

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIIY VA O‘RTA MAXSUS
TA‘LIM VAZIRLIGI**

**A.M. Nazarov, A.A. Yarmuhamedov, Sh.K. Xudayberganov,
Ya.T. Yusupov, A.B. Jabborov, F.M. Qodirov**

ELEKTR TA‘MINOT QURILMALARI

“5350700-Radioelektron qurilmalar va tizimlar” (Radioelektronika)
bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi talabalari uchun
o‘quv qo‘llanma

Toshkent-2020

UO‘K: 621.1.055.96

KBK: 32.96-04я7

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.

O‘quv qo‘llanma radioelektron vositalarning elektr ta‘minot qurilmalariga bag‘ishlangan. Birlamchi va ikkilamchi ta‘minot manbalari, boshqariladigan va boshqarilmaydigan to‘g‘rilagichlar sxemotexnikasi keltirilgan. Yarim o‘tkazgich elementlaridan yig‘ilgan kuchlanish stabilizatorlari, ta‘minot manbalarini himoyalash masalalari va avariya holatida apparaturalarni himoyalash masalalari ham ko‘rib chiqilgan. Chiziqli, shuningdek impulsli ikkilamchi elektr ta‘minot manbalarini qurishda integral mikrosxemalardan foydalanishga katta e‘tibor qaratilgan. Elektron apparaturalar turiga bog‘liq holda ta‘minot manbaini tanlash uchun tavsiyalar berilgan. Kuchlanish o‘zgartirgichlari asosidagi impulsli elektr ta‘minoti manbalari keng yoritilgan. Nisbatan keng tarqalgan tizimlarning kimyoviy tok manbalari va har xil turdagi radioelektron apparaturalarda qo‘llanilishida texnik-iqtisodiy masalalar ko‘rib chiqilgan. Akkumulyator batareyalarini zaryadlash usullari va turli zaryadlash qurilmalarining sxemotexnikasi yoritilgan.

O‘quv qo‘llanma oliy o‘quv yurtlarining “5350700-Radioelektron qurilmalar va tizimlar” bakalavriat ta‘lim yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan.

В учебном пособии рассмотрены: параметры и схемотехника линейных и импульсных источников питания на полупроводниковых элементах; функциональные узлы вторичных источников электропитания, управляемые и неуправляемые выпрямители, сглаживающие фильтры, стабилизаторы напряжения на дискретных элементах и интегральных микросхемах, узлы защиты от перегрузки по току и перенапряжения; импульсные источники питания на основе преобразователей напряжений; методы заряда аккумуляторных батареи и схемотехника зарядных устройств. В достаточной степени освещены химические источники тока наиболее распространенных систем (угольно-цинковой и литиевых систем). Затронуты технико-экономические вопросы применения различных химических источников тока в современной аппаратуре.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению обучения «5350700-Радиоэлектронные устройства и системы».

Are considered: parameters and circuitry of linear and switching power supplies based on semiconductor elements; functional units of secondary power supplies, controlled and uncontrolled rectifiers, smoothing filters, voltage stabilizers on discrete elements and integrated circuits, protection units against overcurrent and overvoltage; switching power supplies based on voltage converters; battery charging methods and circuitry of chargers. The chemical sources of current of the most common systems (carbon-zinc and lithium systems) are adequately covered. The technical and economic issues of using various chemical current sources in modern equipment are discussed.

The manual is intended for students of the higher educational institutions trained in a direction of training «5350700-Radio-electronic devices and systems».

Taqrizchilar:

Sattorov X.A. – Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti “Elektr ta‘minlash tizimlari” kafedrasida dotsenti, t.f.n.;

Abdujabbarov N.A. – Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Aviakosmik texnologiyalar fakulteti dekani, t.f.n.

QISQARTMALAR

KT –	Kuch transformatori;
TB –	To‘g‘rilagich bloki;
FQ –	Faza suruvchi qurilma;
IG –	Impulslar generatori;
RE –	Rostlovchi element;
O‘TK –	O‘zgarmas tok kuchaytirgichi;
O‘E –	O‘lchash elementi;
TKM –	Tayanch kuchlanish manbai;
TS –	Taqqoslash sxemasi;
OK –	Operatsion kuchaytirgich;
IMS –	Integral mikrosxema;
IS –	Integral stabilizator;
TK –	Tayanch kuchlanishi;
TM –	Ta‘minot manbai;
KIM –	Kenglik-impuls modulyatsiya;
T –	To‘g‘rilagich;
F –	Filtr;
O‘KM –	O‘zgarmas kuchlanish manbai;
ChKSh–	Chiqish kuchlanishini shakllantirgich;
FIK –	Foydali ish koeffitsienti;
PCHF –	Past chastota filtri;
AB –	Akkumulyator batareyasi;
BETM –	Birlamchi elektr ta‘minot manbai;
VAX –	Volt-amper xarakteristika;
IETM –	Ikkilamchi elektr ta‘minot manbai;
UETM –	Uzluksiz elektr ta‘minot manbai;
KB –	Kuchlanish bo‘lgich.

KIRISH

Deyarli barcha radioelektron apparatlar bir yoki bir nechta ta'minot manbalariga zarurat sezadi. Ko'p sonli firmalar birlamchi va ikkilamchi elektr ta'minot manbalari bo'yicha tadqiqot ishlarini olib bormoqdalar va shu bilan birga katta hajmda ishlab chiqarib, bozor talabini qanoatlantirmoqdalar. Ma'lumki, hozirgi vaqtda zaruriy elektr ta'minot manbaiga ega bo'lish (sotib olish) qiyinchilik tug'dirmaydi. Shu bilan birga har bir radioapparatura uchun o'zining ta'minot manbai ishlab chiqilmoqda.

Ushbu qo'llanmaning birinchi bobi ta'minot manbalarining umumiy ma'lumotlariga bag'ishlangan bo'lib, birlamchi va ikkilamchi ta'minot manbalari, ularning parametrlari, chiziqli va impulsli ikkilamchi elektr ta'minot manbalari va ularning afzallik va kamchiliklari, qayta tiklanuvchi energiya manbalari hamda elektr ta'minot manbalarining rivojlanish istiqbollari yoritilgan.

Ikkinchi bob chiziqli ikkilamchi ta'minot manbaiga bag'ishlangan. Boshqariladigan va boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar sxemotexnikasi, to'g'rilagichlarning asosiy sxemalari, to'g'rilagich filtrlari va ularning turlari keltirilgan.

Uchinchi va to'rtinchi boblar kuchlanish stabilizatorlari va ularni himoyalashga bag'ishlangan bo'lib, stabilizatorlarning asosiy parametrlari, parametrik va kompensatsion stabilizatorlar, shuningdek yarim o'tkazgich elementlaridan yig'ilgan kuchlanish stabilizatorlari, ta'minot manbalarini himoyalash masalalari va avariya holatida apparaturalarni himoyalash masalalari ham ko'rib chiqilgan. Chiziqli, shuningdek impulsli ikkilamchi elektr ta'minot manbalarini qurishda integral mikrosxemalardan foydalanishga katta e'tibor qaratilgan.

Qo'llanmaning beshinchi bobi hozirgi vaqtda elektronikaning deyarli barcha sohalarida keng qo'llaniladigan impulsli ta'minot manbalariga bag'ishlangan bo'lib, ushbu ta'minot manbalari o'ziga xos afzalliklarga ega: avvalam bor foydali ish ko'effitsiyentining yuqoriligi, tashqi o'lchamlari va og'irligining kichikligi kabilar. Shu bilan birga bunday ta'minot manbalaridan foydalanadigan radioelektron

apparaturalar muammolari ham e'tibordan chetda qolmagan. Elektron apparaturalar turiga bog'liq holda ta'minot manbaini tanlash uchun tavsiyalar berilgan.

Oltinchi bob kuchlanish o'zgartirgichlari – invertorlar deb nomlangan bo'lib, bir va ikki taktli o'zgartirgichlar, tiristorli o'zgartirgichlar sxemalari, ishlash prinsipi, o'zgartirgich invertorlarining boshqarish zanjirlari sxemalari, kuchlanish o'zgartirgichlari asosidagi impulsli elektr ta'minoti manbalari kabi ma'lumotlar keltirilgan.

Ettiinchi bobda nisbatan keng tarqalgan tizimlarning kimyoviy tok manbalari va har xil turdagi radioelektron apparaturalarda qo'llanilishida texnik-iqtisodiy masalalar ko'rib chiqilgan. Ayniqsa ikkilamchi kimyoviy tok manbalari – akkumulyatorlar, ularning turlari, ishlashi to'g'risida etarlicha keng yoritilgan.

Sakkizinchi bobda akkumulyator batareyalarini zaryad qilish usullari va turli zaryadlash qurilmalarining sxemotexnikasi yoritilgan. Shuningdek o'quv qo'llanmaning ohirida xulosa, izohli lug'at, ilovalar hamda adabiyotlar ro'yhati keltirilgan.

O'quv qo'llanma mualliflar tomonidan Toshkent davlat texnika universitetining "Radiotexnik qurilmalar va tizimlar" kafedrasida "Elektr ta'minot qurilmalari" fanidan olib borilgan ko'p yillik mashg'ulotlarning tajribalari asosida fan dasturiga muvofiq tayyorlandi. Mualliflar o'quv qo'llanmaning yaxshilanishi borasidagi fikr hamda qimmatli takliflari uchun taqrizchilarga o'z minnatdorliklarini izhor etishadi. O'quv qo'llanma "Radioelektron qurilmalar va tizimlar" ta'lim yo'nalishi talabalariga mo'ljallangan bo'lib, keng ko'lamda soha qiziquvchilari uchun ham foydali bo'lishi mumkin.

1. TA'MINOT MANBALARI: UMUMIY MA'LUMOTLAR

Elektron qurilmalarning ishlashi uchun bitta yoki bir nechta o'zgarmas tok taminot manbai kerak bo'ladi. Barcha ta'minot manbalarini ikki guruhga bo'lish mumkin: *birlamchi elektr ta'minot manbalari* va *ikkilamchi elektr ta'minot manbalari*.

Radioelektron apparatlari tarkibida birlamchi elektr ta'minot manbalari yoki ikkilamchi elektr ta'minot manbalari; bir vaqtda ham birlamchi ham ikkilamchi elektr ta'minot manbalari bo'lishi mumkin.

1.1. Birlamchi elektr ta'minot manbalari

Birlamchi elektr ta'minot manbalari guruxiga quyidagilar kiradi:

- 1) kimyoviy tok manbalari (galvanik elementlar, batareya va akkumulyatorlar);
- 2) termobatareyalar;
- 3) termoelektron o'zgartirgichlar;
- 4) fotoelektrik o'zgartirgichlar (quyosh batareyalari);
- 5) issiqlik elementlari;
- 6) biokimyoviy tok manbalari;
- 7) atom elementlari;
- 8) elektr mashina generatorlari.

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 turdagi 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 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 haroratli ($1200 \div 1600$ °C) va o'rta haroratli ($1900 \div 2000$ °C) termo o'zgartirgichlarga bo'linadi. O'rta haroratli o'zgartirgichlarda foydali ish koeffitsienti 20% ga etadi. Termobatareyaning foydali ish koeffitsienti 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 ishlatiladi, ya’ni radioappaturalarda, Yer suniy yo‘ldoshlarining radiotexnik va telemetrik apparatlarida va avtomatlashtirilgan planetalararo stansiyalarda ishlatiladi. 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 kislorodning hosil bo‘lishi boshqa-boshqa elektrodlarda hosil bo‘ladi. Shuning uchun bunday energiya boshqa turdagi energiyaga o‘zgartiruvchi oraliq o‘zgartirgichlardan foydalanmasdan, bevosita yuklamada ajratiladi. Shuning uchun bunday qurilmalarning foydali ish ko‘effitsienti 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‘xshash 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’minotida qo‘llaniladi. Bunday ta’minot manbalarining tuzilishi ularning ishlash prinsipiga bog‘liq holda turlicha bo‘ladi. β -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. β -nurlanish ta’sirida elektrodlarda zaryad hosil qilinadi. Bunday elementlardagi kuchlanish bir nechta kilovoltga etishi mumkin, ichki qarshilik juda katta (10^{13} Om atrofida). Zaryad toki bir milliamperdan oshmaydi. Bunday elementlarning afzalligi juda katta xizmat muddati hisoblanadi.

Nurlanuvchi yarim o‘tkazgichli elementlarda radioaktiv modda yarim o‘tkazgich (kremniy) 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 100-1000 Om 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 turdagi 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 maydondan 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.

1.2. Ikkilamchi elektr ta’minot manbalari

Ikkilamchi elektr ta’minot manbalari elektr ta’minot tizimlari yoki birlamchi ta’minot manbalaridan olingan energiyadan foydalanadigan radioelektron apparatlarning funksional uzellari yoki tugallangan qurilmalar ko‘rinishida bo‘ladi va radioapparaturlarning ikkilamchi elektr ta’minotini tashkil qilish uchun

mo'ljallangan bo'ladi.

Ikkilamchi elektr ta'minot manbalari quyidagi parametrlari bo'yicha turlarga ajratiladi:

1. *Tarmoq zanjirining turi bo'yicha:*

- a) bir fazali o'zgaruvchan tokda ishlaydigan ta'minot manbai;
- b) uch fazali o'zgaruvchan tokda ishlaydigan ta'minot manbai;
- d) mustaqil o'zgarmas tokda ishlaydigan ta'minot manbai.

2. *Yuklamadagi kuchlanish bo'yicha:*

- a) past kuchlanishli ta'minot manbai (100 V gacha);
- b) o'rta kuchlanishli ta'minot manbai (100 V dan 1000 V gacha);
- d) yuqori kuchlanishli ta'minot manbai (1000 V dan yuqori).

3. *Yuklama quvvati bo'yicha:*

- a) kam quvvatli ta'minot manbai (100 Vt gacha);
- b) o'rta quvvatli ta'minot manbai (100 Vt dan 1000 Vt gacha);
- d) yuqori quvvatli ta'minot manbai (1000 Vt dan yuqori).

4. *Yuklamadagi tok turi bo'yicha:*

- a) chiqish toki o'zgaruvchan ta'minot manbai;
- b) chiqish toki o'zgarmas ta'minot manbai;
- d) chiqish toki o'zgaruvchan va o'zgarmas ta'minot manbai.

5. *Chiqishlar soni bo'yicha:*

a) bir kanalli ta'minot manbai, o'zgaruvchan yoki o'zgarmas tokli bitta chiqishga ega;

b) ko'p kanalli ta'minot manbai, ikki va undan ko'p chiqish kuchlanishiga ega.

6. *Yuklama kuchlanishining stabilligi bo'yicha:*

- a) stabillashtirilgan ta'minot manbai;
- b) stabillashtirilmagan ta'minot manbai.

Stabillashtirilgan ta'minot manbai o'zining tarkibida kamida bitta kuchlanish (tok) stabilizatoriga ega bo'ladi, va quyidagilarga bo'linadi:

- a) kuchlanishni stabillash xarakteri bo'yicha:
 - uzluksiz rostlanuvchi ta'minot manbai;

- impulsli rostlanuvchi ta'minot manbai.
- b) teskari bog'lanishning xarakteri bo'yicha:
 - parametrik ta'minot manbai;
 - kompensatsiyalovchi ta'minot manbai;
 - kombinatsiyalashgan ta'minot manbai.
- d) chiqish kuchlanishining stabillash aniqligi bo'yicha:
 - chiqish kuchlanishi past stabillangan ta'minot manbai (chiqish kuchlanishining nostabillik darajasi 2 – 5 %);
 - chiqish kuchlanishi o'rtacha stabillangan ta'minot manbai (nostabillik darajasi 0,5 – 2 %);
 - chiqish kuchlanishi yuqori stabillangan ta'minot manbai (nostabillik darajasi 0,1 – 0,5 %);
 - pretsizionli ta'minot manbalarida nostabillik darajasi 0,1 % gacha.

1.3. Elektr energiya ta'minoti tarmog'ining parametrlari

Elektr ta'minot tarmog'ining asosiy elektr parametrlari quyidagilar:

- 1) ta'minot kuchlanishining nominal qiymati U ;
- 2) ta'minot kuchlanishining nisbiy nostabilligi, nominal qiymatiga nisbatan o'zgarishi mumkin bo'lgan chegaralarini xarakterlaydi, yuqori chegara:

$$\Delta U_{yu.cheg} = \frac{U_{cheg.maks} - U_{che .nom}}{U_{cheg.nom}} \cdot 100\%,$$

pastki chegara:

$$\Delta U_{p.cheg} = \frac{U_{che .nom} - U_{cheg.min}}{U_{cheg.nom}} \cdot 100\%,$$

bunda, $U_{cheg.maks}$ va $U_{cheg.min}$ – ta'minot tarmog'i kuchlanishining maksimal va minimal qiymati;

- 3) ta'minot tarmog'i va birlamchi ta'minot manbaining ichki qarshiligi;
- 4) ikkilamchi elektr ta'minot manbai chiqishidagi kuchlanish pulsatsiyasining sathi (o'zgarmas tok tarmog'i uchun). Ikkilamchi manbadagi

kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisi birinchi garmonikasining amplitudasini chiqishdagi kuchlanishning nominal qiymatiga nisbati orqali aniqlanadi;

5) ta'minot kuchlanishning chastotasi, shakli, nosimmetrikligi va fazasini o'zgarishi.

1.4. Ikkilamchi elektr taminot manbainig parametrlari

Ikkilamchi elektr ta'minot manbainig parametrlari quyidagilardir:

1) nominal chiqish kuchlanishi va toki;
2) ishlash jarayonida chiqish kuchlanishining nostabilligi;
3) ta'minot manbainig chiqish zanjiridagi maksimal, minimal va nominal quvvati. Ta'minot manbai o'zgaruvchan tokka ishlaganda to'liq quvvatning maksimal, minimal va nominal qiymati (volt-amperlarda) $S = U/Z$ (U – yuklamadagi kuchlanishning ta'sir etish qiymati, Z – yuklama to'liq qarshiligining moduli) va ularga muvofiq yuklamaning quvvat koeffitsiyentlari qiymati $\cos \varphi = R/Z$ (R – yuklamaning aktiv qarshiligi) beriladi;

4) Ta'minot manbainig elektr ta'minot tarmog'idan yoki elektr energiya ta'minotining birlamchi manбайдan iste'mol qilayotgan tokning nominal qiymati. O'zgaruvchan yuklama rejimida ishlaydigan ta'minot manbalari uchun birlamchi ta'minot manбайдan iste'mol qiladigan quvvatning maksimal, minimal va nominal quvvatlari beriladi.

5) o'zgaruvchan tok tarmog'i (yoki manbai)dan ta'minlanuvchi ta'minot manbalari uchun quvvat koeffitsienti $\cos \varphi = P/S$, bunda P – ta'minot manbainig birlamchi tarmoqdan iste'mol qilayotgan to'liq quvvatining aktiv tashkil etuvchisi, S – to'liq quvvatning nominal qiymati. O'zgarmas tok yuklamasi uchun $\cos \varphi = 1$, chunki $S = P$;

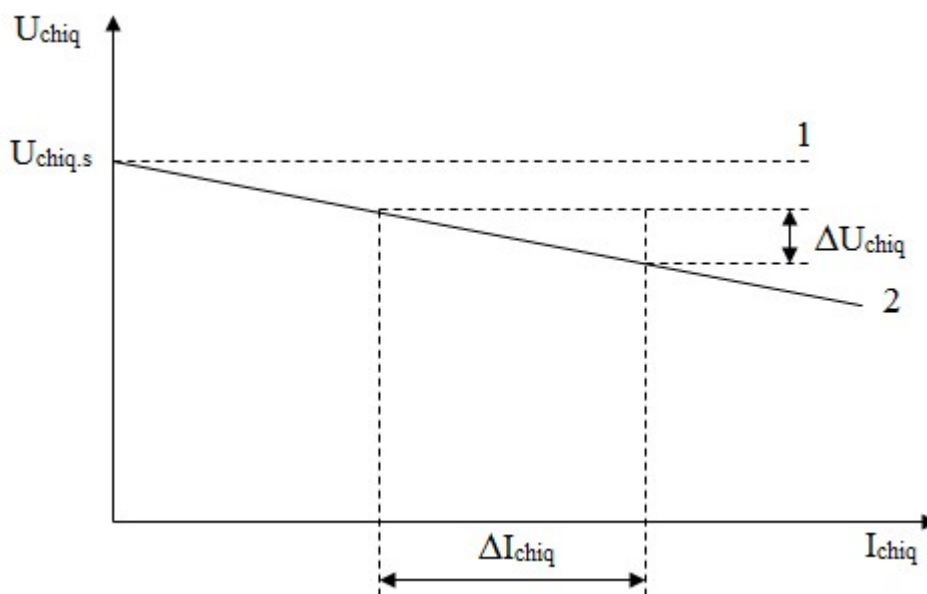
6) nominal rejimda foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni \cdot nom}}{P_{is \cdot nom}},$$

bunda, n – ta'minot manbainig chiqishlari soni; $P_{ni \cdot nom}$ – i chi chiqish bo'yicha

yuklamaga berilayotgan nominal quvvat, $P_{is.nom}$ – iste'mol qilinayotgan nominal quvvat;

7) ta'minot manbaning ichki qarshiligi, chiqish kuchlanishi o'zgarishi ΔU_{chiq} qiymatining ushbu o'zgarish sababli yuzaga keladigan chiqish toki o'zgarishi ΔI_{chiq} ning qiymatiga nisbati (1.1-rasm).



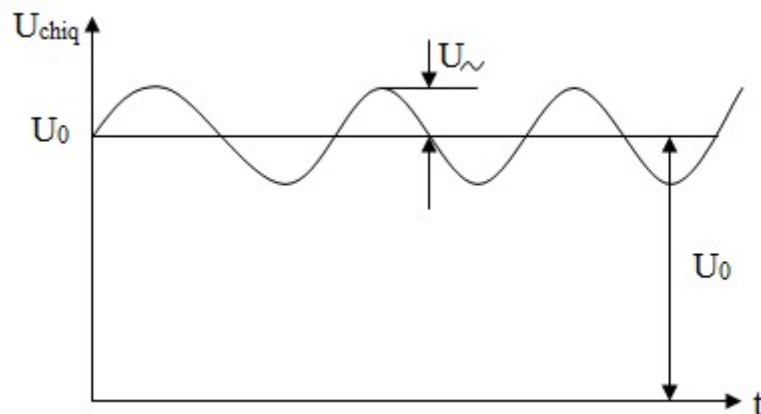
1.1-rasm. Tamnot manbaining yuklama xarakteristikasi:

- 1 – ta'minot manbaining ideal xarakteristikasi;
- 2 – ta'minot manbaining real xarakteristikasi.

8) chiqish kuchlanishining pulsatsiya sathi U_p va/yoki pulsatsiya koeffitsiyenti $K_p = \frac{U_{\sim}}{U_0}$, $U_{\sim}$ – chiqish kuchlanishi o'zgaruvchan tashkil etuvchisining birinchi garmonikasi amplitudasi, U_0 – chiqish kuchlanishining o'zgarmas tashkil etuvchisi (1.2-rasm).

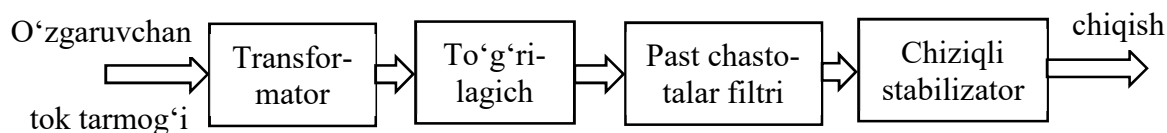
1.5. Chiziqli va impulsli ikkilamchi elektr ta'minot manbai

Yuqorida qayd qilinganidek, stabillangan ta'minot manbai kuchlanishni stabillash xarakteri bo'yicha uzluksiz (chiziqli) vaa impulsli rostlanuvchi manbalarga bo'linadi. Shunga o'xshash har qanday (stabillangan va stabillanmagan) ta'minot manbalarini chiziqli va impulsli manbalarga bo'lish qabul qilingan.



1.2-rasm. Ta'minot manbai chiqish kuchlanishning vaqt diagrammasi

Chiziqli ta'minot manbaida ta'minlayotgan tarmoqning o'zgaruvchan kuchlanishi transformator yordamida o'zgartiriladi, to'g'rilagich yordamida to'g'rilanadi, past chastotali filtlash va stabillash amalga oshiriladi (1.3-rasm).



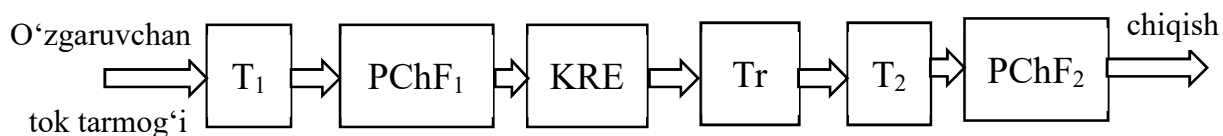
1.3-rasm. Chiziqli stabillangan taminot manbaining funksional sxemasi

Stabillanmagan ta'minot manbaida yuklama bevosita past chastotali filtrning chiqishiga ulanadi. Chiziqli ta'minot manbai stabilizatorlarida uzluksiz rostlash amalga oshiriladi: teskari bog'lanish signali bilan boshqariluvchi rostlovchi element (tranzistor) yuklama bilan ketma-ket yoki parallel ulanadi, natijada chiqish kuchlanishi o'zgarmas sathda ushlab turiladi.

Chiziqli kuchlanish stabilizatorlarining alohida ajralib turadigan farqi shundaki, ularning chiqish kuchlanishi har doim kirishdagi nostabil kuchlanishdan kichik bo'ladi. Bundan tashqari chiqish kuchlanishi U_{chiq} kirish kuchlanishi U_{kir} bilan bitta qutbda bo'lib, stabilizator uzluksiz $P_{tar} \approx I_{chi} (U_{kir} - U_{chiq})$ quvvatni tarqatadi, bunda I_{chiq} – chiqish toki (yuklama toki).

Impulsli ta'minot manbai o'zgaruvchan tok ta'minot tarmog'ining kuchlanishini birlamchi kuch transformatoridan (50 Hz chastota uchun katta og'irlik va tashqi o'lchamlarga ega) foydalanmasdan bevosita to'g'rilaydi va filtrlaydi.

To'g'rilangan va filtrlangan o'zgarmas tok katta quvvatli elektron kalit bilan ulanadi, so'ngra yuqori chastotali transformator yordamida o'zgartiriladi, yana to'g'rilanadi va filtr orqali tekislanadi (1.4- rasm).



1.4-rasm. Impulsli ta'minot manbaining funksional sxemasi:

T_1, T_2 – to'g'irlagichlar;

$PChF_1, PChF_2$ – past chastotali filtrlar;

KRE – kalitli rostlovchi element;

Tr – transformator.

Elektron kalit boshqaruvchi sxema shakllantiruvchi maxsus signal orqali boshqariladi. Chiqish kuchlanishini stabil ushlash uchun teskari bog'lanish ham o'rnatiladi (boshqaruvchi signal chiqish va tayanch kuchlanishlari farqiga bog'liq ravishda shakllantiriladi). Qayta ulash chastotasining yuqoriligi (20 kHz va undan yuqori) sababli transformatorlar va filtrlarning kondensatorlari ularning past chastotali (50 Hz) ekvivalentiga qaraganda ancha kichik o'lchamlarga ega bo'ladi. Impulsli ta'minot manbaining afzalligi foydali ish koeffitsientining yuqoriligi (60–80%) hisoblanadi (chiziqli ta'minot manbalarida 40–50% dan ko'p emas).

Radioelektron apparatlarni taminlash uchun ta'minot manbai sifatida qo'llaniladigan uchta turdagi impulsli elektron qurilmalardan foydalaniladi:

- o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirgichlar (AC-DC konvertorlar);
- o'zgarmas tokni o'zgarmas tokka o'zgartirgichlar (DC-DC konvertorlar);
- o'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka o'zgartirgichlar (DC-AC o'zgartirgich yoki invertorlar);

O'zgarmas tokni o'zgarmas tokka o'zgartiruvchi qurilmalar (DC-DC konvertorlar) xuddi shunday chiziqli o'zgartirgichlardan farqli ravishda:

- 1) chiqishdagi kuchlanish kirishdagi kuchlanishdan katta bo'lishini taminlashi;

2) kirish kuchlanishini invertorlash (chiqishdagi kuchlanish qutbi kirishdagi kuchlanish qutbiga teskari bo'lishi) ni ta'minlashi mumkin.

DC-DC konvertorlar impulsli ta'minot manbaining ishlash prinsipiga o'xshab ishlaydi, ammo bir o'zgarmas kuchlanishni boshqasiga, odatda yaxshi stabillanganiga o'zgartirish uchun ishlatiladi. Bunday o'zgartirgichlar radioelektron qurilmalar kimyoviy tok manbai yoki mustaqil o'zgarmas tok manbai bilan ta'minlanishi zarur bo'lganda ishlatiladi. Integral DC-DC konvertorlar tarmoq ta'minot manбайдan yoki batareyadan tizimga keluvchi o'zgarmas kuchlanishni o'zgartirish va taqsimlashda keng ishlatiladi.

DC-DC konvertorlarning boshqa bir keng tarqalgan qo'llanilishi bu batareya (1,5; 2; 3; 4,5; 9; 12; 24 V li) kuchlanishini boshqa kattalikdagi kuchlanishga o'zgartirishdir. Bunda chiqish kuchlanishi batareya kuchlanishining katta tebranishida ham etarlicha stabil holda qolishi mumkin. Masalan, 12 V li avtomobil akkumulyatordagi kuchlanish ish jarayonida 6 V dan 15 V gacha oraliqda o'zgarishi mumkin.

Impulsli va chiziqli ta'minot manbalarini taqqoslash. Chiziqli ta'minot manbalari ko'p afzalliklari: soddaligi, chiqish kuchlanishining kichik pulsatsiya sathi va shovqini, kuchlanish va tok bo'yicha nostabilligining qiymati, yuklama tokining sakrab o'zgarishidan keyin chiqish kuchlanishi meyoriy sathining qayta tiklanish vaqti kichikligiga qaramasdan, ularning qo'llanilishini cheklaydigan asosiy kamchiligi FIKning pastligi, og'irliq va tashqi o'lchamlarining kattaligidir.

Impulsli ta'minot manbalarining keng ko'lamda ishlatilishiga sabab, juda katta solishtirma quvvati va yuqori samaradorligidir. Impulsli ta'minot manbalarining muhim afzalliklari ushlab qolish vaqtining ko'pligi, ya'ni kirish kuchlanishi kamayganda uzoq vaqtgacha chiqish kuchlanishi ruxsat etilgan kattalikda saqlanib turadi. Bu esa raqamli hisoblash texnikasida va kompyuterlarda alohida ahamiyat kasb etadi.

Ta'minot manbalarining elementlar bazasi. Ta'minot manbalarining asosiy (bazaviy) elektro-radioelementlari sifatida quyidagilar qo'llaniladi:

- 1) elektrovakuum asboblari (diodlar, triodlar, ko'p setkali lampalar);
- 2) yarim o'tkazgichli diodlar, stabilitronlar, tiristorlar, tranzistorlar;

- 3) transformatorlar va g'altaklar (past chastotali, yuqori chastotali);
- 4) sig'imler (asosan solishtirma sig'imi katta bo'lgan oksidli sig'imler);
- 5) chiziqli integral mikroshemalar (operatsion kuchaytirgichlar va past chastotali kuchaytirgichlar);
- 6) integral kuchlanish va tok stabilizatorlari (chiziqli va impulsli);
- 7) impulsli ta'minot manbalari tarkibiga kiruvchi integral mikroshemalar (AC-DC va DC-DC konvertorlar, bir taktli va ikki taktli KIM-kontrollerlar, quvvat koeffitsiyenti korrektorlari, impulsli ikkilamchi elektr taminot manbalarini boshqaruvchi maxsus sxemalar);
- 8) ko'rsatkichli (indikatsiyali) elementlar (cho'g'lanma lampa, yorug'lik diodi, analog va raqamli indikatorlar);
- 9) saqlagichlar (eruvchan, bimetal va elektron).

Ta'minot manbalarining zamonaviy rivojlanish istiqbollari shundan iboratki, ular asosan integral mikroshemalarda quriladi, diskret faol elementlarning ulushi muntazam kamaymoqda.

1.1-jadval

Impulsli va chiziqli ta'minot manbalarini solishtirish

Parametri (imkoniyati)	Chiziqli ta'minot manbai	Impulsli ta'minot manbai
FIK, %	40 – 55	60 – 80
O'rtacha solishtirma quvvat, Vt/dm^2	30	130 – 150
Kirish kuchlanishi bo'yicha nostabilligi, %	0,02 – 0,05	0,05 – 1
Yuklamadagi tok bo'yicha nostabilligi, %	0,02 – 0,1	0,1 – 1
Chiqish kuchlanishi pulsatsiyasi, mV	0,5 – 2	25 – 100
Qayta tiklanish vaqti, mks	50	300
Ushlab qolish vaqti, ms	2	30 – 35
Kirish kuchlanishining qutbini o'zgartirish imkoniyati	yo'q	bor
DC-DC o'zgartirgichlarida kirish kuchlanishini oshirish imkoniyati	yo'q	bor

Hozirda sanoatda o'rnatilgan kuchlanish qiymatiga mo'ljallangan, shuningdek chiqish kuchlanishi qiymatini etarlicha keng diapazonda rostlashga mo'ljallangan ko'plab chiziqli integral stabilizatorlar ishlab chiqarilmoqda. Masalan KR142EN12A turidagi stabilizator +1,25 V dan +36 V gacha kuchlanishni stabillab berish xususiyatiga hamda 1,5 A tokda ishlovchi yuklamani ta'minlash xususiyatiga ega.

1.6. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bu atrof-muhitda doimo bo'ladigan va davriy ravishda vujudga keladigan energiya oqimlari asosidagi manbalardir. Qayta tiklanuvchi energiya quyosh energiyasi, er qobig'idan keladigan issiqlik geotermal energiyasi, oqim quyilishdan foydalaniladigan gidravlik energiya va Yer, Oy va Quyoshning o'zaro gravitatsion ta'sirlanishi natijasida vujudga keladigan shamol energiyasi hisoblanadi.

Erga tushadigan quyosh nurlanishi oqimining eng katta zichligi 0,3-2,5 mkm to'liq uzunliklari diapazonida taxminan 1 kVt/m² ni tashkil qiladi. Bu nurlanish qisqa to'liqli hisoblanadi va ko'rinadigan spektrni o'z ichiga oladi. Aholi yashaydigan joylar uchun joyga, kunning vaqtiga va ob-havoga bog'liq ravishda erga tushadigan quyosh energiyasi oqimlari kun davomida 3 dan 10 mJ/m² gacha o'zgaradi. Quyosh nurlanishi quyosh sirtida 6000 °K harorat bo'lganida aniqlanadigan tarqalish maksimumida fotonlar energiyasi (taxminan 2 eV) orqali xarakterlanadi. Yer sirtini atmosfera bilan bog'lovchi nurlanish energiyasi oqimlari ham taxminan 1 kVt/m² ga teng, lekin ular 10 mkm atrofidagi maksimumli, uzun to'liqli deyiladigan 5-25 mkml boshqa spektral diapazonni yopib qo'yadi. Spektr bo'yicha qisqa to'liqli va uzun to'liqli nurlanishlar bir-biridan etarlicha uzoqda joylashgan va ularni oson ajratish mumkin.

Maqbul sharoitlarda, ya'ni ekvatorga yaqin joylarda quyosh tikkada bo'lib, havo esa ochiq bo'lganida 1 m² sirtga 1 kVt gacha nurlanish energiyasi tushishi mumkin.

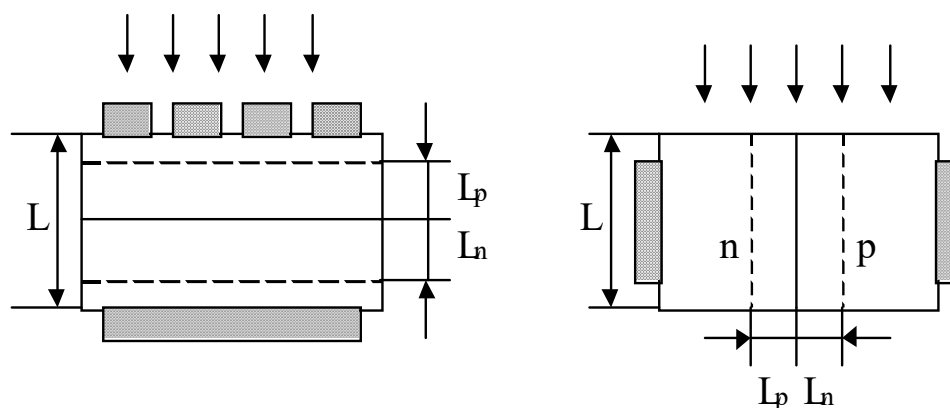
Quyosh energiyasini o'zgartirishning ikki usuli mavjud:

- 1) quyosh energiyasini elektr energiyasiga to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirish (fotoo'zgartirgichlar yordamida);
- 2) quyosh nurlanishini issiqlik energiyasiga o'zgartirish (quyosh kollektorlari yordamida).

Quyosh nurlanishini to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirish uchun yarim o'tkazgichli materiallardan foydalaniladi.

Quyosh batareyalari barcha radioelektron apparaturalarda keng qo'llaniladi. Atrof-muhit ta'siriga barqarorligi uchun ular ochiq koinotda harorat $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha bo'lgan sharoitlarda ishlashi mumkin. Yarim o'tkazgichli quyosh elementlarining tashqi sirti radiatsiya ta'siridan va issiqlikdan himoyalovchi optik qatlam bilan qoplanadi.

Quyosh nurlanishini to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirish uchun yarim o'tkazgichli materiallardan foydalaniladi. Quyosh elementlari tayyorlanadigan yarim o'tkazgichli elementlar $10^{-2} \dots 10^2\text{ Om/sm}$ solishtirma qarshilikka ega. Yarim o'tkazgichlar r-turli va n-turli bo'ladi. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirish jarayoni fotoelektrik effekt orqali amalga oshiriladi. U yarim o'tkazgich sirt qatlamlarida 2-3 mkm qalinlikdagi erkin elektronlar ko'rinishida vujudga keladi. Yarim o'tkazgich sirtida erkin elektronlarning paydo bo'lishi va elektr potensiallar farqi yuzaga kelganida unda elektr toki vujudga keladi. Potensiallar farqi yarim o'tkazgichning nurlanadigan sirti va soya tomoni orasida uning sirt qatlamlariga maxsus qo'shimchalarni kiritish hisobiga yuzaga keladi (1.5-rasm).



1.5-rasm. p-n o'tishning sxemasi

Qo‘shimchalardan biri (n-turli) qo‘shimcha elektronlarni va sirtning manfiy zaryadini hosil qiladi, ikkinchisi esa (r-turli) elektronlarning etishmasligini, ya’ni musbat zaryadni hosil qiladi. Chegarada elektronlarning diffuziyasi tufayli kontakt potentsiallar farqi vujudga keladi. Agar teshikli o‘tishli (r-turli) yarim o‘tkazgich yoritilsa, u holda uning elektronlari yorug‘lik kvantlarini yutib elektron o‘tishli (n-turli) yarim o‘tkazgichga o‘tadi. Bunda yopiq zanjirda elektr toki hosil bo‘ladi.

Ko‘pincha kremniyli quyosh elementlaridan foydalaniladi. Kremniy erda eng ko‘p tarqalgan elementdir. Elementlar kremniyni eritish va keyin 5-10 sm diametrli sterjen shaklidagi kristalli kremniyni o‘stirish yo‘li bilan olinadi. Bevosita yarim o‘tkazgichlarni olish uchun bu sterjenlar 300 mkm atrofidagi qalinlikdagi yupqa plastinkalarga bo‘linadi. Ular fotoelektrik elementlarning asosiy qismi hisoblanadi.

Fotoelement yoritilganda 0,5 V qiymatli kuchlanishni hosil qiladi. Chiqish toki esa yorug‘lik intensivligiga va elementning ishchi sirtiga bog‘liq. Shuningdek tok kuchi yorug‘likning to‘lqin uzunligiga va uning intensivligiga bog‘liq bo‘lib, yorug‘likning nurlanish intensivligiga to‘g‘ri proporsionaldir. Yorug‘lik qanchalik yorqin bo‘lsa, shunchalik katta tok hosil bo‘ladi. Yorug‘lik intensivligi 1 kVt/m^2 li er sharoitlarida bu elementlarning foydali ish koeffitsienti 22-26 foizga, ishlab chiqarish namunalarida esa 10-14 foizga etishi mumkin.

Ko‘pgina rivojlangan davlatlarda, xususan O‘zbekistonda ham noan’anaviy energiya resurslarini o‘zlashtirishni maqsadli dasturlari qabul qilingan va tatbiq qilinmoqda. Shamol Quyosh va Yer aylanishi ta’siri natijasida kelib chiqadigan tasodifiy boshqarilmaydigan tabiat jarayoni hisoblanadi. Energiya manbai sifatida, shamolning xususiyati, avvalambor, asosan tezlikning katta o‘zgaruvchanligi orqali uning doimiy emasligidir, bunda u asosan tezlikning katta o‘zgaruvchanligi orqali aniqlanadi. Bu shamol oqimi kinetik energiyasining vaqtning nisbatan kichik oraliqlarida ham katta chegaralarda o‘zgarishga olib keladi.

Turli hududlarda shamolning yo‘nalishi va kuchi Yer sirtidan balandlikka bog‘liq ravishda turlicha o‘zgaradi. Masalan, shimoliy yarim sharda Yer sirtiga yaqin (10....50 m) joylarda o‘rtacha tezlik 7-9 m/s ni tashkil qiladi. 25-30 m/s tezlikdan ortiq shamol tezligi xalq xo‘jaligiga jiddiy zarar etkazishi mumkin,

shuning uchun shamol energiyasini mexanik yoki elektr energiyasiga o'zgartirish uchun shamol tezligi 3-25 m/s bo'lganda samarali hisoblanadi.

F ko'ndalang kesimli havo oqimining energiyasi quyidagiga teng:

$$E = m \cdot v^2 / 2$$

F orqali v tezlikda oqib o'tuvchi havoning sekunddagi massasi m mos ravishda quyidagiga teng bo'ladi:

$$m = p \cdot F \cdot v,$$

u holda

$$E = pv^3 F / 2,$$

bunda, p – havoning zichligi, normal sharoitlarda 1,23 kg/m³ ga ($t=15$ °C, $p=1,3$ kPa yoki 760 mm.sim.ust.) teng bo'ladi.

Shunday qilib, shamol energiyasi uning tezligining kubiga proporsional o'zgaradi. Shamol g'ildiragi faqat shamol energiyasi foydalanish koeffitsiyenti orqali baholanadigan energiyani ma'lum qismini foydali ishga o'zgartirishi mumkin. Zamonaviy shamol dvigatellari normal ish rejimida shamol orqali kinetik energiyasining 45-48% dan ortiq bo'lmagan qismini mexanik energiyaga o'zgartiradi.

I.E.Jukovskiy nazariyasi bo'yicha ideal hol uchun

$$\xi = E_{SHD} / E, \quad \xi = 0,593,$$

ya'ni shamol g'ildiragi qabul qilgan to'la energiya oqimining bir qismini shamol dvigateli mexanik energiyaga o'zgartiradi.

1 m² ko'ndalang kesim oqimda $t=15$ °C va $p=1,3$ kPa bo'lganida solishtirma quvvat (sekund energiya) quyidagini tashkil qiladi:

Shamol tezligi, m/s	4	6	8	10	14	18	22
Oqim quvvati, kVt/m ²	0,04	0,13	0,31	0,61	1,67	3,6	6,25

Shamol g'ildiragi hosil qiladigan sekundli ishi yoki quvvat quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$E = pv^3 F \xi / 2, \text{ n*m/s.}$$

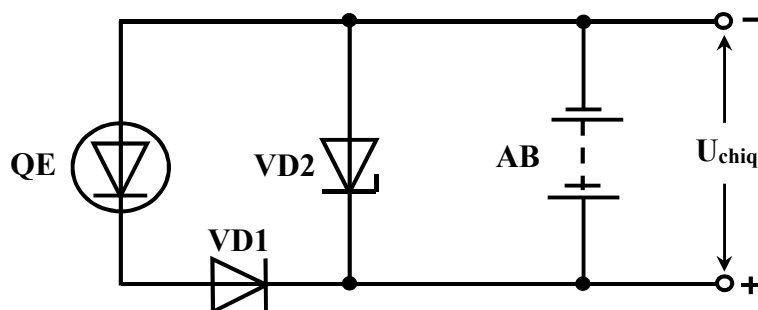
Havo oqimi ham, istalgan harakatlanuvchi jism ham harakat energiyasiga ega bo'ladi. Bu kinetik energiya shamol parragi yoki boshqa ishchi organ yordamida mexanik energiyaga o'zgartiriladi.

Shamol qurilmalariniyu vazifasiga ko'ra, mexanik energiya ijrochi mexanizmlar (generatorlar, kompressorlar, elektrolizlar va boshqalar) yordamida elektr, issiqlik, mexanik, shuningdek, siqilgan havo energiyasiga o'zgartirilishi mumkin. Havo oqimi kinetik energiyasini mexanik energiyaga o'zgarishi uchun turli shamol dvigatellaridan foydalanish mumkin.

1.7. Quyosh elementlari asosidagi elektr ta'minoti manbalari

Istiqbolli quyosh elementlariga foydali ish koeffitsiyenti 10 foizdan yuqori bo'lgan sulfid kadmiy asosidagi geterostrukturani kiritish mumkin. Yana bir istiqbolli yarim o'tkazgichli material arsenid galliy hisoblanadi. U nur energiyasini elektr energiyasiga o'zgartirishda yuqori samaradorlikka ega bo'lib, foydali ish koeffitsienti 27 foizgacha etishi mumkin. Bu quyosh fotoelektrik o'zgartirgichlarining eng yuqori foydali ish koeffitsientidir. Bundan tashqari 100 °C dan yuqori haroratlarda barqarorlikka ega.

Odatda quyosh batareyalari uzluksiz elektr ta'minoti manbalarida akkumulyator batareyalar bilan birgalikda ishlatiladi. 1.6-rasmda quyosh elementining va akkumulyator batareyasining o'zaro ulanish sxemasi ko'rsatilgan.



1.6-rasm. Quyosh elementi va akkumulyator batareyasining o'zaro ulanish sxemasi

Sxemada akkumulyator batareyasini quyosh elementidan zaryadlanishining

oldini olish uchun VD1 diod qo'yilgan.

Elektr energiyasini to'plagich sifatida qo'sh elektr qatlami kondensatorlar qo'llanilishi mumkin. Bunday turdagi kondensatorlar akkumulyatorlardan qimmat, lekin apparaturaning xizmat muddati davrida almashtirilishni talab qilmaydi.

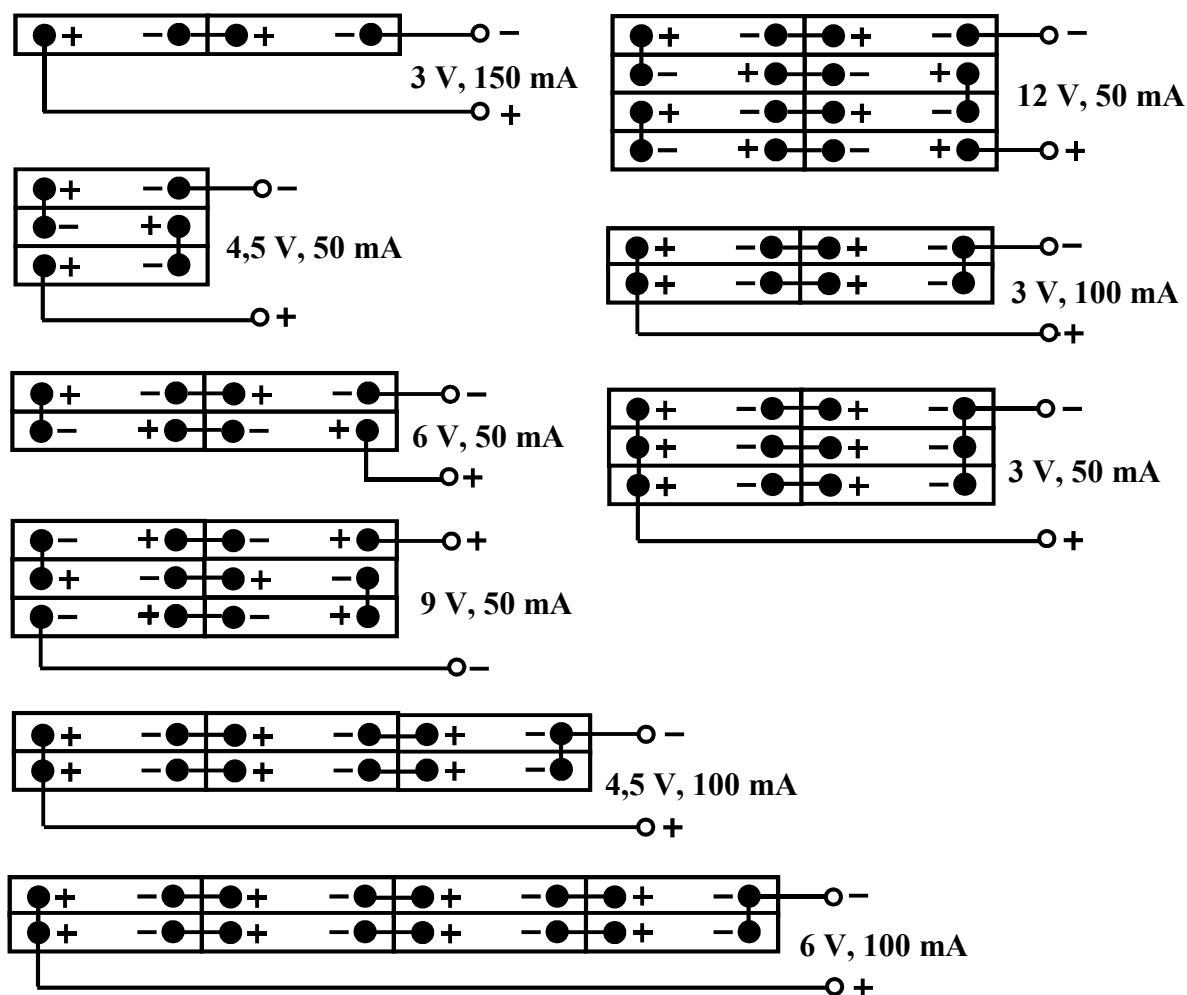
Quyosh elementlari zarur bo'lgan kuchlanishni yoki tokni olish uchun parallel yoki ketma-ket ulanadi. Quyosh batareyalarining solishtirma xarakteristikalari quyosh elementlari orqali aniqlanadi va taxminan $100 \dots 1200 \text{ V/m}^2$ ni tashkil qiladi.

«Elektronika M1» modeli ketma-ket ulangan 30 ta quyosh elementidan tashkil topgan. Akkumulyator batareyasi ketma-ket ulangan ettita D-0,26 disksimon batareyalardan iborat. Ajratuvchi diod sifatida KD106A diod qo'llaniladi. «Elektronika M1» modeli kirish kuchlanish 9 V bo'lgan va olib yurishga mo'ljallangan apparaturalar uchun ishlatiladi.

«Elektronika MN» modeli portativ magnitafonlarni, pleyerlarni va boshqa (2,5...3 V kirish kuchlanishga mo'ljallangan) radioelektron apparaturalarni elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun ishlatiladi. Quyosh batareyasi ketma-ket va parallel ulangan 27 ta elementdan iborat. Akkumulyator batareyasi esa NKGS-0,5 turdagi ikkita ketma-ket ulangan va A316 galvanik elementlar bilan almashtirish mumkin bo'lgan akkumulyatorlardan iborat.

«Elektronika M5» modeli 5,5...6 V kirish kuchlanishga mo'ljallangan radioqabullagichlarda va boshqa radioapparaturalarda ishlatiladi. Quyosh batareyasi 20 ta ketma-ket ulangan quyosh elementlaridan iborat. 5 ta D-0,26 turdagi akkumulyatorlardan tashkil topgan.

Turli nominaldagi chiqish kuchlanishlarni olish uchun SB-9M turdagi birlik moduldan foydalanish qulay. Nominal kuchlanishi 1,5 V bo'lgan modul ketma-ket ulangan 4 ta quyosh elementidan iborat. Birlik modullarning bir necha xil ulanish sxemalari 1.7-rasmda keltirilgan.



1.7-rasm. SB-9M turdagi birlik modullarning ulanish sxemalari

1.8. Elektr ta'minoti manbalarining rivojlanish istiqbollari

Ma'lumki, hozirgi vaqtda elektron apparaturani miniaturizatsiyalash uning taraqqiyotining asosiy yo'nalishi hisoblanadi. Lekin bu elektr ta'minot manbalariga kam ta'sir etmoqda. So'nggi yillarda shunday holat yuzaga keldiki, elektr ta'minot manbalarining hajmi va og'irligi boshqa funksional qismlarga (bloklarga) qaraganda ancha katta bo'ldi va 20...30 foizni tashkil qildi, ayrim hollarda esa, elektron apparaturani butun hajmi va og'irligidan katta bo'ldi. Buning asosiy sabablari quyidagilar hisoblanadi:

- ta'minot manbalari quvvatli yarim o'tkazgichli asboblarda, katta hajmli transformatorlarda, kondensatorlarda, drossellarda va boshqa elementlardan yig'ilgan kuch qurilmasi hisoblanadi. Bunday elementlar bazasi elektr ta'minot manbalarini miniaturizatsiyalashni amalga oshirishga imkon bermaydi.

- elektr ta'minot manbalaridagi quvvat isrofi sababli uncha yuqori bo'lmagan foydali ish koeffitsiyenti tranzistorlar, tiristorlar va diodlardan issiqlikni yo'qotish uchun katta o'lchamlardagi sovutkichlarni (radiatorlarni) qo'llanilishini talab qiladi. Bunda elektr ta'minot manbalarini miniatyurizatsiyalash elementlarning hajmi kamaytirilganda ulardan ajralib chiqadigan issiqlikning ruxsat etilmaydigan qiymatlarga ortishiga sabab bo'ladi.

Elektr ta'minot manbalarining hajmi va og'irligini transformersiz to'g'rilash sxemalariga o'tish, silliqlovchi filtrlarni esa tranzistorlarda yig'ish orqali oson kamaytirish mumkin. Biroq, bu muammoning yarim yechimi hisoblanadi.

Bunday muammoning asosiy echimi butun elektr ta'minot manbaini miniatyurizatsiyalashdan iborat. Mutaxassislarning fikricha elektr ta'minot manbalari tarkibiga kiradigan barcha elementlarning hajmi va og'irligini kamaytirish kerak. Buni quyidagicha amalga oshirish mumkin:

- to'g'rilanadigan o'zgaruvchan kuchlanish chastotasini sezilarli oshirish kerak, bu transformatorlar, drossellar va kondensatorlar hajmi va og'irligini keskin kamaytirishga olib keladi;

- qobiqsiz (korpussiz) quvvatli yarim o'tkazgichli asboblari, 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 ikkilami elektr ta'minot manbalarini impulsli ikkilamchi elektr ta'minot manbalariga almashtirish (bir vaqtda impuls chastotasini orttirgan holda).

Elektr ta'minot manbalarini miniatyurizatsiyalash muammosini echish elektron qurilmalar chiqish parametrlari ko'rsatkichlarini keskin yaxshilashga va ularning ishonchliligini oshirishga imkon beradi.

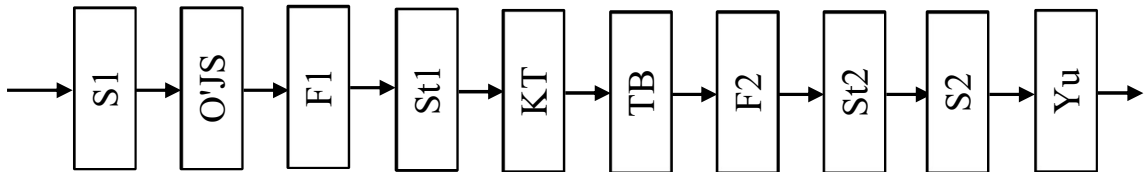
Nazorat savollari

1. Birlamchi elektr ta'minoti manbalari deb qanday manbalarga aytiladi?
2. Ikkilamchi elektr ta'minoti manbalari deb qanday manbalarga aytiladi?
3. Elektr ta'minot tarmog'ining asosiy elektr parametrlarini ayting.
4. Ikkilamchi elektr ta'minot manbaining parametrlarini aytib bering.
5. Chiziqli stabillangan taminot manbaining funksional sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
6. Impulslı ta'minot manbaining funksional sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
7. Impulslı va chiziqli ta'minot manbalarini taqqoslab bering.
8. Ta'minot manbalarining asosiy (bazaviy) elementlarini sanab bering.
9. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari deganda nimani tushunasiz?
10. Elektr ta'minoti manbalarining rivojlanish istiqbollarini qanday tasavvur qilasiz?

2. CHIZIQLI TA'MINOT MANBALARI

2.1. Chiziqli ta'minot manbaining umumlashgan strukturaviy sxemasi

Chiziqli ta'minot manbaining umumlashgan strukturaviy sxemasi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm. Chiziqli ta'minot manbaining umumlashgan strukturaviy sxemasi:

S1,S2 – saqlagichlar;

O'JS – o'tish jarayoni so'ndirgichi;

F1, F2 – filtrlar;

KT – kuch transformatori;

TB – to'g'rilash bloki;

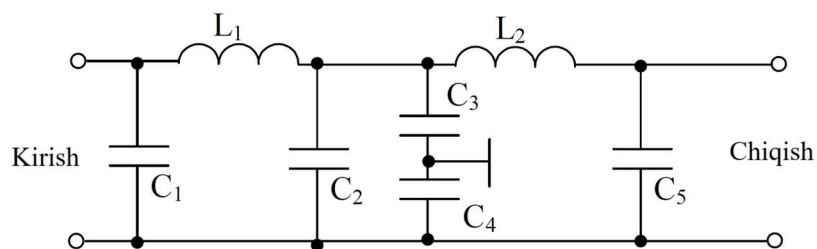
St1, St2 – stabilizatorlar;

Yu – yuklama.

Qurilmaning asosiy elementlari quyidagilardir: kuch transformatori, to'g'rilash bloki, F2 past chastotali filtri va St2 o'zgarmas tok stabilizatori. Qurilmadagi qolgan boshqa funksional elementlar ta'minot manbaining xarakteristikasini yaxshilaydi va qo'llanish jarayonida havfsizligini ta'minlaydi. Qurilma elementlarining vazifalari bilan tanishib chiqamiz.

O'tish jarayoni so'ndirgichi (O'JS). Bu qurilma chiqishidagi kuchlanish aniq bir qiymatga etganda kerakli miqdorda tok o'tkazadi (ikki tomonlama yuqori kuchlanishli stabilitron vazifasini bajaradi). O'JS qulay, arzon va shu bilan birga o'nlab, yuzlab amper havfli tok impulslarini so'ndiradi. Masalan, Siemens firmasining S07K130 va S20K130 O'JS 500 va 4000 A ga mo'ljallangan va chiqishidagi kuchlanishning ta'sir etish qiymati 130 V dan oshganda o'tkazish holatiga o'tadi.

Filtrlar. F1 filtr sifatida oddiy chiziqli LC-filtrdan foydalanilgan. F1 filtri radionurlanishlardan himoyalab, ta'minot manbaining kirish zanjiridagi tarmoq xalaqitlari sathini so'ndiradi. Shu bilan birga F1 filtr va O'JS o'zgaruvchan tok tarmog'idagi impulsli o'takuchlanishdan himoyalaydi. Amaliyotdan bizga ma'lumki, 110 va 220 V 50 Hz tarmoqda qisqa muddatli 1-5 kV gacha kuchlanish sakrashi (keskin o'zgarishi) ro'y berishi mumkin. F1 filtrning namunaviy sxemasi 2.2-rasmda keltirilgan.



2.2-rasm. Corcom firmasining chiziqli tarmoq filtri sxemasi

Odatda bunday filtrlar bir nechta amper tok qiymatiga mo'ljallangan bo'ladi va o'nlab detsibel xalaqitlarni so'ndiradi. Corcom firmasining 3EDSC2-2 filtri 30-40 dB xalaqitlarni so'ndiradi va undan faqat 3 A gacha tok oqib o'tishi mumkin. Sprague firmasining 200JM6-2 filtri 6 A tokgacha mo'ljallangan, ammo xalaqitlarni so'ndirishi nisbatan yomonroq (12-25 dB).

F2 past chastotalar filtri o'zgarmas kuchlanish pulsatsiyasini so'ndirish uchun xizmat qiladi. Odatda bu eng oddiy RC-filtrlar bo'lib, bir gers atrofida kesish chastotasiga ega. Filtrlar to'g'risida keyingi 2.2-"Boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar" bo'limida kengroq to'xtalamiz.

Stabilizatorlar. St1 stabilizatori o'zgaruvchan kuchlanishni stabillab beradi. St2 stabilizatori o'zgarmas chiqish kuchlanishini stabillash uchun mo'ljallangan. Parametrik stabilizatorlar eng oddiy qurilma bo'lib, nochiziqli elementlardan (stabilitronlardan) yig'iladi. Eng yaxshi parametrlarga kompensatsion stabilizatorlar ega bo'lib, uzluksiz ravishda chiqish kuchlanishini rostlab beradi. Bunday stabilizatorlar sifatida juda yaxshi parametrlarga ega integral sxemalar ham ishlatiladi.

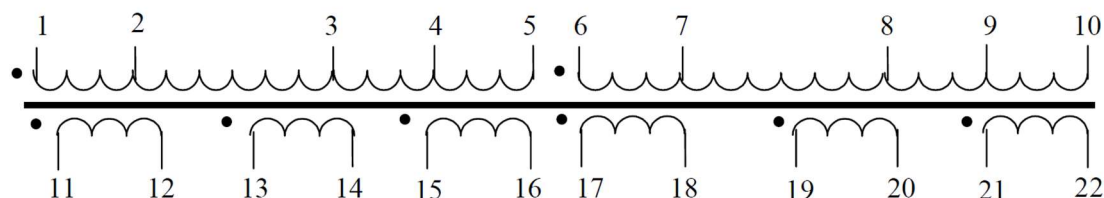
Kuch transformatori. Ko'pincha ta'minot manbalarida bir yoki bir nechta transformatorlar ishlatiladi. Kuch transformatorlari ta'minot manbaida ikkita asosiy

vazifani bajaradi: o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgartiradi va tarmoq bilan yuklama orasida galvanik bog'lanishni ta'minlaydi. Transformatorsiz ta'minot manbai sxemani xavfli yuqori kuchlanish ta'siri ostida qoldirishi mumkin. Masalan, tashqi erga ulanish, suv uzatish tizimi va markaziy isitish tizimlarini yuqori kuchlanish ta'siri ostida. Bu esa qurilmada ishlayotgan inson uchun o'ta havfli holatni keltirib chiqaradi. Shuning uchun ta'minot manbaini loyihalashtirayotganda tayyor unifikatsiyalangan transformatorlarni tanlash maqsadga muvofiq. Sanoatda quyidagi turdagi ta'minot transformatorlari ishlab chiqarilmoqda:

- 1) anodli (AT) va cho'g'lanma (CHT);
- 2) anod-cho'g'lanma (ACHT);
- 3) yarim o'tkazgichli qurilmalar ta'minotiga mo'ljallangan (YaO'T);
- 4) kuch transformatorlari (KT).

Chet el firmalarining tayyor transformatorlaridan foydalanish ham mumkin, masalan Signal Transformer Company.

Yarim o'tkazgichli qurilmalar ta'minotiga mo'ljallangan keng qo'llaniladigan transformatorning prinsipial elektrik sxemasi 2.3-rasmda keltirilgan.

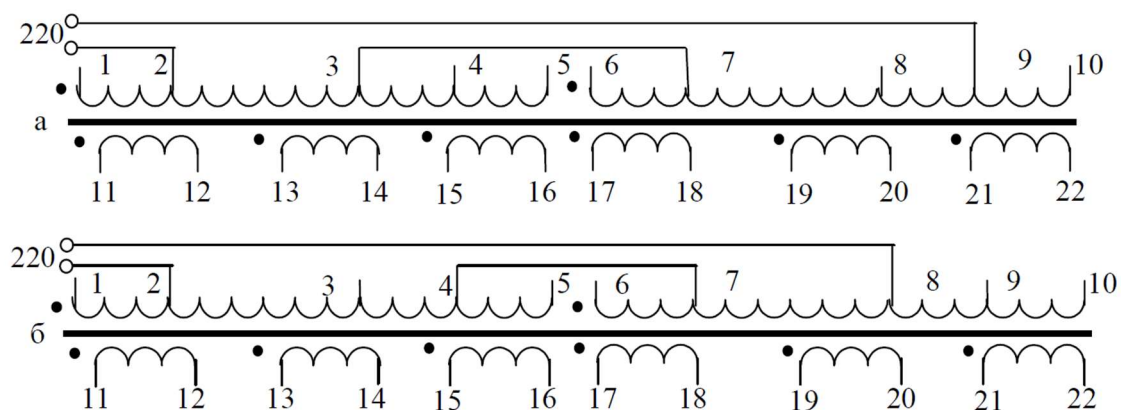


2.3-rasm. 127 va 220 V kuchlanishga YaO'T prinsipial sxemasi

Prinsipial sxemadan ko'rinadiki, transformatorlarda oltita ikkilamchi cho'lg'am bo'lib, to'rtta ishchi (11-12, 13-14, 15-16, 17-18) va ikkita qo'shimcha (19-20, 21-22) cho'lg'amdan iborat. Birlamchi cho'lg'am ikkita seksiyaga ajratilgan, ulardan har birining beshta chiqishi bor. Birlamchi cho'lg'amning 220 V kuchlanishli elektr tarmog'iga ulanish sxemasi 2.4-rasmda keltirilgan.

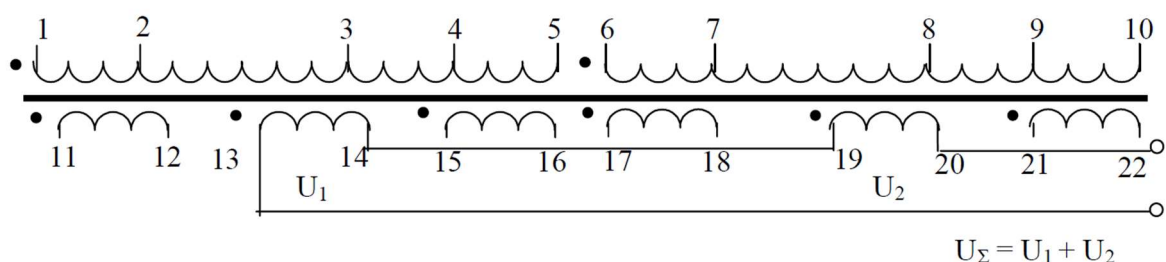
Sxemadan ko'rinadiki, cho'lg'amning ma'lum bir o'ram chiqishlari ochiq holatda qoladi. Qo'shimcha o'ramlardan transformatsiya koeffitsiyentini o'zgartirish uchun foydalaniladi. Birlamchi cho'lg'am o'ramlarining sonini oshirish hisobiga (transformatsiya koeffitsiyentini oshirib), ikkilamchi cho'lg'am

kuchlanishini ma'lum oraliqda kamaytirish mumkin bo'ladi. Transformatorlar turining soni ko'p bo'lishiga qaramasdan (YaO'Tlar uchun ikki yuzdan ortiq) ta'minot manbaini yaratishda (ishlab chiqishda) ko'pincha ikkilamchi cho'lg'amni ketma-ket va parallel ulanishidan foydalaniladi (2.5-rasm).



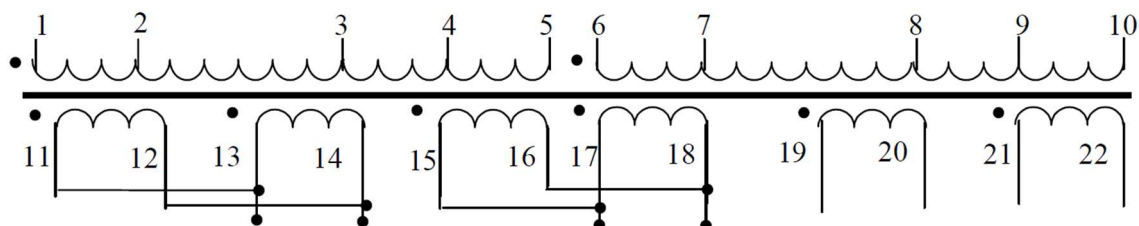
2.4-rasm. YaO'Tni 220 V kuchlanishli o'zgaruvchan tok tarmog'iga ulanishi

a) – birinchi variant; b) – ikkinchi variant



2.5-rasm. YaO'Tning ishchi va kompensatsion cho'lg'amlarini ketma-ket ulanish sxemasi

Bunda keyingi o'ram boshlanishi (nuqta bilan belgilanadi) oldingi o'ram oxiriga ulanadi. Tokni oshirish uchun esa, bir xil kuchlanishga ega bo'lgan o'ramlar parallel ulanadi (2.6-rasm).



2.6-rasm. Transformator o'ramlarining parallel ulanishi

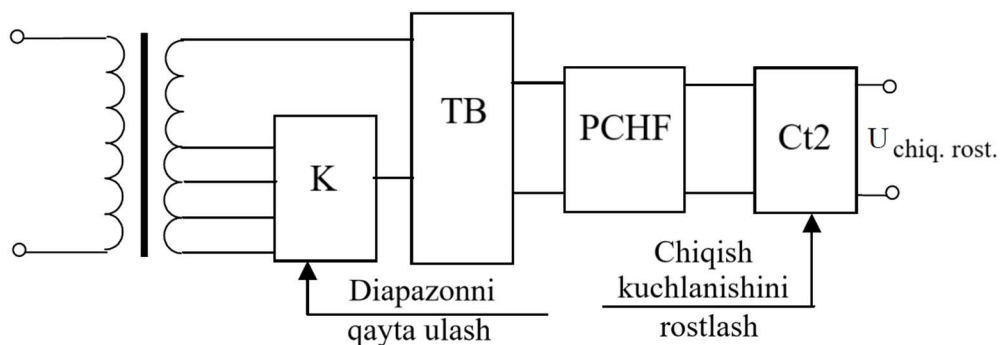
Ko'pgina YaO'T transformatorlarda barcha uchta juft ikkilamchi cho'lg'amlar (11-12, 13-14, 15-16, 17-18, 19-20, 21-22) parallel (juft-juft bo'lib) ulanadi.

Kuch transformatorlarini tanlashda quyidagilarga e'tibor qaratish lozim:

- 1) kuch transformatorining quvvati yuklama talab etadigan quvvatdan kam bo'lmashligi kerak (bir muncha zahira quvvat ham nazarda tutilishi kerak);
- 2) birlamchi cho'lg'am kuchlanishi ta'minot tarmog'i kuchlanishi bilan mos kelishi zarur, ya'ni bir xil bo'lishi kerak;
- 3) stabillangan ta'minot manbaida ikkilamchi cho'lg'am kuchlanishi shunday bo'lishi kerakki, bunda St2 stabilizator kirishidagi doimiy kuchlanishning minimal qiymati chiqish kuchlanishi qiymatidan katta bo'lishi (minimum 3-5 V ga) kerak. Bu shu bilan bog'liqki, birinchidan chiziqli stabilizatorlarda kuchlanishning pasayishi 0,6-3 V; ikkinchidan tarmoq kuchlanishining yuz berishi mumkin bo'lgan davriy (takrorlanib turuvchi) o'zgarishi. Shu bilan birga zahira kuchlanishi katta bo'lmashligi kerak, chunki bu holatda chiziqli stabilizatorning ajratadigan foydasiz quvvati oshadi, natijada FIK kamayadi;
- 4) chiqish kuchlanishini rostlash zaruriyati tug'ilganda bir nechta ikkilamchi cho'lg'amdan iborat kuch transformatoridan foydalanish mumkin (2.7-rasm).

2.7-rasmdagi strukturaviy sxemadan ko'rinadiki, to'g'rilagich bloki (TB) kirishiga ikkilamchi cho'lg'amning diskret o'zgaruvchi kuchlanishi beriladi. Kuchlanishni qayta ulash K kommutator orqali amalga oshiriladi, bunda kommutatorni qo'lda boshqarish, shuningdek chiqish kuchlanishining talab etiladigan sathiga bog'liq holda maxsus boshqarish sxemasi orqali shakllantiriladigan signal yordamida boshqarish ham mumkin.

To'g'rilagich bloki. To'g'rilagich sifatida bir yo'nalishda tok o'tkazadigan ventil qurilmadan foydalanish mumkin. Nisbatan keng tarqalgan ventil sifatida yarim o'tkazgichli doiddan foydalanish mumkin. O'zgaruvchan tok to'g'rilagich sxemasi bilan "Boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar" deb nomlangan 2.2-bo'limda batafsil to'xtalamiz.



2.7-rasm. To‘g‘rilagich bloki kirishida kuchlanishni diskret o‘zgartirishli ta‘minot manbaining strukturaviy sxemasi

Saqlagichlar. Saqlagichlar ta‘minot manbaini qisqa tutashuvdan, yuklamaga kuchli toklar o‘tib ketishidan va ta‘minot manbaini ishdan chiqishidan himoyalaydi. Saqlagichlar sifatida eruvchan metall qo‘shimcha (bir martalik), bimetall (qo‘shmetall) va elektron (ko‘p martalik) saqlagichlardan foydalaniladi. Ta‘minot manbaining eng ko‘p tarqalgan ishdan chiqishiga F2 filtring kondensatori sabab bo‘ladi. Bunda transformatorning birlamchi cho‘lg‘amidagi tok bir necha amperga etishi mumkin (meyoriy rejimdagi 0,1-0,5 A o‘rniga). Bunda 220 V o‘zgaruvchan tok tarmog‘iga ulangan kuch transformatori maishiy elektrisitkich quvvatiga teng bo‘lgan quvvatni ajratadi (sochadi).

Saqlagichlarning nisbatan keng tarqalganlari bu eruvchan metall qo‘shimchalardir. Saqlagichlarni shunday tanlash maqsadga muvofiqi, tok nominal qiymatidan deyarli 50 % ga katta bo‘lishi kerak. Bu birinchidan ulanishda o‘tish jarayoni tokining davriy yuzaga keluvchi sakrashlari bilan (F2 filtr kondensatorining zaryadlanishi), ikkinchidan saqlagichning “charchaganligi” bilan bog‘liq.

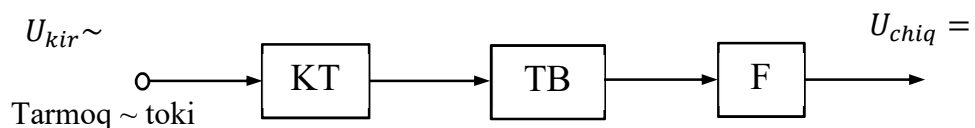
Yuklama. Yuklama ta‘minot manbai tarkibiga kirmaydi. Ammo ta‘minot manbaiga qo‘yiladigan ko‘pgina talablarni, birinchi navbatda quyidagilarni aniqlashga imkon beradi:

- chiqish kuchlanishi (lari);
- chiqish toki (lari);
- chiqish kuchlanishi (lari) ning stabilligi va pulslanishi;
- ta‘minot manbai chiqishini himoyalash turlari.

2.2. Boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar

To'g'rilagichlar o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga aylantirib berishga mo'ljallangan elektrotexnik qurilmalardir. To'g'rilagichlarning asosiy elementlari transformator va ventillar hisoblanadi, ular yordamida yuklama zanjiriga bir yo'nalishda tok oqib o'tishi ta'minlanadi, natijada o'zgaruvchan kuchlanish bir qutbli pulslangan kuchlanishga o'zgaradi.

To'g'rilangan kuchlanish pulslanishini silliqlashda filtrdan foydalaniladi. To'g'rilangan kuchlanishni rostlash va (yoki) stabillash uchun to'g'rilagich chiqishiga rostlagich yoki stabilizator ulanadi. Chiqish kuchlanishi rostlanmaydigan to'g'rilagichning strukturaviy sxemasi 2.8-rasmda keltirilgan.



2.8-rasm. Boshqarilmaydigan to'g'rilagichning strukturaviy sxemasi

KT – kuch transformatori; TB – to'g'rilagich bloki; F- filtr.

Bunday to'g'rilagichlardan quyidagi hollarda foydalaniladi:

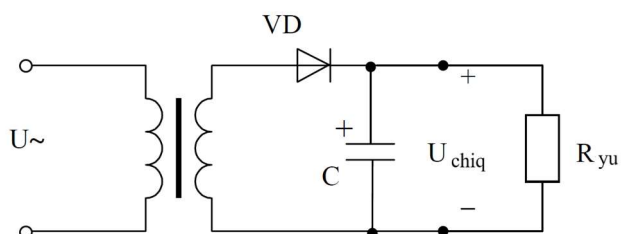
- ta'minlayotgan kuchlanish tebranishiga va pulslanish sathiga nokritik bo'lgan (keskin bog'liq bo'lmagan) elektron qurilmalarning ta'minoti uchun;
- stabillangan ta'minot manbalarining, shu jumladan etarlicha murakkab va qimmat bo'lgan manbalarining funksional tugunlari sifatida.

2.2.1. To'g'rilagichning asosiy sxemalari

To'g'rilagichlar o'zgaruvchan kuchlanish ta'minot manbaining fazalar soniga bog'liq holda bir fazali va uch fazali to'g'rilagich sxemalariga bo'linadi. Amaliyotda keng qo'llaniladigan bir fazali to'g'rilagichlarning asosiy sxemalari quyidagilardir:

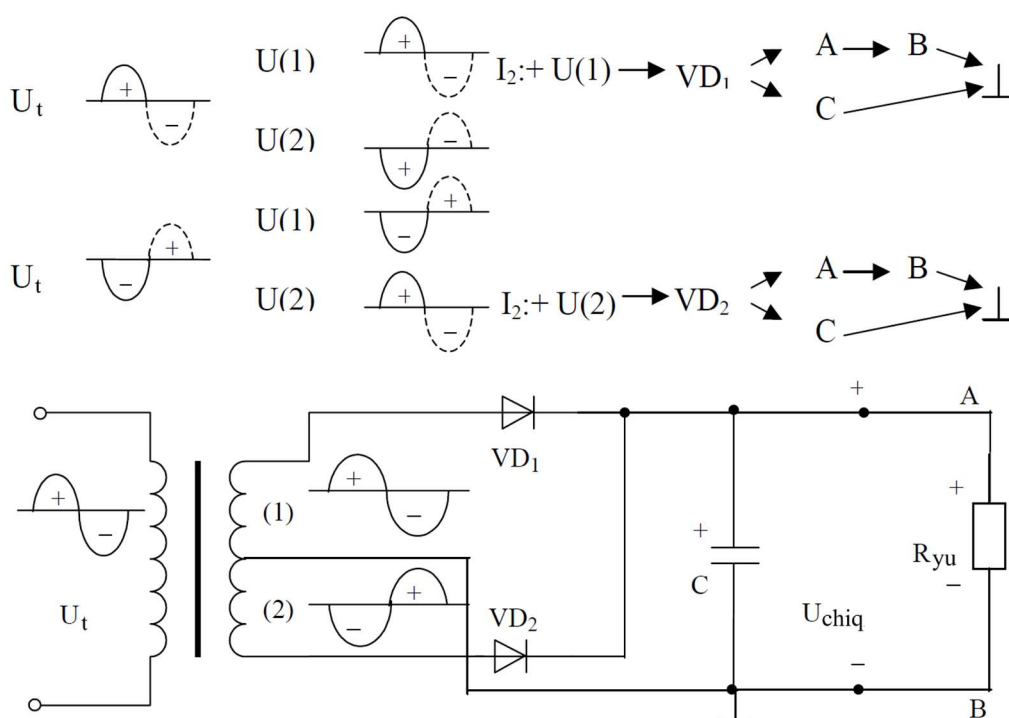
- 1) bitta diodli bitta yarim davrli sxema (2.9-rasm) asosan yuklamada quvvat

10-25 Vt gacha bo'lganda, hamda kichik pulsatsiya koeffitsiyenti talab etilmagan holatlarda qo'llaniladi. Sxemaning afzalligi elementlarning soni kam, narxi arzon. Kamchiligi pulslanish chastotasi past (ta'minlayotgan tarmoq chastotasiga teng), transformatoridan foydalanish sifati past, magnit o'tkazgichda o'zgarmas tok magnitlanishi;



2.9-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilagich sxemasi

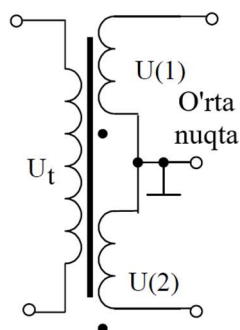
2) o'rta nuqtali ikki yarim davrli to'g'rilagich sxemasi (2.10-rasm) 100 Vt gacha bo'lgan quvvatlarda keng qo'llaniladi. Ushbu sxemadan yig'ilgan to'g'rilagichlar yuqori pulslanish chastotasi bilan xarakterlanadi, diodlardan umumiy anod yoki katoddan foydalanish imkoniyati mavjud bo'lib, ikkita diodni umumiy radiatorda qo'llash qulay hisoblanadi.



2.10-rasm. O'rta nuqtali ikki yarim davrli to'g'rilagich sxemasi

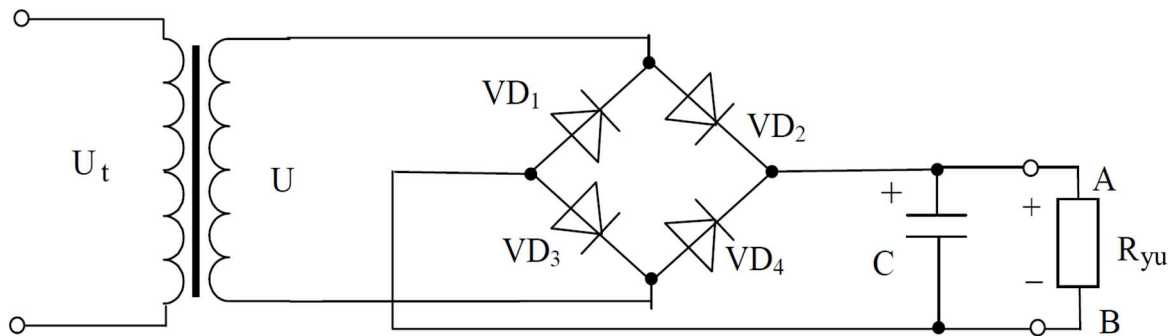
O'zgaruvchan tokni to'g'rilashni quyida ko'rib chiqamiz. Transformator ikkilamchi cho'lg'aming kuchlanishi o'rta nuqtaga nisbatan 180° ga siljigan. Ya'ni tarmoq kuchlanishining istalgan yarim davrida o'zgarishi transformator ikkilamchi cho'lg'aming birinchi va ikkinchi seksiyasida qarama-qarshi fazada bo'ladi. U_t tarmoq kuchlanishining musbat yarim davrida VD_1 diod ochiq (uning anodida musbat potensial), VD_2 diod esa yopiq bo'ladi; manfiy yarim davrida VD_2 diod ochiq, VD_1 diod yopiq bo'ladi. Ikkilamchi cho'lg'amdan oqib o'tayotgan I_2 tokning sxematik tasviri quyidagicha.

Tarmoq kuchlanishining har bir yarim davrida tok yuklama orqali faqat bir yo'nalishda, bitta diod orqali oqib o'tadi. Ventillar komplektida quvvat yo'qotilishi to'g'rilagichning ko'priksimon sxemasiga qaraganda ikki marotaba kam, chunki ko'priksimon sxemada tarmoq kuchlanishining har bir yarim davrida yuklama toki ikkita ketma-ket ulangan diod orqali oqib o'tadi. Sxemaning kamchiligi sifatida transformatorning ikkilamchi cho'lg'amida o'rta nuqtaning albatta mavjud bo'lishini keltirish mumkin. Agar transformatorning ikkilamchi cho'lg'amida bir xil ikkita cho'lg'am bo'lsa o'rta nuqtani olish (tanlash) mumkin bo'ladi (2.11-rasm).



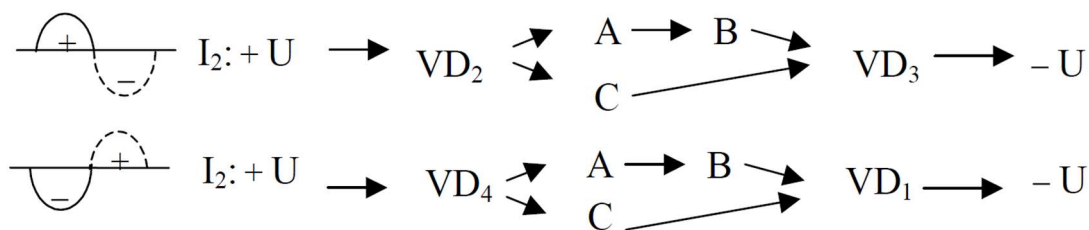
2.11-rasm. Transformatorning ikkilamchi cho'lg'amida o'rta nuqtani olish

- 3) ikki yarim davrli ko'priksimon sxemada transformator quvvatidan yaxshi foydalaniladi va bu sxema yuklama quvvati 1 kVt va undan yuqori bo'lganda keng qo'llaniladi (2.12-rasm). Ushbu sxemada yig'ilgan to'g'rilagichning afzalligi pulslanish chastotasi yuqori, to'g'rilaydigan diodlarda teskari kuchlanishi past. Kamchiligi to'g'rilagich blokida kuchlanishning o'ta pasayishi, bir turdagi diodlarni bitta radiatorda elektr izolyasiyasiz joylashtirishning imkoni yo'qligi.



2.12-rasm. Ikki yarim davrli ko‘priksimon to‘g‘rilagich sxemasi

Ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishi U ning musbat yarim davrida (musbat potensial sxemaning yuqori qismida bo‘ladi) VD_2 diod ochiq holatda bo‘ladi (uning anodida musbat potensial bo‘ladi). Ikkilamchi cho‘lg‘amdagi tok VD_2 diod, C kondensator hamda yuklama orqali oqib o‘tib, VD_3 diod orqali ikkilamchi cho‘lg‘amga qaytadi. Kuchlanishi U ning manfiy yarim davrida (musbat potensial sxemaning pastki qismida bo‘ladi) tok VD_4 diod, C va R_{yu} orqali oqib o‘tib, VD_1 diod orqali ikkilamchi cho‘lg‘amga qaytadi. Ikkilamchi cho‘lg‘am toki I_2 ning oqib o‘tishini sxematik tasviri quyida keltirilgan.

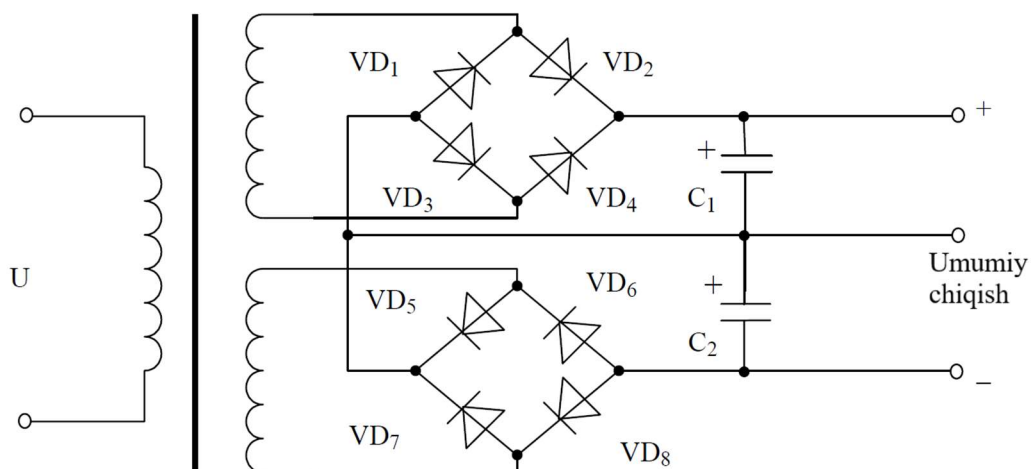


Bundan shuni ko‘rish mumkinki, ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishi istalgan yarim davrda tok yuklamadan faqat bitta yo‘nalishda (A nuqtadan B nuqtaga) oqib o‘tadi.

- 4) ikki qutbli to‘g‘rilagich sxemasi yordamida har xil qutbli ikkita to‘g‘rilangan kuchlanish olish mumkin (2.13-rasm).

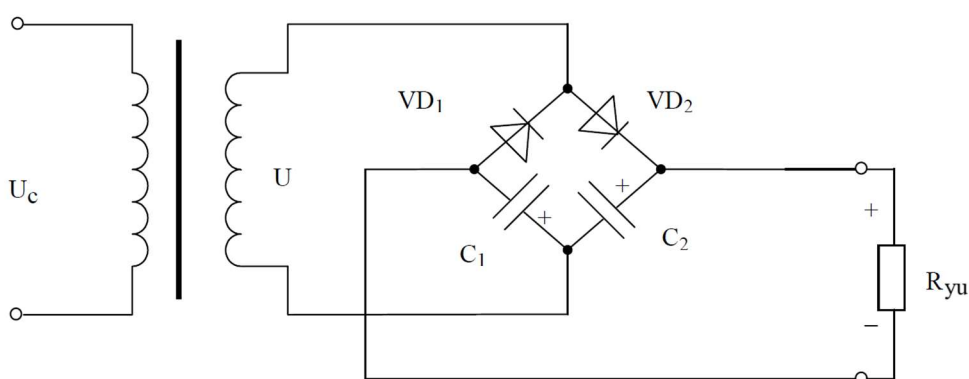
Sxemaning ahamiyatli tomoni shundaki, unda umumiy chiqish (erga ulanish) ga nisbatan sxemaning chiqishida ikkita har xil qutbli kuchlanish olish mumkinligidadir. Ushbu sxemani o‘ziga xos shaklda ulangan ikkita ikki yarim davrli

ko‘priksimon to‘g‘rilagich sifatida qarash mumkin. Sxema ikki qutbli ta‘minot manbalarida keng qo‘llaniladi.



2.13-rasm. Ikki qutbli to‘g‘rilagich sxemasi

Kuchlanishni ikki marta oshirishga asoslangan simmetrik sxema (2.14-rasm) asosan kam quvvatli ta‘minot qurilmalarida ishlatiladi, ya‘ni yuqori kuchlanish hamda bir yoki o‘nlab milliamper tok iste‘mol qiladigan qurilmalarda foydalaniladi. Masalan, bunday qurilmalarga rentgen trubkalari, varikapli matritsa, elektron lampa va elektron-nur trubkalarini misol qilish mumkin.

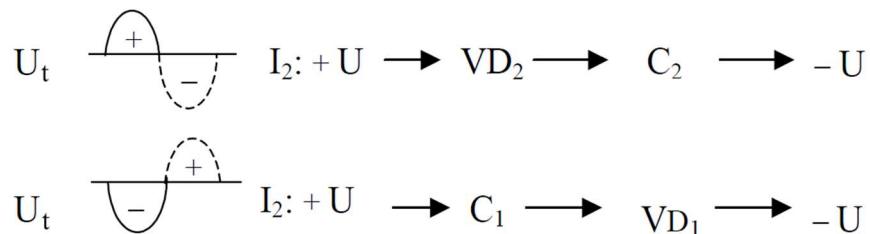


2.14-rasm. Kuchlanishni ikki marta oshiruvchi simmetrik sxema
(Latur sxemasi)

Sxemaning ishlash prinsipi (boshqa kuchlanishni ko‘paytiruvchi analog sxemalar kabi) bir nechta kondensatorlardan foydalanishga asoslangan bo‘lib, har bir kondensator transformatorning ikkilamchi cho‘lg‘ami orqali tegishli ventil (diod) yordamida zaryadlanadi. Kondensatorlar yuklamaga nisbatan ketma-ket ulangan,

ularning kuchlanishlari qo‘shiladi.

Ko‘rib chiqilayotgan sxema (2.14-rasm) bitta yarim davrli ikkita to‘g‘rilagichdan iborat. Ikkilamchi cho‘lg‘amdan oqayotgan I_2 tokini quyidagi sxema ko‘rinishida tasvirlash mumkin

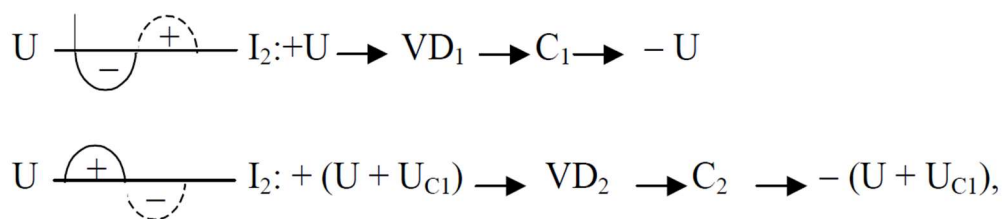


Shunday qilib, yuklamadagi kuchlanish C_1 va C_2 kondensatorlar kuchlanishlarining yig‘indisiga teng bo‘ladi, har bittasi $U_{C1} = U_{C2} = U_m - U_{to'lg'}$ kuchlanishgacha zaryadlanadi, bunda U_m – transformator ikkilamchi cho‘lg‘amidagi kuchlanishning amplituda qiymati; $U_{to'lg'}$ – to‘g‘rilagich diodining to‘g‘ri yo‘nalish kuchlanishi. $R_{yu} \rightarrow \infty$ da sxemaning chiqish kuchlanishi deyarli $2U_m$ ga teng bo‘ladi. Yuklamaning real qarshiligi cheklangan qiymatga ega bo‘ladi, shuning uchun bitta kondensatorning zaryadlanishi R_{yu} orqali ikkinchi kondensatorning razryadlanishi bilan bir vaqtda ro‘y beradi, natijada chiqish kuchlanishi $2U_m$ dan kichik bo‘ladi.

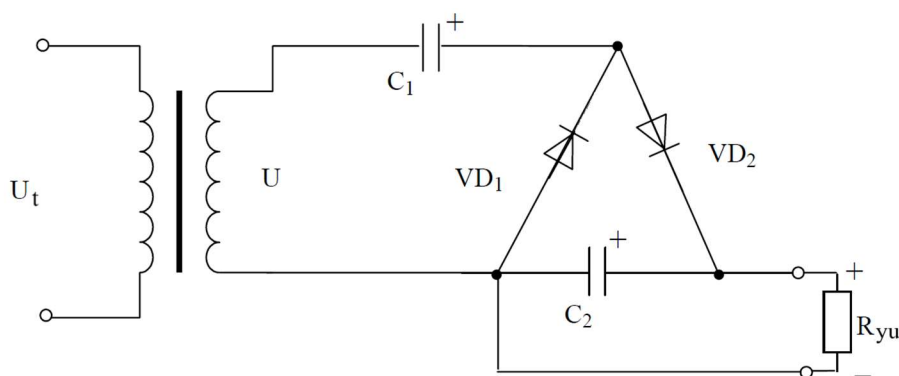
Chiqish kuchlanishining qiymati $2U_m$ ga maksimal yaqin bo‘lishi uchun sig‘imlari $R_{yu}C_1 \gg T$ va $R_{yu}C_2 \gg T$ tengsizlikni qanoatlantiradigan kondensatorlarni tanlash lozim, bunda T – tarmoq kuchlanishining davri.

5) kuchlanishni ikki marta oshiruvchi nosimmetrik sxema 2.15-rasmda tasvirlangan. 2.15-rasmdan ko‘rinadiki, bitta yarim davrli ikkita to‘g‘rilagich qiymati turlicha bo‘lgan kuchlanishlar orqali ta‘minlanadi. U kuchlanish o‘zgarishining manfiy yarim davrida C_1 kondensator VD_1 ochiq diod orqali zaryadlanadi. U kuchlanish qutblanganligi qarama-qarshisiga o‘zgarganda (musbat yarim davrda) C_2 kondensator VD_2 ochiq diod orqali zaryadlanadi, bunda kondensator transformator ikkilamchi cho‘lg‘ami kuchlanishi amplituda qiymatining ikki barobariga teng kuchlanishgacha,

ya'ni $2U_m$ gacha zaryadlanadi. 2.15-rasmdan ma'lumki, C_2 kondensator ikkilamchi cho'lg'am va oldingi yarim davr oralig'ida taxminan U_m kuchlanishgacha zaryadlangan C_1 kondensator kuchlanishlarining yig'indisi (summasi) ta'sirida zaryadlanadi. Transformator ikkilamchi cho'lg'amidan oqayotgan tokni quyidagi sxema ko'rinishida tasvirlash mumkin



bunda, $U_{C1} \approx U_m - C_1$ kondensator kuchlanishi.



2.15-rasm. Kuchlanishni ikki marta oshiruvchi nosimmetrik sxema

Kondensatorlarni tanlashda quyidagini e'tiborga olish kerak: C_2 kondensatorning ishchi kuchlanishi C_1 kondensatorning ishchi kuchlanishidan ikki marta katta bo'lishi lozim.

Sxemaning afzalligi transformator ikkilamchi cho'lg'amining bitta chiqishi yuklamaning manfiy qutbiga ulanganligi va uni erga ulash mumkinligidir.

2.2.2. To'g'rilagich filtrlari

To'g'rilagich filtrlari to'g'rilangan kuchlanish pulsatsiyasini berilgan qurilma (yuklama) dan foydalanish shartlari bo'yicha maqbul qiymatgacha silliqlash uchun

mo'ljallangan. Filtrning muhim ko'rsatkichi silliqlash koeffitsiyenti hisoblanadi va u quyidagicha aniqlanadi

$$K_s = \frac{K_{p(1)kir}}{K_{p(1)chiq}} = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} \cdot \frac{U_{m(1)kir}}{U_{m(2)chi}} = \lambda \cdot K_f,$$

bunda, $K_{p(1)kir}$, $K_{p(1)chiq}$ – kirish va chiqish kuchlanishining (birinchi garmonika bo'yicha) pulsatsiya koeffitsiyenti;

U_{kir} , U_{chiq} – kirish va chiqish kuchlanishining doimiy tashkil etuvchisi;

$U_{m(1)kir}$, $U_{m(2)chiq}$ – kirish va chiqish kuchlanishi birinchi garmonikasining amplitudasi;

$\lambda = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}}$ – filtrning kuchlanish doimiy tashkil etuvchisi bo'yicha uzatish koeffitsiyenti;

$K_f = \frac{U_{m(1)kir}}{U_{m(2)chiq}}$ – filtrlash koeffitsiyenti.

Agar filtrdagi yo'qotishlarni hisobga olmasak hamda filtrgacha va filtrdan keyingi to'g'rilangan kuchlanishlar o'rtacha qiymatini teng deb ($U_{kir} = U_{chiq}$) olsak, u holda silliqlash koeffitsiyenti filtrlash koeffitsiyentiga teng bo'ladi.

Chiqish kuchlanishining talab etiladigan pulsatsiya koeffitsiyenti $K_{p\ chiq}$ (bundan keyin ifodada indeks 1 ni tushirib qoldiramiz va shu bilan birga asosiy garmonika ekanligini nazarda tutamiz) har xil turdagi qurilmalar uchun 0,001 dan 0,2–0,5 gacha diapazonda bo'ladi.

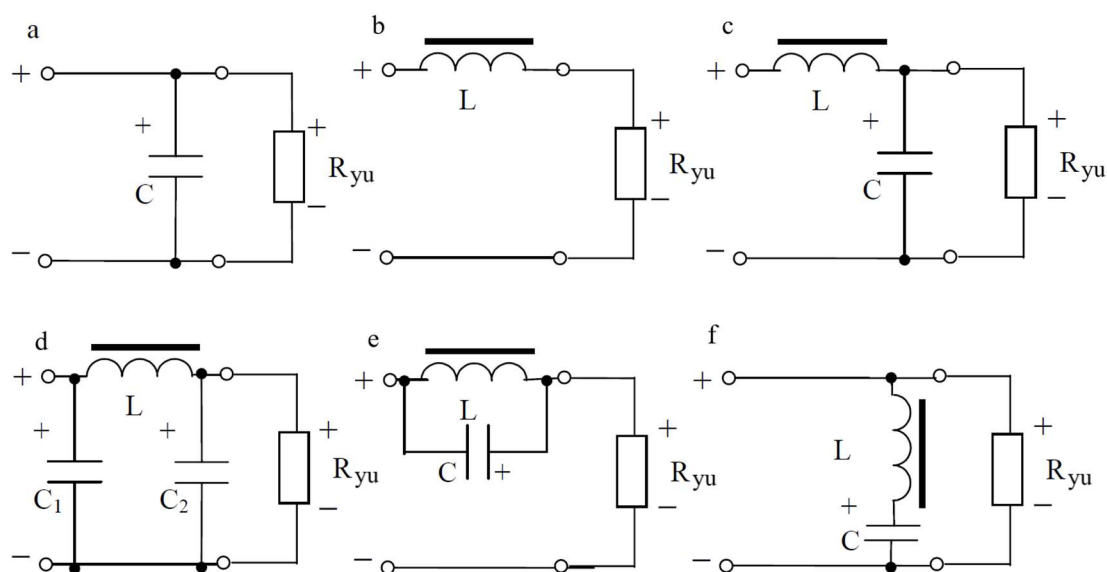
Sxemani va filtr parametrlarini tanlashda (K_s silliqlash koeffitsiyentidan tashqari) yuklama xarakterini va uning ishlash sharoitini ham e'tiborga olish zarur. Masalan, agar to'g'rilagich "B" yoki "AB" rejimda ishlaydigan past chastota kuchaytirgichining kollektor zanjirini ta'minlash uchun xizmat qilsa, filtrning chiqish qarshiligi kuchaytirgichning chastota diapazoni chegarasida tok chastotasi uchun minimal bo'lishi kerak. Aks holda kuchaytirilayotgan signalda buzilish ro'y beradi. Shuningdek yuklama o'zgarishida filtrdagi o'tish jarayoniga bog'liq bo'lgan holda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan o'takuchlanishni va tok sakrashlarini bartaraf qilish lozim.

Barcha filtrlar ikki guruhga: passiv RLC elementli filtrlar va aktiv elementli filtrlarga bo'linadi. RLC-filtrlar oddiy va qo'llanish jarayonida ishonchli

hisoblanadi, ammo radioelektron apparaturalarning ta'minotida ularning og'irligi va tashqi o'lchamlari to'g'rilagichning, shuningdek ta'minlanayotgan apparaturaning umumiy og'irligi va tashqi o'lchamlariga juda katta ta'sir ko'rsatishi mumkin (og'irroq va ko'proq joy egallaydi). Bu kondensator va drossel (g'altak) reaktiv elementlari tashqi o'lchamlarining keskin oshishi bilan tushuntiriladi. Bunda drossel o'zagining to'g'rilangan tok doimiy tashkil etuvchisi bilan to'yinishi natijasida uning induktivligi kamayadi, va filtrning filtrlash xususiyati yomonlashadi. Ta'minlanayotgan radioelektron apparaturaga drossel magnit maydonining tarqalishi salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Aktiv elementli (tranzistorli) filtrlarda silliqlovchi drossellar ishlatilmaydi va shuning uchun ularda yuqorida kamchiliklar kuzatilmaydi. Bundan tashqari tranzistorli filtrlarda parametrlari bo'yicha o'xshash bo'lgan passiv elementli filtrlardagi kondensator sig'imiga qaraganda ancha kichik sig'imli kondensatorlar ishlatiladi.

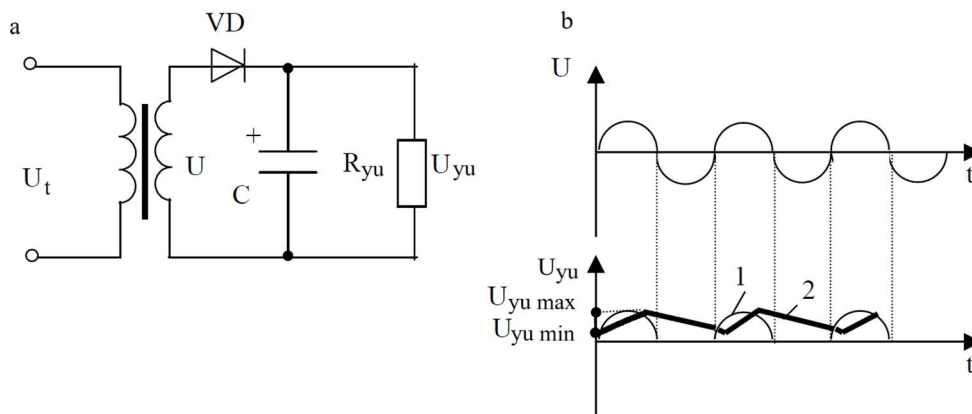
Hozirgi vaqtda aktiv elementli filtrlar alohida mustaqil funksional uzellar sifatida kam uchraydi. Bu pulslanishni silliqlash vazifasini aktiv elementlardan yig'ilgan kuchlanish stabilizatorlari samarali bajarayotganligidan dalolat beradi. Passiv filtrlarning asosiy turlarini ko'rib chiqamiz (2.16-rasm).



2.16-rasm. Silliqlovchi passiv filtrlarning asosiy turlari:

- a) sig'imli; b) induktivli; c) Γ shaklidagi; d) Π shaklidagi;
e) rezonans; f) rejektorli.

R_{yu} yuklama qarshiligini shuntlovchi kondensator ko‘rinishidagi sig‘imli filtrning ishlashi 2.17-rasmda keltirilgan.



2.17-rasm. Aktiv yuklamali sig‘imli filtr:

a) to‘g‘rilagich sxemasi; b) ishlash vaqt diagrammasi.

Transformator ikkilamchi cho‘lg‘amining to‘g‘rilangan kuchlanishi musbat qutbli impuls (yarim to‘lqin) ketma-ketligi shakliga ega bo‘ladi (2.17-rasmdagi 1-egri chiziq). C kondensatorning vazifasi shundan iboratki, ikkilamchi cho‘lg‘am kuchlanishining musbat yarim davrida energiyani yig‘adi va uni impulslararo oraliqda yuklamaga beradi (2.17-rasmdagi 2-chiziq). Natijada yuklamadagi kuchlanishning pulslanishi sezilarli kamayadi (yuklamadagi U_{yu} kuchlanishning o‘zgarishi silliqlovchi kondensator bo‘lmagan holatdagi 0 dan U_m gacha o‘zgarish oralig‘i o‘rniga $U_{yu \max}$ dan $U_{yu \min}$ gacha oraliqda o‘zgarishi amalga oshadi).

Sig‘imli filtr kichik yuklamada (R_{yu} katta) ko‘proq samarali hisoblansa, induktivli filtr aksincha katta yuklamada (R_{yu} kichik) samarali hisoblanadi. Sig‘imli filtrdan farqli ravishda induktivli filtrda to‘g‘rilangan tok impuls shaklida emas, balki uzluksiz oqib o‘tadi, bu esa transformator va diodlarning ishlash rejimlarini engillashtiradi.

Bitta yarim davrli to‘g‘rilashda berilgan pulsatsiya koeffitsiyentini ta‘minlash maqsadida sig‘imli filtr kondensatori sig‘imining qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$C = \frac{2}{\omega \cdot R_{yu}} \cdot \frac{100}{K_p},$$

bunda, ω – to‘g‘rilagichni ta‘minlayotgan tarmoq kuchlanishining aylanma chastotasi.

Ikki yarim davrli to‘g‘rilagich uchun pulsatsiyaning asosiy garmonik tashkil etuvchisining amplitudasi taxminan ikki marta kichiklashishi va uning chastotasi ikki marta oshishi sababli sig‘im deyarli to‘rt marta kichik bo‘lishi mumkin, ya‘ni

$$C = \frac{1}{2 \cdot \omega \cdot R_{yu}} \cdot \frac{100}{K_p}.$$

Bir fazali ikki yarim davrli to‘g‘rilagich induktiv filtri uchun

$$L \approx \frac{R_{yu}}{2 \cdot \omega \cdot K_p}.$$

C va L ning hisoblangan qiymatlari juda katta bo‘lgan holatda Γ va Π shakldagi filtrlar qo‘llaniladi (2.16s,d-rasmlar).

Γ -shakldagi filtr kondensatorining sig‘imi $\frac{1}{\omega C} \ll R_{yu}$ shartini qanoatlantirishi kerak, bunda

$$K_s = \omega^2 LC \quad \text{va} \quad LC = \frac{K_s + 1}{\omega^2}.$$

Π -shakldagi filtr yanada yuqori silliqlash ko‘effitsiyentiga ega, ya‘ni uning ikkita C_1 sig‘im va Γ -shakldagi zanjir LC_2 zvenolarining silliqlash ko‘effitsiyentlarining ko‘paytmasiga teng.

Katta quvvatli to‘g‘rilagichlarda Π -shakldagi filtrlarni qo‘llash maqsadga muvofiq emas, chunki to‘g‘rilagich faqat sig‘imga ishlaydi, natijada transformator va diodlarning ishlash sharoiti yomonlashadi. Katta quvvatli to‘g‘rilagichlarda yuqori silliqlash ko‘effitsiyentini olish uchun Γ -shakldagi filtrlarni kaskadli ulanishidan foydalanish maqsadga muvofiq. Bunda natijaviy silliqlash ko‘effitsiyenti alohida zvenolar silliqlash ko‘effitsiyentlarining ko‘paytmasiga teng bo‘ladi.

To‘g‘rilangan kuchlanishning katta qiymatlarida (5-10 kV) yoki to‘g‘rilangan tokning kichik qiymatlarida (10-20 mA) L induktivlik o‘rniga R_f aktiv qarshilik ishlatilgan Γ -shakldagi RC-filtrlar qo‘llaniladi. Bunday filtrlar elementlarining parametrlari quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R_f = \frac{U_{kir} - U_{yu}}{I_{yu}}, \quad C \approx \frac{K_s \cdot (R_f + R_{yu})}{\omega R_f R_{yu}},$$

bunda, U_{kir}, U_{yu} – filtr kirishi va yuklamadagi kuchlanish; I_{yu} – yuklama toki.

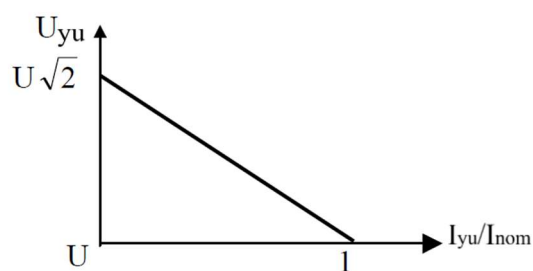
Bunday filtrlar kichik tashqi o'ldamlarga ega va narxi arzon.

Rezonans filtrlar (2.16e,f-rasmlar) birinchi garmonika chastotasiga sozlangan LC konturdan tashkil topgan. Agar tok rezonansi hodisasi ro'y beradigan parallel rezonans konturni yuklama bilan ketma-ket ulasak, birinchi garmonika yuklama zanjiriga berilmaydi, chunki bunday tok uchun rezonans konturning qarshiligi juda katta. Bunday filtr juda katta yuklama qarshiligida samarali hisoblanadi.

Kichik Omli yuklama uchun unga parallel ulangan ketma-ket rezonans konturi (rejektorli filtr) ishlatiladi. Rejektorli filtrda kuchlanish rezonansi hodisasidan foydalaniladi. Bunda filtr yuklama qarshiligini shuntlaydi va u orqali to'g'rilangan tokning birinchi garmonikasi o'tadi.

To'g'rilangan tokni bir nechta garmonik tashkil etuvchilar bo'yicha filtrlash uchun har biri ma'lum rezonans chastotaga sozlangan elementar rezonans zvenolarni ketma-ket va (yoki) parallel ulanishiga asoslangan ko'p zvenoli filtrlar qo'llaniladi.

Kuch transformatorlari. Ta'minot transformatorlarining turi va ularning ulanishi 2.1-bo'limda ko'rib chiqilgan edi. Shuningdek qayd etish kerakki, ma'lumotnomalarda filtr kondensatori (2.16a-rasm) kuchlanishning amplituda qiymatigacha zaryadlangan vaqtidagi kuchlanish va tokning ta'sir etuvchi qiymati keltirilgan bo'ladi. 2.18-rasmda filtr kondensatoridagi kuchlanishning yuklama tokiga (kondensator sig'imi 200 mkF dan kam bo'lmaganda) bog'liqligi keltirilgan.



2.18-rasm. Sig'imli filtr chiqish kuchlanishining yuklama tokiga bog'liqligi

2.18-rasmdagi grafikdan ko'rinadiki, salt yurish rejimida (yuklama toki I_{yu} nolga teng) kondensatoridagi kuchlanish transformator ikkilamchi cho'lg'ami kuchlanishining amplitudaviy qiymatiga teng bo'ladi, ya'ni $U_m = U \cdot \sqrt{2}$ (to'g'rilovchi diodlardagi kuchlanish pasayishi hisobga olinmagan holda). Yuklama

toki oshishi bilan U_{yu} kuchlanish kamayadi va nominal (ma'lumotnomada keltirilgan) qiymatga teng bo'lgan tokda ikkilamchi cho'lg'amning ta'sir etuvchi kuchlanishiga tenglashadi.

Masala. Ma'lumotnomada transformatorning nominal ta'sir etuvchi kuchlanish va tok qiymati keltirilgan bo'lsin ($U = 24 \text{ V}$, $I_{nom} = 1$). Agar yuklama toki $0,5 \text{ A}$ ga teng bo'lsa, filtr kondensatoridagi kuchlanishni aniqlash talab etilsin.

Ikkilamchi cho'lg'am kuchlanishining amplitudaviy qiymati $U_m = 1,4 \cdot 24 = 34 \text{ V}$. 2.18-rasmdagi grafikka asosan, $I_n = 0,5 \text{ A}$ ($I_n/I_{nom} = 0,5$) bo'lganda $U_{yu} = 0,85 \cdot 34 = 29 \text{ V}$ ga teng bo'ladi.

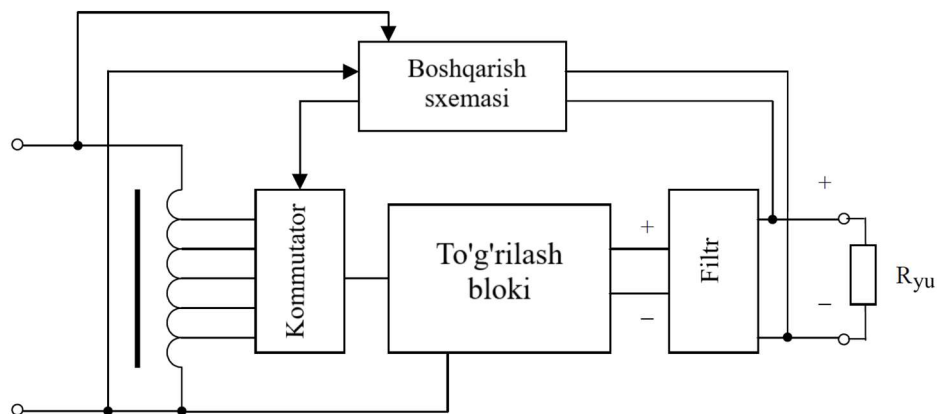
2.3. Boshqariladigan to'g'rilagichlar

Qator yarim o'tkazgichli to'g'rilagich qurilmalari chiqish elektr parametrlarini (kuchlanish va tok stabillanishi, chiqish elektr parametrlarini masofaviy va dasturiy o'zgartirish va boshqalar) avtomatik rostlash tizimlariga ega bo'ladi.

To'g'rilagich kuchlanishlarini rostlash usullari. To'g'rilagichning to'g'rilangan kuchlanishi boshqarilmaydigan vintellar orqali: o'zgarmas tok tomonida – reostat yoki potensiometr yordamida; o'zgaruvchan tok tomonida – to'g'rilagichga kelgan o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan rostlash mumkin.

Transformator yoki avtotransformator cho'lg'aming tarmog'i orqali rostlash. Ushbu kuchlanishni rostlash usuli nisbatan foydali hisoblanadi, chunki rostlashning barcha bosqichida quvvatning nisbatan yuqori koeffitsiyenti saqlanib qoladi. Ushbu usul asosida amalga oshirilgan to'g'rilagichning ishlash prinsipini 2.19-rasmda keltirilgan sxema asosida ko'rib chiqamiz.

Ta'minot tarmog'ining kuchlanishi avtotransformator yordamida pasaytiriladi, cho'lg'am tarmoqlarida qiymat bo'yicha turlicha bo'lgan kuchlanishlar shakllantiriladi. Avtotransformator o'rnida sxemani ta'minot tarmog'i bilan galvanik ajratishni ta'minlaydigan transformatoridan ham foydalansa bo'ladi.

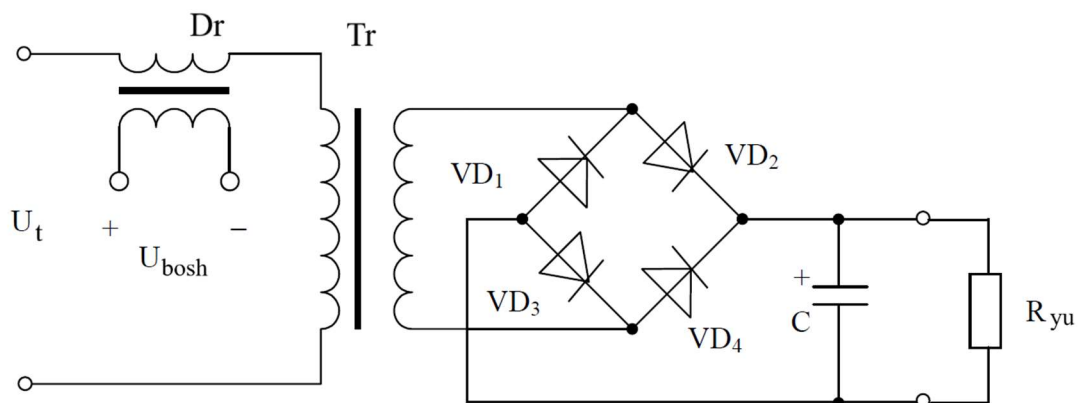


2.19-rasm. Avtotransformator cho'lg'ami tarmog'idan foydalanilgan boshqariladigan to'g'rilagichning strukturaviy sxemasi

Boshqarish sxemasining signali orqali boshqariluvchi kommutator cho'lg'amning u yoki bu tarmog'ini yarim o'tkazgichli diodlardan yig'ilgan to'g'rilash bloki kirishiga ulaydi. Cho'lg'am tarmog'ining kommutatsiyasi mexanik turdagi kommutatsiyalovchi apparat yordamida yoki tiristorli qayta ulagichlar yordamida amalga oshiriladi. Mexanik turdagi kommutatorlar yordamida rostlash qator kamchiliklarga ega: rostlash ohista emas, pog'onali; inersiyali; ishonchliligi kam; FIK past). Tiristorli qayta ulagichlar yordamida rostlash yuqoridagi kamchiliklardan holi va kuchlanishni pog'onalar orasida ohista rostlashni amalga oshirish imkonini beradi.

2.19-rasmda keltirilgan to'g'rilagichda chiqish kuchlanishini stabillash amalga oshiriladi. Boshqarish sxemasi boshqarish signalini ishlab chiqadi, tiristorli kommutator orqali chiqishdagi kuchlanish qiymatiga bog'liq holda to'g'rilash blokining kirishiga o'zgartirilgan kuchlanish beriladi. Chiqish kuchlanishini rostlash boshqarish sxemasiga qo'shimcha boshqaruvchi signal (o'zgaruvchan qarshilik yoki kuchlanish uchun) berish orqali ham amalga oshirilishi mumkin.

To'yinish drosseli yordamida rostlash. To'yinish drosseli kuch transformatorining yoki birlamchi cho'lg'amiga ketma-ket ulangan, yoki ikkilamchi cho'lg'amiga ulangan ham bo'lishi mumkin. 2.20-rasmda to'yinish drosseli kuch transformatorining birlamchi cho'lg'amiga ketma-ket ulangan to'g'rilagich sxemasi keltirilgan.



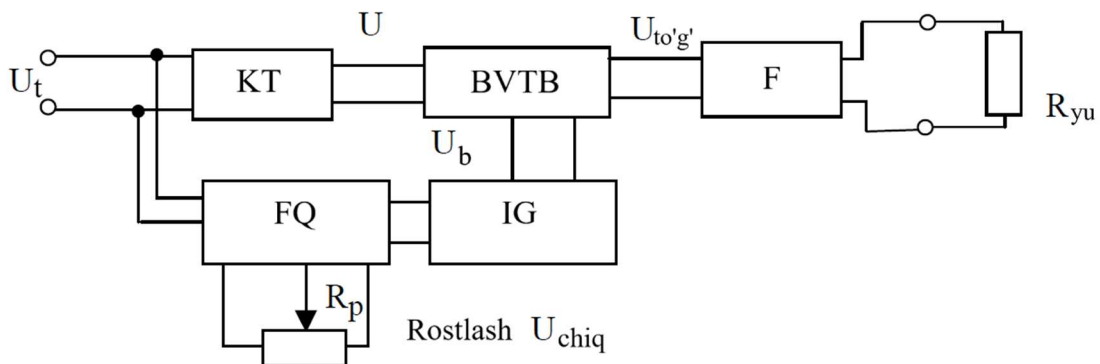
2.20-rasm. To'yinish drosselili boshqariladigan to'g'rilagich

To'g'rilagichning ishlash prinsipi quyidagicha, Dr to'yinish drosselining ishchi cho'lg'ami hamda Tr kuch transformatorining birlamchi cho'lg'ami U_t ta'minot tarmog'ining kuchlanish bo'lgichini tashkil qiladi, bunda ushbu bo'lgich ikkala elkasining qarshiligi induktiv xarakterga ega bo'ladi. Tr transformatorning birlamchi cho'lg'amidagi kuchlanish va demak to'g'rilagichning chiqish kuchlanishi Dr drossel induktiv qarshiligining qiymatiga bog'liq bo'ladi, bu qarshilikni boshqaruvchi cho'lg'amdagi kuchlanish o'zgarishi hisobiga rostlash mumkin. Boshqarish cho'lg'amidagi U_{bosh} o'zgarmas kuchlanishning qiymati qanchalik katta bo'lsa, drossel qarshiligi shuncha kichik bo'ladi va demak to'g'rilagichning chiqish kuchlanishi katta bo'ladi.

Boshqariladigan ventillar (tiristorlar) yordamida kuchlanishni rostlash.

Boshqariladigan ventillar yordamida kuchlanishni rostlash bir nechta usullar orqali amalga oshirilishi mumkin: bevosita to'g'rilagich tarkibiga kiruvchi ventillarning parametrlarini o'zgartirish yo'li bilan; transformator birlamchi cho'lg'amiga ulangan ventillarning parametrlarini o'zgaritirish yo'li bilan (o'zgaruvchan tok tomonida fazaviy rostlash); impulsar kengligini o'zgartirish yo'li bilan (o'zgarmas tok tomonida kenglik-impulsli rostlash) yo'li bilan.

2.21-rasmda bevosita to'g'rilagich tarkibiga kiruvchi ventillar parametrini o'zgartirish hisobiga chiqish kuchlanishini rostlovchi to'g'rilagichning tuzilishi keltirilgan.



2.21-rasm. Boshqariluvchi ventillar bilan rostlanuvchi to‘g‘rilagich:

KT – kuch transformatori;

BVTB – boshqariluvchi ventillarli to‘g‘rilash bloki;

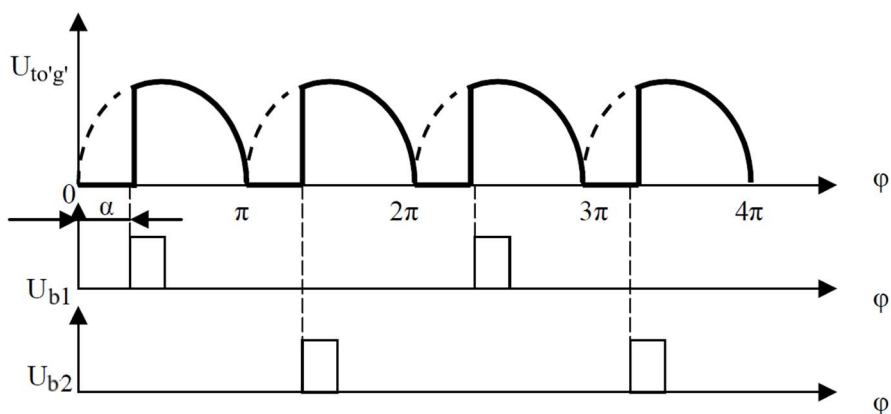
F – silliqlovchi filtr;

IG – impulslar generatori;

FQ – faza suruvchi qurilma.

IG impulslar generatori U_b kuchlanishni ishlab chiqaradi va tiristorning boshqaruvchi elektrodlariga uzatadi (ko‘rilayotgan to‘g‘rilagichda alohida kanallar U_{b1} va U_{b2} kuchlanishlari orqali boshqariladigan ikkita tiristordan foydalanilgan).

Boshqaruvchi impulslar U_t tarmoq kuchlanishi o‘zgarishi bilan sinxronlashadi va ikkilamchi cho‘lg‘am U kuchlanishining qiymati nolga nisbatan α ($\alpha = 0 - \pi$) burchakka siljiydi. Faza burchagi α ni masalan R_p potensiometr yordamida o‘zgartirib, o‘tkazish holatida ventillarning o‘tish momentini boshqarish mumkin bo‘ladi, ya’ni to‘g‘rilagichning kuchli qismi ishlash rejimini boshqarish mumkin bo‘ladi. Natijada $U_{to'g'}$ to‘g‘rilangan kuchlanish shakl bo‘yicha o‘zgaradi, demak to‘g‘rilangan kuchlanishning qiymati ham o‘zgaradi (2.22-rasm).

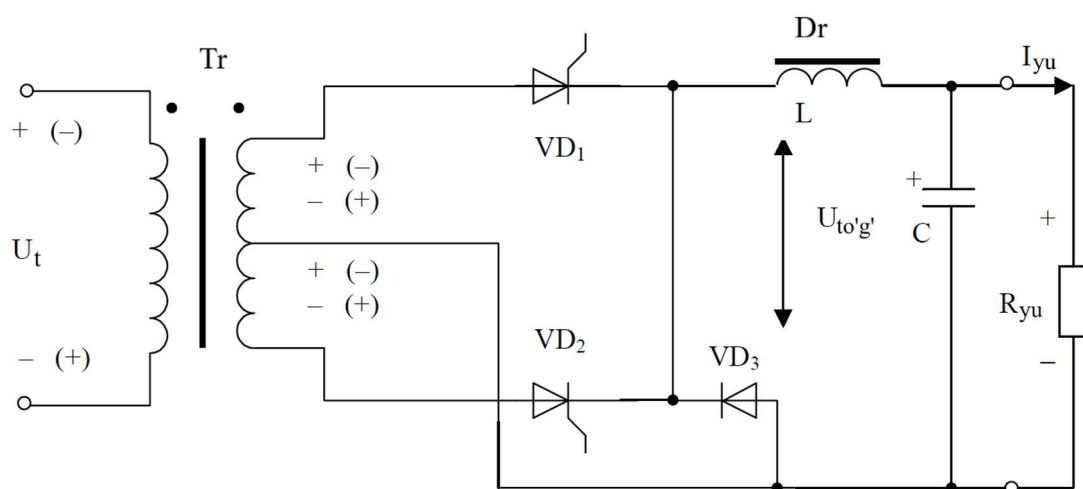


2.22-rasm. 2.21-rasmdagi to‘g‘rilagichning ishlash vaqt diagrammasi

α burchak oshishi bilan chiqish kuchlanishi kamayadi, ammo bunda to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiyasi oshadi va to'g'rilagichning quvvat koeffitsiyenti yomonlashadi, bu esa barcha oddiy boshqariladigan to'g'rilagichlarning asosiy kamchiligi hisoblanadi. Faza suruvchi qurilma va impulsar generatori boshqarish tizimlari asosiy elementlaridan prinsipial sxemada foydalanish to'g'rilagich quvvatiga, chiqish kuchlanishini rostlash diapazonining chuqurligiga, ta'minot tarmog'i kuchlanishining chastotasiga va boshqa faktorlarga bog'liq.

Boshqariluvchi ventillar bilan rostlanuvchi to'g'rilagichni amalga oshirish. Rostlanuvchi to'g'rilagichning sodda sxemasi mos holdagi rostlanmaydigan to'g'rilagichlar sxemasidagi yarim o'tkazgichli to'g'rilovchi diodlarni tiristorlarga to'liq yoki qisman almashtirish yo'li orqali hosil qilinadi. Boshqariladigan to'g'rilagichni amalga oshirish variantlaridan biri 2.23-rasmda, uning ishlash vaqt diagrammasi 2.24-rasmda keltirilgan.

Tr kuch transformatorining birlamchi cho'lg'ami boshiga ixtiyoriy tanlangan boshlang'ich vaqt momentida musbat potensial berilgan bo'lsin, oxiriga esa manfiy potensial (kuchlanish nol qiymatidan garmonik o'zgaradi) berilgan bo'lsin. VD₁ tiristor anodida musbat potensial bo'lishiga qaramasdan u yopiq holda bo'ladi, chunki uning boshqaruvchi elektrodida ochish kuchlanishi bo'lmaydi.

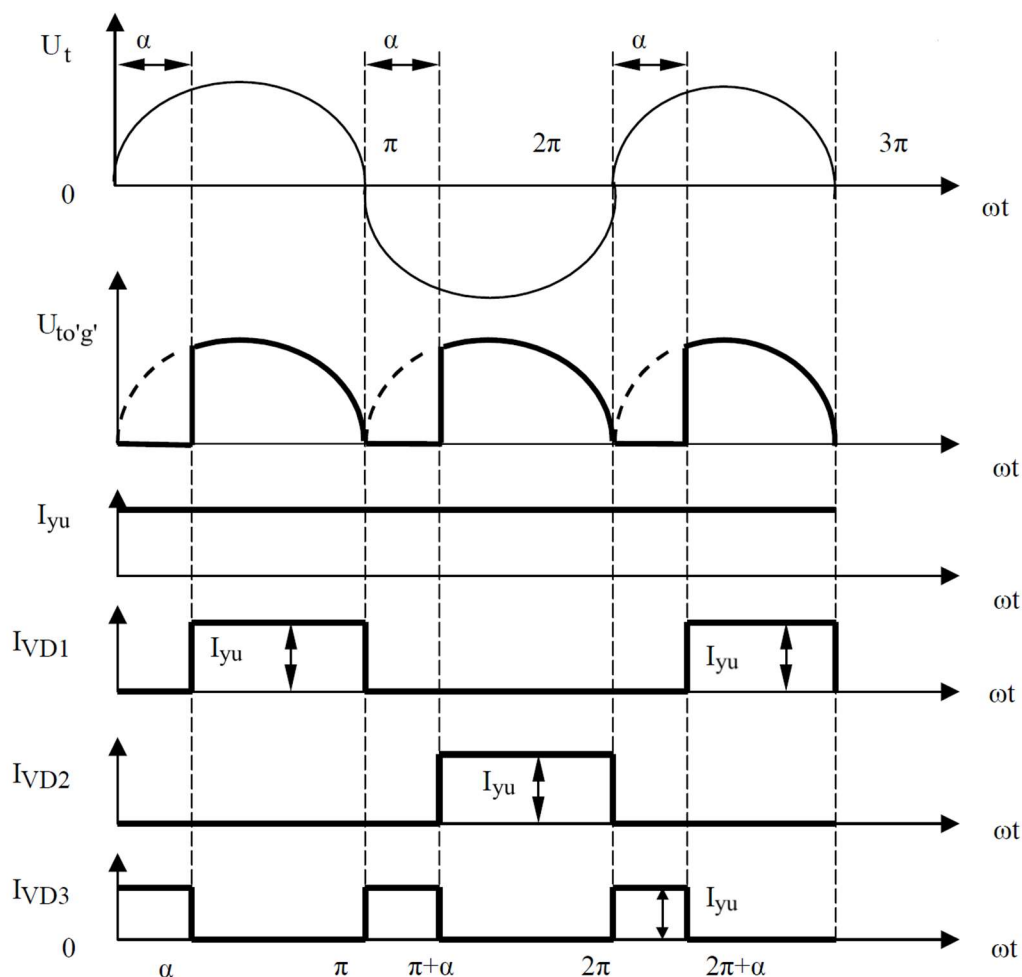


2.23-rasm. Ikkilamchi cho'lg'am o'rta tarmog'i mavjud bo'lgan transformatorli boshqariluvchi to'g'rilagich sxemasi

U_t tarmoq kuchlanishining faza burchagi α qiymatga o'zgargan vaqt momentida boshqaruvchi kuchlanish impulsi tiristorga beriladi (2.24-rasm). VD_1 tiristor ochiladi va undan yuklama toki oqishni boshlaydi, silliqlovchi filtr elementlari – L induktivlikli Dr drossel va C kondensator ta'minot tarmog'idan elektr energiyasini zahiralaydi. Ta'minot kuchlanishining qutblanganligi o'zgargandan keyin VD_1 tiristor yopiladi. Navbatdagi vaqt oralig'i davomida (kuchlanish impulsini VD_2 tiristorning boshqaruvchi elektrodiga berilguniga qadar) yuklama tarmoqdan uzilgan (ajratilgan) bo'ladi, ammo u orqali VD_3 diodidan qaytayotgan drossel toki oqadi.

Boshqaruvchi kuchlanish impulsi VD_2 tiristorga berilgandan keyin u ochiladi va yuklama tokini o'tkazishni boshlaydi. Bunda VD_3 diodi yopiladi (uning katodida musbat potensial bo'ladi). VD_2 tiristor U_t kuchlanishining qutblanishi navbatdagi o'zgarishiga qadar tokni o'tkazadi. Rostlanuvchi to'g'rilagich sxemasidagi ushbu jarayon keyin yana takrorlanadi (2.24-rasm).

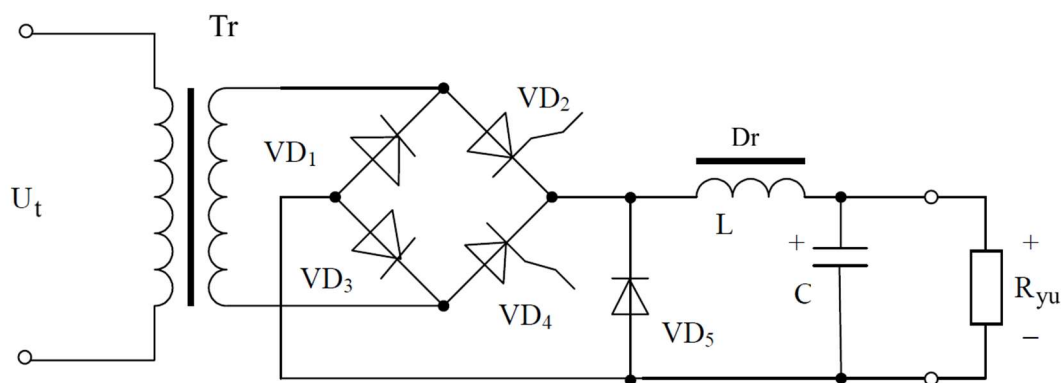
Ko'rinib turibdiki, VD_1 va VD_2 tiristorlarning ochilish momentini ta'minot kuchlanishining o'zining nollik qiymati orqali o'tish momentiga nisbatan vaqt bo'yicha o'zgartirib, yuklamada kuchlanish effektiv qiymatini rostlashni amalga oshirish mumkin. Ushbu rostlashning xususiy holi sifatida chiqish kuchlanishini stabilllashni keltirish mumkin, bunda chiqish kuchlanishining qiymati to'g'rilagichning barcha ishlash rejimi va sharoitlarida ma'lum aniqlik bilan o'zgarmas saqlanadi.



2.24-rasm. Rostlanuvchi to'g'rilagichning ishlash prinsipini tushuntirishga oid vaqt diagrammalar

Rostlanuvchi to'g'rilagichning boshqa bir varianti 2.25-rasmda keltirilgan.

2.25-rasmda keltirilgan sxemadagi elektromagnit jarayonlar yuqoridagi 2.24-rasmdagi sxema jarayonlari bilan bir xil, faqat VD_2 tiristor ochilishi bilan VD_3 diod ham ochiladi, VD_4 tiristor ochilganda VD_1 diod ham ochiladi.



2.25-rasm. O'rta nuqtali chiqishsiz transformator asosidagi boshqariluvchi to'g'rilagich

Nazorat savollari

1. Chiziqli ta'minot manbaining umumlashgan strukturaviy sxemasini chizing va asosiy elementlari haqida gapirib bering.
2. Filtrlar haqida tushuncha bering.
3. Kuch transformatorlarining vazifasi nimadan iborat va uning qanday turlari mavjud?
4. To'g'rilagichlar qanday qurilma va uning turlari.
5. Boshqarilmaydigan to'g'rilagichning strukturaviy sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
6. To'g'rilagichning qanday asosiy sxemalarini bilasiz?
7. Bitta yarim davrli to'g'rilagich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
8. O'rta nuqtali ikki yarim davrli to'g'rilagich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
9. Ikki yarim davrli ko'priksimon to'g'rilagich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
10. Ikki qutbli to'g'rilagich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Kuchlanishni ikki marta oshiruvchi simmetrik sxema (Latur sxemasi)sini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
12. Kuchlanishni ikki marta oshiruvchi nosimmetrik sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
13. To'g'rilagich filtrlarining parametrlarini aytib bering.
14. Silliqlovchi passiv filtrlarning asosiy turlarining sxemasini chizing.
15. Ikkilamchi cho'lg'am o'rta tarmog'i mavjud bo'lgan transformatorli boshqariluvchi to'g'rilagich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
16. O'rta nuqtali chiqishsiz transformator asosidagi boshqariluvchi to'g'rilagich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

3. KUHLANISH STABILIZATORLARI

3.1. Umumiy ma'lumotlar

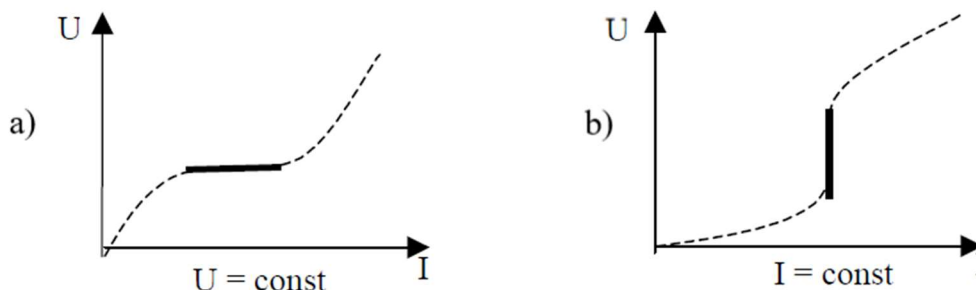
Ko'pgina elektron qurilmalarning normal ishlashi uchun ularni barqaror kuchlanish manbai bilan ta'minlash kerak. Kuchlanish o'zgarishiga olib keladigan asosiy omillar quyidagilardir:

- ta'minot tarmog'idagi kuchlanishning tebranishi;
- manba kuchlanishi chastotasining o'zgarishi;
- yuklama qarshiligining o'zgarishi;
- haroratning o'zgarishi.

Kuchlanish beriladigan qurilmaning turiga qarab, ta'minot kuchlanishining nisbiy o'zgarishi $(\Delta U_{chiq}/\Delta U_{chiq.nom}) \cdot 100\%$ 0,005 dan 3% gacha yoki undan yuqori qiymatlarda o'zgarishi mumkin.

O'zining chiqishida doimiy kuchlanishni (tokni) avtomatik ravishda ushlab turadigan qurilmalar **kuchlanish (tok) stabilizatorlari** deb ataladi.

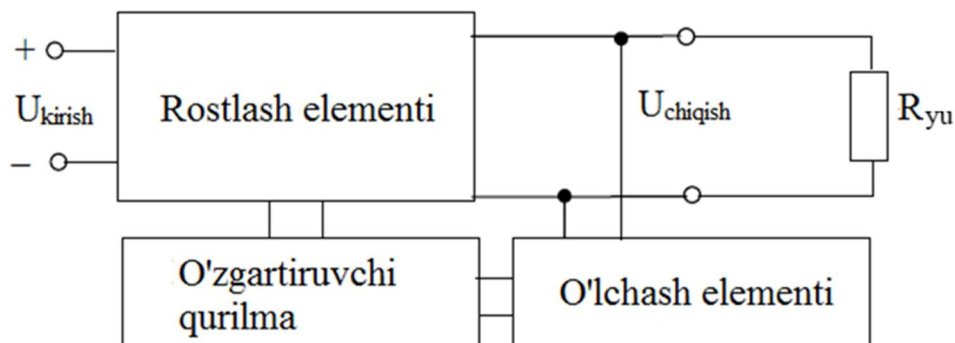
Ta'minot manbalarida ishlatiladigan kuchlanish stabilizatorlari ikki guruhga bo'linadi: parametrik va kompensatsion. Parametrik stabilizatorlar chiziqli bo'lmagan elementlar (stabilitronlar, varistorlar va boshqalar) asosida quriladi, ularning parametrlari beqarorlashtiruvchi omillar ta'siri ostida bevosita o'zgarib turadi (3.1-rasm).



3.1-rasm. Nochiziqli elementning volt-amper xarakteristikasi:

a) kuchlanish stabilizatori; b) tok stabilizatori.

Kompensatsion stabilizatorlar kuchlanish bo'yicha teskari aloqaga ega bo'lib, stabilizatorning chiqish qarshiligi sezilarli kamayadi va chiqish kuchlanishi nisbatan stabil holda qoladi (3.2-rasm).



3.2-rasm. Kompensatsion stabilizatorning funksional sxemasi

Stabilizator quyidagicha ishlaydi: o'lchash elementida chiqish kuchlanishi tayanch kuchlanishi bilan taqqoslanadi va moslashmaslik signali hosil qilinadi. O'zgartiruvchi qurilmada moslashmaslik signali kuchaytiriladi va rostlash elementi uchun boshqaruvchi signalga aylantiriladi. Ushbu boshqaruvchi signalning ta'sirida rostlash elementining ichki holati chiqish kuchlanishini tayanch kuchlanishiga teng holda ushlab turish uchun o'zgaradi.

3.2. Stabilizatorlarning asosiy parametrlari

Kuchlanish stabilizatorlarining muhim elektr parametrlari quyidagilardir:

1) stabilizatsiya koeffitsiyenti:

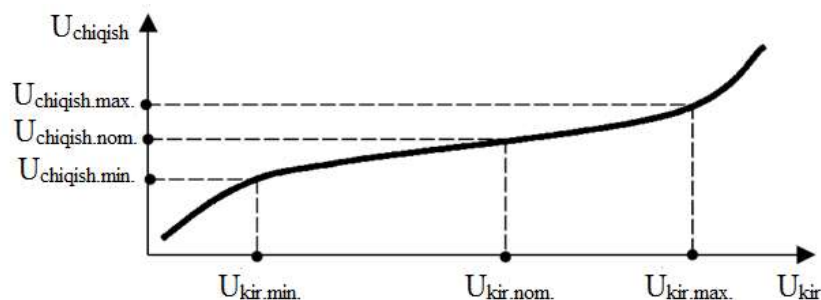
$$K_{st} = \frac{\Delta U_{kir}}{U_{kir}} : \frac{\Delta U_{chiq}}{U_{chiq}} = \frac{\Delta U_{kir} \cdot U_{chiq}}{U_{kir} \cdot \Delta U_{chiq}}, \quad (3.1)$$

bunda, U_{kir} , U_{chiq} – kirish va chiqish kuchlanishlari;

ΔU_{chiq} – kirish kuchlanishi o'zgarishi ΔU_{kir} natijasida chiqish kuchlanishining o'zgarishi.

Umumiy holda kuchlanish stabilizatsiyasining koeffitsiyenti deb kirish kuchlanishining nisbiy o'zgarishini stabilizator chiqishidagi kuchlanishning nisbiy o'zgarishiga nisbatiga aytiladi.

Stabilizatsiyaning integral va differensial koefitsiyentlari bir-biridan farqlanadi. Stabilizatsiyaning integral koefitsiyenti K_{st} – bu berqarorlashtiruvchi omil (kirish kuchlanishi) o‘zgarishining belgilangan oralig‘idagi barqarorlikni (stabilizatsiyani) ifodalaydi (3.3-rasm), differensial koefitsiyent K_{st} esa cheksiz kichik diapazonda ushbu qiymatning o‘zgaruvchanligini ifodalaydi.



3.3-rasm. Stabilizatsiyaning integral koefitsiyentini aniqlashga oid

Stabilizatsiyaning integral koefitsiyenti amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, quyidagicha aniqlanadi

$$K_{st} = \frac{\Delta U_{kir}}{U_{kir.nom.}} : \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{chiq.nom.}} = \lambda_n \cdot \frac{\Delta U_{kir}}{\Delta U_{chiq}},$$

bunda:

$$\lambda_n = \frac{\Delta U_{chiq.nom.}}{U_{kir.nom.}} - \text{nominal rejimda kuchlanishni uzatish koefitsiyenti};$$

2) kuchlanish bo‘yicha nostabillik koefitsiyenti:

$$K_{nU} = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kir}} \cdot \frac{1}{U_{chiq}} \cdot 100\%. \quad (3.2)$$

K_{nU} chiqish kuchlanishi, kirish va chiqish kuchlanishlarining o‘zgarishi orqali aniqlanadi;

3) tok bo‘yicha nostabillik koefitsiyenti:

$$K_{nI} = \frac{\Delta U_{chiq}}{U_{chiq}} \cdot 100\% \Big|_{\Delta I_{ber}} \quad (3.3)$$

K_{nI} chiqish toki berilgan qiymatlar oralig‘ida o‘zgarganda chiqish kuchlanishining nisbiy o‘zgarishi orqali aniqlanadi;

4) chiqish qarshiligi:

$$R_{chiq} = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta I_{chiq}}. \quad (3.4)$$

Stabilizatorning chiqish qarshiligi deb stabilizator chiqishidagi kuchlanish o'zgarishining o'zgarmas kirish kuchlanishida yuklama tokining o'zgarishiga bo'lgan nisbatiga aytiladi.

5) pulsatsiyani tekislash (so'ndirish) koeffitsiyenti – bu stabilizatorning kirishidagi pulsatsiya kuchlanishining uning chiqishidagi pulsatsiya kuchlanishiga nisbatiga teng. Ba'zi stabilizatorlar uchun pulsatsiyani tekislash koeffitsiyenti kuchlanish stabilizatsiyasi koeffitsiyentiga deyarli teng bo'ladi;

6) foydali ish koeffitsiyenti stabilizator tomonidan yuklamaga berilayotgan quvvatning stabilizatorning o'zi tomonidan iste'mol qilayotgan quvvatga nisbati orqali aniqlanadi.

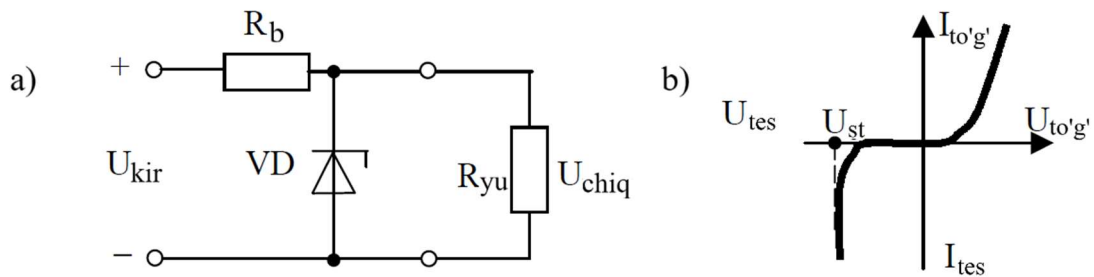
Stabilizatorlarga qo'yiladigan talablar. Ta'minot manbaining vazifasi va yuklamaning turiga qarab stabilizatorga quyidagi talablar qo'yiladi:

- 1) yuqori FIK;
- 2) yuqori stabilizatsiya koeffitsiyenti K_{st} ;
- 3) chiqish kuchlanishini (tokini) ohista yoki bo'sag'ali (bosqichma-bosqich) rostlash imkoniyati;
- 4) minimal tashqi o'lcham va og'irlik;
- 5) chiqish kuchlanishining minimal pulsatsiyasi.

3.3. Parametrik stabilizatorlar

Parametrik stabilizatorlarning asosiy xususiyatlari quyidagilar hisoblanadi: soddaligi, yuqori bo'lmagan FIK (ayniqsa o'zgaruvchan yuklama qarshiligida), kichik stabilizatsiya koeffitsiyenti, qo'shimcha o'tish tranzistoridan foydalanmasdan turib chiqish kuchlanishining aniq qiymatini olish va uni rostlashning murakkabligi.

Stabilitron asosida yig'ilgan eng oddiy parametrik kuchlanish stabilizatorining sxemasi va VAXsi 3.4-rasmda keltirilgan.



3.4-rasm. Stabilitron asosida yig‘ilgan parametrik kuchlanish stabilizatori:
a) prinsipial sxemasi; b) stabilitronning volt-amper xarakteristikasi.

Kuchlanishni stabillash (barqarorlash) uchun teskari tok $I_{st.min}$ dan $I_{st.max}$ oralig‘ida o‘zgarganda teskari kuchlanish o‘zgarmas bo‘lgan volt-amper xarakteristikasining qismidan foydalaniladi. Stabilizatsiya tokining minimal $I_{st.min}$ va maksimal $I_{st.max}$ qiymati stabilitronning turi (nominali) bilan aniqlanadi. Kichik quvvatli stabilitronlar uchun stabilizatsiya chegaraviy toklarining tipik qiymatlari quyidagicha: $I_{st.min} = 3 - 5 \text{ mA}$, $I_{st.max} = 20 - 45 \text{ mA}$.

Agar stabilizatsiyaning teskari toki $I_{st.min}$ dan kamaysa, u holda stabilizatsiya rejimi buziladi. Agar teskari tok $I_{st.max}$ qiymatidan oshsa, stabilitronning tiklanadigan buzilishi tiklanmaydigan issiqlik buzilishiga aylanadi.

Stabilizatsiya tokini cheklash R_b ballast rezistor yordamida amalga oshiriladi. Bu qarshilikda ortiqcha kuchlanish pasayadi, ya'ni $\Delta U = U_{kir} - U_{chiq} \cdot R_b$ qarshilik qiymatini tanlash yuklama toki, kirish kuchlanishi va tanlangan stabilitron stabilizatsiya tokining o‘zgarish oralig‘ini hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

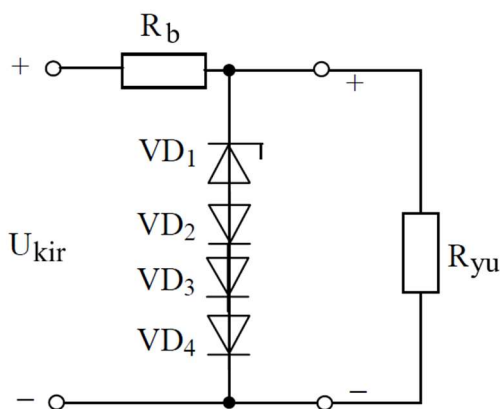
Stabilizatorning kuchlanish bo‘yicha stabillash koeffitsiyenti (3.4-rasm) ballast rezistor R_b qarshiligining stabilitron differensial qarshiligi r_d ga nisbati ($K_{st} = R_b/r_d$) orqali taxminan aniqlanishi mumkin.

K_{st} ni oshirish uchun R_b qarshilik qiymatini oshirish va I_{st} ning barcha o‘zgarish diapazonida stabilizatsiya kuchlanishining o‘zgarishi kichik bo‘lgan stabilitronni tanlash maqsadga muvofiq. 3.4-rasmdagi sxema uchun K_{st} ning qiymati 20 dan 40 birlikkacha bo‘lgan oraliqda bo‘ladi.

Oddiy stabilizatorlarning kamchiliklaridan biri chiqish kuchlanishining haroratga bog‘liqligidir. U_{chiq} chiqish kuchlanishining haroratga bog‘liq o‘zgarishini kichik harorat koeffitsiyentili kuchlanish stabilitronlaridan foydalanish

hisobiga yoki termokompensatsiyalovchi sxemalarni qo'llash hisobiga kamaytirish mumkin.

3.5-rasmda parametrik stabilizatorning termokompensatsiya bilan yaxshilangan sxemasi ko'rsatilgan.



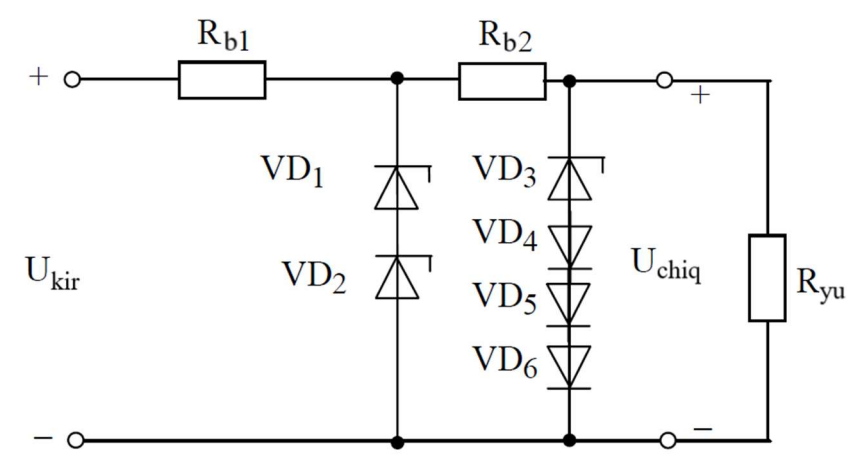
3.5-rasm. Termokompensatsiyali parametrik stabilizator sxemasi

VD2, VD3, VD4 diodlari VD1 tayanch diodidagi kuchlanishni termokompensatsiyalash uchun mo'ljallangan. 3.5-rasmdagi sxema uchun $U_{\text{chiq}} = U_{VD1} + U_{VD2} + U_{VD3} + U_{VD4}$, bunda U_{VD1} – kremniyli stabilitronning tayanch kuchlanishi, U_{VD1} , U_{VD2} , U_{VD3} – termokompensatsiyalovchi germaniyli diodlari (yoki teskari yo'nalishda ulangan stabilitron diodi) dagi to'g'ri kuchlanishlari.

Termokompensatsiyalovchi diodlarning soni qarama-qarshi yo'nalishda ulangan kremniyli stabilitron diodlarining turi va soniga qarab tanlanadi. Termokompensatsiyalovchi diodlar ishlatilganda K_{st} taxminan 2-4 marta kamayadi. Shuningdek qo'shimcha diodlar sxema chiqish qarshiligining oshishiga olib keladi.

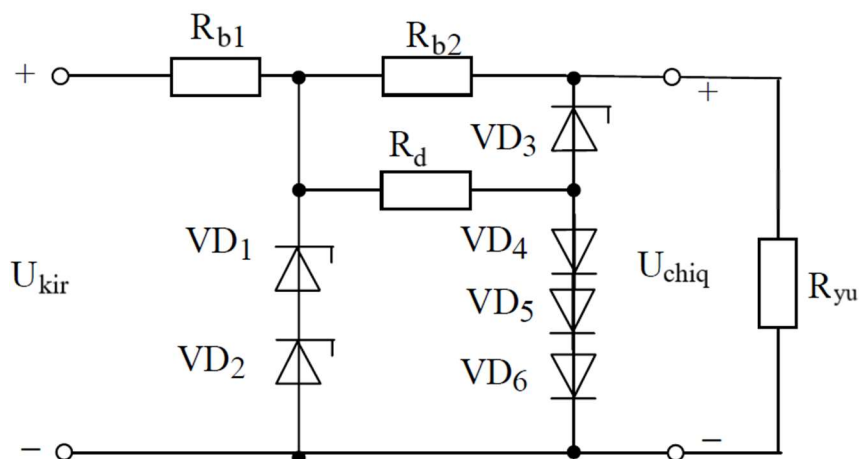
Ikki kaskadli sxemani qo'llab, termokompensatsion diodli qurilmalarning stabilizatsiya koeffitsiyentini oshirish mumkin (3.6-rasm).

Natijaviy stabillash koeffitsiyenti alohida kaskadlar stabillash koeffitsiyentlarining ko'paytmasi ($K_{st} = K_{st1} \cdot K_{st}$) ga teng bo'ladi. Chiqish qarshiligi 2-kaskadning chiqish qarshiligi bilan aniqlanadi. Birinchi kaskad maksimal stabillash koeffitsiyentiga ega bo'lishi uchun termokompensatsiyani faqat ikkinchi kaskadda qo'llash tavsiya etiladi.



3.6-rasm. Termokompensatsiyali ikki kaskadli stabilizator

Termokompensatsion diodlar orqali oqayotgan tokni oshirish evaziga sxema chiqish qarshiligini pasaytirish mumkin.

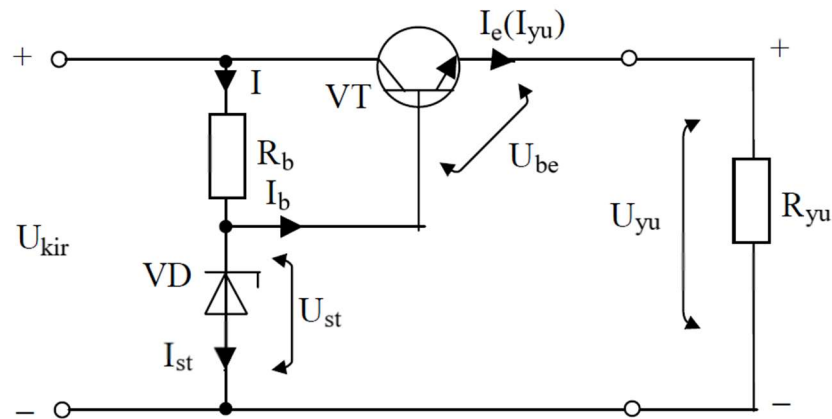


3.7-rasm. Chiqish qarshiligini pasaytiruvchi ikki kaskadli parametrik stabilizator

3.7-rasmda keltirilgan stabilizatorlarda qo'shimcha R_d qarshilik orqali oqib o'tuvchi tok $VD4$ - $VD6$ diodlari orqali o'tadi. Bunda termokompensatsiyalovchi diodlarning dinamik qarshiligi pasayadi va natijada chiqish qarshiligi kamayadi. Bu sxemaning yana bir xususiyati shundan iboratki (3.7-rasm) R_d qarshilik qiymatini o'zgartirib termokompensatsiyani ohista sozlash imkoniyati mavjudligidir. Stabilizatorning kamchiligi (3.7-rasm) termokompensatsion diodlar orqali oqayotgan tokning ko'payishi natijasida foydali ish koeffitsiyentining kamayishidir.

Parametrik stabilizatorlarning yuklama qobiliyatini oshirish. Yuqorida ko'rib chiqilgan parametrik stabilizatorlar barcha sxemalarining o'ziga xos xususiyati

shundaki, o'zgaruvchan yuklamada maksimal chiqish toki stabilitronning maksimal stabilizatsiya tokidan oshishi mumkin emas. Umumiy kollektor sxemasi bo'yicha ulangan tranzistor yordamida stabilizatorning chiqish tokini oshirishish mumkin (3.8-rasm).



3.8-rasm. Yuklama qobiliyatini oshirishuvchi parametrik stabilizator

R_b va VD diod elementlari yuklamasi VT tranzistorining bazasi hisoblanadigan oddiy parametrik stabilizatorni hosil qiladi. Ko'rilayotgan sxemada tranzistor yuklama tokining kuchaytirgichi hisoblanadi $I_e \approx \beta I_b$, bunda β – tranzistor tokining uzatish koeffitsiyenti. Baza-emitter o'tishida kuchlanish pasayishining qiymati deyarli doimiy va nisbatan katta emas (germaniyli tranzistorlar uchun 0,5 V gacha va kremniyli tranzistorlar uchun 1,0 V gacha), yukladagi kuchlanish VD tayanch diodining stabilizatsiya kuchlanishiga teng deb hisoblash mumkin. $U_{yu} = U_{st} - U_{be} \approx U_{st}$.

Qurilmaning normal ishlashi uchun quyidagi tengsizlik bajarilishi kerak $I_y/\beta < (I_{st.max} - I_{st.min})$, bunda $I_{st.max}$ va $I_{st.min}$ – stabilitron stabilizatsiya tokining maksimal va minimal qiymatlari. Tranzistorning β qiymatini tanlashda shuni yodda tutish kerakki, tranzistor tomonidan stabilitronidan olingan tok qancha kam bo'lsa K_{st} shuncha yuqori bo'ladi.

Katta quvvatli tranzistorlar, ma'lumki kichik tok kuchaytirish koeffitsiyentiga ega (10 dan 40 gacha) bo'ladi. Shuning uchun katta yuklama toklarini olish uchun Darlington sxemasiga muvofiq ulangan ikkita yoki undan ko'p tranzistorlardan foydalanish mumkin.

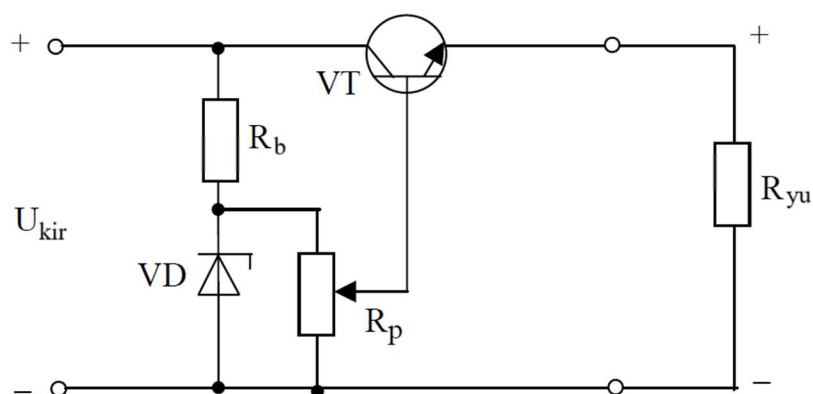
3.8-rasmdagi stabilizatorni eng oddiy kompensatsion stabilizator sifatida qarash mumkin, chunki unda kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqa amalga oshiriladi. Payqash qiyin emaski, rostlovchi element sifatida boshqarish uchun past kuchlanishni (taxminan 0,2 - 0,6) talab qiladigan tranzistor ishlatilgan bo'lib, bu esa o'lchash elementi va o'zgartiruvchi qurilmasiz bajarishga imkon beradi.

Stabilizatorning ishlashi shundan iboratki, normal rejimda (beqarorlashtiruvchi omillar bo'lmaganda) stabilitronda U_{st} tayanch kuchlanishi hosil qilinadi, ushbu kuchlanish tranzistorning baza-emitteri va yuklama o'rtasida taqsimlanadi $U_{st} = U_{be} + U_y$, ya'ni VT tranzistorning ochilish darajasini (kollektor-emitterning o'tishdagi qarshilik R_{ke}) aniqlaydigan qandaydir $U_{be} = U_{st} - U_y$ qiymat o'rnatiladi. Faraz qilaylik, yuklama qarshiligi o'zgaradi, bu esa yuklama tokining o'zgarishiga olib keladi. Ya'ni, ushbu beqarorlashtiruvchi omil chiqish kuchlanishining qiymatini o'sish yoki pasayish yo'nalishi bo'yicha o'zgartirishga moyildir. Stabilizatsiya jarayonini sxematik tarzda quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$U_y \uparrow \rightarrow U_{be} \downarrow \rightarrow R_{ke} \uparrow \rightarrow U_{ke} \uparrow \rightarrow (U_y = U_{kir} - U_{ke}) \downarrow$$

$$U_y \downarrow \rightarrow U_{be} \uparrow \rightarrow R_{ke} \downarrow \rightarrow U_{ke} \downarrow \rightarrow (U_y = U_{kir} - U_{ke}) \uparrow.$$

3.8-rasmdagi sxemadagi stabilitronga parallel ravishda ulangan potentsiometr chiqish kuchlanishini ohista sozlash imkonini beradi (3.9-rasm).

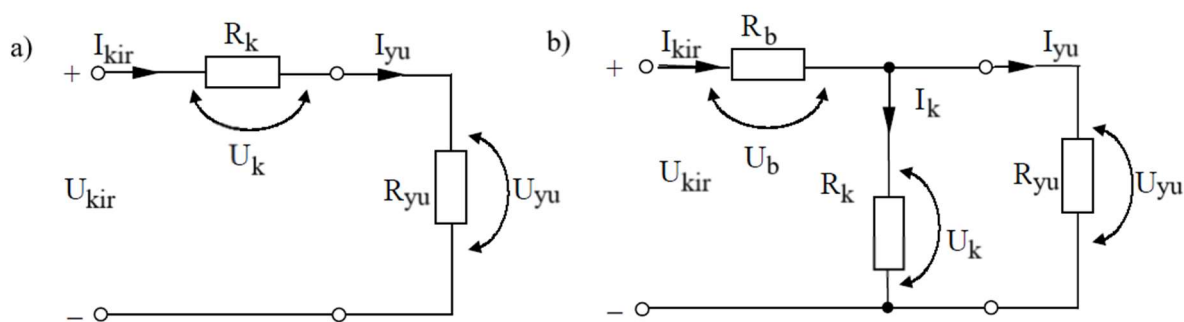


3.9-rasm. Chiqish kuchlanishi sozlanadigan parametrik stabilizator

Chiqish kuchlanishini sozlash bilan sxemani hisoblashda stabilizatorning normal ishlashi uchun tok tranzistorning katta bazaviy tokining R_p orqali kamida 3 marta ko‘proq oqishini ta’minlash kerak.

3.4. Kompensatsion stabilizatorlar

Umumiy ma’lumotlar. Kompensatsion stabilizatorlar parametrik stabilizatorlarga qaraganda yaxshiroq parametrlarga ega. Ularning ishlash prinsipi yuklamaga ketma-ket yoki parallel ravishda qandaydir R_k kompensatsion qarshilikning ulanganligiga asoslanadi (3.10-rasm).



3.10-rasm. Kompensatsion stabilizatorlar:

a) ketma-ket; b) parallel.

R_k ning ulanish turiga qarab kompensatsion stabilizatorlar ketma-ket va parallel turlarga bo‘linadi.

Ketma-ket stabilizatorlarda U_{kir} kirish kuchlanishi R_k va R_{yu} o‘rtasida taqsimlanadi: $U_{kir} = R_k + R_{yu}$. Yuklamada kuchlanish stabilizatsiyaga R_k ni o‘zgartirish orqali erishiladi, shuningdek R_k da kuchlanish pasayishi quyidagi prinsipga muvofiq amalga oshiriladi:

$$U_y \uparrow \rightarrow R_k \uparrow \rightarrow (U_k = U_{kir} - U_y) \uparrow \rightarrow U_y \downarrow$$

$$U_y \downarrow \rightarrow R_k \downarrow \rightarrow (U_k = U_{kir} - U_y) \downarrow \rightarrow U_y \uparrow$$

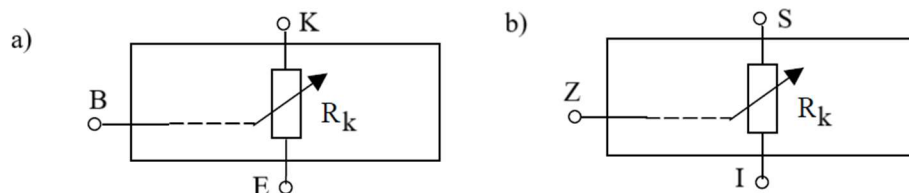
Kompensatsion qarshilik va yuklama qarshiligi parallel ulangan holda U_{kir}

kirish kuchlanishi ballast rezistor R_b hamda parallel ulangan R_k va R_{yu} lardan iborat bo'lgan kuchlanish bo'lgichga beriladi. U_{yu} kuchlanishni stabilizatsiyalash R_k ni o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Bunda kirish toki quyidagicha o'zgaradi $I_{kir} = I_k + I_{yu}$. I_{kir} ning o'zgarishi ballast qarshilikdagi U_b kuchlanish pasayishiga olib keladi va yuklamadagi kuchlanish doimiy saqlanib qoladi:

$$\begin{aligned} U_y \uparrow &\rightarrow R_k \downarrow \rightarrow I_k \uparrow \rightarrow (I_{kir} = I_k + I_y) \uparrow \rightarrow U_b \uparrow \rightarrow U_y \downarrow \\ U_y \downarrow &\rightarrow R_k \uparrow \rightarrow I_k \downarrow \rightarrow (I_{kir} = I_k + I_y) \downarrow \rightarrow U_b \downarrow \rightarrow U_y \uparrow \end{aligned}$$

Stabilizatorlarda R_k qarshilikning o'zgarishi I_y , U_{kir} va U_y ning joriy qiymatlariga bog'liq ravishda avtomatik tarzda sodir bo'ladi.

Ko'pincha R_k sifatida tranzistorlar ishlatiladi (3.11-rasm). Bipolyar tranzistordan foydalanilganda R_k qarshilik kollektor-emitter o'tishining qarshiligini bildiradi ya'ni ($R_k = R_{ke}$). Tranzistorning bazasi boshqarish elektrodi hisoblanadi. Maydoniy tranzistorlar uchun R_k – stok va istok elektrodleri orasidagi qarshilikdir ($R_k = R_{si}$). Bu holda esa boshqarish elektrodi zatvor hisoblanadi.



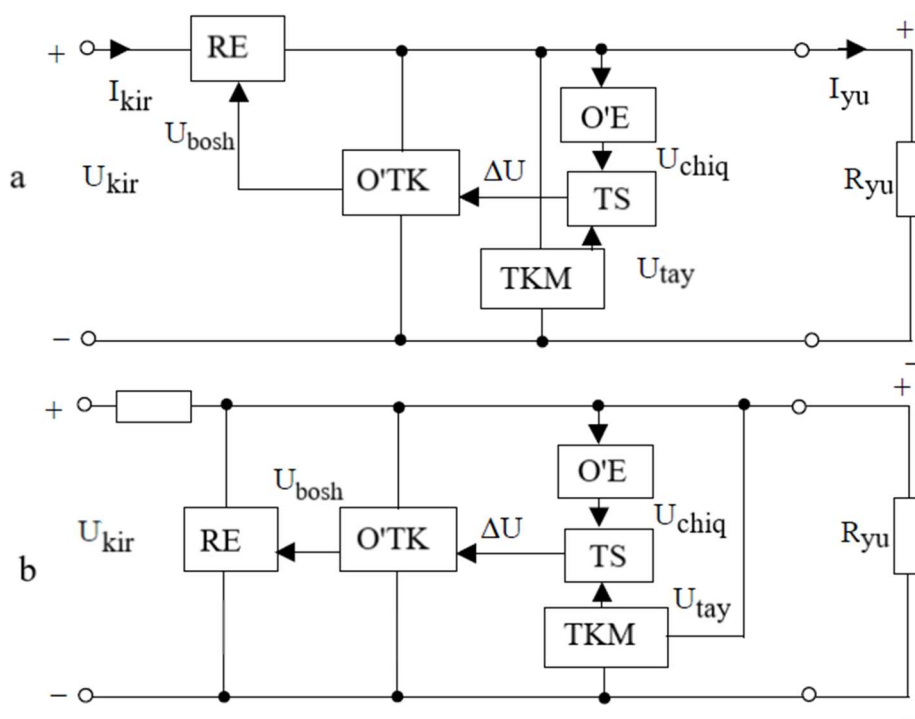
3.11-rasm. Tranzistorlarning kompensatsion rezistorlar sifatida ishlatish sxemasi:

a) bipolyar; b) maydoniy.

Parallel va ketma-ket stabilizatorlar. Parallel stabilizatorlar kichik FIKga ega shuning kamroq ishlatiladi. O'zgaruvchan yuklamalarda yuqori kuchlanish va toklarni barqarorlashtirish uchun odatda ketma-ket turdagi kuchlanish stabilizatorlari qo'llaniladi. Shu bilan birga, ushbu qurilmalarning chiqish zanjiri qisqa tutashuvidan himoyalangan bo'lishi kerak va $U_{ke} > U_{kir}$ shartni qanoatlantiruvchi kuchlanishli tranzistor tanlanishi zarur. Kompensatsion stabilizatorlarning strukturaviy sxemasi 3.12-rasmda keltirilgan.

Rostlovchi element tranzistor hisoblanadi. Taqqoslash sxemasiga ikkita kuchlanish keladi: tayanch va chiqish kuchlanishi. Ushbu kuchlanishlarning farqi $\Delta U = U_{chiq} - U_{tay}$ ga teng bo'lib, u doimiy tok kuchaytirgichi orqali kuchaytiriladi va bu kuchlanish U_{bosh} boshqaruvchi kuchlanish hisoblanadi, hamda REning zaruriy ichki qarshiligini o'rnatadi.

Ko'rib chiqilayotgan qurilmalar parametrik stabilizatorlardan farqli o'laroq, kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqaning mavjudligi sababli kichik chiqish qarshiligiga ega va shuning uchun yanada barqarorlashtiruvchi xususiyatlarga ega bo'ladi.



3.12-rasm. Kompensatsion stabilizatorlarning strukturaviy sxemalari:

RE – Rostlovchi element;

O'TK – O'zgarmas tok kuchaytirgichi;

O'E – O'lchash elementi;

TKM – Tayanch kuchlanish manbai;

TS – Taqqoslash sxemasi;

R_{yu} – yuklama qarshiligi;

R_b – ballast qarshilik.

Tayanch kuchlanish manbai (TKM) odatda kremniyli stabilitron diodidagi bir kaskadli parametrik stabilizatoridan tashkil topgan bo‘ladi. Stabilizatorning ishlash sifati tayanch kuchlanish manbaining sifatli ishlashiga bog‘liq. Agar biron sababga ko‘ra stabilitronning stabilizatsiya kuchlanishi o‘zgarsa, u holda kompensatsion stabilizatorning chiqishidagi kuchlanish ham o‘zgaradi. Bu stabilitronni tanlashda hisobga olinishi kerak. Avvalo, quyidagilarga e‘tibor berish kerak:

- 1) stabilizatsiya kuchlanishsh qiymatlarining o‘zgarishi, o‘rtacha 0,1 dan 0,4 V gacha qiymatni tashkil etadi;
- 2) stabilizatsiya kuchlanishining harorat koeffitsiyenti;
- 3) stabilizatsiya tokining o‘zgarishi mumkin bo‘lgan diapazoni.

Taqqoslash sxemasining vazifasi chiqish kuchlanishining (yoki uning qismining) belgilangan (tayanch) U_{tay} kuchlanishdan og‘ishini aniqlash va ushbu og‘ishni teskari aloqa zanjiri bo‘yicha o‘zgarimas (doimiy) tok kuchaytirgichiga uzatishdir. Taqqoslash sxemasi bir yoki bir nechta tranzistorlarda bajarilishi mumkin. Kuchlanish stabilizatorlarida uni odatda O‘TK (moslashmaslik signali kuchaytirgichi) va tayanch kuchlanish manbai bilan birlashtiriladi.

O‘lchov elementi odatda stabilizatorning chiqishiga ulangan rezistiv kuchlanish bo‘lgichidan iborat bo‘ladi. O‘lchash elementlariga bo‘lgan asosiy talab bu – bo‘linish koeffitsiyentining doimiyligidir. O‘lchash elementi sxemasiga o‘zgaruvchan yoki sozlanadigan rezistor kiritilishi mumkin, bu esa ma’lum chegaralarda chiqish kuchlanishini o‘zgartirishga imkon beradi.

An’anaviy stabilizatorlarda doimiy tok kuchaytirgichi taqqoslash sxemasi bilan birlashtirilgan bo‘ladi. Stabilizatsiya koeffitsiyentini oshirish, va haroratning o‘zgarishi va elementlar parametrlarining o‘zgarishi natijasida yuzaga keladigan xatolarni kamaytirish uchun doimiy tok kuchaytirgichida differensial sxemalar qo‘llaniladi. Ko‘p kaskadli O‘TKlar yoki operatsion kuchaytirgichlarda (OK) bajarilgan O‘TKlari asosidagi stabilizatorlar yanada yaxshiroq xarakteristikalariga egadir.

Rostlovchi element sifatida Darlington sxemasiga muvofiq ulangan bitta yoki bir nechta tranzistorlardan foydalaniladi. Rostlovchi elementning tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti zaruriy yuklama toki va doimiy tok kuchaytirgichining

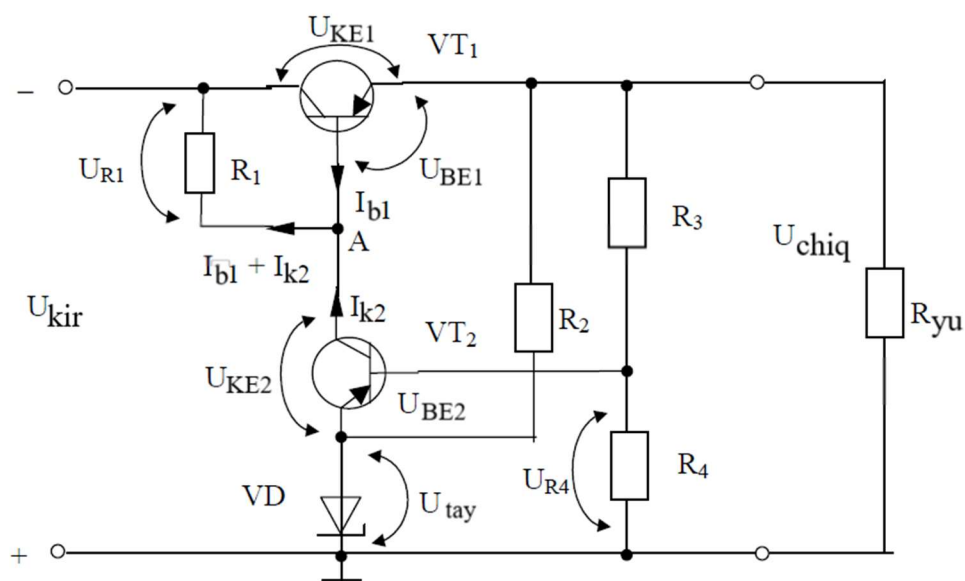
quvvati bilan aniqlanadi. 300 – 500 mA dan ortiq yuklama toklarida rostlovchi tranzistorlar issiqlik moslamasiga (radiatorga) oʻrnatiladi, ularning geometrik parametrlari asosan rostlovchi element tarqatayotgan quvvati va radiator hamda atrof-muhit oʻrtasidagi issiqlik almashinuvi shartlari bilan belgilanadi.

Kompensatsion stabilizatorlarda chiqish kuchlanishini oʻzgartirish (yoki uni rostlash) quyidagicha amalga oshiriladi:

- 1) chiqish kuchlanishi boʻlgichi orqali;
- 2) tayanch kuchlanishi boʻlgichi orqali;
- 3) chiqish kuchlanishi va tayanch kuchlanishini bir vatqning oʻzida boʻlish orqali.

Kompensatsiyon stabilizatorlarni tranzistorlar orqali amalga oshirish.

Oddiy kompensatsion kuchlanish stabilizatorining prinsipial sxemasi 3.13-rasmda keltirilgan.



3.13-rasm. Ikkita tranzistor asosidagi ketma-ket kompensatsion stabilizator

VT1 tranzistor rostlash elementi vazifasini bajaradi ($R_k = R_{ke1}$). R_2 rezistor va VD diod parametrik kuchlanish stabilizatorini (tayanch kuchlanish manbai) tashkil qiladi. R_3 va R_4 rezistorlari chiqish kuchlanishi boʻlgichi (O'E) hisoblanadi. VT2 tranzistorida taqqoslash sxemasi va doimiy tok kuchaytirgichi vazifalari amalga oshiriladi.

Yerga nisbatan A nuqtaning potentsiali U_{kir} kirish kuchlanishiga va VT2

tranzistorining holatiga, $U_{kir} - U_{tay}$ kuchlanish bo'lgichining pastki elkasi sifatida qabul qilinishi mumkin bo'lgan kollektor-emitter o'tishiga bog'liq (yuqori elkasi R_1 rezistoridir). Ma'lumki u holda

$$U_{chi} = U_{tay} + U_{ke2} + U_{R1} \text{ va } U_A = U_{kir} - U_{R1} = U_{ke2} + U_{tay}.$$

Tranzistor VT1 kuchlanishni takrorlash sxemasi bo'yicha ulanganligini (kollektor umumiy elektrod bo'lib, chiqish kuchlanishi emittirdan olinadi) va U_{chiq} bilan taqqoslaganda U_{be1} kuchlanish pasayishining kichikligini hisobga olsak, $U_{chiq} \approx U_A$ deb qarashimiz mumkin. Shuning uchun chiqish kuchlanishini barqarorlashtirish masalasi $U_A = U_{kir} - U_{R1}$ doimiy qiymatini saqlab qolishdan iborat.

Faraz qilaylik, tashqi omillar ta'sirida yuklamadagi kuchlanish oshdi. Bu $U_{be2} = U_{R4} - U_{tay}$ (U_{R4} ortadi, $U_{tay} = \text{const}$) kuchlanishning oshishiga olib keladi va VT2 tranzistor kollektor tokining ko'payishiga sabab bo'ladi. I_{k2} ning ortishi natijasida R_1 rezistoridagi kuchlanish pasayishi ortadi, A nuqtasining potentsiali pasayadi va natijada chiqish kuchlanishi ham kamayadi.

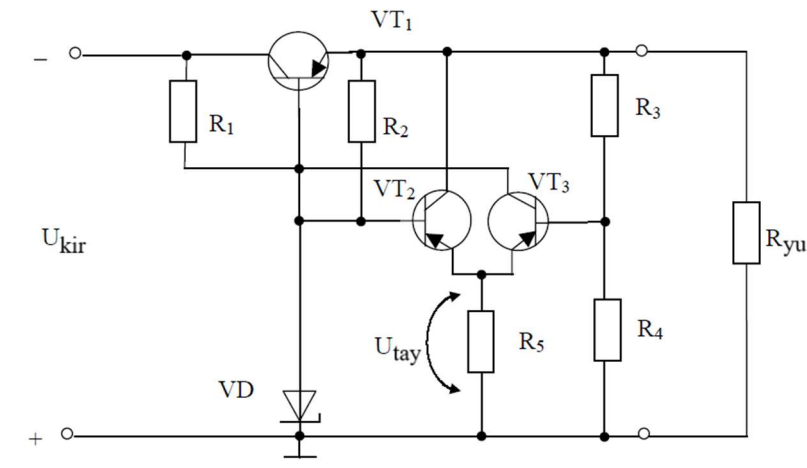
Chiqish kuchlanishi pasayganda $U_{be} = U_{R4} - U_{tay}$ kuchlanishi ham pasayadi. VT2 tranzistori kollektor-emitter o'tishining qarshiligi oshadi, I_{k2} pasayadi, natijada $U_{R1} = R_1 \cdot (I_{k1} + I_{b2})$ kuchlanish kamayadi. Natijada A nuqtasining potentsiali, shunihdek chiqish kuchlanishi oshadi.

Ramziy shaklda kuchlanishni barqarorlashtirish mexanizmi quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$U_{chiq} \uparrow \rightarrow U_{R4} \uparrow \rightarrow (U_{BE2} = U_{R4} - U_{tay}) \uparrow \rightarrow R_{KE2} \downarrow \rightarrow I_{K2} \uparrow \rightarrow \\ [U_{R1} = R_1(I_{K2} + I_{B2})] \uparrow \rightarrow U_A \downarrow \rightarrow U_{chiq} \downarrow$$

$$U_{chiq} \downarrow \rightarrow U_{R4} \downarrow \rightarrow (U_{BE2} = U_{R4} - U_{tay}) \downarrow \rightarrow R_{KE2} \uparrow \rightarrow I_{K2} \downarrow \rightarrow \\ [U_{R1} = R_1(I_{K2} + I_{B2})] \downarrow \rightarrow U_A \uparrow \rightarrow U_{chiq} \uparrow$$

3.14-rasmda Differensial doimiy tok kuchaytirgichi asosidagi ketma-ket stabilizator sxemasi ko'rsatilgan.

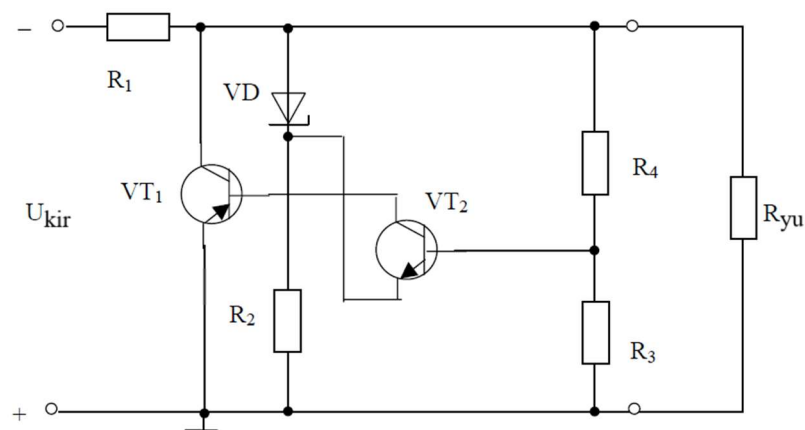


3.14-rasm. Differensial doimiy tok kuchaytirgichi asosidagi ketma-ket kompensatsion stabilizatorning prinsipial sxemasi

Ushbu sxemada VT3 tranzistori an'anaviy doimiy tok kuchaytirgichi sifatida ishlatiladi. R_3 va R_4 rezistorlaridan tashkil topgan chiqish kuchlanishi bo'lgichining R_4 rezistoridan olingan chiqish kuchlanishining bir qismi uning bazasiga beriladi. VT3 emitteriga tayanch kuchlanishi beriladi, lekin to'g'ridan-to'g'ri VD stabilitrondan emas, balki emitter zanjiriga R_5 rezistor ulangan VT2 tranzistor asosidagi emitter qaytargich orqali beriladi. Bu qarshilikdagi kuchlanish pasayishi tayanch kuchlanish sifatida ishlatiladi.

3.15-rasmda oddiy parallel stabilizatorning sxemasi ko'rsatilgan. 3.15-rasmdagi sxema elementlarining vazifasi yuqorida ko'rib chiqilgan ketma-ket turdagi kompensatsion stabilizatornikiga o'xshash. Rostlash elementi vazifasini VT1 tranzistor va doimiy tok kuchaytirgich vazifasini VT2 tranzistor bajaradi. R_3 va R_4 qarshiliklari o'lchash elementini hosil qiladi. Bir kaskadli parametrik stabilizator (R_2 , VD elementlari) tayanch kuchlanishi manbaini tashkil qiladi.

VT2 bazasidagi kuchlanish R_3 va R_4 rezistorlaridan olinadigan kuchlanishning bir qismi va tayanch kuchlanishi orasidagi farqqa teng bo'ladi. VT1 rostlovchi tranzistor bazasining toki VT2 kollektor-emitterining o'tishi orqali o'tadi va yuqorida ko'rsatilgan kuchlanishlarning farqiga bog'liq bo'ladi.



3.15-rasm. Parallel kompensatsion stabilizator

Tashqi nostabillovchi omillar taʼsirida chiqish kuchlanishi oshganda VT2 tranzistori katta darajada ochiladi, uning kollektor toki ortadi, bu esa VT1 kollektor tokining oshishiga va R_1 rezistoridagi kuchlanish pasayishining kattalashishiga olib keladi. Natijada chiqish kuchlanishining oshishi kompensatsiyalanadi. Chiqish kuchlanishining pasayishi bilan, aksincha VT1 va VT2 tranzistorlari katta darajada yopiladi, bu esa R_1 rezistoridagi kuchlanish pasayishining kishiklashishiga hamda chiqish kuchlanishi pasayishining kompensatsiyasiga olib keladi.

Nazorat savollari

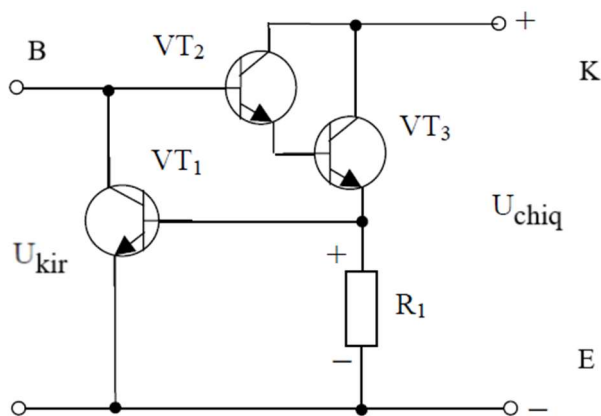
1. Kuchlanish stabilizatorlari deb qanday qurilmaga aytiladi va ular nechta guruhga boʻlinadi?
2. Stabilizatorlarning asosiy parametrlarini keltiring.
3. Stabilizatorlarga qoʻyiladigan talablar nimalardan iborat?
4. Stabilitron asosida yigʻilgan parametrik kuchlanish stabilizatorining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Chiqish qarshiligini pasaytiruvchi ikki kaskadli parametrik stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
6. Yuklama qobiliyatini oshirishuvchi parametrik stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
7. Chiqish kuchlanishi sozlanadigan parametrik stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

8. Kompensatsion ketma-ket va parallel stabilizatorlarning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
9. Ikkita tranzistor asosidagi ketma-ket kompensatsion stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

4. KUCHLANISH STABILIZATORLARINI HIMOYALASH

4.1. Tranzistorli stabilizatorlarni yuklamadagi qisqa tutashuvdan himoyalash

Qisqa tutashuv ketma-ket ulangan stabilizatorning eng og'ir ish rejimi hisoblanadi, bu holatda rostlovchi tranzistorlardan kuchlanishning kamayishi hisobiga kichik tok oqib o'tadi ($U_{ke} = U_{kir}$). Stabilizator ishdan chiqishining oldini olish uchun bir qancha sxemotexnik echimlar qo'llaniladi. Shulardan bir nechitasi ko'rib chiqamiz. Yuklamada qisqa tutashuv holatining oldini olish uchun chiqish tokini chegaralash usulidan ko'proq foydalaniladi (4.1-rasm). Deyarli har qanday tranzistorli kuchlanish stabilizatorlarida ushbu sxema rostlovchi tranzistor sifatida foydalanilishi mumkin. VT_2 va VT_3 tranzistorlari Darlington sxemasi bo'yicha yig'ilgan bo'lib, bevosita rostlash (o'tish) tranzistorini tashkil etadi. VT_1 va R_1 elementlari himoyalash sxemasini tashkil etadi. R_1 rezistor tok datchiki funksiyasini bajaradi (undagi kuchlanish yuklama tokiga proporsional bo'ladi). R_1 qarshiligida kuchlanishning pasayishi VT_1 tranzistor baza-emitter o'tishiga beriladi va bu o'tish uchun to'g'ri yo'nalish hisoblanadi.



4.1-rasm. Qo'shma o'tish (VT_2 va VT_3) tranzistori yuklamasida qisqa tutashuvdan himoyalash sxemasi

Ruxsat etiladigan yuklama tokida R_1 dagi kuchlanishning pasayishi VT_1 tranzistorini ochish uchun etarli emas (kremniyli tranzistor uchun 0,6 V dan kichik)

va himoyalash sxemasi o'tish tranzistorining ishlashiga hech qanday ta'sir ko'rsata olmaydi.

Chiqish tokining oshib ketishi holatida (berilgan qiymatidan yuqori) R_1 dagi kuchlanish pasayishi VT_1 tranzistorining ochilish holatiga o'tishi uchun etarli bo'ladi. Himoyalash sxemasi tranzistori ochilishi bilan uning ochiq kollektor-emitter o'tishi qo'shma rostlash tranzistorining baza emitter o'tishini shuntlaydi, baza toki sezilarli kamayadi va natijada yuklama toki ham kamayadi.

Himoyalash ishlab ketishining bo'sag'asi R_1 qarshiligi orqali beriladi. Agar R_1 sifatida o'zgaruvchan qarshilikdan yoki diskret ulanuvchi qarshiliklar to'plamidan foydalanilsa, talab qilinadigan oraliqda chiqish toki maksimal qiymatini o'zgartirish mumkin bo'ladi. Stabilizatorning chiqish tokini chegaralash uni faqat ishdan chiqishidan himoyalab qolmasdan, balki bir qancha noqulay holatlarning oldini olib, yuklamaning o'zini ham himoyalaydi, masalan, noto'g'ri ulanishdan ham himoyalaydi. R_1 qarshilikning talab etiladigan qiymati Om qonuni orqali aniqlanadi; $R_1 = U_{be}/I_{bo's}$, bunda U_{be} – VT_1 tranzistori baza-emitter o'tishining kuchlanishi bo'lib, unda tranzistor ochiladi, $I_{bo's}$ – tokdan himoyalaniib ishlash bo'sag'asi.

Bu usulning kamchiligi shundan iboratki (4.1-rasm) VT_1 tranzistorning ochilishi uchun nisbatan yuqori kuchlanish talab etilishidir. Katta yuklama tokida R_1 rezistor katta quvvat tarqalishiga ega bo'lishi kerak. Faraz qilaylik, agar $I_{bo's} = 10\text{ A}$ bo'lsa, qisqa tutashuv holatida R_1 6 Vt quvvat sarflaydi (tarqatadi). Bundan tashqari R_1 rezistor qurilmaning chiqish qarshiligini oshiradi, undagi kuchlanish pasayishi yuklamadagi kuchlanishni pasaytiradi. Ushbu sxemotexnik echimning yana bir kamchiligi himoyalash ishlashining bo'sag'aviy qiymatini aniq o'rnatib bo'lmasligidir.

Keyingi sxemada (4.2-rasm) bu masalaga boshqacha yondashilgan. Himoyalash R_3 tok datchigi-qarshiligidagi kuchlanish 0,6 V da emas (4.1-rasmdagi sxema kabi), balki bir necha millivoltlarda ishga tushiriladi. VT_4 va VT_5 tranzistori qo'shma o'tish tranzistorini tashkil etadi, qolgan elementlar himoyalash sxemasiga tegishlidir.

Ishlash prinsipi quyidagi ifodaga asoslangan:

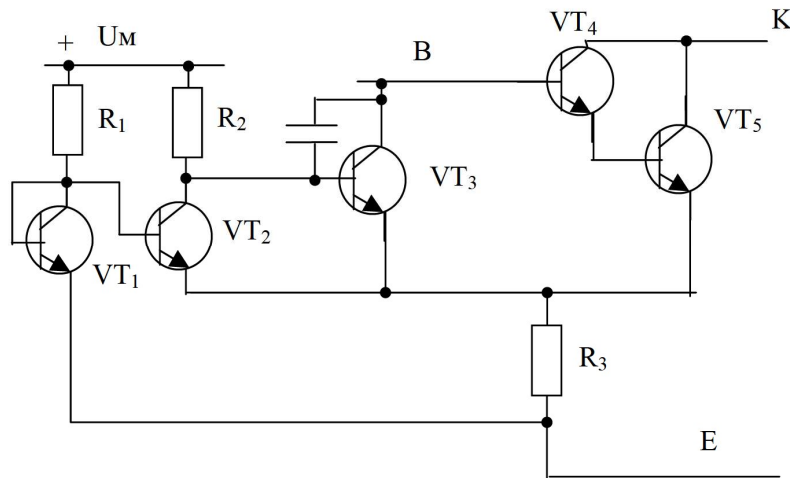
$$\Delta U = \varphi_T \ln \frac{I_{k1}}{I_{k2}} \quad (4.1)$$

bunda, ΔU – qo‘shma tranzistorlar emitter o‘tishidagi kuchlanishlar pasayishining farqi;

φ_T – termik (issiqlik) potentsiali, $+20^\circ\text{C}$ haroratda $\approx 26\text{ mV}$ ga teng bo‘ladi;

I_{k1}, I_{k2} – mos holda VT_1 va VT_2 tranzistorlarning kollektor toklari.

VT_1 tranzistorning kollektor toki $I_{k1} = (U_m - U_{be1})/R_1$, bunda U_m – himoyalash sxemasini ta‘minlash kuchlanishi.



4.2-rasm. Tok datchiki-rezistorda kuchlanish pasayishining kamayishi

Agar R_3 orqali $I_{bo's}$ bo‘lag‘aviy tokidan kam tok oqib o‘tsa, u holda undagi kuchlanish bir qancha millivoltgacha pasayadi, yani VT_2 tranzistorining emitter o‘tishiga ushbu kuchlanish beriladi, VT_1 tranzistorining emitter o‘tishiga ham xuddi shunday kuchlanish beriladi ($U_{be1} \approx U_{be2}$). Chunki VT_1 va VT_2 tranzistorlarning ko‘rsatkichlari bir xil bo‘ladib ularning kollektor toki bir xil ($I_{k1} \approx I_{k2}$). Ammo $R_2 > R_1$ bo‘lganligi uchun (odatda $R_2 = 10R_1$) tranzistor VT_2 to‘yinish holatida bo‘ladi, VT_3 tranzistorining baza-emitter o‘tishida kuchlanish minimal qiymatga pasayadi va yopiq holatga o‘tadi. Yopiq holatdagi VT_3 tranzistor qo‘shma rostlash tranzistoriga hech qanday ta‘sir ko‘rsatmaydi.

Agar yuklama toki $I_{bo's}$ tokidan oshsa R_3 da kuchlanishning pasayishi ushbu ifodaga asosan $\Delta U = \varphi_T \ln(I_{k1}/I_{k2})$ bir qancha oshadi va I_{k2} kamayishiga olib keladi, natijada VT_2 yopiladi VT_3 ochiladi. VT_3 tranzistorning kollektor-emitter

o'tishi qo'shma rostlash tranzistorining boshqaruvchi emitter o'tishini shuntlaydi. Shunday qilib stabilizatorning chiqish toki chegaralanadi.

Faraz qilamiz, R_3 da taxminan 60 mV kuchlanish pasaydi. U holda tranzistorlar emitter o'tishi kuchlanishlarini himoyalash sxemasi U_m ta'minot kuchlanishiga nisbatan e'tiborga olmasa ham bo'ladi. Bu holda VT_2 tranzistor kollektor tokining qiymati: $I_{k2} \approx (U_m - U_{be2})/R_2$. Yuqorida keltirilgan ifodaga I_{k1} va I_{k2} toklarini aniqlash ifodasini qo'yib, quyidagini aniqlaymiz

$$\Delta U = \varphi_T \ln(R_2/R_1) \quad (4.2)$$

chunki $U_{be1} \approx U_{be}$. Ifodadan ko'rinadiki ΔU sxema manbai kuchlanishi U_m ga bog'liq emas. $R_2/R_1=10$ bo'lsa, ΔU ning qiymati $\Delta U = 60 \pm (1 - 3)$ mV ga teng bo'ladi, ya'ni ishga tushish bo'sag'asini yuqori aniqlik bilan o'rnatish mumkin, bunda keyinchalik qandaydir moslash (to'g'rilash) kiritish shart emas. Ayni paytda 4.1-rasmdagi sxemada himoyaning ishga tushish bo'sag'asi $\pm(10 \div 20)\%$ oralig'ida o'zgarishi mumkin.

φ_T termik potsensial qiymati haroratga chiziqli ravishda bog'liq bo'lganligi sababli, R_3 rezistorni mis simidan yoki harorat koeffitsiyenti $\varphi_T = +33\%^\circ\text{C}$ ga yaqin bo'lgan materialdan tayyorlash kerak bo'ladi.

C kondensator sxemadagi o'tish jarayonlarida VT_3 tranzistor ochilishining oldini olish uchun xizmat qiladi (kondensator sig'imining tavsiya etiladigan qiymati $C = 0,005 \div 0,015$ mkF).

Agar $R_1 = 15$ kOm, $R_2 = 150$ kOm, $R_3 = 0,6$ Om bo'lsa, bo'sag'aviy tok qiymati 0,1 A ga teng bo'ladi. $I_{bo's}$ – bo'sag'aviy tok R_1 va R_2 rezistorlarning boshqa qiymatlari uchun ham xuddi shunday hisoblanadi. Himoya qilinayotgan o'tish tranzistorining maksimal kirish toki I_{kir} ni e'tiborga olgan holda, himoyalash ishga tushish momentida VT_3 tranzistori orqali oqib o'tadigan I_{qt} qisqa tutashuv toki aniqlanadi.

$$I_{qt} = I_{kir} - \frac{I_{bo's}}{h_{21E45}}, \quad (4.3)$$

bunda, h_{21E45} – rostlovchi qo'shma tranzistorning uzatish koeffitsiyenti. Keyin VT_3 tranzistorining baza toki hisoblanadi, $I_{b3} = I_{qt}/h_{21E3}$ va R_2 qarshiligi shunday tanlanadi, bunda I_{k2} ning qiymati I_{b3} qiymatidan 5-10 marta katta bo'lishi kerak.

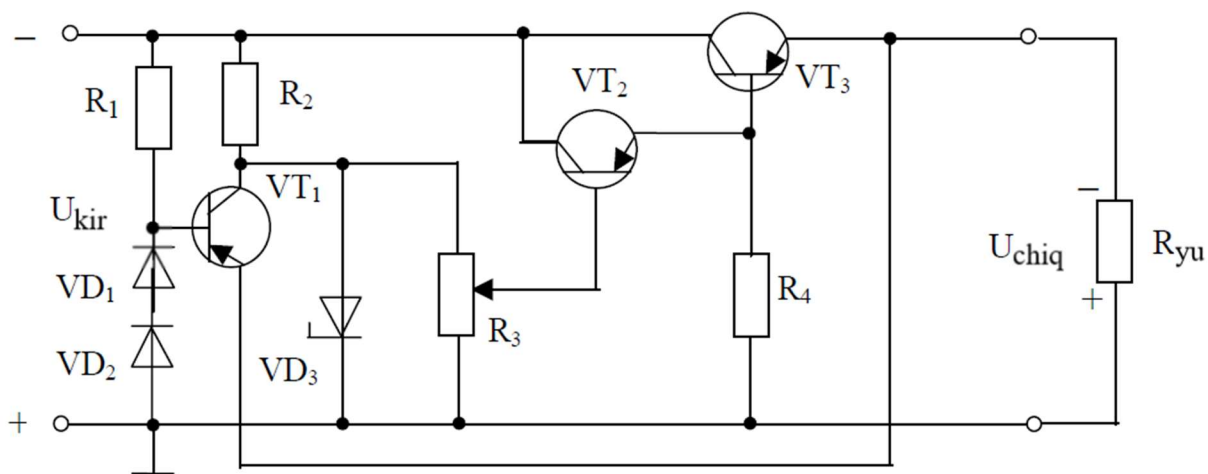
$R_1 = 0,1R_2$ ifodadan R_1 rezistorning qarshiligi tanlab olinadi. Shuni e'tiborga olish lozimki R_1 va R_2 qiymatlari nisbati boshqacha ham bo'lishi mumkin. Bu holda himoyalash ishga tushish bo'sag'asi (R_3 dagi kuchlanish) birdan to yuzlab millivolt qiymatgacha o'zgarishi mumkin.

VT_3 tranzistor VT_1 va VT_2 tranzistorlari bilan moslashmagan bo'lishi ham mumkin. Ammo VT_1 va VT_2 tranzistorlari o'zaro moslashgan bo'lishi kerak. Shuning uchun VT_1 va VT_2 tranzistorlari sifatida alohida (boshqa-boshqa) tranzistorlardan foydalanish tavsiya etilmaydi. Shu sababli, bitta kristallda tayyorlangan tranzistorlardan foydalanish maqsadga muvofiq.

4.3-rasmda qisqa tutashuv holatida chiqishda tayanch kuchlanish manbai (VD_3 stablitron) shuntlanadigan va qo'shma rostlash tranzistorining baza potsensialini er potensialigacha (0) tushadigan stabilizator sxemasi tasvirlangan.

VT_1 tranzistor bazasiga R_1 rezistor bilan birgalikda kirish kuchlanishini bo'lgichi hisoblanadigan VD_1 va VD_2 diodlar orqali $\approx 1,5$ V siljish kuchlanishi beriladi. Tayanch kuchlanish parametrik stabilizator (R_2 , VD_3) orqali hosil qilinadi va kuchlanishni bo'lgich (R_3 o'zgaruvchan qarshiligi) orqali qo'shma rostlash tranzistori (VT_2 va VT_3) bazasiga beriladi.

Normal sharoitda (chiqishda qisqa tutashuv bo'lmagan holatda) VT_1 tranzistor yopiq, chunki uning baza-emitter o'tishi teskari yo'nalishda bo'ladi. Tranzistor VT_1 stabilizatorning ishlashiga ta'sir etmaydi, va sxema 3.4-bo'limda ko'rilgan stabilizatorlarga o'xshash vazifani bajaradi.



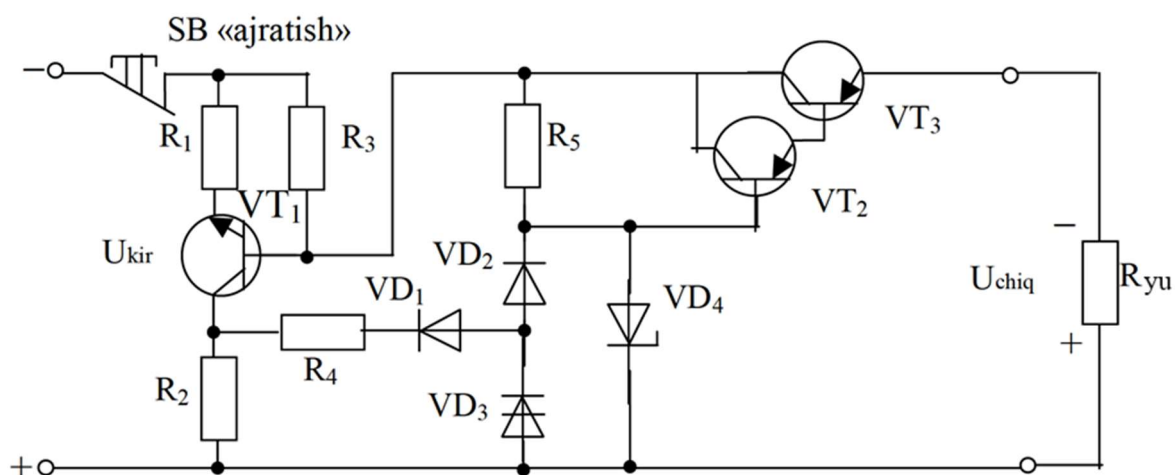
4.3-rasm. Yuklamada qisqa tutashuvdan himoyalangan ketma-ket stabilizator sxemasi

Chiqishida qisqa tutashuv bo'lganda VT_1 emitter erga ulanadi (umumiy "+"). VT_1 baza potentsiali emitterga nisbatan manfiy bo'ladi, va tranzistor ochiladi, kollektor-emitter o'tishi orqali VD_1 stabilitronni shuntlaydi. VT_1 tranzistor kollektor toki R_2 rezistori orqali o'tadi, va unda kuchlanish pasayishi oshadi va qo'shma tranzistor baza o'tishida manfiy siljish kamayadi. Bu esa rostlash tranzistorining yopilishiga olib keladi va chiqish toki tezda kamayadi.

4.4-rasmda dinistor bilan himoyalangan stabilizator sxemasi keltirilgan. Rezistor R_3 tok datchiki funksiyasini bajaradi. Parametrik stabilizator R_5 va VD_4 sxemasidan tashkil topgan. Stabilizator yuklamasi vazifasini qo'shma rostlash tranzistori (VT_2 va VT_3) ning bazasi bajaradi.

Kichik yuklama tokida R_3 da kuchlanishning pasayishi kichik bo'ladi, VT_1 tranzistorining kollektor toki kichik va R_3 rezistordagi kuchlanishi ham yuqori emas. Bunda VD_1 diod yopiq va VD_3 dinistor "o'chirilgan" bo'ladi.

Yuklama toki oshganda R_3 rezistordagi kuchlanish ham oshadi, natijada VT_1 tranzistorining baza-emitter o'tish kuchlanishi ham oshadi, bu kuchlanish VT_1 tranzistorining baza-emitter o'tishi uchun to'g'ri kuchlanish hisoblanadi. Natijada VT_1 tranzistor ochiladi, uning kollektor toki I_{k1} oshadi va R_2 rezistorda kuchlanish oshishiga olib keladi. Bunda hattoki VD_1 diod ham ochilishi mumkin, ammo VD_3 dinistor bir necha bo'sag'aviy yuklama toki $I_{bo's}$ gacha "o'chirilgan" holatda bo'ladi. Tok VD_2 diod orqali oqib o'tmaydi va himoyalash sxemasi stabilizatorning ishlashiga ta'sir etmaydi.



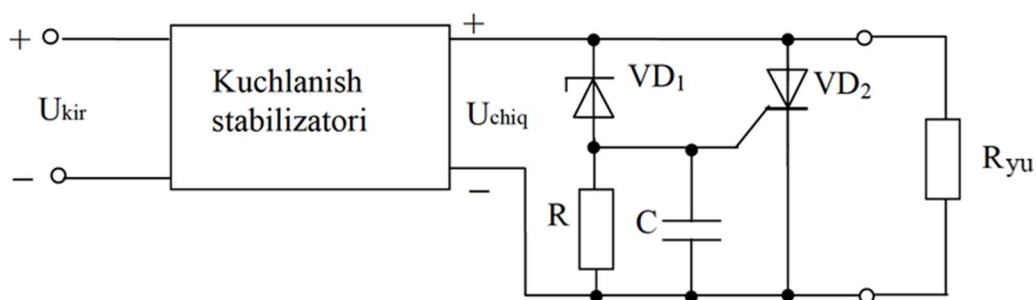
4.4-rasm. Dinistor bilan himoyalangan kuchlanish stabilizatori

Yuklama toki bo'sag'aviy tok $I_{bo's}$ qiymatigacha oshganda R_2 dagi kuchlanish pasayishi dinistorning "ochilish" kuchlanishidan katta bo'ladi. Dinistor VD_3 ochiladi va qo'shma rostlash tranzistor bazasini erga ulaydi. Stabilizatorning chiqish toki tezda pasayadi. Qisqa tutashuv holati bartaraf etilgandan keyin, stabilizatorni ishchi holatiga keltirish uchun SB «ajratish» tugmasi bosiladi.

4.2. Stabilizatorlarni chiqishidagi o'ta kuchlanishdan himoyalash

Kirish va chiqish kuchlanishlarining kamayishi faqat musbat $\Delta U = U_{chiq} - U_{kir}$ bo'lgandagina kuchlanish stabilizatori normal ishlashi mumkin. Chunki stabilizatorida ΔU kuchlanishning kamayishi U_{chiq} ning 100% va undan katta bo'lishi mumkin. Avariya rejimida (tranzistor kollektor-emitter o'tishining buzilishi) stabilizatorning chiqishidagi kuchlanish deyarli U_{kir} qiymatigacha oshadi. Bu ta'minot manbaining ish qobiliyatini yo'qotishiga olib keladi. Masalan, TTL-mantiq mikrosxemasida yig'ilgan qurilma, ta'minot manbaining $5 \pm 0,5$ V kuchlanishida ishlash qobiliyatiga ega. Ushbu belgilangan kuchlanishning bir necha voltga oshishi TTL-mikrosxemaning ishdan chiqishiga olib keladi.

4.5-rasmda stabilizator chiqishida yuklamani o'ta kuchlanishdan himoyalash turi keltirilgan.



4.5-rasm. Stabilizatorni o'ta kuchlanishdan tiristor orqali himoyalash

Stabilizatorning normal ishlashida (chiqish kuchlanishi o'rnatilgan qiymatdan oshmaydi) VD_1 stablitron yopiq (stabillash kuchlanishi U_{chiq} dan katta), tok R rezistordan oqib o'tmaydi va VD_2 tiristor yopiq holatda bo'ladi (boshqarish

elektrodiga ochish kuchlanishi berilmaydi, ulanish kuchlanishi esa U_{chiq} dan ancha katta).

Chiqish kuchlanishini belgilangan (ruxsat etilgan) qiymatdan oshib ketishida (U_{chiq} VD₁ ning stabilizatsiya kuchlanishidan katta) stabilitron VD₁ ochiladi va R rezistor orqali $I = (U_{chiq} - U_{st})/R$ toki oqib o'tadi, bunda U_{st} – VD₁ tayanch diodining stabilizatsiya kuchlanishi. R rezistorda $U = U_{chiq} - U_{st}$ kuchlanish pasayishi o'rnatiladi va tiristorning boshqaruvchi elektrodiga ushbu kuchlanish beriladi. Tiristor VD₂ ochiladi va stabilizator chiqishini shuntlaydi va chiqish kuchlanishini 1÷1,5 V gacha so'ndiradi. Kirish kuchlanishini ajratish (uzish) orqali tiristorni yopiq holatga keltirish mumkin (VD₂ orqali tok oqimi uziladi). Kondensator C kuchlanishni qisqa muddatli o'zgarishidan himoyalaydi, bunday holat normal ishlaydigan stabilizatorlarda ham davriy kuzatiladi. C_1 kondensatorning sig'imi 0,1 mkF atrofida bo'lishi kerak.

4.6-rasmdagi sxema avariya rejimida stabilizator chiqishida "qisqa tutashuv"da 1 V atrofida kuchlanishni ushlab turadi va VD₂ tiristorini (kuyishini) ishdan chiqishi muammosidan himoyalaydi. Ammo kuchlanish stabilizatori yoki stabilizator ulangan to'g'irlagich ichida tokni chegaralash sxemasi bo'lishi shart. Oddiy saqlagichdan ushbu maqsadda foydalanish mumkin. Sxemaning kamchiligi shundan iboratki, unga himoyani ishga tushirishda talab etiladigan kuchlanishni o'rnatishdir. Stabilitronlar faqat ruxsat etilgan katta teshilish kuchlanishining aniq qiymati bo'yicha ishlab chiqariladi. Bunda himoyalashning ishga tushish kuchlanishi bo'yicha qattiq talab qo'yiladi. Masalan, TTL-mantiq mikrosxemasidan tayyorlangan qurilmani ta'minlashda U_{chiq} kuchlanishi 5 V ga teng bo'lishi shart va belgilangan nominal qiymatdan 5÷10 % ga o'zgarishi mumkin. Shunday qilib, himoyalashning ishga tushish kuchlanishi 5,5 V dan kichik bo'lishi kerak emas. Bundan tashqari ta'minot manbaida o'tish jarayonida kuchlanishni qo'shimcha o'zgarishini ham e'tiborga olish zarur. Natijada kuchlanishni himoyalash ishga tushishi bo'sag'asi 6 V dan kam bo'lmasligi lozim.

Ikkinchi tomondan chiqish kuchlanishi 7 V dan oshmasligi kerak (TTL-mikrosxema chidamli bo'lgan maksimal kuchlanish). Stabilitron sifatida stabillash kuchlanishi $5,6 \text{ V} \pm 5\%$ (yuqori aniqlik) bo'lgan 1N5232V tipdagi stabilitron va

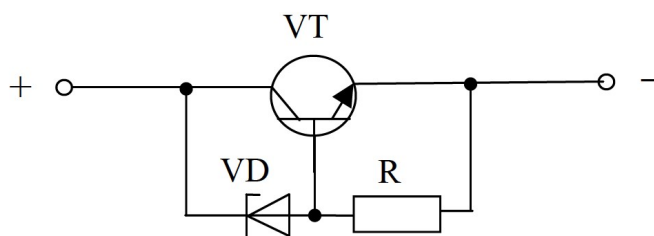
2N4441 tipdagi tiristordan foydalanilganda, qarshilik $R = 68 \text{ Om}$ ga teng bo'lganda himoyalashning ishga tushish oralig'i 5,9 V dan 6,6 V gacha oralig'ida bo'ladi. SHuning uchun himoyalash ishga tushishining bo'sag'asiga qattiq talab qo'yilganda himoyalash sxemasini o'ziga xos sozlash talab etiladi, bu esa bunday TMLarini ishlab chiqishni murakkablashtiradi.

O'ta kuchlanishdan saqlash integral sxema-datchiklari. 4.5-rasmdagi sxema kamchiliklarini bartaraf etishning yo'nalishlaridan biri MS3423-5, TL431 va boshqa turdagi maxsus triggerli himoyalash IMS lardan foydalanishdir. Ushbu mikrosxemalar stabilizatorning chiqish kuchlanishini kuzatib turadi va uni bevosita tiristor orqali boshqarib turadi. Masalan, MS3425 tipdagi IMS rostlanuvchi bo'sag'aga va himoyani ishga tushirish vaqtiga ega, hamda ta'minot kuchlanishining ruxsat etilmagan pasayishi haqida ogohlantiruvchi chiqishga ham egadir. MS3445 IMS o'zining tayanch kuchlanish manbaiga, bir nechta komparator va drayverga ega. IMS ishlashi uchun faqat tashqi ikkita rezistorni ulash talab etiladi.

O'ta kuchlanishdan himoyalash modullari. Bunday modullar turli (Lambda, Motorola va boshqalar) IMS ishlab chiqaruvchi firmalar tomonidan ishlab chiqariladi. Himoyalash modullari foydalanish uchun juda qulay bo'lib, bor yo'g'i ikkita chiqishga ega va stabilizator chiqishiga parallel ulanadi. Modullarni to'g'ri keladigan parametrlari (ko'rsatkichlari) bo'yicha: ya'ni himoyani ishga tushish kuchlanishi va ruxsat etilgan maksimal tok bo'yicha tanlash lozim. Masalan, Lambda firmasining moduli 2 A tokga chidamli va o'rnatilgan himoyani ishga tushish kuchlanishlariga 5, 6, 12, 15, 18, 20, 24 V ega. Motorola firmasining MRS200 seriyasidagi modul 5, 12, 15 V kuchlanishga va 7,5, 15, 35 A tokka mo'ljallab ishlab chiqariladi. Modullarning himoya ishga tushishi juda yuqori aniqlikda. Masalan, Lambda firmasining moduli 5 V kuchlanishga mo'ljallangan bo'lib, $6,6 \pm 0,2 \text{ V}$ da himoyalash ishga tushadi.

Cheklagichlar. O'ta kuchlanishdan himoyalashning boshqa bir varianti bu katta quvvatli stabilitron yoki uning analogidan (o'xshashi) foydalanishdir. Bunday holatda kuchlanishning qisqa muddatli sakrashlarida himoyaning ishga tushishini oldini olish masalasi avtomatik tarzda echiladi, chunki kuchlanish o'zgarishi (sakrash) ning to'xtashi bilan stabilitron juda tez o'tkazmaslik holatiga o'tadi.

4.6-rasmda katta quvvatli stabilitronning ruxsat etilgan katta kollektor tokiga ega bo'lgan tranzistordan yig'ilgan analogi keltirilgan. Sxemaning asosiy kamchilikidan biri, avariya rejimida tranzistor katta quvvat ($U_{st} \cdot I_{bois}$) ni tarqatishi va ishdan chiqishi mumkin. SHuningdek, himoyalash sxemasini ishga tushishida uning issiqlik rejimini ta'minlash bilan bog'liq qiyinchiliklar ham mavjud.

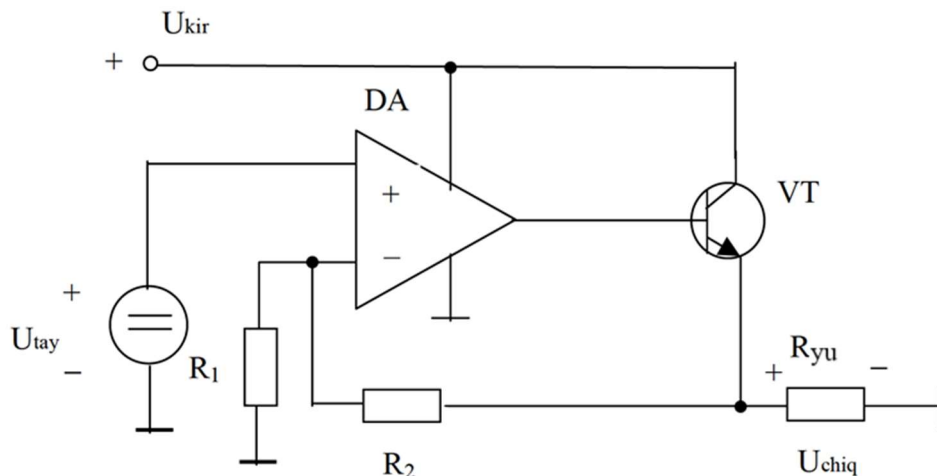


4.6-rasm. Katta quvvatli stabilitronning tranzistorda yig'ilgan analogi

4.3. Integral mikrosxemalar asosidagi kuchlanish stabilizatorlari

Integral mikrosxema (IMS) larning qo'llanilishi kuchlanish stabilizatorlarning ko'rsatkichlarini sezirli darjada yaxshilaydi va ularning sxemotexnikasini soddalashtiradi. Yuqorida keltirilganidek, kompensatsion kuchlanish stabilizatori chiqish kuchlanishining doimiy qiymatini avtomatik qo'llab-quvvatlaydigan kuzatuvchi tizimdan iborat. Moslashmaslik signalini minimumgacha kamaytiradi $\Delta U = K_1 U_{chiq} - K_2 U_{tay}$, bunda K_1 va K_2 – proporsionallik koeffitsiyenti (xususiyl holda $K_1 = K_2 = 1$, agar mos kuchlanishlar bo'linishi amalga oshirilmasa), U_{chiq} – chiqish, U_{tay} – tayanch kuchlanishi. Stabillash sifati ΔU moslashmaslik signali kuchaytirgichining ko'rsatkichlariga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun IMSning masalan, operatsion kuchaytirgichning o'tish tranzistorida boshqarish signallarini shakllantirish qurilmasi sifatida qo'llanilishi stabilizatorlarning stabillash koeffitsiyentini oshiradi va chiqish qarshiligini kamaytiradi. Bundan tashqari ta'minot manbaini qurishda integral mikrosxemalardan yig'ilgan kuchlanish stabilizatorlari keng qo'llaniladi.

Rostlovchi operatsion kuchaytirgichli kuchlanish stabilizatori. 4.7-rasmda oddiy rostlovchi operatsion kuchlanish stabilizatorining sxemasi keltirilgan.



4.7-rasm. Rostlovchi operatsion kuchaytirgichli kompensatsion kuchlanish stabilizatorining sxemasi

Sxema noinvertorlovchi kuchaytirgich (U_{tay} – tayanch kuchlanishi uchun) sxemasi bo'yicha ulangan kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqali operatsion kuchaytirgichdan iborat. Teskari aloqa signali R_{yu} yuklamaning musbat qutbidan olinadi va OK chiqish kuchlanishini quyidagi ifodaga bog'liq holda “qayta ishlaydi”:

$$U_{chiq} = U_{tay}(1 + R_2/R_1). \quad (4.4)$$

Bunda ushbu U_{chiq} qiymatidagi zaruriy yuklama toki emitter qaytargich sxemasi bo'yicha ulangan VT o'tish tranzistori orqali ta'minlanadi. Katta yuklama tokida qo'shma tranzistordan foydalanish mumkin. Operatsion kuchaytirgichni ta'minlash erga nisbatan nosimmetrik kuchlanish bilan emas, balki musbat bir qutbli kuchlanish orqali amalga oshiriladi. Bu faqat musbat bo'lgan kirish va tayanch kuchlanishning qutblanishini cheklaydi. OK juda yaxshi kuchlanish kuchaytirgichidir va u chiqish kuchlanishi qiymatining doimiyligini ta'minlaydi. Bunda stabilizator U_{kir} ta'minot tarmog'ining to'g'rilangan va past chastota filtridan keyingi pasaytirilgan kuchlanishining pulsatsiyasini samarali so'ndirib beradi. U_{kir} kuchlanishining tebranishi U_{chiq} kuchlanishining stabilligiga ta'sir etmaydi, bunda ta'minot kuchlanishining o'zgarishi natijasida yuzaga keladigan OK chiqish kuchlanishining dreyf o'zgarishi juda kichik bo'ladi.

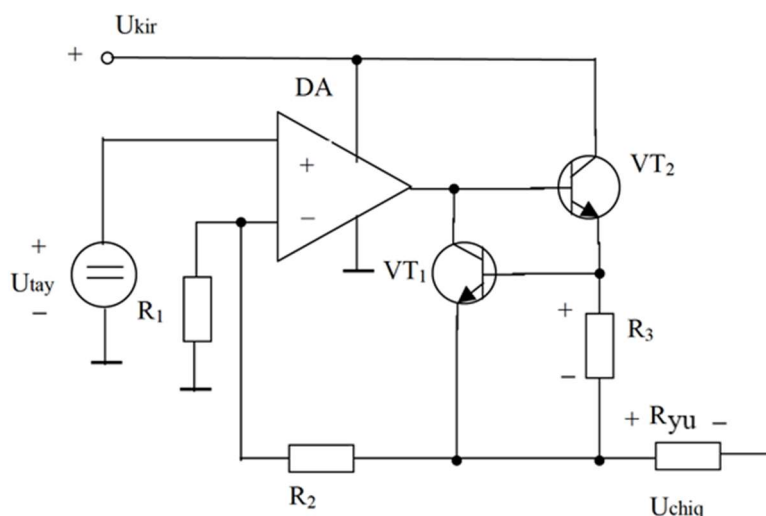
OK bir qutbli ta'minot olishini hisobga olsak, OKning musbat ta'minot

kuchlanishini ikki marta oshirish mumkin. Shunday qilib, ± 15 V kuchlanishga mo'ljallangan standart OK ni U_{kir} kuchlanishi 30 V gacha bo'lgan sxemalarda foydalanish mumkin.

Ko'pgina integral OKlar chiqish tokini ($7 \div 20$ mA qiymatda) cheklovchi ichki sxemaga ega bo'ladi, shu sababli o'tish tranzistori I_b baza tokining qandaydir chegaraviy qiymatini o'rnatish mumkin. Natijada 4.6-rasmdagi sxema uchun yuklama toki $I_b \cdot \beta$ sathi bilan cheklanadi. Shuning uchun yuklama tokini talab etilgan qiymatda ta'minlash uchun tokni uzatish koeffitsiyenti β ning qiymati asoslangan holda tanlangan bo'lishi kerak.

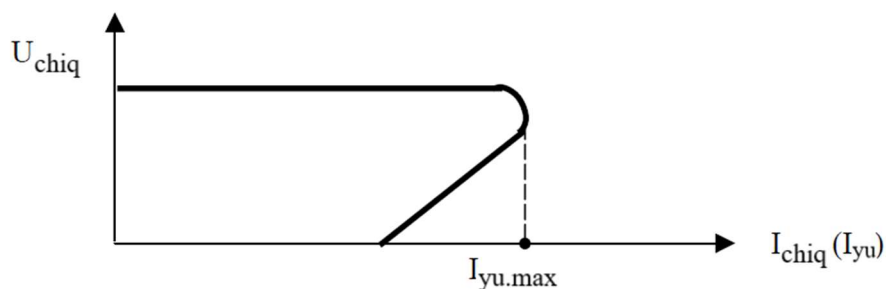
Ammo bu yuklamada qisqa tutashuv bo'lganda stabilizatorning chiqish tokini cheklashga etarli bo'lmaydi. Bu holda chiqishda qichqa tutashuv holati bo'lganda o'tish tranzistori issiqlik teshilishiga yaqinlashadi. Bundan tashqari bir va xuddi shunday turdagi tranzistorlar uchun β tarqalishi (yoyilishi) yuqori bo'lib va β koeffitsiyentning o'zi harorat va kollektor tokining funksiyasi hisoblanadi.

4.8-rasmda stabilizatorning yaxshilangan sxemasi keltirilgan. Yuklama toki tok datchiki (R_3 rezistori) orqali oqib o'tadi, uning qiymati belgilangan maksimal chiqish tokining qiymatiga bog'liq holda tanlanadi. Agar R_3 da kuchlanishning pasayishi 0,6 V gacha kamaysa (kremniyli tranzistor ochiq emitter o'tishining to'g'ri kuchlanishi), VT₁ ochiladi va VT₂ o'tish tranzistorining emitter o'tishini shuntlaydi. Shunday qilib, yuklama tokining maksimal qiymati $I_{yu.max} = 0,6/R_3$ ga teng bo'ladi.



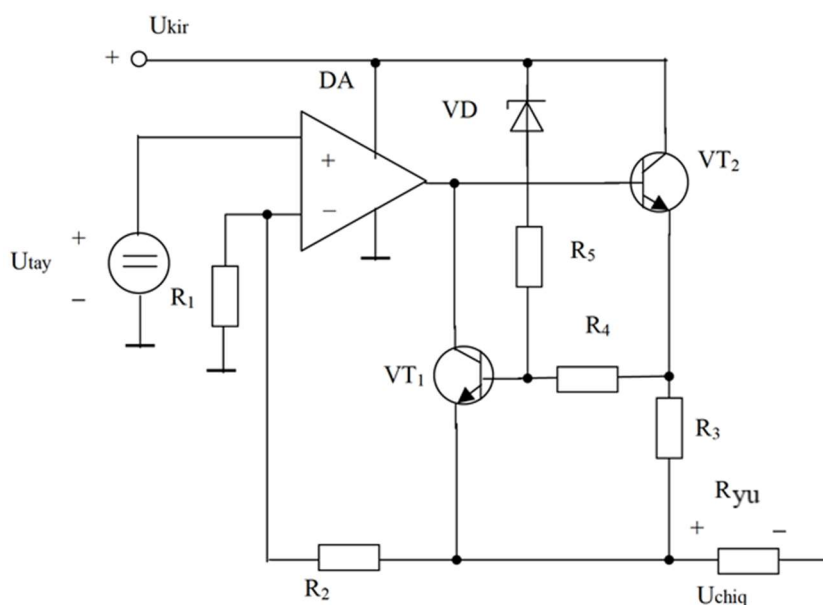
4.8-rasm. Yuklama tokini cheklovchi stabilizator sxemasi

O'tish tranzistorining tarqatuvchi (sochuvchi) quvvati $P_{VT2} = I_{yu}(U_{kir} - U_{chiq})$ qisqa tutashuv rejimida maksimal qiymatga erishadi: $P_{VT2\,qt} = I_{yu}U_{kir}$. Shu sababli o'tish tranzistoridan tarqaluvchi quvvat qisqa tutashuv rejimida ruxsat etilgan maksimal qiymatdan oshishi mumkin. Ushbu rejimda stabilizatorni buzilish (ishdan chiqish) dan saqlab qolish uchun chiqish kuchlanishi kamayishi bilan bir vaqtda chiqish tokining cheklash sathini ham kamaytirish lozim. Bu holda stabilizatorning "tushish" xarakteristikasini olish mumkin (4.9-rasm).



4.9-rasm. Kuchlanish stabilizatorining "tushish" xarakteristikasi

P_{VT2} tarqaluvchi quvvatning oshishi nafaqat U_{chiq} kuchlanishining sezilarli kamayishida kuzatiladi. O'tish tranzistorini tarqaluvchi quvvatning ruxsat etilgan maksimal qiymati oshishidan himoyalash shunday amalga oshiriladiki, bunda yuklama toki maksimal qiymati sathini cheklash kuchlanishlar farqi $U_{kir} - U_{chiq}$ ga bog'liq bo'ladi (4.10-rasm).



4.10-rasm. O'tish tranzistorining xavfsiz ishlashi uchun korrektsiyali stabilizator sxemasi

Stabilizatorlarda o'tish tranzistorining xavfsiz ishlash sohasi uchun korreksiya amalga oshiriladi $I_{yu.max} = F(U_{kir} - U_{chiq})$. VD stabilitron kirish-chiqish kuchlanishlarini farqlash holatida ishlaydi. Agar bu farq stabilitronning U_{st} stabillash kuchlanishdan kam bo'lsa, u yopiq holatda bo'ladi va VD, R_5 zanjiri elementlari chiqish tokining qiymatiga ta'sir etmaydi. Agar $(U_{kir} - U_{chiq}) > U_{st}$ bo'lsa unda stabilitrondan tok oqib o'tishni boshlaydi, uning qiymati U_{kir} , U_{st} , R_5 va R_4 lar orqali aniqlanadi. Bunda R_3 va R_4 rezistorlarda kuchlanishni qo'shimcha kamayishi kuzatiladi, u esa VT₁ emitter o'tishi uchun to'g'ri yo'nalish bo'ladi. Shunday qilib, VT₁ tranzistori yuklama tokining kichik qiymatida ochiladi.

Integral stabilizatorlarni qurish prinsiplari. Integral kuchlanish stabilizatorlari – keng tarqalgan IMSlardir. Ular arzon, ishonchli va foydalanish uchun qulay hisoblanadi. Deyarli barcha integral stabilizatorlar o'zida quyidagi ichki himoya zanjirlariga ega:

- 1) yuklamada qisqa tutashuvdan himoyalash;
- 2) qizib ketishdan himoyalash;
- 3) o'tish tranzistori xavfsiz ishlash sohasini korrektsiyalash.

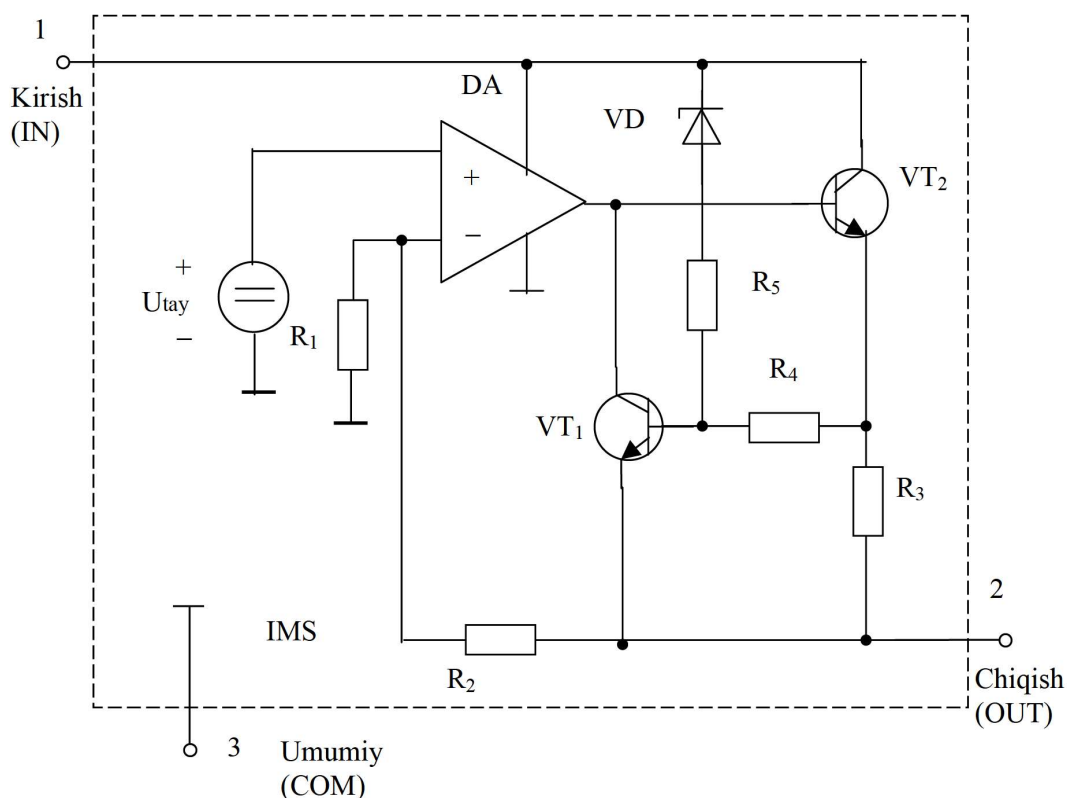
Bu uch turdagi himoyalashning barchasi har doim ham integral stabilizatorlarda bo'lavermaydi. Chiqishda yuklamani qisqa tutashuvdan himoyalash nisbatan keng tarqalgan.

Integral stabilizator rostlovchi OK sxemasi asosida yaratilgan bo'lishi mumkin. SHuning uchun stabilizatorni yagona kristallda (4.10-rasm) va tashqariga uchta chiqishli qilib tayyorlash zarur (4.11-rasm).

Mikrosxemani (4.11-rasm) musbat kuchlanish stabilizatori deyiladi, chunki umumiy chiqishga (COM) nisbatan uning kirishi va chiqishida ham musbat potensial bo'ladi. Bundan tashqari manfiy kuchlanish stabilizatorlari, ikki qutbli stabilizatorlar (umumiy chiqishga nisbatan simmetrik musbat va manfiy kuchlanishli), ko'p kanalli (bir nechta turli chiqish kuchlanishi qiymati bilan ta'minlaydigan) stabilizatorlar ham ishlab chiqariladi.

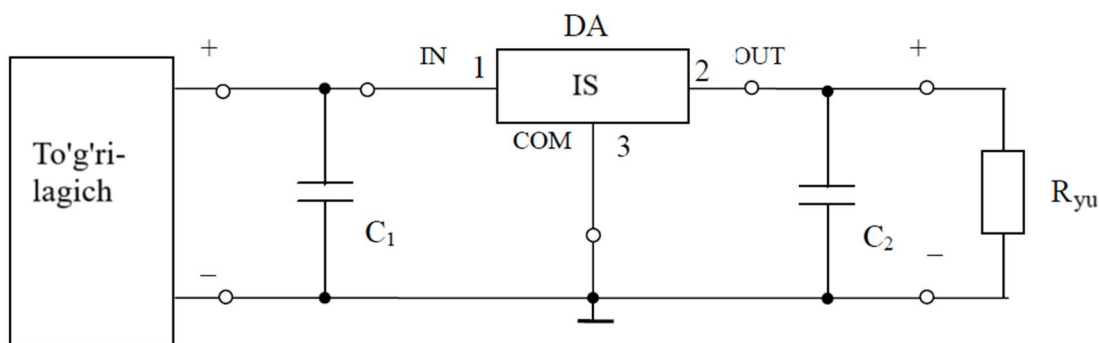
Uchta chiqishli stabilizatorlarning katta qismi chiqish kuchlanishining o'rnatilgan qiymatlari bo'yicha 5 V dan 24 V gacha qilib tayyorlanadi. Integral stabilizatorlarning qo'llanilishi stabillangan ta'minot manbaini qurish masalasini

ancha soddalashtiradi.



4.11-rasm. Kuchlanish integral stabilizatorining sxemasi

IMS stabilizatori kirishiga chiqish kuchlanishi qiymatidan bir qancha katta bo'lgan to'g'rilangan kuchlanish beriladi (pulsatsiyani hisobga olgan holda kuchlanishni minimal kamayishi 0,5 V dan 3 V gacha). Mikrosxema chiqishiga yuklama ulanadi (4.12-rasm). C_1 va C_2 kondensatorlar o'tish jarayonida yuzaga keladigan kuchlanish to'liqini so'ndiradi va IMS qo'zg'alishining oldini oladi.



4.12-rasm. Kuchlanishni stabillash uchun uchta chiqishli IMSning ulanish sxemasi

Ma'lumotnomada har bir stabilizator uchun tavsiya etiladigan kondensatorlar turi va sig'iminining qiymati ko'rsatiladi. Ayrim hollarda C_1 va(yoki) C_2 o'rnida parallel ulangan sig'imi bir necha mkF bo'lgan oksidli va sig'imi 0,1 mkF atrofida bo'lgan keramik kondensatorlardan foydalaniladi.

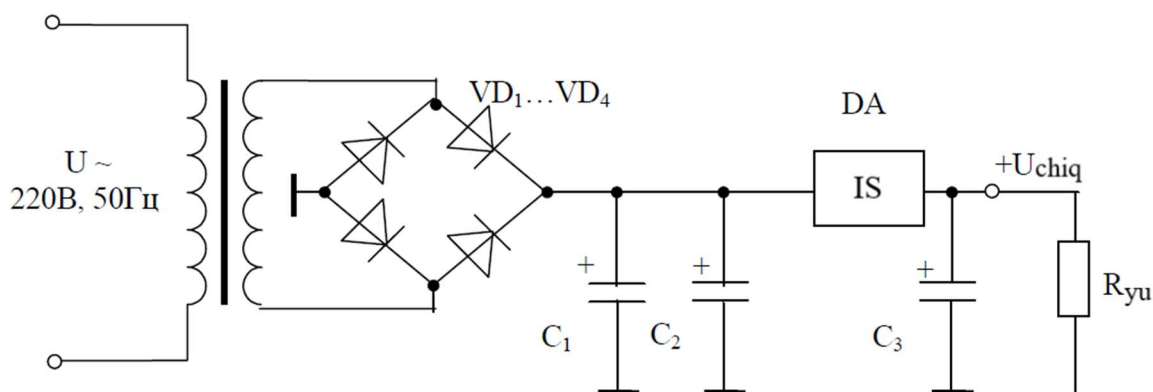
Chiqish kuchlanishining o'rnatilgan qiymatiga mo'ljallangan uchta chiqishli stabilizatorlar bilan bir qatorda sanoatda to'rtta va undan ko'proq chiqishli mikrosxemalar ishlab chiqariladi, shu bilan ularda chiqishidagi kuchlanishni o'zgartirish imkoni bo'ladi. Bunday stabilizatorlarga rostlanuvchi stabilizatorlar deyiladi. Shuni ta'kidlash kerakki, uchta chiqishli mikrosxemalar orasida rostlanuvchi stabilizatorlar ham uchraydi, ularda o'rnatilgan chiqish kuchlanishining qiymati kichik bo'ladi (1,2 V atrofida). Bunda yuklamadagi kuchlanishni o'zgartirish stabilizatorni COM chiqishi potensialini yuklama umumiy qutbiga nisbatan sun'iy ravishda o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladi.

To'rtta chiqishli oddiy stabilizatorni xuddi uchta chiqishli sxema (4.10-rasm) kabi hosil qilish mumkin, agar IN, OUT va COM chiqishlar bilan birga kristalldan to'rtinchi – rostlash (ADJ) chiqishini olish mumkin (4.13-rasm). Chiqish kuchlanishini rostlash IMSga nisbatan endi tashqi hisoblanadigan R_1 va R_2 qarshiliklar qiymatini o'zgartirish hisobiga amalga oshiriladi (4.14-rasm).

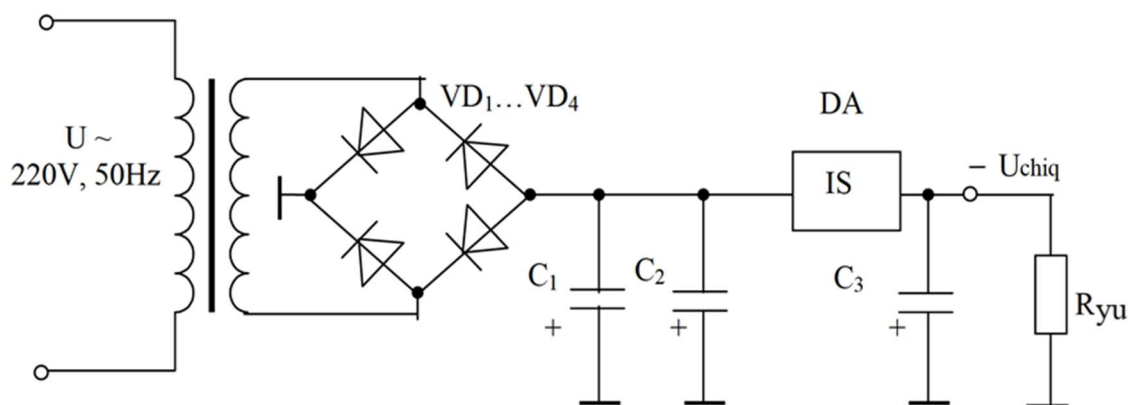
Ko'rib chiqilayotgan sxema uchun $U_{chiq} = U_{tay}(1 + R_2/R_1)$ teng bo'ladi. Agar R_2 rezistor sifatida potensiometrdan foydalanilsa chiqish kuchlanishini ohista o'zgartirish mumkin. U_{tay} tayanch kuchlanishi uchun operatsion kuchaytirgich kuchlanish kuchaytirgichi hisoblanishini e'tiborga olib, chiqish kuchlanishini rostlash diapazonini kengaytirish maqsadida U_{tay} qiymatiga 1,0 – 1,5 V dan ortiq kuchlanish berish tavsiya etilmaydi.

arzon integral stabilizatorlar ham etarlicha yaxshi elektr ko'rsatkichlarga ega: pulsatsiyani so'ndirish koeffitsiyenti 40 dan 80 dB gacha, chiqish qarshiligi 15 dan 30 mOm gacha.

Integral stabilizatorli uchta chiqishli ta'minot manbalari. 4.15- va 4.16-rasmda uchta chiqishli integral stabilizatorli stabillashtirilgan sodda ta'minot manbaining sxemalari keltirilgan.



4.15-rasm. Musbat kuchlanish stabilizatorli ta'minot manbai

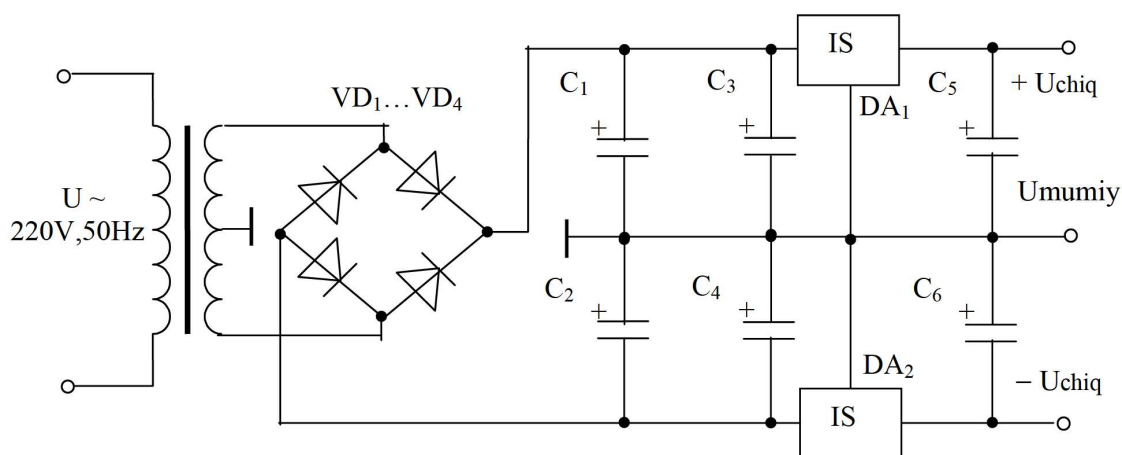


4.16-rasm. Manfiy kuchlanish stabilizatorili ta'minot manbai

Sig'imi bir necha yuzlab mkF bo'lgan C_1 kondensator to'g'rilangan kuchlanishni silliqlash uchun xizmat qiladi. Sig'imi bir necha mkF bo'lgan C_2 va C_3 kondensatorlar integral stabilizatorning stabil ishlashini ta'minlaydi. Ular integral stabilizator chiqishiga iloji boricha yaqin joylashgan bo'lishi kerak yoki bevosita o'ziga kavsharlab (qalaylab) ulangan bo'lsa undan ham yaxshi. Foydalanish bo'yicha ko'rsatmalarda ko'pchilik stabilizatorlar uchun qayd qilinadiki, agar filtr

C_1 kondensatorini integral stabilizator bilan ulashdagi simlar uzunligi 70 mm dan oshmasa u holda stabilizator kirishida C_2 kondensatoridan foydalanish zaruriyati yo‘q.

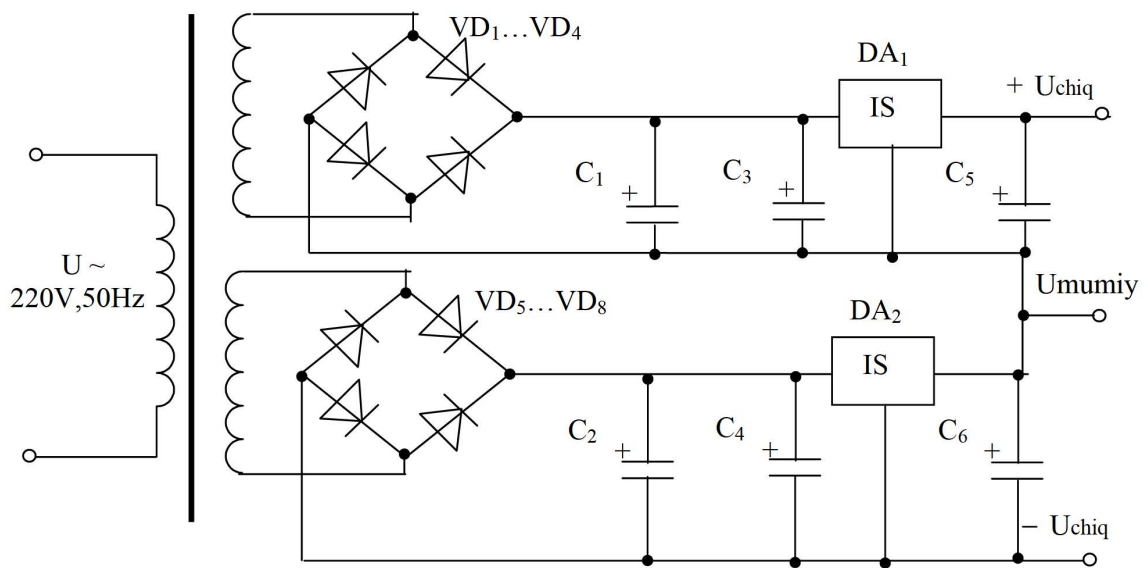
Chet el sanoati ishlab chiqaruvchilari tomonidan yuzdan ortiq turdagi uchta chiqishli integral stabilizatorlar ishlab chiqariladi, ularning chiqish kuchlanishi 5 V dan 24 V gacha va 0,1 A dan 2,0 A gacha bo‘lgan tokdagi integral stabilizatorlardir. Chiqish kuchlanishi 1 A gacha bo‘lgan ta‘minot manbalarini (4.15- va 4.16-rasm) amalga oshirish uchun $\mu A78xx$ musbat va $\mu A79xx$ manfiy kuchlanishli klassik stabilizatorlardan keng foydalaniladi (oxirgi ikkita raqami chiqish kuchlanishining qiymatini ko‘rsatadi). Ikkita uchta chiqishli stabilizatoridan foydalanib, ikki qutbli ta‘minot manbaini qurish mumkin (4.17- va 4.18-rasm). Xuddi shunday 4.18-rasmdagi sxema o‘xshash manfiy kuchlanish stabilizatorli ikki qutbli TMni qurish mumkin.



4.17-rasm. Musbat va manfiy kuchlanish stabilizatorli ikki qutbli ta‘minot manbai

Integral stabilizatorli TMda chiqish kuchlanishining o‘zgarishi. Yuqorida qayd etilganidek to‘rtta chiqishli stabilizatoridan foydalanilganda (4.16- va 4.14-rasm), R_2/R_1 qarshiliklar qiymatining nisbatini (U_{chiq} bo‘lgichining kuchlanishni uzatish koeffitsiyenti) o‘zgartirib chiqish kuchlanishini rostlash mumkin. Chiqish kuchlanishini rostlashning boshqa usuli tayanch kuchlanishini o‘zgartirish hisoblanadi, agar albatta integral stabilizator bunday o‘zgarishni amalga oshirishga

imkon bersa.

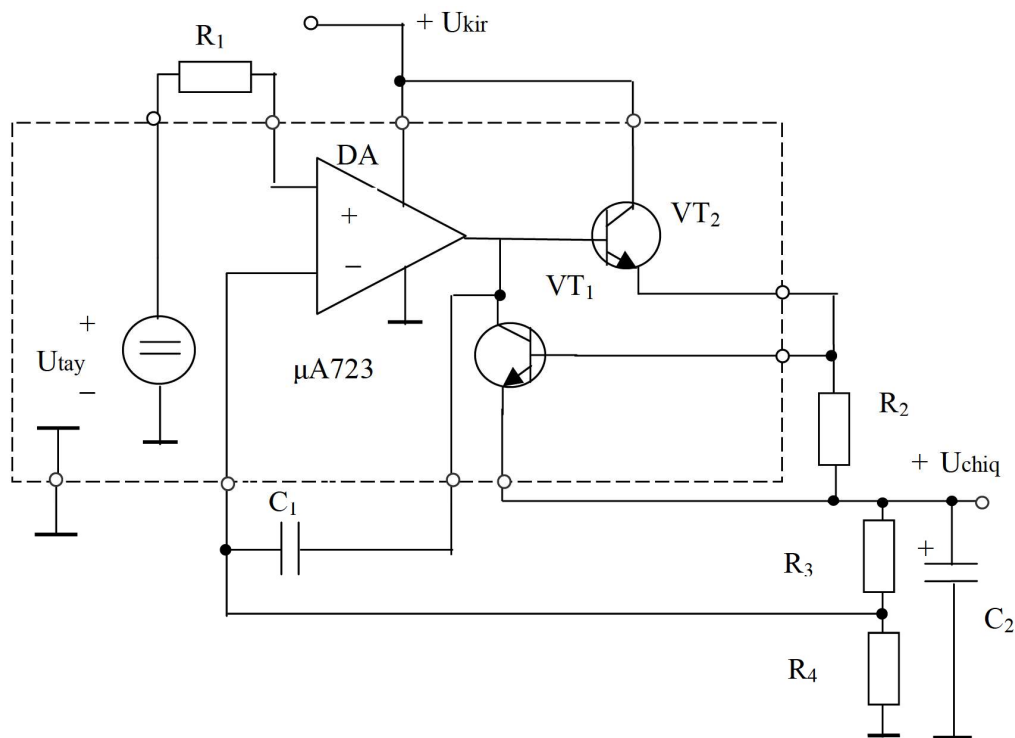


4.18-rasm. Musbat kuchlanish stabilizatorili ikki qutbli ta'minot manbai

4.19-rasmda $\mu A723$ integral stabilizatori (IS) ning ichki strukturasi (Fairchild firmasi) va uning ulanish sxemasi keltirilgan. 4.19-rasmdan ko'rinadiki, stabilizator tayanch kuchlanishi chiqishiga ega bo'lib, uni tashqi rezistorli bo'lgich (sxemada ko'rsatilmagan) yordamida talab etilgan songacha kamaytirish mumkin. Bundan tashqari, maksimal chiqish tokining qiymatini o'zgartirish imkoni mavjud (R_2 rezistori orqali). R_3 va R_4 rezistorlari differensial kuchaytirgichning noinvertorlovchi kirishiga berilgan "tashqi" tayanch kuchlanishi uchun kuchaytirish ko'effitsiyentini beradi. C_1 (sig'imi 100 pF) va C_2 (10 mkF) kondensatorlari ISning barqaror ishlashi uchun zarur.

Sxemaning (4.19-rasm) U_{chiq} kuchlanishini rostlash quyidagicha amalga oshirilishi mumkin:

- 1) U_{tay} kuchlanish bo'lgichi yoki differensial kuchaytirgichning noinvertorlovchi kirishiga tashqi tayanch kuchlanishini berish orqali;
- 2) R_3/R_4 qarshiliklar nisbatini o'zgartirish orqali;
- 3) kuchaytirgich (+) musbat kirishidagi tayanch kuchlanishini R_3/R_4 qarshiliklar nisbatining o'zgarishi bilan bir vaqtda o'zgartirish orqali.



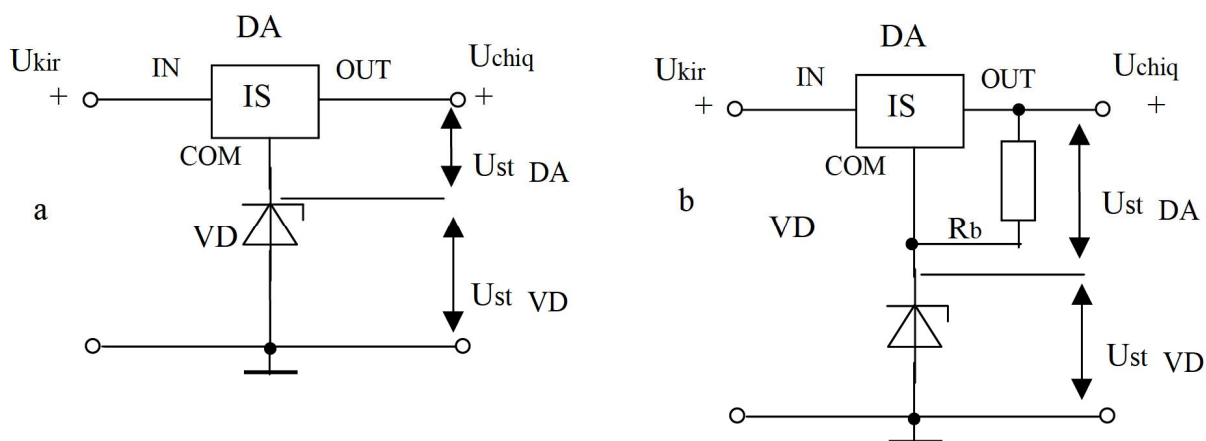
4.19-rasm. $\mu A723$ integral stabilizatori va uning kuchlanishni stabillash uchun ulanish sxemasi

Shuni ta’kidlash joizki, 4.19-rasmdagi sxemalarga o‘xshash sxemalarda U_{chiq} kuchlanishini rostlash chuqurligiga tayanch kuchlanishining mumkin bo‘lgan minimal qiymati cheklash kiritishi mumkin. Shunday qilib (ishlab chiqaruvchi firma tavsiyasiga ko‘ra) $\mu A723$ stabilizatori uchun kuchaytirgich kirishiga beriladigan U_{tay} ning minimal qiymati 2 V ga teng. Bu shuni bildiradiki, chiqish kuchlanishi 2 V dan kichik bo‘lishi mumkin emas.

Uchta chiqishli stabilizator sxemasida U_{chiq} kuchlanishini zarurat bo‘lganda o‘zgartirish mumkin. Chiqish kuchlanishini korreksiyalash (rostlash) usulidan biri, integral stabilizatorning umumiy chiqish zanjiriga stabilitron (yoki bir nechta stabilitronlar) ulash hisoblanadi (4.20-rasm).

Ikkala sxema uchun ham ISning COM chiqishi sun’iy (virtual) erga ulangan bo‘lib, haqiqiy erga ulinishga nisbatan $U_{st VD}$ stabilitron stabilizatsiya kuchlanishi qiymatiga “siljirilgan”. Bunda chiqish kuchlanishi $U_{st VD} + U_{st DA}$ kuchlanishlari yig‘indisiga teng. ISning o‘zi U_{chiq} kuchlanishining haqiqiy qiymati haqida “tushunchaga ega bo‘lmaydi”. Uning vazifasi OUT va COM chiqishlar orasida o‘zgarmas kuchlanish bilan ta’minlab berishdan iborat bo‘lib, IS aslida shu bilan

“shug‘ullanadi”.



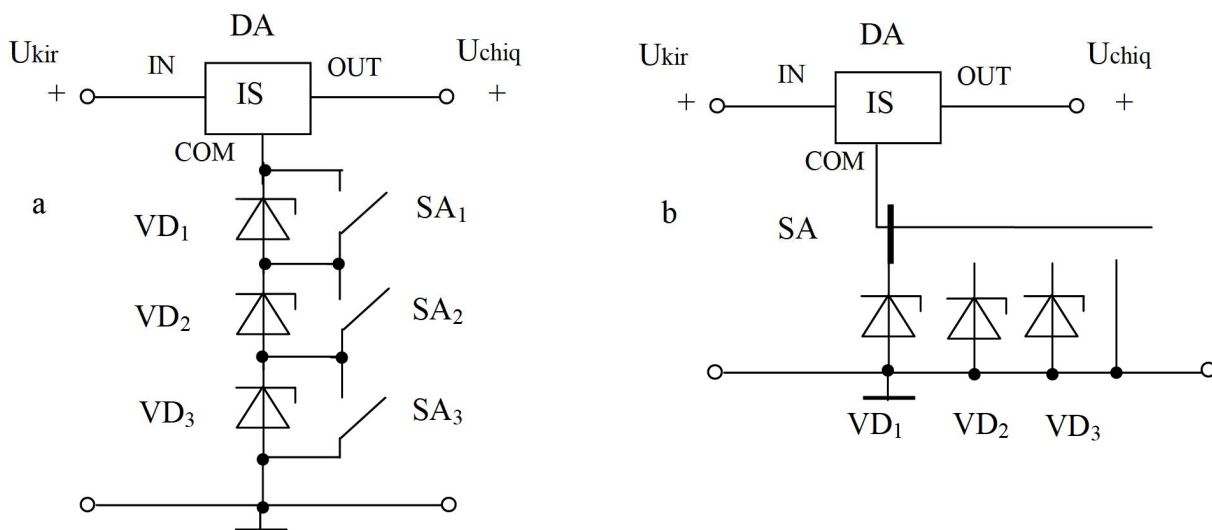
4.20-rasm. Stabilizatorning COM chiqish zanjiriga stabilitronning ulanishi:

- a) IS yo‘qotishiga teng stabilizatsiyasi toki bilan;
- b) stabilizatsiyaning oshgan toki bilan.

4.20a-sxemada VD stabilitron orqali oqib o‘tadigan teskari tok qiymati IS iste’mol qiladigan tok bilan aniqlanadi, uni yo‘qotish toki deb ham ataladi. Umumiy holatda bu tokning qiymati 1 mA ga teng va u ISning ishlash rejimiga bog‘liq holatda o‘zgarishi mumkin. 4.20b-rasmdagi sxemada stabilitron orqali qo‘shimcha stabilizatsiya toki oqib o‘tadi va uning qiymati $U_{st DA}/R_b$ ballast rezistori qarshiligining qiymati orqali aniqlanadi. Shu sababli stabilizatsiya $U_{st VD}$ kuchlanishining sifati oshadi, natijada chiqish kuchlanishi ham oshadi.

4.21-rasmdagi sxemada chiqish kuchlanishi zinasimon shaklda o‘zgaradi. Misol sifatida uchta stabilitron olingan, biroq ularning soni bir nechta bo‘lishi ham mumkin.

Umumiy holatda chiqish kuchlanishi (4.21a-rasm) sakkizta qiymatga ega bo‘lishi mumkin (4.1-jadval). Ayrim hollarda, agar hamma stabilitronlar bir xil bo‘lsa mumkin bo‘lgan U_{chiq} qiymatlarining soni to‘rttagacha kamayishi mumkin.



4.21-rasm. Chiqish kuchlanishini zinasimon shaklda o‘zgartirish:

- a) stabilitronlar ketma-ket ulangan;
- b) stabilitronlar parallel ulangan.

4.1-jadval

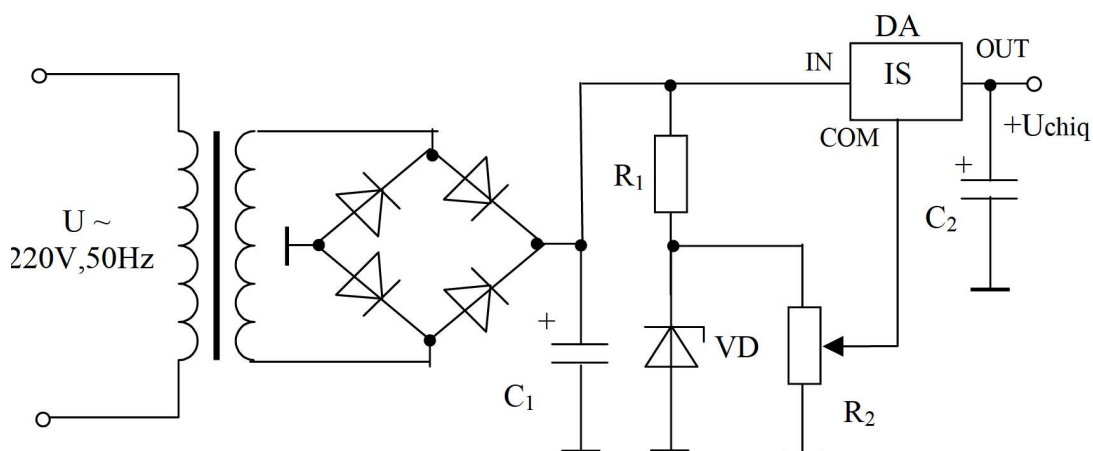
4.21a-rasmdagi sxemada mumkin bo‘lgan U_{chiq} kuchlanishlarining qiymati

U_{chiq}	SA_1	SA_2	SA_3
$U_{st DA}$	yopiq	yopiq	yopiq
$U_{st DA} + U_{st VD1}$	ochiq	yopiq	yopiq
$U_{st DA} + U_{st VD2}$	yopiq	ochiq	yopiq
$U_{st DA} + U_{st VD3}$	yopiq	yopiq	ochiq
$U_{st DA} + U_{st VD1} + U_{st VD2}$	ochiq	ochiq	yopiq
$U_{st DA} + U_{st VD2} + U_{st VD3}$	yopiq	ochiq	ochiq
$U_{st DA} + U_{st VD1} + U_{st VD3}$	ochiq	yopiq	ochiq
$U_{st DA} + U_{st VD1} + U_{st VD2} + U_{st VD3}$	ochiq	ochiq	ochiq

4.21b-rasmdagi sxemada umumiy shinaga nisbatan virtual er potensialining “siljishi” stabilizatsiya kuchlanishi turli qiymatda bo‘lgan stabilitronlarning ulanishi sababli o‘zgaradi. Xuddi 4.21a-rasmdakeltirilgan sxemadagi kabi $U_{chiq} = U_{st DA}$ ni olish mumkin (SA qayta ulagich o‘ng tomon oxirida bo‘lganda). Sxemani ishlatishda shuni e‘tiborga olish kerakki, qayta ulagichni kommutatsiya (ulanish-ajratish) lashda vaqt oralig‘i bo‘lmasligi lozim, qachonki IS COM chiqishi minus simiga ulanmagan bo‘lsa, hamma IS ham bunday rejimga bardosh bera olmaydi.

4.22-rasmda chiqish kuchlanishi $U_{st DA}$ dan $U_{st DA} + U_{st VD}$ gacha ohista

rostlanuvchi ta'minot manbai sxemasi keltirilgan. R_1 , VD, R_2 elementlari chiqish kuchlanishi rostlanuvchi parametrik stabilizatorni tashkil etadi. Bunda U_{chiq} kuchlanishi $U_{st DA}$ kuchlanishidan ushbu kuchlanish qiymatiga farqlanadi.

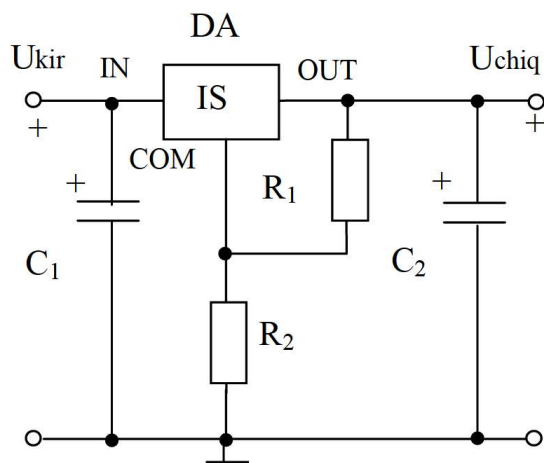


4.22-rasm. Rostlanuvchi chiqish kuchlanishili uchta chiqishli stabilizator asosidagi ta'minot manbai

U_{chiq} kuchlanishini rostlashning yana bir usuli rezistiv kuchlanish bo'lgichidan foydalanishdir (4.23-rasm). R_1 va R_2 rezistorlari chiqish kuchlanishi bo'lgichini tashkil qiladi. Ushbu bo'lgich chiqishiga ISning COM chiqishi ulanadi. Sxemaning chiqish kuchlanishi quyidagicha aniqlanadi:

$$U_{chiq} \approx U_{st DA} + I_b \cdot R_2, \quad (4.5)$$

bunda, I_b – kuchlanish bo'lgichi orqali oqib o'tadigan tok.



4.23-rasm. U_{chiq} kuchlanishini kuchlanish bo'lgich yordamida rostlash

R_1 va R_2 rezistorlar qarshiligini hisoblash quyidagi tartibda bajariladi:

- 1) kuchlanish bo'lgichi orqali oqib o'tadigan $I_b \geq (3 - 5)I_y$ toki beriladi, bu erda I_y – ISning yo'qotish (iste'mol) toki;
- 2) rezistor qarshiligini aniqlash $R_1 \approx U_{st DA}/I_b$;
- 3) R_1 ning qiymati aniq IS uchun foydalanish bo'yicha tavsiya etilgan diapazoniga mos kelishini tekshirish lozim (142EN IS uchun $R_1=100\div300$ Om);
- 4) agar R_1 qarshilikning qiymati tavsiya etilgan qiymatga to'g'ri kelmasa, bunday holatda I_b ning yangi qiymati beriladi;
- 5) R_2 rezistorning qarshiligi quyidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$R_2 = (U_{chiq} - U_{st DA})/I_b. \quad (4.6)$$

Yo'qotish I_y toki hisoblash ifodalarida e'tiborga olinmagan, chunki uning haqiqiy qiymatini aniqlash murakkab bo'lib, I_y yo'qotish toki stabilizator ishchi rejimiga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun, hisoblashda yuqori natijaga ega bo'lish uchun I_b ning qiymati I_y dan bir necha barobar katta bo'lishi kerak. Ammo, hattoki I_b bo'lgichning toki I_y yo'qotish tokidan ancha katta bo'lsa ham U_{chiq} chiqish kuchlanishining aniq qiymatini o'rnatish uchun qayta rostlash talab etiladi (masalan R_2 rezistorini tanlash), chunki R_1 , R_2 va $U_{st DA}$ qiymatlarining sakrashi (o'zgarishi) ta'sir ko'rsatadi (masalan K124EN8E mikrosxemasining stabilizatsiya kuchlanishi $15\pm0,60$ V ga teng).

Misol ko'rib chiqamiz. Quyida berilgan qiymatlar bo'yicha 142EN5A IS uchun sxemadagi R_1 va R_2 rezistorlar qarshiliklarini hisoblaymiz. $U_{chiq} = 10$ V ($I_y \approx 10$ mA, $U_{st DA} = 5$ V). $I_b = 40$ mA bo'lgan tok berib, quyidagini olamiz

$$R_1 = 5 \text{ V} / 40 \text{ mA} = 125 \text{ Om} \text{ va } R_2 = (10 \text{ V} - 5 \text{ V}) / 40 \text{ mA} = 125 \text{ Om}.$$

Bunda ikkita rezistorning ruxsat etilgan sochilish (tarqalish) quvvati 0,25 Vt dan kam bo'lmasligi lozim.

U_{chiq} kuchlanishini rostlashning ancha murakkab sxemasi 4.24-rasmda keltirilgan. DA kirishiga nostabil to'g'irlangan kuchlanish beriladi, ISning COM chiqishiga R_2 o'zgaruvchan rezistori orqali rostlangan va VT tranzistori orqali tok bo'yicha kuchaytirilgan signal beriladi.

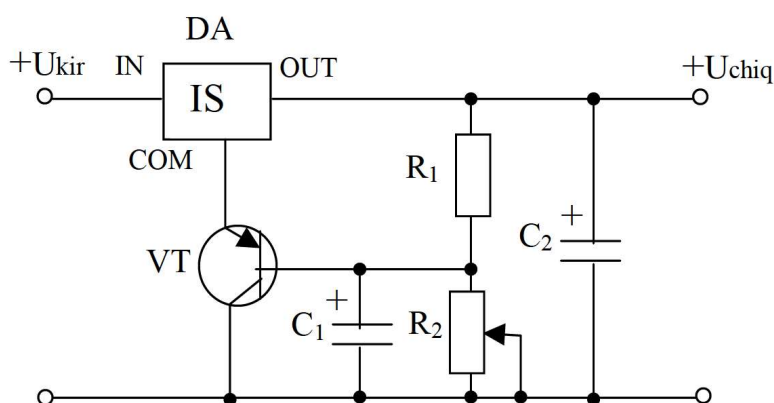
R_1 rezistorda kuchlanishning pasayishi: $U_{R1} = U_{st DA} + U_{be VT}$, undan oqib

o'tayotgan tok: $I_{R1} = U_{R1}/R_1$ ifodalar orqali aniqlanadi. $U_{chiq} = U_{R1} + U_{R2}$ ekanligini inobatga olsak,

$$U_{chiq} = (U_{st DA} + U_{be VT}) \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (4.7)$$

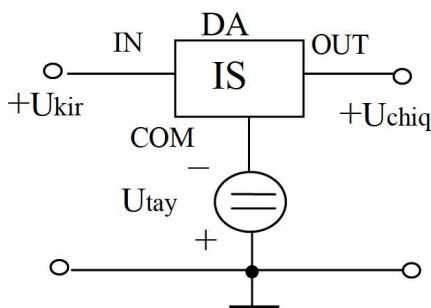
teng bo'ladi.

Shunday qilib, sxemaning minimal chiqish kuchlanishi $U_{st DA} + U_{be VT}$ ga teng, maksimal qiymati esa R_2 qarshilik orqali aniqlanadi. ($U_{chiq} \leq U_{kir} - \Delta U$, bunda ΔU – mazkur IS uchun kirish-chiqish kuchlanishining zaruriy minimal farqi).



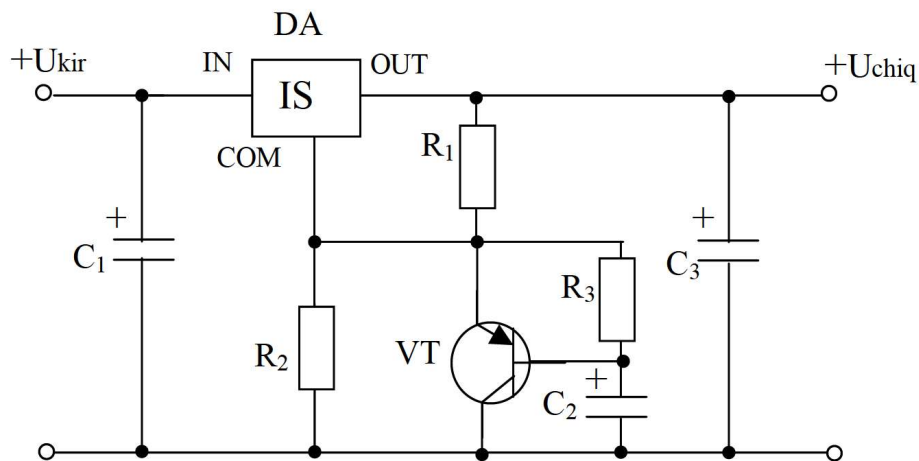
4.24-rasm. U_{chiq} kuchlanishini tranzistordan foydalanib rostlash

Uchta chiqishli stabilizatorlarning barcha sxemalarida chiqish kuchlanishi ISning stabilizatsiya kuchlanishidan kam bo'lmashi kerak. Agar $U_{chiq} < U_{st DA}$ ni olish zaruriyati bo'lsa, ISning COM chiqish zanjirida kuchlanishning qutbini o'zgartirish mumkin (4.25-rasm). 3.40-rasmdagi sxema uchun $U_{chiq} = U_{st DA} - U_{tay}$ ga teng bo'ladi.



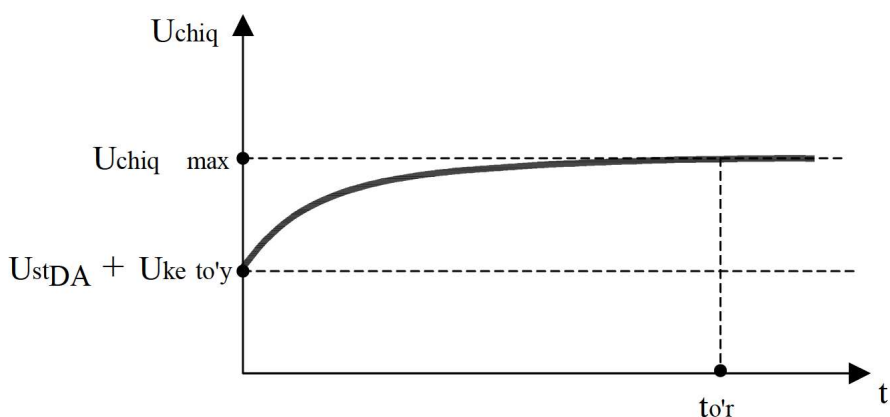
4.25-rasm. Uchta chiqishli stabilizator sxemasida $U_{chiq} < U_{st DA}$ ni olish

Chiqish kuchlanishining funksional o'zgarishi. Agar sxema umumiy simiga nisbatan ISning COM chiqish potentsiali aniq qonun bo'yicha o'zgartirilsa, chiqish kuchlanishini funksional boshqarish mumkin. Misol sifatida 4.26-rasmdagi sxemani ko'rib chiqamiz.



4.26-rasm. Chiqish kuchlanishining funksional o'zgarishi

Chiqish kuchlanishi sxemaning ulanish momentida $U_{st DA} + U_{ke to'ry}$ ga teng bo'ladi, bunda $U_{ke to'ry}$ – VT tranzistorning to'yinish rejimidagi kollektor va emitter orasidagi kuchlanish. Sxemaning ulanish momentida R_3 rezistor orqali C_2 kondensator zaryadlanadi, bunda kuchlanishning pasayishi tranzistorning emitter o'tishi uchun to'g'ri hisoblanadi. VT tranzistor ochiladi va R_2 rezistorni shuntlaydi. Keyin C_2 kondensatorning zaryadi hisobiga tranzistorning kollektor-emitter o'tishi qarshiligi oshadi va chiqish kuchlanishi ham oshadi (4.27-rasm).



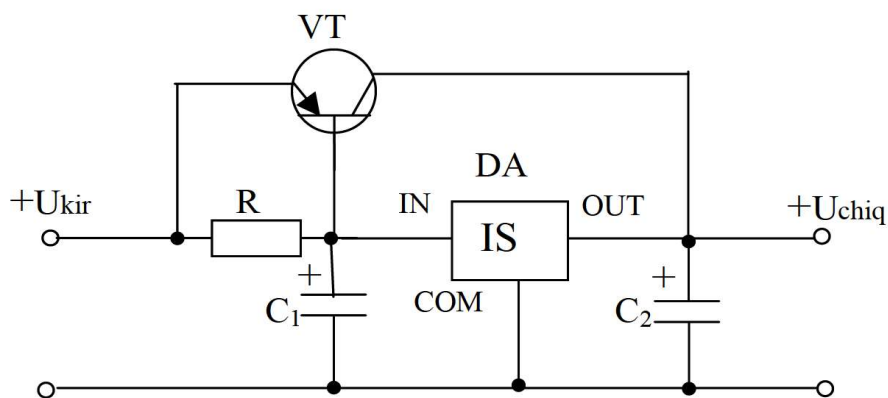
4.27-rasm. 4.26-rasmdagi sxema chiqish kuchlanishining o'zgarish vaqt diagrammasi

Maksimal chiqish kuchlanishi R_1 va R_2 rezistorlar orqali beriladi. Chiqish kuchlanishini “oʻrnatish” vaqti t_{orr} C_2 sigʻim va R_3 qarshilik qiymatlari orqali beriladi. 4.26-rasmdagi stabilizatoridan ishchi kuchlanishga ohista chiqishli yuklamani “qadamma-qadam” ulanishi uchun foydalanish mumkin.

Integral stabilizatorlarning yuklama qobiliyatini oshirish. ISning maksimal chiqish toki cheklangan (tipik qiymati $1\div 2$ A). Chiqish tokini katta qiymatini olish zaruriyati tugʻilganda ISga qoʻshimcha katta quvvatli oʻtish tranzistori ulanadi (4.28-rasm). Xorijiy sanoatda chiqish toki 5-10 A li ISlar ishlab chiqariladi. Biroq ular nisbatan qimmat va ulardan foydalanish murakkab, chunki bunday kristallar uchun maksimal ishchi harorat katta quvvatli tranzistorlarga qaraganda kichik, ruxsat etilgan sochilish quvvati esa tranzistorlar uchun xuddi shunday parametridan keskin farqlanadi.

R rezistorning qarshiligini shunday tanlash kerakki, I_{ul} chiqish tokining ayrim qiymatlarida, masalan 100 mA da, undagi kuchlanishning pasayishi VT tranzistorining ochilishi uchun etarli boʻlishi kerak. Yuklamaning toki I_{ul} dan kichik boʻlsa, sxema oddiy holatda ishlaydi. VT tranzistor yopiq holatda stabilizator orqali yuklama toki oqib oʻtadi. I_{yu} yuklama toki I_{ul} tokidan katta boʻlganda VT tranzistor ochiladi va undan $I_k = I_{yu} - I_{ul}$ qiymatiga teng boʻlgan tok oqib oʻta boshlaydi.

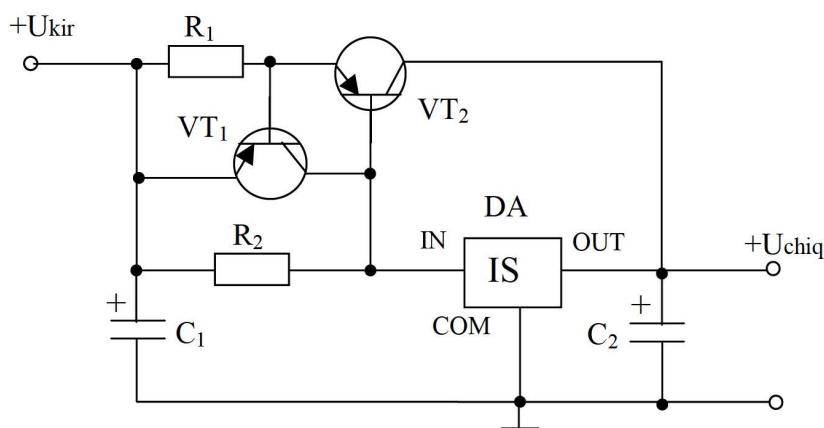
Uchta chiqishli stabilizator berilgan U_{chiq} qiymatini qoʻllab-quvvatlaydi, yuklamaning zaruriy toki esa asosan tranzistor orqali taʼminlanadi. Bunda IS yuklama tokining aniq (haqiqiy) qiymatini hatto “bilmaydi”.



4.28-rasm. ISning yuklama qobiliyatini oshirish uchun tashqi oʻtish tranzistoridan foydalanish

4.28-rasmdagi sxema tranzistorni yuklamada qisqa tutashuvdan himoyalash zanjiriga ega emas. Katta quvvatli tranzistor uchun sxemaning qisqa tutashuv rejimi eng og‘ir ish rejimi hisoblanadi, bu holatda undan juda katta tok oqib o‘tadi, uning kollektor-emitter o‘tishidagi kuchlanishning pasayishi kirish kuchlanishi U_{kir} qiymatiga tenglashadi. Shu sababli o‘tish tranzistorini qisqa tutashuvdan himoyalash uchun yuklamada chiqish tokini cheklash sxemasidan foydalaniladi (4.29-rasm).

Agar chiqish tokining qiymati o‘rnatilgan chegaraviy qiymatdan oshmasa, R_1 rezistorda kuchlanishning pasayishi kichik, VT_1 tranzistori yopiq va sxema 4.28-rasmdagi stabilizator kabi faoliyat ko‘rsatadi. Yuklama toki o‘rnatilgan qiymatdan oshadigan bo‘lsa R_1 rezistorda kuchlanishning pasayishi bilan VT_1 tranzistor ochiladi, uning kollektor-emitter o‘tishi o‘tish tranzistorining emitter o‘tishini shuntlaydi, VT_2 yopiladi va uning kollektor toki qiymati kamayadi.



4.29-rasm. O‘tish tranzistori sxemasida chiqish tokini cheklash

Misol ko‘rib chiqamiz. Faraz qilaylik, tok qiymati 5 A gacha bo‘lgan, chiqish kuchlanishi 5 V bo‘lgan stabilizator talab etilsin. Kirish kuchlanishi 15 V ga teng bo‘lsin. Qisqa tutashuv holatida chiqish quvvatining quyidagicha tarqalishini ta‘minlaydigan VT_2 o‘tish tranzistorini tanlaymiz:

$$P_{tar.qt} = U_{kir} \cdot I_{chiq\ max} = 15\ V \cdot 5\ A = 75\ W.$$

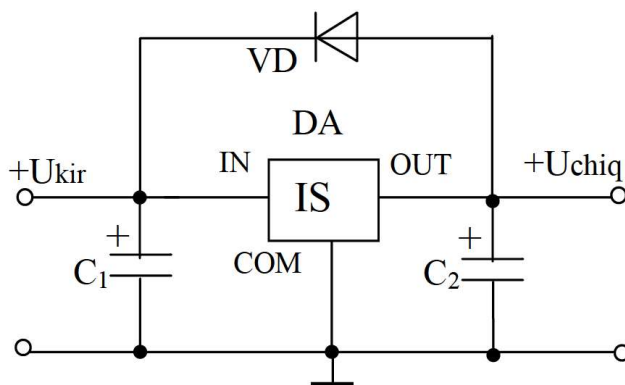
Bizga bir muncha qo‘shimcha zaxirani hisobga olganda ruxsat etilgan tarqalish (sochilish) quvvati $90 \div 100\ Vt$ bo‘lgan tranzistor zarur bo‘ladi. Ushbu shartni $p-n-p$ o‘tishga ega bo‘lgan, KT818A bipolyar tranzistori qanoatlantiradi ($P_{tar.max} = 100\ Vt$, $I_k = 5\ A$ da $h_{21} = 15$, $I_k = 5\ A$ da $I_{k\ max} = 15\ A$, $U_{be} = 0,9$

V). VT_2 tranzistorining baza toki I_{b2} ni kollektor tokining qiymati $I_{k2} = 5$ A bo'lganda aniqlaymiz: $I_{b2} = I_{k2}/h_{21e} \approx 0,33$ A. ISning chiqish toki I_{chiq} ni keragidan ortiqcha shunday tanlaymizki, bunda u U_{be} kuchlanish va elementlar parametrlarining mumkin bo'lgan chetlanishlaridan oshmasligi lozim. Aytaylik ushbu zaxira 20% ga teng deb olaylik, u holda $I_{chiq} = 1,2I_{b2}$, R_2 rezistordan oqib o'tayotgan tok $0,2I_{b2}$ teng bo'ladi. Shuning uchun $R_2 = U_{be2}/(0,2I_{b2}) = 0,9$ V / $(0,2 \cdot 0,33$ A) = 13,5 Om.

VT_1 tranzistori sifatida o'rta quvvatli $p-n-p$ o'tishli KT816A turidagi bipolyar tranzistorni olish mumkin ($I_k = 2$ A $> I_{b2}$, $P_{tar.max} = 20$ Vt $> U_{kir} \cdot I_{b2} \approx 15 \cdot 0,3 \approx 4,5$ Vt, $I_k \approx 0,4$ A bo'lganda $U_{be} = 0,7$ V). Natijada, $R_1 = U_{be} / I_{chiq\ bo's}$, bunda $I_{chiq\ bo's} = 5$ A – ruxsat etilgan maksimal chiqish toki. $R_1 = 0,7/5 \approx 0,14$ Om. Shunday qilib, 4.27-rasmdagi sxema uchun talab etilgan ko'rsatkichlarga ega bo'lgan quyidagi elementlardan foydalanish mumkin:

$$R_1 \approx 0,15 \text{ Om}, R_2 \approx 15 \text{ Om}, VT_1\text{-KT816A}, VT_2\text{-KT818A}.$$

Integral stabilizatorni diodli himoyalash. ISning chiqish zanjirida sig'imi $5 \div 10$ mkF dan kam bo'lmagan kondensator bo'lganda va qisqa tutashuvda stabilizatorning kirishida tokning katta kuch bilan qisqa muddatli sakrashi kuzatiladi. Bu holat OUT chiqishidan IN chiqishiga yo'nalishidagi IS zanjiri orqali chiqish kondensatorining razryadlanishi sababli ro'y beradi. Ushbu impuls tokining qiymati bir va o'nlab amperdan oshishi mumkin va u IS buzilishiga (shikastlanishiga) olib keladi. Bunday holatda ISning ishdan chiqishini himoyalash maqsadida uni diod orqali shuntlanadi (4.30-rasm).



4.30-rasm. Integral stabilizatorni diodli himoyalash sxemasi

Kirishda qisqa tutashuv holati sodir bo'lganda C_2 chiqish kondensatori VD shuntlovchi diod orqali razryadlanadi.

4.4. Tayanch kuchlanish manbalari

Har qanday stabilizator sxemasida tayanch kuchlanishi (TK) talab etiladi, u bilan chiqish kuchlanishining qiymati taqqoslanadi. Ma'lumki, chiqish kuchlanishining stabilligi tayanch kuchlanishining stabilligidan yuqori bo'lishi mumkin emas.

Stabilizatorlardan tashqari ko'pgina funksional tayyor zamonaviy elektronika qurilmalari o'zining ishlashida tayanch kuchlanishining stabil manbalariga ehtiyoj sezadi. Bunday sxemalarga tarkibida raqam-analog o'zgartigich (RAO') va analog-raqam o'zgartirgich (ARO') lar mavjud bo'lgan sxemalar, o'lchov apparatlari mavjud bo'lgan va boshqa ko'plab qurilmalar misol bo'ladi.

Bunday funksional uzellar stabil kuchlanish manbai mikrosxemasining ichiga joylashishga to'sqinlik qilmaydigan integralli asosda bajarilgan holda ishlab chiqarilishiga qaramasdan, qator holatlarda anchagina yaxshi parametrlarga ega bo'ladigan alohida (tashqi) tayanch kuchlanishi manbalarining qo'llanilishi afzal hisoblanadi.

Nisbatan ko'p qo'llaniladigan TK manbaining ikki turi mavjud:

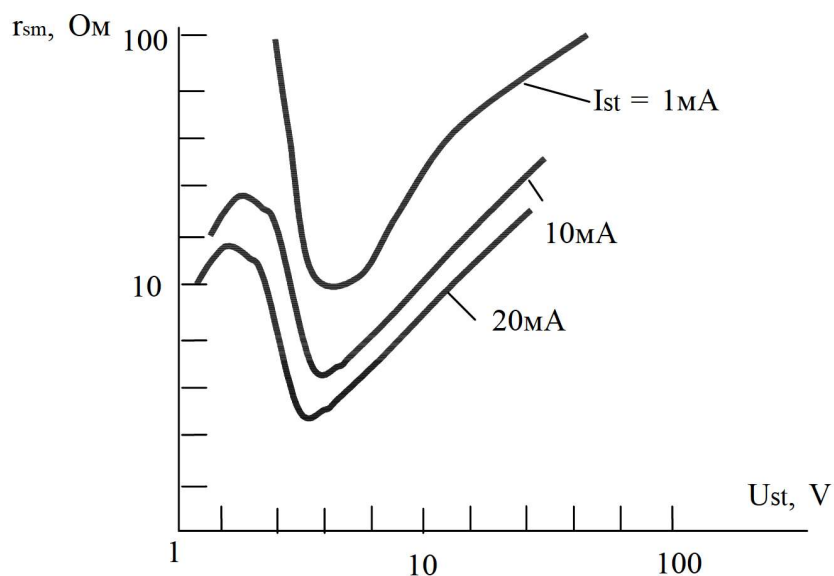
- 1) stabilizatorlar asosidagi manbalar;
- 2) "Bandgap" TK manbai (" U_{be} -stabilitronlar", "stabilitronlar kuchlanishi taqiqlangan zona bilan", "tayanch kuchlanish manbai kengligi taqiqlangan zonaga teng", "TK manbai taqiqlangan zona kengligi kuchlanishidan foydalangan holda" va bir qator nomlanishlari mavjud). Bularning har biri alohida funksional uzal, yoki IMS tarkibidagi tayanch kuchlanish manbai sifatida qo'llanilishi mumkin.

Stabilizatorlar asosidagi tayanch kuchlanishi manbalari. Qulay, arzon va keng tarqalgan. Stabilitronlar $2 \div 2,5$ V dan 200 V gacha bo'lgan qator kuchlanish qiymalarida ishlab chiqariladi, ularning ruxsat etilgan sochilish quvvati eng kichik qiymatdan 50 Vt gacha bo'ladi va stabillash kuchlanishi 1 dan 20% gacha ruxsat etiladi. Stabilitronli TK manbalari keng tarqalganiga qaramasdan (3.4-, 3.5-, 3.6-

rasmlar), aniq parametrli bunday ta'minot manbalarini qurish o'ziga yarasha qiyinchiliklarga ega. Demak, stabilitrnli TK manbalarini qurishda quyidagilarni inobatga olish lozim:

- 1) stabilitronlar oxirgi stabil kuchlanish qiymatiga ega va bu kuchlanish ruxsati yuqori (qimmat peritsidion asboblardan tashqari);
- 2) stabilitronlar sezilarli shovqin keltirib chiqaradi;
- 3) stabillash kuchlanishi stabilitrn (stabillik toki) teskari tokining qiymatiga va xaroratga bog'liq.

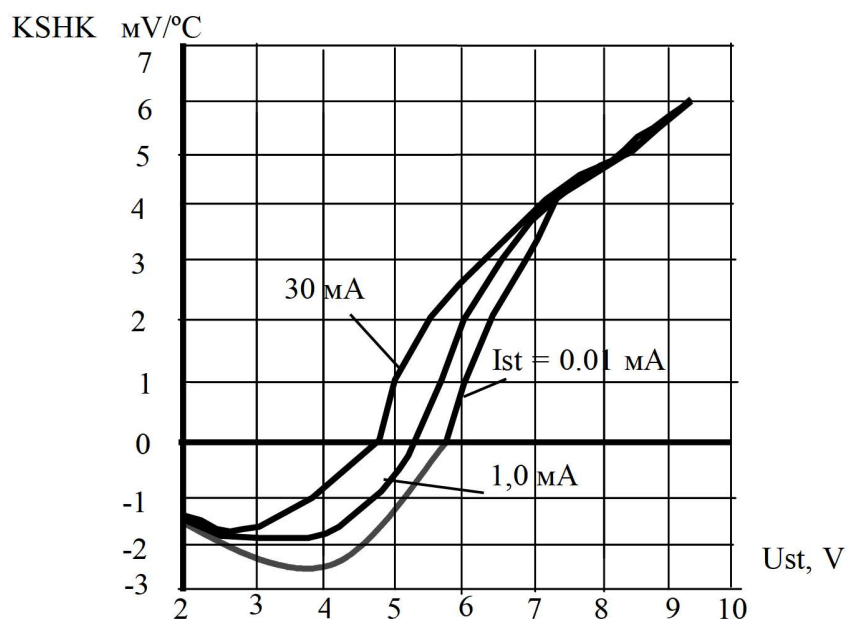
Haroratga bog'liqlik omili kuchlanish stabilligi $\approx 6V$ bo'lgan stabilitronlar uchun o'z ahamiyatini yo'qotadi. Ularning tok o'zgarishiga sezgirliigi kam va bunda harorat koefitsiyenti deyarli nolga teng bo'ladi (4.31-rasm). 4.31-rasmdan ko'rinadiki, U_{st} qiymati 6 V qiymatga yaqin bo'lgan stabilitronlar boshqa qiymatdagi stabillash kuchlanishili asboblardan taqqoslaganda kichik differensial qarshilikka ega bo'ladi.



4.31-rasm. Stabilitronlar differensial qarshiligining stabilizatsiya kuchlanishiga bog'liqligi

Shuni inobatga olish kerakki, stabilitronlar stabillash kuchlanishining harorat koefitsiyenti stabillash kuchlanishiga qanday bog'liq bo'lsa, teskari tok qiymatiga ham shunday bog'liq bo'ladi (4.32-rasm). 4.32-rasmdan ko'rinadiki, stabilitrn teskari tokining qiymatini o'zgartirib, ma'lum bir oraliqda "harorat koefitsiyentini sozlash" va deyarli haroratga sezgir bo'lmagan TK manbaini qurish mumkin (bunda

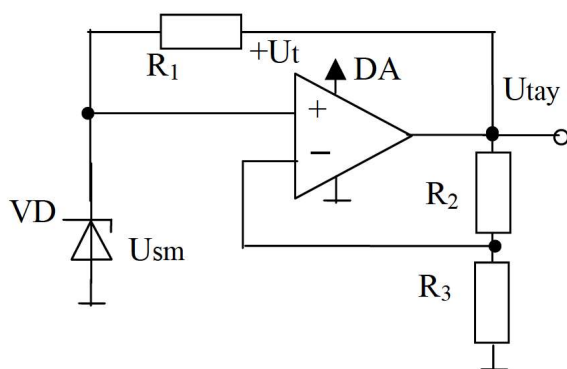
albatta qo‘shimcha diod va stabilitronlardan foydalaniladi).



4.32-rasm. Stabilitronlar stabilizatsiya kuchlanishi harorat koefitsiyentining kuchlanish va tok stabiligiga bog‘liqligi

Stabilizatsiya toki bo‘yicha topshiriq. Stabilizatsiya tokini doimiy sathda o‘rnatish va ushlab turish TK manbai ko‘rsatkichlarini ancha yaxshilaydi. Masalan, umumiy foydalanishli 1N821A stabilitroni uchun ($U_{st} = 6,2 V \pm 5\%$, $I_{st} = 7,5 \text{ mA}$ bo‘lganda $r_{st} = 15 \text{ Om}$) tokning 1mA o‘zgarishi U_{st} ni uch marta ko‘proq (kuchliroq) o‘zgartiradi, haroratni -40°C dan $+100^\circ \text{C}$ gacha o‘zgarishiga nisbatan.

Shuning uchun, stabilitronlar teskari siljishida pretsizion TK manbalarida stabil tok manbalaridan foydalaniladi. Ushbu masalani echishning bir varianti 4.33-rasmda keltirilgan.



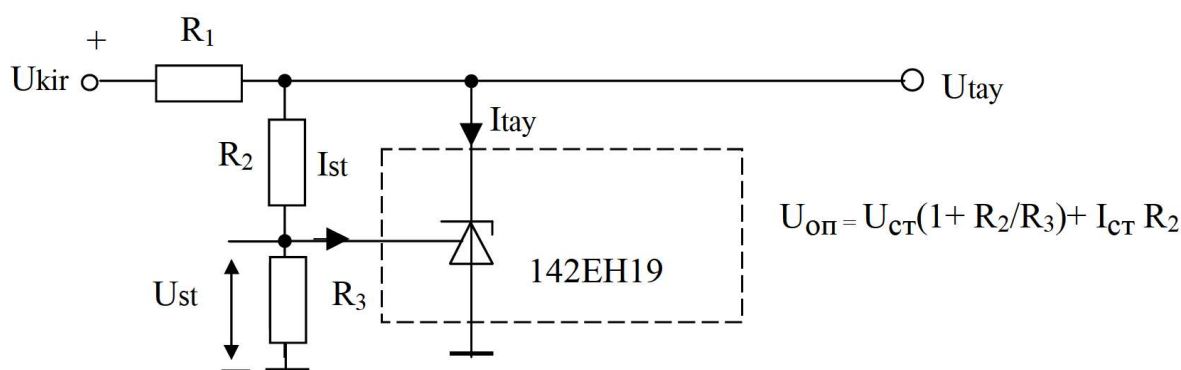
4.33-rasm. Tayanch kuchlanish manbaida stabilitron teskari siljish tokini stabillash

Operatsion kuchaytirgich (OK) U_{st} kuchlanishi uchun noinvertorlovchi kuchaytirgich sifatida ulangan bo'lib, uning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $1 + R_2/R_3$ ga teng. Chiqish kuchlanishi $U_{chiq} = U_{st}(1 + R_2/R_3)$ stabilitronning o'zgaras toki teskari siljishini $I_{st} = (U_{chi} - U_{st})/R_1$ olish uchun foydalaniladi. DA mikrosxema manbai bir qutbli bo'lib, sxemaning ulanishini chiqish kuchlanishining musbat qutbi bilan kafolatli ta'minlab beradi.

Stabilitronli IMSlar. Bu asosan ikki chiqishli qurilma bo'lib, oddiy stabilitronlar kabi qo'llaniladi. Umuman olganda stabilitronli IMSlar sxemotexnik echimda murakkab qurilma hisoblanadi, u o'zining stabilitronidan tashqari bir qancha aktiv va passiv komponentlardan tashkil topgan bo'lib, ular elektrik ko'rsatkich va xarakteristikalarini yaxshilash uchun xizmat qiladi (eng asosiysi – berilgan tokda doimiy kuchlanish stabilligi).

Bunday IMSarda harorat stabilligi juda yuqori. Uncha qimmat bo'lmagan 1009EH1 IMS uchun stabilizatsiya kuchlanishining harorat koeffitsiyenti taxminan $0,006\%/^{\circ}\text{C}$ ga teng bo'ladi. Ikki chiqishli IMSli stabilizatorlar qatorida uchta chiqishli mikrosxemalar ham ishlab chiqarilmoqda. Uchinchi qo'shimcha chiqish hisobiga stabilizatsiya kuchlanishini o'zgartirish imkoni mavjud. Masalan, 142EH19 rostlanuvchi pretsizion stabilitroni 2,5 V dan 36 V gacha oraliqda o'zgaruvchi stabilizatsiya kuchlanishiga ega.

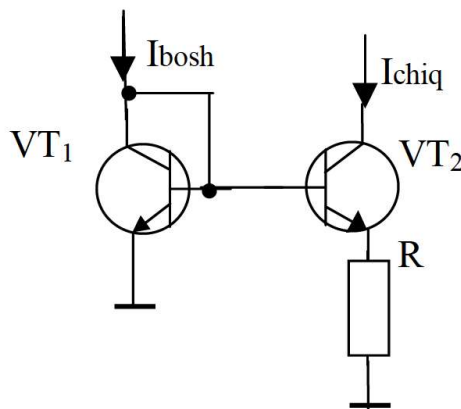
Kuchlanishni rostlash tashqi rezistiv bo'lgich yordamida amalga oshiriladi. (4.34-rasm).



4.34-rasm. Uchta chiqishli integral TK manbaida tayanch kuchlanishini rostlash sxemasi

“Bandgap” tayanch kuchlanish manbai. Bunday manbalar sxemalarining asosida tranzistor U_{be} emitter o‘tish kuchlanishining manfiy harorat koeffitsiyentiga absolyut qiymat bo‘yicha teng va musbat bo‘lgan harorat koeffitsiyentili kuchlanishni generatsiyalash (shakllantirish) g‘oyasi yotadi. Ushbu kuchlanishni U_{be} bilan yig‘indisi natijasida nollik harorat koeffitsiyentili kuchlanish olinadi.

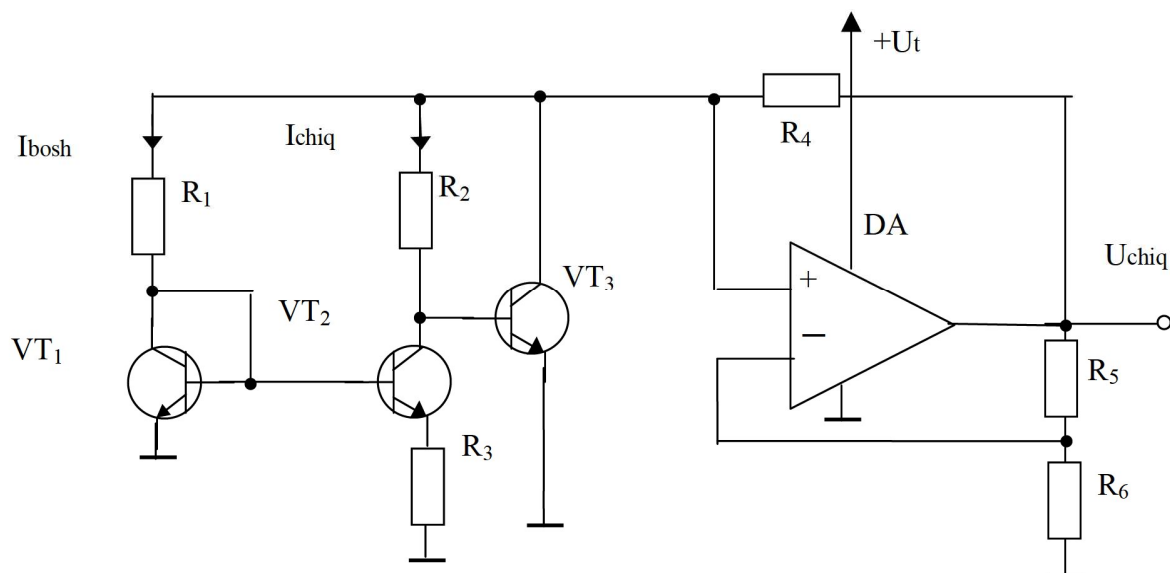
Talab etilayotgan kuchlanish “generatori”ning asosi tok oynasi hisoblanadi (4.35-rasm), unda toklarning $I_{bosh}:I_{chiq}$ mutanosibligi 10:1 tartibda olinadi. Oldingi foydalanilgan $\Delta U = \varphi_t \ln(I_{k1}/I_{k2})$ ifodadan foydalanamiz, bunda ΔU – moslashgan tranzistorlar emitter o‘tishidagi kuchlanish pasayishining farqi, I_{chiq} toki esa musbat harorat koeffitsiyentiga teng bo‘ladi.



4.35-rasm. 1:1 dan farqlanuvchi aks etish koeffitsiyentili tok oynasi

“Bandgap” TK manbaida boshqaruvchi tok I_{bosh} rezistor yordamida kuchlanishga o‘zgaradi va bu kuchlanish tranzistorning normal kuchlanishi U_{be} bilan qo‘shiladi (4.36-rasm). R_2 rezistor VT_z tranzistori U_{be} kuchlanishi bilan qo‘shiladigan kuchlanish qiymatini beradi va u musbat harorat koeffitsiyentiga ega bo‘ladi.

Agar $U_{R2} + U_{be} \approx 1,22$ V bo‘lsa, (kremniyning taqiqlangan zona kuchlanishi) TK manbaining harorat koeffitsiyenti aniq nolga teng bo‘ladi (4.36-rasm). R_2 qarshilik qiymatini tanlash orqali talab etilgan kuchlanishlar yig‘indisining qiymatiga erishiladi. Bu sxemada I_{bosh} toki R_1 rezistor orqali aniqlanadi.



4.36-rasm. “Bandgap” tayanch kuchlanish manbai

“Bandgap” turidagi boshqa TK manbai sxemalari (ancha murakkab bo‘lgan) ham mavjud. Ammo bunday barcha sxemalar uchun U_{be} kuchlanishini tranzistorlarning toklari bir-biriga teng bo‘lmagan, tok oynasi orqali paydo bo‘ladigan kuchlanishlar bilan qo‘shish xarakterli hisoblanadi.

“Bandgap” IMS TKM juda keng taqdim etilgan. Masalan, qimmat bo‘lmagan LM385-1,2 va LM385-2,5 1,235 V va 2,5 V bo‘lgan ikki chiqishli yuqori aniqlikdagi tayanch kuchlanish manbaidir ($\pm 1\%$ aniqlik bilan). Bu kristallar juda kichik toklar uchun ham o‘z (parametr) ko‘rsatkichlarini saqlab qoladi (10 mkA), bu esa kimyoviy tok manbi bilan ta‘minlashda kichik quvvatli sxemalar uchun juda muhim hisoblanadi.

LM385 mikrosxemasi $30 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ dan oshmaydigan harorat koeffitsiyentiga ega bo‘lib, 100 mkA tokda dinamik qarshiligining tipik qiymati ≈ 1 Om ga teng. Bu esa stabiltronlar ko‘rsatkichiga nisbatan a‘lo ko‘rsatkich hisoblanadi. Masalan, 1N4370 stabiltroni ($U_{st} = 2,4$ V) ning harorat koeffitsiyenti $800 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ va 100 mkA tokdagi dinamik qarshiligi 300 Om dan yuqori. Bunda 1N4370 stabiltronining tok qiymati stabilizatsiya kuchlanishining pasportdagi qiymatini ta‘minlay olmaydi. (talab etilgan 2,4 V o‘rniga 1,1 V).

LT1029 (ikki chiqishli) va REF-43 (uchta siqishli) IMSlar bundan ham yuqori stabillika ega. Ushbu kristallarning harorat koeffitsiyenti $3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ dan oshmaydi.

Xuddi analog stabiltronli mikrosxemalar kabi uchta chiqishli “Bandgap”

kristallari tashqi rezistorlar yordamida tayanch kuchlanishining qiymatini o'zgartirishga imkon yaratadi (4.34-rasm).

Pretsizion tayanch kuchlanish manbalari. Pretsizion tayanch kuchlanish manbalari ikki turga ega: harorati-stabillangan TK manbalari (termostatli) va qizimaydigan (haroratsiz) TK manbalari.

Harorati-stabillangan TK manbalari qo'shimcha qizdiruvchi element mavjud bo'lgan IMSlardan farq qilib, termodatchik signali orqali boshqariladi. G'oya juda oddiy: kristall ishlash jarayonida yuqori haroratgacha qiziydi, bu harorat qiymati o'rnatilgan bir sathda ushlab turiladi. Stabillik $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ga va undan ham yuqoriga erishadi. Bunday manbalar uzoq vaqt qo'llaniladi. Ular yuqori stabil generatorlar tarkibiga kiradi.

Bunday usulning kamchiligi, avvalambor, yuqori quvvat talab etishi va rejimga chiqishda kechikishidir (bir necha sekundga). Masalan, LM199 $2 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ harorat koeffitsiyentiga ega ($0,00002\%$). Kristallning qizishda sarflaydigan quvvati $\approx 0,25\text{ Vt}$ va rejimni o'rnatish vaqti 3–5 s.

Qizimaydigan pretsizion TKM. Termostatli IMSlar harorat koeffitsiyentidan tashqari oddiy TKM laridan uncha farq qilmaydi. Shovqin yoki uzoq vaqtli dreyf kabi parametrlari ularda harorat stabilligidan aniq orqada qoladi.

Kristall qizimaydigan analog harorat stabilligini ta'minlovchi IMSlar mavjud. Bundan tashqari ular kam shovqinli va vaqtli reja bo'yicha katta stabillikka ega.

Burr Brown firmasining REF10KU IMSsi $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ harorat koeffitsiyetiga ega. Linear Technology firmasining ALT21000 IMSsi $0,05-0,10/^{\circ}\text{C}$ sathdagi natijani ko'rsatadi. Shu bilan birga, ma'lumotlarda berilganlar bo'yicha uning shovqin va dreyf ko'rsatkichlari termostatli mikroxiemaga qaraganda bir qancha afzallikka ega.

Nazorat savollari

1. Yuklamada qisqa tutashuvdan himoyalangan ketma-ket stabilizator sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
2. Dinistor bilan himoyalangan kuchlanish stabilizatorining sxemasini chizing

va ishlash prinsipini tushuntiring.

3. Stabilizatorni o‘ta kuchlanishdan tiristor orqali himoyalash sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

4. Integral mikroshemalar asosidagi kuchlanish stabilizatorlarining afzalliklari nimalardan iborat?

5. Rostlovchi operatsion kuchaytirgichli kompensatsion kuchlanish stabilizatorining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

6. Kuchlanishni stabillash uchun uchta chiqishli IMSning ulanish sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

7. To‘rtta chiqishli rostlanuvchi kuchlanish stabilizatori sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

8. Musbat kuchlanish stabilizatorli ta‘minot manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

9. Manfiy kuchlanish stabilizatorli ta‘minot manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

10. Musbat va manfiy kuchlanish stabilizatorli ikki qutbli ta‘minot manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

11. Rostlanuvchi chiqish kuchlanishli uchta chiqishli stabilizator asosidagi ta‘minot manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

12. Chiqish kuchlanishini kuchlanish bo‘lgich yordamida rostlash va tranzistordan foydalanib rostlash sxemalarini chizing, afzallik va kamchiliklarini keltiring.

13. Integral stabilizatorni diodli himoyalash sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

14. Tayanch kuchlanishi manbaining vazifasi nimadan iborat va uning qanday turlarini bilasiz?

15. Uchta chiqishli integral tayanch kuchlanish manbaida tayanch kuchlanishini rostlash sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

16. “Bandgap” tayanch kuchlanish manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

5. IMPULSLI TA'MINOT MANBALARI

5.1. Umumiy ma'lumotlar

Avval qayd qilinganidek, chiziqli barqarorlashtirilgan ta'minot manba (TM) lari kichik foydali ish koeffitsiyentiga ega, tashqi o'lchamlari va og'irligi esa katta. Chiziqli barqarorlashtirilgan TM (chiziqli stabilizatorlar)ning tejamkorligi juda past hisoblanadi, ayniqsa chiqish kuchlanishining qiymati keng miqyosda o'zgarsa, chunki uzluksiz rejimda ishlaydigan va o'ziga xos so'ndiruvchi aktiv qarshilik hisoblanuvchi rostlovchi tranzistorda katta miqdordagi quvvat ajralishi ro'y beradi.

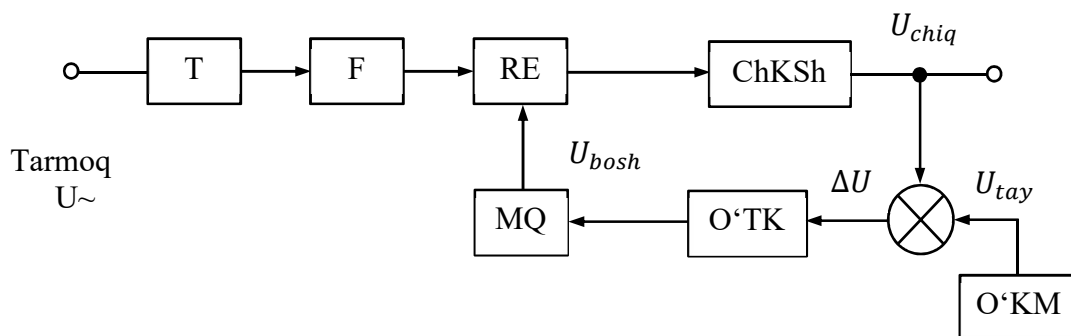
Agar rostlovchi element kalit (impulsli) rejimda ishlasa stabilizatorning foydali ish koeffitsiyenti oshadi. Bunda qayta ulash (o'zgarish) chastotasining kattalashishi (50 Hz o'rniga 20-50 kHz gacha) hisobiga transformatorlarning va impulsli TM filtrlari kondensatorlarining tashqi o'lchamlari va og'irligi sezilarli kichiklashadi.

Misol tariqasida, Power one firmasining ikkita: chiziqli F5-25 (5 V, 25 A) va SPL130-1005 (5 V, 26A) ta'minot manbalarini taqqoslaymiz. F5-25 modeli 7 kg dan og'ir bo'lgani holda, impulsli TMning og'irligi taxminan 1 kg ga teng. Bunda SPL130-1005 modelining hajmi chiziqli TMning hajmidan to'rt marta kichik. SPL130-1005 modeli qizimaydi, chiziqli manba esa maksimal chiqish tokida 75 Vt quvvatini yo'qotadi.

5.2. Impulsli ta'minot manbalarida rostlovchi element orqali boshqarish

Impulsli TMLarining ko'plab turdagi sxemalariga qaramasdan, ularning barchasi rostlash elementi orqali boshqarilishiga ko'ra ikkita guruhga bo'linadi: kenglik-impuls modulyatsiyali (yoki chastota modulyatsiyali) TM va rostlash elementi orqali releli boshqariladigan TM.

Kenglik-impuls modulyatsiya (KIM) li TMning ishlash prinsipi quyidagicha (5.1-rasm).



5.1-rasm. KIMli impulsli ta'minot manbai:

T – to'g'rilagich;

F – past chastotali silliqlovchi filtri;

RE – rostlovchi element;

ChKSh – chiqish kuchlanishini shakllantirgich;

MQ – modulyatsiyalovchi qurilma;

O'TK – o'zgarmas tok kuchaytirgichi;

O'KM – o'zgarmas kuchlanish manbai.

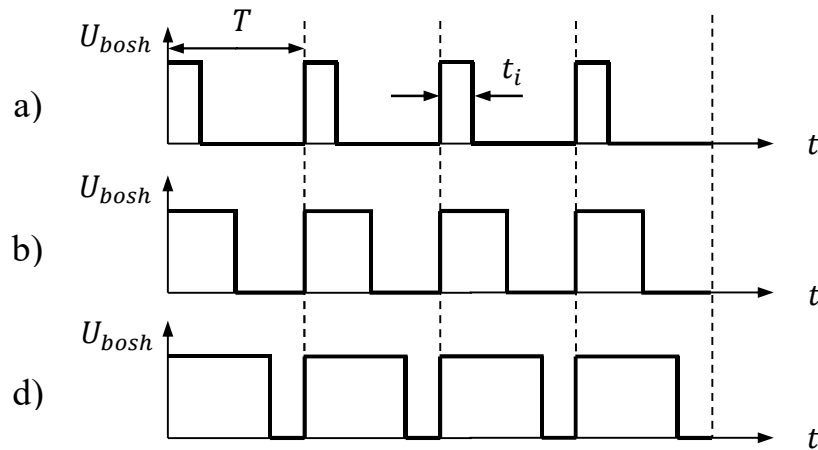
O'zgaruvchan tok (ta'minot) tarmog'idagi kuchlanish to'g'rilanadi, past chastotalar filtri (F) orqali silliqlanib, elektron kalit (rostlovchi element) orqali chiqish kuchlanishini shakllantirgich (ChKSh) ga beriladi, ChKSh sifatida ko'pchilik hollarda tranzistor qo'llanadi. Chiqish kuchlanishi ChKShga vaqt birligida uzatilayotgan energiyaga va TM yuklamasiga bog'liq bo'ladi.

Rostlovchi element ta'minot manbaidagi energiyani ChKShga uzatish jarayonini boshqarishni amalga oshiradi. Chiqish kuchlanishi U_{chiq} tayanch kuchlanishi U_{tay} bilan taqqoslanadi va signallar farqi $\Delta U = U_{chiq} - U_{tay}$ o'zgarmas tok kuchaytirgichi (O'TK) orqali modulyatsiyalovchi qurilma (MQ)ga keladi, modulyatsiyalovchi qurilmada o'zgarmas tok signali turli davomiylikdagi va doimiy davrli impulsarga aylantiriladi. Boshqaruvchi kuchlanish U_{bosh} impulslarining davomiyligi ΔU kuchlanishlar farqi bilan funksional bog'langan. Modulyatsiyalovchi qurilmadan signal davriy ravishda uzib-ulanuvchi REga keladi.

Shunday qilib, TMning chiqish kuchlanishi boshqaruvchi impulslar davomiyligiga bog‘liq bo‘ladi, bunda boshqaruvchi impulslar o‘zgarmas (doimiy) davrga ega bo‘ladi.

Kenglik-impuls modulyatsiyasi jarayoni 5.2-rasmda tushuntirilgan.

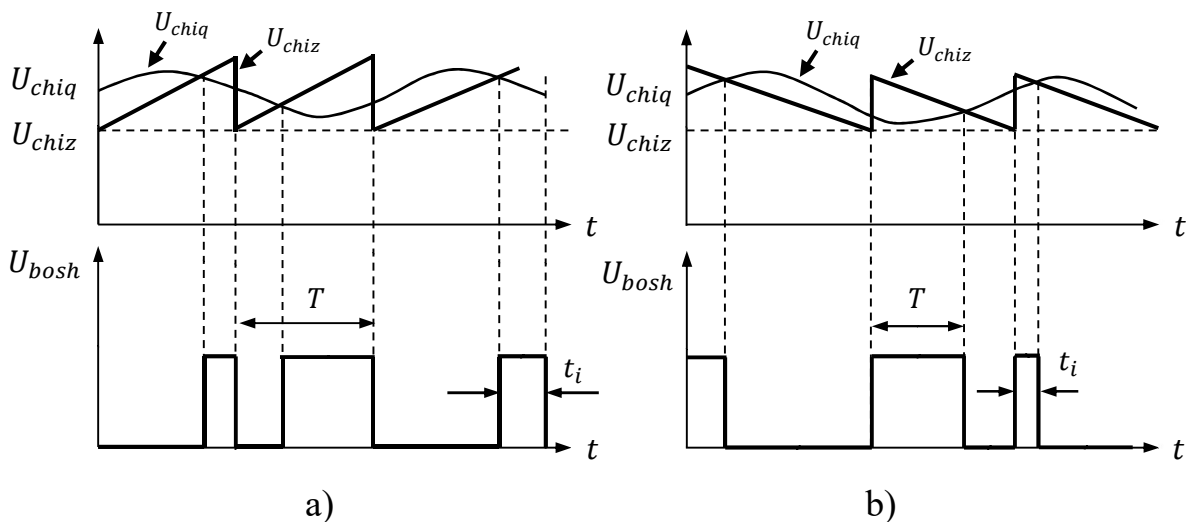
TMdan yuklamaga berilayotgan quvvat o‘zgarganda, impuls davomiyligi t_i va U_{bosh} impulslarining kelish davri o‘rtasidagi nisbat o‘zgaradi. 5.2-rasmda yuklamaga berilayotgan quvvat P_{yu} ning turli qiymatlari uchun U_{bosh} diagrammasi keltirilgan: 5.2a-rasm P_{yu} ning qiymati eng kichik bo‘lgan holatga; 5.2b-rasm o‘rtacha; 5.2d-rasmda eng katta bo‘lgan holatga mos keladi.



5.2-rasm. KIM modulyatsiyasi jarayoniga oid:

a) $t_i = 0,25T$; b) $t_i = 0,50T$; d) $t_i = 0,75T$.

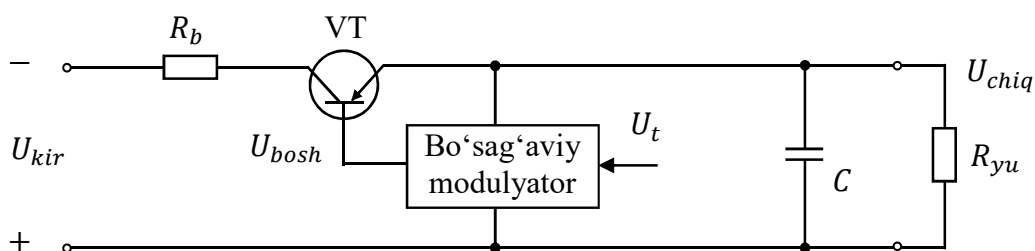
5.3-rasmda nisbatan keng qo‘llaniladigan impulslar kengligini o‘zgartirish usullaridan biri keltirilgan. RE bilan boshqariluvchi sxema kuchlanishi chiziqli-o‘zgaruvchi U_{chiz} qo‘shimcha generatordan tashkil topgan. Ushbu kuchlanish U_{chiq} bilan taqqoslanadi. Qo‘shimcha kuchlanish turidan (chiziqli-o‘suvchi yoki chiziqli-kamayuvchi) qat’iy nazar, U_{bosh} kuchlanish sathining o‘zgarishi $U_{chiz} = U_{chiq}$ bo‘lgan vaqt momentida amalga oshiriladi. Bunda, har qanday $U_{chiq} < U_{chiz}$ bo‘lgan holda RENi ochuvchi U_{bosh} signali shakllanadi. Aksincha bo‘lgan holda, ya’ni $U_{chiq} > U_{chiz}$ bo‘lganda $U_{bosh} = 0$ bo‘ladi va RE yopiq bo‘ladi.



5.3-rasm. KIM modulyatorining ishlashini tushuntiruvchi vaqt diagrammalar:

- a) qo'shimcha kuchlanish chiziqli-o'suvchi bo'lganda;
- b) qo'shimcha kuchlanish chiziqli-kamayuvchi bo'lganda.

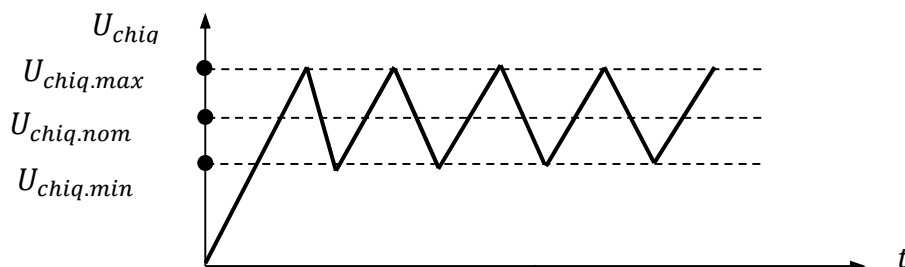
REni relelyli boshqarishga asoslangan TM (stabilizator)ning soddalashgan sxemasi 5.4-rasmda keltirilgan.



5.4-rasm. Rostlovchi element orqali relelyli boshqarish

Xuddi 5.1-rasmdagi sxema kabi, RE (VT tranzistor) modulyator yordamida shakllantirilgan U_{bosh} boshqaruvchi kuchlanish orqali ochiladi, farqi U_{bosh} kuchlanishni shakllantirish usulida namoyon bo'ladi. 5.4-rasmdagi sxema uchun boshqaruvchi impulslarni shakllantirish jarayoni 5.5-rasmda keltirilgan. VT tranzistor ochiq bo'lganda C kondensator tokni cheklovchi (ballast) rezistor R_b orqali zaryadlanadi. Qachonki, C kondensatordagi kuchlanish belgilangan yuqori qiymat $U_{chiq,max}$ ga etganda bo'sag'aviy modulyator (rostlovchi) tranzistorni yopadi va C kondensatordagi kuchlanish uning yuklamasi (R_{yu}) orqali razryadlanishi natijasida kamayadi. U_{chiq} ning qiymati pastki chegaraviy ishga

tushish qiymati $U_{chiq.min}$ ga etganda chegaraviy modulyator tranzistorning to'g'ri yo'nalishda emitter o'tishi bilan U_{bosh} kuchlanishni qo'shib rostlovchi tranzistorni ochadi. Ishlash jarayonida uzib-ulash chastotasi o'zgarib turadi, birinchi navbatda R_b , R_{yu} , C va $\Delta U = U_{chiq.max} - U_{chiq.min}$ ga bog'liq bo'ladi.



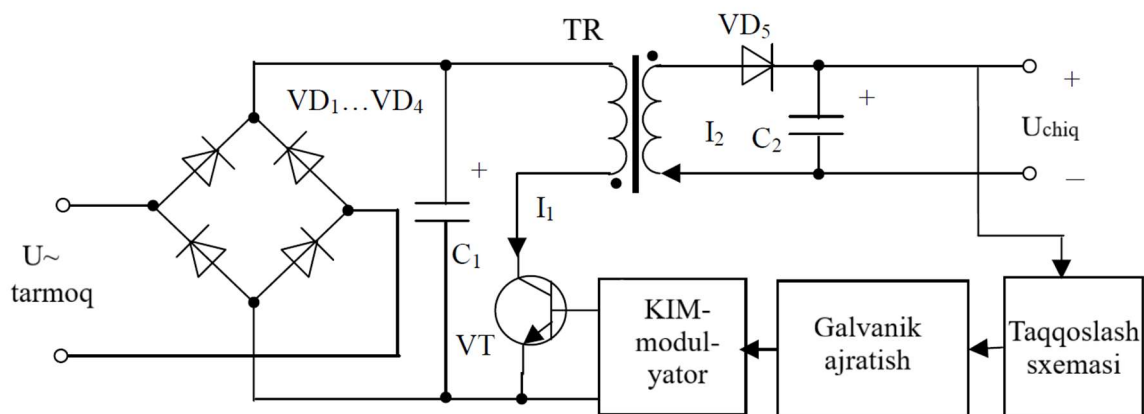
5.5-rasm. 5.4-rasmdagi sxema chiqish kuchlanishining vaqt diagrammalari

VT rostlovchi tranzistor qayta ulanishining yuqori chastotasidan qochish uchun kondensator sig'imi C va sxema gisterezisi (kech qolishi) U juda kichik bo'lishi kerak emas, chunki chastotaning oshishi bilan rostlovchi tranzistorda yo'qotishlar ko'payadi.

5.3. Teskari o'tishli va to'g'ri o'tishli impulsli ta'minot manbai

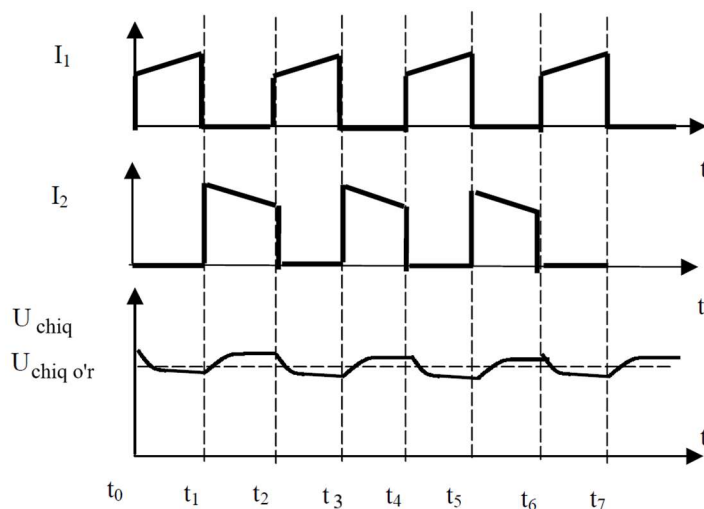
5.6-rasmda o'zgaruvchan tok tarmog'idagi kuchlanishni o'zgarmas chiqish kuchlanishiga aylantiruvchi teskari o'tishli o'zgartirgich (AC-DC konvertor) ning soddalashgan sxemasi keltirilgan. $VD_1 - VD_4$ diodlar va C_1 kondensator tarmoq kuchlanishi to'g'rilagichini tashkil etadi.

Kuchlanishni pasaytiruvchi transformatorning mavjud emasligi sababli C_1 kondensator o'zgaruvchan kuchlanish tarmog'ining amplituda qiymatigacha ($220 \text{ V} \cdot 1,4$) zaryadlanadi. Shuning uchun C_1 kondensatorning ishchi kuchlanish qiymati 350-400 V dan kam bo'lmasligi kerak. Chiqish signalini orqaga kalit tranzistorga uzatadigan teskari aloqa halqasi galvanik ajratish (kichik quvvatli signal transformatori yoki optojuftlik) dan iborat bo'lib, o'zgarmas tokning chiqish liniyasi o'zgaruvchan tok ta'minot tarmog'i bilan elektrik bog'liq bo'lmasligini ta'minlaydi.



5.6-rasm. Teskari o'tishli impulsli ta'minot manbai

Teskari o'tishli o'zgartirgichning ishlashi 5.7-rasm orqali tushuntirilgan.



5.7-rasm. Teskari o'tishli impulsli o'zgartirgichning ishlashini tushuntirishga oid vaqt diagrammalar

Rostlovchi tranzistor KIM-modulyator sxemasi orqali boshqariladi. Tranzistor ochiq bo'lganda ($t_0-t_1, t_2-t_3, t_4-t_5, t_6-t_7$ vaqt oraliqlarida) transformatorning birlamchi o'ramidagi tok chiziqli qonun bo'yicha kattalashadi (oshadi). Bu transformator aslida ikkilamchi o'ramli drossel hisoblanadi, va oddiy transformatordan farqli ravishda, o'zida ko'p energiyani to'playdi.

Tranzistor yopiq bo'lganda ($t_1-t_2, t_3-t_4, t_5-t_6$ vaqt oraliqlarida) transformator o'zagidagi magnit oqimi kamayishni boshlaydi, natijada ikkilamchi o'ram zanjirida oqayotgan I_2 tokni jalb qiladi. I_2 tok yuklamadan oqib o'tadi va C_2

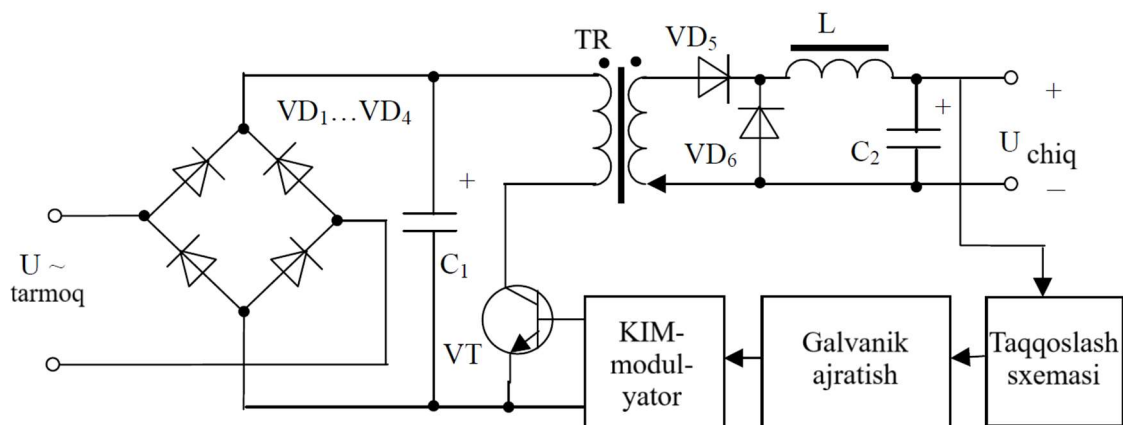
kondensatorni zaryadlaydi.

Agar ta'minot manbaining yuklamasi kattalashsa (oshsa), u holda U_{chiq} ning doimiy qiymatini saqlab qolish uchun I_1 tok nisbatan yuqori qiymatga erishadigan vaqt oralig'ini, ya'ni tranzistorning ochiq (ulangan) holati davomiyligini uzaytirish lozim bo'ladi. Natijada tranzistor holati yopiq bo'lgan vaqt davomida ikkilamchi o'ramda nisbatan yuqori I_2 tok hosil bo'ladi. Va aksincha, yuklama kamayganda esa tranzistorning ochiq holati davomiyligini qisqartirish kerak.

Payqash qiyin emaski, ideal sxemada (5.6-rasm) energiya yo'qotilishi mavjud emas, chunki kalit tranzistoridan yoyiluvchi quvvatni ifodalaydigan $I_k \cdot U_{ke}$ ko'paytmaning bitta ko'paytiruvchisi istalgan vaqt momentida nolga teng bo'lishi mumkin.

Real sxema bir qancha yo'qotishlarga ega bo'lib, ularning asosiylari: qayta ulanish yo'qotishlari, U_{ke} kuchlanishining nolga teng bo'lmasligi hisobiga to'yinish rejimda tranzistordan ajraluvchi (sochiluvchi) quvvat yo'qotishlari, transformatoridagi, dioddagi va kondensatordagi yo'qotishlar.

5.8-rasmida to'g'ri o'tishli impulsli ta'minot manbaining soddalashgan sxemasi keltirilgan. Teskari o'tishli TMdan farqli ravishda to'g'ri o'tishli o'zgartirgich energiyani transformatorida emas, balki L induktivlikning (drossel) chiqish g'altakida to'playdi. Kalit tranzistor ochiq bo'lganda ikkilamchi o'ramdagi tok VD_5 diod, drossel, C_2 kondensator orqali o'tadi va yuklamaga uzatiladi. Bunda, VD_6 diod yopiq holatda bo'ladi (uning katodida musbat potensial bo'ladi). Kalit tranzistor yopiq bo'lganda drossel toki C_2 kondensator orqali uni zaryadlagan holda o'tadi va VD_6 diod orqali qaytadi.



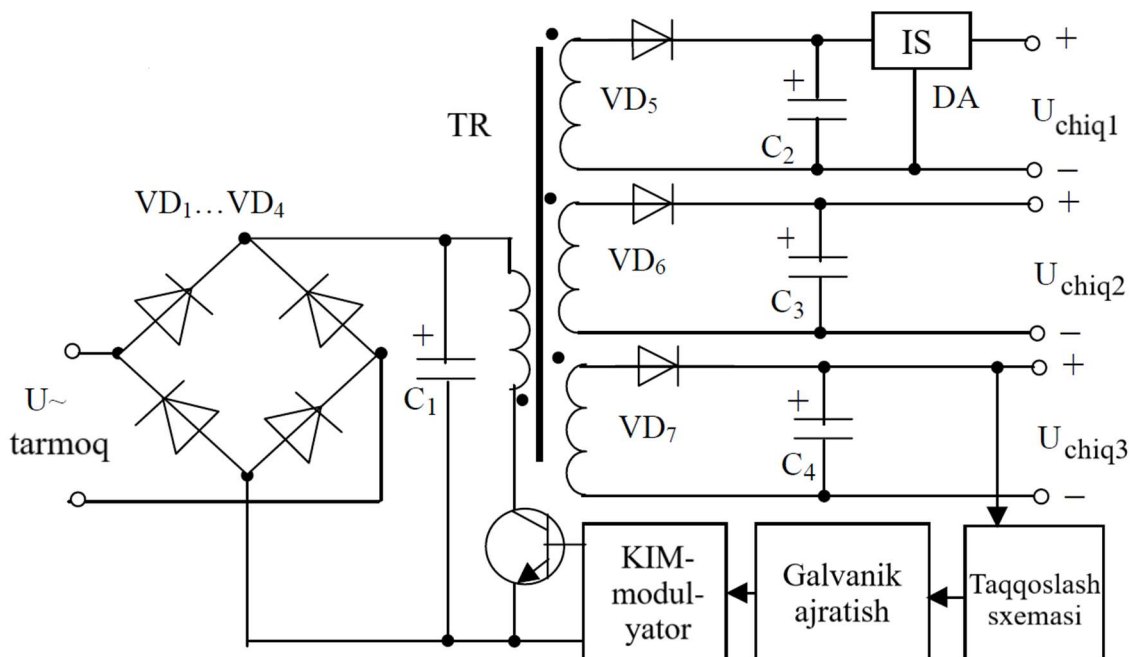
5.8-rasm. To'g'ri o'tishli impulsli ta'minot manbi

Shunday qilib, teskari o'tishli sxemadan farqli ravishda energiyani to'plovchi reaktiv elementning toki tranzistor o'tish davri (sikli)ning ikkala qismidagi vaqt davomida ham oqib o'tadi. Shuning uchun to'g'ri o'tishli o'zgartirgich bir xil chiqish parametrlarida ham teskari o'tishli TMga qaraganda nisbatan kichik (past) chiqish pulslanish kuchlanishiga ega bo'ladi.

5.4. Bir nechta chiqishli impulsli ta'minot manbai

Ko'pchilik impulsli TM bittadan ko'p chiqishlarga ega bo'ladi. Masalan, raqamli qurilmalar ta'minot manbaida +5 V kuchlanishga qo'shimcha holda +12, -12, +24 va -5 V kuchlanishlardagi chiqishlarga ham ega bo'lishi mumkin. Ushbu chiqishlar turli qurilmalar: kontrollerlar, qattiq va egiluvchan (gibkiy) magnit disklarining jamlagichlari, printerlar, interfeyslar (RS-232) va turli analog sxemalarning ta'minotida qo'llaniladi. 5.9-rasmda bir nechta chiqishli impulsli TMning sxemasi keltirilgan.

Sxemadan ko'rinadiki, teskari aloqa ta'minot kuchlanishi faqat bitta chiqishdan (odatda +5 V) olinadi va KIM-modulyatorga beriladi. Shunday qilib barcha kuchlanishni stabillash amalga oshiriladi. Ravshanki, qo'shimcha chiqishlar asosiy chiqish +5 V kabi meyorda stabillashtirilmaydi. Shuning uchun ta'minot kuchlanishiga qo'yiladigan yuklama kritik (maksimal) bo'lgan holda mos chiqishlarga qo'shimcha chiziqli integral stabilizatorlar (IS) o'rnatiladi. Ko'rib chiqilayotgan sxema uchun (5.9-rasm) chiziqli IS yordamida U_{chiq1} kuchlanish stabillanadi.



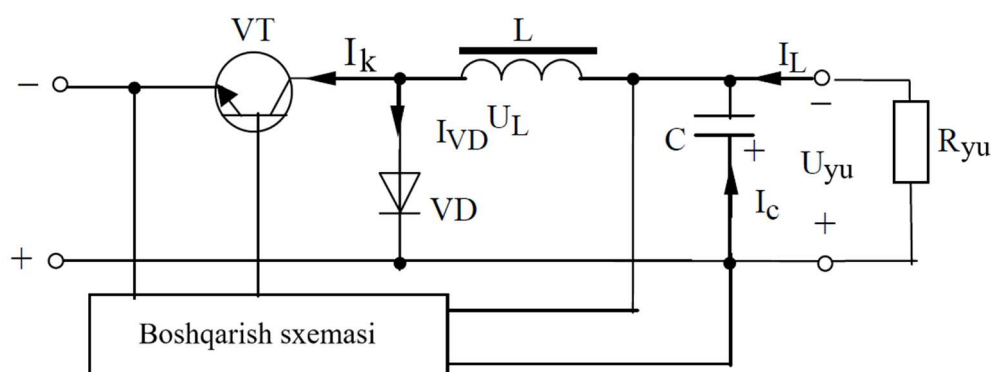
5.9-rasm. Uchta chiqish kuchlanishli impulsli ta'minot manbai

5.5. O'zgarmas tok impulsli kuchlanish stabilizatorlari

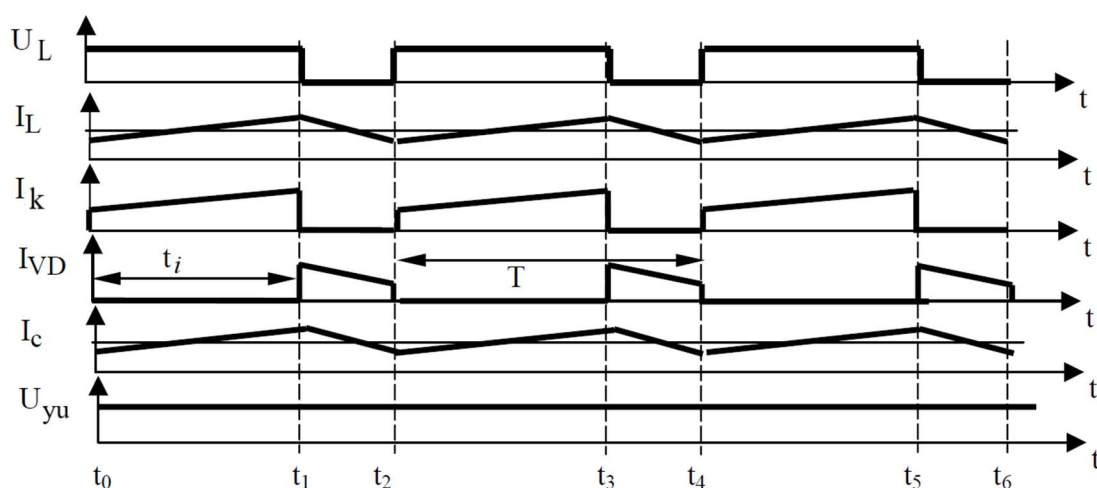
Avvalgi bo'limda keltirilgan, impulsli TMining ishlash tamoyilidan ko'rinadiki, ular mohiyati jihatidan bir doimiy kuchlanishni boshqa bir doimiy kuchlanishga (yoki bir nechta boshqa kuchlanishlarga) o'zgartirgich (konvertor) hisoblanadi. Aslida har qanday impulsli TMining kirishidagi o'zgaruvchan kuchlanish to'g'rilanadi, uning pulsatsiyasi filtr kondensatori yordamida tekislanadi va faqat shundan so'ng impulsli sxema yordamida ushbu o'zgarmas kuchlanishni o'zgartirish amalga oshiriladi. Shu munosabat bilan DC-DC turidagi impulsli o'zgartirgichni ko'rib chiqamiz.

Pasaytiruvchi stabilizator. Pasaytiruvchi impulsli stabilizatorlarning namunaviy sxemasi 5.10-rasmda keltirilgan. Rostlovchi tranzistorning kirishiga boshqarish sxemasidan impulsli signal beriladi. Boshqaruvchi impulslarning kovakligini (impulslar takrorlanish davrining impuls davomiyligiga nisbati) o'zgartirish avtomatik tarzda shunday amalga oshiriladiki, bunda chiqish kuchlanishi ruxsat etilgan aniqlik bilan belgilangan (o'rnatilgan) sathda bo'lishi lozim. L drossel va C kondensator rostlovchi tranzistor kollektoridan kelayotgan o'zgaruvchan kovaklikli bir qutbli impulslarni o'zgarmas tok kuchlanishiga

aylantiradi. VD diod rostlovchi tranzistor yopiq holatda bo‘lgan vaqtda drosselda tok oqishini ta’minlaydi. Stabilizatorning ishlashini tushuntirishga oid vaqt diagrammalar 5.11-rasmda keltirilgan.



5.10-rasm. Pasaytiruvchi impulsli stabilizator sxemasi



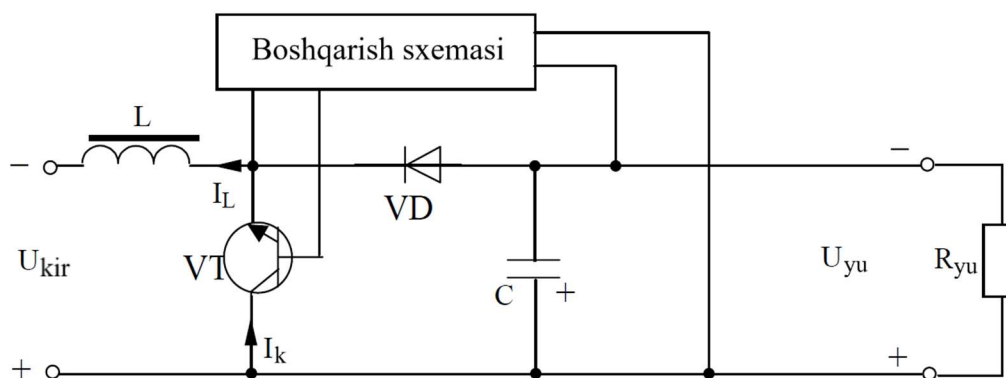
5.11-rasm. Stabilizatorning ishlashini tushuntirishga oid vaqt diagrammalar

Rostlovchi tranzistor ochiq bo‘lgan vaqt oraliqlarida ($t_0-t_1, t_2-t_3, t_4-t_5$) LC turidagi filtr kirishiga ta’minot kuchlanishi beriladi, bunda VD diod yopiq bo‘ladi. Ushbu vaqt oraliqlarida drosseldagi tok I_L chiziqli qonun bo‘yicha oshib boradi, va o‘zining maksimal qiymatiga tranzistorning yopilish momentida erishadi. Rostlovchi tranzistor yopiq bo‘lgan vaqt oraliqlarida ($t_1-t_2, t_3-t_4, t_5-t_6$) filtr elementlarida yig‘ilgan energiya yuklamaga uzatiladi. I_L drossel toki VD ochiq diod orqali o‘tadi.

Chiqish kuchlanishining pulslanish sathi asosan drossel induktivligi va filtr kondensatorining sig‘imi orqali aniqlanadi. Filtr drosselining induktivligi kamayganda unda tok pulsatsiyasi kattalashadi. Stabilizator sxemasidagi L

induktivlikning juda kichik qiymatida filtr drosselida uzuk-uzuk tok rejimi yuzaga kelishi mumkin, bu esa stabilizatorning yuklama xarakteristikasi yomonlashishiga olib keladi.

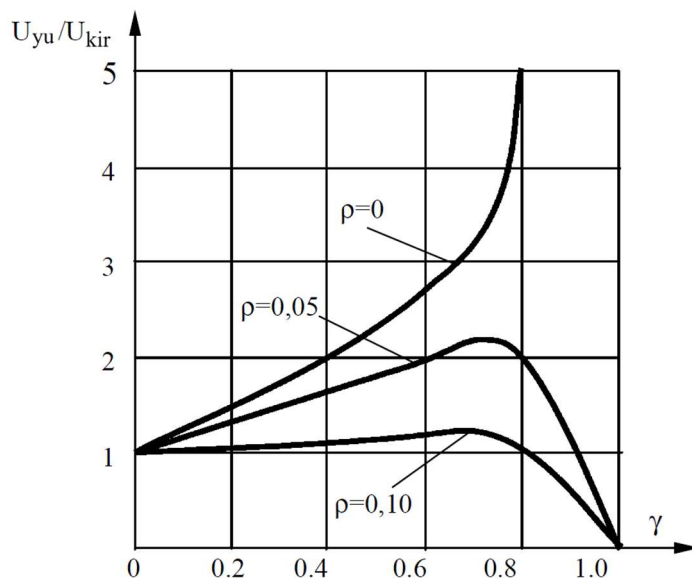
Oshiruvchi stabilizator. Yuklamaga parallel ulangan rostlovchi tranzistorli impulsli stabilizatorning sxemasini ko‘rib chiqamiz (5.12-rasm). Ko‘rilayotgan stabilizatorida rostlovchi tranzistor yuklamadan diod orqali ajratilgan. Tranzistor ochilishi bilan chiziqli qonun bo‘yicha oshib boradigan VT kollektor toki drossel orqali oqib o‘tadi, va o‘zining maksimal qiymatiga tranzistorning yopilish momentida erishadi. Bunda drossel elektromagnit energiyani zahiralaydi, VD diod yopiq bo‘ladi (uning katodida musbat potensial bo‘ladi).



5.12-rasm. Oshiruvchi stabilizator sxemasi

Rostlovchi tranzistor yopilgandan so‘ng drosselda avvalgi vaqt oralig‘ida yig‘ilgan elektromagnit energiya ochiladigan (ochiq) diod orqali yuklamaga uzatiladi va qisman kondensatorga ta‘sir qiladi. 5.10-rasmdagi ko‘rilgan sxema bilan taqqoslaganda parallel stabilizatorida chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishidan oshishi mumkin. Chiqish kuchlanishining rostlovchi tranzistor ochiq holatining nisbiy davomiyligiga bog‘liqligi 5.13-rasmda keltirilgan.

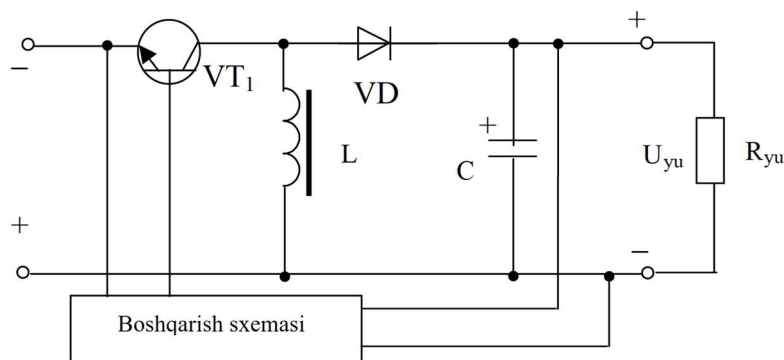
Ushbu rasmda uchta chiqish kuchlanishining kirish kuchlanishiga nisbati U_{yu}/U_{kir} ning boshqaruvchi impulsning to‘ldirish koeffitsiyenti $\gamma = t_i/T$ ga bog‘liqligi mustaqil parametr $p = r_L/(r_L + R_{yu})$ ning turli qiymatlari uchun keltirilgan, bunda r_L – filtr drosselining qarshiligi, R_{yu} – yuklama qarshiligi.



5.13-rasm. 5.12-rasmdagi sxema bo'yicha amalga oshirilgan stabilizatorning rostlaydigan xarakteristikasi

Invertorlovchi stabilizator. 5.14-rasmda kirish kuchlanishining qutblanganligini o'zgartiruvchi stabilizatorning sxemasi keltirilgan. Bunda 5.12-rasmda keltirilgan sxemadagi kabi chiqish kuchlanishi qiymat bo'yicha stabilizatorning kirish kuchlanishidan oshishi mumkin.

Rostlovchi tranzistorning ochiq holatida drossel elektromagnit energiyani yig'adi. Bunda VD diod yopiq, yuklama filtr kondensatori bilan birgalikda ta'minot manbaidan uzilgan bo'ladi. Rostlovchi tranzistorning yopiq holatga o'tishi VD diod ochilishi va drosselda yig'ilgan energiyaning filtr kondensatori C ga va yuklamaga o'tishi bilan kuzatiladi. Bu holda chiqish kuchlanishining qutblanishi kirish kuchlanishi qutblanishining qarama-qarshi ko'rinishida bo'ladi.



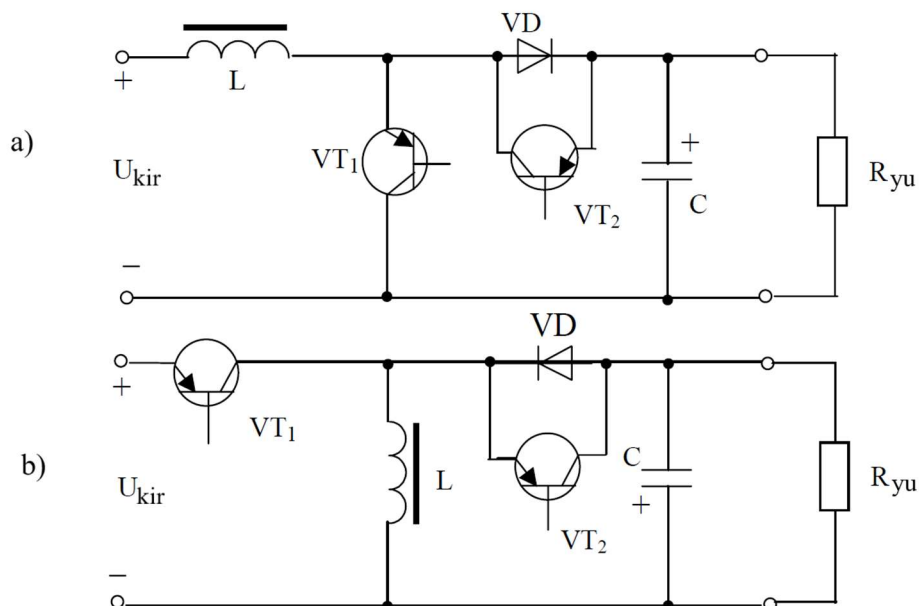
5.14-rasm. Invertorlovchi stabilizator sxemasi

5.6. Impulsli stabilizatorlarni chiqishidagi o'ta kuchlanishdan himoyalash

Salt yurish ($R_{yu} = \infty$) rejimida yoki kichik yuklamada ishlaganda impulsli stabilizatorning chiqishidagi kuchlanish (5.10-rasm) kirish kuchlanishi U_{kir} ga teng bo'lgani holda, oshiruvchi (5.12-rasm) va invertorlovchi (5.14-rasm) stabilizatorlar uchun chiqish kuchlanishi meyoriy qiymatdan ancha oshishi mumkin.

Stabilizatorlarni chiqishdagi o'ta kuchlanishdan himoyalash usullaridan biri 5.15-rasmda keltirilgan. 5.15-rasmdan ko'rinadiki, diodga parallel ravishda ushbu diod tokiga qarama-qarshi yo'nalishda tok o'tishini ta'minlovchi qo'shimcha VT2 tranzistor ulangan. Qo'shimcha tranzistor rostlovchi tranzistor VT1 bilan qarama-qarshi fazada boshqariladi va filtr drosselida qarama-qarshi yo'nalishda tok oqishiga imkon yaratadi.

Chiqish kuchlanishining pulsatsiyasi. 5.10-rasmdagi stabilizatorda chiqish kuchlanishining pulsatsiyasi filtr drosselining induktivligi va kondensatorining sig'imi ko'paytmasiga teskari proporsional. Ushbu pulsatsiyani L va(yoki) C ni oshirish hisobiga kamaytirish mumkin.



5.15-rasm. Chiqishida o'ta kuchlanishdan himoyalaydigan impulsiv stabilizator: a) oshiruvchi stabilizator; b) invertorlovchi stabilizator.

5.12- va 5.14-rasmdagi stabilizatorlar uchun chiqish kuchlanishining

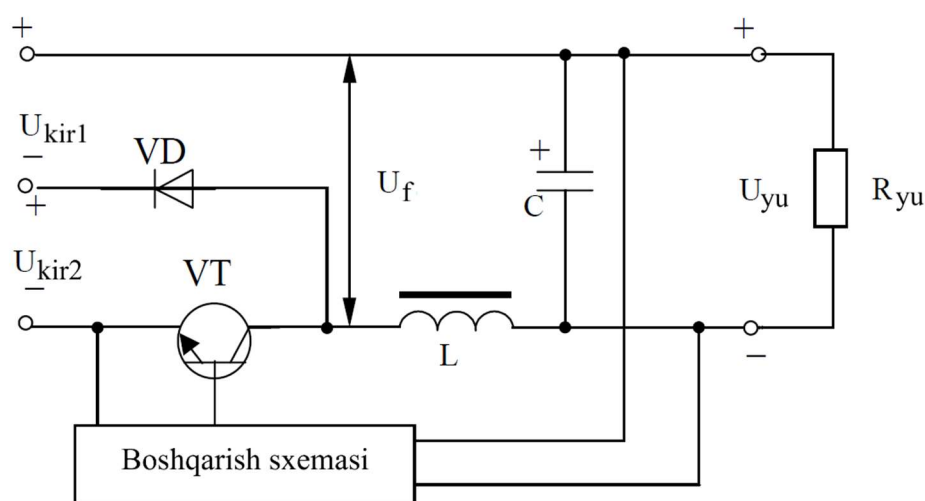
pulsatsiyasi yuklama tokiga proporsional va filtr induktivligiga bog‘liq emas, va faqat filtr kondensatorining sig‘imini oshirish hisobiga kamaytirish mumkin

$$U_p = \frac{I_{yu} \cdot \gamma}{C \cdot f},$$

bunda, U_p – stabilizator chiqishidagi kuchlanish pulsatsiyasi; f – o‘zgartirish chastotasi.

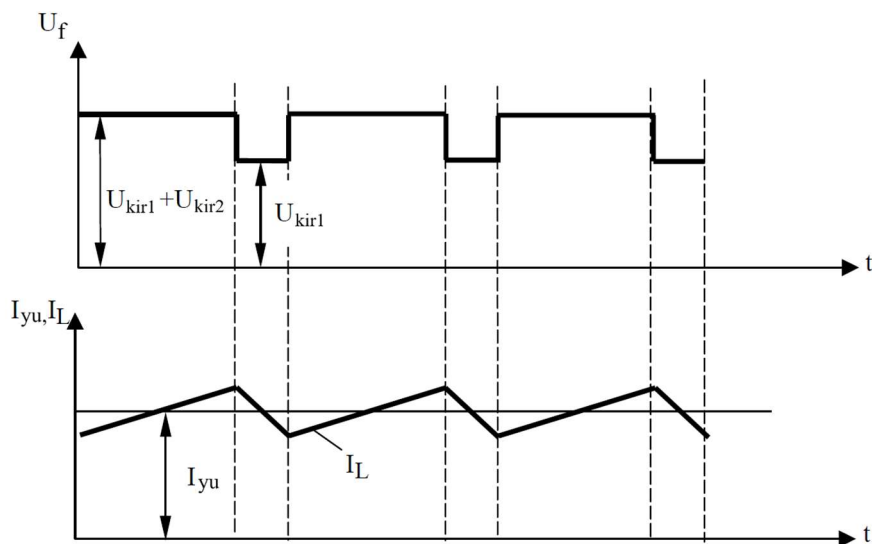
Chiqish kuchlanishi pulsatsiyasining bir xil darajasiga erishi uchun 5.10-rasmdagi stabilizator filtrida 5.12- va 5.14-rasmdagi stabilizatorga qaraganda ancha kichik sig‘imli kondensator talab etiladi.

Qisman modulyatsiyali stabilizator. Yuqorida ko‘rib chiqilgan impulsiv stabilizatorlardan tashqari qisman modulyatsiyali stabilizatorlar ham qo‘llaniladi (5.16-rasm).



5.16-rasm. Silliqlovchi filtr kirishida kuchlanish impulsini qisman modulyatsiyalovchi impulsli stabilizator sxemasi

Stabilizatorida silliqlovchi filtr kirishidagi kuchlanish U_f impulsining qisman modulyatsiya rejimi amalga oshiriladi (5.17-rasm).



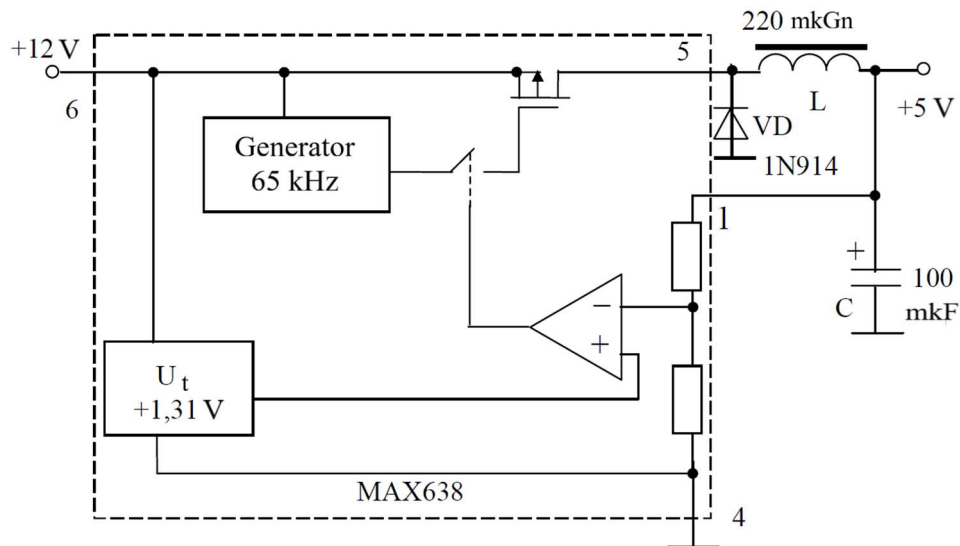
5.17-rasm. 5.16-rasmdagi sxema ishlashining vaqt diagrammalari

Rostlovchi tranzistorning yopiq holatida U_f kuchlanish U_{kir1} ga teng, ochilishi bilan uning qiymati $U_{kir1} + U_{kir2}$ gacha oshadi. 5.16-rasmdagi stabilizator 5.10-rasmdagi stabilizatorga nisbatan silliqlovchi filtrdan sezilarli darajada yaxshi foydalanishi bilan xarakterlanadi. Ushbu stabilizator uchun talab etiladigan LC ko'paytmaning qiymati quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$LC \approx \frac{U_{kir2} \cdot \gamma \cdot (1 - \gamma)}{8 \cdot f^2 U_p}.$$

5.7. Impulsli ta'minot manbalari uchun IMSlarni qo'llash

Chet el ishlab chiqaruvchilari impulsli TMLarini qurish uchun mo'ljallangan integral mikrosxema (IMS)larning ko'p sonli nominal turini taklif etadi. Avval qayd qilinganidek, IMSni qo'llash radioelektron apparatura ta'minot manbalarini qurish masalasini ancha soddalashtiradi. Masalan, pasaytiruvchi impulsli stabilizator Maxim firmasining MAX638 mikrosxemasida etarlicha sodda amalga oshirilishi mumkin (5.18-rasm).



5.18-rasm. MAX638 IMS asosidagi pasaytiruvchi stabilizator sxemasi

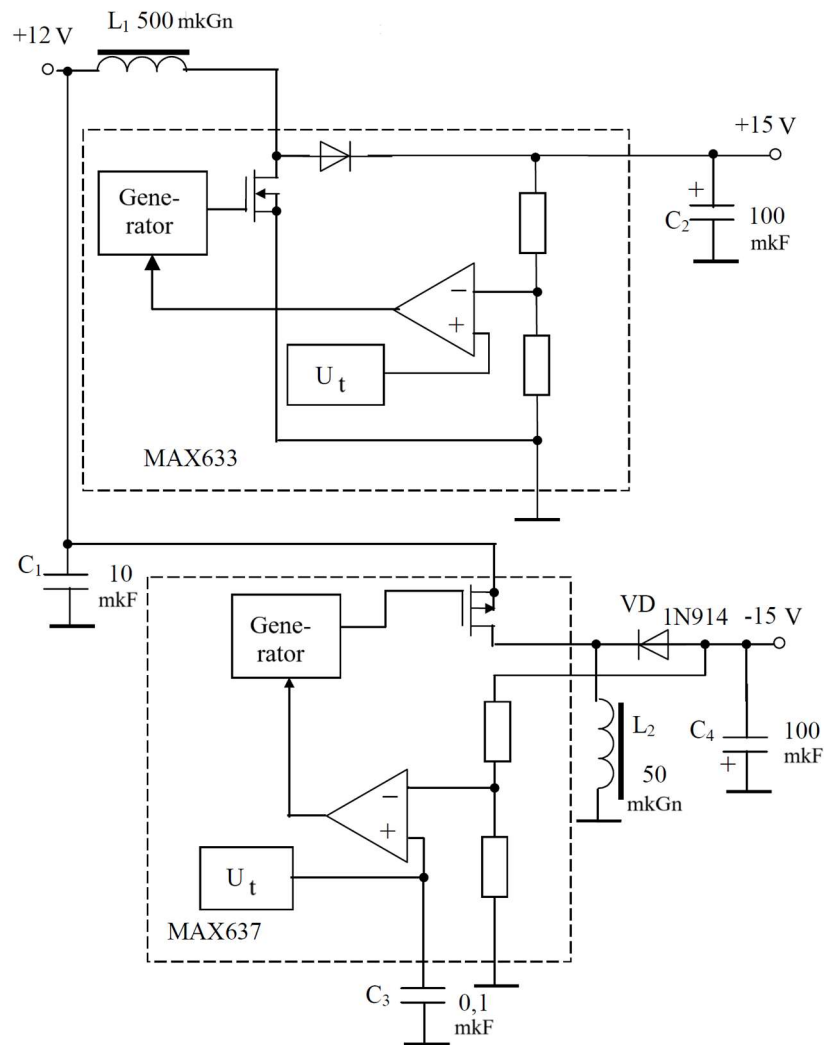
MAX638 mikrosxema chiqish kuchlanishining +5 V doimiy sathini qoʻllab quvvatlaydi (tashqi kuchlanish boʻlgichsiz). Tashqi rezistiv boʻlgich ulanganda musbat kuchlanishi rostlanadigan etarlicha sodda impulsli stabilizator hosil boʻladi.

MAX638 65 kHz doimiy chastotada ishlaydigan oʻrnatilgan generatorga ega. Bunda differensial moslashmaslik kuchaytirgichi chiqish kuchlanishiga muvofiq MOP-tranzistorining zatvorini boshqarish impulslerini yoki ulaydi yoki ajratadi. Sxemaning FIK taxminan 85% ga teng va kirish kuchlanishiga deyarli bogʻliq emas.

Stabilizator (5.18-rasm) masalan, avtomobil akkumulyator batareyasining (+10 dan +15 V gacha) kuchlanishini +5 V kuchlanishga oʻzgartirish uchun, turli kichik quvvatli qurilmalarning taʼminoti (maksimal chiqish toki 100 mA) uchun qoʻllanilishi mumkin.

5.19-rasmda oshiruvchi (MAX633) va invertorlovchi (MAX637) impulsli integral stabilizatorlardan yigʻilgan, ikki qutbli impulsli taʼminot manbaining sxemasi keltirilgan.

Bunday taʼminot manbai masalan, koʻpchiligi ikki qutbli kuchlanish $\pm 15 V$ bilan taʼminlanadigan operatsion kuchaytirgichli sxemalarning taʼminoti uchun qoʻllaniladi.

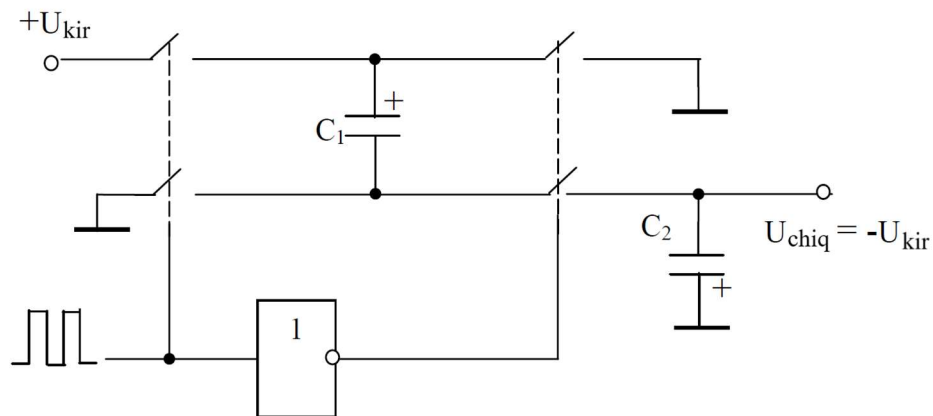


5.19-rasm. Impulsi integral stabilizatorlar asosidagi ikkiqutbli ta'minot manbai

Qayta ulanuvchi kondensatorlar asosidagi kuchlanish o'zgartirgichlari.

Qayta ulanuvchi kondensatorlar asosidagi o'zgartirgichning ishlash prinsipi 5.20-rasmda keltirilgan ikkita tashqi C_1 va C_2 kondensatorlar bilan Intersil firmasining ICL7662 IMSning sodda sxemasi asosida tushuntiriladi. ICL7662 ichki generator va MOP-tranzistordagi bir nechta kalitlarga ega. Kirish va chiqish kalitlar juftligi qarama-qarshi fazada boshqariladi.

Agar kirish kalitlar juftligi ulangan bo'lsa (tranzistorlar o'tkazish holatida) C_1 kondensator U_{kir} kuchlanishigacha zaryadlanadi. Keyin boshqaruvchi to'rtburchakli impuls o'tishining ikkinchi yarim davrida C_1 kondensator kirishdan uziladi (ajratiladi) va chiqishga faqat qarama-qarshi qutb bilan ulanadi. Bunda C_2 kondensator zaryadlanadi va erga nisbatan manfiy potensialga ega bo'ladi.



5.20-rasm. Qayta ulanuvchi kondensatorlarli IMS asosidagi kuchlanishni invertorlovchi o'zgartirgich

Kalitlar qayta ulanishining boshqacha bir nechta tartibi asosida kirish kuchlanishiga nisbatan chiqish kuchlanishini oshirishni amalga oshirish mumkin.

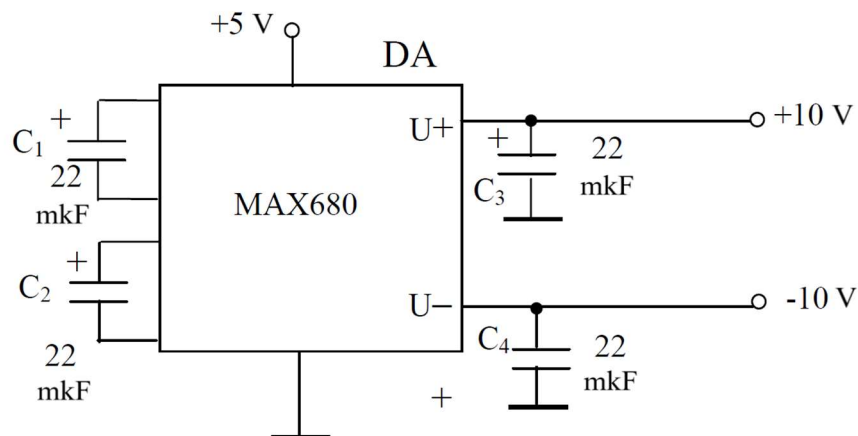
Qayta ulanadigan kondensatorlar asosidagi o'zgartirgichlarning afzalligi tashqi elementlarning kam sonli bo'lishi va induktivlikning bo'lmashligidadir.

Kamchiliklari sifatida quyidagilarni keltirish mumkin:

- 1) sxemaning chiqishi nostabil (U_{chiq} yuklama tokiga kuchli bog'liq);
- 2) chiqish kuchlanishini bir tekis rostlash mumkin emas (U_{chiq} har doim U_{kir} ga karrali);
- 3) KMOP kalitli ko'pchilik mikrosxemalar kuchlanish ta'minotining cheklangan diapazoniga ega, masalan, ICL7662 uchun U_{kir} +4,5 V dan +20 V gacha.

Keltirilgan kamchiliklarga qaramasdan, qayta ulanuvchi kondensatorli o'zgartirgichlar bir qator hollarda o'ziga jalb etadigan hisoblanadi, masalan, bir qutbli (+5 V) ta'minotga ega, platadagi operatsion kuchaytirgichni ta'minlash uchun juda muhim hisoblanadi.

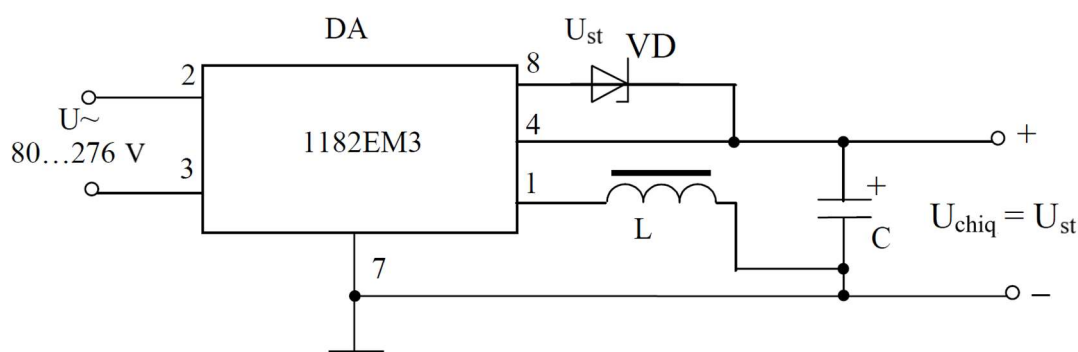
Maxim firmasining MAX680 IMS +5 V kuchlanishni ikki qutbli ± 10 V ga o'zgartiradi (5.21-rasm).



5.21-rasm. MAX680 IMS asosidagi +5 V kuchlanishni ikki qutbli ± 10 V ga o'zgartirgich

AC-DC konvertorlar. AC-DC konvertorlar mohiyati jihatidan tayyor impulsli ta'minot manbai hisoblanadi. To'liq (mukammal) ta'minot manbaini hosil qilish uchun IMSga uncha ko'p bo'lmagan sondagi tashqi elementlarni ulash (qo'shish) talab etiladi. Chiqish kuchlanishi doimiy bo'lishi, shuningdek rostlanuvchi (bir tekis yoki diskret rostlanuvchi) bo'lishi ham mumkin.

5.22-rasmda KP1182EM3 AC-DC konvertor asosidagi sodda impulsli ta'minot manbaining sxemasi keltirilgan. Mikro sxemaning kirishiga 80-276 V o'zgaruvchan kuchlanish (ta'sir etuvchi qiymat) berilishi mumkin.

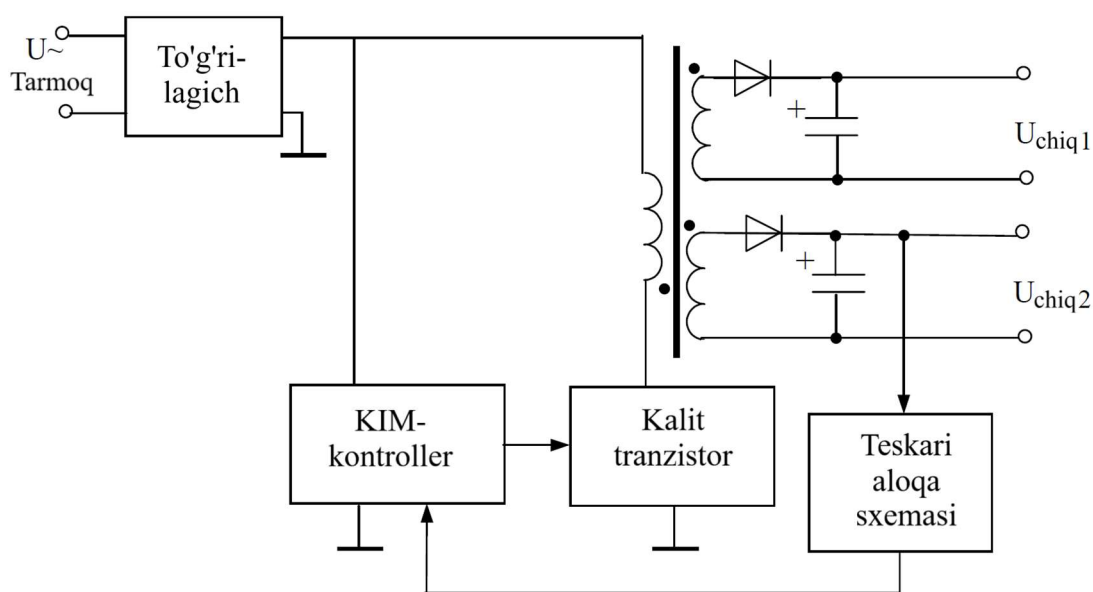


5.22-rasm. KP1182EM3 AC-DC konvertor asosidagi impulsli ta'minot manbai

Chiqish kuchlanishi stabiltronning stabillash kuchlanishi orqali aniqlanadi. To'plovchi kondensatorning sig'imi 2000 mkF bo'lishi lozim. 5.22-rasmdagi sxema chiqish tokining maksimal qiymati 1,5–1,7 A ga teng.

KIM-kontrolleri. Impulsli ta'minot manbaini qurish uchun KIM-kontrollerli bir taktli va ikki taktli IMSlar etarlicha keng ishlatiladi. Bunday funksional vazifali mikrosxemalar teskari o'tishli va to'g'ri o'tishli impulsli ta'minot manbaining kalit (rostlovchi) tranzistorli boshqarish sxemasi hisoblanadi, ayrim mikrosxemalar masalan, Power integration's inc firmasining PWR-SMP210 mikrosxemasi o'zining tarkibida kalit (rostlovchi) tranzistorga ega.

5.23-rasmda KIM-kontrollerni qo'llash tushuntirilgan. Ushbu rasmda ikkita chiqish kuchlanishili TMning sxemasi keltirilgan. Stabillash ikkinchi kanal (U_{ch2}) bo'yicha amalga oshiriladi. 5.23-rasmda teskari aloqa signalini bevosita ikkinchi chiqishdan olish varianti keltirilgan. Bunday signalni olishning boshqa bir varianti transformatorning qo'shimcha o'ramidan foydalanish va uni teskari aloqa sxemasi orqali KIM-kontrollerga ulashdir.



5.23-rasm. KIM-kontroller mikrosxemasi asosidagi impulsli ta'minot manbai

5.8. Impulsli ta'minot manbalarining umumiy ahamiyati

1. Impulsli ta'minot manbalari kichik tashqi o'lcham va og'irlikka ega, FIK ahamiyatga molik. Aynan yuqori FIK tufayli impulsli integral DC-DC o'zgartirgichlar kimyoviy tok manбайдan ta'minlanadigan mobil jihozlar uchun

nisbatan foydali hisoblanadi. Masalan, 9 voltli batareyada kuchlanish 9,5 V dan (razryad sikli boshida) taxminan 6 V gacha (hayotiylik siklining oxirida) o'zgaradi. Bunday holatda pasaytiruvchi integral DC-DC konvertor +5 V da ham samarali ishlashi mumkin.

2. Impulsli ta'minot manbaining chiqish kuchlanishi doimiy tashkil etuvchidan tashqari o'nlab millivolt o'zgarish pulsatsiyasiga ega. Ushbu pulsatsiyalar bilan kurashish uchun yoki PCHFdan yoki kuchlanishlar farqi kichik bo'lgan chiziqli stabilizatoridan foydalanish mumkin. Bir qator impulsli ta'minot manbalari o'zining tarkibida shunday vositalarga ega bo'ladi va ularning chiqishlari yuqori "soflik" (aniqlik, benuqsonlik) bilan ajralib turadi. Kommutatsiya chastotasida tarqaluvchi xalaqitlar va intuktivlik hamda o'tkazgichdagi impulsli tok hisobiga xalaqitlarning garmonikalaridagi nurlanishlari qo'shimcha noxush faktor hisoblanishi mumkin. Bunday holatlar sababli kichik sathli signallar (100 mA gacha) dan foydalaniladigan qurilmalarning ta'minoti uchun impulsli ta'minot manbaini qo'llash muammo bo'lishi mumkin.

3. Ko'p kanalli impulsli ta'minot manbaida (3 ta va undan ko'p chiqish kuchlanishili) teskari aloqa signali qoidaga ko'ra tok qiymati eng katta bo'lgan chiqishdan (+5 V) olinadi. Shuning uchun qolgan chiqishlar ancha yomon stabillanadi. Shundan kelib chiqib, ta'minot manbaining pasportida stabillanayotgan chiqishda to'liq yuklamaning 70% dan 50% yoki 100% gacha (tipik qiymat 50%) o'zgarishida qolgan chiqish kuchlanishlarining qanchalik o'zgarishi ko'rsatilgan bo'ladi.

4. Ayrim impulsli ta'minot manbalari yuklama tokiga kritik (keskin). Agar ishlash jarayonida yuklama toki minimal ruxsat etilgan sathdan kichiklashsa, u holda qo'shimcha rezistiv yuklama talab etiladi. Masalan, Power-One firmasining SPL130-100S modelidagi impulsli ta'minot manbai (5 V, 26 A) normal ishlaydi agar yuklama toki 1,3 A dan kamayib ketmasa.

5. Impulsli ta'minot manbaini tarmoqqa ulash tok sakrashi bilan kuzatiladi (SPL130-100S modeli uchun 17 A, aynan shunday F5-25 chiziqli manba uchun 1,6 A). Bunday o'zgarishlarni bartaraf etish uchun "yumshoq ishga tushish"ni ta'minlovchi sxemotexnik usullardan yoki kuchlanish o'zgartirgichidan

foydalaniladi, va bu to'g'risida TM xujjatida keltirilgan bo'ladi.

6. Impulsli ta'minot manbalari ta'minlayotgan tarmoq uchun sinusoidal yuklama hisoblanmaydi. Ular asosiy tokni ta'minlayotgan tarmoqdan faqat tarmoq kuchlanishi o'zgarishining har bir yarim davri o'rtasidagina oladi. Impulsli TMni deyarli sinusoidal yuklamaga aylantirish uchun quvvat koeffitsiyentini korreksiyalash sxemasi qo'llaniladi, bunda ta'minlayotgan tarmoqdan olinadigan tok sinusoidal va tarmoqning sinusoidal kuchlanishi bilan bir fazada olinish rejimini ta'minlaydi.

7. Ko'pgina impulsli integral kuchlanish o'zgartirgichlari ishlab chiquvchilarga o'zining asosiy funksiyalari bilan bir qatorda bir yoki bir nechta quyidagi imkoniyatlarni taqdim etadi:

- masofadan yoqish yoki o'chirish;
- kirish kuchlanishini blokirovkalash bilan va (yoki) kirishdagi kuchlanish qiymati nomeyoriy bo'lganda signal (belgi) berish bilan nazorat qilish;
- chiqish kuchlanishi sathini masofadan o'zgartirish;
- kirish va chiqish toklarini meyoriy qiymatlaridan chetga chiqishida nazorat qilish;
- chiqish kuchlanishini talab etiladigan sath bilan ta'minlash imkoniyati bo'lmaganda ta'minlanayotgan sxemani zahira TM bilan ulash.

Nazorat savollari

1. Impulsli ta'minot manbalarining afzaliklari nimada?
2. Kenglik impuls modulyatsiyali impulsli ta'minot manbaining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Kenglik impuls modulyatsiyasining ishlash jarayonini vaqt diagrammalar asosida tushuntiring.
4. Teskari o'tishli impulsli ta'minot manbaining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.
5. To'g'ri o'tishli impulsli ta'minot manbaining soddalashgan sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

6. Uchta chiqish kuchlanishili impulsli ta'minot manbaining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

7. Pasaytiruvchi impulsli stabilizator sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

8. Oshiruvchi stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

9. Invertorlovchi stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

10. Chiqishida o'ta kuchlanishdan himoyalaydigan impulsiv oshiruvchi stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

11. Chiqishida o'ta kuchlanishdan himoyalaydigan impulsiv invertorlovchi stabilizatorning sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

12. MAX638 IMS asosidagi pasaytiruvchi stabilizator sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

13. Impulsli integral stabilizatorlar asosidagi ikkiqutbli ta'minot manbaining sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

14. MAX680 IMS asosidagi +5 V kuchlanishni ikki qutbli ± 10 V ga o'zgartirgich sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

15. KP1182EM3 AC-DC konvertor asosidagi impulsli ta'minot manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

16. KIM-kontroller mikrosxemasi asosidagi impulsli ta'minot manbai sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntiring.

17. Impulsli ta'minot manbalarining umumiy ahamiyatlari nimalardan iborat?

6. KUCHLANISH O'ZGARTIRGICHLARI - INVERTORLAR

6.1. O'zgartirgichlarning turlari

Ko'chma radioelektronika, telekommunikatsiya apparaturalarini elektr energiyasi bilan ta'minlashda birlamchi elektr energiyasi sifatida kichik kuchlanishli o'zgarmas tok manbalari (galvanik elementlar, akkumulyatorlar, termogeneratorlar, quyosh va atom batareyalari) 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 turdagi va nominaldagi kuchlanishlarga o'zgartirib berish uchun xizmat qiladi¹.

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'rilagich 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 belgilariga qarab sinflarga bo'linadi:²

- o'zgartiriluvchi kattalik turiga qarab: *tok invertorlari va kuchlanish invertorlari*;
- ish taktiga qarab: *bir taktli va ikki taktli invertorlar*;

¹ Сапаев М.С., Алиев У.Е., Кодиров Ф.М. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма:–Фан ва технология, Тошкент 2011, 248 бет.

² Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. - М.:СОЛОН-ПРЕСС, 2008.-448 с.

- 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: *umumiy emitterli va umumiy kollektorli invertorlar*;
- teskari aloqa turiga qarab: *kuchlanish bo‘yicha teskari aloqali, 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*.

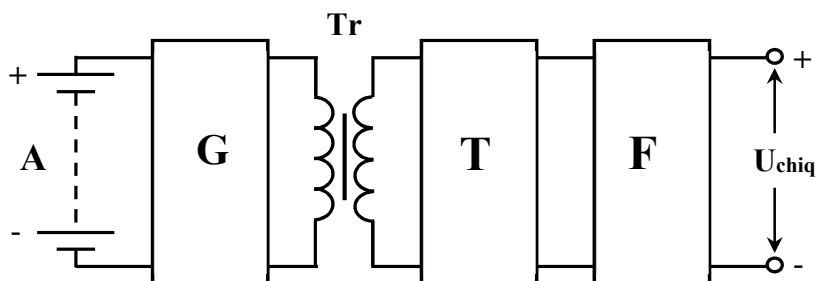
Yarim o‘tkazgichli o‘zgartirgichlarning afzalliklari ishonchlilik, yuqori FIK, kichik hajm va ishlatish muddatining uzoqligidir.

6.2. Bir taktli o‘zgartirgichlar

Tranzistorli o‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli o‘zgartirgichlarning (avtogeneratorlar) o‘zgarmas kuchlanishni o‘zgartirish jarayonini 6.1-rasmda keltirilgan tuzilish sxemasidan foydalangan holda tushuntirish mumkin. O‘zgarmas tok manbai akkumulyator batareyasi (AB) hisoblanib, undan uncha katta bo‘lmagan U_{kir} kuchlanish Tr 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 ulash maqsadida 350...400 Hz li tok uzgichi qo‘yish zarur. O‘zgarmas tok uzgichi sifatida tranzistorli G generator xizmat qiladi.

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 induksiyanadi. Shunday qilib o‘zgarmas kuchlanishdan to‘g‘ri burchakli impuls shaklidagi o‘zgaruvchan kuchlanish

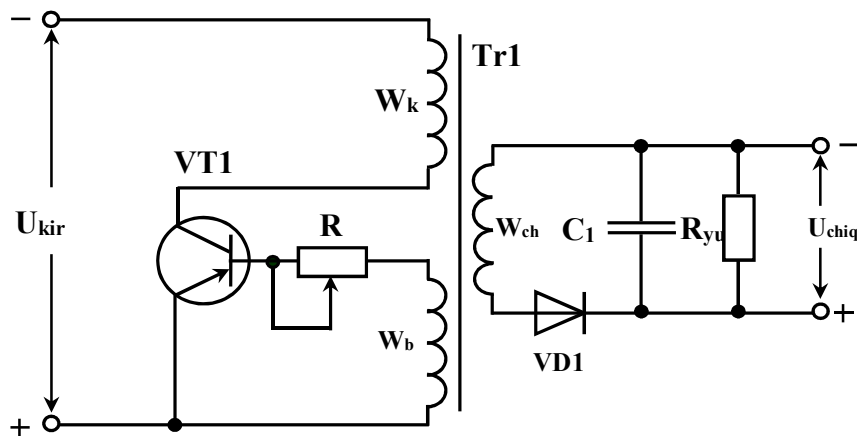
olinadi, ya'ni inverterlash amalga oshiriladi. To'g'ri burchakli impulslar transformator yordamida amplituda bo'yicha o'zgartiriladi va keyin F siliqllovchi filtrlri T to'g'rilagichga beriladi. To'g'rilagich chiqishidan kirish kuchlanishidan talab qilingan qiymatga farqlanuvchi o'zgarmas kuchlanish olinadi.



6.1-rasm. O'z-o'zidan qo'zg'atishli bir taktli o'zgartirgich (avtogenerator)ning tuzilish sxemasi

O'z-o'zidan qo'zg'atishli tranzistorli bir taktli o'zgartirgichning (6.2-rasm) prinsipial sxemasi U_{kir} o'zgarmas kuchlanish manbai, avtogenerator sxemasi bo'yicha kalit rejimda ishlovchi VT tranzistorda yig'ilgan tok uzgichi, magnit o'tkazgichi to'g'ri burchakli gizterezis halqali impulsli Tr1 transformator, T bir yarim davrli to'g'rilagich, F filtrl va yuklamadan tashkil topgan.

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.



6.2-rasm. O‘z-o‘zidan qo‘zg‘atishli tranzistorli bir taktli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi

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 induksiyanmaydi. Natijada tranzistor bazasiga ochuvchi potensial kelmaydi va u yopila boshlaydi.

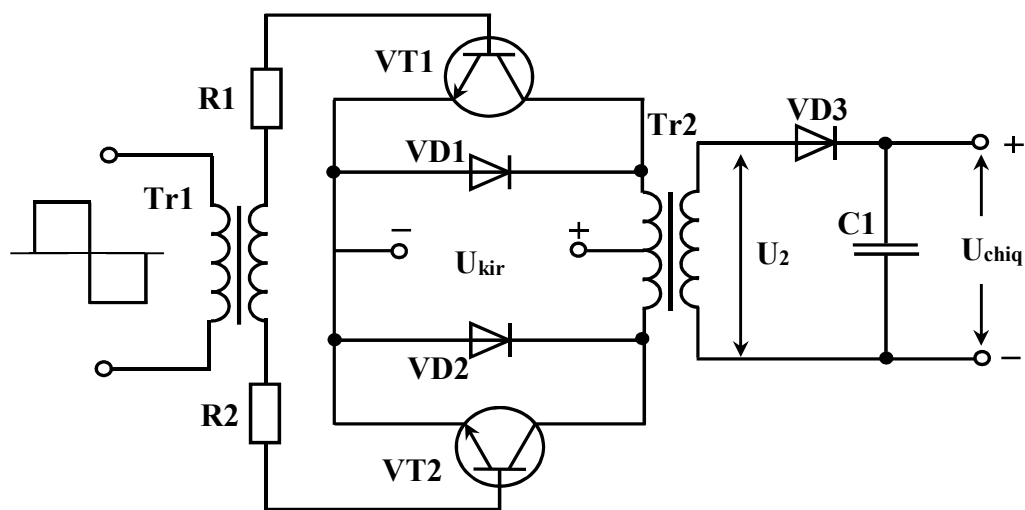
Tranzistor yopilishidagi kollektor tokining kamayishi qarama-qarshi yo‘nalishdagi EYuKni hosil qiladi va bazaga tranzistorni yopuvchi kuchlanish beriladi. Birlamchi cho‘lg‘am toki uziladi. Shunday qilib tranzistor, impuls transformatori va ta‘minot manbai kuchlanish bo‘yicha transformatorli teskari aloqali 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 impulsar olinadi. Bu impulsar 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.

6.3. Ikki taktli o‘zgartirgichlar

Eng sodda tuzilgan ikki taktli o‘zgartirgich sxemasida Tr1 kuch transformatorining ikki birlamchi cho‘lg‘ami VT1 va VT2 tranzistorlarning bazalari

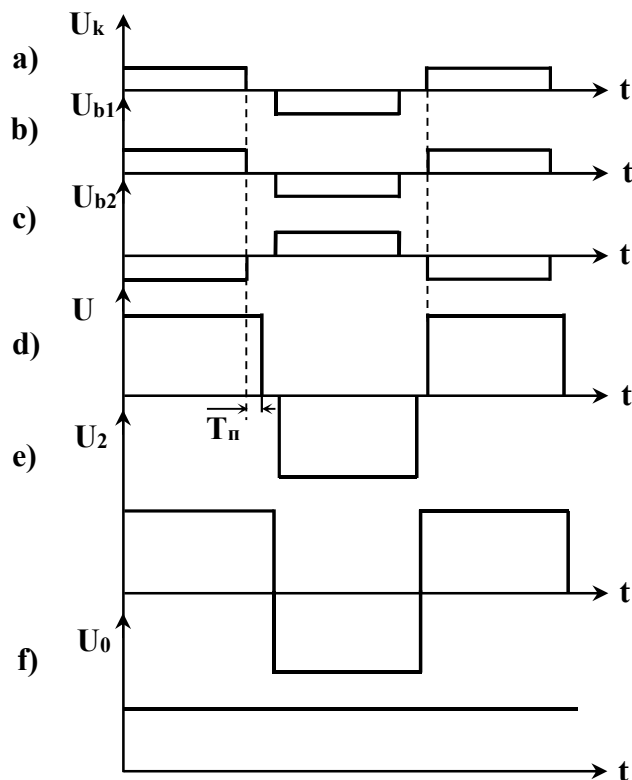
bilan ulangan, birlamchi ta'minot manbai U_{kir} esa tranzistorlar emitterlari va Tr2 transformator birlamchi yarim cho'lg'amlari o'rta nuqtasi orasiga qo'yilgan (6.3-rasm).



6.3-rasm. Mustaqil qo'zg'atishli ikki taktli o'zgartirgichning prinsipial sxemasi

Agar kuch tranzistorlarini nolli uzilishsiz to'g'ri burchakli kuchlanish impulsleri bilan qo'zg'atilsa (6.4e-rasm), u holda bazadagi asosiy bo'lmagan tashuvchilarning zaryad so'rish vaqtiga teng bo'lgan vaqtda har ikkala tranzistor ochiq bo'ladi, bu esa kuch transformatori birlamchi cho'lg'aming qisqa vaqtli tutashuviga tengdir. Bunday har bir yarim davr oxiridagi qisqa vaqtli tutashuvlarning salbiy oqibatlarini bartaraf qilish uchun invertor sxemasiga qo'shimcha elementlar kiritish lozim bo'ladi.

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.



6.4-rasm. Mustaqil qo'zg'atishli ikki taktli o'zgartirgichning vaqt diagrammalari

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'shimcha quvvat isroflariga va tranzistorning kuyishiga olib kelishi mumkin.

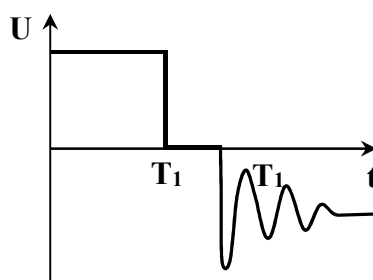
Kuch tranzistori orqali oqib o'tadigan teskari tokni kamaytirish uchun invertor sxemasida kuch tranzistorlariga parallel ravishda shuntlovchi VD1 va VD2 diodlar ulanadi. Bunday diodlar agar invertor salt ishlaganida ishlay olsa ham, yuklama ravishda qo'yilishi mumkin. Bunda induktiv tok hisoblangan T_{r1} 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'shimcha zaryadsizlash diodi kiritiladi (6.3-rasm). Avval ochiq bo'lgan diodning yopilishidan so'ng chiqishdagi kuchlanish sakrash orqali o'z

kutbini o'zgartiradi va bu qutb o'zgarishiga so'navchi yuqori chastotali tebranishlar sabab bo'ladi (6.5-rasm).

Bu tebranishlar transformator induktiv tarqalishining qayta zaryadlanishi, o'ramlarning sig'im va montaj sig'implari oqibatida vujudga keladi. Katta quvvatli o'zgartirgichlarda ular radiohalaqitlarning intensiv manbai hisoblanadi. SHuning uchun ba'zida yuklamasi induktiv elementdan boshlanuvchi o'zgartirgichlardan foydalanmaslikka majbur qiladi.

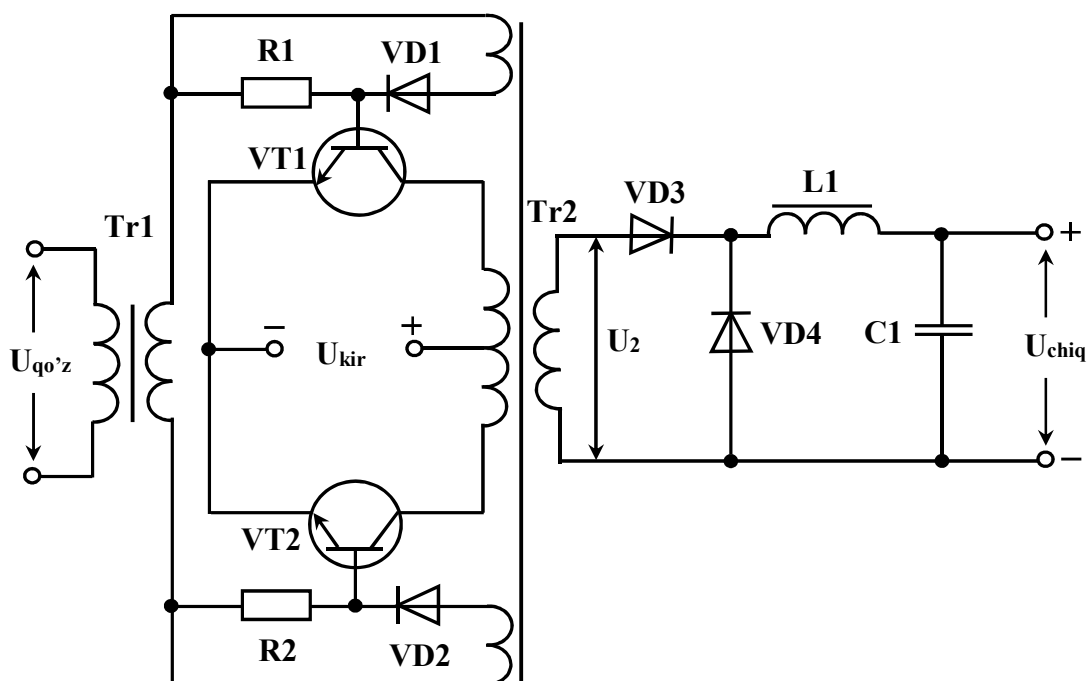
Mustaqil qo'zg'atishli invertorlar tranzistorlarining kollektor toklarining keskin ortib ketishi ham yuqori chastotali halaqitlarni keltirib chiqaradi. Bundan tashqari ular tranzistorlarning ortiqcha yuklanishiga sabab bo'ladi. Bunday kamchiliklardan qutulishning faqat yagona usuli, birinchi tranzistor 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 natijalarni bermaydi. Tranzistorning uzilish vaqti kollektor tokiga bog'liq, shuning uchun ulanishni kechiktirish invertor yuklamasining o'zgarishiga mos almashishi kerak.



6.5-rasm. So'navchi yuqori chastotali tebranishlarning paydo bo'lishi

Qaytar toklardan tuzatish sxemasi bilan bog'langan invertor sxemasi bu kamchiliklardan holidir (6.6-rasm). Undagi invertor transformatorining qo'shimcha 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'shimcha 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.



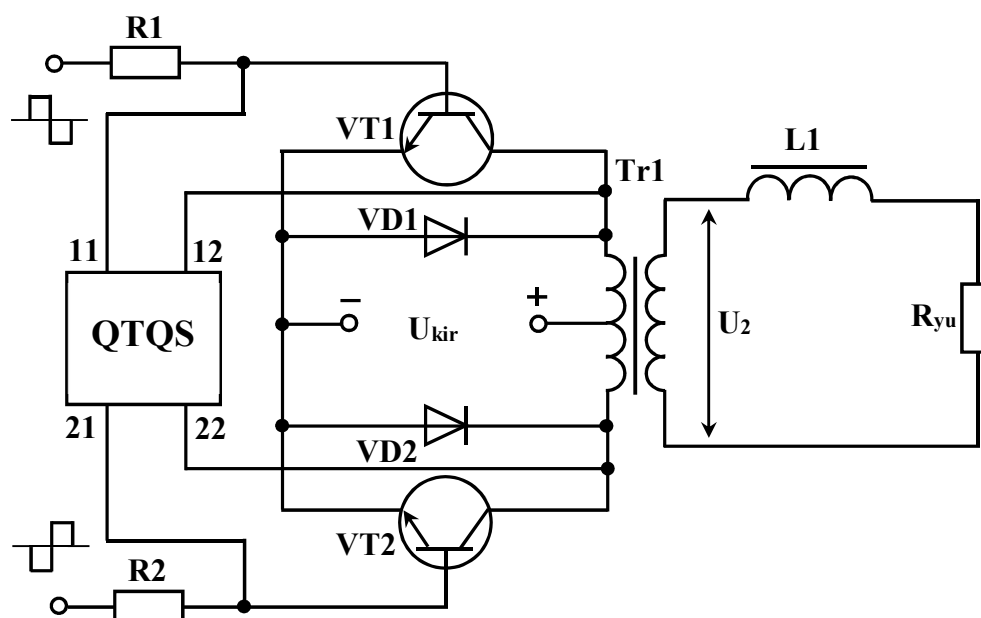
6.6-rasm. Qaytar toklardan tuzatish sxemasi bilan bog'langan invertorli o'zgartirgichning sxemasi

6.6-rasmda keltirilgan invertor kuch zanjiri Tr1 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 biri pauzalarsiz to'g'ri burchakli impulsar orqali kommutatsiyalanadi. Bu impulsar 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 vaqtlarda 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'minot 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'shimcha ravishda qaytar toklardan qutulish sxemasi (QTQS) kiritiladi (6.7-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.

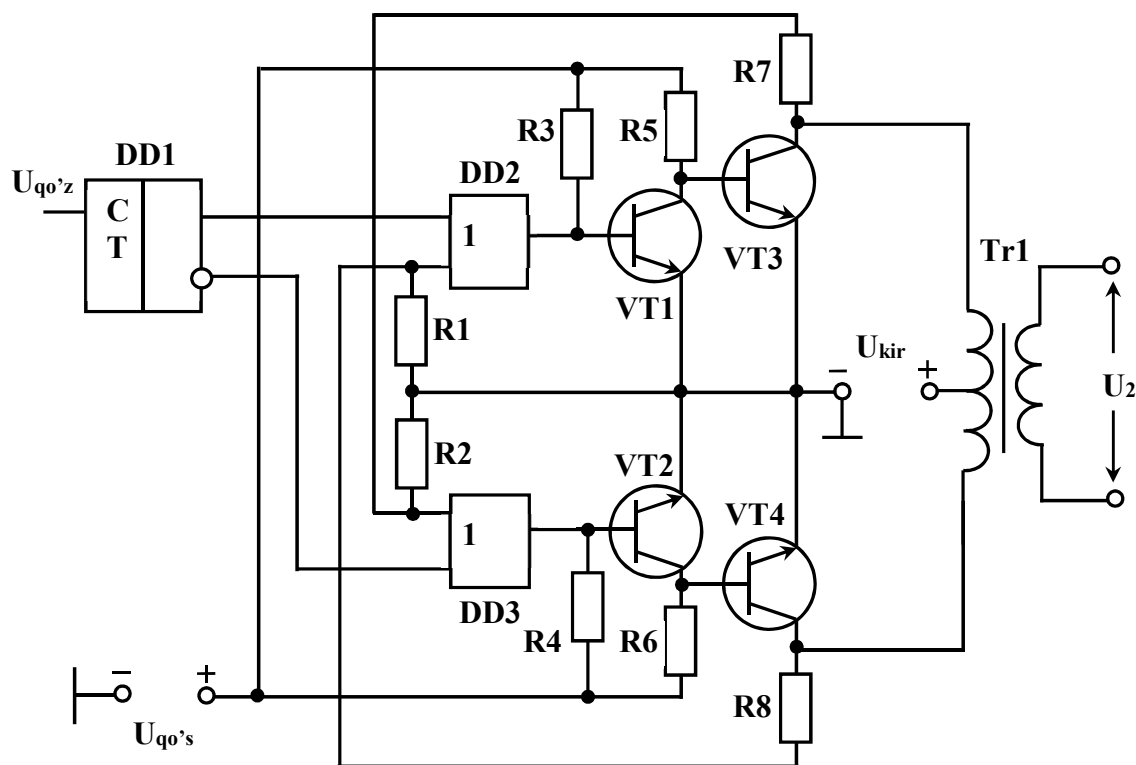


6.7-rasm. Kommutatsion xususiyatlari yaxshilangan invertorli o'zgartirgich sxemasi

6.8-rasmda tasvirlangan o'zgartirgich invertorining qaytar toklardan qutulish sxemasida uchta DD1, DD2 va DD3 mantiqiy elementlardan foydalanilgan.

DD1 mikrosxema trigger bo'lib, chiqishda (1 va 2 chiqishlar) o'zaro faza bo'yicha 180° ga surilgan musbat impulslar ketma-ketligini shakllantiradi. Bu impulslar ketma-ketligi VT1 va VT2 tranzistorlarni ochilishi uchun zarur bo'ladigan impulslarni shakllantirish uchun xizmat qiladi. Bunda DD2 va DD3 mikrosxemalar (moslashtirish sxemasi) ham ishtirok 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 qarama-qarshi elkaning kuch tranzistori kollektori bilan ikkinchi kirishlarning aloqasi ta’minlanadi.

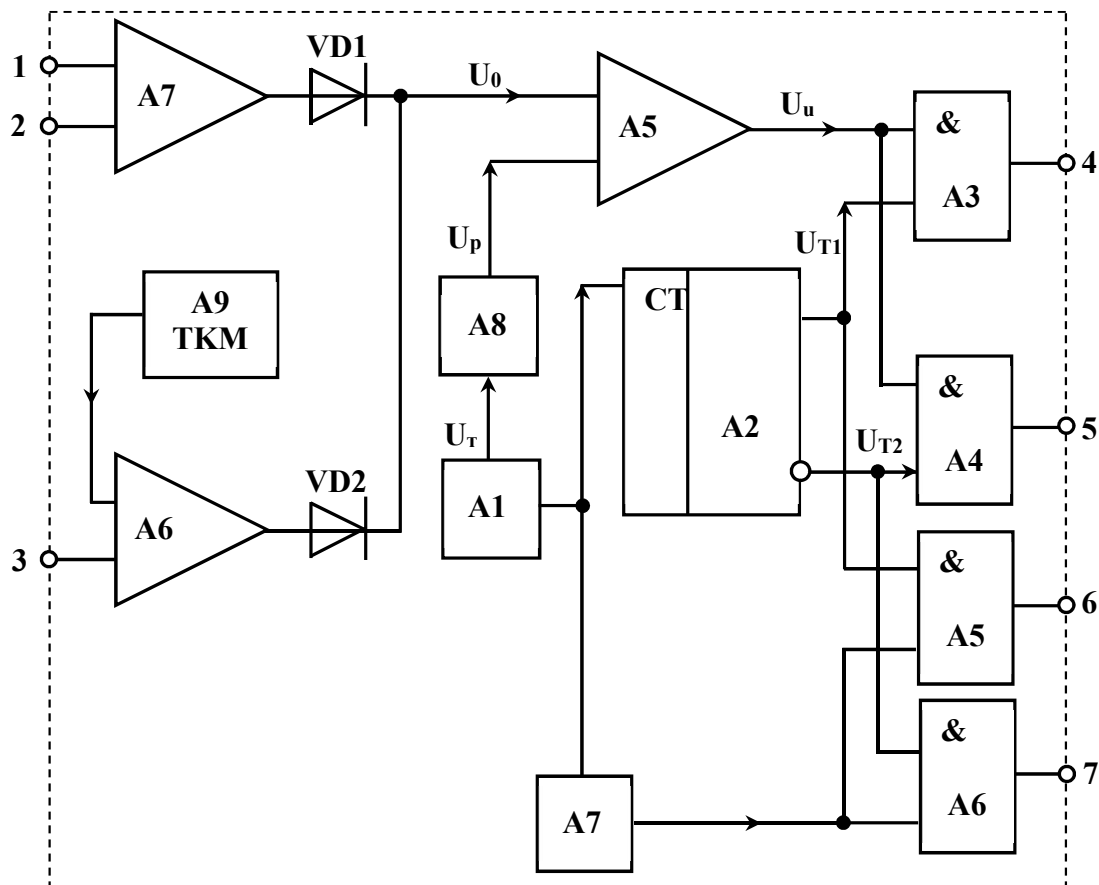


6.8-rasm. Boshqarish sxemasida mantiqiy elementlardan foydalanilgan kommutatsion xususiyatlari yaxshilangan inverterli o‘zgartirgich sxemasi

6.4. O‘zgartirgich inverterlarining boshqarish zanjirlari sxemalari

Inverterlarni boshqarishda katta darajali integratsiyali mikrosxemalar amalda keng qo‘llanilmoqda. Bunday mikrosxemalar tarkibiga analog signalni KIMli impulsar ketma-ketligiga o‘zgartirishdan tashqari qator yordamchi qismlar kiradi.

Inverterli boshqarishda katta integral mikrosxema qo‘llanilishi mumkin. Bu integral mikrosxemaning 1 va 2 chiqishlari KIMli katta taktli o‘zgartirgich kuch tranzistorlarini boshqarish uchun, 3 va 4 chiqishlari esa inverter tranzistorlarini kommutatsiyalash uchun xizmat qiladi (6.9-rasm).



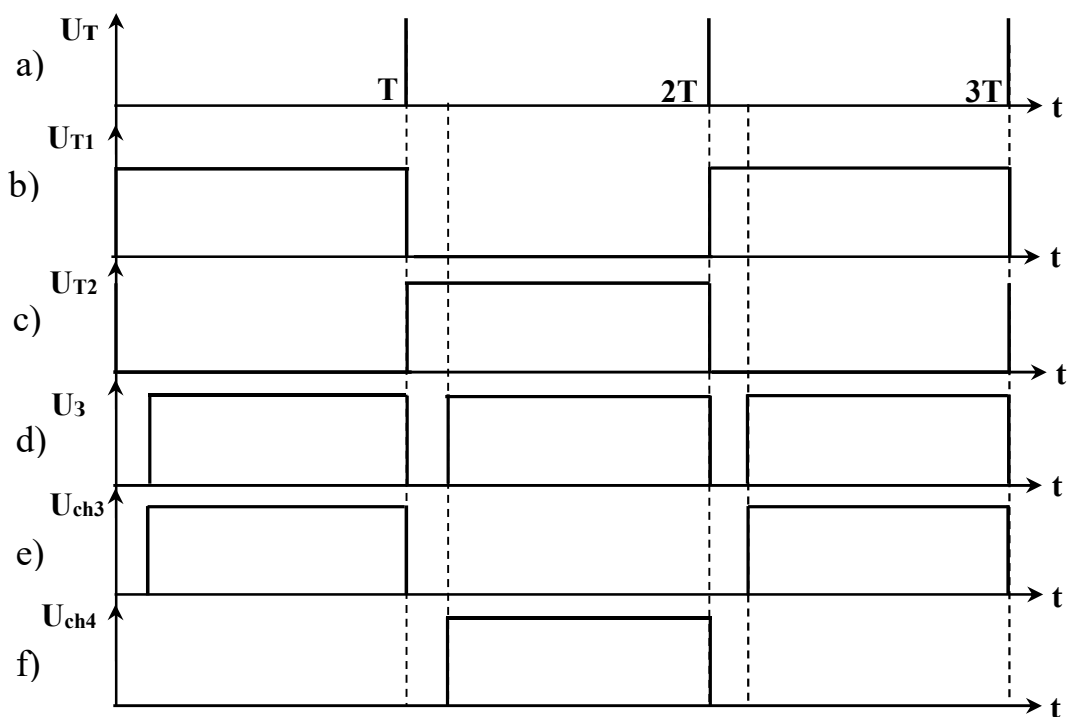
6.9-rasm. Bitta kristalda katta mikrosxema tarzida yig‘ilgan boshqarish zanjiri

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 (6.10a,b-rasmlar).

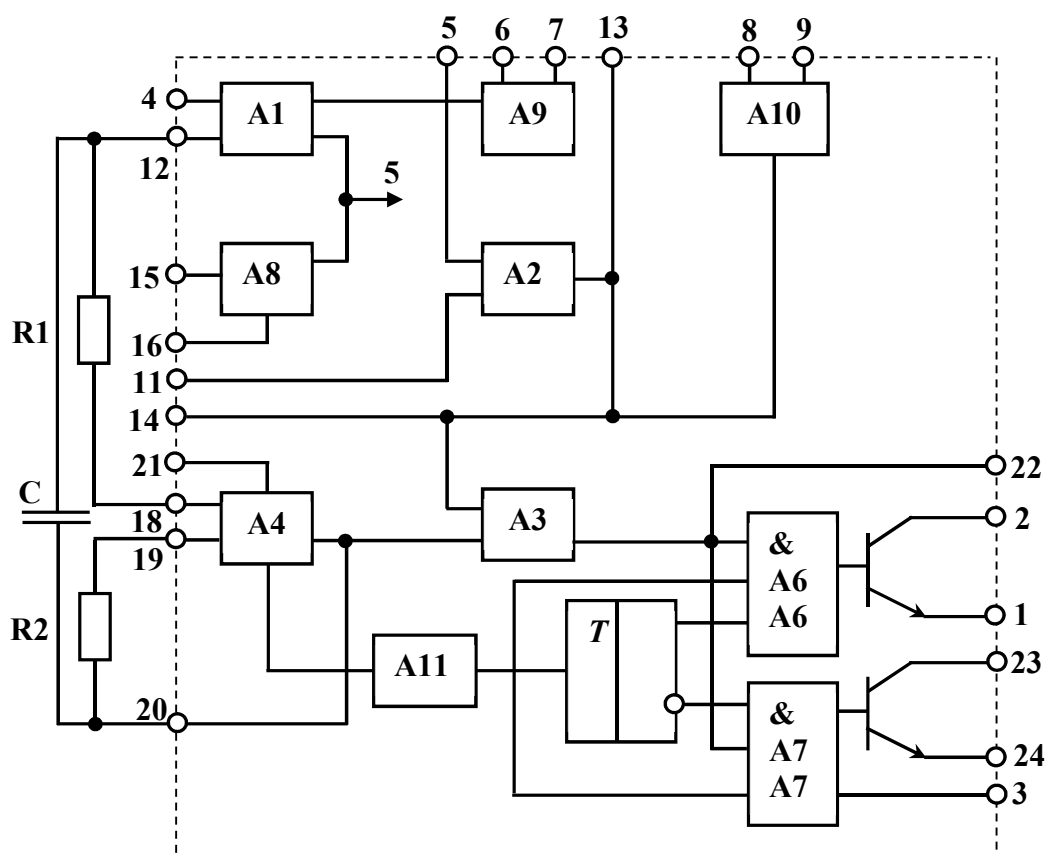
Bundan tashqari takt impulslari A7 himoya impulslari generatoriga ham beriladi. Uning chiqishida impulslar orasidagi uzunligi T_3 ga teng bo‘lgan pauzali U_3 kuchlanish olinadi. Bu pauza o‘zgartirgich invertori kuch qismida qaytar toklarni paydo bo‘lishini yo‘qotish uchun zarur bo‘ladi. Himoya impulslari A5 va A6 moslashtirish sxemalarining birinchi kirishlariga beriladi. Ularning ikkinchi kirishlariga U_{T1} va U_{T2} impulslar ketma-ketligi beriladi.

Moslashtirish sxemalari chiqishlarida 6.10e,f-rasmlarda ko‘rsatilgan uzunligi $T-T_3$ va takrorlanish davri $2T$ bo‘lgan impulslar ketma-ketligi shakllanadi.



6.10-rasm. Boshqarish zanjirining vaqt diagrammalari

Boshqarish qurilmalarida K1114EY1 integral mikrosxemaning qo'llanilishi o'zgartirgich ko'rsatgichlarining yaxshilanishini ta'minlaydi (6.11-rasm).



6.11-rasm. K1114EY1 integral mikrosxemaning tuzilish sxemasi

Bu mikrosxema tarkibida o'zgartirgichni boshqarish, himoyalash va yoqish uchun zarur bo'lgan barcha qismlar bor. A1 zveno tayanch kuchlanishi va yordamchi stabil +15 V kuchlanish manbai hisoblanadi. Xatolik signali kuchaytirgichi (A2 zveno), komparator (A3 zveno) va arrasimon kuchlanish generatori A4 KIM zanjirini tashkil qiladi. O'zgartirgichning himoya tizimiga 144 kirish kuchlanishini kamayishini nazorat qilish uchun A8 zveno, 144kirish kuchlanishi ortishini nazorat qilish uchun esa A9 zveno kiradi, shuningdek A10 zveno tok bo'yicha himoya qismi hisoblanadi. Yuqorida aytib o'tilganlardan tashqari mikrosxema tarkibiga VT1 va VT2 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 ishlatiladi.

Taqqoslash zanjiri bo'lgichidan teskari aloqa signali A2 kuchaytirgich kirishlaridan biriga beriladi. Kuchaytirgichning boshqa ikkinchi kirishiga A1 zveno chiqishidan tayanch kuchlanishi beriladi. Teskari aloqa kuchaytirgichi chiqishidan kuchaytirilgan xatolik signali olinadi va KIM komparatori (A3 zveno) kirishiga beriladi. Arrasimon kuchlanish generatori (A4 zveno) kuchlanishi KIM komparatorining ikkinchi kirishiga beriladi. Komparator chiqishidan KIMli impuls kuchlanish A6 va A7 impuls selektorlariga beriladi. Bu mikrosxemalari kirishiga yana A5 trigger chiqishidan impulslar beriladi, bunda A6 zveno kirishiga triggerning noinverslovchi chiqish impulslari (6.10b-rasmga o'xshash), A7 zveno kirishiga esa triggerning inverslovchi chiqish impulslari beriladi (6.10v-rasmga o'xshash).

Shunga ko'ra A5-A7 zveno fazalar aralashtirgichi sifatida ishlaydi. A7 zveno chiqishidagi impulslar A6 zveno chiqishidagi impulslarga nisbatan faza bo'yicha 180° ga surilgan bo'ladi.

VT1 va VT2 kichik quvvatli tranzistorlar kuchaytirgichlar hisoblanadi va KIMli impulslarni ikki taktli o'zgartirgichning kuch tranzistor-kalitlariga uzatish imkonini beradi. Tashqi C1 kondensator va R1 rezistor impulslarning takrorlanish chastotasini o'rnatish va rostlash uchun xizmat qiladi. R2 rezistorining qarshiligi impulslar orasidagi himoya pauzasining uzunligini aniqlaydi.

6.5. Tiristorli o'zgartirgichlar

Yuqori quvvatli o'zgartirish qurilmalarida yuqori voltli kuchlanishni o'zgartirish uchun ikki barqaror holatga ega bo'lgan tiristorlar qo'llaniladi.

Tiristorlar bir necha kilovoltlargacha kuchlanishlarga va bir necha amper toklarga mo'ljallanib ishlab chiqariladi. Shuning uchun tiristorli o'zgartirgichlar yuqori foydali ish koeffitsiyentli 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 invertorning kommutatsiya chastotasi tiristorlarning boshqarish tizimi ish chastotasi orqali aniqlanadi. Ular tok va kuchlanish inverterlariga bo'linadi. Tok inverterlarida tokni o'zgartirish amalga oshiriladi, kuchlanish shakli yuklamaga bog'liq. Manbadan iste'mol qilinadigan tokning doimiyligini ushlab turish uchun ular o'zgarmas kuchlanish manbaiga katta induktivlikli L drossel orqali ulanadi.

Kuchlanish inverterlari o'zgarmas kuchlanish manbaiga to'g'ridan-to'g'ri ulanadi. Bunda inverter chiqishida manbaga parallel ravishda C kondensator ulanadi. Tiristorli inverterlarda tok kommutatsiyasini reaktiv elementlar-kondensatorlar va drossellar bajaradi.

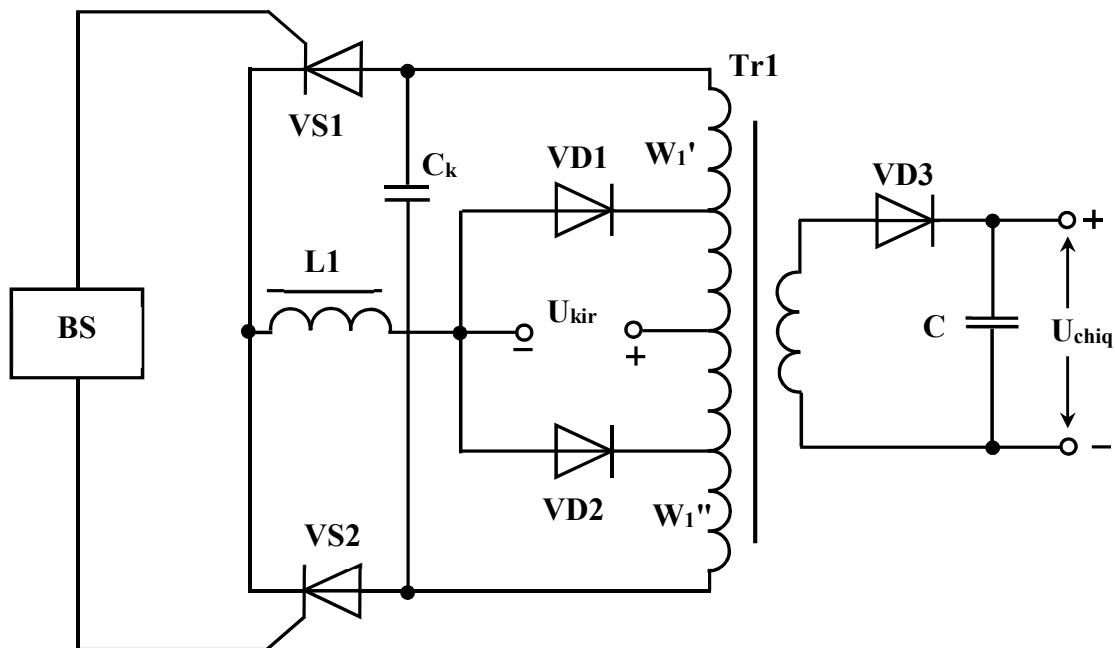
Inverterlarda tiristorlar kalit rejimida ishlaydi. Ularning ulanishi boshqarish qurilmasi orqali amalga oshiriladi. Boshqarish qurilmalari sifatida impuls generatorlari-avtogenerator, multivibrator va bloking-generatorlar ishlatiladi. Boshqaruvchi impulslar tiristorlar boshqarish elektrodlariga qarama-qarshi 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 etarli bo'lgan vaqtgacha manfiy teskari kuchlanish qo'yiladi. Bu inverterda kommutatsiyalovchi kondensator qo'llanilishi orqali amalga oshiriladi. Bunda kondensator tiristor anodiga katodiga nisbatan manfiy kuchlanish berilishini ta'minlaydi.

Yuklamada C_k kommutatsiyalovchi kondensator ulanishiga qarab tiristorli inverter sxemalari paralell-ketma-ket va ketma-ket-parallel sxemalarga bo'linadi.

6.12-rasmda tasvirlangan ikki taktli parallel invertor VS1 va VS2 tiristorlardan, BS boshqarish sxemasidan, C_k kommutatsiyalovchi kondensatordan, VD1 va VD2 diodlardan va L drosseldan iborat. Transformatorning birlamchi cho'lg'ami 0 o'rta nuqtaga va VD1, VD2 diodlar 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'minot 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'minot manbaidan U_k va transformatorning birlamchi pastki cho'lg'amidan taxminan U_k ga teng bo'lgan kuchlanish. Natijada C_k kondensator ikkilangan ta'minot manbai kuchlanishigacha, ya'ni $U_c = 2U_{kir}$ gacha zaryadlanadi. Bunday kuchlanish VD2 tiristor anodida ham bo'ladi.

Ikkinchi yarim davr vaqtida boshqaruvchi impuls VS2 tiristorni ochadi. VS1 tiristor tok o'tkazishni davom ettiradi. Lekin ochilgan VS2 tiristor orqali C_k kommutatsiyalovchi kondensator VS1 tiristorga parallel ulanadi. C_k kondensatordan VS1 tiristorga $2U_{kir}$ ga teng bo'lgan teskari kuchlanish qo'yiladi va C_k kondensatorning razryadlanish toki orqali VS1 tiristor yopiladi. Ochilgan VS2 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'amdagi tok avvalgi ochuvchi impuls vaqtidagi W_1' cho'lg'amdagi tokka qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'ladi. Bunda W_2 ikkilamchi cho'lg'amda kuchlanishning ikkinchi (manfiy) yarim to'liqini shakllanadi.



6.12-rasm. Ikki taktli tiristorli o'zgartirgichning sxemasi

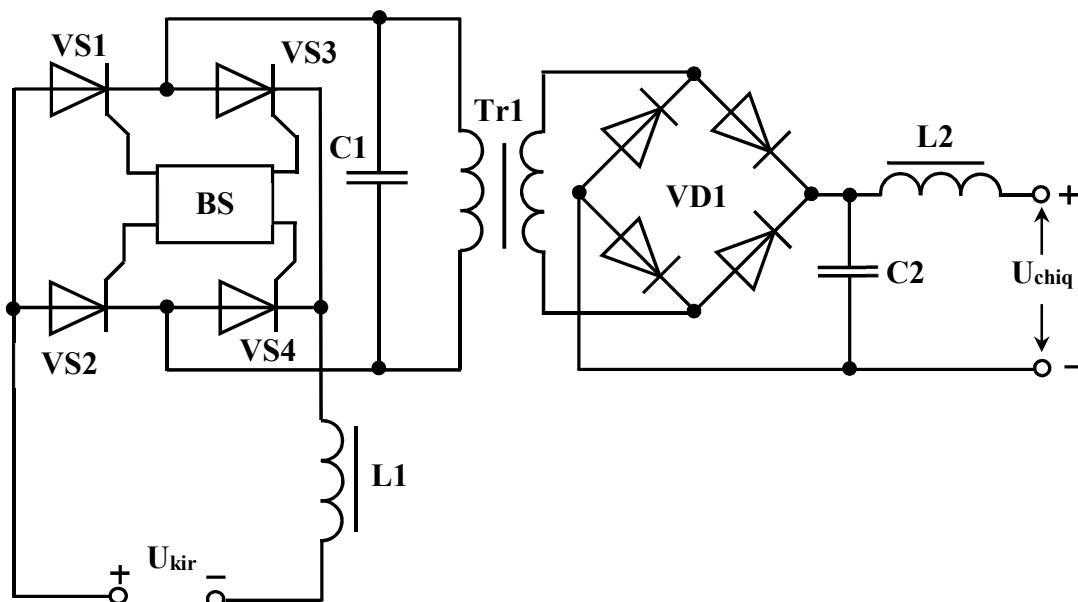
VS1 tiristorga navbatdagi ochuvchi impuls berilganda sxema dastlabki holatiga qaytadi va yuqoridagi jarayon takrorlanadi.

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'rilanadi va filtr orqali yuklamaga uzatiladi.

Shunday qilib, o'zgartirgich chiqishida talab qilingan nominaldagi o'zgaras 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 vaqtda 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 6.13-rasmda keltirilgan.



6.13-rasm. Ikki taktli ko‘priksimon o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi

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 vaqtda C1 kondensator ta‘minot manbaining U_K kuchlanishigacha zaryadlanadi.

Boshqaruvchi kuchlanishning ikkinchi yarim davrida impulslar VS2 va VS3 tiristorlarga beriladi va ular ochiladi. Ammo bu vaqtda C1 kondensatordan musbat potensial VS1 tiristor katodiga beriladi va u yopiladi. VS4 tiristor anodiga esa S1 kondensatordan manfiy potensial beriladi va u ham yopiladi. So‘ng tiristorlar juftligi navbatma-navbat ochiladi. Bunda Tr1 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‘rilanadi va filtrda silliqalanib yuklamaga uzatiladi.

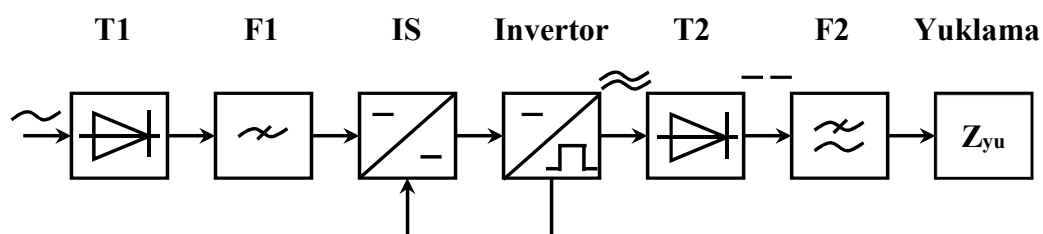
6.6. Kuchlanish o‘zgartirgichlari asosidagi impulsli elektr ta‘minoti manbalari

Telekommunikatsion apparaturalar elektr ta‘minoti manbalarining hajmi va massasi tarmoq transformatori, past chastotali filtr parametrlari va chiziqli stabilizatorning rostlovchi elementidagi issiqliq ajralishlari orqali aniqlanadi.

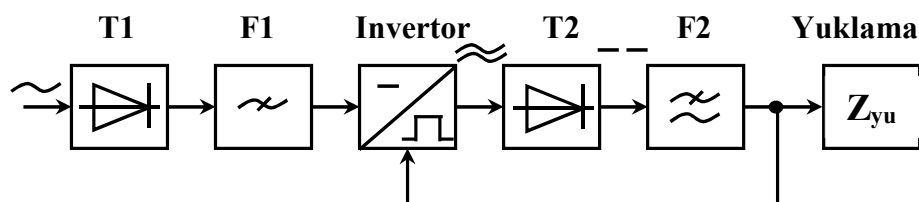
Oshirilgan chastotada ishlaydigan va impulsli rejimli o'zgarmas kuchlanishni rostlagichli elektr ta'minoti manbalarining hajmi va massasi sezilarli kichik. Lekin, telekommunikatsion apparaturalar uchun kichik hajmli elektr ta'minoti manbalarini integral mikrosxemalarda yig'ish uchun bu manbalarning parametrlari talablarni qoniqtirmaydi.

Transformatorsiz kirishli elektr ta'minoti manbalari yaxshi ko'rsatkichlarga ega. Ularda tarmoq kuchlanishi dastlab kirish to'g'rilagichida to'g'rilanadi, keyin to'g'rilangan kuchlanishning pulsatsiyasi sig'im filtr orqali silliqilanadi, 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, silliqilanadi va yuklamaga uzatiladi.

Transformatorsiz kirishli elektr ta'minoti manbalarining tuzilish sxemalari 6.14- va 6.15-rasmlarda keltirilgan. Bunday sxemalarda elektr ta'minoti manbai chiqish zanjirini kirish ta'minot tarmog'idan ajratish inverter transformatori orqali amalga oshiriladi.



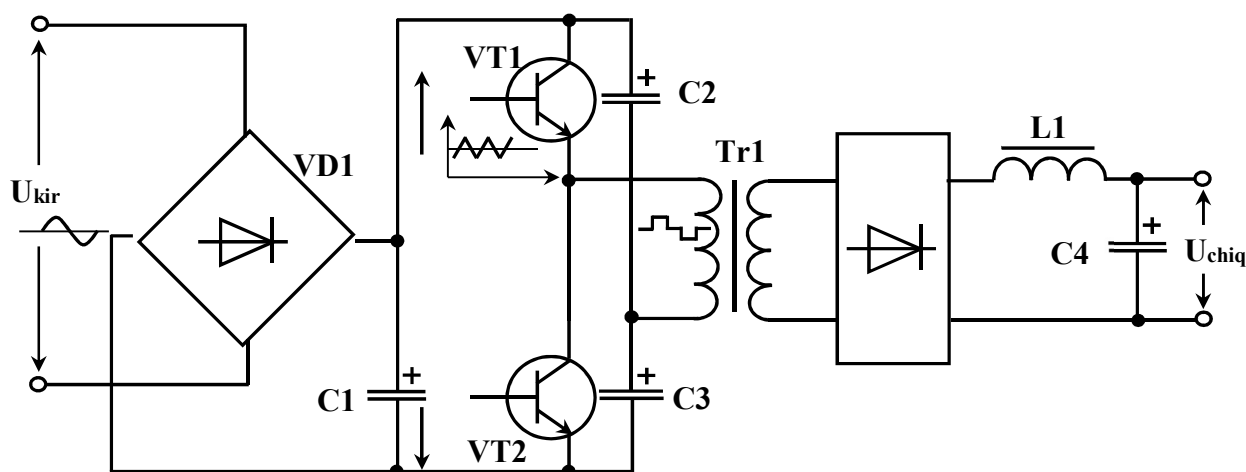
6.14–rasm. Invertordan oldin stabilizator qo'yilishi bilan stabillash amalga oshiriladigan transformatorsiz kirishli elektr ta'minoti manbaining tuzilish sxemasi



6.15-rasm. Invertorda kenglik-impulsli modulyasiya uslubi bilan stabillash amalga oshiriladigan transformatorsiz kirishli elektr ta'minoti manbaining tuzilish sxemasi

Chiqish kuchlanishini stabillash invertorda kenglik-impulsli modulyasiya uslubi bilan, shuningdek, invertordan oldin yoki undan keyin stabilizator qo'yish orqali amalga oshiriladi.

Yarim ko'priksimon rostlanadigan inverter asosidagi transformatorsiz kirishli elektr ta'minoti manbaining prinsipial sxemasi 6.16-rasmda keltirilgan. Tarmoq kuchlanishi bevosita ko'priksimon to'g'rilagichga beriladi va uning chiqishidagi o'zgarmas kuchlanish invertorga beriladi. Invertorning tranzistorlari kenglik-impulsli modulyasiyalangan signal ta'sirida navbatma-navbat ochiladi. Inverter chiqishida oshirilgan chastotali (20 kHz atrofida) ikki qutbli kenglik-impulsli modulyasiyalangan kuchlanish olinadi. Keyin bu kuchlanish to'g'rilanadi va LC-filtr yordamida silliqilnadi.



6.16-rasm. Yarim ko'priksimon rostlanadigan inverter asosidagi transformatorsiz kirishli elektr ta'minoti manbaining prinsipial sxemasi

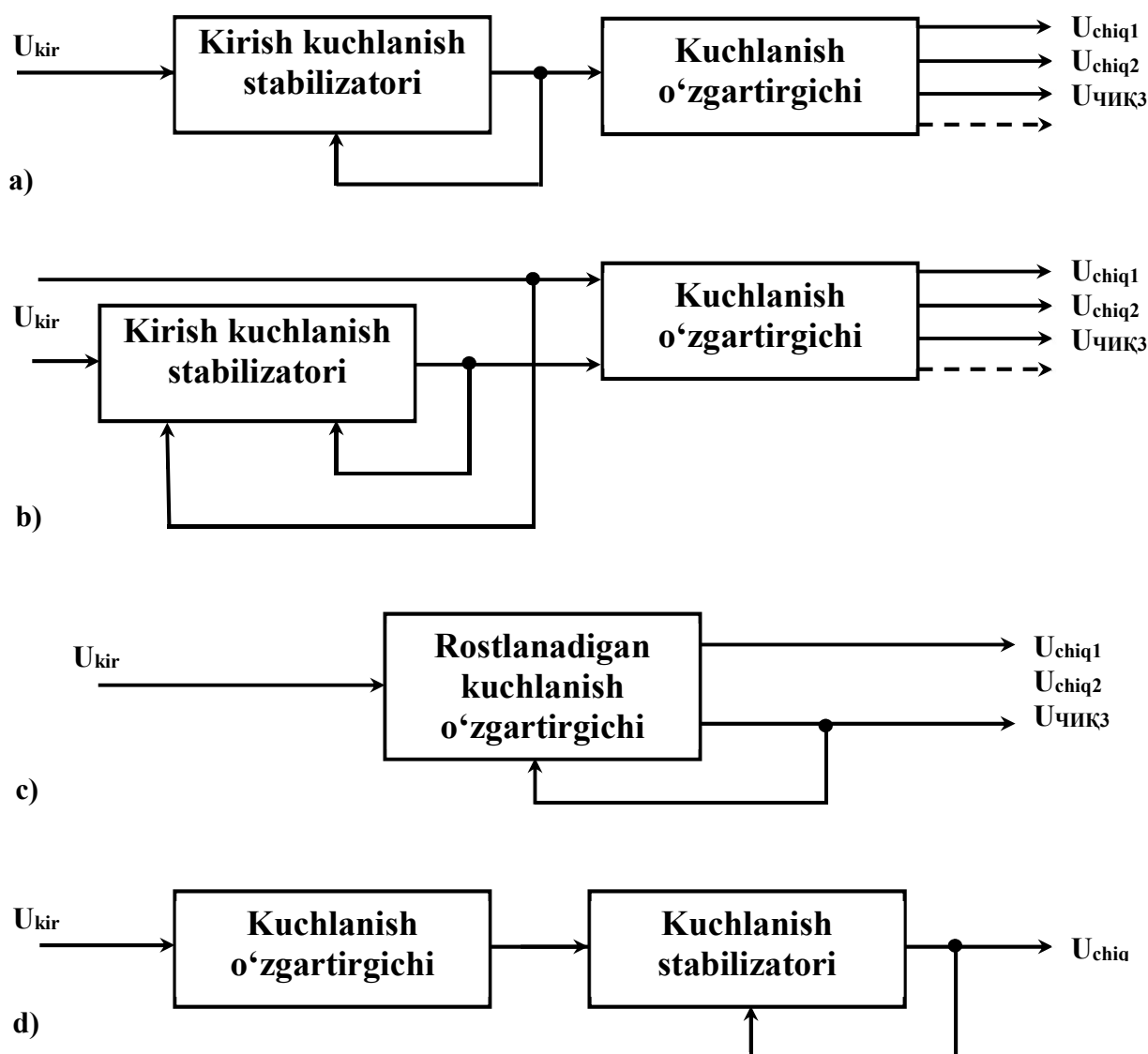
Kichik hajmli elektr ta'minoti manbalarini qurish uchun kuch tranzistorlari yuqori voltli bo'lishi ($U_{KE\ max.rux} > 350 \dots 400\ V$), $I_K = 5 \dots 10\ A$ kollektor toklarini o'tkazishi, kichik $U_{KE\ to'ry} = 1 \dots 2\ V$ to'yinish kuchlanishlariga ega bo'lishi, invertorning 50...100 kGs va undan yuqori chastotalarda ishlay olishini ta'minlashi kerak. To'g'rilash diodlari yuqori chastotali ($f > 50 \dots 100\ kHz$) 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 o'zgarganida o'zgaradi. Bu bilan elektr ta'minoti manbalari o'zgartirgichlarida stabilizatorlarning qo'llanilishi zarurati yuzaga keladi.

Stabillovchi o'zgartirgichlar deb kirish ta'minot kuchlanishi va chiqish zanjiri yuklama toki o'zgarganida chiqishida berilgan aniqlikdagi U_{chiq} o'zgarmas kuchlanishni ta'minlaydigan qurilmaga aytiladi.

O'zgartirgichlarda kuchlanishni stabillash turli uslublarda amalga oshiriladi. Stabillovchi kuchlanish o'zgartirgichlarining tuzilish sxemalari 6.17-rasmda keltirilgan. Odatda, bitta o'zgartirgich o'z chiqishida bir necha kuchlanishlarni, ya'ni bir necha ta'minot kanallarini shakllantiradi (6.17a-rasm).



6.17-rasm. Stabillovchi kuchlanish o'zgartirgichlarining tuzilish sxemalari

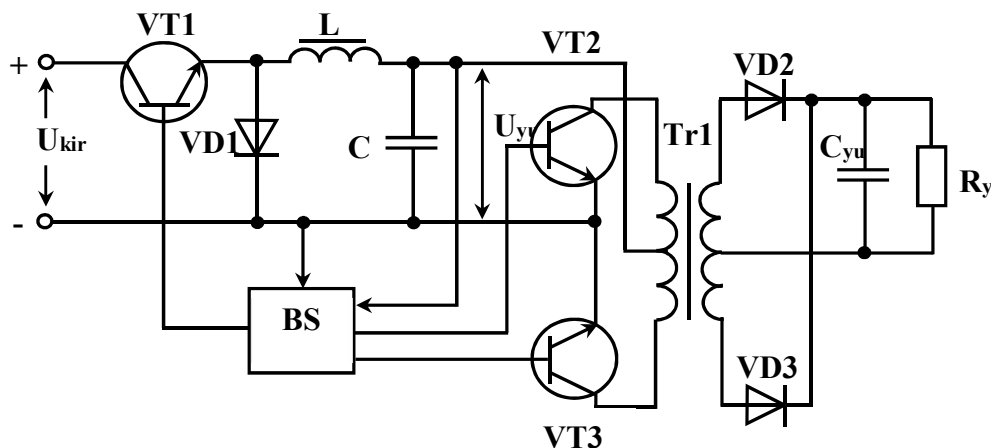
Markazlashtirilgan volt qo‘shishli stabilizatorli o‘zgartirgichlar (6.17a-rasm) chiqishida 100 Vt atrofidagi quvvatni ta’minlaydi. Rostlanadigan o‘zgartirgich yordamida bir necha chiqish kanallarini markazlashtirilgan stabillashli o‘zgartirgichlar tejamliroq hisoblanadi (6.17c-rasm). Bu o‘zgartirgichda o‘zgartirish va stabillash umumlashtirilgan bo‘lib, buning hisobiga foydali ish ko‘effitsienti ortadi. U kenglik-impulsli 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 (6.17d-rasm). Chiqish kuchlanishi bu sxemada yuqori stabillikka, foydali ish ko‘effitsienti past qiymatga ega bo‘ladi.

Stabillangan o‘zgarmas kuchlanish o‘zgartirgichga beriladi va uning chiqishidagi kuchlanish stabil ushlab turiladi. 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 uzluksiz va impulsli rejimlarda amalga oshirilishi mumkin. Birinchi uslub bo‘yicha qurilgan sxemalar kichik foydali ish ko‘effitsientiga ega bo‘lgani uchun 2 Vt gacha quvvatdagi 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 tejamli hisoblanadi. Bunda kuch tranzistorlarining impulsli ishlash rejimi foydali ish ko‘effitsiyenti oshiradi, chastotaning 300 k Hz gacha oshirilishi esa uning hajmini va massasini kamaytiradi.

Impulsli stabilizatorli kirishli o‘zgartirgichning prinsipial sxemasi 6.18-rasmda keltirilgan.



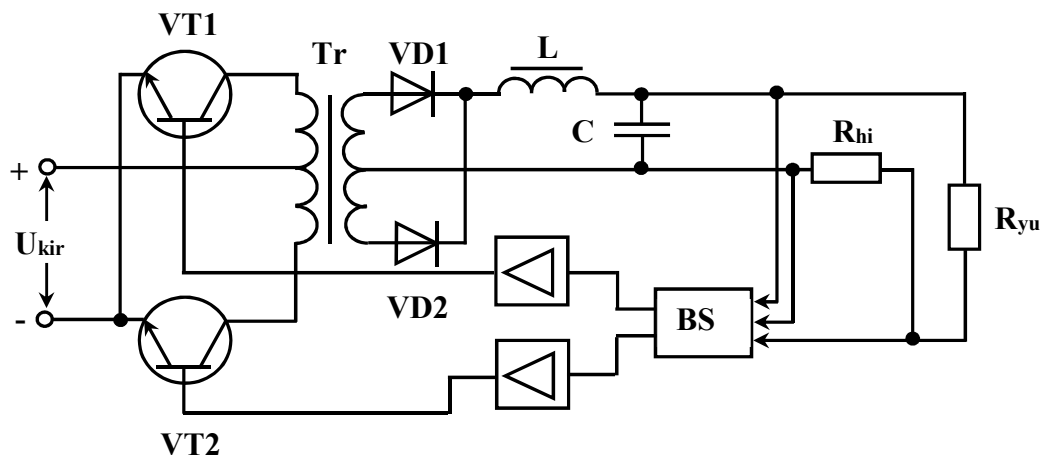
6.18-rasm. Impulsli stabilizatorli kirishli o'zgartirgichning prinsipial sxemasi

U 6.17a-rasmda keltirilgan tuzilish sxemasi bo'yicha yig'ilgan va VT1 tranzistordagi impulsli stabilizator kirishiga beriladi va uning chiqishidan LC qilr orqali mustaqil qo'zg'atishli kuchlanish o'zgartirgichi vazifasini bajaradigan VT2 va VT3 tranzistorlardagi quvvat kuchaytirgichi kirishiga beriladi.

Sxemaning ishlash prinsipi quyidagicha. O'zgaras U_{kir} kirish kuchlanishi VT1 tranzistordagi impulsli stabilizator kirishiga beriladi va uning chiqishidan LC qilr orqali mustaqil qo'zg'atishli kuchlanish o'zgartirgichi vazifasini bajaradigan VT2 va VT3 tranzistorlardagi quvvat kuchaytirgichi kirishiga beriladi.

Unda o'zgaras kuchlanish nolli pauzasiz to'g'ri burchakli o'zgaruvchan kuchlanishga o'zgartiriladi. Tr1 transformatorning ikkilamchi cho'lg'amidagi transformatsiyalangan kuchlanish VD2 va VD3 diodlardagi ikki taktli to'g'rilagichga beriladi, to'g'rilanadi va C_{yu} sig'im filtrda sillliqlanadi.

Rostlanadigan ikki taktli o'zgartirgichning prinsipial sxemasi 6.19-rasmda keltirilgan. U 6.17c-rasmda keltirilgan tuzilish sxemasi bo'yicha yig'ilgan. O'zgaras U_{kir} kirish kuchlanishi dastlab VT1 va VT2 tranzistorlardagi o'zgartirgichga beriladi.



6.19-rasm. Rostlanadigan ikki taktli o'zgartirgichning prinsipial sxemasi

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 impuls kengligini shunday o'zgartiriladiki, U_{kir} kirish kuchlanishi yoki yuklama toki o'zgarganida chiqish kuchlanishining o'rtacha qiymati berilgan aniqlikda o'zgarmas ushlab turiladi.

Integral mikrosxemalar rostlanadigan o'zgartirichda boshqarish sxemalari sifatida qo'llanilishi mumkin. Lekin, integral mikrosxemalarning chiqish toklari quvvatli kuch tranzistorlarini boshqarish uchun etarli bo'lmaydi. SHuning uchun, boshqarish sxemasidan keyin signal qo'shimcha 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_{hi} himoya rezistoridan ortiqcha yuklanish haqida signal olinishi orqali amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. Invertor deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Konvertor deb qanday qurilmaga aytiladi?
3. Invertorlarda qanday jarayon amalga oshiriladi?
4. Invertorlarda kalit elementi sifatida qanday elementlar ishlatiladi?
5. O'zgartirgich transformatori qaysi chastotalarda ishlaydi?

6. Bir taktli o'zgartirgichning ishlash prinsipini tushuntiring.
7. Ikki taktli o'zgartirgichning ishlash prinsipini tushuntiring.
8. Ikki taktli o'zgartirgichlarda teskari ulangan diodlar qanday vazifani bajaradi?
9. Invertorlar boshqarish zanjirlari integral mikrosxemalarda yig'ilganida nimalarga erishiladi?
10. Tiristorli o'zgartirgichning ishlash prinsipini tushuntiring.

7. KIMYOVIY ELEKTR TOKI MANBALARI

7.1. Umumiy ma'lumotlar

Ko'pincha quyoshli, shamolli yoki mikrogidroelektr uskunalar tomonidan ishlab chiqarilgan energiyani to'g'ridan-to'g'ri qo'llash muayyan qiyinchiliklar tug'diradi. Shuning uchun elektr quvvati odatda keyingi qo'llash uchun maxsus akkumulyator batareya (AB) larida saqlanadi.

Akkumulyator batareylarning xavfsiz qo'llanilishi uchun quyidagi qoidalarga amal qilish lozim:

- batareya klemmalari 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;

- akkumulyator batareyalarini razryadlangan holda saqlamaslik lozim. Bu holda elektrodlar sulfatatsiyasi ro'y beradi va batareyalar o'zining sig'imini sezilarli darajada yo'qotadi;

- akkumulyator batareyani 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 muddatini o'tab b o'lgan batareyalarni tarkibida og'ir metallar bo'lgan mahsulotlarni utilizatsiya qilish qoidalariga muvofiq utilizatsiya qilish kerak.

Akkumulyator batareyalarining xarakteristikalar

Akkumulyator batareyasining eng muhim ko'rsatkichlari quyidagilar hisoblanadi: sig'im, kuchlanish, o'lchamlar, og'irlik, qiymati, yo'l qo'yilgan razryad chuqurligi, xizmat qilish muddati, FIK, ishchi haroratlar diapazoni, yo'l qo'yilgan zaryad va razryad toki. Shuningdek ishlab chiqaruvchi barcha xarakteristikalarni muayyan harorat uchun – odatda 20 yoki 25 °C uchun ko'rsatilishini esda tutish

lozim. Bu meyordan chetga chiqilganda xarakteristikalar o'zgaradi va odatda yomon tomonga o'zgaradi.

Kuchlanish va sig'im qiymatlari odatda batareya modeli tarkibiga kiradi. Masalan: RA12200DG – kuchlanishi 12 volt va sig'imi 200 amper·soat bo'lgan batareya, gelli, chuqur razryadli. Bu shuni anglatadiki, batareya sig'imidan 1/10 ulush bilan 10 soatli razryad davomida 12×200 , ya'ni 2400 Vt·soatli yuklamani yuzaga keltirish mumkin. Katta tok va tez razryad sharoitida batareya sig'imi pasayib ketadi.

Tok razryadi 0,1 s bo'lganda ishlash vaqti 10 soatni tashkil etadi va batareya to'liqligicha akkumulyasiya qilingan energiyani yuklaydi. Tok razryadi 2 s bo'lganda (20 baravar ko'proq) ishlash vaqti taxminan 15 daqiqa (1/4 soat) bo'ladi va bunda batareya akkumulyasiya qilingan energiyaning faqatgina yarmini yuklay oladi. Razryadning katta toklarida bu qiymat yana ham kamroq bo'ladi. Ko'pincha uzluksiz quvvat manbalaridagi akkumulyator batareyalari yanada og'irroq rejimlarda ishlaydilar va bu sharoitda razryad toklari 4 s gacha etadi. Bunda razryad vaqti 5 daqiqa atrofida bo'ladi va batareya energiyaning 40% idan kam bo'lgan yuklamani beradi.

Batareya sig'imi

Batareyada saqlanishi mumkin bo'lgan energiya miqdori uning sig'imi deyiladi. U amper-soatlarda o'lchanadi. Sig'imi 100 As bo'lgan bitta AB 100 soat davomida 1 A kuchlanishli tokni yoki 25 soat davomida kuchlanishi 4 A bo'lgan tokni etkazib berishi mumkin va hokazo, biroq razryad toki oshganda batareya sig'imi pasayib ketadi.

Qo'rg'oshin-kislotali ABning xizmat muddatini oshirish maqsadida qaytadan zaryadlash uchun uning sig'imining faqat kichik qismini qo'llash tavsiya etiladi. Har bir razryad-zaryad jarayoni *zaryad sikli* deyiladi, vaholanki bunda akkumulyatorni to'liqligicha razryadka qilish shart emas. Masalan, agar siz akkumulyatorni 5 yoki 10% ga razryadka qilsangiz va so'ngra yana zaryadka qilsangiz – bu ham bitta sikl hisoblanadi. Albatta mumkin bo'lgan sikllar soni turlicha razryad chuqurligida turlicha bo'ladi. Agar zaryadlashgacha AB da mavjud bo'lgan energiyaning 50% ini qo'llash mumkin bo'lsa, bunday batareya “chuqur razryadli” batareya deyiladi.

Kuchlanish

Akkumulyatoridagi 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 klemmlaridagi kuchlanishni kamida 3-4 soat davomida o'lchash lozim bo'ladi. Bu vaqt ichida kuchlanish odatda stabillashadi.

Zaryadlanganlik darajasi

Zaryadlanganlik darajasi juda ko'p omillarga bog'liq, va uni faqatgina xotiraga va mikroprotsessorga ega bo'lgan maxsus zaryadli qurilmalarda aniqlash mumkin, bunda muayyan akkumulyatorning ham zaryadi, ham razryadi bir necha sikl davomida kuzatiladi. Bu usul eng aniq hisoblanadi, biroq eng qimmat ham bo'ladi. Biroq u akkumulyatorlarga xizmat ko'rsatganda va ularni almashtirganda mablag'ni tejab qolishi mumkin. Akkumulyatorlarning zaryadlanganlik darajasiga qarab ularning ishlashini nazorat qiladigan maxsus qurilmalarni qo'llash qo'rg'oshin-kislotali 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.

Akkumulyatoridagi 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. 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. Qarigan sari akkumulyatorlar uchun bu kuchlanish kamayadi.

7.1-jadval

Zaryadlanganlik darajasi	Batareya 12V	Batareya 24 V	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

Zaryadlanganlik darajasini topishning ikkinchi usuli – *elektrolit zichligini aniqlash*. Bu usul faqatgina suyuq elektrolitli akkumulyatorlar uchun to‘g‘ri keladi. Shuningdek bu erda ham o‘lchashdan oldin 2 soat kutish lozim bo‘ladi. O‘lchash uchun areometr qo‘llaniladi. Albatta rezina qo‘lqop va himoyalovchi ko‘zoynak kiyish lozim! Teriga tekkanda jarohatlanishning 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‘lchash noto‘g‘ri hisoblanadi. Batareyaning xizmat qilish muddati zaryad-razryadlar sikllarining 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 sikllari soni shunchalik kam bo‘ladi.

Akkumulyatorning “zaryad-razryad ishchi sikllari soni” tushunchasining o‘zi

nisbiydir, chunki turli omillarga bog‘liq bo‘ladi. Bundan tashqari Ishchi sikllarining soni misol uchun bir turdagi akkumulyator uchun universal tushuncha hisoblanmaydi, chunki har bitta ishlab chiqaruvchida bo‘ladigan texnologiyaga bog‘liq bo‘ladi. Akkumulyatorlarning xizmat qilish muddati sikllarda o‘lchanadi, shuning uchun ishlash muddatini yillarda o‘lchash – taxminiy bo‘ladi va tipik ishlash 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 sikllari soni oyiga 8 ta bo‘lishini ko‘rsatgan bo‘ladi.

Maksimal zaryadlanish va razryadlanish toklari

Har qanday akkumulyatorli batareyaning zaryadlanish va razryadlanish toklari uning sig‘imiga nisbatan o‘lchanadi. Odatda akkumulyatorlar uchun maksimal zaryadlanish toki 0,2-0,3 s dan oshmasligi lozim. Zaryadlanish tokining oshib ketishi akkumulyator xizmat muddatining kamayishiga olib keladi. Biz maksimal zaryadlanish tokini 0,15-0,2 s dan oshirmaslikni tavsiya etamiz. Maksimal zaryadlanish va razryadlanish toklarini aniqlash uchun akkumulyatorlarning muayyan modellariga qarang.

O‘z-o‘zini razryadlash.³

O‘z-o‘zini razryadlash u yoki bu ma’noda barcha turdagi 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.

³ “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

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 kislorodning 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 yopishib qolgan kristallarning hosil bo'lgan birlashmalari uni teshib o'tadi. Separator deb odatda musbat va manfiy elektrodni ajratib turadigan yupqa plastinaga aytiladi. Bu odatda akkumulyatorga noto'g'ri xizmat ko'rsatish, umuman xizmat ko'rsatmaslik yoki sifatsiz zaryadlovchi qurilmalar oqibatida yuzaga kelishi mumkin. Haddan tashqari ishlatilgan akkumulyatorlarda elektrodning plastinkalari shishib ketadi, bir-biriga yopishadi va bu holat o'z-o'zini razryadlash tokining oshib ketishiga olib keladi, bunda shikastlangan separatorni zaryadlash/razryadlash sikllarini 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 tuzilmaga, 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.

Telekommunikatsion tarmoqlarning rivojlanishi, ma'lumotlarni va ovozni uzatish tarmoqlarining konvergensiya elektr quvvati bilan ta'minlashning ishonchli bo'lishini talab etadi. Elektr 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 himoyalash tizimi ajratuvchisi nominal tokini, taqsimlovchi avtomatlar yoki saqlagichlar turini va nominallarini tanlashni, shuningdek yuklashning quvvat berish kabelining kesimini talab etadi. Qo'shimcha ravishda tizimlarni hisob-kitob qilishda tizimni konstruktiv joylashtirish borasidagi talablar (avtonom ravishda shikafda yoki mavjud bo'lgan shartiy 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.

7.2. Kimyoviy tok manbalari: aniqlanishi, tuzilishi va tasnifi

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.

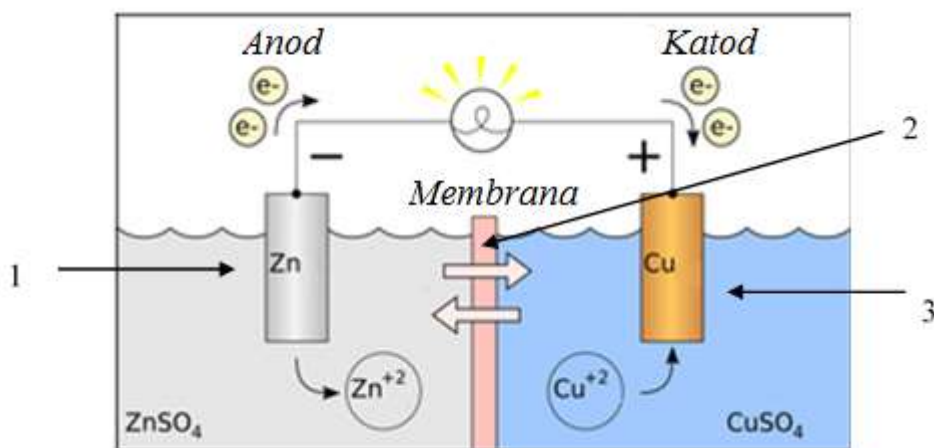
Galvanik element – bitta idishda joylashgan elektrodlar va elektrolitdan iborat bo'lib, bir yoki ko'p karra foydalanishga mo'ljallangan kimyoviy tok manbai hisoblanadi. Galvanik elementning tok o'tkazadigan qismi bo'lib, elektrolit bilan

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 xossalarini ta’minlaydigan moddalar aralashmasidan iborat bo‘ladi. Faol moddalar va elektrolit asosida yaratilgan element kimyoviy tok manbaining *elektr kimyoviy tizimi* deb ataladi.

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

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

Birlamchi kimyoviy tok manbaining ishlash prinsipini Yakobi-Danielning galvanik elementi misolida ko‘rib chiqamiz (7.1-rasm). Bu element mis kuporosi CuSO_4 aralashmasiga tushirilgan mis elektrod 3 dan va rux kuporosi ZnSO_4 aralashmasiga tushirilgan rux elektrod 1 dan iborat. Shisha idishga quyiladigan elektrolitlar bir-biriga tegib turadi, lekin aralashib ketmaydi, chunki ular g‘ovak to‘siq 2 bilan ajratilgan.



7.1-rasm. Galvanik element: 1-rux elektrod; 2-g‘ovak to‘siq; 3-mis elektrod.

Rux elektrod elektrolit aralashmasiga tushirilganda, metallning musbat ionlari elektrod oldi fazosiga suriladi, elektrolitning musbat ionlari esa elektrod yuzasiga o'tiradi. Rux elektrodning elektrod oldi fazosiga bergan musbat ionlari soni, uning yuzasiga elektrolitdan kelib tushgan musbat ionlari sonidan ortiqdir. Elektrodda erkin elektronlar hosil bo'lib, u manfiy zaryadlanadi. Natijada *elektrod potentsali* φ deb nomlanadigan ma'lum bir potentsiallar ayirmasiga ega bo'lgan zaryadlangan qatlam hosil bo'ladi. Agar elektrolit aralashmasiga mis elektrodni 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, φ_+ *elektrod potentsialini* xosil qiladi.

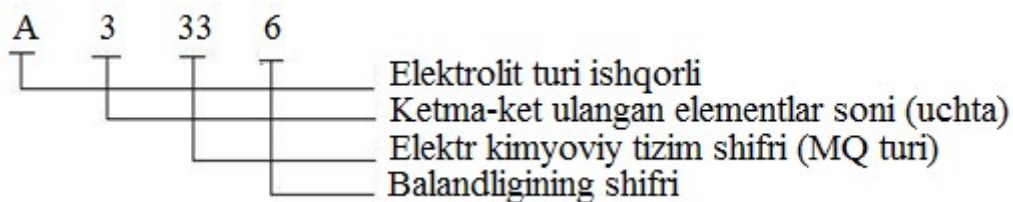
Tashqi zanjir ulanganda, ozod elektronlar manfiy elektroddan musbat elektrodga tomon harakatlanadi. Ruxni musbat ionlari elektrod oldi fazosidan chiqib ketadi, ularning o'rniga esa yangi elektronlar suriladi. Ular musbat elektrodga kelib, misning musbat ionlarining bir qismini neytrallashtiradi va misning neytral molekulalarini hosil qiladi. Kislota qoldig'ining 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'ining manfiy ionlari manfiy elektrod oldida bo'shagan rux ionlarini neytrallaydi. Elektr kimyoviy jarayonlar natijasida rux kuporosining ko'shimcha molekulalari xosil bo'ladi va mis kuporosining 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 marganets-ruxli, havo marganets-ruxli turlari keng qo'llanishga ega.

Marganets-ruxli kimyoviy tok manbalari batareyasi va elementlarini belgilashda uning elektr kimyoviy tizimi, elektrolit turi, tuzulmasi, gabarit

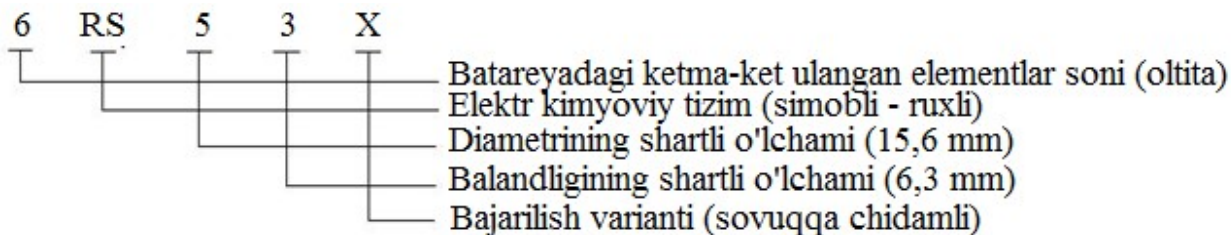
o'Ichamlari va batareyadagi elementlarning ulanish tartibini aniqlaydigan son – harfli belgilanish qabul qilingan, masalan:



Agar element tuzli elektrolitli bo'lsa, u holda markalashda harf qo'yilmaydi (birinchisi). Elementning turli harorat rejimlarida ishlay olish qobiliyatiga bog'liq holda, sonli belgilashdan keyin quyidagilarni bildiradigan harflar quyiladi: U – universal, X – sovuqqa chidamli (xlodostoykaya), L – yozgi (letnyaya) yoki T – tropik bajarilgan. Bundan tashqari marganets-ruxli tizimdagi batareyalar va elementlarga quyidagi nomlar berilgan: Planeta, Orion, Mars, Yupiter, Uran, Krona VS, Rubin va x.k. Marganets-ruxli tizim elementlarining boshlang'ich kuchlanishi 1,4 ...1,55 V bo'lib, zaryadsizlanish vaqtida bu kuchlanish 0,85...1,0 V gacha tushadi. Elementning ichki qarshiligi 1,0...20,0 Om ga teng.

Kimyoviy tok manbalarining simob-ruxli tizimi marganets ruxli elementlarga nisbatan, oʻzining quyidagi asosiy elektr tavsiflariga koʻra afzalliklarga ega: ancha yuqori solishtirma elektr sigʻimi; e.yu.k.ning muʼtadilligi; bir oyda 3...5% ga teng boʻlgan oʻz-oʻzidan zaryadsizlanishi; mexanik jihatdan mustahkamligi.

Simob-ruxli (SR) elementlar turli nominal sig‘im va zaryadsizlanish toklari bo‘yicha ishlab chiqariladi. Masalan SR 53 elementi uchun nominal sig‘im $C_n = 0,25$ A·soat, zaryadsizlanish toki $I_r = 0,125$ A, SR 93 element uchun $C_n = 13$ A·soat, $I_r = 0,3$ A. Simob-ruxli elementlarning boshlang‘ich zaryadsizlanish kuchlanishi $U_{r,b} = 1,0$ V, oxiridagi kuchlanish esa $U_{r,o} = 1,0$ V ga teng bo‘ladi. Simob-ruxli tizimidagi batareya va elementlar marganets-ruxli tizim elementlariga o‘xshash belgilanadi:



Belgilanishdagi qo‘shimcha harflar quyidagilarni bildiradi: S – uzoq muddat

saqlanadigan; N – magnit bo‘lmagan (немагнитный); F – oshirilgan quvvatli, u tezkor (форсированный) zaryadsizlanishni ta’minlaydi; V – barcha iqlim (всеклиматический) lar uchun bajarilgan.

Barcha birlamchi elementlarning afzalliklari bo‘lib, ularning kichik hajmliligi, ishlatilishining soddaligi, foydalanishga doyimoy tayyorligi xisoblanadi. Bu elementlarning bir qator kamchiliklari bor, ular: qayta zaryadlanish olmasligi; yuqori ichki qarshilikka va nisbatan kichik saqlashning muddatiga ega ekanligidadir. Temir yo‘lda, ular asosan ko‘chma radiostansiyalar, kichik o‘lchamli apparatlar, masofaviy boshkarish tizi-midagi telefon apparatlari va o‘lchov asboblari elektr ta’minoti uchun ishlatiladi.

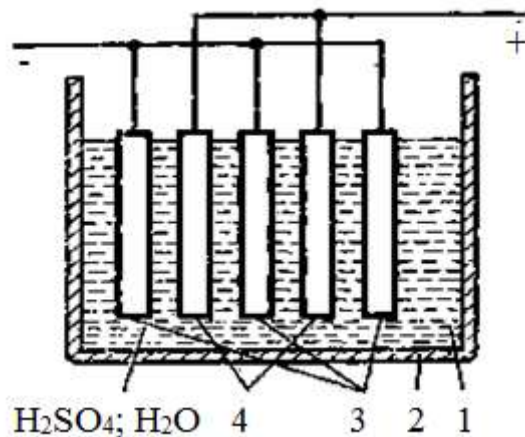
7.4. Ikkilamchi kimyoviy tok manbalari – akkumulyatorlar: aniqlanishi, ko‘rinishlari va tuzilishi

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 aytiladi. Zaryadlanish paytida akkumulyator iste’mol qiladigan elektr energiya kimyoviy energiyaga aylanadi. Zaryadsizlanishda sarf bo‘lgan faol moddalar akkumulyatorning navbatdagi zaryadlanishi davomida yangidan tiklanadi.

Elektrolit tarkibiga ko‘ra akkumulyatorlar kislotali yoki ishqorli bo‘ladi. Avtomatika va aloqaning elektr ta’minoti qurilmalarida C turidagi statsionar kislota-qo‘rg‘oshinli akkumulyatorlar keng qo‘llaniladi (7.2-rasm).

Plastinkaning qovurg‘asimonligi faol modda yuzasini oshirish imkonini beradi va shu sababli, plastinkalarning va butun akkumulyatorning elektr sig‘imi ortadi. *Spakllantirish* deb nom olgan maxsus ishlov berish natijasida plastinkalar faol moddalar (qo‘rg‘oshin sulfat RbSO_4) posil bo‘ladi.



7.2-rasm. Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyator

Bu akkumulyator quyidagi qismlardan iborat: ichki tomoni qo'rg'oshin listi bilan qoplangan shisha yoki ebonit idish 2, yuza tuzilmali musbat plastinkalar bloki 4, quticha ko'rinishdagi tuzulmaga ega manfiy plastinkalar bloki 3, va elektrolit (sulfat kislotaning suv bilan aralashmasi).

Yopiq turdagi qo'rg'oshinli akkumulyatorlarda qo'rg'oshin qotishmali panjaradan iborat surkalgan yoki pastalangan plastinkalar qo'llaniladi.

Surkalgan plastinkalar akkumulyatorda ham musbat va ham manfiy plastinkalar sifatida ishlatiladi. Plastinkalar faqat faol massalari bilan farqlanadi. Musbat plastinkalarning faol massasi, surik qo'shilgan qo'rg'oshin kukunidan iborat bo'ladi. Manfiy plastinkalarda kimyoviy jihatdan toza bo'lgan sulfat kislota va bariy sulfat aralashmali pasta qo'llaniladi.

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

Akkumulyatorlarning belgilanishi

MDX davlatlarida akkumulyatorlar sobiq ittifoqda tasdiqlangan GOST 959-91 asosida ishlab chiqariladi. 2003 yil iyul oyidan Rossiyada yangi standart GOST 959-2002 kiritilib, bu me'yoriy xujjatga ko'ra akkumulyatorlar quyidagicha belgilanadi:

- 6СТ-55АМЗ необслуживаемая
- birinchi raqam (6 yoki 3) batareyada ketma-ket ulangan akkumulyatorlar sonini yoki uni nominal kuchlanishini (12 yoki 6 V) tavsiflaydi;

- keyingi ikkita harf (ST) batareyani vazifasini tavsiflaydi (ST- avtomobil startyorni tok bilan ta'minlash uchun);
- uchinchi raqam (55) batareyaning *amper-soat* dagi nominal sig'imini ko'rsatadi;
- keyingi harf yoki raqamlar batareyani tuzilishi, unda ishlatilgan materiallar haqida qo'shimcha ma'lumot beradi. Masalan: A- umumiy qopqoqli, 3- elektrolit quyilgan va to'la zaryadlangan, Э (T)- yaxlit qobiq ebonitdan (yoki termoplastdan) tayyorlangan, M(P) - separator materiali miplast (yoki mipor), П- polietilendan tayyorlangan separator-konvert, «neobslyujivaemaya» so'zi – «xizmat ko'rsatilmaydigan» batareya.

Bundan tashqari batareyaning belgisi quyidagi ma'lumotlarni ham ko'rsatishi kerak:

- ishlab chiqargan korxonaning tovar belgisi;
- «+» va «-» qutblarining belgisi;
- tayyorlangan sanasi (ikkita raqam – oy, ikkita raqam – yil);
- batareyaning og'irligi (agar og'irligi *10 kg* va undan ortiq bo'lsa);
- nominal sig'imi, *amper-soat* da;
- nominal kuchlanishi, *V* da;
- sovuq aylantirish toki, *A* da.

Evropada ishlab chiqarilgan akkumulyator batareyalari besh raqamli (DIN bo'yicha) yoki to'qqiz raqamli (ETN bo'yicha) kodlar bilan belgilanadi. DIN va ETN bo'yicha birinchi uchta raqam batareyaning kuchlanishi va sig'imi haqida ma'lumot beradi.

6 V li batareyalar uchun birinchi uchta raqam (001 dan 499 gacha) akkumulyator batareyasini 20 soatlik razryadlanishidagi nominal sig'imiga mos keladi. 12 V li batareyalarda esa sig'imini aniqlash uchun birinchi uchta raqamdan (501 dan 799 gacha) 500 sonini ayirish kerak.

Masalan “55565” (DIN) yoki “555065042” (ETN) belgisiga ega bo'lgan batareyaning sig'imi 55 *amper-soat* ni tashkil qiladi. Agar 68032 yoki 68032100 bo'lsa, mos ravishda batareyaning nominal sig'imi 180 *amper-soat* bo'ladi va

xakoza.

DIN bo'yicha oxirgi koddagi ikkita raqam, ETN bo'yicha esa ikkinchi uchta raqam batareyani yasash varianti chiqish qisqichlarining holati, mahkamlovchi elementlar yoki qopqoq tuzilishiga oid ma'lumotlarni beradi.

ETN bo'yicha to'qqiz raqamli kod bilan belgilangan oxirgi uch raqam sovuq aylantirish tokining 0,1 qiymatini ko'rsatadi. Masalan, yuqorida keltirilgan to'qqiz raqamli kodga ega bo'lgan batareyalarda (555 065 042, 680 032 100) sovuq aylantirish toki mos ravishda *420 A* va *1000A* ni tashkil qiladi. "562 103 064" kodi bilan belgilangan batareyaning nominal sig'imi 62 *amper-soat*, sovuq aylantirish toki esa *640A* ni tashkil qiladi.

Amerika batareya ishlab chiqaruvchilar o'zlarining mahsulotlarini SAE standarti talablari asosida belgilaydilar. Belgi batareyaning tur va o'lchamlar guruhi va -18°C dagi sovuq aylantirish tokini ifodalaydi. Masalan: A27500: 27- guruh (306x173x225 mm), tok *500 A*.

Akkumulyator batareyalarning konstruktiv turlari va tuzilishi

Har bir akkumulyator bir-biridan ajratilgan va mustahkam, kislota ta'siriga chidamli idishdagi elektrolit eritmasiga botirilgan turli ishorali elektrodlardan (plastinalar) tashkil topgan.

Tuzilishi bo'yicha batareyalarning quyidagi turlari mavjud:

- odatdagi konstruksiyaga ega bo'lgan batareyalarda yaxlit qobiqqa 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 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 quyushtirilgan holatda bo'lib, bu akkumulyatorlarni yuqori ishonchli va xavfsiz ishlatilishini kafolatlaydi.

7.5. Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar

1859 yilda fransuz shifokori Gaston Plante tomonidan ixtiro qilingan kislota-qo'rg'oshinli akkumulyator tijorat maqsadlarida foydalanish uchun mo'ljallangan birinchi energiyani saqlash qurilmasi bo'ldi. Bugungi kunda suyuq elektrolit quyiladigan kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar katta quvvatlarni talab qiladigan avtomobillarda va qurilmalarda ishlatiladi. 1970 yillarning o'rtalarida kislota-qo'rg'oshinli batareyalar ishlab chiqilgan va keng sotuvda bo'lgan, ularda suyuq elektrolit geliyli to'ldirmaga yoki kislota bilan yumshatilgan separatorlarga almashtirilgan. Korpus germetik bajarilgan va batareyalar istalgan holatda bo'lishida ishlay olgan (zaryadlash va razryadlash mobaynida hosil bo'ladigan gazlarni haydash uchun maxsus klapanlar qo'llaniladi). Shunday qilib, elektrolitning turi bo'yicha kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar xizmat ko'rsatilmaydigan germetik va xizmat ko'rsatiladigan suyuq elektrolitli batareyalarga bo'linadi, ularning sathini qo'lda rostlashga to'g'ri keladi. Germetik batareyalar mos ravishda ikki turga bo'linadi:

- geliyli - SLA (Sealed Lead Acid), shuningdek Gelcell firma beligisi orqali belgilanadigan batareyalar;

- rastalanadigan klapanli VRLA (Valve Regulated Lead Acid) batareyalar.

Texnik jihatdan har ikkala batareyalar bir xil (farq faqat gazlarni haydash uchun klapanlarda), bunda qat'iy aytganda, ularning germetik deyilishi haqiqatga to'g'ri kelmaydi.

Bugungi kunda geliyli kislota-qo'rg'oshinli batareyalar avtomobillarda, avtokarlarda va kafolatlangan energiya ta'minotida zahira ta'minoti manbalari sifatida ishlatiladi. Lekin haligacha statsionar asboblarda uchun va aloqa tizimlarida, ayniqsa sezilarli haroratning o'zgarishlarida katta sig'im va yuqori ishonchli ishlash talab qilinadigan joylarda keng ishlatilsada (binobarin, ko'chma batareyalar sifatida faqat SLA-turdagi elementlar ishlatiladi), mobil apparaturalarda ular qo'llanilmaydi.



7.3-rasm. Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyator

Suyuq elektrolitli kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatordan farqli geliyli batareyalar pastroq zaryad potensialiga ega va suvning tugashi va akkumulyatorning ishdan chiqishiga olib keladigan zaryadlash/razryadlash jarayonida gaz pufakchalarining paydo bo'lishini oldini olish uchun yuklamalar bo'yicha sezilarli zahira bilan ishlab chiqariladi. Shu sababga ko'ra, SLA- va VRLA-akkumulyatorlar hech qachon to'liq zaryadlanmasligi kerak (yakunlash bosqichidagi intensiv zaryadlash gazlar bilan to'yinishni va suvni tugashini keltirib chiqaradi). Lekin ular (boshqa istalgan kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar kabi) batareyani qayta zaryadlash qiyin, keyin esa mumkin bo'lmay qolishiga olib keladigan oshirilgan sulfatlashishning oldini olish uchun doimo zaryadlangan holda bo'lishi kerak.

Shunday qilib, barcha zaryadlanadigan akkumulyatordan SLA eng kam energiya sig'imiga ega, bu ularni ixcham mobil qurilmalar uchun yaroqsiz qiladi. Fahmlaymizki, yuqoriroq xavfsizlik darajasida geliyli elektrolitli germetik batareyalar hatto kislota-qo'rg'oshinli batareyalar ichida bu parametr bo'yicha eng yomon xarakteristikalarga ega, ishonchlilik bo'yicha esa suyuq elektrolitli akkumulyatorlarga yutqazadi.

Shunga qaramay, bugungi kunda bunday akkumulyatorlar bu vazn va o'lchamlar ikkinchi darajali ahamiyatga ega bo'lgan katta va quvvatli ta'minot manbalari uchun tejamli va xavfsiz tanlov hisoblanadi. Kislota-qo'rg'oshinli batareyalar tibbiyot jihozlarida qo'llaniladi, yong'in yoritishi uchun xizmat qiladi va

uzluksiz ta'minot manbalarida (UPS) ishlatiladi. Statsionar qo'llash uchun katta SLA-akkumulyatorlar 50 dan 200 A•soat sig'imga ega bo'ladi.

Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlarning barcha turlari past haroratlarda taxminan bir xil ishlash xarakteristikalariga ega. 0 °C da ular xona xaroratidagi o'z sig'imining taxminan 95 % ni saqlaydi, harorat –20 °C gacha kamayganida sig'im kamayadi, lekin uncha katta bo'lmagan yuklamada xona xaroratidagi o'z sig'imining taxminan 70 % ni, katta yuklama toklarida esa 50 % ni saqlaydi.

Unutmaslik zarurki, akkumulyator past haroratlarda ishlasada, bu umuman bu sharoitlarda u zaryadlanishi mumkinligini bildirmaydi. Ko'plab akkumulyatorlarda past haroratlarda zaryadlashga ta'sirchanlik favqulodda cheklangan bu hollarda zaryadlash toki nominalning o'ndan bir qismiga kamaytirilishi kerak.

Kislota-qo'rg'oshinli batareyalar (ham SLA, ham VRLA) uchun optimal operatsion harorat taxminan 25 °C. Haroratning har 8 °C ga ortishi batareyaning xizmat muddatini yarmiga kamaytiradi. 25 °C haroratda 10 yil mobaynida ishlagan akkumulyator 33 °C haroratda faqat 5 yil ishlaydi. Va bu batareyaning o'zi 42 °C haroratda bir yil ham ishlamaydi.

So'nggi yillarda bozorda AGM (Absorption Glass Mat) sifatida belgilanadigan qo'rg'oshinli batareyalarning yangi modifikatsiyalari ko'proq uchramoqda. Bu batareyalarda juda yupqa shisha tolali shishasimon materialdan to'ldiruvchi suyuq elektrod bilan shimdirilgan. Xarakteristikalari bo'yicha AGM geliyli batareyalar va suyuq eletrolitli batareyalar orasidagi holatni egallaydi, ular geliyli batareyalarga qaraganda xavfsiz va geliyli batareyalarning eng salbiy kamchiliklaridan biri elektrolitni qayd etish uchun ishlatiladigan gelda gaz pufakchalari tufayli uzilishlar hosil bo'ladigan ehtiyotsiz ishlatilgandagi batareyaning ichki qarshiligini qaytmas ortishidan xoli.

Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlarning boshqa turlardagi batareyalarga qaraganda eng past solishtirma energetik zichlikka ega bo'lishiga qaramasdan, shuni hisobga olish kerakki, ularda to'plangan energiyaning 40 foizini o'z-o'zidan razryadlanishi taxminan 1 yilda bo'lib o'tadi, NiCd-batareyalarda bu uch oydan keyin (NiMH-batareyalarda 1 oyda) bo'lib o'tadi. SHunday ekan bu parmetr bo'yicha SLA-akkumulyatorlar juda o'ziga tortadigan bo'lib qoladi. Bundan

tashqari SLA-batareyalar nisbatan arzon, ularga xizmat ko'rsatish harajatlar yuqori emas. Lekin kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar (ayniqsa, geliyli) tez zaryadlanishga yo'l qo'ymaydi, ular uchun namunaviy zaryadlash vaqti 8 dan 16 soatlarni tashkil etadi.

Buning ustiga boshqa batareyalar turlariga qaraganda kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar tez-tez zaryadlash/razryadlash chuqur sikllarini yoqtirmaydi va har bir bunday sikl batareya sig'imining qismini qaytmas yo'qotadi.

Razryadlanish chuqurligiga va ishlatish haroratiga bog'liq ravishda SLA-batareyalar 200 dan 300 gacha zaryadlash/razryadlash chuqur sikllariga chidaydi. Bu batareyalar uchun sikllar sonini kamligini sababai qo'rg'oshin karkasning korroziyasi va aktiv materialning tugashi/parchalanishi hisoblanadi. Bunday turdagi qaytmas o'zgarishlar oshirilgan haroratlarda ishlatishga eng xarakterli hisoblanadi. Haroratlarning kskin o'zgarishlari ham vaziyatni yaxshilamaydi.

Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlarning *afzalliklariga* quyidagilar kiradi:

- yuklama tokining katta impulslarini ko'tara olishi;
- arzonligi (V/soat narx atamalarida) va ishlatishdagi oddiyliigi;
- SLA-batareyalar eng ko'p ruxsat etilgan va ishlatishda xavfsiz;
- yaxshi ishlab chiqilgan, puxta, ishonchli va keng ommaga ma'lum texnologiya, to'g'ri ishlatilishida SLA-batareyalar juda uzoq vaqt ishlaydi;
- ishlatishning past narxi;
- keng mumkin bo'lgan qayta zaryadlanadigan akkumulyatorlar orasida eng kuchsiz o'z-o'zidan razryadlanish (zaryadning eng yaxshi saqlanishi, NiMH-akkumulyatorga qaraganda 10-15 marta kam o'z-o'zidan razryadlanadi);
- xotira samarasiga uchramaydi;
- to'g'ri xizmat ko'rsatilganda yuzaki (chuqur bo'lmagan) zaryadlash/razryadlash sikllarining ko'p sonini ko'taradi;
- akkumulyatorni zaryadlash qurilmasida sekin zaryadlashda hech qanday zararsiz uzoq vaqtga qoldirishga ruxsat etiladi.

Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlarning *kamchiliklariga* quyidagilar kiradi:

- boshqa texnologiyalarga qaraganda vazn va hajm birligiga eng past energetik zichlik;
- tez zaryadlash rejimi qo‘llanib bo‘lmaydi (odatdagi vaqt 8 dan 16 soatlar). Bunda bunga qarshi, SLA-akkumulyatorlar navbatlashadigan razryadlanish impulslari bilan juda yaxshi zaryadlanadi;
- boshqa texnologiyalarga qaraganda zaryadlash/razryadlash sikllarining eng kam sonini ko‘taradi (zamonaviy akkumulyatorlar uchun o‘rtacha 200 dan 500 sikllargacha). Binobarin, chuqur razryadlanish emas, yuzaki zaryadlash afzalroq, xizmat muddati razryadlanish chuqurligiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq;
- razryadlangan holatda saqlana olmasligi (to‘liq razryadlanish sulfatlarning hosil bo‘lishiga va undan keyin batareyalar qayta tiklanmaydigan sig‘imning yo‘qotilishiga olib keladi);
- faqat chuqur razryadlanish tasodifiy hodisa hisoblanadigan joylarda qo‘llanilishi mumkin;
- yuqori bo‘lmagan past harorat ko‘rsatkichlariga ega. Binobarin, pat haroratlarda katta toklarni bera olishi qobiliyati sezilarli kamayadi;
- kislota-qo‘rg‘oshinli akkumulyator 30 °C dan ortiq haroratda eng yuqori sig‘imga ega bo‘lsada, lekin bunday sharoitlarda uzoq vaqt ishlatish akkumulyatorning xizmat muddatini qisqartiradi;
- elektrolit va qo‘rg‘oshin plastinalar atrof-muhitga zarar (lekin NiCdga qaraganda kam) etkazadi;
- zaryadlashda ehtiyotkorlikka rioya qilish kerak, nazorat qilishdan o‘z-o‘zidan chiqib ketish bo‘lishi mumkin (xavfli qaynab ketish kislotaning qaynab ketishini keltirib chiqaradi, bu kuyishlarga va gazlar bilan zaharlanishga olib keladi).

7.6. Nikel-kadmiyli akkumulyatorlar

Nikel asosida akkumulyatorlarni tayyorlash texnologiyasi 1899 yildayoq taklif etilgan, lekin u vaqtlarda zarur materiallar juda qimmat bo‘lgan, shuning uchun ularning qo‘llanilishi faqat maxsus texnika bilan cheklangan. 1932 yilda g‘ovak plastina nikel elektrodining ichiga aktiv materiallar kiritilgan, 1947 yildan

esa germetik NiCd-akkumulyatorlarni tadqiq qilish boshlandi, ularda zaryadlash vaqtida ajraladigan gazni oldingi variantlardagi kabi tashqarida emas, balki ichkarida rekombinatsiyalandi. Bu takomillashtirish NiCd-akkumulyatorni germetik va xavfsiz qildi va aynan shunday ko‘rinishda u bugungi kunda ham ishlatilmoqda.

Keng bozorda paydo bo‘lgan nikel-kadmiyli ta‘minot elementlari (NiCd, yoki Nicad) birdaniga o‘ta ommaviylashdi va radioqabullagichlar/uzatkichlar, biomeditsina jihozlari, professional videokameralar va elektr simli turli uskunalar kabi ko‘p sohalarda keng qo‘llanila boshlandi. Ular haligacha etarlicha arzon, ishlatishda qulay va qator afzalliklarga ega. Haqiqatda NiCd bu etarlicha qat’iy sharoitlarda ishlay oladigan va sezilarli yuklamalarni ko‘taradigan yagona batareya turi hisoblanadi. Zamonaviy elektr kimyoviy akkumulyatorlarning paydo bo‘lishi NiCd-batareyalar ishlatilishining kamayishiga olib kelgan bo‘lsada, lekin ularning to‘liq surib chiqarilishiga olib kelmadi, yangi akkumulyatorlar turlarining aniqlangan kamchiliklari esa yana NiCd-texnologiyalarga qaytishga majburlaydi.



7.4-rasm. Nikel-kadmiyli akkumulyatorlar

Lekin bu akkumulyatorlar jiddiy kamchiliklarga ham ega. Ulardan biri o‘sha bir formatdagi an’anaviy bir martallik ishqorli batareyalarga qaraganda kam sig‘imga egaligi (taxminan 20%ga) hisoblanadi. Ammo NiCd-batareyalarning asosiy kamchiligi, albatta, xotira samarasi hisoblanadi. Bunday akkumulyator uning to‘liq razryadlanishidan oldin zaryadlay boshlansa, u to‘liq zaryadlanishni ola olmaydi. Natijada nikel asosidagi batareya sikldan-siklga “charchaydi”, ularning

sig'imi oxirigacha kamayadi.

Bu hodisaning sababi shundan iboratki, ishlatish jarayonida har bir yangi zaryadlanish/razryadlanish sikli bilan NiCd- va NiMH-akkumulyatorlarning ichidagi ishchi modda asta-sekin o'z tuzilmasini o'zgartiradi, ishchi sirtning yuzasi kamayadi, bu tabiiyki, real sig'imning kamayishiga olib keladi. Bu barcha nikel asosidagi akkumulyatorlar uchun xosdir, lekin u kuchliroq aynan nikel-kadmiyli akkumulyatorlarda nomoyon bo'ladi. To'liqsiz razryadlanishli qisqa sikllar natijasida 3-6 oydan keyin (akkumulyatorning sifati, sikllar soni, razryadlanish chuqurligi va boshqa ishlatish sharoitlariga bog'liq ravishda) akkumulyatorning real sig'imi sezilarli kamayadi. "Rivojlanayotgan" kasallikning bilvosita ko'rsatkichi batareyaning zaryadlanish vaqtining qisqarishi va ichki qarshiligining ortishi hisoblanadi.

Nikel-gidridli akkumulyatorlar, aksincha, xotira samarasiga kam uchraydigandek ko'rinadi (ayrim NiMH-batareyalar ishglab chiqaruvchilari esa hatto ularning mahsulotlari umuman xotira sarasiga ega emasligini tasdiqlashadi). Lekin odatda nikel-kadmiyli akkumulyatorlarning funksiyalarini qayta tiklash uchun to'liq razryadlash/zaryadlash sikllarini bir necha marta takrorlash bilan ularni "mashq qildirish" mumkin, nikel-gidridli batareyalarni "davolash" sezilarli qiyin. Lekin har qanday holda keyin uning oqibatlarini tuzatishdan ko'ra xotira samarasining paydo bo'lishini oldini olish oson. Uning oldini olish uchun esa to'liq zaryadlash va keyingi elementga 1 V kuchlanishgacha razryadlash sikllarini davriy o'tkazish (3-4 marta) zarur bo'ladi. Bu jarayonni razryadlash funksiyasiga ega bo'lgan stol zaryadlash qurilmalarida yoki "charchagan" akkumulyatorlarni maksimal bo'lishi mumkin darajagacha avtomatik qayta tiklash funksiyasiga ega bo'lgan maxsus analizatorlarda bajarsa bo'ladi. Nikel-kadmiyli akkumulyatorlar uchun bunday jarayonning davriyligi oyiga bir marta, nikel-gidridli batareyalar uchun esa 2-3 oyda bir marta bo'ladi. Agar bu tez-tez bajarilsa, u holda sezilarsiz foydali samarada ortiqcha "mashq qildirish" akkumulyatorning to'zishiga olib keladi.

Yaroqli NiCd-batareyalar etarlicha kichik ichki qarshilikka, o'rtacha o'z-o'zidan razryadlanishga ega bo'ladi va 20 °C gacha haroratda ishlash uchun

mo'ljallansada, past haroratlarda etarlicha odatiy xarakteristikalarini beradi. Uncha katta bo'lmagan yuklama ostida bu 1,2-voltli elementlar 0 °C da o'z nominal sig'imining taxminan 95 % ni beradi, yuklama ortganida esa sig'im 90% gacha kamayadi. Harorat 20 °C gacha kamayganida kichik toklarda batareya 80% gacha sig'imni bera olsada, katta yuklamada 60% sig'im bo'lishi mumkin. –40 °C haroratda 40% sig'imni kutish mumkin, lekin batareya deyarli katta tokni bera olmaydi.

SHunday qilib, NiCd-akkumulyatorlarni hisobdan chiqarishga hali erta, axir ular eng qisqa zaryadlanish vaqtiga ega, eng yuqori yuklama tokini ta'minlaydi, bitta siklning eng past narxiga ega, istalgan noxush sharoitlarda o'z funksiyalarini uzoq vaqt va yaroqli bajaradi va oson qayta tiklanadi.

Nikel-kadmiyli akkumulyatorlarning *afzalliklariga* quyidagilar kiradi:

- hatto uzoq vaqt saqlanganidan keyin tez va oddiy zaryadlanadi, zaryadlash toki nominaldan 2-3 marta ortiq bo'lishi mumkin. Impulsli (reversiv) zaryadlash usuli afzalroq, akkumulyator kam qiziydi va standart o'zgarmas tok bilan zaryadlash usuliga qaraganda samaraliroq zaryadlanadi. Reversiv zaryadlashdan foydalanishda hal etiladigan boshqa muhim muammo bu akkumulyator elementlaridagi kristalli tuzilmalarning kamayishi hisoblanadi, bu samaradorlikni oshiradi va uning ishlatilish muddatini uzaytiradi (taxminan 15-20%ga);
- ko'p sonli zaryadlash/razryadlash sikllarini ko'taradi (to'g'ri xizmat ko'rsatishda 1000 ta sikllardan ortiq);
- uzoq saqlanish muddatlariga chidaydi (ishlatish shartlariga rioya qilinganida va davriy xizmat ko'rsatilganda);
- ishlatishda xavfsiz va qayta zaryadlashdagi xatoliklarni kechiradi;
- hatto agar ular noto'g'ri ishlatilsada, sig'imning kamayishiga qayta tiklash oson (yaroqsiz tan olingan akkumulyatorlarning 60 dan 70% ni to'laqonli ishlatish uchun qayta tiklash mumkin). Akkumulyatorlarni qayta tiklash “mashq qildirish” sikllari yoki professional zaryadlash qurilmalari – akkumulyator analizatorlarida maxsus algoritmi bo'yicha bo'lib o'tadi. Mashq qildirish sikllari yordam bermaganida qayta tiklash sikli o'tkaziladi;

- $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ gacha ma'qul past haroratli ko'rsatkichlarga ega (shu jumladan ularni past haroratlarda zaryadlash imkoniyatini beradi);
- tejamkor, ishlash sikliga eng past narxga ega;
- bozorda o'lchamlar, parametrlar va ishlatish ko'rsatkichlarining keng diapazoni bo'lishi mumkin, ko'plab zamonaviy NiCd-akkumulyatorlar silindirik shaklga ega (AA, AAA va boshqalar).

Nikel-kadmiyli akkumulyatorlarning *kamchiliklariga* quyidagilar kiradi:

- boshqa texnologiyalarga qaraganda nisbatan past solishtirma energiya sig'imi boshqa turlardagi akkumulyatorlarga qaraganda (o'sha bir sig'imdagi katta o'lchamlar va vazn);
- xotira samarasini yo'qotish uchun davriy xizmat ko'rsatish zarurati, funksiyalarini qayta tiklash uchun nikel-kadmiyli akkumulyatorlarni to'liq razryadlanishga etkazish bilan davriy "mashq qildirish kerak. Haqiqatda NiCd-akkumulyatorlar bu agar davriy ravishda to'liq razryadlansa, o'z funksiyalarini eng yaxshi bajaradigan yagona akkumulyator turi hisoblanadi;
- NiCd-akkumulyatorlar uchun zaryadlash qurilmasida bir necha kun turishi zararli;
- zaharli metallarga ega (ayniqsa, kadmiy), xisobdan chiqarish murakkab (bu tufayli ayrim davlatlar NiCd-akkumulyatorlarning ishlatilishini cheklagan);
- nisbatan yuqori o'z-o'zidan razryadlanishga ega (zaryadlanganidan keyin birinchi 24 soat mobaynida 10% soat va birinchi oyda 20% gacha).

7.7. Nikel-gidridli akkumulyatorlar

Nikel-gidridli tizimlar sohasidagi tadqiqotlar 1970-nchi yillardayoq kosmik sun'iy yo'ldoshlarda qo'llaniladigan batareyalar uchun vodorodli birikmalarni saqlash vositalarini ishlab chiqishdan boshlangan. Tabiiyki, bu sohadagi ishlanmalar nikel-kadmiyli akkumulyatorlarning kamchiliklarini engib o'tish maqsadlarida ham amalga oshirilgan. Lekin oldingi eksperimental batareyalarda gidridli birikmalar nobarqaror bo'lgan va portativ akkumulyatorlarning zarur xarakteristikalarini ta'minlay olmagan. Natijada NiMH texnologiyalarning rivojlanishi sekinlashdi.

Yangi va etarlicha barqaror gidridli birikmalar 1980-nchi yillarda yaratilgan va shundan buyon NiMH batareyalar doimo yaxshilanmoqda.

Bugungi kunda nikel-gidridli akkumulyatorlar ko‘plab qurilmalar uchun “narx/sig‘im” nisbatida optimal va etarlicha ishonchli energiya manbai hisoblanadi. Aosiy qo‘llanilish sohalari mobil telefonlar va portativ kompyuterlar hisoblanadi.



7.5-rasm. Nikel-gidridli akkumulyator

NiMH asosidagi zamonaviy batareyalar NiCdga qaraganda yuqoriroq energiya zichligini (40 da 60% gacha) bermoqda, katta quvvatlardagi portativ qurilmalarda ishlatilishi mumkin va NiCdga xarakterli bo‘lgan ayrim salbiy sifatlarga ega emas, ularda zararli komponentlar mavjud emas va ular xotira samarasiga kam uchraydi. Zamonaviy NiMH-akkumulyatorlarni ishlab chiqaradigan qator firmalar, hatto ularning akkumulyatorlari bu marradan to‘la xoli ekanligini uqtirishmoqda, lekin “boshqalar” tasdiqlashadiki, nikel-gidridli akkumulyatorlarda xotira samarasi ularning kichik ishlatish muddati tufayli nomoyon bo‘lishga oddiy ulgurmaydi. Afsuski NiMH-akkumulyatorlarning ishlatilish muddati NiCd asosidagi elementlardagiga qaraganda kam bo‘ladi. YUqori maksimal yuklamalar, qat‘iy harorat bo‘yicha ishlatish va saqlash rejimlari esa ularning energiya sig‘imini va xizmat muddatini sezilarli kamaytiradi. Bundan tashqari, NiMH-akkumulyatorlar NiCd-batareyalarga qaraganda sezilarli katta bo‘lgan yuqori o‘z-o‘zidan razryadlanishga ega. Birinchi NiMH-elementlar faqat 200-300 ta zaryadlash sikllarini ta‘minlay olgan va faqat yillar o‘tib 500 dan 1000 martagacha qayta zaryadlash mumkin bo‘lgan akkumulyatorlar paydo bo‘ldi (lekin ayrim cheklashlar hali ham saqlanmoqda). Bir so‘z bilan aytganda zamonaviy nikel-gidridli batareyalarning parametrlari takomillashtirilishidan hali yiroqda, lekin agar

reklamaga ishonilsa, doimo yaxshilanmoqda.

Nikel-gidridli akkumulyatorlar -20°C gacha haroratlarda ishlay oladigan akkumulyatorlar hisoblanadi, kichik yuklamalarda ular o'z nominal sig'imining 90% gacha ta'minlay oladi, lekin katta yuklama ostidan bunday past haroratda to'liq sig'imning faqat 40% ni beradi. 0°C atrofidagi haroratlarda va kichik razryadlanish toklarida bu akkumulyatorlar xona haroratidagi o'z sig'imining 95% ni va katta toklarda to'liq sig'imning 90% ni ta'minlay oladi.

Past haroratlarda katta yuklamalar ostida sig'imning sezilarli kamayishiga qaramasdan, uncha yuqori bo'lmagan elektr energiyasi iste'molida bu akkumulyatorlar qahratonda juda samarali hisoblanadi.

NiMH akkumulyatorlar yanada keng ommaviylashmoqda (ayniqsa, eng keng tarqalgan "barmoqsimon" AAA va AA batareyalar formatlarida), yildan-yilga ularning sig'imi ortmoqda. Agar AA formatdagi birinchi akkumulyatorlarning sig'imi 700-800 mA·soatlardan ortmagan bo'lsa, endi bunday parametrlarga kichik AAA akkumulyatorlari ega, eng ommaviy AA formati uchun esa 1600-1800 mA·soatlardan kam sig'imga ega bo'lgan elementlarni sotib olish ma'noga ega bo'lmaydi.

Lekin bu batareyalarning asosiy kamchiligi yetarlicha kuchli o'z-o'zidan razryadlanishning qolishini davom etishi hisoblanadi va siz bir marta zaryadlangan NiMH-akkumulyatorni zahiraga olib qo'ysangiz, u holda sizni noxushlik kutadi, ular 30-60 kunlarda (saqlanishi sharoitlariga bog'liq ravishda) to'liq razryadlanishga ega.

Nikel-gidridli akkumulyatorlarning *afzalliklariga* quyidagilar kiradi:

- NiCd akkumulyatorlarga qaraganda solishtirma energiya sig'imida 40-50 foizlik ustunlikni ta'minlaydi;
- energetik zichlikni oshirish uchun sezilarli potensialga ega;
- xotira samarasiga kam uchraydi, qayta zaryadlash sikllari qisqa bo'lishi mumkin, to'liq razryadlash esa tez-tez talab qilinmaydi;
- atrof-muhitga do'stona munosabat, faqat ikkilamchi qayta ishlash uchun mumkin bo'lgan o'rtacha toksinlarga ega;
- qimmat emas;

– o‘lchamlar, parametrlar va ishlatish ko‘rsatkichlarining keng dipazonida mumkin.

Nikel-gidridli akkumulyatorlarning *kamchiliklariga* quyidagilar kiradi:

– boshqa texnologiyalarga qaraganda kam sonli zaryadlanish/razryadlanish sikllarini ko‘taradi (zamonaviy akkumulyatorlar uchun o‘rtacha 500 tadan sal ortiq sikllar). Binobarin, chuqur razryadlash emas, yuzaki razryadlash avzalroq, xizmat muddati esa to‘g‘ridan-to‘g‘ri razryadlanish chuqurligiga bog‘liq;

– maksimal yuklamalarga yomon chidaydi, yuklamadagi optimal rejimi nominalning bir qismidan yarmigachani tashkil etadi;

– cheklangan xizmat muddati, agar ishlash sikllari mobaynida bir necha marta yuqori maksimal yuklamalar takrorlansa, u holda ishlatish ko‘rsatkichlari 200-300 ta sikllardan keyin yomonlasha boshlaydi va to‘liq razryadlanishgacha ishlash vaqti asta-sekin kamayadi;

– bu batareyalar yuqori haroratlarda saqlansa ishlatish ko‘rsatkichlari kuchli yomonlashadi. 0 °C ga yaqin haroratlarda yarmidan ko‘proq zaryadni saqlash mumkin;

– zaryadlashning murakkabroq algoritmi, bu akkumulyatorlar katta toklar bilan zaryadlash jarayonida kuchli qiziydi, shuning uchun kuchlanishni sinchiklab rostlash va NiCd-akkumulyatorlarga qaraganda uzoqroq zaryadlash vaqti talab qilinadi;

– NiMH-akkumulyatorlar NiCd-akkumulyatorlar kabi tez zaryadlana olmaydi. Zaryadlanish vaqti odatda NiCd-akkumulyatorlarga qaraganda 2-3 marta katta bo‘ladi. Tavsiya etiladigan razryadlash toki nominal sig‘imning birdan yarmigacha qiymatni tashkil etadi;

– juda yuqori o‘z-o‘zidan razryadlanishga ega (oiga 30% atrofida), saqlashdan keyin tez-tez qayta zaryadlash zarur;

– bir xil sig‘imda NiCd-akkumulyatorlarga qaraganda taxminan 20-30% ga qimmat.

7.8. Litiy-ionli va litiy-polimerli akkumulyatorlar

Barcha metallar ichida litiy juda engil hisoblanib, eng katta elektrkimyoviy salohiyatga ega. Og'irligiga xos ravishda eng katta solishtirma energiya bilan ta'minlaydi. Anodi (manfiy elektrodlar) litiy metalidan iborat bo'lgan akkumulyator batareyalari juda yuqori energiya zichligiga ega. Litiy-metal akkumulyatorlarga qaraganda litiy-ion (Li-ion) akkumulyator batareyalar xavfsizroq, lekin shunga qaramasdan ularni saqlash va qadoqlash davomida xavfsizlik qoidalarga rioya qilish zarur. Ayni paytda litiy-metal batareyalarini xavfsizligi bo'yicha tadqiqod olib borilmoqda va rivojlanishi davom etmoqda. 1991 yilda birinchi bo'lib Sony kompaniyasi litiy-ion (Li-ion) akkumulyator batareyalarini ishlab chiqara boshladi. Hozirda bunday akkumulyator batareyalari istiqbolli hisoblanadi.

Li-ion batareyalari turlari

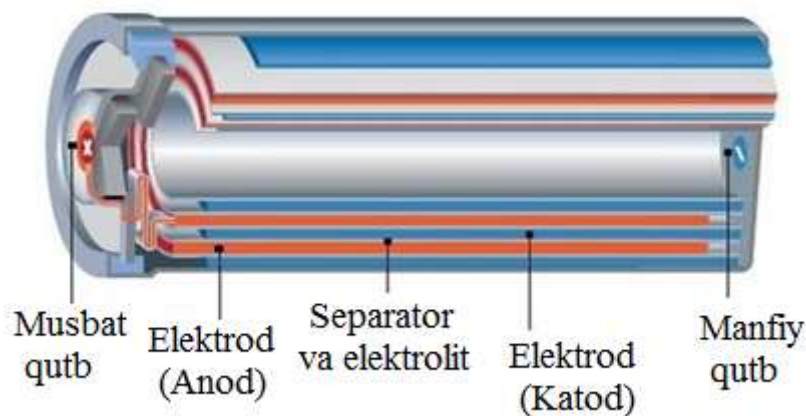
2009 yilda barcha batareyalar daromadining taxminan 38 foizi Li-ion batareyalari tashkil qiladi. Li-ion batareyalariga kam xizmat qo'rsatiladigan batareyalar hisoblanadi. Nominal kuchlanishi 3.6 V. Mobil telefonlarda va raqamli kameralarda keng qo'llaniladi. Li-ion batareya tashqi ko'rinishi 7.6-rasmda va turlari 7.2 - jadvalda keltirilgan.



7.6-rasm. Li-ion batareyalar tashqi ko'rinishi

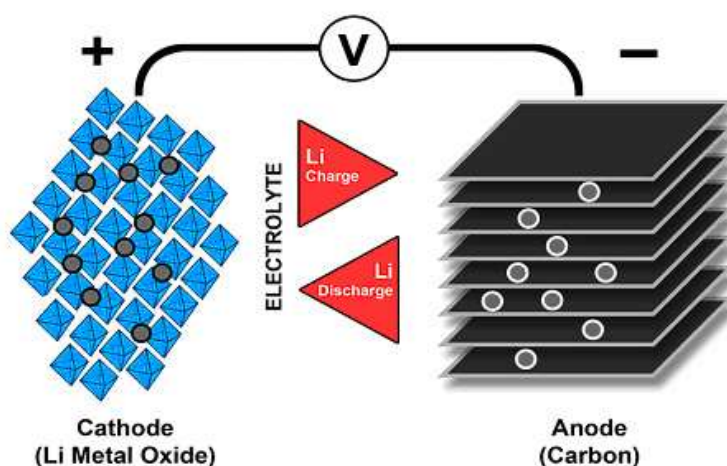
Kimyoviy nomi	Material	Qisqart-masi	Qisqa shaklda nomlanishi	Izoh
Lithium Cobalt Oxide¹ (yana Lithium Cobalate yoki lithium-ion-cobalt deb nomlanishi mumkin)	LiCoO_2 (60% Co)	LCO	Li-cobalt	Imkoniyati yuqori. Mobil telefon, noutbuk, foto va video kamera
Lithium Manganese Oxide¹ (yana Lithium Manganate yoki lithium-ion-manganese deb nomlanishi mumkin)	LiMn_2O_4	LMO	Li-manganese, yoki spinel	Xavfsiz. Li-cobalt ga nisbatan solishtirma quvvati yuqori va xizmat ko'rsatish vaqti uzoq. Elektr asboblarda: radiotexnika, tibbiyot asboblari, va x.k.
Lithium Iron Phosphate¹	LiFePO_4	LFP	Li-phosphate	
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide¹ , (yana lithium-manganese-cobalt-oxide deb nomlanishi mumkin)	LiNiMnCoO_2 (10–20% Co)	NMC	NMC	
Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide¹	LiNiCoAlO_2 (9% Co)	NCA	NCA	Elektr kuch agregatlarida
Lithium Titanate²	$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$	LTO	Li-titanate	

¹ Katod materiali² Anod materiali



7.7-rasm. Li-ion batareyasining tuzilish

Li-ion batareyalari katodi musbat elektrod, anodi manfiy elektrod va elektrolitlar o'tkazgich sifatida foydalaniladi. Katod metal oksididan, and esa g'ovakli ugleroddan iborat.



7.8-rasm. Li-ion akkumulyator batareyasining razryadlanish jarayonini tushuntiruvchi chizma⁴

Razryadlanish jarayonida ionlar oqimi anoddan katod tomon elektrolit va separator tomon oqib o'tadi (7.8-rasm).

Zaryadlanish va razryadlanish jarayonida ionlar katod (musbat elektrod) va anod (manfiy elektrod) o'rtasida almashadi.

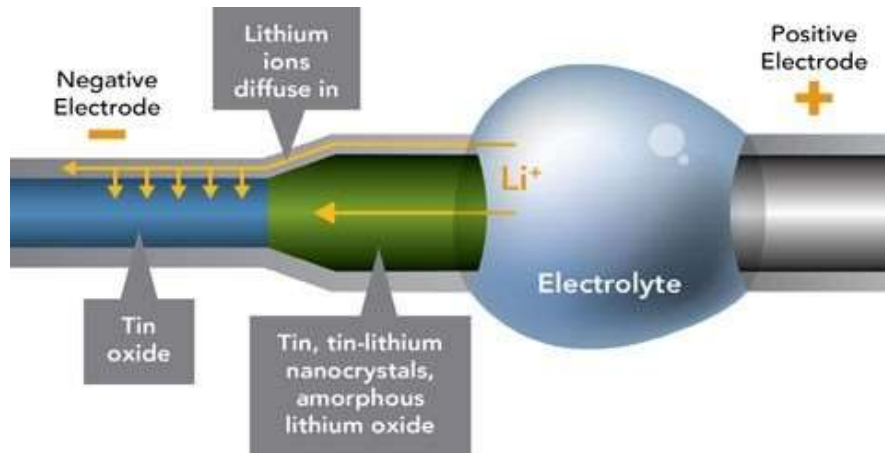
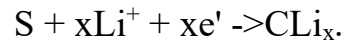
Litiy-ionli batareyalar zaryadlanish jarayonida sodir bo'ladigan jarayonlar:

⁴ "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

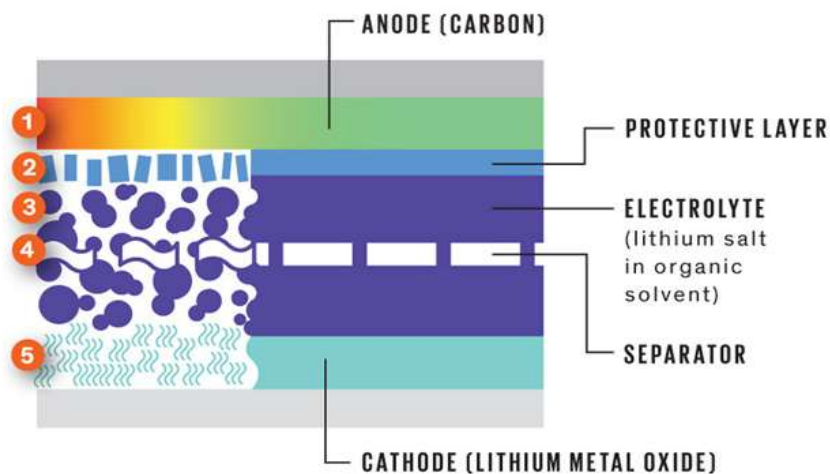
Musbat plastinada -



Manfiy plastinada -



7.9-rasm. Li-ion akkumulyator batareyasida elektronlar oqimi



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

7.10-rasm. Li-ion akkumulyator batareyalarida issiqlik ajralishi

Nazariyadan bizga ma'lumki, barcha batareyalardagi materiallar solishtirma enegetik harakteristikalariga ega. Umumiy katod materiali litiy-oksidi kobalt, (yoki

litiy-kobalt), litiy-marganets oksidi (yoki litiy manganat), litiy-fosfat, litiy-nikel marganets kobalt (yoki NMS) va litiy-nikel Kobalt oksid alyuminiy (yoki NCA).

7.3- jadvalda Li-ion batareyalrining xarakteristikalarini keltirilgan.

7.3 - jadval

Eng ko‘p ishlatiladigan Li-ion batareyalarining xarakteristikalarini⁵

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

⁵ “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.

Solishtirma energiyasi energiyani saqlash bilan bog'liq. Solishtirma quvvat yuklama xarakteriga bog'liq.

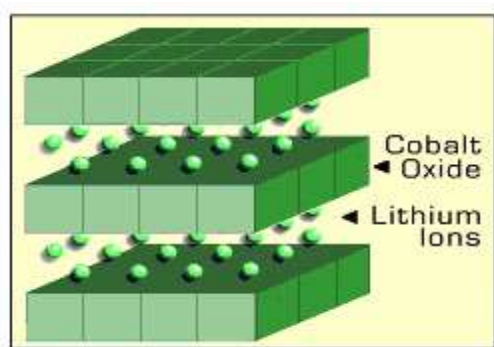
¹ NMC, NCM, CMN, UNM, MNC va MCN lar bir xil. Stexiometrii, kak pravilo, $\text{Li} [\text{Ni} (1/3) \text{ So} (1/3) \text{ Mn} (1/3)] \text{ O}_2$ standard bo'qicha stexiometriya. Poryadok Ni, Mn va Co ketma ketligi uncha katta axamiyatga ega emas.

Yuqori quvvatli Li-ion batareyalari

Ko'pchilik ko'chma ilovalar uchun ishlatiladigan litiy-ion batareyalari kobalt elementi asosida tashkil topgan. Tizim kobalt oksidi musbat elektrod (katod) va manfiy elektrod (anod) uglegrafitdan iborat. Kobalt asosidagi elementdan tashkil topgan batareylarning asosiy afzalliklaridan biri uning yuqori energiya zichligi hisoblanadi. Uning uzoq ishlash vaqti mobil telefonlar, noutbuklar, raqamli fotoapparatlar va videokameralar uchun asosiy manba hisoblanadi.

Keng qo'llaniladigan kobalt asosidagi litiy-ion batareyalari asosiy kamchiligi razryad tokining kichikligi hisoblanadi. Yuqori yuklanganlik asosiy blokni qizib ketishiga olib kelib, xavfsizlikni ta'minlamaydi. Kobalt asosidagi elementdan tashkil topgan batareylarning xavfsizlik chizig'i zaryad bilan cheklangan bo'lib razryadlanish tezligi 1 sekund atrofida. Bu shundan dalolat beradiki, 2400 mAsaat da 18650 ta batareya panjaralari 2,4 A tok bilan zaryadlanadi va razryadlanadi. Yana bir kamchiligi uning ichki qarshilig ortib ketishidir. 2-3 yil foydalanilgandan so'ng akkumulyator batareyasining ichki qarshiligi sabab yuklama ulangan vaqtida kuchlanishning pasayishi kuzatiladi.

7.11-rasmda kobalt oksidining kristal tuzilishi, litiy ionlari bilan kobalt oksidi bog'liqligi ko'rsatilgan.

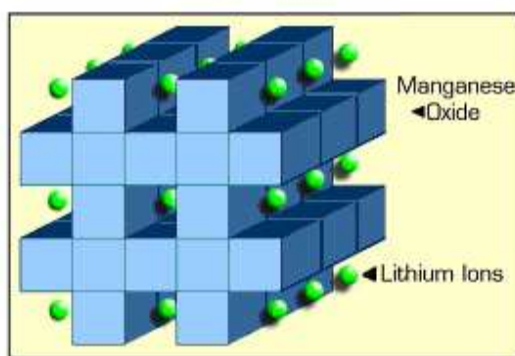


7.11-rasm. Litiy-kobalt oksidi katod kristalining tuzilishi

Kobalt asosidagi litiy-ion batareyalarining razryadlanish vaqtida litiy ionlari katoddan anodga qarab oqib o‘tadi.

1996 yilda olimlar litiy va marganets oksidi yordamida katod materialini yaratishga muvaffaq bo‘lishdi. Bu modda elektrodlar orasida uch o‘lchovli struktura tuzilishini hosil qilib ionlar oqimini yaxshilaydi. Ionlarning yuqori oqimi ichki qarshilikni kamaytiradi va yuklanish qobiliyatini oshiradi. Ichki qobiqning kichik qarshiligi yuqori tezlik uchun asos hisoblanadi. Bu foydali xususiyati tez zaryadlash imkonini beradi.

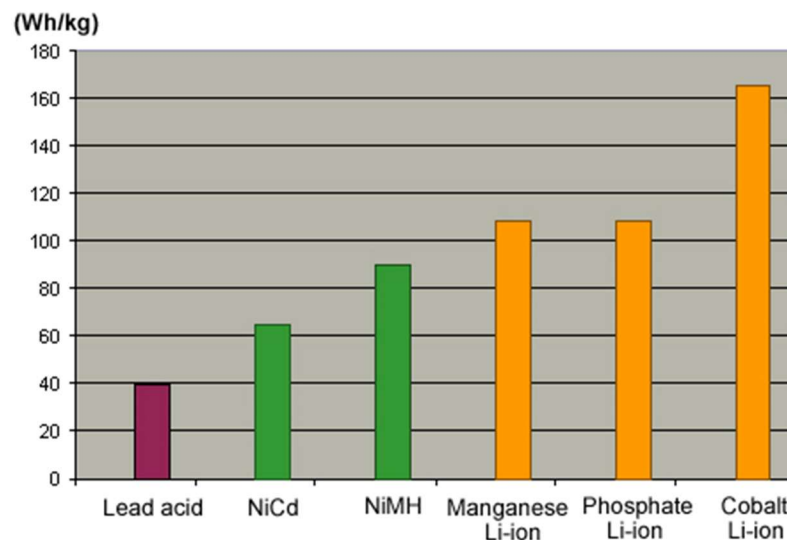
7.12-rasmda litiy-marganets oksidi katod kristali, ya’ni litiy-ionlari bilan marganets oksidi bog‘liqligining uch o‘lchovli tuzilishi keltirilgan.



7.12-rasm. Litiy-marganets oksidi katod kristalining tuzilishi

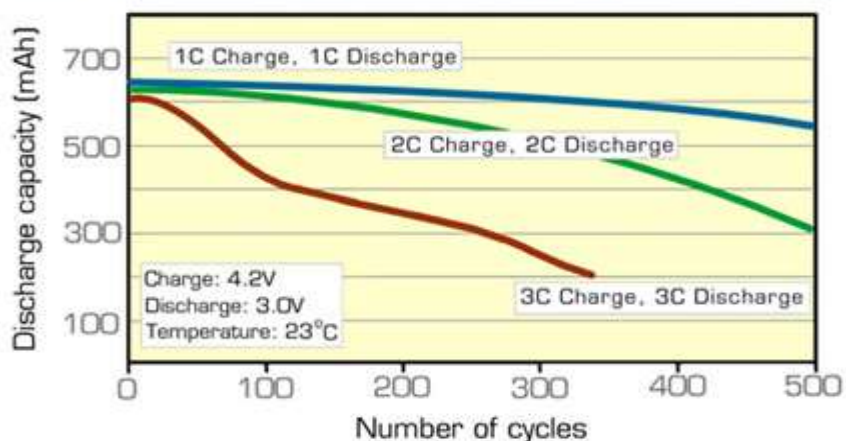
Litiy-marganets oksidi yuqori o‘tkazuvchanlikka ega, lekin energiya zichligi past. Bu akkumulyator batareyaning kamchiligi ham bor. Eng muhim nuqsonlaridan biri kobalt akkumulyator batareyalariga nisbatan kam imkoniyatga ega. Kobalt akkumulyator batareyalari 2400 mAsaat kuchlanish bersa, Litiy-marganets akkumulyator batareyalari 1200 mAsaat kuchlanish beradi.

7.13-rasmda an’anaviy kimyoviy batareyalarining energiya zichligi keltirilgan. 7.14-rasmda esa Li-ion batareyalarinig zaryadlanish va razryadlanish xarakteristikalari tasvirlangan.



7.13-rasm. An'anaviy kimyoviy batareyalarining energiya zichligi

Cycle performance at various charge/discharge rates



7.14-rasm. Li-ion batareyalarinig zaryadlanish va razryadlanish xarakteristikallari

Qo'yidagi ko'rsatmalarda batareyaning xizmat qilish vaqtini uzaytirish yo'llari taklif qilingan:

- asosan yuqori haroratlarda yuqori kuchlanishning uzoq muddatli bo'lishi batareyani chirishiga (korroziya) olib keladi, batareya yuqori kuchlanishga sezgirligi kam;

- 3.92 V kobalt asosidagi litiy-ion batareya uchun eng maqbul yuqori kuchlanish sathi hisoblanadi. Shu sathgacha zaryadlash uning ishlash vaqtini uzaytiradi.

- Li-ion batareyasining zaryad toki mo'tadil bo'lishi kerak (kobalt asosidagi litiy ion batareyalari uchun 0.5 s).

- tez tez zaryadlab turish;

- litiy-ion batareyalarini berilgan sathdan, ya'ni muzlash haroratidan past haroratda zaryadlash mumkin emas.

Razryad jarayonida teskari reaksiyalar sodir bo'ladi. Ekologik havfsizlik haqida aytsak qo'rg'oshin va kadmiy asosidagi akkumulyator batareyalarga qaraganda litiy ionli akkumulyator batareyalari havfsizroqdir. Litiy ionli batareyalar ichida esa marganets ishlatilgan qurilmalar havfsizroq.

Barcha afzalliklariga qaramay bunday batareyalar kamchiliklarga ega. Ular nozik bo'lganligi uchun havfsiz ishlashi uchun maxsus himoya sxemalari zarur. Himoya sxemasi - batareya korpusiga qo'shilgan holda bo'ladi, u zaryadlanish vaqtida har bir elementdagi kuchlanish ortib ketishini oldini oladi va kuchlanish meyordan kamayib ketsa ogohlantiradi va cheklaydi. Bundan tashqari bu sxema zaryadlanish va zaryadsizlanish toklarini meyorlaydi, batareya meyordan ortiq qizib ketishini oldini olish uchun temperaturasini nazorat qilishni taminlaydi. Meyor saqlagichlari qayta zaryadlash vaqtida metal litiyni paydo bo'lishi, portlash yoki olov otilishili ventilatsiya jarayoni sodir bo'lishi haqida ogohlantiradi.

Ko'pchilik litiy ionli batareyalar eskirish (qarish) kabi hususiyatlarga egadir, lekin bizga nomalum sabablarga ko'ra ishlab chiqaruvchilar buni sir saqlashadi. Bazida texnik malumotlarida batareyani sig'imining 1 yildan so'ng kamayishi haqida yoziladi (batareya ishlatilgan yoki ishlatilmaganidan qat'iy nazar). Ikki uch yildan so'ng esa odatda ular ishdan chiqadi. Batareya ishdan chiqishining asosiy sababi batareya tarkibidagi elementlarda qaytarib bo'lmas kimyoviy jarayonlar sodir bo'lishidadir.

Litiy ionli va boshqa turddagi batareyalarni salqin joyda saqlash uning eskirish (qarish) jarayonini nisbatan sekinlashtiradi. Ishlab chiqaruvchilar batareyalarni 15 °C temperaturada saqlashni maslahat berishadi, bunda batareyalar zaryadlangan bo'lishi lozim.

Litiy ionli batareyalarni uzoq muddat saqlash maslahat berilmaydi. litiy ionli batareyalar saqlanishida karroziyaga uchraydi.

Batareya sotib olgan foydalanuvchi ishlab chiqaruvchi tomonidan uning almashtirilishi kerak bo'lgan vaqt haqida malumot olishi lozim. Afsuski maxsulotning ishlab chiqarilgan sana va seriya raqami ichida yoki alohida kodlangan bo'ladi, shuning uchun foydalanuvchi ishlab chiqarish sanasi haqida malumot olish uchun maxsus adabiyotlardan foydalanishi kerak bo'ladi.

Ishlab chiqaruvchilar doimiy ravishda litiy ionli akkumulyator batareyalarining sifatini yaxshilash ustida ishlashadi. Taxminan har yarim yilda ular yangi yoki yaxshilangan kimyoviy tarkiblar ishlatiladi. Bunday o'zgarishlarda ishlatish va saqlanish muddati haqidagi malumotlarni ko'rib ulgurish qiyin.

Silindrik litiy ionli akkumulyator batareyalari narx/sig'im nisbatida eng yaxshisi xisoblanadi. Odatda ular mobil kompyuterlarda ishlatiladi. 18 mm dan yuqqa korpus uchun esa prizmaviy litiy ionli batareyalar eng yaxshi echim hisoblanadi. Lekin ular silindrik tuzilgan batareyalardan ikki marta qimmat. O'ta yuqqa korpus uchun (4 mm dan yuqqa) litiy polimerli tizimlar mos keladi.

Litiy ionli akkumulyator batareyalarning *afzalliklari*:

- 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 (qarish). Batareyani salqin joyda saqlash eskirish jarayonini taxminan 40% ga kamaytiradi;
- razryad tokining belgilanganligi;
- katta partiyadagi batareyalarni tashish muamolari – oldindan kelishib olish talab etiladi;
- tannarxining yuqoririoqligi (nikel kadmiyli batareyalar bilan solishtirganda 40 % yuqoriroq);
- konstruksiya mukammal emasligi.

Litiy ionli batareyalarni ishlatishda havfsizlik meyorlari muhimdir. Ularni chiqishlarini qisqa tutashtirish, keragidan ortiqcha zaryadlash, uni bo'laklarga

ajratish, kuchlanishni teskari qutbga o'tkazish, qizdirish mumkin emas.

Faqatgina himoya sxemasiga ega bo'lgan litiy ionli batareyalarni ishlatish kerak. Bunday batareyalar elektroliti engil yonuvchan bo'ladi.

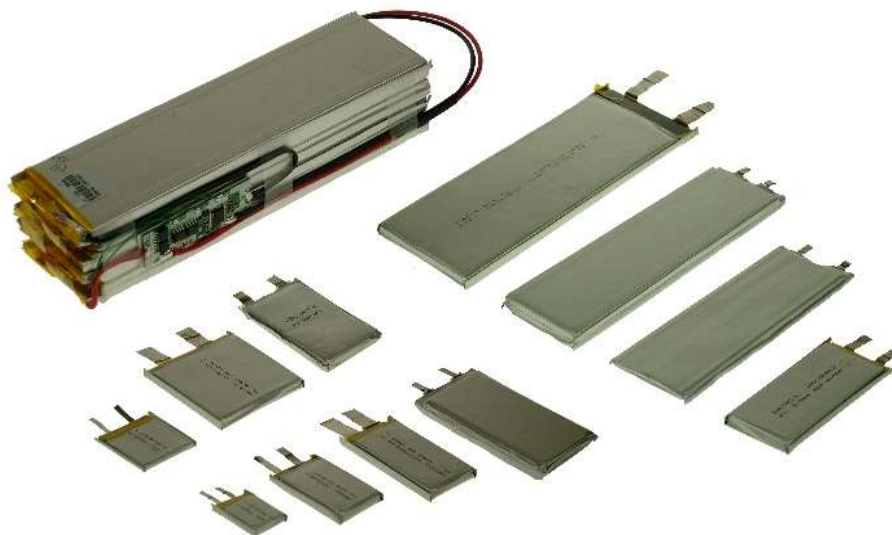
Litiy ionli akkumulyator batareyalarining korpus turlari chegaralangan. Ulardan en mashxurlari 18650 (18 diametr millimetrd, 650 uzunlik mm*0.1) Bunday tipdagi elementlar sig'imi 1800 dan 2000 mA*soat . kattaroq tipdagi elementlar sig'imi 26 mm 3200 mA 26650 diametrli.

Litiy-polimer akkumulyator batareyalari

2000 yillar boshida litiy polimer akkumulyator batareyalari ishlab chiqarilib va ulardan keng foydalanish amalga oshirildi. Elektrolitni ishlatilish turiga qarab litiy-polimer akkumulyator batareyalari boshqa turdagi akkumulyator batareyalaridan farq qiladi. 1970 yillarda polimerlar qattiq (quruq) elektrolitlardan (plastik pliyonkaga o'xshash) iborat bo'lgan. Izolyator ionlarni almashinuvini ta'minlaydi (elektrik zaryadlangan atomlar) va eletrlit bilan to'ydirilgan an'anaviy g'ovakli ajratuvchi (separator) o'rnini egallaydi. Qattiq polimer xona haroratida o'tkazuvchanligi juda past bo'ladi. Buning uchun batareya 50-60 °C (122-140 °F) ga qizdirilishi kerak. Ancha kutilgan "plastik batareya"lar 2000 yillarda o'zini oqlamadi. O'tkazuvchanligi atrof-muhit haroratiga bog'liq bo'lib qoldi.

Kiyinchalik, zamonaviy litiy-polimer akkumulyator batareyalarinig xona haroratida o'tkazuvchanligini oshirish uchun geleyli elektrolit qo'shildi. 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 (7.15-rasm). 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.

Litiy-polimer akkumulyator batareyalarining asosiy xarakteristikalarini 7.4-jadvalda keltirilgan. Li-ion polimer batareyalari uchun texnik ma'lumotlar esa 7.5-jadvalda keltirilgan.



7.15-rasm. Litiy-polimer akkumulyator batareyalari

7.4-jadval

Litiy-polimer akkumulyator batareyalarining asosiy xarakteristikalari

Asosiy xarakteristikalari	• Barcha shakli va xajmi amaliyot bilan bog‘langan, berilgan o‘lchamlardan 100% foydalanish; • Ekologik toza, kadmiy, simob va boshqa og‘ir metallar yo‘q; • Yuqori energiya zichligi - 175 – 210 Wh/Kg; • Yuqori toklarga erishish mumkin: 1.5-70C; • ~300 davri.
Ishlash balandligi	- Qo‘shimcha: Yuqori energiya zichligi - 275 Wh/Kg; - Qo‘shimcha: 30C max yuqori zaryad oqimlari (70C cho‘qqisi); - Qo‘shimcha: >800 davri.

Zichlikni hisoblash:

$$\frac{\text{Sig'imi}}{\text{Og'rligi}} \cdot \text{kuchkanish} = \frac{13,000 \text{ mA} \cdot \text{soat}}{213.3 \text{ gramm}} \cdot 3.7 \text{ Volt} = 225.5 \text{ Vt} \cdot \text{soat/kg}$$

Texnik xususiyatlari:

- Sezilarli energiya zichligi uchun hajm va og‘irlik birligi 220-230 Vtsoat/kg;
- o‘z-o‘zidan razryadlanishi kichik, 1 oyda 5 %ni tashkil qiladi;
- boshqa batareyalarga nisbatan engil va nozik;
- foydalanish uchun xavfsiz.

Li-ion polimer batareyalari uchun texnik ma'lumotlar

Mezon	Texnik ma'lumotlari
Sig'imi	30-22000 mAs
Kuchlanishi	3.7V
Maksimal zaryadlash toki	1 C
Energiya qabul qilishi	>kg/200 Vt soat
Hayot davri 1C	>300 davr
Maksimal zaryadlash kuchlanishi	4.2 V
Oxirgi razryadlanish kuchlanishi	2.75 V
Maksimal uzluksiz razryadlanish toki	2 C
O'z-o'zidan razryadlanishi	<5% oyiga
Ishlash temperaturasi	-20 °C/60 °C

Li-ion polimer batareyalari/akkumulyatorlarining standartlari

P.N. elementi	Kuchla -nishi	Sig'imi [mAs]	Gabarit o'lchovlari [mm]			C - darajasi / razryadlanish		Og'irligi [gramm]	Zichligi [Wh/kg]
			T	W	L	Maks	Cho'q qi		
ABLP7380145	3.7	12,400	<7.9	80	145	2C	3C	200	225
ABLP8570170	3.7	12,600	8.5	70	170	2C	3C	215	217
ABLP1055275	3.7	21,000	10.5	55	272	2C	3C	360	216
ABLP8043125 HGE	3.7	5,800	8.2	43	125	1.5C	2C	84	260
ABLP5274170 HG	3.7	8,900	5.2	70	170	1.5C	2C	138	238

ABLP7374170 HG	3.7	12,600	7.3	70	170	1.5C	2C	194	240
ABLP8474170 HG	3.7	14,400	8.4	70	170	1.5C	2C	222	240
ABLP10655275 HG	3.7	23,880	10.6	55	272	1.5C	2C	364	243

Litiy polimerli akkumulyator batareyalarini o'ziga xos xususiyatlari⁶

Litiy polimerli akkumulyator batareyalari ishlatiladigan elektrolit turlari bilan litiy ionli batareyalardan farqlanadi. 1970-yilda ishlab chiqilgan bu batareyalar faqat qattiq quruq polimerdan tayorlangan elektrolit ishlatiladi. Ular plastic plyonkaga o'xshash bo'ladi. Ular tok o'tkazmaydi, lekin ion almashishni taminlaydi.

Polimer elektrolit odatiy teshikli separatorni o'rnini bosadi, ularni suyuq elektrolit o'zida singdiradi. Quruq polimer ishlab chiqarishni engillashtiradi, havfsizlikni yaxshilaydi va uni yupqa profilli geometriyasini taminlaydi. Bunda batareyaning yonish havfi yuqoladi, chunki ularda suyuq yoki gel ko'rinishidagi elektrolit ishlatilmaydi.

Qalinligi 1mm li litiy polimerli elementlar yaratilishi bilan yangi elektron uskunalarni yaratuvchilar oldida keng imkoniyatlar yaraldi. Bu o'z navbatida radioelektron qurilmalarni kichiklashtirishga bo'lgan cheklovlarni echilishiga olib keldi. Yangi mikroelement manbalari tijorat uchun bir necha yil oldin paydo bo'ldi.

Litiy polimerli batareyalarning kamchiliklari ularning o'tkazuvchanligini yomonligi. Litiy polimerli batareyalarning ichki qarshiligi yuqori bo'lgani uchun u zamonaviy aloqa vositalari va portativ kompyuterlarning qattiq disklari ishlashi uchun etarli tokni taminlab bera olmaydi. Bunday batareyalarni 60°S va undan yuqori haroratga qizdirish uning ichki qarshiligini kamaytirsada bu usul tijorat uskunalari uchun to'g'ri kelmaydi.

Hona haroratiga yaqin bo'lgan haroratlarda litiy polimerli batareyalarni ishlash xarakteristikalarini yaxshilash sohasida izlanishlar olib borilmoqda. 2005

⁶ "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.

yilga kelib hozirgi litiy ionli batareyalarga qaraganda tijorat uchun 1000 sikl quvatlanish\quvatsizlanish da ham ishchi holatini saqlab qoluvchi batareyalar paydo bo'ladi. Shu vaqtning o'zida litiy polimer akkumulyator batareyalari hozirgi paytda issiq iqlimli mamlakatlarda zaxira quvvat manbalarida muvaffaqiyatli qo'llaniladi. Ular ko'p hollarda qo'rg'oshin kislotali batareyalarni almashtiradi.

Litiy ionli akkumulyator tuzilishi silindrik korpusda, prizmatik korpusda bo'ladi, litiy polimerli batareyalar elementlar prizmatik bo'lgani uchun ularning o'lchamlarini belgilovchi standartlar yo'q. Prizmatik elementlarni odatda 340648 va 340848 tipidagi o'lchamlarga bog'lashadi bunda birinchi ikkita raqam kenglikni qolgan ikkitasi qalinlikni ifodalaydi. Bazi ishlab chiqaruvchilar bu standartlardan chetlanishadi. Misol uchun Panasonic firmasi 34 x 50 mm va qalinligi 6,5 mm bo'lgan batareyalar ishlab chiqarishadi. Bu batareya sig'imini oshirish maqsadida qilinadi. Bundan tashqari Panasonic firmasini litiy ionli batareyalari markirovkasida raqamlar ketma ketligi bilan farqlanadi. Misol uchun SGA103450 birinchi ikki raqam qalinlikni keyingi iktasi kengligini oxirgi iktasi balandligini ifodalaydi.

Silindrik elementlarga qaraganda prizmatik elementlarning kamchiligi ularda energetik zichlikning pastligidir. Bundan tashqari prizmatik elementlarni ishlab chiqarish qimmatroq, ular silindrik elementlar kabi yuqori mexanik baquvatlikni taminlay olmaydi. Korpus ichidagi gazlar bosimi tufayli shishishini oldini olish uchun prizmatik elementlarni baquvvat metallardan tayorlashga to'g'ri keladi.

Kichik o'lchamlarda prizmatik elementlar 400 dan 2000 mAsot va undan yuqori sig'imga ega. Mobil telefonlar ishlab chiqaruvchilar uchun har bir qurilma uchun belgilangan o'lchamdagi batareya talab etiladi akkumulyator batareya ishlab chiqaruvchilar buni taminlay oladilar.

Bunday batareyalar ventilyasiya tizimiga ega emas va ular shishishi mumkin. Lekin ularni ishlatish qoidalariga amal qilinsa bu hodisa sodir bo'lmaydi.

1995 - yilda birinchi marotaba paket ko'rinishidagi akkumulyator batareyalari ishlab chiqarila boshlagan. Qimmat metal silindrlardagi oyna – metal o'tishlarga ega bo'lgan plastinalar o'rniga paket ko'rinishidagi akkumulyatorlarda qarama qarshi qutbli elementlar orasi yupqa issiqlikga chidamli falga bilan o'raglan bo'ladi. Bunday element chiqishlariga elektrodlar kavsharlangan bo'ladi ular paket

materialidan ajratilgan bo‘ladi.

O‘z tuzilishi tufayli paketli element zarur bo‘lgan element o‘lchamlariga aniq bog‘lanish imkonini beradi. Bu korpusni ichki muhitidan 90..95% foydalanish imkonini beradi. Bu esa barcha turdagi akkumulyatorlar ichidagi eng yuqori koeffitsiyent hisoblanadi. Metal korpusi yo‘qligi tufayli paketli element kichik vaznga ega.

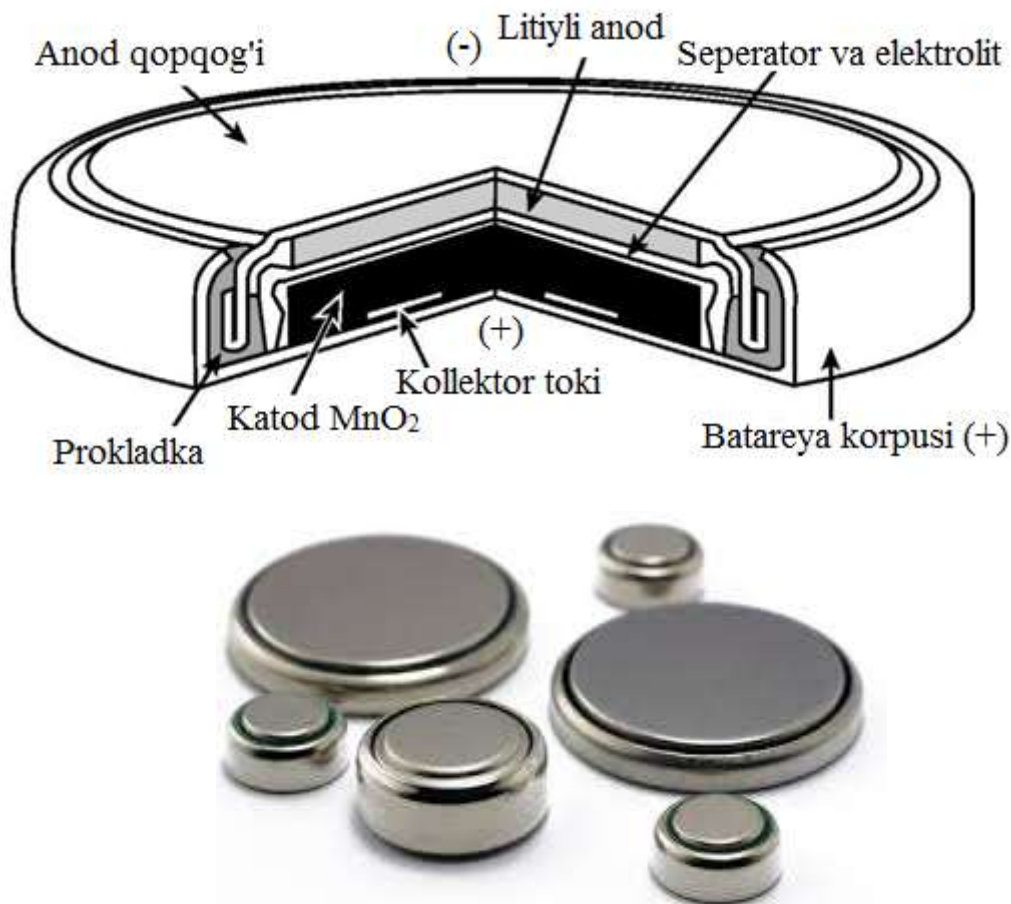
Ishlash prinsipiga ko‘ra paketli elementlar litiy ionli yoki litiy polimerli akkumulyatorlarga mansub. Hozirgi vaqtda ular keng miqyosda ishlab chiqarish uchun qimmat, bundan tashqari etarlicha ishonchli emas, ularning energetik zichligi, razryad toki oddiy tuzilishli akkumulyatorlardan past va ishlash muddati kamroq.

Zaryad va razryad vaqtida paketli elementlarni gazlar tufayli shishishi mumkinligi yoqimsiz xolat. Ishlab chiqaruvchilar litiy polimerli va litiy ionli elementlarni foydalanish qoidalariga qat’iy rioya etilsa ulardan gaz ajralmasligini takidlashadi:

Zaryad jarayonida faqat belgilangan tok qiymatida, va yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan zaryad kuchlanishida bo‘lishi lozim. Paketli elementlarni ximoya qoplamasini ishlab chiqarishda zaxira hajm bo‘lishi kerak, bunda uning shishishini inobatga olish kerak. Bir nechta elementdan batareya sifatida foydalanishda uni pachka ko‘rinishida emas aksincha ketma ket joylashtirish maqsadga muvofiq.

Paketli elementlar nuqtali bosimga va buralishlarga juda sezgir. Shuning uchun himoya qoplamasi uni bu turdagi tasirlardan va mexanik zarblardan saqlashi kerak.

Turli xil raqamli apparaturalarda va kompyuter texnikasida mustaqil energiya taminoti uchun tabletkasimon litiy ionli akkumulyatorlardan foydalaniladi. Bunday akkumulyator tuzilishi 7.16-rasmda keltirilgan.



7.16-rasm. Tabletkasimon litiy ionli akkumulyatorlar tuzilishi

Litiy-ionli batareya zaryadi

Litiy ionli batareyalarning zaryad qurilmalari ishlash prinsipiga ko'ra kislota-qo'rg'oshinli batareyalar zaryad qurilmalarinikiga o'xshash, bu qurilma zaryad kuchlanishi chekloviga ega. Ularning farqi shundaki, litiy-ionli batareyalarni element kuchlanishi yuqoriroq, zaryad kuchlanishida og'ishlar kamroq va ular zaryad butkul to'lganda kompensatsiyalovchi zaryadga muxtoj emas.

Kislota-qo'rg'oshinli batareyani zaryad jarayonida kuchlanish egiluvchanligiga yo'l qo'yiladi. Litiy-ionli batareyalarga qat'iy talablar qo'yiladi: u qat'iy belgilangan qiymatga ega bo'lishi kerak.

Boshlang'ich davrda grafit tizimi ishlatilgan litiy-ionli batereyalar endi ishlab chiqilganda ulardan bitta elementga 4,1 V kuchlanish talab etilgan. Garchi, nisbatan katta kuchlanish ishlatish energetik zichlikni oshirsada, ammo bunday tipdagi elementlarda 4,1 V chegarasidan oshgan kuchlanishdagi okislanish jarayoni ishlash muddatini qisqarishiga olib kelgan. Vaqt o'tishi bilan bu kamchilikni

kimyoviy qo'shimchalar yordamida yo'q qilishdi va hozirgi vaqtda litiy-ionli elementlarni 4.20 V kuchlanishda quvvatlash mumkin. Yo'l qo'yiladigan kuchlanish chetlashishi bor yo'g'i +0.05 V ni tashkil etadi.

Sanoat va harbiy sohaga mo'ljallangan litiy-ionli batareyalar tijorat batareyalariga nisbatan ko'proq ishlash muddatiga ega bo'lishi kerak. SHuning uchun ularda elementning oxirgi quvvat chegaraviy kuchlanishi 3.90 V ni tashkil etadi. Garchi, bu batareyalarda energetik zichlik kichik bo'lsada, ishlash muddati biroz uzaytirilgan va boshqa tipdagi batareyalarga qaraganda energetik zichlik litiy-ion batareyalarini raqobatdan holi qiladi.

Litiy-ion batareyalarini 1 C tok bilan quvvatlaganda, quvvatlanish 2-3 soatni tashkil qiladi. Quvvatlanish jarayonida ular qizimaydi. Batareya undagi kuchlanish unga berilayotgan kuchlanishga teng bo'lganda to'liq quvvatlangan holatga keladi, tok esa bu vaqtda ancha kamayadi va boshlangich zaryad tokining 3 % ni tashkil etadi. Undan tashqari, oqimli zaryadlagich akkumulyatorning ishini nobarqarorlashishiga olib keluvchi omil – litiyda metallizatsiyani keltirib chiqarishi mumkin. Aksincha, doimiy tok bilan qisqa quvvatlash batareyani biroz o'z-o'zidan quvvatsizlanishga olib keladi. Quvvatlash uskunasiining tipi va quvvatsizlanish darajasidan kelib chiqib bunday quvvatlash har 500 soat yoki har 20 kunda amalga oshirilishi mumkin. Odatda bunday quvvatlashni neytral kuchlanish 4.05 V/elementga kamayganda amalga oshiriladi va u 4.20 V/element ga etganda to'xtatiladi.

Litiy-ion batareyasi tasodifan o'ta quvvatlanib ketsa nima sodir bo'lishi mumkin? Bunday tipdagi batareya faqat normal kuchlanish quvvatida xavfsiz ishlashi mumkin. Agar u normaldan yuqori bo'lsa, batareya nobarqaror ishlashi va ishdan chiqishi mumkin. Bu kuchlanish quvvati 4.30V/elementdan oshganda anodning litiy bilan metallizatsiyasi yuz beradi, katodda esa aktiv kislorod ajralib chiqib boshlaydi va batareya temperaturasi oshishi sababli bu holat sodir bo'ladi. Litiy-ion batareyalarini xavfsiz ishlashi uchun jiddiy vaqt ajratilishi kerak. Tijoratga mo'ljallangan batareyalarda belgilangan kuchlanish ko'rsatkichidan oshganlik to'g'risida habar beruvchi maxsus himoya vosiyalari mavjud. Qo'shimcha himoya elementi agar batareya temperaturasi 90 °C ga etsa quvvatlashni to'xtatishni

ta'minlaydi. Konstruksiya bo'yicha anchagina mukammal batareyalarda yana bir himoya elementi mavjud - qobiqning ichki bosimi oshib ketganda ishga tushuvchi mexanik o'chirgich mavjud. O'rnatilgan kuchlanish nazorat tizimi ikki kuchlanishga sozlangan - yuqori va quyi (pastki) chegara uchun.

Himoya qurilmasi mavjud bo'lmagan litiy-ion batareyalari ham mavjud. Bu tarkibiga marganetsli batareyalardir. Tarkibida uning borligi sababli, quvvatlanib ketishda metallizatsiya jarayoni va katoddan kislorod ajralib chiqishi shunchalar sekin bo'ladiki, batareyalarda himoya qurilmasini ishlamasligiga olib keladi. Litiy-ionli batareyalar yuqori haroratda ham, past haroratda ham juda yaxshi quvvat xarakteristikalariga ega. Ularning ba'zilarini 1C tok bilan 0 dan 45 °C gacha haroratda quvvatlash mumkin. Ko'pchilik litiy-ionli batareyalar 5 °C va undan past haroratda kam tok quvvatni ma'qul ko'radilar. Shunda ham muzlab qolish haroratida quvvatlashdan ehtiyot bo'lish kerak, chunki metalli litiyning cho'kishi sodir bo'ladi.

Litiy-ionli akkumulyatorlarni yoyish qat'iy man qilinadi. Agar elektrolit oqishi sodir bo'lsa va uni inson terisining ochiq joylariga yoki ko'zga tushsa zudlik (15 daqiqa ichida) bilan unni toza suv bilan yuvib tashlash zarur. SHundan so'ng vrachga murojat qilish zarur.

Litiy-polimerli batareyalarni quvvatlash

Litiy-polimer batareyalarini quvvatlash jarayoni litiy-ion batareyalarinikiga o'xshash. Litiy-polimer batareyalarida quruq elektrolit ishlatiladi. Ularning quvvatlanish vaqti 3...5 sekundni tashkil qiladi. Gelli elektrolitli litiy-polimer batareyalari ularni odatda litiy-ionli batareyalarga sinfiga keritishadi va ularning quvvatlanishi bir xil. Ko'pgina quvvatlash uskunalari litiy-ionli va litiy-polimerli batareyalarini zaryadlashga mo'ljallangan bo'ladi. SHuning uchun istemolchi qaysi batareyani ishlatayotganini o'ylab o'tirishi shart emas.

Hozirgi kunda ko'pgina litiy-ionli batareyalar aslida gelli elektrolitli litiy-polimerli batareyalar hisoblanadi va bir necha yillardan so'ng ular qimmat bo'lmagan quruq elektrolitli litiy-polimer batareyalarini siqib chiqaradi.

Litiy-ionli batareyalarni himoya qilish vositalari⁷

Tijoratga moslashgan litiy-ionli batareyalar barcha tipdagi batareyalardan ancha mukammal himoyaga ega. Bu himoya darajasi qandaydir elektron qurilmaga ulangan litiy-ion batareyasi doimiy tarzda odam qo'lida turgani uchun ishlab chiqilgan. Odatda litiy-ion batareya sxemasida maydon tranzistorida batareya elementida kuchlanish 4.30V ga etganida ochiladigan va shu bilan quvvatlash jarayonini to'xtatadigan kalit ishlatiladi. Undan tashqari termal himoyani ta'minlovchi, batareya 90 °C qiziganda kuchlanish zanjirini o'chiradigan termoo'chirgich ham bor. Har bir element o'chirgichga ega, u korpus ichida 1034 kPa (10,5kg/m²) maksimal bosimga etganda ishga tushadi va kuchlanish zanjirini uzadi. Chuqur razryaddan himoya sxemasi ham mavjud, u sxema batareya kuchlanishi 2.5 V dan kamaysa kuchlanish zanjirini uzadi.

Yoqilgan holatda mobil telefon akkumulyator batareyasini ichki qarshiligi 50... 100 mOm (0,05...0,1 Om) ni tashkil etadi. Konstruksiyasi jihatdan u ketma ket ulangan ikkita kalitdan tuzilgan. Ulardan biri batareya kuchlanishi maksimal darajaga etganda, ikkinchisi past kuchlanishga etganda ishga tushadi. Bu kalitlarning umumiy qarshiligi ichki qarshilikni ikki marta oshishini taminlaydi, ayniqsa u faqatgina bitta elementdan tuzilgan bo'lsa, mobil telefonlarning akkumulyator batareyalari yuqori kuchlanish tokini taminlashi kerak, buni esa batareyaning past ichki qarshilikda amalga oshirish mumkin. Shu tarzda himoya sxemasi o'zidan ishchi kuchni cheklovchi to'siq vazifasini bajaradi.

Litiy-ionli batareyalarni ba'zi tiplarini kimyoviy tarkibida 1-2 elementdan tashkil topgan va tarkibida marganets ishlatiladigan batareyalarda himoya sxemasi ishlatilmaydi. Buning o'rniga ularda faqatgina bitta saqlagich ishlatiladi. Bunday batareyalar kichik sig'imi va kichik o'lchamlari tufayli havfsiz hisoblanadi. Bundan tashqari marganets batareyadan foydalanish qoidalari buzilishiga chidamli. Himoya sxemasini yo'qligi litiy-ionli batareya narxini pasaytiradi lekin boshqa muammolarni keltirib chiqaradi.

Xususan, mobil telefon foydalanuvchilari quvvatlash uchun zaryadlash

⁷ **"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.

qurilmalaridan foydalanishlari mumkin. Bunday zaryadlash qurilmasi bilan ular himoya sxemasi borligi sabab quvvat to‘lib bolishi bilan jarayon to‘xtatilishiga ishonch hosil qilishlari mumkin. Agarda himoya sxemasi mavjud bo‘lmasa, batareya meyoridan ortiqcha quvvatlanadi va bu uni ishdan chiqishiga olib keladi. Bu jarayon odatda qizish oshishi va batareya korpusi shishishi bilan namoyon bo‘ladi. Albatta bunday holatlarga yo‘l qo‘ymaslik kerak. Navbatdan tashqari quvvatlash qurilmasidan foydalanishdagi buzilishlar tufayli u almashtirish kafolatiga ega bolmaydi.

Misol uchun kobalt elektrodli litiy-ionli batareyalar to‘liq himoyani talab etadi. Statik elektr zaryadi va zaryadlash qurilmasining nosozligi batareyaning himoya sxemasini ishdan chiqishiga olib keladi. Bu himoya sxemasini qattiq kaliti doim yoqilgan holda bo‘lishini anglatadi, foydalanuvchi esa bu haqida bilmaydi. Bunda akkumulyator batareyasi normal ishlashi mumkin, lekin havfsizlik talablariga javob bermaydi. Buning oqibatida zaryadlash jarayonida qizish, korpusning shishishi va ba’zi hollarda gazlarni otilishi, olov chiqish (olovli ventilyasiya) sodir bo‘ladi. Chiqishlarni qisqa tutashuvi ham huddi shunday havfli.

Litiy-ionli batareyalar ishlab chiqaruvchilar texnik harakteristikalarda ularni portlashga moyilligi haqida aytmaslikka harakat qilishadi. Buning o‘rniga ular (olovli ventilyasiya) terminini ishlatishadi. Garchi bu jarayon sekin sodir bo‘lsada, lekin u batareyani ishdan chiqishiga olib keladi.

Ko‘pchilik litiy-ion batareyalar ishlab chiqaruvchilar ularni akkumulyator batareyasi elementi sifatida alohida sotishmaydi. Uning o‘rniga ular o‘rnatilgan himoya sxemasili batareyalar ishlab chiqarishadi, chunki ular foydalanuvchilarni qurilmadan noto‘g‘ri foydalanishdagi kelib chiqadigan muammolarni inobatga olishadi. SHu maqsadda kompaniya o‘z maxsulotlarining qattiq sertifikatsiyalash orqali bozorda yangi tipdagi litiy-ion batareyalarini paydo bo‘lishiga xizmat qiladi.

To‘liq quvvatsizlangan litiy-ionli batareyalarini quvvatlash

Litiy-ionli akkumulyator batareyasini quvvatsizlanish oxiridagi kuchlanishi 3V ni tashkil etadi, yuqorida keltirilgan 2,5 V esa quvvatsizlanish jarayonini uzilishi ro‘y beradi. Lekin amaliyotda bunday akkumulyatorlar

elementga 2,5 V kuchlanishdan kam miqdorda to'liq quvvatsizlangan bo'ladi. Odatda bu holat uzoq muddatda quvvatsizlantirishsiz saqlanganda sodir bo'ladi. Bu holda litiy-ionli batareyalar ishlab chiqaruvchilar batareyani ishchi holatiga o'tkazish uchun uch bosqichli quvvatlash usulini taklif qilishadi.

Hamma quvvatlash uskunalari ham element quvvati 2,5 V va undan past kuchlanishdagi litiy-ionli batareyalarni quvvatlay olmaydi. Bundan oldin batareya kuchlanishini quvvatlash qurilmasi ishini boshlay oladigan darajadagi kuchlanishga ko'tarish kerak. SHundan so'ng uning sig'imini tiklash uchun kichik tok bilan quvvatlash kerak. Butkul quvvatsizlangan uzoq muddat foydalanmay turgan litiy-ionli batareyani qayta tiklashda o'ta ehtiyotkor bolish lozim.

Misol sifatida butkul quvvatsizlangan Siemens 45 (S45, ME45) seriyali mobil telefonlarda ishlatiladigan litiy-ionli batareyani quvvatlash. Bu telefonlarda 840 mA/soat sig'imli litiy-ionli batareyalar ishlatiladi. Unda datchik rolini $t^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$ haroratda 22 kOm qarshilikka ega termorezistor bajaradi. Umuman olganda mobil telefon taminotini boshqarish uchun maxsus (ASIS) mikosxema qo'llaniladi. Siemens kompaniyasi shuni aniqladiki, batareyaning quvvatsizlanish chegarasini pastki nuqtasi 3,2 V ni tashkil etadi. Nega yuqorida ko'rsatilganidek 2,5 V emas? CHunki faqatgina 3,2 V kuchlanishda mobil telefonni ishlashi kafolatlanadi. To'liq quvvatlangan batareyaning kuchlanishi 4,2 V ni tashkil qiladi.

7.9. Ishqorli elementlar va ionistorlar

Ishqorli akkumulyatorlardan ko'chib yuruvchi (olib yuriladigan) apparaturalarda va xarakatdagi ob'ektlarda foydalaniladi. Faol massa tarkibiga ko'ra, ishqorli akkumulyatorlar nikel-temirli (NT), nikel-kadmiyli (NK) va kumush-ruxli (SS) bo'ladi. NT va NK faol massali akkumulyatorlar eng ko'p qo'llaniladi. Tuzilish jixatidan, ular deyarli farqlanmaydilar. Nikellangan po'lat idishda separatorlar bilan ajratilgan musbat va manfiy plastinkalar bloki joylashgan.

Plastinkalar bir xil tuzulmaga ega bo'lib, faqat faol massalar bilan farqlanadi. U ichiga teshikchalar bo'lgan nikellangan po'lat lentali paket (lamel) lar joylashtirilgan po'lat xalqalardan iborat bo'ladi. Paketlar-ga faol massa presslangan

bo‘ladi. Manfiy plastinkalar uchun Fe – temir kukuni, musbat uchun – yaxshi elektr o‘tkazuvchanlikni ta’minlash maqsadi-da, grafit bilan aralashtirilgan nikelning gidrat oksidi $\text{Ni}(\text{OH})_3$ qo‘l-laniladi. Akkumulyatorlar zaryadlanganda va zaryadsizlanganda kechadigan kimyoviy reaksiyalarning tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:



NT akkumulyatorlardagi manfiy plastinkalar soni musbat plastinkalar soniga qaraganda bitta ortiq bo‘ladi. Chekka (manfiy) plastinkalar korpusga tegib turadi va akkumulyatorning manfiy qutbga bog‘langan bo‘-ladi. Elektrolit sifatida kaliy ishqori (edkiy) – KON yoki natriy ishqori –NaOH larning suvdagi aralashmasi qo‘llanilib, ularning zichligi $1,21 \text{ g/sm}^3$ bo‘ladi va bunda litiy ishqori LiOH ham qo‘shiladi. Bunday turdagi akkumulyatorlar quyidagicha belgilanadi: NT-45, bu erda NT – elektr kimyoviy tizimni bildirsa, 45 – akkumulyator tizimining sig‘imi ($\text{A} \cdot \text{soat}$) ni bildiradi.

Nikel-kadmiyli akkumulyatorlarda manfiy plastinkalarning faol massasi g‘ovakli kadmiydan iborat. Ulardagi musbat plastinkalar NT akkumulyatordagi plastinkalar bilan bir xil bo‘ladi. NK akkumulyatorlarda chetki plastinkalar musbat bo‘lib, ular korpusga va u orqali musbat qutbga tegib turadi. NK akkumulyatorlarning belgilanishi nikel-temir (NT) akkumulyatorlari kabi bo‘ladi.

Kam energiya iste’mol qiladigan, ko‘chib yuradigan apparatlarda kichik o‘lchamli germetik nikel-kadmiy akkumulyatorlardan keng foydalaniladi. Ular quyidagi uchta tuzulmaviy variantda ishlab chiqariladi: diskli, silindrli, to‘g‘ri burchakli. Bu akkumulyatorlar kichik sig‘im ($S = 0.06 \dots 1.5 \text{ A} \cdot \text{soat}$) ga ega. Bunday akkumulyatorlarning o‘ziga xos xususiyatlardan biri, ularni zaryadlanish paytida elektrodning faol massalari ajratayotgan gazlarni yutishidir. Lekin gazlarni yutish tezligi kichik bo‘lganligi uchun akkumulyatorlardagi bosim ko‘payib, deformatsiyaga, ba’zi hollarda esa bu korpusni yorilib ketishiga ham sabab bo‘lishi mumkin. Bunda zaryadlash toki $I_z < 0.1 C_n$ bo‘ladi. Germetik akkumulyatorlar quyida-gicha markalanadi: 7D 0,1 – bu erda 7 – ketma-ket ulangan akkumulyatorlar soni; D – tuzulma turi (diskli); 0,1 – sig‘im, $\text{A} \cdot \text{soat}$;

Elektr tavsifi

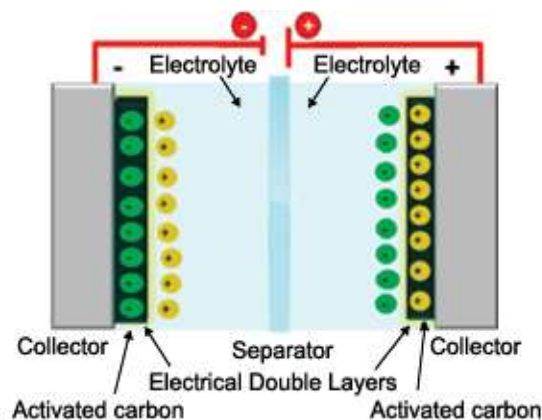
Zaryadlangan nikel-temir (NT) akkumulyatorlarning elektr yurituvchi kuchi (e.yu.k) 1,5 V, zaryadsizlangan akkumulyatorlarniki 1,3 V, NK turdagi akkumulyatorlarda esa mos ravishda 1,4 V va 1,27 V. Zaryadlash oxiridagi kuchlanish $U_z = 1,8$ V ga teng. Normal zaryadsizlangan-da kuchlanish $U_{r.o} = 1,0$ V gacha pasayadi, qisqa vaqtli rejimda kuchlanish $U_{r.o} = 0,5$ V gacha tushadi. Zaryadsizlanishni o'rtacha kuchlanishi $U_r = 1,27$ V.

Akkumulyatorlarning sig'imi plastinkalar soni va o'lchamiga bog'liq bo'lib, elektrolit harorati va zaryadlash tokiga deyarli bog'liq emas. Ishqorli akkumulyatorlar uchun sig'im bo'yicha berish $\eta_s = 0.65$, energiya bo'yicha berish esa $\eta_w = 0.5$ ga teng.

Zaryadlangan akkumulyatorlarning ichki qarshiligi $r_{ich} = 0.35/C_n$, zaryadsizlanganniki esa $r_{ich} = (1.5...2) \cdot 0.35/C_n$ ga teng. Ishqorli akkumulyator-lar $t = 20$ °C haroratda 30 kun mobaynida saqlanganda, o'z-o'zidan zaryadsizlanishi nominal sig'imning 30...50 % ni tashkil etadi. Ishqorli akkumulyatorlar asosiy elektr tasniflari bo'yicha, kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlardan past, lekin katta zaryadsizlanish tokiga va qisqa tutatish-larga bardoshli va katta mexanik mustahkamlikka ega bo'ladi.

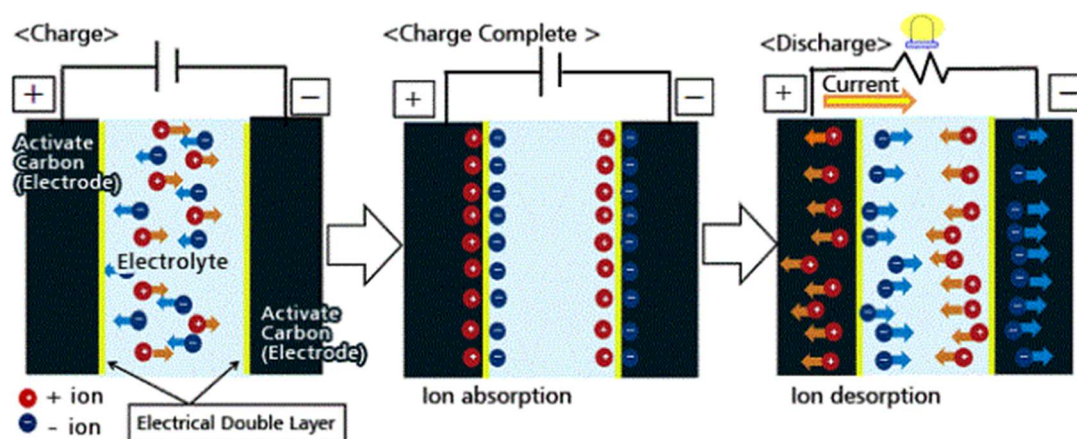
Ionistorlar

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 potentsiallar 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.



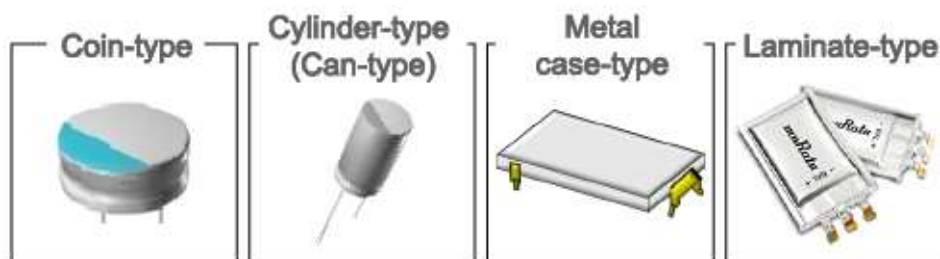
7.17-rasm. Superkondensator (EDLC) tarkibi

Odatda superkondensatorlar elektrod va elektrolitlar (shu jumladan, elektrolit tuz) va separatoridan (manfiy va musbat 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 musbat ionlar manfiy ionlar o'rnini egallaydi. Ionlarni bunday holatda o'z o'rnini almashtirishi "ikki elektr qatlam" ham deb yuritiladi.



7.18-rasm. Zaryadlanish va razryadlanish jarayoni

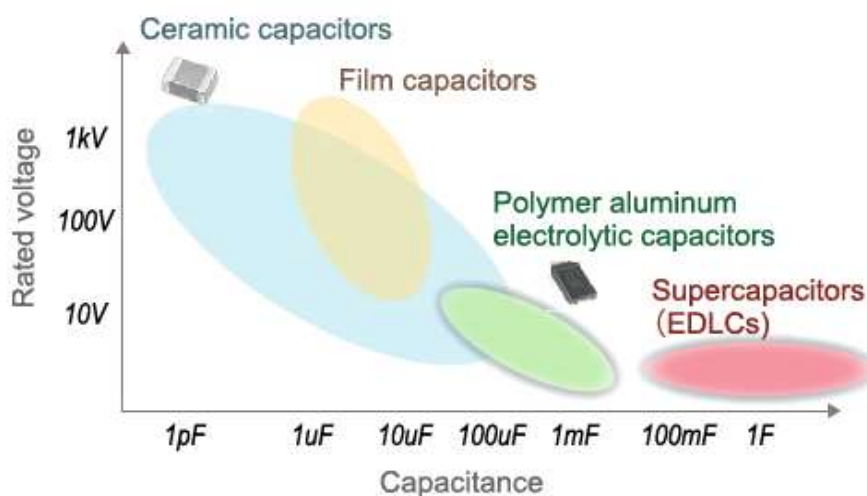
Superkondensatorlarning asosiy shakllari va turlari 7.19-rasmda keltirilgan. Bu superkondensatorlar laminat turi hisoblanadi.



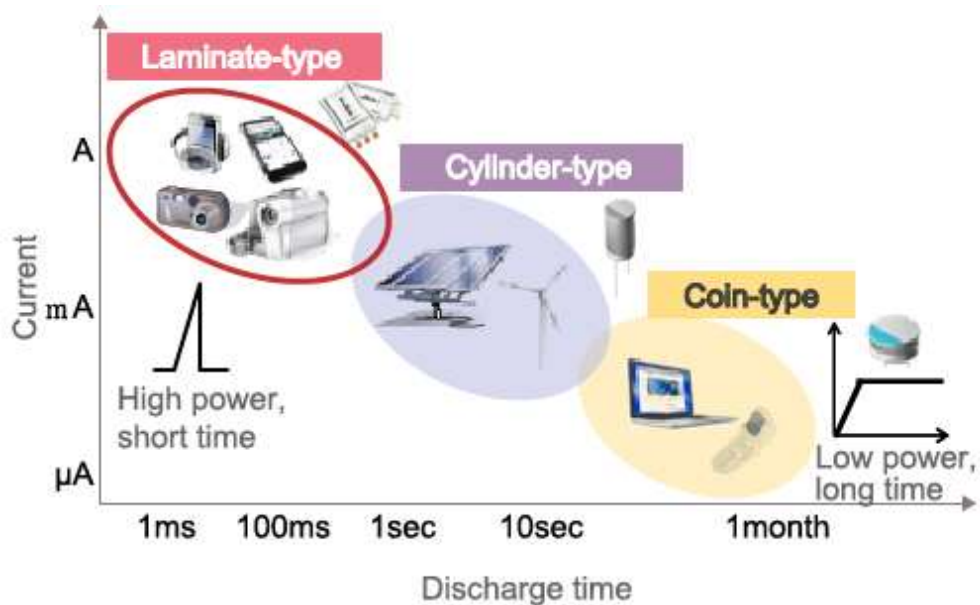
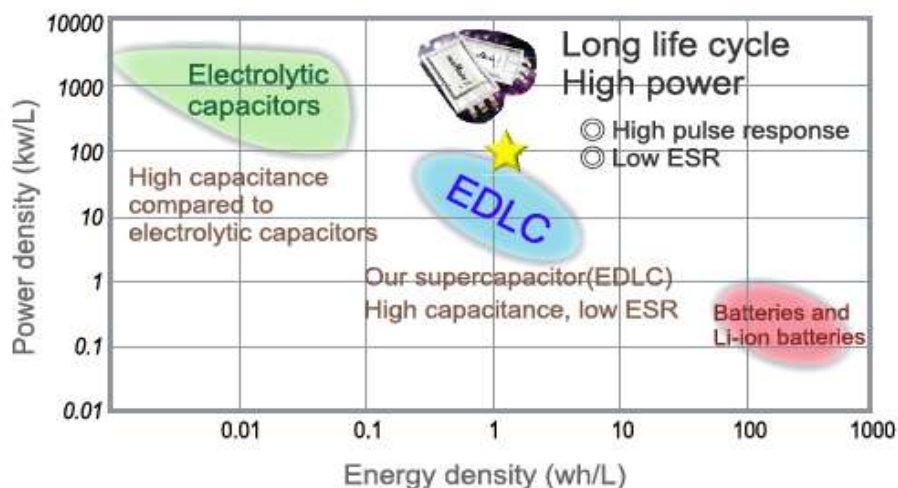
7.19-rasm. Superkondensatorlarning asosiy shakillari

Superkondensatorning asosiy xususiyatlari:

- Kichik va yupqa paketli (LWT boshlab: $14.0\text{mm} \times 21.0\text{mm} \times 3.2\text{mm}$);
- Quvvat va sig'imi yuqori (masalan, DMF tipidagi: $45\text{m}\Omega$, 5.5V , 470mF)
- Zamonaviyligi, an'anaviy superkondensatorlarga nichbatan kirish va chiqish elektr xarakteristikallari yuqori;
- Zaryadlar va razryadlash davomiyligi yaxshi;
- Ishonchliyligi yuqori.

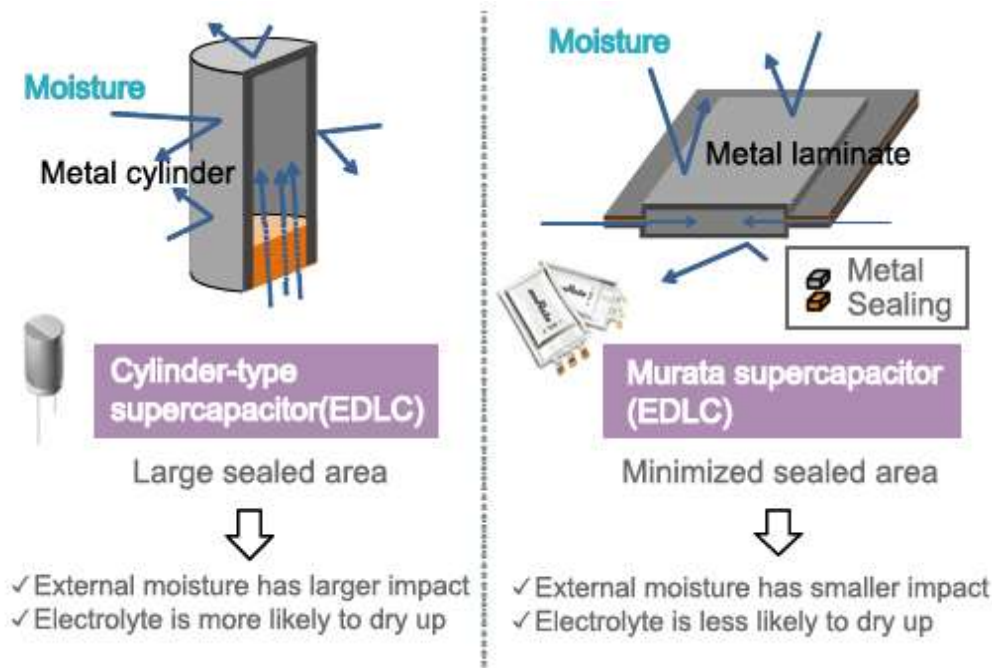


7.20-rasm. Superkondensatorni kondensator va batareykalar bilan solishtirish



Simsiz texnologiya ko'lamini kiyinigi yillarda keng rivojlanib ularning o'lchamlari ham kichiklashib bormoqda. Ular, sanoat korxonalari va muassasalarini nazorat qilish va undagi jarayonlarni boshqarish, xavfsizlik tizimlari va radio chastotalarini aniqlash qurilmalarining holatini nazorat qilish uchun ishlatiladi. Superkondensatorlarin bunday qurilmalarda ishlatilishi iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi. Ortiqcha sim yoki akkumulyator batareyalari qo'llanilmaydi.

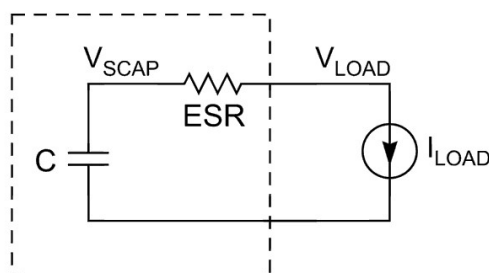
Atof-muhit tugalmas xar hil energiya manbalariga ega: pezoelektr, issiqlik, fotogalvanik, titrash va x.k.



7.23-rasm. Silindrik va paketli superkondensatorlarni solishtirish

Ionistorning sig'imini aniqlash

Odatda ionistorlarning ishchi kuchlanish diapazoni 2,3 V dan 2,8 V gacha bo'ladi. Ionistordagi energiyadan samarali va minimal energiya isrofi bo'lishi uchun ionistorni zaryadlash sathidan pastroq darajada zaryadlash eng qulay strategiya sanaladi (7.24-rasm).



7.24-rasm. Ideal ionistorning modeli: C kondensator va ESR rezistorlari bilan ketma-ket ulangan.

Ionistorning kerakli sig'imini aniqlash qo'yidagi ifoda orqali hisoblanadi:

$$\frac{1}{2} C (V_{INITIAL}^2 - V_{FINAL}^2)$$

Bunda: C – ionistor sig'imi (faradlarda o'lchanadi),

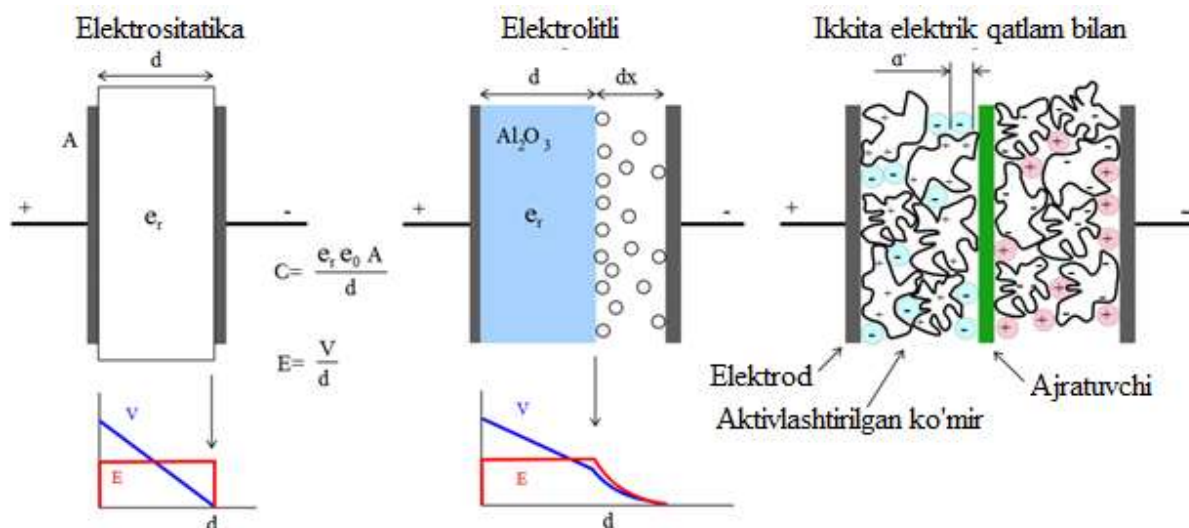
$V_{INITIAL}$ – ionistordagi kuchlanish (iste'mol qilish boshlangan davrdagi),

V_{FINAL} – ionistordagi kuchlanish (iste'mo qilish tugagan davrdagi).

Lekin bu ifoda yo'qotishlarni hisobga olmaydi. Ionistordagi prarzit ichki qarshilik ESR (equivalent series resistance) yuklamadagi kuchlanishini kamaytiradi:

$$V_{INITIAL} - ESR \cdot I_{LOAD}$$

bunda, I_{LOAD} – yuklama toki.



7.25-rasm. Zaryad va razryadlanish jarayonini tushuntiruvchi chizma

Yuklamadagi kuchlanish kamayishi bilan, hisoblangan quvvat darajasini saqlab qolish uchun yuklama toki ortadi.

Ionistordagi razryad tokini (7.24-rasmga e'tibor bering) qo'yidagi ifoda orqali ifoda etish mumkin:

$$V_{LOAD} = V_{SCAP} - I_{LOAD} \times ESR$$

$$\begin{aligned} P_{LOAD} &= V_{LOAD} \times I_{LOAD} = (V_{SCAP} - I_{LOAD} \times ESR) \times I_{LOAD} = \\ &= V_{SCAP} \times I_{LOAD} - I_{LOAD}^2 \times ESR \end{aligned}$$

bunda, V_{SCAP} – ionistordagi kuchlanish.

Keltirigan ifodadan yuklama tokini ifodasini topishimiz mumkin:

$$I_{LOAD}^2 \times ESR - V_{SCAP} \times I_{LOAD} + P = 0$$

Kiyin ionistorni qo'yida keltirilgan ifodalar orqali Excel dasturida modellashirishimiz mumkin:

$$I_{LOAD}(t) = \frac{V_{SCAP}(t) - \sqrt{V_{SCAP}(t)^2 - 4 \times ESR \times P}}{2 \cdot ESR}$$

$$I_{LOAD}(t) = V_{SCAP}(t) - I_{LOAD}(t)ESR$$

va

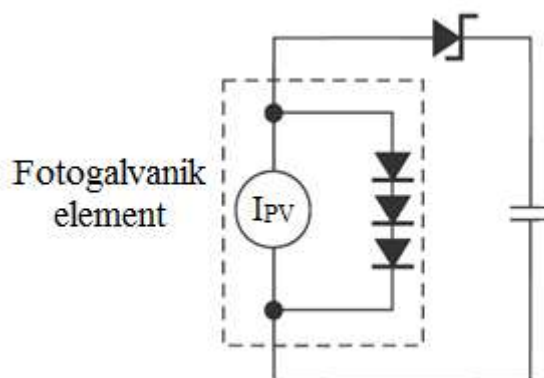
$$V_{SCAP}(t + dt) = V_{SCAP}(t) - \frac{dt}{C} I_{LOAD}$$

Yana shuni e'tiborga olish kerak: vaqt o'tishi (ishlash muddati eskirishi) bilan ionistorning sig'imi va qarshiligi o'zgaradi. Sig'im kamayadi, ichki qarshilik esa oshadi. Ishlash muddatining eskirish tezligi elementning kuchlanishiga va atrof-muhit haroratiga bog'liq

Ionistorlarni zaryadlash

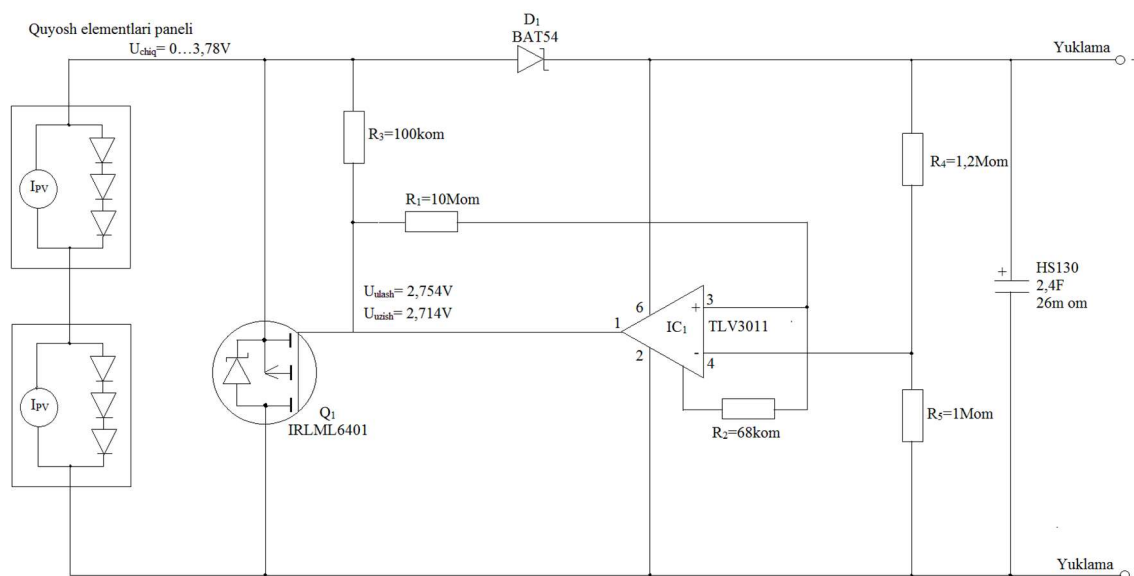
Energiya manbai uchun razryadlangan ionistor qisqa tutashtirilgan yuklamani aks ettiradi. Baxtga qarshi ko'pgina energiya yig'ish qurilmalari, masalan, fotogalvanik elementlar va mikrogeneratorlar nolinch qarshiliklarda ham ishlaydi. Bundan kelib chiqib ionistorlarni noldan boshlab zaryadlashimiz mumkin. Agar enregiya manbai sifatida pezo- va termoelektrli o'zgartirgichlar xizmat qilsa chiqishdagi qisqa tutashuvga chidash uchun manba va ionistor o'rtasida smikroxsma qo'llanilishi kerak.

Maksimal va samarali energiyani yig'ib olishni ta'minlashda xizmat qiladigan ko'pgina kontrollerlar MPPT (Maximum Power Point Tracking – maksimal quvvat no'qtasini kuzatish) ishlab chiqarilmoqda. Lekin ularning hamaasi xam maxsus DC/DC o'zgartirgichlari bilan akkumulyatorlarni doimiy kuchlanish bilan zardlashda ishlatilmaydi.



7.26-rasm. Oddiy va samarali zaryadlash sxemasi

7.27-rasmda oddiy va samarali zaryadlash sxemasi keltirilgan. Bu sxema quyosh batareyasining salt ishlashdagi kuchlanishi ionistor uchun ruxsat etilgan chegaradan chiqmagan xollarda ishlatiladi. Sutkaning qorong‘u vaqtlarida diod ionistorni quyosh batareyasidan razryadlanishini saqlaydi. Agar energiya manbaining salt ishlash kuchlanishi ionistorning ishchi kuchlanishidan oshib ketsa, uni himoyalash uchun parallel ulangan kuchlanish sozlagichi kerak bo‘ladi (7.27-rasm).



Parallel ulangan kuchlanish sozlagichi – eng oddiy va arzon hisoblanib, ionistorni tok bo'yicha yuklanganligini himoya qilish usuli hisoblanadi. Ionistor zaryadlangandan so'ng, energiya manbai kerak bo'lmay oladi va sozlagich issiqlik sifatida uni tarqatadi.

Ionistorlarning asosiy afzalliklari uning energiya yig'ishdagi ishchi harorati diapazoni keng hisoblanadi. Masalan ionistorlarni vibroo'zgartirgichlarda minus harorat bo'lganda yoki qish kunlarida quyosh panellarida qo'llanilishi mumkin.

Oddiy hollarda ESR ionistorlari – 30 °C da 2-3 martagacha xona haroratiga nisbatan oshib ketadi. Taqqoslash uchun, bunday haroratda akkumulyator batareyalarining qarshiligi bir necha kiloomgacha etishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Kimyoviy tok manbalari: aniqlanishi, tuzilishi va tasnifini ta'riflang.
2. Birlamchi kimyoviy tok manbalarining ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Ikkilamchi kimyoviy tok manbalari – akkumulyatorlarning aniqlanishi, ko'rinishlari va tuzilishi to'g'risida gapirib bering.
4. Kimyoviy tok manbalaridagi tok, kuchlanish va sig'im tavsiflarini tushuntiring.
5. Kimyoviy tok manbalarining asosiy xarakteristikalarini keltiring.
6. Akkumulyator batareyalarning xarakteristikalarini sanab bering.
7. Maksimal zaryadlanish va razryadlanish toklari deganda nimani tushunasiz?
8. O'z-o'zini razryadlash deganda nimani tushunasiz?
9. Akkumulyatorlarda xizmat ko'rmatish muddati nimalarga bog'liq?
10. Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlarni ishlatilish sohalarini sanab bering?
11. Kislota-qo'rg'oshinli akkumulyatorlarining afzallik va kamchiliklarini sanab bering.
12. Litiy-ion batareyalarining ishlash prinsipini tushuntiring.
13. Litiy-polimer akkumulyator batareyalari ishlash prinsipini tushuntiring?
14. Litiy polimerli akkumulyator batareyalarini o'ziga xos xususiyatlari sanab bering?
15. Litiy-polimerli batareyalarni quvvatlash qanday amalga oshiriladi?
16. Litiy-ionli batareyalarni himoya qilish vositalari nimalardan iborat?
17. Ionistrolar qanday element? Ionistorlarning asosiy afzalliklari nimalardan iborat?

18. Ionistorlarni zaryadlanish va razryadlanish jarayonini tushuntiring?
19. Ionistorlarning elektr xarakteristikalarini nimalardan iborat va ularni tavsiflang?
20. Superkondensatorlar haqida nimalar bilasiz?

8. AKKUMULYATORLARNI ZARYADLASH USULLARI. ZARYADLASH QURILMALARINING SXEMOTEXNIKASI

8.1. Akkumulyator batareyalarini zaryad qilish usullari

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

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

8.2. Tok qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash

Bu usulda zaryad qilinganda, akkumulyator batareyalari o'zgarmas tok manbaiga ketma-ket ulanadi (8.1a-rasm). Zaryadlash mobaynida, tok o'zgarmas holda saqlanadi va uning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

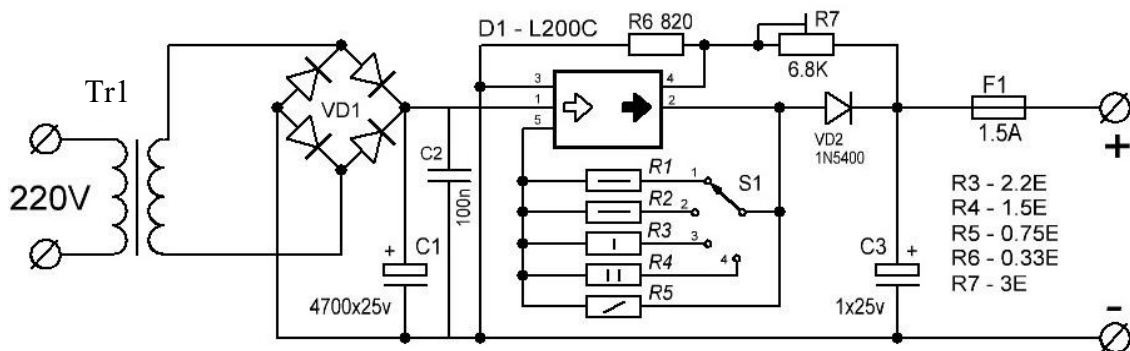
$$I = \frac{U_Z - E_b}{R_b},$$

bunda U_Z – akkumulyator qisqichlaridagi kuchlanish, V; E_b – zaryadlanayotgan batareyaning EYuK, V; R_b – akkumulyator batareyasining ichki qarshiligi, Om.

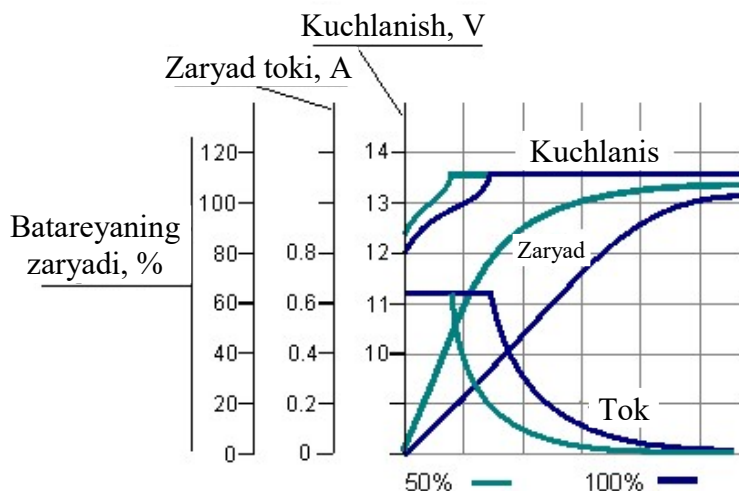
Zaryadlash davomida tok qiymatini o'zgarmas holda saqlash va uni nazorat qilish uchun, akkumulyatorlarga ketma-ket reostat R va ampermetr ulanadi.

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.

(1-bosqich). Bunda akkumulyatorning xar bir bankasidagi kuchlanish 2,4 V gacha ortadi (8.1b-rasm). Shundan keyin, zaryadlash toki 2-3 marta kamaytiriladi va jarayon $0,15C_{20}$ ga teng tok bilan tugallanadi (2-bosqich).



a)



b)

8.1-rasm. Akkumulyator batareyalarini tok qiymati o'zgaras bo'lganda zaryad qilish: a) ulanish sxemasi; b) xarakteristikasi.

8.1a-rasmdagi:

- R3-R7 rezistorlaridagi quvvat sxemada ko'rsatilgan qiymatdan kam bo'lmasligi kerak, ko'proq bo'lishi afzal hisoblanadi;
- mikrosxemani sovutish radiatoriga o'rnatilgan bo'lishi kerak, u issiqlik rejimi xarakteristikalarini yaxshilaydi;
- R3 rezistori chiqish kuchlanishini 14-15 V ga rostlashga xizmat qiladi;
- transformatorning ikkinchi cho'lg'amidagi kuchlanish 15-16 V 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 emirilishini oldi olinadi.

Kuchlanishi U_{TM} ga teng bo'lgan o'zgaras tok manbaiga ketma-ket ulanishi mumkin bo'lgan akkumulyator bankalarining soni (reostat qarshiligi $R = 0$ bo'lganda) qo'yidagicha aniqlanadi:

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

bunda U_{TM} – o'zgaras tok manbaining kuchlanishi, V; 2,7 – zaryadlash oxirida har bir akkumulyator elementiga to'g'ri keladigan kuchlanish, V.

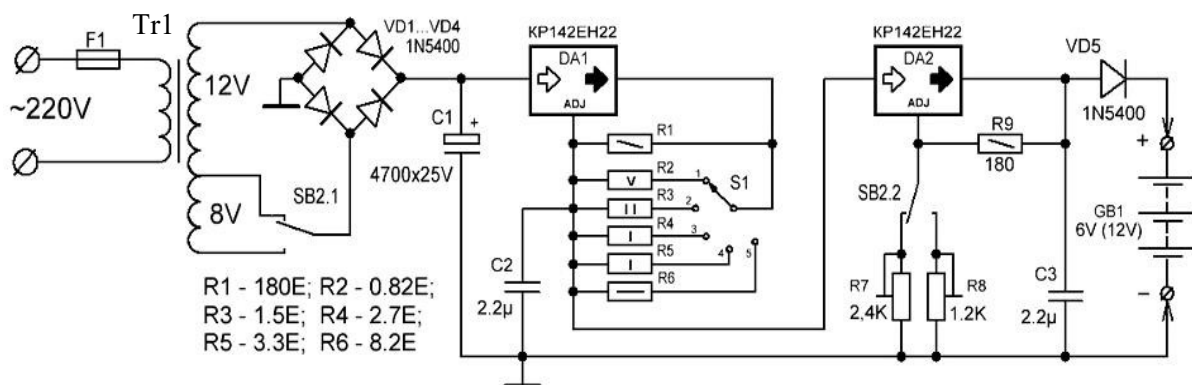
Zaryadlashga qo'yilayotgan akkumulyator batareyalarining sig'imi bir xil yoki imkoni boricha bir-biriga yaqin bo'lishi kerak, aks holda zaryadlash tokining qiymatini, sig'imi eng kichik bo'lgan batareya bo'yicha belgilashga to'g'ri keladi va sig'imi katta bo'lgan batareyalar juda sekin zaryadlanadi.

Tok qiymati o'zgaras bo'lganda zaryadlash, hozirgi vaqtda 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.

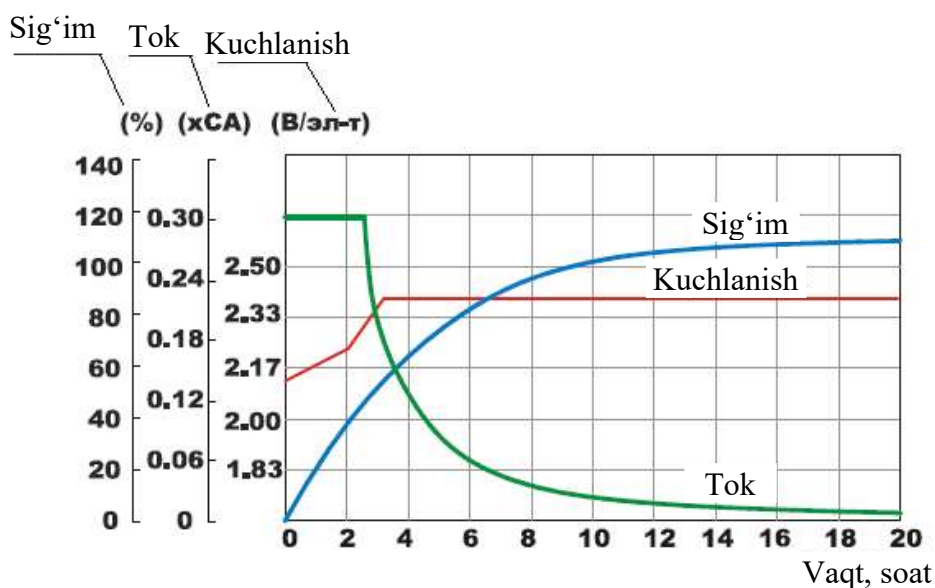
Akkumulyatorlarni zaryadlash uchun sarflanadigan vaqtning nisbatan ko'pligi, zaryadlash davomida tok qiymatini doimo nazorat qilish va rostlab turish zarurati – bu usulning asosiy kamchiliklaridir.

8.3. Kuchlanish qiymati o'zgaras bo'lganda zaryadlash

Zaryadlashning bu usuli korxona va zaryadlash stansiyalarida kam qo'llaniladi va u, asosan, texnikaga o'rnatilgan akkumulyatorni generator yordamida qo'shimcha zaryadlab turishda ishlatiladi. Bu usulda, akkumulyatorlar o'zgaras tok manbaiga parallel ravishda ulanadi (8.2a-rasm).



a)



b)

8.2-rasm. Akkumulyator batareyalarini kuchlanish o'zgaras bo'lganda zaryadlash: a) ulanish sxemasi; b) xarakteristikasi.

8.2a-rasmdagi zaryadlash sxemasi qo'yidagicha ishlaydi: razdyadlangan akkumulyatorga nominal tok beriladi, keyin akkumulyator batareyasidagi kuchlanish ortishni boshlaydi. Kuchlanish o'rnatilgan sathga etgunga qadar tok o'zgarmaydi. Kuchlanish o'rnatilgan sathga ega bo'lgandan keyin tok tushishi boshlanadi. Zaryadlash vaqti tugagan vaqtda zaryad toki o'z-o'zidan razryadlanish tokiga teng bo'ladi. Bunday vaqtda akkumulyator batareyasi zaryadlash qurilmasida ancha vaqtgacha turishi mumkin.

Tok manbaining kuchlanishi 12 V li akkumulyator batareyalari (yoki 6 elementli) uchun 14,4 V bo'lishi, ya'ni har bir elementga 2,4 V to'g'ri kelishi kerak. Kuchlanish maxsus moslamalar (kuchlanish rostlagichi) yordamida rostlab turiladi

va voltmeter orqali nazorat qilinadi.⁸

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

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

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_G bilan razryadlangan akkumulyatorning EYuKi E_b orasidagi farq katta bo‘lishi hisobiga, zaryad tokining qiymati nisbatan yuqori qiymatlarga ega bo‘lishi (8.2b-rasm) va $(1,0-1,5)C_{20}$ ga etishi mumkin. Akkumulyator zaryadlana boshlagandan so‘ng uning EYUKi ortib boradi, natijada zaryadlash toki keskin kamayadi va zaryadlash oxirida qiymati 0 ga yaqinlashadi. Tokning qiymati 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 quyidagilardan 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 ham juda sust sodir bo‘ladi va bu plastinalarning aktiv massasini va panjaralarini emirilishdan 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

⁸ “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.

qiymatini rostlash imkoniyati bo'lganligi uchun, bu usul bilan plastinalari sulfatlanib qolgan akkumulyatorlarni tiklab bo'lmaydi.

8.4. 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 darajasi xar hil bo'lib qolish hollarini bartaraf qilish uchun qo'llaniladi. Bu usulda ham zaryadlash tokining qiymati o'zgarmas bo'lib, akkumulyator sig'iminining $(0,05-0,1)C_{20}$ qismini tashkil etadi. Baravarlashtiruvchi zaryadlash akkumulyatorning hamma 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 odatdagi zaryadlash usullaridan ancha ko'proq vaqt oladi.

Jadallashtirilgan zaryadlash kuchli razryadlangan akkumulyatorlar qisqa vaqt davomida ish qobiliyatini tiklashi uchun ishlatiladi. Bu usulda tok qiymati akkumulyator sig'iminining $0,7C_{20}$ qismini tashkil kilishi mumkin. Zaryadlash toki qanchalik katta bo'lsa, zaryadlash vaqti shunchalik kam bo'ladi. Masalan, zaryad tokining qiymati $0,7C_{20}$ bo'lganda – 30 min, $0,5C_{20}$ bo'lganda – 45 min, $0,3C_{20}$ bo'lganda – 90 min. Jadallashtirilgan zaryad davomida doimo elektrolit temperaturasini nazorat qilib turish zarur va 450°C ga yetganda zaryadlashni darxol to'xtatish kerak.

Akkumulyatorlarni impuls usulida zaryad qilish uchun so'nggi yillar ishlab chiqilgan turli moslamalar ishlatiladi (8.3-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 yaxshilashga, plastinalar sulfatlanib qolish darajasini kamaytirishga va natijada, akkumulyatorlarning xizmat muddatini ikki baravar oshirishga yordam beradi.



8.3-rasm. Impulsli zaryadlash qurilmalarining turlari

8.5. Akkumulyatorlarni simsiz zaryadlash

Bluetooth va Wi-Fi texnologiyalari singari hozirda simli zaryadlash qurilmalarining 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 atrof-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 implantatlarda 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 umumiy foydalanishga ruxsat 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'rtidan bir qismini tashkil qilish kerak (915 MHz da to'lqin uzunligi 0.328 m yoki 1 fut).

Simsiz zaryadlashda rezonans zaryadlash yuqori nominal kuchlanishni cheklamaydi. Ular barcha quvvat sathlarida ishlatiladi. Yuqori quvvatlarda masalan, 3 kVt da FIK 93-95 % ga, 100 Vt da FIK 90 % ga erishilmoqda. Biroq kam quvvatlida (5 Vt) 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 Qi (Qi 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 qildi va shundan keyin normalarga o'zgartirish kiritildi. 8.1-jadvalda uchta norma keltirilgan.

Simsiz zaryadlash uchun tan olingan standartlar⁹

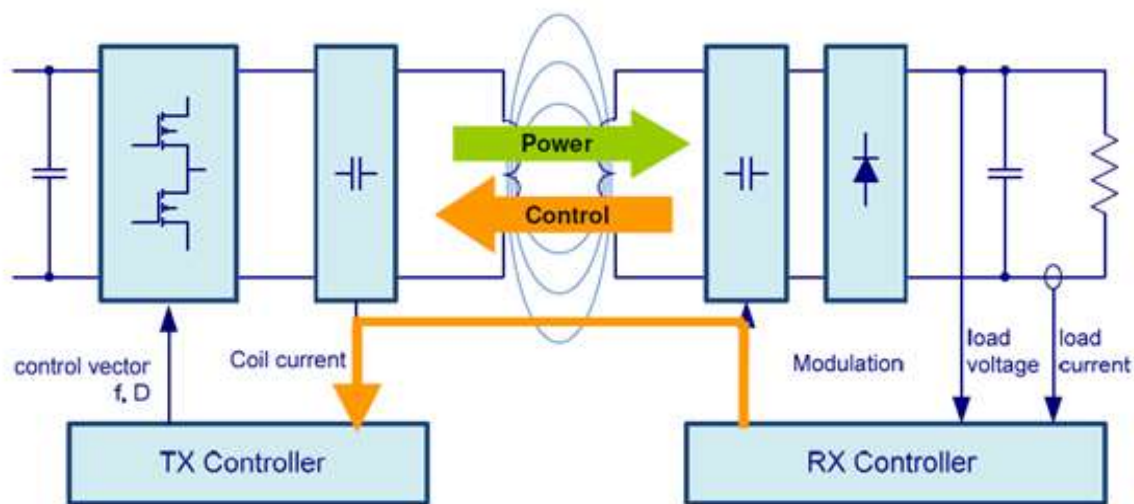
	Simsiz quvvat konsorsium (WPC or Qi)	Kuchlanish masalalari bo'yicha ittifoqi (PMA)	Simsiz zaryadlash masalalari bo'yicha ittifoqi (A4WP)
Belgilangan	2008, Qi birinchi simsiz zaryadlash standarti	2012, Procter & Gamble va Powermat	2012, Samsung va Qualcomm
Texnologiya	Induktiv zaryadlash, 100–205kGs; CHo'lg'amlar orasidagi masofa 5mm;	Induktiv zaryadlash, 277–357kGs; Si (Qi) ga o'xshash	Rezonans zaryadlash, yaxshi aloqa yo'q; o'ta muxim muammolarni keltirib chiqaradi (atrof-muhitga tashlanmalari hisobiga)
Birja	Keng qamrovli, 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
Iste'molchilar va kompaniyalar	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. No commercial products

Simsiz zaryadlashda zaryadlash qurilmasining tagligi (pristavkasi) zaryadlanuvchi qurilmaning standartlar protokoli bo'yicha mosligini tekshiradi.

⁹ "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.

Zaryadlash vaqtida quvvat sathini rostlash uchun qabul qilish qurilmasi boshqarish signalini yuboradi. Zaryadlanuvchi qurilma to'liq zaryadlangandan keyin, zaryadlash qurilmasi kutish rejimiga o'tadi.

8.4-rasmda simsiz zaryadlash tizimi keltirilgan.



8.4-rasm. Simsiz zaryadlash tizimi

8.6. Zaryadlash qurilmalarining sxemotexnikasi

XX asr oxiri XXI boshlarida fan-texnika rivojlanishi elektrotexnika qurilmalarining rivojlanishini katta ulushi elektr ta'minoti manbalariga to'g'ri keladi. Elektr ta'minoti manbalaridan foydalanishini ta'minlash, energiya hosil qiluvchi quvvatlarni va elektr tarmoqlarini rekonstruksiya qilish, modernizatsiyalash jarayonlariga investitsiyalar jalb qilish, uzatish va sotish bo'yicha boshqaruv hamda xo'jalik aloqalari tizimiga bozor prinsiplari va mexanizmlarini joriy etish, elektr energetikasining mutanosib rivojlanishini ta'minlash, elektr energiyasidan foydalanish, uni sxemotexnik talablariga rioya qilish va foydalanish soha faoliyatining asosiy yo'nalishlaridan hisoblanadi.

Ishlab chiqariladigan har bir elektr ta'minoti manbalari o'zi xos elektr energiyasini talab qiladi. U talablarni qondirish uchun bevosita elektr energiya bilan ta'minlash maqsadida ta'minot qurilmalari ishlab chiqarilmoqda. Ishlab chiqarilgan ta'minot qurilmalari texnik xarakteristikalariga ega.¹⁰

¹⁰ Сапаев М.С., Алиев У.Е., Қодиров Ф.М. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма:–Фан ва технология, Тошкент 2011, 248 бет.

8.6.1. Zaryadlash qurilmalariga qo'yilgan talablar

Elektr energiyasidan iste'mol qiladigan barcha ko'chma elektr qurilmalari akkumulyator batareyalari bilan ishlaydi. Bu akumulyator batareyalariga asosiy xizmat ko'rsatuvchi qurilma bu, zaryadlash qurilmasidir.

Akkumulyator batareyalari turlari va ular uchun mo'ljallangan zaryadlash qurilmalari uchun umumiy talabalarni shakillantirish mumkin.

Umumiy talablar:

- zaryadlovchi elektr ta'minoti qurilmasi etarlicha chiqish kuchlanishi va tok bilan ta'minlashi kerak;

- zaryadlash qurilmalarida zaryadlash kuchlanishi va tokini avtomatik yoki qo'l bilan sozlanishi kerak (akkumulyator batareyalarining ayrim turlari uchun ruxsat etilgan qiymatlari stabillashtirilgan bo'lishi kerak);

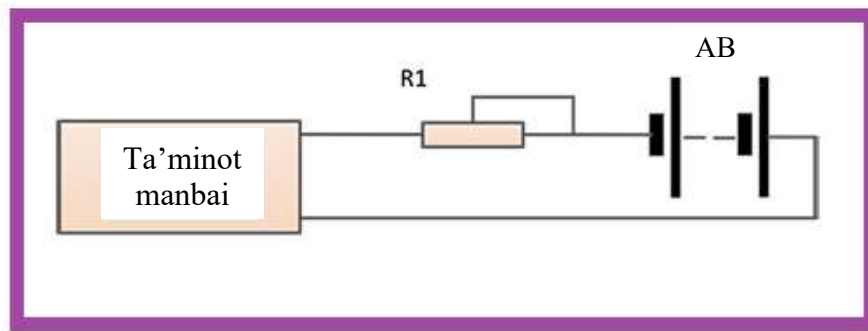
- avtomatik zaryadlash qurilmalarida akkumulyator batareyalari zaryadlanib bo'lgandan keyin avtomatik uzishning asosiy va qo'shimcha himoya sxemasi bo'lishi kerak;

- qisqa tutashuv va akkumulyator batareyasini haddan tashqari qizib ketishini oldini olish uchun qo'shimcha himoyani ta'minlash kerak.

Zaryadlash qurilmalarining bir necha zaryadlash usullari ketma-ketligi qo'yida keltirilgan:

- stabillashtirilmagan tok bilan zaryadlash;
- stabillashtirilgan tok bilan zaryadlash;
- stabillashtirilgan kuchlanish bilan zaryadlash;
- stabillashtirilgan kuchlanish va tok bilan zaryadlash;
- assimetrik tok bilan zaryadlash;
- tezashtirilgan zaryadlash;
- uzoq muddat saqlash davomida akkumulyator batareyasini zaryadlash;
- testlash va sinash davri;
- akkumulyator batareyalarining harorati;
- zaryadlashning usullari bo'yicha hisoboti.

8.5-rasmda eng oddiy zaryadlash qurilmasining sxemasi keltirilgan.



8.5-rasm. Eng oddiy zaryadlash qurilmasining sxemasi

Oddiy zaryadlash sxemasini qurish odatda zaryadlash tamoyillariga bog'liq:

- zaryad tokini cheklash;
- zaryad kuchlanishini cheklash.

Zaryad tokini cheklash tamoyillari nikel-kadmiy va nikel-metallgidrid akkumulyatorlarini zaryadlashda qo'llaniladi. Zaryad kuchlanishini cheklash tamoyillari qo'rg'oshin-kislotali va litiy-ionli akkumulyatorlarini zaryadlashda qo'llaniladi.

Ushbu holatda (8.5-rasm) ta'minot manbai stabillashtirilmagan. Qoidaga asosan bu transformator va to'g'rilagich (diod ko'prigi). R1 Reostat orqali tok zaryadi to'rilanadi.

Afzalliklari: oddiyligi va tannarxining arzonligi.

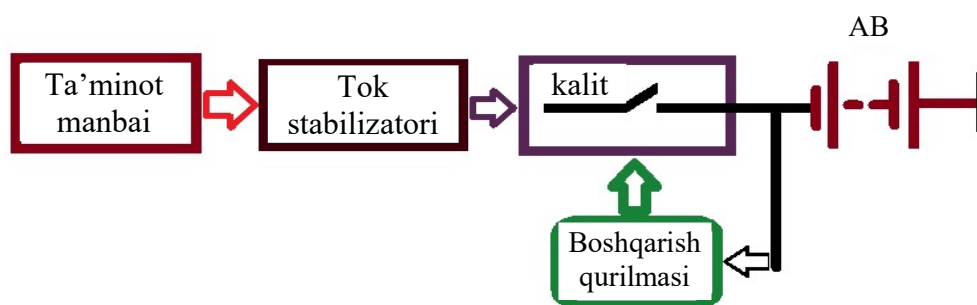
Kamchiliklari:

- zaryad tokini tarmoq kuchlanishiga va zaryadlangan sathiga bog'liqligi;
- zaryadlash jarayonini doimiy nazorat qilish va zaryad tokini boshqarish zarurligi;
- zaryadlash zaryadlanish sathidan oshib va kamayib ketishi mumkinligi;
- reostatda quvvatning yo'qolishi hisobiga uncha katta bo'lmagan FIKi.

8.6.2. Stabillashtirilgan tok bilan zaryadlash

8.6-rasmda zaryadlash qurilmasining strukturaviy sxemasi keltirilgan. Bu zaryadlash qurilmasi qo'yidagi algoritm bo'yicha ishlaydi: boshqarish qurilmasi

akkumulyator klemmalaridagi kuchlanishni o'lchaydi, agar belgilangan sathdan kam bo'lsa kalit qo'shiladi va qabul qilingan tok bilash zaryadlaydi. Zaryadlash yuqori sathga etgandan so'ng boshqarish qurilmasi kalitni uzadi va zaryadlash jarayoni to'xtaydi. Kuchlanish kamayishi kuzatilgan hollardagini bu butun jarayon qaytadan takrorlanadi.



8.6-rasm. Zaryadlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

Afzalliklari:

- akkumulyator zaryadlanganlik darajasi va tarmoqdagi kuchlanish tebranishni zaryad toki kattaliklariga bog'liq emas;
- FIKning yuqoriligi;
- zaryadlash jarayoni avtomatik tarzda amalga oshiriladi.

Kamchiliklari:

- juda murakkab, o'z navbatida qimmat qurilma;
- har doim ham akkumulyatorni 100% sig'imigacha zaryadlab bo'lmaydi, ayniqsa zaryad toki katta bo'lganda;
- qayta zaryadlash istisno qilinmagan.

Oxirgi ikkita kamchiligini aniqroq tushuntiramiz. Katta toklar bilan zaryadlaganda akkumulyator klemmalaridagi kuchlanish juda tez oshib ketadi va akkumulyator zaryadlash jarayoni tugaguncha etarlicha sig'imni to'play olmaydi. Kichik toklarda klemmalaridagi kuchlanish juda sekin oshib boradi va sig'imi 100% ga etadi. Lekin bu tok o'chirishning yuqori nuqtasiga etishga kamlik qiladi. Zaryadlanish jarayoni tugatilmasa (zaryadlagich o'chirilmasa) akkumulyator qaynashni boshlaydi.

8.6.3. Stabillashtirilgan kuchlanish bilan zaryadlash

Bunday zaryadlash usuli (8.7-rasm) asosan avtomobil akkumulyatorlarining zaryadini tez tiklashda ishlatiladi. Kuchlanish stabilizatori diomiy tok generatori hisoblanadi. Kuchlanish avtomatik tarzda rele-regulyator orqali quvvatlanadi.



8.7-rasm. Zaryadlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

Buning uchun ko'chma tarmoq (bortovoy set) kuchlanishi bitta bankadagi 2,4 V bo'lishi kerak (yoki 12 voltli batareya uchun 14,4 V). Ta'minot manbaidagi kuchlanish bilan akkumulyator kuchlanishi orasidagi farq sezilarli bo'lganligi sababli zaryadlashni boshlash vaqtida tok katta ko'rsatgichga ega bo'ladi. Akkumulyatorda zaryadlash kuchlanishi oshib boradi va zaryad toki minimal ko'rsatgichgacha tushadi.

Afzalliklari:

- zaryadlash vaqtining qisqaligi;
- zaryadlanganlik darajasi oshib borishi bilan avtomatik tarzda zaryad toki kamayib boradi.

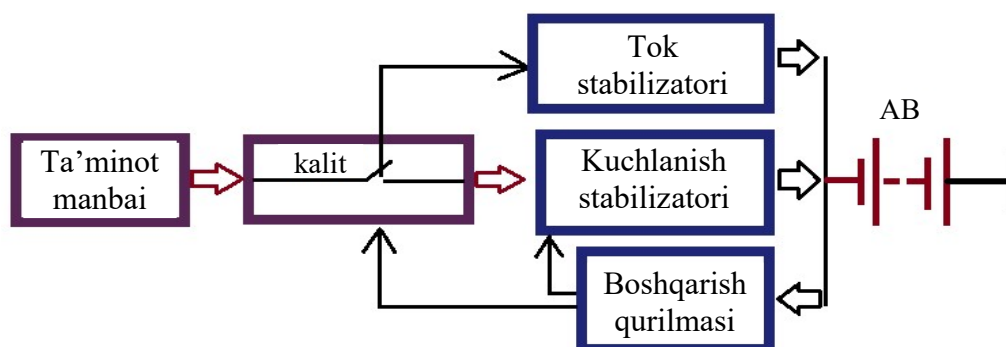
Kamchiliklari:

- zaryadlanish sathidan oshib ketishi yoki zaryadlanmay qolishining olidini olish uchun kuchlanish manbaida zaryad tokini aniq belgilab qo'yishni talab qiladi;
- boshlang'ich zaryad tokining kattaligi.

8.6.4. Ikki bosqichli zaryadlash qurilmasi. I va U usulida zaryadlash

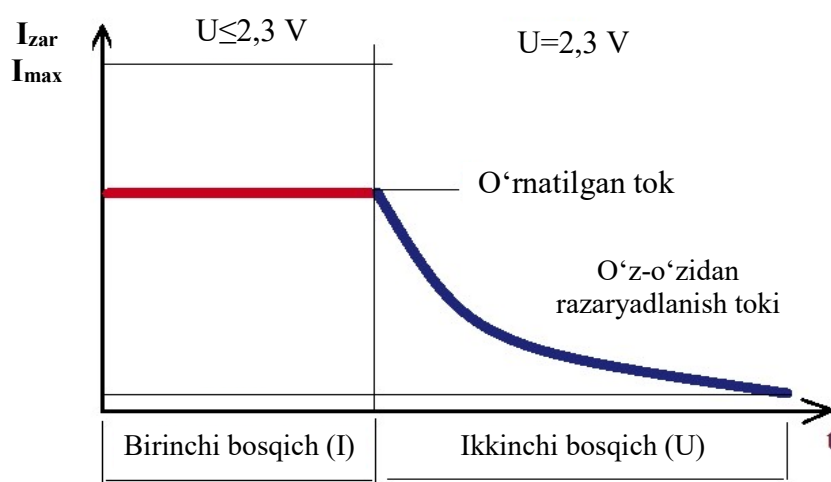
Akkumulyator ikki bosqichda zaryadlanadi. Birinchi bosqich – stabillashtirilgan tok bilan zaryadlash (I usuli). Ikkinchi bosqich – stabillashtirilgan

kuchlanish bilan zaryadlash (U usuli). 8.8-rasmda ikki bosqichli zaryadlash qurilmasining strukturaviy sxemasi keltirilgan.



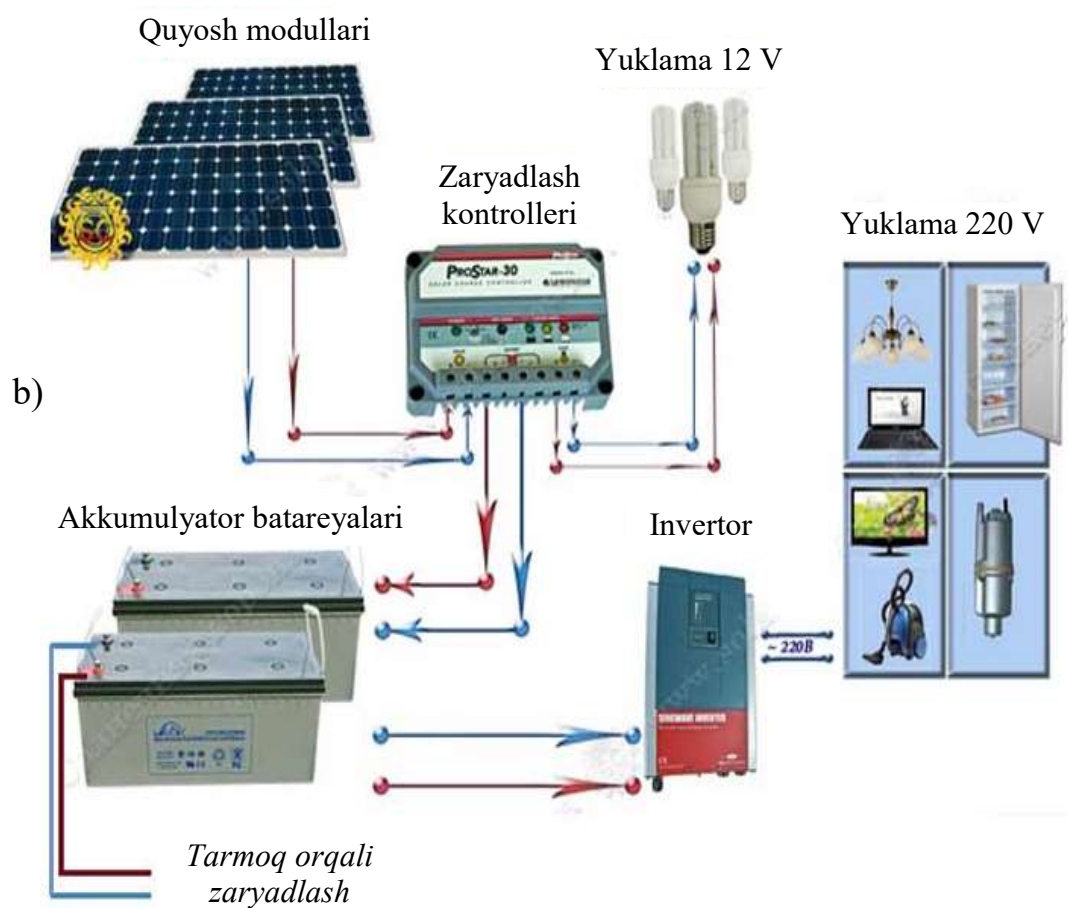
8.8-rasm. Ikki bosqichli zaryadlash qurilmasining strukturaviy sxemasi

Akkumulyator batareyasida kuchlanish bo'yicha stabillash bo'sag'asi 13,8 V ni yoki bankada 2,3 V tashkil qiladi. Zaryadlash algoritmi qanchalik qiyin bo'lmasin, bu o'zini oqlaydi. 8.9-rasmda birinchi bosqich va ikkinchi bosqichni tushuntiruvchi garfik tasvirlangan.



8.9-rasm. Ikki bosqichli zaryadlash grafigi

8.10-rasmda yuqorida keltirilgan zaryadlash usullari qo'llaniladi.



8.10-rasm. Zaryadlash qurilmalarining elektr ta'minotini universal tizimlarida

Nazorat savollari

1. Akkumulyator batareyalarini zaryadlash usullarini tushuntiring.
2. Tok qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash qanday amalga oshiriladi?
3. Kuchlanish qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash qanday amalga oshiriladi?
4. Akkumulyatorning zaryadlashning zamonaviy qanday usullarini bilasiz?
5. Simsiz zaryadlash usulini tushuntiring?
6. Akkumulyator batareyasini ichki qarshiligi qanday hisoblanadi?
7. Akkumulyator batareyalarini zaryadlash vaqtini tushuntiring.
8. Impulsi, jadallashtirilgan, tenglashtirilgan zaryadlash usullarini tushuntiring.
9. Induktiv zaryadlash qanday amalga oshiriladi? Rezonans zaryadlash qanday amalga oshiriladi?
10. Zaryadlash qurilmalariga qo'yilgan talablarni sanab bering.
11. Stabillashtirilgan tok bilan zaryadlash usulini tushuntirib bering.
12. Stabillashtirilgan kuchlanish bilan zaryadlash usulini tushuntirib bering.
13. Ikki bosqichli zaryadlash qurilmasi qanday ishlaydi?
14. I va U usulida zaryadlashni tushuntirib bering.
15. Zaryad tokini cheklash deganda nimani tushunasiz?
16. Zaryad kuchlanishini cheklash deganda nimani tushunasiz?

XULOSA

Ta'minot manbai turli radioelektron apparatlarning asosiy ajralmas qismi hisoblanadi. Radioelektron apparatning turiga qarab ta'minot manbaiga turli talablar qo'yilishi mumkin. Ko'pgina hollarda yuqori stabillikka ega va ishonchli ta'minot manbai talab etiladi, ularning narxi ba'zan ta'minlanayotgan apparatlar narxiga teng yoki yuqori bo'lishi mumkin. Radioelektron apparatni loyihalashtirayotgan ishlab chiqaruvchi uning elektr ta'minotini tashkil etish masalasini ham echishi kerak. Bunda uchta variant bo'lishi mumkin: faqat ikkilamchi yoki faqat birlamchi ta'minot manбайдan va ushbu ikki turdagi ta'minot energiyasidan birgalikda foydalanishi mumkin. Bunda asosiy ikkita muqobil variantdan bittasi tanlanishi kerak: bozorda keng taqdim etilayotgan tayyor modullar va ta'minot blokidan foydalanish yoki aniq radioelektron apparat uchun ta'minot manbaini ishlab chiqish (yaratish). Albatta, ayrim holatlarda sotib olingan uzellar asosida o'zi tomonidan yaratilgan ta'minot manбайдan foydalanish ham mumkin, agar bu iqtisodiy va texnik tomondan o'zini oqlasa.

Radioelektron apparatni ishlab chiqarishda kimyoviy tok manbalarini tanlash ham muhim ahamiyat kasb etadi. Bunda, qoidaga ko'ra har xil turdagi elementlar va batareyalarning bitta yoki bir nechtasini loyihalashtirilayotgan tizimda qo'llash mumkin. Shu bilan birga iqtisodiy ko'rsatkichlarni ham tahlil qilish lozim.

GLOSSARIY

Avtotransformator	Ikkilamchi (chiqish) o‘rami birlamchi (kirish) o‘ramining bir qismi bo‘lgan bir o‘ramli transformator.
Akkumulyator	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.
Akkumulyator batareyasi	Elektr jixatdan o‘zaro bog‘langan, chiqish uchlari bo‘lgan, odatda, bir korpusda joylashgan akkumulyatorlar.
Akkumulyator sig‘imi	Amper soatlarda ifodalangan elektr miqdori, uni zaryadlangan akkumulyatordan malum cheklangan kuchlanishgacha zaryadsizlanishi orqali olish mumkin.
Aktiv quvvat	Aktiv qarshilikdan, u orqali o‘zgarmas yoki o‘zgaruvchan tok o‘tganda vaqt birligi ichida issiqlik shaklida ajraladigan energiya.
Ballast qarshilik	Zanjirga ortiqcha kuchlanishni yutish hamda zanjir ayrim tarmoqlaridagi kuchlanish yoki tokni rostdash uchun ulanadigan qarshilik.
Batareya	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.
Bir yarimdavrl to‘g‘rilagich	To‘g‘rilash uchun o‘zgaruvchan kuchlanishning bitta yarim davridan foydalaniladigan qurilma.
Boshqariladigan (boshqarilmaydigan) ventillar	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.
Bufer batareya	Uzliksiz elektr taminoti uchun o‘zgarmas tok generatori yoki to‘g‘rilagich bilan paralel ulanadigan akkumulator batareyasi.
Ventilli fotoeffekt	Tarkibida yarimo‘tkazgich-metall yoki elektron-kovak o‘tish kontakti bo‘lgan zanjirlarda yorug‘lik ta’sirida EYuK yuzaga kelishi.
Ventil fotoelement	Tushayotgan yorug‘lik ta’sirida EYuK generatsiyalaydigan, ya’ni yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beradigan, berkituvchi qatlami bo‘lgan yarimo‘tkazgichli asbob.
Volt-amper xarakteristikasi	Elektr zanjiri elementi qisqichlaridagi kuchlanishning undagi tokka bog‘liqligi.

Galvanik element sig'imi	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.
Galvanik bog'lanish	Elektr zanjirlarining elektr maydoni orqali o'tkazuvchi muxitda bog'lanishi.
Galvanik element	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.
Garmonikalar koeffitsienti	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.
Ikki yarim davrli to'g'rilagich	Tokni to'g'rilash uchun o'zgaruvchan kuchlanishning har ikki yarim davridan foydalaniladigan qurilma.
Ikkilamchi elektr taminot bloki	Yaxlit konstruksiya ko'rinishida yasalgan ikkilamchi elektr taminot manbai.
Ikkilamchi elektr taminot manbai	Alohida asboblarni yoki radioapparat qismlarini ikkilamchi elektr taminot bilan taminlovchi qurilma. Ikkilamchi elektr taminot manbai manbaning kirish energiyasini zarur tur va sifatidagi elektr energiyasiga aylantiradi.
Impulsli diodlar	O'tish jarayonlarining juda kichik davomiyligiga ega bo'lgan va tezkor impulsli sxemalarda ishlash uchun mo'ljallangan yarimo'tkazgichli diodlarning bir turi.
Impulsli transformator	Bir necha ulushdan o'nlab mikrosekundgacha davomiylidagi impulsni uzatish uchun mo'ljallangan ferromagnit o'zakli transformator.
Invertor	1. O'zgarmas tok energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantiruvchi o'zgartirgichlar. 2. Raqamli texnikada "YO'Q" inkor funksiyasini bajaruvchi elektron qurilma.
Invertorlash	1. O'zgarmas tok energiyasini o'zgaruvchan tok energiyasiga aylantirish jarayoni. 2. Signal kuchaytirgichlarda kirish signalini 180^0 ga o'zgartirish jarayoni.
Induktiv filtr	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.

Integral kuchlanish stabilizatorlari	Konstruktiv jixatdan yagona korpusda joylashtirilgan stabilizatorlarning yarimo'tkazgichli mikrosxemalari.
Ishqorli akkumulyator	Elektrolit sifatida o'yuvchi kaliy va o'yuvchi natriyning 20 foizli eritmasidan iborat ishqor qo'llaniladigan akkumulyator. Elektrodlar ichida presslangan aktiv massa bo'lgan yassi qutichalardan tuzilgan plastinalardan iborat bo'ladi.
Kadmiy nikelli akkumulyator	Manfiy plastinalarning aktiv massasi qadimiy va musbat plastinalarning aktiv massasi nikel oksidining gidrati bo'lgan ishqorli akkumulyator.
Kimyoviy tok manbalari	Elektr kimyoviy reaksiyalari vaqtida aktiv moddalarning energiyasi elektr energiyasiga aylanadigan qurilma.
Konvertor	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.
Kumush ruxli akkumulyator	Elektrodlari rux va kumush oksididan, elektrolidi esa zichligi 1,4 bo'lgan o'yuvchi kaliy eritmasidan tashkil topgan ishqorli akkumulyator.
Ko'priksimon to'g'rilagich	Ikki yarim davrli to'g'rilagichning bir turi. Transformatorning ikkilamchi o'ramidan foydalaniladigan va ketma-ket ulanadigan ikkita ikki yarimdavrlil to'g'rilagichni o'zida ifodalaydi.
Kuchlanish bo'lgich	Bir nechta qarshiliklardan tashkil topgan, berilgan kuchlanishni qismlarga bo'lish uchun xizmat qiladigan zanjir.
Qisqa tutashuv	Turli potentsialli 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.
Quyosh batareyasi (elementlari)	Alternativ yoki tiklanadigan energiya generatori. Quyosh nurini elektrga (elektr yorug'iga) aylantiradi.
Magnit maydon	Doimiy magnit yoki elektromagnit qutblari orasidagi fazo bo'lib, harakatlanadigan elektr zaryadlangan zarraga uning zaryadli va tezligiga proporsional kuch bilan ta'sir etish orqali tavsiflanadi.
Magnit oqimi	Berilgan yuzadan o'tuvchi magnit induksiyasi oqimi. Bir jinsli maydon magnit induksiyasining, shu induksiya vektoriga perpendikulyar bo'lgan maydon kattaligi ko'paytmasiga teng, $F=B \cdot S$.

Mustaqil qo'zg'atish generatori	Qo'zg'atish o'rami o'zgarmas tok manbaidan taminlanuvchi generator.
Silliqlovchi filtrning filrlash koeffitsienti	Filtrdan oldin va filtrdan keyin bo'lgan kuchlanishlar o'zgaruvchan tashkil etuvchisining birinchi garmonikalarining nisbatiga teng bo'lgan kattalik.
Stabilizatorning stabillash koeffitsiyenti	Yuklama toki o'zgarmagan holda, kirish kuchlanishining nisbiy o'zgarishi chiqish kuchlanishining nisbiy o'zgarishidan necha marta kattaligini ko'rsatuvchi koeffitsiyenti.
Suv quyiladigan galvanik element	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.
Tasir etuvchi qiymat (tokning, kuchlanishining)	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.
Tiklanadigan energiya manbalari	Quyosh, shamol, Yerning issiqlik, suv oqimlari tabiiy harakatining, shuningdek, tabiatda mavjud bo'lgan temperaturalar gradientlarining energiyasi.
Tiristorning ulanishi va uzilish vaqti	Tiristorning yopiq holatdan ochiq holatga o'tish va vaqtini (ulanish vaqti) va berkituvchi xususiyatlarini tiklash vaqtini (uzilish vaqti) tavsiflovchi dinamik parametrlari. Ulanish va uzilish vaqtini tiristorning chastota xususiyatlari belgilaydi.
Tranzistorli invertorlar	Asosiy elementlar sifatida tranzistorlardan bir fazali, uch fazali invertorlar.
Tranzistorning kirish xarakteristikalar	Tranzistorning chiqish zanjiridagi turli xil qayd qilingan kuchlanishlarda (yoki toklarda) kirish tokining kirish kuchlanishiga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafiklar.
Tranzistorning chiqish xarakteristikalar	Tranzistor kirish zanjiridagi turli xil qayd qilingan kuchlanishlar (yoki toklar) chiqish tokining chiqish kuchlanishiga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafiklar.
Transformatorning qisqa tutashuvi	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.
Transformatorsiz taminot	Tarkibida transformator bo'lmagan radioelektronika, avtomatika va aloqa qurilmalarini elektr energiyasi bilan taminlash.
Transformatsiya koeffitsienti	Transformator ikkilamchi o'rami (tok, kuchlanish, quvvat, o'ramlar soni) parametrlarining birlamchi o'ramning shu parametrga nisbati bilan aniqlaniladigan kattalik.
To'g'rilagich	O'zgaruvchan tokni bir yo'nalishdagi tokka aylantiruvchi qurilma.

To'g'rilagichning ichki qarshiligi	To'g'rilagich sxemasiga tegishli ventillar va transformator o'ramlari qarshiliklarining yig'indisi.
To'g'rilagichning tashqi xarakteristikasi	To'g'rilangan kuchlanish bilan to'g'rilangan tok o'rtacha qiymatlarining bir-biriga bog'liqligi.
O'zaro induktivlik	Elektr zanjirining bir elementidagi o'zaro induksiya oqim ilashishining boshqa elementdagi shu oqim ilashishiga bog'liq bo'lgan tok nisbatiga teng skalyar kattalik.
O'zgartirgichning foydali ish ko'effitsiyenti	O'zgartirgichning yuklamaga beradigan quvvatini tarmoqdan olingan aktiv quvvatga nisbati.
Uzluksiz elektr taminot manbai	Tarmoq kuchlanishi yo'qolganda yoki uning parametrlari (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.
Uch fazali to'g'rilagich	Uch fazali o'zgaruvchan kuchlanishni to'g'rilash qurilmasi.
Filtrning kirishi (chiqishi) dagi pulslanish ko'effitsiyenti	Filtr kirishi (chiqishi) dagi o'zgaruvchan tashkil etuvchilar birinchi garmonikasi amplitudasining kirish (chiqish) dagi kuchlanish o'rtacha qiymatining nisbatiga teng kattalik.
Filtrning silliqlash ko'effitsiyenti	Filtrdan oldin va filtdan keyin bo'lgan pulslanishi ko'effitsientlarining nisbatiga teng kattalik.
Foydali ish ko'effitsiyenti	Uzluksiz elektr ta'minot manbai chiqish quvvatining tarmoqdan iste'mol qilinadigan quvvatga bo'lgan nisbati.
Chiqish transformatori	Birlamchi o'rami oxirgi kuchaytirish bosqichi zanjirida bo'lgan, ikkilamchi o'rami yuklamaga ulangan transformator.
Elektr zanjir tarmog'i	Elektr zanjirining, uning bo'ylab bir xil tok o'tadigan qismi.
Elektr energiya manbai	Energiyaning turli ko'rinishlarini elektr energiyasiga o'zgartiruvchi elektrotexnik buyum (qurilma).
Yarimo'tkazgichli o'zgartirgichning impulsli boshqarilishi	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

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	KП724B	IRF842	KП745B	IRF531
KП250	IRF250	KП725A	TPF450	KП745B	IRF532
KП340	IRF340	KП726A	BUZ90A	KП745Г	IRL530
KП350	IRF350	KП727A	BUZ71	KП746A	IRF540
KП365A	BF410C	KП727B	IRFZ34	KП746B	IRF541
KП382A	BF960	KП727B	IRLZ34	KП746B	IRF542
KП440	IRF440	KП728A	BUZ80A	KП746Г	IRL540
KП450	IR450	KП730	IRF730	KП747A	IRFP150
KП501A	ZVN2120	KП730A	IRGPH50F	KП748A	IRF610
KП502	BSS124	KП731A	IRF710	KП748B	IRF611
KП503	BSS129	KП731B	IRF711	KП748B	IRF612
KП504	BSS88	KП731B	IRF712	KП749A	IRF620
KП505	BSS295	KП737A	IRF630	KП749B	IRF621
KП510	IRF510	KП737B	IRF634	KП749B	IRF622
KП520	IRF520	KП737B	IRF635	KП750A	IRF640
KП530	IRF530	KП739A	IRFZ14	KП750B	IRF641
KП540	IRF540	KП739B	IRFZ10	KП750B	IRF642
KП610	IRF610	KП740	IRF740	KП750Г	IRL640
KП620	IRF620	KП740A	IRFZ24	KП751A	IRF720
KП630	IRF630	KП740B	IRFZ20	KП751B	IRF721
KП640	IRF640	KП740B	IRFZ25	KП751B	IRF722
KП707B1	BUZ90	KП741A	IRFZ48	KП752A	IRF730
KП710	IRF710	KП741B	IRFZ46	KП752B	IRF731
KП717B	IRF350	KП742A	STH75N06	KП752B	IRF732
KП718A	BUZ45	KП742B	STH75N05	KП753A	IRF830
KП718E1	IRF453	KП743A	IRF510	KП753B	IRF831
KП720	IRF720	KП743B	IRF511	KП753B	IRF832
KП722A	BUZ36	KП743B	IRF512	KП771A	STP40N10
KП723A	IRFZ44	KП744A	IRF520	KП820	IRF820
KП723B	IRFZ45	KП744B	IRF521	KП830	IRF830
KП723B	IRFZ40	KП744B	IRF522	KП840	IRF840
KП723Г	IRLZ44	KП744Г	IRF520		

2-Ilova

KT838A; 2T839A; KT840A; B: 2T841A; 2T866A tranzistorlarining elektr parametrlari

Parametr	Nominal qiymat					
	KT838A	KT839A	KT840A	KT 840B	KT841A	KT866A
1	2	3	4	5	6	7
Kollektor teskari toki, mA dan katta emas	1	1	3	3	3	2,5
Kollektor-emitter to'yinish kuchlanishi, V dan katta emas	5	1,5	3	3	1,5	1,5
Baza-emitter to'yinish kuchlanishi, V dan katta emas	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
UE sxemasidagi tog'ni statik uzatish koeffitsiyenti, β , dan kichik emas	2,5	5	10	10	12	15
CHegaraviy kuchlanish, V dan kichik emas	700	700	400	350	400	100
Kollektorning ruxsat etiladigan o'zgaras toki, A dan katta emas	5	10	6	6	10	20
Bazaning ruxsat etiladigan o'zgaras toki, A dan katta emas	2	3	2	2	3	5
Emitter-bazaning ruxsat etiladigan o'zgaras teskari kuchlanishi, V dan katta emas	5	5	5	5	5	4
Kollektor-emitter ruxsat etiladigan o'zgaras kuchlanishi, V dan katta emas	400	350	400	350	600	160
Kollektorda tarqaladigan ruxsat etiladigan qiymat	12,5	50	60	60	50	30

3-Ilova

Alyuminiyli oksid-elektrolitik kondensatorlar

Nominal kuchlanish, V	K50-20	K50-29
	Nominal sig'im, mkF	Nominal sig'im, mkF
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

Stabilitronlar va stabistorlar parametrlari

Turi	Nominal stabillash kuchlanishi, V	Maksimal stabillash toki, mA	Minimal stabillash toki, mA	Stabillash kuchlanishi harorat bo'yicha koeffitsiyenti, % . °C
1	2	3	4	5
Д818А	9	33	3	±0,02
Д818Ж	8,5	33	3	±0,02
2C101А	3,3	30	0,25	-0,1
2C101Б	3,9	26	1	-0,08
2C101В	4,7	21	1	-0,06
2C101Г	5,6	18	1	±0,04
2C101Д	6,8	15	1	±0,06
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	±0,04
2C101Д-1	6,8	7	1	±0,06
2C107А	0,7	120	1	-0,34
2C111А	6,2	22	3	-0,06
2C111Б	6,8	20	3	±0,05
2C111В	7	20	3	±0,01
2C112А	7,5	18	3	±0,04
2C112Б	8,2	17	3	±0,04
2C112В	9,1	15	3	±0,06
2C113А	1,3	100	1	-0,42
2C119А	1,9	100	1	-0,42
2C117А	6,4	12	3	±0,002
2C117Б	6,4	12	3	±0,001
2C117В	6,4	12	3	±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	±0,05
2C168А	6,8	45	3	±0,06
2C133В	3,3	37,5	1	±0,1
2C133Г	3,3	37	1	±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-IIova

Elektr ta'minot manbalarida ishlatiladigan IMSlar

Mikrosxema turlari	CHiqish kuchlanishi, U _{st} , V	Kirish kuchlanish diapazonlari		I _{st.maks} , A	P _{maks} , Vt	Korpus turi
		U _{kir.min} , V	U _{kir.maks} , 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
78H05KC	5	8	25			
78H12KC	12	15	25			
78H15KC	15	88	25			
LM323K	5	7	20			
TDBO123KM	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	10-12	TO-202, TO-220, 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			

KP142EH turdagi chiqish kuchlanishlar rostlanadigan integral stabilizatorlar parametrlari

Mikrosxemalarning shartli belgilanishi	Normal iqlim sharoitlaridagi klassifikatsion parametrlar				Chiqish toki (A) Korpus temperaturasi ($^{\circ}\text{C}$) bo'lganda		Kuchlanish-ning minimal pasayishi, V	Kirish kuchlanishi, V
	Chiqish kuchlanishi, V		Nostabillik		Minus 10 dan 70 gacha	Minus 45 dan 85 gacha		
	Minimal	Maksi-mal	Kuchlanish bo'yicha, % V	Tok bo'yicha, % A				
KP142EH1A	3	12	0,3	11,1	0,15	-	2,5 4,5	20 gacha
KP142EH1B			0,1	4,4				
KP142EH1B			0,5	22,2				
KP142EH1Г			0,2	4,4				
KP142EH2A	12	30	0,3	11,1				40 gacha
KP142EH2B			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
KP142EH12B			0,018	4,0	1,0	-		
KP142EH14	2	37	0,03	0,33	0,15	-	3	9,5 dan 40 gacha
KP142EH18A	Minus	Minus	0,03	0,33	1,0	-	3,5	Minus 5 dan 30 gacha
KP142EH18B	1,2	26,5			1,5	-		
KP1151EH1A	1,24	17,5	0,04		-	10	Rasm.	Minus 3,75 dan 20 gacha
KP1151EH1B					-	5		

KP142EH turdagi 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 ⁰ ...+70 ⁰	Korpus temperaturasi -10 ⁰ ...+70 ⁰		
KP142EH5A	5±1	0,05	1,3	1,5	-	-	15
KP142EH5Б	6±0,12			2,0			
KP142EH5B	5±0,18						
KP142EH5Г	6±0,21						
KP142EH8A	9±0,27	0,05	0,67	-	1,5	2,5	35
KP142EH8Б	12±0,36						
KP142EH8B	15±0,45						
KP142EH8Г	9±0,36	0,1	1,5				30
KP142EH8Д	12±0,48						
KP142EH8E	15±0,6						
KP142EH9A	20±0,4	0,05	0,67	1,5	0,5	2,5	35
KP142EH9Б	24±0,48						
KP142EH9B	27±0,54						
KP142EH9Г	20±0,5	0,1	1,5	30			
KP142EH9Д	24±0,72						
KP142EH9E	27±0,81						
KP142EH15A	±15±0,5	0,01	4,0	-	0,1	2,5	±30
KP142EH15Б	±15±0,18				0,2		

To'g'ri toki 10 Adan katta bo'lmagan 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, Hz dan katta emas	Teskari tiklanish vaqti, 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'zgarma to'g'ri tok, A dan katta emas	Ishchi chastota, Hz dan katta emas	Teskari tiklanish vaqti, 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-IIova

КЦ419 turdagi to'plamlarning asosiy parametrlari

Diodli to'plam turi	Normal iqlim sharoitlaridagi klassifikatsion parametrlar	
	Teskari impulsli kuchlanish, V dan 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

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
1	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	10×10^{-3}	0,4
Д204	5×10^{-3}	0,56	20×10^{-3}	0,28
Д205	40×10^{-3}	0,2	160×10^{-3}	0,1
Д206	80×10^{-3}	0,14	300×10^{-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	10×10^{-3}	0,56
Д210	5×10^{-3}	0,8	20×10^{-3}	0,4
Д211	40×10^{-3}	0,28	160×10^{-3}	0,14
Д212	80×10^{-3}	0,2	200×10^{-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	10×10^{-3}	0,8
Д216	5×10^{-3}	1,1	20×10^{-3}	0,56
Д217	40×10^{-3}	0,4	160×10^{-3}	0,2
Д218	80×10^{-3}	0,28	300×10^{-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	10×10^{-3}	1,1
Д223	5×10^{-3}	1,6	20×10^{-3}	0,8
Д224	40×10^{-3}	0,56	160×10^{-3}	0,28
Д225	80×10^{-3}	0,4	300×10^{-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	10×10^{-3}	1,6
Д231	5×10^{-3}	2,2	20×10^{-3}	1,1
Д232	40×10^{-3}	0,8	160×10^{-3}	0,4
Д233	$0,3 \times 10^{-3}$	0,56	300×10^{-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	10×10^{-3}	2,2
Д239	5×10^{-3}	3,2	20×10^{-3}	1,6
Д240	40×10^{-3}	1,1	160×10^{-3}	0,56
Д241	80×10^{-3}	0,8	300×10^{-3}	0,4

1	2	3	4	5
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
Д245	$0,3 \times 10^{-3}$	18	$1,2 \times 10^{-3}$	9
Д246	$2,5 \times 10^{-3}$	6,3	10×10^{-3}	3,2
Д247	$4,5 \times 10^{-3}$	4,5	20×10^{-3}	2,2
Д248	40×10^{-3}	1,6	160×10^{-3}	0,8
Д249	80×10^{-3}	1,1	300×10^{-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	10×10^{-3}	4,5
Д255	5×10^{-3}	6,3	20×10^{-3}	3,2
Д256	40×10^{-3}	2,2	160×10^{-3}	1,1
Д257	80×10^{-3}	1,6	300×10^{-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	10×10^{-3}	6,3
Д263	5×10^{-3}	9	20×10^{-3}	4,5
Д264	40×10^{-3}	3,2	160×10^{-3}	1,6
Д265	80×10^{-3}	2,2	300×10^{-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	5×10^{-3}	12,5	20×10^{-3}	6,3
Д271	10×10^{-3}	9	40×10^{-3}	4,5
Д272	80×10^{-3}	3,2	300×10^{-3}	1,6
Д273	160×10^{-3}	2,2	0,6	1,1
Д274	1,2	0,8	5	0,4

11-Ilova

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	

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Electrochemical power sources: batteries, fuel cells, and supercapacitors / Vladimir S. Bagotsky, Alexander M. Skundin, Yuriy VM. Volfkovich. ISBN 978-1-118-94251-2 (pdf) Copyright © 2015 by John Wiley & Sons. USA. p-403.
2. “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.
3. ENERGY MANAGEMENT AND EFFICIENCY FOR THE PROCESS INDUSTRIES. Edited by Alan P. Rossiter, Beth P. Jones. Copyright 2015 by the American Institute of Chemical Engineers, Inc. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. ISBN: 978-1-118-83825-9.
4. Сапаев М., Алиев У., Қодиров Ф. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Т.: “Фан ва технология”, 2011й. – 248 б.
5. Махкамджанов Б.М., Алиев У.Т., Сапаев М.С., Худайбергганов Ш.К. Алоқа қурилмаларининг электр таъминоти. Ўқув қўлланма. – Тошкент: ТАТУ, 2008 й. – 136 б.
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. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций В.М. Бушуев, В.А. Деминский и др. – М.: «Горячая Линия – Телеком», 2009. – 383 с.
8. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. – М.: «Три Л», 2000 г. – 400 с.
9. Ефимов И.П. Источники питания РЭА: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Ульяновск: УлГТУ, 2002. – 136 с.
10. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008 г. – 272 с.

11. Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. Учебное пособие. – М.: “СОЛОН-ПРЕСС”, 2008 г. – 448 с.
12. Бокунаев А.А., Горбачев Б.В., Захаров М.Ф. и др. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций (конспект лекций). – М.: МТУСИ. 2004. – 129 с.
13. Костиков В.Г., Никитин И.Е. Источники электропитания высокого напряжения РЭА. – М.: «Радио и связь», 2006. –200 с.
14. Электропитание устройств связи: Учебное пособие. / М.Э.Яськова, У.Т.Алиев; под ред. Х.С.Соатова – Ташкент: ТУИТ. 2005. – 129 с.
15. Телекоммуникация ускуналари электр таъминотида оид терминларнинг русча-ўзбекча изоҳли луғати. т.ф.д. М.Мухиддиновнинг таҳрири остида. “Фан” нашриёти, 2009й.

Интернет сайтлари

1. <http://www.batteryuniversity.com>
2. <http://www.bb-battery.ru>
3. [http:// www.sdisle.com/battery/calc.html](http://www.sdisle.com/battery/calc.html)
4. <http:// www.sdisle.com/battery/peukert.html>
5. <http:// www.electro-tehnika.narod.ru/docs/zariadNiCA.html>
6. <http:// www.gpbatarteries.com.hk/cgi-bin/cellular/>
7. <http://battery.newlist.ru>
8. <http://www.xumuk.ru/>
9. <http://www.thetinylife.com/future-of-batteries/>

MUNDARIJA

QISQARTMALAR	3
KIRISH	4
1. TA'MINOT MANBALARI: UMUMIY MALUMOTLAR	6
1.1. Birlamchi elektr ta'minot manbalari.....	6
1.2. Ikkilamchi elektr ta'minot manbalari	9
1.3. Elektr energiya ta'minoti tarmog'ining parametrlari.....	11
1.4. Ikkilamchi elektr taminot manbaining parametrlari	12
1.5. Chiziqli va impulsli ikkilamchi elektr ta'minot manbai	13
1.6. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari	18
1.7. Quyosh elementlari asosidagi elektr ta'minoti manbalari	22
1.8. Elektr ta'minoti manbalarining rivojlanish istiqbollari	24
Nazorat savollari	26
2. CHIZIQLI TA'MINOT MANBALARI	27
2.1. Chiziqli ta'minot manbaining umumlashgan strukturaviy sxemasi	27
2.2. Boshqarilmaydigan to'g'rilagichlar.....	33
2.2.1. To'g'rilagichning asosiy sxemalari	33
2.2.2. To'g'rilagich filtrlari.....	39
2.3. Boshqariladigan to'g'rilagichlar	45
Nazorat savollari	52
3. KUCHLANISH STABILIZATORLARI	53
3.1. Umumiy ma'lumotlar.....	53
3.2. Stabilizatorlarning asosiy parametrlari	54
3.3. Parametrik stabilizatorlar	56
3.4. Kompensatsion stabilizatorlar.....	62
Nazorat savollari	69
4. KUCHLANISH STABILIZATORLARINI HIMOYALASH	71
4.1. Tranzistorli stabilizatorlarni yuklamadagi qisqa tutashuvdan himoyalash	71
4.2. Stabilizatorlarni chiqishidagi o'ta kuchlanishdan himoyalash	77
4.3. Integral mikrosxemalar asosidagi kuchlanish stabilizatorlari	80
4.4. Tayanch kuchlanish manbalari	101
Nazorat savollari	107
5. IMPULSLI TA'MINOT MANBALARI	109
5.1. Umumiy ma'lumotlar.....	109
5.2. Impulsli ta'minot manbalarida rostlovchi element orqali boshqarish	109
5.3. Teskari o'tishli va to'g'ri o'tishli impulsli ta'minot manbai	113
5.4. Bir nechta chiqishli impulsli ta'minot manbai.....	116
5.5. O'zgarmas tok impulsli kuchlanish stabilizatorlari	117
5.6. Impulsli stabilizatorlarni chiqishidagi o'ta kuchlanishdan himoyalash	121
5.7. Impulsli ta'minot manbalari uchun IMSlarni qo'llash	123
5.8. Impulsli ta'minot manbalarining umumiy ahamiyati	128
Nazorat savollari	130
6. KUCHLANISH O'ZGARTIRGICHLARI - INVERTORLAR.....	132
6.1. O'zgartirgichlarning turlari.....	132

6.2. Bir taktli o'zgartirgichlar	133
6.3. Ikki taktli o'zgartirgichlar	135
6.4. O'zgartirgich invertorlarining boshqarish zanjirlari sxemalari	141
6.5. Tiristorli o'zgartirgichlar	145
6.6. Kuchlanish o'zgartirgichlari asosidagi impulsli elektr ta'minoti manbalari .	148
Nazorat savollari	154
7. KIMYOVIY ELEKTR TOKI MANBALARI.....	156
7.1. Umumiy ma'lumotlar.....	156
7.2. Kimyoviy tok manbalari: aniqlanishi, tuzilishi va tasnifi.....	162
7.3. Birlamchi kimyoviy tok manbalari – galvanik elementlar: ishlash prinsipi va turlari	163
7.4. Ikkilamchi kimyoviy tok manbalari – akkumulyatorlar: aniqlanishi, ko'rinishlari va tuzilishi	166
7.5. Kislot-qo'rg'oshinli akkumulyatorlar	170
7.6. Nikel-kadmiyli akkumulyatorlar.....	174
7.7. Nikel-gidridli akkumulyatorlar	178
7.8. Litiy-ionli va litiy-polimerli akkumulyatorlar	182
7.9. Ishqorli elementlar va ionistorlar	203
Nazorat savollari	213
8. AKKUMULYATORLARNI ZARYADLASH USULLARI. ZARYADLASH QURILMALARINING SXEMOTEXNIKASI	215
8.1. Akkumulyator batareyalarini zaryad qilish usullari	215
8.2. Tok qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash	215
8.3. Kuchlanish qiymati o'zgarmas bo'lganda zaryadlash	217
8.4. Akkumulyatorlarni zaryadlashning boshqa usullari	220
8.5. Akkumulyatorlarni simsiz zaryadlash	221
8.6. Zaryadlash qurilmalarining sxemotexnikasi.....	224
8.6.1. Zaryadlash qurilmalariga qo'yilgan talablar.....	225
8.6.2. Stabillashtirilgan tok bilan zaryadlash.....	226
8.6.3. Stabillashtirilgan kuchlanish bilan zaryadlash.....	228
8.6.4. Ikki bosqichli zaryadlash qurilmasi. I va U usulida zaryadlash	228
Nazorat savollari	231
XULOSA	232
GLOSSARIY	233
ILOVALAR	238
ADABIYOTLAR RO'YXATI	249

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ.....	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
1.1. Источники первичного электропитания.....	6
1.2. Источники вторичного электропитания.....	9
1.3. Параметры сети питания электроэнергией.....	11
1.4. Параметры источников вторичного электропитания.....	12
1.5. Линейные и импульсные источники вторичного электропитания	13
1.6. Восстанавливающие источники энергии.....	18
1.7. Источники электропитания на основе солнечных элементов.....	22
1.8. Тенденция развития источников электропитания.....	24
<i>Контрольные вопросы.....</i>	26
2. ЛИНЕЙНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ.....	27
2.1. Обобщенная структурная схема линейного источника питания	27
2.2. Неуправляемые выпрямители.....	33
2.2.1. Основные схемы выпрямителей	33
2.3.2. Фильтры выпрямителей	39
2.3. Управляемые выпрямители.....	45
<i>Контрольные вопросы.....</i>	52
3. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ.....	53
3.1. Общие сведения.....	53
3.2. Основные параметры стабилизаторов.....	54
3.3. Параметрические стабилизаторы.....	56
3.4. Компенсационные стабилизаторы.....	62
<i>Контрольные вопросы.....</i>	69
4. ЗАЩИТА СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ	71
4.1. Защита транзисторных стабилизаторов от короткого замыкания в нагрузке	71
4.2. Защита стабилизаторов от перенапряжения на выходе	77
4.3. Стабилизаторы напряжения на интегральных микросхемах	80
4.4. Источники опорного напряжения	101
<i>Контрольные вопросы.....</i>	107
5. ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ	109
5.1. Общие сведения.....	109
5.2. Управление регулирующим элементом в импульсных ИП	109
5.3. Обратноходовые и прямоходовые импульсные ИП	113
5.4. Импульсные источники питания с несколькими выходами.....	116
5.5. Импульсные стабилизаторы напряжения постоянного тока.....	117
5.6. Защита импульсивных стабилизаторов от перенапряжения на выходе	121
5.7. Применение ИМС для импульсных источников питания.....	123
5.8. Общие значения относительно импульсных источников питания.....	128
<i>Контрольные вопросы.....</i>	130

6. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ – ИНВЕРТОРЫ	132
6.1. Виды преобразователей	132
6.2. Однотактные преобразователи	133
6.3. Двухтактные преобразователи.....	135
6.4. Схемы управляющих цепей преобразователя.....	141
6.5. Тиристорные преобразователи.....	145
6.6. Импульсные источники питания на основе преобразователях напряжений.....	148
<i>Контрольные вопросы</i>	154
7. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА.....	156
7.1. Общие сведения	156
7.2. Химические источники тока: определение, структура и классификация	162
7.3. Первичные химические источники тока – гальванические элементы: принцип работы и виды	163
7.4. Вторичные химические источники тока – аккумуляторы: определение, виды и структура.....	166
7.5. Угольно-цинковые аккумуляторы.....	170
7.6. Никель-кадмиевые аккумуляторы.....	174
7.7. Никель-гидридные аккумуляторы.....	178
7.8. Литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы.....	182
7.9. Щелочные элементы и ионисторы.....	203
<i>Контрольные вопросы</i>	213
8. МЕТОДЫ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРОВ. СХЕМОТЕХНИКА ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ.....	215
8.1. Методы заряда аккумуляторных батарей.....	215
8.2. Заряд при переменного тока.....	215
8.3. Заряд при переменного напряжения.....	217
8.4. Другие методы заряда аккумуляторов.....	220
8.5. Беспроводной заряд аккумуляторов.....	221
8.6. Схемотехника зарядных устройств.....	224
8.6.1. Требование зарядных устройств.....	225
8.6.2. Заряд стабилизированного тока.....	226
8.6.3. Заряд стабилизированного напряжения.....	228
8.4. Двухступенчатый зарядное устройства.....	228
<i>Контрольные вопросы</i>	231
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	232
ГЛОССАРИЙ	233
ПРИЛОЖЕНИИ	238
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	249

CONTENT

ABBREVIATIONS.....	3
INTRODUCTION.....	4
1. POWER SUPPLIES: THE GENERAL CONVERGENCE.....	6
1.1. Sources of primary power supplies.....	6
1.2. Sources of secondary power supplies.....	9
1.3. Parameters of a network of a supply by the electric power.....	11
1.4. Parameters of sources of secondary power supplies.....	12
1.5. Linear and pulsed sources of secondary power supplies	13
1.6. Recovering energy sources	18
1.7. Electric power supplies on the basis of solar elements	22
1.8. A tendency of development of sources power supplies	24
<i>Control questions</i>	26
2. THE LINEAR POWER SUPPLIES.....	27
2.1. The generalized skeleton diagram of the linear power supply	27
2.2. Uncontrollable rectifiers	33
2.2.1. The main circuits of rectifiers	33
2.3.2. Filters of rectifiers	39
2.3. Controlled rectifiers	45
<i>Control questions</i>	52
3. VOLTAGE-STABILIZERS.....	53
3.1. The general convergence	53
3.2. Key parameters of stabilizers	54
3.3. Parametric stabilizers	56
3.4. Compensating stabilizers	62
<i>Control questions</i>	69
4. PROTECTION OF VOLTAGE-STABILIZERS	71
4.1. Protection of transistor stabilizers against short circuit in loading	71
4.2. Protection of stabilizers against an overvoltage on an output	77
4.3. Voltage-stabilizing on integral chips	80
4.4. Comparison voltage sources	101
<i>Control questions</i>	107
5. SWITCH MODE POWER SUPPLIES	109
5.1. The general convergence	109
5.2. Control of a regulating element in impulse power supplies	109
5.3. Obratnoxodoviy and pryamoxodoviy switch mode power supplies	113
5.4. Switch mode power supplies with several outputs	116
5.5. Impulse voltage-stabilizers of a constant current	117
5.6. Protection of impulsive stabilizers against an overvoltage on an output ..	121
5.7. Application IMS for switch mode power supplies	123
5.8. General meanings concerning switch mode power supplies	128
<i>Control questions</i>	130
6. VOLTAGE CONVERTERS - INVERTERS	132
6.1. Aspects of converters	132

6.2. Single-ended converters	133
6.3. Two-cycle converters	135
6.4. Circuits of control circuits of the converter	141
6.5. Thyristor converters	145
6.6. Switch mode power supplies on a basis converters of voltage.....	148
<i>Control questions</i>	154
7. CHEMICAL SOURCES OF THE CURRENT	156
7.1. The general convergence	156
7.2. Chemical sources of a current: definition, structure and classification	162
7.3. Primary chemical sources of a current - galvanic cells: a principle of operation and types	163
7.4. Secondary chemical sources of a current - accumulators: definition, types and structure	166
7.5. Ugolno-zinc accumulators	170
7.6. Nickel-cadmium accumulators	174
7.7. Nickel-giddied accumulators	178
7.8. Lithium-ionic and lithiu-polymeric accumulators	182
7.9. Alkaline elements and ionistors	203
<i>Control questions</i>	213
8. METHODS OF THE CHARGE OF ACCUMULATORS. CIRCUITRY OF ACCUMULATOR RECTIFIERS	215
8.1. Methods of a charge of accumulator plants	215
8.2. A charge at an alternating current	215
8.3. A charge at an alternating voltage	217
8.4. Other methods of a charge of accumulators	220
8.5. Wireless charge of accumulators	221
8.5. Circuitry of accumulator rectifiers	224
8.5.1. The requirement of accumulator rectifiers	225
8.5.2. A charge of the stabilized current	226
8.5.3. A charge of the stabilized pressure	228
8.5.4. Two-stage charge devices.	228
<i>Control questions</i>	231
THE INFERENCE.....	232
GLOSSARY	233
APPLICATION	238
LIST OF REFERENCES	249