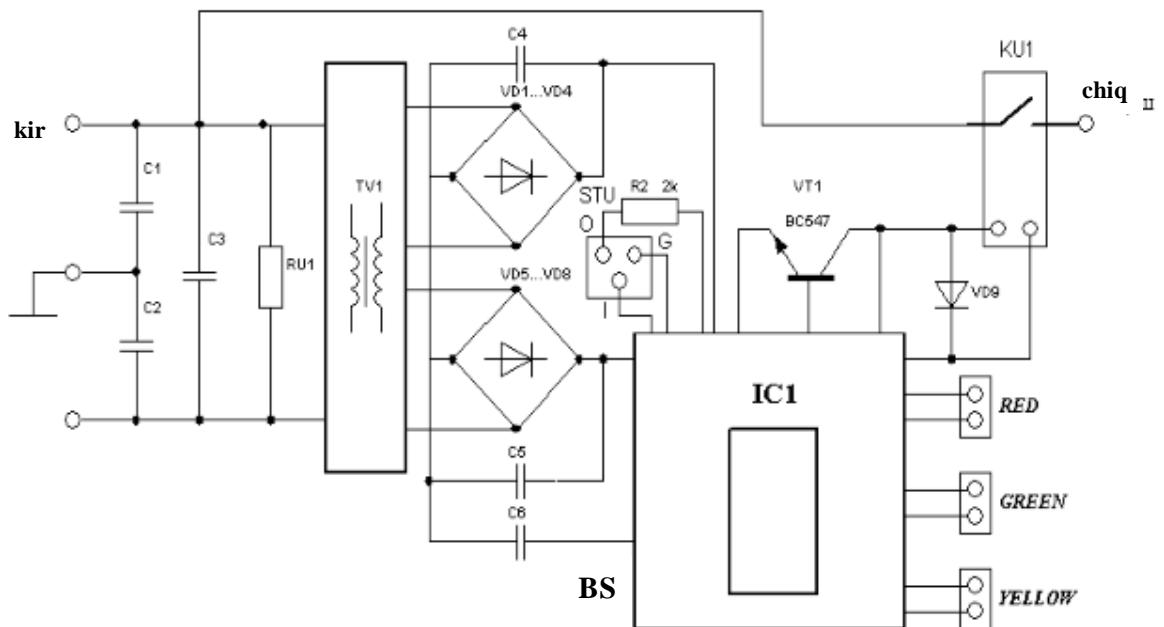
9.2-rasm. Varistorning va nosimetrik kuchlanish bo'lgichlarining ulanishi

Telekommunikatsion vositalar kirishida bir necha himoyalash funksiyalarini bajaruvchi qurilma ishlatilishi mumkin. Bunday qurilmalardan birining tuzilish sxemasi 9.4-rasmda keltirilgan. Bu

qurilma radiohalaqitlarni so‘ndirish, impulsli ortiqcha kuchlanishlarni cheklash va tarmoq kuchlanishi o‘zgarganda yuklamani himoyalashni ta’minlashga mo‘ljallangan.



9.3-rasm. To‘g‘rilagich diodlarini nosimmetrik kuchlanish cheklagichi yordamida himoyalash



9.4-rasm. Himoyalash qurilmasining tuzilish sxemasi

9.4-rasmida keltirilgan sxema quyidagi tartibda ishlaydi.  $TV_1$  transformator ikkilamchi cho‘lg‘amidagi kuchlanishlar  $VD_1-VD_4$  va  $VD_5-VD_8$  ko‘priksimon to‘g‘rilash sxemalari orqali to‘g‘rilanadi.  $VD_5-VD_8$  to‘g‘rilash sxemasi chiqishidagi to‘g‘rilangan kuchlanish integral kuchlanish stabilizatori  $STU$  (SM781.12.AZ) orqali stabillanadi. To‘g‘rilangan kuchlanish  $C_4$ ,  $C_6$  kondensatorlar yordamida filtrlanib  $BS$  boshqarish sxemasiga va  $KU1$  (125MV) rele cho‘lg‘amiga beriladi. Boshqarish sxemasi  $IC1$  (LM393N, 1401SA3) mikrosxema bazasida

yig‘ilgan. Mikrosxema ikki kanalli kuchlanish komparatori bo‘lib, tarmoq kuchlanishining ortishini yoki kamayishini nazorat qilishga mo‘ljallangan. Agar tarmoq kuchlanishi 190V gacha kamaysa yoki 250V gacha ortsa, boshqarish sxemasi kuchaytiruvchi *VT1* tranzistori orqali *KU1* releni uzadi. Bu relening kontaktlari yuklamani tarmoqdan uzadi.

Himoyalash qurilmasining holatlarining induksiyalari svetodiodlar (“RED”, “GREEN”, “YELLOW”) orqali amalga oshiriladi. Qurilma kirishidagi *C1…C3* kondensatorlar radiohalaqitlar filtrini tashkil qiladi (*C1*, *C2* kondensatorlar nosimetrik radiohalaqitlarni, *C3* kondensator esa simmetrik radiohalaqitlarni so‘ndirishga xizmat qiladi). Qisqa vaqtli kuchlanishni sakrashsimon keskin ortishi *RU1* varistor orqali cheklanadi. *VD9* diod *KU1* rele cho‘lg‘ami uzilganda ortiqcha kuchlanishni kamaytirish uchun mazkur cho‘lg‘amni shuntlaydi.

## **9.2. Ishlatish jarayonlari sharoitlarining elektr ta’minoti manbalariga ta’siri<sup>79</sup>**

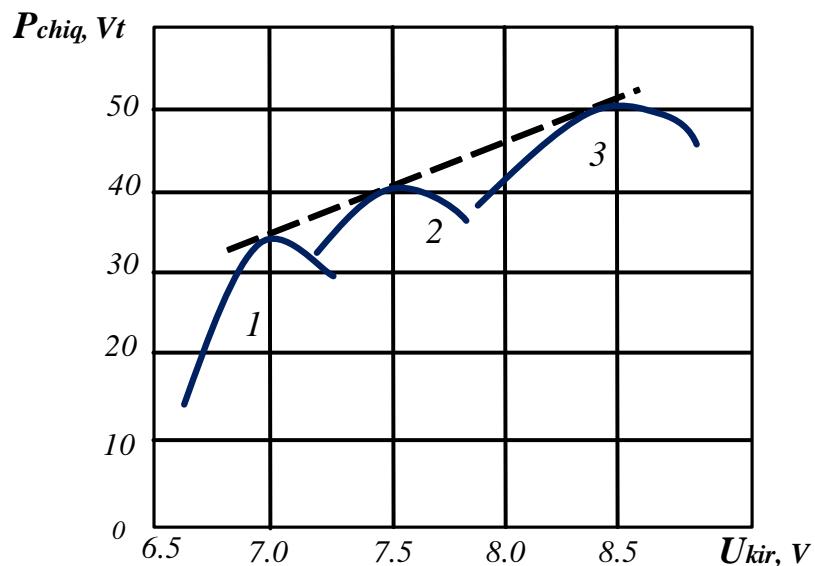
IETMlar tavsiflari qator ta’sir etuvchi omillarga bog‘liq. Past voltli IETMlarga asosan, yuklamadagi tokning o‘zgarishi, atrof-muhit haroratining o‘zgarish diapazoni, tarmoq kuchlanishining o‘zgarishi ta’sir etadi. Yuqori voltli IETMlarga bu omillardan tashqari, namlik va atrof-muhit bosimi sezilarli ta’sir etadi. Ko‘p hollarda IETMlarga chiqish kuchlanishining pulsatsiyasiga va stabilligi bo‘yicha talablar qo‘yiladi, ularning bajarilishi turli stabillash uslublari orqali amalga oshiriladi.

Shu bilan bir vaqtida ishlatish jarayonida atrof-muhit haroratining o‘zgarishi bilan chiqish kuchlanishi o‘zgarishi kerak bo‘lgan IETMlar mavjud. Misol sifatida Gann diodida yig‘ilgan IETMni ta’kidlash mumkin. Generator ishchi chastotada barqaror qo‘zg‘alishini, shuningdek, kirish kuchlanishi berilgan momentdan boshlab bir sekunddan oshmagan vaqtida nominal quvvatga nisbatan ma’lum chiqish quvvatining sathini ta’minlashi kerak. Generator chiqish kuchlanishining sathi atrof-muhit haroratining o‘zgarishiga sezilarli bog‘liq.

9.5-rasmda misol sifatida 3A726Б diodida yig‘ilgan generator signali  $R_{ch}$  chiqish quvvatining  $U_k$  kirish kuchlanishiga  $T_a$  atrof-muhit haroratlarining -60, (1), +20 (2), +70 (3) $^{\circ}\text{C}$  qiymatlarida bog‘likliklari

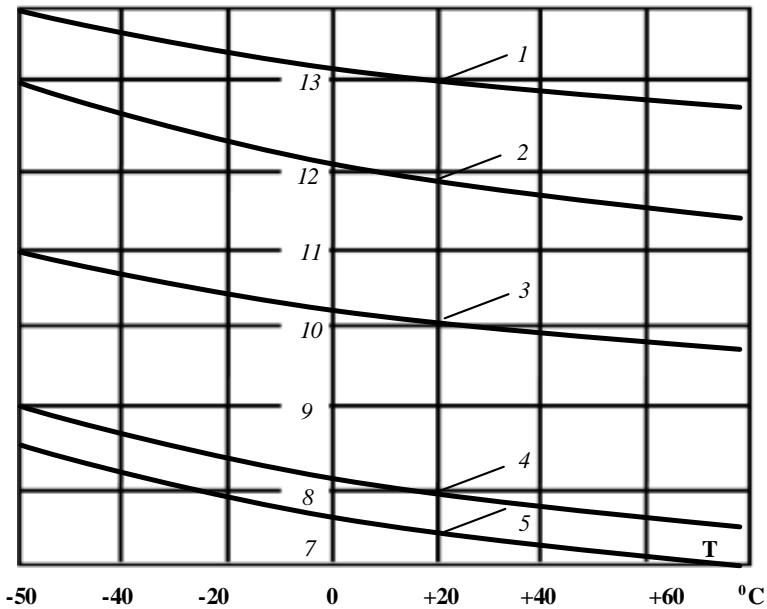
<sup>79</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

keltirilgan.



9.5-rasm. 3A726Б diodida yig‘ilgan generator signali  $R_{ch}$  chiqish quvvatining  $U_k$  kirish kuchlanishiga  $T_a$  atrof-muhit haroratlarining - 60 (1), +20 (2), +70 (3) $^{\circ}\text{C}$  qiymatlarida bog‘liqlik grafiklari

Rasmdan ko‘rinib turibdiki,  $T_a$  atrof-muhit haroratlarining turli qiymatlari uchun  $R_{ch}$  chiqish quvvatining maksimal qiymatiga  $U_k$  kirish kuchlanishining turli qiymatlarida erishiladi. Bundan kelib chiqadiki, berilgan harorat diapazonida ishchi chastotada barqaror qo‘zg‘alishni ta’minlash uchun IETMning kirish kuchlanishi 9.6-rasmda tasvirlangan ma’lum qonun bo‘yicha haroratning o‘zgarishi bilan o‘zgarishi kerak. Ba’zi bir elektron qurilmalar uchun sxema komponentlari konstruksiyalarining o‘ziga xos xususiyatlari keltirib chiqaradigan takrorlanadigan qisqa tutashuv ish rejimi xarakterlidir. Bunday komponentlarga yuqori voltli elektrovakuum asboblar (klistronlar, indikator quvurlari va h.k.) kiradi. Ular IETMlar uchun yuklama hisoblanadi, shuning uchun chiqish zanjiridagi qisqa tutashuvda ta’mot manbai chiqish tokini cheklash kerak. Bunda IETM kuchlanishni stabillash rejimidan tokni stabillash rejimiga o‘tib ish rejimini o‘zgartirishi kerak.



9.6-rasm. 3A721A (1), 3A722A (2), 3A723A (3), 3A724A (4),  
3A726A (5) diodlari uchun  $U_k$  kirish kuchlanishlarining  $T_a$  atrof-muhit  
haroratiga bog‘liqlik grafiklari

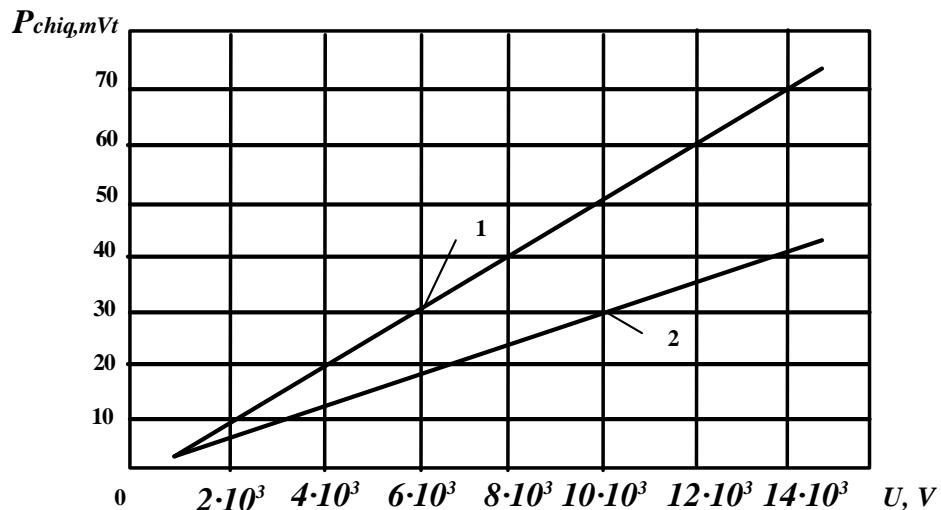
Ular IETMlar uchun yuklama hisoblanadi, shuning uchun chiqish zanjiridagi qisqa tutashuvda ta’midot manbai chiqish tokini cheklashi kerak. Bunda IETM kuchlanishni stabillash rejimidan tokni stabillash rejimiga o’tib ish rejimini o’zgartirishi kerak. Qisqa tutashuvga yaqin rejim sig‘im yuklamada yoki IETM tarkibida katta sig‘imlar bo‘lgan hollarda o‘z o‘rniga ega. Bu holda IETM tarmoqqa ulanganida tokning keskin ortishini kamaytirish uchun uning kirish zanjirlarida sekin ishga tushirish qurilmasi ko‘zda tutiladi.

IETM chiqish kuchlanishining pulsatsiyasiga, hajmiga va massasiga qat’iy talablar qo‘yilganida, uning yuklama bilan birga ishlashi funksional telekommunikatsion qurilma yuqori sezgir komponentlari va signallarni qayta ishlash traktlarining ishlashi bilan IETMning qayta ulash kuch komponentlarining ishlashini sinxronlashtirish orqali erishish mumkin.

IETMlarga oshirilgan namlikning ta’siri konstruksion materiallarning dielektrik xususiyatlarining yomonlashishi bilan yuzaga chiqadi. Bu detallarning sirti va havo oraliqlari bo‘yicha o‘lchamlarni oshirish zaruratiga va demak, butun IETMning o‘lchamlarini ortishiga olib keladi. O‘tkazgichlar orasidagi masofa bosma plataning materiali va namlikdan himoya qiluvchi qatlamni hisobga olgan holda ishchi kuchlanishning qiymati orqali aniqlanadi.

9.7-rasmda ikki tomonlama bosma platalar uchun o‘tkazgichlar

orasidagi qoplamli va qoplamsiz minimal izolyasion tirkishlar keltirilgan. Ishchi kuchlanish o'zgarmas va o'zgaruvchan tok (kuchlanishning amplituda qiymati qabul qilinadi) uchun ko'rsatilgan. 500V dan ortiq bo'lgan kuchlanishlarda izolyasiyasiz qatlamli platalar uchun tirkish har bir 100V ga 0.5mm, izolyasiyalı qatlamli platalar uchun esa, tirkish har bir 100V ga 0.3mm qabul qilinadi.



9.7-rasm. O'tkazgichlar orasidagi plataning sirti bo'yicha qoplamli (1) va qoplamsiz (2)  $L_{min}$  masofaning  $U_{i,k}$  ishchi kuchlanishga bog'liqlik grafiklari

Atrof-muhit haroratining ortishi bilan IETM tarkibidagi komponentlarning parametrлари va ishonchlilik ko'rsatkichlari yomonlashib boradi. Bu IETMning tavsiflarini yomonlashishiga olib keladi. IETMlarning berilgan harorat bo'yicha rejimlarini ta'minlash uchun turli sovutish uslublaridan foydalaniladi.

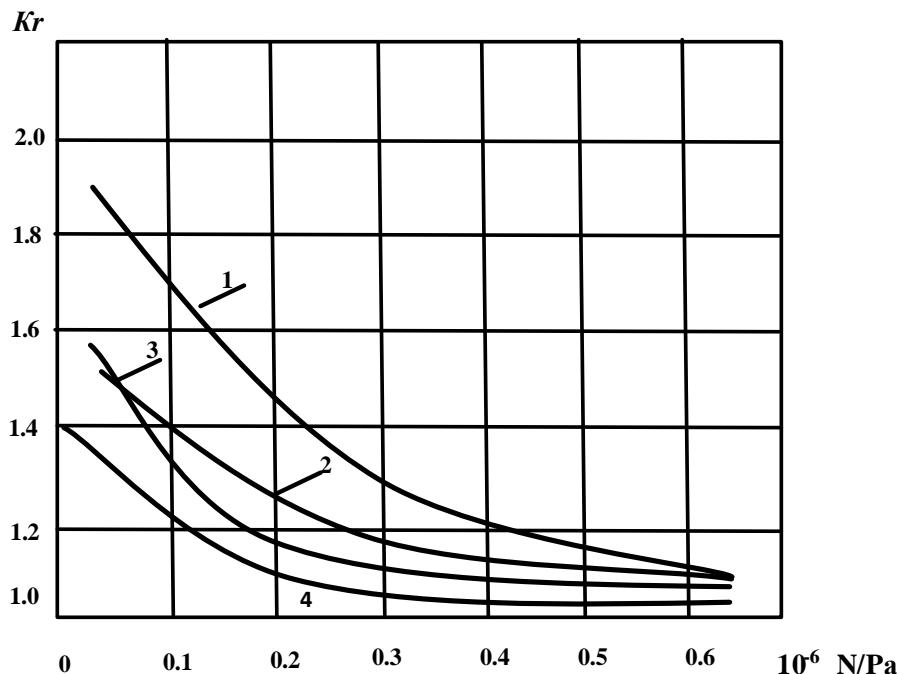
Tanlangan sovutish uslubining to'g'riligini tekshirishda asosiy mezonlar sifatida IETMning sovutiladigan sirtining (qizigan zonaning)  $q$  solishtirma issiqlik yuklamasi va uning  $\Delta T_{rux}$  ruxsat etiladigan qizishi olinadi.  $q$  qiymat  $Q$  tarqaladigan quvvat va  $S$  sovutiladigan yuza orqali aniqlanadi:

$$q = \frac{Q \cdot k_r}{S}, \quad (9.2)$$

bu yerda  $k_r$  - normal atmosferaga nisbatan atrof-muhit havosi bosimining kamayishini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

$k_r$  koeffitsiyentning havo bosimiga bog'liqligi 9.8-rasmida keltirilgan bo'lib, unda IETMlar uchun egriliklar quyidagicha belgilangan: 1-ichki aralashtirishsiz qobiqli; 2-tabiyy havo orqali

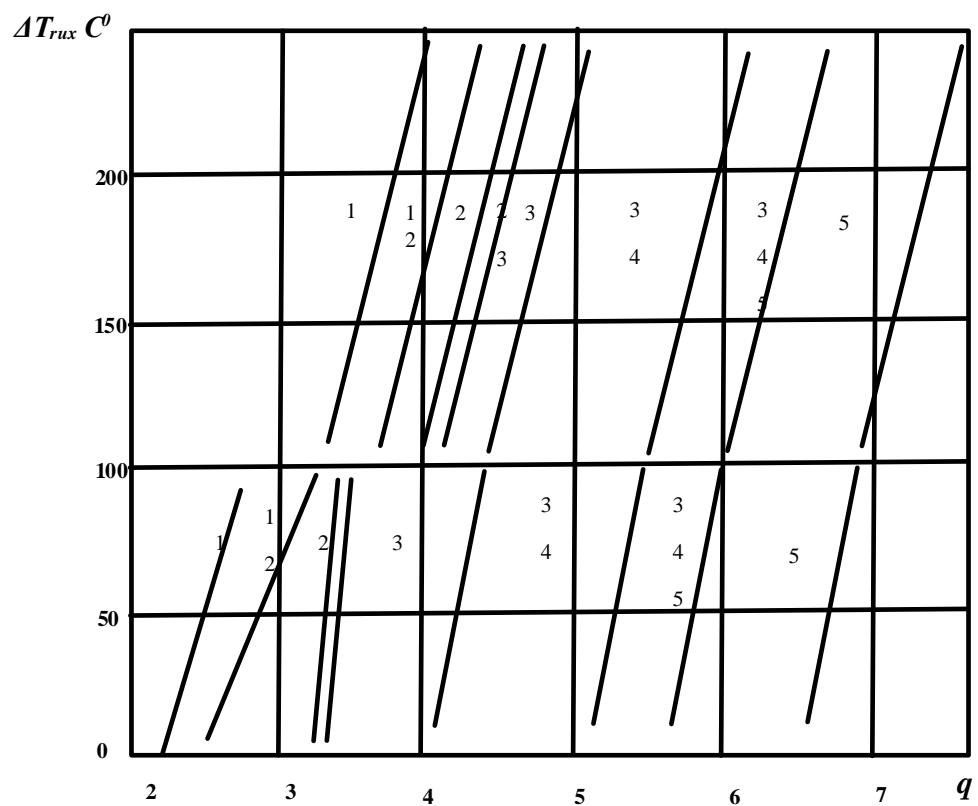
sovutishli germetik qobiqda; 3-majburiy havo orqali sovutishda; 4-havoni ichki aralashtirishli.



9.8-rasm.  $k_r$  koeffitsiyentning havo bosimiga bog'liqligi

Tabiiy havo orqali sovutishda  $\Delta T_{rux}$  ruxsat etiladigan qizishning qiymati qizigan zonaning ruxsat etiladigan  $T_{rux}$  qiymati va  $T_a$  atrof-muhit haroratining farqi orqali aniqlanadi. Majburiy havo orqali sovutishda  $\Delta T_{rux}$  sifatida  $T_{rux}$  qiymat va IETM kirishidagi haroratning qiymati orasidagi farq qabul qilinadi. Majburiy suyuqlik, tabiiy bug'lanadigan va majburiy bug'lanadigan sovutish uchun qiziydigan zonaning ruxsat etiladigan qizishi uchun  $\Delta T_{rux}$  sifatida IETMning  $T_{rux}$  qiymati va issiqlik o'tkazuvchining kirishidagi havoning harorati orasidagi farq qabul qilinadi.

9.9-rasmida IETM sovutish uslubining tanlanishini baholashga imkon beradigan diagramma keltirilgan. Unda sovutish uslublari quyidagicha belgilangan: 1-tabiiy havo orqali; 2- majburiy havo orqali; 3-majburiy suyuqlik orqali; 4-tabiiy bug'lanish orqali; 5-majburiy bug'lanish orqali. Diagrammada berilgan chegaraviy quvvat q va ruxsat etiladigan qizish  $\Delta T_{rux}$  koordinatalari joylashgan nuqtadagi zona aniqlanadi.



9.9-rasm.  $\Delta T_{\text{rux}}$  ruxsat etiladigan qizishning q solishtirma issiqlik yuklamasiga bog‘liqliklari

## X-BOB. UZLUKSIZ VA KAFOLATLANGAN ELEKTR TA'MINOTI

### 10.1. Uzluksiz elektr ta'minoti manbalari<sup>80</sup>

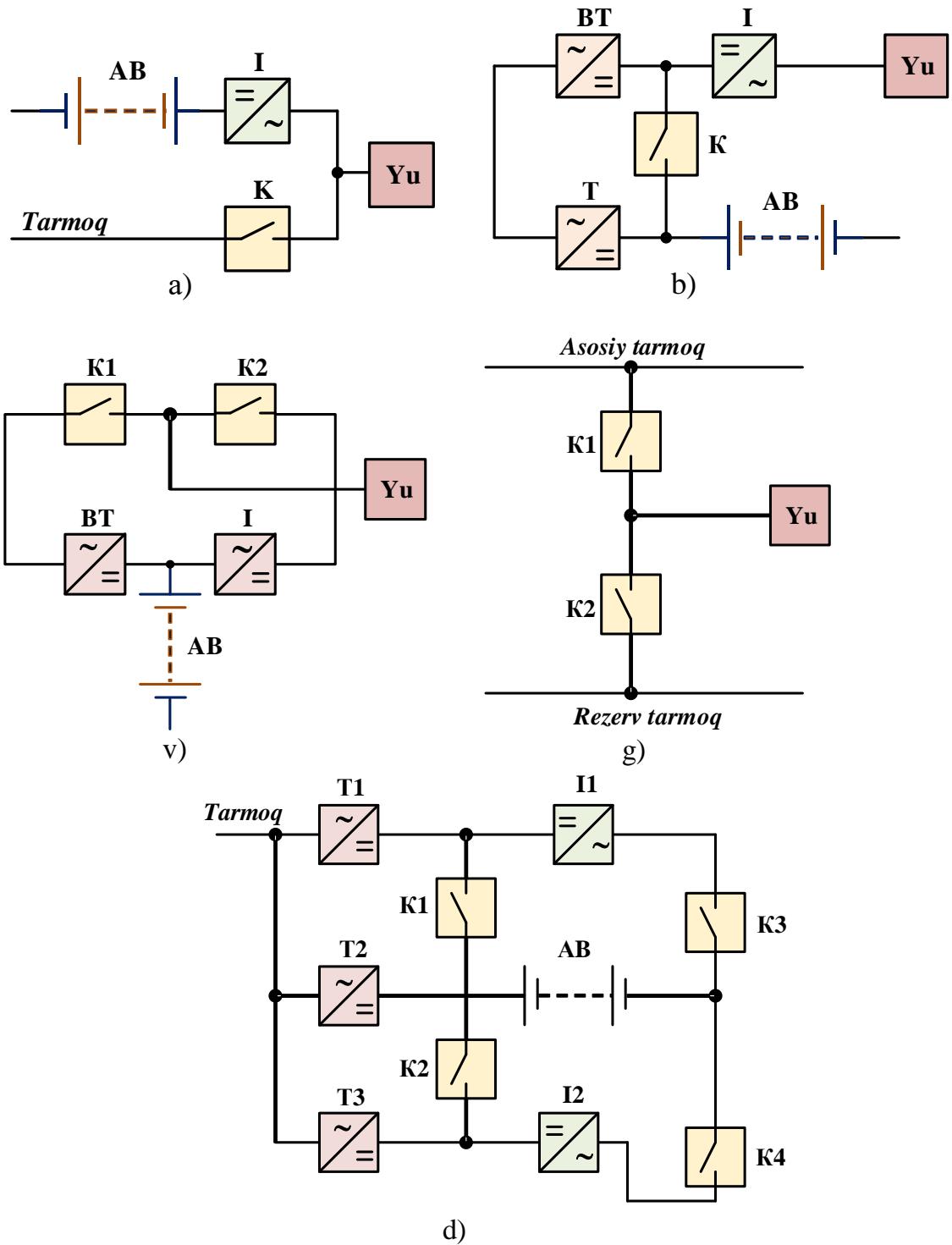
Elektron vositalari zarurat holatlarda ma'lum vaqtida elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlanishi kerak. Ushbu maqsadda turli xil uzluksiz elektr ta'minoti manbalari (UETM) qo'llaniladi. Xorijda UETMlarni belgilashi uchun UPS abbreviaturasidan foydalaniladi (Uninterruptable Power Supply). Chiqish tokining turiga qarab UETMlar o'zgaruvchan va o'zgarmas tok UETMlari bo'linadi.

UETMning yuklama bilan moslashtirish talabi UETM chiqishidagi elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlar bilan belgilangan. Bunday talablarga chiqish kuchlanishining nostabilligi va pulsatsiyasining qiymatlari, chiqish tokining o'zgarish diapazoni, chiqish tokining qiymati va chastotasining nostabilligi kiradi. UETM qurilmasining yuklamasi telekommunikatsion vosita hisoblanadi va bu vosita kirishiga ta'minot manbai qo'yiladi. O'zgaruvchan tok tarmoqlarida ko'pincha ta'minot manbai kirish zanjirida sig'im filtrli rostlanmaydigan to'g'rilaqch bo'ladi, shuning uchun ular iste'mol qiladigan tok shakli sinusoidal shakldan farq qiladi. Yuklama tomonidan chiziqli va nochiziqli yuklamalar uchun chiqish kuchlanishi garmonikalar koeffitsiyentlarining berilgan qiymatlarini saqlash talabi UETM qurilmasiga qo'yiladi.

UETM qurilmasining tarmoqqa nisbatan ta'siri uning kirishidagi elektr energiyasining sifatiga talabi orqali aniqlanadi. Bu talablar UETMlar kirishidagi quvvat koeffitsiyenti bilan bog'liq va ular iste'mol qiluvchi tokning garmonika koeffitsiyentini bildiradi. Qabul qilingan atama bo'yicha UETM qurilmalari ikki sinfga ajratiladi: *off-line* va *on-line*. Off-line sinfidagi qurilmada tarmoqning elektr energiyasi to'g'ridan-to'g'ri istemolchiga normal rejimda beriladi, avariya rejimida esa sinusoidal kuchlanish generatori ulanadi (2..10ms). On-line sinfidagi qurilmada tarmoqning har qanday rejimida yuklamaga chastota, kuchlanish va sinusoidal shakl bo'yicha stabil elektr energiyasi beriladi. Har ikkala turdag'i UETMlarda tarmoq to'g'rilaqch kuchlanishini sinusoidal chiqish kuchlanishiga aylantiruvchi invertorlar bor. Tarmoq to'g'rilaqchiga akkumulyator batareyasi ulanadi. Off-line sinfidagi

<sup>80</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

UETMlarda invertor faqat tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kichik bo‘lganda ulanadi. On-line turdagи UETMlarda esa invertor doimo ishlaydi. Shu sababli bunda tarmoq bilan galvanik bog‘lanish ortiqcha yuklamalardan va tarmoq kuchlanishining keskin o‘zgarishidan himoyalash ta’minlanadi<sup>81</sup>.



10.1-rasm. O‘zgaruvchan tok UETMlarining tuzilish sxemalari

<sup>81</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

10.1 va 10.2-rasmlarda o‘zgaruvchan va o‘zgarmas tok UETMlari qurilmalarining tuzilish sxemalari keltirilgan.

10.1a-rasmdagi sxemada zaxira zanjirini akkumulyator batareyasi (*AB*) va invertor (*I*) tashkil qiladi. Agar tarmoq kuchlanishi o‘rnatilgan chegaralarda bo‘lsa, u holda yuklama elektr energiyasini kommutator (*K*) orqali o‘zgaruvchan tok tarmog‘idan oladi. Bu holda invertor akkumulyatorlarini zaryadlash orqali to‘g‘rilagich rejimda ishlaydi.

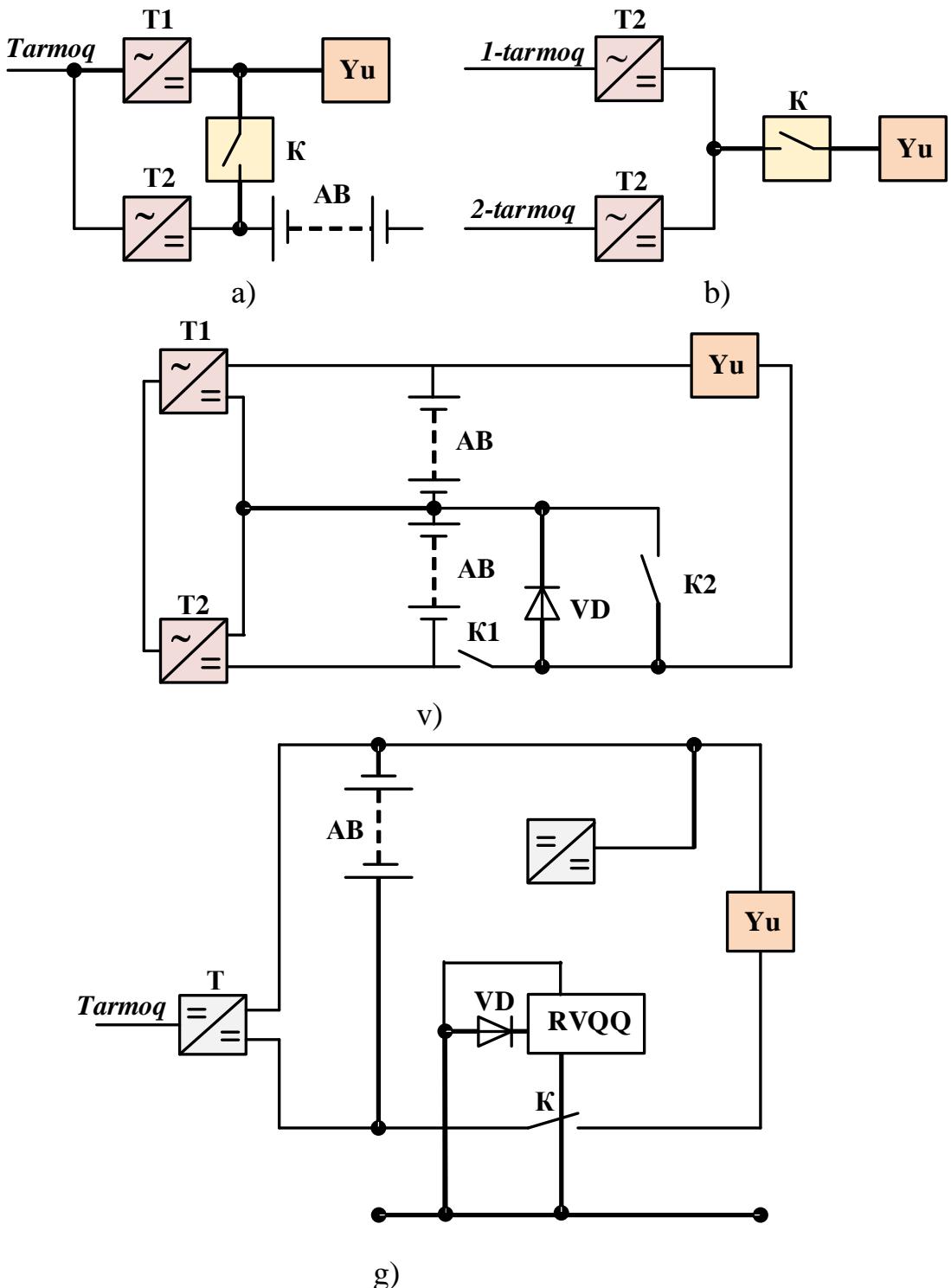
Tarmoq kuchlanishi belgilangan qiymatidan kamaysa, kommutator tarmoqni yuklamadan uzadi. Yuklamaga elektr energiyasi invertor orqali akkumulyator batareyasidan beriladi.

10.1b-rasmida tasvirlangan qurilmada normal elektr ta’minotida yuklamaga elektr energiyasi tarmoqdan ketma-ket ulangan boshqariluvchi to‘g‘rilagich (*BT*) va invertor (*I*) orqali beriladi. Bunda kommutator uzilgan holatda va akkumulyator batareyasi tarmoqdan (*T*) to‘g‘rilagich orqali zaryadlanadi. Tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kamayganda kommutator akkumulyator batareyasini invertorga ulaydi.

10.1v-rasmida tasvirlangan sxemada akkumulyator batareyasini zaryadlash boshqariluvchi to‘g‘rilagich (*BT*) orqali amalga oshiriladi. Yuklamaga tarmoqdan elektr energiyasi berilganda *K1* kommutator ulangan, *K2* kommutator esa uzilgan bo‘ladi. Elektr ta’minoti akkumulyator batareyasiga o‘tganda *K1* kommutator uziladi, *K2* kommutator ulanadi.

10.1v-rasmida tasvirlangan sxemada akkumulyator batareyasini zaryadlash *BT* boshqariluvchi to‘g‘rilagich orqali amalga oshiriladi. Yuklamaga tarmoqdan elektr energiyasi berilganda *K1* kommutator ulangan, *K2* kommutator esa uzilgan bo‘ladi. Elektr ta’minoti akkumulyator batareyasiga o‘tganda *K1* kommutator uziladi, *K2* kommutator ulanadi.

10.1g-rasmida ikkita asosiy va zaxira tarmoqqa ega bo‘lgan UETM sxemasi keltirilgan. Normal elektr ta’minotida *K1* kommutator ulangan, *K2* kommutator uzilgan bo‘lib, yuklamaga kuchlanish asosiy tarmoqdan beriladi. Asosiy tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kamayganda kommutatorlar qayta ulanadi va yuklama rezerv tarmoqqa ulanadi. 10.1d-rasmida tasvirlangan UETM sxemasi katta yuklama quvvatlarida qo‘llaniladi. *I1* va *I2* invertorlar chiqish sinfaz kuchlanishlarini bir xil parametrlariga ega bo‘lib, ular *K3* va *K4* kommutatorlarning parallel ishlashiga mos ulanadi.



10.2-rasm. O‘zgarmas tok UETMlarining tuzilish sxemalari

Normal elektr taminotida  $K1$  va  $K2$  komutatorlar uzilgan holatda bo‘ladi, akkumulyator batareyasi  $T2$  to‘g‘rilagichdan zaryadlanadi. Yu yuklamaga esa elektr energiyasi  $T1$  va  $T3$  to‘g‘rilagichlardan  $I1$  va  $I2$  invertorlar orqali beriladi. Tarmoq kuchlanishi o‘rnatilgan qiymatdan kamayganda  $K1$  va  $K2$  kommutatorlar ulanadi va elektr ta’moti  $I1$  va  $I2$  invertorlar kirishiga ulangan  $AB$  akkumulyatorlar batareyasi orqali

amalga oshiriladi.

Agar invertorlardan biri ishdan chiqsa, masalan, *I1* invertor ishdan chiqsa, u holda *K3* kommutator avariya zanjirini uzadi va kuchlanish yuklamaga ikkinchi invertordan beriladi. 10.2a-rasmida tasvirlangan o‘zgarmas tok UETMi sxemasida normal elektr taminotida Yu yuklama *AB* akkumulyator batareyasidan uzilgan (*K* kommutator uzilgan) va u elektr energiyasini tarmoqdan *T1* to‘g‘rilagich orqali oladi. Tarmoqda avariya rejimi bo‘lganda *K* kommutator yuklamani *AB* akkumulyator batareyasiga ulaydi.

Ikki o‘zaro bog‘liq bo‘lmagan o‘zgaruvchan tok tarmog‘i bo‘lganida (10.2b-rasm) UETM *T1*, *T2* to‘g‘rilagichlardan va *K* kommutatordan iborat bo‘ladi. Bunda *K* kommutator avariya rejimida himoya funksiyalarini bajaradi.

UETM tarkibidagi *AB* akkumulyator batareyasi seksiyali tarzda bajarilishi mumkin, ya’ni u *AE* asosiy elementlardan va *QE* qo‘sishimcha elementlardan tashkil topadi (10.2v-rasm). Normal ish rejimida *AE* asosiy elementlar tarmoqdan *T1* to‘g‘rilagich orqali, *QE* qo‘sishimcha elementlar esa *T2* to‘g‘rilagich orqali zaryadlanadi. Bunda *K1* kommutator ulangan, *K2* kommutator esa uzilgan holatda bo‘ladi. Yuklamaga elektr energiyasi tarmoqdan *T1* to‘g‘rilagich orqali beriladi. Tarmoq kuchlanishi talab qilingan qiymatdan kamayganda *K2* kommutator uziladi, *K1* kommutator ulanadi va yuklamaga kuchlanish ketma-ket ulangan asosiy va qo‘sishimcha elementlardan beriladi.

UETMning o‘tish rejimlarida chiqish kuchlanishini stabillash uchun rostlovchi volt qo‘suvchi qurilmalar ishlataladi (10.2g-rasm). Rostlovchi volt qo‘suvchi *RVQQ* qurilma akkumulyator batareyasi kuchlanishni rostlanuvchi o‘zgarmas kuchlanishiga aylantiradi. Normal rejimda *T* to‘g‘rilagich *K* kommutator orqali elektr energiyasini yuklamaga uzatadi va bir vaqtning o‘zida *AB* akkumulyator batareyasini zaryadlaydi. Tashqi elektr ta’mnoti uzilganda *K* kommutator uziladi va bir vaqtning o‘zida *RVQQ* ulanadi. *RVQQ* akkumulyator batareyasi zaryadsizlanishidagi yuklamadagi kuchlanishning kamayishini stabillashni ta’minlaydi. Uzluksiz kommutatsiyalanishga xizmat qiluvchi *VD2* diod *RVQQ*ning kuchlanishi orqali yopiladi. Tashqi elektr ta’mnoti ishga tushganda *T* to‘g‘rilagich tokni stabillash rejimida ulanadi va yuklamani, shuningdek *AB* akkumulyator batareyasini zaryadlash uchun elektr energiyasi bilan ta’minlaydi. *AB* akkumulyator batareyasini zaryadlash tugagandan so‘ng *T* to‘g‘rilagich kuchlanishni stabillash

rejimiga o‘tadi va UETM dastlabki holatiga qaytadi. *RVQQ*ning qo‘llanilishi akkumulyator chiqish kuchlanishing o‘zgarishini kompensatsiyalash imkoniyatini beradi. UETMning tarmoqdan *AB* akkumulyator batareyasiga o‘tgandagi ish vaqtini uning yuklanishiga sezilarli bog‘liq. 10.1-jadvalda *ARS* firmasining turli UETMlar modellari ish vaqtining yuklama quvvatiga bog‘liqligi keltirilgan.

### 10.1-jadval

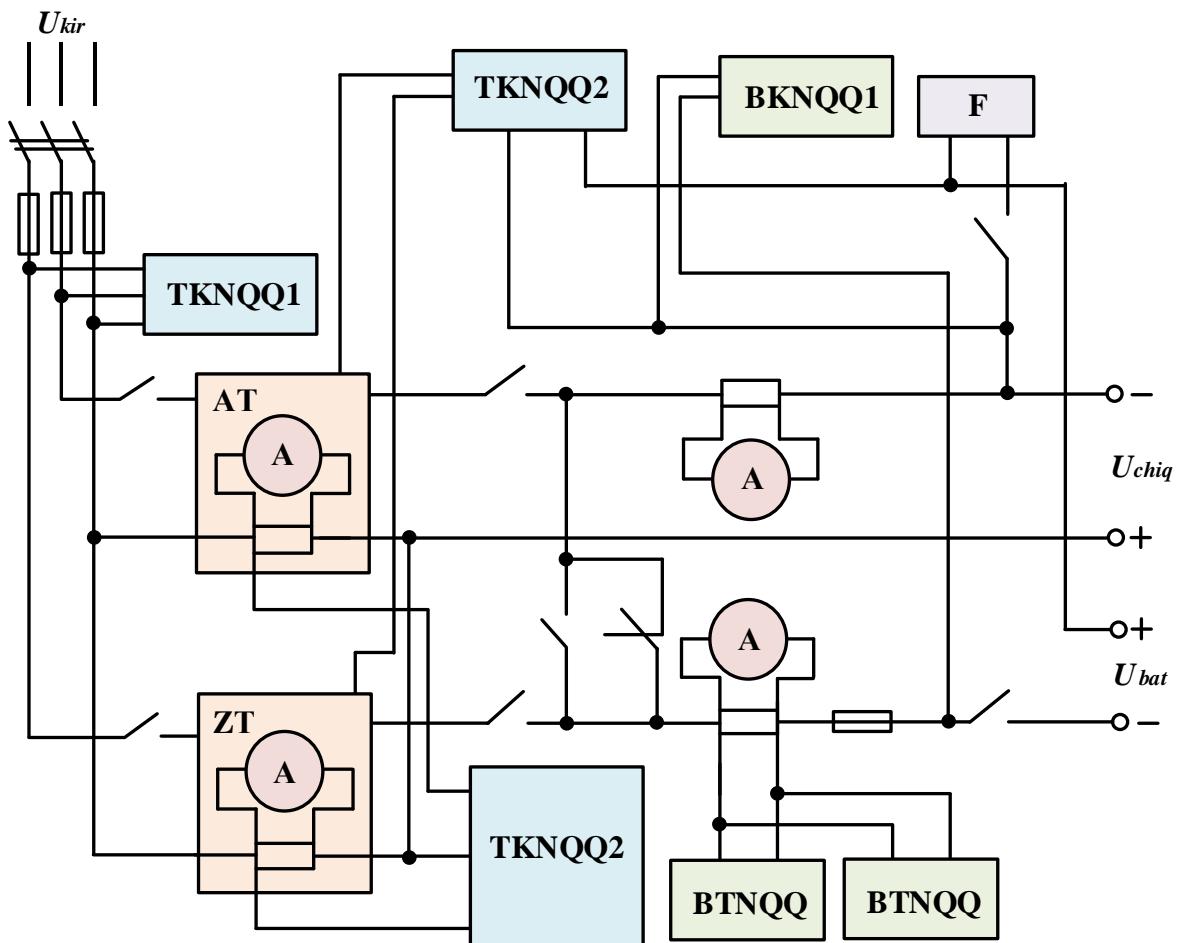
| Yuklama<br>quvvati,<br>V·A | Ish vaqtini, minut |     |     |     |           |     |     |     |
|----------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|
|                            | Back–UPS           |     |     |     | Smart–URS |     |     |     |
|                            | 250                | 400 | 600 | 900 | 250       | 400 | 600 | 900 |
| 200                        | 8                  | 19  | 41  | 65  | 8         | 22  | 38  | 58  |
| 250                        | 5                  | 13  | 31  | 47  | 6         | 15  | 26  | 44  |
| 300                        | -                  | 9   | 22  | 40  | -         | 11  | 20  | 36  |
| 400                        | -                  | 5   | 13  | 29  | -         | 5   | 14  | 25  |
| 500                        | -                  | -   | 7   | 20  | -         | -   | 9   | 18  |
| 600                        | -                  | -   | 5   | 15  | -         | -   | 6   | 13  |
| 700                        | -                  | -   | -   | 13  | -         | -   | -   | 11  |
| 800                        | -                  | -   | -   | 11  | -         | -   | -   | 9   |
| 900                        | -                  |     |     | 10  | -         | -   | -   | 7   |

UGPI 6618 qurilmasining elektr tuzilish sxemasi 10.3-rasmda keltirilgan.

Qurilma quyidagi tartibda ishlaydi. Kirish kuchlanishi talab qilingan qiymatda bo‘lganda 66V chiqish kuchlanishi bir vaqtning o‘zida yuklamaga va akkumulyatorlar batareyasini zaryadlashga beriladi. Zaryadlash toki  $0,5\dots2A$  oraliqda  $\pm 0,5A$  aniqlikda rostlanadi. UGPI6618 turdagи UETMning ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz. Bu turdagи UETM analog-raqamlı qurilmalarni elektr energiyasi bilan ta’minalash uchun mo‘ljallangan. Qurilma buferi 30 ta kislotali akkumulyatordan iborat bo‘lgan akkumulyator batareyasi bilan ishlaydi.

Qurilma 50Hz chastotali bir fazali 220V kuchlanishga yoki 50Hz chastotali ikki fazali 380/220V kuchlanishga mo‘ljallangan bo‘lib, quyidagi chiqish parametrlariga ega:

- nominal chiqish kuchlanishi 66V;
- maksimal yuklama toki:
  - batareyani zaryadlash rejimida 37A;
  - batareyada ta’mot rejimida 18,5A;
  - chiqish kuchlanishing pulsatsiyasi 2mV dan ko‘p emas.



10.3-rasm. UGPI6618 qurilmasining elektr tuzilish sxemasi

U quyidagi qismlardan tashkil topgan: *AT*-asosiy to‘g‘rilagich; *RT*-zaxira to‘g‘rilagichi; *TKNQQ1*-tarmoq kuchlanishini nazorat qilish qurilmasi; *TKNQQ2*-to‘g‘rilagich kuchlanishini nazorat qilish qurilmasi; *BKNQQ*-batareya kuchlanishini nazorat qilish qurilmasi; *BTNQQ*-batareya tokini nazorat qilish qurilmasi; *F*-sig‘im filtr. Zaryadlash toki berilgan qiymatgacha kamayganda akkumulyatorlar batareyasini zaryadlash to‘xtatiladi va qurilma yuklamani 66V kuchlanish bilan ta’minlaydi. Akkumulyatorlar batareyasi uzilganda *AT* va *ZT* to‘g‘rilagichlardan 60V kuchlanish yuklamaga beriladi.

*AT* asosiy to‘g‘rilagich ishdan chiqsa *ZT* zaxira to‘g‘rilagich avtomatik ravishda ishchi to‘g‘rilagich bo‘lib qoladi. Akkumulyatorlar batareyasi uzilganda chiqish kuchlanishi 0,4s dan ko‘p bo‘lmagan vaqtgacha 48V gacha kamayadi. Kirish kuchlanishining 176Vga kamayishi *AT* va *ZT* to‘g‘rilagichlarni uzilishiga olib keladi. Kirish kuchlanishi bo‘lmaganida yuklama elektr energiyasi bilan akkumulyatorlar batareyasi orqali ta’minlanadi. Kirish kuchlanishi uzoq vaqtgacha bo‘lmaganida va chiqish kuchlanishi 53...58V gacha

kamayganida akkumulyatorlar batareyasi yuklamadan uziladi. Kirish kuchlanishi qayta tiklanganda agregat normal ish rejimiga o'tadi.

Profilaktik ishlarni o'tkazish uchun kommutatsiya, himoya, nazorat qilish va signalizatsiya qurilmalari to'g'rilaqichlarni agregat sxemasidan qo'l orqali uzish imkoniyatini ta'minlaydi. Shuningdek, agregat tarkibida chiqish kuchlanishi ortishidan himoyalash, to'g'rilaqichlar holatlarining mahalliy va distansion signalizatsiyasi mavjud.

## 10.2. Dizel generator qurilmalari

**Dizel generator qo'llanilishi va turlari.** Avariyalni va avtanom elektr istemolida dizel generatorlari qo'llaniladi. Ichki yonish dvigatelining turi ishlatiladigan benzin yoki dizel yoqilg'isiga bog'liq. Benzin generatorlar bir kilovatida o'nlab kilovatt quvvatda chiqariladi. Generatorlar quydagilar bilan xarakterlanadi:

- chiqish kuchlanish fazasi (bir yoki uch fazali);
- chiqish kuchlanishining nominal chastotasi va kuchlanishi;
- to'liq chiqish quvvati;
- o'lchamlari;
- berilgan yuklamada yoqilg'i sarfi (to'liq quvvatning 75 foizi);
- shovqin darajasi;
- parallel ishslash imkoniyati;
- yuklama o'zgarganda chiqish kuchlanish paramaterlarini stabilligi.

Ishga tushirish usuli bo'yicha generatorlar dastali yoki avtomatik bo'ladi. Avtomatik ishga tushiriladigan generatorlar elektr iste'moli manbai avariya xolatida bo'lganda ishlatiladi. Bunda asosiy tarmoqdagi kuchlanish yo'qganda avtomatik ravishda ishga tushiriladi.

Generatorlarni parallel ulash esa generatorning chiqish kuchlanishini va ishonchlilagini oshirish uchun ishlatiladi.

Dizel generatorlar ikki kilovattdan bir necha megavattgacha bo'ladi. Bir fazali dizel generatorlarning to'liq quvvati 30 kW dan oshmaydi. Dizel generatorlarning boshqaruvi tizimi bilan taminlanishi ularni akkumulyatorli uzlusiz ta'minlash qurilmalari birgalikda samaradorli kafolatlangan elektr ta'minot majmularini yaratish imkoniyatini beradi.

Sovutish va ishga tushirish tizimli dizel-generatorlar dizel generatorli qurilmalar tarkibiga kiradi. Bu qurilma tarkibiga yana sinxron gieneratorlar, nazorat va avtomatika jihozlari, elektr energiyani

olish va taqsimlash va zahirani avtom ulash qurilmalari, hamda yetarli sig‘imli yoqilg‘i tizmi kiradi.

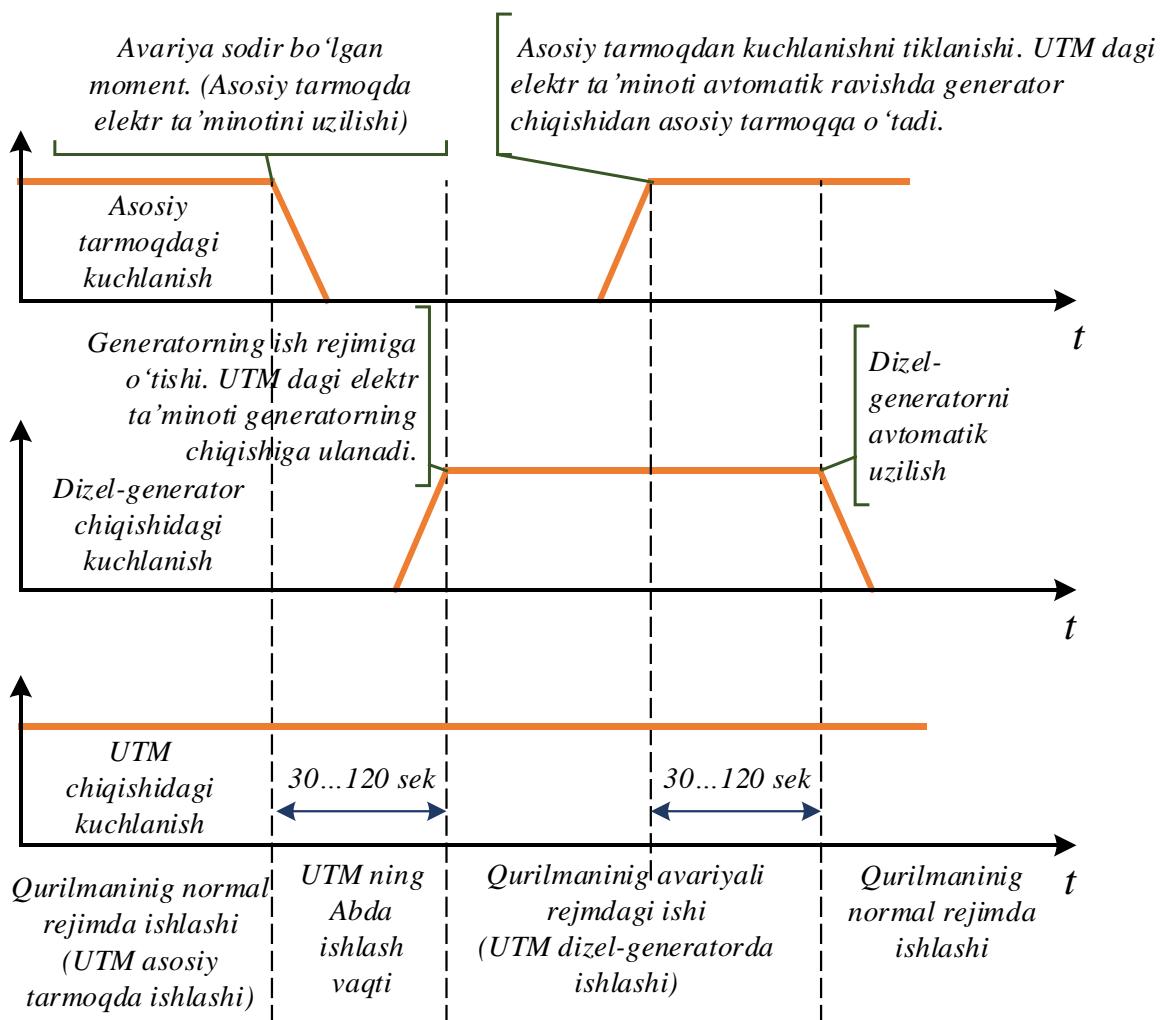
Qurilmaning ish rejimlari boshqaruv qurilmasining avtomatlash tizmini darajasiga bog‘liq. Infokommunikatsiya korxonalarida asosan, avtomatlashtirishning uchinchi darjasи ishlataladi. Bu darajada ishslash chastotasi, sovutish suyuqligi harorati, mumkin bo‘lgan harorat va aylanish tezligi oshganligi haqida signal berish va to‘xtash, moyning bosimini pasaytirish, zaruriy ishga tushirish oldi ishlarini bajargan holda ishga tushirish, yuklamani qabullash, sarf bo‘lish sig‘imni to’ldirish, shamollatish jarayonini va binoni isitish avtomatik amalga oshiriladi.

Bundan tashqari o‘zgaruvchan tok kuchlanishi va chastotasi kabi elektr chiqish kattaliklari berilgan chegarada ushlab turiladi.

Korxonaning o‘zining mustaqil elektrostansiyasi qurilmalar elektr ta’mnotinining umumiy avariiali yoritish tarmog‘ini, isitish va shamollatish motorlarini va uzlusiz elektr ta’mnoti qurilmalarining akkumulyator batareyalarni zaryadlashning elektr ta’mnotinini ta’minalashi kerak. Dizel-giperatorli qurilmaning quvvatini tanlash uzlusiz elektr ta’mnoti qurilmalarining istemol xususiyatlarini, yuklamani tanlash koeffitsentini hisobga olish zarur. Infokommunikatsiya korxonalarida elektir qurilmalarida uzlusiz elektr ta’mnot qurilmalarining qo’llanilishi dizel-giperatorini quvvatini kamaytirish va o‘zgaruvchan tok tarmog‘ini aniqlashtirishda o’tkinchi jarayon sifatini yaxshlash imkoniyatini beradi. Aloqa korxonalarida quvvati bir necha yuz kilovattgacha bo‘lgan dizel-generatorlarning turlari qo’llaniladi, ayniqsa, 48, 200, 315 va 500 kVt li avtomatlashtirilgan stantsiyalar keng qo’llaniladi. DGA-3-48M qurilmasi 50 kVt gacha bo‘lgan chiqish quvvatini 3x400V kuchlanishni ta’minalaydi. Yuklama fazalar bo‘yicha simmetrik holda 100 dan 0% gacha o‘zgarganda nostabillik  $\pm 2\%$  nominal qiymatdan oshiq bo‘lmaydi. Bir soat davomida nominaldan 10% yuqori bo‘lgan quvvatni olish mumkin. Uzlusiz ish resursi 200 soatdan oshmaydi. Kapital ta’mirlanish 8000 soatni tashkil qiladi. Ishga tushish vaqt 12 sekunddan oshmaydi. Yuklamani ulash vaqt 15 sekund. Keying ishga tushirishlar 60 sekunddan keyin bo‘ladi. Boshqaruv qurilmasi ikkita ShDGA-48M va ShAV-48M shitlarda joylashgan. Qurilma binodagi havo harorati  $+8^{\circ}\text{C}$  dan  $+50^{\circ}\text{C}$  gacha va nisbiy namlik  $95 \pm 3$  (harorat  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) bo‘lganda normal ishlaydi. Dizelni avariya to‘xtashi generator kuchlanishi yo‘qolganda, sovutish tizmidan suyuqlik harorat  $100^{\circ}\text{C}$  dan

oshganda, moy bosimi  $1.7 \text{ kHz/sm}^2$  dan kam bo'lganda, aylanish chastotasi 1700 ayl/min dan oshganda, generatorning o'ta yuklanishida, boshqaruv zanjirlaridagi kuchlanish yo'qolganda va ishga tushishi amalga oshmaganda sodir bo'ladi. Iste'molchi 200kVt dan yuqori quvvat olganida AS seriyali avtomatlashtirilgan dizel elektrostansiyasi ishlataladi. O'z elektrostantsiyalarini joylashtirish uchun maxsus xonalar jihhozlaniladi.

UTM-DGQ majmuasi faoliyatining vaqt diaqrammasi 10.4-rasimda keltirilgan.



10.4-rasm. UTM-DGQ majmuasi faoliyatining vaqt diaqrammasi

#### UTM-DGQ majmuaning ishslash algoritmi:

- dizel generator qurilmalarining (DGQ) ishga tushish davrida asosiy iste'molchilar uzlusiz ta'minot manbalarini (UTM) akkumulyator batareyasi energiyasi hisobidan ta'minlanadi;
- DGQ ishga tushiriladi, u ikki minut vaqt oralig'ida nominal aylanishlarga chiqadi va yuklamani qabul qilib oladi;

- avtomatik holda DGQdagi ta'minlashga o'tiladi;
- UTM DGQdan ta'minlanadi va akumlyator batareyalari zaryadlanadi;
- asosiy ta'minot ishga tushgach elektr ta'minoti umumiy elektr tizmiga o'tkaziladi;
- DGQ to'xtaydi.

DGQlarning avtonom ishlash vaqtida dizel yoqilg'i xajmi bilan belgilanadi. DGQlar 6-8 soat davomida ishlashlari mumkun.

DGQsining standart jamlanmasi o'z ichiga quydagilarni oladi:

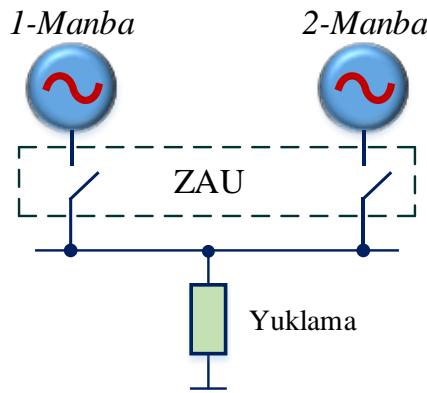
- sanoat dizel-dvigateli;
- turbohaydagich;
- o'z-o'zini qo'zatuvchi va avtorostlagichli cho'tkasiz o'zgaruvchan tok generatori;
- dvigatel va generator uchun yagona asos;
- yonilg'i baki;
- sovutish tizmini, radiator va ventilyator;
- chiqish himoya avtomati;
- boshqaruv paneli;
- moylash va yoqilg'ini uzatish tizimi;
- dvigateli interfeys moduli;
- elektrojihozlar, starter, akkumulyator batareya, zaryadlash qurilmasi va elektirik starter;
- DGQni tezkor to'xtatish tizimi;
- kuchlanish va chastotaning avtomatik rostlagichi;
- ishlab chiqarish tovush so ndirgichi.

Mikroprotsessorli boshqaruvli dvigatel asosidagi DGQ ayrim afzalliliklarga ega:

- nisbatan yoqilg'ini to'liq yonishi va nisbatan yuqori FIK;
- zararli moddalar va chiqish gazlarini nisbatan past salmog'i;
- shovqin va viberatsiyaning nisbatan pastligi;
- yoqilg'ini kam sarfi;
- maxsus isitishsiz dvigateli avtomatik ishga tushirish;
- takomillashgan diagnostika tizmini DGQning funksional imkoniyatlarini kengaytirish ular qo'shimcha jihozlar bilan jihozlanadi.

**Zahirani avtomatik ulash qurilmasi (ZAUQ).** ZAUQ yuklamalari bir elektr ta'minot manbalaridan boshqasiga (unda ta'minot bo'lmay qolganda) o'tkazish uchun ishlataladi.

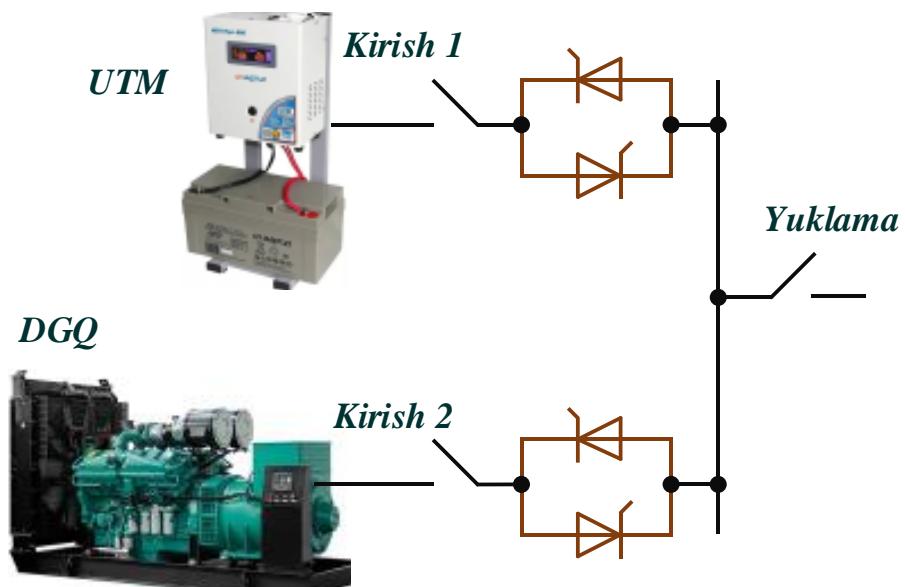
ZAUQning eng oddiy saxemasi 10.5- rasmda keltirilgan.



10.5-rasm. Zahirani avtomatik ulash sxemasi

Normal rejimda yuklama 1-manbadan ta'minlanadi. U ishdan chiqqanda 1-manba zanjiridagi kommutatsiya apparati uziladi va 2-manba zanjiridagi kommutatsiya apparati ulanadi. Shundan keyin yuklama ta'minoti 2-manbaga o'tkaziladi. ZAU qurilmasiz asosiy tarmoq ishdan chiqqanda manbani DGQsiga avtomatik o'tkazish mumkun emas. ZAU qurilmalarining bir nechta turlari mavjud, shulardan biri tristorli ZAU (Static Transfer Switch, STS).

Ularning qayta ulash vaqtiga 3 ms dan oshmaydi. Tristorli ZAUlarni UTMning o'rniiga ham ishlatsa bo'ladi (10.6-rasm). Ikki tomonlma ta'minlashda qayta ulash vaqtiga kichik bo'lganligi sababli ular off-line turidagi UTMga yaqinlashadi. Ayrim hollarda tiristorli ZAU qurilmalari UTM va DGQni zahiralashda ishlatiladi.



10.6-rasm. Tiristorli ZAU yordamida zahiralash

DGQ yuklamaning cosφ 0,8 dan katta bo‘lganda va yuklama xarakteri induktiv bo‘lganda ishlataladi.

*Dizel elektrostansiya (DES) quvvatini hisoblash.* UTM bilan birgalikda ishlashi uchun DES quvvatini hisoblash quydagি tartibda amalga oshiriladi.

1. DGQ blan birgalikda ishlaydigan UTMning texnik xarakteristiklari va xususiyatlari aniqlanadi:

- quvvati;
- F.I.K.;
- UTM quvvat koeffitsiyenti;
- nochiziqli buzilish koeffitsiyenti;
- DGQni tekis (pog‘onali) yuklash xususiyati;
- AB zaryadi quvvati;
- AB zaryadini kechikish imkoniyati.

2. Turbo havo xaydashsiz DGQsining quvvati ( $P_{DGQ}$ ) hisoblanadi:

$$P_{DGQ} = m \cdot \frac{I}{p} \left( \frac{P_{UTM}}{\eta} + P_{ABzar} \right) + P_{Yu}, \quad (10.1)$$

bu yerda,  $m$  - oshiruvchi koeffitsiyent (dokumentatsiyadan olinadi),  $\eta$  - UTMning FIK,  $P_{ABzar}$  - AB zaryadi quvvati,  $P_{Yu}$  - yuklama quvvati,  $P_{UTM}$  - UTMning quvvat koeffitsiyenti 0.8dan kichik bo‘lganda DGQsini yuklama xuxusiyatini pasayishini hisobga oluvchi koeffitsiyent.

3. UTMning tekis ishga tushurishida DTQsining quvvati ham (uning tipidan qat’iy nazar) yuqoridagi formula bo‘yicha hisoblanadi.

4. Yuklama UTMdan DGQsiga o‘tkazilganda uning quvvati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$P_{DGQ} = 1,82 \cdot \left( \frac{P_{UTM}}{\eta} + P_{ABzar} \right) + P_{Yu}, \quad (10.2)$$

bu yerda  $P_{Yu}$

$$P_{Yu} = 1,82 \cdot \left( \frac{P_{UTM}}{\eta} + P_{ABzar} \right) - 1,25 \cdot \frac{1}{p} \cdot \left( \frac{P_{UTM}}{\eta} + P_{ABzar} \right), \quad (10.3)$$

formula bo‘yicha hisoblanadi.

5. Yuklama UTMdan DGQsiga (ABning kechikishli zaryadi holatida) o‘tkazilganda esa

$$P_{DGQ} = 1,82 \cdot \frac{P_{UTM}}{\eta} + P_{ABzar}, \quad (10.3)$$

formula bo‘yicha hisoblanadi.

Yuklama quvvati  $P_{Yu}$

$$P_{Yu} = 1,82 \cdot \frac{P_{UTM}}{\eta} - 1,25 \cdot \frac{1}{p} \cdot \left( \frac{P_{UTM}}{\eta} + P_{ABzar} \right), \quad (10.4)$$

ifodadan aniqlanadi.

6. Tarmoqdagi yo‘qotishlar va xo‘jalik zaruriyatiga sarflarni hisobga olgan holda DGQ quvvati

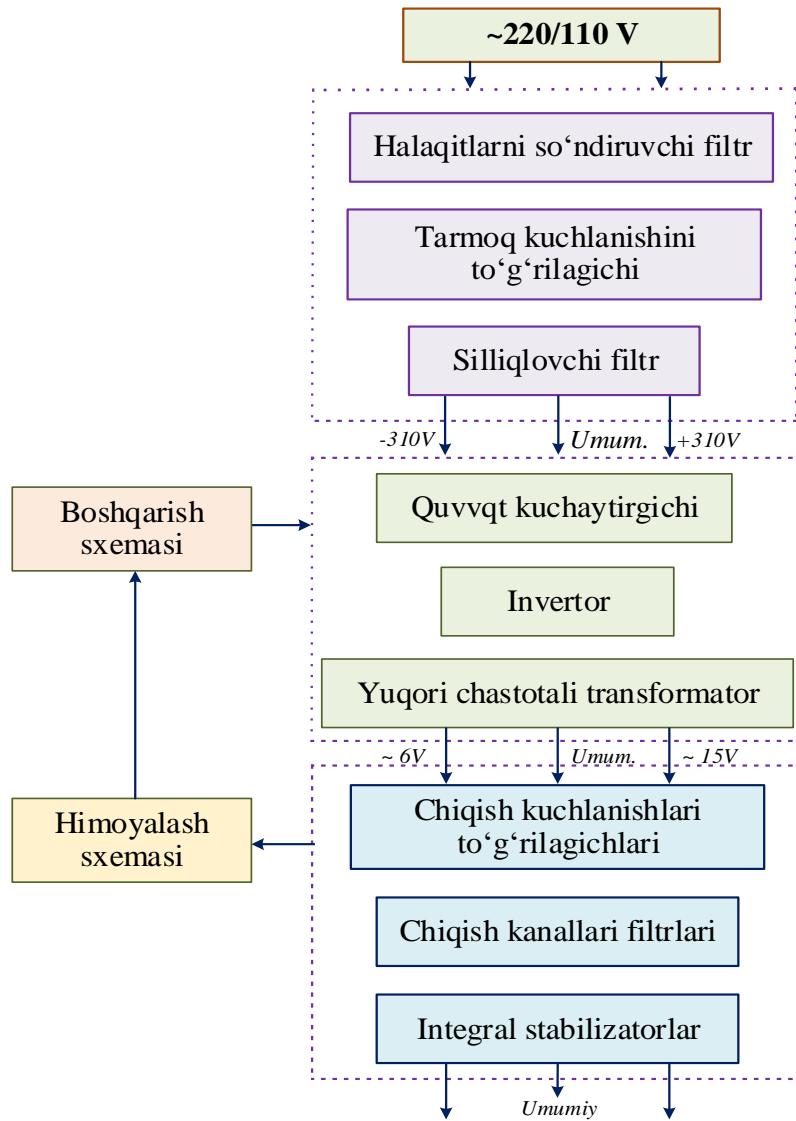
$$P_{DGQ\ hisob.} = K_{TQ\ yo'qtish} / K_{o'z\ ehtiyoj} \quad (10.5)$$

formuladan aniqlanadi. Bu yerda  $P_{DGQ\ hisob.}$  - hisoblangan quvvat,  $K_{TQ\ yo'qtish} = 1.1 - 0.4kVt$  tarmoqdagi quvvat yo‘qolishi koeffitsiyenti,  $K_{o'z\ ehtiyoj}$  -  $0.45...0.97$  – o‘z ehtiyojlariga sarf bo‘ladigan elektr energiyani hisobga oluvchi koeffitsiyent.

Bu formulalar yuklamani ishga tushirish toklari katta bo‘lmagan xolat uchun keltirilgan.

### 11.1. Kompyuter elektr ta'minotining kirish va chiqish zanjirlari

Kompyuterlar ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari 220/110V li o'zgaruvchan kuchlanishdan ta'minlanadi. Chiqish kuchlanishlari esa  $\pm 5V$  va  $\pm 12V$  kuchlanishli kanallarga bo'linadi. Ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari barcha kanallari quvvatlari yig'indisi 65 Vtdan to 350 Vtgacha bo'lish mumkin<sup>82</sup>.



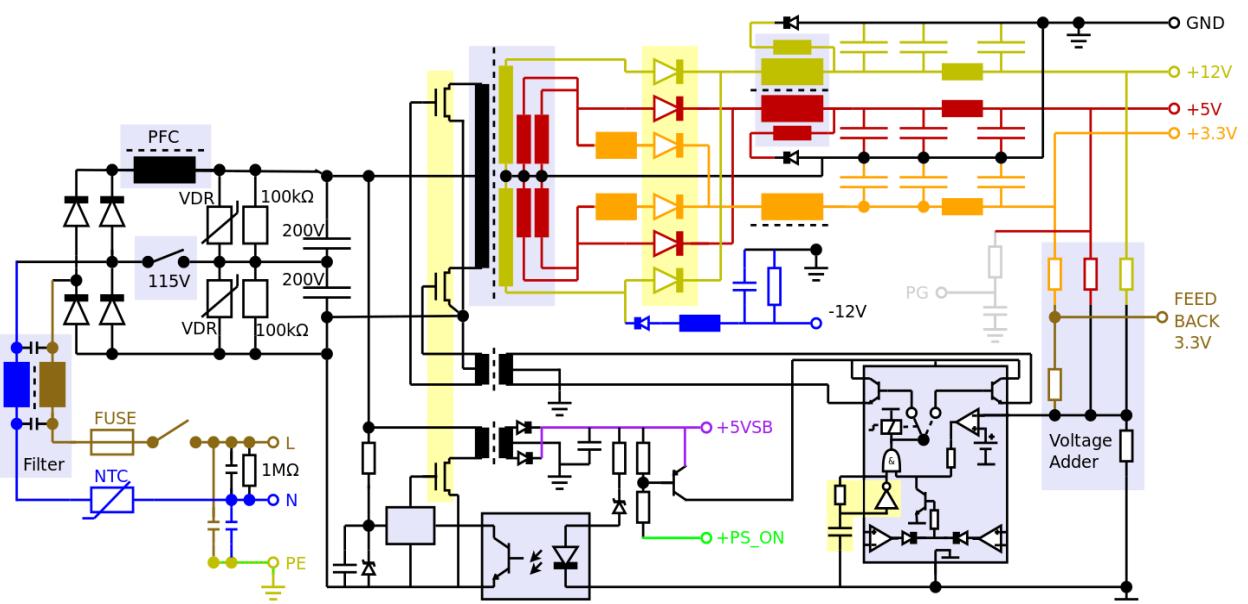
11.1-rasm. Kompyuter elektr ta'minoti manbaining tuzilish sxemasi

<sup>82</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

Kompyuterlar elektr ta'minoti manbaining tuzilish sxemasini ko'rib chiqamiz (11.1-11.2-rasm). U quyidagi asosiy qismlardan tashkil topadi:

- kirish zanjiri;
- o'zgartirgich;
- o'zgartirgichning boshqarish sxemasi;
- chiqish zanjiri;
- himoyalash sxemasi;
- qo'shimcha ta'minot manbai;

ventilyator sxemasi.



11.2-rasm. Kompyuterlar elektr ta'minoti blokining prisipial sxemasi

**Kirish zanjiri<sup>83</sup>.** Kirish zanjiri tarkibiga quyidagi komponentlar kiradi:

- kirish uch teshikli raz'yomi;
- tarmoq qayta ulagichi;
- chiqish uch uyali raz'yomi (display elektr ta'minoti kabelini ulash uchun);
- saqlagich;
- cheklovchi termorezistor;
- halaqitlarni so'ndiruvchi filtr;

<sup>83</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

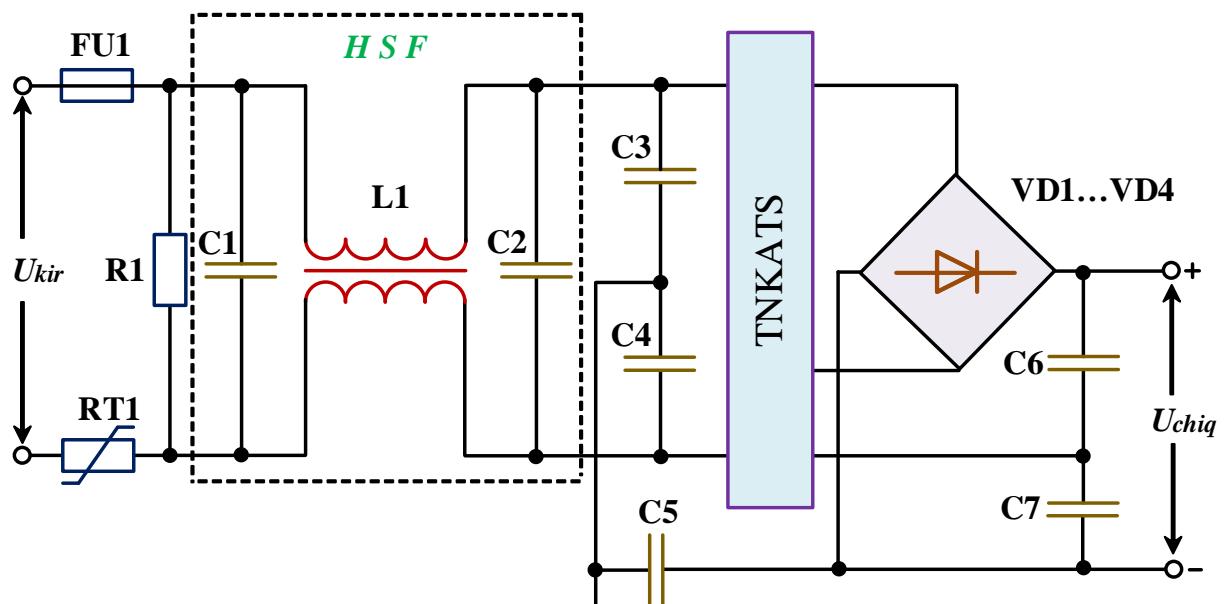
- tarmoq kuchlanishi to‘g‘rilagichi;
- silliqlovchi filtr;
- zaryadsizlash rezistori.

Ikkilamchi elektr ta’moti manbai kirish zanjirining sxemasi 11.3-rasmida keltirilgan. Saqlagich *FU1* kirish zanjirida nosozliklar (qisqa tutashuv yoki ortiqcha yuklanish) bo‘lganida ta’mot manbaini tarmoqdan uzadi.

Cheklovchi termorezistor *RT1* kondensatorlar orqali oqib o’tadigan tokning keskin ortib ketishini cheklaydi.

Halaqitlarni so‘ndiruvchi filtr (*HSF*) yuqori chastotali halaqitlarni IETMdan tarmoqqa va tarmoqdan IETMga o’tishini kamaytiradi.

Tarmoq kuchlanishi to‘g‘rilagichi (*TKT*) o‘zgaruvchan tarmoq kuchlanishini to‘g‘rilash uchun xizmat qiladi. To‘g‘rilagich chiqishiga to‘g‘rilangan kuchlanishning pulsatsiyasini kamaytirish uchun past chastotali silliqlovchi filtr qo‘yiladi.



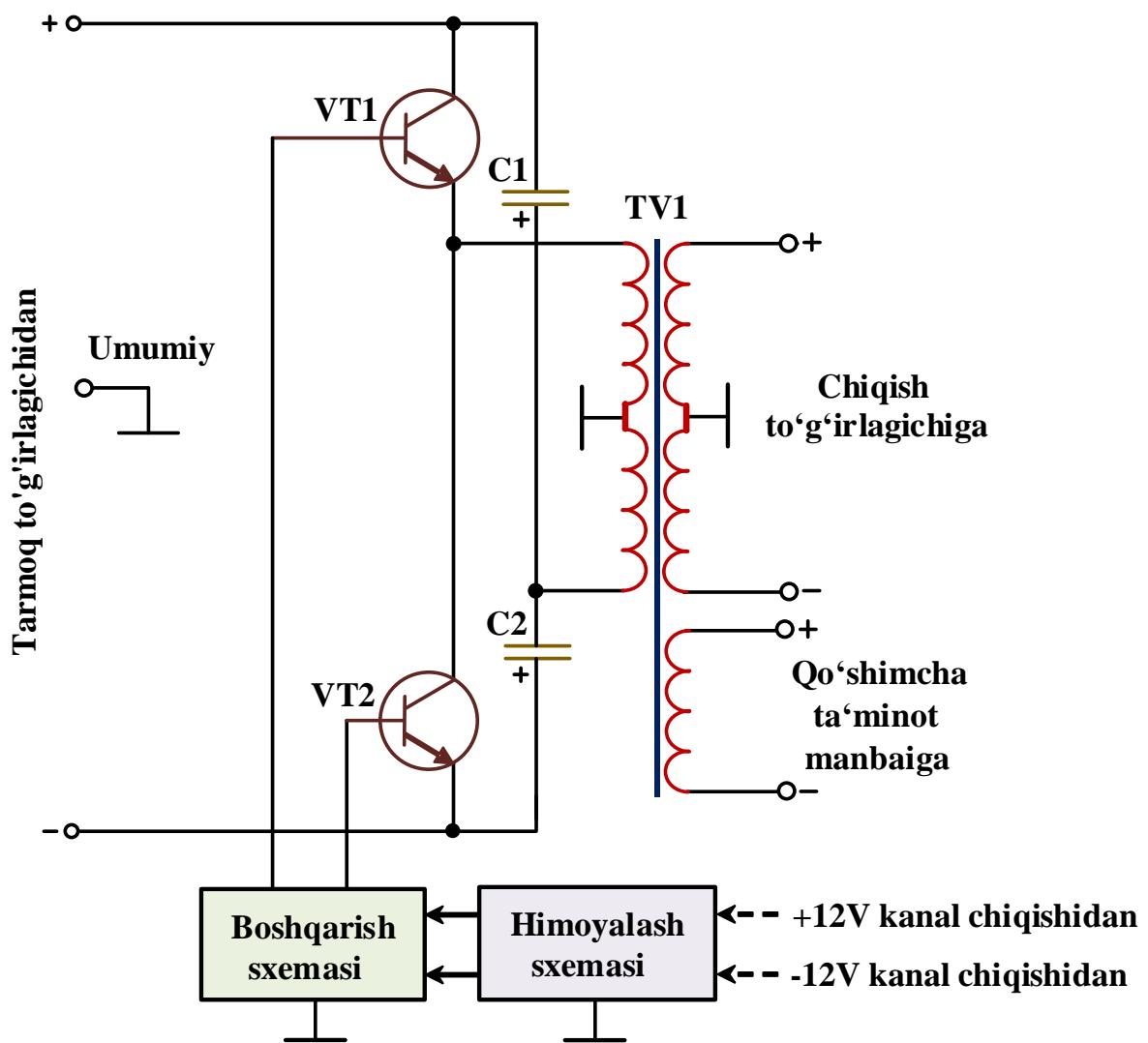
11.3-rasm. Kirish zanjirining sxemasi

IETMlar 110/220V kuchlanishlarga ishlab chiqariladi, chunki tarmoq kuchlanishlari turli davlatlarda turli nominallarga va chastotalarga ega, masalan, AQSHda 120V, 60Hz, Hamdo‘sstlik va ko‘plab Evropa mamlakatlarida esa 220V, 50Hz. Bunda IETMni turli tarmoq kuchlanishlariga moslashtirish uchun kirish zanjirida HSF va TKT orasiga tarmoqning nominal kuchlanishini avtomatik tanish sxemasi (TNKATS) kiritiladi. U avtomatik ravishda IETMni u yoki bu tarmoq kuchlanishiga moslashtiradi. Tarmoq kuchlanishi 220V

bo‘lganida to‘g‘rilash ko‘priksimon to‘g‘rilagich orqali amalga oshiriladi, filtrning  $C_6$  va  $C_7$  kondensatorlari bir vaqtda zaryadlanadi. Tarmoq kuchlanishi 110V bo‘lganida to‘g‘rilash kuchlanishni ikki marta ko‘paytirish sxemasi bo‘yicha amalga oshiriladi va filtrning  $C_6$  va  $C_7$  kondensatorlari tarmoq kuchlanishining turli qutblarida zaryadlanadi.

**Kuchlanish o‘zgartirgichi**<sup>84</sup>. Kuchlanish o‘zgartirgichi quyidagi qismlardan tashkil topgan (11.4-rasm).

- quvvat kuchaytirgichi;
- invertor;
- yuqori chastotali transformator.



11.4-rasm. Kuchlanish o‘zgartirgichining sxemasi

U TKT to‘g‘rilagichi chiqishidagi  $\pm 310V$  kuchlanishli o‘zgarmas

<sup>84</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

tok energiyasini boshqarish sxemasidan (BS) keladigan signallarga bog'liq ravishda o'z chiqishida 12...15V va 5...7V kuchlanishli to'g'ri burchakli impulslar shaklidagi o'zgaruvchan tok energiyasiga o'zgartirib beradi. O'zgartirgichning ishlashi vaqtning istalgan momentida boshqarish sxemasidan keladigan signalga bog'liq bo'ladi.

Quvvat kuchaytirgichi invertor kuch tranzistorlarini kommutatsiyalanishini boshqarilishini, ya'ni tranzistorlarni ochadigan va yopadigan baza toklarini shakllantirishni, shuningdek, invertor tranzistorlarining baza-emitter va baza-kollektor zanjirlarini boshqarish sxemasidan ajratishni ta'minlaydi. O'zgartirgich invertori asosan ikki taktli yoki yarim ko'priksimon sxemalarda yig'iladi. Sxema tranzistorlari navbatma-navbat ochiladi va yopiladi. Yuqori chastotali transformatorning ikkilamchi cho'lg'amlaridan to'g'ri burchakli pasaytirilgan kuchlanish impulsleri chiqish to'g'rilaqichlariga beriladi.

**Chiqish zanjiri.** Chiqish zanjiri quyidagi qismlardan tashkil topgan (11.5-rasm).

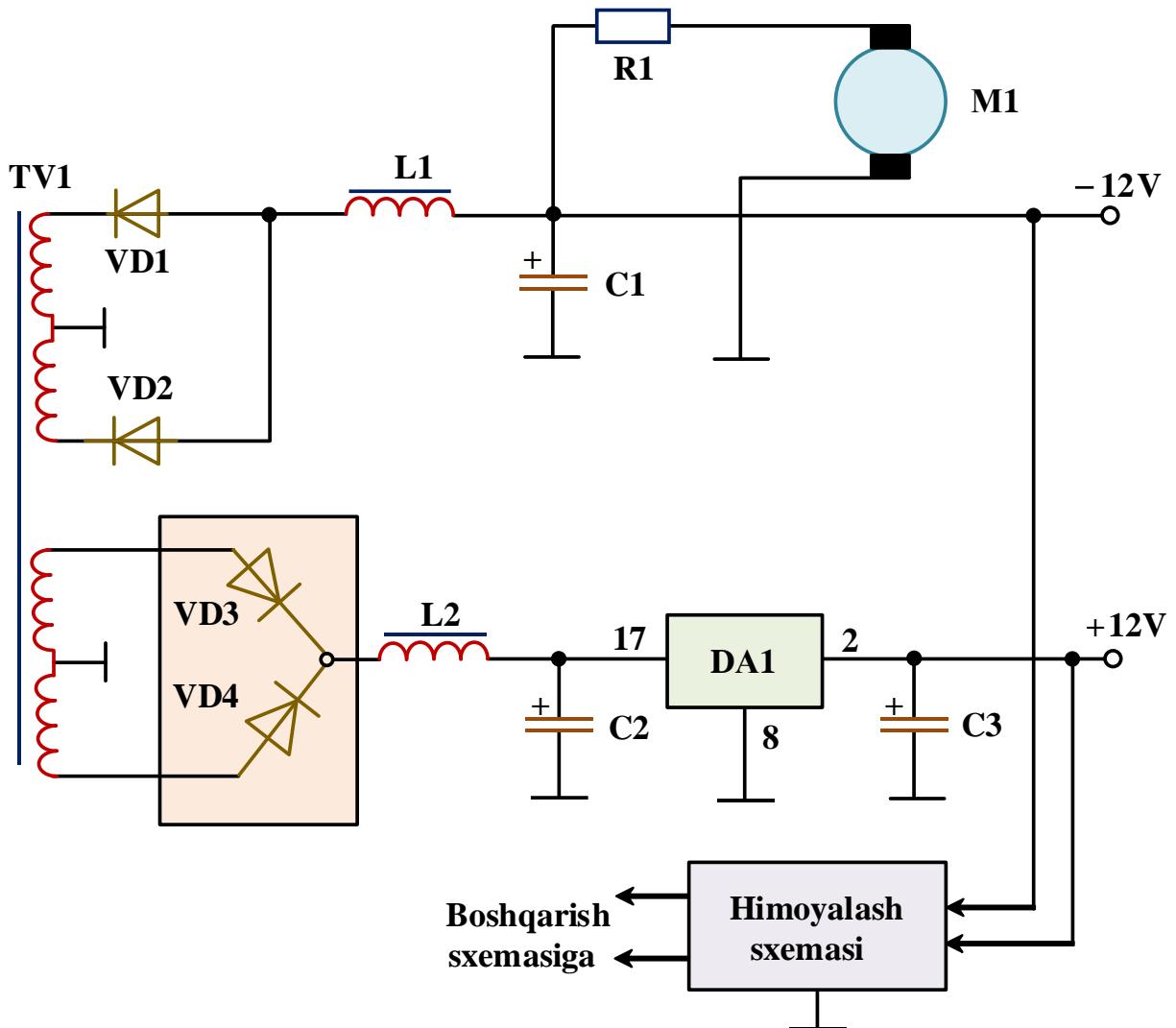
- chiqish kuchlanishlari to'g'rilaqichlari;
- chiqish kanallari filtrleri;
- integral stabilizatorlar.

Chiqish zanjiri to'rtta kanalga ega bo'lib, yuqori aniq kanallar -12V va -5V kuchlanishli, kam aniq kanallar esa +12V va +5V kuchlanishli kanallar hisoblanadi. Yuqori aniq kanallarda chiqish kuchlanishini stabillash uchun kenglik-impulslari modulyasiyadan tashqari kuchlanishni chiziqli stabillash qo'llaniladi. Bunda bu kanallar chiqishlariga chiziqli integral stabilizatorlar qo'yiladi (LM7912, LM7905 yoki KP142EH8B, KP142EH5B). Kommutatsiyalash jarayonidagi dinamik isroflarni kamaytirish uchun yuqori aniq 12V va 5V kanallarda qayta tiklanish vaqtini kam bo'lgan Shottki diodlari qo'llaniladi.

**Boshqarish va himoyalash sxemalari<sup>85</sup>.** Kompyuter IETMi odatda, bir necha himoyalash vazifalarini bajaradi, ya'ni bir necha himoyalash sxemalariga ega bo'ladi. Bu himoyalash sxemalarining istalagan birini ishlab ketishi boshqarish sxemasiga ta'sir qilishi orqali barcha kanallarni uzilishini vujudga keltiradi. Masalan, ortiqcha yuklanishlarda quvvat kuchaytirgichlariga beriladigan impuls kengligi keskin torayib nolga (pauzaga) aylanadi va transformatorning ikkilamchi

<sup>85</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа курилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

cho‘lg‘amidagi kuchlanish nolga teng bo‘ladi.



11.5-rasm. Chiqish zanjiri sxemasi

Boshqarish sxemasi kirish kuchlanishi, yuklama toki va IETM komponentlari parametrlarining harorat bo‘yicha stabilliklari o‘zgorganida chiqish kuchlanishining stabilishini va rostlanishini ta’minlaydi. Teskari aloqa kuchlanishi IETM chiqishidan BSga beriladi.

Kompyuter IETMi tarkibiga IETMni o‘zini va tizim bloki elektron vositalarini majburiy sovutish uchun ventilyator kiradi. Ko‘pincha dvigatelni ta’minlash uchun +12V kuchlanish ishlatiladi, ba’zi hollarda esa dvigatelga kuchlanish -12V shinadan beriladi (11.5-rasm). Ventilyatorning iste’mol toki taxminan 0,12A ga teng bo‘ladi.

Qo‘srimcha ta’minot manbai boshqarish sxemasini va quvvat kuchaytirgichini yordamchi kuchlanish bilan ta’minlaydi.

## **11.2. Infokommunikatsiya tizimlari elektr ta'minoti manbalari<sup>86</sup>**

Infokommunikatsiya korxonalarini elektr energiya bilan ta'minlashda, avval uning elektr ta'minoti qurilmasi ishlab chiqiladi. Elektr ta'minoti qurilmasini ishlab chiqishda asosiy texnik ko'rsatkichlar talab qilinadi.

Elektr ta'minoti tizimlarini hisoblashda, texnik ko'rsatkichlari bilan birgalikda qo'yidagi ma'lumotlar ham ko'rsatiladi:

1. Loyihalashtirilayotgan qurilmaning vazifasi.
2. Elektr tarmog'ining nominal kuchlanishi va tok chastotasi.
3. To'g'rilangan kuchlanish va tokning nominal qiymatlari.
4. O'zgarmas kuchlanishning to'g'rakash oralig'i.
5. Yuklamadagi tok va tarmoq kuchlanishining o'zgarish chegaralari.
6. Chiqish kuchlanishining ruxsat etilgan o'zgarish chegaralari (to'g'rilaqichlar va stabilizatorlar).
7. Nominal yuklamadagi to'g'rilaqich va stabilizatorlar chiqishidagi ruxsat etiladigan pulsatsiya koeffitsiyenti.
8. Konstruktiv va ekspluatatsion talablar.
9. Iqlimiш shartlar (maksimal va minimal harorat, namlik va o'rab turgan atrof muxit).
10. Mexanik shartlar (vibratsiya, silkinish).

Elektr ta'minoti qurilmalarini loyihalashtirishda ratsional sxemalar tanlanadi, uning ko'rsatkichlari aniqlanadi, ekspluatatsion xarakteristikasi, ishlab chiqish konstruksiyasi tanlanadi, massasi, xajm o'lchamlari va qurilmaning tannarxi aniqlanadi.

O'zgarmas kuchlanish manbalarini ishlab chiqarishda qo'yidagi loyihalashtirish ketma-ketligi tavsiya etiladi<sup>87</sup>:

1. Qurilmaning tuzilish sxemalarini qurish (yoki blok sxemalar), qurilmaning tarkibini aniqlash.
2. Tuzilish sxemalarini hisoblash.
3. To'g'rilaqich qurilmasining boshlang'ich hisobi (transformator, filtr).
4. To'g'rilaqich va filtr sxemalarini tanlash.

<sup>86</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

<sup>87</sup> Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.

5. To‘g‘rilagichni hisoblash.
6. Filtrni hisoblash.
7. Transformatorni hisoblash.
8. Ishga tushirish va rostlash qurilmasini hisoblash.
9. To‘g‘rilagich qurilmasining oxirgi hisobi.
10. Stabillash sxemasini hisoblash.
11. Iqtisodiy arzon elektr ta’minoti manbai sxemasini hisoblash.
12. Boshqarish sxemasini hisoblash.
13. Tashqi qurilmalar bilan moslashish sxemasini hisoblash.
14. Ta’minot manbaini samarador xarakteristikasi va texnik parametrlarini aniqlash.

15. Ta’minot manbaini iqtisodiy ko‘rsatkichlarini baholash.

Barcha hisoblar qilingandan so‘ng elektr ta’minot tizimining to‘liq prinsipial elektr sxemasini elementlar ro‘yxati bilan tuzish va konstruktorlik xujjatlarini va texnik shartlarini ishlab chiqish kerak bo‘ladi.

Telekommunikatsiya tizimlari elektr ta’minoti manbalarining tuzilish sxemalari funksional elektrli, ekspluatatsiyaviy va konstruktiv-texnologiyali talablar asosida quriladi.

Telekommunikatsiya tizimlaridagi elektron qurilmalar va ikkilamchi ta’minot manbalar iste’molchilari qo‘p hollarda bir necha qurilma va bloklardan tashkil topadi. Bu qurilma va bloklar har xil nominallardagi tok va kuchlanishlarni talab qiladi. Shundan ma’lumki, ta’minot manbaini qurishning qo‘yidagi uch asosiy yondashuvi mavjud:

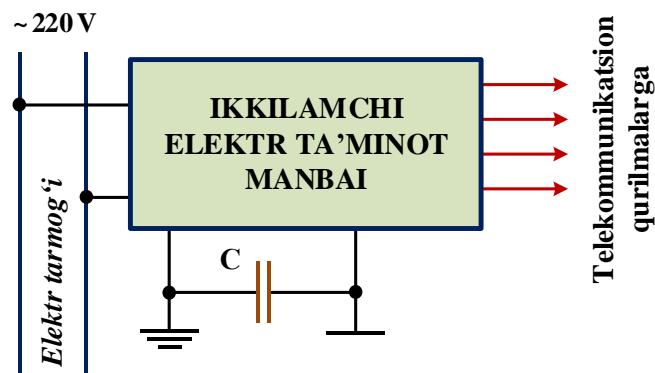
- markazlashtirilgan elektr ta’minot manbai sxemasi;
- markazlashtirilmagan yoki taqsimlangan elektr ta’minot manbai sxemasi;
- har xil turdagji jamlangan elektr ta’minot manbai sxemasi.

Markazlashtirilgan elektr ta’minot manbai sxemasida (11.6-rasm) hamma kuchlanishlar umumiyligi bitta blokda ishlab chiqarilib iste’molchilarga uzatiladi. Bunday markazlashtirilgan elektr ta’minot manbai sxemasi ixchamlashtirilgan qurilmalarda keng qo‘llaniladi. Markazlashtirilgan ta’minot manbai sxemasi boshqa ta’minot manbai sxemalariga qaraganda ixcham va iqtisodiy arzon hisoblanadi. Lekin, markazlashtirilgan elektr ta’minotida o‘tkazgichlardagi yo‘qotishlar oshadi va umumiyligi manba orqali qurilmalar o‘rtasida xalaqitli aloqa paydo bo‘ladi.

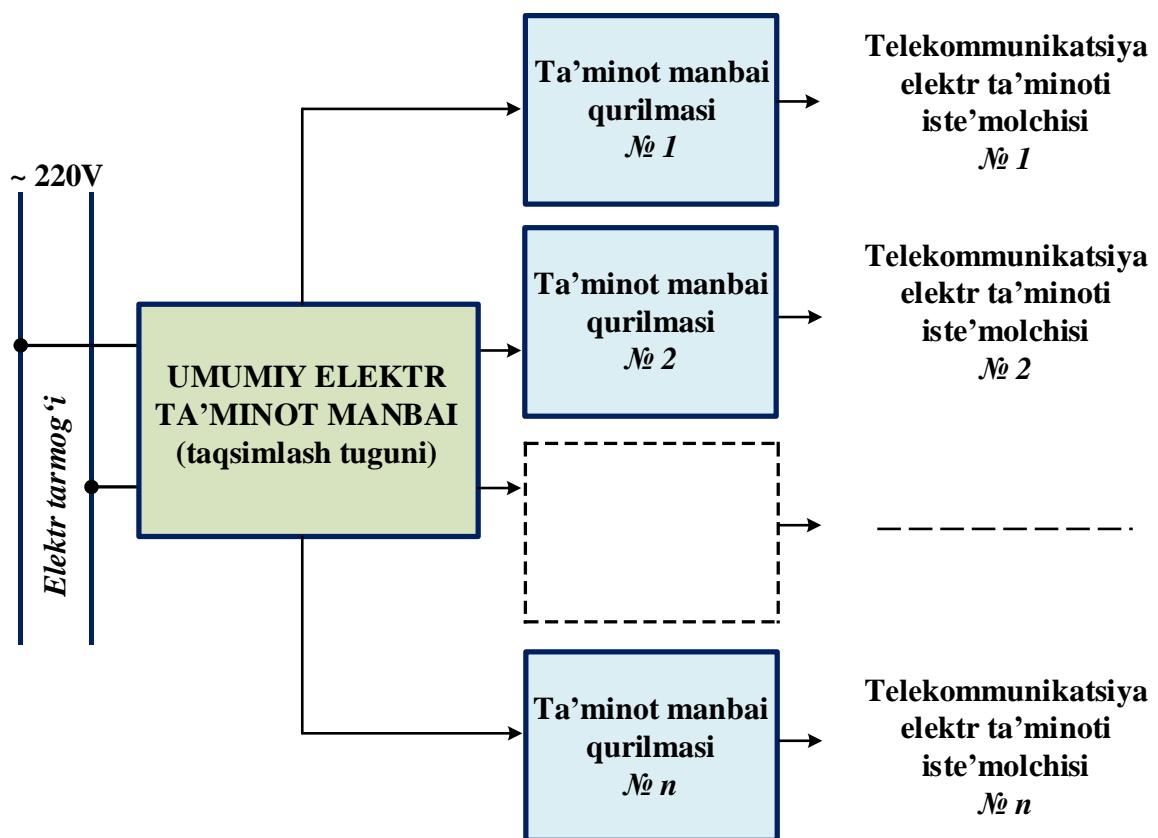
Markazlashtirilmagan yoki taqsimlangan elektr ta’minot manbai

sxemasida (11.6-rasm) alohida tugun va blok qismlarini energiya bilan ta'minlashda shaxsiy ta'minot manbalari qo'llaniladi yoki uning qismlari bo'lgan o'zgartirgichlar va stabilizatorlar markaziy taqsimlash qurilmasi orqali o'zaro bog'langan holda bo'ladi. Taqsimlangan elektr ta'minot manbai sxemasi afzalliklari qo'yidagilardan iborat:

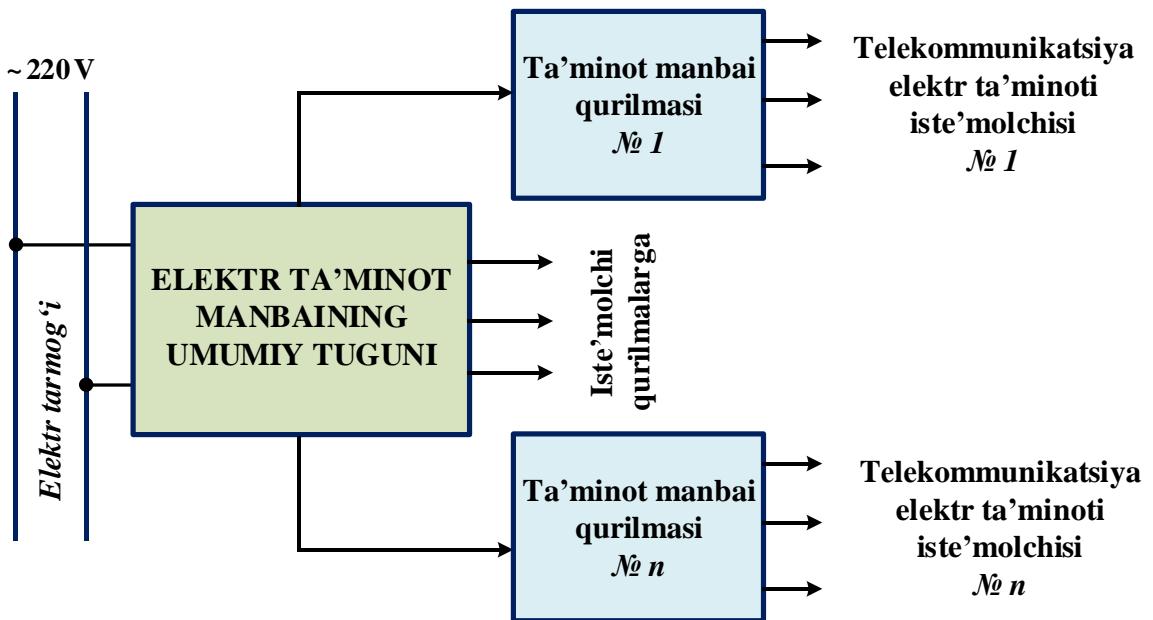
- aloxida tugunlarning xalaqitlardan himoyalanganligi;
- turli iste'molchi qurilmalari uchun yuqori ta'minot xarakteristikalariga erishish mumkin.



11.6-rasm. Markazlashtirilgan elektr ta'minot manbai sxemasi



11.7-rasm. Taqsimlangan elektr ta'minot manbai sxemasi



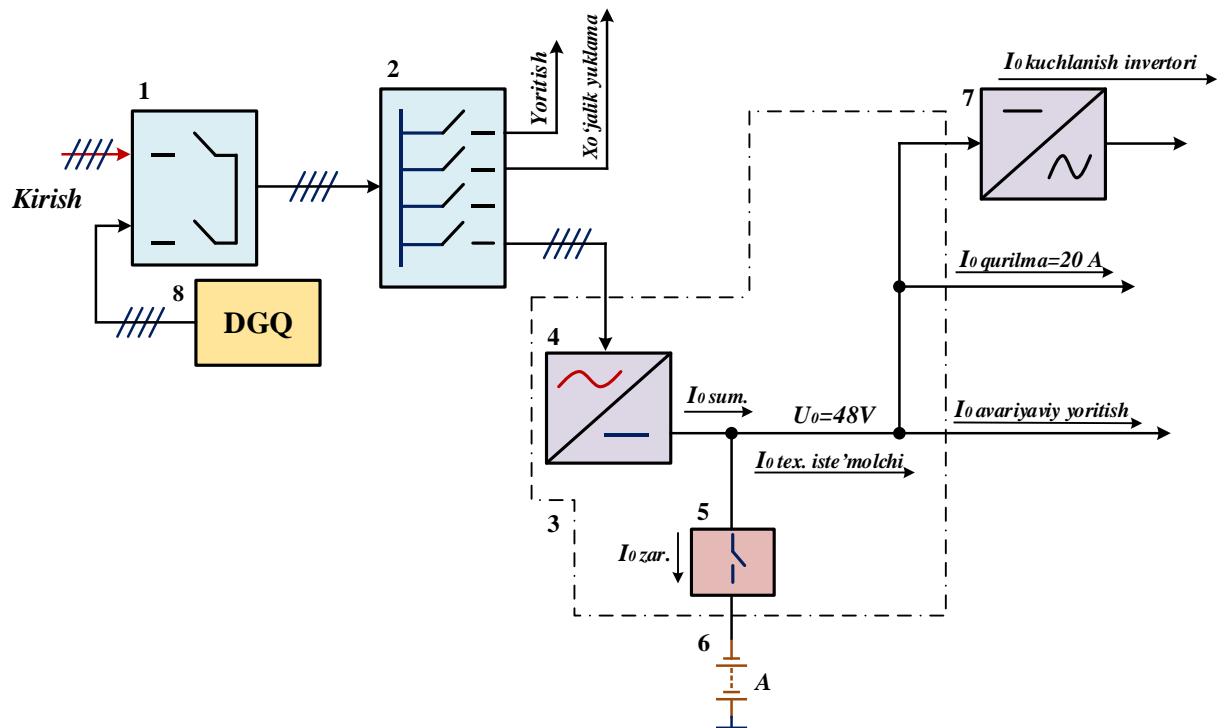
11.8-rasm. Jamlangan elektr ta'minot manbai sxemasi

Har xil turdag'i, jamlangan elektr ta'minot manbai sxemasida (11.8-rasm) ham yuqorida aytib o'tilgan markazlashtirilgan va taqsimlangan elektr ta'minot manbai sxemalaridagi jarayonlar bo'ladi. Bunda ayrim bloklar markazlashtirilgan elektr ta'minoti manbaidan elektr energiyasi ilan ta'minlansa, qolgan bloklar uchun esa alohida qo'shimcha stabilizatorlar, o'zgartirgichlar va boshqa elementlar ishlatiladi.

**48 V kuchlanishli avtomatlashtirilgan elektr ta'minoti manbalari<sup>88</sup>.** Telekommunikatsion qurilmalar o'zgaruvchan tok energiyasi bilan birlashtirilgan elektr energiyasini ham iste'mol qiladi. Telekommunikatsion qurilmalari tomonidan elektr ta'minoti manbalariga qo'yiladigan talablar ortib bormoqda. Hozirda telekommunikatsion qurilmalar 24, 48, 60 V kuchlanishlarda ishlaydi. 11.9-rasmida 48V kuchlanishli avtomatlashtirilgan elektr ta'minotining funksional sxemasi keltirilgan. Birlamchi tarmoq kuchlanishi to'rtta o'tkazgichdan iborat bo'lib, u telefon stansiyasining kirish-taqsimlash qurilmasiga (*A*, *B*, *C* uch fazali o'tkazgich va neytral o'tkazgich *N*) ulangan. Kirish-taqsimlash qurilmasiga (*I*) uzlusiz elektr energiyasi bilan ta'minlab berish uchun zaxira dvigatel-generator qurilmasi ulangan. To'g'rilaq moduli (*4*) bir fazali to'g'rilaqichlar guruhini tashkil qilib, kirish tarmog'ining neytral o'tkazgichlari va fazalaridan biriga, chiqishi esa nazorat va himoya akkumulyator batareya bloki bilan

<sup>88</sup> Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўкув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.

bog‘langan. Elektr ta’minoti qurilmasi chiqishlari iste’molchilarining talablariga mos ravishda taqsimlangan. Elektr energiyani taqsimlash qurilmasida o‘lchash asboblari (ampermetr, voltmetr, vattmetr) o‘rnataligan bo‘lib, u tarmoqdagi kuchlanishning pasayishi yoki ortishini avtomatik tarzda nazorat qilib turadi. Tarmoqda kuchlanish bo‘lmagan vaqtida akkumulyator batareyasi (6) bog‘lash qurilmasi (5) orqali ishga tushadi.



11.9-rasm. 48V kuchlanishli avtomatlanshtirilgan elektr ta’minotinig funksional sxemasi

### 11.3. Infokommunikatsiya elektr ta’minoti tizimlarini hisoblash va loyihalash tamoyillari

Infokommunikatsiya elektr ta’minoti tizimlarini hisoblash quyidagi ish hajmini nazarda tutadi.

1. O‘zaruvchan tokning uzluksiz elektr ta’minoti tizimini hisoblash. Amalga oshirilgan hisob-kitoblarga asoslanib uzluksiz o‘zgaruvchan tok elektr ta’minotini tizimini tanlash amalga oshiriladi.

2. O‘zgarmas tokning uzluksiz elektr ta’minoti tizimini hisoblash. Amalga oshirilgan hisob-kitoblarga asoslanib akkumulyator batareyalarini va to‘g‘rilagich qurilmasini tanlash amalga oshiriladi.

3. Korxona tomonidan iste’mol qilinadigan umumiyl quvvatni hisoblash.

4. Quvvat koeffitsienti korrektorini tanlash.
5. Himoyalovchi yerga ular qurilmasini hisoblash.
6. Himoya avtomatini tanlash.
7. 1 - 6 gacha bo‘lgan bandlarni bajarish natijalari bo‘yicha tanlangan uskunalarini ko‘rsatiltgan holda infokommunikatsiya elektr ta’minoti tizimining funksional sxemasini tuzish.

Elektr ta’minoti turi – uch fazali, to‘rt o‘tkazgichli, 220/380V, 50Hz.

O‘zgaruvchan tok qurilmasini turi – bir fazali 220V, 50Hz.

Infokommunikasiya korxonasining elektr ta’minoti tizimining quvvat koeffitsienti –  $\cos_j = 0,95$ .

Avariaviy yoritish tizimining quvvat koeffitsienti –  $\cos_{av.yorit.} = 1$ .

Telekommunikasiya uskunalarining o‘rtacha yuklanganlik koeffitsienti –  $k_i = 1$ .

Uzluksiz elektr ta’minotining boshlang‘ich yuklama tokining ortish koeffitsienti –  $k_a = 1,2$ .

O‘zgaruvchan tokda uzluksiz elektr ta’minotining foydali ish koeffitsienti –  $\eta = 0,9$ .

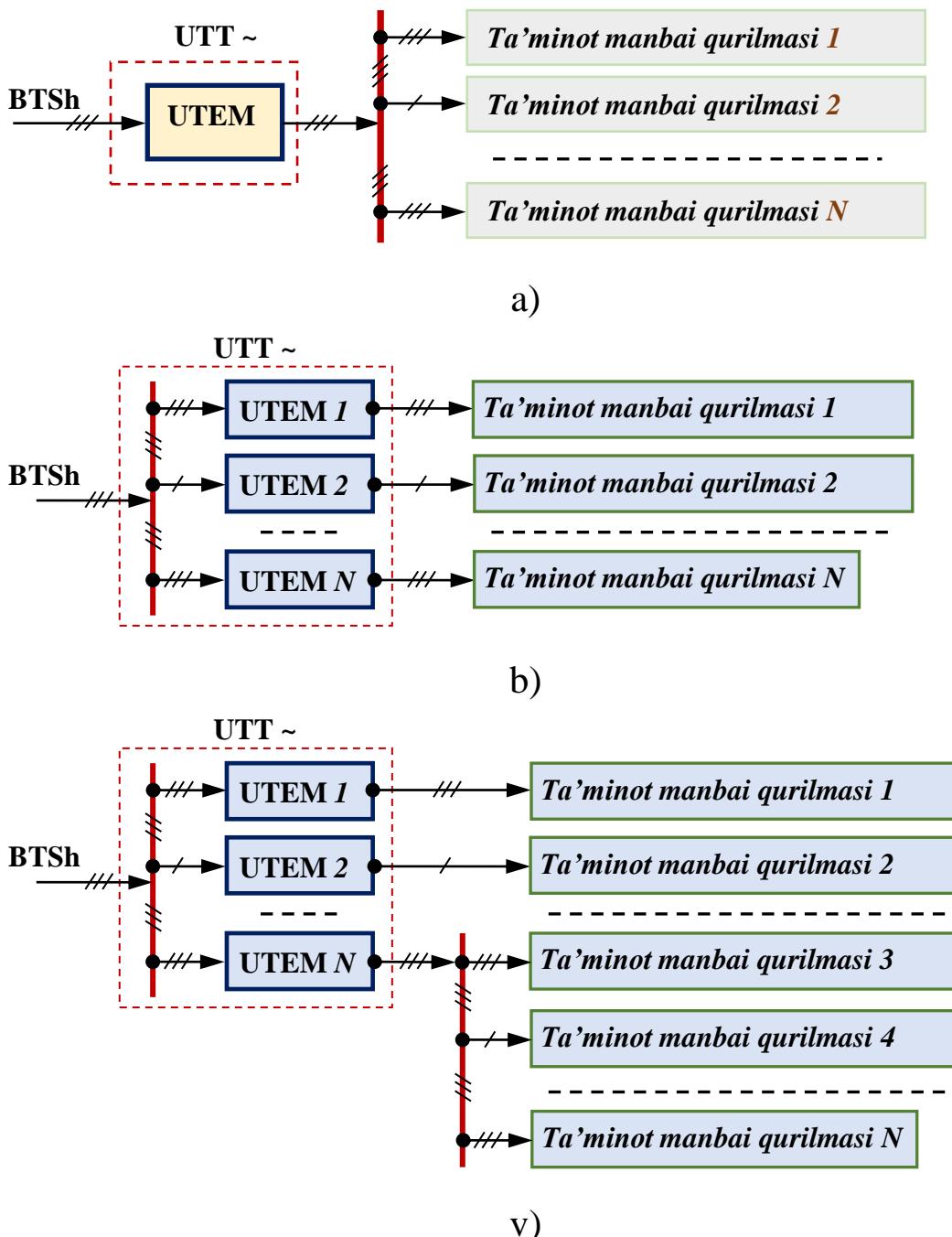
Uzluksiz elektr ta’minotining invertorining foydali ish koeffitsienti –  $\eta_{invertor} = 0,95$ .

**O‘zgaruvchan tok uzluksiz elektr ta’minoti tizimini hisoblash va loyihalash tamoyillari.** Hisoblash va loyihalashda uzluksiz elektr ta’minot tizimi (UETT) yagona uzluksiz elektr ta’minoti manbai (UETM) bilan markazlashtirilgan tamoyili (11.10-rasm, a) ga qarang) asosida qurilgan deb faraz qilinadi. Loyihalashda siz UETM ni tanlashingiz va tizim tomonidan tarmoqdan iste’mol qilingan maksimal quvvatni hisoblappingiz kerak bo‘ladi. Ushbu usul UETTning xar bir UETMini tanlash uchun taqsimlangan va aralash tizimlar ham o‘rinli hisoblanadi.

Hisoblash uchun boshlang‘ich ma’lumotlar:

- o‘zgaruvchan tok qurilmasining turi - bir fazali, 220 V, 50 Hz;
- o‘zgaruvchan tok qurilmasining maksimal toki,  $I_{yu.AC}, A$ ;
- avariaviy yoritish tizimining turi (tok - o‘zgarmas DC, yoki o‘zgaruvchan AC);
- avariaviy yoritish tizimining ta’minot kuchlanishi,  $U_{av.yorit.}, V$ ;

– avariyaviy yoritish tizimining maksimal toki,  $I_{av.yorit.}, A$ .



11.10-rasm. O'zgaruvchan tok uzlusiz elektr ta'minoti:  
*a – markazlashtirilgan (bitta UETM bilan), b – markazlashtirilmagan (bir nechta UETM bilan), v – aralash. BTSh - bosh taqsimlash uqiti (from the main switchboard), UTT – uzlusiz ta'minot tizimi, UETM – uzlusiz elektr ta'minoti manbai (UPS ).*

Hisoblash natijalari:

- uzlusiz elektr ta'minoti modeli;
- uskunalar birliklari soni (modullar, bloklar);

– tarmoqdan tizimi tomonidan iste'mol qiladigan maksimal quvvat (to'liq quvvat –  $S_{UETT\ AC}$ , aktiv quvvat –  $P_{UETT\ AC}$  va reaktiv quvvat –  $Q_{UETT\ AC}$ ).

Umuman olganda uzlusiz elektr ta'minoti manbaining maksimal yuklanish quvvati  $S_{yu.UETM}$  unga ulangan barcha iste'molchilarining quvvatlari yig'indisiga tengdir:

$$S_{yu.UETM} = \sum_{i=1}^N S_i = \sum_{i=1}^N \frac{P_i}{\cos \varphi_i}, kVt, \quad (11.1)$$

bu yerda  $N$  – uskunalar birliklarining umumiyligi soni;  $S_i$  – to'liq quvvat;  $P_i$  – aktiv quvvat;  $\cos \varphi_i$  –  $i$ -qurilmaning quvvat koeffitsienti.

Dastlabki ma'lumotlarga ko'ra barcha variantlarda infokommunikasion korxonalarida  $U_{yu.AC} = 220\text{ V}$  nominal ta'minot kuchlanishiga ega bo'lgan bir fazali qurilmalardan foydalaniadi.

Bu holda o'zgaruvchan tok ( $AC$ ) uskunasining umumiyligi quvvati  $S_{yu.AC}$  quyidagiga teng:

$$S_{yu.AC} = U_{yu.AC} \cdot I_{yu.AC}, kVA. \quad (11.2)$$

Aktiv quvvat  $P_{yu.AC}$  esa:

$$P_{yu.AC} = S_{yu.AC} \cdot \cos \varphi_{AC}, kVt. \quad (11.3)$$

Agar infokommunikasion elektr ta'minoti tizimining favqulodda yoritish tizimida o'zgaruvchan tokdan ( $AC$ ) foydalanssa, uzlusiz elektr ta'minoti manbai ushbu tizimga qo'shimcha ravishda elektr energiyasi bilan ta'minlash kerak bo'ladi. Bunday holatda, favqulodda yoritish tizimi tomonidan iste'mol qilinadigan umumiyligi quvvat  $S_{av.yorit.}$ :

$$S_{av.yorit.} = U_{av.yorit.} \cdot I_{av.yorit.} = \frac{P_{av.yorit.}}{\cos \varphi_{av.yorit.}}, kVA. \quad (11.4)$$

Uzlusiz elektr ta'minoti manbaining yuklamaning maksimal quvvati qo'yidagicha hisoblanadi:

$$S_{yu.UETM} = S_{yu.AC} + S_{av.yorit.}, kVA. \quad (11.5)$$

Agar infokommunikasion elektr ta'minoti tizimining favqulodda yoritish tizimida o'zgarmas tok (*DC*) foydalanilayotgan bo'lsa, uzlusiz elektr ta'minoti manbaiga faqat o'zgaruvchan tok (*AC*) qurilmalari ulangan bo'ladi:

$$S_{yu.UETT} = S_{yu.AC}, \text{kVA.}, \quad (11.6)$$

O'zgaruvchan tok qurilmalarining o'ziga xos xususiyati uning ishga tushirish vaqtida ist'emol qilinadigan boshlang'ich tokning mavjudligidir. Ayrim turdag'i qurilmalar (yuqori quvvatli transformatorlar, elektr dvigatellar) uchun boshlang'ich tok nominal tokdan 10 marta yuqori bo'lishi mumkin.

Agar o'zgaruvchan tok UETM boshlang'ich toklarni hisobga olmagan holda tanlansa, UETM ishga tushirilganda yuklanganlikdan himoyalanish ishga tushadi. Yuklanish darajasi va davomiyligi uzlusiz elektr ta'minoti manbai hujjatlarida aniq qayd etilgan bo'ladi.

Infokommunikasiya qurilmalari uchun odatda 20% quvvat zaxirasiga ega bo'lган UETM tanlanadi (boshlang'ich yuklama tokining ortish koeffitsienti  $k_a = 1,2$ ). Amaliyotda  $1,2 \leq k_a \leq 2$  bo'ladi. Amalda, barcha uskunalar bir vaqtning o'zida ishlatalmaydi. Shu sabali, UETMning haqiqiy talab qiladigan quvvati qurilmaning o'rnatilgan quvvatidan kam bo'lishi mumkin (har qanday uy uchun odatiy misol – barcha uy jihozlarining umumiyligi quvvati o'nlab kilovattga etishi mumkin, ammo bir vaqtning o'zida yoqilgan qurilmalar 5kVt dan ko'p bo'lмаган quvvatni iste'mol qiladi). Ushbu momentda o'rtacha statik yuklanganlik koeffitsienti  $k_i$  yordamida hisobga olinadi. Amaliyotda  $0,2 \leq k_i \leq 1$  bo'ladi, odatda infokommunikasiya qurilmalari uchun  $k_i = 1$ , chunki UETM qurilmalarga ulangan bo'lib ular kechayu-kunduz ishlashi kerak.

Shunday qilib, UETM ning talab qilgan chiqish quvvati  $S_{chiq.UETM}$  qo'yidagicha bo'ladi:

$$S_{chiq.UETM} = k_i \cdot k_a \cdot S_{yu.UETM}, \text{kVA.} \quad (11.7)$$

Talab qilingan quvvatga asoslanib UETM ishlab chiqaruvchilari va ularni etqazib beruvchilarining kataloglari ruyxatidan  $S_{qur.yetm}$  dan kattaroq bo'lган UETM modeli tanlanadi.

Sanoatda ishlataladigan kuchli UETMlar modulli usulda ishlab chiqariladi. Bunday UETM o'ziga xos tuzilishga ega: kuch modullari

ulangan (masalan, qurilmani kuvvatini kuchaytirish uchun) umumiy boshqaruv moduli (tez-tez takrorlanadigan) yoki akkumulyator modullari (avariya holatlarida ishlash muddatini ko‘paytirishga imkon beradi). Bunday UETMlar yuklamadan kuchlanishni uzmasdan ish jarayoni davrida modullarni almashtirish va o‘z-o‘zini tashxis (diagnostika) qilish xususiyatiga ega.

Masalan, *APS Symmetra RM* firmasining UETM ikki tomonlama o‘zgartirish xususiyatiga ega (*On - Line* - texnologiyasi). UETMning o‘lchamlari gabarit jihatidan ixcham, zaxira almashinushi juda oson. 11.11-rasmda *APS Symmetra RM* firmasining UETM keltirilgan.



11.11-rasm. *APS Symmetra RM* firmasining UETMi. 1 – asosiy kuch moduli, 2-asosiy va zaxira boshqaruv moduli.

UETMning minimal chiqish quvvati 2kVA (1-kuch moduli). Chiqish quvvatini oshirish uchun UETMga qo‘srimcha quvvat modullarini o‘rnatishi mumkin. UETM ga maksimal 3 ta quvvat modullarini joylashtirish mumkin, ular asosiy bodul bilan birgalikda maksimal 6kVA quvvatga ega 3+1 sxemasini (3 ta asosiy modul, 1 ta zaxira modul) ta’minlaydi. Minimal UETM konfigurasiyasi bitta akkumulyator modulini o‘z ichiga oladi. UETMning ish vaqtini uzaytirish uchun qo‘srimcha akkumulyator modullarini o‘rnatish imkoniyatiga ega. UETMga maksimal 6 ta akkumulyator modullarini o‘rnatish mumkin. *APS Symmetra RM* kabi modulli UETMlardan

foydalinish yuqori darajadagi ishonchliligi bilan uzlusiz elektr ta'minoti tizimlarini yaratish imkonini beradi. Buning uchun UTEMni tanlashda bitta modul ortiqcha bo'ladi, u asosiy modullardan iri ishlamay qolganda tizimga ulanadi.

Ba'zi bir o'zgaruvchan tok modulli UETMlarning parametrлари 11.1-jadvalda keltirilgan.

### 11.1-jadval

#### O'zgaruvchan tok UETMlari

| Ishlab chiqaruvchi        | Modeli                      | Qurilma quvvati<br>$S_{UETM\ max}, kVA$ | Modul quvvati<br>$S_{modul}, kVA$ |
|---------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|
| <i>APC</i>                | <i>Symmetra Power Array</i> | 16                                      | 4                                 |
| <i>APC</i>                | <i>Symmetra RM</i>          | 6                                       | 2                                 |
| <i>APC</i>                | <i>Symmetra LX</i>          | 16                                      | 4                                 |
| <i>Newave UPS Systems</i> | <i>Minipower Tower</i>      | 8                                       | 1                                 |
| <i>Newave UPS Systems</i> | <i>Minipower Rack</i>       | 4                                       | 1                                 |
| <i>PK Electronics</i>     | <i>US 9003</i>              | 4.8                                     | 0.4                               |
| <i>Eaton - Powervare</i>  | 9170                        | 18                                      | 3                                 |
| <i>Socomec - Sicon</i>    | <i>Modulys</i>              | 18                                      | 1.5                               |

Modulli UETMlar uchun zaxira ta'minotni hisobga olgan holda kerakli  $N$  ta modullarni qo'yidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N = \frac{S_{chiq.UETM}}{k_{PM} \cdot S_{mod.}} + 1, \quad (11.8)$$

bu yerda  $k_{PM} = 0.75...0.95$  – parallel ulanishni hisobga olish koefitsienti. Bu koefitsient UETM modullari orasida yuklamalarni xar xil taqsimlanishi hisobga oladi.

Olingan  $N$  qiymat yaxlitlanishi kerak (masalan 5,3 ni 6, 5,5 ni 6). Bunday holda, kerakli modullar soni ma'lum bir tanlangan qurilmaning maksimal modullar ( $N_{max}$ ) sonidan oshmasligi kerak:

$$N \leq N_{max}. \quad (11.9)$$

UETM modullarining maksimal sonini taxminan qo'yidagicha aniqlash (aniq aniqlashda ma'lum bir qurilma uchun uning texnik xujjalardan foydalilanadi) mumkin:

$$N_{max} = \frac{S_{UETM\ max}}{S_{mod}}. \quad (11.10)$$

Agar 11.9 formuladagi shart bajarilmasa, undan kuchliroq UETMni tanlash kerak bo‘ladi.

UETM tanlanganidan so‘ng, tanlangan UETMning maksimal chiqish quvvatini aniqlashimiz mumkin  $S_{chiq.UETM\ max}$ :

$$S_{chiq.UETM\ max} = N \cdot S_{mod}. \quad (11.11)$$

Maksimal quvvat, UETMning akkumulyator batareyalari razryadlanganidan keyin, ya’ni avariya viy rejimdan keyin UETM tarmoqdan iste’mol qiladi. Bunday holatda, UETM tarmoqdan yuklamani ishlashi uchun zarur bo‘lgan quvvatni  $S_{chiq.UETM}$  va akkumulyator batareyalarini zaryadlash  $S_{zar.AB}$  uchun sarflaydi, bu esa maksimal quvvatning 10% ni tashkil qiladi:

$$S_{zar.AB} \approx 0,1 \cdot S_{chiq.UETM\ max}, \text{kVA}. \quad (11.12)$$

Akkumulyator batareyalarini zaryadlash quvvatining  $S_{zar.AB}$  aniq qiymatini qurilmaning texnik hujjatlaridan aniqlash mumkin.

Shunday qilib, uzluksiz elektr ta’minoti tizimining (UETT) umumiyl quvvati  $S_{UETM\ AC}$  qo‘yidagi formula bilan aniqlanadi:

$$S_{UETM\ AC} = S_{chiq.UETM} + S_{zar.AB}, \text{kVA}. \quad (11.13)$$

UETTning aktiv quvvati,  $P_{UETM\ AC}$ :

$$P_{UETM\ AC} = \frac{S_{UETM\ AC} \cdot \cos \varphi_{UETM}}{\eta_{UETM}}, \text{kVt}. \quad (11.14)$$

UETTning reaktiv quvvati,  $Q_{UETM\ AC}$ :

$$Q_{UETM\ AC} = \sqrt{S_{UETM\ AC}^2 - P_{UETM\ AC}^2}, \text{kVAR}. \quad (11.15)$$

11.14 formuladagi  $\eta_{UETM}$  – foydali ish koeffitsienti,  $\cos \varphi_{UETM}$  UETMning quvvat koeffitsienti qurilmaning texnik xujjatlariadan

olinadi. Bizning misolda ushbu koeffitsientlarni  $\eta_{UETM} = 0,9$ ,  $\cos\varphi_{UETM} = 0,85$  qilib olishimiz mumkin.

### **O'zgaruvchan tok uzulksiz elektr ta'minoti tizimini loyihalashdagi odatiy xatoliklar.**

1. Tanlangan qurilmalarning modeli, ishlab chiqaruvchi va texnik xususiyatlari noto'g'ri tanlanishi. Ishning asosiy maqsadi qurilmani maqsadga muvofiq tanlanishi lozim. Amalda ishlab chiqaruvchi yoki qurilma modelining nomini yoki raqamini noto'g'ri yozish qurilmalarni bir biriga to'g'ri kelmasligiga olib keladi, buning oqibatida o'zaro aloqalarini tiklash uchun qo'shimcha qurilmalar xarid qilishga to'g'ri keladi.

2.  $N$  sondagi modullar tekshirilmaydi. Natijada, tanlangan UETMga o'rnatilishi mumkin bo'lgan modullardan ko'proq modullar talab qilinadi.

3. Kerakli  $N$  sondagi modullarni noto'g'ri yaxlitlash (yoki umuman yaxlitlamaslik). Modullar sonini kam tomonga yaxlitlash mumkin emas – u holda UETM kerakli quvvatni ta'minlay olmaydi. Agar hisob kitoblarga ko'ra, 3,05 modul talab qilinadigan bo'lsa unda biz modullar sonini  $N = 4$  ga teng qilib olishimiz kerak.

**O'zgarmas tok uzluksiz elektr ta'minoti tizimini hisoblash va loyihalash tamoyillari.** Hisoblash va loyihalashda uzluksiz elektr ta'minot tizimi (*UETT*) markazlashtirilgan tamoyil (11.10-rasm, a ga qarang) asosida (bitta to'g'rilash qurilmasi (*TQ*) va ikki guruhli akkumulyator batareyasi (*AB*)) qurilgan deb faraz qilinadi.

Loyihalashda tarmoqdan iste'mol qilinadigan maksimal quvvatni hisoblash, *AB* va *TQ*sini tanlash lozim bo'ladi. Ushbu usul UETTning xar bir *AB* va *TQ*sini tanlash uchun taqsimlangan va aralash tizimlar ham o'rinli hisoblanadi.

Hisoblash uchun dastlabki ma'lumotlar:

- o'zgarmas tok qurilmasining ta'minot kuchlanishi,  $U_{yu.DC}, V$ ;
- o'zgarmas tok qurilmasining maksimal toki,  $I_{yu.DC}, A$ ;
- akkumulyator batareyalari orqali ishlash davomiyligi,  $t_{ish.davom}, soat$ ;
- atrof-muhit harorati,  $t_{at.muhit}, {}^{\circ}C$ ;
- avariyaviy yoritish tizim turi (o'zgarmas (*DC*) yoki o'zgaruvchan (*AC*) tokda);

- avariyaviy yoritish tizimining ta'minot kuchlanishi,  $U_{av.yorit}, V$ ;
- avariyaviy yoritish tizimining maksimal toki,  $I_{av.yorit}, A$ .

Hisoblash natijalari:

- ABsining modeli;
- kerak bo'ladigan ABlar soni;
- TQsining modeli;
- TQning birliklari soni (modullar, bloklar);
- tizim tomonidan tarmoqdan iste'mol qilinadigan maksimal quvvat (to'liq quvvat -  $S_{UETM DC}$ , aktiv quvvat -  $P_{UETM DC}$  va reaktiv quvvat -  $Q_{UETM DC}$ ).

Hisoblashning birinchi bosqichida talab qilinadigan  $N_{el}$ . akkumulyator batareyalarining elementlar sonini aniqlashdan iborat.

$N_{el}$ . ning taqrifiy qiymati qo'yidagi formula bilan aniqlanadi:

$$N_{el} = \frac{U_{yu.DC}}{U_{el.nom}}, \quad (11.16)$$

bu yerda  $U_{el.nom} = 2V$  – qo'rgoshin kislotali akkumulyator batareyasi elementidagi nominal kuchlanish.

Shundan so'ng, tok taqsimlash tarmog'idagi (TTT) kuchlanish yo'qotishlarining umumiylarining darajasi o'rnatiladi, bu 4% dan oshmasligi kerak va TTTdagi kuchlanishning maksimal pasayishi aniqlanadi:

$$\Delta U_{TTT} = \Delta \bar{U}_{TTT} \cdot U_{yu.DC}, V. \quad (11.17)$$

AB elementidagi kuchlanish  $U_{el.klemma razryad} = 1,75...1,8V$  gacha pasaysa, ABning razryadi oxirida uning klemmalaridagi kuchlanishning qiymati aniqlanadi:

$$U_{yu.DC klemma razryad} = N_{el} \cdot U_{el.klemma razryad} - \Delta U_{TTT}, V. \quad (11.18)$$

AB elementidagi kuchlanish maksimal bo'lsa  $U_{el.turg'.zar.} = 2,28V$ , turg'un zaryad rejimi qo'yidagicha hisoblanadi:

$$U_{yu.DC turg'.zar.} = N_{el} \cdot U_{el.turg'.zar.} - \Delta U_{TTT}, V. \quad (11.19)$$

$U_{yu.DC\ klemma\ razryad}$  va  $U_{yu.DC\ turg'.zar.}$  kuchlanishlar infokommunikasiya korxonalarining elektr ta'minoti qurilmalari talabidan kelib chiqqan holda aniqlanga ushbu  $U_{yu.DC}$  uchun  $U_{yu.DC_{min}} \dots U_{yu.DC_{max}}$  maqbul qiymatlar oralig'ida bo'lishi kerak.

$$\begin{aligned} U_{yu.DC_{min}} &\leq U_{yu.DC\ klemma\ razryad} \leq U_{yu.DC_{max}}, \\ U_{yu.DC_{min}} &\leq U_{yu.DC\ turg'.zar} \leq U_{yu.DC_{max}}. \end{aligned} \quad (11.20)$$

Agar (11.20) shart bajarilmasa ABdagi elementlar soni  $N_{el.}$  ko'paytiriladi yoki tok taqsimlash tarmog'idagi  $\Delta\bar{U}_{TTT}$  kuchlanish pasayishini kamaytirish kerak.

(11.17) - (11.19) formulalar uchun hisoblashlar (11.20) shart bajarilguncha takrorlanishi kerak.

ABdagi elementlar soni tanlangandan so'ng, nominal razryad toki  $I_{zar.}$  ni aniqlaymiz.

Agar korxona avariaviy yoritish tizimida o'zgaruvchan tokdan foydalansa, razryad toki qurilmaning maksimal tokiga teng bo'ladi:

$$I_{raz.} = I_{yu.DC}, A. \quad (11.21)$$

Aks holda, akkumulyator batareyasi qo'shimcha ravishda elektr ta'minoti va avariaviy yoritish tizimlarini ta'minlashi kerak:

$$I_{raz.} = I_{yu.DC} + I_{av.yorit.}, A. \quad (11.22)$$

ABning minimal umumiyligi sig'imi:

$$C'_{10} = \frac{I_{raz.} \cdot t_{raz.}}{\eta_Q \cdot (1 + 0,008 \cdot (t_{0'rt.} - 20 {}^{\circ}\text{C}))}, A \cdot soat, \quad (11.23)$$

bu yerda  $\eta_Q$  – ABning samaradorlik koeffitsienti bo'lib, zaryadsizlanish tezligi oshishi bilan ABSig'imining pasayishini hisobga oladi.

$\eta_Q$  ning taxminiy qiymatini berilgan  $I_{raz.}$  ish vaqtida 11.2-jadvaldan aniqlashimiz mumkin.

Infokommunikasiya korxonalari ikki gruhli ABlardan foydalanganligi sababli, bitta guruhning talab qilinadigan batareya sig'imi  $C_{AB,min}$  sig'imning yarimiga teng bo'lishi kerak:

$$C_{AB,min} = 0,5C'_{I0}, A \cdot soat. \quad (11.24)$$

11.2-jadval

Akkumulyator batareyalarinig sig‘imi bo‘yicha samaradorlik koeffitsientining tavsiya etilgan qiymatlari

| $I_{raz.}$ , soat | $\geq 10$ | 9    | 8    | 7    | 6    | 5    | 4   | 3    | 2    | $\leq 1$ |
|-------------------|-----------|------|------|------|------|------|-----|------|------|----------|
| $\eta_Q$          | 1         | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,89 | 0,83 | 0,8 | 0,75 | 0,61 | 0,51     |

ABlarini etkazib beruvchi kompaniyalarning ktataloglari ruyxatidan  $C_{AB,min}$  dan kattaroq sig‘imga ega bo‘lgan AB tanlanadi (amalda, odatda eng yaqin yuqori sig‘im qiymati tanlanadi) (2-ilova 1-jadval).

Bir guruhdagi AB sonini  $N_{AB.gr.}$  kerakli kuchlanish olish shartidan aniqlanadi:

$$N_{AB.gr.} = \frac{N_{el.}}{N_{el.AB}} = \frac{N_{el.}U_{el.nom.}}{U_{AB}}, \quad (11.25)$$

bu yerda  $N_{el.AB}$  – tanlangan ABlardagi elementlar soni,  $U_{AB}$  – tanlangan ABning kuchlanishi.

Olingan AB qiymati butun bo‘lishi kerak (toq sondagi ABlarni o‘rnatib bo‘lmaydi), aks holda boshqa AB modulini tanlash lozim bo‘ladi.

ABlarning umumiy soni,  $N_{AB\ umumiyy}$ :

$$N_{AB\ umumiyy} = 2N_{AB\ gr.} \quad (11.26)$$

ABlarning umumiy sig‘imi,  $C_{AB\ umumiyy}$ :

$$C_{AB\ umumiyy} = 2C_{AB\ gr.}, A \cdot soat. \quad (11.27)$$

ABlar tanlanganidan keyin to‘g‘rilash qurilmasini (TQ) tanlanadi. TQdagi maksimal tok ABlar zaryadsizlangada avariya rejimidan keyingi rejimda iste’mol qilinadi, ABdagi zaryad toki  $I_{zar.}$  esasig‘imning 25% ga etishi mumkin.

$$I_{zar.} = 0,25 \cdot C_{AB\ umumiyy}, A. \quad (11.28)$$

Bunday holda tizimning TQsining umumiy maksimal toki  $I_{\Sigma}$  qiymatga erishadi:

$$I_{\Sigma} = I_{raz.} + I_{zar.}, A. \quad (11.29)$$

Maksimal tokning  $I_{\Sigma}$  va nominal kuchlanishning  $U_{yu.DC}$  qiymatlari qurilmalarni etkazib beruvchi kompaniyalarning kataloglaridan to‘g‘rilagichga kerakli tokni ta’minla bera oladigan TQ tanlanadi. 2-ilovadagi 2-jadvalda keltirilgan texnik xarakteristikalar dan kerakli to‘g‘rilagich qurilmasi tanlab olinadi.

O‘zgaruvchan tok UETMni tanlashga o‘xshab, TQni tanlashda undagi modullar sonini  $N$  zaxirasi bilan aniqlash kerak:

$$N = \frac{I_{\Sigma}}{k_{PM} \cdot I_{mod.}} + 1, \quad (11.30)$$

bu yerda  $I_{mod.}$  – modulning maksimal toki;  $k_{PM} = 0,75\dots0,95$  – parallel ulanishni hisobga olish koeffitsienti. Bu koeffitsient TQ modullari orasida mumkin bo‘lgan yuklamalarni notejis taqsimlanishini hisobga oladi.

Olingan  $N$  ning qiymatini katta tomonga yaxlitlash kerak. Biroq, kerakli modullar soni ushbu qurilmaning maksimal modullar sonidan oshmasligini ta’minlash kerak,  $N_{max}$ :

$$N \leq N_{max}. \quad (11.31)$$

Modullar sonini aniqlashda shuni e’tiborga olish kerakki, ayrim TQ modellari faqat belgilangan miqdordagi modullar bilan ishlay oladi, masalan, 3, 6, 9. (2-ilovadagi 2-jadvalga e’tibor qarating).

Modullar sonini  $N = 7$  ga teng qilib tanlash xatolikka olib keladi, chunki bu TQ modullari 7 ta modullar (yoki 6, 9 modullar) bilan ishlay olmaydi.

Akkumulyator batareyasi elementidagi kuchlanish minimal ( $U_{el.} = U_{el.klemma razryad}$ ), tok esa maksimal bo‘lganda UETT ning maksimal aktiv quvvati  $P_{UETT DC}$  avariya viy rejimdan kiyingi rejimda tarmoqdan iste’mol qiladi:

$$P_{UETT\ DC} = \frac{I_{\Sigma} \cdot N_{el.} \cdot U_{el.\ klemma\ razryad}}{\eta_{TQ}}, \text{kVt}, \quad (11.32)$$

bu yerda  $\eta_{TQ}$  –tanlangan TQining foydali ish koeffitsienti.

O‘zgarmas tok UETTninig iste’mol qiladigan to‘liq quvvati,  $S_{UETT\ DC}$ :

$$S_{UETT\ DC} = \frac{P_{UETT\ DC}}{\cos\varphi_{TQ}}, \text{kVA}, \quad (11.33)$$

bu yerda  $\cos\varphi_{TQ}$  - tanlangan TQining quvvat koeffitsienti.

O‘zgarmas tok UETTning reaktiv quvvati:

$$Q_{UETT\ DC} = \sqrt{S_{UETT\ DC}^2 - P_{UETT\ DC}^2}, \text{kVAR}. \quad (11.34)$$

### **O‘zgarmas tok uzulksiz elektr ta’minoti tizimini loyihalashdagi odatiy xatoliklar.**

1. Elektr ta’minoti qurilmalarining assosiy ta’labalaridan variant uchun chiqish kuchlanishining ruxsat etilgan og‘ishlarini ( $U_{no\ DC}$ ) noto‘g‘ri tanlash oqibatida chiqish kuchlanishlarini tekshirishda xatolikka olib keladi.

2. Chiqish kuchlanishini tekshirishda elektr ta’minoti qurilmalariga qo‘yilagn assosiy talablarga mosligi tekshirishdagi xatoliklar. Razryad oxiridagi kuchlanish minimal ruxsat etilgan kuchlanishdan katta bo‘lishi kerak.

3. Tanlangan AB va TQ larning xarakteristikalarini noto‘g‘ri yozib olish va talqin qilishdagi xatoliklar.

4. AB va TQlarining modullari soni juft bo‘lishi kerak.

## **ADABIYOTLAR**

1. M.Sapaev, U.Aliev, F.Qodirov. Aloqa qurilmalarining elektr ta'minoti. (O'quv qo'llanma). –T.:<<Fan va texnologiya>>, 2011, 248 bet.
2. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. -М.: «Три Л», 2000.- 400 с.
3. Гейтенко Э.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. -М.:СОЛОН-ПРЕСС, 2008.-448 с.
4. В. М. Бушуев, В. А. Деминский, Л. Ф. Захаров, Ю. д. козляев, М. Ф. Колканов. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций. М: Горячая линия - Телеком, 2009. 384 с.
5. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: Учебное пособие для вузов / В.М.Бушуев, В.А. Деминский, Л.Ф. Захаров и др. – М.,2009. – 384 с.
6. Калугин Н.Г. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: учебник для студентов учреждений высш. проф. образования/. Н.Г. Калугин; под ред. Е.Е. Чаплыгина. – М.: «Академия», 2011. – 192 с.
7. Nazarov A.M., Yarmuhamedov A.A., Sh.K.Xudayberganov, Ya.T.Yusupov, A.B.Jabborov, F.M.Qodirov. Elektr ta'minot qurilmalari. O'quv qo'llanma. – T.: 2020. – 256 bet.
8. Воробьёв А.Ю.. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем. – М.: Эко–Трендз, 2003. – 280 с.
9. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры / под ред. В.А. Шахнова. – М.: КноРус, 2010. – 532 с.
- 10.Электропитание устройств и систем телекоммуникаций / В.М. Бушуев и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 383 с.
- 11.Электропитание устройств и систем телекоммуникаций / Н.Г. Калугин. – М.: Академия, 2011. – 184с.
- 12.Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: /В.М. Бушуев и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. – 383 с.
13. Elektr energiya ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash. O'quv qo'llanma. L.A.Nematov, I.U.Raxmonov – Buxoro: 2020. – 346 b.
14. Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yurij VM. Volkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by

John Wiley & Sons. USA. p-403.

15. "Batteries in a Portable World - A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers" Isidor Buchmann. Cadex Electronics Inc.; 4th edition (2016). ISBN-10: 0968211844, ISBN-13: 978-0968211847.

16. Химические источники тока: Справочник / Под редакцией Н.В.Коровина и А.М.Скундина. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 740 с.

17. Kedrinskii I. A., Podalinskii J. A., Chudinov E. A. Charging curves of first charging of lithium-ionic battery anode. // Abstracts of 8th International Frumkin Symposium «Kinetics of electrode processes» Moscow. 2005. P. 121.

## QISQARTMALAR

|         |   |
|---------|---|
| AB –    | Akkumulyator batareyasi                         |
| ATS –   | Avtomat telefon stansiyalari                    |
| BKNQQ – | Batareya kuchlanishini nazorat qilish qurilmasi |
| BS –    | Boshqarish sxemasi                              |
| BT –    | Boshqariluvchi to‘g‘irlagich                    |
| BTNQQ – | Batareya tokini nazorat qilish qurilmasi        |
| BTEM –  | Birlamchi elektr ta’minoti manbalari            |
| VAX –   | Volt–amper xarakteristika                       |
| IETM –  | Ikkilamchi elektr ta’minoti manbalari           |
| KIM –   | Kenglik-impuls modulyasiya                      |
| QTQS –  | Qaytar toklardan qutulish sxemasi               |
| KHBK –  | Kuchlanishning harorat bo‘yicha koeffitsiyenti  |
| RI –    | Rostlovchi invertor                             |
| RE –    | Rostlovchi element                              |
| SF –    | Silliqlovchi filtr                              |
| Ta –    | Atrof–muhit harorati                            |
| TA –    | Teskari aloqa                                   |
| TKM –   | Tayanch kuchlanish manbai                       |
| TKNQQ – | Tarmoq kuchlanishini nazorat qilish qurilmasi   |
| Tr –    | Transformator                                   |
| TS –    | Taqqoslovchi sxema                              |
| UETM –  | Uzluksiz elektr ta’minoti manbai                |
| O‘K –   | O‘lchovchi – kuchaytiruvchi                     |
| O‘TK –  | O‘zgarmas tok kuchaytirgichi                    |
| FIK –   | Foydali ish koeffitsiyenti                      |
| HSF –   | Halaqitlarni so‘ndirish filtri                  |
| TKT –   | Tarmoq kuchlanishini to‘g‘rilagichi             |
| ETM –   | Elektr ta’minoti manbalari                      |
| EUL –   | Elektr uzatish liniyasi                         |
| EYUK –  | Elektr yurituvchi kuch                          |
| KB –    | Kuchlanish bo‘lgich                             |

## IZOHLI LUG‘AT

|   |   |
|---|---|
| <b>Avtotransformator-uz</b><br><b>Автотрасформатор-rus</b>                                    | Ikkilamchi (chiqish) o‘rami birlamchi (kirish) o‘ramining bir qismi bo‘lgan bir o‘ramli transformator.  |
| <b>Akkumulyator-uz</b><br><b>Аккумулятор-rus</b>  | Zaryadsizlangandan so‘ng yana qayta zaryadlash imkoniyatiga ega bo‘lgan tok manbai. Qo‘rg‘oshinli (kislotali), kadmiy nikelli, temir nikelli va kumush-ruxli (ishqorli) akkumulyatorlar mavjud.   |
| <b>Akkumulyator batareyasi-uz</b><br><b>Аккумуляторная батарея-rus</b>                        | Elektr jixatdan o‘zaro bog‘langan, chiqish uchlari bo‘lgan, odatda, bir korpusda joylashgan akkumulyatorlar.  |
| <b>Akkumulyator sig‘imi-uz</b><br><b>Емкость аккумулятора-rus</b>                             | Amper soatlarda ifodalangan elektr miqdori, uni zaryadlangan akkumulatoridan malum cheklangan kuchlanishgacha zaryadsizlanishi orqali olish mumkin.   |
| <b>Akkumulyatorning o‘z-o‘zidan zaryadsizlanishi-uz</b><br><b>Саморазряд аккумулятора-rus</b> | Xamma istemolchilardan uzib quyilgan, ishlatilmay turgan akkumulatorning zaryadsizlanishi. Separatorlari mipor yoki miplastdan tayyorlangan yangi akkumulator batareyalari ishlatilmay saqlanishining birinci 14 kunida 10% ga zaryadsizlanadi. Keyin zaryadsizlanish jadalligi pasayadi va yuqorida ko‘rsatilgan davr 5% ni tashkil qiladi. Bunday jarayon tibiyy zaryadsizlanish deyiladi. Agar akkumulyator batareyasi sutkasiga 1% dan ortiq zaryadsizlansa, o‘zg‘o‘zidan zaryadsizlanish tezlashgan hisoblanadi. |
| <b>Aktiv quvvat-uz</b><br><b>Активная мощность-rus</b>  | Aktiv qarshilikdan, u orqali o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan tok o‘tganda vaqt birligi ichida issiqlik shaklida ajraladigan energiya.   |
| <b>Asinxron mashina-uz</b><br><b>Асинхронная машина-rus</b>                                   | Rotoring aylanish tezligi aylantiruvchi magnit maydon tezligi bilan sinxron bo‘lmasan, o‘zgaruvchan tok induksion elektr mashinasi.   |
| <b>Asinxron generator-uz</b><br><b>Асинхронный генератор-rus</b>                              | Mexnik energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi asinxron elektr mashinasi.  |
| <b>Asinxron elektrosvigatel-uz</b><br><b>Асинхронный электродвигатель-rus</b>                 | O‘zgaruvchan tok elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi asinxron elektr mashinasi. Ishlashi dvigatel o‘ramlari tomonidan hosil qilinadigan aylanuvchi magnit maydonidan foydalanish asosida.  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Ballast qarshilik-uz</b><br><b>Балластное</b><br><b>сопротивление-rus</b>  | Zanjirga, ortiqcha kuchlanishni yutish xamda zanjir ayrim tarmoqlaridagi kuchlanish yoki tokni rostlash uchun, ulanadigan qarshilik.  |
| <b>Batareya-uz</b><br><b>Батарея-rus</b>  | Bir manbaning tegishli kattaliklaridan oshuvchi kuchlanish va tokning talab qilinadigan qiymatini olish uchun bir nechta galvanik tok manbaining (galvanik elementlari) yoki fotoelementlarning ulanishi. Batareyaga ulanadigan elementlar bir xil EYuK va ichki qarshilikka ega bo‘lishi kerak.  |
| <b>Bipolyar tranzistor-uz</b><br><b>Биполярный</b><br><b>транзистор-rus</b>   | O‘zaro tasirlashuvchi ikkita to‘g‘rilovchi elektr o‘tishga va kuchaytirish xususiyatlari zaryad tashuvchilar injeksiyasi va ekstraksiyasi hodisasi bilan bog‘liq uchta (yoki undan ko‘p) chiqish uchlariga ega yarimo‘tkazgichli asbob. Asosiy zaryad tashuvchilar ham elektronlar, ham kovaklar bo‘lgani sababli bu tranzistor bipolyar tranzistor deb ataladi (“bi” –ikki). |
| <b>Bir yarim davrli</b><br><b>to‘g‘rilagich-uz</b><br><b>Выпрямитель</b><br><b>однополупериодный-rus</b>                                | To‘g‘rilash uchun o‘zgaruvchan kuchlanishning bitta yarim davridan foydalaniladigan qurilma.  |
| <b>Boshqariladigan</b><br><b>(boshqarilmaydigan)</b><br><b>ventillar-uz</b><br><b>Вентили управляемые</b><br><b>(неуправляемые)-rus</b> | Ventillar, ular orqali o‘tadigan tok boshqaruvchi elektrod tomonidan boshqariladi (yo‘naltiriladi). Boshqariladigan ventillarga bir va ikki operatsiyali tiristorlar, fototiristorlar, simistorlar, boshqarilmaydigan ventillarga turli mo‘ljallanishdagi diodlar, dinistorlar, stabilitronlar kiradi.  |
| <b>Bufer batareya-uz</b><br><b>Буферная батарея-rus</b>   | Uzliksiz elektr taminoti uchun o‘zgarmas tok generatori yoki to‘g‘rilagich bilan paralel ulanadigan akkumulator batareyasi.   |
| <b>Ventilli fotoeffekt-uz</b><br><b>Вентильный</b><br><b>фотоэффект-rus</b>   | Tarkibida yarimo‘tkazgich-metall yoki elektron-kovak o‘tish kontakti bo‘lgan zanjirlarda yorug‘lik ta’sirida EYuK yuzaga kelishi.   |
| <b>Ventilli elektr yuritma-uz</b><br><b>Вентильный</b><br><b>электропривод-rus</b>  | Dvigatel ta’minoti va aylanish chastotasini rostlashda boshqariladigan elektr ventillar asosidagi o‘zgartirgichlar qo‘llaniladigan elektr yuritma.  |
| <b>Ventil fotoelement-uz</b><br><b>Вентильный</b><br><b>фотоэлемент-rus</b>   | Tushayotgan yorug‘lik ta’sirida EYuK generatsiyalaydigan, ya’ni yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beradigan, berkituvchi qatlami bo‘lgan yarimo‘tkazgichli asbob.   |

|   |  |
|---|--|
| <b>Volt–amper xarakteristikasi-uz</b><br><b>Вольт–амперная характеристика-rus</b>   | Elektr zanjiri elementi qisqichlaridagi kuchlanishning undagi tokka bog‘liqligi.   |
| <b>Galvanik element sig‘imi-uz</b><br><b>Емкость гальванического элемента-rus</b>   | Zaryadsizlanishda galvanik element bera oladigan elektr miqdori. Sig‘im miqdori yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan minimal kuchlanishgacha zaryadsizlanish vaqtida element beradigan tokning ko‘paytmasiga teng.   |
| <b>Galvanik bog‘lanish-uz</b><br><b>Гальваническая связь-rus</b>                    | Elektr zanjirlarining elektr maydoni orqali o‘tkazuvchi muxitda bog‘lanishi.   |
| <b>Galvanik element-uz</b><br><b>Гальванический элемент-rus</b>                     | Elektr tokining manbai bo‘lib, unda elektrokimyoviy reaksiya natijasida bevosita elektr energiyasi ajraladi. Suyuq yoki xamirsimon elektrolit eritmasiga tushirilgan musbat va manfiy elektrolitlardan iborat. Barcha galvanik elementlarda elektrolitlar va elektrodlar va elektrolit moddalar kimyoviy reaksiyaga sarflanadi va emirilish ishdan chiqadi. Uni qayta zaryadlab bo‘lmaydi. |
| <b>Garmonikalar koeffitsiyenti-uz</b><br><b>Коэффициент гармоник-rus</b>            | Egri o‘zgaruvchan kuchlanish shaklining sinusoidalga yaqinlashish darajasining ko‘rsatuvchi kattalik bo‘lib, yuqori garmonikalar bo‘yicha kuchlanishlarning effektiv (ta’siri) qiymatlari yig‘indisi birinchi garmonikaning effektiv qiymati nisbatiga teng.   |
| <b>Dvigatelning maksimal momenti-uz</b><br><b>Момент двигателя максимальный-rus</b> | Sirpanish $S=0,2$ ga teng bo‘lganda dvigateli eng katta aylantiruvchi momenti.   |
| <b>Dvigatelning nominal momenti-uz</b><br><b>Момент двигателя номинальный-rus</b>   | Sirpanish $S=0,2 \dots 0,06$ bo‘lganda dvigatelning aylantiruvchi momenti.   |
| <b>Dvigateli ishga tushirish momenti-uz</b><br><b>Момент двигателя пусковой-rus</b> | Sirpanish $S=1$ bo‘lganda dvigateli aylantiruvchi moment.  |
| <b>Ideal (real) ventil-uz</b><br><b>Вентиль идеальный (реальный)-rus</b>            | Ulash, uzish va uning ichki parametrlari vaqtin hisobga olinmaydigan ventil ideal hisoblanadi. Real ventillar ulash, uzishning oxirgi vaqtiga ega va ularda ma’lum miqdorda energiya issiqlik ko‘rinishida ajraladi.   |

|  |   |
|--|---|
| <b>Ikki yarim davrli<br/>to‘g‘rilagich-uz<br/>Выпрямитель<br/>двухполупериодный-rus</b>                  | Tokni to‘g‘rilash uchun, o‘zgaruvchan kuchlanishning har ikki yarim davridan foydalilaniladigan qurilma.  |
| <b>Ikkilamchi elektr<br/>taminot bloki-uz<br/>Блок вторичного<br/>электропитания-rus</b>                 | Yaxlit konstruksiya ko‘rinishida yasalgan ikkilamchi elektr taminot manbai.   |
| <b>Ikkilamchi elektr<br/>taminot manbai-uz<br/>Вторичные источники<br/>электропитания-rus</b>            | Aloxida asboblarni yoki radioapparatura qismlarini ikkilamchi elektr taminot bilan taminlovchi qurilma. Ikkilamchi elektr taminot manbai manbaning kirish energiyasini zarur tur va sifatdagi elektr energiyasiga aylantiradi.            |
| <b>Impulsli diodlar-uz<br/>Импульсные диоды-rus</b>  | O‘tish jarayonlarining juda kichik davomiyligiga ega bo‘lgan va tezkor impulsli sxemalarda ishslash uchun mo‘ljallangan yarimo‘tkazgichli diodlarning bir turi.   |
| <b>Impulsli transformator-<br/>uz<br/>Импульсные<br/>трансформатор-rus</b>                               | Bir necha ulushdan o‘nlab mikrosekundgacha davomiylikdagi impulslarni uzatish uchun mo‘ljallangan ferromagnit o‘zakli transformator.  |
| <b>Invertor-uz<br/>Инвертор-rus</b>  | 1. O‘zgarmas tok energiyasini o‘zgaruvchan tok energiyasiga aylantiruvchi o‘zgartirgichlar.<br>2. Raqamli texnikada “YO‘Q” inkor funksiyasini bajaruvchi elektron qurilma.  |
| <b>Invertorlash-uz<br/>Инвертирование-rus</b>  | 1.O‘zgarmas tok energiyasini o‘zgaruvchan tok energiyasiga aylantirish jarayoni.<br>2. Signal kuchaytirgichlarda kirish signali $180^{\circ}$ ga o‘zgartirish jarayoni.   |
| <b>Induktiv filtr-uz<br/>Индуктивный фильтр-<br/>rus</b>   | Induktiv g‘altak yoki induktiv drossel $L_f$ hamda $R_f$ aktiv qarshilikdan tuzilgan elektr zanjiri. U yuklama qarshiligi $R_{yu}$ ga ketma-ket ulanadi.  |
| <b>Integral kuchlanish<br/>stabilizatorlari-uz<br/>Интегральные<br/>стабилизаторы<br/>напряжения-rus</b> | Konstruktiv jixatdan yagona korpusda joylashtirilgan stabilizatorlarning yarimo‘tkazgichli mikrosxemalari.  |
| <b>Ishqorli akkumulyator-<br/>uz<br/>Аккумулятор<br/>щелочный-rus</b>                                    | Elektrolit sifatida o‘yuvchi kaliy va o‘yuvchi natriyning 20 foizli eritmasidan iborat ishqor qo‘llaniladigan akkumulator. Elektrodlar ichida presslangan aktiv massa bo‘lgan yassi qutichalardan tuzilgan plastinalardan iborat bo‘ladi. |
| <b>Kadmiy nikelli</b>  | Manfiy plastinalarning aktiv massasi qadimiyl   |

|   |  |
|---|--|
| <b>akkumulyator-uz</b><br><b>Аккумулятор</b><br><b>кадмиево-никелевый-rus</b>         | va musbat plastinalarning aktiv massasi nikel oksidining giderati bo‘lgan ishqorli akkumulyator.   |
| <b>Kimyoviy tok manbalari-uz</b><br><b>Химические источники тока-rus</b>              | Elektr kimyoviy reaksiyalari vaqtida aktiv moddalarning energiyasi elektr energiyasiga aylanadigan qurilma.  |
| <b>Qisqa tutashgan rotor-uz</b><br><b>Короткозамкнутый ротор-rus</b>                  | O‘ramlari qisqa tutashgan o‘zgaruvchan tok elektr mashinasining harakatlanuvchi qismi (rotori).  |
| <b>Qisqa tutashuv-uz</b><br><b>Короткое замыкание-rus</b>                             | Turli potensialliy ikkita simning juda kichik qarshiligi orqali (ko‘pincha o‘tkazgich simlarining o‘z qarshiligi orqali) ulanib qolishi. Qurilmaning nominal tokidan bir necha o‘nlab va yuzlab marta ortiq bo‘lgan qisqa tutashuv toki uning ayrim qismlarini mexanik yoki issiqlik ta’sirida ishdan chiqarishi mumkin. |
| <b>Kislotali akkumulyator-uz</b><br><b>Аккумулятор кислотный –rus</b>                 | Sulfat kislotaning suvli eritmasi bo‘lgan idishga joylashtirilgan ikkita (musbat va manfiy) platinadan iborat akkumulyator.  |
| <b>Konvertor-uz</b><br><b>Конвертор-rus</b>   | Lotincha sonversio so‘zidan olingan bo‘lib, aylantirish degan ma’noni bildiradi. O‘zgartirgichlar texnikasida bu atama bir kattalikdagi doimiy kuchlanish (tok)ni boshqa kattalikdagi doimiy kuchlanish (tok)ga o‘zgatiruvchi o‘zgartirgichlarga berilgan.   |
| <b>Quyosh batareyasi (elementlari) –uz</b><br><b>Солнечная батарея (элементы)-rus</b> | Alternativ yoki tiklanadigan energiya generatori. Quyosh nurini elektrga (elektr yorug‘iga) aylantiradi.   |
| <b>Kumush ruxli akkumulyator-uz</b><br><b>Аккумулятор серебряно-цинковый-rus</b>      | Elektrodlari rux va kumush oksididan, elektrolidi esa zichligi 1,4 bo‘lgan o‘yuvchi kалиy eritmasidan tashkil topgan ishqorli akkumulyator.  |
| <b>Kuchlanishni taqsimlagich-uz</b><br><b>Делитель напряжения-rus</b>                 | Bir nechta qarshiliklardan tashkil topgan, berilgan kuchlanishni qismlarga bo‘lish uchun xizmat qiladigan zanjir.  |
| <b>Ko‘prik usulida ulangan to‘g‘rilagich-uz</b><br><b>Выпрямитель</b>                 | Ikki yarimdavrli to‘g‘rilagichning bir turi. Transformatorning ikkilamchi o‘ramidan foydalanilidigan va ketma-ket ulanadigan ikkita  |

|  |  |
|--|--|
| <b>мостовой-rus</b>  | ikki yarimdavrli to‘g‘rilagichni o‘zida ifodalaydi.  |
| <b>Magnit maydon-uz<br/>Магнитное поле-rus</b>   | Doimiy magnit yoki elektromagnit qutblari orasidagi fazo bo‘lib, harakatlananadigan elektr zaryadlangan zarraga uning zaryadli va tezligiga proporsional kuch bilan tasir etish orqali tavsiflanadi.   |
| <b>Magnit oqimi-uz<br/>Магнитный поток-rus</b>   | Berilgan yuzadan o‘tuvchi magnit induksiyasi oqimi. Bir jinsli maydon magnit induksiyasining, shu induksiya vektoriga perpendikulyar bo‘lgan maydon kattaligi ko‘paytmasiga teng, $F=B\cdot S$ .   |
| <b>Mustaqil qo‘zg‘atish<br/>generatori-uz<br/>Генератор<br/>независимого<br/>возбуждения-rus</b>                               | Qo‘zg‘atish o‘rami o‘zgarmas tok manbaidan taminlanuvchi generator.  |
| <b>Silliqlovchi filtrning<br/>filrlash koeffitsiyenti-uz<br/>Коэффициент<br/>фильтрации<br/>сглаживающего фильтра-<br/>rus</b> | Filtrdan oldin va filtrdan keyin bo‘lgan kuchlanishlar o‘zgaruvchan tashkil etuvchisining birinchi garmonikalariga nisbatan teng bo‘lgan kattalik.   |
| <b>Stabilizatorni stabillash<br/>koeffitsiyenti-uz<br/>Коэффициент<br/>стабилизации<br/>стабилизатора-rus</b>                  | Yuklama toki o‘zgarmagan holda, kirish kuchlanishining nisbiy o‘zgarishi chiqish kuchlanishining nisbatiy o‘zgarishidan necha marta kattaligini ko‘rsatuvchi koeffitsiyenti.   |
| <b>Suv quyiladigan<br/>galvanik element-uz<br/>Водоналивной<br/>гальванический элемент-<br/>rus</b>                            | Ishga tushirish uchun toza suv quyilishi talab etiladigan galvanik element. Unga suv quyilganda elektrolit tarkibiga kiruvchi moddalar eriydi va galvanik elementning ishlashi uchun zarur bo‘lgan elektrolit xosil bo‘ladi.                       |
| <b>Tasir etuvchi qiymat<br/>(tokning, kuchlanishining)<br/>-uz<br/>Действующее значение<br/>(тока, напряжения)-rus</b>         | O‘zgaruvchan tok zanjirlarini hisoblashda ishlatiladigan atama. O‘zgaruvchan tokning tasir etuvchi qiymati bir xil qarshilik orqali o‘tganda bir davr ichida o‘zgarmas tokning ekvivalent (teng kuchli) qiymatiga teng miqdorda issiqlik ajratadi. |
| <b>Tiklanadigan energiya<br/>manbalari-uz<br/>Возобновляемые<br/>источники энергии-rus</b>                                     | Quyosh, shamol, Erning issiqlik, suv oqimlari tabiy harakatining, shuningdek, tabiatda mavjud bo‘lgan temperaturalar gradientlarining energiyasi.  |
| <b>Tiristorning ulanishi va<br/>uzilish vaqtি-uz<br/>Время включения и<br/>выключения тиристора-</b>                           | Tiristorning yopiq holatdan ochiq holatga o‘tish va vaqtini (ulanish vaqt) va berkituvchi xususiyatlarini tiklash vaqtini (uzilish vaqt) tavsiflovchi dinamik parametrlari. Ulanish va   |

|   |   |
|---|---|
| <b>rus</b>  | uzilish vaqtini tiristorning chastota xususiyatlari belgilaydi.   |
| <b>Tok (kuchlanish) stabilizatori-uz<br/>Стабилзатор тока (напряжения) –rus</b>                 | Yuklama qarshiligi butun sxemaning kirishidagi kuchlanish o‘zgarganda yuklamadagi tok (kuchlanish)ni bir xil ushlab turadigan qurilma.  |
| <b>Tranzistorli invertorlar-uz<br/>Инверторы транзиторные-rus</b>                               | Asosiy elementlar sifatida tranzistorlardan bir fazali, uch fazali invertorlar.   |
| <b>Tranzistorning kirish xarakteristikalari-uz<br/>Входные характеристики транзистора-rus</b>   | Tranzistorning chiqish zanjiridagi turli xil qayd qilingan kuchlanishlarda (yoki toklarda) kirish tokining kirish kuchlanishiga bog‘liqligini ko‘rsatuvchi grafiklar.   |
| <b>Tranzistorning chiqish xarakteristikalari-uz<br/>Выходные характеристики транзистора-rus</b> | Tranzistor kirish zanjiridagi turli xil qayd qilingan kuchlanishlar (yoki toklar) chiqish tokining chiqish kuchlanishiga bog‘liqligini ko‘rsatuvchi grafiklar.  |
| <b>Transformator-uz<br/>Трасформатор-rus</b>  | Kuchlanishning bir qiymatli o‘zgaruvchan tok elektr energiyasini kuchlanishning boshqa qiymatdagи elektr energiyasiga, o‘zgaruvchan tokning o‘zgarmas chastotasini saqlagan holda, o‘zgartirish uchun xizmat qiladigan statik eletromagnit qurilma. |
| <b>Transformatorning qisqa tutashuvi-uz<br/>Короткое замыкание трасформатора-rus</b>            | Transformatorning alohida rejimi hisoblanib, uning ikkilamchi o‘rami qisqa tutashadi va undan qisqa tutashuv toki o‘tadi. Bu vaziyatda birlamchi o‘ramdagi kuchlanish qisqa tutashuv kuchlanishi deb ataladi.                                       |
| <b>Transformatorning yuklanish rejimi-uz<br/>Режим нагрузки трасформатора-rus</b>               | Ikkilamchi o‘rami yuklama qarshiligidan berkitilgan va unda tok o‘tayotganligini bildiruvchi transformatorning yuklanish rejimi.  |
| <b>Transformatorsiz taminot-uz<br/>Бестрансформаторное питание-rus</b>                          | Tarkibida transformator bo‘lmagan radioelektronika, avtomatika va aloqa qurilmalarini elektr energiyasi bilan taminlash.  |
| <b>Transformatsiya koeffitsiyenti-uz<br/>Коэффициент трасформации-rus</b>                       | Transformator ikkilamchi o‘rami (tok,kuchlanish, quvvat, o‘ramlar soni) parametrlarining birlamchi o‘ramning shu parametrga nisbati bilan aniqlaniladigan kattalik.   |
| <b>To‘g‘rilagich-uz</b>   | O‘zgaruvchan tokni bir yo‘nalishdagi tokka  |

|   |   |
|---|---|
| <b>Выпрямитель-rus</b>  | aylantiruvchi qurilma.  |
| <b>To‘g‘rilagichning ichki qarshiligi-uz</b><br><b>Внутреннее сопротивление выпрямителя-rus</b>                     | To‘g‘rilagich sxemasiga tegishli ventillar va transformator o‘ramlari qarshiliklarining yig‘indisi.   |
| <b>To‘g‘rilagichning tashqi xarakteristikasi-uz</b><br><b>Внешняя характеристика выпрямителя-rus</b>                | To‘g‘rilangan kuchlanish bilan to‘g‘rilangan tok o‘rtacha qiymatlarining bir-biriga bog‘liqligi.  |
| <b>Uzluksiz elektr taminot manbai-uz</b><br><b>Источник бесперебойного электропитания (ИБП)-rus</b>                 | Tarmoq kuchlanishi yo‘qolganda yoki uning parametrлари (kuchlanish, chastota) yo‘l qo‘yiladigan chegaradan tashqariga chiqqanda, akkumulyator batareyalarining energiyasi hisobiga yuklama taminotini amalga oshiradigan avtomatik qurilma. Bundan tashqari, tuzilish sxemasiga bog‘liq ravishda, uzluksiz elektr taminot manbai elektr taminot parametrlarini to‘g‘rilaydi. Rezerv (off-line), interaktiv (line-interactive) va on-layn (on-line) uzluksiz elektr taminot manbai ajratiladi. |
| <b>Uch fazali to‘g‘rilagich-uz</b><br><b>Выпрямитель трехфазный-rus</b>   | Uch fazali o‘zgaruvchan kuchlanishni to‘g‘rilash qurilmasi.   |
| <b>Uch fazali tok-uz</b><br><b>Трехфазный ток-rus</b>   | Amplitudalari va chastotasi bir xil bo‘lgan, faqat bir-biriga nisbatan faza bo‘yicha $120^0$ ga siljigan yoki vaqt bo‘yicha $1/3$ davrga farq qiluvchi uchta EYuK dan vujudga kelgan uchta bir fazali toklar tizimi.  |
| <b>O‘zaro induktivlik-uz</b><br><b>Взаимная индуктивность-rus</b>   | Elektr zanjirining bir elementidagi o‘zaro induksiya oqim ilashishining boshqa elementdagi shu oqim ilashishiga bog‘liq bo‘lgan tok nisbatiga teng skalyar kattalik.  |
| <b>O‘zgartirgichning foydali ish koeffitsiyenti-uz</b><br><b>Коэффициент полезного действия преобразователя-rus</b> | O‘zgartirgichning yuklamaga beradigan quvvatini tarmoqdan olingan aktiv quvvatga nisbati.   |
| <b>O‘lchash transformatori-uz</b><br><b>Измерительный трансформатор-rus</b>   | O‘zgaruvchan tok elektr zanjirlarida elektr o‘lchov asboblarining o‘lchash chegarasini kengaytirish uchun xizmat qiladigan qurilma.   |
| <b>Filtrning kirishi</b>  | Filtr kirishi (chiqishi) dagi o‘zgaruvchan tashkil  |

|  |   |
|--|---|
| <b>(chiqishi) dagi pulslanish koeffitsiyenti-uz</b><br><b>Коэффициент пульсации на входе (выходе) фильтра-rus</b>                                      | etuvchilar birinchi garmonikasi amplitudasining kirish (chiqish) dagi kuchlanish o‘rtacha qiymatining nisbatiga teng kattalik.  |
| <b>Filtrning silliqlanish koeffitsiyenti-uz</b><br><b>Коэффициент сглаживания фильтра-rus</b>  | Filtrdan oldin va filtrdan keyin bo‘lgan pulslanishi koeffitsiyentlarining nisbatiga teng kattalik.   |
| <b>Foydali ish koeffitsiyenti-uz</b><br><b>Коэффициент полезного действия-rus</b>  | Uzluksiz elektr ta’minot manbai chiqish quvvatining tarmoqdan iste’mol qilinadigan quvvatga bo‘lgan nisbati.  |
| <b>Chiqish transformatori-uz</b><br><b>Выходной трансформатор-rus</b>  | Birlamchi o‘rami oxirgi kuchaytirish bosqichi zanjirida bo‘lgan, ikkilamchi o‘rami yuklamaga ulangan transformator.   |
| <b>Elektr ventil-uz</b><br><b>Вентиль</b><br><b>электрический-rus</b>  | O‘tkazuvchanligi elektr tokining yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lgan elektr asboblarining umumiyligi nomi.   |
| <b>Elektromagnit induksiya-uz</b><br><b>Электромагнитная индукция-rus</b>  | Magnit maydonida harakatlanayotgan o‘tkazgichda yoki yopiq o‘tkazuvchan konturda magnit oqimi ilashishi o‘zgarganda, elektr yurituvchi kuchning hosil bo‘lishi  |
| <b>Elektromagnit maydon-uz</b><br><b>Электромагнитное поле-rus</b>   | Materiyaning bir turi, u har bir nuqtada, uning ikki tomonini tavsiflovchi «elektr maydon» va «magnit maydon» deb ataluvchi ikkita vektor kattalik orqali aniqlanib, zaryadlangan zarralarga ularning zaryad qiymati va tezligiga bog‘liq kuch bilan ta’sir qiladi. |
| <b>Elektr energiya manbai-uz</b><br><b>Источник</b><br><b>электрической энергии-rus</b>  | Energiyaning turli ko‘rinishlarini elektr energiyasiga o‘zgartiruvchi elektrotexnik buyum (qurilma).  |
| <b>YArim o‘tkazgichli o‘zgartirgichning impulsli boshqarilishi-uz</b><br><b>Импульсное управление</b><br><b>полупроводникового преобразователя-rus</b> | Yarimo‘tkazgichli o‘zgartirgichning ish rejimini yarimo‘tkazgichli o‘zgartirgich asosiy elkalari ochiq holati takrorlanuvchi intervallarining boshi va oxiridagi momentlarni o‘zgartirish yo‘li bilan boshqarish metodi.  |

## ILOVALAR

1-ilova

### 1. Mavjud maydoniy tranzistorlar va ularning xorijiy analoglari

| Mavjud tranzistorlar | Xorijiy analoglari | Mavjud tranzistorlar | Xorijiy analoglari | Mavjud tranzistorlar | Xorijiy analoglari |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| KП150                | IRF150             | KП724A               | MTP6N60            | KП745A               | IRF530             |
| KП240                | IRF240             | KП724Б               | IRF842             | KП745Б               | IRF531             |
| KП250                | IRF250             | KП725A               | TPF450             | KП745B               | IRF532             |
| KП340                | IRF340             | KП726A               | BUZ90A             | KП745Г               | IRL530             |
| KП350                | IRF350             | KП727A               | BUZ71              | KП746A               | IRF540             |
| KП365A               | BF410C             | KП727Б               | IRFZ34             | KП746Б               | IRF541             |
| KП382A               | BF960              | KП727В               | IRLZ34             | KП746В               | IRF542             |
| KП440                | IRF440             | KП728A               | BUZ80A             | KП746Г               | IRL540             |
| KП450                | IR450              | KП730                | IRF730             | KП747A               | IRFP150            |
| KП501A               | ZVN2120            | KП730A               | IRGPH50F           | KП748A               | IRF610             |
| KП502                | BSS124             | KП731A               | IRF710             | KП748Б               | IRF611             |
| KП503                | BSS129             | KП731Б               | IRF711             | KП748В               | IRF612             |
| KП504                | BSS88              | KП731В               | IRF712             | KП749A               | IRF620             |
| KП505                | BSS295             | KП737A               | IRF630             | KП749Б               | IRF621             |
| KП510                | IRF510             | KП737Б               | IRF634             | KП749В               | IRF622             |
| KП520                | IRF520             | KП737В               | IRF635             | KП750A               | IRF640             |
| KП530                | IRF530             | KП739A               | IRFZ14             | KП750Б               | IRF641             |
| KП540                | IRF540             | KП739Б               | IRFZ10             | KП750В               | IRF642             |
| KП610                | IRF610             | KП740                | IRF740             | KП750Г               | IRL640             |
| KП620                | IRF620             | KП740A               | IRFZ24             | KП751A               | IRF720             |
| KП630                | IRF630             | KП740Б               | IRFZ20             | KП751Б               | IRF721             |
| KП640                | IRF640             | KП740В               | IRFZ25             | KП751В               | IRF722             |
| KП707Б1              | BUZ90              | KП741A               | IRFZ48             | KП752A               | IRF730             |
| KП710                | IRF710             | KП741Б               | IRFZ46             | KП752Б               | IRF731             |
| KП717Б               | IRF350             | KП742A               | STH75N06           | KП752В               | IRF732             |
| KП718А               | BUZ45              | KП742Б               | STH75N05           | KП753A               | IRF830             |
| KП718Е1              | IRF453             | KП743A               | IRF510             | KП753Б               | IRF831             |
| KП720                | IRF720             | KП743Б               | IRF511             | KП753В               | IRF832             |
| KП722А               | BUZ36              | KП743В               | IRF512             | KП771A               | STP40N10           |
| KП723А               | IRFZ44             | KП744A               | IRF520             | KП820                | IRF820             |
| KП723Б               | IRFZ45             | KП744Б               | IRF521             | KП830                | IRF830             |
| KП723В               | IRFZ40             | KП744В               | IRF522             | KП840                | IRF840             |
| KП723Г               | IRLZ44             | KП744Г               | IRF520             |                      |                    |

### 2. KT838A; 2T839A; KT840A; Б: 2T841A; 2T866A tranzistorlarining elektr parametrlari

| Parametr                   | Nominal qiymat |        |        |         |         |        |
|----------------------------|----------------|--------|--------|---------|---------|--------|
|                            | KT838A         | KT839A | KT840A | KT 840Б | KT 841A | KT866A |
| <i>I</i>                   | 2              | 3      | 4      | 5       | 6       | 7      |
| Kollektor teskari toki, mA | 1              | 1      | 3      | 3       | 3       | 2,5    |

| <i>I</i>  | 2    | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Kollektor-emitter to‘yinish kuchlanishi, Vdan katta emas                          | 5    | 1,5 | 3   | 3   | 1,5 | 1,5 |
| Baza-emitter to‘yinish kuchlanishi, Vdan katta emas                               | 1,5  | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| UE sxemasidagi togkni statik uzatish koeffitsiyenti, $\beta$ , dan kichik emas    | 2,5  | 5   | 10  | 10  | 12  | 15  |
| Chegaraviy kuchlanish, Vdan kichik emas   | 700  | 700 | 400 | 350 | 400 | 100 |
| Kollektoring ruxsat etiladigan o‘zgarmas toki, Adan katta emas                    | 5    | 10  | 6   | 6   | 10  | 20  |
| Bazaning ruxsat etiladigan o‘zgarmas toki, Adan katta emas                        | 2    | 3   | 2   | 2   | 3   | 5   |
| Emitter-bazaning ruxsat etiladigan o‘zgarmas teskari kuchlanishi, Vdan katta emas | 5    | 5   | 5   | 5   | 5   | 4   |
| Kollektor-emitter ruxsat etiladigan o‘zgarmas kuchlanishi, Vdan katta emas        | 400  | 350 | 400 | 350 | 600 | 160 |
| Kollektorda targaladigan ruxsat etiladigan qiymat                                 | 12,5 | 50  | 60  | 60  | 50  | 30  |

### 3. Kondensatorlar Alyuminiyli oksid-elektrolitik kondensatorlar

| Nominal kuchlanish, V | K50-20                                      |  | K50-29                                  |  |
|-----------------------|---|--|---|--|
|                       | Nominal sig‘im, mкF                         |  | Nominal sig‘im, mкF                     |  |
| 6,3                   | 10; 20; 50; 100; 500; 1000; 2000; 5000      |  | 47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 4700     |  |
| 16                    | 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000 |  | 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200; 4700 |  |
| 25                    | 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000 |  | 10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000; 2200;  |  |
| 50                    | 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 2000         |  |   |  |
| 63                    |   |  | 4; 7; 10; 22; 47; 100; 220; 470; 1000   |  |
| 100                   | 1; 5; 10; 20; 50; 100; 200                  |  | 2,2; 4,7; 10; 22; 47; 100;              |  |
| 160                   | 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200                  |  | 1; 2,2; 4,7; 10; 22; 47                 |  |
| 250                   | 20; 50                                      |  |   |  |
| 300                   | 6; 10; 20; 30; 50                           |  | 4,7; 10; 22                             |  |
| 350                   | 2; 6; 10; 20                                |  | 2,2; 4,7; 10; 22                        |  |
| 400                   | 2; 10; 20                                   |  | 2,2; 4,7; 10; 22                        |  |

### 4. Stabilitronlar va stabistorlar parametrlari

| Turi     | Nominal stabillash kuchlanishi, V | Maksimal stabillash toki, mA | Minimal stabillash toki, mA | Stabillash kuchlanishi harorat bo‘yicha koeffitsiyenti, %. $^{\circ}\text{C}$ |
|----------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| <i>I</i> | 2                                 | 3                            | 4                           | 5   |
| Д818А    | 9                                 | 33                           | 3                           | $\pm 0,02$  |
| Д818Ж    | 8,5                               | 33                           | 3                           | $\pm 0,02$  |
| 2С101А   | 3,3                               | 30                           | 0,25                        | -0,1  |
| 2С101Б   | 3,9                               | 26                           | 1                           | -0,08   |
| 2С101В   | 4,7                               | 21                           | 1                           | -0,06   |
| 2С101Г   | 5,6                               | 18                           | 1                           | $\pm 0,04$  |
| 2С101Д   | 6,8                               | 15                           | 1                           | $\pm 0,06$  |

| <i>I</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i>      |
|----------|----------|----------|----------|---------------|
| 2C101А-1 | 3,3      | 15       | 1        | -0,01         |
| 2C101Б-1 | 3,9      | 13       | 1        | -0,008        |
| 2C101В-1 | 4,7      | 11       | 1        | -0,06         |
| 2C101Г-1 | 5,6      | 9        | 1        | $\pm 0,04$    |
| 2C101Д-1 | 6,8      | 7        | 1        | $\pm 0,06$    |
| 2C107А   | 0,7      | 120      | 1        | -0,34         |
| 2C111А   | 6,2      | 22       | 3        | -0,06         |
| 2C111Б   | 6,8      | 20       | 3        | $\pm 0,05$    |
| 2C111В   | 7        | 20       | 3        | $\pm 0,01$    |
| 2C112А   | 7,5      | 18       | 3        | $\pm 0,04$    |
| 2C112Б   | 8,2      | 17       | 3        | $\pm 0,04$    |
| 2C112В   | 9,1      | 15       | 3        | $\pm 0,06$    |
| 2C113А   | 1,3      | 100      | 1        | -0,42         |
| 2C119А   | 1,9      | 100      | 1        | -0,42         |
| 2C117А   | 6,4      | 12       | 3        | $\pm 0,002$   |
| 2C117Б   | 6,4      | 12       | 3        | $\pm 0,001$   |
| 2C117В   | 6,4      | 12       | 3        | $\pm 0,0005$  |
| 2C133А   | 3,3      | 81       | 3        | -0,11         |
| 2C139А   | 3,9      | 70       | 3        | -0,1          |
| 2C147А   | 4,7      | 58       | 3        | +0,01...-0,09 |
| 2C156А   | 5,6      | 55       | 3        | $\pm 0,05$    |
| 2C168А   | 6,8      | 45       | 3        | $\pm 0,06$    |
| 2C133В   | 3,3      | 37,5     | 1        | $\pm 0,1$     |
| 2C133Г   | 3,3      | 37       | 1        | $\pm 0,1$     |
| 2C147В   | 4,7      | 26,5     | 1        | -0,07         |
| 2C156В   | 5,6      | 22,4     | 1        | +0,05         |
| 2C175Ж   | 7,5      | 20       | 0,5      | +0,07         |
| 2C182Ж   | 8,2      | 18       | 0,5      | +0,07         |
| 2C191Ж   | 9,1      | 16       | 0,5      | +0,8          |
| 2C210Ж   | 10       | 15       | 0,5      | +0,09         |
| 2C211Ж   | 11       | 14       | 0,5      | +0,09         |
| 2C212Ж   | 12       | 13       | 0,5      | +0,092        |
| 2C213Ж   | 13       | 12       | 0,5      | +0,095        |
| 2C215Ж   | 15       | 10       | 0,5      | +0,095        |
| 2C216Ж   | 16       | 9,4      | 0,5      | +0,1          |
| 2C218Ж   | 18       | 8,3      | 0,5      | +0,1          |
| 2C220Ж   | 20       | 7,5      | 0,5      | +0,1          |
| 2C222Ж   | 22       | 6,8      | 0,5      | +0,1          |
| 2C224Ж   | 24       | 6,3      | 0,5      | +0,1          |
| Д816Б    | 27       | 180      | 10       | +0,12         |
| Д816В    | 32       | 150      | 10       | +0,12         |
| Д816Г    | 39       | 130      | 10       | +0,12         |
| Д816Д    | 47       | 110      | 10       | +0,12         |
| Д817А    | 56       | 96       | 5        | +0,14         |
| Д817Б    | 68       | 75       | 5        | +0,14         |
| Д817В    | 82       | 60       | 5        | +0,14         |
| Д817Г    | 100      | 50       | 5        | +0,14         |

## 5. Elektr ta'minot manbalarida ishlataladigan IMSlar

| Mikrosxema turlari  | Chiqish kuchlanishi, U <sub>st</sub> , V | Kirish kuchlanish diapazonlari |                           | I <sub>st.maks</sub> , A | R <sub>maks, Vt</sub> | Korpus turi           |
|---|--|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
|   |  | U <sub>kir.min</sub> , V       | U <sub>kir.maks</sub> , V |                          |                       |                       |
| 1   | 2  | 3                              | 4                         | 5                        | 6                     | 7                     |
| 78L05   | 5  | 7.2                            | 30                        | 0.1                      | 0.5                   | TO-92                 |
| 78L06   | 6  | 8.2                            | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L08   | 8  | 10.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L09   | 9  | 11.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L12   | 12                                       | 14.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L15   | 15                                       | 17.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L18   | 18                                       | 20.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L20   | 20                                       | 22.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| 78L24   | 24                                       | 26.2                           | 30                        |                          |                       |                       |
| LM78LxxACZ, ML78LxxA, MC78LxxCP   |  |                                |                           |                          |                       |                       |
| 78M05   | 5  | 7.5                            | 35                        | 0.5                      | 7.5                   |                       |
| 78M06   | 6  | 8.5                            | 35                        |                          |                       |                       |
| 78M08   | 8  | 10.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 78M09   | 9  | 11.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 78M12   | 12                                       | 14.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 78M15   | 15                                       | 17.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 78M18   | 18                                       | 20.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 78M20   | 20                                       | 22.5                           | 40                        |                          |                       |                       |
| 78M24   | 24                                       | 26.5                           | 40                        |                          |                       |                       |
| LM78MxxACZ, ML78MxxA, MC78MxxCP   |  |                                |                           |                          |                       |                       |
| 7805  | 5  | 7.5                            | 35                        | 1-1.5                    | 10-12                 | TO-202, TO-220, TO-39 |
| 7806  | 6  | 8.5                            | 35                        |                          |                       |                       |
| 7808  | 8  | 10.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 7809  | 9  | 11.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 7812  | 12                                       | 14.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 7815  | 15                                       | 17.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 7818  | 18                                       | 20.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| 7820  | 20                                       | 22.5                           | 40                        |                          |                       |                       |
| 7824  | 24                                       | 26.5                           | 40                        |                          |                       |                       |
| LM309K  | 5  | 7                              | 35                        | 1                        |                       | TO-3                  |
| LM340-05  | 5  | 7                              | 35                        | 1.5                      | 10                    | TO-3, TO-202, TO-220  |
| LM340-06  | 6  | 8                              | 35                        |                          |                       |                       |
| LM340-08  | 8  | 10.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| LM340-12  | 12                                       | 15                             | 35                        |                          |                       |                       |
| LM340-15  | 15                                       | 17.5                           | 35                        |                          |                       |                       |
| LM340-18  | 18                                       | 21                             | 40                        |                          |                       |                       |
| LM340-24  | 24                                       | 27                             | 40                        |                          |                       |                       |
| TO-202 korpuslarda L78xxCV, MC78xxCP, L200xxCV(2A), LM340Txx, STC28xxEC, TDB78xxT, mA78xxCK ishlab chiqarilgan. TO-3 korpuslarda MC78xxCK, mA78xxCDA, mA78xxKC, LM340Kxx, SFC28xxRC, TDB78xx ishlab chiqarilgan |  |                                |                           |                          |                       |                       |
| 78H05   | 5  | 7                              | 20                        |                          |                       | TO-3                  |

| <i>I</i>                                    | 2     | 3     | 4   | 5     | 6         | 7                       |
|---|-------|-------|-----|-------|-----------|-------------------------|
| 78HO5KC                                     | 5     | 8     | 25  |       |           |                         |
| 78H12KC                                     | 12    | 15    | 25  |       |           |                         |
| 78H15KC                                     | 15    | 88    | 25  |       |           |                         |
| LM323K                                      | 5     | 7     | 20  |       |           |                         |
| TDBO123K<br>M                               | 5     | 7     | 20  |       |           |                         |
| 78PO5                                       | 5     | 8     | 35  |       |           |                         |
| 79L05                                       | -5    | -7.2  | -30 | 0.1   | 0.5       | TO-92 yoki KT-26        |
| 79L06                                       | -6    | -8.2  | -30 |       |           |                         |
| 79L08                                       | -8    | -10.2 | -30 |       |           |                         |
| 79L09                                       | -9    | -11.2 | -30 |       |           |                         |
| 79L12                                       | -12   | -14.2 | -30 |       |           |                         |
| 79L15                                       | -15   | -17.2 | -30 |       |           |                         |
| 79L18                                       | -18   | -20.2 | -30 |       |           |                         |
| 79L20                                       | -20   | -22.2 | -35 |       |           |                         |
| 79L24                                       | -24   | -26.2 | -35 |       |           |                         |
| LM79Lxx, ML79Lxx, MC79LxxCP, mA79LxxAWC     |       |       |     |       |           |                         |
| 79M05                                       | -5    | -7.5  | -35 | 0.5   | 7.5       | TO-202 yoki TO-220      |
| 79M06                                       | -6    | -8.5  | -35 |       |           |                         |
| 79M08                                       | -8    | -10.5 | -35 |       |           |                         |
| 79M09                                       | -9    | -11.5 | -35 |       |           |                         |
| 79M12                                       | -12   | -14.5 | -35 |       |           |                         |
| 79M15                                       | -15   | -17.5 | -35 |       |           |                         |
| 79M18                                       | -18   | -20.5 | -35 |       |           |                         |
| 79M20                                       | -20   | -22.5 | -40 |       |           |                         |
| 79M24                                       | -24   | -26.5 | -40 |       |           |                         |
| LM79MxxACZ, ML79MxxA, MC79MxxCP, mA79LxxAWC |       |       |     |       |           |                         |
| 7905  | -5    | -7.5  | -35 | 1-1.5 | 10-<br>12 | TO-202, TO-220,<br>TO-3 |
| 7906  | -6    | -8.5  | -35 |       |           |                         |
| 7908  | -8    | -10.5 | -35 |       |           |                         |
| 7909  | -9    | -11.5 | -35 |       |           |                         |
| 7912  | -12   | -14.5 | -35 |       |           |                         |
| 7915  | -15   | -17.5 | -35 |       |           |                         |
| 7918  | -18   | -20.5 | -35 |       |           |                         |
| 7920  | -22.5 | -40   | -20 |       |           |                         |
| 7924  | -24   | -26.5 | -40 |       |           |                         |

## 6. KP142EH turdagи chiqish kuchlanishlar rostlanadigan integral stabilizatorlar parametrlari

| Mikrosxemalarning shartli belgilanishi | Normal iqlim sharoitlaridagi klassifikatsion parametrlar |            |                          |                   | Chiqish toki (A) Korpus temperaturasi ( $^{\circ}\text{C}$ ) bo‘lganda |                       | Kuchlanishning minimal pasayishi, V | Kirish kuchlanishi, V   |  |  |
|--|--|------------|--------------------------|-------------------|--|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------|--|--|
|  | Chiqish kuchlanishi, V                                   |            | Nostabillik              |                   | Minus 10 dan 70 gacha  | Minus 45 dan 85 gacha |                                     |                         |  |  |
|  | Min  | Maks       | Kuchlanish bo‘yicha, % V | Tok bo‘yicha, % A |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH1A                              | 3  | 12         | 0,3                      | 11,1              | 0,15   | -                     | 2,5<br>4,5                          | 20 gacha                |  |  |
| KP142EH1Б                              |  |            | 0,1                      | 4,4               |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH1В                              |  |            | 0,5                      | 22,2              |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH1Г                              |  |            | 0,2                      | 4,4               |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH2A                              | 12   | 30         | 0,3                      | 11,1              | 0,15   | -                     | 40 gacha                            | 40 gacha                |  |  |
| KP142EH2Б                              |  |            | 0,1                      | 4,4               |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH2B                              |  |            | 0,5                      | 22,2              |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH2Г                              |  |            | 0,2                      | 4,4               |  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP142EH12A                             | 12...1,3   | 37         | 0,01                     | 0,2               | 1,5  | -                     | 3,5                                 | 5 dan 45 gacha          |  |  |
| KP142EH12Б                             |  |            | 0,018                    | 4,0               | 1,0  | -                     |                                     |                         |  |  |
| KP142EH14                              | 2  | 37         | 0,03                     | 0,33              | 0,15   | -                     | 3                                   | 9,5 dan 40 gacha        |  |  |
| KP142EH18A                             | Minus 1,2  | Minus 26,5 | 0,03                     | 0,33              | 1,0  | -                     | 3,5                                 | Minus 5 dan 30 gacha    |  |  |
| KP142EH18Б                             |  |            |                          | 1,5               | -  |                       |                                     |                         |  |  |
| KP1151EH1A                             | 1,24   | 17,5       | 0,04                     | -                 | 10   |                       | Minus 3,75 dan 20 gacha             | Minus 3,75 dan 20 gacha |  |  |
| KP1151EH1Б                             |  |            |                          | -                 | 5  |                       |                                     |                         |  |  |

## 7. KP142EH turdagи chiqish kuchlanishi qayd etilgan integral stabilizatorlar parametrlari

| Mikrosxema-ning shartli belgilanishi | Normal iqlim sharoitlaridagi klassifikatsion parametrlar |                                      |                               | Kirish toki, A                                |   | Kuchlanish-ning minimal pasayishi, V | Kirish kuchlanishi V |
|--------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|---|---|--------------------------------------|----------------------|
|                                      | Kirish kuchlanishi, V                                    | Kuchlanish bo'yicha nostabillik, % V | Tok bo'yicha nostabillik, % A | Korpus temperaturasi - 45 <sup>0</sup> ...+70 | Korpus temperaturasi - 10 <sup>0</sup> ...+70 |                                      |                      |
| KP142EH5A                            | 5±1  | 0,05                                 | 1,3                           | 1,5   | -   | -                                    | 15                   |
| KP142EH5Б                            | 6±0,12   |                                      | 1,0                           | 2,0   |   |                                      |                      |
| KP142EH5B                            | 5±0,18   |                                      | 0,67                          | -   | 1,5   |                                      |                      |
| KP142EH5Г                            | 6±0,21   |                                      |                               |   | 2,5   | 35                                   |                      |
| KP142EH8A                            | 9±0,27   | 0,05                                 | 0,67                          | -   |   |                                      |                      |
| KP142EH8Б                            | 12±0,36  |                                      |                               | 2,5   | 30  |                                      |                      |
| KP142EH8В                            | 15±0,45  |                                      | 1,5                           |   |   | 1,0                                  | 0,5                  |
| KP142EH8Г                            | 9±0,36   |                                      |                               | 2,5   | 30  |                                      |                      |
| KP142EH8Д                            | 12±0,48  | 0,05                                 | 0,67                          |   |   | -                                    |                      |
| KP142EH8Е                            | 15±0,6   |                                      |                               | 2,5   | 35  |                                      |                      |
| KP142EH9А                            | 20±0,4   |                                      | 1,5                           |   |   | 1,5                                  | 0,5                  |
| KP142EH9Б                            | 24±0,48  |                                      |                               | 2,5   | 30  |                                      |                      |
| KP142EH9В                            | 27±0,54  | 0,1                                  | 1,5                           |   |   | 1,0                                  |                      |
| KP142EH9Г                            | 20±0,5   |                                      |                               | 2,5   | 30  |                                      |                      |
| KP142EH9Д                            | 24±0,72  |                                      | 4,0                           |   |   | -                                    |                      |
| KP142EH9Е                            | 27±0,81  |                                      |                               | 2,5   | ±30   |                                      |                      |
| KP142EH15А                           | ±15±0,5  | 0,01                                 | 0,1                           | 0,2   | -   | 2,5                                  | -                    |
| KP142EH15Б                           | ±15±0,18   |                                      |                               |   |   |                                      |                      |

## 8. Diodlar

To‘g‘ri toki 10 Adan katta bo‘lмаган то‘г‘рилаш диодларининг параметрлари

| Diod turi | Ruxsat etiladigan maksimal teskari kuchlanish, V | Ruxsat etiladigan maksimal o‘rtacha to‘g‘ri tok, Adan katta emas | Ruxsat etiladigan maksimal o‘zgarmas to‘g‘ri tok, A dan katta emas | Ishchi chastota, Hz dan katta emas | Teskari tiklanish vaqt, mks dan katta emas |
|-----------|--|--|--|------------------------------------|--|
| 2Д203А    | 420(600)   | 10   | 10(100)  | 1                                  | --   |
| 2Д203В    | 560(800)   | 10   | 10(100)  | 1                                  | --   |
| 2Д203Г    | 700(1000)  | 10   | 10(100)  | 1                                  | --   |
| 2Д203Д    | 700(1000)  | 10   | 10(100)  | 1                                  | --   |
| 2Д204А    | 400(400)   | 0,4  | (0,8)  | 50                                 | 1,5  |
| 2Д204Б    | 200(200)   | 0,6  | (1,2)  | 50                                 | 1,5  |
| 2Д204В    | 50(50)   | 1  | (2)  | 50                                 | 1,5  |
| 2Д206А    | 400  | 5  | (100)  | (1)                                | 10   |
| 2Д206Б    | 500  | 5  | (100)  | (1)                                | 10   |
| 2Д206В    | 600  | 5  | (100)  | (1)                                | 10   |
| 2Д210А    | 800  | 10   | 10(50)   | (1)                                | --   |
| 2Д210Б    | 800  | 10   | 10(50)   | (1)                                | --   |
| 2Д210В    | 1000   | 10   | 10(50)   | (1)                                | --   |
| 2Д210Г    | 1000   | 10   | 10(50)   | (1)                                | --   |
| 2Д212А    | 200(200)   | --   | 1(50)  | 100                                | 0,3  |
| 2Д212Б    | 100(100)   | --   | 1(50)  | 100                                | 0,3  |
| 2Д213А    | 200(200)   | 10   | 10(100)  | 100                                | 0,3  |
| 2Д213Б    | 200(200)   | 10   | 10(100)  | 100                                | 0,17                                       |
| 2Д213В    | 100(100)   | 10   | 10(100)  | 100                                | 0,3  |
| 2Д213Г    | 100(100)   | 10   | 10(100)  | 100                                | 0,17                                       |
| 2Д219А    | 15(15)   | 10   | (250)  | (200)                              | --   |
| 2Д219Б    | 20(20)   | 10   | (250)  | (200)                              | --   |
| 2Д220А    | 400(400)   | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220Б    | 600(600)   | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220В    | 800(800)   | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220Г    | 1000(1000)                                       | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220Д    | 400(400)   | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220Е    | 600(600)   | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220Ж    | 800(800)   | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д220И    | 1000(1000)                                       | 3  | (60)   | (20)                               | 1  |
| 2Д222АС   | 20(20)   | 3  | --   | (200)                              | --   |
| 2Д222БС   | 30(30)   | 3  | --   | (200)                              | --   |
| 2Д222ВС   | 40(40)   | 3  | --   | (200)                              | --   |
| 2Д222ГС   | 20(20)   | 3  | --   | (200)                              | --   |
| 2Д222ДС   | 30(30)   | 3  | --   | (200)                              | --   |
| 2Д222ЕС   | 40(40)   | 3  | --   | (200)                              | --   |
| 2Д230А    | 400(400)   | 3  | 3(60)  | (50)                               | 0,5  |
| 2Д230Б    | 600(600)   | 3  | 3(60)  | (50)                               | 0,5  |
| 2Д230В    | 800(800)   | 3  | 3(60)  | (50)                               | 0,5  |
| 2Д230Г    | 1000(1000)                                       | 3  | 3(60)  | (50)                               | 0,5  |
| 2Д230Л    | 200(200)   | 3  | 3(60)  | (50)                               | 0,5  |

To‘g‘ri toki 10 Adan katta bo‘lgan to‘g‘rilash diodlarining parametrlari

| Diod turi | Ruxsat etiladigan maksimal teskari kuchlanish, V | Ruxsat etiladigan maksimal o‘rtacha to‘g‘ri tok, A dan katta emas | Ruxsat etiladigan maksimal o‘zgarmas to‘g‘ri tok, A dan katta emas | Ishchi chastota, Gs dan katta emas | Teskari tiklanish vaqt, mks dan katta emas |
|-----------|--|---|--|------------------------------------|--|
| 2Д239А    | 100(100)   | 15  | 20(80)   | 500                                | 0,05                                       |
| 2Д239Б    | 150(150)   | 15  | 20(80)   | 500                                | 0,05                                       |
| 2Д239В    | 200(200)   | 15  | 20(80)   | 500                                | 0,05                                       |
| 2Д2990А   | 600(600)   | 20  | 20(100)  | (200)                              | 0,15                                       |
| 2Д2990Б   | 400(400)   | 20  | 20(100)  | (200)                              | 0,15                                       |
| 2Д2990В   | 200(200)   | 20  | 20(100)  | (200)                              | 0,15                                       |
| 2Д2997Б   | 100(200)   | 30  | 30(100)  | (100)                              | 0,2  |
| 2Д2997В   | 50(100)  | 30  | 30(100)  | (100)                              | 0,2  |
| 2Д2999А   | 80(80)   | 20  | 20(100)  | (100)                              | 0,2  |
| 2Д2999Б   | 100(100)   | 20  | 20(100)  | (100)                              | 0,2  |
| 2Д2999В   | 120(120)   | 20  | 20(100)  | (100)                              | 0,2  |
| 2Д252А    | 50(50)   | 30  | (60)   | (10...200)                         | ---  |
| 2Д252Б    | 70(70)   | 30  | (60)   | (10...200)                         | ---  |
| 2Д252В    | 100(100)   | 20  | (40)   | (10...200)                         | ---  |
| 2Д2995А   | 150(150)   | 25  |  | (20...200)                         | 0,05                                       |
| 2Д2995Б   | 200(200)   | 25  |  | (20...200)                         | 0,05                                       |
| 2Д2995В   | 100(100)   | 25  |  | (20...200)                         | 0,05                                       |
| 2Д2995Г   | 150(150)   | 25  |  | (20...200)                         | 0,05                                       |
| 2Д2995Д   | 200(200)   | 25  |  | (20...200)                         | 0,05                                       |
| 2Д2995Е   | 15   | 25  |  | (10...200)                         | 0,1  |
| 2Д2995Ж   | 25   | 25  |  | (10...200)                         | 0,1  |
| 2Д2995И   | 35   | 25  |  | (10...200)                         | 0,1  |
| 2Д2998А   | (20...150)                                       | 30  | (600)  | (200)                              | ----                                       |
| 2Д2998Б   | (20,30,40)                                       | 30  | (600)  | (200)                              | ----                                       |

**9. КЦ419 turdagи to‘plamlarning asosiy parametrlari**

| Diodli to‘plam turi | Normal iqlim sharoitlaridagi klassifikatsion parametrlar |                                   |
|---------------------|--|-----------------------------------|
|                     | Teskari impulsli kuchlanish, Vdan katta emas             | O‘rtacha to‘g‘ri, Adan katta emas |
| КЦ419А              | 50   | 2                                 |
| КЦ419А1             | 50   | 5                                 |
| КЦ419А2             | 50   | 10                                |
| КЦ419Б              | 100  | 2                                 |
| КЦ419Б1             | 100  | 5                                 |
| КЦ419Б2             | 100  | 10                                |
| КЦ419В              | 200  | 2                                 |
| КЦ419В1             | 200  | 5                                 |
| КЦ419В2             | 200  | 10                                |
| КЦ419Г              | 300  | 2                                 |

## 10. Silliqlovchi filtrlar drossellarining parametrlari

| Drossel turi | Cho‘lg‘amlarning paralell ulanishi |                    | Cho‘lg‘amlarning ketma-ket ulanishi |                    |
|--------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|
|              | Induktivligi, Gn                   | Magnitlash toki, A | Induktivligi, Gn                    | Magnitlash toki, A |
| I            | 2                                  | 3                  | 4                                   | 5                  |
| Д201         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 3,2                | $0,6 \times 10^{-3}$                | 1,6                |
| Д202         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 2,2                | $1,2 \times 10^{-3}$                | 1,1                |
| Д203         | $2,5 \times 10^{-3}$               | 0,8                | $10 \times 10^{-3}$                 | 0,4                |
| Д204         | $5 \times 10^{-3}$                 | 0,56               | $20 \times 10^{-3}$                 | 0,28               |
| Д205         | $40 \times 10^{-3}$                | 0,2                | $160 \times 10^{-3}$                | 0,1                |
| Д206         | $80 \times 10^{-3}$                | 0,14               | $300 \times 10^{-3}$                | 0,07               |
| Д207         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 4,5                | $0,6 \times 10^{-3}$                | 2,2                |
| Д208         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 3,2                | $1,2 \times 10^{-3}$                | 1,6                |
| Д209         | $2,3 \times 10^{-3}$               | 1,1                | $10 \times 10^{-3}$                 | 0,56               |
| Д210         | $5 \times 10^{-3}$                 | 0,8                | $20 \times 10^{-3}$                 | 0,4                |
| Д211         | $40 \times 10^{-3}$                | 0,28               | $160 \times 10^{-3}$                | 0,14               |
| Д212         | $80 \times 10^{-3}$                | 0,2                | $200 \times 10^{-3}$                | 0,1                |
| Д213         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 6,3                | $0,6 \times 10^{-3}$                | 3,2                |
| Д214         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 4,5                | $1,2 \times 10^{-3}$                | 2,2                |
| Д215         | $2,5 \times 10^{-3}$               | 1,6                | $10 \times 10^{-3}$                 | 0,8                |
| Д216         | $5 \times 10^{-3}$                 | 1,1                | $20 \times 10^{-3}$                 | 0,56               |
| Д217         | $40 \times 10^{-3}$                | 0,4                | $160 \times 10^{-3}$                | 0,2                |
| Д218         | $80 \times 10^{-3}$                | 0,28               | $300 \times 10^{-3}$                | 0,14               |
| Д219         | 0,6                                | 0,1                | 2,5                                 | 0,05               |
| Д220         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 9                  | $0,6 \times 10^{-3}$                | 4,5                |
| Д221         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 6,3                | $1,2 \times 10^{-3}$                | 3,2                |
| Д222         | $2,5 \times 10^{-3}$               | 2,2                | $10 \times 10^{-3}$                 | 1,1                |
| Д223         | $5 \times 10^{-3}$                 | 1,6                | $20 \times 10^{-3}$                 | 0,8                |
| Д224         | $40 \times 10^{-3}$                | 0,56               | $160 \times 10^{-3}$                | 0,28               |
| Д225         | $80 \times 10^{-3}$                | 0,4                | $300 \times 10^{-3}$                | 0,2                |
| Д226         | 0,6                                | 0,14               | 2,5                                 | 0,07               |
| Д227         | 1,2                                | 0,1                | 5                                   | 0,05               |
| Д228         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 13,5               | $0,6 \times 10^{-3}$                | 6,4                |
| Д229         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 9                  | $1,2 \times 10^{-3}$                | 4,5                |
| Д230         | $2,5 \times 10^{-3}$               | 3,2                | $10 \times 10^{-3}$                 | 1,6                |
| Д231         | $5 \times 10^{-3}$                 | 2,2                | $20 \times 10^{-3}$                 | 1,1                |
| Д232         | $40 \times 10^{-3}$                | 0,8                | $160 \times 10^{-3}$                | 0,4                |
| Д233         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 0,56               | $300 \times 10^{-3}$                | 0,28               |
| Д234         | 0,6                                | 0,2                | 2,5                                 | 0,1                |
| Д235         | 1,2                                | 0,14               | 5                                   | 0,07               |
| Д236         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 18                 | $0,6 \times 10^{-3}$                | 9                  |
| Д237         | $0,3 \times 10^{-3}$               | 12,5               | $1,2 \times 10^{-3}$                | 6,3                |
| Д238         | $2,5 \times 10^{-3}$               | 4,5                | $10 \times 10^{-3}$                 | 2,2                |
| Д239         | $5 \times 10^{-3}$                 | 3,2                | $20 \times 10^{-3}$                 | 1,6                |
| Д240         | $40 \times 10^{-3}$                | 1,1                | $160 \times 10^{-3}$                | 0,56               |
| Д241         | $80 \times 10^{-3}$                | 0,8                | $300 \times 10^{-3}$                | 0,4                |
| Д242         | 0,6                                | 0,28               | 2,5                                 | 0,14               |
| Д243         | 1,2                                | 0,2                | 5                                   | 0,1                |
| Д244         | $0,15 \times 10^{-3}$              | 25                 | $0,6 \times 10^{-3}$                | 12,5               |

| <i>I</i> | <i>2</i>              | <i>3</i> | <i>4</i>             | <i>5</i> |
|----------|-----------------------|----------|----------------------|----------|
| Д245     | $0,3 \times 10^{-3}$  | 18       | $1,2 \times 10^{-3}$ | 9        |
| Д246     | $2,5 \times 10^{-3}$  | 6,3      | $10 \times 10^{-3}$  | 3,2      |
| Д247     | $4,5 \times 10^{-3}$  | 4,5      | $20 \times 10^{-3}$  | 2,2      |
| Д248     | $40 \times 10^{-3}$   | 1,6      | $160 \times 10^{-3}$ | 0,8      |
| Д249     | $80 \times 10^{-3}$   | 1,1      | $300 \times 10^{-3}$ | 0,56     |
| Д250     | 0,6                   | 0,4      | 2,5                  | 0,2      |
| Д251     | 1,2                   | 0,28     | 5                    | 0,14     |
| Д252     | $0,15 \times 10^{-3}$ | 35       | $0,6 \times 10^{-3}$ | 18       |
| Д253     | $0,3 \times 10^{-3}$  | 25       | $1,2 \times 10^{-3}$ | 12,5     |
| Д254     | $2,5 \times 10^{-3}$  | 9        | $10 \times 10^{-3}$  | 4,5      |
| Д255     | $5 \times 10^{-3}$    | 6,3      | $20 \times 10^{-3}$  | 3,2      |
| Д256     | $40 \times 10^{-3}$   | 2,2      | $160 \times 10^{-3}$ | 1,1      |
| Д257     | $80 \times 10^{-3}$   | 1,6      | $300 \times 10^{-3}$ | 0,8      |
| Д258     | 0,6                   | 0,58     | 2,5                  | 0,28     |
| Д259     | 1,2                   | 0,4      | 5                    | 0,2      |
| Д260     | $0,15 \times 10^{-3}$ | 50       | $0,6 \times 10^{-3}$ | 25       |
| Д261     | $0,3 \times 10^{-3}$  | 35       | $1,2 \times 10^{-3}$ | 18       |
| Д262     | $2,5 \times 10^{-3}$  | 12,5     | $10 \times 10^{-3}$  | 6,3      |
| Д263     | $5 \times 10^{-3}$    | 9        | $20 \times 10^{-3}$  | 4,5      |
| Д264     | $40 \times 10^{-3}$   | 3,2      | $160 \times 10^{-3}$ | 1,6      |
| Д265     | $80 \times 10^{-3}$   | 2,2      | $300 \times 10^{-3}$ | 1,1      |
| Д266     | 0,6                   | 0,8      | 2,5                  | 0,4      |
| Д267     | 1,2                   | 0,56     | 5                    | 0,28     |
| Д268     | $0,3 \times 10^{-3}$  | 50       | $1,2 \times 10^{-3}$ | 25       |
| Д269     | $0,6 \times 10^{-3}$  | 35       | $2,5 \times 10^{-3}$ | 18       |
| Д270     | $5 \times 10^{-3}$    | 12,5     | $20 \times 10^{-3}$  | 6,3      |
| Д271     | $10 \times 10^{-3}$   | 9        | $40 \times 10^{-3}$  | 4,5      |
| Д272     | $80 \times 10^{-3}$   | 3,2      | $300 \times 10^{-3}$ | 1,6      |
| Д273     | $160 \times 10^{-3}$  | 2,2      | 0,6                  | 1,1      |
| Д274     | 1,2                   | 0,8      | 5                    | 0,4      |

**11. Magnit o‘tkazgichlar.**  
ShL turdagи bronli tasmasimon magnit o‘tkazgichlar parametrlari

| Magnit o‘tkazgich turi | O‘rta sterjen kesim yuzasi S <sub>ST</sub> , sm <sup>2</sup> | S <sub>s</sub> x S <sub>o</sub> , sm <sup>4</sup> | Magnit o‘tkazgich o‘lchami, mm | Magnit o‘tkazgich massasi, G <sub>ST</sub> , kg | Transformatorning taxminiy quvvati, P, VA f=50 Hz | Magnit kuch liniyasining o‘rtacha uzunligi, L <sub>0</sub> , sm |
|------------------------|--|---|--------------------------------|---|---|---|
| <i>I</i>               | <i>2</i>   | <i>3</i>  | <i>4</i>                       | <i>5</i>  | <i>6</i>  | <i>7</i>  |
| ШЛ12x12,5              | 1,44   | 5,4   |                                | 0,105   | 3   |   |
| ШЛ12x16                | 1,92   | 6,9   |                                | 0,135   | 5   |   |
| ШЛ12x20                | 2,40   | 8,7   | 12                             | 0,168   | 7   | 10,2  |
| ШЛ12x25                | 3,00   | 10,8  |                                | 0,208   | 10  |   |
| ШЛ16x16                | 2,56   | 16,6  |                                | 0,239   | 15  |   |
| ШЛ16x20                | 3,20   | 20,5  | 16                             | 0,295   | 22  | 13,6  |
| ШЛ16x25                | 4,00   | 25,6  |                                | 0,375   | 32  |   |
| ШЛ16x32                | 5,12   | 32,6  |                                | 0,478   | 40  |   |
| ШЛ20x20                | 4,00   | 40,0  | 20                             | 0,469   | 45  |   |
| ШЛ20x25                | 5,00   | 50,0  |                                | 0,590   | 54  | 17,1  |

| <i>I</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ШЛ20x32  | 6,40     | 64,0     |          | 0,750    | 68       |          |
| ШЛ20x40  | 8,00     | 80,0     |          | 0,940    | 86       |          |
| ШЛ25x25  | 6,25     | 98       |          | 0,92     | 110      |          |
| ШЛ25x32  | 8,00     | 125      |          | 1,16     | 135      |          |
| ШЛ25x40  | 10,00    | 156      | 25       | 1,17     | 170      | 21,3     |
| ШЛ25x50  | 12,50    | 195      |          | 1,84     | 210      |          |
| ШЛ32x32  | 10,20    | 261      |          | 1,92     | 260      |          |
| ШЛ32x40  | 12,80    | 328      | 32       | 2,40     | 310      | 27,3     |
| ШЛ32x50  | 16,00    | 410      |          | 3,01     | 390      |          |
| ШЛ32x64  | 20,00    | 523      |          | 3,84     | 490      |          |
| ШЛ40x40  | 16,00    | 640      |          | 3,77     | 600      |          |
| ШЛ40x50  | 20,00    | 800      | 40       | 4,70     | 690      |          |
| ШЛ40x64  | 25,60    | 1025     |          | 6,01     | 850      | 34,2     |
| ШЛ40x80  | 32,00    | 1280     |          | 7,54     | 1000     |          |

### PL turdagи sterjenli tasmasimon magnit o'tkazgichlar parametrlari

| Magnit o'tkazgich turi | O'rta sterjen kesim yuzasi SST, sm <sup>2</sup> | S <sub>s</sub> x S <sub>o</sub> , sm <sup>4</sup> | Magnit o'tkazgich o'lchami, mm | Magnit o'tkazgich massasi, GST ,kg | Transformatorning taxminiy quvvati, P, VA f=50 Gs |
|------------------------|---|---|--------------------------------|------------------------------------|---|
| ПЛ12,5x16-25           | 2,0   | 12,5  | 0,163                          | 16                                 | 12,0  |
| ПЛ12,5x16-32           | 2,0   | 12,5  | 0,182                          | 20                                 | 13,2  |
| ПЛ12,5x16-40           | 2,0   | 12,5  | 0,203                          | 25                                 | 15,0  |
| ПЛ12,5x16-50           | 2,0   | 12,5  | 0,230                          | 30                                 | 17,0  |
| ПЛ12,5x25-32           | 3,12  | 12,5  | 0,292                          | 35                                 | 13,8  |
| ПЛ12,5x25-40           | 3,12  | 12,5  | 0,334                          | 45                                 | 15,8  |
| ПЛ12,5x25-50           | 3,12  | 12,5  | 0,376                          | 55                                 | 17,8  |
| ПЛ12,5x25-60           | 3,12  | 12,5  | 0,418                          | 65                                 | 19,8  |
| ПЛ16x32-40             | 5,12  | 16  | 0,620                          | 85                                 | 18,0  |
| ПЛ16x32-50             | 5,12  | 16  | 0,690                          | 110                                | 20,0  |
| ПЛ16x32-65             | 5,12  | 16  | 0,795                          | 125                                | 23,0  |
| ПЛ16x32-80             | 5,12  | 16  | 0,900                          | 145                                | 26,0  |
| ПЛ20x40-50             | 8,00  | 20  | 1,23                           | 180                                | 22,7  |
| ПЛ20x40-60             | 8,00  | 20  | 1,35                           | 200                                | 24,7  |
| ПЛ20x40-80             | 8,00  | 20  | 1,55                           | 270                                | 28,7  |
| ПЛ20x40-100            | 8,00  | 20  | 1,77                           | 315                                | 32,7  |
| ПЛ25x50-65             | 12,5  | 25  | 2,44                           | 400                                | 28,8  |
| ПЛ25x50-80             | 12,5  | 25  | 2,7                            | 470                                | 31,8  |
| ПЛ25x50-100            | 12,5  | 25  | 3,04                           | 560                                | 35,8  |
| ПЛ25x50-120            | 12,5  | 25  | 3,40                           | 680                                | 39,8  |
| ПЛ32x64-80             | 20,5  | 32  | 5,0                            | 870                                | 36,0  |
| ПЛ32x64-100            | 20,5  | 32  | 5,6                            | 1030                               | 40,0  |
| ПЛ32x64-130            | 20,5  | 32  | 6,48                           | 1330                               | 46,0  |
| ПЛ32x64-160            | 20,5  | 32  | 7,25                           | 1550                               | 52,0  |
| ПЛ40x80-100            | 32  | 40  | 9,9                            | 1800                               | 45,8  |
| ПЛ40x80-120            | 32  | 40  | 10,7                           | 2050                               | 49,0  |
| ПЛ40x80-160            | 32  | 40  | 12,5                           | 2700                               | 57,3  |
| ПЛ40x80-200            | 32  | 40  | 14,3                           | 3200                               | 65,3  |

## 12. Dumaloq kesimli o'ram simlarining nominal parametrlari

| Simning kesimi,<br>mm <sup>2</sup> | Izolyasiyasiz simning<br>diametri, mm | Izolyasiyalı simning tashqi diametri, mm |       |       |       |      |
|------------------------------------|---------------------------------------|--|-------|-------|-------|------|
|                                    |                                       | PEL-1                                    | PEV-1 | PEV-2 | PELBO | PBD  |
| 1                                  | 2                                     | 3  | 4     | 5     | 6     | 7    |
| 0,1134                             | 0,38                                  | 0,42                                     | 0,42  | 0,44  | 0,56  | 0,61 |
| 0,1320                             | 0,41                                  | 0,45                                     | 0,45  | 0,47  | 0,59  | 0,64 |
| 0,5121                             | 0,44                                  | 0,49                                     | 0,48  | 0,50  | 0,62  | 0,67 |
| 0,1735                             | 0,47                                  | 0,52                                     | 0,51  | 0,53  | 0,65  | 0,70 |
| 0,1886                             | 0,49                                  | 0,54                                     | 0,53  | 0,55  | 0,67  | 0,72 |
| 0,2043                             | 0,51                                  | 0,56                                     | 0,56  | 0,58  | 0,69  | 0,74 |
| 0,2206                             | 0,53                                  | 0,58                                     | 0,58  | 0,60  | 0,71  | 0,76 |
| 0,2376                             | 0,55                                  | 0,60                                     | 0,60  | 0,62  | 0,73  | 0,78 |
| 0,2552                             | 0,57                                  | 0,62                                     | 0,62  | 0,64  | 0,75  | 0,80 |
| 0,2734                             | 0,59                                  | 0,64                                     | 0,64  | 0,66  | 0,77  | 0,82 |
| 0,3019                             | 0,62                                  | 0,67                                     | 0,67  | 0,69  | 0,80  | 0,85 |
| 0,3217                             | 0,64                                  | 0,69                                     | 0,69  | 0,72  | 0,82  | 0,87 |
| 0,3256                             | 0,67                                  | 0,72                                     | 0,72  | 0,75  | 0,85  | 0,90 |
| 0,3739                             | 0,69                                  | 0,74                                     | 0,74  | 0,77  | 0,87  | 0,92 |
| 0,4072                             | 0,72                                  | 0,78                                     | 0,77  | 0,80  | 0,92  | 0,96 |
| 0,4301                             | 0,74                                  | 0,80                                     | 0,80  | 0,83  | 0,94  | 0,98 |
| 0,4657                             | 0,77                                  | 0,83                                     | 0,83  | 0,86  | 0,97  | 1,01 |
| 0,5027                             | 0,80                                  | 0,86                                     | 0,86  | 0,89  | 1,00  | 1,04 |
| 0,5411                             | 0,83                                  | 0,89                                     | 0,89  | 0,92  | 1,03  | 1,07 |
| 0,5809                             | 0,86                                  | 0,92                                     | 0,92  | 0,96  | 1,06  | 1,14 |
| 0,6362                             | 0,90                                  | 0,96                                     | 0,96  | 0,99  | 1,10  | 1,16 |
| 0,6792                             | 0,93                                  | 0,99                                     | 0,99  | 1,01  | 1,13  | 1,17 |
| 0,7238                             | 0,96                                  | 1,02                                     | 1,03  | 1,05  | 1,16  | 1,20 |
| 0,7854                             | 1,00                                  | 1,08                                     | 1,08  | 1,11  | 1,23  | 1,29 |
| 0,8495                             | 1,04                                  | 1,12                                     | 1,12  | 1,15  | 1,27  | 1,33 |
| 0,9161                             | 1,08                                  | 1,16                                     | 1,16  | 1,19  | 1,31  | 1,37 |
| 0,9852                             | 1,12                                  | 1,20                                     | 1,20  | 1,23  | 1,35  | 1,41 |
| 1,0568                             | 1,16                                  | 1,24                                     | 1,24  | 1,27  | 1,39  | 1,45 |
| 1,1310                             | 1,20                                  | 1,28                                     | 1,28  | 1,31  | 1,43  | 1,49 |
| 1,2272                             | 1,25                                  | 1,33                                     | 1,33  | 1,36  | 1,48  | 1,54 |
| 1,3270                             | 1,30                                  | 1,38                                     | 1,38  | 1,41  | 1,53  | 1,59 |
| 1,4314                             | 1,35                                  | 1,43                                     | 1,43  | 1,46  | 1,58  | 1,64 |
| 1,5394                             | 1,40                                  | 1,48                                     | 1,48  | 1,51  | 1,63  | 1,69 |
| 1,6513                             | 1,45                                  | 1,53                                     | 1,53  | 1,56  | 1,68  | 1,74 |
| 1,7672                             | 1,50                                  | 1,58                                     | 1,58  | 1,61  | 1,73  | 1,79 |
| 1,9113                             | 1,56                                  | 1,64                                     | 1,64  | 1,72  | 1,79  | 1,85 |
| 2,0612                             | 1,62                                  | 1,71                                     | 1,70  | 1,73  | 1,85  | 1,91 |
| 2,2170                             | 1,68                                  | 1,77                                     | 1,76  | 1,79  | 1,92  | 1,98 |
| 2,5730                             | 1,81                                  | 1,90                                     | 1,90  | 1,93  | 2,05  | 2,11 |
| 2,7760                             | 1,88                                  | 1,97                                     | 1,97  | 2,00  | 2,12  | 2,18 |
| 2,9870                             | 1,95                                  | 2,04                                     | 2,04  | 2,07  | 2,19  | 2,25 |
| 3,2050                             | 2,02                                  | 2,12                                     | 2,11  | 2,14  | 2,26  | 2,32 |
| 3,4600                             | 2,10                                  | 2,20                                     | 2,20  | 2,23  | 2,34  | 2,40 |
| 4,012                              | 2,26                                  | 2,36                                     | 2,36  | 2,39  | --    | 2,62 |
| 4,676                              | 2,44                                  | 2,54                                     | 2,54  | 2,57  | --    | 2,80 |

### 13. Rezistorlar qarshiliklari nominal qiymatlarining E qatorlari

| Qator | Nominal qiymatlar (10 ga karrali bo‘lgan istalgan songa ko‘paytiriladi) |     |     |     |     |     | Nominalga ruxsat, % |
|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|
| E6    | 1,0   | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 4,7 | 6,8 | ±20                 |
| E12   | 1,0   | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 4,7 | 6,8 | ±10                 |
|       | 1,2   | 1,8 | 2,7 | 3,9 | 5,6 | 8,2 |                     |
| E34   | 1,0   | 1,5 | 2,2 | 3,3 | 4,7 | 6,8 | ±5                  |
|       | 1,1   | 1,6 | 2,4 | 3,6 | 5,1 | 7,5 |                     |
|       | 1,2   | 1,8 | 2,7 | 3,9 | 5,6 | 8,2 |                     |
|       | 1,3   | 2,0 | 3,0 | 4,2 | 6,2 | 9,1 |                     |

### 14. O‘zgarmas rezistorlarning asosiy parametrlari

| Rezistor turi | Nominal quvvat, Vt<br>(70° C haroratda) | Qiymatlar chegaralari |     | Chegaraviy ishchi kuchlanish, V |
|---------------|---|-----------------------|-----|---------------------------------|
|               |   | Om                    | MOm |                                 |
| МЛТ-0,125     | 0,125                                   | 8,2                   | 3   | 200                             |
| МЛТ-0,25      | 0,25                                    | 8,2                   | 5,1 | 250                             |
| МЛТ-0,5       | 0,5                                     | 1                     | 5,1 | 350                             |
| МЛТ-1         | 1,0                                     | 1                     | 10  | 500                             |
| МЛТ-2         | 2,0                                     | 1                     | 10  | 750                             |

2-ilo va

### 1. HAWKER firmasi akkumulyator batareyalarining elektr parametrlari (razryadlanish vaqt 10 soat)

| Ishlab chiqaruvchi korxona, markasi | Turi   | Texnologiyasi                               | Kuchlanishi, V | Sig‘imi, S <sub>10</sub> Ach |
|-------------------------------------|--------|---|----------------|------------------------------|
| 1                                   | 2      | 3   | 4              | 5                            |
| HAWKER,<br>PHEBVS                   | 6SC4   | Elektrolit separatororda sorblanadi         | 6              | 6                            |
|                                     | 6SC10  |   | 6              | 10                           |
|                                     | 12SC24 |   | 12             | 24                           |
|                                     | 12SC40 |   | 12             | 40                           |
|                                     | 12V20  |   | 12             | 22                           |
| HAWKER,<br>POWER Safer              | 12V57  | Gaz qayta kombinasiya va saqlagich klapanli | 12             | 68                           |
|                                     | 12V80  |   | 12             | 79                           |
|                                     | 8V100F |   | 8              | 100                          |
|                                     | 4V105  |   | 4              | 103                          |
|                                     | 6V105  |   | 6              | 103                          |
|                                     | 4V155  |   | 4              | 154                          |
|                                     | 6V155  |   | 6              | 154                          |
|                                     | 2V200  |   | 2              | 200                          |
|                                     | 4V230  |   | 4              | 231                          |
|                                     | 2V275  |   | 2              | 275                          |
|                                     | 2V320  |   | 2              | 320                          |
|                                     | 2V460  |   | 2              | 460                          |

| <i>I</i>                     | <i>2</i> | <i>3</i>   | <i>4</i> | <i>5</i> |
|------------------------------|----------|--|----------|----------|
|                              | 2V500    |  | 2        | 500      |
|                              | 4V525    |  | 4        | 524      |
|                              | 6V525    |  | 6        | 524      |
|                              | 2V915    |  | 2        | 917      |
|                              | 2V1575   |  | 2        | 1573     |
|                              | 2V1770   |  | 2        | 1769     |
|                              | 12VE50   |  | 12       | 46       |
|                              | 12VE90   |  | 12       | 79       |
|                              | 6VE140   |  | 6        | 132      |
|                              | 2VE170   |  | 2        | 152      |
|                              | 6VE180   |  | 6        | 165      |
|                              | 2VE310   |  | 2        | 275      |
|                              | 2VE450   |  | 2        | 400      |
|                              | 2VE540   |  | 2        | 500      |
|                              | 6MLTC100 |  | 12       | 100      |
|                              | 6MLTC150 |  | 12       | 162      |
|                              | 3MLTC200 |  | 6        | 200      |
|                              | 3MLTC250 |  | 6        | 265      |
|                              | 3MLTC300 |  | 6        | 300      |
| <i>HAWKER,<br/>ESPACE RG</i> | 12RG24   | Mikro<br>g‘ovakli<br>sepatartorli,<br>gaz qayta<br>kombinasiyasi<br>va saqlagich<br>klapanli | 12       | 24       |
|                              | 12RG40   |  | 12       | 40       |
|                              | 12RG70   |  | 12       | 70       |
|                              | 6RG70    |  | 6        | 70       |
|                              | 12RG85   |  | 12       | 85       |
|                              | 6RG110   |  | 6        | 110      |
|                              | 2RG135   |  | 2        | 135      |
|                              | 6RG140   |  | 2        | 140      |
|                              | 2RG200   |  | 2        | 200      |
|                              | 2RG250   |  | 2        | 250      |

## 2. To‘g‘rilagich qurilmalarning texnik xarakteristikalari

| Ishlab<br>chiqaruvchi,<br>turi | Modeli   | Bitta<br>to‘g‘rilagi<br>chdag<br>parallel<br>modullar<br>soni | Kuchla<br>nish, V | Maksi<br>mal<br>chiqish<br>toki, A<br>(bitta<br>modul<br>dagi<br>tok) |
|--------------------------------|--|---|-------------------|---|
| <i>I</i>                       | <i>2</i>   | <i>3</i>  | <i>4</i>          | <i>5</i>  |
| <i>MPSU<br/>(OLDAM)</i> ,      | <i>MPSU 4000</i> , raqamli nazorat<br>( <i>MPSU 4000</i> , sifrovoy kontrol) | 1...4   | 24                | 148<br>(37)   |

| 1   | 2   | 3   | 4  | 5          |
|---|---|---|----|------------|
| $\eta \geq 91\%$ ,<br>$\delta \leq 1\%$ ,<br>$\cos\varphi = 0,98$                                     |   |   | 45 | 83 (21)    |
|   |   |   | 60 | 66 (17)    |
| $PRS$<br>$\langle OLDAM \rangle$<br>$\eta \geq 91\%$ ,<br>$\delta \leq 1\%$ ,<br>$\cos\varphi = 0,98$ | $PRS I$ , raqamli nazorat (sifrovoy kontrol)  | 1...7   | 24 | 260 (37)   |
|   |   |   | 48 | 144 (21)   |
|   |   |   | 60 | 116 (17)   |
|   | $PRS II$ , raqamli nazorat (sifrovoy kontrol)   | 1...14  | 24 | 520 (37)   |
|   |   |   | 48 | 288 (21)   |
|   |   |   | 60 | 232 (17)   |
|   | $PRS III$ , raqamli nazorat (sifrovoy kontrol)  | 1...21  | 24 | 780 (37)   |
|   |   |   | 48 | 432 (21)   |
|   |   |   | 60 | 348 (17)   |
| IBP «Svyaz injiniring»,<br>$\delta \leq 1\%$  | $ИБП - 1$ , analogli nazorat qurilmasi (analogovaya apparatura kontrolya)                     | 3, 4, 6, 7<br>2, 3, 4, 8, 9, 12<br>2, 3, 4, 6, 8, 9 | 24 | 308 (44)   |
|   |   |   | 48 | 264 (22)   |
|   |   |   | 60 | 171 (19)   |
| IBP «Svyaz injiniring»,<br>$\delta \leq 1\%$  | $ИБП - 3$ , raqamli nazorat (sifrovoy kontrol),<br>$\eta \approx 88\%$ , $\cos\varphi = 0,8$  | 3, 4, 9<br>2, 3, 4, 9, 12, 18, 24<br>3, 4, 7, 9     | 24 | 396 (44)   |
|   |   |   | 48 | 528 (22)   |
|   |   |   | 60 | 171 (19)   |
|   | $ИБП - 4$ , raqamli nazorat (sifrovoy kontrol),<br>$\eta \approx 91\%$ , $\cos\varphi = 0,99$ | 3, 6, 9, 12<br>3, 6, 9, 12<br>3, 6, 9, 12           | 24 | 1200 (100) |
|   |   |   | 48 | 600 (50)   |
|   |   |   | 60 | 480 (40)   |
|   | $ИБП - 5$ , raqamli nazorat (sifrovoy kontrol),   | 4, 6  | 24 | 132 (22)   |

| <i>I</i>   | <i>2</i>   | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
|--|--|----------|----------|----------|
|  | $\eta \approx 88\%, \cos\varphi=0,8$   | 4, 6     | 48       | 66 (11)  |
|  |  | 4, 6     | 60       | 54 (9)   |
| УЭПС, СУЭП,<br>ОАО Юрьев -<br>Польский<br>завод,<br>"Промсвязь"  | <p>УЭПС - 2</p>  <p>СУЭП - 2</p>  | 1...4    | 60       | 60 (15)  |
|  |  | 1...4    | 48       | 80 (20)  |
|  |  | 1...6    | 48       | 120 (20) |
|  |  | 1...3    | 24       | 60 (20)  |
|  |  | 1...3    | 24       | 120 (40) |
|  |  | 1...5    | 24       | 200 (40) |
|  |  | 1...10   | 24       | 400 (40) |
|  |  | 1...12   | 60       | 300 (25) |
|  |  | 1...8    | 60       | 200 (25) |
|  |  | 1...12   | 48       | 360 (30) |
|  |  | 1...8    | 48       | 240 (30) |
|  |  | 1...4    | 48       | 120 (30) |
| Eslatma: Sanoat tug‘rilagich qurilmalarining chiqish kuchlanishining nominal qiymati kamida $\pm 10\%$ atrofida boshqarish mumkin. |  |          |          |          |

# MUNDARIJA

|  |            |
|--|------------|
| <b>MUQADDIMA .....</b>   | <b>3</b>   |
| <b>I-BOB. INFOKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARIDA ELEKTR TA'MINOTINI TASHKIL QILISH .....</b>                           | <b>6</b>   |
| 1.1. Elektr energiyasi manbalari .....   | 6          |
| 1.2. Qayta tiklanadigan va tiklanmaydigan energiya manbalari .....   | 9          |
| 1.3. Elektr energiyasini uzatish tizimi .....  | 15         |
| 1.4. Ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari va ularga qo'yiladigan talablar .....                               | 18         |
| 1.5. Elektr ta'minoti manbalarining infokommunikatsiya tizimida tutgan o'rni va rivojlanish istiqbollari ..... | 30         |
| <b>II-BOB. KIMYOVIY TOK MANBALARI .....</b>  | <b>34</b>  |
| 2.1. Birlamchi va ikkilamchi kamyoviy tok manbalarining xarakteristikalari .....                               | 35         |
| 2.2. Birlamchi kamyoviy tok manbalari – galvanik elementlar: ishlash prinsipi va turlari .....                 | 45         |
| 2.3. Ikkilamchi kamyoviy tok manbalari – akummulyatorlar: ishlash prinsipi va turlari .....                    | 57         |
| 2.4. Akkumulyator batareyalarini ularash sxemalari: parallel va ketma-ket ularash .....                        | 64         |
| 2.5. Akkumulyatorlarni zaryadlash rejimlari va turlari .....   | 66         |
| 2.6. Akkumulyatorlarga texnik xizmat ko'rsatish va ekspluatatsion omillari .....                               | 74         |
| <b>III-BOB. ELEKTR MASHINALARI .....</b>   | <b>81</b>  |
| 3.1. Elektr mashinalarning ishlash prinsipi .....  | 81         |
| 3.2. Asinxron dvigatellar .....  | 83         |
| 3.3. Sinxron generatorlar .....  | 89         |
| 3.4. O'zgarmas tok mashinalari .....   | 96         |
| <b>IV-BOB TRANSFORMATORLAR .....</b>   | <b>112</b> |
| 4.1. Bir fazali transformatorlar .....   | 112        |
| 4.2. Avtotransformatorlar .....  | 130        |
| 4.3. O'lchov transformatorlari .....   | 133        |

|                  |   |     |
|------------------|---|-----|
| 4.4.             | Uch fazali transformatorlar .....   | 142 |
| 4.5.             | Fazalar sonini o‘zgartiradigan transformatorlar .....   | 149 |
| 4.6.             | Transformatorlarning parallel ulanishi .....  | 151 |
| <b>V-BOB.</b>    | <b>TO‘G‘RILAGICHALAR</b> .....  | 153 |
| 5.1.             | To‘g‘rilagichning tuzilish sxemasi .....  | 153 |
| 5.2.             | Bir taktli to‘g‘rilash sxemalari .....  | 157 |
| 5.3.             | Ikki taktli to‘g‘rilash sxemalari .....   | 161 |
| 5.4.             | Uch fazali ikki taktli sxema .....  | 164 |
| 5.5.             | To‘g‘rilash qurilmalarining parametrlari .....  | 166 |
| 5.6.             | To‘g‘rilash sxemalarini nisbiy baholash .....   | 168 |
| 5.7.             | Tiristorli boshqariladigan to‘g‘rilagichlar .....   | 170 |
| <b>VI-BOB.</b>   | <b>FILTRLAR</b> .....   | 177 |
| 6.1.             | Passiv filtrlar .....   | 179 |
| 6.2.             | Aktiv filtrlar .....  | 191 |
| <b>VII-BOB.</b>  | <b>STABILIZATORLAR</b> .....  | 194 |
| 7.1.             | Stabillash parametrlari .....   | 194 |
| 7.2.             | Parametrik stabilizatorlar .....  | 197 |
| 7.3.             | Ferrorezonansli stabilizatorlar .....   | 199 |
| 7.4.             | Kompensatsion stabilizatorlar .....   | 201 |
| 7.5.             | Impulslı stabilizatorlar .....  | 217 |
| <b>VIII-BOB.</b> | <b>O‘ZGARTIRGICHALAR</b> .....  | 227 |
| 8.1.             | Bir taktli o‘zgartirgichlar .....   | 228 |
| 8.2.             | Ikki taktli o‘zgartirgichlar .....  | 230 |
| 8.3.             | Tiristorli o‘zgartirgichlar .....   | 236 |
| 8.4.             | O‘zgartirgich invertorlarining boshqarish zanjirlari .....  | 240 |
| 8.5.             | Kuchlanish ko‘paytirgichlari .....  | 243 |
| 8.6.             | Kuchlanish o‘zgartirgichlari asosidagi impulsli elektr<br>ta’minoti manbalari .....                       | 246 |
| <b>IX-BOB.</b>   | <b>ELEKTR TA’MINOTI MANBALARINING<br/>ENERGIYA TIZIMI BILAN ELEKTROMAGNIT<br/>MOSLASHUVCHANLIGI</b> ..... | 252 |
| 9.1.             | Elektr ta’minoti manbalarining energiya tizimi bilan  |     |

|                |  |            |
|----------------|--|------------|
| 9.2.           | elektromagnit moslashuvchanligi .....  | 252        |
| 9.2.           | Ishlatish jarayonlari sharoitlarining elektr ta'minoti<br>manbalariga ta'siri .....              | 256        |
| <b>X-BOB.</b>  | <b>UZLUKSIZ VA KAFOLATLANGAN ELEKTR<br/>TA'MINOTI .....</b>                                      | <b>262</b> |
| 10.1.          | Uzluksiz elektr ta'minoti manbalari .....  | 262        |
| 10.2.          | Dizel generator qurilmalari .....  | 269        |
| <b>XI-BOB.</b> | <b>INFOKOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI ELEKTR<br/>TA'MINOTI MANBALARI VA ULARNI<br/>HISOBLASH .....</b> | <b>276</b> |
| 11.1.          | Kompyuter elektr ta'minotining kirish va chiqish<br>zanjirlari .....                             | 276        |
| 11.2.          | Infokommunikatsiya tizimlari elektr ta'minoti<br>manbalari .....                                 | 282        |
| 11.3.          | Infokommunikatsiya elektr ta'minoti tizimlarini<br>hisoblash va loyihalash tamoyillari .....     | 286        |
|                | Adabiyotlar .....  | 300        |
|                | Qisqartmalar .....   | 302        |
|                | Izohli lug'at .....  | 303        |
|                | Ilovalar .....   | 312        |