

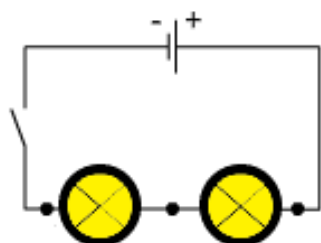
**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**“TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO‘JALIGINI
MEXANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI” MILLIY
TADQIQOT UNIVERSITETI**

DENMUXAMMADIYEV A.M.

ELEKTRONIKA VA ELEKTROTEXNIKA ASOSLARI

**O‘QUV QO‘LLANMA
(texnikum uchun)**



Toshkent – 2022

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

Denmuxammadiyev Aktam Mavlonovich

ELEKTRONIKA VA ELEKTROTEXNIKA ASOSLARI

fanidan

O‘QUV QO‘LLANMA

5.55.01.01 – Telekommunikatsiya texnologiyalari kasbi “Uzatish tizimlari, kommutatsiya tizimlari va axborot tizimlarini montajlash va ishlatish mutaxassisi” malakasidagi texnikum talabalari uchun mo‘ljallangan

Toshkent – 2022

Annotatsiya

Ushbu o'quv qo'llanma 5.55.01.01 – Telekommunikatsiya texnologiyalari kasbi “Uzatish tizimlari, kommutatsiya tizimlari va axborot tizimlarini montajlash va ishlatish mutaxassisi” malakasidagi texnikum talabalari uchun mo'ljallangan.

O'quv qo'llanmasi 25 ta bobdan tashkil topgan. Unda o'zgarmas tok(DC) va bir va uch fazali sinusoidal o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari, yarim o'tkazgich materiallari va qurilmalari, kuchaytirgichlar, operatsion kuchaytirgichlar, filtrlar, signal generatorlari kabi mavzular o'rin olgan. Bob yakunida mavzuga oid sinov savollari berilgan. O'quv qo'llanma yakunida talabalar mashq qilishi uchun test savollaridan namunalar keltirilgan.

Аннотация

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов техникумов с квалификацией 5.55.01.01 - «Специалист по монтажу и эксплуатации систем передачи, систем коммутации и информационных систем» по специальности телекоммуникационных технологий.

Учебное пособие состоит из 25 глав. Он включает в себе такие темы, как электрические цепи постоянного тока (DC) и одно- и трехфазного синусоидального переменного тока, полупроводниковые материалы и устройства, усилители, операционные усилители, фильтры, генераторы сигналов. В конце каждой главы есть контрольные вопросы по теме. В конце учебного пособия приведены примеры тестовых контрольных вопросов, которые учащиеся могут попрактиковать.

Annotation

This manual is intended for students of technical schools with the qualification 5.55.01.01 – “Specialist in the installation and operation of transmission systems, switching systems and information systems” in the specialty of telecommunication technologies.

The manual consists of 25 chapters. It includes topics such as direct current (DC) electrical circuits and single- and three-phase sinusoidal alternating current, semiconductor materials and devices, amplifiers, operational amplifiers, filters, signal generators. There are quiz questions at the end of each chapter. At the end of the tutorial, there are examples of quiz questions for students to practice.

Taqrizchilar:

Tashqi taqriz: Islom Karimov nomidagi TDTU “Elektr texnikasi” kafedrası professori, t.f.d. Q.G‘. Abidov

Ichki taqriz: “TIQXMMI” milliy tadqiqot universiteti "Elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari" kafedrası dotsenti, t.f.n. A.D. Raxmatov

So‘z boshi

Jahonda energiya resurslar narxini oshib borishi barcha korxonalarda energiya tejamkorlik masalasini ilgari suradi. Mamlakat iqtisodiyotining ko‘pgina ishlab chiqarish korxonalarida mahsulot tannarxini asosiy tashkil etuvchisi bo‘lgan energiyaga to‘lovlar tashkil etmoqda. Energiya resurslarini tejash orqali mahsulot tannarxini kamaytirish ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarni tashqi va ichki bozordagi raqobatbardoshligini oshirishning asosiy omillaridan biridir. Bu esa elektr energiya nisbiy sarfini kamaytirish bo‘yicha imkoniyatlarimiz borligini ko‘rsatadi va ishlab chiqarish korxonalarida elektr energiyaini tejevchi oddiy va arzon texnik qurilmalarni tadbii qilishni taqozo qiladi.

Keyingi yillarda Respublikamizda olib borilayotgan iqtisodiy islohotlar ishlab chiqarishdagi iqtisodiy munosabatlarni, korxonalarni faoliyat yurgizish shart - sharoitlarini o‘zgartirib yubordi. Bundan tashqari, Respublikamiz korxonalariga chet el investitsiyalari keng jalb qilinib xorijiy elektr uskunalar o‘rnatilmoqda. Bu esa elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlariga, elektr ta‘minoti tizimi ishonchligiga va energiya iste‘moli jarayonlarini avtomatlashtirishga o‘ziga xos talablar qo‘ymoqda. Yuqoridagilar korxonalarni elektr ta‘minoti tizimini zamonaviylashtirish nuqtai nazaridan qayta rekonstruksiyalashni – eski va samarasiz ishlaydigan tizim elementlarini yangisiga almashtirishni taqozo qilmoqda.

“Elektronika va elektrotexnika asoslari” fani 5.55.01.01– Telekommunikatsiya texnologiyalari kasbi “Uzatish tizimlari, kommutatsiya tizimlari va axborot tizimlarini montajlash va ishlatish mutaxassisi” malakasidagi texnikum talabalari uchun mo‘ljallangan hamda uning ta‘lim dasturi elektr energetika sistemalarida elektrotexnika va elektronika asoslari, elektr motor quvvatini hisoblash va tarmoqlangan elektr zanjirlarini tuzishni hisoblash usullari, bundan tashqari fan tarixi va rivojining tendentsiyasi, istiqboli hamda respublikamizdagi ijtimoiy-iqtisodiy islohatlar natijalari va hududiy muammolarning suv xo‘jalik sohasida ishlatiladigan vositalari istiqboliga ta‘siri masalalarini ham qamraydi.

Fan o‘qitilishidan maqsad – bo‘lajak texnikum talabalarini elektrotexnika va elektronika asoslaridan ham nazariy, ham amaliy jihatdan puxta tayyorlab, avtomatlashtirilgan uskuna va qurilmalarini malakali ishlata olish ko‘nikmalarini shakllantirish va o‘rgatishdan iboratdir.

Fanning vazifasi:

- talabalarga elektrotexnika qonunlari va elektr zanjirlari va suv xo‘jaligida qo‘llaniladigan avtomatik jihozlarning tuzilishini, ishlash tamoyilini, ularni yig‘ish va ishga tushirish, tavsiflarini olish hamda elektronika elementlari

klassifikatsiyasi, boshqarish va himoya jihozlari va avtomatik boshqarish sxemalarini tuzishni o'rgatishdan iborat.

Mazkur o'quv qo'llanmada mavzuga kirish, o'zgarmas tok(DC) elektr zanjirlarining elementlari, rezistorlarning ketma-ket, parallel va aralash ulanishi, Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlari, murakkab o'zgarmas tok elektr zanjirlarini hisoblash usullari, o'zgaruvchan tok elektr zanjirining elementlari, sinusoidal kattaliklarni ifodalanishning qiymatlari va usullari, o'zgaruvchan tok elektr zanjirlari, RLC zanjirini tahlil qilish, elektr zanjirlarida rezonans hodisasi, uch fazali elektr zanjiri, yarim o'tkazgich materiallari haqida tushuncha va ularning tuzilishi, o'tkazuvchilar turlari, o'tish va uning xususiyatlarini yaratish, yarimo'tkazgichli diodlar va ularning tasnifi, to'g'rilovchi diodlar, fotodiodlar, svetodiodlar(yoritish diodlari), tranzistorlar, bipolyar tranzistorlar, maydoniy tranzistorlar, tiristorlar, kuchaytirgichlar, kaskadlarni qurish tamoyillari, kaskadlararo bog'lanish, kuchaytirgichlarda teskari aloqa, operatsion kuchaytirgichlar, kuchlanish va tokni stabillash(barqarorlashtirish) tushunchasi, filtrlar va ularning qo'llanilishi, signal generatorlari, muqobil elektr stantsiyalar va muntazam takrorlanuvchi energiya manbaalari(mustaqil o'rganish uchun mavzu) kabi boblar batafsil yoritilgan.

1 - bob Mavzuga kirish. O'zgarmas tok(DC) elektr zanjirlarining elementlari

1.1 Elektr zanjiri haqida tushuncha

1.2 Elektr sxemasi tushunchasi

1.3 Elektr zanjirining asosiy elementlari

1.4 Oddiy elektr zanjiri

1.5 Chiziqli va nochiziqli elektr zanjirlari tushunchasi

1.6 Om qonuni. Om qonunining qo'llash

1.1 Elektr zanjiri haqida tushuncha

Ma'lumki, elektrotexnika fanining rivojlanishiga buyuk olimlar: G. Om, E. Lens, D. Djoul, G. Kirxgoflar asos solgan bo'lib, 1827-yilda nemis olimi Om tok, kuchlanish va qarshiliklarning orasida o'zaro bog'lanish qonunini yaratdi. 1842-yilda rus olimi E. Lens va ingliz olimi D. Djoullar elektr tok energiyasining issiqlik energiya o'zgartirish qonuniga asos soldi. 1845-yilda G. Kirxgof elektr tok zanjirlarini hisoblash uchun asosiy qonunlarni tadbiiq etdi.

O'zgarmas tok – vaqt bo'yicha o'zgarmas bo'lib, $I = \frac{q}{t}$ (A). O'zgarmas tok generatori, akkumulyator, galvanik elementlar, fotoelementlar, termopara, p'ezodatchik va hakoazol o'zgarmas tok manbai hisoblanadi.

Amalda; mexanik, kimyoviy, yorug'lik va boshqa xildagi energiyalarni elektr tok energiyasi o'zgartirish bilan **elektr tok manbai** hosil qilinadi. Elektr tok energiyasini iste'molchilarga; uzatish liniyasi, kabel simlari orqali yetkaziladi va bunday bog'lanishni elektrotexnikada **berk elektr tok zanjiri** deyiladi.

Agar tok manbaining ichki o'tkazuvchanligi ($g=0$) nolga teng bo'lsa, u holda tashqi zanjirdagi to'la tok manba tokiga teng bo'ladi (ya'ni, $i=I=const$) va bunday manba ideal tok manbai hisoblanadi. Aksincha, $g \neq 0$ bo'lsa, iste'molchiga borayotgan tok I manba tokidan kichikroq bo'ladi ($i < I$). Mazkur holatda tok manbai real tok manbai hisoblanadi.

EYuK manbai deb manba tushuniladiki, undan energiya iste'mol qilayotgan zanjirdagi tok qanchalik miqdorga o'zgarmasin manba qismlaridagi EYuK(kuchlanish) o'zgarмай qolaveradi. Aynan manbaining ichki qarshiligi r_{ich} nolga teng bo'lganida EYuK manbasi ideal hisoblanadi. Real EYuK manbasida $r_{ich} \neq 0$ qiymatga ega bo'ladi.

Elektr zanjirida tok yurishi uchun quyidagi uchta shart bajarilishi talab etiladi:

1-shart: Manbaining mavjudligi (ya'ni, o'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok manbasining mavjudligi).

2-shart: O'tkazgich similar (masalan: alyumen, mis yoki po'lat sim) va iste'molchilarning mavjudligi(masalan: lampochka, elektr dazmoli, elektr suv qizdirgichi va boshq.).

3-shart: 1-shart va 2-shartlardan iborat zanjirning ulovchi kalit orqali berk bo'lishi (masalan: uzgich orqali ulanishi).

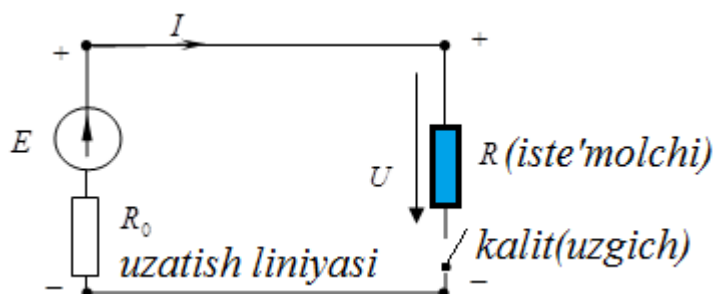
Yuqorida sanalgan uchta shartdan birontasining bo'lmasligi zanjirning nosozligini (yoki to'liq emasligini) anglatadi va bunaqa zanjirda tok yurmaydi.

Sanab o'tilgan shartlarning bajarilishini tekshirish orqali zanjidagi nosozliklar tezroq topilib mutaxassis tomonidan qisqa vaqtda bartaraf etiladi.

Berk zanjirlarda Kirxgof va Om qonunlari bajariladi.

1.2 Elektr sxemasi tushunchasi

Berk zanjirni quyidagi sxema ko'rinishida ifodalash mumkin.

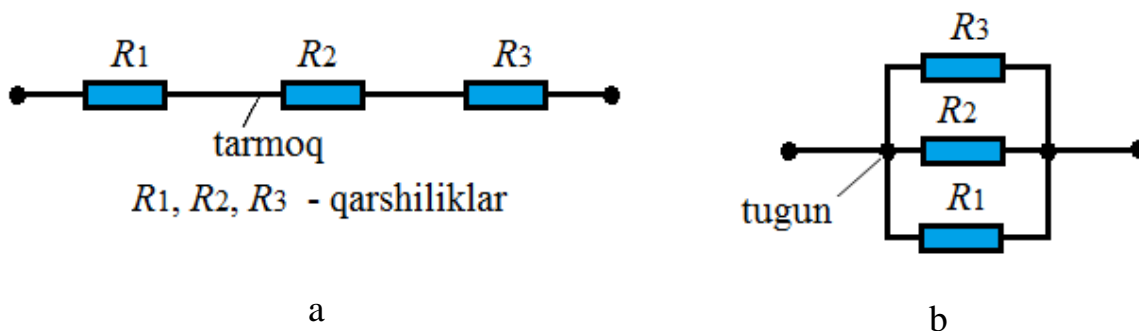


1.1-rasm. Sodda berk zanjir sxemasi

E – manba EYuK, R – iste'molchi qarshiligi, R_0 – manba ichki qarshiligi.

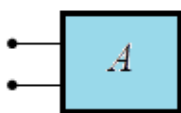
Iste'molchilarda esa elektr tok energiyasi, boshqa xildagi energiyalarga o'zgartiriladi (mexanik, issiqlik, yorug'lik, ximiyaviy va hokozolar).

Elektr tok zanjirlari tarmoqlanmagan va tarmoqlangan bo'lib, iste'molchilarni birlashtiruvchi simlarga – **tarmoq** va uchtadan ko'p tarmoqlarni birlashtiruvchi nuqtalarga – **tugun** deb ataladi.

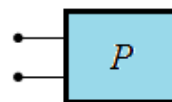


1.2-rasm. Qarshiliklarning ketma-ket(a) va parallael(b) ulanishi

Ikki qutbli elektr tok zanjirlari tarkibida elektr energiya manbai bo'lganda **aktiv** yoki aksincha **passiv** bo'lishi mumkin.



a



b

1.3-rasm. Ikkiqitblilar: aktiv(a); passiv(b)

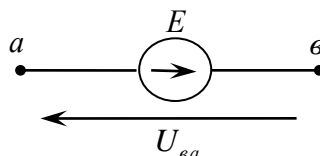
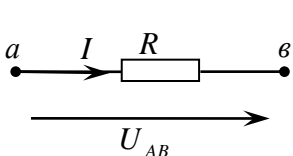
Elektr tok zanjirlarini hisoblashdagi asosiy maqsad iste'molchilardagi tarmoq toklari, kuchlanishlari va sarf bo'ladigan elektr energiya quvvatini hisoblab topishdan iborat bo'lib, Om va Kirxgof qonunlaridan foydalaniladi.

1.3 Elektr zanjirining asosiy elementlari

Elektr kuchlanish yoki **potensiallar farqi** deb – elektr maydon E (manba) ta'sirida biror musbat q zaryadning l masofaga ko'chirilishida bajarilgan ishga aytiladi va Voltda o'lchanadi.

$$U_{AB} = \frac{A}{q} = \int_A^B \mathbf{E} d\mathbf{l} = \varphi_a - \varphi_b \quad (\text{V})$$

Masalan: R – qarshilikdagi kuchlanish potensiallar ayirmasiga yoki manba kuchlanishiga teng:



$$\varphi_a - \varphi_b = U_{AB} = IR; \quad \varphi_b - \varphi_a = U_{\epsilon a} = E$$

Bunda:

$$U_{\epsilon a} = -U_{a\epsilon}$$

1.4 Oddiy elektr zanjiri

Elektr manbai ekvivalent sxemalari:

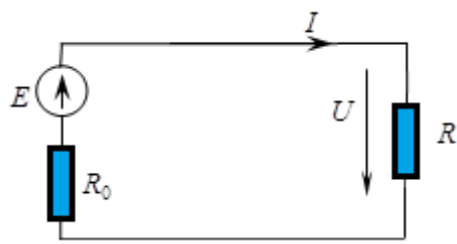
Amalda elektr tok zanjiri va tashqi Volt - Amper tavsiflari $U(I)$ quydagicha ifodalaniladi(4-rasm):

$$\text{Ushbu zanjirdan oqib o'tuvchi tok: } I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (*)$$

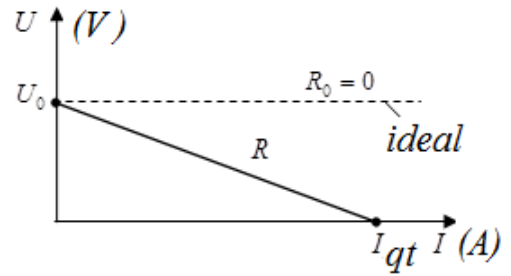
yoki: $U = RI$

Kirxgofning 2- qonuniga asosan: $R_0 I + RI = E$

yoki: $U = E - R_0 I$



a



b

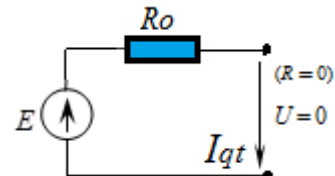
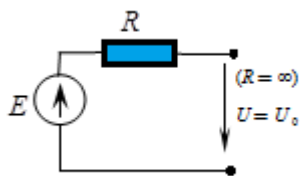
1.4-rasm. Elektr tok zanjiri(a) va tashqi Volt - Amper tavsifi $U(I)$ (b)

Volt – Amper tavsifidan yani (*) tenglamadan: $E=const$ va $R_0=const$ tavsifi to‘g‘ri chiziqli bo‘lib, kuchlanish manbai tashqi tavsifini $U(I)$ ifodalaydi:

a) salt holatda $R=\infty$, $I=0$ bo‘lib: $U=U_0=E$

b) qisqa tutashtirilganda: $R=0$, $U=0$ bo‘lib: $I=I_{qt}=\frac{E}{R_0}$ (**)

$R_0=0$ bo‘lganda esa ideal kuchlanish manbai bo‘lib: $U=E=const$



1.5-rasm.Sodda elektr sxemasining salt(a) va qisqa tutasuv(b) ish rejimi

Ushbu sxemani iste‘molchi qarshiligiga nisbatan boshqa ko‘rinishda keltirish mumkin. Buning uchun (*) tenglamadan manba ichki qarshiligi R_0 ga bo‘lib yuborilsa:

$$\frac{U}{R_0} = \frac{E}{R_0} - I$$

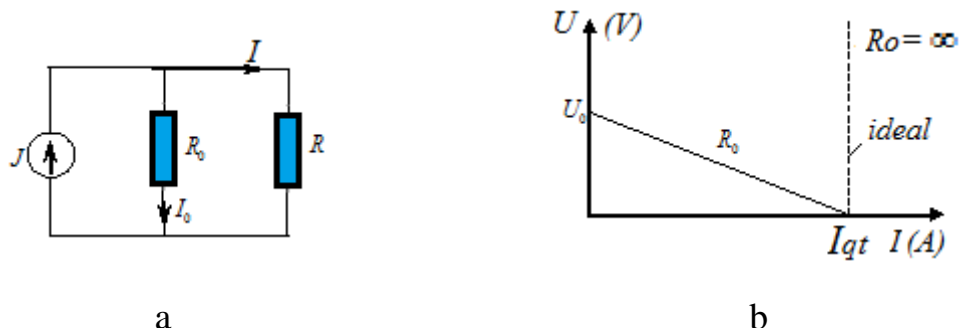
(**) tenglamaga asosan:

$$I_{qt} = \frac{E}{R_0} = J \quad \text{va} \quad \frac{U}{R_0} = I_0 \quad \text{yoki} \quad I_0 = J - I$$

Bundan: $J = I_0 + I$ tok manbai bo‘ladi.

Yoki:
$$I = J - \frac{U}{R_0} \quad (***)$$

(***) tenglamaga asosan tok manbai (energiya) ekvivalent sxemasi va tashqi tavsifi quydagicha ifodalaniladi:



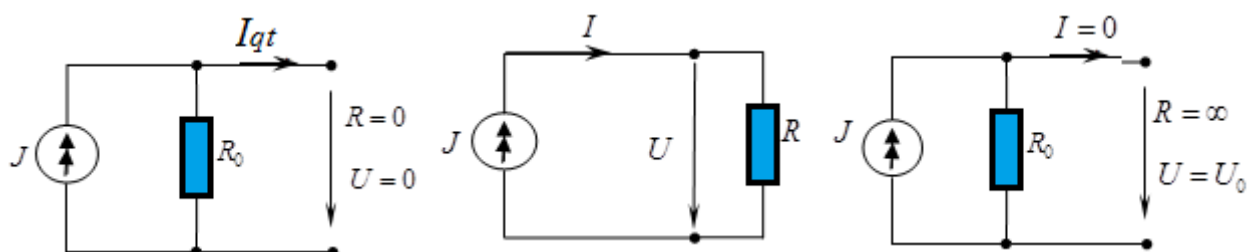
1.6-rasm. Tok manbai ekvivalent sxemasi(a) va tashqi tavsifi(b)

Tok manbai tashqi tavsifidan:

a) salt holatda: $R = \infty, I = 0$ yoki $J = I_K = \frac{U}{R_0}; U = U_0 = I_K R_0 = E$

b) qisqa tutashuvda: $R = 0; U = 0$ yoki $I = I_K = J = \frac{E}{R_0}$

Bunga asosan:



1.7-rasm. Tok manbaining turli rejimlari bo'yicha ekvivalent sxemalar

Agar $R_0 = \infty, (g_0 = 0)$ bo'lsa, ideal tok manbai bo'ladi: $J = I = const.$

Natijada elektr tok zanjirlarining hisoblashda ideal e.yu.k manbaini ekvivalent tok manbaiga almashtirish yoki aksincha amalga oshirish mumkin bo'ladi.

Masalan: Berilgan sxemada e.yu.k manbasi $E = 12 \text{ V}$ ichki qarshiligi $R_0 = 2 \text{ Om}$. Tok manbai ekvivalent sxemasi tuzilsin:

Yechish:

Tok manbai qiymatini aniqlaymiz.

Om qonunidan:
$$J = \frac{E}{R_0} = \frac{12}{2} = 6 \text{ A}$$

Ekvivalent sxemasini quydagicha ifodalanadi:



Bunda EYuK manba bilan tok manbai J yo‘nalishlari bir xil bo‘ladi.

Elektr tok zanjirlari uchun Kirxgof qonunlari

Kirxgof qonunlari elektr tok zanjirlarini hisoblashda asosiy qonunlardan bo‘lib, barcha hisoblash usullarning ham negizi hisoblanadi.

Kirxgof qonunlariga asosan ρ - tarmoq, q - tugundan tashkil topgan elektr tok zanjirini hisoblab tarmoq toklari uchun $K = \rho - (q-1)$ tuzilgan tenglamani yechish bilan bajariladi.

Kirxgofning 1 – qonuni: $\sum I = 0$ - tarmoq toklarining algebraik yig‘indisi nolga teng.

Kirxgofning 2 – qonuni: $\sum E = \sum RI$ - kontur e.yu.k. algebraik yig‘indisi shu konturga kiruvchi qarshiliklardagi kuchlanishlarning algebraik yig‘indisiga teng.

Elektr zanjirlarida quvvatlar muvozanati

Elektr zanjirlarida energiya muvozanatlanishi qonuniga asosan: manbalar elektr tok quvvati, iste‘molchilarda sarf bo‘ladigan elektr tok quvvatlariga teng bo‘ladi.

$$\sum P_{gen} = \sum P_{ist}$$

yoki:
$$\sum_m E_m I + \sum_n J_n U = \sum_k I^2 R_k$$

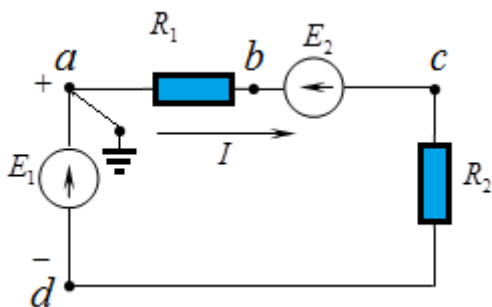
bunda: m – e.yu.k manbalar soni

n – tok manbalar soni

k – iste‘molchi qarshiliklar soni

U, I – bir xil yo‘nalishdagi tok va kuchlanishlar.

Masalan: Ketma – ket ulangan elektr tok zanjirining EYuK lari $E_1=4$ V, $E_2=2$ V, qarshiliklari $R_1=4$ Om, $R_2=6$ Om teng. Tok qiymati va potensallari aniqlanib, diagrammasi tuzilsin



Yechish: Om qonuniga asosan tok qiymatini topamiz:

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_{um}} = \frac{4 - 2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ (A)}$$

1.8-rasm. Zanjir sxemasi

Bunda: $E_1 > E_2$ bo'lganligi uchun tok soat strelkasiga mos yo'nalgan bo'ladi.

Potensiallar farqini aniqlash uchun $\varphi_a = 0$ deb olamiz.

Bunda: $\varphi_b - \varphi_a = R_1 I$, yoki $\varphi_b = \varphi_a + IR_1 = 0 + 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ (V)}$

φ_v - potentsiali:

$$\varphi_b - \varphi_c = E_1 \text{ yoki } \varphi_c = \varphi_b - E_1 = -3,2 \text{ (V)}$$

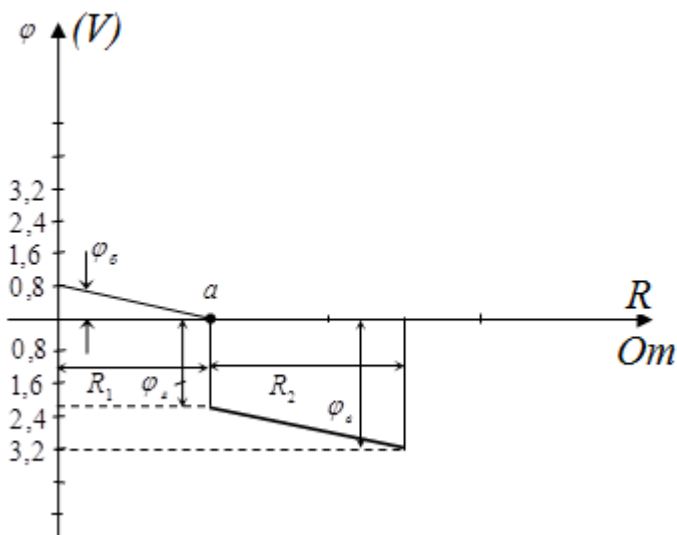
φ_g - potentsiali:

$$\varphi_d - \varphi_c = IR_2 \text{ yoki } \varphi_d = IR_2 + \varphi_c = 0,2 \cdot 6 - 3,2 = -2 \text{ (V)}$$

Ushbu tenglamalardan: $\varphi_a - \varphi_d = E_2$ bo'lib:

$$\varphi_a = E_2 + \varphi_d = 2 - 2 = 0 \text{ (V)}$$

Potensial diagrammasini tuzamiz.



1.9-rasm. Zanjirning potentsial diagrammasi

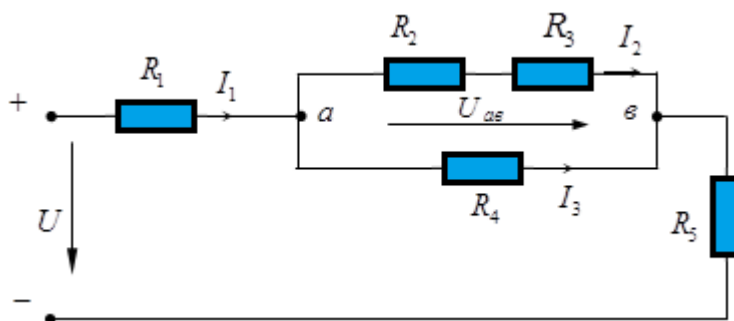
1.5 Chiziqli va nochiziqli elektr zanjirlari tushunchasi

Agarda zanjir elementining chiqish parametri kirish parametri bilan chiziqli bog‘lanishga ega bo‘lsa u holda mazkur zanjir elementi chiziqli hisoblanadi, va aksincha, elementining chiqish parametri kirish parametri bilan nochiziqli bog‘lanishga ega bo‘lsa u holda mazkur zanjir elementi nochiziqli bo‘ladi.

Aslida elektr janjirlarida yuz foiz aniqlikdagi chiziqli elementlar bo‘lmaydi. Ba’zi farazlar kiritish orqali elementni chiziqli deb hisoblaymiz.

Masalan: Aralash sxemada ulangan tok zanjiri parametrlari: $R_1=19 \text{ Om}$, $R_2=2 \text{ Om}$, $R_3=4 \text{ Om}$, $R_4=4 \text{ Om}$, $R_5=0,6 \text{ Om}$ bo‘lib, R_2 qarshilikda $P_2=32 \text{ Vt}$ elektr quvvati sarflanadi.

Zanjirning tarmoq toklari manba kuchlanishi va quvvati aniqlansin.



1.10-rasm. Aralash ulangan zanjirning elektr sxemasi

Yechish:

R_2 qarshilikdan oqib o‘tuvchi I_2 tokni topamiz:

$$I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = 4 \text{ A}$$

a va b potentsial kuchlanishni aniqlaymiz:

$$U_{ab} = I_2(R_2 + R_3) = 4(2 + 4) = 24 \text{ V}$$

R_4 qarshilikdan oqib o‘tuvchi tok:

$$I_3 = \frac{U_{ab}}{R_4} = \frac{24}{4} = 6 \text{ A}$$

Umumiy tok: $I_1 = I_2 + I_3 = 4 + 6 = 10 \text{ A}$

Zanjirning umumiy qarshiligini aniqlaymiz:

$$R_{ym} = R_1 + \frac{R_4(R_2 + R_3)}{R_4 + R_2 + R_3} + R_5 = 19 + \frac{4(2 + 4)}{4 + 2 + 4} + 0,6 = 19 + 0,6 + \frac{24}{10} = 22 \text{ Om}$$

Manba kuchlanishi: $U=I_1R_{um}=10 \cdot 22=220 \text{ V}$

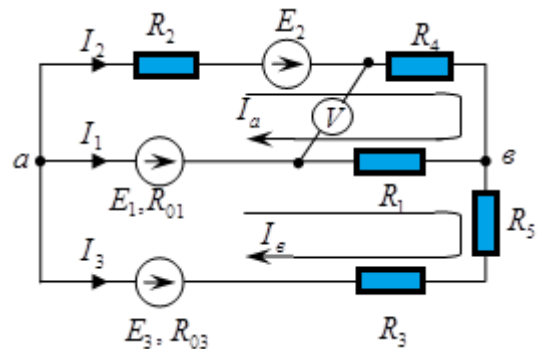
Manba quvvati: $P=U \cdot I_1=220 \cdot 10=2200 \text{ Vt}$.

Masalan: Ikki konturli elektr tok zanjiri manba kuchlanishlari: $E_1=8 \text{ V}$, $E_2=6 \text{ V}$, $E_3=36 \text{ V}$ qarshiliklari: $R_1=3 \text{ Om}$, $R_2=1 \text{ Om}$, $R_3=2 \text{ Om}$, $R_{01}=1,3 \text{ Om}$, $R_{03}=1,2 \text{ Om}$, $R_4=6 \text{ Om}$, $R_5=8 \text{ Om}$ teng. Konturli tok va tugunlararo kuchlanishlar usuliga asosan tarmoq toklari, voltmetr kuchlanishi va quvvatlar balansi aniqlansin.

Yechish:

Mustaqil konturlardagi kontur toklari I_a, I_v yo‘nalishlarini belgilaymiz.

1.11-rasm. Ikki konturli sxema



Kirxgofning 2- qonuniga asosan, kontur toklar tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\left. \begin{aligned} R_{11} \cdot I_a - R_{12} \cdot I_b &= E_{11} \\ -R_{21} \cdot I_b + R_{22} \cdot I_b &= E_{22} \end{aligned} \right\}$$

Bu yerda: R_{11}, R_{22} – konturlarning xususiy qarshiliklari.

$$R_{11}=R_1+R_{01}+R_2+R_4$$

$$R_{22}=R_1+R_{01}+R_3+R_{03}+R_5$$

$R_{12} = R_{21}$ - konturlararo qarshilik:

$$R_{12} = R_{21} = R_1 + R_{01}$$

E_{11} va E_{22} – mos konturga aloqador bo‘lgan manbalarning EYuK larning algebrik yig‘indisi.

Bu xolda, agar manbai e.yu.k yo‘nalishi bilan kontur toki yo‘nalish mos bo‘lsa , uning ishorasi **musbat** olinadi va aksincha **manfiy** ishorali olinadi.

Shunga asosan:

$$E_{11} = E_2 - E_1$$

$$E_{22} = E_1 - E_3$$

Tenglamalarga son qiymatlarini qo‘ysak :

$$\left. \begin{aligned} (3+1,3+6+2) \cdot I_a - (3+1,3) \cdot I_e &= 6-8 \\ -(3+1,3) \cdot I_a + (3+1,3+1+1,2) \cdot I_e &= 8-36 \end{aligned} \right\}$$

yoki:

$$\left. \begin{aligned} 12,3 \cdot I_a - 4,3 \cdot I_e &= -2 \\ -4,3 \cdot I_a + 14,5 \cdot I_e &= -28 \end{aligned} \right\}$$

Tenglamalar sistemasini Kramer usulida yechamiz:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12,3 & -4,3 \\ -4,3 & 14,5 \end{vmatrix} = 178,35 - 18,49 = 159,86$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -2 & -4,3 \\ -2,8 & 14,5 \end{vmatrix} = -29 - 120,4 = -149,4$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 12,3 & -2 \\ -4,3 & -28 \end{vmatrix} = -344,4 - 8,6 = -353,0$$

Bundan:

$$I_a = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-149,4}{159,86} = -0,93A$$

$$I_e = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-353,0}{159,86} = -2,21A$$

Endi shaxobchalardagi toklarni aniqlaymiz:

$$I_1 = I_v - I_a = -2,21 - (-0,93) = -1,28 A;$$

$$I_2 = I_a = -0,93 A ;$$

$$I_3 = -I_v = 2,21 A;$$

I_1 va I_2 toklarning minus ishorali bo‘lishi, ularning zanjirdagi haqiqiy yo‘nalishi, biz qabul qilganga nisbatan teskari ekanligini ifodalaydi.

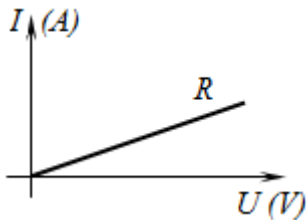
1.6 Om qonuni. Om qonunining qo‘llanishi

Aktiv qarshiligi bo‘lgan zanjirning bir qismi uchun Om qonuni

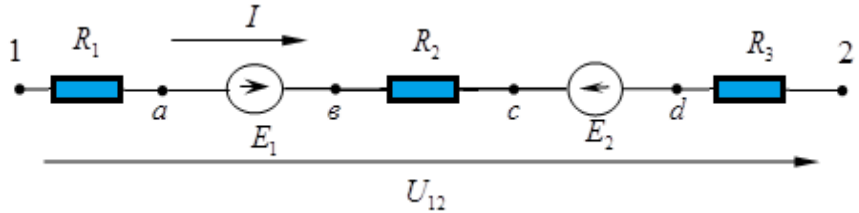
$$U_{as} = U = RI \text{ (V)} \quad \text{yoki} \quad I = \frac{U}{R} \text{ (A)}$$

Bundan: $R = \frac{U}{I}$ (Om); $g = \frac{I}{U}$ ($\frac{1}{\text{Om}} = \text{Simens}$) – o'tkazuvchilik

U xolda qarshilik Volt–Amper tavsifi $I = f(U)$ chiziqli o'zgaradi.



1.12-rasm.
Qarshilikning
Volt-ampere tavsifi



1.13-rasm. Butun zanjir uchun Om qonunini
hisoblashga oid sxema

Elektr tok zanjiriga manba ulangan holda butun zanjir uchun Om qonuni quydagicha tenglama bilan ifodalaniladi.

Potensiallar tenglamasiga asosan:

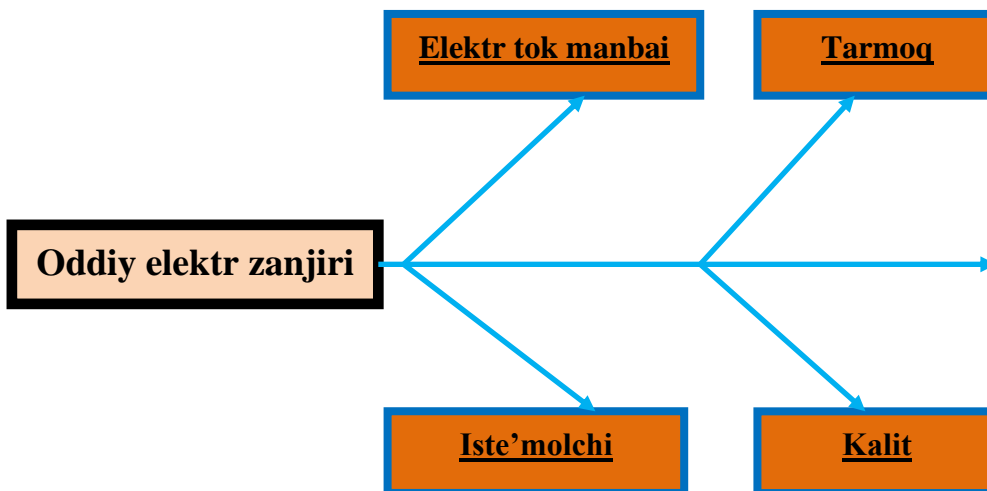
$$\varphi_d = \varphi_2 + R_3 I, \quad \varphi_c = \varphi_d + E_2, \quad \varphi_b = \varphi_c + R_2 I, \quad \varphi_a = \varphi_b - E_1, \quad \varphi_1 = \varphi_a + R_1 I$$

yoki $\varphi_1 = \varphi_2 + R_3 I + E_2 + R_2 I - E_1 + R_1 I, \quad \varphi_1 - \varphi_2 = U_{12}$

$$U_{12} = (R_1 + R_2 + R_3)I - E_1 + E_2$$

Bundan:

$$I = \frac{E_1 - E_2 + U_{12}}{R_1 + R_2 + R_3}$$



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari:

1. Elektronika va elektrotexnika fani nimani o‘rgatadi?
2. Elektrotexnika fanining rivojlanishiga xissa qo‘shgan buyuk olimlarni bilasizmi?
3. Elektr tok zanjiri qaysi qismlardan iborat?
4. O‘zgarmas tok manbalarini bilasizmi?
5. Tarmoqlangan elektr tok zanjirlarini chizib, tarmoq tugun, kontur nima ekanligini izoxlab bering.
6. Elektr maydon kuchlanganligi nima?
7. Elektr sig‘imini izohlab bering va miqdor kattaligini ayting?
8. Nuqtaviy zaryadlangan zarrachalarning o‘zaro ta’sir kuchi qaysi qonunga asosan aniqlanadi?
9. Potensiallar farqi, kuchlanish nima va ularning miqdor kattaliklarini ayting?
10. Zanjirning bir qismi va butun zanjir uchun Om qonunini yozing.
11. Elektr zanjirlari uchun Kirxgof qonunlarini ifodalab bering.
12. Elektr tok quvvati, (aktiv quvvat) qanday ifodalanadi va nimada o‘lchanadi?
13. Elektr o‘lchash asboblari: ampermetr, voltmeter va vattmetrlar elektr sxemasiga qanday ulanadi?
14. Elektr manbai tashqi tavsifini chizing va izox bering. Qisqa tutashuv va salt holat deganda nima tushunasiz?
15. Potensial diagramma nima va qanday quriladi?
16. Quvvatlar balansi tenglamasini yozing.
17. Aktiv va passiv 2-qutblik zanjir nima?
18. Elektr va magnit maydon energiyasi ifodasini yozing.
19. EYuK manbadan ekvivalent tok manbaga o‘zgartirish qoidasi qanday?

2 - bob Rezistorlarning ketma-ket, parallel va aralash ulanishi

2.1 Rezistorlarning ketma-ket ulanishi

2.2 Rezistorlarning parallel ulanishi

2.3 Rezistorlarning aralash ulanishi. Ekvivalent qarshiliklarni hisoblash

2.1 Rezistorlarning ketma-ket ulanishi

Elektr zanjiri deb, elektr tokini hosil qiluvchi va uning oqib o'tishini ta'minlash uchun berk yo'l hosil qiladigan qurilmalar yig'indisiga aytiladi.

Elektr zanjirlarini shartli belgilar yordamida tasvirlash **elektrik sxema** deb ataladi.

O'zgarmas tok manbalari, iste'molchilari va ularni simlar bilan o'zaro ulashdan hosil qilingan berk kontur o'zgarmas tok zanjiri deyiladi.

Turli elektr zanjirlarining ish jarayoni tahlil qilinganda zanjirdagi iste'molchilarning ekvivalent qarshiligini aniqlash kerak bo'ladi. Umuman, elektr iste'molchilarni zanjirga ketma-ket, parallel va aralash ulash sxemalari mavjud. Qarshiliklarni (iste'molchilarni) ketma-ket, ulash deb, bir qarshilik (R_1) ning oxirgi uchini ikkinchi qarshilik (R_2) ning bosh uchiga va hokazo birlashtirishga aytiladi. Qarshiliklarni ketma-ket birlashtirilgan, ya'ni tarmoqlanmagan elektr zanjirining o'ziga xos xususiyati shundaki, unda tok o'tkazadigan bitta yopiq kontur bo'lib, konturning barcha qismlaridan bir xil qiymatga ega bo'lgan tok o'tadi. Bunday zanjirda unga berilgan kuchlanishlar pasayishining algebraik yig'indisiga teng (Kirxgofning II qonuniga asosan)

$$U = U_{r_1} + U_{r_2} + U_{r_3} + U_{r_4}$$

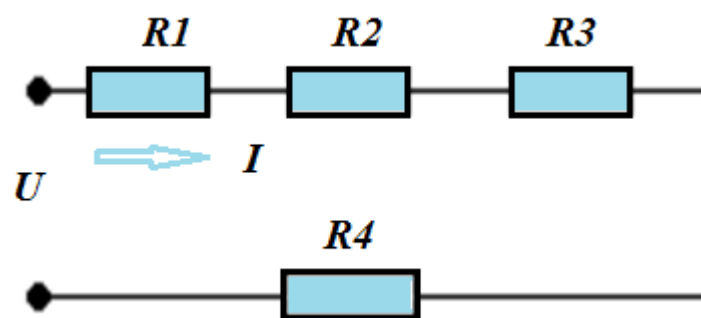
$$I = I_{r_1} = I_{r_2} = I_{r_3} = I_{r_4}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$U = I \cdot U_{r_1} + I \cdot U_{r_2} + I \cdot U_{r_3} + I \cdot U_{r_4}$$

Bu yerda: $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ -zanjir qismlarining qarshiliklari; R -zanjirning ekvivalent qarshiligi. Demak, ekvivalent qarshilik R zanjir ayrim qismlari qarshiligining yig'indisiga teng. Bunday zanjirdagi tok Om qonuniga binoan quydagicha ifodalanadi:

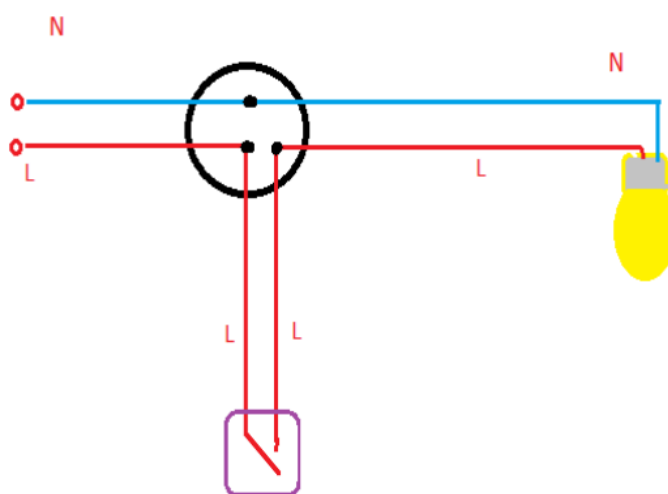
$$I = U / R$$



2.1-rasm. Qarshiliklari ketma-ket ulangan zanjir

Qarshiliklarni *ketma-ket ulash* elektrotexnikaning turli sohalarida uchraydi. Masalan, o'zgarmas tok dvigatelini ishga tushirishda ishga tushirish tokini cheklash maqsadida yakor bilan ishga tushirish reastoti ketma-ket ulanadi. Shuningdek, aylanish tezligini rostlash maqsadida rostlash reastati qo'llanadi. Voltmetrga qo'shimcha qarshilikni ketma-ket ulash bilan uning o'lchash chegarasini kengaytirish mumkin. masalan, akkumulyator va batareya elementlari o'zaro ketma-ket ulab, kerakli kuchlanishni hosil qilish mumkin.

Qarshiliklari ketma-ket birlashtirilgan zanjirning biron qismida uzilish sodir bo'lganida uning tamomila ishdan chiqishi qarshiliklarni ketma-ket ulash usulining asosiy kamchiligidir.



2.2-rasm. Elektr lampasini tarmoqqa ulash sxemasi

2.2 Rezistorlarning parallel ulanishi

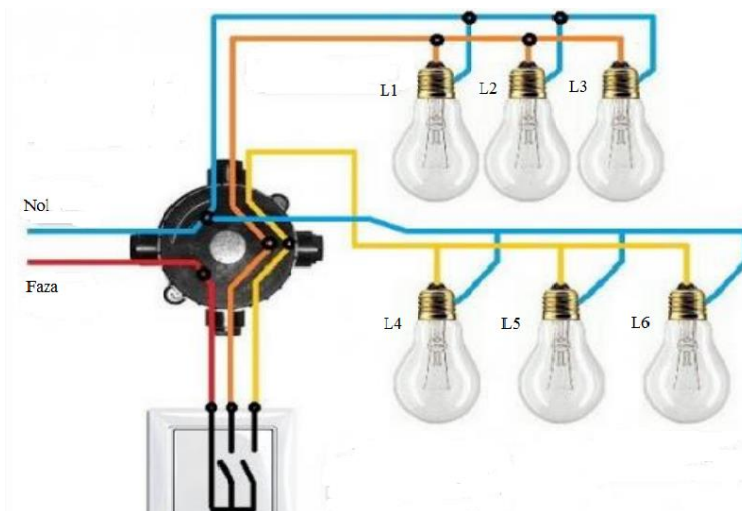
Qarshiliklarni (iste'molchilarni) *parallel ulash* deb, $R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ va hokazo qarshiliklarning oxirgi uchlarini ikkinchi tugunga birlashtirishga aytiladi.

Qarshiliklari parallel ulangan elektr zanjirining (bunday zanjirlarni tarmoqlangan yoki ko'p konturli elektr zanjirlari, deb ham atash mumkin) o'ziga xos xususiyati zanjirga ulangan barcha qarshiliklar qismlaridagi kuchlanishning bir xil qiymatga ega bo'lishidir.

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ qarshiliklar bosh uchlarining ulanish nuqtalariga keluvchi tok (I) shu nuqtalardan (tugunlardan) tarqaluvchi $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ toklarning yig'indisiga teng (Kirxgofning I qonuniga asosan):

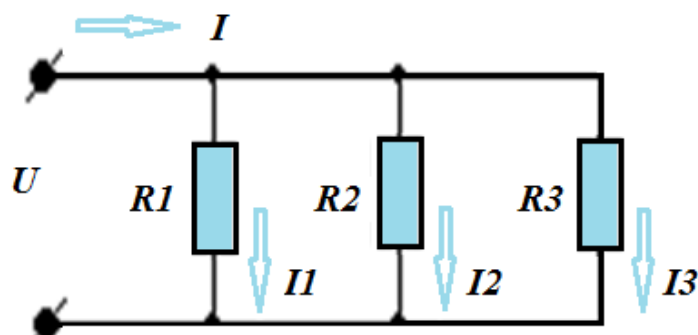
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

$$I = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 + \dots + U/R_n = U(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n) = U/R_e$$



2.3-rasm. Elektr iste'molchilarini tarmoq bilan parallel ulanishi

Qarshiliklarni paralell ulangan elektr zanjirining ekvivalent o'tkazuvchanligi (G_e) shu zanjir tarmoqlar o'tkazuvchanliklari ($G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$) ning



2.4-rasm. Qarshiliklari parallel ulangan zanjir

yig'indisiga teng. Agar elektr zanjiridagi Paralell ulangan tarmoqlarning soni ikkita bo'lsa, ularning ekvivalent qarshiligi quydagi formula bo'yicha aniqlanadi:

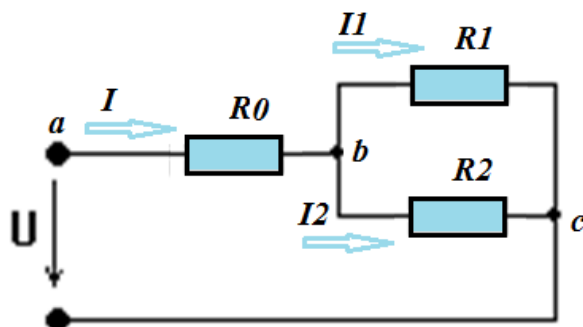
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Qarshiliklari parallel ulangan zanjirning asosiy afzalligi shundaki, bunday zanjirning biron tarmog'ida uzilish sodir bulganida qolgan tarmoqlar normal

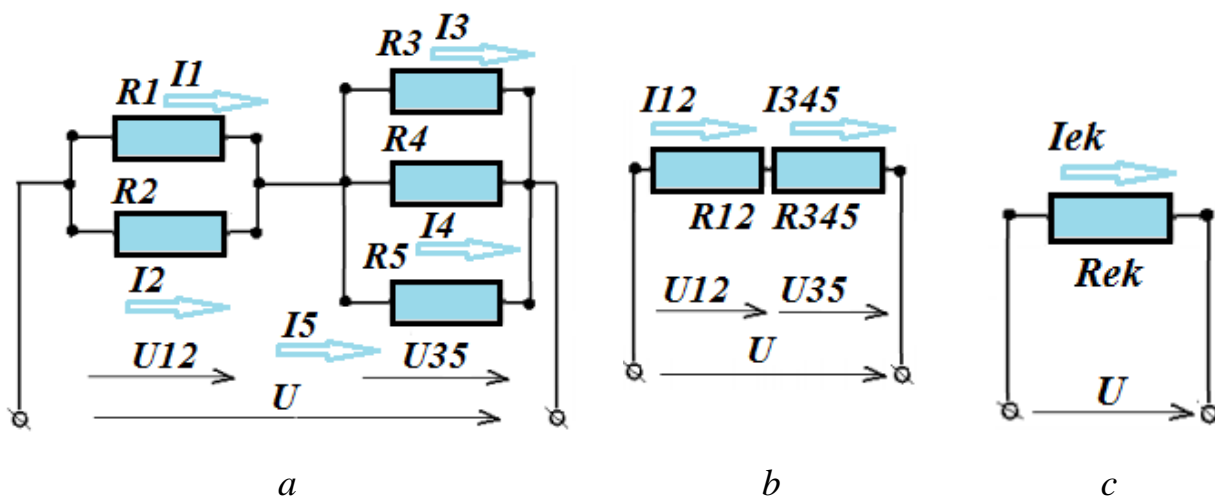
ishlayveradi. Shuning uchun ham elektr energiyasining iste'molchilari tarmoqqa, asosan, parallel usulda ulanadi.

2.3 Rezistorlarning aralash ulanishi. Ekvivalent qarshiliklarni hisoblash

Qarshiliklarni aralash ulangan zanjirlarning ekvivalent qarshiligini hisoblash zanjirning oxirgi qismidan manba tomon olib boriladi (2.6-rasm. b). Bunday zanjir tobora soddalashib borib, bitta ekvivalent qarshilikli zanjir ko'rinishiga keltiriladi (2.6-rasm, c). Zanjirning xar bir qismidagi tok va kuchlanish Om qonuniga binoan hisoblanadi.

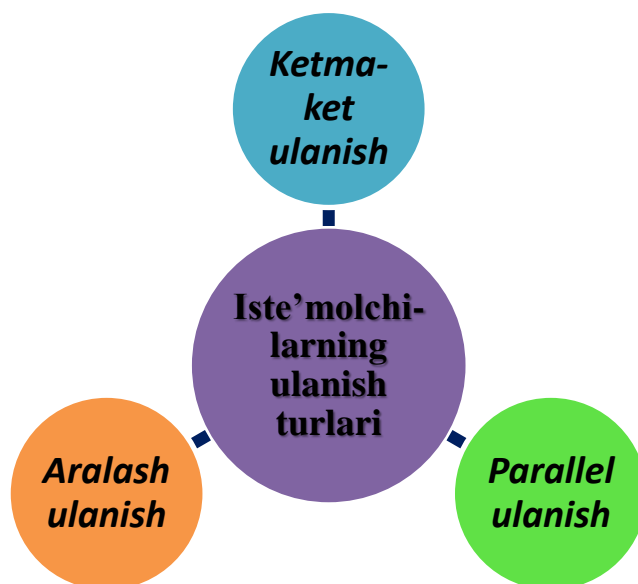


2.5-rasm. Qarshiliklari aralash ulangan zanjir



2.6-rasm. Ekvivalent qarshiliklarni aniqlash ketma-ketligi

$R_{13} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2};$	$R_{57} = R_5 + R_7 + \frac{R_5 \cdot R_7}{R_8};$	(1.21)
$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3};$	$R_{5,8} = R_5 + R_8 + \frac{R_5 \cdot R_8}{R_7};$	
$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2};$	$R_{7,8} = R_7 + R_8 + \frac{R_7 \cdot R_8}{R_5};$	



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari:

1. Elektr zanjiri nima?
2. Elektr sxemani tariflang?
3. Elektr istemolchilarni ulanish usullari qanday?
4. Iste'molchilarni zanjirga ketma-ket ulash sxemalari
5. Iste'molchilarni zanjirga parallel ulash sxemalari
6. Iste'molchilarni zanjirga aralash ulash sxemalari

3 - bob Kirxgofning birinchi qonuni

3.1 Kirxgofning birinchi qonuni

3.2 Kirxgofning birinchi qonuni va Om qonuni asosida elektr zanjirini hisoblash

3.1 Kirxgofning birinchi qonuni

Robert Gustav Kirxgof (1824-1887) Nemis fizigi Kirxgof 1824-yilda tavallud topgan. U fizikaning elektr, elektrostatika, mexanika, matematik fizika, gidrodinamika, optika bo'limlarida o'z ishlarini amalga oshirib fizika faniga ulkan hissa qo'shgan. 1869-yilda ideal suyuqliqdagi qattiq jism harakati to'g'risidagi teoremani kashf qildi. Umumiy tok harakatlarining teoremasini kashf etdi

Kirxgof qonunlarini bevosita qo'llash usuli. Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlaridan foydalanib, xar qanday murakkablikdagi tarmoqlangan elektr zanjiri uchun kerakli tenglamalarni tuzgandan so'ng ularni birgalikda yechib, zarur kattaliklarni (masalan, toklarni) aniqlash mumkin.

Berilgan elektr zanjiri uchun Kirxgof qonunlariga asoslanib tenglamalar tuzishdan avval quyidagi tartib va qoidalarga rioya qilish lozim.

1. Berilgan elektr zanjiri sxemasini iloji boricha soddalashtirish.
2. Berilgan elektr zanjiri sxemasini mustaqil konturlarga ajratish.
3. Sxemada avvaldan berilgan EYuK, kuchlanish va toklarning xamda avvaldan noma'lum bo'lgan toklarning ixtiyoriy shartli musbat yo'nalishini ko'rsatish (tanlash).
4. Sxemadagi xar bir berk konturni aylanib chiqishning ixtiyoriy yo'nalishini ko'rsatish (tanlangan yo'nalish bo'yicha tuzilgan tenglamalar o'zaro bog'liq bo'lmasin).

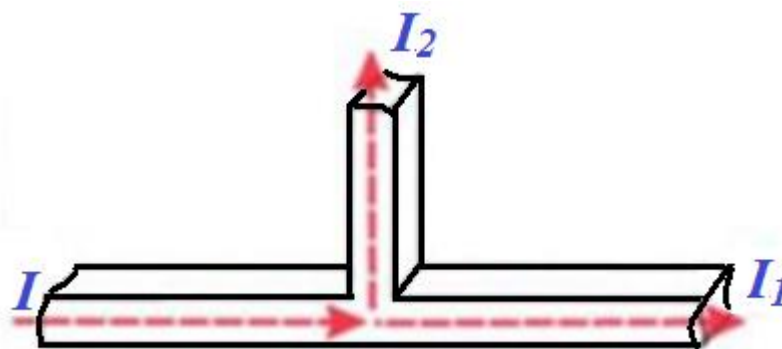
Tarmoq - elektr zanjirining ma'lum bir qismi bulib, ketma-ket birlashtirilgan qarshiliklar (rezistorlar), energiya manbalari va hokazolardan iborat.

Tugun - elektr zanjirining uchta va undan ortiq tarmoqlarning birlashgan joyi.

Kontur - zanjirning bir nechta tarmoqlaridan iborat yo'l.

Kirxgofning birinchi qonuni.

Elektr zanjiri biror-bir tugunga oqib kelayotgan toklar yig'indisi shu tugundan oqib kelayotgan toklar yig'indisiga teng yoki istalgan tugun uchun toklarning algebrfik yig'indisi 0 ga teng.



3.1-rasm. Kirxgofning birinchi qonuniga tegishli tasvir

$$I = I_1 + I_2$$

Kirxgofning 1-qonuniga asoslangan va o‘zaro bog‘liq bo‘lmagan tenglamalar sistemasini tuzish uchun tugunlar sonidan bitta kam tenglama tuzish kerak.

Kirxgofning 2-qonuniga asoslanib tuzilgan tenglamalar soni umumiy shoxobchalar sonidan tok manbalari ulangan shoxobchalari soni va Kirxgofning 1-qonuni bo‘yicha tuzilgan tenglamalar sonini ayirib topiladi.

3.2 Kirxgofning birinchi qonuni va Om qonuni asosida elektr zanjirini hisoblash

Georg Simon Om (1787-1854) Nemis fizigi Georg Om 1787-yil tug‘ulgan. U 1826-yilda elektr zanjirlarining asosiy qonunini kashf qildi. Ammo, dastlab bu qonun bir qator olimlar tomonidan tan olinmadi. E.X.Lens, B.S.Yakobi, K.Gauss, G.Kirxgof va boshqa olimlarning o‘z ilmiy ishlarida Om qonunlarini asos qilib olishganlaridan keyingina bu qonun tan olindi. 1827- yilda tajriba usuli bilan zanjirda EYuK va tok kuchi orasidagi bog‘lanishni topdi. Elektr qarshiligi sifati Simonning sharafiga Om qabul qilindi.

Om qonuni elektr zanjiriga oid asosiy qonun bo‘lib, zanjirdagi tok va kuchlanish o‘zaro qanday nisbatda bog‘langanligini ifodalaydi. Bu qonunga ko‘ra tarmoqlanmagan berk zanjirdagi tok EYuK ga to‘g‘ri proporsional zanjirning to‘la qarshiligiga teskari proporsionaldir. Mazkur qonunga binoan quyida **rasm**da kursatilgan elektr zanjirdagi tok quyidagicha ifodalanadi.

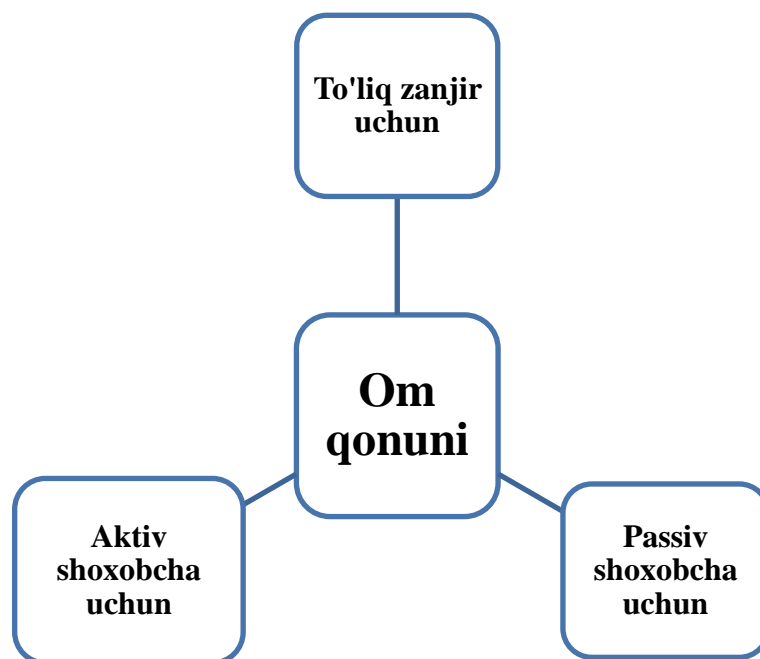
$$I = \frac{E}{r_0 + R}$$

E-manbaa EYuK si;

R₀-manbaa ichki qarshiligi;

R-iste‘molchi qarshiligi:

Zanjirni bir qismi uchun Om qonuni: $I = \frac{U}{R}$



3.2-rasm. Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Kontur tushunchasini tariflang?
2. Tugun tushunchasini tariflang?
3. Kirxgofning birinchi qonuni va Om qonunini ta'riflang?

4 -bob Murakkab o'zgarmas tok elektr zanjirlarini hisoblash usullari

4.1 Murakkab o'zgarmas tok elektr zanjirlari

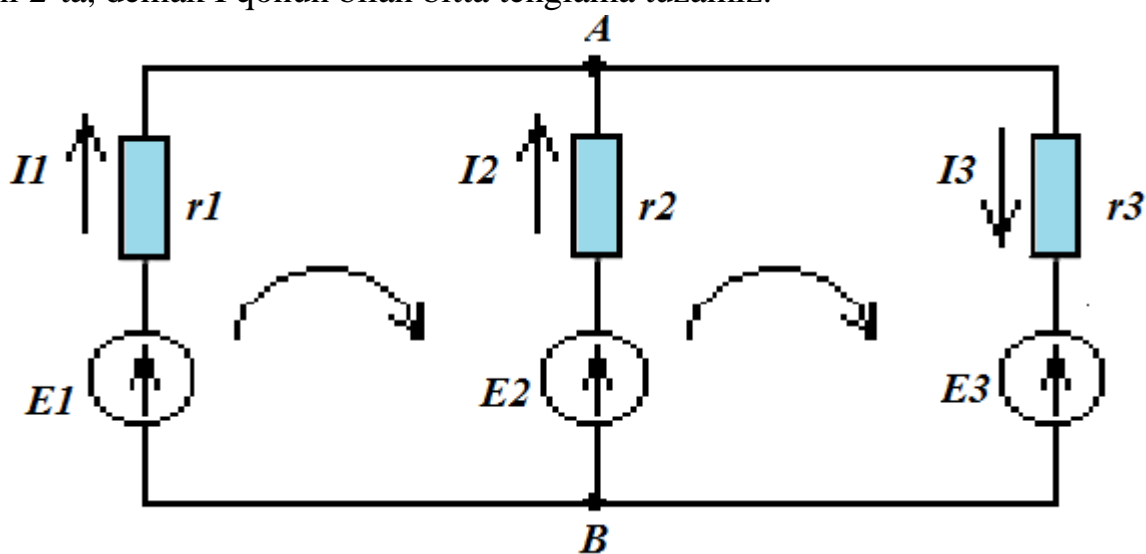
4.2 Kirxgofning ikkinchi qonuni

4.3 Kontur tokini hisoblash

4.1 Murakkab o'zgarmas tok elektr zanjirlari

Ikki va undan ortiq manbaga ega elektr zanjiri murakkab hisoblanadi. Bunday murakkab zanjirlarni bir necha usulda o'rganish.

Bunday murakkab zanjirlarni bir necha usulda o'rganish mumkin, masalan, Kirxgof qonunlarini bevosita qo'llash usulida I va II qonunlar asosida elektr zanjirini tugunlari va konturlari uchun tenglamalar tuziladi va bu tenglamalar yechilib noma'lum toklar topiladi. Tenglamalarni umumiy soni noma'lum toklar soniga teng bo'lishi kerak. Kirxgofning I qonuni asosida tuzilgan tenglamalar soni zanjir tugunlari sonidan bitta kam bo'lishi kerak. Qolgan tenglamalar Kirxgofning II qonuni asosida tuziladi. Masalan, quyidagi rasmda keltirilgan zanjirda tugunlar soni 2-ta, demak I qonun bilan bitta tenglama tuzamiz.



4.1-rasm. Murakkab zanjirga tegishli tasvir

Zanjirda uchta noma'lum tok kuchi bor, demak yana ikkita tenglamani Kirxgofning II qonuniga binoan tuzamiz, masalan I va II belgilangan konturlar uchun:

$$I_1(r_1 + r_{u1}) - I_2(r_2 + r_{u2}) = E_1 - E_2$$

$$I_2(r_2 + r_{u2}) + I_3(r_3 + r_{u3}) = E_2 - E_3$$

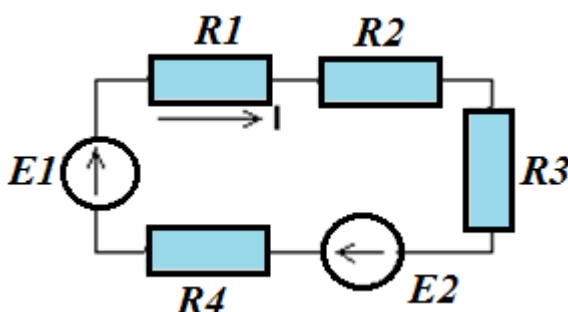
Konturlarni aylanish yo‘nalishini (4.1-rasmda ko‘rsatilgan) soat ko‘rsatkichini aylanishi yo‘nalishida oldik. Tuzilgan uch tenglamani yechib, noma‘lum tok kuchlarini topami, masalan:

$$I_1 = \frac{(E_1 - E_2)(R_2 + R_{u2} + R_3 + R_{u2}) + (E_2 - E_3)(R_2 + R_{u2})}{(R_1 + R_{u1})(R_2 + R_{u2}) + (R_2 + R_{u2})(R_3 + R_{u3}) + (R_3 + R_{u3})(R_1 + R_{u1})}$$

$$I_2 = \frac{I_1(R_1 + R_{u1}) - E_1 + E_2}{R_2 + R_{u2}}; \quad I_3 = I_1 + I_2$$

4.2 Kirxgofning ikkinchi qonuni

Kirxgofning *II - qonuni*: Zanjir berk konturida EYuK larning algebraik yig‘indisi kuchlanishlar tushuvi algebraik yig‘indisiga teng:



4.2-rasm. Bir konturli tasvir

$$\sum E = \sum RI$$

$$E_1 + E_2 = IR_1 + IR_2 + IR_3 + IR_4$$

a) yo‘nalishi konturni aylanib chiqish yo‘nalishi bilan mos bo‘lgan barcha EYuK larni musbat ishora bilan, yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘lgan barcha EYuK larni manfiy ishora bilan tenglamaning bir tomoniga yozish;

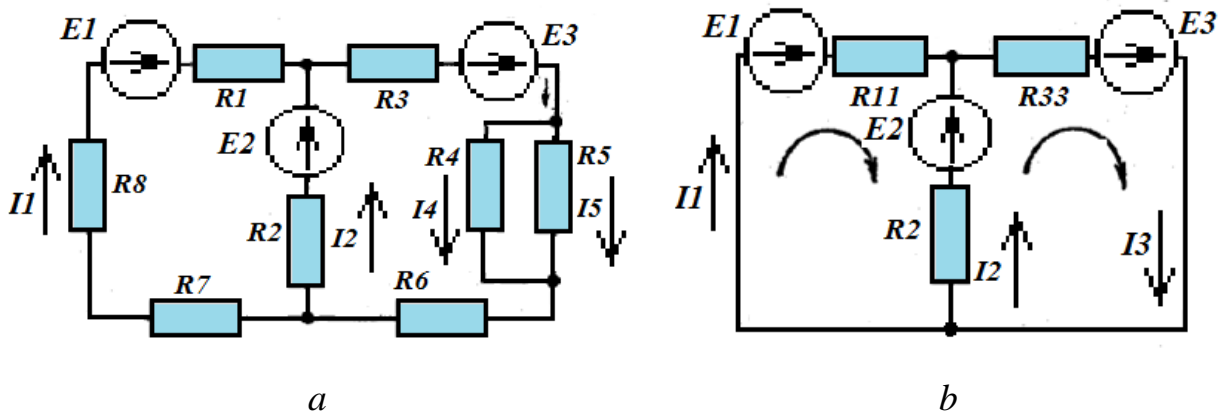
b) yo‘nalishi konturni aylanib chiqish yo‘nalishi bilan mos bo‘lgan toklarning (ichki va tashqi qarshilikda) barcha tarmoqlarda hosil qilgan kuchlanishlar pasayishini musbat ishora bilan, yo‘nalishi qarama-qarshi bo‘lgan barcha tarmoqlardagi kuchlanishlarning pasayishini esa manfiy ishora bilan tenglamaning ikkinchi tomoniga yozish;

Kirxgof qonunlari bo‘yicha tuzilgan tenglamalar soni sxemadagi tarmoqlar soniga teng bo‘lishi kerak.

Misol tariqasida 4.3-rasmda ko‘rsatilgan elektr zanjirdagi toklarni aniqlaylik (EYuK va qarshiliklar ma‘lum, deb faraz qilamiz).

Berilgan boshlang‘ich sxemani (4.3-rasm, a) soddalashtirgandan so‘ng 4.3-rasm, b dagi sxema hosil bo‘ladi.

$$R_{11} = R_1 + R_7 + R_8; \quad R_{33} = R_3 + R_6 + \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5}.$$



4.3-rasm. Ikki konturli murakkab zanjirni hisoblashga oid tasvir

Sxemada avvaldan ma'lum bo'lgan EYuK yo'nalishini va aniqlanishi lozim bo'lgan toklarning ixtiyoriy musbat yo'nalishini ko'rsatib, Kirxgof qonunlariga ko'ra tenglamalar sistemasini tuzamiz. Tarmoqlar soni uchta bo'lgani uchun tenglamalar soni ham uchta bo'lishi kerak:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ R_{11} \cdot I_1 - R_2 \cdot I_2 = E_1 - E_2 \\ R_1 \cdot I_1 + R_1 \cdot I_1 = E_2 + E_3 \end{cases} \quad (*)$$

(*) tenglamalar sistemasini yechish natijasida ayrim toklar musbat yoki manfiy ishoraga ega bo'lishi mumkin. Musbat ishoralar toklarning haqiqiy yo'nalishlari to'g'ri belgilanganligini, manfiylari esa toklarning yo'nalishi teskari belgilanganligidan darak beradi.

4.3. Kontur tokini hisoblash

Murakkab elektr zanjirlarini analiz qilish uchun bir necha xil hisoblash usullari qo'llanilishi mumkin.

1. Klassik usul;
2. Kontur toklar usuli;
3. Ustma - ustlash (superpozitsiya) usuli;
4. Tugun potentsiallari usuli;
5. Ekvivalent generator (manbaa) usuli;

Kirxgof qonunlarini bevosita qo'llash usuli. Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlaridan foydalanib, har qanday murakkablikdagi tarmoqlangan elektr zanjiri uchun kerakli tenglamalarni tuzgandan so'ng ularni birgalikda yechib, zarur kattaliklarni (masalan, toklarni) aniqlash mumkin.

Berilgan elektr zanjiri uchun Kirxgof qonunlariga asoslanib tenglamalar tuzishdan avval quyidagi tartib va qoidalarga rioya qilish lozim.

1. Berilgan elektr zanjiri sxemasini iloji boricha soddalashtirish.
2. Berilgan elektr zanjiri sxemasini mustaqil konturlarga ajratish.
3. Sxemada avvaldan berilgan EYuK, kuchlanish va toklarning hamda avvaldan noma'lum bo'lgan toklarning ixtiyoriy shartli musbat yo'nalishini ko'rsatish (tanlash).
4. Sxemadagi har bir berk konturni aylanib chiqishning ixtiyoriy yo'nalishini ko'rsatish (tanlangan yo'nalish bo'yicha tuzilgan tenglamalar o'zaro bog'liq bo'lmasin).

Kontur toklari usuli. Bu usul murakkab elektr zanjirlarini hisoblashda amalda keng qo'llaniladigan usullardan biri bo'lib, Kirxgofning ikkinchi qonuniga binoan tuzilgan tenglamalar bo'yicha taxlil qilinadi. Kontur toklari usuli tugun nuqtalari ko'p bo'lgan murakkab elektr zanjirlarni hisoblashda samarali bo'lib, u yordamida tenglamalar sistemasi tuzilganda, Kirxgofning birinchi qonuni bo'yicha tuziladigan tenglamalardan farqli o'laroq, umumiy yechiladigan tenglamalarning soni avvalgi usulga qaraganda bittaga kamayadi.

Tugun potentsiallari (kuchlanishlari) usuli. Ma'lumki, agar zanjirdagi berilgan EYUK (tok) manbalari va qarshiliklari bo'yicha zanjirning tarmoqlaridagi toklar va barcha tugunlari orasidagi kuchlanishlar pasayshini aniqlash mumkin bo'lsa, bunday zanjirni taxlil qilish mumkin, deb hisoblanadi.

Agar ixtiyoriy murakkab elektr zanjiridagi $(m+1)$ tugunlardan bittasini [masalan, $(m+1)$ tugunni] ajratib olib, uning potentsialini nolga tenglashtirilsa(***), u holda qolgan barcha tugunlarning potentsiali aynan shu tugunga nisbatan quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi_{10} = \varphi_1 - \varphi_0 = \varphi_1; \quad \varphi_{20} = \varphi_2 - \varphi_0 = \varphi_2; \dots; \quad \varphi_{m0} = \varphi_m - \varphi_0 = \varphi_m.$$

Ustma-ustlash (superpozitsiya) usuli. Bu usuldan, asosan, chiziqli elektr zanjirlari (qarshiligi o'zidan o'tayotgan tokka bog'liq bo'lmagan elektr zanjirlari)ni hisoblashda foydalaniladi.

Ushbu usulga asosan sxemada birdan ortiq EYuK manbalari bo'lsa, elektr zanjiri har bir EYuK manbaining ta'siridan hosil bo'lgan hususiy toklar uchun aloxida (bosqichma-bosqich) hisoblanadi. Har bir bosqichda sxemada bitta EYuK manbai qoldirilib, qolgan barcha manbalar vaqtincha nolga teng, deb faraz qilinadi va barcha tarmoqlarda shu EYuK ta'siridan qayotgan toklar topiladi.

Zanjirda nechta EYuK manbai bo'lsa, hisoblash ishlari shuncha marta bajariladi. Ammo zanjirdagi barcha qarshiliklar va sxemadan vaqtincha ajratilgan manbalarning ichki qarshiliklari o'zgarishsiz qoldiriladi. Agar manbalarning ichki qarshiligi berilmagan bo'lsa, u nolga teng deb qabul qilinadi.

Ekvivalent generator (manba) usuli. Murakkab elektr zanjirining ixtiyoriy bitta tarmog'idagi tokning qiymatini aniqlash kerak bo'lganda ekvivalent generator usuli bir muncha qulay hisoblanadi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Konturlarni aylanish yo'nalishini tushintiring?
2. Kontur tokini hisoblash usullari?
3. Kirxgofning birinchi qonuni va Om qonunini ta'riflang?

5-bob O'zgaruvchan tok elektr zanjirining elementlari. Sinusoidal kattaliklarni ifodalanishning qiymatlari va usullari

5.1 O'zgaruvchan tok elektr zanjirining elementlari

5.2 Kondensator, g'altak induktivligi va qarshiligini hisoblash

5.3 Sinusoidal qiymatlarni ifodalanishning usullari

5.1 O'zgaruvchan tok elektr zanjirining elementlari

Yo'nalishi va qiymati davriy ravishda o'zgarib turadigan xar qanday tok o'zgaruvchan tok deyiladi.

O'zgaruvchan tok vaqt bo'yicha ma'lum qonun asosida o'zgaradi, ya'ni tokning qiymati vaqtning funksiyasidir. Shuningdek, elektromagnit energiyasini bir turdan boshqa turga aylantirishning barcha fizikaviy jarayonlari hozirgi zamon elektrotexnikasi barcha soxalari (elektr mashinalar, radiotexnika, aloqa, elektroavtomatika, yarim o'tkazgichlar, hisoblash texnikasi va boshqalar)ning asosini tashkil etadi. Ayrim elektr qurilmalarda esa qiymati davriy ravishda o'zgaruvchi toklar ishlatiladi.

Umuman o'zgaruvchan tokni shartli ravishda uchta turga bo'lish mumkin:

- 1) Qiymati o'zgaruvchan, ammo yo'nalishi o'zgarmas tok.
- 2) Qiymati va yo'nalishi o'zgaruvchan tok.
- 3) Davriy o'zgaruvchan tok.

Sanoatda va turmushda foydalaniladigan o'zgaruvchan tok sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradigan o'zgaruvchan tokdir.

Bu tokni yuqori kuchlanish bilan uzoq masofalarga uzatish hamda o'zgaruvchan tokda ishlovchi mashina va apparatlar (transformatorlar, asinxron va sinxron dvigatellar)ni ishga tushirishda ishlatish mumkin.

Sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradigan EYuK, kuchlanish va toklar sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklar hisoblanadi.

Sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklar bo'lmish EYUK, kuchlanish, tok va quvvatlarning ixtiyoriy vaqt lahzasidagi qiymatlari oniy qiymatlar deyilib, e , u , i , p harflari bilan belgilanadi.

Shu oniy qiymatlarning davr ichidagi eng kattasi maksimal yoki amplituda qiymatlar deyilib, E_m , U_m , I_m , P_m harflari bilan belgilanadi.

Sinusoidal o'zgaruvchan katgaliklarning ta'sir etuvchi (effektiv) va o'rtacha qiymatlari (batafsil keyinroq ko'rib chiqiladi) tegishlicha E , U , I , r va $E_{o'r}$, $U_{o'r}$, $I_{o'r}$, $r_{o'r}$ harflari bilan belgilanadi.

Sinusoidal o'zgaruvchan tok, asosan, elektrostansiyalarda bug' va gidravlik turbinali generatorlar yordamida xosil qilinadi. Mazkur generatorlarning ishlashi

esa elektromagnit induksiyasi va elektromagnit kuch qonunlariga asoslangan. Rotor o'zgaras magnit yoki elektromagnitning bir turi hisoblanib, generatorning asosiy magnit maydonini xosil qilish uchun hizmat qiladi.

Kuchli generatorlarning rotori elektromagnit rejimida ishlaydi, bunda u hosil qilgan magnit maydonining magnit oqimini boshqarish mumkin. Rotor o'zgaras burchak tezlik bilan aylanganda uning magnit kuch chiziqlari har bir pazdagi o'tkazgichda qiymati $e=Blv$ ga teng bo'lgan EYuK ni hosil qiladi (induksiyalanadi).

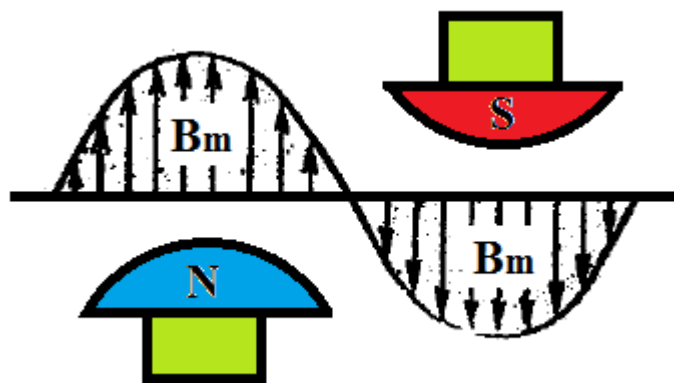
Bunda V -magnit induksiyasi, $(Vb/m^2)=Tl$;

l -o'tkazgichning aktiv uzunligi, m;

v -o'tkazgichning nisbiy harakat tezligi, m/s.

e ning o'zgarish karakteri rotorning qutbi bilan stator oraliq'idagi magnit induksiyasining taqsimlanish qonuniga asoslanadi. Sinusoidal o'zgaruvchan EYuK ni hosil qilish uchun rotorning magnit qutblariga mahsus konstruktiv shakl beriladi. Bunda stator bilan qutb orasidagi havo bo'shlig'i qutbning o'rtasida minimal bo'lib, uning chekka tomon kattalasha boradi.

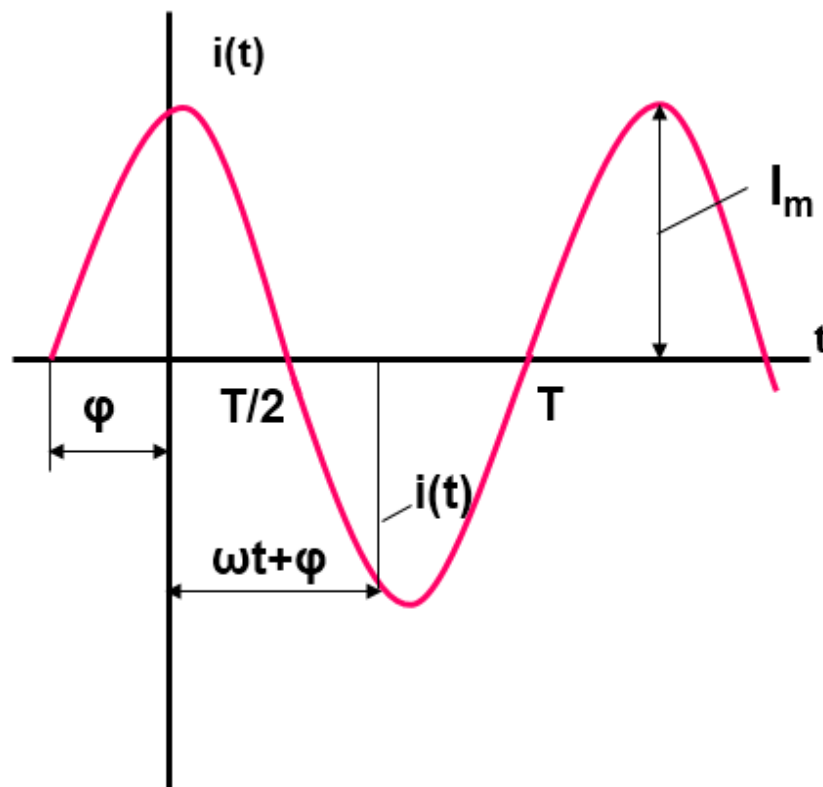
Bunda havoli oraliqdagi muhitning magnit qarshiligi bir hil bo'lmasligi tufayli magnit induksiyasi qutbning o'rtasida, ya'ni oraliq minimal bo'lgan joyda maksimal qiymatga ega bo'lib, uning chekkasi tomon sinusoidal qonun bo'yicha tekis kamaya boradi. Magnit induksiyasining bunday taqsimoti ko'rsatilgan.



5.1-rasm. Shimoliy(N) va Janubiy(S) magnit qutblari va hosil bo'lgan magnit induksiyasi B_m ning kuch chiziqlari tasviri

Bir fazali sinusoidal tok zanjiri-bu bitta chastotali sinusoidal quvvat manbai ta'siridagi elektr zanjiri.

Agar shakli sinusoidalga yaqin bo'lgan elektr zanjirida quvvat manbai bo'lsa, chiziqli elektr zanjirida barcha toklar va kuchlanishlar sinusoidal shaklga ega bo'ladi.



5.2-rasm. Sinusoidal tebranishning asosiy parametrlari

I_m - amplitudali(eng yuqori) qiymat;

$i(t)$ - oniy qiymat;

φ -boshlang'ich faza;

$$\omega = \frac{2\pi}{T};$$

ω - burchak chastotasi;

$(\omega t + \varphi)$ - tebranish fazasi;

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i);$$

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u);$$

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi_e).$$

$e(t), u(t), i(t)$ – EYuK, kuchlanish, tokning oniy qiymatlari,

I_m, U_m, E_m – tok, kuchlanish, EYuK ning amplitudali qiymatlari.

$\varphi_i, \varphi_u, \varphi_e$ - tok, kuchlanish, EYuK ning boshlang'ich fazalari.

Sinusoidal tok, kuchlanish va EYuKning maksimal, o'rtacha va effektiv(samarali) qiymatlari.

O'zgaruvchan sinusoidal tokning o'rtacha qiymati yarim davr uchun o'rtacha-integral qiymati sifatida tushuniladi

$$I_{o'r} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} I_m \sin \omega t dt = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} I_m \sin \frac{2\pi}{T} t dt = \frac{2}{T} \cdot \frac{T}{2\pi} \cdot I_m \left[-\cos \frac{2\pi}{T} t \right] \int_0^{\frac{T}{2}} = \frac{I_m}{\pi} [-\cos \pi + \cos 0]$$

$$= \frac{2 \cdot I_m}{\pi}$$

$$I_{o'r} = \frac{2 \cdot I_m}{\pi} \qquad U_{o'r} = \frac{2 \cdot U_m}{\pi} \qquad E_{o'r} = \frac{2 \cdot E_m}{\pi}$$

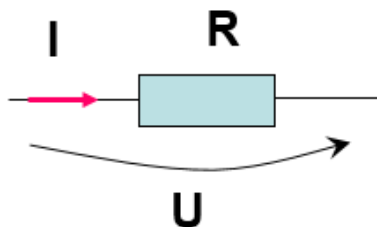
O'zgaruvchan tokning effektiv qiymati uning o'rtacha kvadratik qiymati sifatida tushuniladi:

$$I_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} \left(\int_0^T dt - \int_0^T \cos 2 \frac{2\pi}{T} dt \right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) dt} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2T} \cdot T} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \qquad E_{eff} = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

Fizik jihatdan o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati o'zgarmas tok bilan bir vaqtning o'zida aktiv qarshilikda bir xil quvvat chiqariladigan o'zgaruvchan tokga teng. Qandaydir bir qarshilik o'zgarmas **I** toki ta'sirida bo'lsin

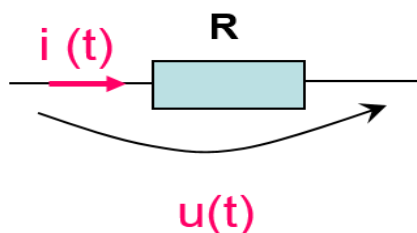


5.3-rasm. R ni DC zanjiriga ulanish tasviri

Bu qarshilikda quyidagi quvvat ajralib chiqariladi:

$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R$$

Yuqoridagi qarshilik o'zgaruvchan sinusoidal tok ta'sirida bo'lsin



5.4-rasm. R ni AC zanjiriga ulanish tasviri

Oniy quvvat tushunchasini kiritamiz $p=i(t) \cdot u(t)$.

Mazkur qarshilikda davrga teng vaqt davomida ajralib chiqadigan aktiv quvvat quyidagicha:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \left(U_m \sin \frac{2\pi}{T} t \right) \left(I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \right) dt =$$
$$\frac{U_m I_m}{T} \left[\frac{1}{2} \left(\int_0^T \cos 0 dt - \int_0^T \cos \left(2 \cdot \frac{2\pi}{T} t \right) dt \right) \right] = \frac{U_m I_m}{2T} T = \frac{U_m I_m}{2} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_m}{\sqrt{2}} = U \cdot$$
$$I = I^2 R \text{ o'zgarmas tokda } P = I^2 \cdot R$$

O'zgaruvchan tokda $P = I^2 \cdot R$, bu yerda I - o'zgaruvchan tokning effektiv qiymati

EYuK

Kuchlanish

Tok

Bular Sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaradigan kattaliklar

Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. O'zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?
2. EYuK manbasi nima?
3. Amlitudali(eng yuqori) qiymat nima?
4. o'zgaruvchan tok zanjiriga ulangan R elementda kuchlanish va tok qanday qonuniyat bo'yicha o'zgaradi?

6 - bob O'zgaruvchan tok elektr zanjirlari

6.1 Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok elektr zanjiri

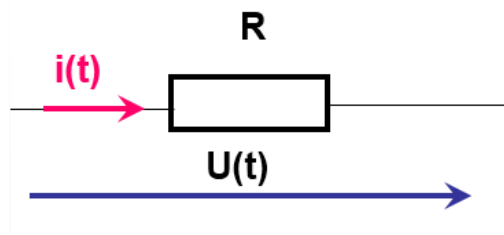
6.2 Induktivlikda yig'ilgan o'zgaruvchan tok zanjiri

6.3 Imkoniyatli o'zgaruvchan tok davri

6.4 Sig'imda yig'ilgan o'zgaruvchan tok zanjiri

6.1 Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok elektr zanjiri

Aktiv qarshilikda sinusoidal tok



6.1-rasm. Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok elektr zanjiri

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_u)$$

$$u(t) = I(t) \cdot R$$

$$u(t) = I_m \cdot R \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$$

Belgilaymiz $I_m \cdot R = U_m$, u holda $u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$;

$I_m \cdot R = U_m$ -amplitudali qiymatlar uchun Om qonuni;

$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ -tokning effektiv qiymati;

$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ -kuchlanishning effektiv qiymati;

$I \cdot R = U$ -effektiv qiymatlar uchun Om qonuni.

Yuqoridagi zanjir uchun oniy quvvat quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi:

$$\begin{aligned} p &= ui = U_m I_m \sin^2(\omega t + \psi_u) = U_m I_m \left[\frac{1 - \cos 2(\omega t + \psi_u)}{2} \right] \\ &= UI - UI \cos 2(\omega t + \psi_u) \end{aligned}$$

Tokning boshlang'ich fazasi $\psi_i = 0$ bo'lsin



6.2-rasm. Aktiv qarshilikli o'zgaruvchan tok elektr zanjirining vektor diagrammasi

$$i(t) = I_m \sin \omega t$$

$$u(t) = U_m \sin \omega t$$

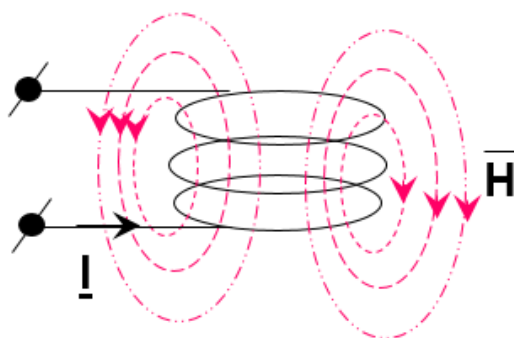
Aktiv qarshilikda tok va kuchlanish fazada bo'ladi (ustma-ust tushadi).

Ma'lumki, rezistiv elementli zanjirda tok va kuchlanish oniy qiymatlarining vektorli diagrammasi yuqoridagi rasmda keltirilgandek bo'lib unda tok va kuchlanish ustma-ust tushadi. Aktiv quvvat tok va kuchlanish oniy qiymatlarining ko'paytmasidan iborat bo'lganligi uchun mazkur quvvatning T davrdagi o'rtacha qiymati quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} UI \int_0^T dt - \frac{1}{T} UI \int_0^T \cos 2(\omega t + \psi_u) dt = UI = rI^2$$

6.2 Induktivlikda yig'ilgan o'zgaruvchan tok zanjiri

1. Induktivlikda sinusoidal tok



6.3-rasm. Induktiv g'altakdagi fizik jarayonlar

H - magnit maydon kuchlanganligi [A/m];

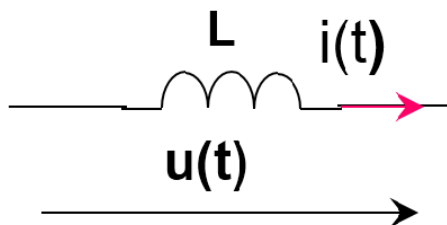
$B = \mu \cdot H$ - magnit maydon induktsiyasi [Tl];

$\Phi = \int_s B ds$ - Magnit oqimi [Vb];

$\Psi = w \cdot \Phi$ - oqim ilashuvchanligi;

$$L = \frac{\Psi}{I} \text{ [Gn]}.$$

L - oqim ilashuvchanligi va tok o'rtasidagi proporsionallik koeffitsienti



6.4-rasm. Induktiv g'altak tasviri

$$i(t) = I_m \sin \omega t;$$

$$u(t) = -e(t) = \frac{d\Psi}{dt};$$

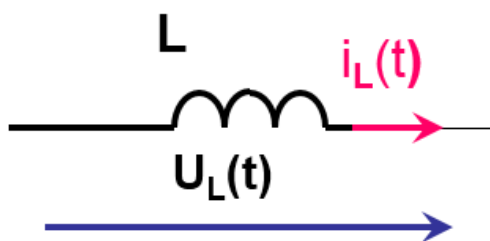
$$\Psi(t) = Li(t);$$

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt}.$$

$$u(t) = L \frac{di(t)}{dt} = L \frac{d}{dt} (I_m \sin \omega t) = L \omega I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Belgi kiritamiz: $\omega L I_m = U_m$, va $\omega L = X_L$

$X_L = \omega L$ – Induktivlikning reaktiv qarshiligi (induktiv qarshilik)



$$i_L(t) = I_m \sin \omega t;$$

$$U_L(t) = U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$

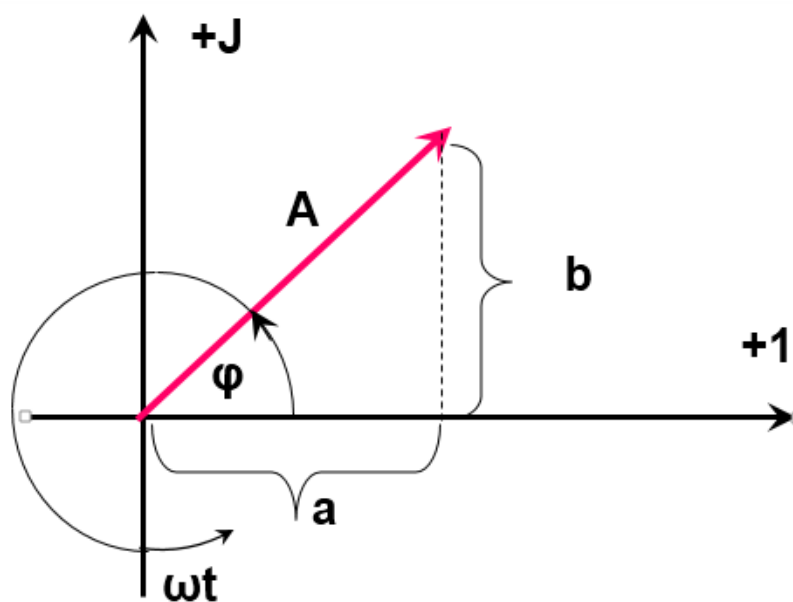


-Induktivlikda kuchlanish tokdan 90 gradus burchak bilan ilgarilab ketadi.

6.3 Imkoniyatli o'zgaruvchan tok davri

Vektorli diagrammalar

Kompleks tekislikda qandaydir bir kompleks sonni tasvirlovchi \underline{A} vektorni qarab chiqamiz.



6.5-rasm. Kompleks sonlari tekisligida vektorli tasvir

$j = \sqrt{-1}$ - mavhum birlik;

$b = A \sin \varphi$ - kompleks sonning mavhum qismi;

$a = A \cos \varphi$ - kompleks sonning xaqiqiy qismi;

$A = a + jb$ - algebraik shakldagi kompleks son;

A – kompleks sonning moduli.

Agar \bar{A} vektor ω tezligi bilan soat miliga teskari aylana boshlasa, uning tasavvur o'qiga proektsiyasini quyidagicha yozish mumkin $J_m(A) = A \sin(\omega t +$

b), bu tokning oniy qiymatini quyidagicha qayd etish bilan mos keladi [$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$]. Shunday qilib, tokning $i(t)$ oniy qiymati kompleks o'qlar tekisligida ω burchak tezligida aylanadigan vektor bilan ifodalanishi mumkin.

\underline{A} - kompleks son. Bu osti chizilgan harf bilan ko'rsatiladi.

Algebraik shakl $A = a + jb$;

a - kompleks sonning haqiqiy qismi;

b - kompleks sonning mavhum qismi.

Ko'rsatkichli shaklda $A = A \cdot e^{j\beta}$.

A - kompleks sonning moduli (osti chizilmagan harf);

β - kompleks sonning argumenti.

Trigonometrik shaklda $A = A(\cos\beta + j\sin\beta)$

Mazkur holda

$$a = A \cdot \cos\beta;$$

$$ab = A \cdot \sin\beta;$$

$$A = \sqrt{a^2 + b^2};$$

$$\beta = \arctg \frac{b}{a}.$$

Kompleks tekislikdagi toklar va kuchlanishlarni ifodalovchi vektorlar to'plami vektor diagrammasi deb ataladi.

Vektorli diagrammani kompleks tekisliksiz va vektorlar masshtabini kuzatmasdan tasvirlash mumkin. Bunday diagramma sifatli deb ataladi. Yuqori sifatli vektorli diagramma tuzishda, shunga qaramay, vektorlarning nisbiy fazaviy siljishi saqlanib qoladi (iloji bo'lsa). Ushbu diagramma o'garuvchan tokli elektr zanjirlarini hisoblash uchun ishlatiladi.

Sof sinus to'liqinli invertorlar bir nechta qurilmalardan iborat: uzluksiz quvvat manbai; kuchlanish stabilizatori; DC ni AC sinusoidal o'zgartirgich; zaryadlovchi (har doim ham emas).

Sof sinus to'liqinli invertorlar eng qimmat kuchlanish o'zgartirgichlaridir. Bunday o'zgartirgichning chiqishi to'g'ri **sinusoidal shaklda** kuchlanishga ega bo'ladi va shuning uchun bu invertorlar ishonchli ta'minlash uchun javob beradi.

Iqtisodiyotning sezgir elektronika bilan sezgir elektron uskunalari mavjud jihozlarda quyidagi texnologik jarayonlarni boshqarish va nazorat qilishda ishlatiladi:

- ✓ isitish qozonlari;
- ✓ sirkulyatsion(aylanma) nasoslar;
- ✓ tibbiy asbob-uskunalar;
- ✓ telekommunikatsiya, o‘lchash, laboratoriya asboblari;
- ✓ audiotexnika(uskunalar);
- ✓ o‘rnatilgan mikrosxemalar, platalar va chiplar mavjud bo‘lgan barcha elektr jihozlari.

Bundan tashqari, to‘g‘ri sinusoidal shakldagi elektr toki har qanday elektr jihozlarning ishlash muddatini sezilarli darajada oshiradi.

Sof sinus to‘lqinli invertorlar noutbuklarni mashinada ham, uyda ham quvvatlantirish uchun ishlatilishi mumkin va kerak. Axir, zamonaviy noutbuklarda aqlli batareyalar mavjudligini esdan chiqarmaslik kerak, bu ularni quvvatlantirish uchun eng toza kuchlanishni talab qiladi. *Sof sinus to‘lqinli* kuchlanish invertoridan foydalanish noutbuk batareyasining ishlash muddatini deyarli ikki baravar oshiradi.

Sof sinus to‘lqinli invertorlarning asosiy xususiyatlari va afzalliklari:

- ✓ chiqish kuchlanish shakli: sof sinus to‘lqin;
- ✓ kengaytirilgan quvvat manbai kuchlanish diapazoni;
- ✓ o‘rnatilgan kuchlanish stabilizatoriga ega;
- ✓ avtomatik tartibga solinadigan batareya zaryadlash toki;
- ✓ o‘rnatilgan ortiqcha yuklanishdan himoya, issiqlik himoyasi, shuningdek batareyaning chuqur zaryadsizlanishidan himoya qilish mavjud;
- ✓ tarmoqda uzoq vaqt davomida kuchlanish bo‘lmaganda qurilmalarning ishlashini qo‘llab-quvvatlash uchun tashqi batareyadan foydalanish;
- ✓ mikroprotessorli boshqarishga(nazoratga) ega.

<https://greenchip.com.ua/36-0-0-0.html>

Nogarmonik tebranishlar generatorlari

Ma’lumki, impulsli radiotexnikada nosinusoidal shaklli – relaksatsion tebranishlarni olish zarurati tug‘iladi[*]. Tashqaridan mazkur tebranishlar shakli jihatidan sinusoidal tebranishlardan keskin farq qiladi. Va impuls shaklli tavsifga, ya’ni: arrasimon, to‘g‘ri burchakli, zinapoyasimon yoki murakkabroq shaklda bo‘lishi mumkin. Nogarmonik tebranishlar turidagi impuls signallar televidenie, hisoblash-yechish texnikasi, radionavigatsiya, radiolokatsiya, radiorele aloqasi va

boshqalarda foydalaniladi. Amalda, ayrim impulslar ma'lum qaytarilish chastotasi bilan ketma-ket keladi va elektr sistemaga bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda ta'sir ko'rsatadi. Natijada, navbatdagi impuls etib kelguncha oldingisining ta'siri to'xtatiladi hamda sistemav boshlang'ich qiymatini egallaydi[*].

Sinusoidal tebranishlar generatorining elektromagnit(EM) tebranish konturida aktiv qarshilikdagi EM to'lqin tebranishining yagona davriga energiya juda kam sarflanadi. Ushbu holatdan farqli ravishda relaksatsion tebranishlar generatorida galtak va sig'im elementida hosil bo'lgan energiya hamda aktiv qarshiliklarda sarflanadigan energiya miqdori bir xil tartibga ega bo'ladi.

[*] Uralov B., Uralov R. Televidenie asoslari: Kasb-hunar kollejlarning talabalari uchun o'quv qo'llanma. – T.: “O'qituvchi”, 2002. – 160 b.

<https://vols.expert/useful-information/princzipy-raboty-opticheskogo-kabelya/>

Optik tolali kabel qanday ishlaydi

Butun dunyoda telekommunikatsiya tarmoqlarining rivojlanishi birinchi navbatda optik tolali aloqa liniyalaridan (BOJIC-OTAL) foydalanishga asoslangan.

Optik tolalarga (OB-OT) asoslangan optik tolali kabel (BOK-OTK) hozirgi vaqtda shaharlararo telekommunikatsiya magistrallari va mahalliy ma'lumotlarni uzatish tarmoqlari uchun eng ilg'or boshqaruv tizimi hisoblanadi. Bu OK ning tavsiflari bo'yicha elektr kabellaridan sezilarli darajada ustun ekanligi bilan izohlanadi.

Elektr aloqa kabellarida qurilgan liniyalar bilan taqqoslaganda, BOJIC ning afzalliklari quyidagilardan iborat:

Kabelning keng o'tkazish polosasi (yuzlab gigagertsgacha) bir OB orqali turli maqsadlar uchun sezilarli darajada ko'proq kanallar va yo'llarni olish imkonini beradi - bitta OB orqali o'tkazuvchanlik o'nlab Gbit / s gacha bo'lishi mumkin.

OB ning past susaytirish koeffitsienti (dB/km ning o'ndan bir qismigacha) rele uchastkasining uzunligini yuzlab kilometrgacha oshirish imkonini beradi.

BOK-OTKning kichik umumiy o'lchamlari va og'irligi ularni ishlab chiqarish va yotqizishni osonlashtiradi.

BOK-OTK ishlab chiqarish texnologiyasini doimiy va uzluksiz takomillashtirish ularning narxini pasaytirishni ta'minlaydi. Hozirgi vaqtda kvarts OB narxi mis sim juftligining yarmidan oshmaydi.

Tashqi elektromagnit ta'sirlarning yo'qligi va BOK-OTK tolalari orasidagi o'zaro bog'liqlik axborot uzatish sifati va ishonchliligini oshiradi.

Tashqi elektromagnit nurlanishning virtual yo'qligi aloqaning yuqori maxfiyligini, ya'ni ruxsatsiz kirishdan himoya qilishni ta'minlaydi.

Optik nurlanishning yangi manbalari, optik tolalar, fotodetektorlar va yaxshilangan xususiyatlarga ega optik kuchaytirgichlar paydo bo'lishi bilan BOJICning doimiy takomillashtirilishi mavjud yo'llarning sig'imini oshirishga imkon beradi.

To'liq elektr izolyatsiyasi (optik tolali - dielektrik) portlovchi muhitda ish xavfsizligini ta'minlaydi. Binobarin, BOJIC-OTAL qurilishi va BOK-OTKni loyihalashda rangli metallarning yo'qligi ekspluatatsiyasi jarayonida xavfsizlik shartlari yaxshilanadi.

Zamonaviy BOJIC-OTAL larning ayrim kamchiliklari interfeys va o'rnatish uskunalarning yuqori narxidir. Shu bilan birga, optik uzatgichlar, qabul qiluvchilar va liniyaning passiv elementlarining dizaynini takomillashtirish va ishonchliligini oshirish optik tolali mahsulotlarni ishlab chiqarish xarajatlarini doimiy ravishda kamaytirishi va BOK-OTK va ulash elementlarini o'rnatish texnologiyasini takomillashtirish, shuningdek, uskunani soddalashtirish imkonini beradi. foydalaniladi, qurilish-montaj ishlarining mehnat sarfini sezilarli darajada pasayishiga olib keladi.

Rossiyada aloqa vazifalari uchun BOK-OTK-dan keng miqyosda foydalanishning boshlanishi Rossiyadagi eng yirik aloqa operatori - "Rostelekom" OAJ tomonidan trans-Rossiya aloqa liniyasi, xalqaro va xalqaro optik aloqa uchun milliy raqamli transport liniyasi loyihasini amalga oshirish deb hisoblanishi kerak. uzoq masofali optik aloqa. Taxminan 1996 yildan boshlab magistral va intrazonal tarmoqlarni rivojlantirish optik tolali kabellardan foydalangan holda amalga oshirildi, bu tarmoqlarda yangi qurilish vaqtida mis o'zakli aloqa kabellaridan foydalanish deyarli to'xtatildi.

BOK-OTKni amalga oshirishning dastlabki bosqichida ularni etkazib berish xorijiy kompaniyalar tomonidan amalga oshirildi, Rossiya kabel zavodlari ular bilan raqobatlasha olmadi. 2000 yilga kelib, vaziyat allaqachon Rossiya korxonalariga foydasiga o'zgargan edi.

BOJIC-OTALning asosiy elementi: optik tola

Optik tolali kabelning (OTK) asosiy elementi - bu tolali yorug'lik o'tkazgichidir. 1014 ... 1015 Gts chastota diapazoniga to'g'ri keladigan mikronli to'lqin uzunliklari uzatiladigan tolali yorug'lik o'tkazgichi yoki, odatda, optik tola

(OT). Optik tola, qoida tariqasida, ikki qatlamli konstruksiyaga ega va turli xil sindirish ko'rsatkichlari n_1 va n_2 bo'lgan yadro va qoplamadan iborat.

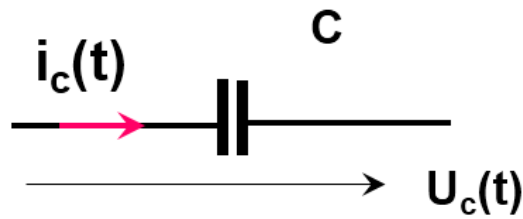
Signal optik tolalar orqali qanday uzatiladi?

Sindirish ko'rsatkichi yuqori bo'lgan muhit optik jihatdan zichroq muhit deb ataladi. Tolada bunday muhit yorug'lik tarqalish muhiti rolini o'ynaydigan yadro hisoblanadi. Yadroni o'rab turgan qobiqning sindirish ko'rsatkichi yadronikidan bir oz kamroq bo'ladi va shuning uchun yadro va qobiq interfeysida yorug'lik aks etadi. Bu ta'sir ma'lumotni tola orqali uzatishga asoslangan.

Optik tolaning yadrosi optik tolaning markaziy hududi bo'lib, u orqali signal optik kuchining asosiy qismi uzatiladi. Eritilgan kvarts (kvarts shishasi), sof yoki kimyoviy elementlar va ularning birikmalarining aralashmalari bilan, kichik nisbatlari eritilgan kvartsning optik xususiyatlarini to'g'ri o'zgartirishga yordam beradi, OT yadrosi va qobig'i uchun dielektrik material bo'lib xizmat qiladi. Eritilgan kvarts kremniy (silikon) dioksid SiO_2 kimyoviy formulasiga ega bo'lgan amorf, shaffof moddadir. Agar yadro elektromagnit energiyani uzatish uchun ishlatilsa, u holda qoplama yadro qoplamasi interfeysida aks ettirish uchun yaxshiroq sharoitlar yaratish, tola yadrosini mexanik shikastlanishdan himoya qilish, shuningdek, atrofdagi bo'shliqqa energiya nurlanishidan himoya qilish va tashqaridan radiatsiya kiruvchi radiatsiya kabi keraksiz narsalarni to'sish uchun ishlatiladi. Tashqarida tolani mexanik ta'sirdan himoya qilish va farqlovchi(markirlovchi) ranglarni qo'llash uchun himoya qoplamasi mavjud.

T/r	Harfiy belgisi	Diapazoni (Chastota poyoni)	Nomlanishi
1.	O	1260...1360	Asosiy(Original)
2.	E	1360...1460	Kengaytirilgan(Extended)
3.	S	1460...1530	Qisqa to'lqinli(short wavelength)
4.	C	1530...1565	Standart(Conventional)
5.	L	1565...1625	Uzun to'lqinli(long wavelength)
6.	U	1625...1675	O'ta uzun to'lqinli(ultra long wavelength)

6.4 Sig'imda yig'ilgan o'zgaruvchan tok zanjiri
Sig'imda sinusoidal tok



6.6-rasm. Sig'imli elektr zanjiri tasviri

$$u_c(t) = U_m \sin \omega t;$$

$$q(t) = Cu(t);$$

$$q(t) = C \cdot U_m \sin \omega t;$$

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}.$$

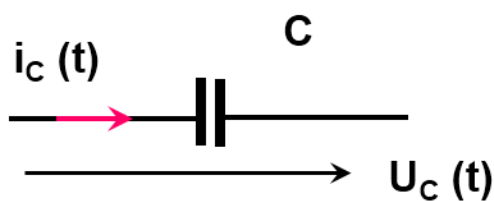
$$i_c(t) = C \cdot \omega \cdot U_m \cos \omega t = \omega \cdot C \cdot U_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

$I_m = \omega \cdot C \cdot U_m$, $I = \omega \cdot C \cdot U$ -Sig'imdagi amplituda va effektiv qiymatlari uchun Ohm qonuni;

$b_c = \omega \cdot C$ -sig'imning reaktiv o'tkazuvchanligi;

$X_c = \frac{1}{b_c} = \frac{1}{\omega \cdot C}$ - sig'imning reaktiv qarshiligi.

Sig'imdagi vektor diagramma



$$U_c(t) = U_m \sin \omega t;$$

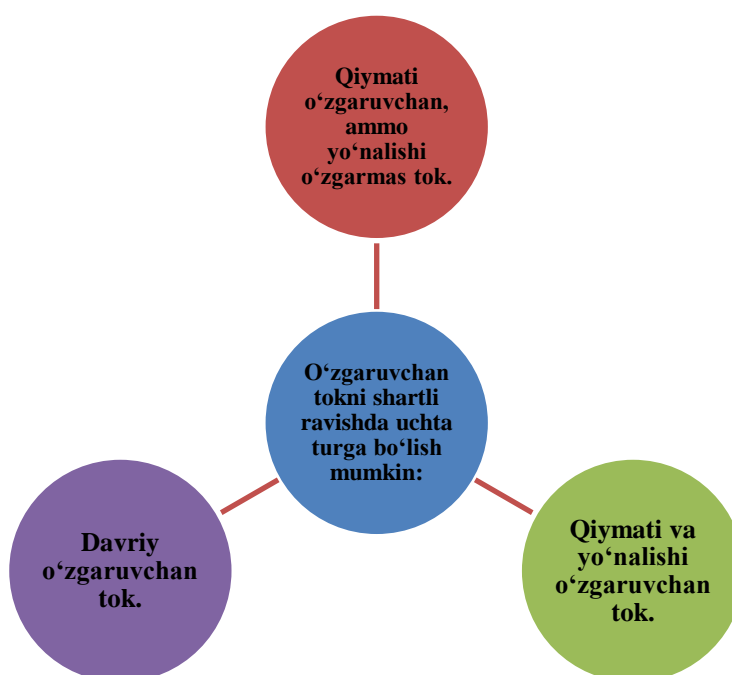
$$i_c(t) = I_m \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right).$$



-Sig'imdagi tok unga berilgan kuchlanishdan 90 gradusga oldinda bo'ladi(ilgarilab ketadi).

$X_L = \omega \cdot L$ - Induktiv qarshilik;

$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$ - Sig'im qarshiligi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Aktiv qarshilikda sinusoidal tok qanday o'zgaradi ?
2. Sig'imdagi vektor diagramma qanday quriladi?
3. Induktiv elementdagi vektor diagramma qanday quriladi?
4. Kompleks sonlari tekisligini tasvirlang va koordinata o'qlarining fizik mohiyatini tushuntiring.
5. Vektor diagrammasini qurishda qaysi parametr doimiu bo'lishi kerak ?
6. Sig'im va Induktiv qarshilikning ifodalarini yozib tushuntiring.

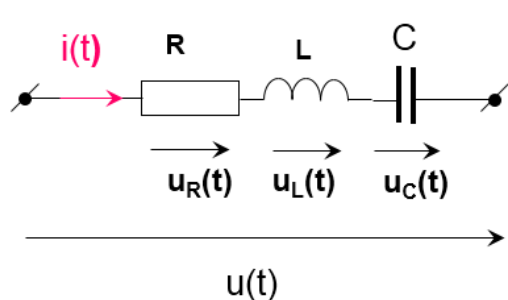
7 - bob RLC zanjirini tahlil qilish

7.1 RLCga ketma-ket ulanish

7.2 RLCga parallel ulanish

7.1 RLCga ketma-ket ulanish

R, L, C lar ketma-ket ulangandagi tok



$$i(t) = I_m \sin \omega t \quad (1)$$

$$u(t) = u_R(t) + u_L(t) + u_C(t) \quad (2)$$

$$\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_L + \underline{U}_C \quad (3)$$

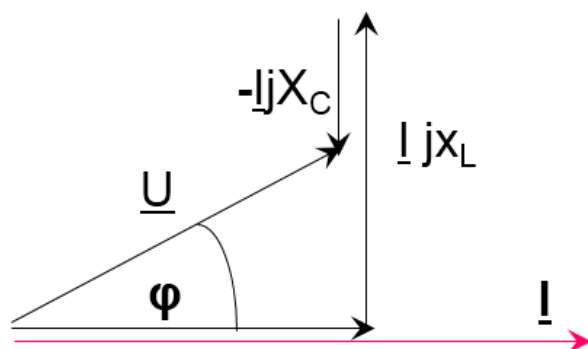
7.1-rasm. R, L, C lar ketma-ket ulangandagi elektr zanjiri

(3) ga muvofiq, biz quyidagi vektor diagrammalarini quramiz.

$\underline{U}_R = \underline{I} \cdot R$ - kuchlanish \underline{I} tok bilan ustma-ust tushadi;

$\underline{U}_L = \underline{I} \cdot jX_L$ - kuchlanish \underline{I} dan faza bo'yicha 90° ilgarilab ketadi;

$\underline{U}_C = \underline{I} \cdot (-jX_C)$ - kuchlanish \underline{I} dan faza bo'yicha 90° orqada qoladi.



Vektor diagrammasidan quyidagilar kelib chiqadi

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$\underline{I} \cdot R$ - kuchlanishning qiymatini qo'yib, quyidagini olamiz:

$$U = \sqrt{I^2 \cdot R^2 + I^2(X_L - X_C)^2} = I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ - elektr zanjiri bir qismining to'la qarshiligi;

$X = X_L - X_C$ - elektr zanjiri bir qismining yig'indi reaktiv qarshiligi.

Bunda:

Z – elektr zanjiri bir qismining to‘la qarshiligi;

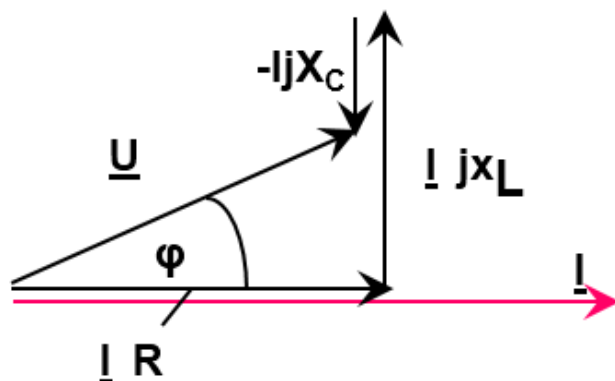
X - elektr zanjiri bir qismining to‘la reaktiv qarshiligi.

Agar elektr zanjirida bir-nechta ketma-ket ulangan induktiv qarshiliklar bo‘lsa, u holda umumiy induktiv qarshilik ularning yig‘indisiga teng bo‘ladi

$$X_L = X_{L1} + X_{L2} + X_{L3} + \dots + X_{Ln}$$

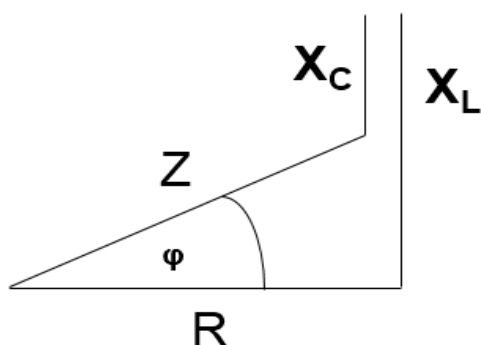
Agar elektr zanjirida bir-nechta ketma-ket ulangan sig‘im qarshiliklari bo‘lsa, u holda umumiy sig‘im qarshilik ularning yig‘indisiga teng bo‘ladi

$$X_C = X_{C1} + X_{C2} + X_{C3} + \dots + X_{Cn}$$



Agar 40-rasmdagi diagrammaning har bir vektorini tokga bo‘linsa, u holda biz qarshiliklar vektorini olamiz(41-rasm).

7.2-rasm. R, L, C lar ketma-ket ulangan zanjir kuchlanishlarining vektor diagrammasi



$$R = Z \cdot \cos\varphi$$

$$X = Z \cdot \sin\varphi$$

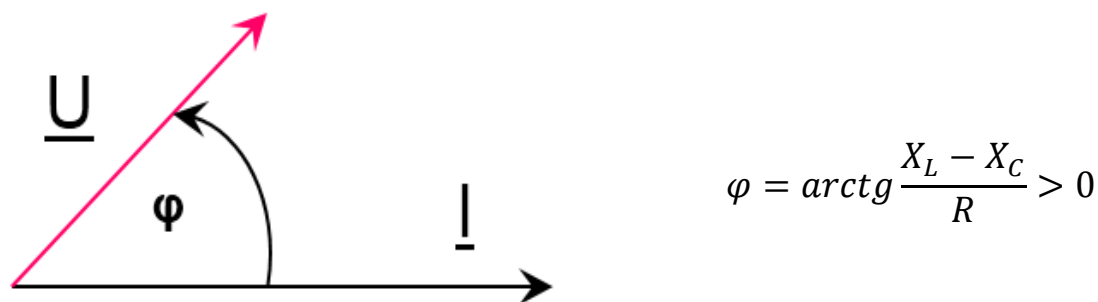
$$X = X_L - X_C$$

$$\varphi = \arctg \frac{X}{R} = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}$$

7.3-rasm. R, L, C lar ketma-ket ulangan zanjir qarshiliklarining vektor diagrammasi

$Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I}$ - Elektr zanjiri bir qismining to'la qarshiligi – qisim uchlaridagi kuchlanishning amplitudasi yoki effektiv(samarali) qiymatlarining undagi tokga nisbatiga teng.

Elektr zanjiri bir qismining to'la qarshiligi har doim musbat bo'ladi ($Z>0$). Elektr zanjiri bir qismining reaktiv qarshiligi(x) musbat ham, yoki manfiy ham bo'lishi mumkin. Agarda $x>0$ bo'lsa, u holda elektr zanjiri induktiv xarakterga ega bo'ladi. Bunday holda, zanjirdagi kuchlanish tokdan ilgarilab ketadi va $\varphi>0$. (41-rasm).



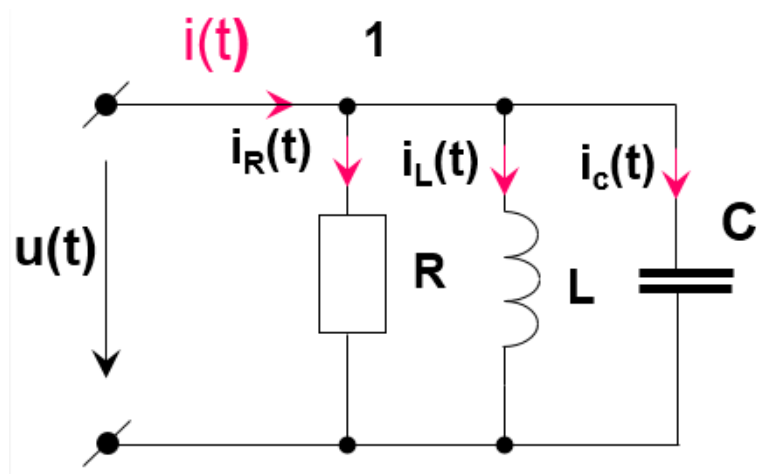
7.4-rasm. Zanjirdagi kuchlanish tokdan ilgarilab ketadigan va $\varphi>0$ holat uchun

Agar $X<0$ bo'lsa, u holda $X_L<X_C$, elektr zanjiri sig'im xarakteriga ega bo'ladi. Unda kuchlanish tokdan ma'lum bir φ burchakga orqada qoladi.(43-rasm)



7.5-rasm. Zanjirdagi kuchlanish tokdan ilgarilab ketadigan va $\varphi>0$ holat uchun

7.2 RLCga parallel ulanish



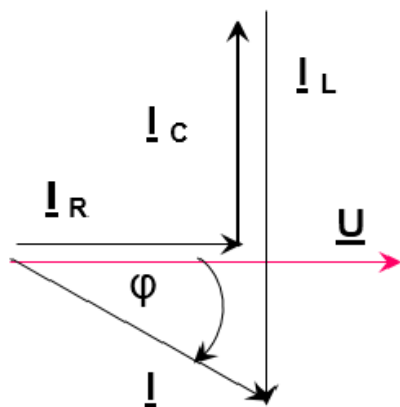
7.6-rasm. RLCga parallel ulanish sxemasi

Oniy tokning qiymatlari uchun Kirxgoff qonunlari amal qiladi. Kirxgoffning tugun uchun 1 - qonuni

$$i(t) = i_R(t) + i_L(t) + i_C(t)$$

Kirxgoffning tugun uchun 1 - qonuni kompleks shaklda yozamiz

$$\underline{I} = \underline{I}_R + \underline{I}_L + \underline{I}_C$$



$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

I, I_R, I_L, I_C - effektiv qiymatlar

Keling, aktiv va reaktiv o'tkazuvchanlik tushunchalarini kiritaylik

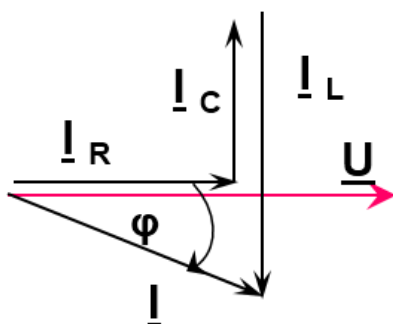
g - aktiv o'tkazuvchanlik $b_L = \frac{1}{X_L}$ - Induktivlikning reaktiv o'tkazuvchanligi

$I = U\sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$ - Ildiz ostidagi ifoda o'tkazuvchanlik o'lchamiga ega, uni Y bilan belgilaymiz.

$Y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$ - Y -elektr zanjiri bir qismining to'la o'tkazuvchanligi

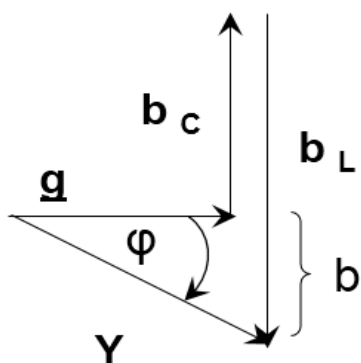
$b = (b_L - b_C)$ - elektr zanjiri bir qismining to'la reaktiv o'tkazuvchanligi.

Agarda $b_L > b_C$ bo'lsa, zanjir induktiv xarakterga ega, zanjirda kuchlanish tokdan ilgarilab ketadi.



Agar toklarning vektor diagrammasi (7.7-rasm) kuchlanishga bo'linsa, biz o'tkazuvchanlik diagrammasini olamiz (7.8-rasm).

7.7-rasm. Parallel ulangan zanjirdagi kuchlanish tokdan ilgarilab ketadigan va $\varphi < 0$ holat uchun toklarning vektor diagrammasi



$$g = Y \cdot \cos\varphi$$

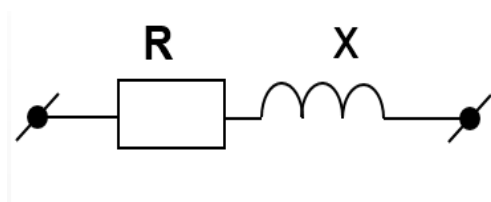
$$Y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

$$b = Y \cdot \sin\varphi$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{g} = \arctg \frac{b_L}{b_C}$$

7.8 –rasm. Parallel ulangan R, L va C elementli zanjirda o'tkazuvchanlik diagrammasi

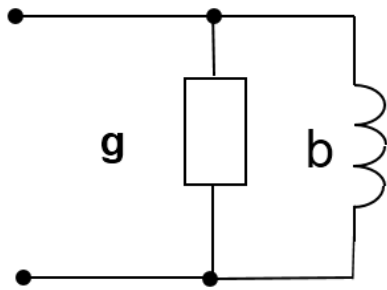
To'la, aktiv va reaktiv o'tkazuvchanliklarni bog'laydigan ekvivalent ifodalar



$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

$$\sin\varphi = \frac{X}{Z}$$

$$Z = \frac{1}{Y}$$



$$\cos\varphi = \frac{g}{Y}$$

$$\sin\varphi = \frac{b}{Y}$$

$$Y = \frac{1}{Z}$$

O'zgaruvchan tok zanjiridagi quvvat

Aktiv quvvat

$$u(t) = U_m \sin\omega t;$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t - \varphi).$$

Keling, oniy quvvat tushunchasini kiritaylik:

$$p = u(t) i(t) - \text{oniy quvvat.}$$

Aktiv quvvat katta P harfi bilan belgilanadi hamda oniy quvvatning bir davr ichidagi o'rtacha qiymatiga teng bo'ladi.

$$P = UI \cos\varphi$$

Aktiv quvvatni hisoblashning boshqa formulalari:

$$P = I^2 \cdot R;$$

$$P = U_a \cdot R;$$

$$P = U \cdot I_a;$$

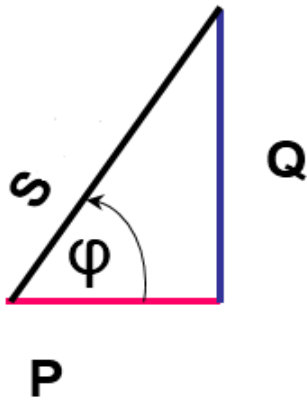
$$P = \frac{U^2}{R}.$$

Reaktiv quvvat

$$Q = UI \sin\varphi; Q = I^2 \cdot X; Q = U_p \cdot I; Q = U \cdot I_p; Q = \frac{U^2}{X}.$$

To'la quvvat

Quvvatlar uchburchagi



$$S = U \cdot I - \text{to'la quvvat};$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi - \text{aktiv quvvat};$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi - \text{reaktiv quvvat};$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} - \text{to'la quvvat};$$

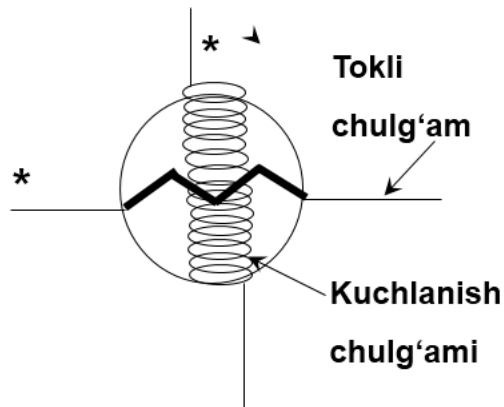
$$\varphi = \arctg \frac{Q}{P};$$

$\cos\varphi$ – quvvat koeffitsienti.

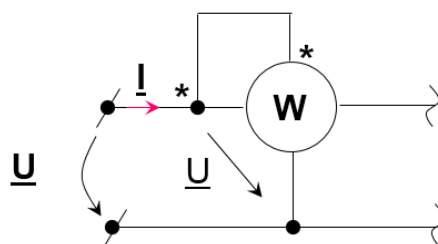
7.9–rasm. Quvvatlar uchburchagi

$$P = S \cdot \cos\varphi; \quad Q = S \cdot \sin\varphi.$$

Elektr zanjiridagi aktiv quvvat vattmetr deb nomlangan qurilmalar bilan o'lchanadi.



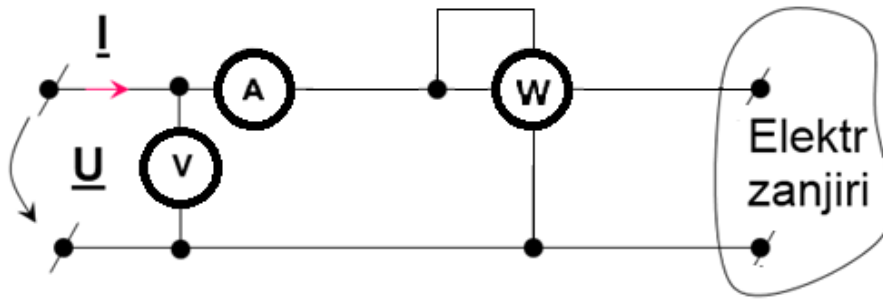
Vattmetr



7.10–rasm.Vattmetrning ulanish sxemalari

Kuchlanish chulg'aming qarshiligi juda katta bo'ladi ($Z_U = \infty$);

Tok chulg'aming qarshiligi amalda nolga teng bo'ladi ($Z_I = 0$).



7.11–rasm. Elektr zanjirining parametrlarini voltmeter, ampermetr va vattmetr bilan aniqlash sxemasi

Elektr zanjirining parametrlarini (Z , R , L , C , X) sxemaga kiritilgan asboblarni o‘lchash natijalariga ko‘ra aniqlash kerak.

Hisob - kitoblarda biz ampermetrning va vattmetrning tokli chulg‘ami qarshiligi nolga teng, vattmetrning voltmeter va kuchlanish chulg‘ami qarshiligi esa cheksizlikka teng deb hisoblaymiz.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. O‘zgaruvchan tok deb nimaga aytiladi?
2. EYuK manbasi nima?
3. Elektr zanjiri nima? Amalda ishlatiladigan elektr uskunalarni ekvivalent elektr zanjirlari misolida izohlang.
4. Kuchlanish va tok manbalari nima?
5. Elektr zanjirining bir qismi va to‘liq elektr zanjiri uchun Om qonunlari qanday ifodalanadi.
6. Elektr zanjiri uchun Kirxgofning ikkinchi qonuni qanday ifodalanadi?
7. Har xil quvvatga ega bo‘lgan yoritgichlarni ketma - ket ulab bo‘ladimi?
8. Elektr zanjiri uchun quvvat balansi nima?
9. Parallel ulangan rezistorlardan iborat elektr zanjiri uchun Kirxgofning birinchi qonuni ifodasini yozing.
10. Keltirilgan elektr zanjir uchun ekvivalent qarshilik qanday hisoblanadi?

11. Parallel ulangan zanjirda bir qarshilikning o'zgarishi boshqa rezistorlardan o'tadigan tokka ta'sir qiladimi?
12. Elementning VAX si deb nimaga aytiladi?
13. Kirxgofning birinchi qonunining fizik ma'nosini qanday tushundingiz?

8 - bob Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi

8.1 Tebranish konturlari

8.2 Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi

8.1 Tebranish konturlari

O'zgaruvchan tok zanjirlarida reaktiv qarshiliklar har xil qiymatga ega yoki har xil nisbatda, ya'ni $X_L > X_C$, $X_L < X_C$ yoki $X_L = X_C$ bo'lishi mumkin. Ba'zi hollarda esa reaktiv qarshilik umuman $X=0$ bo'lishi mumkin. Bunday holda elektr zanjiri aktiv xarakterga ega bo'lib zanjirning toki va kuchlanishi faza bo'yicha ustma-ust tushadi yoki $\phi=0$ bo'ladi. Bu holda zanjirda rezonans hodisasini kuzatish mumkin bo'ladi.

R , L va C elementlardan tashkil topgan elektr zanjirining xususiy chastotasi quyidagiga teng:

$$\omega_{\text{rez}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Agar ushbu ω_{rez} chastota elektr manbai chastotasi $\omega=2\pi f$ bilan o'zaro tenglashsa u holda zanjirning reaktiv qarshiliklari $X_L=X_C$ bo'ladi va reaktiv elementlardagi kuchlanish yoki tok quyidagiga teng:

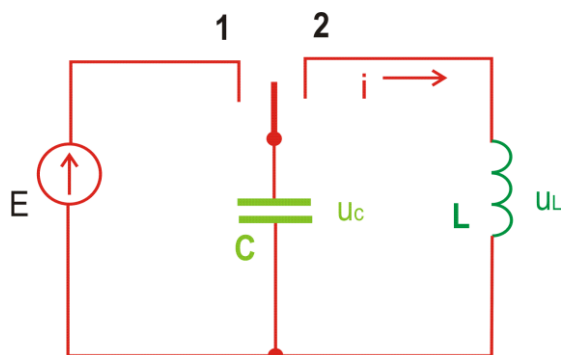
$$|U_L| = |U_C|, \quad |I_L| = |I_C|$$

Bunday holda reaktiv elementlar L va C da kuchlanish modul bo'yicha o'zaro teng yoki manba kuchlanishiga nisbatan bir necha marta ortib ketishi mumkin. Bunday holat zanjirda rezonans ro'y bergan holda kuzatiladi.

Elektr zanjirida rezonans rejimlari elektrotexnikada, radiotexnikada, avtomatik boshqaruv va aloqa tizimlarida keng qo'llaniladi.

Ba'zi hollarda esa elektr zanjirlarida rezonans hosil bo'lishi ba'zi – bir avariya vaziyatlarni keltirib chiqaraishi (masalan, uzatish liniyalari va transformatorlarda) mumkin.

Tebranma konturdagi fizik jarayonlar.



8.1–rasm. L va C elementlardan iborat tebranma kontur

Yuqorida keltirilgan 8.1-rasmda elektr zanjiridagi fizik jarayonni tahlil qilamiz. Agar ulab – uzgich 1 holatga ulansa u holda kondensator manbaga ulanadi va E qiymatigacha zaryadlanib boshlaydi. Bu holda zanjirdan zaryad toki o‘tadi va u kondensator to‘la zaryadlangan holda tok 0 ga teng bo‘ladi.

Zaryad toki:
$$i_{zar} = \frac{(E - u_c)}{R}$$

Kondensator zaryadlanish paytida uning elektr maydon energiyasi:

$$W_c = \frac{CU^2}{2}$$

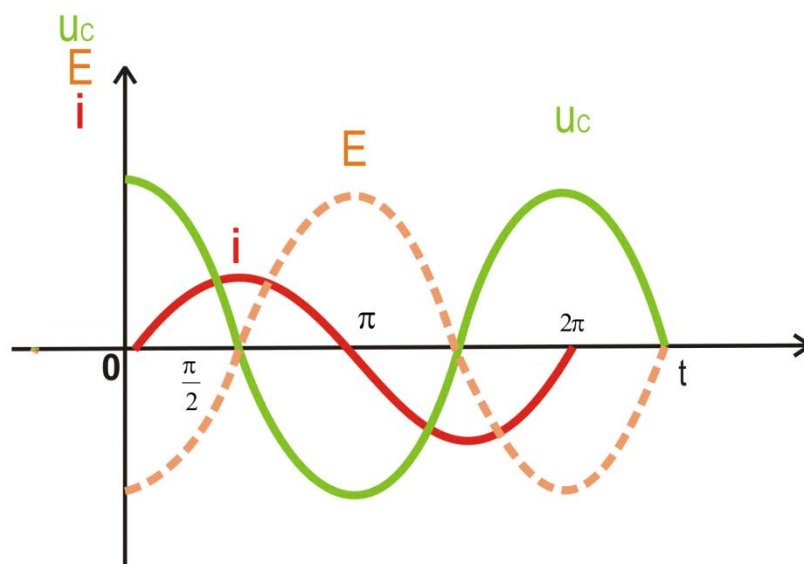
Demak, kondensator elektr energiya manbaiga aylanadi.

Agar ulab – uzgich 2 holatga o‘zgartirilsa zaryadlangan kondensator ideal g‘altakka ulanadi. U holda kondensator zaryadsizlanib boshlaydi va zanjirning o‘ng tomonidagi konturda razryad toki paydo bo‘ladi. Bu razryad toki esa esa induktiv g‘altak atrofida magnit madon va uning energiyasi paydo bo‘ladi.

Agar zanjirning aktiv qarshiligi $R=0$ bo‘lsa u holda kondensator to‘la zaryadsizlangan holda uning barcha elektr maydon energiyasi g‘altak magnit maydoni va uning energiyasiga aylanadi. Bu holda magnit maydon energiyasi o‘zining maksimum qiymatiga erishadi, ya’ni:

$$W_L = \frac{LI^2}{2}$$

Demak, bu holda zanjirdagi tok o‘zining amplituda qiymatiga yetadi. Bu fizik jarayon esa quyidagi grafiklarda aks etgan (8.2-rasm).



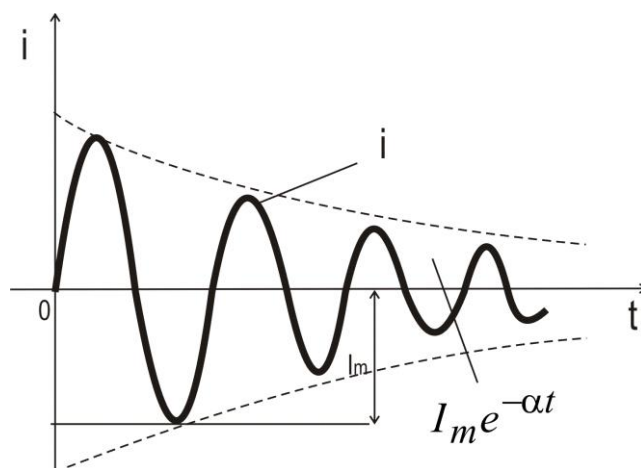
8.2–rasm. U_c , E va i parametrlarining vaqtga bog‘liqlik tebranishlari tasviri

Davrning birinchi 1/4 qismi oxirida tok maksimum, ammo kondensatordagi kuchlanish u_c va EYuK E nolga teng va g‘altakning magnit maydoni maksimum. Davrning ikkinchi 1/4 qismida esa tok manbadan ta‘minlanmaganligi uchun 0 gachga kamayadi. Bu holda magnit maydon ham kamaya boshlaydi. G‘altak energiya manbaiga aylanadi.

Kondensator zaryadlanadi boshlaydi, ammo bu holda u teskari qutb bilan zaryadlanadi (8.2-rasm). Davrning ikkinchi 1/4 qismi oxirida kondensator yana to‘liq zaryadlanadi. Tok yana 0 ga teng bo‘ladi. Erkin elektronlarning kondensatorning pastki qoplamasidan yuqori qoplamasiga harakati natijasi esa zaryad tokini tashkil etadi. Davrning uchinchi va to‘rtinchi 1/4 qismida esa davrning birinchi va ikkinchi 1/4 qismi bilan bir xil fizik jarayon ro‘y beradi.

Demak LC zanjirda elektr va magnit maydon energiyalarining uzluksiz bir – biriga aylanishi ro‘y beradi. Shuning uchun bunday zanjir tebranish zanjiri deb ataladi.

Real zanjir aktiv qarshilikka ega bo‘ladi va kondensator zaryadlanganda hosil bo‘lgan energiya aktiv qarshilikda issiqlikka aylanadi. Natijada energiya zahirasi kamayib boradi, kondensatorning navbatdagi zaryadsizlanishida kuchlanish kamayadi va tok amplitudasi ham kamayib boradi (8.3-rasm).



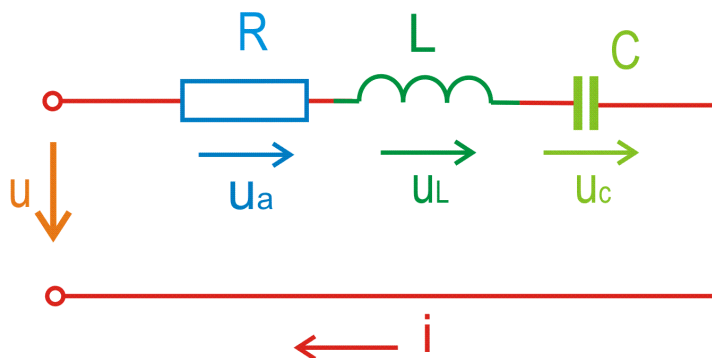
8.3–rasm. Kondensatorning zaryadsizlanishidagi tokning kamayish tasviri

Demak zanjirdagi erkin tebranish so‘nuvchandir. Zanjirda aktiv qarshilikning mavjud bo‘lishi erkin tebranishning davri va chastotasiga ham ta‘sir ko‘rsatadi. Aktiv qarshilik qancha katta bo‘lsa kondensatning zaryadlanish va razryadlanish vaqti ham shuncha katta bo‘ladi.

8.2 Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi

Elementlari ketma-ket ulangan real zanjirda rezonans. Kuchlanish rezonansi.

R, L va C elementlari ketma-ket ulangan zanjir berilgan bo‘lsin. Bunday zanjirda rezonans quyidagi holda yuzaga keladi:



8.4–rasm. R, L va C elementlari ketma-ket ulangan zanjir tasviri

$$X = X_L - X_C = 0 \text{ yoki}$$

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

Reaktiv qarshiliklar o‘zaro teng bo‘lgan holda zanjirning to‘la qarshiligi esa quyidagicha:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = R$$

Demak rezonansli zanjirda zanjirning to‘la qarshiligi minimal, tok esa o‘zining maksimal qiymatiga ega bo‘ladi:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R}$$

Nazariy holda $R=0$ bo‘lganda zanjirning to‘la qarshiligi ham 0 ga teng bo‘ladi. Bu holda zanjirdagi tok esa cheksiz katta qiymatga ega bo‘ladi. Shu tufayli induktivlik va sig‘imdagi kuchlanish ham cheksiz katta bo‘lishi mumkin. Rezonans paytida L va C da kuchlanish teng shuning uchun bu rezonans kuchlanish rezonansi ham deb ataladi.

$$U_L = I \cdot X_L;$$

$$U_C = I \cdot X_C;$$

$$U_L = U_C.$$

Zanjirning umumiy kuchlanishi:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = U_R$$

Reaktiv qarshiliklarning bir – biriga teng bo‘lishi rezonans sharti deb ataladi, ya’ni (6.4) ifodaga qarang, undan esa zanjirning rezonans chastotasini topish mumkin:

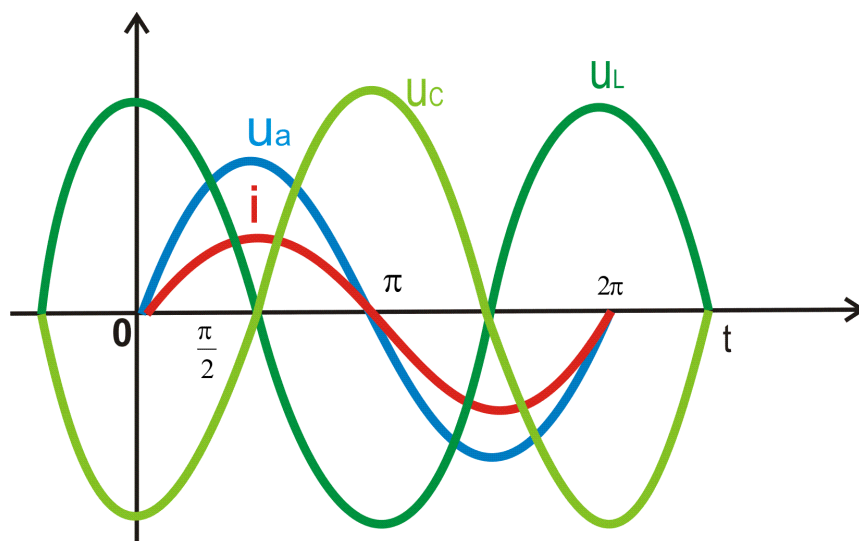
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

$$2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

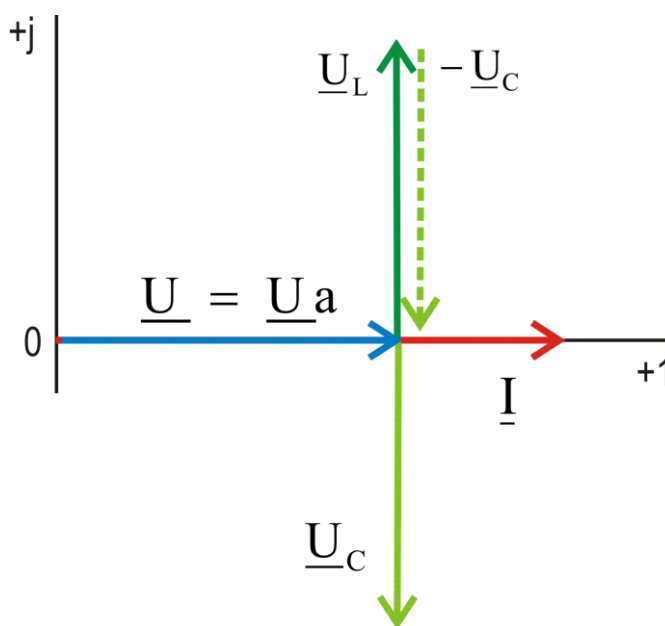
$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Demak zanjirda manba kuchlanishi chastotasini o‘zgartirish bilan yoki L hamda C ni rostlash bilan rezonans hosil qilishi mumkin.

Rezonansli zanjirning tok va kuchlanishlari sinusoidal grafiklari va vektor diagrammasi quyidagi 8.5- va 8.6- rasmlarda keltirilgan.



8.5–rasm. Rezonansli zanjirning tok va kuchlanishlari sinusoidal grafiklari tasviri



8.6–rasm. Rezonansli zanjirning tok va kuchlanishlari vektor diagrammasi tasviri

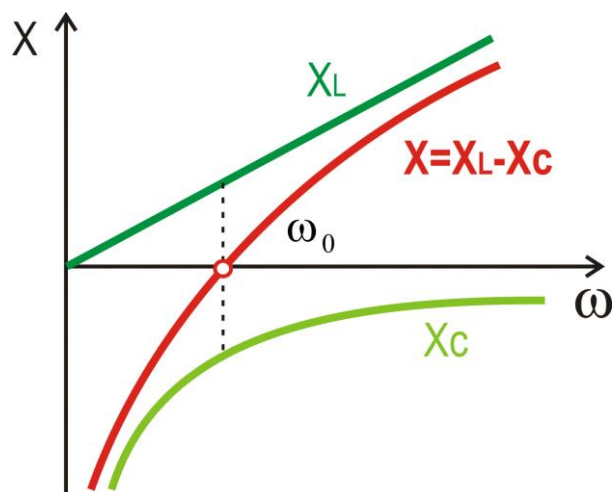
Rezonans egri chiziqlari va chastota tavsifi:

Zanjirdagi tok va elementlarda kuchlanishlarning chastotaga bog‘liqlik grafiklari rezonans egri chiziqlari deb ataladi. Faraz qilaylik zanjirga berilayotgan kuchlanish sinusoidal bo‘lib uning amplitudasi o‘zgarmas va chastota 0 dan ∞ gacha o‘zgarsin. Chastotaning o‘zgarishi esa zanjir parametrlarining, reaktiv qarshiliklarinig va to‘la qarshilikning hamda tok va kuchlanishlar orasidagi faza

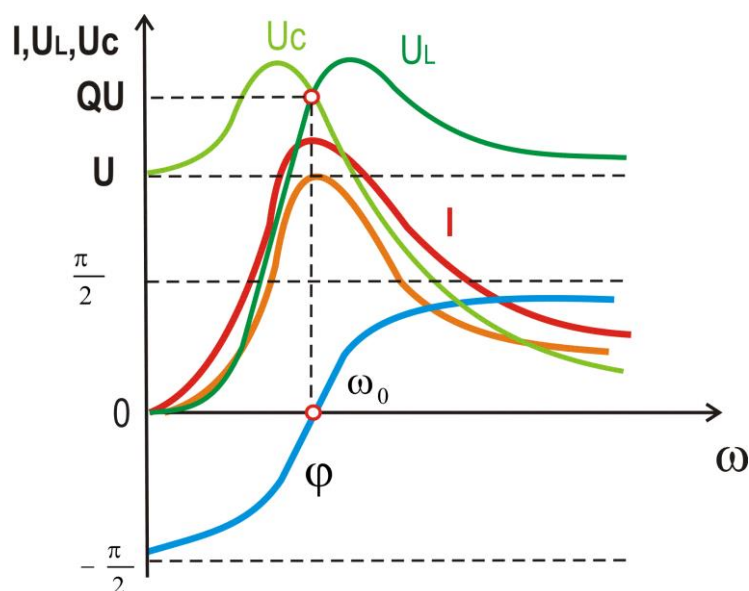
burchagining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Zanjir parametrlarining chastotaga bog'liqlik grafiklari esa zanjirning chastota tavsiflari deb ataladi.

Quyida rasmlarda zanjirning chastota tavsifi va rezonans egri chiziqlari keltirilgan.

Rezonans egri chiziqlari va chastota tavsifi:



8.7–rasm. Zanjirning chastota tavsifi



8.8–rasm. Zanjirning rezonans egri chiziqlari

Kuchlanish rezonansli zanjirning xususiyatlari:

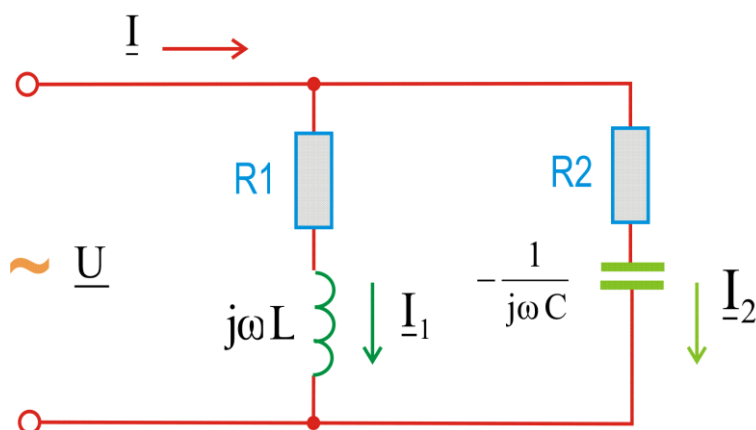
1. $\omega_0 = \omega$ bo'lganda $\varphi = 0$ bo'lib zanjir kuchlanishi va toki faza bo'yicha mos va zanjir aktiv xarakterga ega.
2. $\omega_0 < \omega$ bo'lganda $X_L > X_C$ bo'lib zanjir aktiv – induktiv xarakterga ega.

3. $\omega_0 > \omega$ bo'lganda $X_L < X_C$ bo'lib zanjir aktiv – sig'imiyl xarakterga ega.
4. Zanjirning to'la qarshilig minimal bo'lib $Z=R$.
5. Zanjirdagi tok maksimal va $I = \frac{U}{R}$
6. L va C dagi kuchlanish manba kuchlanishidan bir necha marta katta yoki $U_L=U$.

7. Zanjirda magnit va elektr maydon energiyasi almashinuvi ro'y beradi va manbaga energiya qaytarilmaydi. Manbadan faqat aktiv qarshilikda sarflanadigan energiya uzatiladi. Shu tufayli so'nmaydigan tebranish hosil qilinadi.

Elementlari parallel ulangan zanjirda rezonans. Toklar rezonansi.

Aktiv qarshiliklari R1 va R2 bo'lgan ikkita reaktiv elementlari parallel ulangan zanjirni tahlil etamiz(8.9-rasm).



8.9–rasm.Elementlari parallel ulangan zanjir tasviri

Bunday zanjirda quyidagi holda rezonans ro'y beradi:

$$\underline{y} = g - jb = \underline{y}_1 + \underline{y}_2 = \frac{1}{R_1 + j\omega L} + \frac{1}{R_2 - j\frac{1}{\omega C}}$$

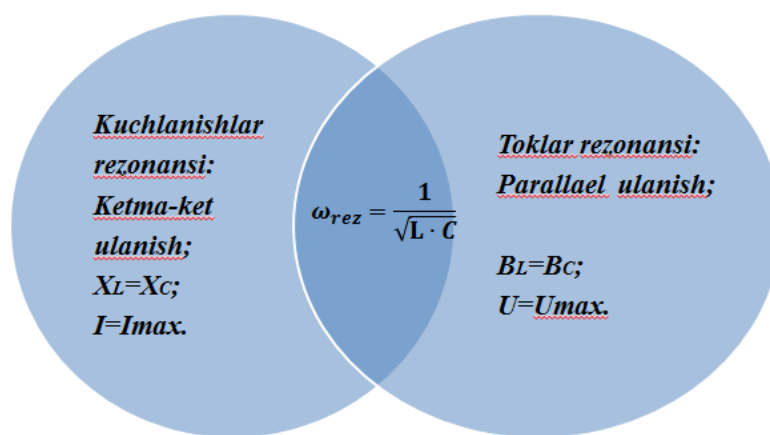
Zanjir o'tkazuvchanligining reaktiv tashkil etuvchilari:

$$b = b_1 + b_2 = 0 \text{ yoki } b_2 = -b_1$$

Bu yerda

$$b_1 = \frac{\omega L}{R_1^2 + (\omega L)^2}$$

$$b_2 = \frac{-1/\omega C}{R_2^2 + (1/\omega C)^2}$$



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. O‘zgaruvchan tok zanjirida rezonans hosil bo‘lish shartlarini ayting.
2. Kondensatorda qanday turdagi energiya hosil bo‘ladi?
3. Induktiv g‘altakda qanday turdagi energiya hosil bo‘ladi?
4. Oddiy elektromagnit tebranish konturini tasvirlang.
5. Rezonansga erishish uchun qaysi parametrlar o‘zgartiriladi ?
6. Elektr zanjirining bir qismi uchun Om qonunlari qanday ifodalanadi.
7. Tomson qonuni qanday ifodalanadi?
8. Elementlari ketma-ket ulangan zanjirda sodir bo‘ladigan rezonansni tushuntiring.
9. Elementlari parallel ulangan zanjirda sodir bo‘ladigan rezonansni tushuntiring.

9 - bob Uch fazali elektr zanjiri

9.1 Uch fazali elektr zanjiri haqida asosiy tushuncha

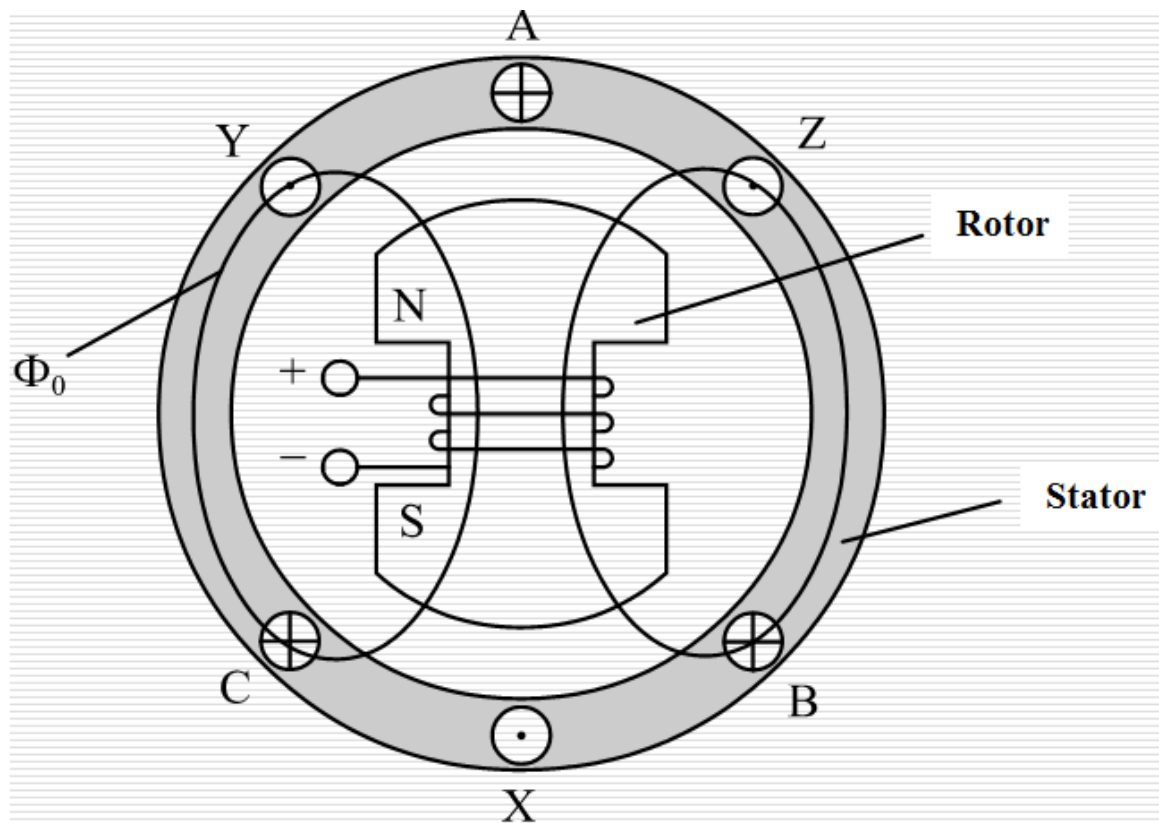
9.2 Balansli va muvozanatsiz zanjirlar(simmetrik va nosimetrik)

9.3 Fazalarni energiya manbai va iste'molchiga yulduzsimon va uchburchak shaklida ulash

9.1 Uch fazali elektr zanjiri haqida asosiy tushuncha

Uch fazali zanjirlar bir fazali zanjirlarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega:

1. Energiya uzatishning iqtisodiyliigi
2. Aylanuvchi magnit maydon momentini olish imkoniyati
3. Bitta qurilmada ikki xil kuchlanishni olish mumkinligi



A,B,C – fazalarning boshlanishi X,Y,Z – fazalarning tugashi

9.1–rasm. Uch fazali generatorning qirqimi

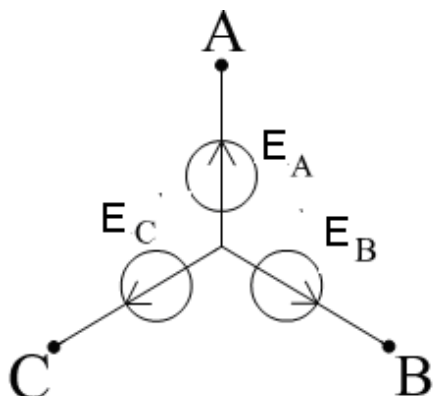
Uch fazali sxemaning asosiy elementlari:

- 1.Uch fazali generator;
- 2.Uzatish liniyalari;
- 3.Qabul qiluvchilar (iste'molchilar)

Generatorning asosiy elementlari:

1.Qo'zg'almas stator (uchta chulg'amdan iborat); 2.Aylanadigan rotor (elektromagnit)

Uch fazali EYuK tizimi

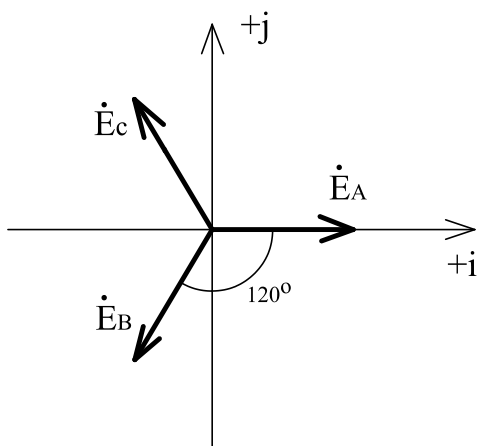


$$e_A = E_m \sin \omega t$$

$$e_B = E_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right)$$

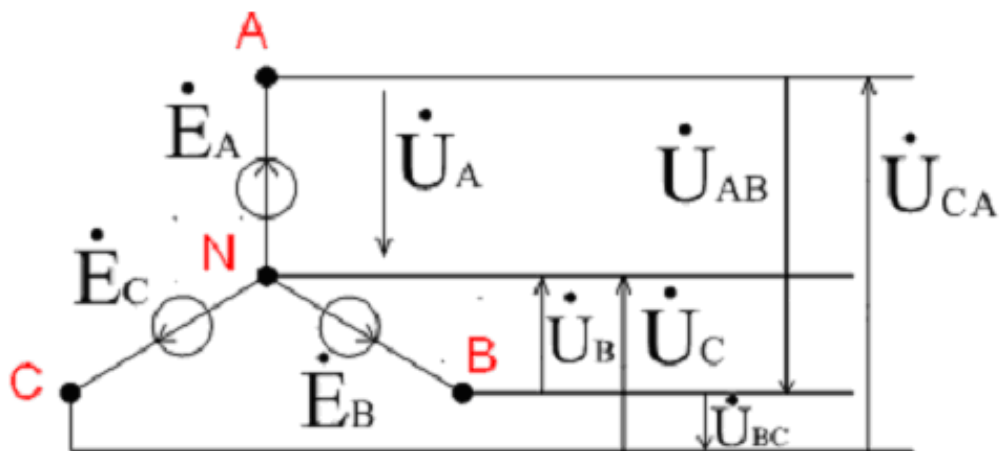
$$e_C = E_m \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

Simmetrik EYuK tizimining vektor diagrammasi



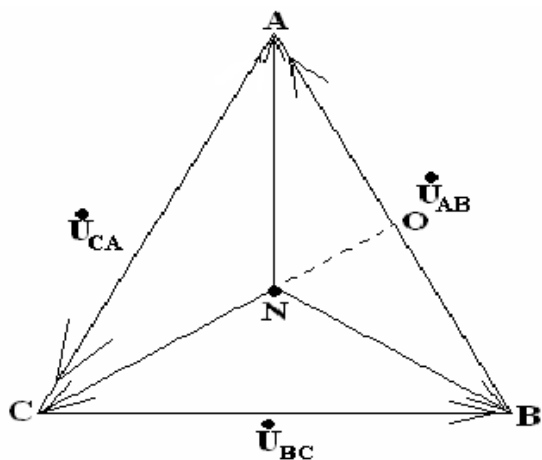
$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$

Ta'minot manbalarining fazalarini ulash usullari yulduzsimon ulanish



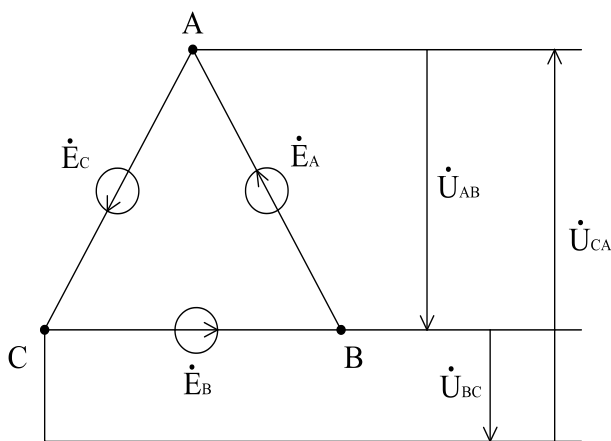
9.2-rasm. Uch fazali to'rt simli manbaa sxemasi

Faza kuchlanishi har bir fazaning boshi va oxiri orasidagi kuchlanishni bildiradi. Musbat yoʻnalishlar: U_{AN} , U_{BN} , U_{CN} ni U_A , U_B , U_C deb nomlash qabul qilingan. Ikki fazaning boshlanishi orasidagi kuchlanishga Liniya kuchlanishi deb aytiladi, yaʼni U_{AB} , U_{BC} , U_{CA}



$$U_L = \sqrt{3}U_f$$

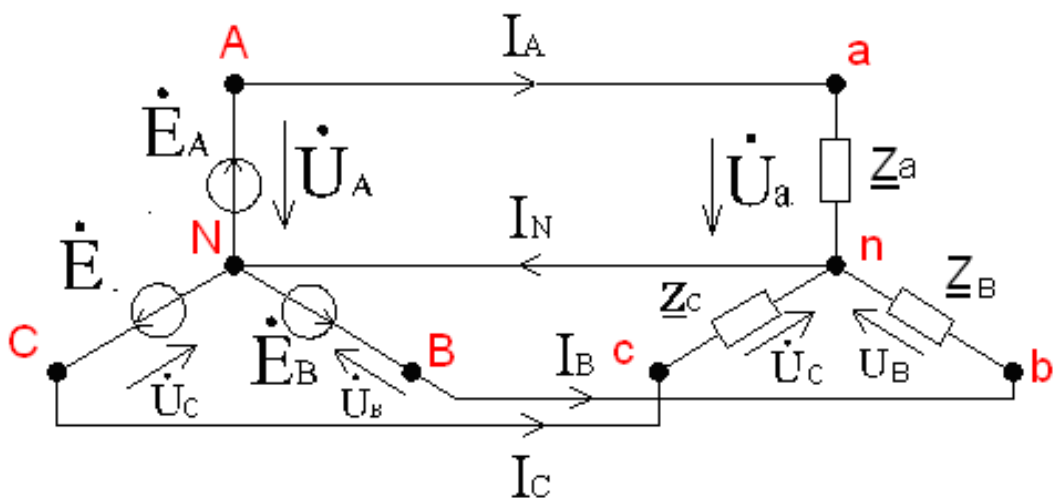
$$I_L = I_f$$



$$I_L = \sqrt{3}I_f$$

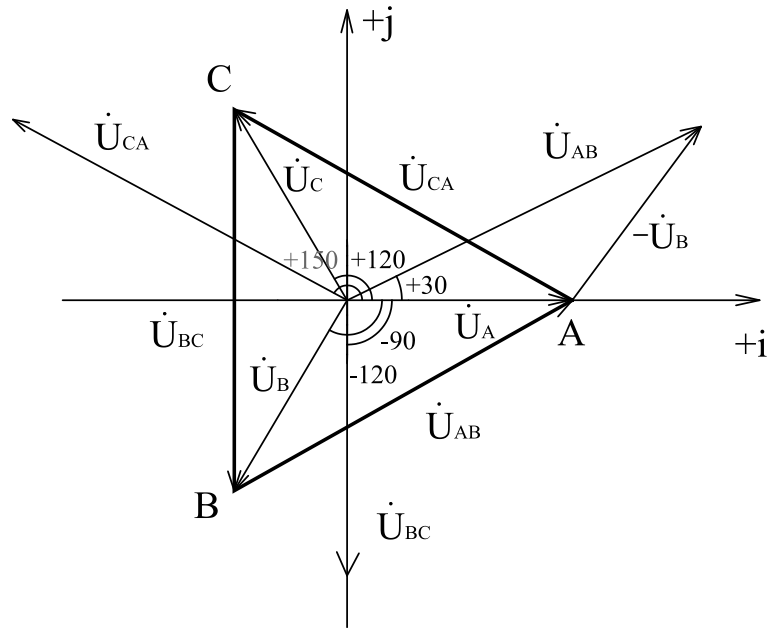
$$U_L = U_f$$

Taʼminot manbasi simlarini va isteʼmolchi fazalarini yulduzsimon ulanishi

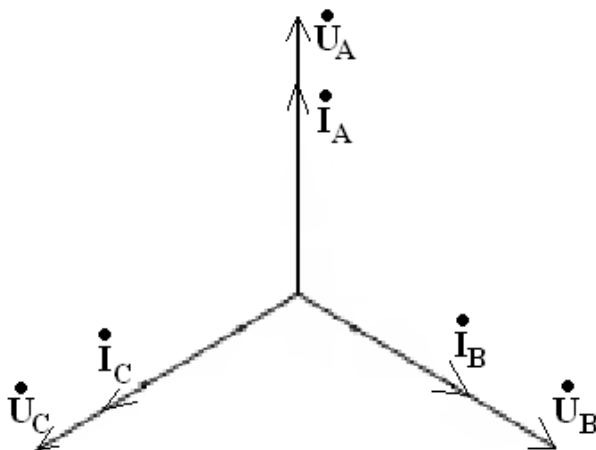


9.3–rasm. Uch fazali toʻrt simli elektr taʼminot sxemasi

Vektorli diagrammalar tuzishning umumiy qoidasi



Simmetrikli yuklama shartlari:



Neytral simsiz

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c$$

$$\dot{I}_a = \dot{I}_b = \dot{I}_c$$

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$$

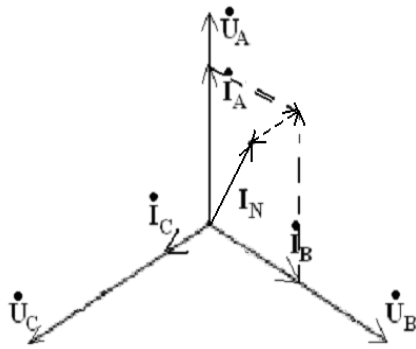
Neytral simli

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c$$

$$\dot{I}_a = \dot{I}_b = \dot{I}_c$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$$

Neytral simli nosimmetrik yuklama shartlari:

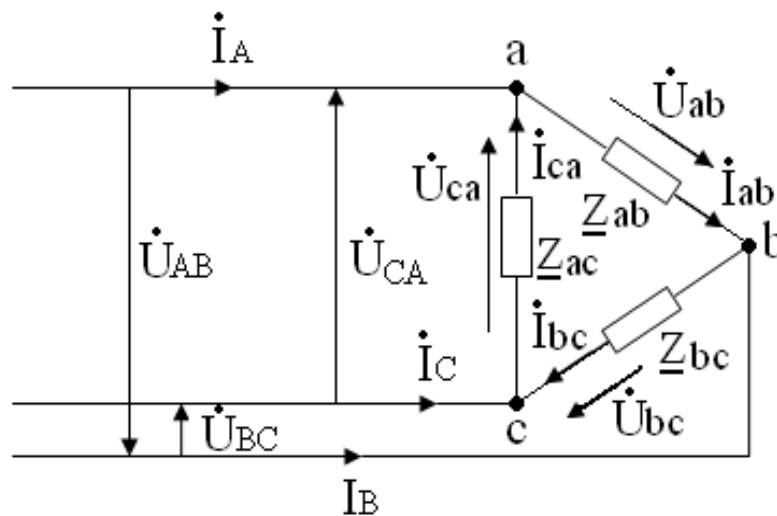


$$\underline{Z}_a \neq \underline{Z}_b \neq \underline{Z}_c$$

$$I_a \neq I_b \neq I_c$$

$$I_N = I_a + I_b + I_c \neq 0$$

Iste'molchilar fazalarining uchburchak ulanishi:



9.4–rasm. Iste'molchilar fazalarining uchburchak ulanish sxemasi

Iste'molchining fazaviy kuchlanishlari elektr ta'minotining mos keladigan liniyalik kuchlanishiga teng.

$$\dot{U}_{ab} = \dot{U}_{AB}$$

$$\dot{U}_{bc} = \dot{U}_{BC}$$

$$\dot{U}_{ca} = \dot{U}_{CA}$$

$$U_L = U_F$$

Liniya toklari Kirxgofning birinchi qonuniga binoan faza toklar bilan quyidagicha aniqlanadi

$$I_A = I_{ab} - I_{ca}$$

$$I_B = I_{bc} - I_{ab}$$

$$I_C = I_{ca} - I_{bc}$$

$$I_L = \sqrt{3}I_F$$

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

Uch fazali elektr energiyasi manbasining oniy quvvati:


$$p = p_A + p_B + p_C = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C$$

Bir davrdagi quvvatning o'rtacha qiymati:


$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = P_A + P_B + P_C = U_A I_A \cos \varphi_A + U_B I_B \cos \varphi_B + U_C I_C \cos \varphi_C$$

Nosimmetrik yuklamada uch fazali elektr quvvati

Aktiv quvvat:




$$P = P_a + P_b + P_c$$




$$P = P_{ab} + P_{bc} + P_{ca}$$

Reaktiv quvvat:



$$Q = Q_a + Q_b + Q_c$$



$$Q = Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca}$$

$$P_f = U_f I_f \cos \varphi_f = R_f I_f^2$$

$$Q_f = U_f I_f \sin \varphi_f = X_f I_f^2$$

Uch fazali zanjirning to'la quvvat moduli:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Simmetrik yuklamada uch fazali quvvat

$$P = 3P_f = 3U_f I_f \cos \varphi_f$$

$$Q = 3Q_f = 3U_f I_f \sin \varphi_f$$

$$S = 3S_f = 3U_f I_f$$

Simmetrik yuklamada uch fazali zanjirning quvvati

Yulduzli sxemada ulanish:

$$U_f = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

$$I_L = I_f$$

$$P = 3\left(\frac{U_L}{\sqrt{3}}\right)I_L \cos \varphi_f = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi_f$$

Uchburchak sxemada ulanish:

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$U_L = U_f$$

$$P = 3\left(\frac{I_L}{\sqrt{3}}\right)U_L \cos \varphi_f = \sqrt{3}U_L I_L \cos \varphi_f$$

Simmetrik yuklamada, iste'molchining ulanishidan qat'i nazar, quvvat formulalari bir xil bo'ladi.

Uch fazali zanjirlar bir fazali zanjirlarga nisbatan quyidagi afzalliklarga ega:

1. Energiya uzatishning iqtisodiyligi

2. Aylanuvchi magnet maydon momentini olish imkoniyati

3. Bir qurilmada ikki xil kuchlanishni olish mumkinligi

Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Uch fazali zanjirlar bir fazali zanjirlarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?
2. Uch fazali zanjirlarda energiya uzatishning iqtisodiyligi nimalar bilan bog'langan ?
3. Uch fazali sxemaning asosiy elementlarini ayting.
4. Uch fazali generator qirqimini tasvirlang.
5. Simmetrik yuklamada uch fazali elektr quvvati qanday hisoblanadi?
6. Nosimmetrik yuklamada uch fazali elektr quvvati qanday hisoblanadi?
7. Yulduzsimon sxemada ulanish uchun liniya va faza toklar hamda kuchlanishlarini yozing
8. Uchburchak sxemada ulanish uchun liniya va faza I va U larini yozing.

10-bob Yarim o‘tkazgich materiallari haqida tushuncha va ularning tuzilishi.

O‘tkazuvchilar turlari

10.1 Qanday materiallar yarim o‘tkazgichlar deb hisoblanadi va nima uchun

10.2 Kovalent aloqalar(bog‘lanishlar)

10.3 Energiya darajasi (Energetik sath) va zonalari

10.4 Elektr zaryadlari - elektronlar va g‘ovaklar(teshiklar)

10.5 p va n tip(tur)dagi o‘tkazuvchanlik

10.6 Xususiy va aralashmali o‘tkazuvchanlik.

10.7 Yarimo‘tkazgichlarda zaryad o‘tkazish(ko‘chirish) jarayonlari

10.1 Qanday materiallar yarim o‘tkazgichlar deb hisoblanadi va nima uchun

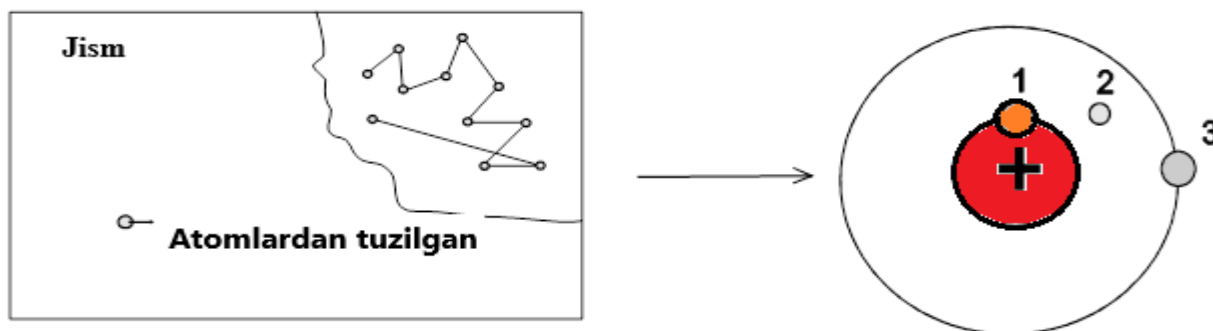
Yarimo‘tkazgich deb solishtirma o‘tkazuvchanligi metallardan katta, dielektriklardan kichik bo‘lgan jismlarga aytiladi. Har qanday jismni solishtirma o‘tkazuvchanlik xossasi, jismning ichki tuzilishini, ularni tarkibida (atomida) elektronlarni qanday joylashganiga(strukturasiga) bog‘liq bo‘ladi.

Yarimo‘tkazgichlar o‘tkazuvchanligi jihatidan metall va dielektriklar orasidagi moddalar bo‘lib, o‘z fizik xususiyatlarini turli tashqi ta’sirlar (masalan: yoritish, isitish va hokazo) natijasida keng intervalda o‘zgartira olish xususiyatiga ega. Yarimo‘tkazgichlar elektronika va mikroelektronikada juda keng qo‘llanilib, zamonaviy elektr jihozlarning deyarli hammasi - kompyuterlardan tortib to uyali aloqa telefonlarigacha barchasi yarimo‘tkazgichli texnologiyaga asoslangan. Eng keng qo‘llaniladigan yarimo‘tkazgich modda kremniy bo‘lib, boshqa moddalar ham keng qo‘llaniladi.

Yarimo‘tkazgichlar-elektr tokini yaxshi o‘tkazuvchi moddalar (o‘tkazgichlar, asosan, metallar) va elektr tokini amalda o‘tkazmaydigan moddalar (dielektriklar) orasidagi oraliq vaziyatni egallaydigan moddalar. Mendeleyev davriy sistemasida II, III, IV, V va VI guruhlarda joylashgan ko‘pchilik elementlar. Ularning bir qator birikmalari yarimo‘tkazgichlar jumlasiga kiradi. Yarimo‘tkazgichlarda ham metallardagi kabi elektr o‘tkazuvchanlik elektronlarning harakati tufayli yuzaga keladi. Biroq elektronlarning harakatlanish sharoitlari metallar va yarimo‘tkazgichlarda turlicha bo‘ladi. Yarimo‘tkazgich quyidagi asosiy xususiyatlarga ega: yarimo‘tkazgichning elektr o‘tkazuvchanligi harorat ko‘tarilishi bilan ortib boradi (masalan, harorat 1 K ga ortganda yarimo‘tkazgichning solishtirma o‘tkazuvchanligi 16-17 marta ortadi); yarimo‘tkazgichning elektr o‘tkazuvchanligida erkin elektronlardan tashqari atom bilan bog‘langan elektronlar ham ishtirok etadi (ba’zi hollarda bog‘langan elektronlar asosiy rol o‘ynaydi); sof yarimo‘tkazgichga oz miqdorda qo‘shilma

kiritib, uning o'tkazuvchanligini keskin o'zgartirish mumkin (masalan, 0,01% qo'shilma kiritilganda yarimo'tkazgichning o'tkazuvchanligi 10000 marta ortib ketadi). Tabiatda mavjud bo'lgan mikroskopik jismlar molekulalardan, molekular esa atomlardan tuzilgandir. (quyidagi rasimga qarang)

Atomlar yadrosi "musbat" zaryadlangan, yadroning atrofida elektron aylanib turadi, uning zaryadi "manfiy"dir. Yadro bilan elektronlar orasida tortishish kuchi doimiy o'zaro muvozanat holatida turadi.



- 1 Proton (musbat zarracha)**
- 2 Neytron (zaryadsiz)**
- 3 Elektron (manfiy zarracha)**

10.1–rasm. Tabiatda mavjud bo'lgan mikroskopik jismlar molekulalardan, molekular esa atomlardan tuzilganligi tasviri

$$F_{yadro} = F_e \dots \dots F_{yadro} = \frac{q_e q_n}{R^2} \dots \dots F_e = \frac{m_0 v_0^2}{2}$$

Atom yadrosi atrofida elektronlar ma'lum orbita bo'ylab harakatlanadi. Orbitadagi har bir elektron ma'lum energiyaga ega. Kimyoviy elementlarda elektronlarning orbitalar bo'ylab harakatlanishiga qarab, ular shartli ravishda **o'tkazgichlar, dielektriklar va yarimo'tkazgichlar**ga bo'linadi.

O'tkazgichlar	Dielektriklar	Yarimo'tkazgichlar
Jismda elektr zaryad-lari sirt bo'yicha erkin harakatlanishi, bunday jismlar o'tkazgichlar deb yuritiladi.	Jism atomida elektronlar yadro bilan mustahkam bog'langan bo'lsa, bunday jism dielektriklar (izolyatorlar) deyiladi.	O'tkazgich va dielektriklar orasidagi jismlar yarimo'tkazgichlar deyiladi.
O'tkazgichlarga metallarni hamma turi, elektrolitlar, tuzlar, kislotalar, ishqoriy eritmalar va qizdirilgan gazlar kiradi.	Dielektriklarga qaxrabo, ebonit, shisha, chinni, kauchuk, moylar, oltinugurt, slyuda, normal sharoitdagi gazlar kiradi.	Yarimo'tkazgichga kremniy, germaniy, tellur, metall oksidlari, sulfidlar va boshqa shu kabi xossalarga ega bo'lgan moddalar kiradi.

Yarimo'tkazgichli asboblarning elektr chizmalarda belgilanishi.

T/r.	Yarim o'tkazgich nomi	Chizmada belgilanishi
1	2	3
1	Yarim o'tkazgichli to'g'rilagich diodi	
2	Tunelli diodlar	
3	Teskarilangan diodlar	
4	Bir tomonlama o'tkazuvchan diodlar(stabiletron)	
5	Ikki tomonlama o'tkazuvchan diodlar(stabilitron)	
6	Varikap diodlar	
7	Diodli tiristorlar	
8	Anodi boshqariladigan tiristorlar	
9	Katodi boshqariladigan tiristorlar	
10	Anodi boshqariladigan va ochib yopiladigan tiristorli diodlar	
11	Katodi boshqariladigan va ochib yopiladigan tiristorli diodlar	
12	Nur sochuvchi diodlar	
13	Juft diodlar (optopora)	
14	Juft tiristorli diordlar	

Barcha ishlab chiqarilgan diodlar tashqi harorati 60-70°C bo'lganda ham nuqsonsiz va behato ishlayveradi.

10.2 Kovalent aloqalar(bog'lanishlar)

Kovalent bog'lanish - bu metall bo'lmagan elementlarning ikkita atomini birlashtirib, molekula hosil qiluvchi kuch. Ushbu birikmaning asosiy jihati shundaki, atomlar o'zaro bog'lanish natijasida hosil bo'lgan molekulaning barqarorligiga erishish uchun elektronlarning juftliklarini o'zlarining eng yuzaki qatlamidan (valentlik qatlami deb ataladi) bo'lishadi.

Elementlarning barqaror konfiguratsiyaga erishish tendentsiyasi **oktet qoidasi** deb nomlanadi(mazkur qoidaga binoan - atomlar tashqi qatlamida 8 ta elektron bo'lgunga qadar elektronlarni beradi yoki qabul qiladi) va bu kovalent bog'lanishlar va boshqa turdagi kimyoviy bog'lanishlarning (masalan, ionli) hosil bo'lishi uchun juda muhimdir.

Atomlarning elektronlarni jalb qilish qobiliyatiga qarab, kovalent bog'lanishlar **qutbli** va **qutbsiz** bo'lishi mumkin. Ular, shuningdek, qancha elektroni bo'lishiga qarab, bitta, ikki yoki uch marta bo'lishi mumkin.

Kovalent bog'lanishlarning xususiyatlari

- Kovalent aloqalar qutbsiz bo'lganda, ya'ni atomlarning elektr manfiyligi o'xshash bo'lganda barqarorroq bo'ladi.
- Ular faqat metall bo'lmagan elementlar (kislrorod (**O**), vodorod (**H**), azot (**N**) va boshqalar orasida hosil bo'ladi.
- Elektronlar har doim juft juft (to'rt elektron) yoki uch (oltita elektron) bog'lanishda bo'linadi.

Kovalent bog'lanishlarning xususiyatlari

Kovalent bog'lar bog'lanish atomlarining elektr manfiyligi va ular orasida taqsimlangan elektronlar soniga qarab tasniflanadi.

Molekula bir nechta atomlardan iborat. Agar ko'proq intensivlik bilan elektronlarni o'ziga tortadigan atom bo'lsa, molekulaning o'sha qismida elektronlarning katta konsentratsiyasi hosil bo'ladi. Ushbu hodisa qutblanish deb ataladi.

Molekulaning elektronlar konsentrlangan qismi qisman salbiy zaryadga ega, molekulaning boshqa mintaqasi esa musbat qisman zaryadga ega.

Shu sababli, bog'lanishning bu turi "qutbli" deb nomlanadi, chunki u yerda molekulani tashkil etuvchi elektronlarning notekis qutblanishi yoki taqsimlanishi mavjud.

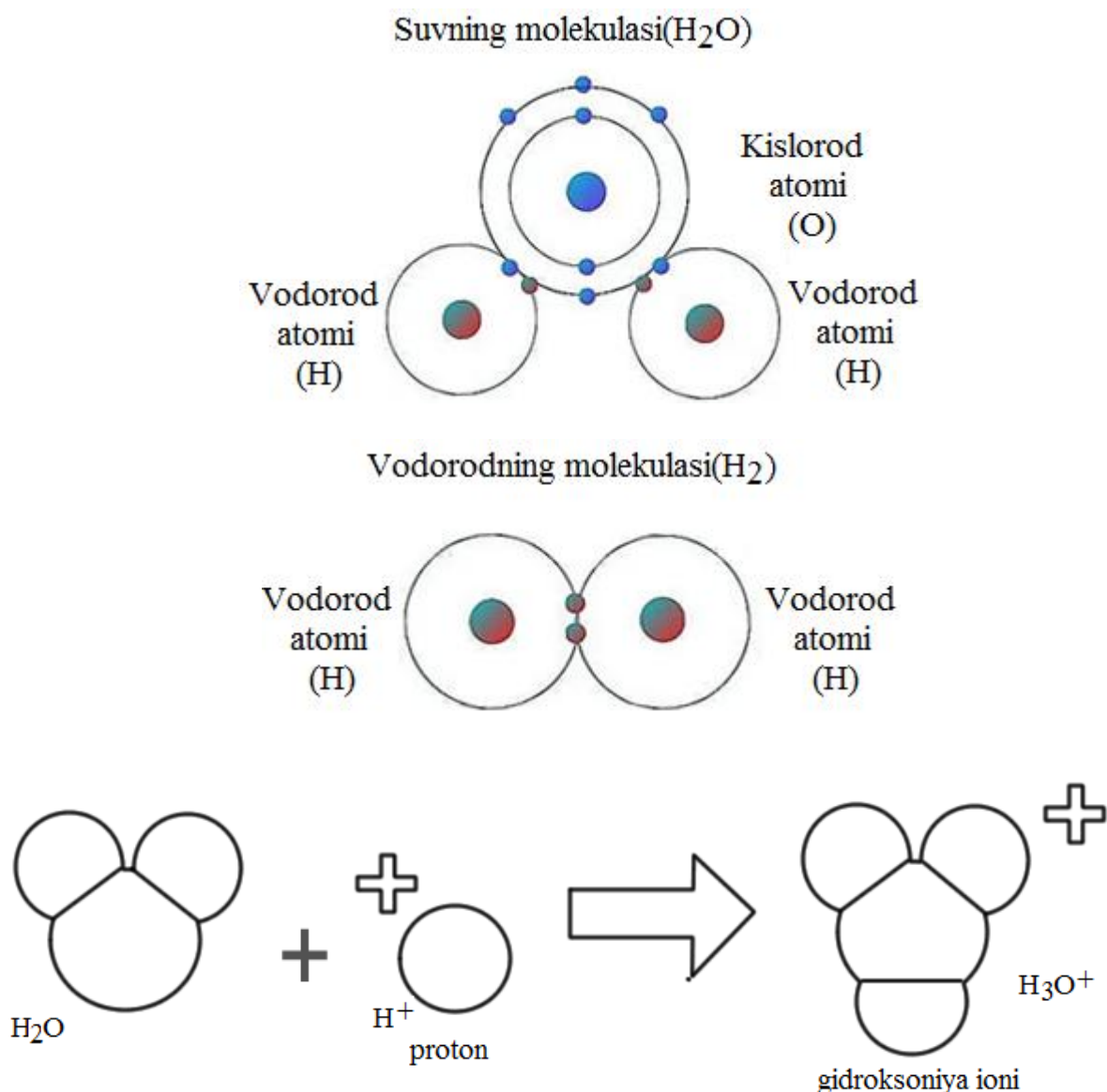
Suv molekulasida (H_2O), kislrorod atomi eng yuqori qutblanuvchidir, shuning uchun u elektronlarni vodoroddan tortib oladi.

Qutbsiz kovalent bog‘lanish

Bu bir xil yoki juda o‘xshash elektromanfiylikka ega bo‘lgan atomlar o‘rtasida juft juft elektronlar bo‘lishganda paydo bo‘ladi. Bu elektronlarning teng taqsimlanishiga yordam beradi. Ikki vodorod atomidan tashkil topgan vodorod molekulasida (H₂) qutbsiz kovalent bog‘lanishning misoli.

Kovalent boglanishning koeffitsienti

Ushbu turdagi bog‘lanish ushbu nomni oladi, chunki bog‘lanishdagi atomlardan faqat bittasi o‘z elektronlarini qo‘shadi. Ushbu atom deyish, elektronlarni qabul qiladigan atom esa retseptorlar atomi deb ataladi. Grafik jihatdan u o‘q bilan aniqlanadi.



10.2–rasm. Vodorodli molekular tasviri

Vodorod ioni yoki gidroniy ioni molekulasida (H₃O)⁺, kislorod vodorod ioniga (proton) bir juft elektronni qo‘shadi.

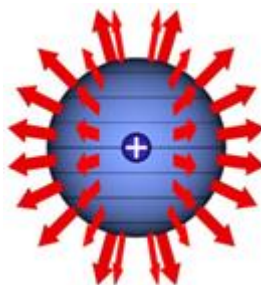
$T=0$ da oxirgi to'ldirilgan energetik zona "valentlik zonasi" deb, keyingi bo'sh zonani esa "o'tkazuvchanlik zonasi" deb yuritiladi. To'ldirilgan zona "valentlik zona" faqatgina absolyut nol haroratda elektronlar bilan to'lgan bo'lib, "o'tkazuvchanlik zonasi" esa butunlay bo'sh bo'ladi. Yuqori haroratlarda esa valentlik zonasida elektronlar bilan band qilinmagan energetik sathlar, "o'tkazuvchanlik zonasida" esa band qilingan energetik sathlar mavjud bo'ladi (yuqoridagi rasm). Bundan ko'rinadiki, harorat pasayib borishi bilan yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi kamayib, "izolyatorga" yaqinlashib boradi. Absolyut nol haroratga yaqinlashib borsa yarim o'tkazgich izolyatorlik xossaga aylanib boradi.

10.4 Elektr zaryadlari - elektronlar va g'ovaklar(teshiklar)

Elektr razryadi - elektrlangan jismlarning tashqi ta'sir natijasida zaryad yo'qotishi. Akkumulyatorlar va boshqalar kimyoviy elektr manbalarida, kondensatorlarda turli ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan o'tkazgichlar o'zaro ta'sirlashganda sodir bo'ladi. Elektr razryadi gaz, vakuum va dielektrlarda ham ro'y beradi. Gazdan tok o'tishi gaz razryadi deb ataladi. Gaz razryadning mustaqil va nomustaqil turlari mavjud. Gazning o'tkazuvchanligi ionizatorga bog'liq bo'lsa, nomustaqil, tashqi ta'sirsiz gazdan tok o'tsa, mustaqil razryad bo'ladi. Gazlarning xossa va holatlariga, elektrodning materiali, shakli, o'lchamlari va o'zaro joylashishiga, elektrodlardagi kuchlanish kattaligiga bog'liq ravishda mustaqil razryadning miltillama razryad, yoy razryad, toj razryad, uchqun razryad, yashin kabi turlari kuzatiladi. Miltillama razryad gazda past bosimlarda kuzatiladi. Bunda elektrodlar orasidagi masofa 30-50 sm, elektrodlardagi kuchlanish o'zgarmas va bir necha yuz voltga teng bo'ladi. Nurlanishning rangi nay ichiga to'ldirilgan gaz turiga bog'liq. Bu xildagi razryad kunduzgi yorug'lik lampalarida, gaz razryadli naylar dekoratsiya maqsadlarida yoki reklama yozuvlarida ishlatiladi. Yuqori chastotali o'zgaruvchan elektr maydon ta'sirida yuqori chastotali gaz razryad paydo bo'ladi. Yuqori chastotali razryaddan spektroskopiyada yorug'lik manbai sifatida, texnikada tok yo'nalishini o'zgartirish, o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish bilan bog'liq bo'lgan ishlar va boshqalarda foydalaniladi. Toj razryad bir jinsli bo'lmagan elektr maydoni bo'lgan gazda elektrodlar o'tkir qismlarining yaqinida binafsha rangdagi nurlanish tarzida paydo bo'ladi. Toj razryad yuqori kuchlanishli simlar yaqinida, daraxtlarning o'tkir uchlari va boshqalarda hosil bo'ladi. Yashin qaytargichlarning ishi toj razryadga asoslangan. Atmosferada momoqaldir bo'lgan vaqtda hosil bo'ladigan kuchli elektr maydon yashin qaytargichning uchida toj razryadni vujudga keltiradi. Bu razryad zaryadlarning bino oldida to'planishiga yo'l qo'ymay, ularni yerga o'tkazib turadi va binoga yashin tushishidan saqlaydi. Uchqun razryad normal yoki yuqori bosim

sharoitida elektrodlar orasidagi elektr maydon kuchlanganligi juda katta bo'lganda (3000000 N/Kl) havoda vujudga keladi. Uchqun razryaddan uchqun razryadlagichlarda, ichki yonuv dvigatelida yonilg'ich aralashmasini o't oldirishda, metall sirtini erroziyadan tozalash, metallarda teshik hosil qilish uchun va boshqalar maqsadlarda foydalaniladi.

Jun matoga ishqalangan qaxrabo tayyoqcha yengil narsalarni tortishi qadimdan ma'lum. Ingliz shifokori Jilbert (XV asrning oxiri) ishqalashdan keyin yengil narsalarni torta olish xususiyatiga ega bo'lgan jismlarni elektrlangan (yunoncha qaxrabolangan) deb ataldi va elektr so'zi qo'llanila boshladi. Tabiatdagi moddalarning turli-tumanligiga qaramasdan faqat ikki xilgina, qaramaqarshi ishorali elektr zaryadlari mavjud. Amerikalik fizik R. Milliken (1868-1953) tajribalar yordamida elektr zaryadi elementar elektr zaryadi ($e = -1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$) ga karrali ekanligini aniqladi.



10.5–rasm. Alohida joylashgan musbat zaryadning kuch chiziqlari

Juda ko'plab, jumladan, o'z tajribalari asosida ingliz fizigi M. Faradey 1843-yilda tabiatning fundamental qonunlaridan biri elektr zaryadining saqlanish qonunini ta'rifladi: Istatilgan yopiq sistemada, sistema ichida qanday jarayonlar ro'y berishidan qat'i nazar, elektr zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi: $q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$. Bu yerda n – sistemadagi zaryadlar soni.

Yopiq sistema deb tashqi jismlar bilan zaryad almashmaydigan sistemaga aytiladi. Elektr zaryadi paydo ham bo'lmaydi, yo'qolmaydi ham, u faqat bir jismdan ikkinchisiga uzatiladi yoki shu sistema ichida qayta taqsimlanadi.

Elektr zaryadi-relativistik invariant kattalik bo'lib, uning miqdori qanday sanoq sistemasida qaralayotganligiga, zaryadning harakatda yoki tinch turganligiga mutlaqo bog'liq emas. Elektr zaryadining SI dagi birligi hosilaviy kattalik bo'lib, 1 kulon (kl) deb kiritilgan.

Elektron-manfiy zaryadlangan barqaror [elementar zarracha](#). Barcha moddalarning [atomlaridagi elektron qobiqlar](#) elektronlardan tashkil topgan. Elektron zaryadi elementar, deb qabul qilinadi va u $-1,6021892(46) \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ ga teng.

Elektron (elektro...)-fizika fanida birinchi kashf qilingan, eng kichik elektr zaryadga ega bo'lgan elementar zarra. Elektronni 1897-yilda ingliz fizigi J. J. Tomson kashf etgan. Elektron har qanday atom tarkibidagi manfiy zarralardan iborat. Neytral atomda Elektronlar soni yadrodag [protonlar](#) soniga teng .

10.5 p va n tip(tur)dagi o'tkazuvchanlik

Ma'lumki yarimo'tkazgichlar tabiatining o'zi harakatlanayotgan elektronlar va teshiklar o'zaro munosabati bilan tavsiflanadi. Elektr o'tkazuvchanlik " δ " harfi bilan belgilanadi va quyidagicha yoziladi.

$$\delta = eu_n \cdot n + eu_p \cdot p$$

Xususan yario'tkazgichlar $n = p = n_i$ teng bo'lib, yarim o'tkazgich uchun elektr o'tkazuvchanlik

$$\delta = (u_n + u_p) \cdot en_i$$

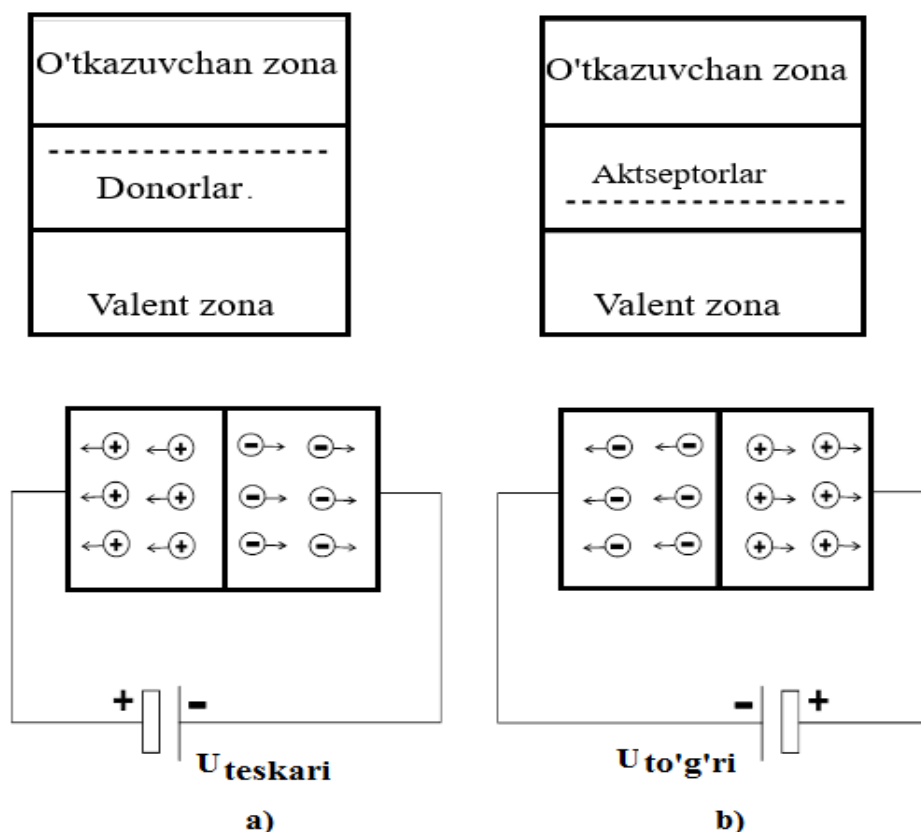
Aniqrog'i elektr o'tkazuvchanlik ko'p omillarga bog'liqdir.

Agar germaniy kristaliga besh valentli surma brikmasi kiritilsa u holda valent elektronlardan biri kovalent bog'lanishga ega bo'lmay erkin holda qoladi. Natijada germaniy "dielektrik" yarimo'tkazgichga aylanadi. Kristall holdagi dielektrikka kiritilganda unda erkin elektron hosil qiladigan birikmasi "donor" deb ataladi. Donor birikmali yarimo'tkazgich esa " n " tipli yarim o'tkazgich deyiladi. Agar germaniy kristaliga uch valentli "indiy" birikmasi kiritilsa, u holda "indiy" atomi o'zidagi "valent" elektronlar bilan uch juft "kovalent" bog'lanish hosil qiladi. Bunda to'rtinchi juft "kovalent" bog'lanishga yetishmagan bitta valent elektronni "indiy" atomi qo'shni "germaniy" atomidan tortib oladi. Germaniy atomidagi valent elektrondan bo'shab qolgan joy "teshik" deyiladi. Bu teshikni musbat zaryadli erkin zarra deb qarash mumkin. Demak, tashqi elektr maydoni ta'sirida teshiklar maydon tomon siljishi mumkin. Mana shu teshiklar hisobiga germaniy kristali yana yarim o'tkazgichga aylanib qoladi. Teshik o'tkazuvchanlikni hosil qiladigan aralashma "akseptor" deb ataladi.

Bunday aralashmali yarim o'tkazgich " p " tipdagi yarim o'tkazgich deyiladi. Endi germaniy kristalining bir tomoniga "donor"li va ikkinchi tomoniga "akseptor"li birikmalar kiritilsa, u holda " p "- yarim o'tkazgichga teshiklarning va " n "- yarim o'tkazgichda elektronlarning ko'plab yo'nalishi tufayli " p "- qismdan " n "- qismga elektronlar esa teskari tomonga diffuziyasi vujudga keladi. Shu sabali " p " va " n " orasida bir-biriga tegib turgan joyida "teshik" va "elektron"lardan iborat "yupqa" qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlam hosil bo'lgandan keyin "diffuziya" jarayoni to'xtaydi. Hosil bo'lgan qatlam $p-n$ o'tish deyiladi.

Teskari kuchlanish $U_{teskari}$ katta bo'lsa ham to'siqdan o'tadigan tok qiymati kam bo'ladi. Quyidagi rasmning a-ko'rinishda. Agar rasmda b-tartibda ulasak,

teshik va elektronlar bir-biriga qarab yoʻnalgan boʻladi. Natijada toʻsiqni (barerni) qarshiligi keskin kamayib, aralashmali oʻtkazuvchanlik esa ortadi. Bunday ulanish toʻgʻri ulash deb yuritiladi. Toʻgʻri kuchlanish $U_{\text{to'g'ri}}$ qiymati kam boʻlsa ham bunday ulanganda koʻp tok oʻtishi mumkin. Demak, bunday *p-n* oʻtishli yarim oʻtkazgichdan toʻgʻrilagich sifatida foydalansa boʻladi. Ana shu toʻgʻrilagichlarni vazifasi oʻzgaruvchan tokni oʻzgarmas tokka aylantirib berishidan iboratdir.



10.6–rasm. *p-n* oʻtishli yarim oʻtkazgich tasvirlari

10.6 Xususiy va aralashmali oʻtkazuvchanlik

Maʼlumki, tabiatda ideal toza kristall uchramaydi. Kristallarda boshqa elementlarning atomlari, kristall panjaradagi boʻsh joy, biror atomning nooʻrin turishi va atomlarning oʻz muvozanati atrofida tebranishi hamma vaqt mavjuddir. Baʼzan kristall panjarada atomlar joylashishi tartibining buzilishi chiziqli va hatto hajmiy boʻlishi ham mumkin. Kristall panjaraning bu kabi nuqsoni dislokatsiya deyiladi.

Amalda, hozirgi kunda, elektronika sohasida sof kristallarning oʻzidan foydalanilmaydi. Kristall qanday maqsadda ishlatilishiga bogʻliq ravishda u yoki bu element atomlari kerakli miqdorda kiritiladi (aralashtiriladi). Aralashmalar kristall panjarada asosiy atomlar oʻrnini egallashi yoki atomlar orasiga *n* joylashib olishi mumkin.

Tushunish oson bo'lishi uchun kremniy kristalini olaylik. Kristall panjarada kremniy elementining bir dona atomi o'rnini V guruh elementlaridan birining atomi, masalan, fosfor atomi egallasin. Fosfor besh valentli bo'lgani uchun o'z atrofidagi to'rtta kremniy atomi bilan bog'lanishga kiradi va yagona elektroni ortib qoladi. Bog'lanishda ishtirok etmagan elektron fosfor atomini osonlikcha tashlab chiqib ketadi. Bunday aralashmalar *donorlar* deyiladi. Donor atomiga mos keluvchi E_d sath *donor sath* deyiladi. Uy haroratidan yuqori haroratlarda *donor* atomlarining deyarli hammasi ionlashgan bo'ladi. Demak, ularning bittadan elektroni o'z atomini tashlab chiqib ketib, kristall panjarada erkin elektronlar kabi harakat qiladi va ularning qoldirgan bo'sh o'rni harakatsiz musbat ion bo'lib, elektr o'tkazuvchanlikda ishtirok eta olmaydi. Chunki aralashma atomlari orasidagi masofa juda ham katta bo'lib, teshikning bir atomdan ikkinchi atomga sakrab o'tishi juda qiyin.

10.7 Yarimo'tkazgichlarda zaryad o'tkazish(ko'chirish) jarayonlari

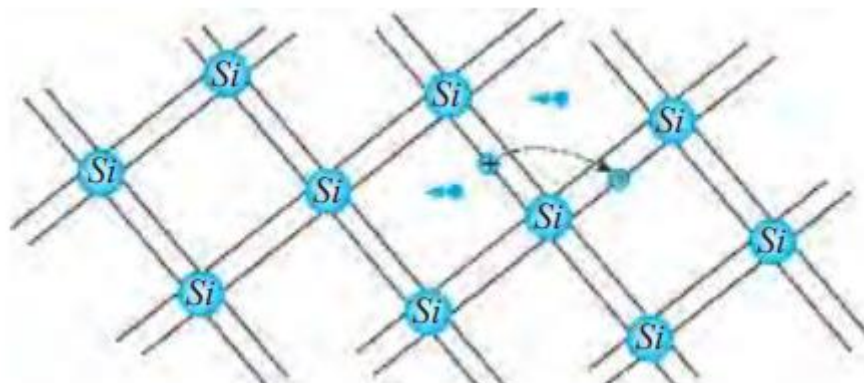
Tabiatda shunday moddalar borki, ularning birlik hajmda elektronlar soni o'tkazgichlarga nisbatan kam, lekin izolyator (dielektrik)larga nisbatan ko'p. Shu sababli bunday moddalarni yarimo'tkazgichlar deb ataldi. Yarimo'tkazgich moddalarda harorat ortishi bilan ularning solishtirma qarshiligi kamayadi. Juda past haroratlarda yarimo'tkazgich modda dielektrik bo'lib qoladi. Metallarga yorug'lik ta'sir etganda ularning elektr o'tkazuvchanligi deyarli o'zgarmaydi. Yarimo'tkazgichga yorug'lik tushirilganda ularning elektr o'tkazuvchanligi ortadi. Shunday qilib, yarimo'tkazgichlarning asosiy farqli tomonlari quyidagilardan iborat:

a) elektr o'tkazish qobiliyatiga ko'ra metallar bilan dielektriklarning oraliq holatini egallaydi;

b) isitilganda va yorug'lik tushirilganda solishtirma qarshiligi kamayadi. Yarimo'tkazgich xususiyatiga ega bo'lgan elementlarga germaniy, kremniy, tellur, selen va h.k.lar kiradi. Sizga kimyo fanidan ma'lumki, kimyoviy elementlar atom tuzilishi va xususiyatiga ko'ra, D. I. Mendeleevning davriy jadvalida yarimo'tkazgich elementlar asosan III, IV va V guruhlarda joylashgan. Yarimo'tkazgichlarning tuzilishi. Xususiy o'tkazuvchanlik yarimo'tkazgichlarda elektr tokining tabiatini tushunish uchun, ularning tuzilishini bilish kerak. Buning uchun tarkibida hech qanday chet moddalar bo'lmagan toza kremniy kristalini qaraylik. Siz 9-sinfda atom tuzilishi bilan tanishgansiz. Unda atomda elektronlar qobiq-qobiq bo'lib joylashishini ham bilib olgansiz. Kremniy atomida elektronlar qavatlar bo'yicha joylashganda uning eng tashqi qobig'ida to'rtta elektroni joylashadi. Qo'shni atomlar bir-birini shu elektronlar vositasida tutib turadi. Har bir atom qo'shni atom bilan o'zining bitta elektroni orqali bog'lanadi. Natijada ikkita atom o'zaro ikkita elektron orqali bog'lanadi. Bunday bog'lanishni kovalent

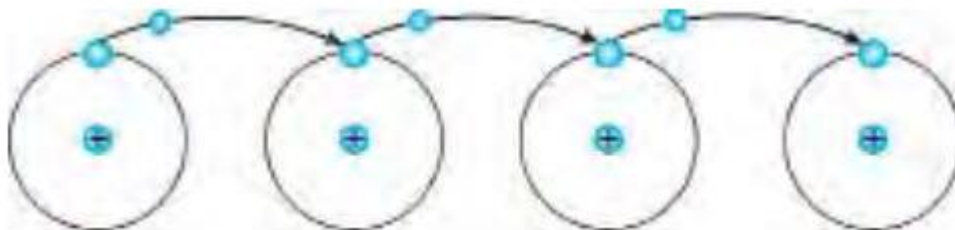
bog‘lanish deyiladi. Kovalent bog‘lanishda qatnashayotgan elektronlarni valent elektronlar deb ham yuritiladi. Demak, valent elektronlar butun kristall atomlariga tegishli bo‘ladi.

Elektron o‘tkazuvchanlik. Past haroratlarda juft elektronlar hosil qilgan bog‘lanish kuchli bo‘lib, uzilmaydi. Shu sababli past haroratlarda kremniy elektr tokini o‘tkazmaydi. Harorat ko‘tarilganda valent elektronlarning kinetik energiyasi ortadi. Ayrim bog‘lanishlar uzila boshlaydi. Ulardan ayrimlari borib-kelib, yurgan yo‘lidan chiqib, metalldagi kabi erkin elektronga aylanadi. Mazkur elektronlar elektr maydoni ta‘sirida yarimo‘tkazgich bo‘ylab ko‘chadi va elektr tokini hosil qiladi. Erkin elektronlarning ko‘chishi tufayli yarimo‘tkazgichda tok hosil bo‘lishiga elektron o‘tkazuvchanlik yoki qisqacha n -turdagi o‘tkazuvchanlik (lotin. negativus – manfiy) deyiladi. Teshikli o‘tkazuvchanlik. Kovalent bog‘lanishda qatnashgan elektron chiqib ketgan joyda teshik hosil bo‘ladi. Neytral atomdan manfiy zaryadli elektron chiqib ketgan joy musbat zaryadga ega bo‘ladi.



10.7–rasm. Teshikli o‘tkazuvchanlik hosil bo‘lish tasviri

Bo‘sh teshikni kovalent bog‘lanishdagi boshqa elektron kelib berkitadi. Lekin endi teshik boshqa joyda paydo bo‘ladi. Shunday qilib, elektronning bir joydan ikkinchi joyga ko‘chishida, teshiklarning ham nisbatan ko‘chishi ro‘y beradi.



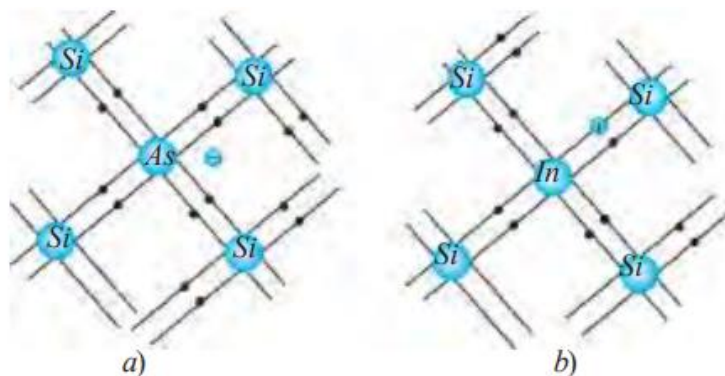
10.8–rasm. Elektronli o‘tkazuvchanlik

Elektr maydoni bo‘lmaganda elektronlarning va shunga mos teshiklarning ko‘chishi tartibsiz bo‘ladi. Elektr maydoni qo‘yilganda erkin elektronlar bir tomonga, teshiklar ikkinchi tomonga ko‘chadi. Xuddi shunday yarim o‘tkazgich boshida hosil bo‘lgan teshikka qo‘shni atomdan elektronning sakrab o‘tishida

musbat zaryadli teshik o'tkazgichning oxiri tomon siljiydi. Bunday o'tkazuvchanlikni yarimo'tkazgichlarning teshikli o'tkazuvchanligi yoki qisqacha *p*-turdagi o'tkazuvchanlik (lotin. positivus – musbat) deyiladi

Shunday qilib, sof (hech qanday aralashmalarsiz) yarimo'tkazgichlarda erkin elektronlarning harakati bilan bog'liq elektron o'tkazuvchanlik, teshiklar harakati bilan bog'liq teshikli o'tkazuvchanlik bo'ladi. Aralashmalarsiz, sof yarimo'tkazgichdagi o'tkazuvchanlikni xususiy o'tkazuvchanlik deyiladi. Bunda mazkur moddadagi elektron va teshikli o'tkazuvchanlik deyarli teng bo'ladi

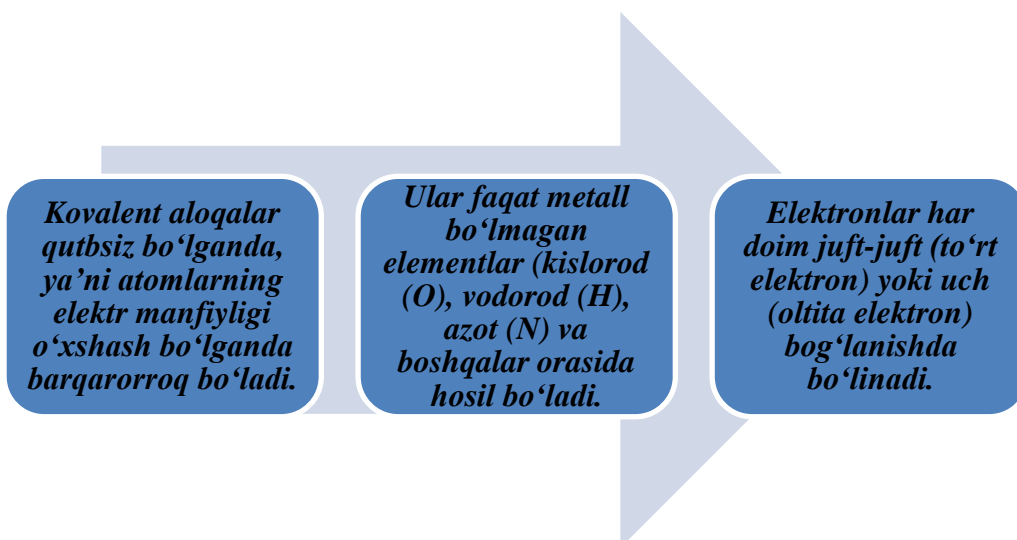
Sof yarimo'tkazgichlarda erkin elektronlar va teshiklar soni kam bo'lganligidan elektr o'tkazish qobiliyati kichik bo'ladi. Aralashmali yarimo'tkazgichlar: donorli aralashmalar. Endi sof yarimo'tkazgichli kremniyga ozgina aralashma kiritaylik. Dastlab kremniy atomlari orasiga besh valentli mishyak (As) kiritaylik. Bunda kremniyning to'rtta kovalent bog'lanish hosil qiluvchi elektroni o'rnini mishyakning to'rtta elektroni egallaydi. Mishyakning



10.9–rasm. Sof yarimo'tkazgichli kremniyga ozgina V va III valentli aralashmani kiritib (a) elektronlar hamda (b) teshiklar hosil qilish

beshinchi elektroni bo'sh qolib, erkin elektronga aylanadi.

Natijada erkin elektronlar soni teshiklar sonidan ortiq bo'ladi. Yarimo'tkazgichning solishtirma qarshiligi keskin kamayadi. Bunda qo'shilgan mishyak atomlarining soni yarimo'tkazgich atomlari sonining o'n milliondan bir qismini tashkil etganda, erkin elektronlarning konsentratsiyasi (1 sm^3 ga to'g'ri kelgan elektronlar soni) sof yarimo'tkazgichnikiga nisbatan ming barobar katta bo'ladi. Qo'shilganda osongina elektronini beradigan aralashmalarni donorli aralashmalar deyiladi. Donorli aralashmalarda asosiy tok tashuvchi zarralar elektronlar bo'lganligi uchun, ularni *n*-turdagi yarimo'tkazgichlar deyiladi. Teshiklar bunday yarimo'tkazgichlarda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarga kiradi.



10.10–rasm. Kovalent bog'lanishlarning xususiyatlari

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Yarimo'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi haroratga qanday bog'langan?
2. O'tkazgichlar, dielektriklar va yarimo'tkazgichlarning bir-biridan farqi nimada ?
3. Kovalent bog'lanishlarning xususiyatlari nima?
4. Kovalent bog'lanishlarning turlarini qaysilar?
5. Valentlik elektronlari nima?
6. O'tkazuvchanlik zonasi nima?
7. Gazdan tok o'tish xodisasini tushuntiring?
8. Zaryatlarning kuch chiziqlarini tushuntiring?
9. Donor birikmali yarimo'tkazgich tushunchasi nima?
10. "Akseptor" nima?
11. Xususiy va aralashmali o'tkazuvchanlik nima?

11 -bob O'tish va uning xususiyatlarini yaratish

11.1 Elektron-g'ovakcha(teshikcha) o'tish tushunchasi

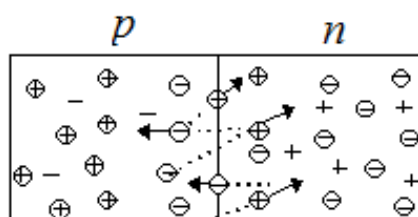
11.2 Kuchlanishni to'g'ri va teskari $p-n$ o'tishni ulash

11.3 Volt-amper tavsiflari

11.4 Teshilish turlari

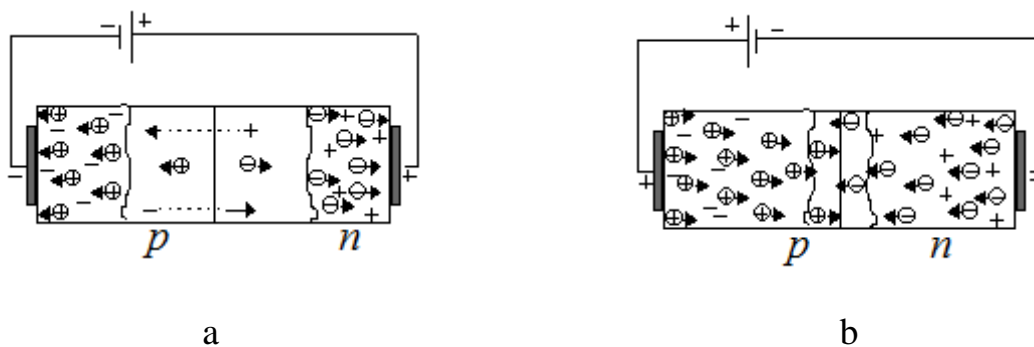
11.1 Elektron-g'ovakcha(teshikcha) o'tish tushunchasi

Yarimo'tkazgichni bir tomonini akseptorli aralashma bilan ikkinchi tomonini esa-donorli aralashma bilan legirlashganda, maxsus xususiyatlariga ega bo'lgan yupqa o'tish qatlami paydo bo'ladi. Bu qatlamda, diffuziya tufayli zaryad tashuvchilari konsentratsiya katta bo'lgan joydan konsentratsiyasi kam bo'lgan joyga xarakatlanadi. Shunday qilib, p -tipdagi qatlamdan n -qatlamga teshiklar diffuziya orqali o'tadi n -tipidagi qatlamdan p -tipidagi qatlamga elektronlar diffuziya orqali o'tadi. Bunda ular qo'shni xududlardagi teskari belgili asosiy zaryad tashuvchilar bilan birlashadi – rekombisiyalashadi. Bunday holatda o'tish qatlamining chegarasida harakatlanuvchi asosiy zaryad tashuvchilardan kamayib ketgan va $n-p$ - o'tish katta qarshilikka ega bo'lgan soha paydo bo'ladi. Chegara qatlamining ikkala tomonida qolgan turg'un ionlar, o'lchamlari bo'yicha bir xil, ammo belgisi bo'yicha har xil hajmiy zaryadlarni yaratadi: n -qatlamida - manfiy, p -qatlamida esa – musbat. Bu qo'sh elektr qatlami elektr maydonini yaratib, keyinchalik zaryad tashuvchilarni o'tishi to'siladi va muvozanat holati paydo bo'ladi (11.1-rasm).



11.1–rasm. Tashqi kuchlanish bo'lmaganidagi $p-n$ o'tish

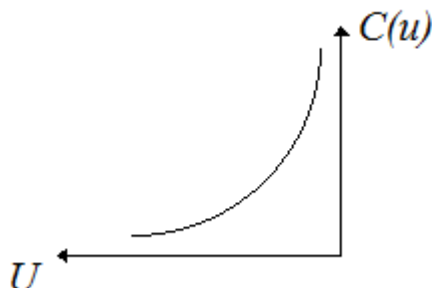
n -o'tkazuvchanlik xududiga tok manbaini manfiy qutibi, p -o'tkazuvchanlik xududiga esa – tok manbaini musbati ulanganda, maydon hosil bo'ladi, uning ta'sirida elektronlar ichkariga otiladi (11.2-rasm), bu yerda – a-teskari kuchlanish va b-to'g'ri kuchlanish qo'yilgan holat deyiladi.



11.2–rasm. O‘tishning ish tamoyili: a – teskari kuchlanish; b – to‘g‘ri kuchlanish

n-p-o‘tish sohasi kattalashadi, uning qarshiligi oshadi va yarim o‘tkazuvchi diod zanjirida elektr toki amalda bo‘lmaydi. Biroq juda kam miqdordagi asosiy bo‘lmagan zaryad tashuv chilarning *p*-hududidan va *n*-hududidan, katta tezlikka ega bo‘lganlari *p-p* - o‘tishni sakrab o‘tadi va zanjirda juda kam miqdorda tok oqadi, bu teskari tok deb ataladi.

Qo‘sh elektr qatlami kondensatorga o‘xshab, dielektrik o‘rnini, katta qarshilikka ega bo‘lgan yopuvchi qatlam(barer) o‘ynaydi. Bunda hosil bo‘ladigan *n-p* o‘tish sig‘imi to‘siqli nomi bilan yuritiladi va teskari yopuvchi kuchlanishga nohiziqli bog‘langan bo‘lar ekan. Teskari kuchlanish oshishi bilan yopuvchi qatlam(barer) qalinligi oshib boradi, sig‘im esa kamayadi (11.3-rasm)



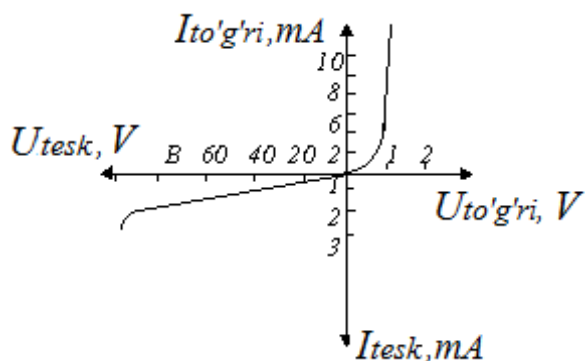
11.3–rasm. Yopuvchi qatlam(barer) sig‘imining teskari kuchlanishga bog‘liqligi

Diodga ulangan manba qutibi o‘zgarganida *p*-hududidagi teshiklar bir bировiga yaqinlashadi va yarim o‘tkazgichlar chegarasiga siljiydi. *n-p* o‘tish torayadi, uning qarshiligi keskin kamayadi va katta miqdordagi elektronlarni *p*-hududidan *n*-xududiga, demak, teshiklarni qarama-qarshi yo‘nalishga o‘tishi uchun sharoit yaratiladi. Yarim o‘tkazgichli diodning bunday ulanganida zanjirda to‘g‘ri tok deb nomlanuvchi, ancha katta elektr toki hosil bo‘ladi.

Yarim o‘tkazgichlarda to‘g‘ri tokning kuchi ularga berilgan kuchlanish miqdoriga nozichiziqli bog‘langan. O‘tkazuvchanlikni har xil belgisi bo‘yicha ikki yarim o‘tkazgichlar chegarasida bo‘lib o‘tayotgan jarayonni ta‘rifidan kelib

chiqadiki, ular ham elektron lampali diodga o'xshab bir tomonlama o'tazuvchanlikka ega. Demak, yarim o'tkazgichlarga to'g'ri kuchlanish bilan yaratiladigan elektr maydoni yo'naltirilganda, doid tokni o'tkazadi va uning qarshiligi kam, bu maydonni teskari yo'naltirilganda esa diodni qarshiligi juda katta bo'lib, uning zanjiridagi tok esa juda kam bo'ladi.

11.4-rasmda kremniy diodning tipik nochiqli tavsifi ko'rsatilgan. Uning volt-amper tavsifi $I=I_0(e^{u/\phi}-1)$ nisbati bilan ta'riflanadi, bu yerda, I_0 — $p-n$ o'tishni teskari toki, u – berilgan kuchlanish, ϕ -haroratli potensial, 300 K bo'lganda 26 mV ga teng. Yaxshi ko'rinishi uchun to'g'ri tokning egri chizig'i (chizmani o'ng qismi) va teskari tokning egri chizig'i (chizmani chap qismi) xar hil masshtablarda qurilgan. Yarim o'tkazgichni metall bilan kontakti-Shottki diodlari ham o'xshash xususiyatlarga ega.



11.4–rasm. Germaniyli diodning tavsifi

Germaniyli diodning to'g'ri yo'nalishda kuchlanish tushishi 0,5 V ga yaqin bo'ladi.

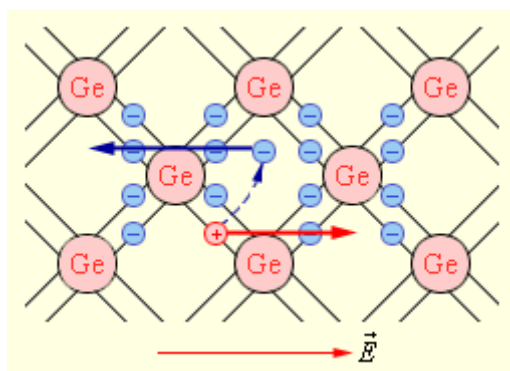
11.2 Kuchlanishni to'g'ri va teskari $p-n$ o'tishni ulash

Yarimo'tkazgichlarda aralashmalarsiz elektr toki amalga oshiriladi.

Yarimo'tkazgichlar elektr tokining o'tkazgichlari va o'tkazmaydiganlari o'rtasida elektr o'tkazuvchanligida oraliq o'rinni egallaydi. Yarimo'tkazgichlar guruhiga o'tkazgichlar va o'tkazmaydiganlar guruhlariga qaraganda ko'proq moddalar kiradi. Topilgan yarimo'tkazgichlarning eng xarakterli vakillari amaliy foydalanish texnologiyada germaniy, kremniy, selen, tellur, mishyak, mis oksidi va juda ko'p miqdordagi qotishmalar va kimyoviy birikmalar. Deyarli hammasi emas organik moddalar Atrofimizdagi dunyo yarim o'tkazgichlardir. *Tabiatda eng keng tarqalgan yarimo'tkazgich kremniy bo'lib, u yer qobig'ining taxminan 30% ni tashkil qiladi.*

Yarimo'tkazgichlar va metallar o'rtasidagi sifat farqi birinchi navbatda qaramlikda namoyon bo'ladi. Haroratning pasayishi bilan metallarning qarshiligi pasayadi. Yarimo'tkazgichlarda, aksincha, haroratning pasayishi bilan qarshilik kuchayadi va mutlaq nolga yaqin ular amalda izolyatorga aylanadi.

Yarimo‘tkazgichlarda erkin zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi harorat oshishi bilan ortadi. Yarimo‘tkazgichlarda elektr tokining mexanizmini gaz modeli doirasida tushuntirib bo‘lmaydi.



11.5–rasm. Erkin elektronlar

Germaniy atomlarining tashqi qobig‘ida to‘rtta erkin bog‘langan elektron mavjud. Ular valent elektronlar deb ataladi. Kristall panjarada har bir atom eng yaqin to‘rtta qo‘shni bilan o‘ralgan. Germaniy kristalidagi atomlar orasidagi bog‘lanish kovalentdir, ya‘ni u juft valent elektronlar orqali amalga oshiriladi. Har bir valentlik elektron ikkita atomga tegishli. Germaniy kristalidagi valentlik elektronlari metallarga qaraganda atomlar bilan ancha kuchli bog‘langan; shuning uchun o‘tkazuvchanlik elektronlarining konsentratsiyasida xona harorati yarimo‘tkazgichlarda metallarga qaraganda ko‘p marta kichikroqdir. Germaniy kristalida mutlaq nolga yaqin haroratda barcha elektronlar bog‘lanish hosil bo‘lishi bilan shug‘ullanadi. Bunday kristall elektr tokini o‘tkazmaydi.

Harorat ko‘tarilgach, valent elektronlarning bir qismi kovalent bog‘lanishni buzish uchun yetarli energiya olishi mumkin. Keyin kristalda erkin elektronlar (o‘tkazuvchan elektronlar) paydo bo‘ladi. Shu bilan birga, bog‘lanishning uzilish joylarida elektronlar bilan band bo‘lmagan bo‘sh joylar hosil bo‘ladi. Ushbu bo‘sh joylar o‘rinlari “teshiklar” deb ataladi.

Berilgan yarimo‘tkazgich haroratida vaqt birligida ma‘lum miqdordagi elektron-teshik juftlari hosil bo‘ladi. Shu bilan birga, teskari jarayon davom etmoqda - erkin elektron teshikka duch kelganida, germaniy atomlari orasidagi elektron aloqa tiklanadi. Bu jarayon rekombinatsiya deb ataladi. Elektromagnit nurlanish energiyasi tufayli yarimo‘tkazgich yoritilganda ham elektron-teshik juftlari hosil bo‘lishi mumkin.

Agar yarimo‘tkazgich o‘rnatilgan bo‘lsa elektr maydoni, keyin tartibli harakatda nafaqat erkin elektronlar, balki musbat zaryadlangan zarralar kabi o‘zini tutadigan teshiklar ham ishtirok etadi. Shuning uchun yarimo‘tkazgichdagi I tok elektron I_n va teshik I_p oqimlarining yig‘indisiga teng: $I = I_n + I_p$.

Yarimo‘tkazgichdagi o‘tkazuvchanlik elektronlarining konsentratsiyasi teshiklarning konsentratsiyasiga teng: $n = p$. O‘tkazuvchanlikning elektron-

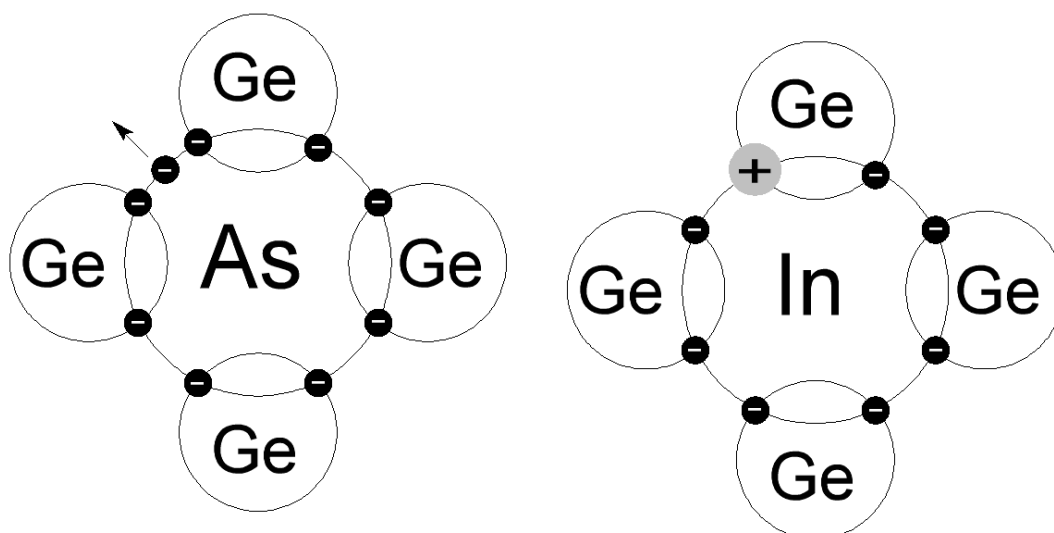
teshik mexanizmi faqat toza (ya'ni, aralashmalarsiz) yarim o'tkazgichlarda o'zini namoyon qiladi. Yarimo'tkazgichlarning ichki elektr o'tkazuvchanligi deyiladi.

Aralashmalar mavjud bo'lganda, yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi sezilarli darajada o'zgaradi. Masalan, **kremniy** atom kristalliga 0,001 foiz miqdorida **fosfor** aralashmasini kiritish(qo'shish) mazkur kristall qarshiligini besh martadan ortiq kattalik bilan kamaytiradi.

Aralashma kiritilgan yarimo'tkazgich (ya'ni, bir turdagi atomlarning bir qismi boshqa turdagi atomlar bilan almashtiriladi) deyiladi.

Aralashma o'tkazuvchanligining ikki turi mavjud, elektron va teshik o'tkazuvchanligi.

Shunday qilib, to'rt valentli kristall **germaniy (Ge) yoki kremniy (Si)** besh valentli - **fosfor (P), surma (Sb), mishyak (As)** ga aralashma atomi joylashgan joyda qo'shimcha erkin elektron paydo bo'ladi. Bunday holda, aralashma **donorli** deyiladi.



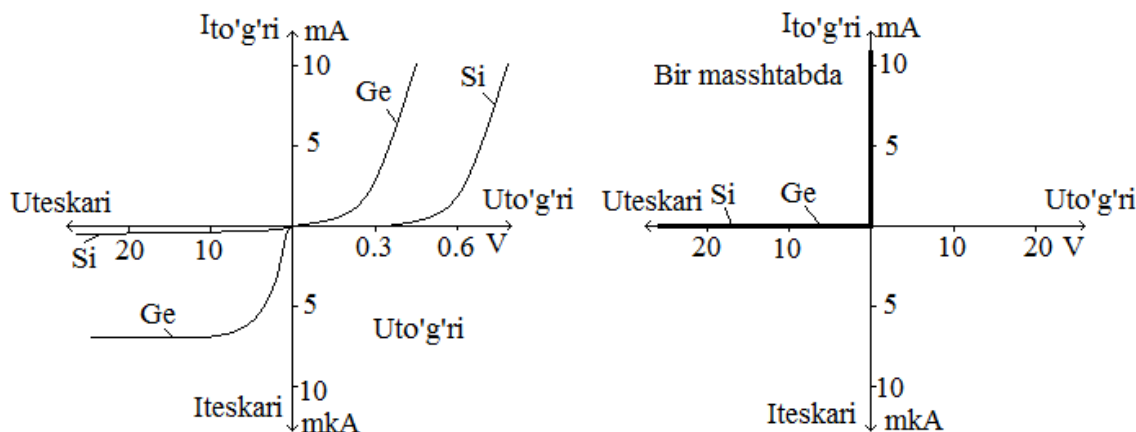
11.6–rasm. Germaniy (Ge) ning mishyak (As) va indiy (Jn) bilan aralashmasi

To'rt valentli germaniy (Ge) yoki kremniy (Si) ni - uch valentli **alyuminiy (Al), indiy (Jn), bor (B), galiy (Ga)**- bilan aralashma qilishda teshik hosil bo'ladi. Bunday aralashmalar **aktseptorli(qabul qiluvchili)** deyiladi.

Xuddi shu namunada yarimo'tkazgich materialidan biri **p**-o'tkazuvchanlikka, ikkinchisi esa **n**-o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi mumkin. Bunday qurilma yarimo'tkazgichli diod deb ataladi.

“Diod” so'zidagi “di” oldqo'shimchasi(prefiksi) “ikki” degan ma'noni anglatadi, bu qurilmaning ikkita asosiy “tafsiloti”, bir-biriga yaqin joylashgan ikkita yarim o'tkazgich kristaliga ega ekanligini ko'rsatadi: biri **p**-o'tkazuvchanlikka ega (bu zona **p**), ikkinchisi - **n** - o'tkazuvchanlik bilan (bu zona **n**). Aslida, yarimo'tkazgichli diod - bu bitta kristall bo'lib, uning bir qismida donor

aralashmasi (zonasi) kiritilgan. p), boshqasiga - *aktseptorli(qabul qiluvchili)* (zona n).



11.7–rasm. Diodning real va ideal volt-amper tavsiflari

Batareyadan diyodga “ortiqcha” zonaga doimiy kuchlanish qo‘llanilsa p va zonaga “minus” p , keyin erkin zaryadlar - elektronlar va teshiklar - chegaraga shoshiladi, $p-n$ birikmasiga shoshiladi. Bu yerda ular bir-birini neytrallashtiradi, yangi zaryadlar chegaraga yaqinlashadi. Bu diodaning to‘g‘ridan-to‘g‘ri ulanishi deb ataladi - zaryadlar u orqali intensiv ravishda harakatlanadi, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan nisbatan katta tok oqimi.

Endi biz dioddagi kuchlanishning qutblanishini o‘zgartiramiz, ular aytganidek, uni teskari kiritishni amalga oshiramiz - biz batareyaning “plyus” qismini p zonaga ulaymiz, “minus” – zonaga n . Erkin zaryadlar chegaradan uzoqlashadi, elektronlar “ortiqcha” ga, teshiklar – “minus” ga o‘tadi va natijada $p-n$ - birikmasi erkin zaryadsiz zonaga, sof izolyatorga aylanadi. Bu kontaktlarning ajralishiga olib kelishini anglatadi, undagi tok to‘xtaydi.

Diyod orqali katta teskari tok hali ham o‘tmaydi. Chunki, asosiy erkin zaryadlardan (zaryad tashuvchilardan) tashqari - elektronlar, zonada p , va p zonasidagi teshiklar - zonalarning har birida qarama-qarshi belgining arziyas miqdordagi zaryadlari ham mavjud. Bular o‘zlarining ozchilik zaryad tashuvchilari bo‘lib, ular har qanday yarimo‘tkazgichda mavjud bo‘lib, unda atomlarning termal harakati tufayli paydo bo‘ladi va ular diod orqali teskari tok hosil qiladi. Bu zaryadlarning nisbatan kamligi bor va teskari tok to‘g‘ridan-to‘g‘ri zaryaddan ko‘p marta kamroq. Teskari tokning kattaligi juda bog‘liq: harorat muhit, yarimo‘tkazgich material va maydoni $p-n$ o‘tish. O‘tish maydonining oshishi bilan uning hajmi oshadi va natijada termal hosil bo‘lishi va termal tok natijasida paydo bo‘ladigan ozchilik tashuvchilar soni ortadi. Ko‘pincha CVC, aniqlik uchun, grafiklar shaklida taqdim etiladi.

Umumiy tushunchalar

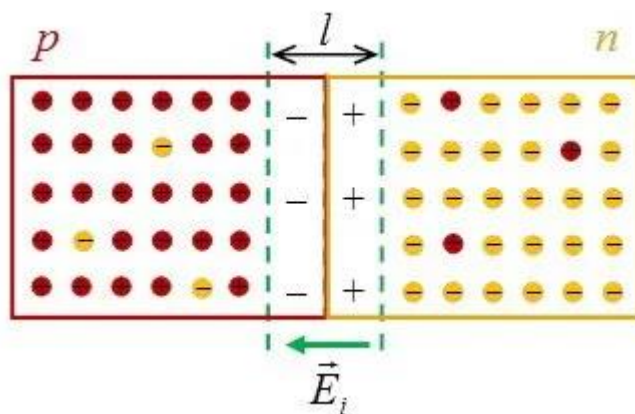
Yarimo‘tkazgichlarning xossalari

Super o‘tkazuvchilarning elektr o‘tkazuvchanligi atrof-muhit haroratiga juda bog‘liq. Juda **past**ga yaqin harorat mutlaq nol(-273°C), yarim o‘tkazgichlar **bajarmang** elektr toki va **rag‘batlantirish** harorat, ularning tokga chidamliligi **kamayadi**.

Agar siz yarimo‘tkazgichga ishora qilsangiz **yorug‘lik**, keyin uning elektr o‘tkazuvchanligi oshib keta boshlaydi. Yarimo‘tkazgichlarning ushbu xususiyatidan foydalanib, yaratilgan **fotovoltaik** texnika. Yarimo‘tkazgichlar yorug‘lik energiyasini elektr tokiga aylantirishga qodir, masalan, quyosh panellari va yarimo‘tkazgichlarga kiritilganda **aralashmalar** ba’zi moddalar, ularning elektr o‘tkazuvchanligi keskin ortadi.

Yarimo‘tkazgich kristalida elektron-teshik o‘tishi (qisqartirilgan p-n-o‘tish) sodir bo‘ladi, bu mintaqalar orasidagi chegarada bir vaqtning o‘zida *n*-tipli (donor aralashmalari mavjud) va *p*-tipli (akseptor aralashmalari bilan) o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan hududlarga ega.

Faraz qilaylik, bizda kristall bor bo‘lib, uning chap tomonida teshik (*p*-tip), o‘ng tomonda esa elektron (*n*-tip) o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan yarimo‘tkazgich mintaqasi mavjud (11.8-rasm). Termal harakat kontakt hosil bo‘lganda, *n*-tipli yarimo‘tkazgichdan elektronlar *p*-tipli mintaqaga tarqaladi. Bunday holda, *n*-tipli mintaqada kompensatsiyalanmagan ijobiy donor ioni qoladi. Teshik o‘tkazuvchanligi bilan mintaqaga o‘tib, elektron juda tez teshik bilan qayta birlashadi va *p*-tipli mintaqada kompensatsiyalanmagan akseptor ioni hosil bo‘ladi.



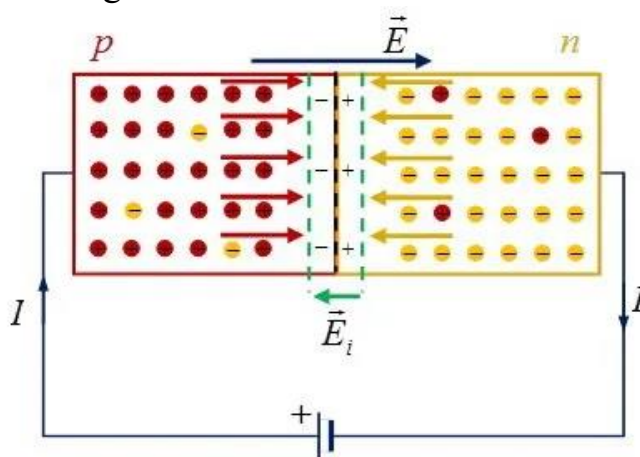
11.8–rasm. Chap tomonida teshik (*p*-tip), o‘ng tomonda esa elektron (*n*-tip) o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan yarimo‘tkazgich sohasi

Elektronlar singari, *p*-tipli hududdagi teshiklar elektron hududga tarqalib, teshik hududida kompensatsiyalanmagan manfiy zaryadlangan akseptor ionini qoldiradi. Elektron hududga o‘tib, teshik elektron bilan qayta birlashadi. Natijada elektron mintaqada kompensatsiyalanmagan ijobiy donor ioni hosil bo‘ladi.

Diffuziya natijasida bu hududlar orasidagi chegarada qarama-qarshi zaryadlangan ionlarning qo'sh elektr qatlami hosil bo'ladi, qalinligi L mikrometrning fraksiyalaridan oshmaydi.

Kuchli ionlar qatlamlari orasida elektr maydoni paydo bo'ladi. Elektron-teshik(Ei) birikmasining elektr maydoni ($p-n$ -o'tish) elektronlar va teshiklarning ikkita yarim o'tkazgich orasidagi interfeys orqali keyingi o'tishini oldini oladi. Bloklash qatlami yarimo'tkazgichlarning qolgan hajmlariga nisbatan yuqori qarshilikka ega.

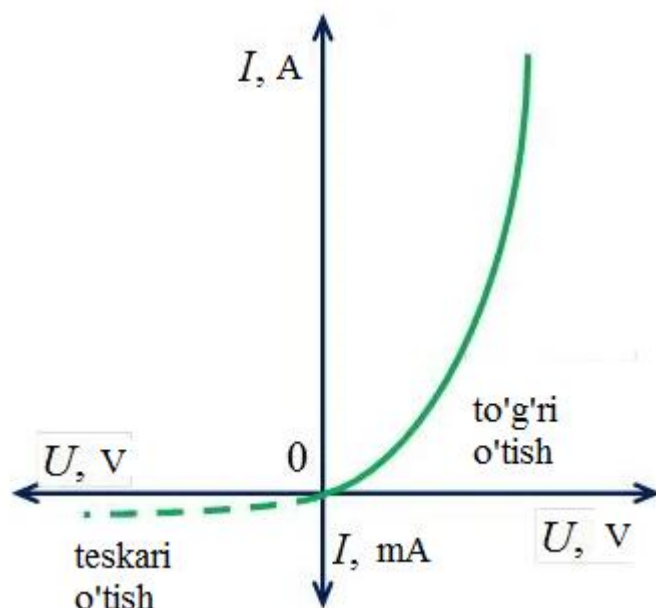
Intensivlik bilan tashqi elektr maydoni E blokirovka qiluvchi elektr maydonining qarshiligiga ta'sir qiladi. Agar n -yarimo'tkazgich manbaning manfiy qutbga, manbaning plus qismi esa p -yarimo'tkazgichga ulangan bo'lsa, u holda elektr maydoni ta'sirida n -yarimo'tkazgichdagi elektronlar va teshiklar. p -yarimo'tkazgich yarimo'tkazgich interfeysiga bir-biriga qarab harakat qiladi (11.9-rasm). Chegarani kesib o'tgan elektronlar teshiklarni "to'ldiradi".



11.9–rasm. Diodning tashqi manbaga to'g'ri yo'nalishi bilan ulanishi

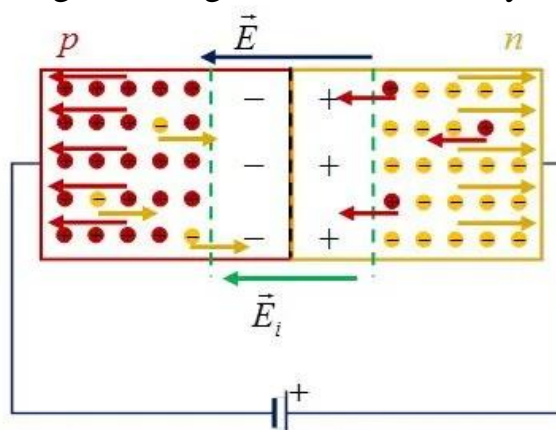
Tashqi elektr maydonining bunday to'g'ri yo'nalishi bilan to'siq qatlaminin qalinligi va uning qarshiligi doimiy ravishda kamayadi. Bu yo'nalishda elektr toki $p-n$ o'tish joyidan o'tadi.

$p-n$ -o'tishning ko'rib chiqilgan yo'nalishi *bevosita* deyiladi. Tokning kuchlanishga bog'liqligi, ya'ni. *volt-amper tavsiflari* to'g'ridan-to'g'ri o'tish, 11.10-rasmda ko'rsatilgan.



11.10–rasm. Diodningning real volt-amper tavsifi

Agar n -yarimo‘tkazgich manbaning musbat qutbiga, p -yarimo‘tkazgich esa manfiyga ulangan bo‘lsa, u holda elektr maydoni ta’sirida qarama-qarshi yo‘nalishdagi interfeysdan n -yarimo‘tkazgichdagi elektronlar va p -yarimo‘tkazgichdagi teshiklar harakatlanadi. (11.11-rasm). Bu to‘siq qatlamining qalinlashishiga va uning qarshiligining oshishiga olib keladi. To‘siq qatlamini kengaytiradigan tashqi elektr maydonining yo‘nalishi *qulflash* (*teskari*). deyiladi Tashqi maydonning bu yo‘nalishi bilan asosiy zaryad tashuvchilarning elektr toki ikkita p - va p -yarimo‘tkazgichlarning kontaktidan o‘tmaydi.



11.11–rasm. Diodning tashqi manbaga teskari yo‘nalishi bilan ulanishi

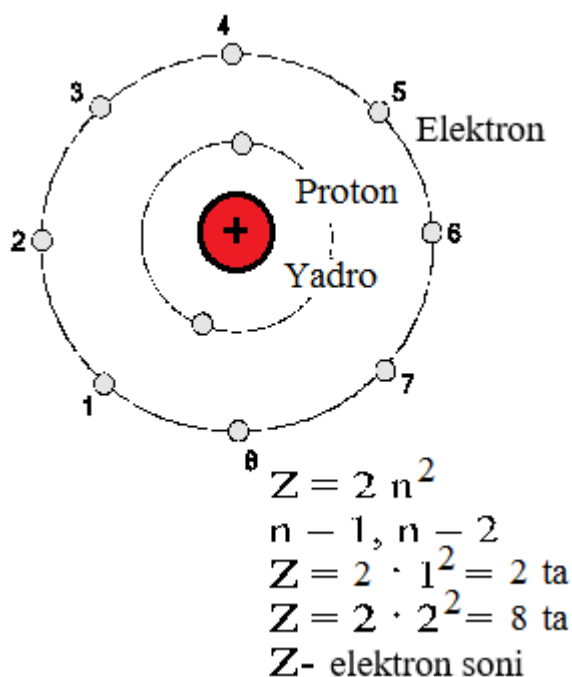
p - n birikmasidan o‘tadigan tok endi p -tipli yarimo‘tkazgichdagi elektronlar va n -tipli yarimo‘tkazgichning teshiklari bilan bog‘liq. Ammo ozchilikning zaryad tashuvchilari juda oz, shuning uchun o‘tishning o‘tkazuvchanligi ahamiyatsiz bo‘lib chiqadi va uning qarshiligi katta. p - n -o‘tishning ko‘rib chiqilgan yo‘nalishi deyiladi *teskari*, uning joriy kuchlanish tavsifi shaklda ko‘rsatilgan.

Itimos, to‘g‘ri va teskari o‘tishlar uchun joriy o‘lchash shkalasi ming marta farq qilishini unutmang.

Qarama-qarshi yo‘nalishda qo‘llaniladigan ma‘lum bir kuchlanishda mavjudligini unutmang *sindirish p-n* birikmasining (ya‘ni, yo‘q qilinishi).

11.3 Volt-amper tavsiflari

Qattiq jismning har bir atomi musbat zaryadlangan markaziy yadro va uning atrofida katta tezlik bilan aylanadigan manfiy zaryadli elektronlardan iborat. Elektronlarni ba‘zi birlari yadro bilan o‘zaro maxkam bog‘langan bo‘lib, elektronni yadrodan ajratib olish juda qiyin, ayrim oxirgi orbitadagi elektronlarni yadro bilan kuchsiz bog‘langan bo‘lganligi uchun ma‘lum sharoitda undan ajratib olish mumkin. (11.12–rasm.)



11.12–rasm. Elektronlarning orbitada joylashishi

Oxirgi orbitadagi elektronlar soni to‘liq bo‘lmasa va ma‘lum bir sharoitda (issiqlik ta‘sir qilganda) o‘z atomlaridan osongina ajralib erkin harakat holatiga o‘tadi. (Termoelektron emissiya hodisasini eslang). Agar yarim o‘tkazgich tarkibiga valent elektronlar soni boshqacha bo‘lgan birikmadan bir oz kiritilsa, u holda uning o‘tkazuvchanligi birmuncha o‘zgaradi. Agar sof germaniy kristali olinsa, germaniy atomida n-32 elektron mavjud bo‘lib, ular quyidagi tartibda joylashgandir. Elektronlar soni z-ni hisoblaymiz. Agar $n_1=1$ (2ta); $n_2=2$ (8ta); $n_3=3$ (18ta); $n_4=4$ (32ta); elektron bor.

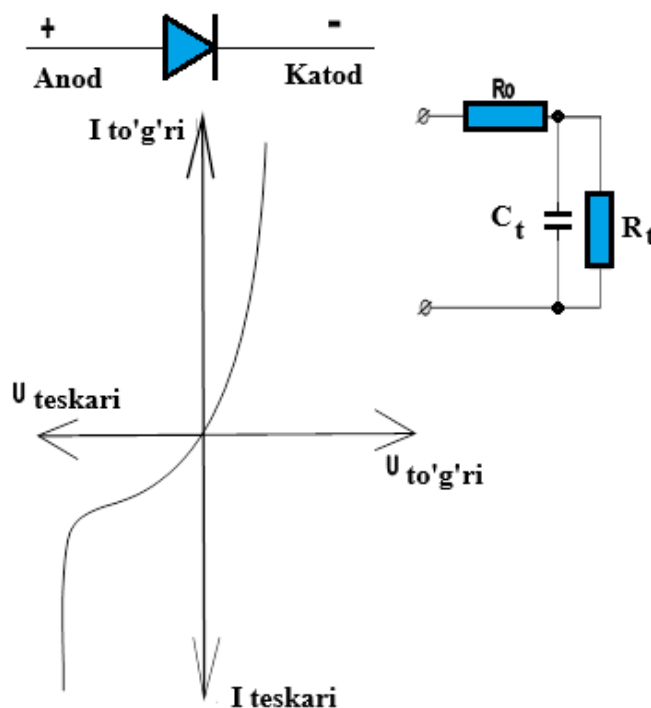
$$N = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 = 2 + 8 + 18 + 32 = 60 \text{ ta}$$

$$N = 60 - 28 = 32 \text{ ta elektron.}$$

Yarim o'tkazgichlar elektronikasi solishtirma elektr o'tkazuvchanlik o'tkazgich va dielektrlarning elektr o'tkazuvchanliklari orasida bo'lgan maxsus moddalar xususiyatidan foydalanishga asoslangan. Bunday moddalar elektronikada yarim o'tkazgichlar deb yuritiladi.

Yarim o'tkazgichlar asosida "diodlar" qurilgan. Diodning asosiy tavsiflaridan biri bo'lgan jarayon ularni volt-amper tavsifi. (11.13-rasm)

Diodning elektr chizmada belgilanishi.



11.13–rasm. Diodning asosiy tavsiflaridan biri bo'lgan volt-amper tavsifi

Agar chizmadagi U to'g'ri kuchlanishni o'zgartirsak, dioddan o'tayotgan tok ham o'zgaradi. Agar berilgan kuchlanishdan ko'proq kuchlanish berilsa, albatta diod ishdan chiqadi. (chizmadagi shtrixlangan joy). Hozirgi paytda jahon sanoatida past va yuqori quvvatli, yarim o'tkazgichli diodlar ko'plab ishlab chiqarilgan va ular turli sohalarda juda keng foydalaniladi. (jadvalga qarang).

Sanoatda ishlab chiqarilgan diodlar klasifikatsiyasi					
Yuqori va past chastotali diodlar	Varikap-lar	O'ta yuqori chastotali diodlar	Fotodiod-lar. Fotoelek-triklar	Tiristorli diodlar	Tiristorli triodlar
Tunelli diodlar	Stabelit-ronlar	To'g'ri-la-gichlar bloklari	Nur sochuvchi diodlar.	O'tkazuvchan diodlar	Tok stabili-zatorlari

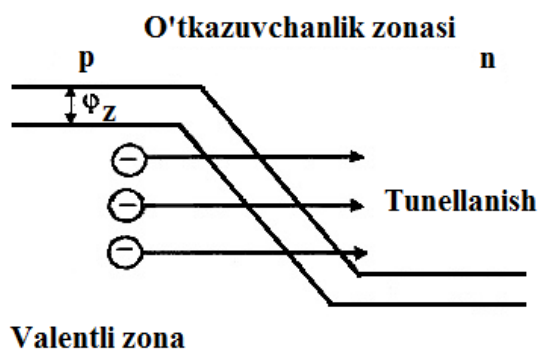
11.4 Teshilish turlari

Tunnelli teshilish.

Bir hil(bir jinsli) materialda mos keladigan hodisani birinchi marta bayon qilgan(tasvirlagan) olimning ismi (Zener) sharafiga Zener teshilishi ham deyiladi. Ilgari, Zener hodisasi ko'chkili teshilishga asoslangan o'tishning teshilishi paytidagi jarayonlar bilan noto'g'ri tushuntirilgan.

Xorij adabiyotida Zener diodlari (Teshilish rejimida ishlaydigan diodlar) tunnelli yoki ko'chkili teshilishdan foydalanganligiga bog'liq bo'lishdan qat'i nazar, hali ham Zener diodlari deb ataladi.

Teshilish boshlangan kuchlanish Zener kuchlanishi deb ataladi. Tunnelli teshilishning mexanizmini tushuntirish uchun p-n o'tishning mos keladigan tarmoqli diagrammasini sxematik tarzda quyidagi rasmda tasvirlaymiz (11.14 - rasm).

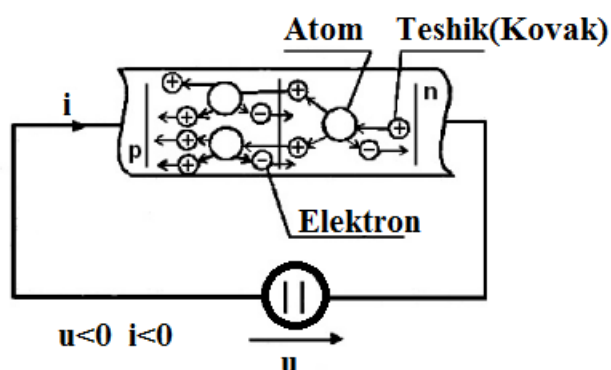


11.14–rasm. Yarimo'tkazgichning zonalari

Agar valentlik zonasi va o'tkazuvchanlik zonasi (to'siqning kengligi, qalinligi) orasidagi geometrik masofa etarlicha kichik bo'lsa, u holda tunnel effekti - elektronlarning potentsial to'siqdan o'tish hodisasi paydo bo'ladi. Tunnelli teshilish solishtirma qarshilikning past qiymatiga ega bo'lgan bazali(asosli) *p-n* o'tish joylarida sodir bo'ladi.

Ko'chkili teshilish.

Ko'chkili teshilish mexanizmi gazlardagi zarbiy ionlanish mexanizmiga o'xshaydi, ko'chkili teshilish hodisasi sxematik ravishda quyidagi rasmda tasvirlangan.



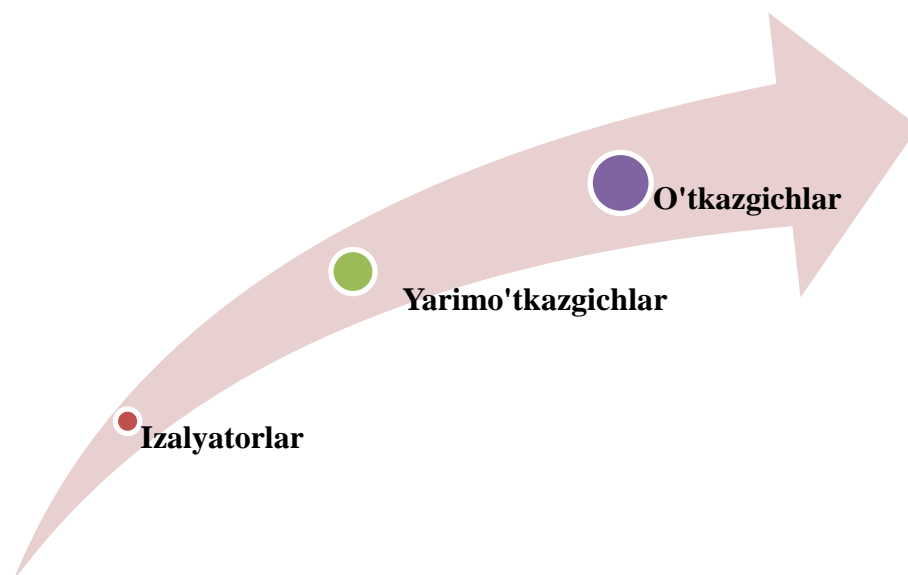
11.15–rasm. Ko‘chkili teshilish mexanizmining tasviri

Agar atom bilan keyingi to‘qnashuvga o‘tayotganda, teshik(kavak) (yoki elektron) atomni ionlashtirish uchun etarli energiyaga ega bo‘lsa, ko‘chkili teshilish sodir bo‘ladi. Zaryad tashuvchining zarbadan oldin bosib o‘tgan masofasi erkin yugurish yo‘li deb ataladi. Ko‘chkili teshilish yuqori qarshilikli asosga ega bo‘lgan (katta qarshilikka ega) birikmalarda(o‘tish joylarida) sodir bo‘ladi.

Yuqorida ko‘rib chiqilgan **Tunnelli** va **Ko‘chkili** teshilishlar **elektrli teshilishlar** deb ham ataladi.

Issiqlikdan(Termal) teshilish. Issiqlikdan(Termal) teshilish vaqtida tokning kuchayishi yarimo‘tkazgichning p-n o‘tish sohasida isishi va shunga mos ravishda solishtirma o‘tkazuvchanlikning oshishi bilan izohlanadi. Issiqlikdan(Termal) teshilish manfiy differentsial qarshilik bilan tavsiflanadi. Agar yarimo‘tkazgich kremniy bo‘lsa, u holda teskari kuchlanishning oshishi bilan Issiqlikdan(Termal) teshilish odatda elektr teshilishidan keyin sodir bo‘ladi (elektr teshilishi paytida yarimo‘tkazgich qiziydi va keyin Issiqlikdan(Termal) teshilish boshlanadi). Elektr teshilishidann keyin p-n birikmasi o‘z xususiyatlarini o‘zgartirmaydi. Issiqlikdan(Termal) teshilishdan so‘ng, agar yarimo‘tkazgich etarli darajada isinish uchun vaqtga ega bo‘lsa, o‘tishning xususiyatlari qaytarilmas tarzda o‘zgaradi (tegishli yarimo‘tkazgich qurilmasi yaroqsiz holatga keladi).

Manba: <https://pue8.ru/silovaya-elektronika/825-poluprovodnikovye-diody-p-n-perekhod-vidy-proboev-barernaya-emkost-diffuzionnaya-emkost.html>



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Zaryat tashuvchilarning konsentratsiyasi nima?
2. Kremniy diodining tipik nochiziqli tavsifi tushuntiring?
3. **p-n** o'tishni ulash turlarini tushuntiring?
4. Diod nima?
5. Diodning volt-amper tavsifnomasini tushuntiring?
6. Diodlar klassifikatsiyasi?
7. Yarimo'tkazgichlarda sodir bo'ladigan teshilishlarning qanday turlarini bilasiz?

12 -bob Yarimo'tkazgichli diodlar. Ularning tasnifi. To'g'rilovchi diodlar - qurilmaning ishlash printsipt

12.1 Yarimo'tkazgichli diodlar oilasi

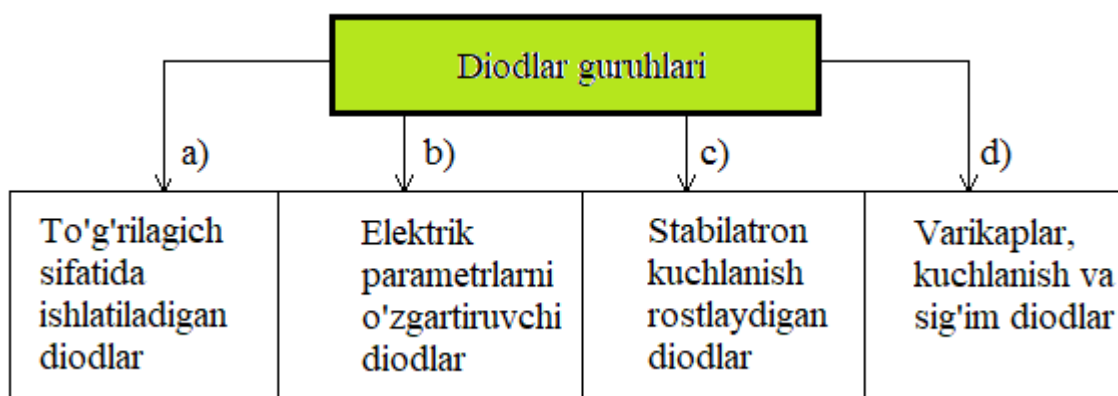
12.2 To'g'rilovchi diodlarning struktura sxemasi. Ishlash printsipt

12.3 O'zgaruvchan tokni o'zgarvas tokga aylantirish sxemasi

12.1 Yarim o'tkazgichli diodlar oilasi

Hozirgi zamon elektronikasini yarim o'tkazgichli $p-n$ o'tishning va metall bilan yarim o'tkazgich orasidagi kontakt xossalariga asoslanib ishlashga asoslangandir.

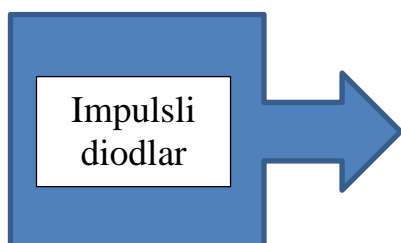
Yarim o'tkazgichli diodlar qanday maqsadlarda foydalanishiga qarab to'rtta asosiy guruhga bo'linadi.



12.1–rasm. Diodlar guruhlarining diagrammasi

a) To'g'rilagich diodlar. Bu diodlar yordamida o'zgaruvchan qiymatli tokni o'zgarvas (ya'ni bir qutbli impuls beruvchi) tokka aylantiriladi va impulsli diodlar deb yuritiladi.

Impuls diodlar 3 ga bo'linadi.



- ✓ Past chastotali: 5.0÷50 kGts gacha;
- ✓ Yuqori chastotali: 50÷150 MGts gacha;
- ✓ O'ta yuqori chastotali: 150 MGts dan yuqori.

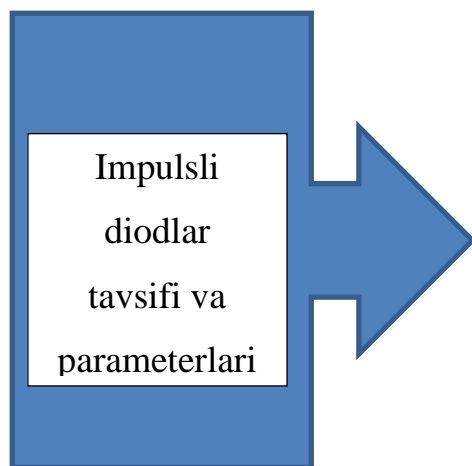
Past chastotali diodlar yassi diodlar bo'lib, germaniy va kremniy monokristallaridan, polikristalli sim, titan va mis oksididan tayyorlanadi. Bu

to'g'rilovchi diodlar tokni qiymatiga qarab o'z navbatida kichik, o'rta va yuqori quvvatli diodlarga bo'linadi.

1. $I_{tug} < 300 Ma$ -kichik-quvvatli;
2. $I_{tug} < 300 Ma < 10a$ -o'rta quvvatli;
3. $I_{tug} > 10a$ -katta quvvatli;

✓ Yuqori chastotali to'g'rilagich diodlar chastotasi $f=150$ MGs bo'lgan signallarni detektorlash va to'g'rilashda foydalaniladi. Bu turdagi diodlar germaniy elementidan tayyorlanadi va nuqtaviy diod deb yuritiladi, sig'im kichik bo'lgani uchun ulardan yuqori chastotali signallarni to'g'rilashda ishlatiladi. O'zaro kantaklashish joyi nuqtaviy bo'lganligi uchun quvvat 1,5-3,0 Vt bo'ladi. Tok qiymati sal oshsa kristall nuqtasi qizib ketib diod ishdan chiqadi. Kompyutorlarda asosan impuls diodlar ishlatiladi. Ularning asosiy vazifasi tok yo'nalishini bir lahzada (mikrosekund, nanosekund) o'zgarishini ta'minlaydi.

Impuls diodlar maxsus materiallardan tayyorlanadi va yuqori texnologik ishlov beriladi. Impulsli diodlar germaniy va kremniy elementidan tayyorlanadi va D18 va D219 sonlar bilan belgilanadi. Yarim o'tkazgichli to'g'rilagich impulsli diodlar quyidagi parametrlar bilan tavsiflanadi.



- ✓ Teskari kuchlanishning eng katta amplitudasini olish;
- ✓ To'g'irlangan tokni eng kata qiymatini olish;
- ✓ Eng kata tok paytida kuchlanish tushuvi;
- ✓ Teskari kuchlanishga to'g'ri keladigan tok qiymati;
- ✓ Diodni teskari kuchlanish saqlab turish vaqti;
- ✓ Chegaraviy chastotaga turishi;
- ✓ Harorat chegarasi borligi;
- ✓ F.I.K. talab darajasida.

b) Elektrik parametrlarini o'zgartiruvchi diodlar. Bu turdagi diodlar *p-n* o'tish va yarim o'tkazgich metall kontaktining chiziqli bo'lmagan volt-amper tavsifiga ega bo'lishiga asoslangan. Parametrlarni o'zgartiruvchi diodlar qanday maqsadlarga qo'llanilishiga qarab, chastotani siljituvchi, ko'paytiruvchi va modulyasiyalovchi diodlarga ajraladi.

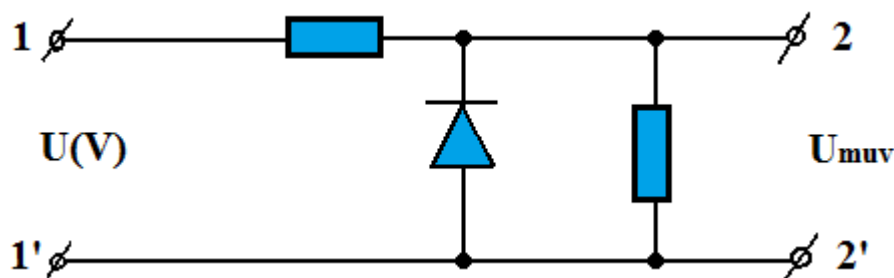
✓ Chastotani siljituvchi diodlar bir-biriga yaqin chastotali signallarni aralashtirib va talab etilgan chastotani olish uchun ishlatiladi.

✓ Ko‘paytiruvchi diodlar esa berilgan signallarni har xil signallarga aylantiradi.

✓ Modulyasiyalovchi diodlar yordamida kirib kelayotgan signallarni amplituda qiymati o‘zgarishi uchun ishlatiladi.

c) Stabilitronlar. Bunday turdagi diodlar yordamida qiymati o‘zgarib turadigan o‘zgarmas kuchlanishni to‘g‘rilash ya’ni muvozanatlashda foydalaniladi.

Stabilitronlarning eng oddiy chizmasi bilan tanishamiz. (12.2-rasm).



12.2–rasm. Stabilitronlarning eng oddiy chizmasi

Tushuncha beramiz!

Agar 1-1' kirish joyida U(V) kuchlanish ortsa, stabilitrondagi kuchlanish keskin oshadi, ichki qarshilik kamayadi. Natijada R-qarshilikdagi potensial tushuvi ortib, R_z-qarshilikdagi potensial tushuvi o‘zgarmay qoladi. 2-2' chiqishda muvozanatlashgan kuchlanish olinadi.

Stabilitronning asosiy parametrlari:

1. Muvozanatga kelgan kuchlanish – U_{muv} ;

2. Dinamik qarshilik $R_{din} = \frac{dU}{dI}$;

3. Statik qarshilik $R_{stat} = \frac{U}{I}$;

4. Nochizikli koeffitsient $\beta = \frac{R_{stat}}{R_{din}}$;

5. Muvozanatlashgan kuchlanishdagi harorat koeffitsienti $\alpha = \frac{1}{U_{muv}} \cdot \frac{dU}{dT}$;

Stabilitronni dinamik qarshiligi dioddan o‘tayotgan tokning o‘zgarishi bilan muvozanatlashgan kuchlanishni o‘zgarishini tavsifini beradi.

✓ Dinamik qarshilik qancha kichik bo‘lsa, kuchlanishni muvozanatlash shuncha yaxshi bo‘ladi.

✓ Statik qarshilik esa diodning o‘zida yuqotiladigan quvvatni aniqlaydi.

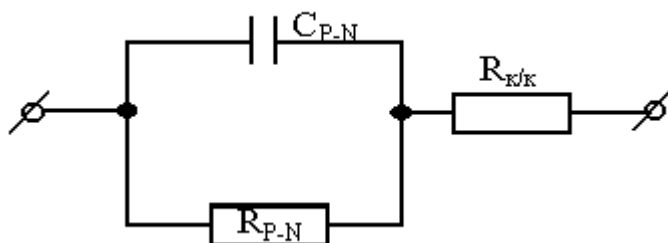
✓ Nochizikli koeffitsient dioddagi tokning nisbiy o‘zgarishini muvozanatlashgan kuchlanishning nisbiy o‘zgarishiga bo‘lgan nisbati bilan

o'lanadi. Muvozanatlashgan kuchlanishning o'zgarishi qancha kichik bo'lsa, ya'ni β qancha katta bo'lsa, stabiltron shuncha yaxshi ishlaydi.

Zamonaviy stabiltronlar kremniy qotishmalaridan tayyorlanadi va $\beta = 30 \div 200$ va undan yuqori qiymatlarga egadir.

d) Varikaplar. $p-n$ o'tish jarayonida elektr sig'imi mavjud. Demak $p-n$ o'tishga moslashgan har qanday yarim o'tkazgichli diodni elektr sig'imini boshqarish mumkin. Chunki $p-n$ o'tishdagi elektr sig'imi berilgan tashqi kuchlanishga kuchli bog'langandir. Kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan elektr sig'imini o'zgartiruvchi $p-n$ turdagi maxsus tayyorlangan yarim o'tkazgichlar "Varikaplar" nomi bilan yuritiladi. Varikaplarda $p-n$ o'tishning teskari kuchlanish " U_{tes} " berilganda elektr sig'im (aktiv sig'im)dan foydalaniladi.

Quyidagi rasmda varikapning chizmasi keltirilgandir.



12.3–rasm. Varikapning elektr sxemasi.

Varikapning asosiy parametrlaridan biri, uning ishonchliligidir. Past chastotalarda diodning $R_{k/k}$ qarshiligini hisobga olmasak ham bo'ladi. U holda varikapning ishonchliligi

$$Q = w \cdot C_{P-N} \cdot R_{P-N} \quad (*)$$

bu yerda, w - aylanish chastotasi. Yuqori chastotalarda esa $p-n$ o'tishning qarshiligini hisobga olmasak ham bo'ladi. Lekin diodning $R_{k/k}$ qarshiligini hisobga olish zarur bo'lib, bunda ishonchlilik – "Q" teng.

$$Q = \frac{1}{w \cdot C_{P-N} \cdot R_{k/k}} \quad (**)$$

bo'ladi.

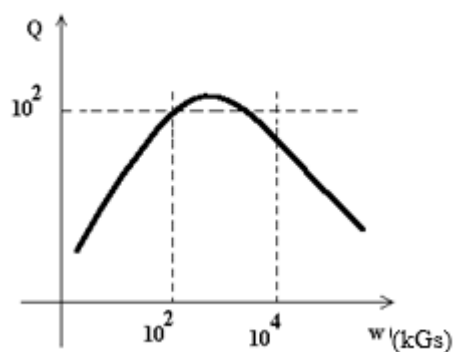
(*)va (**) ifodalardan ko'rinadiki varikapning ishonchliligi past chastotalarga teskari proporsional ekan. Pastdagi jadvalga varikapning ishonchliligi chastotaga bog'liq ekanligi ko'rsatilgandir.

Past chastotalarda ishlaydigan varikaplar ko'proq "kremniy" elementidan tayyorlanadi.

Yuqori chastotalarda ishlaydigan varikaplar ko‘proq “germaniy” elementidan tayyorlanadi.

1) Fotodiodlar ishlash prinsipi va ahamiyati.

Yarim o‘tkazgichli fotodiodlar ishlash prinsipini ichki fotoeffekt hodisasiga asoslangan. Fotodiodlar sirtida yorug‘lik tushgandan keyin ishlaydi. Yarim o‘tkazgichlarga nurlanishning ta‘sirini o‘rganish faqat fotoelektrik asboblarni tayyorlashga imkon tug‘dirmasdan, balki yarim o‘tkazgichlarning xossalarini aniqlashda ham alohida o‘rin to‘tadi. Xaqiqatdan ham, yarim o‘tkazgichlarning xossalarini tavsiflovchi qator parametrlar zaryad tashuvchilarning yashash davri, man qilingan zonaning kengligi, kvant chiqarishi kabi fotoelektrik hodisalarni o‘rganish natijasida aniqlanadi.



12.4–rasm. Energiyaning chastotaga bog‘liqlik tavsifi

Hozirgi zamon muammolaridan biri juda katta miqdordagi quyosh radiatsiya energiyasidan samarali foydalanish masalasidir. Quyosh radiatsiyasining qisqa to‘lqinli qismi, asosan yer atmosferasida yutilib qoladi. Yer sirtiga uzun to‘lqinli qismi yetib keladi.

Quyosh energiyasidan foydalanishning juda ham ko‘p usullari mavjud bo‘lib, bo‘lardan eng effektivrog‘i – nurlanish energiyasini boshqa ko‘rinishdagi energiyaga aylantirishda foydali ish koeffetsienti eng katta bo‘lgan qurilma yarim o‘tkazgichli quyosh batareyasi bo‘lib hisoblanadi. Ularni tarkibini fotodiodlar, fotoelementlar tashkil etadi.

2) Fotodiodlar yoki fotoelementlar xususiyatlariga ta‘sir qiluvchi parametrlardan biri – man qilingan zonaning kengligi E_d ni bilish kerak. Ana shu zona tushgan quyosh energiyasini – elektr energiyaga aylantirib beradi. Ma‘lumki elektron – teshik juftini hosil qilish uchun energiyani E_d ga teng yoki undan ancha katta bo‘lgan foton yutilishi kerak, ya‘ni; shartlarga muvofiq; fotodiod

1 shart: $h\gamma \geq E_d$ Foydalanish mumkin!

2 shart: $h\nu \leq E_d$ Foydalanib bo‘lmaydi!
 bunda E_d dan kichik bo‘lgan energiyali fotonlar valentlik zonasidan o‘tkazuvchanlik zonasiga elektron chiqara olmaydi. Bu 2-shartga qaraganda E_d kichik bo‘lgan fotodiodni tanlab olish maqsadga muvofiq emas, chunki E_d kichiklashsa, fotonning ortiqcha energiyasi issiqlikka aylanishi natijasida effektivlik kamaya boradi.

Fotodiodning qalinligi “d” deb olaylik (12.5-rasm).

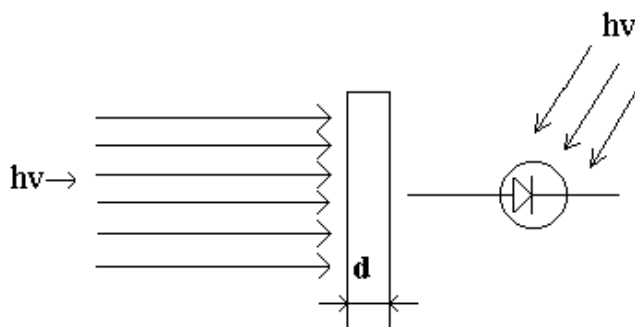
Yorug‘lik ta’sirida elektron – teshik jufti (xususiyl yutilish) generatsiyalansa, fotodiodda hosil bo‘lgan o‘tkazuvchanlikning sirtidagi elektr maydoni uchun ifoda

$$E_x = \frac{kT}{e} \cdot \frac{b-1}{(b+1) \cdot n + N_a} \cdot \frac{dn}{dx} \quad (1)$$

bo‘ladi.

Bunda: $b = \frac{U_n}{n_p} \cdot N_a$ – akseptorlar konsentratsiyasi. Biz bu ifodani olishda (1) dan va kvazianatsionar sharti $P = N_a + n$ (2) dan foydalanamiz.

a) Fotodioddagi akseptorlar konsentratsiyasi juda oz bo‘lsin, ya’ni $n \geq N_a$ sharti bajarilsin.



12.5–rasm. Fotodiod sirtida tushgan yorug‘lik ta’siri.

Fotodiod sirtida hosil bo‘lgan E_x elektr maydoni

$$E_x = \frac{kT}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \cdot \frac{dl_n \cdot n}{dx} \quad (3)$$

Fotodiodga tushgan yorug‘lik energiyasi $h\nu$ hisobidan paydo bo‘lgan EYuK E_{fd} – quyidagicha ifodalanadi.

$$E_{fd} = \frac{kT}{e} \cdot \frac{b-1}{b+1} \cdot l\pi \cdot \frac{n(d)}{n(o)} \quad (4)$$

v) Fotodiod sirtida tushayotgan yorug‘lik intensivligi katta bo‘lmasin, ya’ni $N_a \geq n$ sharti bajarilsin.

U holda fotodiod sirtining elektr maydoni

$$E_x = \frac{kT}{e} \cdot \frac{b-1}{N_a} \cdot \frac{dn}{dx} \quad (5)$$

teng bo'ladi.

Fotodiodning hosil qilgan EYuK si

$$E_{fd} = \frac{kT}{e} \cdot \frac{b-1}{N_a} \cdot [n(d) - n(o)] \quad (6)$$

Biz yuqorida tahlil qilgan fotodiodning ishlash prinsipiga elektr maydon va EYuK juda kichik bo'lib, yarim o'tkazgichlarning energetik holatidagi man qilingan zona kengligi E_d dan kichikdir. Keyingi yillarda fotodiodlarni yangi turlari juda ko'p kashf qilinmoqda. Ular asosan CdTe polikristall plyonkada $E_x=150$ V atrofida foto EYuK olish mumkinligi isbotlandi. Qator o'tkazilgan tajribalar shuni ko'rsatadiki, hosil bo'ladigan foto EYuK polikristall plyonkaning tayyorlashdagi qator omillarga bog'liq bo'lar ekan. Plyonkani vakuumda elektr tokini o'tkazmaydigan taglik ustida moddani bug'latish yo'li bilan changlatib olinadi. Fotodiodlar tayyorlash texnologiyasi juda murakkab bo'lganligi uchun ham, uning ham rivojlantirishga ahamiyati beqiyosdir.

12.2 To'g'rilovchi diodlarning struktura sxemasi. Ishlash prinsipi

Yarim o'tkazgichli diodlar volt-amper tavsifi chuqur o'rganib chiqilgandan keyin, ulardan elektron qurilmalarda keng foydalanila boshlandi. Diodlar asosan, o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga aylantirish, elektr signallarini kuchaytirish, generatsiyalash va o'zgartirish maqsadida ishlatiladi. Diodlar past, o'rta, yuqori quvvatli bo'lib, talab etilgan joylarda ularni tanlab olib foydalaniladi. Masalan diodlar majmuasi yordamida, to'g'rilagich qurilmasi yaratilgan. Yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar elektr zanjirida ikkilamchi manba sifatida foydalaniladi. Elektron qurilmalarni deyarli hammasi yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar yordamida ishlaydi, ular o'zgaruvchan tok manbalariga ulangan bo'lsa ham, o'zgarmas tokka aylantiriladi. Yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlarni bir necha asosiy ulanish chizmalari mavjuddir.

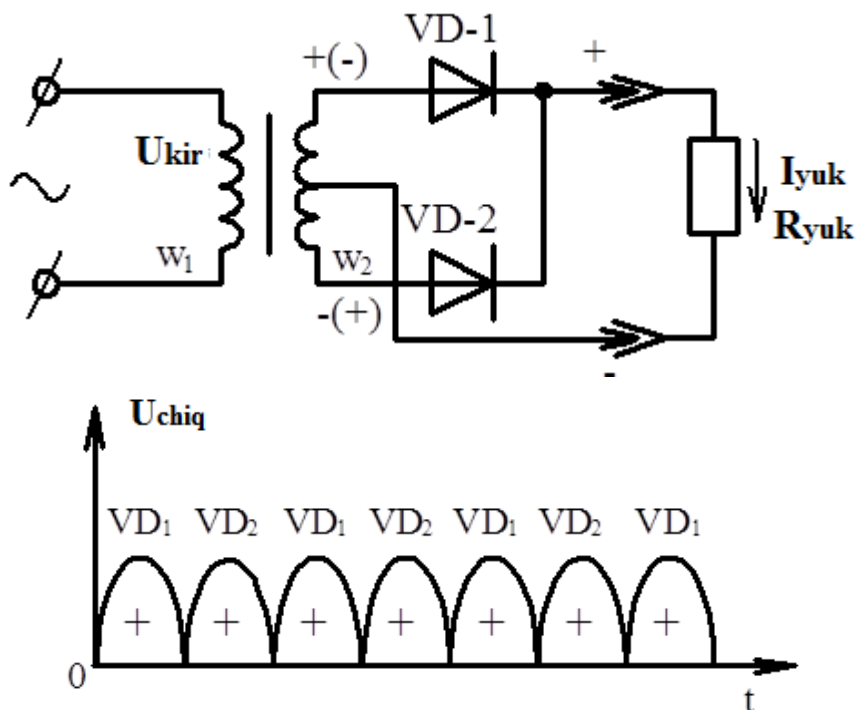
a) 1,5-davrlı to'g'rilagich chizmasidan foydalanilsa, ularning vazifasi o'zgaruvchan tokni bir dona yarim o'tkazgichli diod yordamida to'g'rilash mumkin (97-rasmga qarang).

97-rasmda Oddiy 1,5-davrlı to'g'rilagich chizmasi va kuchlanishni to'g'rilangan holati (a).

Transformatorning w_2 -g'altakdagi kuchlanishning qiymati va qutblari tez-tez davriy ravishda o'zgarib turadi. G'altakni yuqori qismida musbat potensial bo'lgan paytda diod ishlaydi va $I_{to'g'ri}$ tokni zanjirdan o'tkazadi, aksincha holat yuz

berganda yuqori qismida manfiy qutb bo'lganda diod yopiq bo'ladi, tokni o'tkazmaydi va zanjirni elementlariga $U=0$ teng bo'ladi. To'g'rilagich chiqishida chastotasi 50 Gts bo'lgan (ellikta yarim davr o'tish bir sekunnda sodir bo'ladi).

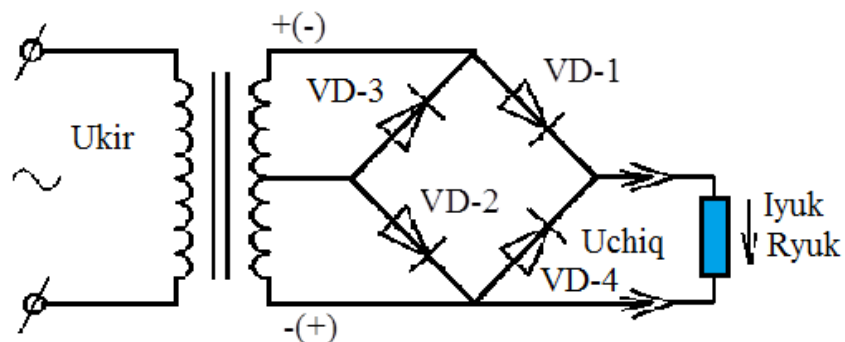
b) 2,5-davrli to'g'rilagich chizmasida esa ikkita yarim o'tkazgichli diod ishlatiladi va transformatorni ikkinchi g'altagani o'rta nuqtasida ulanadi (12.6-rasmga qarang).



12.6–rasm. Ikkita yarim davrli to'g'rilagich chizmasi(a) va kuchlanish to'g'rilangan holati (b)

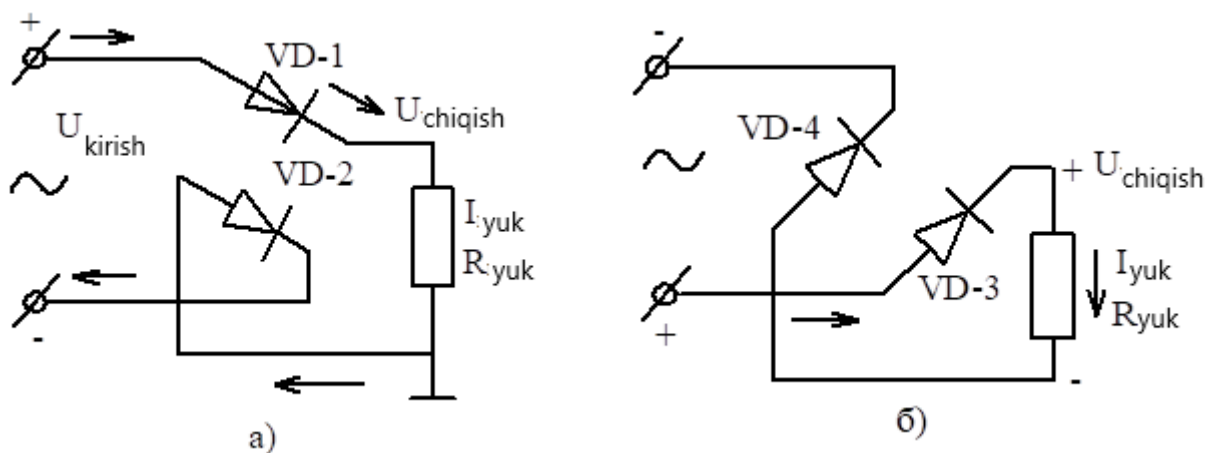
Transformatorning ikkinchi w_2 g'altagining yuqori va pastki qismida yarim o'tkazgichli VD-1 va VD-2 diod o'rnatilgan, agar g'altakning yuqori qismida qutb musbat bo'lsa diod VD-1 ochiladi, tok o'tadi. Bu paytda pastki qismidagi g'altak uchlariga manfiy qutb bo'lgani uchun VD-2 diodi yopiq bo'ladi. Qutblarda zaryad ishorasi 1 sekunnda 50 marta o'zgaradi, har doim musbat bo'lgan paytda diodlar ochiladi, manfiy bo'lganda diodlar yopiladi. Ana shunday tartib ikkita yarim davrli to'g'rilagichlar ishlaydi. Bu to'g'rilagichlarga chiqish kuchlanish chastotasi $f = 100$ Gs gacha o'zgarib turadi. Bu xildagi to'g'rilagichlar o'quv-laboratoriya ishlari bajargan paytlarda qo'llaniladi. Ularning turlari VU-4; VU-8; VU-10 deb ishlab chiqariladi.

Bu turdagi to'g'rilagichlar uchun to'rtta yarim o'tkazgichli diodlar ishlatiladi va ular elektr zanjirga ko'prik chizma usulida ulanadi (98-rasmga qarang).



12.7–rasm. Ko‘prik chizma usulda ikki yarimdavrli to‘g‘rilagich chizmasi

Har bir yarim davrlı tokni olish uchun 2 ta VD-diod ishlaydi. Ularni chizmasi bilan tanishamiz (12.8-rasmga a) va b) ga qarang).



12.8–rasm. Yarim o‘tkazgich diodlardan tokning o‘tish yo‘llari

To‘g‘rilagichning $U_{chiqish}$ joyida chastotasi $f = 100$ Gts gacha o‘zgarib turadi.

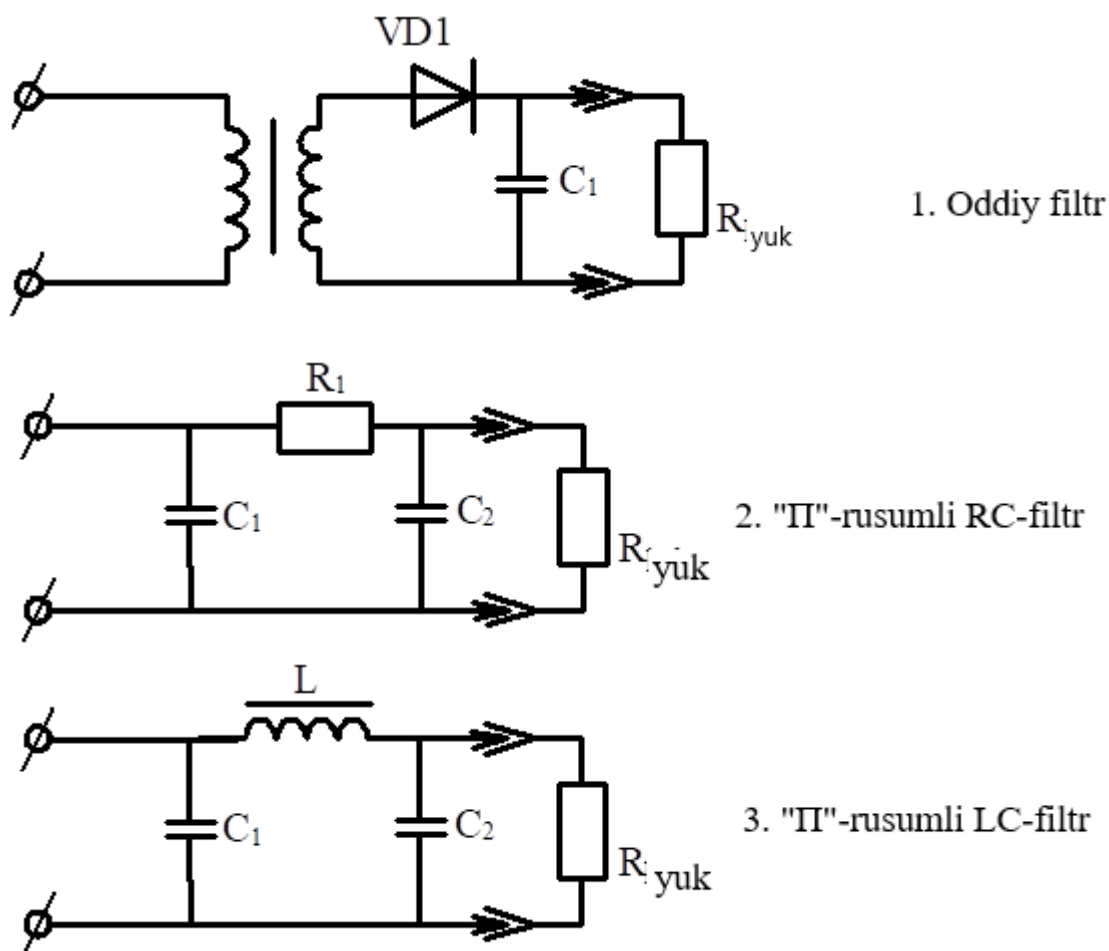
Bir fazali ko‘prik chizmalı to‘g‘rilagichlar eng ko‘p qo‘llaniladigan elektron qurilma bo‘lib, ikkilamchi o‘zgarmas elektr manbai sifatida ishlatiladi. Ularni turlari VU-4; LIP-90; V-24 m bilan tamg‘alanadi.

Bir va ikki yarim davrlı to‘g‘rilagichlarni chiqish kuchlanishi o‘zgarmas bo‘lsa ham lekin chastotasi $f = 50-100$ Gts gacha o‘zgarib turgani uchun, ulardan elektron qurilmalarda birdaniga ikkilamchi manba sifatida foydalanib bo‘lmaydi. Shuni hisobga olib, to‘g‘rilagich chiqish joyida qo‘shimcha oddiy elektr qiymatni sifatli rostlab berish filtrlı (tozalagich) o‘rnatiladi. Filtrlarning asosiy elementlari bu kondensator, o‘zakli induktiv g‘altak (drossel) va rezistordan iboratdir.

Quyidagi chizmalarda elektr filtrlari turlari berilgan (12.9-rasm).

1. Oddiy filtrlar VD diod o'chilganda tok o'tadi, ikkiga bo'linadi. To'g'ri yuklama R_{yuk} ga boradi va C_1 kondensatorni zaryadlaydi. Agar VD diod yopiq bo'lsa, kondensator zaryadsizlanadi ya'ni yuklama R_{yuk} tokni beradi.

2. «II» turidagi RC filtri past chastotalarga yaxshi ishlaydi, R_{yuk} yuklama toki va C_1 va C_2 kondensator plastinkalarida kuchlanish sezilarsiz o'zgaradi. R_1 rezistor qiymati va chegarasiga ta'sir qilmaydi.



12.9–rasm. Filtrlarning tasvirlari

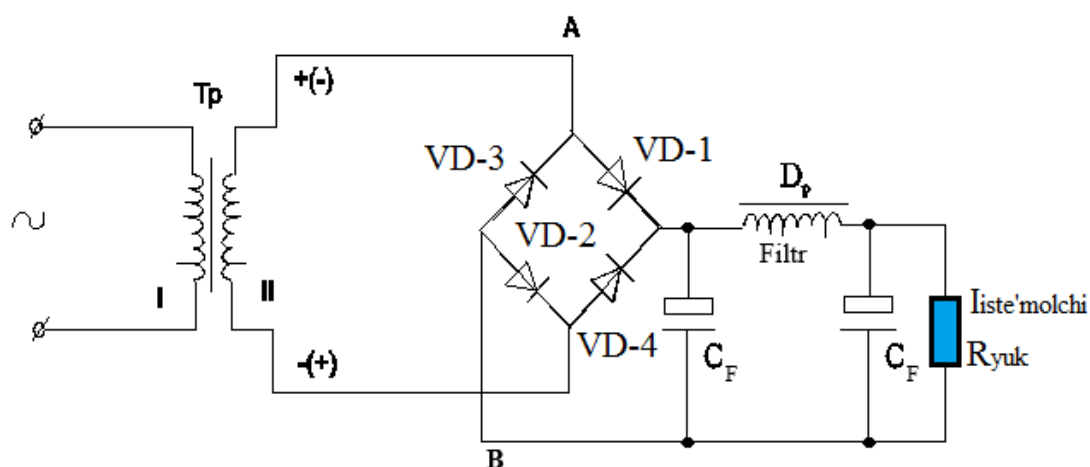
3. «II» turidagi LC filtri past chastotalarga juda yaxshi ishlaydi. Bu filtrga joylashgan induktiv g'altak qarshiligi yuqori va C_1 va C_2 kondensator bilan birga samarali ishlaydi. Keyingi paytda drossel o'rniga tranzistorlar ham qo'llanib kelinmoqda. LC filtrlar asosan ossillograflar elektr chizmasiga ishlatiladi. Drosseldan, sig'imdan iborat filtr, elektr zanjirlarida past chastota rejimda benuqson ishlaydi va elektr impulslarni o'zgarimas holatda saqlab yetkazib beradi. Filtr o'rnatilmagan elektr to'g'rilagichlardan foydalanib bo'lmaydi.

12.3 O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka aylantirish asboblari

Ma'lumki sanoatda elektr stansiyalar yordamida o'zgaruvchan tok ishlab chiqariladi. O'zgaruvchan tokni kuchlanishini istalgan transformator yordamida kuchaytirish yoki pasaytirish mumkin. O'zgaruvchan tokni ishlab chiqarish tannarxi juda arzon va o'zgaruvchan generator yordamida istalgancha ishlab chiqarish imkoniti bor. Lekin elektrotexnikada, radiotexnikada, kundalik turmushimizda va boshqa sohalarni ko'p qismida juda ko'p asboblari va apparatlar o'zgarmas tokda ishlaydi. Ana shu talabni qondirish uchun texnikada o'zgaruvchan toklarni o'zgarmas toklarga aylantirib beradigan asboblari, "to'g'rilagichlar" keng ishlatiladi.

To'g'rilagichlar yordamida qiymatlari har xil o'zgaruvchan toklarni o'zgarmas toklarga aylantirish mumkin. To'g'rilagichning yaxshi ishlashini ta'minlash uchun uning FIK katta bo'lishligi hisobga olinadi. To'g'rilagichlarni turlari ko'p: Hozirgi paytda eng ko'p ishlatiladigan turi to'g'rilagichlarning yarim o'tkazgich "ko'prik" chizmasidir. Shu haqda batafsil to'xtaymiz.

Hozirgi zamonda yangi kashf qilingan radio, televizor, kompyuterlarda yarim o'tkazgichni diodlardan iborat to'g'rilagichlarning ko'prik chizmasidan ko'p foydalanilmoqda. (quyidagi rasmda bunday yarim o'tkazgichli to'g'rilagichning elektr chizmasi keltirilgan).



12.10–rasm. To'g'rilagichning ko'prik sxemasi

Chizmadagi transformatorning 2 chi g'altigidagi o'ramlar soni bitta, bu esa chizmada ancha katta afzalliklarga ega, chunki ko'prikdan o'tayotgan tok sal qamroq bo'ladi.

✓ To'g'rilagichni ishlash tartibi.

Tokning birinchi yarim davrida VD₃ va VD₄ diodlar berk, VD₁ va VD₃ diodlar esa tok o'tkazadi.

✓ Tok transformatorining 2-g'altagi A nuqtasidan oqib o'tib, VD₁ – diod, D_f – drossel, R₁₀ – yuklama va VD₃ – diodi orqali o'tib transformatorni 2-

g'altagini ikkinchi uchi B nuqtaga boradi. Bu tok tokining birinchi yarim davrida teskari tok oqimi yuzaga keladi. VD_1 va VD_2 diodlar berk bo'lib, VD_3 va VD_4 diodlar orqali tok o'tadi. Tok zanjirining B nuqtasidan VD_4 -diod, D_r -drossel, R_{10} – yuklama qarshiligi va VD_2 diod orqali o'tib, transformatorning 2-g'altagini A nuqtasiga boradi. Demak, ikkala yarim davrda ham yuklama qarshiligi - R_{10} dan bir tomonga qarab tok o'tadi.

To'g'rilagichning ko'prik chizmasi ana shu tartibda ishlaydi, uni ikki davrli to'g'rilagich deyiladi.

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Diodlar oilasini tushuntiring?
2. Hozirgi zamon elektronikasini qanday yarim o'tkazgichlarga asoslangan?
3. Elektr filtrlari turlarini sanang?
4. Yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlarni asosiy ulanish chizmalari qanday?
5. To'g'rilagichlarning vazifasi nima?
6. To'g'rilagichlarning FIK nima?

13 -bob Fotodiodlar. Qurilma, qurilmaning ishlash printsipti

13.1 Fotodiodning strukturaviy sxemasi, ishlash rejimlari

13.2 Asosiy tavsiflari va parametrlari(xususiyatlari)

13.1 Fotodiodning strukturaviy sxemasi, ishlash rejimlari

Oddiy fotodiod an'anaviy yarimo'tkazgichli diod bo'lib, u $p-n$ birikmasida optik nurlanishga ta'sir qilish qobiliyatini ta'minlaydi. Balanslangan holatda, nurlanish toki 100% bo'lmaganda, fotodiodning tashuvchisi konsentratsiyasi, potensial taqsimoti va energiya diagrammasi oddiy $p-n$ tuzilishiga 100% mos keladi. $p-n$ -o'tish tekisligiga perpendikulyar yo'nalishda nurlanish ta'sirida, noqonuniy zonaning kengligidan kattaroq energiyaga ega bo'lgan fotonlarning yutilishi natijasida n -hududda elektron-teshik juftlari paydo bo'ladi. Bu elektronlar va teshiklar deyiladi foto tashuvchilar. Fototashuvchilarning n -mintaqasiga chuqur tarqalishi paytida elektronlar va teshiklarning ko'pchiligi rekombinatsiya qilish va $p-n$ o'tish chegarasiga etib borish uchun vaqt topa olmaydi. Bu yerda fototashuvchilar $p-n$ o'tishning elektron maydoniga bo'linadi, teshiklar esa p -mintaqasiga o'tadi va elektronlar o'tish maydonini engib o'tolmaydi va $p-n$ -o'tish va n - chegarasida to'planadi. mintaqa. Shunday qilib, $p-n$ birikmasi orqali tok ozchilik tashuvchilari - teshiklarning siljishi bilan oqlanadi. Fototashuvchilarning drift toki fototok deyiladi.

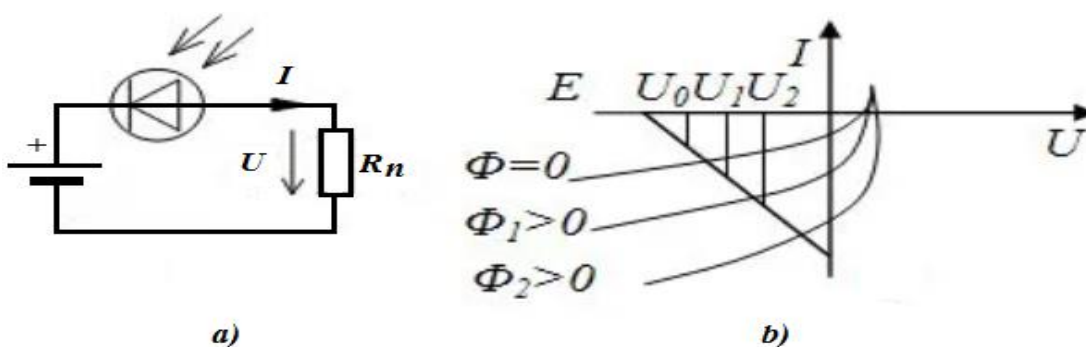
Fototashuvchilar - teshiklar p -mintaqasini n -hududga nisbatan musbat, fototashuvchilar - elektronlar - n -mintaqani p -mintaqasiga nisbatan manfiy zaryad

qiladi. Olingan potentsial farq foto-EYuK E_f deb ataladi. Fotodiodda hosil bo‘lgan tok teskari bo‘lib, u katoddan anodga yo‘naltiriladi, uning qiymati qanchalik katta bo‘lsa, yorug‘lik shunchalik ko‘p bo‘ladi. Fotodiodlar 2 rejimdan birida ishlashi mumkin - elektron energiyaning tashqi manbaisiz (fotogenerator rejimi) yoki elektron energiyaning tashqi manbai (fotokonvertor rejimi).



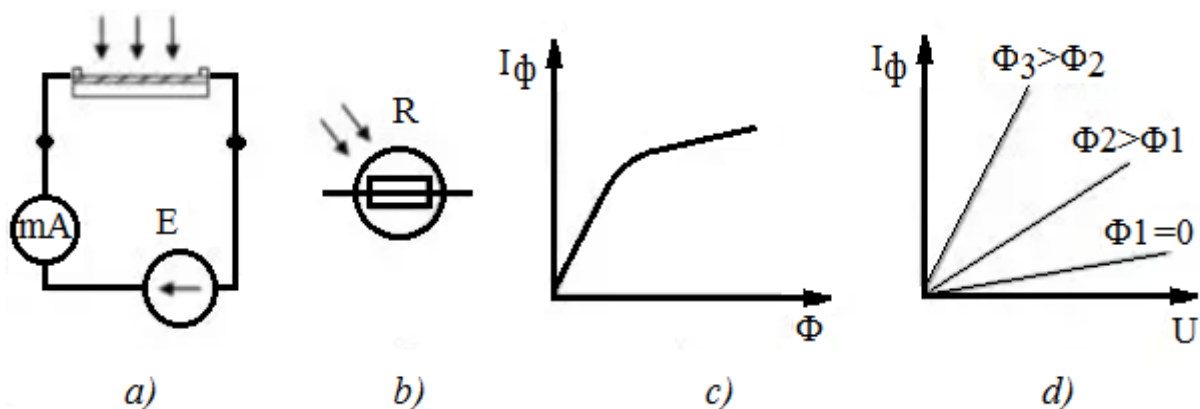
13.1–rasm.Fotodiodning tashqi ko‘rinishlari

Fotogenerator rejimida ishlaydigan fotodiodlar ko‘pincha quyosh nurlanishining energiyaning elektronga o‘zgartiradigan quvvat manbalari sifatida ishlatiladi. Ular chaqiriladi quyosh xujayralari va kosmik kemalar va sun‘iy yo‘ldoshlarda ishlatiladigan quyosh batareyalarining bir qismidir. Silikon quyosh xujayralarining samaradorligi taxminan 20% ni tashkil qiladi, plyonkali quyosh batareyalari uchun esa bu juda muhimroq bo‘lishi mumkin. Quyosh xujayralarining zarur texnik parametrlari ularning chiqish quvvatining quyosh batareyasi egallagan massa va maydonga nisbati. Ushbu xususiyatlar mos ravishda 200 Vt/kg va 1 kVt/m² qiymatlarga erishadi. Fotodiod fotokonvertatsiya rejimida ishlaganda, quvvat manbai E blokirovka yo‘nalishi bo‘yicha kontaktlarning zanglashiga olib kesiladi (rasm, a). Fotodiodning I - V tavsifining teskari shoxlari turli yorug‘lik darajalarida qo‘llaniladi (rasm, b).



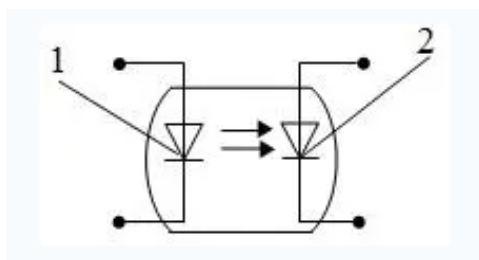
**13.2–rasm.Fotodiodni fotokonversiya rejimida yoqish sxemasi:
a - kommutatsiya sxemasi, b - fotodiodning VAT**

R_n yuk qarshiligidagi tok va kuchlanish fotodiodning I - V tavsifining kesishish nuqtalari va R_n rezistorining qarshiligiga mos keladigan yuk zonasi bilan grafik tarzda aniqlanishi mumkin. Yoritish bo‘lmasa, fotodiod an’anaviy diod rejimida ishlaydi. Germaniy fotodiodlari uchun qorong‘u tok 10 - 30 mkA, silikon fotodiodlar uchun 1 - 3 mkA. Agar yarimo‘tkazgichli zener diodlarda bo‘lgani kabi, zaryad tashuvchilarning ko‘chki ko‘payishi bilan birga fotodiodlarda teskari elektron buzilish ishlatilsa, u holda fototok va shunga mos ravishda sezgirlik sezilarli darajada oshadi. Sezuvchanlik ko‘chki fotodiodlari an’anaviy fotodiodlardan (germaniy uchun - 200 - 300 marta, kremniy uchun - 104 - 106 marta) kattaroq bir necha buyurtma bo‘lishi mumkin. Ko‘chki fotodiodlari tez ishlaydigan fotovoltaiq qurilmalar bo‘lib, ularning chastota spektri 10 gigagerts ga yetishi mumkin. Ko‘chki fotodiodlarining kamchiliklari oddiy fotodiodlarga nisbatan yuqori shovqin darajasidir.



13.3–rasm. Fotorezistorning fotorezistorini (a), UGO (b), energiya (c) va tok kuchlanish (d) xususiyatlarini yoqish sxemasi

Fotodiodlardan tashqari, fotorezistorlar (13.3-rasm), ichki fotoelektr effektidan foydalanadigan fototranzistorlar va fototiristorlar qo‘llaniladi. Ularning mos keladigan kamchiliklari eng yuqori inersiyadir. Fototranzistorning konstruksiyasi oddiy tranzistorga o‘xshaydi, uning ichida taglik yoritilishi mumkin bo‘lgan oyna mavjud. UGO fototranzistori - 2 ta o‘qli tranzistor unga yo‘naltirilgan. LEDlar va fotodiodlar ko‘pincha juftlikda ishlatiladi. Bularning barchasi bilan ular bitta korpusga shunday joylashtirilganki, fotodiodning fotosensitiv maydoni LEDni chiqarish maydoniga qarama-qarshi joylashgan. LED-fotodiod juftlarini ishlatadigan yarimo‘tkazgichli qurilmalar optokuppler deb ataladi (13.4-rasm).



13.4–rasm. Optojuftlik: 1 - LED, 2 - fotodiod

Bunday qurilmalardagi kirish va chiqish zanjirlari hech qanday tarzda elektr bilan bog‘lanmagan, chunki signal optik nurlanish orqali uzatiladi.

Fotodiodning ishlash printsipti yarimo‘tkazgichli fotodiod yarimo‘tkazgichli diod bo‘lib, uning teskari toki yorug‘likka bog‘liq. Odatda, fotodiod sifatida tashqi quvvat manbai tomonidan teskari yo‘nalishda yo‘naltirilgan *p-n* birikmasi bo‘lgan yarimo‘tkazgichli diodlar ishlatiladi. Yorug‘lik kvantlari *p-n* o‘tish joyida yoki unga tutash hududlarda so‘rilsa, yangi zaryad tashuvchilar hosil bo‘ladi. Diffuziya uzunligidan oshmaydigan masofada *p-n* o‘tish joyiga tutash hududlarda paydo bo‘lgan ozchilik zaryad tashuvchilar *p-n* o‘tish joyiga tarqaladi va elektr maydoni ta‘sirida u orqali * o‘tadi. Ya‘ni, yoritilganda teskari tok kuchayadi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri *p-n* birikmasida kvantlarning yutilishi shunga o‘xshash natijalarga olib keladi. Teskari tok kuchayadigan miqdorga fototok deyiladi.

13.2 Asosiy tavsiflari va parametrlari(xususiyatlari)

Fotodiodning xususiyatlarini quyidagi xususiyatlar bilan tavsiflash mumkin: Fotodiodning joriy kuchlanish tavsifi yorug‘lik oqimining doimiy yorug‘lik oqimidagi va I_t qorong‘i oqimdagi kuchlanishga bog‘liqligidir. Fotodiodning yorug‘lik tavsifi fototokning yorug‘likka bog‘liqligi bilan aniqlanadi. Yoritish kuchayishi bilan fototok kuchayadi. Fotodiodning spektral tavsifi fototokning fotodiodga tushayotgan yorug‘likning to‘lqin uzunligiga bog‘liqligidir. Uzoq to‘lqin uzunliklari uchun tarmoqli bo‘shlig‘i bilan, qisqa to‘lqin uzunliklarida esa katta yutilish koeffitsienti va yorug‘lik kvantlarining to‘lqin uzunligining pasayishi bilan zaryad tashuvchilarning sirt rekombinatsiyasi ta‘sirining kuchayishi bilan aniqlanadi. Ya‘ni, qisqa to‘lqin uzunligi sezgirlik chegarasi asosiy qalinligi va sirt rekombinatsiya tezligiga bog‘liq. Fotodiodning spektral tavsifidagi maksimalning pozitsiyasi yutilish koeffitsientining o‘shish darajasiga kuchli bog‘liq.

Vaqt konstantasi - bu yorug‘likdan keyin yoki fotodiodning barqaror holat qiymatiga nisbatan e (63%) koeffitsienti bilan qoraygandan keyin fotodiod tokining o‘zgarishi vaqti. Qorong‘i qarshilik - yorug‘lik yo‘qligida fotodiodning qarshiligi. Integral sezuvchanlik quyidagi formula bilan aniqlanadi: bu yerda I_f -

fototok, f - yorug'lik. Inertsia qat'iylikka ta'sir qiluvchi uchta jismoniy omil mavjud: 1. muvozanatsiz tashuvchilarning diffuziya yoki drift asosi bo'ylab o'tish vaqti t ; 2. $p-n$ tutashuvi orqali uchish vaqti t ; 3. RC 6 vaqt doimiysi bilan tavsiflangan $p-n$ o'tish joyining to'siqni sig'imini qayta zaryadlash vaqti. Teskari kuchlanish va tayanchdagi aralashmalar konsentratsiyasiga bog'liq bo'lgan $p-n$ birikmasining qalinligi odatda 5 mkm dan kam, ya'ni m 0,1 ns. RC 6 $p-n$ birikmasining to'siqli sig'imi bilan belgilanadi, bu tashqi kontaktlarning zanglashiga olib keladigan past yuk qarshiligida fotodiod bazasining kuchlanishiga va qarshiligiga bog'liq. RC 6 odatda bir necha nanosoniyadir.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Fototashuvchilar nima?
2. Fotogenerator rejimida ishlaydigan fotodiodlar
3. Fotodiodning xususiyatlarini tavsiflang?
4. Vaqt konstantasini tushuntiring?

14 -bob Svetodiodlar(Yoritish diodlari). Qurilma, qurilmaning ishlash prinsipi

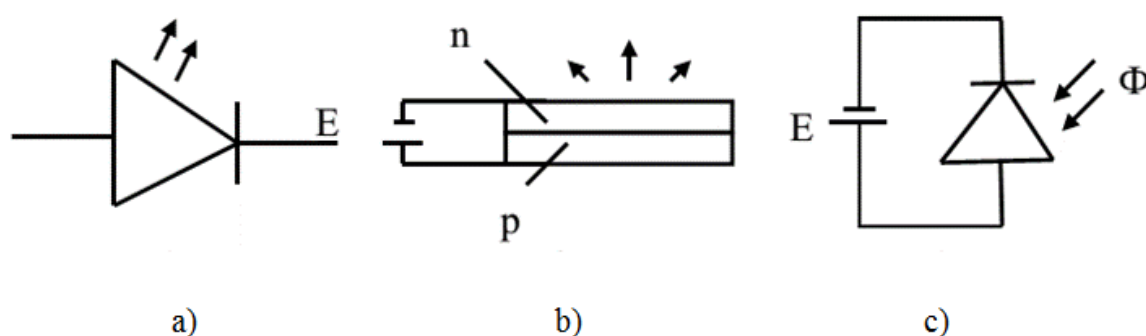
14.1 Svetodiodlar(Yoritish diodlari) strukturaviy sxemasi, ish rejimlari

14.2 Asosiy tavsiflari va parametrlari(xususiyatlari)

14.1 Svetodiodlar(Yoritish diodlari) strukturaviy sxemasi, ish rejimlari

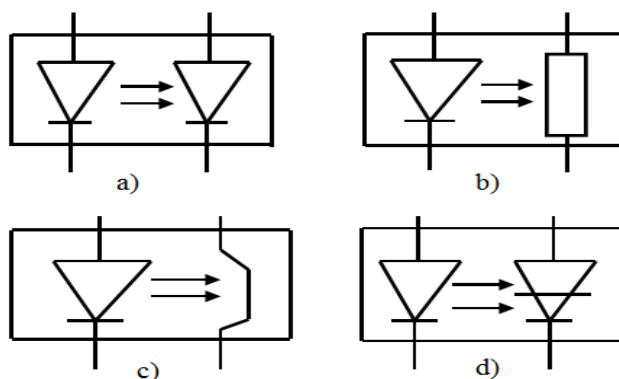
Svetodiod (yorug'lik diodi) **arsenit-fosfid-galiy** asosida yasaladi. Svetodiod orqali tok o'tganda u o'zidan yorug'lik chiqaradi. Svetodiodni shartli belgilanishi va ulanishi quyidagi rasmda keltirilgan.

Bir necha milliampere tokda svetodiod aniq tovlanadi. Yiltirash to'g'ri tokka proporsional bo'ladi. Shuning uchun ulardan yarimo'tkazgichli asboblarda indikatsiya elementi sifatida foydalaniladi. Mabodo bitta g'ilofga svetodiod (yorug'lik tarqatuvchi) va fotorezistor elementi (yorug'lik qabul qiladigan), xolda masalan, fotorezistor joylashtirilsa, zanjirlarni to'la golvaniq ajratgan xolda kirish tokini chiqish tokiga aylantirish mumkin bo'ladi.



14.1–rasm. Svetodiodni shartli belgilanishi a), b) va ulanishi sxemasi c)

Bunday optoelektrik elementlar optronlar deb ataladi. Optronlarda tokni uzatish koeffitsenti 0,1 dan bir-necha minggacha birlikni tashkil qiladi. Optronlarni shartli belgilari 108-rasmda keltirilgan.



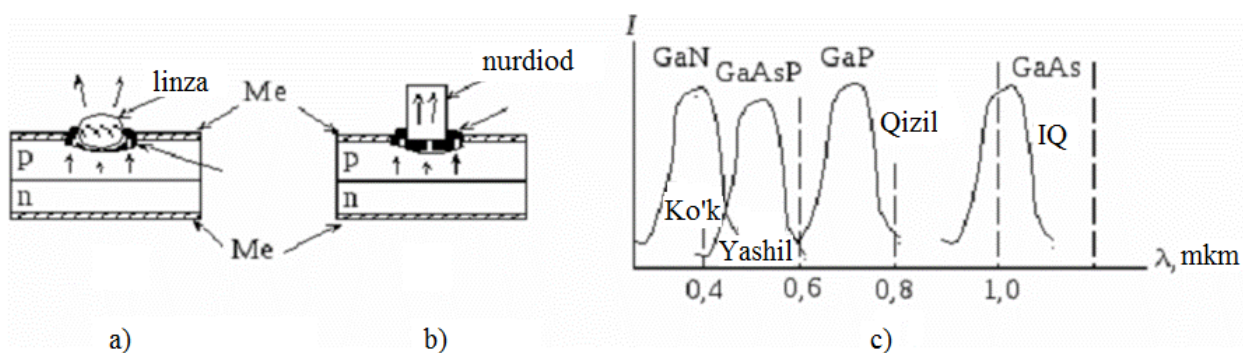
14.2–rasm. Optronlar. a) diodli, b) rezistorli, c) tranzistorli, d) tiristorli

Optron asboblari deb, u yoki boshqa ko‘rinishda o‘zaro aloqani oshiruvchi nurlanish manbai va qabul qilgichga (yorug‘lik nurlagich va fotoqabulqilgich) ega bo‘lgan yarimo‘tkazgichli asbobga aytiladi. Har qanday optronlarni ishlash prinsipi quidagilarga asoslangan. Nurlagichda elektr signal energiyasi yorug‘likka, fotoqabulqilgichda esa, uni teskarisi yorug‘lik signali elektr signaliga o‘zgaradi. Amalda tarqalgan optronlar bo‘lib, qaysiki unda nurlagichdan fotoqabulqilgichga tomon to‘g‘ri optik aloqaga ega bo‘lganlari bo‘lib, bunda elementlar orasidagi hamma ko‘rinishidagi elektr aloqalar bo‘lmaydi. Optik aloqani mavjudligi kirish (nurlagich) va chiqish (fotoqabulqilgich) orasidagi elektr izolyasiyani ta‘minlaydi. Shunday qilib, bunday asbob elektron zanjirlarda aloqa elementi funksiyasini bajaradi, shu bilan bir vaqtda kirish va chiqish elektr (galvanik) yechimi amalga oshirilgan. Optoelektron asboblarni qo‘llanilishi yetarlicha turli: apparat bloklari aloqasi uchun, qaysiki ular orasida ancha katta potentsiallar farqi bo‘ladi; o‘lchash qurilmalarini kirish zanjirlarini shundan himoyalash uchun va yuqori kuchlanishli zanjirlarni sozlash, optik, kontaktsiz boshqarish, quvvatli tiristorlar, simistorlarni ishga tushirish, elektromexanik releli qurilmalarni boshqarishlar kiradi. “Uzun” optronlarni (optik kanal sifatida uzun ingichka optik-tolali asboblari) yaratilishi optron texnika maxsulotlarini qo‘llashni mutlaqo yangi yo‘nalish-optik tola bo‘yicha masofaviy aloqani ochdi. Optoelektron asboblari sop radiotexnik sxemalar modulyasiyasi, kuchayishni avtomatik boshqarish va boshqalarda qo‘llaniladi. Bu yerda optik kanalga ta‘sir natijasida sxemani optimal rejimga o‘tkazish uchun, kontaktsiz rejimni sozlash va shunga o‘xshashlardan foydalaniladi.

14.2 Asosiy tavsiflari va parametrlari(xususiyatlari)

Optronlarda ancha keng universal ko‘rinishdagi nurlagichlardan biri yarimo‘tkazgichli ijeksion yorug‘liknurluvchi diod-yorug‘diod hisoblanadi. Uni afzalliklari quyudagilarga bog‘liq: elektr energiyasini optikka aylantirishda FIK ni yuqoriligi; nurlanish spektrini (kvazimonoxromatikligi) qisqaligi; turli yorug‘lik diodlari bilan keng spektral diapazonda yopilishi; nurlanishni yonalishligi; yuqori tezkorligi; ta‘minlovchi kuchlanish va toklar qiymatlarini kichikligi; tranzistorlar va integral sxemalar bilan mosligi; to‘g‘ri tokni o‘zgartirish bilan nurlanish quvvatini modullashni soddaligi; impuls va uzluksiz rejimda ishlash mumkinligi; ancha keng kirish toklari diapazonida volt-amper tavsifini chiziqliligi; yuqori mustaxkam va chidamliligi; kichik o‘lchamliligi; mikroelektron maxsulotlari bilan texnologik mosligi. Yorug‘lik diodlari elektronlari va teshiklari rekombinasiyasi hisobiga elektr energiyasini yorug‘lik energiyasiga aylantiradi. Oddiy diodlarda elektronlari va teshiklari rekombinasiyasi issiqlik ajralishi bilan yuz beradi, yani yorug‘lik nurlanishsiz. Bunday rekombinasiya fononli deyiladi. Yorug‘lik diodlarda 39 rekombinasiya yorug‘lik nurlanish yuz berib, qaysiki fotonli deyiladi.

Odatda bunday nurlanish rezonansli va qisqa polosa chastotada yotadi. Nurlanishni to‘lqin uzunligini o‘zgartirish uchun tayorlangan yorug‘lik diodini materialini o‘zgartirish kerak, yoki ma’lum hollarda (ikki rangli yorug‘likdiodlar) yorug‘lik diod orqali to‘g‘ri tok o‘zgartiriladi. 109-a.b rasmlarda yorug‘likdiod qurilmasimi sxematik belgisi, 109-v rasmda esa uni nurlanish spektral tavsiflari berilgan. Ko‘zga ko‘rinadigan spektrda nurlaydigan yorug‘likdiodlarini tayorlash uchun fosfid galliy yoki qattiq eritma GaAsP dan foydalaniladi. IQ – diapazon yaqin uchun diodlar ko‘pincha kremniy, arsenid galiy yoki qattiq eritma GaAlAs lardan foydalaniladi.



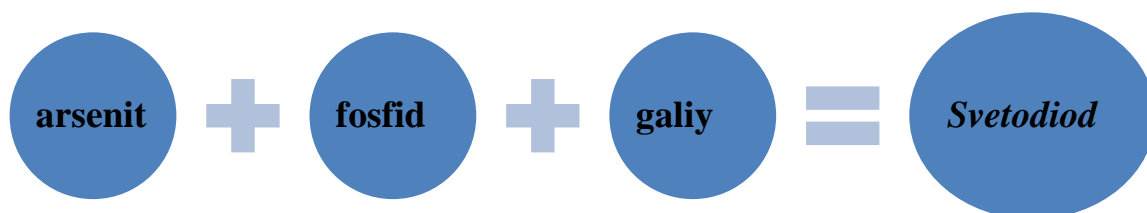
14.3–rasm. Yorug‘lik diod strukturalari (a,b) va spektral tavsiflar(c)

Yorug‘likdiodda injeksion lyuminsensiya mexanizmi uchta asosiy jarayonlardan iborat: yarimo‘tlazgichlarda nurlanish (va nurlanishsiz) rekombinasiyasi , yorug‘likdiod bazasiga ortiqcha asosiy bo‘lmagan zaryadlarni injeksiyasi va genarasiya sohasida nurlanishni chiqishi. Yarimo‘tkazgichda zaryad tashuvchilar rekombinasiyasi, eng muhimi, uni zona diagrammasi, tabiiy krishmalar va nuqsonlarni mavjudligi, muvozanat holatdagi buzulishlar darajasi bilan aniqlanadi. Optron nurlagichlarning asosiy materiallariga to‘g‘ri zonali yarimo‘tlazgichlar (GaAs va uning uchlik brikmalari GaAlAs va GaAsP) kiradi, yani bularda ruxsat etilgan zona–zona to‘g‘ri optik otishlar bo‘ladi . Zaryad tashuvchillarning har bir rekombinasiyasida bu sxema bo‘yicha kvant nurlanish bilan yuz beradi, to‘lqin uzunligi qaysiki energiyani saqlanish qonuni bo‘yicha quidagi munosabat bilan aniqlanadi.

$$\lambda_{nur}[mkm] = \frac{1.23}{\Delta E[eV]}$$

bu yerda- ΔE - man qilingan zona kengligi yoki sathdan nurlangan energiya. Biroq, nurlanish rekombinasiyasi bilan konkurensiyada nurlanishsiz reekombinasiya mexanizmlari mavjud bo‘lib, natijada ortiqcha energiya nurlanish ko‘rinishida emas, issiqlika aylanadi. Turli rekombinasiya mexanizmlarni nisbiy roli ichki chiqish nurlanish h_{ich} tushunchasini kiritish bilan ifodalanadi, bu nurlanish rekombinasiya

extimolligini to'la (nurlanish va nurlanishsiz) rekombinasiya extimologiga nisbatibilan (boshqacha aytganda generasiyalangan kvantlar sonini shu bilan injeksiyalabgan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar soniga) aniqlanadi. .Bu qiymat foydalaniladigan yorug'likdiod uchun materialni ahamiyatli tavsifi hisoblanadi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Svetodiod (yorug'lik diodi) nima?
2. Optron asboblari nima?
3. Yorug'lik diod strukturasi tushuntiring?
4. Spektral tavsif nima?

15 -bob Tranzistorlar. Bipolyar tranzistorlar

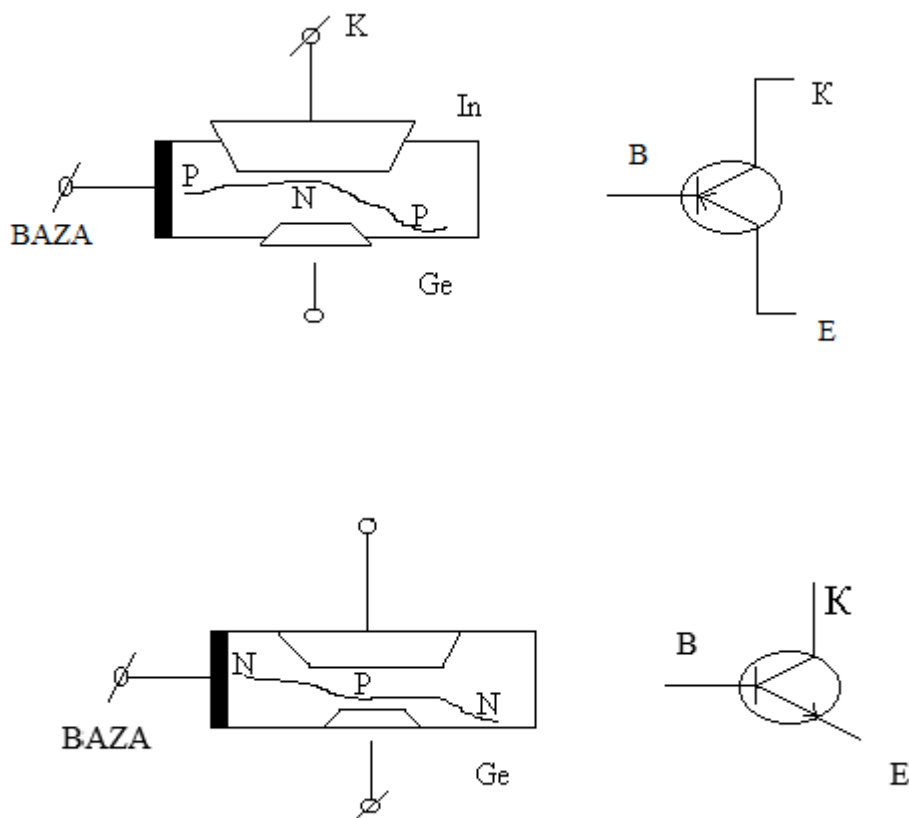
15.1 Yarim o'tkazgichli tranzistorlar haqida tushuncha

15.2 Qurilma va ishlash printsiipi

15.3 Ulanish sxemalari, ish rejimlari

15.1 Yarim o'tkazgichli tranzistorlar haqida tushuncha

Ikki elektron-teshik o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan, uch qatlamli yarim o'tkazgich asbob tranzistor deb ataladi. Bu asboblarni asosiy vazifasi elektr tebranishlarni kuchaytirish yoki generatsiyalashdan iborat. Oddiy *p-n-p* va *n-p-n* o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan bipolyar tranzistorlar quyidagi rasmlarda o'z aksini topgan (15.1-rasm).

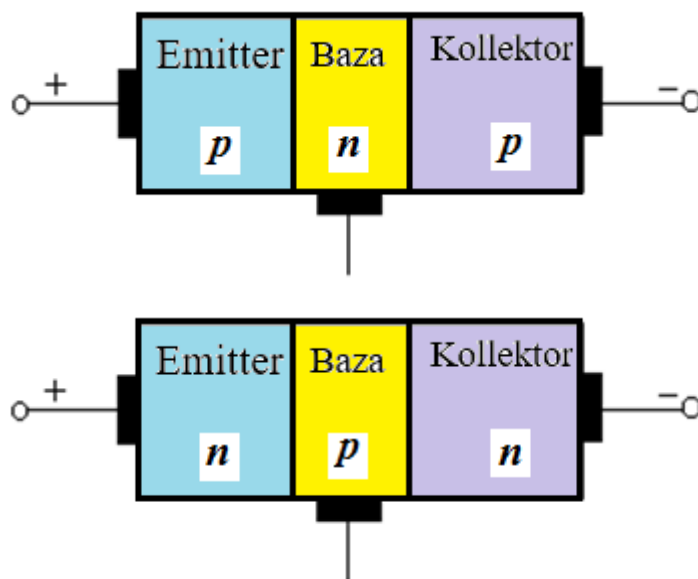


15.1–rasm. Tranzistorlar maksimal ishchi chastotaga qarab quyidagilarga bo'linadi

- ✓ Past chastotaga ishlaydigan tranzistorlar ularni chastota chegarasi $f = 3-30$ mGs :
- ✓ Yaqori chastotaga ishlaydigan tranzistorlar ularni chastota chegarasi $f = 30-300$ mGs :
- ✓ O'ta yuqori chastotaga ishlaydigan tranzistorlar ularni chastota chegarasi $f = 300$ mGs :

Bulardan tashqari qanday quvvatda ishlay olishiga qarab kichik quvvatli tranzistorlar $P=0,3$ Vt gacha; o'rtacha quvvatli tranzistorlar $P=0,3-3,0$ Vt gacha; va katta quvvatli tranzistorlar $P=3,0$ Vt dan yuqori quvvatlarga bo'linadilar.

Bipolyar tranzistorlar uchta chegaraviy muhitni o'z ichiga oladi va $p-n$ o'tish bilan ajratilgandir. O'rta chegaradagi elektr o'tkazuvchanlik ikki chekkadagi elektr o'tkazuvchanligiga qarama-qarshi holatda bo'ladi. Agar tranzistor $p-n-p$ strukturaga ega bo'lsa, n -soha baza bo'lib xizmat qiladi, $n-p-n$ strukturaga ega bo'lsa p -soha tranzistorning bazasi bo'ladi. 15.2- va 15.3- rasmlarga qarang.



15.2–rasm. Tranzistorlarning $p-n-p$ va $n-p-n$ ulanishlari tasviri

Tranzistordagi baza $p-n-p$ va $n-p-n$ qatlamlaridan o'tayotgan toklarni boshqarib turadi. Tranzistorlarning asosiy ko'rsatgichlaridan biri tok kuchaytirish koeffitsienti bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$\alpha = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E}; \quad U_E = const$$

bu yerda α - tranzistorlarning tok kuchaytirish koeffitsienti;

ΔI_K - kollektor toklarini o'zgarishi;

ΔI_E - emitter toklarini o'zgarishi;

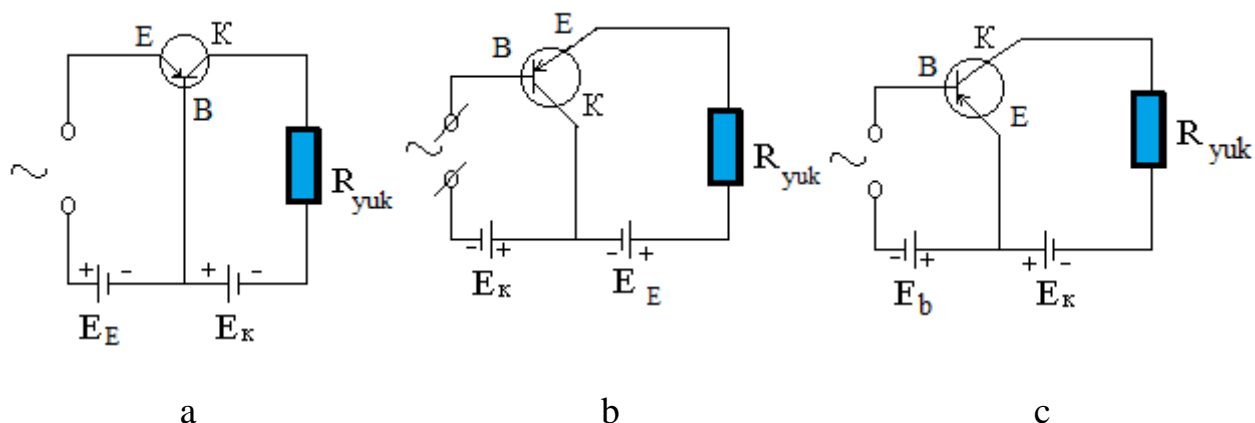
U_K - kollektordagi kuchlanish;

Tranzistorlarning tok kuchaytirish koeffitsienti $\alpha = 0,8 \div 0,98$ ga tengdir. Tranzistorning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti β muhim kattalik bo'lib quyidagicha aniqlanadi.

$$\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_b}; \quad U_E = const$$

Tranzistorlar elektr zanjiriga quyidagi uslubda ulanadi:

- 1) Yaxlit baza bo'yicha ulash a-rasm;
- 2) Yaxlit kollektor bo'yicha ulash b-rasm;
- 3) Yaxlit emitter bo'yicha ulash c-rasm;



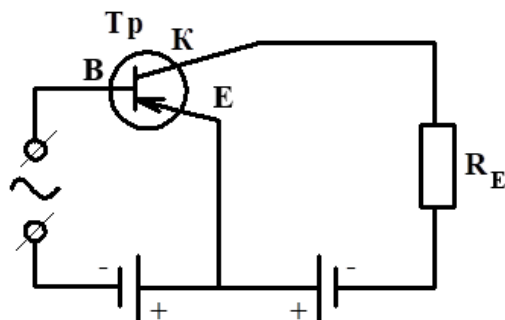
15.3–rasm. Tranzistorlarning elektr zanjiriga ulanish sxemalari

Tranzistorlarni c-rasmda ko'rsatilgandek umumiy emitter usulda ulashda quvvatni kuchaytirish koeffitsienti katta qiymat oladi; Amaliy elektronikada umumiy emitter chizmasi bo'yicha tranzistorlarni ulash keng tarqalgandir. Murakkab elektron qurilmalar hammasi shu chizma asosida yig'ilgandir.

15.2 Qurilma va ishlash printsiipi

Uch elektrodli vakuumli lampalar-triod deb ataladi, ular elektr signallarni boshqarish va kuchaytirish uchun ishlatiladi. Ana shu vazifani yarim o'tkazgichlarda-tranzistorlar bajaradi.

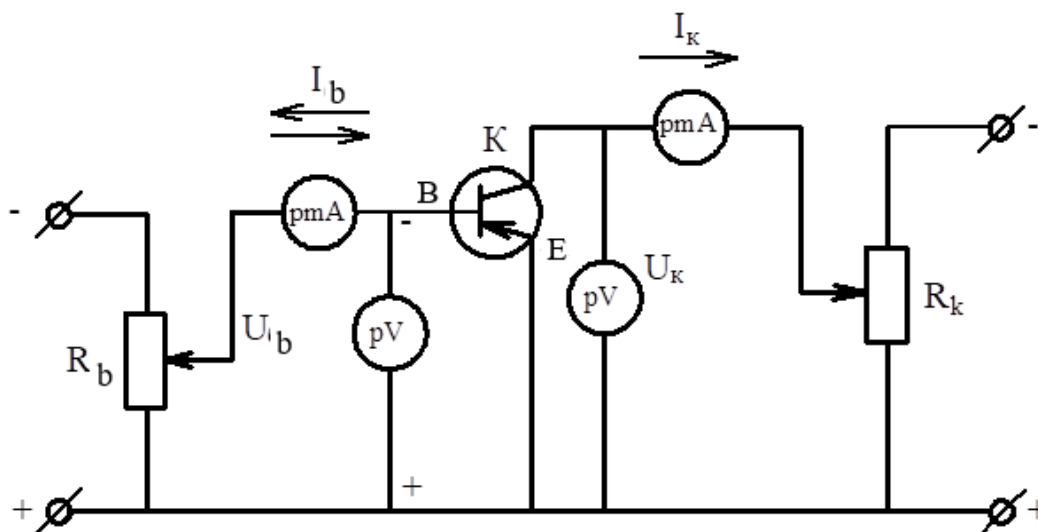
Elektr zanjirida tranzistorlarni umumiy elektr usulda ulansa quvvat bo'yicha eng katta kuchaytirish koeffitsienti olinadi. Tranzistorlarni umumiy emitter chizmasi quyidagicha bo'ladi.



15.4–rasm. Tranzistorlarni umumiy emitter chizmasi

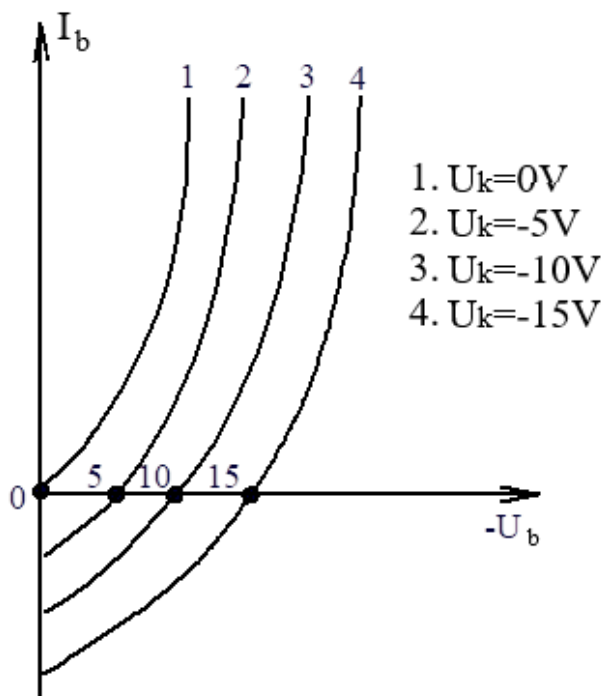
Bu chizma elektronika sohasida eng ko‘p qo‘llaniladi, uning kuchaytirish koeffitsienti o‘ta yuqoridir.

Tranzistorlarni umumiy emitter bo‘yicha ulab statik tavsifini olish mumkin. Statik tavsifni olish chizmasi (quyidagi 15.5-rasmda) ko‘rsatilgan.



15.5–rasm. Statik tavsifni olish chizmasi

Kollektordagi kuchlanish o‘zgarmas holda, bazadagi kuchlanishga qarab, baza toki o‘zgarishi mumkin, yani $U_k = const$ bo‘lganda $I_b = f(U_b)$. Bu yerda U_k - kollektordagi kuchlanish, I_b - bazadagi tok, U_b - bazadagi kuchlanish. Tranzistor bazasining statik tavsifi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi.



15.6–rasm. Turlicha U_k uchun statik tavsiflar oilasi

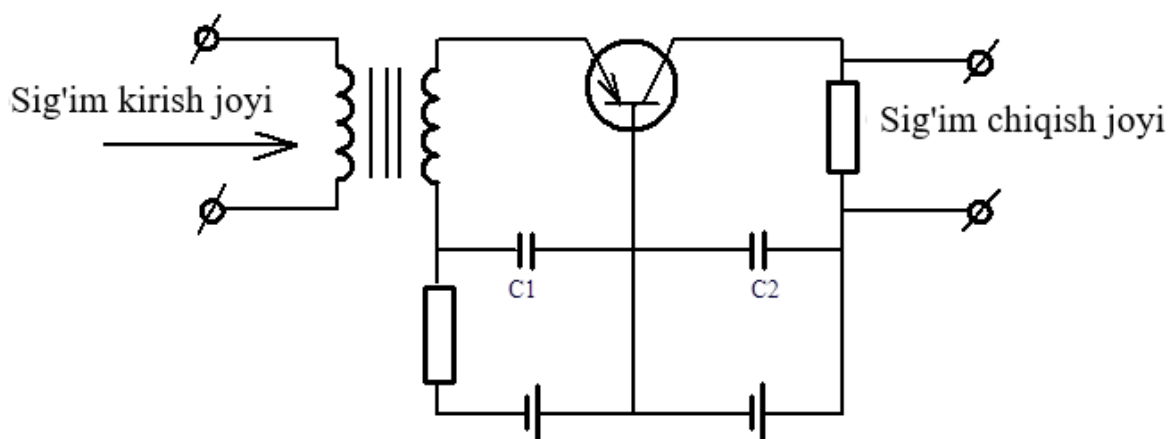
Bu $I_b - U_b$ bog'lanish tranzistorlarni statik tavsifini belgilaydi.

Agar kollektordagi U_k shirilsa, bazaning statik tavsifi o'zgaradi.

Kollektordagi tok kuchi $I_k = f(U_k)$ funksiyasi bo'lib qoladi va bazadagi I_b -tok kuchi o'zgarmas bo'ladi, yani $I_b = const$

Emitter bilan baza orasidagi **p-n** o'tishga to'g'ri kuchlanish berilganligi sababli emitterdan bazaga teshiklar o'ta boshlaydi. Teshiklarni qolgan qismi esa kollektor o'tishga etib borib, u orqali kollektorga o'tadi. Bu bilan kollektor o'tishdagi teskari tokni oqishiga olib keladi. Bazadan o'tayotgan elektr toki kollektorda generatsiyalangan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar hisobiga hosil bo'ladi.

Emitter hamma vaqt kollektorga nisbatan yuqori legirlangan bo'lganligi tranzistorning kuchaytirgich sifatida foydalanish imkonini beradi. **p-n-p** strukturali tranzistordan foydalanib elektr signallarni kuchaytirgichni chizmasi (quyidagi 15.7-rasmda) ko'rsatilgan.



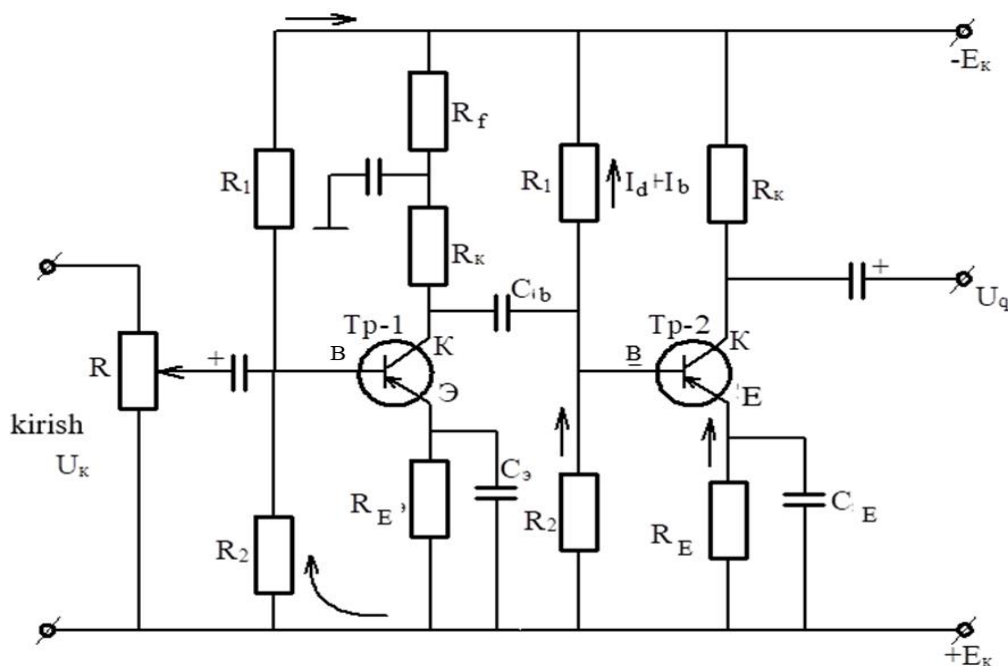
15.7–rasm. Elektr signallarni kuchaytirgichning chizmasi

Elektr signallar kirish qismiga kuchaytirilishi zarur bo'lgan signal berilsa, chiqish qismidan esa shu signalning kuchaytirilgan qiymati olinadi.

Bu tranzistorlar bilan kuchlanishni va quvvatni kuchaytirish imkoni mavjud bo'lib ularga batafsil to'xtaymiz.

a) Kuchlanishni tranzistorlar bilan kuchaytirish usullari.

Tranzistorlar asosida qurilgan kuchlanish kuchaytirgichlari qarshilikli va transformatorli kuchaytirgichlarga bo'linadi. Quyidagi 15.8–rasmda ikki kaskadli qarshilikli kuchlanish kuchaytirgichi ko'rsatilgan.



15.8–rasm. Ikki kaskadli qarshilikli kuchlanish kuchaytirgichi sxemasi

Kuchaytirgichning ishlash prinsipi quyidagicha:

Kuchaytirgich kirish qismiga elektr signal berilmagan vaqtda tranzistorning baza va kollektor zanjiridar hamda kuchlanish qiymatini bo‘luvchi R_1 va R_2 qarshiliklardan o‘zgarimas tok oqib o‘tadi. Tranzistor bir maromda benuqson ishlashi uchun emitterga ulangan R_E -qarshiligida hosil bo‘lgan avtomatik siljirilgan kuchlanish R_2 - qarshiligi orqali tranzistor bazasiga beradi.

Bu kuchlanish –“ U_b ” quyidagi ifoda yordamida topiladi.

$$U_b = U_{R_2} - U_{R_E}$$

Tranzistor kollektordagi kuchlanishi quyidagicha aniqlanadi

$$U_k = E_k - (I_k R_k - I_E R_E)$$

bu yerda;

U_b –Moy tranzistor avtomatik siljirilgan kuchlanish (V)

U_{R_2} – Qarshilikdagi kuchlanish(V)

U_{R_E} –Emitter qarshilikdagi kuchlanish(V)

U_k – Kollektordagi kuchlanish(V)

E_k – Manba kuchlanishi(V)

$I_k; I_E$ –Kollektor va emmittordan o‘tayotgan toklar (A)

$R_k; R_E$ –Kollektor va emmittorga ulangan qarshiliklar (Om)

Agar zanjirni kirish qismiga U_k signal berilsa o'zgaruvchan qarshilik (reostat-R)dan o'tib T_1 tranzistorning bazasiga boradi. T_1 tranzistorning bazasidagi kuchlanish baza tokini o'zgarishi hisobiga kollektordagi tok ham o'zgaradi. Kollektor zanjiriga ulangan R_2 qarshilikda o'zgaruvchan tok tashkil etuvchisi oshib kuchlanish pasayadi. Kuchlanish pasayishi Ohm qonuni orqali topiladi.

$$U = I_k \cdot R_k$$

Bu kuchlanish- " U " C_b -kondensatordan o'tib T_2 tranzistorga boradi. S_b -ikkinchi T_2 tranzistor bazasiga T_1 -Tranzistor kollektordagi kuchlanishning faqat o'zgaruvchan tashkil etuvchisini o'tkazish uchun xizmat qiladi. Ana shu tajribada tranzistor kuchaytirgichi ishlaydi.

Elektr signallarni kuchaytirish yo'li bilan har xil qurilmalarni ishlatish, to'xtatish, yurg'izish mumkin. Tranzistor ana shu maqsadlar uchun xolis xizmat qiladigan yagona elektron yarim o'tkazgich qurilmadir.

Yarim o'tkazgichli asboblardan biri bo'lgan tranzistorlar radioelektronikada ko'p ishlatiladi. Uni uchta elektrodi bor. 1-Baza; 2-Emitter; 3-Kollektor;

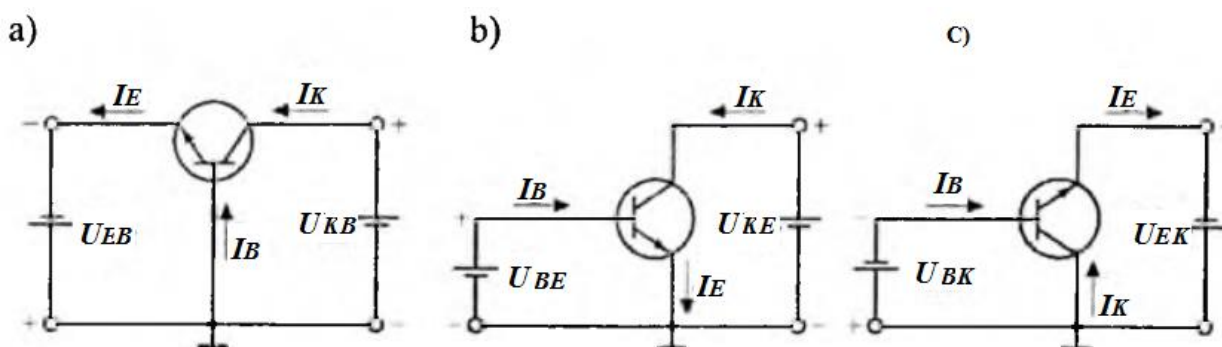
Tranzistor elektr signallarni kuchaytiruvchi asbob hisoblanadi. Agar tranzistorning baza-emitter zanjirida kuchsiz tok berilsa tranzistor bu kuchsiz tokni o'nlab, xatto yuz marta oshirib bera oladi. Kuchaygan tok tranzistorning kollektor- emitter zanjiri orqali oqib o'tadi. Qiymati bir necha marta oshirilgan tok tranzistorni kollektor – emitter zanjiri orqali oqib o'tadi. Tranzistor o'z kollektoridan o'tkazishi mumkin bo'lgan tok miqdoriga bog'liq bo'lgan holda uchta kichik-o'rta-yuqori quvvatli tranzistorlarga bo'linadi. Bundan tashqari bu yarim o'tkazgichli asboblarda $p-n-p$ va $n-p-n$ elektr o'tkazuvchanlik xossalriga ham ega. Yarim o'tkazgich material qatlamlarining joylashish tartibi turlicha (yarim o'tkazgichli diodga bu qatlam ikkita bo'lsa tranzistorlarga bu qatlam uchta) bo'lgani tufayli tranzistorlar strukturalari bo'yicha shunday turlarga bo'linadi, lekin ular turli strukturali bo'lgani bilan turlicha kuchaytirishga ega deb o'ylamang. Kuchaytirishga bu tuzulishni xech daxli yo'q.

Tranzistorning kuchaytirish qobiliyati uning tok uzatish statik koeffitsientiga bog'liq. Bu koeffitsient juda muhim bo'lib kuchaytirish talab etilgan parametrlarni rostdash uchun xizmat qiladi.

15.3 Ulanish sxemalari, ish rejimlari

Bipolyar tranzistorlarda elektrodlar uchta bo'lgani sababli, uch xil ulanish sxemalari mavjud: **umumiy baza (UB)** , **umumiy emitter (UE)** , **umumiy kollektor (UK)**. Bunda BT elektrodlaridan biri sxemaning kirish va chiqish zanjirlari uchun umumiy, uning o'zgaruvchan tok (signal) bo'yicha potentsiali esa

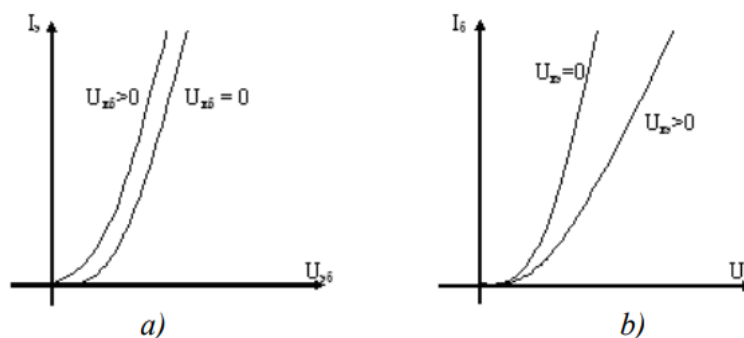
nolga teng qilib olinadi. Bipolyar tranzistorning quyidagi 15.9–rasmda keltirilgan ulanish sxemalari aktiv rejimga mos.



15.9–rasm. Bipolyar tranzistorning statik rejimda umumiy baza (a), umumiy emitter (b) va umumiy kollektor (c) ulanish sxemalari

Kuchlanish manbai qutblari va tranzistor toklarining yo‘nalishi tranzistorning aktiv rejimga mos keladi. Umumiy baza ulanish sxemasi qator kamchiliklarga ega bo‘lib, juda kam ishlatiladi. Har bir ulanish uchun statik tavsiflar oilasi ma‘lumotnomalarda keltiriladi. Eng asosiylari bo‘lib tranzistorning kirish va chiqish tavsiflari hisoblanadi. Qolgan tavsiflar kirish va chiqish tavsiflaridan hosil qilinishi mumkin. Umumiy baza sxemasi uchun kirish statik tavsifi bo‘lib $U = \text{const}$ bo‘lgandagi $I = f(U)$ bog‘liqlik, U sxemasi uchun esa $U = \text{const}$ bo‘lgandagi $I = f(U)$ bog‘liqlik hisoblanadi.

Kirish tavsiflarining umumiy xarakteri odatda to‘g‘ri yo‘nalishda ulangan $p-n$ bilan aniqlanadi. Shu sababli tashqi ko‘rinishiga ko‘ra kirish xarakteristiklari eksponensial xarakterga ega (quyidagi 15.10–rasm).



15.10–rasm. Bipolyar tranzistorlarning tavsiflari

Bipolyar tranzistorlarning xususiy xossalari asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilarning baza orqali uchib o‘tish vaqti va o‘tishlarning to‘siq sig‘imlarining qayta zaryadlanish vaqti bilan aniqlanadilar. Juda kichik kirish signallari va aktiv ish rejimi uchun bipolyar tranzistorni chiziqli to‘rtqutblik ko‘rinishida ifodalash mumkin va bu tortqutblikni biror parametrlar tizimi bilan belgilash mumkin. Bu parametrlarni h -parametrlar deb atash qabul qilingan.

Ularga quyidagilar kiradi: h_{11} – chiqishda qisqa tutashuv bo‘lgan vaqtdagi tranzistorning kirish qarshiligi; h_{12} – uzilgan kirish holatidagi kuchlanish bo‘yicha teskari aloqa koefitsienti; h_{21} – chiqishda qisqa tutashuv bo‘lgan vaqtdagi tok bo‘yicha kuchaytirish (uzatish) koefitsienti; h_{22} – uzilgan kirish holatidagi tranzistorning chiqish o‘tkazuvchanligi. Barcha h – parametrlar oson va bevosita o‘lchanadi. Elektronika bo‘yicha avvalgi adabiyotlarda kichik signalli parametrlarning chastotaviy bog‘liqliklariga juda katta e‘tibor qaratilgan. Hozirgi vaqtda 10 GGs gacha bo‘lgan chastotalarda normal ishni ta‘minlaydigan tranzistorlar ishlab chiqarilmoqda. Bunday xollarda talab qilinayotgan chastota tavsiflarini olish uchun ma‘lumotnomadan kerakli tranzistor turini tanlash kerak.

Bipolyar tranzistorli elektron kalit sxemalar

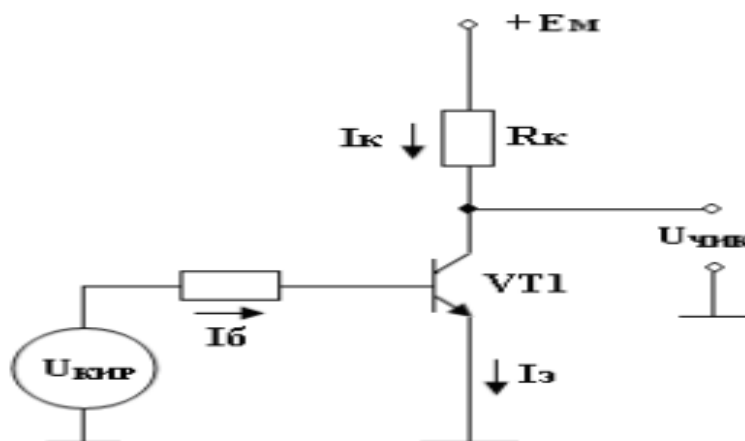
Bipolyar tranzistorda yasalgan sodda kalit sxemasi 15.1 – rasmda keltirilgan. Yuklama qarshiligi R_K emitteri umumiy shinaga ulangan tranzistorning kollektor zanjiriga ulangan. Kalit ikkita turg‘un holatga ega bo‘lishi kerak: ochiq va berk. Ochiq kalit holatiga tranzistorning to‘yinish yoki aktiv ish rejimi, berk holatga esa - berkilish rejimi mos keladi. Agar tranzistor bazasiga manfiy kuchlanish berilsa ($U_{kir} < 0V$), u holda emitter va kollektor o‘tishlar teskari yo‘nalishda ulangan bo‘ladi, ya‘ni berk holatda bo‘ladi. Bu vaqtda tranzistor kollektor tokining berkilish rejimida ishlaydi va kalit uzilgan holatda bo‘ladi. Berkilish rejimida tranzistor toklari mos ravishda

$$I_e \cong 0, I_k = I_{ko}, I_b = -I_{ko}.$$

Natijada tranzistor kollektoridagi kuchlanish

$$U_k = U_{chIQ} = E_m - I_{ko} * R_k \approx E_m.$$

Bo‘lib, yuklamaning manbadan uzilgan holatiga mos keladi (kalit uzilgan). Baza zanjirida R_b rezistor mavjud bo‘lganda tranzistor baza kuchlanishi



15.1–rasm. Bipolyar tranzistorda yasalgan sodda kalit sxemasi

$$U_b = U_{be} = -U_{kir} + I_{ko} * R_b.$$

Yuqori haroratlarda kalit I_{ko} qiymati keskin ortadi va natijada emitter o'tishdagi kuchlanish ham ortadi. Shu sababli berkilish rejimida tranzistor normal ishlashi uchun quyidagi shart bajarilishi kerak

$$- U_{kir} + I_{ko} * R_b \leq U_{bo's}$$

bu yerda, $U_{BO'S}$ – emitter o'tishdagi musbat kuchlanish U_{BE} bo'lib, ushbu qiymat ortsa tranzistor berk rejimdan aktiv rejimga o'tadi, ya'ni ochiladi. Integral texnologiyada bajarilgan kremniyli tranzistorlar uchun

$$U_{BO'S} = 0,5 \div 0,6 \text{ V}.$$

Agar $U_{KIR}=0$, u holda shart quyidagicha qayta yoziladi.

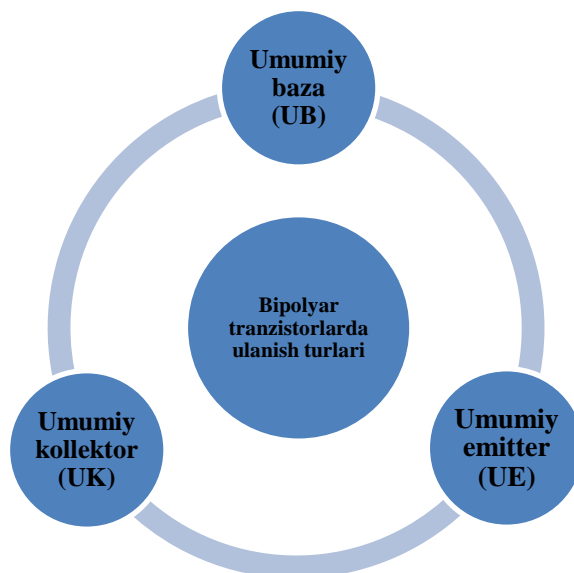
$$I_{ko} * R_b \leq U_{bo's}.$$

$U_{BO'S}=0,6 \text{ V}$ va $I_{K0}=1\text{mkA}$ deb faraz qilsak, u holda $R_{B,max}=0,6 \text{ MOm}$ ga teng bo'ladi. Kirishga $U_{KIR} \geq 0,7 \text{ V}$ (mantiqiy bir U^1) kuchlanish berilsa tranzistor aktiv yoki to'yinish rejimida ishlaydi (kalit ulangan).

Kalit rejimda tranzistorning aktiv ish rejimi ma'qullanmaydi, chunki yuklamadagi tok faqat yuklama R_k va manba kuchlanishi Y_{eM} kattaligi bilan emas, balki tranzistordagi kuchlanish pasayishi U_{KE} bilan ham aniqlanadi,

Shunday qilib, agar kalit kirishiga mantiqiy nol potentsiali berilsa, u holda uning chiqishida mantiqiy birga mos potensial hosil bo'ladi va aksincha, ya'ni bunday kalit invers sxema hisoblanadi va **invertor** deb ataladi.

Sxema iste'mol qilayongan tok ortsa, sig'implarning katta qayta zaryadlanish tezligi hisobiga qayta ulanish vaqti ortadi. Lekin bu vaqtda sxemaning iste'mol quvvati ortadi. Shu sababli o'rtacha kechikish vaqti qayta ulanish ishi $A_Q=R_{tK}$ deb ataluvchi kattalik bilan aniqlanadi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Tranzistorning vazifasi nima?
2. Tranzistorlarning asosiy ko‘rsatgichlari qaysilar?
3. Tranzistorlarni statik tavsifini tushuntiring?
4. Kuchaytirgichning ishlash prinsipi qanday?
5. Bipolyar tranzistorlarda ulanish sxemalari
6. Invertor nima?

16 -bob Maydoniy tranzistorlar

16.1 Maydoniy tranzistorlarning tuzilishi

16.2 $p-n$ boshqariladigan tranzistorlar va MDP tranzistorlar. Ulanish sxemasi

16.1 Maydoniy tranzistorlarning tuzilishi

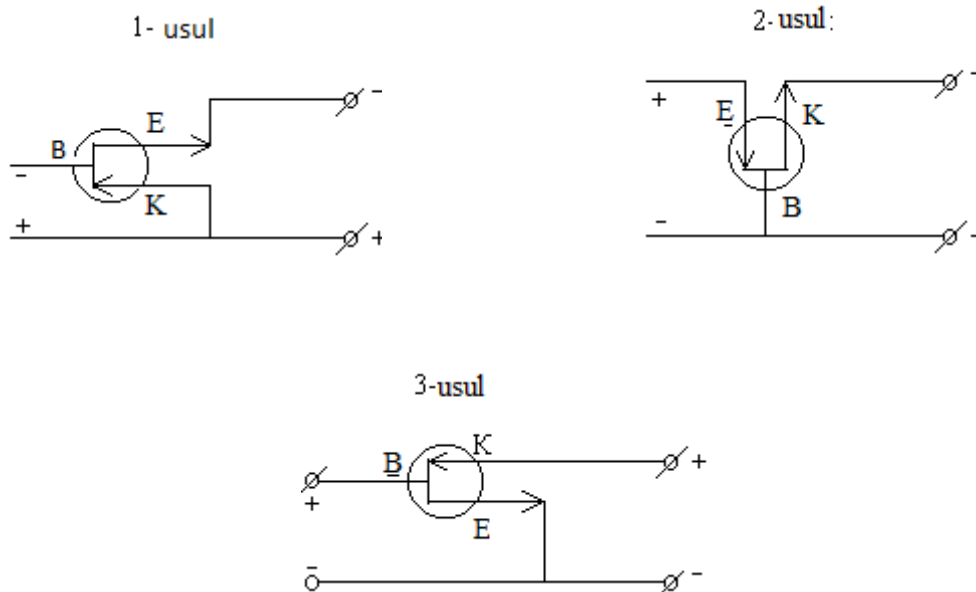
Maydon tranzistorlari radiotexnikada elektr signallarini generatsiyalash va uni kuchaytirishda keng qo'llanilmoqda. Zamonaviy ishlab chiqarilayotgan tranzistorlar asosan yassi tranzistorlardir. Bu tranzistorlar $p-n$ o'tish xossalariga asoslangan bo'lib $p-n-p$ yoki $n-p-n$ strukturalarga ega bo'ladi. Ularning qanday materialdan tayyorlanishiga qarab, bir-biridan farq qilishi mumkin. Maydon tranzistorlari uch guruhga bo'linadi.

1 guruh chastotasi – 3 MGs signallarda ishlaydi.

2 guruh chastotasi – 30 MGs signallarda ishlaydi.

3 guruh chastotasi – 120 MGs signallarda ishlaydi.

Uchta guruh tranzistorlari signallarni kuchaytirib boradi. Maydon tranzistorlari uch xil usulda elektr zanjiriga ulash mumkin.



16.1–rasm. Maydon tranzistorlarini zanjirga ulash chizmalari

Tranzistor B-bazasi signallarni boshqarish tur vazifasini; E-emitter katod vazifasini ya'ni elektron chiqarish vazifasini; K-kollektor anod vazifasini bajaradi.

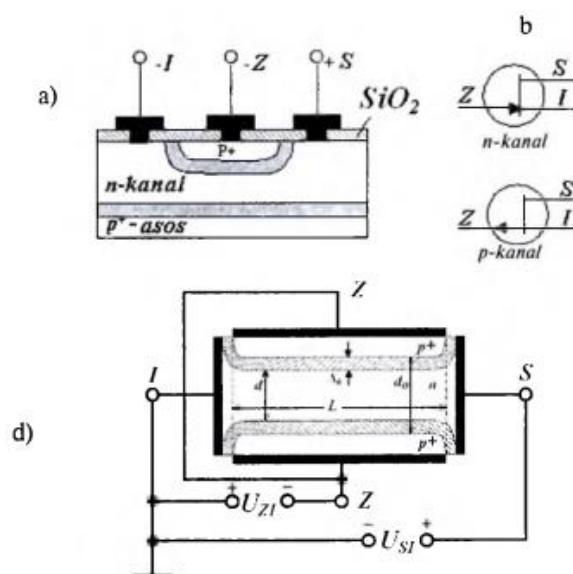
Tranzistorlar ichidan signal (tok) o'tishi vaqtida elektronlar va teshiklar harakatlanadi, ularning harakati yarim o'tkazgich moddalarning kristall panjaralarida bo'ladigan jarayonlar bilan chambarchas bog'liqdir.

Hozirgi zamonda tranzistorlarni yangi-yangi benuqson ishlaydigan, hajmi o'ta kichik, quvvati katta, issiqlikka chidamli va volt-amper tavsifi belgilangan talablarga to'liq javob beradigan qilib yaratilmoqda. Tranzistorlarni vakuum lampalarga nisbatan ancha afzalliklarga ega bo'lib, vakuum hosil qilish, cho'g'langan katod muhitini yaratish zaruriyati yo'qligi bu elektron asboblarning o'lchamlarini, og'irliklarini keskin kamaytirishga, mexanik mustahkamlikga erishishga, ishlash vaqtini ancha oshirishga imkon yaratadi, ular arzon turadi va foydalanish uchun ancha qulayliklar yaratadi.

Maydon tranzistorlari radiotexnika, energetika, avtomatika, telemexanika va elektron hisoblash texnikasining ba'zi sohalarida maydon tranzistorlari elektron vakuumli asboblarni ishlab chiqarishdan siqib chiqarilmoqda.

16.2 $p-n$ boshqariladigan tranzistorlar va MDP tranzistorlar. Ulanish sxemasi

Tuzilishi va ishlash prinsipi. $p-n$ o'tish bilan boshqariluvchi n - kanalli M T tuzilmasining ko'ndalang kesimi va uning shartli belgilanishi 16.2 -rasmda keltirilgan. Ikkita simmetrik zatvorli M Tnm g ishlash prinsipini ko'rib chiqamiz (16.2, d-rasm). Istok - stok orasidagi boshqariluvchi soha ingichka n - turli o'tkazuvchi kanalni tashkil etadi. Kanal yon tomonlari zatvor hosil qiluvchi ikkita p - yarim o'tkazgich sohalar bilan chegaralangan. Tranzistorda zatvor uzunligiga teng bo'lgan masofa - kanal uzunligi L , ikkita $p-n$ o'tishning fizik chegaralari orasidagi masofa bilan aniqlanuvchi kanalning texnologik qalinligi d_n va unga perpendikular yo'nalishdagi kanal kengligi d_b ataluvchi parametrlar bilan ifodalanadi. Tok o'tkazuvchi kanal kengligi nosim metrik $p-n$ o'tishlarning ($N_a \gg N_d$) kambag'allashgan sohalar orasidagi masofaga teng : $d = d_0 - 2A_0$, buyerda : d_0 - teskari siljirilgan $p-n$ o'tish kam bag'allashgan sohasi kengligi (shtrixlangan sohalar).



16.2–rasm. Ikkita simmetrik zatvorli maydoniy tranzistor

16.2-rasmda n - kanali p-n o'tish bilan boshqariluvchi MT tuzilmasining ko'ndalang kesimi (a), tranzistorlarning shartli belgilanishi (b) va ikkita simmetrik zatvorli MT tuzilmasi (d) tasvirlangan. Bu holda

$$\Delta_0 = \sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0}{qN_D}}(U_K - U_{ZI}) \quad (16.1)$$

Istok tomonda tok o'tkazuvchi kanal qalinligi (6.1) ni e'tiborga olgan holda

$$d = d_0 - 2\sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0}{qN_D}}(U_K - U_{ZI}) \quad (16.2)$$

ga teng bo'ladi. MTning ishlash prinsipi U_{ZI} va U_{SI} qiymatlari o'zgarganda p -n o'tish kam bag'allashgan sohalari kengligining o'zgarishiga asoslanadi. Bu esa o'z navbatid a, kanal sohasi kengligining, uning o'tkazuvchanligining va stok tokining o'zgarishiga olib keladi. Tranzistorga tashqi kuchlanishlar berilmaganda ($U_z = 0$, $U_{SI} = 0$) kanal uzunligining boshidan oxirigacha kanal ko'ndalang kesimi birdek bo'ladi (125, a-rasm). Zatvorlarga $|t/z| > 0$ kuchlanish berilganda p-n o'tishlar teskari siljiydi, natijada p-n o'tishlarning kambag'allashgan sohalari kanal tomonga kengayadi, kanalning ko'ndalang kesimi kanalning uzunligi bo'ylab bir xil torayadi. Zatvorlardagi kuchlanishlar U_{ZI} berkitish kuchlanishiga ($U_{ZI.BERK}$) teng bo'lganda kambag'allashgan sohalari chegaralari ustma-ust tushadi, kanal kengligi nolga teng bo'ladi (125, b-rasm). Bunda texnologik parametr d_0 bevosita o'lchanuvchi elektr parametr - $d=0$ bo'lgandagi berkitish kuchlanishi $U_{ZI.BERK}$ ni (16.2) ifodadan aniqlash mumkin:

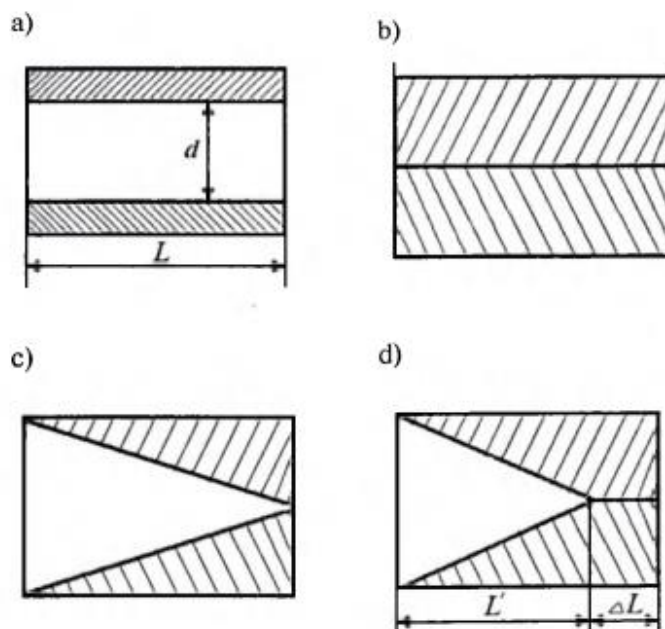
$$d_0 = 2\sqrt{\frac{2\varepsilon\varepsilon_0}{qN_D}}(U_K - U_{ZI.BERK}) \quad (16.3)$$

Ishchi rejim da $U_{SI} > 0$, shuning uchun kanal orqali elektronlarning istokdan stokka yo'nalgan dreyf harakati boshlanadi, ya'ni kanal orqali stok toki I_s oqadi. U_{SI} kuchlanish manbayining ulanishi p-n o'tish kengligiga ham ta'sir etadi. Tranzistor umumiy istok sxemada ulanganligi uchun istok potensialini U_{SI} ga teng deb qabul qilamiz. Endi kanalning ixtiyoriy kesimida p-n o'tishdagi kuchlanishlar yig'indisi $U_z(x) = U_{ZI} + U_{SI}(x)$ ga teng, ya'ni istokdan stokka ortib boradi. Natijada p-n o'tish kengligi ortadi, kanal kengligi esa stokka yaqinlashgan sari ponasimon ko'rinishda kamayib boradi.

Shunday qilib, kanaldan oqayotgan tokni U_{ZI} va U_{SI} kuchlanishlarni o'zgartirib boshqarish mumkin. Bunda U_{ZI} kanal ko'ndalang kesim ini, U_{SI} esa kanal uzunligi bo'ylab ko'ndalang kesim va tokni o'zgartiradi. Istok tomonda kanal kengligi berilgan U_{ZI} qiymati bilan, stoktomonda esa $U_z / + U_{sr}$ kuchlanishlar yig'indisi bilan aniqlanadi. (U_{SI} qiymati ortishi bilan kanalning "ponasimonligi" ko'payib, kanal qarshiligi ortadi. U_{ZI} ning berilgan qiymatida U_{SI}

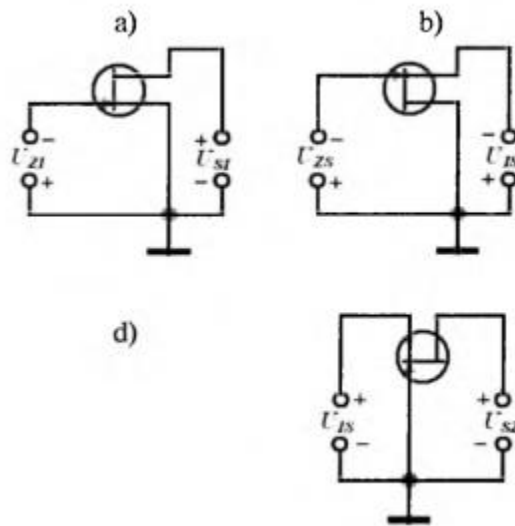
$$U_{ZI} + U_{SI TO'Y} = U_{ZI BERK} \quad (6.4)$$

shartni qanoatlantiruvchi $U_{SI TO'Y}$ qiymatga ortganda, kanalning stok tom ondagi ko'ndalang kesimi nolga teng bo'ladi (125, c-rasm). $U_{SI TO'Y}$ kuchlanish to'yinish kuchlanishi deb ataladi. $U_Z = 0$ bo'lgan xususiy holda $U_{SI TO'Y} = U_{ZI BERK}$

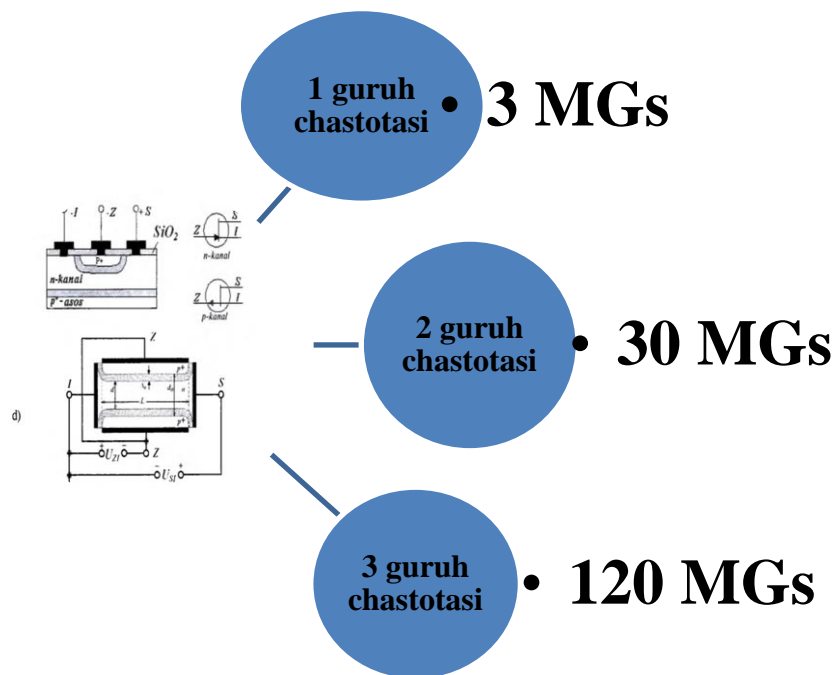


16.3–rasm. U_{ZI} va U_{SI} kuchlanishlarning turli qiymatlarida zatvorlar orasidagi kanal ko'ndalang kesimining o'zgarishi

Shunday qilib, $U_{SI} = U_{SI TO'Y}$ bo'lganda kanal qarshiligi eng katta qiymatga erishadi. Kanal berkilishi bilan stok toki to'xtamaydi, balki ortishi to'xtaydi. $U_{SI} > U_{SI TO'Y}$ bo'lganda kanalning berkilish nuqtasi stokdan istokka qarab siljiydi (6.2, e-rasm) va kanal uzunligi AL qiymatga kamayadi. Bu kanal uzunligi modulatsiyasi hodisasi deyiladi. Kanal berkilish sohasi AL da o'tish maydoni va $AU = U_{SI} - U_{SI TO'Y}$ kuchlanish mavjud. U shbu maydonlarning har biri berkilish sohasiga o'tuvchi elek tronlar uchun tezlatuvchi maydonni tashkil etadi va elektron stokka o'tkazadi, natijada stok toki hosil bo'ladi. MT laming ulanish sxemalari 126-rasm da ko'rsatilgan: umumiy istok (U_I), umumiy stok (U_S) va umumiy zatvor (U_Z) ulanish. Asosiy ulanish sxemasi bo'lib U_I ulanish xizmat qiladi.



16.4–rasm. MTLarning ulanish sxemalari: UI (a), US (b) va UZ (d).



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Elektr signallarini generatsiyalash nima?
2. Maydon tranzistorini elektr zanjiriga ulash usullari?
3. Tranzistorlarning ulanish sxemalari?
4. Boshqariladigan tranzistorlarni tushuntiring?

17 -bob Tiristorlar

17.1 Umumiy ma'lumotlar

17.2 Tiristorlar haqida tushuncha

17.3 Tiristorlarning amalda qo'llanishi

17.1 Umumiy ma'lumotlar

Tiristorlar quyidagilar:

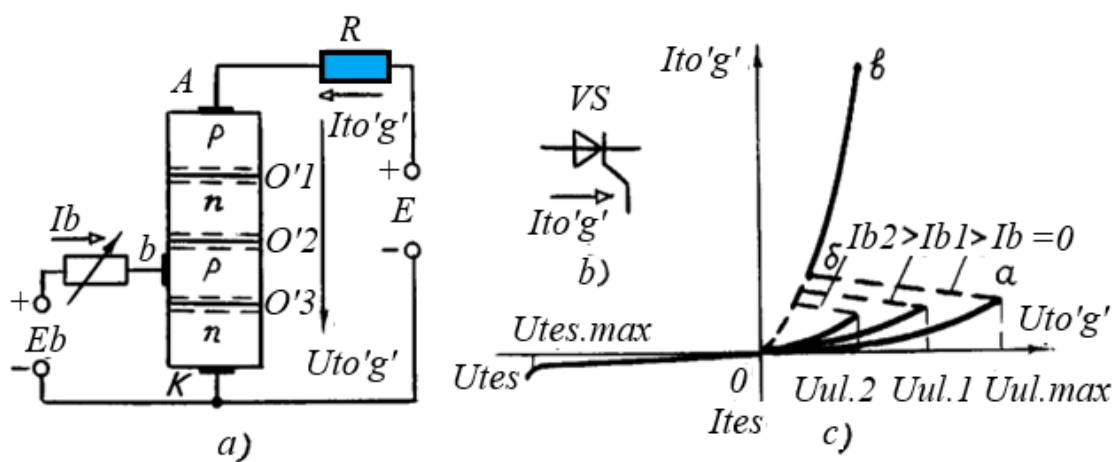
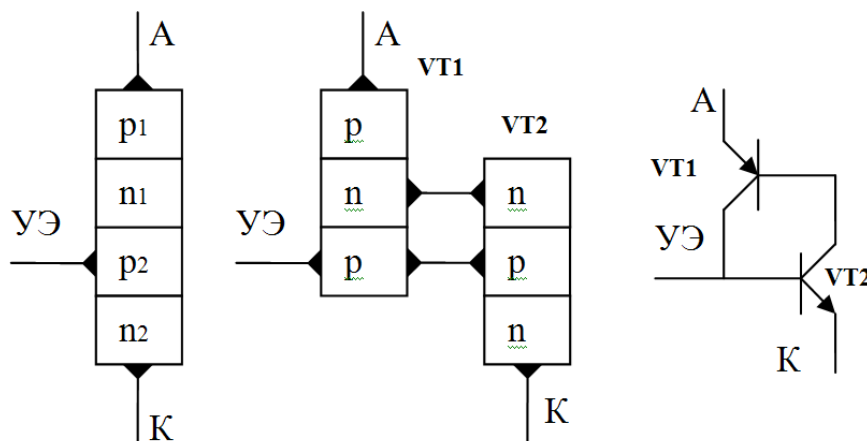
- diodli (dinistorlar) va triodli (trinistorlar)
- katodli va anodli boshqaruv bilan
- qulflanmaydigan va qulflanadigan

Turlari:

- a) dinistor;
- b) simmetrik dinistor;
- v) qulflanmaydigan anodli boshqariladigan trinistor;
- d) katod boshqaruvi bilan qulflanmaydigan trinistor;
- e) qulflanadigan anod bilan boshqariladigan trinistor;
- f) qulflanadigan katodli boshqariladigan trinistor;
- g) simmetrik trinistor.

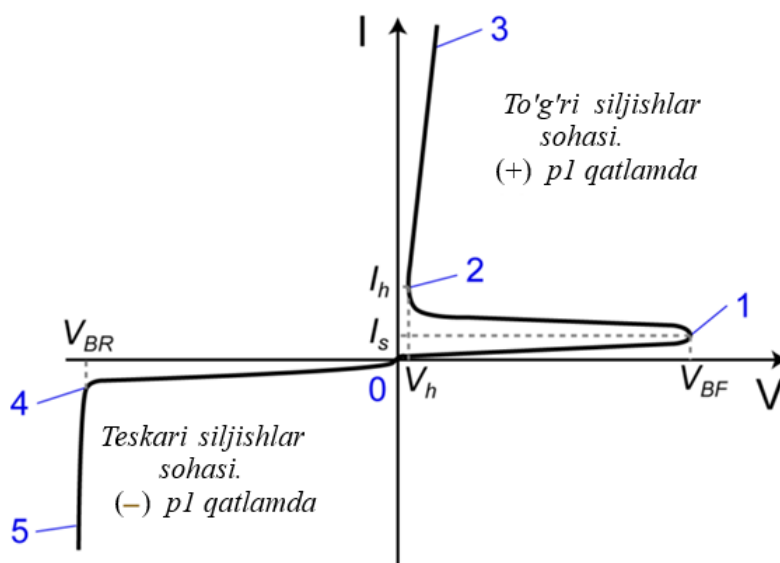
Tiristor tuzilishi(tarkibi)

- ▣ Tiristor A (anod), K (katod) va ikkita asosga ega, ulardan biri boshqaruvchi elektrodga ulangan.
- ▣ Odatda, tiristor bir-biriga ulangan ikkita tranzistor sifatida ifodalanadi, ularning har biri faol rejimda ishlaydi.
- ▣ Bunday tuzilish bilan bog'liq holda biz ekstremal mintaqalarni - emitterli, markaziy o'tish birikmasini esa kollektorli deb atashimiz mumkin.



17.1–rasm. Tiristor tuzilishi(tarkibi) bo'yicha tasvirlar

Boshqairish elektrodining mavjudligi tiristorlarni tashqi tomondan ochish uchun zarur bo'lgan tokni ta'minlashga imkon beradi.



17.2–rasm. Tiristorning Volt-amper tavsifi

Tiristorning anodiga kichik musbat kuchlanish qo'llanildi. Emitterli o'tish joylari to'g'ri yo'nalishda, kollektorli birikmalari esa teskari yo'nalishda ulanadi. (aslida, barcha kuchlanish uning ulanish joyida bo'ladi). Tok kuchlanishining tavsifi bo'yicha noldan birgacha qismi diod tavsifining teskari tarmog'iga taxminan o'xshash bo'ladi. Ushbu rejimni tiristorning yopiq holati rejimi deb atash mumkin.

Anod kuchlanishining oshishi bilan ko'pchilik tashuvchilar baza hududga ijeksiyalanadi va shu bilan elektronlar va teshiklarni to'playdi, bu kollektorli o'tishdagi(birikmasidagi) potentsial farqqa tengdir. Tiristor orqali tokning oshishi bilan kollektorli o'tishdagi(birikmasidagi) kuchlanish pasayishni boshlaydi va u ma'lum bir qiymatga tushganda, bizning tiristorimiz salbiy differentsial qarshilik holatiga o'tadi (rasmdagi 1-2-qism).

Shundan so'ng, barcha uchta o'tish oldinga yo'nalishda siljiydi va shu bilan tiristorni ochiq holatga o'tkazadi (rasmdagi 2-3-qism).

Kollektor birikmasi oldinga yo'nalishda egilgan ekan, tiristor ochiq holatda bo'ladi. Agar tiristor toki kamaytirilsa, u holda rekombinatsiya natijasida bazaviy hududlarda muvozanatsiz tashuvchilar soni kamayadi va kollektor birikmasi teskari yo'nalishda siljiydi va tiristor yopiq holatga o'tadi.

Tiristor qayta yoqilganda, tok kuchlanishining tavsifi ikkita ketma-ket ulangan diodlarga o'xshash bo'ladi. Teskari kuchlanish bu holda buzilish kuchlanishi bilan cheklanadi.

Tiristorning Volt-amper tavsifida tegishli ish rejimlari bilan bir nechta hududlarni ajratish mumkin:

1-rejim - (0-1) - bevosita(to'g'ridan-to'g'ri) qulflash rejimi - anoddagi kuchlanish katodga nisbatan musbat, tok sezilarsiz(ahamiyatsiz darajada kichik).

2-rejim - (1-2) - bu nuqtadagi kuchlanish yoqish kuchlanish deb ataladi va qurilmadan o'tadigan tok - yoqish toki deb ataladi.

3-rejim - (2-3) - bevosita(to'g'ridan-to'g'ri) o'tkazish rejimi. Bu tiristorni ochiq holatda ushlab turish uchun zarur bo'lgan minimal kuchlanish va tokdir.

4-rejim - (0-4) - teskari blokirovkalash rejimi, katodga nisbatan anod kuchlanishi manfiy bo'lsa.

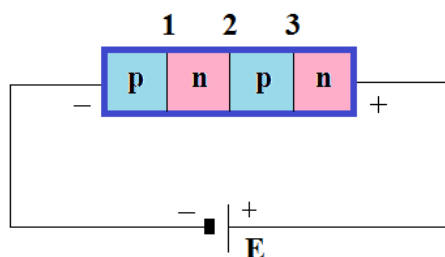
Rejim 5 - (4-5) - teskari teshilish(buzilish) rejimi.

17.2 Tiristorlar haqida tushuncha

Bu asboblarning ya'ni tiristorlar uch-besh $p-n$ o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan zanjirlarni ochiq holatdan yopiq holatga va yopiq holatdan ochiq holatga o'ta oladigan yarim o'tkazgichli asboblardir. Chiqish joylari ikkita bo'lgan va elektr o'tkazuvchanlik xossasi $p-n-p-n$ jarayonga mos keladigan yarim o'tkazgichli elektron qurilma «dinistor» deb ataladi. Agar chiqish joylari uchta bo'lsa va elektr o'tkazuvchanlik xossasi $p-n-p-n$ jarayonga mos kelgan yarim o'tkazgichlar "tiristor" deb ataladi. Tritstordagi chetki p -qatlam "Anod" ishini bajaradi, chetdagi n -qatlam «Katod» ishini bajaradi. Mana shu ikki qatlam tiristorning emitterlari deb

yuritiladi. Oraliqdagi *p*-bazaga ulangan uchinchi elektrod boshqaruvchi elektrod deb ataladi.

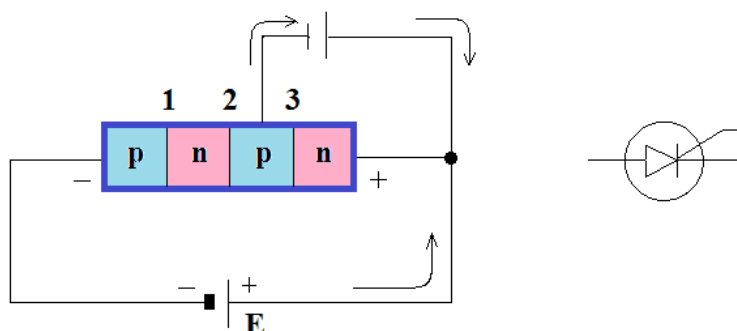
«Dinestor» yarim oʻtkazgichli qurilmani elektr chizmasiga ulash.



17.3–rasm. «Dinestor» yarim oʻtkazgichli qurilmani elektr chizmasi

«Dinestor» ulangan chizmaga « U_{tes} » kuchlanish berilsa *p*-qatlamga minus; *n*-qatlamga plus zaryad keladi. Ikkala chetki qatlam emitterdagi *p-n* oʻtish esa yopiq boʻladi. Bu jarayonda «dinestor»ning volt-ampere tavsifi teskari ulangan yarim oʻtkazgichli diodni volt-ampere tavsifini eslatadi.

«Tiristor» yarim oʻtkazgichli qurilmani elektr chizmasiga ulash va shartli belgisi.



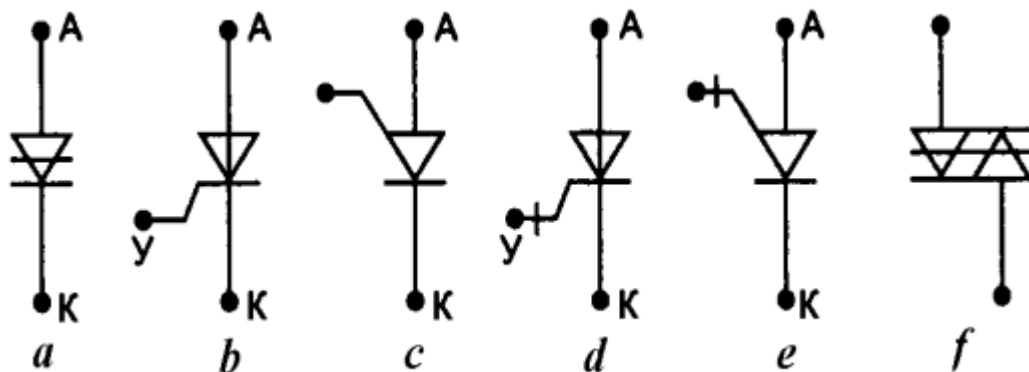
17.4–rasm. Tiristorning ulanish sxemasi va shartli belgisi

Tiristorlar dinestordan uchinchi-boshqaruvchi elektrod borligi bilan farq qiladi. Uni uchinchi elektrod-boshqaruvchi elektrodga kichik kuchlanish berish yoʻli bilan U_t kattaligini oʻzgartirish mumkin. Shuning uchun tiristorlardan koʻpincha elektron kalit sifatida zanjirni ulash-uzish uchun foydalaniladi. Boshqarish tokining katta yoki kichikligiga qarab U_t ning qiymati ham katta yoki kichik boʻladi. Boshqarish tokining biror $I_{to'g'ri}$ qiymatida (eng katta statik qiymatda) volt-ampere tavsif toʻgʻrilanadi. Toʻgʻrilovchi boshqarish toki tiristorning asosiy parametrlaridan biri hisoblanadi. Boshqariluvchi U_t kuchlanishning boshqarish $I_{to'g'ri}$ ga bogʻliqligi tiristorning ishlashini boshqarish tavsifi deb yuritiladi.

Xulosa qilib aytganda ideal elektron kalitlardan biri tiristorlar katta kuchlanish, kichik tok bilan boshqariladi.

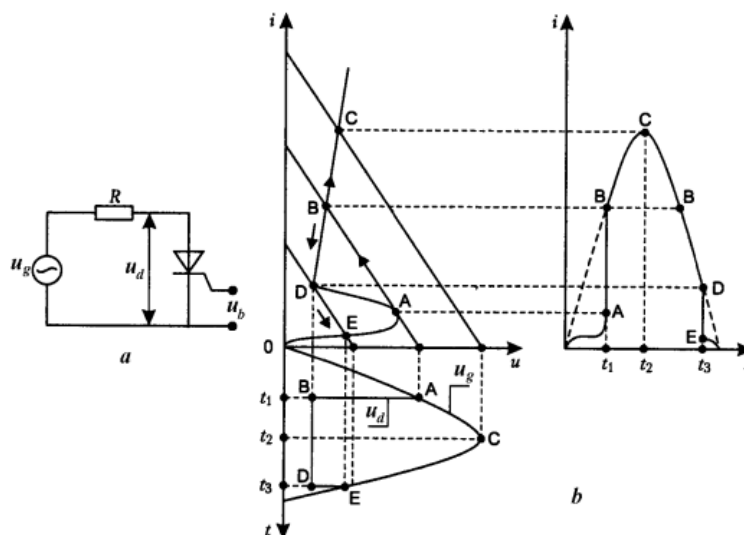
17.3 Tiristorlarning amalda qoʻllanishi

Tiristorlar radioelektronika, avtomatika va sanoat elektronikasining turli sxemalarida oʻz qoʻllanilishini topdi. Sanoat tomonidan turli xil tiristorlar ishlab chiqariladi. Tiristorlarning shartli-grafik belgilanishi 17.5-rasmدا keltirilgan (a – 213 dinistor, b-p-sohadan chiqishi bor trinistor, c – n-sohadan chiqishi mavjud trinistor, d – p sohadan chiqishi bor berkiluvchi trinistor, e – n-sohadan chiqishi bor berkiluvchi trinistor, f – diak).



17.5–rasm. Tiristorlarning shartli-grafik belgilanishi

Oddiy trinistorlar anod kuchlanishini kamaytirish yoʻli bilan yopiladi. Berkiluvchi trinistorlarni boshqaruvchi elektrodga teskari kuchlanish impulslarini berish yoʻli bilan yopish mumkin.



17.6–rasm. Berkiluvchi trinistorlarni boshqaruvchi elektrodga teskari kuchlanish impulslarini berish sxemasi(a) va approksimatsiyalash tavsifi

Yuqoridagi, a-rasmدا misol tariqasida oʻzgaruvchan tok toʻgʻrilagichi sxemasi keltirilgan, unda toʻgʻrilangan tokning oʻzgarmas tashkil etuvchisi kattaligi boshqaruvchi elektrodدا kuchlanishni oʻzgartirish yoʻli bilan

o'zgartirilishi mumkin. Yuqoridagi b-rasmda ushbu sxema ishlashi diagrammalari keltirilgan.

Kuchlanishi U_g ulanish kuchlanishidan oshmagunga qadar tiristor yopiq, tok juda kichik va tiristordagi deyarli manba kuchlanishi U_g ga teng. Vaqtning t_1 momentida tiristorning ochilishi ro'y beradi, tok keskin ortadi, u_d kuchlanish esa keskin kamayadi (A nuqtadan B nuqtaga o'tish). Bu jarayon tez emas, balki vaqtning kichik intervali **tugash** davomida sodir bo'ladi (rasmda ko'rsatilmagan). So'ngra $t_1...t_2$ vaqt intervalida ortadi, $t_2...t_3$ vaqt intervalida esa kamayadi. Tiristordagi kuchlanish u_d $t_1...t_3$ vaqt intervalida minimal saqlanadi (tiristor ochiq), U_g kuchlanishning deyarli hammasi R rezistorga qo'yilgan bo'ladi. Vaqtning t_3 momentida tiristor yopiladi, tok keskin kamayadi, U_d kuchlanish esa ortadi (D nuqtadan E nuqtaga o'tish). Bu jarayon qisqa vaqt davomi **t_{uzil} da** sodir bo'ladi. Boshqaruvchi elektrodning tokini o'zgartirib, ulanish momentini, binobarin tiristordan tok oqib o'tish vaqt oralig'i davomiyligini o'zgartirish mumkin.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Dinestor nima?
2. Tiristorlar dinestordan farqi nimada?
3. Tiristorlar qayerlarda qo'llaniladi?
4. Tiristorda tok oqib o'tish vaqt oralig'i davomiyligini o'zgartirish

18 -bob Kuchaytirgichlar. Kuchaytirgich tasnifi - parametrlari va tavsiflari

18.1 Kuchaytirgichlarni chastota bo'yicha tasnifi

18.2 Statik va dinamik tavsiflari

18.1 Kuchaytirgichlarni chastota bo'yicha tasnifi

Avtomatik boshqarish tizimlari, radiotexnika, radiolokatsiya va boshqa tizimlarda kichik quvvatli signallarni kuchaytirgichlardan foydalaniladi.

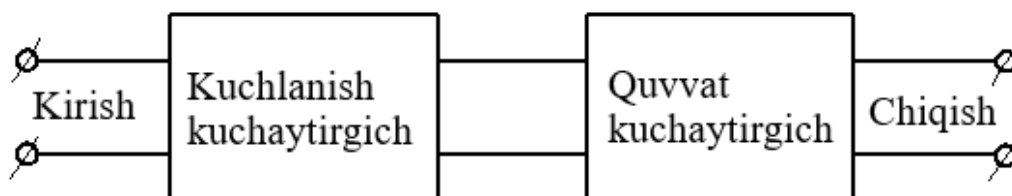
Kichik quvvatli o'zgaruvchan signalning parametrlarini buzmasdan doimiy kuchlanish manbaining quvvati hisobiga kuchaytirib beruvchi qurilma kuchaytirgich deb ataladi. Kuchaytirgich qurilmasi kuchaytiruvchi elementi, rezistor, kondensator chiqish zanjiridagi doimiy kuchlanish manbai hamda iste'molchidan iborat. Bitta kuchaytiruvchi elementi bo'lgan zanjir kaskad deb ataladi. Kuchaytiruvchi element sifatida qanday element ishlatilishiga qarab kuchaytirgichlar elektron, magnitli va boshqa xil turlarga bo'linadi. Ish rejimiga ko'ra ular chiziqli va nochiziqli kuchaytirgichlarga bo'linadi. Chiziqli ish rejimida ishlovchi kuchaytirgichlar kirish signali shaklini uzgartirmasdan kuchaytirib beradi. Chiziqli bo'lmagan ish rejimida ishlovchi kuchaytirgichlarda esa kirish signali ma'lum qiymatga erishganidan so'ng chiqishdagi signal o'zgarmaydi. Chiziqli rejimda ishlaydigan kuchaytirgichlarning asosiy tavsifi, amplituda chastota tavsifidir. Bu tavsif bo'yicha kuchaytirish koeffitsientini moduli chastotaga qanday bog'likligini ko'rsatadi. amplituda chastota tavsifiga ko'ra chiziqli kuchaytirgichlar tovush chastotalar kuchaytirgichi, quyi chastotalar kuchaytirgichi, yuqori chastotalar kuchaytirgichi, sekin o'zgaruvchan signal kuchaytirgichi yoki o'zgarmas tok kuchaytirgichi va boshqalarga bo'linadi.

Hosil qilingan elektr tebranishlarni kuchaytirish juda muxim texnologik jarayondir. O'zaro aloqada elektrotexnikaning eng muxim masalasi ham shu kuchaytirish jarayoniga bog'liq.

Elektron lampali va tranzistorli kuchaytirgichlarning ishi vakuumli lampalarda boshqaruvchi to'r va tranzistorlarda elektr tebranishlarni kuchaytirish xossasidan foydalanishga asoslangan. Elektron lampali kuchaytirgichlarni o'rganishda, dastavval uch elektrodli elektron lampani ishlash prinsipini yaxshi o'rganish kerak. Elektr tebranishlarni kuchaytiruvchi qurilma past chastotani kuchaytirgichlar deyiladi. Odatda chastotasi f-50Gs-12kGs gacha bo'lgan chastotalar past chastotalar deb qabul qilingan. Ularni blok chizmasi quyidagi 18.1-rasmda ko'rsatilgan.

Past chastotali kuchaytirgich bir kaskadli yoki ko'p kaskadli bo'ladi. Ularning asosiy vazifasi zanjirdagi kuchlanish va quvvatni kuchaytirishdan iborat.

Bunday turdagi kuchaytirgichlarni elektron lampalar, tranzistorlar, magnit elementlar va boshqa integral mikrochizmalar yordamida ko‘rish mumkin.



18.1–rasm. Past chastotali kuchaytirgich.

Kuchaytirgich ko‘rsatkichlari.

1. Kuchaytirish koeffitsienti
 2. Kuchaytiriladigan chastota oralig‘i
 3. Kirish kuchlanishi (sezgirligi)
 4. Kuchaytirgichning chiqish quvvati
 5. Foydali ish koeffitsienti
 6. Signalni to‘g‘ri chiqishi yoki buzilishi
- Kuchaytirish koeffitsienti “K” bilan belgilanadi.

$$K = \frac{U_r}{U_k}; \quad K = \frac{I_r}{i_k};$$

bu yerda U_k -Kuchaytirish kirish kuchlanishi (V)

U_r -Kuchaytirish chiqish kuchlanishi (V)

I_r -Kuchaytirish chiqish toki (A)

i_k -Kuchaytirish kirish toki (A)

18.2. Statik va dinamik tavsiflar

Kuchaytiruvchi elementning (KE) ishchi nuqtasining holatini o'rnatish uchun dinamik tavsiflardan foydalanish tavsiya etiladi. Dinamik tavsiflar yuklangan KE zanjirlaridagi kuchlanish va toklarning oniy qiymatlari o'rtasidagi bog'liqlikdir, ya'ni uning davrlarida tashqi qarshiliklar mavjudligida.

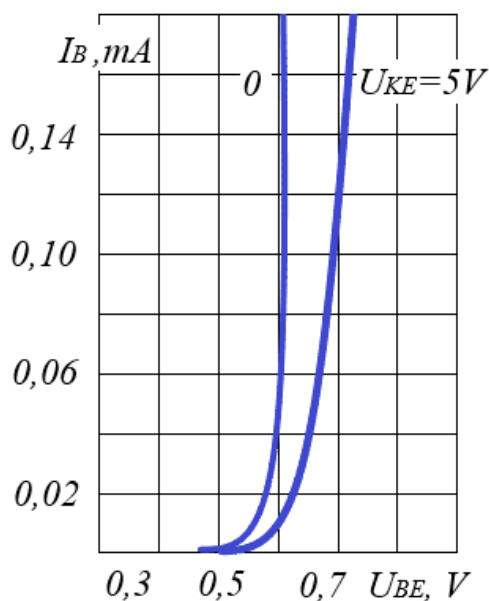
Dinamik tavsiflar statiklardan farq qiladi, chunki ular tashqi qarshiliklarsiz olinadi (statik xususiyatlar ma'lumotnomalarda keltirilgan). Statik tavsiflarni olishda asosiy parametrlardan biri o'zgaradi, ikkinchisining qiymatini belgilaydi. Masalan: $i_b = f(U_{be})$ bilan $U_{ke} = const$ - statik kirish tavsifi.

KE davrlarida tashqi qarshiliklarning mavjudligi, bitta parametr o'zgarganda, qolganlarning barchasi o'zgarishiga olib keladi, xususan, kollektor tokining oshishi bilan tranzistor kollektoridagi kuchlanish pasayadi:

$$\downarrow U_{KE}(t) = E_K - \uparrow i_K(t) \cdot R_K$$

Dinamik tavsiflar amalda ko'proq foydalidir, chunki kuchaytiruvchi elementlarning haqiqiy ishlash rejimlariga mos keladi. KE ishchi nuqtasi quyidagi tavsiflarga ko'ra o'rnatilishi mumkin:

- kirish dinamik tavsifi $i_{kir} = f(U_{kir})$;
- parron dinamik tavsifi $i_{kir} = f(E_g)$;
- o'tkinchi dinamik tavsifi $i_{chiq} = f(U_{kir})$.



18.2–rasm. Kirish dinamik tavsifi

$I_{kir} = f(U_{kir})/R_H \neq 0$ - kirish tokining kirish kuchlanishiga bog'liqligi.

Mazkur tavsifni odatda faqat bipolyar tranzistorlar uchun ko'rib chiqiladi, chunki dala effektli tranzistorlar va elektr lampalarning kirish qarshiligi katta, shuning uchun ularning kirish tokini e'tiborsiz qoldirish mumkin.

UE bo'lgan zanjirdagi tranzistorning statik kirish VAX(tavsifi) quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I_{kir} = I_b; U_{kir} = U_{be}; \Rightarrow I_b = f(U_{be})/U_{KE} \neq 0$$

Bipolyar n-p-n tranzistorning kirish statik VAT(tavsifi).

Ma'lumki, kollektor kuchlanishining qiymati tranzistorning kirish tavsifi jarayoniga kam ta'sir qiladi, shuning uchun barcha ma'lumotnomalarda, qoida tariqasida, $U_{ke} = 0$ va $U_{ke} = 5V$ uchun ikkita xususiyat berilgan.

Dinamik tavsif I_b va U_{be} o'zgarishi bilan U_{ke} o'zgarishini nazarda tutganligi sababli, umumiy holda, kirish dinamik tavsifi asosiy tok va kuchlanish o'rtasidagi ancha murakkab munosabatni ko'rsatadi. Amalda, bu nyanslar e'tiborga olinmaydi va $U_{ke} = 5V$ uchun olingan tavsif kirish dinamik tavsifi sifatida ishlatiladi, shu bilan birga muhandislik hisoblari uchun etarli darajada aniqlik olinadi.

Kirish dinamik (statik) tavsiflar radiohavaskorlar amaliyotida tranzistorning ishchi nuqtasini o'rnatish uchun ishlatiladi va juda muhim bo'lmagan holatlarda, chunki ishchi nuqtasini o'rnatishning bu usuli faqat bitta (kirish) tavsifning nohizizqligini hisobga oladi.

Parron va o'tuvchi dinamik tavsiflar

Avvalgisidan farqli o'laroq, bu tavsiflar kuchaytiruvchi elementning kirish va chiqish tavsiflarining nohizizqlini hisobga oladi va ish nuqtasini tanlash va kuchaytirish bosqichida nohizizqli buzilishlarni hisoblash uchun ishlatiladi.

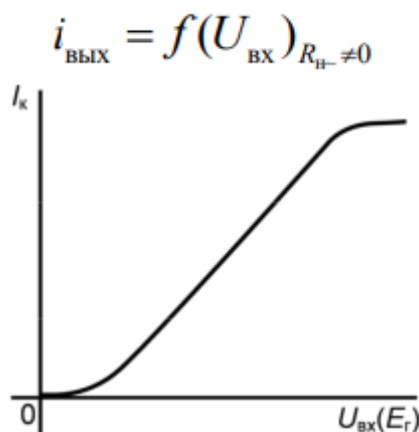
Parron dinamik tavsif - kuchaytiruvchi elementning kirish tokining quyidagilarga bog'liqligi:

$$I_{chiq} = f(E_G)/R_H \sim \neq 0$$

Bipolyar tranzistorning kirish va chiqish statik tavsiflarining nohizizqligini hisobga oladi.

Dinamik tavsifni yaratish uchun tranzistorning chiqish statik xususiyatlari qo'llaniladi, bu yerda yuklamali to'g'ridan-to'g'ri o'zgaruvchan tok amalga oshiriladi. Bundan tashqari, $U_{ke} \neq 0$ bo'lgan tranzistorning kirish statik tavsifi ishlatiladi, bu dinamik sifatida ishlatiladi.

Bu xususiyat bipolyar tranzistorlarni ko'rib chiqishda ishlatiladi. Maydoniy tranzistorlar yuqori kirish qarshiligiga ega va shuning uchun $E_g = U_{kir}$.



18.3–rasm. Parron va o‘tkinchi dinamik tavsiflar

Bog‘liqlik parron dinamik tavsifiga to‘g‘ri(mos) keladi, faqat Eg hisoblanmasdan, u orqali tavsifga o‘xshash tarzda tuzilgan.

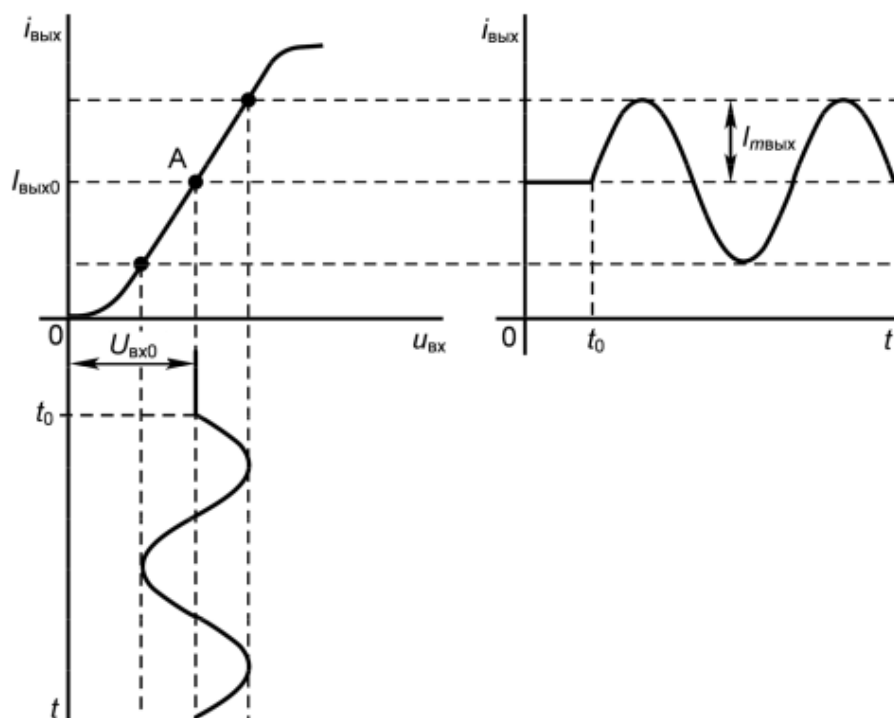
Bipolyar tranzistor uchun

$$I_{\text{ВЫХ}} = I_{\text{К}}; \quad U_{\text{ВХ}} = U_{\text{бэ}}; \quad \Rightarrow I_{\text{К}} = f(U_{\text{бэ}})_{R_{\text{н}} \neq 0}$$

O‘tkinchi dinamik tavsifning turi parron bilan deyarli bir xil.

Kuchaytirish sinfi A

Ishchi nuqta o‘tkinchi dinamik tavsifi kesimining o‘rtasida tanlanganligi bilan tavsiflanadi. Bu sinf oldindan kuchaytirish bosqichlarida, shuningdek, birlik Vt quvvatga ega chiqish bosqichlarida qo‘llaniladi.



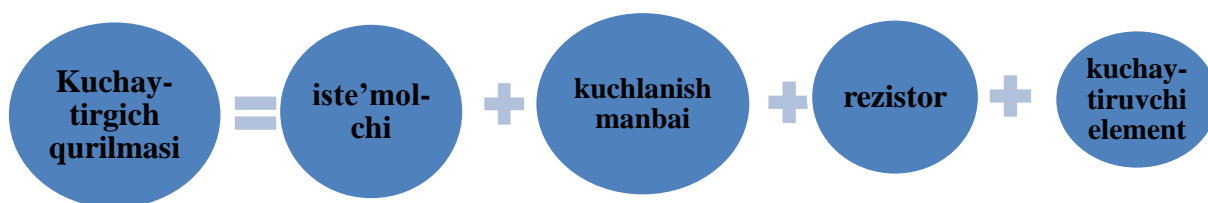
18.4–rasm. Approksimatsiyalash tavsiflari

Xususiyatlari:

1. O'zgaruvchan komponent butun davr davomida mavjud $\Rightarrow \Theta = 180^\circ$.
2. Chiziqli bo'lmagan buzilishlar minimal (ishlash nuqtasi tok tavsifining chiziqli kesimida harakat qiladi), ya'ni. chiqish signalining shakli kirish shakli bilan deyarli bir xil.

3. Doimiy komponent (chiqish toki) har doim boshlang'ich holatida ham mavjud (t_0 moment), qachon, bu foydasiz quvvat yo'qotishlariga va \Rightarrow samaradorlikning pasayishiga olib keladi.

RC kuchaytirgich uchun nazariy maksimum $\approx 8\%$ ni tashkil qiladi. Agar yuk sifatida faqat kollektor qarshiligi R_k ishlatilsa, u holda nazariy maksimum $\approx 25\%$ ni tashkil qiladi. Transformator kuchaytirgichi nazariy maksimumi $\approx 50\%$ ga ega va haqiqiy samaradorlik bundan ham kamroq!



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Kuchaytirgichlar qanday turlarga bo'linadi?
2. Kuchaytirgich ko'rsatkichlarini tushuntiring?

19 -bob Kaskadlarni qurish tamoyillari. Kaskadlararo bog‘lanish

19.1 Kuchaytirgich kaskadlari haqida ma’lumot(tushuncha)

19.2 Kaskadlararo bog‘lanish turlari

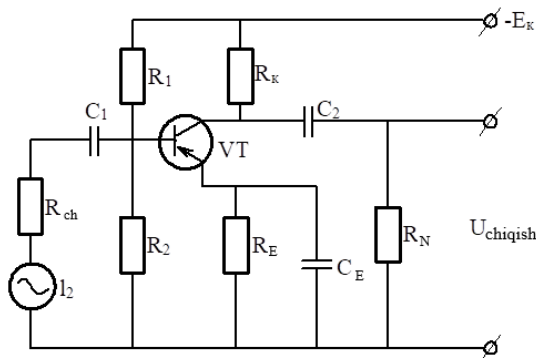
19.3 Ko‘p kaskadli sxemalarning kuchaytirish koeffitsienti

19.1 Kuchaytirgich kaskadlari haqida ma’lumot(tushuncha)

Hozirgi vaqtda keng tarqalgan kuchaytirgichlarda kuchaytiruvchi element sifatida ikki qutbli yoki bir qutbli tranzistorlar ishlatiladi. Kuchaytirish quyidagicha amalga oshiriladi.

Boshqariladigan element (tranzistor)ning kirish zanjiriga kuchlanish (U_{kir}) beriladi va kirish toki (I_{kir}) hosil bo‘ladi. Kichik kirish toki chiqish zanjiridagi tokda o‘zgaruvchan tashkil etuvchini hamda boshqariladigan elementning chiqish zanjirida kirish zanjiridagi kuchlanishdan ancha katta bo‘lgan o‘zgaruvchan kuchlanish hosil qiladi. 19.1-rasmda umumiy emitterli (UE) kuchaytirish kaskadining chizmasi hamda kirish va chiqish tavsiflari ko‘rsatilgan. Kuchaytirish kaskadlari UE, UB, UK chizmalar bo‘yicha yig‘iladi. Umumiy kollektorli (UK) chizma tok va quvvat bo‘yicha kuchaytirish imkoniyatiga ega. Bunda $k_{u \leq 1}$ chizmaga asosan, kaskadning yuqori chiqish qarshiligini iste’molini aniqlash lozimdir. Tranzistorli kuchaytirgichning chizmasini ko‘rib chiqamiz.

Bu kuchaytirgich tokni ham, kuchlanishni ham kuchaytirish imkoniyatiga ega. Kuchaytirish kaskadining asosiy zanjiri tranzistor (VT); qarshilik R_k va manba E_k dan iborat. Qolgan elementlar yordamchi sifatida ishlatiladi. C_1 kondensator kirish sig‘imini o‘tkazmaydi, tranzistor bazasi U_b va R_2 qarshilikka bog‘liq bo‘lmaydi. Kondensator C_2 iste’molchi zanjiriga chiqish kuchlanishning o‘tkazish uchun xizmat qiladi. R_1 va R_2 rezistorlar kuchlanish bo‘lib turib kaskadning boshlang‘ich holatini ta’minlab beradi.



19.1–rasm. Kaskadli sxema

✓ Kaskadning chiqish kuchlanishi $U_{chiqish}$

$$U_{chiq} = i_k \cdot R_i$$

✓ Kaskadning kirish kuchlanishi.

$$U_{kir} = i_b \cdot R_{kir}$$

bu yerda R_{kir} -tranzistorning kirish qarshiligi.

Tok $i_i \geq i_b$ va qarshilik $R_i \geq R_{kir}$ bo'lgani uchun chizmani chiqish joyida kuchlanish ancha katta.

Kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti K_i quyidagicha aniqlanadi.

$$K_i = \frac{U_{chiqmax}}{U_{kirmax}}$$

yoki garmonik sig'implar uchun

$$K_i = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}}$$

Kaskadning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti:

$$K_i = \frac{I_{chiq}}{I_{kir}}$$

Kuchaytirgichning quvvat koeffitsienti.

$$K_p = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}}$$

P_{chiq} -iste'molchiga beriladigan quvvat.

P_{kir} -kuchaytirishga kiradigan quvvat.

Kuchaytirgich kattaliklari logarifmik qiymati - detsibellda o'lchanadi.

$$Ku(DB) = 20 \lg Ku \quad \text{yoki} \quad Ku = 10^{\frac{Ku(DB)}{2}};$$

$$Ki(DB) = 20 \lg Ki \quad \text{yoki} \quad Ki = 10^{\frac{Ki(DB)}{2}};$$

$$Kp(DB) = 20 \lg Kp \quad \text{yoki} \quad Kp = 10^{\frac{Kp(DB)}{2}};$$

Inson qulog'ining tovushni sezish sezgirligi signali $K=1DB$ ga moneligi hisobga olib, shu o'lchov birligi kiritilgan. Tranzistorli kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsienti o'ziga mos keladigan parametrga ega.

1. Kuchaytirgichni chiqish quvvati

$$P_{chiq} = \frac{U_{chiqmax}^2}{R_u}$$

2. Kuchaytirgichni foydali ish koeffitsienti.

$$\eta = \frac{P_{chiq}}{P_{um}};$$

bu yerda P_{um} -mavjud bo'lgan barcha manbalarda sarf bo'lgan quvvat.

3. Kuchaytirgichning dinamik diapazoni.

$$D = 20 \lg \frac{U_{kirmax}}{U_{kirmin}};$$

4. Chastotaning buzilish koeffitsienti.

$$\mu(f) = \frac{Ku_o}{Ku_t};$$

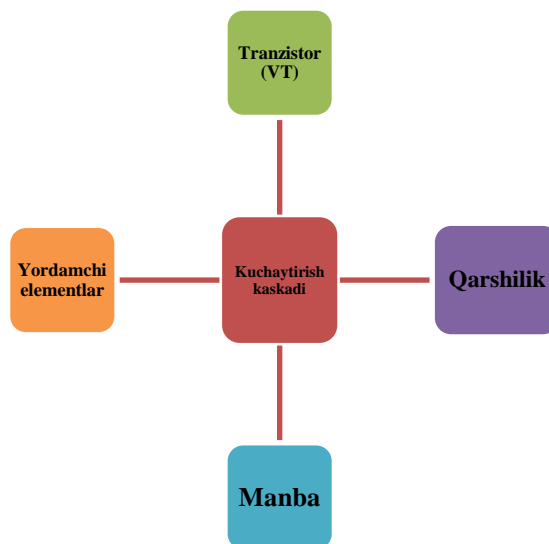
5. Chiziqli bo'lmagan buzilishlar koeffitsienti " γ " quyidagi ifoda bilan topiladi.

$$\gamma = \frac{U^2 m_{1chiq} + U^2 m_{2chiq} + \dots + U^2 m_{nchiq}}{Um_{chiq}};$$

- a) Sifatli kuchaytirgich uchun $\gamma \leq 4\%$

- b) Telefon aloqalari uchun $\gamma \leq 15\%$

kuchaytirgichning shovqin darajasi-shovqin kuchlanishining kirish kuchlanishiga nisbatiga aytiladi. Tranzistorli kuchaytirgichlar amplituda, chastota va amplituda-chastota tavsifi bilan baholanadi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Kuchaytirish keffitsenti nima?
2. Tranzistorli kuchaytirgichlar tavsiflari

20 -bob Kuchaytirgichlarda teskari aloqa

20.1 Teskari aloqa turlari

20.2 Ulanish turlari(usullari)

20.3 Tavsiflari

20.1 Teskari aloqa turlari

Teskari aloqa deb kuchaytirgich chiqish zanjiridan kirish zanjiriga energiya uzatishga aytiladi. Chiqish signali kuchaytirgichning kirish zanjiriga to‘liq yoki qisman uzatilishi mumkin. Bitta kaskadni egallagan teskari aloqa mahalliy, ko‘p kaskadli kuchaytirgichni butunlay egallagan teskari aloqa esa umumiy deb ataladi.

Umumiy holda teskari aloqa signali kirish signaliga qo‘shilishi yoki ayirilishi mumkin. Shunga qarab, mos ravishda, musbat va manfiy teskari aloqaga ajratiladi. Agar kuchaytirgichning kirish signali va teskari aloqa signali fazalari bir xil bo‘lsa, teskari aloqa musbat, agar n burchakka farq qilsa, ya‘ni fazalari teskari bo‘lsa, teskari aloqa manfiy deb ataladi.

Manfiy teskari aloqaning kiritilishi, tranzistor ishlash sharoiti o‘zgarganda, kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti va boshqa parametrlari barqarorligini oshiradi. Bundan tashqari, manfiy teskari aloqa kuchaytirgichning o‘tkazish polosasini oshirish imkonini beradi, nohiziqli buzilishlar darajasini pasaytiradi.

Manfiy teskari aloqa kuchaytirgichlarda, musbat teskari aloqa esa elektr signallar generatorlarida va maxsus elektron qurilmalarda ishlatiladi.

Teskari aloqali kuchaytirgichning tuzilish sxemasi quyidagi 20.1-rasmda keltirilgan. Bu yerda K - kuchaytirish koeffitsienti, teskari aloqa zanjiri teskari aloqa koeffitsienti bilan ifodalanadi. Chiqish signalining qanday qismi kuchaytirgich kirishiga uzatilayotganini ko‘rsatadi.



20.1–rasm. Teskari aloqaga ega bo‘lgan kuchaytirgichning tuzilish sxemasi

Kuchaytirgichlarda manfiy teskari aloqaning turli ko‘rinishlaridan foydalaniladi. Teskari aloqa zanjiri kuchaytirgich chiqishiga qanday ulanganiga mos ravishda kuchlanish bo‘yicha va tok bo‘yicha teskari aloqa amalga oshiriladi:

20.2 Ulanish turlari(usullari)

Kuchaytirgichlarda manfiy teskari aloqaning turli ko‘rinishlaridan foydalaniladi. teskari aloqa zanjiri kuchaytirgich chiqishiga qanday ulanganiga mos ravishda kuchlanish bo‘yicha va tok bo‘yicha teskari aloqa amalga oshiriladi:

-kuchlanish bo‘yicha teskari aloqa amalga oshirilganda teskari aloqa zanjiri sxema chiqishiga yuklama bilan parallel ulanadi (20.2, a-rasm). Bunda teskari aloqa kuchlanishi kuchaytirgich RYu yuklamasidagi kuchlanishga proporsional boiadi;

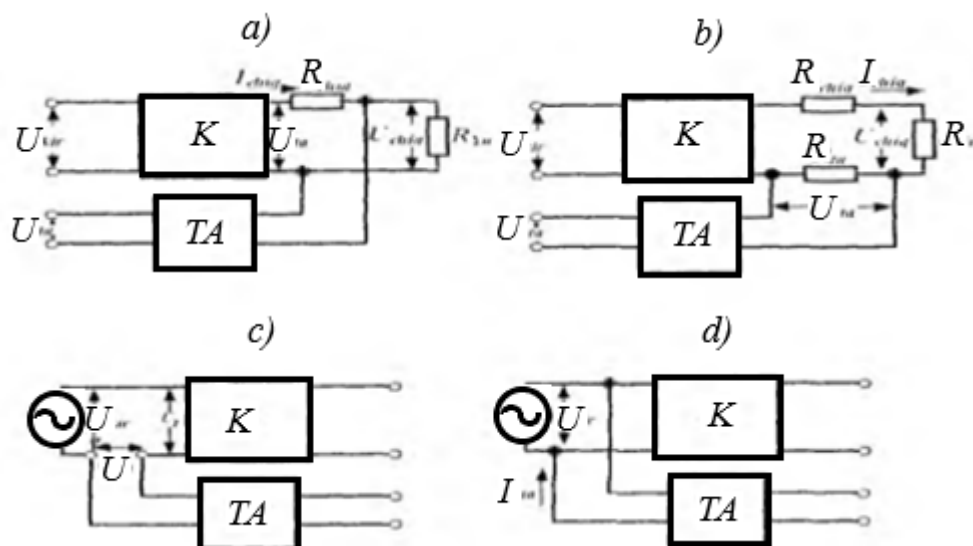
-tok bo‘yicha teskari aloqa amalga oshirilganda teskari aloqa zanjiri sxema chiqishiga RYu bilan ketma-ket ulanadi (20.2, b-rasm). Buning uchun chiqish zanjiriga maxsus RTA rezistor ulanadi, bu rezistordagi kuchlanish pasayishi RYu yuklamadagi chiqish tokiga proporsional bo‘ladi.

Teskari aloqa zanjirining kuchaytirgich kirishiga ulanish usuliga mos ravishda ketma-ket va parallel teskari aloqalarga ajratiladi:

-ketma-ket ulangan teskari aloqa amalga oshirilayotganda teskari aloqa zanjiri kuchaytirgichning kirish tomonidan signal manbayiga ketma-ket ulanadi (8.9, d-rasm);

-parallel ulangan TA amalga oshirilayotganda TA zanjiri kuchaytirgichning kirish tomonidan signal manbayiga parallel ulanadi (20.2, e-rasm).

Manfiy teskari aloqa signallarini kirish zanjiriga uzatish usuliga qarab uning turini quyidagi amaliy maslahatlar yordamida oson aniqlash mumkin. Agar teskari aloqa signali tranzistor emitteriga (istokiga) uzatilsa, aloqa ketmaket, agar bazaga (zatvorga) uzatilsa, aloqa parallel amalga oshirilgan bo‘ladi



20.2–rasm. Chiqishda: kuchlanish bo‘yicha (a), tok bo‘yicha (b) va kirishda: ketma-ket (c) va parallel (d) manfiy TA turlari.

Kombinatsiyalashgan (aralash) teskari aloqa: bir vaqtda ham tok, ham kuchlanish bo'yicha teskari aloqa, hamda bir vaqtda ketma-ket va parallel teskari aloqa bo'lishi mumkin. Turli ko'rinishdagi manfiy teskari aloqaga ega kuchaytirgichlarning to'liq tuzilish sxemasi keltirilgan to'rtta rasmdan ikkitasini ishlatgan holda hosil qilinadi.

20.3 Tavsiflari

Manfiy teskari aloqa kuchaytirgich parametrlariga qanday ta'sir ko'rsatishini ko'rib chiqamiz.

Kuchaytirish koeffitsienti. Kuchaytirgichda kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqa mavjud bo'lsin. Keyingi ifodalarda, kirish va chiqish toklari hamda kuchlanishlar o'zlarining o'zgaruvchan tashkil etuvchilari bilan ko'rsatilgan.

$$U_{TA} = kU_{CHIQ} \quad (20.1)$$

Teskari aloqa kuchlanishi kirish kuchlanishidan ayiriladi, shuning uchun

$$U_1 = U_{KIR} - U_{TA} = U_{KIR} - kU_{CHIQ}$$

$$U_{KIR} = U_1 + kU_{CHIQ} \quad (20.2)$$

Agar teskari aloqa mavjud bo'lmasa, $U_{kir} = U_1$ va kuchaytirgichning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti

$$K_U = U_{CHIQ}/U_{KIR} \quad (20.3)$$

Manfiy teskari aloqa mavjud boiganda (20.2) ni e'tiborga olgan holda quyidagiga teng bo'ladi:

$$K_{UTA} = \frac{U_{CHIQ}}{U_{KIR}} = \frac{U_{CHIQ}}{U_1 + kU_{CHIQ}}$$

(20.3) ni e'tiborga olgan holda manfiy teskari aloqa mavjud bolganda kuchaytirish koeffitsienti

$$K_{UTA} = \frac{K_U}{1+kK_U} \quad (20.4)$$

(20.4) dan kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqada kuchaytirish koeffitsienti kamayishi ko'rinib turibdi, lekin bir vaqtning o'zida uning qiymati barqarorlashadi. $K_U = 100K_u$ ning qiymati qandaydir sabablarga ko'ra 50 % ga oshsin, lekin bunda bor-yo'g'i 0,2% ga oshadi.

$1 + K_U = F$ yig'indi manfiy teskari aloqaning chuqurligi deb ataladi. Agar manfiy Teskari aloqada $K_U \gg 1$ bo'lsa, bunday Teskari aloqa chuqur manfiy teskari

aloqa deb ataladi. Chuqur manfiy teskari aloqada kuchaytirish koeffitsienti quyidagicha bo‘ladi:

$$K_{UTA} \approx \frac{1}{ae} \quad (20.5)$$

(20.5) dan juda muhim xulosa chiqadi. $F > 10$ bo‘lganda K_{UTA} faqat teskari aloqa uzatish koeffitsienti ae bilan aniqlanadi va teskari aloqasiz holdagi kuchaytirish koeffitsienti K_U bog‘liq bo‘lmaydi. Bu, K_{UTA} ga harorat, parametrlar tarqoqligi, radiatsion nurlanish, eskirish kabi omillar ta’sir etmasligini anglatadi. Shuning uchun manfiy teskari aloqa kiritilganda kuchaytirish koeffitsienti kamaysa ham, turli kuchlanish kuchaytirgichlarda keng qo‘llaniladi.

Tok kuchaytirgichlarda asosan tok bo‘yicha parallel manfiy teskari aloqa qo‘llaniladi (20.2, d-rasm). Bunda teskari aloqa kuchlanishi U_{TA} , qo‘shimcha rezistor R_{TA} orqali oquvchi, teskari aloqa toki I_{TA} ni hosil qiladi. Kuchaytirgichning kirish zanjirida I_{TA} va kirish signali toki qo‘shiladi. $U_{TA} = I_{CHIQ} * R_{TA}$ tok bo‘yicha teskari aloqa koeffitsienti esa

$$ae_1 = \frac{I_{TA}}{I_{CHIQ}} \approx \frac{R_{TA}}{R_{Yu}}$$

Tok bo‘yicha manfiy teskari aloqa chuqurligi $F_1 = 1 + aeK_1$ ga teng.

Tok bo‘yicha parallel manfiy teskari aloqa asosan tok kuchaytirgichlarda qo‘llanilgani sababli, tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti K_{ITA} ga uning ta’sirini ko‘rib chiqamiz. (20.4) ga o‘xshab

$$K_{ITA} = \frac{K_1}{(1 + ae_1 K_1)} = \frac{K_1}{F_1} \quad (20.6)$$

topamiz, bu yerda: K_1 -manfiy teskari aloqaga ega bo‘lgan kuchaytirgichning tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti.

Kuchlanish bo‘yicha manfiy teskari aloqada K_{UTA} barqarorlashsa, parallel manfiy teskari aloqada K_{ITA} barqarorlashadi. Bundan tashqari, harorat, parametrlar tarqoqligi va boshqa tashqi omillarning K_{ITA} ga ta’siri kamayadi. Chuqur parallel manfiy teskari aloqada (20.6) ifoda ko‘rinishga keladi, ya’ni tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti faqat ikkita rezistor qiymatlari nisbati bilan aniqlanadi.

Manfiy teskari aloqali kuchaytirgichning kirish qarshiligi R_{KURTA} teskari aloqa signalini kirish zanjiriga uzatish usuli bilan aniqlanadi va teskari aloqa signalining olinish usuliga bog‘liq bolmaydi.

Kuchaytirgichga kuchlanish bo‘yicha ketma-ket manfiy teskari aloqa kiritilganda uning kirishiga kirish signali bilan teskari signali ayirmasiga teng (U_m -

U teskari aloqa) signal ta'sir etadi. Bu kirish tokining amalda kamayishiga (ya'ni kuchaytirgich kirish qarshiligining ortishiga ekvivalent olib keladi. Bunda

$$R_{KIR.TA} = \left(\frac{U_{KIR}}{I_{KIR}} \right) (1 + ae K_U) = R_{KIR} F \quad (20.7)$$

ni topish mumkin. Ushbu ifodadan kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqa kuchaytirgichning kirish qarshiligini F marta oshirishi ko'rinib turibdi. Kuchlanish bo'yicha chuqur manfiy teskari aloqa katta ichki qarshilikka ega kirish signali manbalaridan (datchiklaridan) ishlaydigan kuchaytirgichlarning kirish kaskadlarida ishlatiladi.

Kuchaytirgichga parallel manfiy teskari aloqa kiritilganda uning kirish zanjirida kirish signali manbayi va teskari aloqa toklari qo'shiladi. Natijada, kirish kuchlanishi manbayidan olinayotgan tok ortadi (kirish qarshiligining kamayishiga ekvivalent). Parallel manfiy teskari aloqa uchun quyidagini yozish mumkin:

$$R_{KIR.TA} = \frac{R_{KIR}}{F_1} \quad (20.8)$$

Shunday qilib, ketma-ket manfiy teskaga nisbatan parallel manfiy teskari aloqa $R_{KIR.TA}$ ni kamaytiradi, $R_{KIR.TA}$ tok bo'yicha manfiy teskari aloqa chuqurligiga teskari proporsional.

Manfiy teskari aloqali kuchaytirgich chiqish qarshiligi teskari aloqa signali qaysi usulda olinishigagina bog'liq va ushbu signal qanday qilib uning kirish zanjiriga kiritilganiga bog'liq emas.

Avval kuchlanish bo'yicha manfiy teskari aloqa zanjiri kiritilgan holni ko'rib chiqamiz. 20.2, a-rasmga muvofiq

$$R_{CHIQ.TA} = \frac{U_{CHIQ}}{I_{CHIQ}};$$

$$U_{CHIQ} = U_{TA} - I_{CHIQ} R_{CHIQ};$$

$$U_{TA} = K_U U_{KIR} = K_U (-ae U_{CHIQ}) \text{ yoki } U_{CHIQ} = -\frac{I_{CHIQ} R_{CHIQ}}{(1-aeK_U)}$$

Manfiylik belgisi yuklama toki I_{CHIQ} ning musbat orttirmalari kuchaytirgich kuchlanishining teskari tomonga o'zgarishiga olib keladi. Bundan, minus ishorani tashlab yuborgan holda

$$R_{CHIQ.TA} = \frac{R_{CHIQ}}{(1+aeK_U)} = \frac{R_{CHIQ}}{F} \quad (20.9)$$

ni hosil qilamiz. Bundan, kuchlanish bo'yicha ketma-ket manfiy teskari aloqa chiqish qarshiligini F marta kamaytirishni aniqlash mumkin. Shunday qilib, manfiy teskari aloqa qanchalik chuqur bo'lsa, R shunchalik kichik bo'ladi Bu chiqish

kuchlanishining R_{yu} ga bog‘liqligini sezilarli darajada kamaytirish imkonini bergani sababli, kuchlanish kuchaytirgichlarda muhim rol o‘ynaydi.

Endi chiqish toki bo‘yicha manfiy teskari aloqa kiritilgan holni ko‘rib chiqamiz. 20.2, b-rasmga muvofiq, chiqish toki o‘zgarishi bilan, kuchaytirgichning kirish kuchlanishi

$$U_{KIR} = -U_{TA} \cdot ae$$

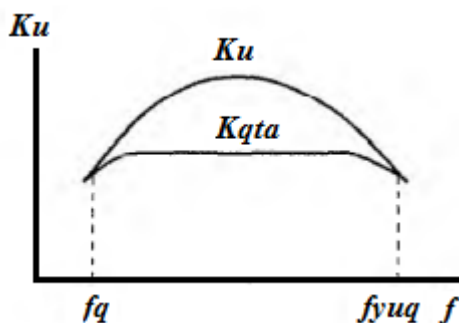
ifoda bilan aniqlanadi. Yuqoridagi o‘zgartishlar kabi o‘zgartirishlarni bajarib

$$R_{CHIQ.TA} = R_{TA}K_Uae + K_{CHIQ} \quad (20.10)$$

$$K_{G.TA} \approx \frac{K_G}{F}$$

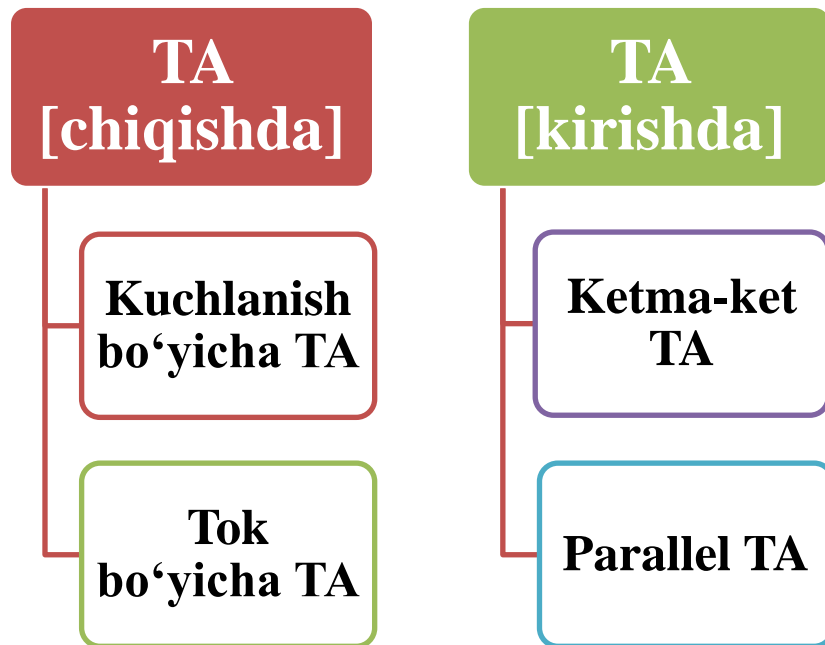
ni topamiz. Shunday qilib, chiqish toki bo‘yicha manfiy teskari aloqa zanjiri kiritilishi kuchaytirgich chiqish qarshiligini oshiradi.

Manfiy teskari aloqa yordamida kuchaytirgichdagi noxiziqli buzilishlar va xalaqitlar kamaytiriladi. Gap shundaki, hosil bo‘lish tabiatidan qat’i nazar, kuchaytirgich chiqishidagi har qanday signal F marta kamayadi. Natijada, tranzistor ishlashi aktiv element volt amper tavsifining kichik sohasida amalga oshadi va garmonikalar koeffitsientining kamayishiga olib keladi. Fizik tomondan bu, manfiy teskari aloqa kuchaytirgich volt amper tavsifining noxiziqligi kichik sohalarida ishlashini ta’minlashini anglatadi. Manfiy teskari aloqali kuchaytirgich uchun noxiziqli buzilishlar koeffitsienti K_{GTA} uchun yozish mumkin.



20.3–rasm. Manfiy teskari aloqa kuchaytirgich volt amper tavsifi

Manfiy teskari aloqasiz (K_U) va manfiy teskari aloqali (K_{GTA}) kuchaytirgich amplituda-chastota xarakteristikasi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

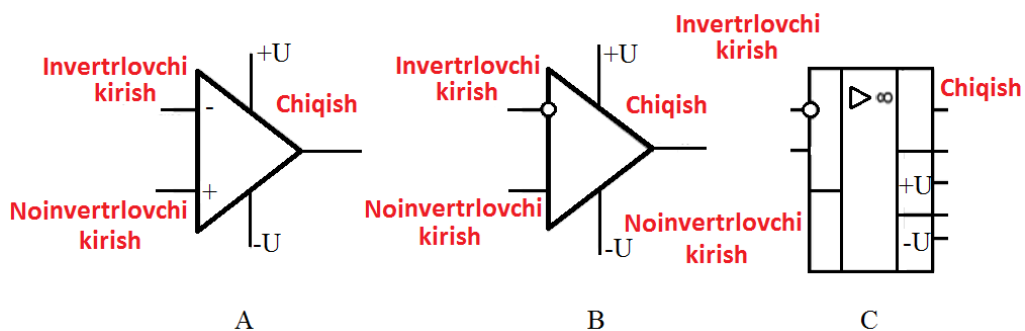
1. Teskari aloqa nima?
2. Qanday teskari aloqa turlari mavjud tushuntiring?
3. Kuchaytirgichlarni ulash usullari?
4. Kaskad nima?
5. Manfiy teskari aloqali kuchaytirgich?
6. Parallel manfiy teskari aloqani tushuntiring?

21 -bob Operatsion kuchaytirgichlar. OK parametrlari va tavsiflari

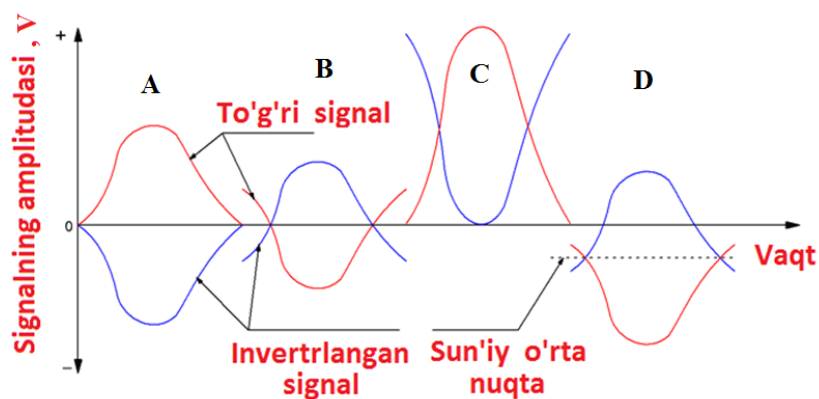
21.1 Operatsion kuchaytirgichlarning struktura sxemasi

21.2 Operatsion kuchaytirgichlarning tasnifi(sinflanishi)

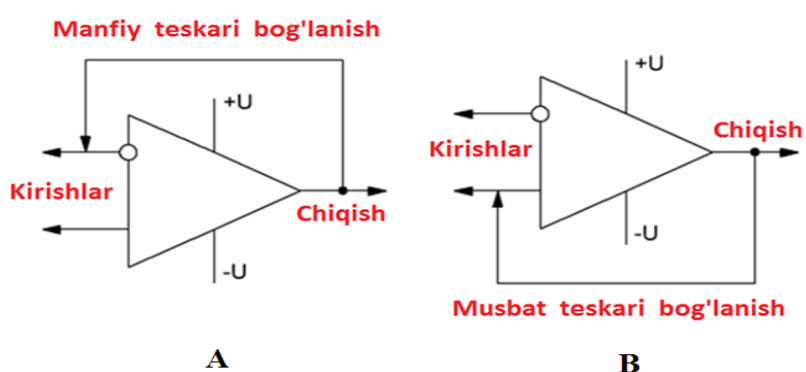
21.1 Operatsion kuchaytirgichlarning struktura sxemasi



Operatsion kuchaytirgichlarning sxemalardagi ko'rinishlari



Signalni invertlash(teskarilash) haqidagi grafik tasvirlar

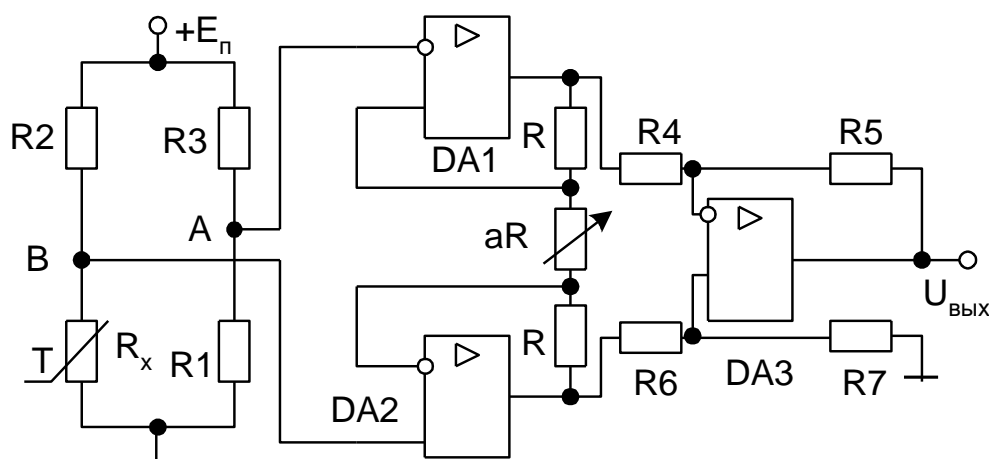


Operatsion kuchaytirgichlar va ularning zanjiri: A-manfiy teskari bog'lanishli(MTB-OOC) sxema; B-musbat teskari bog'lanishli(MusTB-IIOC) sxema.

21.2 Operatsion kuchaytirgichlarning tasnifi(sinflanishi)

Operatsion kuchaytirgichli o'lchash sxemalarini hisoblash

Kuch texnikasini ishlatishda uning joriy vaqt davomidagi holatini, shuningdek, kelajakdagi holatini bashoratlashni bilish muhimdir. Uskunalarining joriy holatini turli hildagi o'lchash qurilmalari yordamida baholanadi. Hozirgi kunda kuch qurilmalarining va asboblarning (transformatorlar, viklyuchatellar(o'chirgichlar), reaktiv quvvatni kompensatsiyalovchi uskunalar, kontaktli tarmoqlar va boshq.) diagnostikasi masalalariga katta e'tibor qaratilmoqda. Ma'lumki, zanjirning elektrli diagnostikasi deganda elektr zanjir parametrlarini zanjirning aniq topologiyasi(tuzilishi)da zanjir parametrlarining bir qismini va uning turli ta'sirlarga reaksiyasini aniqlash tushiniladi.



21.1–rasm. OK(OU) asosidagi o'lchovchi kuchaytirgich

Yelkalaridan biriga termorezistor ulangan, ko'prikning diagonalida farqlanuvchi signalni(xabarni) kuchaytirish uchun mo'ljallangan, OK(OU) asosidagi o'lchovchi kuchaytirgichni hisoblash hamda sxema rezistorlari nominallari sochilishini hisobga olib kuchaytirgichning **chiqishidagi sinfazali halallar**(pomexi) (xatoliklar) kattaliklarini baholash talab etilsin.

1. Ko'prik va uning ta'minot zanjiri parametrlari tanlanadi. Ma'lumki, tanlangan rusumli (KMT-8) termorezistori uchun haroratning 40°C qiymatgacha o'zgarishida (20 dan 60°C gacha oraliqda) $\Delta R_x = 10 \text{ Om}$ ga teng ko'prik muvozanati paydo bo'ladi. Ko'prik rezistorlarining nominallari:

$R_{x20^{\circ}\text{S}} = R_1 = 100 \text{ Om}$; $R_2=R_3= 3 \text{ kOm}$; ko'prik ta'minot kuchlanishi $E_p = 12 \text{ V}$.

2. Chiqish uskunalarining barqaror ishlashini ta'minlash uchun kuchaytirish koeffitsienti 30 dan 50 gacha poyonda o'zgarishi kerak. Chiqish qarshiligi $R_{chiq} \geq 50 \text{ kOm}$.

3. Kirish qarshiligining yuqori qiymatlarini ta'minlash va yagona o'zgaruvchi rezistor yordamida kuchaytirish koeffitsientini rostdash imkonini beruvchi uchta OK(OU)dan foydalaniladigan o'lchovchi qurilmaning sxemasi tanlanadi. Kirishida maydonli tranzistorga ega bo'lgan K140UD8 rusumli OK(OU)ni qabul qilamiz. Bu esa kirishdagi tokning o'zgarishlari keltirib chiqargan hatoliklarni kamaytirish imkonini beradi.

4. Kirishdagi differensial va sinfazli signallarning (xabarlarning) kattaliklari aniqlanadi.

Operatsion kuchaytirgichli o'lchovchi mexanizm uchun differensial kirish kuchlanishi o'lchash ko'prigining A va V nuqtalari (tugunlari) orasidagi potentsiallar farqi ko'rinishida aniqlanadi hamda ta'minot kuchlanishining kattaligi va ko'priq qarshiliklari orasidagi nisbatlarga bog'liq bo'ladi.

$$\begin{aligned}\Delta U_{BX} = U_{BX,Д} = \varphi_A - \varphi_B &= E_{\Pi} \left(\frac{R_1}{R_3 + R_1} - \frac{R_1 - \Delta R_x}{R_2 + R_1 - \Delta R_x} \right) \\ &= 12 \left(\frac{100}{3100} - \frac{100 - 10}{3100 - 10} \right) = 0,04 V\end{aligned}$$

Sinfazali signal

$$\begin{aligned}U_{BX,СФ} = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} &= \frac{1}{2} \left(\frac{E_{\Pi} R_1}{R_3 + R_1} + \frac{E_{\Pi} (R_x - \Delta R_x)}{R_2 + R_x} \right) = \frac{U_{\Pi}}{2} \left(\frac{R_1 + R_x - \Delta R_x}{R_2 + R_x} \right) \\ &= \frac{12}{2} \left(\frac{100 + 100 - 10}{3100} \right) = 0,37 V\end{aligned}$$

5. Noma'lum rezistorlarning parametrlarini hisoblash birlamchi ma'lumotlar(berilganlar)ni hisobga olgan holda ularning nominallarini tanlab olishdan iborat bo'ladi. Sxema rezistorlarining quyidagi nominallari tanlab olinadi. DA3 kuchaytirgichining kirish toki ta'sirini kamaytirish uchun: $R_4 = R_6 = 10 \text{ kOm}$, $R_5 = R_7 = 50 \text{ kOm}$ (xatoligi 5% dan ortmaydigan) qabul qilinadi.

6. Rezistorlarning tanlangan qiymatlarida sxemaning kuchaytirish koeffitsienti quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$K_{U \text{ пазн}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ1}} - U_{\text{ВХ2}}} = \left(1 + \frac{2}{a} \right) m = \left(1 + \frac{2}{0,22} \right) 5 = 50$$

bu yerda $m = \frac{R_5}{R_4} = \frac{R_7}{R_6} = \frac{50}{10} = 5$ parametri bo'lib, $m = 5$ da $\frac{\Delta m}{m} = 5\%$ nisbatga ega bo'lamiz.

O'zgaruvchan rezistor R ning qarshiligi $K_{U \text{ пезн}}$ kuchaytirish koeffitsientini rostdashning talab etilgan chuqurligi bilan belgilanadi. Kuchaytirish koeffitsienti $K_U = 50$ va $m = 5$ da $a = 0,22$ katalikka; $K_U = 30$ va $m = 5$ da $a = 0,4$ kattalikka ega bo'lamiz. O'sma(oyoqli) qarshiliklarning tanlangan qiymatlarida $R = 6,9 \text{ kOm}$

bo‘ladi. Agarda R4 va R5 rezistorlari bir xil nominalli, masalan, $R_4 = R_5 = 10$ kOm, bo‘lsa, u holda R o‘zgaruvchan rezistorni 3,9 kOm nominalga ega qilib tanlash kerak bo‘ladi.

7. Kuchaytirgichning $k_U = 50$ da $K_{\text{occ}\phi}$ - sinfazali signalning kuchsizlanish koeffitsienti:

$$K_{\text{occ}\phi} = \left(1 + \frac{2}{a}\right) (1 + m) \frac{m}{\Delta m} = 10 \cdot 6 \cdot \frac{100}{5} = 1200$$

Tanlangan K140UD8 rusumli OK(OU)ga sinfazali signalning kuchsizlanish koeffitsienti $K_{\text{occ}\phi \text{OY}} = 10^4$ ma’lumotnomadagi qiymati mos keladi.

Kuchaytirgich sinfazali signalini(xabarini) kamaytirish (kuchsizlantirish) koeffitsientining ma’lumotnomadagi qiymati $K_{\text{occ}\phi \text{OY}} \gg K_{\text{occ}\phi}$ bo‘lgani uchun, u holda sxemadagi rezistorlar parametrlarining noidentligi ta’siri OK(OU)dagi differensial kuchaytirgich yelkalaridagi parametrlarining bir xil bo‘lmasligiga qaraganda sezilarli darajada kuchli yuzaga chiqadi(ifodalanadi).

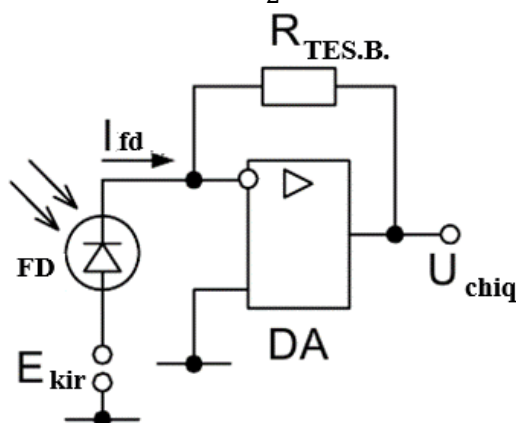
8. Sxema kuchaytirishining maksimal koeffitsientida sinfazali xatolikning chiqish kuchlanishi (o‘lchov birligi V):

$$U_{\text{BIX OSH}}^{\text{c}\phi} = U_{\text{BXC}\phi} K_{U\text{c}\phi} = U_{\text{BXC}\phi} \frac{K_{U\text{D}}}{K_{\text{occ}\phi}} = 0,37 \cdot \frac{50}{1200} = 0,02$$

Bu esa foydali signalda quyidagi chiqish kuchlanishini beradi(o‘lchov birligi V):

$$U_{\text{BIX D}} = U_{\text{BX D}} K_{U\text{D}} \times 0,04 \cdot 50 = 2$$

Haqiqiy o‘lchov xatoligi $\delta_{\text{D}} = 0,02 \cdot \frac{100}{2} = 1\%$ ga teng bo‘ladi.



21.2–rasm. Fotodioddan iste’molchi sifatida foydalanilgan o‘lchagichning sxemasi

Real sharoitlarda o‘lchov zanjirlarini ko‘pincha boshqa muhitda joylashgan datchiklardan izolyasiyalashga to‘g‘ri keladi. Mazkur holatda optronlardan foydalanish yoki foto iste‘molchilar bilan optik tolali liniyalar orqali bog‘langan boshqa svetodatchiklardan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Fotodioddan iste‘molchi sifatida foydalanilgan o‘lchagichning sxemasi quyidagi 152–rasmda tasvirlangan.

Unda operatsion kuchaytirgichning(OU) kirishlari oralig‘ida mazkur yoritilganlikda toki 5 mA ni tashkil etadigan fotodatchik FD ulangan. Fotodatchik sifatida svetodiod yoki AOD 101A rusumli optronli diod yoki AOU 103 rusumli optronli tiristordan foydalanilishi mumkin.

Kirishdagi ma‘lum $U_{vx} = 2,5$ V kuchlanishda chiqishda $U_{vbx} = 10$ V kuchlanishni olish uchun teskari aloqa zanjirida rezistorga ega kirishida fotodatchikli o‘lchovchi kuchaytirgichni ishlash sharoitlari bo‘yicha hisoblash zarur deb faraz qilaylik.

Hisoblash tartibi(ketma-ketligi) quyidagicha.

1. O‘lchash xatoligini kamaytirish va manbadan kam energiya iste‘mol qilish uchun kirishda katta qarshilikli maydonli tranzistorga ega K140UD8 rusumli operatsion kuchaytirgich tanlanadi.

2. Kirish qarshiligining qiymati quyidagicha aniqlanadi (o‘lchov birligi Om):

$$R_{BX} = \frac{U_{BX}}{I_{\phi d}} = \frac{2,5}{5 \cdot 10^{-3}} = 500$$

Bu yerda, I_{fd} – o‘lchash uchun qabul qilingan fotodiodning toki; topshiriq bo‘yicha 5 mA ni tashkil etadi.

3. Kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti

$$K_U = \frac{R_{OC}}{R_{BX}} = \frac{U_{BbIX}}{U_{BX}} = \frac{10}{2,5} = 4$$

4. Teskari aloqa(bog‘lanish) qarshiligi (o‘lchov birligi kOm):

$$R_{OC} = R_{BX} K_u = 4 \cdot 0,5 = 2$$



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. O'zgaruvchan tok podstansiyasidagi tortish(tyagovoy) transformatorining holatini diagnostikalash usullarini ayting.
2. Bir fazali ko'prik asosidagi harorat datchiklarining sxemasini chizing va afzalliklarini sanang.
3. O'lchashlarning absolyut, nisbiy xatoliklariga ta'rif bering. Nima uchun K140UD8 mikrosxemasidan foydalanilgan o'lchash uskunasi xatolik K140UD708 dagiga taqqoslaganda kichik bo'ladi ?
4. Elektroenergetikada va temir yo'l transportida optoelektronli uskunalarda asosidagi o'lchash datchiklarini qo'llash mumkin bo'lgan sohalarini ayting.

22-bob Kuchlanish va tokni stabillash(barqarorlashtirish) tushunchasi.

22.1 Kuchlanishni stabillashda(barqarorlashtirishda) ishlatiladigan asboblarni o'rganish.

22.1 Kuchlanishni stabillashda (barqarorlashtirishda) ishlatiladigan asboblarni o'rganish.

Zamonaviy dunyoda inson faoliyatining biron bir sohasi elektr jihozlaridan foydalanmasdan qila olmaydi. Ushbu qurilmalar ishda ham, uyda ham qo'llaniladi. Ba'zi elektr jihozlari ma'lum diapazonlarda barqaror kuchlanishni saqlashni talab qiladi. Buning uchun kuchlanish stabilizatori ishlatiladi.

Barcha elektr jihozlari elektr ta'minoti sohasida belgilangan standartlarga mos keladigan xususiyatlarga ega ishlab chiqariladi. Sobiq ittifoq davlatlarida ushbu standartlar GOST 13109-97 tomonidan tartibga solinadi.

Elektr jihozlarining samarali uzluksiz ishlashi uchun va ularning xizmat qilish muddatini uzaytirish uchun elektr tokining doimiy kuchlanishini ta'minlash kerak. Ammo turli sabablarga ko'ra, elektr energiyasini yetkazib berishda GOST 13109-97 har doim ham kuzatilmaydi. Stabilizatorlar quvvat kuchlanishini bartaraf etish uchun ishlatiladi.

Texnik xususiyatlariga qarab, ushbu qurilmalar quyidagi maqsadlarda qo'llaniladi:

- past sifatli elektr tarmoqlarining kuchlanishini barqarorlashtirish;
- noldan past haroratlarda elektr jihozlarini ishlatishda;
- uy-ro'zg'or va kasbiy jihozlarni elektr kuchlanishidan himoya qilish;
- sezgir elektr jihozlarini elektr uzilishi ta'siridan himoya qilish;
- uskunani kritik yuklamalardan himoya qilish.

Uy sharoitida stabilizatoridan foydalanish elektr jihozlari va maishiy texnikaning barqaror ishlashini ta'minlash imkonini beradi.

Ofisda ushbu qurilmadan foydalanish muhim hujjatlarni keyinchalik yo'qotish bilan orgtexnika ishdan chiqishi xavfini bartaraf qiladi.

Ishlab chiqarish sharoitida stabilizatorlardan foydalanish baxtsiz hodisalar xavfini, shuningdek, elektr jihozlarining ishlashidagi nosozliklarni kamaytirishga yordam beradi.

Stabilizatorlarning turlari:

Ishlash printsipiga ko'ra, kuchlanish stabilizatorlari quyidagi turlarga bo'linadi:

- qadamli(pog'onali);

- elektromexanik;
- ferreazonansli;
- gibril;
- transformatorning magnitlanishi bilan;
- energiyani ikki marta ozgartirish bilan;
- yuqori chastotali tranzistor rostlagichlari.

Energiyani Ikki marta o'zgartirishga ega bo'lgan stabilizatorlar va yuqori chastotali tranzistorli rostlagichlari hozirda ishlab chiqilmoqda va keng tarqalgan emas.

Transformator moyilligi bo'lgan stabilizatorlar muhim kamchilikka ega - sozlash oralig'ini cheklaydi. Shu munosabat bilan ular iste'molchilar orasida past talabga ega.

Fazalar soni bo'yicha kuchlanish stabilizatorlari quyidagi turlarga bo'linadi:

- bir fazali - maishiy sharoitda qo'llaniladi;
- uch fazali - ishlab chiqarishda barqaror tok ta'minotini talab qiladigan asbob-uskunalarini himoya qilish uchun ishlatiladi.

Quvvatiga ko'ra, maishiy stabilizatorlar bir necha turlarga bo'linadi:

1. Kam quvvatli - bir yoki ikkita elektr jihozlariga, masalan, faqat televizorga yoki kompyuterga va monitorga ulanish uchun.
2. O'rtacha quvvat - elektr jihozlarining kichik guruhiga, masalan, maishiy texnikaga ulanish uchun.
3. Kuchli - umuman yashash maydoni uchun. Ushbu qurilmalar simlarning uyga yoki kvartiraga kiradigan joyiga o'rnatiladi. Shunday qilib, xonaning butun elektr tizimi kuchlanish o'zgarishidan himoyalangan.

Stabilizatorlarning bir nechta eng keng tarqalgan turlari mavjud:

1. Releyli. Ushbu turdagi qurilmalar pog'onali kuchlanishni tartibga solishni ta'minlaydi. Releyli tuzilmalari transformator va quvvat releyidan iborat. Ular past quvvatli va sifatli elektr tarmoqlariga ega uskunalar uchun, shuningdek, noldan past haroratlarda ishlash uchun eng mos keladi. Barqaror kirish kuchlanishida 9-10 kVt gacha bo'lgan yuklamalarga bardosh beradi. Ular ishonchsizlik, komponentlarni tez-tez almashtirish zarurati va sozlashning past aniqligi bilan ajralib turadi. Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish uchun transformatorning dizaynini murakkablashtirish mumkin, ammo bu stabilizator narxining oshishiga olib keladi.

2. Simistrlil yoki elektronli. Ushbu turdagi stabilizatorlar Releyli modellari printsipli asosida ishlaydi. Farqi shundaki, ularda mexanik Rele yo'q. Buning o'rniga simistrlar ishlatiladi. Bunday qurilmalar yanada ishonchli. Bundan tashqari, ular kamroq shovqin yaratadilar. Ammo xuddi releyli kabi, elektron stabilizatorlar

kuchlanishni aniq tartibga solishga qodir emas. Ishlashning yuqori tezligi ushbu qurilmalarga tez-tez kichik kuchlanish tushishini samarali ravishda oldini olishga imkon beradi. Xususiyatlari tufayli elektron stabilizatorlar sezgir uskunalarni, shu jumladan elektronika, kompyuterlar, gazli qozonlarni va boshqalarni himoya qilish uchun ishlatiladi, ular ishonchli va texnik xizmat ko'rsatish va ishlatish uchun qulaydir. Ularning xizmat qilish muddati o'rtacha 10-15 yil.

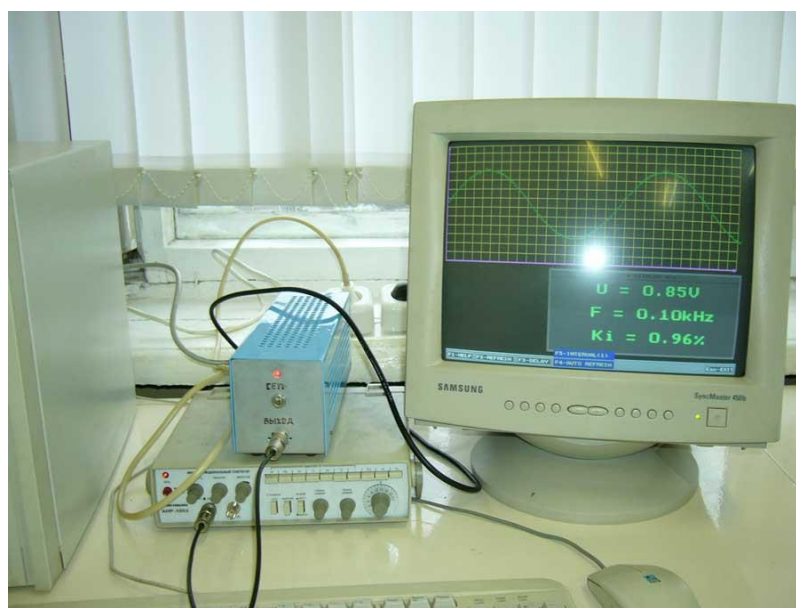
3. Elektromexanik yoki servo boshqariladigan. Ushbu qurilmalar reostat printsipli asosida ishlaydi. Shu sababli, ular chiqish kuchlanishini muammosiz o'zgartirishi va keng kirish diapazonini saqlab turishi mumkin. Elektromexanik stabilizatorlar shovqinning yuqori darajasi bilan ajralib turadi, shuning uchun ularni uyda ishlatish mumkin emas. Bunday uskunalar odatda keskin kuchlanish pasayishi bo'lmagan tarmoqlar uchun ishlatiladi.

Ishlash printsipli va sxemasi

Stabilizatorlarning ishlash printsipli chiqishda keyingi sozlash bilan kirishdagi kuchlanish darajasini aniqlashdan iborat. Qurilmaning ishlash algoritmi quyidagicha:

1. Kirishdagi kuchlanishni o'lchash. O'rtacha, bu protsedura elektron modellar uchun taxminan 20 millisekundni va elektromexanik modellar uchun taxminan 50 millisekundni oladi.

2. 220 V gacha kuchlanish ko'rsatkichlarini tekislash. Agar kirishdagi ko'rsatkichlar kamaytirilgan qiymatga ega bo'lsa, stabilizator ularni chiqishda uskunaning kuchi imkon qadar oshiradi. Agar kuchlanish standartdan yuqori bo'lsa, stabilizator kuchlanish ta'minotini bloklaydi. Ushbu qurilmaning vazifasi elektr jihozlarining impulsli kuchlanish bilan aloqa qilishini oldini olishdir.



22.1–rasm. Shaxsiy kompyuterni stabilizator yordamida ulanishi

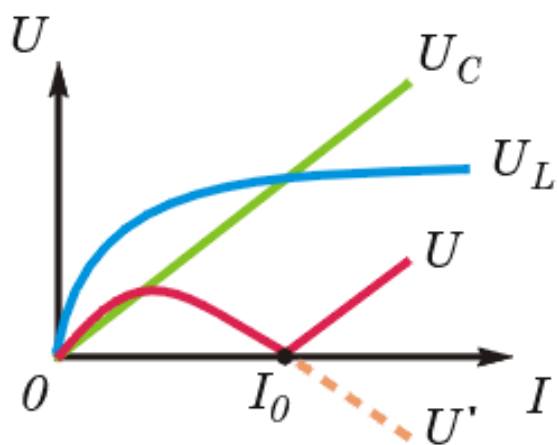
Ferromagnit o‘zakli g‘altakdan tuzilgan nochiziqli elektr zanjrlarida mazkur g‘altaklarning induktivligini ulardagi kuchlanish yoki tokning qiymatlari va shakllariga yaqqol bog‘liqligi kuzatiladi. Ko‘pincha ferrezonans hodisasi ko‘plab avtomatlashtirish qurilmalarini yaratishda foydalaniladi va ferrezonansli stabilizatorlar qurilmasida ham Kuchlanishi stabillash qiziqish uyg‘otadi.

Ferrezonansli zanjir

Ferrezonansli zanjir quyidagilardan iborat bo‘lgan sxema ferromagnitli o‘zakga ega nochiziqli induktiv g‘altak va kondansator iborat nochiziqli bo‘lgan bunday zanjirdagi element kuchli ferromagnit bo‘lishi mumkin uning o‘zagi to‘yingan magnitlanish holatidadir.

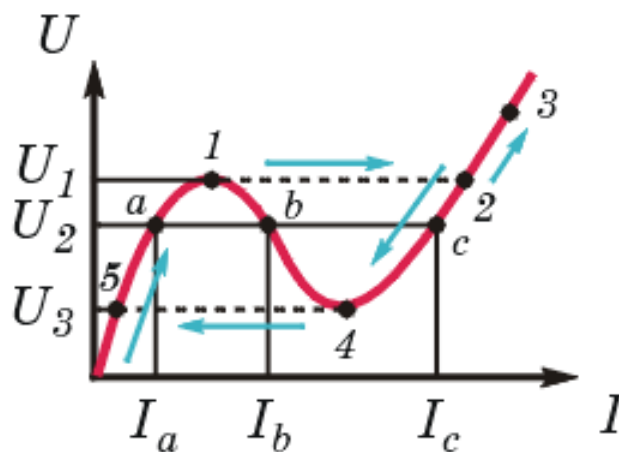
Ketma-ket va parallel ulanishli induktiv g‘altak va kondansator zanjirda ferrezonans xodisasi yuz berishi mumkin.

Oddiylik uchun biz buni ferrezonansda deb hisoblaymiz, kondansator zanjirlari mavjud doimiy sig‘im va sinusoidal bo‘lmagan tok ekvivalent sinusoida bilan almashtiriladi.



22.2–rasm. Zanjir elementlaridagi kuchlanishning va effektiv kuchlanishning tokga bog‘liqlik tavsifi

Zanjir elementlaridagi kuchlanishning va effektiv kuchlanishning tokga bog‘liqligi: U_C -kondensattordagi kuchlanish; U_L - g‘altakdagi kuchlanish; U' - g‘altak va kondensattordagi kuchlanish farqi; U - zanjirning kirish qismidagi nuqtalar orasidagi effektiv kuchlanish; I_0 - kuchlanish rezonansining nuqtasi.



22.3–rasm. Uchta I_a , I_b va I_c tok qiymati $U(I)$ tavsifi

Uchta I_a , I_b va I_c tok qiymati $U(I)$ tavsifi bo'yicha manba kuchlanishining ma'lum bir U_2 qiymatiga to'g'ri keladi. (a) nuqta kuchlanish U_3 dan pastroq qiymatdan ko'tarilganda zanjirda oqayotgan tokga mos keladi. (c) nuqtasiga kuchlanishni U_1 dan kattaroq qiymatdan U_2 qiymatigacha kamaytirish orqali olingan tok mos keladi. Tokning sakrab o'zgarish nuqtalari (1 va 4 nuqtalar) orasidagi bo'shliqda joylashgan (b) nuqtaga, sakrab o'zgarishga olib bo'lmaydigan kuchlanish manbasidan quvvat olishi bilan erishib bo'lmaydi. Barcha tok qiymatlarida xarakterli $U(I)$ ni, kuchlanish manbasidan emas, balki tok manбайдan quvvat olinishi mumkin.

Zanjirning kirish qismlaridagi effektiv kuchlanishning tokga bog'liq amaldagi (haqiqiy) egri chizig'i. Tokni stabilashda induktiv g'altakdan, kuchlanishni stabilashda esa kondensator qurilmasidan foydalaniladi.



Fazalar soni bo'yicha

Quvvatiga ko'ra

- **Bir fazali** - maishiy sharoitda qo'llaniladi;
- **Uch fazali** - ishlab chiqarishda barqaror tok ta'minotini talab qiladigan asbob-uskunalarni himoya qilish uchun ishlatiladi.
- **Kam quvvatli** - bir yoki ikkita elektr jihozlariga, masalan, faqat televizorga yoki kompyuterga va monitorga ulanish uchun.
- **O'rtacha quvvat** - elektr jihozlarining kichik guruhiga, masalan, maishiy texnikaga ulanish uchun.
- **Kuchli** - umuman yashash maydoni uchun.

Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Elektr energiyasining sifat ko‘rsatkichlari haqida nimalarni bilasiz?
2. Nima uchun sifat ko‘rsatkichlari nazorat qilinadi?
3. Elektr tarmog‘ining kuchlanishi qanday stabilanadi?
4. Elektr tarmog‘ining toki qanday stabilanadi?
5. Ferrerezonansli zanjir haqida nimalarni bilasiz?
6. GOST 13109-97 qanday standart hisoblanadi ?

23 -bob Filtrlar va ularning qo'llanilishi.

23.1 Passiv va aktiv filtrlar haqida tushuncha.

23.2 Filtrlarning tuzilishi va elektr sxemalari.

23.1 Passiv va aktiv filtrlar haqida tushuncha.

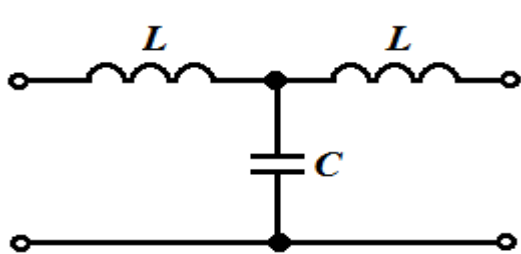
Axborotlarni (malumotlarni) yetkazuvchilar.

- O'zgaruvchan tok, impuls, video impuls, radio impuls, chastota oraliqlari haqida tushinchalar.

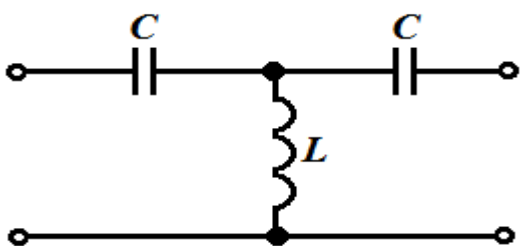
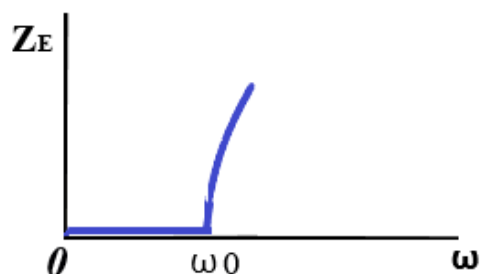
- Impulslar va videoImpulslarning asosiy xarateristikalari.

Filtrlar:

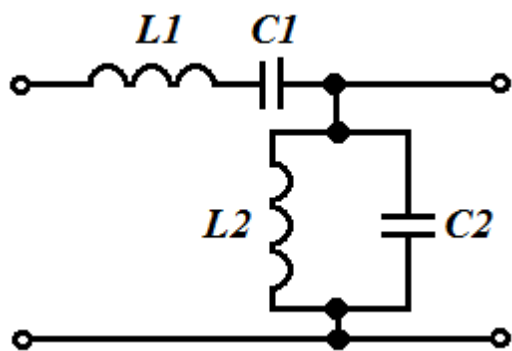
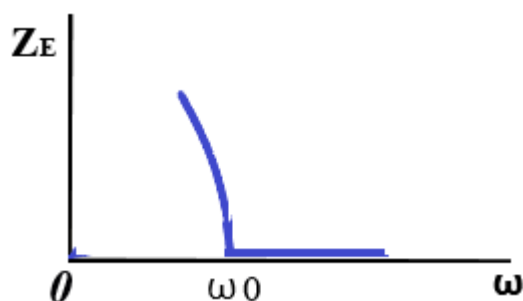
a) past chastotali; b) yuqori chastotali; c) polosali(poyonli);



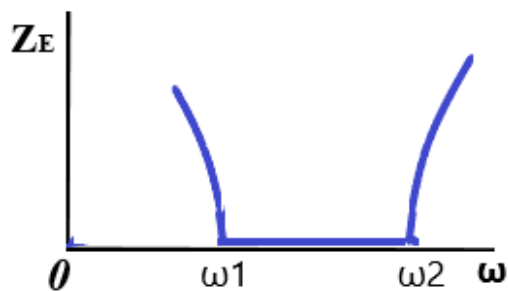
a



b

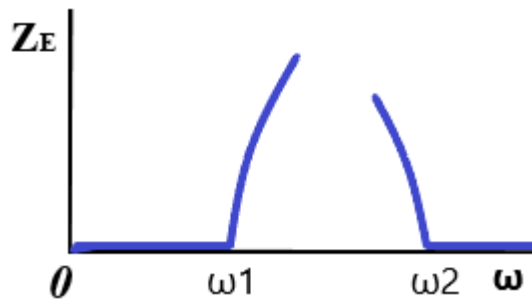
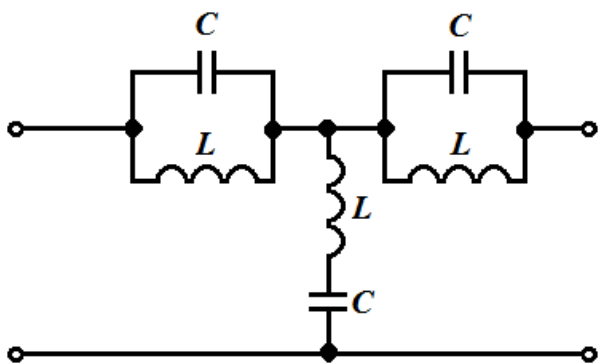


c

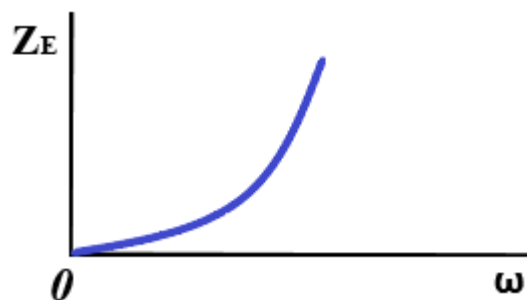
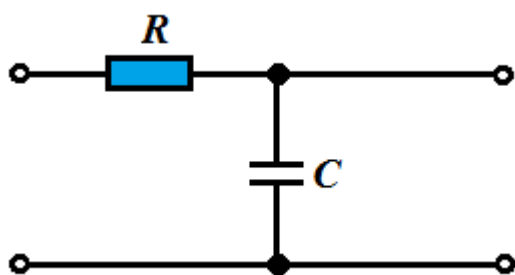


23.1–rasm. Past, yuqori chastotali va polosali(poyonli) filtrlar

d) to'suvchi filtr; e) past chastotali RC filtri;



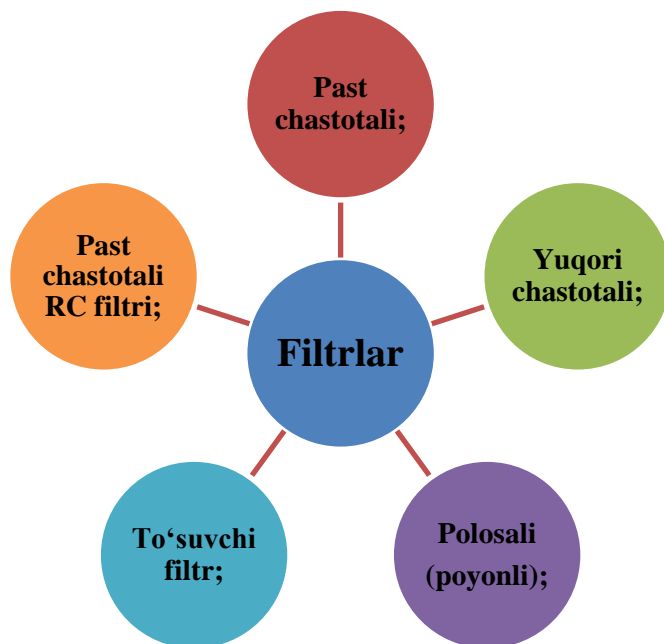
d



e

ω

23.2–rasm. To'suvchi LC va past chastotali RC filtrlar



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Filtrlarning vazifasi nima?
2. Past chastotali filtrning sxemasini tasvirlang?
3. Yuqori chastotali filtrning sxemasini tasvirlang?
4. Polosali(poyonli) filtrning sxemasini tasvirlang?
5. To‘suqchi filtr qanday sxemaga ega?
6. Past chastotali RC filtri qanday ishlaydi ?

24 -bob Signal generatorlari

24.1 Generatorlarning tasnifi. Qurilmasi.

24.2 Signal generatorlarining qo‘llanishi.

24.1 Generatorlarning tasnifi. Qurilmasi.

Signal generatorlari - qurilmalarning turlari va xususiyatlari

Signallar generatori elektronika va aloqa sohasidagi eng muhim texnologik elementlardan biridir. Sinov, muammolarni bartaraf etish va dizayn kabi turli xil signallar va chastotalarni yaratish uchun ishlatiladi. Standart generator turli amplitudalar, chastotalar va to‘lqin shakllari signallarini ishlab chiqarishga qodir bo‘lsada, bozorda bir nechta turli xil qurilmalar mavjud. Turi, maqsadi va qo‘llanilishiga qarab, ularning funktsionalligi farqlanadi. Ko‘pgina qurilmalarda ovoqli modulyatsiya va hatto elektron raqs musiqasini yaratish kabi maxsus ilovalar mavjud.

Standart signal generatori hali ham elektronika dizayni sohasida qo‘llaniladi va o‘tgan asrda ko‘plab o‘zgarishlarga duch keldi. Keling, signal generatorlarining eng keng tarqalgan turlarini ko‘rib chiqaylik.



APSIN6010

24.1–rasm. Funktsiyalar generatori

Har xil amplituda va shakldagi takroriy va takrorlanmaydigan signallarni yaratadigan generatorlarning eng keng tarqalgan sinfi. Chiqish signallarining umumiy turlari turli xil to‘lqinlarni o‘z ichiga oladi:

to‘rtburchakli,

sinusoidal,

chiziqli yoki uchburchak,

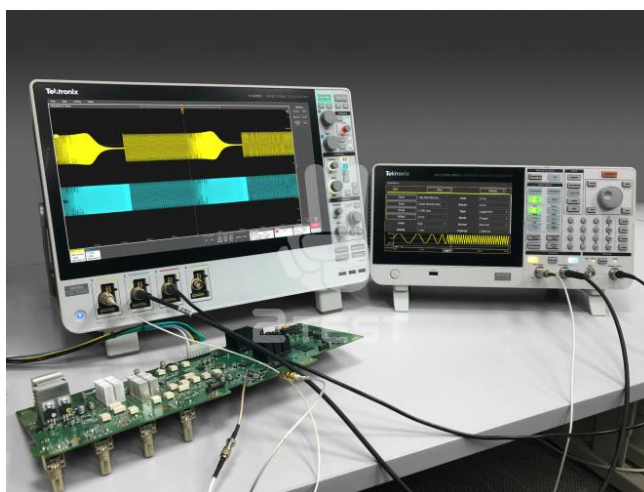
pulsi,

yurak urish tezligiga mos,

gauss pulsi,

ehtiyoriy.

Ushbu to‘lqin shakllari sinov sxemasiga kiritilishi va qurilmaning to‘g‘ri ishlashini tasdiqlash uchun tahlil qilinishi mumkin.



24.2–rasm. Tektronixning AFG seriyali signal generatorlari

Standart to‘lqin shakllarini, o‘zi paydo bo‘ladigan to‘lqin shakllarini va signalni pasaytirish imkoniyatlarini qo‘llab-quvvatlaydigan Tektronixning AFG seriyali signal generatorlari keng ko‘lamli ilovalarni bajarishga qodir.

Ko‘proq moslashuvchanlik uchun ko‘plab to‘lqin shakllari qadam sifatida yuklanishi va har bir qadamning takrorlanish tartibi hamda sonini aniqlash uchun takrorlashlar, o‘tishlar va triggerlarni o‘z ichiga olgan ketma-ketlikda ijro etilishi mumkin. O‘zi paydo bo‘ladigan va ketma-ket to‘lqin shakllarining kombinatsiyasidan foydalanib, juda murakkab va dinamik to‘lqin shakllarini ko‘paytirishga erishish mumkin. Ular ko‘pincha universitetlarda o‘quv maqsadlarida qo‘llaniladi.

Turli xil to‘lqin shakllari (arra tishlari, qadam, zarba va uchburchak to‘lqinlar), past tarmoqli kengligi darajalari va cheklangan chastota diapazoni bundan mustasno, standart funktsiya generatoriga o‘xshaydi. Qurilma, shuningdek,

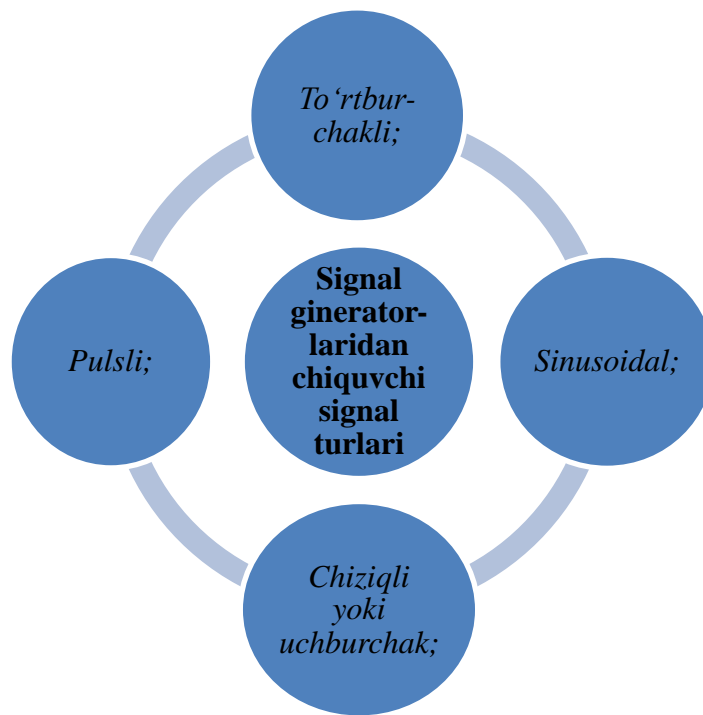
ishlab chiqarishi mumkin bo'lgan signallarning oldindan o'rnatilgan ro'yxatiga ega va foydalanuvchi ijro etish tezligi, amplituda va ofset kabi parametrlarini o'zgartirishi, asosiy buzilish yoki modulyatsiyani qo'shishi mumkin.



24.3–rasm. Operatorning ish o'rni



24.4–rasm. Signal generatorlarining zamonaviy turlari



Mavzuga oid pedtexnologiya

O'z-o'zini nazorat qilish savollari

1. Signallar generatori qaysi sohalarda ko'proq ishlatiladi ?
2. Signallar generatorining asosiy funktsiyasi nimadan iborat?
3. Chiqish signallarining umumiy turlarini ayting?
4. Tektronixning AFG seriyali signal generatorlari nima maqsadda ishlatiladi?
5. Qanday zamonaviy signallar generatori bilasiz?

25 -bob Muqobil elektr stantsiyalar va muntazam takrorlanuvchi energiya manbaalari

25.1 Mikrohidroelektr stantsiyalari

25.2 Shamol elektr qurilmalari

25.3 Quyosh elektr stantsiyalari

25.4 Kimyoviy elektr stantsiyalar

25.5 Avtonom dizel elektr stantsiyalari

25.6 Zamonaviy invertorlar

25.1 Mikrohidroelektr stantsiyalari

Respublikada iqtisodiy va texnika taraqqiyotining va rivojlanishning mustahkam poydevorini yanada mustahkamlash va bugungi kunda mamlakatimizda elektr energetikaga bo'lgan talabdan kelib chiqib arzon, foydali va ekologik toza elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyoj yanada ortib bormoqda. Mazkur ehtiyojni qondirish uchun esa elektr tokini ishlab chiqaruvchi turli usullardan keng foydalanib kelinmoqda. **GES - suv oqimining energiyasini** elektr energiyasiga aylantirib beradigan qurilma. Energiyani o'zgartirish nuqtai nazardan gidroenergetika bu juda yuqori FIKga ega bo'lgan texnologiyadir, ko'p hollarda oddiy issiqlik elektrostansiyalarga qaraganda FIK ikki martadan katta bo'ladi [1].

Ishlab chiqarishda turli xil generatorlar mavjud [6]:

- Eksenel-radial kontaktsiz;
- Reduktorsiz past tezlikda ishlaydigan shamol tegirmonlari uchun;
- Mikro va mini GES lar uchun generatorlar;
- Akkumulyatorni zaryadlash uchun generatorlar;
- Maxsus dizaynli generatorlar;
- Past tezlikda ishlaydigan generatorlar;
- Suv ostida ishlaydigan generatorlar;

Aylanish tezligi (n) o'zgarmas bo'lib, stator tokining chastotasi $f = np/60$ nisbat orqali bog'liq bo'lgan o'zgaruvchan tok mashinasi sinxron mashina deb ataladi. Sinxron mashinalar, asosan, barcha elektr stansiyalarda uch fazali elektr generatorlari sifatida ishlatilmoqda.

Ayon qutbli sinxron mashinalarni tayyorlash texnologiyasini hamda konstruksiyasining mexanik mustahkamligini ta'minlash uchun ularni aylanish tezligi 1000 ayl/min dan kam bo'lgan hollarda ishlatish uchun tavsiya etiladi. Ayon qutbli generatorlar ko'pincha, gidravlik turbinada ishlatiladi. Shuning uchun bunday generatorlar gidrogeneratorlar deb ataladi, ularning aylanish tezligi 60 dan 750 ayl/min oralig'ida bo'ladi. Tezlikning bunday katta oraliqda o'zgarishi gidrostansiyalarda suv bosimi va isrofining turlicha bo'lishi bilan bog'liqdir.

Gidrogenerator qutblarining ayonligi gidroturbinaning tezligiga bog'liq holda bir necha o'ntagacha bo'lishi mumkin. Masalan, turbinaning aylanish tezligi 75 ayl/min va standart chastota 50 Gts bo'lganda $p = 60f/n_2 = 60 \cdot 50/75 = 40$ juft qutb yoki 80 ta qutb bo'ladi. Yaqqol ko'rinmaydigan qutbli mashinalar, acosan, rotorning aylanish tezligi katta 1500, 3000 ayl/min bo'lganda qo'llaniladi. Bunday mashina rotorining konstruksiyasi bo'rtib chiqmagan qutb sifatida, ya'ni uyg'otish chulg'ami joylashtiriladigan pazli silindrsimon shaklda yasaladi. Yaqqol ko'rinmaydigan qutbli generatorlarning birlamchi dvigateli sifatida bug' turbinasi qo'llanilgani uchun bunday generatorlar turbogeneratorlar deb ataladi.

O'zgaruvchan tok generatorlarining afzallik tomonlaridan biri, to'g'rilagich diodlari akkumulatorlar batareyasini stator chulg'amlari orqali razryad bo'lishiga yo'l qo'ymaydi. Bu generator bilan teskari tok relesini ishlatish zarurati yo'qoladi va rostlagich tuzilishi ancha soddalashadi.

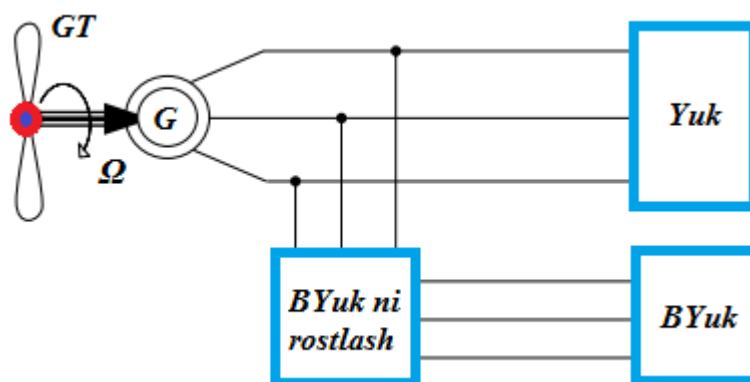
O'zgaruvchan tok generatorlari uyg'otilish uslubiga qarab tashqaridan uyg'otiladigan va o'z-o'zini uyg'otuvchi turlarga bo'linadi.

Tashqaridan uyg'otiladigan generatorlar ishlatilganda qo'shimcha akkumulatorlardan foydalaniladi. Aylanish hosil bo'lishi bilanoq uyg'otish chulg'amidagi tok o'zining maksimal qiymatiga ega bo'ladi va generatoning kuchlanishi tezlik bilan unumli qiymatiga erishadi.

O'zini-o'zi uyg'otish generatorlari uyg'otish chulg'amiga tok akkumulatoridan kelmasdan, balki quvvati uncha katta bo'lmagan, uch dioddan tuzilgan va stator chulg'amlari bilan to'g'rilagich diodlari tutashtirgan nuqtalarga ulangan qo'shimcha uyg'otish zanjiridan keladi. O'z-o'zini uyg'otuvchi generator me'yorda ishlashining asosiy sharti rotor o'zaklarining qoldiq magnetizm xususiyatga ega bo'lishi va uyg'otish zanjiri qarshiligining mumkin qadar kichik bo'lishidir. O'z-o'zini uyg'otuvchi generatorlarning stator chulg'amlarida dastlabki kuchlanish rotor o'zaklaridagi qoldiq magnetlanish hisobiga hosil bo'lgan magnit oqimi ta'sirida vujudga keladi. Qiymati katta bo'lmagan bu EYuK uyg'otish chulg'ami orqali o'tadi va uning atrofida magnit maydonini hosil qiladi. Bu magnit maydoni rotor o'zaklarining magnitlanganlik darajasini oshiradi, natijada rotor o'zaklari atrofidagi magnit oqim kuchayadi, bu esa, o'z navbatida, generatorning

stator chulgʻamlarida induksiyanayotgan EYuK qiymati ortishiga olib keladi. Bu jarayon uzluksiz davom etadi, natijada generator uygʻonib, ishga tushib ketadi[13].

Yarim oʻtkazgichli oʻzgartirgichni ham, gidravlika blokini ham tuzilishini soddalashtirish uchun uni elektr yukining kattaligini sozlashdan iborat boʻlgan mikrogidroelektrostantsiya parametrlarini barqarorlashtirish usuli imkon beradi. Rostlanadigan ballast yuklamasining generatorini chiqishini yoqish orqali avtonom quvvat manbai yuklamaining qiymatini oʻzgartirish mumkin. Agar “ballastli” deganda biz baʼzi foydali yuklamani nazarda tutadigan boʻlsak, unda bu barqarorlashtirish usuli elektr energiyasini baʼzi isteʼmolchilar oʻrtasida avtomatik ravishda qayta taqsimlashni nazarda tutadi, ularning baʼzilari taʼminot kuchlanishining pasayishiga yoki uni oʻchirishga imkon beradi. Chiqish parametrlarini avtomatik ballast nazorati bilan elektr stantsiyasining diagrammasi quyidagi rasmda koʻrsatilgan.



25.1–rasm. Avtobalast turidagi mikro GES parametrlarini barqarorlashtirishning struktura sxemasi: GT – gidroturbina; G – generator; Yuk – foydali yuklama; BYuk – ballastli yuklama; BYuk ni rostlash – ballastli yuklamaning rostlagichi; Ω – turbina oʻqining aylanish tezligi.

Ushbu usulning afzalligi elektromexanik qurilmalarni stabilizatsiya tizimidan butunlay chiqarib tashlash bilan gidravlika aylanish tezligini barqarorlashtirish imkoniyatidir. Ularni statik rostlagich bilan almashtirish mikrogidroelektrostantsiyalarning tavsiflarini yaxshilash nuqtai nazaridan ham, sof iqtisodiy nuqtai nazardan ham juda foydali. Shunday qilib, [22.28] ga koʻra, avtobalast rostlagichining narxi gidravlik turbinaning mexanik rostlagichini atigi 20% darajasida boʻlishi mumkin.

Elektron boshqaruv tizimi yuqori tezlikka ega boʻlishi mumkin, bu elektr taʼminoti chiqish kuchlanishining sifatiga ijobiy taʼsir qiladi.

Gidro blokning aylanish chastotasini barqarorlashtirish tufayli, koʻrib chiqilayotgan elektr stantsiyalarida mexanik kuchning katta chegarasiga ega

bo‘lmagan umumiy sanoat generatorlari va gidravlik dvigatel sifatida turbinali nasosdan foydalanish mumkin. . Bundan tashqari, barqarorlashtirishning avtobalast usuli sig‘imli o‘z-o‘zidan qo‘zg‘aluvchan asinxron generatorning chiqish parametrlarini tartibga solish bilan yaxshi uyg‘unlashgan, bu avtonom mikro GESlarda ham sinxron, ham asinxron mashinalardan foydalanishga imkon beradi [6,7, 28].

Avtobalast turidagi mikrogidroelektrostantsiyalarning qayd etilgan afzalliklari ularning istiqbollari va turli modifikatsiyalarda keng tarqalishini belgilaydi. [1,2,3,4,27].

25.2 Shamol elektr qurilmalari

Gansu shamol elektr stantsiyalari majmuasi (Gansu ShES majmuasi) - Xitoy xalq respublikasining Sziutsyuan shahridagi Gansu provinsiyasidagi yirik shamol stantsiyalari guruhidir. Shamol stantsiyasi majmuasi Xitoy hukumatining shamol energetikasi sohasidagi oltita davlat loyihasidan biri bo‘lib, uning maqsadi mintaqada umumiy quvvati 20 GVt va qiymati 120 mlrd. yuan (17,5 milliard dollar) bo‘lgan ShESlarini yaratishdir.[2] 2010 yilning noyabr oyida stantsiyalarning o‘rnatilgan quvvati 5,16 GVt ga yetdi.[3]

Loyihani amalga oshirish bir qator bosqichlarga bo‘lingan: birinchisi 200 MVt quvvatga ega 18 ta shamol elektr stantsiyasini va umumiy quvvati 3,8 GVt quvvatga ega 100 MVt quvvatga ega 2 ta shamol stantsiyasini qurishni o‘z ichiga oldi; 8 GVt quvvatga ega ikkinchisi har biri 200 MVt quvvatga ega 40 ta ShES qurilishini o‘z ichiga oladi. Rejalashtirilgan quvvat o‘sishi 2010 yilga kelib 5,16 GVt, 2015 yilga kelib 12,71 GVt va 2020 yilga kelib 20 GVtni tashkil qiladi.



25.2–rasm. Gansu shamol elektr stantsiyasi majmuasi yon tomonidan ko‘rinishi

Gansu shamol elektr stantsiyasi majmuasi

Mamlakat Xitoy

Joylashgan joy - Gansu

Holati - Foydalanishda

Qurilish boshlangan yil - 2009 yil

Agregatlarning ishga tushirilgan yillari 2009-

Asosiy tavsiflari:

Yillik elektr energiyasi ishlab chiqarish, million kVt/soat 7000-10 000

Elektr stantsiyasining turi - Yer ustidagi

Elektr quvvati, MVt 7,965 GVt (rejada 20 GVt)

Shamol tezligini o'rganish

Shamol elektr stantsiyalari o'rtacha shamol tezligi yuqori bo'lgan joylarda quriladi - 4,5 m/s va undan yuqori.

Hududning imkoniyatlarini dastlabki o'rganish ishlari olib boriladi. Anemometrlar 30 dan 100 metrgacha balandlikda o'rnatiladi va ular bir yoki ikki yil ichida shamol tezligi va yo'nalishi haqida ma'lumot to'playdi. Olingan ma'lumotlar shamol energiyasining mavjudligi xaritalariga birlashtirilishi mumkin. Bunday xaritalar (va maxsus dasturiy ta'minot) potentsial investorlarga loyihaning daromadlilik darajasini baholash imkonini beradi.

Oddiy meteorologik ma'lumotlar shamol elektr stantsiyalarini qurish uchun mos emas, chunki shamol tezligi haqidagi bu ma'lumot yer sathida (10 metrgacha) va shaharlar ichida yoki aeroportlarda to'plangan.

Ko'pgina mamlakatlarda shamol energiyasi uchun shamol xaritalari davlat idoralari tomonidan yoki hukumat yordami bilan tuziladi. Masalan, Kanadada Rivojlanish departamenti va Tabiiy resurslar departamenti Kanada shamol atlasini va WEST (Wind Energy Simulation Toolkit) kompyuter modelini yaratdi, bu esa Kanadaning istalgan hududda shamol turbinalarini o'rnatishni rejalashtirish imkonini beradi.

Balandligi

Shamol tezligi balandlik bilan ortadi. Shuning uchun shamol stantsiyalari tepaliklar yoki adirlar tepalarida quriladi va 30-60 metr balandlikdagi minoralarga generatorlar o'rnatiladi. Shamolga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan ob'ektlar: daraxtlar, katta binolar va boshqalar hisobga olinadi.

Shamol elektr stantsiyalari - kamchiliklar

Shamol tabiiy ravishda beqaror, kuchli va kuchsiz esishi mumkin. Bu shamol energiyasidan foydalanishni qiyinlashtiradi. Ushbu kamchilikni qoplaydigan texnik echimlarni izlash shamol stantsiyalarini yaratishda asosiy vazifadir.

Yuqori sifatli shamol turbinalari juda qimmat va deyarli buzilmaydi. Shamol elektr stantsiyalari turli xil tovush spektrlarida odamlar uchun zararli shovqinlarni yaratadi. Odatda shamol turbinalari turar-joy binolaridan shunday masofada quriladiki, shovqin 35-45 detsibeldan oshmaydi.

Shamol elektr stantsiyalari televizor va turli aloqa tizimlariga xalaqit beradi. Shamol turbinalaridan foydalanish - Yevropada ularning 26 000 dan ortig'i - bu hodisa muqobil elektroenergetika sanoatini rivojlantirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega emasligini ko'rsatadi.

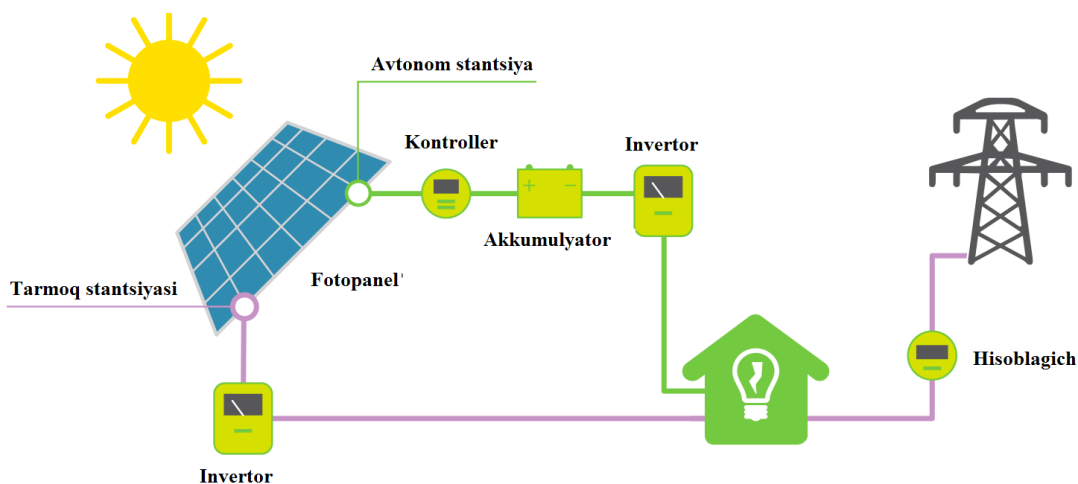
Shamol elektr stantsiyalari, migratsiya va uya qurish yo'llariga joylashtirilsa, qushlarga zarar etkazadi.

Shamol stantsiyalarining jahondagi yetakchi ishlab chiqaruvchilari quyidagilar:

25.3 Quyosh elektr stantsiyalari

Darhol shuni takidlaymizki, biz sanoat yechimlari haqida emas, balki og'ir tizimlar haqida emas, balki kichik quvvatli iste'molchi uchun oddiy iste'molchi quyosh elektr stantsiyasi haqida gapirmaymiz. Biz pulni sohadigan oligarx emasmiz, lekin biz yetarlicha oqilonalik tamoyiliga amal qilamiz.

Ya'ni, biz hovuzni "quyosh" elektr energiyasi bilan isitishni yoki bizda yo'q elektr mashinani zaryad qilishni xohlamaymiz, lekin bizlar ish joyidagi barcha jihozlar elektr tarmog'iga qaramay, doimiy ishlashini xohlaymiz.



25.3–rasm. Xususiy iste'molchi uchun quyosh elektr stantsiyalarining ulanish sxemasi

Endi biz xususiy iste'molchi uchun quyosh elektr stantsiyalarining turlari haqida fikrlarni bayon qilamiz. Umuman olganda, ulardan faqat uchta bor, ammo farqlari mavjud. Har bir tizimning narxini oshishi bo'yicha tahlil qilamiz.

Tarmoqli quyosh elektr stantsiyasi - bu turdagi elektr stantsiyalari arzon narxlardagi va maksimal foydalanish qulayligini birlashtiradi. U faqat ikkita elementdan iborat: quyosh panellari va tarmoq invertori. Quyosh panellaridan bevosita kichik quvvatli iste'molchi 220 V yoki 380 V ga aylantiriladi va uy elektr tizimlari tomonidan iste'mol qilinadi.

Ammo muhim kamchilik bor: QES ning ishlashi uchun magistral tarmoq kerak. Tashqi elektr quvvati uzilib qolsa, quyosh panellari "bo'sh qovoq" ga

aylanadi va elektr energiyasini ishlab chiqarishni to'xtatadi, chunki tarmoq invertorining ishlashi asosiy tarmoqni, ya'ni elektr energiyasining mavjudligini talab qiladi.

Bundan tashqari, elektr tarmog'ining joriy infratuzilmasi bilan tarmoq invertorining ishlashi juda foydali emas. **Misol:** sizda 3 kVt quvvatga ega quyosh elektr stantsiyasi bor va uy 1 kVt iste'mol qiladi. Ortiqcha narsa tarmoqqa "oqadi" va an'anaviy hisoblagichlar energiya "modulini" hisoblaydi, ya'ni hisoblagich tarmoqqa berilgan energiyani iste'mol qilingan deb hisoblaydi va siz hali ham buning uchun to'lashingiz kerak bo'ladi.

Bu yerda quyidagi savol mantiqan yaqin keladi: ortiqcha energiya bilan nima qilish kerak va undan qanday qochish kerak? Keling, ikkinchi turdagi quyosh elektr stansiyalariga o'tamiz.

Gibrid quyosh elektr stantsiyasi - bu turdagi elektr stansiyalari tarmoq va avtonom elektr stansiyalarining afzalliklarini birlashtiradi. To'rt elementdan iborat: quyosh panellari, quyosh kontrolleri, batareyalar va gibrid invertor.

Barchasining asosi gibrid inverter bo'lib, u quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilgan energiyani tashqi tarmoqdan iste'mol qilinadigan energiyaga aralashtirishga qodir. Bundan tashqari, yaxshi invertorlar iste'mol qilinadigan energiyaning ustuvorligini belgilash qobiliyatiga ega.

Ideal holda, uy birinchi navbatda quyosh panellaridan energiya iste'mol qilishi kerak va faqat uning etishmasligi bo'lsa, uni tashqi tarmoqdan olish kerak. Tashqi tarmoq yo'qolgan taqdirda, inverter avtonom ishlashga o'tadi va quyosh panellari energiyasidan va akkumulyator batareyalarda saqlanadigan energiyadan foydalanadi.

Shunday qilib, elektr quvvati uzoq vaqt davomida o'chib qolsa va bulutli kun bo'lsa ham (yoki kechasi elektr uzilib qolsa), uydagi hamma narsa ishlaydi. Ammo umuman elektr yo'q bo'lsa-chi, lekin qandaydir tarzda yashash kerakmi? Bu yerda biz uchinchi turdagi elektr stantsiyasiga murojaat qilamiz.

Avtonom quyosh elektr stantsiyasi - bu turdagi elektr stantsiyasi tashqi elektr tarmoqlaridan butunlay mustaqil mavjud bo'lish imkonini beradi. U to'rt elementlarni o'z ichiga olishi mumkin: quyosh panellari, quyosh kontrolleri, batareya, invertor.

Bunga qo'shimcha ravishda va ba'zan quyosh panellari o'rniga kam quvvatli gidroelektrostantsiya, shamol stantsiyasi, generator (dizel, gaz yoki benzin) o'rnatilishi mumkin. Qoidaga ko'ra, bunday ob'ektlarda generator mavjud, chunki quyosh va shamol bo'lmasligi mumkin va batareyalarda energiya ta'minoti cheksiz emas - bu holda generator ishga tushadi va bir vaqtning o'zida batareyadan zaryad olayotgan butun ob'ektni energiya bilan ta'minlaydi.

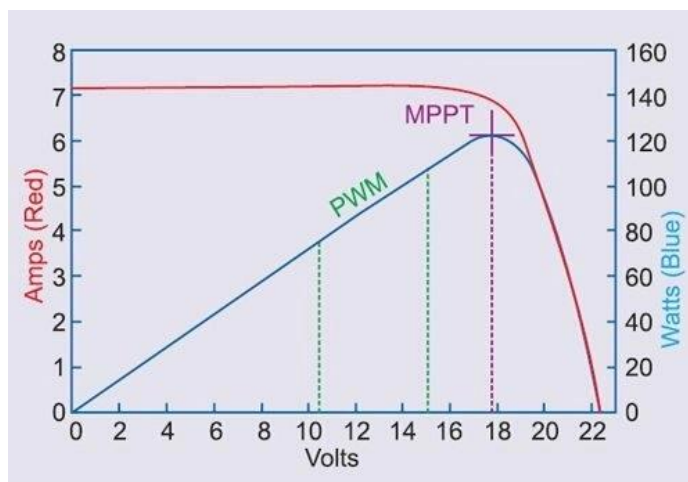
Agar inverter bu funktsiyalarga ega bo'lsa, tashqi elektr tarmog'i ulanganda bunday elektr stantsiyani osongina gibridga aylantirish mumkin. Avtonom inverter va gibrid o'rtasidagi asosiy farq shundaki, u quyosh panellari energiyasini tashqi tarmoq energiyasi bilan aralashтира olmaydi.

Shu bilan birga, gibrid inverter, aksincha, tashqi tarmoq o'chirilgan bo'lsa, avtonom sifatida ishlashi mumkin. Qoida tariqasida, gibrid inverterlar to'liq avtonom bo'lganlar bilan narxga mos keladi va agar ular farq qiladigan bo'lsa, unda bu ahamiyatsiz.

Quyosh kontrolleri(boshqaruvchisi) nima

Barcha turdagi quyosh elektr stantsiyalarida quyosh kontrolleri(boshqaruvchisi) mavjud. Hatto tarmoqdagi quyosh elektr stantsiyasida ham, u shunchaki tarmoq inverterining bir qismidir. Ha, va ko'plab gibrid inverterlar bortda quyosh kontrollerlari bilan mavjud.

Bu nima va u nima uchun kerak? Bizlar bu yerda gibrid va avtonom quyosh elektr stantsiyalari haqida gapiramiz, chunki agar biron bir savol bo'lsa, sharhlarda sizni tarmoq inverteri qurilmasi bilan batafsilroq tanishtirishimiz mumkin.



25.4–rasm. Quyosh panellaridan olingan kuchlanish, tok va quvvat nomogrammasi

Quyosh kontrolleri - bu quyosh panellaridan olingan energiyani inverter tomonidan o'zgargan energiyaga aylantiradigan qurilma. Misol uchun, quyosh panellari 12 V ga karrali bo'lgan kuchlanish bilan ishlab chiqariladi va batareyalar ham 12 V ga karrali bo'lgan tarzda tayyorlanadi.

1-2 kVt quvvatga ega oddiy tizimlar 12 V da ishlaydi. 2-3 kVt yuqori unumdorli tizimlar allaqachon 24 V da ishlaydi va 4-5 kVt va undan ortiq quvvatli tizimlar 48 V da ishlaydi. Hozircha biz faqat "uy" tizimlarini ko'rib chiqamiz, chunki biz bir necha yuz voltli kuchlanishlarda ishlaydigan inverterlar mavjudligini bilamiz, lekin bu allaqachon uy sharoiti uchun xavfli hisoblanadi.

Aytaylik, bizda 48V tizimi va 36V quyosh panellari mavjud (panel 3 x 12V ga ko'paytiriladi). Invertorning ishlashi uchun kerakli 48 V ni qanday olish mumkin? Albatta, 48 V batareyalar invertorga ulangan va bu batareyalarga boshqa bir tomondan quyosh panellari ulangan.

Batareyani zaryad qilish uchun quyosh panellari ataylab yuqori kuchlanishga yig'iladi. Quyosh panellaridan aniq yuqoriroq kuchlanishni oladigan quyosh kontrolleri bu kuchlanishni kerakli qiymatga o'zgartiradi va uni batareyaga o'tkazadi. Bu soddalashtirilgan varianti.

Quyosh panellaridan 150-200 V dan 12 V akkumulyatorgacha pasaytirishi mumkin bo'lgan kontrollerlar mavjud, ammo bu yerda juda katta toklar oqadi va kontroller yomonroq samaradorlik bilan ishlaydi. Quyosh panellaridagi kuchlanish batareyadagi kuchlanishdan ikki baravar ko'p bo'lsa Ideal holat hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda quyoshli fotoelektrik o'zgartirgichlarning iqtisodiy ko'rsatkichlari bo'yicha energiya olishning an'anaviy usullari bilan raqobatlasha olmaydi. Shuning uchun ularning amaliy qo'llanilish sohasi elektrozatmalarning markazlashgan liniyalaridan elekt energya keltirilishi murakkab avtonom (lokal ishlovchi) dizel - generatorlar uchun yo'qilgi keltirish esa iqtisodiyot tomondan maqsadga muvofiq bo'lmagan joylarda joylashadigan kichik avtonom uskunalar hisoblanadi.

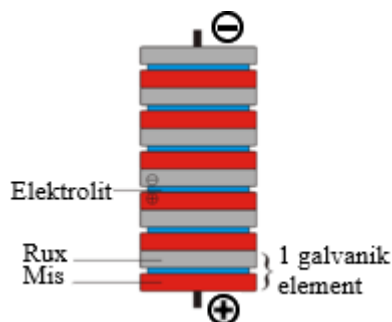
Quyosh energiyasidan foydalanishga oid aniq misollar: shudgor qilinmaydigan yaylovlardagi cho'ponlar uylarini, ko'chmanchi asalarichilikda pasekali elektr jixozlarini energiya bilan ta'minlash, gidrometeorologiya va radiogeodezik stansiyalar apparaturasini olib boriladigan joylar (to'g'ridan-to'g'ri) elektr energiyasi bilan ta'minlash, kichik sovutkichlar vaksinalar, zardoblar va boshqa tibbiy yordam moddalarini saqlash va transport uchun, suvdagi navigation qurilmalar va quduqlardagi drajli belgilarini, dala sharoytlarida akkumulyatorlarni zaryadlash uchun elektr bilan ta'minlash.

Bu yerda birinchi o'rinda quyosh foto elektr o'zgartirgichlarning boshqa yaxshi hossalari bo'ladi: ishonchliligi, mobilligi, shovqinsizligi, ekologik tozaligi, xizmat ko'rsatishga zarurat yo'qligi, uzoq kafolatli xizmat muddati, tashishda ixchamligi.

Ko'rsatilgan maqsadlar uchun quyosh energiyasining eng istiqbolli maqsadlaridan biri – kremniy asosiydagi quyoshli elementlar ko'chma yoki fotoelektrik uskunalarni hosil qiladi, uning FIKi 15% va 2 dan 100 Vt gacha quvvatni tashkil etgan quyosh sochma nurlanishni va tashkil etuvchanligi energiyasini o'zgartiradi.

25.4 Kimyoviy elektr stantsiyalar

Yaratilish tarixi



25.5–rasm. Volt ustuni

Birinchi kimyoviy tok manbai 1800 yilda italiyalik olim Alessandro Volta tomonidan ixtiro qilingan. Bu Volta elementi edi - rux va mis plitalari tushirilgan sho‘r suvli idish, sim bilan bog‘langan. Keyin olim ushbu elementlardan batareyani yig‘di, keyinchalik u Volt ustuni deb nomlandi. Ushbu ixtiro keyinchalik boshqa olimlar tomonidan o‘z tadqiqotlarida foydalanilgan. Masalan, 1802 yilda rus akademigi V.V. Petrov elektr yoyi hosil qilish uchun 2100 elementdan iborat Volt ustunini loyihalashtirdi. 1836 yilda ingliz kimyogari Jon Daniel sulfat kislotasiga rux va mis elektrodlarini joylashtirish orqali Volta elementini takomillashtirdi. Ushbu dizayn “Daniel elementi” sifatida tanildi.

1859 yilda fransuz fizigi Gaston Plante qo‘rg‘oshin kislotali akkumulyatorni ixtiro qildi. Ushbu turdagi hujayralar bugungi kungacha avtomobil akkumulyatorlarida qo‘llaniladi.

1865 yilda fransuz kimyogari J. Leclanche o‘zining galvanik elementini (Leclanchet elementi) taklif qildi, u ammoniy xloridning suvli eritmasi yoki boshqa xlorid tuzi bilan to‘ldirilgan rux idishidan iborat bo‘lib, unda marganets (IV) oksidi MnO_2 aglomerati mavjud edi. Uglerod tok kollektori bilan joylashtirilgan. Ushbu dizaynning modifikatsiyasi hali ham turli xil uy jihozlari uchun tuz batareyalarida qo‘llaniladi.

1890 yilda Nyu-Yorkda Rossiyadan kelgan muhojir Konrad Xubert birinchi cho‘ntak elektr chirog‘ini yaratdi. Va allaqachon 1896 yilda National Carbon dunyodagi birinchi quruq elementlar Leclanche “Columbia” ni ommaviy ishlab chiqarishni boshladi.

Ishlash printsipi

Kimyoviy tok manbalarining asosi elektrolitlar bilan aloqada bo‘lgan ikkita elektrod (oksidlovchi vositani o‘z ichiga olgan katod va qaytaruvchi vositani o‘z ichiga olgan anod). Elektrodlar o‘rtasida potentsial farq o‘rnatiladi - oksidlanish-qaytarilish reaksiyasining erkin energiyasiga mos keladigan elektr yurituvchi kuch. Kimyoviy tok manbalarining harakati yopiq tashqi konturda fazoviy ajratilgan jarayonlar tokiga asoslanadi: qaytaruvchi vosita katodda oksidlanadi,

hosil bo'lgan erkin elektronlar o'tib, tashqi zanjir bo'ylab anodga zaryad tokini hosil qiladi, bu yerda ular oksidlovchining qaytarilish reaksiyasida ishtirok etadilar.

Zamonaviy kimyoviy tok manbalarida quyidagilardan foydalaniladi:

- qaytaruvchi sifatida (anodda) - qo'rg'oshin Pb, kadmiy Cd, sink Zn va boshqa metallar;

- oksidlovchi sifatida (katodda) — qo'rg'oshin (IV) oksidi PbO₂, nikel gidroksid NiOOH, marganets (IV) oksidi MnO₂ va boshqalar;

- elektrolit sifatida - ishqorlar, kislotalar yoki tuzlarning eritmalari.

Tasniflanishi

Qayta foydalanish imkoniyati yoki mumkin emasligiga ko'ra, kimyoviy tok manbalari quyidagilarga bo'linadi:

- galvanik xujayralar (birlamchi KTM), ularda sodir bo'ladigan reaksiyalarning qaytarilmasligi tufayli qayta zaryadlanmaydi;

- elektr batareyalari (ikkilamchi KTM) - tashqi tok manbai (zaryadlovchi) yordamida qayta zaryadlanuvchi galvanik elementlar;

- yonilg'ich xujayralari (elektrokimyoviy generatorlar) - galvanik elementga o'xshash, lekin undan elektrokimyoviy reaksiya uchun moddalar unga tashqaridan kiritilishi va undan reaksiya mahsulotlari olib tashlanishi bilan ajralib turadigan qurilmalar, bu uning uzluksiz ishlashini ta'minlaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, hujayralarning galvanik va akkumulyatorlarga bo'linishi biroz shartlilik bilan amalga oshiriladi, chunki ba'zi galvanik hujayralarni, masalan, gidroksid batareyalarni qayta zaryadlash mumkin, ammo bu jarayonning samaradorligi juda past.

Amaldagi elektrolitlar turiga ko'ra kimyoviy tok manbalari kislotali (masalan, qo'rg'oshin-kislotali akkumulyator, qo'rg'oshin-ftor elementi), ishqoriy (masalan, simob-sink elementi, simob-kadmiy elementi, nikel-rux batareyasi, nikel-kadmiy batareyasi) va sho'r suv (masalan, marganets-magniy xujayrasi, sink-xlor batareyasi).

Kimyoviy tok manbalarining ayrim turlari

Galvanik elementlar

T/r	Turi	Katod	Elektrolit	Anod	Kuchlanishi, V
1	Marganets-sink elementi	MnO ₂	KOH	Zn	1.56
2	Marganets-qalay elementi	MnO ₂	KOH	Sn	1.65
3	Marganets-magniy elementi	MnO ₂	MgBr	Mg	2.00
4	Qo'rg'oshin sink elementi	PbO ₂	H ₂ SO ₄	Zn	2.55
5	Qo'rg'oshin kadmiy elementi	PbO ₂	H ₂ SO ₄	Cd	2.42
6	Qo'rg'oshin xlorid elementi	PbO ₂	HClO ₄	Pb	1.92
7	Simob sink elementi	HgO	KOH	Zn	1.36
8	Simob kadmiy elementi	HgO ₂	KOH	Cd	1.92
9	Oksid-simob-qalay elementi	HgO ₂	KOH	Sn	1.30
10	Xrom sink elementi	K ₂ Cr ₂ O ₇	H ₂ SO ₄	Zn	1.8—1.9

T/r	Nomlanishi	T/r	Nomlanishi	T/r	Nomlanishi
1	Qo'rg'oshin-lyuminestsent element	10	Litii-tionilxlorid elementi	19	Yod-rux elementi
2	Mis oksidi galvanic elementi	11	Litii vanadiy oksidi elementi	20	Magniy perxlorat elementi
3	Vismut-magniy elementi	12	Litii floromis elementi	21	Magniy-m-DNB elementi
4	Simob-vismut-indiy elementi	13	Litii-dioksid elementi	22	Rux-kumush xlorid elementi
5	Litii xromli kumush element	14	Dioksisulfat-simob elementi	23	Xlor-kumush elementi
6	Litii-vismut elementi	15	Magniy oltingugurt elementi	24	Brom-kumush element
7	Litii mis oksidi elementi	16	Qo'rg'oshin xlorid-magniy elementi	25	Yod-kumush elementi
8	Litii-yodli qo'rg'oshin elementi	17	Xlor-kumush-magniy elementi	26	Magniy-vanadiy elementi
9	Litii-yodli element	18	Xlorid-mis-magniy elementi	27	Kaltsiy-xromat elementi

Akkumulyator batareyalari:

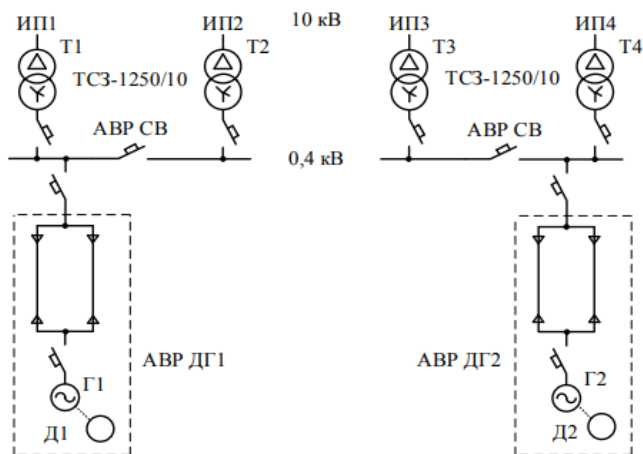
T/r	Nomlanishi	T/r	Nomlanishi	T/r	Nomlanishi
1	Lantan fluoridli batareya	8	Qo'rg'oshin kislotali akkumulyator	15	Rux xlorid batareyasi
2	Lity-ionli batareya	9	Qo'rg'oshinli qalay batareyasi	16	Natriy-oltingugurtli akkumulyator
3	Lity-polimerli batareya	10	Kumush-rux akkumulyatori	17	Lity-xlorli batareya
4	Marganets-qalay elementi	11	Kumush kadmiy batareyasi	18	Qo'rg'oshin-vodorodli batareya
5	Nikel-sink batareyasi	12	Temir-nikel batareyasi	19	Sink-brom batareyasi
6	Nikel-kadmiy batareyasi	13	Temir-havoli batareya	20	Natriy-nikel-xloridli batareyasi
7	Nikel-metall gidridli akkumulyator	14	Sink-havoli batareya	21	Lity-temir sulfidli batareya

Lity-florli batareya yonilg'i elementlari

- To'g'ridan-to'g'ri metanol yoqilg'i xujayrasi
- Qattiq oksidli yonilg'i xujayrasi
- Ishqoriy yonilg'i xujayrasi

25.5 Avtonom dizel elektr stantsiyalari

Ishonchlilikning 1-toifali maxsus guruhidagi elektr iste'molchilarining favqulodda (zaxira) elektr ta'minotini ta'minlash uchun quvvati 500 kVt / 625 kVA bo'lgan ADDo-500 rusumli ikkita dizel generatorlari (elektr stantsiyalari) ga ulangan transformator podstantsiyasining past kuchlanishli shinalari (10.19-rasm, a tasvirda). Dizel elektr stansiyasi quyidagilardan iborat: - Doosan firmasi tomonidan ishlab chiqarilgan suv bilan sovutilgan dizel dvigatel (quyidagi rasm, b tasvirda); P222LE modeli; bevosita purkovchi silindrlarning V shaklidagi joylashuvi bilan 12 silindrli dvigatel; 100% quvvat bilan batareyaning ishlash muddati 8,1 soat;

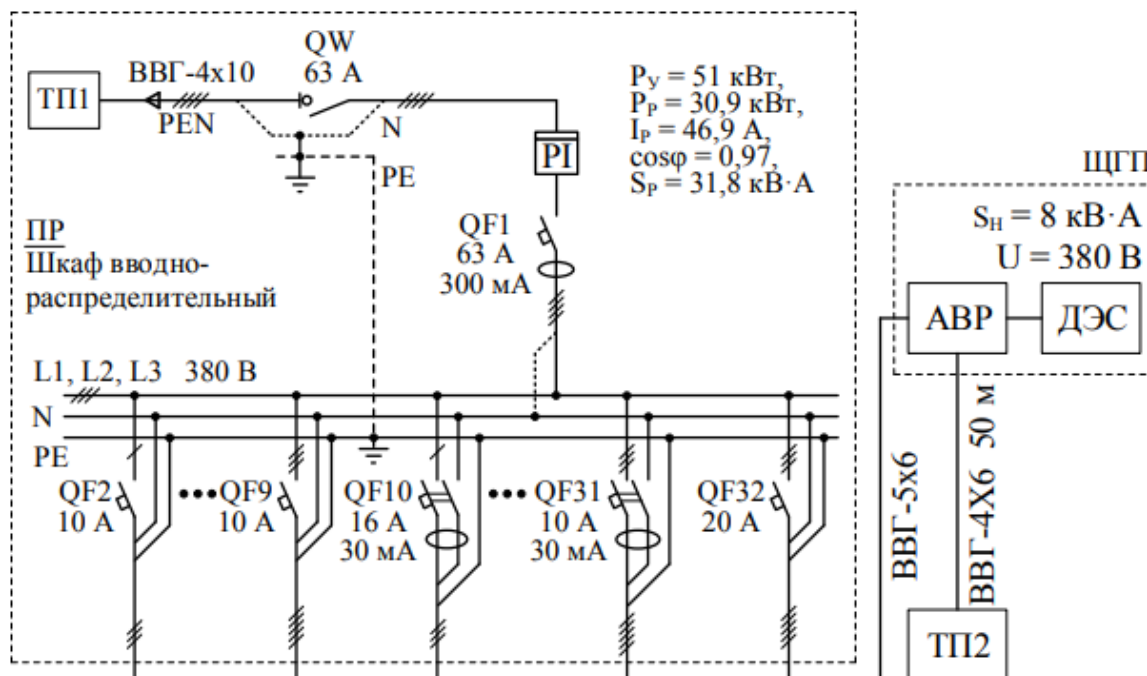


a

b

25.6–rasm. Dizel elektr stansiyasining printsiyal sxemasi(a) va umumiy ko‘rinishi(b)

Quyidagi rasmda yozgi uyning elektr ta‘minoti sxemasini ko‘rsatadi. Yozgi uyning elektr ta‘minoti to‘rt simli kabel bilan kirish tomonidan amalga oshiriladi.



25.7–rasm. Kottedjning elektr ta‘minot sxemasi

1-toifali elektr qabul qiluvchilarning uzluksiz elektr ta‘minotini ta‘minlash uchun asosiy kirishda elektr quvvati uzilib qolganda avtomatik ishga tushiriladigan

8 kV•A quvvatga ega dizel elektr stansiyasini (DPP) oʻrnatish rejalashtirilgan. Elektr energiyasini kiritish va taqsimlash uchun kirish va tarqatish uskunalari va elektr hisoblagichi bilan kirish-tarqatish javoni (PR) oʻrnatilgan. 1-toifali elektr iste'molchilarini elektr ta'minoti uchun kafolatlangan elektr ta'minoti(KET)ning alohida taqsimlash qurilmasi taqdim etiladi. Bu yerda asosiy elektr iste'molchilari quyidagilardir: gazli qozonxona, nasos stantsiyasi, yoritish va boshqalar.

25.6 Zamonaviy inverterlar

Amaliyotda koʻp hollarda oʻzgarmas tokni oʻzgaruvchan tokka aylantirish talab etiladi. Oʻzgarmas tokni oʻzgaruvchan tokka aylantirib beruvchi qurilma **inverter** deb ataladi.

Inverterlar oʻzgarmas tok zanjiridagi energiyani oʻzgaruvchan tok zanjiriga uzatishi mumkin. Bunda invertingning ishi manbaning oʻzgaruvchan kuchlanishi bilan bogʻlanadi. Inverter esa manbaga bogʻlangan deyiladi. Agar inverter iste'molchini manba bilan bogʻlanmagan holda energiya bilan ta'minlasa, u avtonom inverter deyiladi.

Invertorlash jarayoni toʻgʻrilash jarayoniga teskaridir.

Tiristorli oʻzgartirgichlar oʻzgarmas tok dvigatellarining tezligini boshqarish va aylanish yoʻnalishini oʻzgartirishda keng qoʻllaniladi.

Mustaqqil ishlovchi inverterlar avtonom inverterlar deyiladi. Avtonom inverterlar tok inverterlari va kuchlanish inverterlariga boʻlinadi(quyidagi rasm).

Kichik quvvatli inverter (toza sinus)



- Inverter (off-grid) – quvvati 300 dan 3000 Vt gacha;
- Kirish kuchlanishi DC – 12V yoki 24V;
- Chiqish kuchlanishi – 220V, toza sinus;
- Excham qurilmalarni zaryadlash uchun USB chiqish 5V;
- Chastota – 50 Gts

a

SG seriyali on-grid inverter



- Inverter (on-grid) – quvvati 1 dan 10 kVt gacha, 220 V li iste'mol tarmogʻida ishlatishga moʻljallangan;
- Kirish kuchlanishi DC – 150-380V;
- Maksimal kirish toki – 10A;
- Chiqish kuchlanishi – 220V, toza sinus;
- Maksimal samaradorligi – 93%;
- Kommunikatsion port – RS 485;
- Suyuq kristall display.

b

25.8–rasm. Hozirda qoʻllanilayotgan inverterlar Yuqori hajmli akkumulyatorlar.

Gelli akkumulyatorlar - Gelli akkumulyatorlarning ishlash tamoyili oddiy kislotali akkumulyatorlarnikiga o'xshash. Faqat gelli akkumulyatorlardagi elektrolitlarga ularni gel holatiga keltiruvchi kimyoviy elementlar qo'shiladi.

Hozirda gelli akkumulyatorlarning ikki rusumi ishlab chiqarilmoqda.

1. Birinchisi GEL akkumulyatorlari deb belgilanadi. Ular energiya sig'imini pasaytirmasdan 800 martagacha zaryadlanib-razryadlanishi mumkin. Ishlash muddati 10-12 yilgacha.

2. Ikkinchisi AGM akkumulyatorlari deb belgilanadi. Ulardagi elektrolit shisha toladan tayyorlangan maxsus separatorga joylashtiriladi. Ular energiya sig'imini pasaytirmasdan 400 martagacha zaryadlanib-razryadlanishi mumkin.

Konstruktiv jihatdan gelli akkumulyatorlar kislotali akkumulyatorlarga qaraganda qator afzalliklarga ega: Gelli akkumulyatorlarga xizmat ko'rsatish talab etilmaydi; Korpus yorilganda elektrolit oqib chiqmaydi; Zaryadlashda zaxarli bug' chiqmaydi.

Gelli akkumulyatorlarning kamchiliklari:

1. Zaryadlash kuchlanishining o'zgarishiga o'ta sezuvchanligi. Zaryadlash kuchlanishi aniq 14,4 V bo'lishi shart. Aks holda elektrolit erib ketadi va uni tiklab bo'lmaydi.

2. Havoning sovib ketishiga chidamsizligi. Haroratning sezilarli pasayib ketishida elektrolit muzlab, uning zaryadi ikki va undan ziyod kamayib ketishi mumkin.

3. Eletr qisqa tutashuvining eng qisqa vaqtdagi sharoitlarida ham butunlay ishdan chiqishi mumkin.

Ularni zaryadlash toki oddiy kislotali akkumulyatorlarnikidan yuqori bo'ladi. Ba'zilarida 30 ampergacha etishi mumkin. Maksimal razryadlanish toki - akkumulyator 30 sek davomida qancha miqdorda tok o'tkaza olish imkoniyatini ko'rsatadi. Bu parameter akkumulyatorning ishga tushirish toki deb ataladi. Avtomobillar uchun gelli akkumulyatorlarning ishga tushirish toki 550-950 Amper atrofida bo'ladi.



Mavzuga oid pedtexnologiya

O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari

1. Invertor deb nimaga aytiladi?
2. Agar invertor iste'molchini manba bilan bog'lanmagan holda energiya bilan ta'minlasa u nima deb ataladi?
3. O'zgartirgich to'g'rilash rejimidan invertorlash rejimiga o'tishi uchun, qaysi shartlar bajarilishi kerak?
4. O'zgarmas tok elektr uzatish liniyalarida to'g'rilagich sifatida ishlovchi nima o'rnatiladi?
5. Tiristorli o'zgartirgichlarning funktsiyasi va ishlash tamoyili?

Test savollaridan namunalalar

1.Solishtirma o'tkazuvchanlik qaysi koeffitsentga teskari proporsional?

- A:O'tkazgichning solishtirma qarshiligiga
- B: O'tkazgichning solishtirma harorati.
- C:O'tkazgichning solishtirma o'tkazuvchanligi
- D:O'tkazgichning solishtirma qovushg'oqligi

2.Tugun deb nimaga aytiladi?

- A: Elektr zanjirining uchta va undan ortiq tarmoqlarining birlashgan joyi.
- B:Elektr zanjirining to'rta va undan ortiq tarmoqlarining birlashgan joyi
- C:Elektr zanjirining beshta va undan ortiq tarmoqlarining birlashgan joyi.
- D:Elektr zanjirining oltilta va undan ortiq tarmoqlarining birlashgan joyi.

3.Elektr tokining issiqlik ta'siri qaysi qonun asosida tushuntiriladi?

- A:Lents-Joul qonuni
- B: Lorens-Joul qonuni
- C:Krixgof qonuni
- D: Elektromagnit qonuni

4. Elektr iste'molchilarni (qarshiliklarni) zanjirga ulashning qanday usullari mavjud?

- A:Ketma-ket, parallel, aralash.
- B:Ketma-ket, aralash
- C:Ketma-ket, parallel.
- D:Aralash ulangan xol

5.Elektr zanjirlarining xarakterli hisoblangan qanday rejimlari mavjud?

- A:Nominal (normal), salt ishlash, qisqa tutashish
- B:Nominal (normal), salt ishlash
- C:Nominal (normal), qisqa tutashish
- D:Nominal

6.O'zgaruvchan tok generatori qanday asosiy qismlardan iborat?

- A:Rotor hamda Stator
- B:Rotor hamda Reduktor
- C:Rotor hamda Rotor
- D:Rotor hamda Stanina

Induksiyalangan EYUKning sinusoidal qonun bo'yicha o'zgarishi qaysi ifodada to'g'ri ko'rsatilgan?

- A: $e = E_m \sin \omega t.$,
- B: $e = \sin \omega t.$,
- C: $e = \sin t.$,
- D: $e = \sin \omega$

7.Sinusoidal qonun bo'yicha o'zgaruvchi funsiyani tavsiflovchi kattaliklarni ko'rsating.

- A: Amplituda, davr, chastota, faza
- B: Amplituda, kuch, chastota, faza.
- C: Amplituda, davr, kuchlanish, faza.
- D: Amplituda, tok kuchi, chastota, faza.

8.Faza siljish burchagi (fazalar farqi) deganda nimani tushunasiz.

- A: Berilgan ikki sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning boshlang'ich fazalari orasidagi burchak tushuniladi.
- B: Berilgan ikki sinusoidal o'zgaruvchan kattaliklarning fazalari orasidagi burchak tushuniladi.
- C: Berilgan ikki sinusoidal o'zgaruvchan bo'lmagan kattaliklarning boshlang'ich fazalari orasidagi burchak tushuniladi.
- D: Tok bilan bog'liq jarayon

9.O'tkazuvchanlik qaysi kattalikka teskari proporsional?

- A: Qarshilikka
- B: Quvvatga
- C: Kuchlanishga
- D: Tok kuchiga

10.Solishtirma o'tkazuvchanlikni miqdor birligini ko'rsating.

- A: Simens (Sm)
- B: Simens/metr ($\frac{sm}{m}$),
- C: sekund/metr ($\frac{s}{m}$),
- D: Simens/sekund ($\frac{sm}{s}$).

11.Om qonuni qanday zanjirlarda qo'llaniladi?

- A: Tarmoqlanmagan zanjirlar uchun.,
- B: Tarmoqlangan zanjirlar uchun
- C: Hamma zanjirlar uchun.,
- D: To'g'ri javob yo'q

12.O'zbekistonda o'zgaruvchan tokning standart chastotasi sifatida necha gerts qabul qilingan.

- A: 50 Gts. B: 60 Gts. C: 70 Gts.
- D: 55 Gts.

13.Vektor diagrammalarga o'tishda sinusoidal kattaliklarning qaysi tavsiflovchi kattaligining qiymati teng bo'lishi kerak.

- A: Chastotani. B: Amplitudani. C: Davrni. D: Fazani.

14.Sinusoidal o'zgaruvchan tokning ta'sir etuvchi qiymatini ifodalovchi formulani ko'rsating.

A: $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
 B: $I = \frac{2I_m}{\sqrt{2}}$
 C: $I = \frac{I_m}{2\sqrt{2}}$
 D: $I = \frac{I_m}{\sqrt{3}}$

15.O'zgaras tokka qaysi javobda to'g'ri ta'rif berilgan ?

- A: Vaqt birligi ichida qiymati va yo'nalishi o'zarmaydigan tok o'zgaras tok deyiladi
 B: Vaqt birligi ichida yunalishi o'zarmaydigan tok o'zgaras tok deyiladi
 C: Vaqt birligi ichida qiymati o'zarmaydigan tok o'zgaras tok deyiladi
 D: Vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyati sinusoidal bo'lgan tok o'zgaras tok deyiladi

16.Elektr zanjirida harakatlanayotgan zaryadga o'tkazgich muhiti ta'sirini ko'rsatuvchi ifodani belgilang.

A: $R = \rho \frac{l}{s}$, B: $R = \rho \frac{2l}{s}$, C: $R = 3\rho \frac{l}{s}$, D: $R = 3\rho \frac{2l}{s}$

17.Asinxron motorlarni ishga tushurish usullari

- A: Yulduzchadan uchburchakka ulab tushurish
 B: Yulduzchadan to'rtburchakka ulab tushurish
 C: Uchburchakdan - uchburchakga ulab tushurish
 D: Yulduzchadan-yulduzchaga ulab tushurish

18.Asinxron motorlarni tekshirishda qanday tavsiflar o'rganiladi?

- A: Salt yurish, qisqa tutash, ishchi
 B: Salt yurish, yuklanish, tashqi
 C: Rostlash va tashqi
 D: Yuklama va qisqa tutash

19.Boshqariladigan to'g'rilagichning asosiy elementi nima?

- A: Tiristor B: Rezistor C: Induktivlik D: Kondensator

20.Generator nima?

- A: Boshqa hil energiyani elektr energiyasiga aylantiruvchi mashinalarga generator deyiladi
 B: Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi mashina
 C: Doimiy aylanuvchi mashina
 D: Mexanik ravishda energiya beruvchi mashina

21.Zaryad o'lchash birligi(miqdor kattaligi)

- A: Kl B: V C: Om D: A

22.Issiklik relesining vazifasi nimadan iborat?

- A:Motor yoki elektr istemolchilarni o'ta yuklamada ishlasa elektr tarmog'idan ajratadi
- B:Elektr iste'molchilarni qisqa tutash tokidan saqlash uchun
- C: Qisqa tutash tokidan va o'ta yuklamadan saqlash uchun
- D: Motorni biror fazasi uzulsa tarmoqdan ajratish uchun

23.Qaysi doimiy tok generatorining qo'zg'atish chulg'ami uning yakor chulg'amiga parallel ulanadi?

- A:Shuntli
- B:Seriesli
- C: Kompaundli
- D:Tug'irlagichli

24.Qaysi elektrotexnik materiallarda erkin elektronlar soni ko'p?

- A:O'tkazgichlarda
- B: Dielektrlarda
- C: Yarimo'tkazgichlarda
- D: Elektrolarda

25. Qanday qurilmalarda bipolyar tranzistor kuchaytirish rejimida ishlaydi?

- A:Kuchaytirgichlarda
- B:Rostlagichlarda
- C:To'g'rilagichlarda
- D:Generatorlarda

26.Qanday simni neytral sim deb ataladi?

- A:Uch fazali generator va iste'molchilari nolinch nuqtalarini birlashtiruvchi sim
- B: Ekranlashtirilgan
- C:Generator faza chulg'amlarini birlashtiruvchi sim
- D:Uch fazali iste'molchini faza kuchlanishlari-ni oshirish.

27.Quvvat balansi nimani me'yori hisoblanadi?

- A:Elektr sxemasi hisobini to'g'riligini hisoblash
- B:Quvvat koeffitsientini
- C:Energiya o'zgarishi jadalligini
- D:Reaktiv quvvat ajralib chiqishini

28.Quvvat koeffitsientini oshirish uchun qanday elementlardan foydalaniladi?

- A:Kondensatorlardan
- B:Induktiv g'altakdan
- C:Filtrlardan
- D:Zaryadlash qurilmasidan

29.Quvvat nima?

- A:Energiyani o'zgartirish va uzatish jadalligi
- B:O'tkazgichni qizish jadalligi
- C:Kinetik energiyani o'zgarishi
- D:Tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi

30.Quvvatning miqdor kattaligi.

- A:Vt
- B:A
- C:Om
- D:Kl

31. Kuchlanishning miqdor kattaligi.

- A:V
- B: A
- C: Om
- D: Kl

32.Neytral simning vazifasi nimadan iborat?

- A:Uch fazali iste'molchi faza kuchlanishlarining simmetriyasini ta'minlaydi
- B: Uch fazali manbaani va iste'molchini nol nuqtalarini birlashtirish
- C: Uch fazali iste'molchini liniya kuchlanishlarini tekis taqsimlash
- D: Uch fazali iste'molchini faza kuchlanishlari-ni oshirish

33.Rotorning tuzilishi bo'yicha asinxron motorning qanday turlari bor?

- A:Qisqa tutash rotorli va faza rotorli
- B: Parallel qo'zg'atish chulg'amli, qisqa tutash rotorli
- C: Halqa rotorli va faza rotorli
- D: Ketma- ket qo'zg'atishli va aralash qo'zg'atishli

34. n-p-n tipli bipolyar tranzistorlarda kollektor tokini qanday zaryad tashuvchilar hosil qiladi?

- A:Teshiklar
- B: Elektronlar
- C: Ionlar
- D: Adronlar

35.Saqlagichning vazifasi nimadan iborat?

- A:Elektr iste'molgilarni qisqa tutash tokidan saqlash uchun
- B: Motor yoki elektr iste'molchilar o'ta yuklamada ishlasa elektr tarmog'idan ajratadi
- C: Qisqa tutash tokidan va o'ta yuklamadan saqlash uchun
- D: Motorning biror fazasi uzulsa tarmoqdan ajratish uchun

36.Sinxron generatorlarning turlari

- A:Turbogenerator, gidrogenerator, dizel- generator
- B:Bug' generatori, akkumulyator, gidrogenerator
- C:Gidrogenerator, bug' trubinasi, sinxron generator
- D:O'zgarmas tok generatori, sinxron generator

37.O'zgarmas tok motori aylanish yo'nalishini qanday qilib o'zgartirish mumkin?

- A:Yakor yoki qo'zg'atish chulg'amlarining o'rnini almashtirish bilan

- B: Motorni qo‘shimcha kuchlar ta‘sirida yakorni teskari aylantirish bilan
- C: Qo‘zg‘atish chulg‘amini tarmoqdan uzib qo‘yish bilan
- D: Qo‘shimcha qarshilik qo‘shish bilan

38.O‘zgarmas tok motorining aylanish tezligini qanday rostlash usullari mavjud?

- A:Kuchlanishini, yakor chulg‘ami qarshiligini va magnit oqimini o‘zgartirish bilan
- B: Qo‘shimcha motor yordamida aylantirish bilan
- C: Juft qutblar sonini o‘zgartirib
- D: Sirpanishni va yakor tokini o‘zgartirish bilan

39.O‘zgarmas tok motorining qo‘zg‘atish chulg‘amida hosil bo‘layotgan magnit oqimi ortsa, motor tezligi qanday o‘zgaradi?

- A:Tezligi kamayadi
- B:O‘zgarmasdan qoladi
- C: Tezligi ortadi
- D: Tezligi nolga teng bo‘ladi

40.O‘zgarmas tok motorining qo‘zg‘atish chulg‘amida hosil bo‘layotgan magnit oqimi kamaysa, motor tezligi qanday o‘zgaradi?

- A:Tezligi ortadi
- B: Tezligi kamayadi
- C: O‘zgarmasdan qoladi
- D: Tezligi nolga teng bo‘ladi

41.O‘zgaruvchan tok mashinalari necha hil bo‘ladi?

- A:Sinxron, asinxron, kollektorli
- B: Asinxron, reduktorli
- C: Kollektorli, parallel qo‘zg‘atish chulg‘amli
- D: Kollektorli, yakorli

42.O‘zgaruvchan tokka qaysi javobda to‘g‘ri ta‘rif berilgan ?

- A:Vaqt birligi ichida qiymati va yo‘nalishi o‘zgaradigan tok o‘zgaruvchan tok deyiladi
- B: Vaqt birligi ichida yo‘nalishi o‘zgaradigan tok o‘zgaruvchan tok deyiladi
- C: Vaqt birligi ichida qiymati o‘zgaradigan tok o‘zgaruvchan tok deyiladi
- D: Vaqt bo‘yicha yo‘nalishi o‘zgaradigan ammo qiymati o‘zarmaydigan tok o‘zgaruvchan tok deyiladi

43.O‘z-o‘zidan qo‘zg‘aluvchi generatorlar necha hil bo‘ladi?

- A:Elektromagnit yordamida va mustaqil
- B: Parallel, ketma- ket va aralash qo‘zg‘atiladigan
- C: Ketma – ket va aralash qo‘zg‘atiladigan
- D: Mustaqil va parallel

44.Uch fazali tizim iste'molchilari «yulduz» ulanib neytral sim bilan bo'lsa qanday ataladi? A: To'rt simlik tizim

B: Uch simlik tizim

C: Besh simlik tizim

D: Ikki simlik tizim

45.Faza rotorli asinxron motor qanday yurgiziladi?

A: Rotor chulg'amiga yurgizish qarshiligini ketma-ket ulash bilan

B: Stator chulg'amini yulduz usulidan uchburchak usuliga o'tkazish yo'li bilan

C: To'g'ridan –to'g'ri tarmoqqa ulab

D: Avtotransformator yordamida

46.Elektr motorlar quvvatini hisoblash usullari

A: O'rtacha isroflar, ekvivalent miqdorlar

B: O'rtacha quvvat, o'rtacha isroflar

C: Ekvivalent tok, ekvivalent quvvat va ekvivalent moment

D: Quvvat isrofi, ekvivalent tok

47.Yarimo'tkazgich diod nechta elektrodga ega?

A: Ikkita

B: Bitta

C: Uchta

D: To'rtta

48.Aktiv qarshilik

A: R

B: X_C

C: X_L

D: Z

49.Asinxron motor qanday qismlardan tuzilgan?

A: Qo'zgalmas stator va aylanuvchi rotorlardan tuzilgan

B: Rotor, chulg'am, halqalar

C: Stator chulg'ami, halqa va qarshilik

D: Elektromagnit va chulg'amlardan

50.Burchak chastotasi ω deb nimaga aytiladi?

A: Faza burchagining o'zgarish tezligi

B: Magnit oqimining o'zgarish tezligi

C: Sinusoidal tokning o'zgarish tezligi

D: Tokning o'zgarish tezligi

51.Kollektorning vazifasi nimadan iborat?

A: Yakor chulg'amida hosil bo'layotgan o'zgaruvchan kuchlanishni o'zgarmas kuchlanishga o'zgartirish uchun

B: Kuchlanishni oshirib berish uchun

C: Tok kuchini o'zgartirish uchun
D: Hosil bo'lgan kuchlanishni olish uchun

52. Kontur toklar usuli bo'yicha:

A: Kontur toklari yordamida ayrim tarmoqlardagi haqiqiy toklar aniqlanadi
B: Zanjirning ekvivalent qarshiligi aniqlanadi
C: Zanjirdagi EYuK qiymati aniqlanadi
D: Zanjirning quvvati aniqlanadi

53. Quyida keltirilgan quvvatni hisoblash formulalaridan qaysi biri to'g'ri yozilgan?

A: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ B: $Q = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ C: $S = I^2 \cdot R$ D: $S = \sqrt{P^2 - Q^2}$

54. Kuchlanishlar rezonansi hosil bo'lish sharti qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ B: $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ C: $b_L = b_C$ D: $\omega L = \omega C$

55. Om qonuni

A: $I = \frac{U}{R}$ B: $i = \sin \omega t$ C: $I = \frac{R}{u + U}$ D: $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$

56. Reaktiv quvvat qaysi ifoda yordamida aniqlanadi?

A: $Q = UI \sin \varphi$ B: $Q = UI \cos \varphi$ C: $Q = UI \operatorname{tg} \varphi$ D: $Q = I^2 r$

57. Sinusoidal tok

A: $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ B: $I = \frac{U}{R}$ C: $I = \frac{E}{r + R}$ D: $i = \sin \omega t$

58. Sirpanishni hisoblash formulasi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A: $S = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$ B: $S = \frac{n_2 - n_1}{n_1}$ C: $S = \frac{n_1 - n_2}{n_2}$ D: $S = \frac{n_2 - n_1}{n_2}$

59. Sig'im qarshilik

A: X_C B: Z C: X_L D: R

60. Toklar rezonansi hosil bo'lish sharti qaysi javobda to'g'ri keltirilgan ?

A: $b_L = b_C$ B: $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ C: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ D: $\omega L = 1$

61. Transformator kuchaytiruvchi bo'lishi uchun transformatsiya koeffitsienti qanday bo'lishi zarur ?

A: $K < 1$ B: $K > 1$ C: $K \geq 1$ D: $K = 1$

62.To‘la qarshilikni toping.

A: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ B: $R = R_1 + R_2 + R_3$ C: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ D: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2}$

63.To‘la quvvat qaysi ifoda yordamida aniqlanadi?

A: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ B: $S = UI \sin \varphi$ C: $S = UI \cos \varphi$ D: $S = \sqrt{P^2 - Q^2}$

64.To‘rt simli «Yulduz» ulangan simmetrik iste‘molchilar uchun liniya va faza kuchlanishlarining nisbatini aniqlang.

A: $\frac{U_n}{U_\phi} = \sqrt{3}$ B: $U_\phi = 3U_n$ C: $U_\phi = U_n$ D: $U_\phi = \sqrt{2}U_n$

65.O‘zgarmas tok motori hosil qiladigan moment qanday aniqlanadi?

A: $M = \kappa \phi \cdot I$ B: $U = E + IR$ C: $\omega = UI_{\phi}$ D: $E = \kappa \phi I \Omega$

66.Uch fazali simmetrik yuklama uchburchak sxemasida ulansa, liniya toki faza tokiga nisbatan necha marta farqlanadi?

A: $\sqrt{3}$ marta katta bo‘ladi B: $\sqrt{3}$ marta kam bo‘ladi C: 3 marta katta

67.Uch fazali simmetrik yuklama yulduz sxemasida ulansa, liniya toki faza tokiga nisbatan necha marta farqlanadi?

- A: Uzaro teng bo‘ladi
B: $\sqrt{3}$ marta kam bo‘ladi
C: $\sqrt{3}$ marta katta bo‘ladi 3 marta katta
D: 3 marta kichik

68. Chastota formulasi qanday ko‘rinishga ega?

A: $f = \frac{1}{T}$ B: $f = \frac{U}{T}$ C: $f = UI$ D: $f = \frac{1}{R}$

69.Elektr o‘tkazuvchanlik

A: $g = \frac{1}{R}$ B: $z = \frac{U}{T}$ C: $\cos f = UI$ D: $f = \frac{1}{T}$

70.Qaysi yarimo‘tkazgich asbob ikkita elektrodga ega?

- A: Diod
B: Tranzistor
C: Tiristor
D: Maydoniy tranzistor

71. Agar sinusoidal tokning oniy qiymati ifodasi $i = 141 \sin(\omega t + \psi)$ ko‘rinishda berilgan bo‘lsa ushbu tokning effektiv (ta’sir etuvchi) qiymati nimaga teng?

A: $I = 141A$ B: $I = 214A$ C: $I = 215A$ D: $I = 100A$

72. Asinxron dvigatelining sinxron tezligi formulasi qaysi javobda to'g'ri yozilgan?

A: $n_1 = \frac{60f}{p}$ B: $n_1 = \frac{f}{p}$ C: $n_1 = \frac{6f}{60}$ D: $n_1 = \frac{60p}{f}$

73. Juft qutblar soni $p=2$ bo'lgan elektr mashinada chastotasi $f = 50 \text{ Gts}$ li uch fazali tokdan hosil bo'ladigan magnit maydonining aylanish tezligi n_1 nimaga teng?

A: $n_1 = 1500 \text{ ayl/min}$ B: $n_1 = 1000 \text{ ayl/min}$ C: $n_1 = 750 \text{ ayl/min}$ D: $n_1 = 3000 \text{ ayl/min}$

74. Qisqa tutash rotorli asinxron motorni yurgizish toki nominal tokdan qancha yuqori bo'ladi?

A: $I_{yu} = \left(\frac{4}{7}\right) \cdot I_{yuk}$ B: $I_{yu} = \left(\frac{0.5}{1.2}\right) \cdot I_{yuk}$ C: $I_{yu} = I_{yuk}$ D: $I_{yu} = \left(\frac{5}{10}\right) \cdot I_{yuk}$

75. Quvvat ko'effitsientining formulasi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

A: $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ B: $\cos \varphi = \frac{S}{P}$ C: $\cos \varphi = P \cdot S$ D: $\cos \varphi = UI$

76. Quvvati $P = 550 \text{ Vt}$ bo'lgan elektr lampasi kuchlanishi $U = 100 \text{ V}$ bo'lgan manbaga ulansa elektr lampadan o'tadigan tok qiymati qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A: $I = 5,5 \text{ A}$ B: $I = 2,5 \text{ A}$ C: $I = 5 \text{ A}$ D: $I = 20 \text{ A}$

77. Quyidagi keltirilgan ifodalarning qaysi biri notug'ri yozilgan, agar $\underline{U}_A = U_A \cdot e^{j0}$ berilgan bo'lsa?

A: $\underline{U}_{AB} = U_{AB} \cdot e^{-j30^\circ}$ B: $\underline{U}_C = U_C \cdot e^{-j240^\circ}$ C: $\underline{U}_B = U_B \cdot e^{-j120^\circ}$ D: $\underline{U}_{BC} = U_{BC} \cdot e^{-j90^\circ}$

78. Magnit maydonining aylanish tezligi $n = 1000 \text{ ayl/min}$ bo'lgan asinxron motorining sirpanishi $S = 0.4$ ga teng bo'lsa, asinxron motor rotorining aylanish tezligi nechaga teng bo'ladi?

A: 600 B: 550 C: 650 D: 750

79. Simmetrik iste'molchilar uchun uch fazali zanjirlarning aktiv quvvati qanday aniqlanadi?

A: $P = \sqrt{3}U_1I_1 \cos \varphi$ B: $P = \sqrt{3}U_1I_1$ C: $P = \sqrt{3}U_1I_1 \sin \varphi$ D: $P = U_1I_1$

80. Tarmoq chastotasi $f = 50 \text{ Gts}$ bo'lgan asinxron motor juft qutblari soni $p = 10$ teng bo'lsa, motorning sinxron tezligi nechaga teng bo'ladi?

A: 300 B: 1500 C: 750 D: 1000

81. Transformatorning birlamchi va ikkilamchi chulg'amlarida hosil bo'ladigan EYuKlarning effektiv qiymatlari qaysi javobda to'g'ri keltirilgan?

A: $E_1 = 4,44 f_1 w_1 \Phi_m$ va $E_2 = 4,44 f_2 w_2 \Phi_m$

B: $E_1 = 4,49 f w_1 \Phi_m$ va $E_2 = 4,49 f w_2 \Phi_m$

C: $E_1 = 4,44 f w_1 \Phi_m$ va $E_2 = 4,44 f w_2 \Phi_m$

D: $E_1 = 4,44 w_1 \Phi_m$ va $E_2 = 4,44 w_2 \Phi_m$

82. O'zgarmas tok zanjiridagi ampermetr ko'rsatishi 10 A va iste'molchi kuchlanishi 40 V bo'lsa, iste'molchi quvvati nimaga teng?

A: 400 Vt

B: 150 Vt

C: 4 Vt

D: Quvvatni topish

uchun berilganlar etarli emas

83. O'zgarmas tok zanjiridagi ampermetr ko'rsatishi 5 A va iste'molchi kuchlanishi 40 V bo'lsa, iste'molchi quvvati nimaga teng?

A: $P = 200 Vt$

B: $P = 45 Vt$

C: $P = 8 Vt$

D: Quvvatni

topish uchun berilganlar etarli emas

84. Har birining qarshiligi $R = 150 \text{ Om}$ bo'lgan uchta element kuchlanishi $U = 450 \text{ V}$ bo'lgan manbaga parallel ulansa zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok qiymati nimaga teng?

A: $I = 9 \text{ A}$.

B: $I = 3 \text{ A}$

C: $I = 15 \text{ A}$

D: $I = 12 \text{ A}$

85. Har birining qarshiligi $R = 150 \text{ Om}$ bo'lgan uchta element kuchlanishi $U = 450 \text{ V}$ bo'lgan manbaga ketma – ket ulansa zanjirdan o'tadigan tok qiymati nimaga teng?

A: $I = 1 \text{ A}$

B: $I = 2 \text{ A}$

C: $I = 4 \text{ A}$

D: $I = 3 \text{ A}$

86. Chastotasi $f = 100 \text{ Gts}$ li uch fazali tokdan hosil bo'lgan magnit maydonlari juft qutblari soni $p = 4$ bo'lsa, magnit maydonining aylanish tezligi n_1 nimaga teng?

A: $n_1 = 1500 \text{ ayl/min}$

B: $n_1 = 100 \text{ ayl/min}$

C: $n_1 = 750 \text{ ayl/min}$

D: $n_1 = 3000 \text{ ayl/min}$

87. Transformatorlar bajaradigan vazifasiga ko'ra qanday turlarga bo'linadi?

A: Katta quvvatli, avtotransformator, induksion rostlagichli, o'lchash va maxsus transformatorlar.

B: Katta quvvatli, rostlagichli, o'lchash va maxsus transformatorlar.

C: Katta quvvatli, avtotransformator, induksion rostlagichli transformatorlar.

D: Katta quvvatli, transformatorlar.

88.Transformatorni qanday ish rejimlari mavjud?

- A:Salt ishlash rejimi, yuklama rejimi, qisqa tutashuv rejimi.
- B: Salt ishlash rejimi, qisqa tutashuv rejimi.
- C: Yuklama rejimi, qisqa tutashuv rejimi.
- D: Qisqa tutashuv rejimi.

89.O'lchash ma'lumotlarini olinishiga qarab o'lchash asboblari necha turga bo'linadi?

- A:Ko'rsatuvchi asboblari, qayd qiluvchi asboblari
- B: Ko'rsatuvchi asboblari
- C: Qayd qiluvchi asboblari
- D: Hech qanday turlarga bo'linmaydi.

90.Elektr o'lchash asbobining o'zini iste'mol qiluvchi quvvat uchun qanday talab bajarilishi kerak?

- A:Asbob ulanganda o'lchash bajarilayotgan zanjirning ish rejimi o'zgarishsiz bo'lishi kerak.
- B:Asbob ulanganda o'lchash bajarilayotgan zanjirning ish rejimi o'zgarishi kerak.
- C:Umuman bunday xol kuzatilmaydi.
- D:Bu jarayon asbobning holati bilan bog'liq.

91.O'zgarishsiz va o'zgaruvchan tok generatori asosan qaysi qismidagi element bilan farqlanadi?

- A:Kollektorning yaxlitligi va ma'lum qismlarga bo'linganligi bilan farqlanadi.
- B: Umuman farqlanish yo'q.
- C: Ko'p qismlarida farqlanish mavjud
- D:Bu ahamiyatga ega emas.

92.O'zgarishsiz tok mashinasi yakori qanday ko'rinishda yasalanadi?

- A:Yakor elektrotexnik po'lat plastinkalar to'plamidan tayyorlanadi.
- B:Yakor elektrotexnik yaxlit po'lat to'plamidan tayyorlanadi.
- C:Yakor po'latdan tayyorlanmaydi.
- D:Yakor alyumindan tayyorlanadi.

93.O'zgarishsiz tok generatorlari magnit madonini o'yg'otish usullari nomlari qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- A:Mustaqil va o'z-o'zidan o'yg'otishli
- B: Mustaqil o'yg'otishli
- C: O'z-o'zidan o'yg'otishli
- D: Paralell o'yg'otishli.

94.O'z-o'zidan o'yg'otishli generatorlar necha turli bo'ladi?

- A:Uch turli bo'ladi.
- B: Bir turli bo'ladi.
- C: Besh turli bo'ladi.

D: Ikki turli bo'ladi.

95. Magnit induktivligi xalqaro birliklar sistemasidagi o'lchov birligini ko'rsating.

A: Tl B: V C: A D: Om

96. O'zgaruvchan tok generatorining rotorini qanday materialdan tayyorlanadi?

A: Doimiy elektromagnitdan
B: Doimiy bo'lmagan elektromagnitdan.
C: Nometall ferromagnit bo'lmagan materialdan
D: Doimiy bo'lmagan diamagnitdan.

97. Kontur bu.....

A: Tarmoqlardan iborat yopiq yo'l.
B: Tarmoqlardan iborat ochiq yo'l
C: Bir necha tok o'tkazgich simlar yig'indisi
D: Tugunlardan iborat yo'l.

98. Transformatorning po'lat o'zagi qanday xolda tayyorlanadi?

A: Yupqa plastinkalar shaklida tayyorlanadi.
B: Yaxlit po'lat quymadan iborat bo'ladi.
C: Yarmi quyma shaklida yarmi esa yupqa plastinka shaklida bo'ladi.
D: O'zak po'latdan yasalgan bo'lmaydi.

99. Uch fazali tok sistemasida to'rt simli yulduzcha usulida ulash qanday holda uch simli yulduzcha usuliga ulashga o'tadi?

A: Qachonki berilgan yuklamalar simmetrik bo'lsa.
B: Qachonki yuklama nosimmetrik bo'lsa.
C: Qachonki yuklamalar soni ortsa.
D: Qachonki yuklamalar soni kamaysa.

100. Muqobil energiya manba'lari ana'naviy energiya manbalariga nisbatan qanday afzallikga ega?

A: Ekologiyaga zararli ta'siri yo'q.
B: Ishlab chiqilayotgan elektr energiya tannarhi ancha arzon.
C: Hech qanday muammoga duch kelmaysiz.
D: Barqaror elektr energiyani ishlab chiqish mumkin.

101. Muqobil energiya manba'lari ana'naviy energiya manbalariga nisbatan qanday kamchilikga ega?

A: Ishlab chiqilayotgan elektr energiya tan-narhi ancha qimmat.
B: Ishlab chiqilayotgan elektr energiya tan-narhi ancha arzon.
C: Hech qanday kamchilikga duch kelmaysiz.

D: Ishlab chiqilayotgan elektr energiya tan-narhi nobarqaror.

102. O‘zbekiston Respublikasi hududida qaysi muqobil energiya manbasi eng katta resursga ega?

A: Quyosh energetikasi.

B: Geotermal energiya.

C: Shamol energiyasi.

D: Biogaz energiyasi.

103. Qarshiliklari parallel ulangan zanjirning ekvivalent o‘tkazuvchanligini hisoblash formulasi qaysi javobda tug‘ri keltirilgan?

A: $G = G_1 + G_2 + G_3$ B: $R = R_1 + R_2 + R_3$ C: $\frac{1}{G} = \frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3}$ D: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

104. Termoelektron emissiya hodisasiga asoslangan vakuum lampali diodni kim yaratgan? A: T. Edison B: A. Eynshteyn C: M. Plank

D: Yakobi

105. Reaktiv quvvat qaysi ifoda yordamida aniqlanadi?

A: $Q = \sqrt{S^2 + P^2}$ B: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ C: $P = \sqrt{S^2 + Q^2}$ D: $P = UI \cos \varphi$

106. Sinusoidal o‘zgaruvchan EYuKning ta’sir etuvchi qiymatini ifodalovchi formulani ko‘rsating.

A: $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$ B: $E = \frac{E_m}{\sqrt{3}}$ C: $E = \frac{2E_m}{\sqrt{2}}$ D: $E = \frac{E_m}{2\sqrt{2}}$

107. Sinusoidal o‘zgaruvchan kuchlanishning ta’sir etuvchi qiymatini ifodalovchi formulani ko‘rsating.

A: $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ B: $U = \frac{U}{\sqrt{3}}$ C: $E = \frac{2E_m}{\sqrt{2}}$ D: $E = \frac{E_m}{2\sqrt{2}}$

108. n-p-n tipli bipolyar tranzistorlarda kollektor tokiri qanday zaryad tashuvchilar hosil kiladi?

A: Elektronlar

B: Teshiklar

C: Ionlar

D: Kovaklar

109. Yarimo‘tkazgich tranzistor nechta elektrodga ega?

A: Uchta

B: Bitta

C: O‘nta

D: To‘rtta

110. Metallarda elektr tokini tashishda qaysi zaryadli zarracha qatnashadi?

A: Elektronlar

B: Teshiklar

C: Proton

D: Neytron

111. Yarimo‘tkazgichlarda elektr tokini tashishda qaysi zaryadli zarrachalar qatnashadi?

A: Elektronlar va teshiklar.

- B: Protonlar va teshiklar
- C: Protonlar va neytronlar
- D: Adronlar va neytronlar

111. Elektr o'lash asboblari asosiy qanday qismlardan tashkil topgan?

- A: O'lash zanjiri va o'lash mexanizimi.
- B: O'lash zanjiri.
- C: O'lash zanjiri va o'lash mexanizimi va yana bir necha elementlar.
- D: Elektr zanjiri.

112. Yarimo'tkazgich diod va tranzistorlar vakuumli elektron lampali qurilmalarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?

- A: Gabarit jihatdan kichik, energiya iste'moli sezilarli darajada kam
- B: Gabarit jihatdan kichik.
- C: Energiya iste'moli sezilarli darajada kam
- D: Gabarit jihatdan og'ir, energiya iste'moli sezilarli darajada kam

113. Yarimo'tkazgich tranzistor qaysi olimlar tomonidan kashf etilgan?

- A: Bardin, Brattayn, Shokli.
- B: Bardin.
- C: Shokli.
- D: Brattayn.

114. Yarimo'tkazgich maydoniy tranzistorlarni olish g'oyasi kim tomonidan ilgari surilgan?

- A: Shokli
- B: Bardin
- C: Stoletov
- D: Brattayn

115. Yarimo'tkazgichli tranzistor necha dona n-p o'tishdan iborat?

- A: Ikki dona.
- B: Bir dona.
- C: Bir necha.
- D: Besh dona.

116. Yarimo'tkazgich tranzistorlar elektrodlarining har biri qanday nomlanadi?

- A: Emitter, baza va kollektor.
- B: Emitter va kollektor.
- C: Baza va kollektor.
- D: Emitter, baza.

117. Yarimo'tkazgich bipolyar tranzistorlar qanday sxemalar bo'yicha ulanadi?

- A: Umumiy emitter bilan, umumiy kollektor bilan, umumiy baza bilan
- B: Umumiy emitter bilan, umumiy baza bilan.
- C: Umumiy emitter bilan, umumiy kollektor bilan.
- D: Umumiy kollektor bilan, umumiy baza bilan.

118.Yarimo‘tkazgichli tranzistorlar asosiy turlari nomlari to‘g‘ri keltirilgan qatorni ko‘rsating.

- A: Bipolyar va maydoniy tranzistorlar
- B: Bipolyar va Tripolyar tranzistorlar
- C: Bipolyar va superpolyar tranzistorlar
- D: Monopolyar va Polyar tranzistorlar

119.Yarimo‘tkazgichli tranzistorlar asosan nechta turga bo‘linadi?

- A:Ikki turga.
- B: Bir turga.
- C: Uch turga.
- D:Besh turga.

120.Mikroelektronikaning asosiy elementi ko‘rsating?

- A:Mikroelektronikaning asosiy elementi integral mikrosxemadir.
- B: Mikroelektronikaning asosiy elementi diod.
- C: Mikroelektronika-ning asosiy elementi tranzistor.
- D: Mikroelektronikaning asosiy elementi tiristordir.

121.Mikrosxemani tashkil etuvchi elementlar soniga qarab uning qanday integratsiya darajalari mavjud?

- A:O‘rta darajali, yuqori darajali, o‘ta yuqori darajali.
- B: O‘rta darajali, yuqori darajali.
- C: Yuqori darajali, o‘ta yuqori darajali.
- D: Yuqori darajali.

122.Integral mikrosxemalar ish rejimlarining nomlari to‘g‘ri keltirilgan qatorni ko‘rsating?

- A:Analogli va raqamli.
- B:Analogli va superraqamli
- C:Analogli va giperraqamli
- D:Superanalogli va giperraqamli

123.Integral mikrosxemalar qanday afzalliklarga ega?

- A:Juda ishonchli, o‘lchamlari va massasi kichik (bir necha grammdan ortmaydi), tez ishga tushadi, kam quvvat iste‘mol qiladi.
- B: Juda ishonchli, tez ishga tushadi, kam quvvat iste‘mol qiladi.
- C: Juda tez ishga tushadi, kam quvvat iste‘mol qiladi.
- D: Juda ishonchli, kam quvvat iste‘mol qiladi.

124.Integral mikrosxemalar qanday kamchilkka ega?

- A:Chiqish quvvatining kamligi.
- B: Chiqish quvvatining ko‘pligi.
- C: Chiqish quvvati o‘rtacha.
- D: Chiqish quvvati ahamiyatga ega emas.

125.Qanday elektr zanjirida quvvat koeffitsienti 1 ga teng bo‘lishi mumkin?

- A: rezonansli zanjirda
- B: bir fazali zanjirda
- C: uch fazali zanjirda
- D: nochiziqli zanjirda

126. R, L va C elementlardan iborat ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlarida rezonans holatiga qanday erishish mumkin?

- A: ω , L yoki C ni rostlash yo'li bilan
- B: R, L yoki C ni rostlash yo'li bilan
- C: R, L ni rostlash yo'li bilan
- D: R, C ni rostlash yo'li bilan

127. R, L va C elementlardan iborat parallel ulangan o'zgaruvchan tok zanjirlarida rezonans shartiga qanday erishish mumkin?

- A: ω , L yoki C ni rostlash yo'li bilan
- B: R, L yoki C ni rostlash yo'li bilan
- C: R, L ni rostlash yo'li bilan
- D: R, C ni rostlash yo'li bilan

128. Kondensatorning sig'imini oshirish uchun nima qilish zarur ?

- A: elektrodlar (qoplamalar) yuzini oshirish yoki ular orasidagi masofani qisqartirish
- B: Elektrodlar (qoplamalar) materiali qarshiligini oshirish
- C: Elektrodlar (qoplamalar) yuzini oshirish yoki ular orasidagi magnit singdiruvchanlikni kamaytirish
- D: Elektrodlar (qoplamalar) yuzini kamaytirish

129. Kondensator qoplamalari orasidagi masofa kamaysa uning sig'imi qanday o'zgaradi?

- A: sig'im ortadi
- B: sig'im kamayadi
- C: elektr singdiruvchanlik kamayadi
- D: magnit singdiruvchanlik kamayadi

130. O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi va uzunligi 5 marta orttirildi. O'tkazgichning qarshiligi qanday o'zgaradi.

- A: O'zgarmaydi
- B: 5 marta kamayadi
- C: 5 marta ortadi
- D: 2 marta kamayadi

131. Agar uchta bir xil R qiymatga ega qarshiliklar o'zaro parallel ulangan bo'lsa zanjirining ekvivalent qarshiligi nimaga teng?

- A: $R_{ekv} = \frac{1}{3}R$
- B: $R_{ekv} = 3R$
- C: $R_{ekv} = 7R$
- D: $R_{ekv} = 2R$

132. Agar uchta bir xil R qiymatga ega qarshiliklar o‘zaro ketma – ket ulangan bo‘lsa zanjirining ekvivalent qarshiligi nimaga teng?

A: $R_{ekv} = 3R$ B: $R_{ekv} = \frac{1}{3}R$ C: $R_{ekv} = 7R$ D: $R_{ekv} = 2R$

133. Ichki qarshiligi $R=0$ bo‘lgan manba qanday manba deb ataladi?

A: EYuK manbai B: Tok manbai C: Toki rostlanadigan manba
D: Kuchlanishi rostlanadigan manba

134. Ichki qarshiligi $R = \infty$ bo‘lgan manba qanday manba deb ataladi?

A: Tok manbai B: EYuK manbai C: Toki rostlanadigan manba
D: Kuchlanishi rostlanadigan manba

135. Agar ikkita o‘zgaruvchan tok $i_1 = I_{m1} \sin \omega t$ va $i_2 = I_{m2} \sin \omega t$ ko‘rinishda keltirilgan bo‘lib ularning amplituda qiymatlari $I_{m1} = I_{m2}$ bo‘lsa bu toklarning ta’sir (effektiv) qiymatlari o‘rtasidagi munosabat qanday bo‘ladi?

A: $I_1 = I_2$ B: $I_1 < I_2$ C: $I_1 > I_2$ D: $I_1 = I_2 = 0$

136. Nima uchun to‘rt simli uch fazali tok sistemasida neytral simning uzilishi avariya rejimini hosil qiladi? To‘g‘ri javobni ko‘rsating.

A: Yulduz sxemasida ulangan iste’molchining bir fazasida kuchlanish ortib ketadi, boshqasida esa kamayadi.
B: Uchburchak sxemasida ulangan iste’molchining bir fazasida kuchlanish ortib ketadi, boshqasida esa kamayadi.
C: Uchburchak ulangan iste’molchining barcha fazalarida kuchlanish ortib ketadi.
D: Yulduz sxemasida ulangan iste’molchi-ning barcha fazalarida kuchlanish ortib ketadi.

137. Uchta bir xil (R) qarshilik parallel ulangan zanjirning ikkinchi tarmog‘ida qisqa tutashuv ro‘y bersa zanjirning tarmoqlanmagan qismidagi tok qanday o‘zgaradi?

A: ∞ ga teng bo‘ladi B: ortadi C: kamayadi D: 0 teng bo‘ladi

138. Chastota formulasi qaysi javobda to‘g‘ri keltirilgan ?

A: $f = \frac{1}{T}$ B: $f = \frac{U}{T}$ C: $f = UI$ D: $f = \frac{1}{R}$

139. Tebranish konturining rezonans chastotasi nimaga teng?

A: $f_{nat} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ B: $f_{nat} = 2\pi\sqrt{LC}$ C: $f_{nat} = \pi\sqrt{LC}$ D: $f_{nat} = \frac{\omega}{2\pi}$

140. Uch fazali sistemaning aktiv quvvatini hisoblash formulasi qaysi javobda to‘g‘ri keltirilgan?

$$A: P = 3P_f = 3U_f I_f \cos\varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos\varphi$$

$$B: P = 3U_f I_f \sin\varphi = \sqrt{3} U_l I_l \sin\varphi$$

$$C: P = P_A + P_V + P_S - P_0 = U_A I_A \cos\varphi_A + U_V I_V \cos\varphi_V + U_S I_S \cos\varphi_S - U_0 I_0 \cos\varphi_0$$

$$D: P = \sqrt{3} P_f = \sqrt{3} U_f I_f \cos\varphi$$

141. Mis simdan tayyorlangan g'altak o'zgaras kuchlanishli manbaga ulangan. G'altakning qizish harorati ortishi bilan uning iste'mol qilayotgan quvvati o'zgaradimi?

A: Kamayadi B: Ortadi C: O'zgarmaydi D: ∞ ortadi

142. Ideal EYuK manbai deb qanday manbaga aytiladi ?

A: Ichki qarshiligi $R = 0$ bo'lgan manba EYuK manbai deyiladi.

B: Ichki qarshiligi $R = \infty$ bo'lgan manba EYuK manbai deyiladi.

C: Ichki qarshiligi o'zgaras bo'lgan manba.

D: Ichki qarshiligi $R = \frac{U}{I}$ ga teng bo'lgan manba EYuK manbai deyiladi.

143. Ideal tok manbai deb qanday manbaga aytiladi?

A: Ichki qarshiligi $R = \infty$ bo'lgan manba tok manbai deyiladi.

B: Ichki qarshiligi $R = 0$ bo'lgan manba tok manbai deyiladi

C: Ichki qarshiligi o'zgaras bo'lgan manba

D: Ichki qarshiligi $R = \frac{U}{I}$ ga teng bo'lgan manba tok manbai deyiladi.

144. Elektr quvvatiga qaysi javobda to'g'ri ta'rif berilgan?

A: Elektr energiyaning boshqa energiya turlariga aylanish tezligi

B: O'tkazgichlarning qizish tezligi

C: Kinetik energiyaning o'zgarishi elektr quvvati deyiladi

D: Tok va kuchlanish orasidagi faza siljishi elektr quvvati deyiladi

145. To'rt simli uch fazali zanjirda neytral simdagi tok nolga teng bo'lishi mumkinmi? A: Mumkin.

B: Neytral simdagi tok har doim nolga teng.

C: Neytral simdagi tok har doim mavjud.

D: Mumkin emas.

146. Kirxgofning 1-qonuniga ta'rif qaysi javobda to'g'ri keltirilgan ?

A: Tugundagi toklarning algebraik yig'indisi 0 ga teng

B: Zanjirdagi tok kuchi kuchlanishga to'g'ri, qarshilikka teskari proporsional

C: Konturdagi toklarning algebraik yig'indisi 0 ga teng

D: Berk konturdagi EYuK larning algebraik yig'indisi shu konturdagi qarshiliklardagi kuchlanishlar tushuvining algebraik yig'indisiga teng

147. Diodning to'g'ri qarshiligi $R_{to'g'ri}$ va teskari qarshiligi R_{tesk} qanday munosabatda bo'lishi kerak?

A: $R_{to'g'ri} \ll R_{tesk}$ B: $R_{to'g'ri} > R_{tesk}$ C: $R_{to'g'ri} < R_{tesk}$ D: $R_{to'g'ri} \approx R_{tesk}$

148. To'g'rilagichlar nima maqsadda qo'llaniladi?

A: O'zgaruvchan tokni o'zgarimas tokka o'gartirish

B: O'zgarimas tokni o'zgaruvchan tokka o'zgartirish

C: O'zgarimas tok kattaligini rostdash

D: O'zgaruvchan tok kattaligini rostdash

149. Filtr deb nimaga aytiladi?

A: Ma'lum chastotali toklarni saralab o'tkazish xususiyatiga ega bo'lgan element.

B: Sig'im elementi

C: Induktiv elementi

D: Elektr zanjir elementi

150. Qanday element noxiziqli elementlar turkimiga kiradi?

A: Diod

B: Rezistor

C: Po'lat o'zaksiz induktiv g'altak

D: Sig'imi o'zgarimas kondensator

151. Neytral simning vazifasi qanday?

A: Uch fazali iste'molchilarning faza kuchlanishlarini tenglashtirish.

B: Uch fazali iste'molchilarning liniya kuchlanishlarini tenglashtirish.

C: Uch fazali iste'molchilarning nol nuqtalarini birlashtirish

D: Uch fazali iste'molchilar-ning faza kuchlanishlarini oshirish.

152. 3 fazali simmetrik EYuK lar sistemasida faza siljish burchagi nechaga teng ?

A: 120° B: 90° C: 180° D: 360°

153. R va L elementlaridan tashkil topgan zanjir uchun faza siljish burchagi qanday bo'lishi mumkin ?

A: $\varphi > 0$ B: $\varphi < 0$ C: $\varphi = \frac{\pi}{2}$ D: $\varphi = 0$

154. Aktiv qarshilik qanday harf bilan belgilanadi ?

A: R B: X_C C: X_L D: Z

155. Sig'im qarshilik qanday harf bilan belgilanadi?

A: X_C B: R C: X_L D: Z

156. Burchak chastotasi ω deb nimaga aytiladi?

A: Faza burchagining o'zgarish tezligi

B: Magnit oqimining o'zgarish tezligi

C: Sinusoidal tokning o'zgarish tezligi

D: Magnit induksiyasi o'zgarish tezligi

157. Quvvat koeffitsientini oshirish uchun qanday elementlardan foydalaniladi?

A: Kondensatorlardan B: Induktiv galtakdan C: Filtrlardan D: Zaryadlash qurilmasidan

159. Kuchlanishlar rezonansi deb elektr zanjiridagi qanday hodisaga aytiladi ?

A: Elektr zanjirida tok qiymatining keskin ortishi
B: Elektr zanjirining kirish qismida tok va kuchlanishning faza jihatdan mos tushmasligi
C: Quvvat koeffitsientining keskin pasayib ketishi
D: Quvvat koeffitsientini-ning nolga teng bo'lishi

160. Faqat L elementdan tashkil topgan zanjir uchun faza siljish burchagi qanday bo'lishi mumkin ?

A: $\varphi = \frac{\pi}{2}$ B: $\varphi > 0$ C: $\varphi < 0$ D: $\varphi = 0$

161. Magnit oqimining o'lchash birligi (miqdor kattaligi) nima?

A: Veber B: Kelvin C: Farada D: Nyuton

162. Kuchlanish deb nimaga aytiladi?

A: Nuqtalar orasidagi potentsiallar farqi
B: Konturlar orasidagi potentsiallar farqi
C: Bitta nuqtadagi potentsial
D: Simning ko'ndalang kesimi yuzasidan o'tayotgan zaryadlar soni

163. To'g'rilagichlar nima maqsadda qo'llaniladi?

A: O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka o'zgartirish
B: O'zgaruvchan tok kattaligini rostlash
C: O'zgarmas tokni o'zgaruvchan tokka o'zgartirish
D: O'zgarmas tok kattaligini rostlash

164. Veber qanday elektr kattalikning o'lchov birligi?

A: Magnit oqimi B: Kuchlanish C: Tok D: Elektr quvvat

165. Farada qanday parametr o'lchov birligi?

A: sig'im B: induktivlik C: elektr qarshilik D: o'zaro induktivlik

166. Genri qanday parametr o'lchov birligi?

A: induktivlik B: sig'im C: elektr qarshilik D: elektr o'tkazuvchanlik

167. Vatt qanday elektr kattalikning o'lchov birligi?

A: elektr quvvat B: tok C: reaktiv quvvat D: kuchlanish

168. Kulon qanday elektr kattalikning o'lchov birligi?

A: elektr zaryadi B: tok C: reaktiv quvvat D: kuchlanish

169. VAr qanday elektr kattalikning o'lchov birligi?

A: reaktiv quvvat B: aktiv quvvat C: kuchlanish D: tok

170. Faza siljish burchagi $\varphi = \frac{\pi}{2}$ bo'lgan zanjir qanday elementlardan tashkil

topgan bo'lishi mumkin?

A: Faqat L elementdan

B: Faqat R elementdan

C: R elementlar ketma – ket ulangan zanjirdan

D: R elementlar parallelulangan zanjirdan

171. Faza siljish burchagi $\varphi = 0$ bo'lgan zanjir qanday elementlardan tashkil topgan bo'lishi mumkin?

A: rezonansli zanjir

B: Faqat L elementdan

C: Faqat C elementdan

D: R va L elementdan

172. Faza siljish burchagi $\varphi > 0$ bo'lgan zanjir qanday elementlardan tashkil topgan bo'lishi mumkin?

A: R va L elementlardan

B: Faqat C elementdan

C: Faqat L elementdan

D: Faqat R elementdan

173. Faza siljish burchagi $\varphi < 0$ bo'lgan zanjir qanday elementlardan tashkil topgan bo'lishi mumkin?

A: R va C elementlardan

B: R va L elementlardan

C: Faqat R elementdan

D: Rezonansli zanjir

174. Reaktiv qarshiliklari $X_L > X_C$ bo'lgan zanjirda faza siljish burchagi qanday bo'lishi mumkin ?

A: $\varphi > 0$

B: $\varphi = \frac{\pi}{2}$

C: $\varphi = 0$

D: $\varphi < 0$

175. Reaktiv qarshiliklari $X_L < X_C$ bo'lgan zanjirda faza siljish burchagi qanday bo'lishi mumkin ?

A: $\varphi < 0$ B: $\varphi > 0$ C: $\varphi = \frac{\pi}{2}$ D: $\varphi = 0$

176. Elektr zanjirida $\cos \varphi$ nima deb ataladi?

- A: quvvat koeffitsienti
- B: faza siljish burchagi
- C: aktiv quvvat
- D: reaktiv quvvat

177. $i = I_m \sin(\omega t + \psi)$ kabi ifoda bilan sinusoidal tokning qanday qiymati yoziladi?

- A: oniy qiymati
- B: kompleks qiymati
- C: amplituda qiymati
- D: o'rtacha qiymati

178. $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ kabi ifoda bilan sinusoidal tokning qanday qiymati yoziladi?

- A: effektiv qiymati
- B: kompleks qiymati
- C: oniy qiymati
- D: o'rtacha qiymati

179. rad/sek qanday elektr kattalikning o'lchov birligi?

- A: burchak tezlik
- B: chastota
- C: faza siljish burchagi
- D: davr

179. $F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$ formula qanday qonunni ifodalaydi?

- A: Kulon qonuni
- B: Om qonuni
- C: Joule – Lenz qonuni
- D: Faradey qonuni

180. $\sum E = \sum I \cdot R$ formula qanday qonunni ifodalaydi?

- A: Kirxgof qonuni
- B: Kulon qonuni
- C: Faradey qonuni
- D: Om qonuni

181. $\sum I = 0$ formula qanday qonunni ifodalaydi?

- A: Kirxgof qonuni
- B: Kulon qonuni
- C: Faradey qonuni

D: Om qonuni

182. Qanday elektr zanjirida $\cos\varphi = 1$ bo'ladi?

- A: rezonansli zanjirda
- B: nohiziqli elektr zanjirda
- C: o'zgarmas tok zanjirida
- D: Uch fazali zanjirlarda

183. Kondensator qoplamalari orasidagi masofa ortib borsa uning sig'imi qanday o'zgaradi?

- A: sig'im kamayadi
- B: sig'im ortadi
- C: elektr singdiruvchanlik kamayadi
- D: magnit singdiruvchanlik kamayadi

184. Kondensator qoplamalarining yuzasi ortib borsa uning sig'imi qanday o'zgaradi?

- A: sig'im ortadi
- B: sig'im kamayadi
- C: elektr singdiruvchanlik ortadi
- D: magnit singdiruvchanlik kamayadi

185. Kondensator qoplamalarining yuzasi kamaysa uning sig'imi qanday o'zgaradi?

- A: sig'im kamayadi
- B: sig'im ortadi
- C: elektr singdiruvchanlik ortadi
- D: magnit singdiruvchanlik kamayadi

186. Muhitning elektr singdiruvchanligi kamaysa kondensator sig'imi qanday o'zgaradi?

- A: sig'im kamayadi
- B: sig'im ortadi
- C: elektr singdiruvchanlik ortadi
- D: magnit singdiruvchanlik kamayadi

187. Muhitning elektr singdiruvchanligi ortsa kondensator sig'imi qanday o'zgaradi?

- A: sig'im ortadi
- B: sig'im kamayadi
- C: sig'im o'zgarmaydi
- D: magnit singdiruvchanlik kamayadi

$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$ - yordamida sinusoidal tokning qanday parametri hisoblanadi?

- A: quvvat koeffitsientini B: asillik koeffitsientini
C: rezonans chastotasini D: kontur chastotasini

189. $Q = UI \sin \varphi$ bu formula bilan qanday quvvat topiladi ?

- A: reaktiv quvvat B: to‘la quvvat C: aktiv quvvat D: mexanik quvvat

190. $P = UI \cos \varphi$ bu formula bilan qanday quvvat topiladi ?

- A: aktiv quvvat B: to‘la quvvat C: mexanik quvvat D: reaktiv quvvat

191. $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ bu formula bilan qanday quvvat topiladi ?

- A: to‘la quvvat B: mexanik quvvat C: reaktiv quvvat D: aktiv quvvat

192. Elektr zanjiri elementining qismalaridagi kuchlanishning undan o‘tayotgan tok bilan bog‘liqligi nima deb ataladi?

- A: Volt – amper tavsif
B: Amplituda – chastota tavsif
C: Faza – chastota tavsif
D: Kulon – volt tavsif

193. $y = \sqrt{g^2 + b^2}$ formula yordamida elektr zanjirining qanday parametri topiladi?

- A: RLC parallel ulangan zanjirning to‘la o‘tkazuvchanligi
B: RLC ketma – ket ulangan zanjirning to‘la o‘tkazuvchanligi
C: RL ketma – ket ulangan zanjirning to‘la o‘tkazuvchanligi
D: RC ketma – ket ulangan zanjirning to‘la o‘tkazuvchanligi

194. $G = G_1 + G_2 + G_3$ - formula yordamida qanday elektr zanjirining o‘tkazuvchanligi hisoblanadi?

- A: parallel zanjirning
B: ketma – ketma zanjirning
C: aralash ulangan zanjirning
D: uch fazali zanjirning

195. Aktiv quvvat qaysi ifoda yordamida aniqlanadi?

- A: $P = UI \cos \varphi$ B: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ C: $P = \sqrt{S^2 + Q^2}$ D: $Q = \sqrt{S^2 + P^2}$

Glossari

Vektor diagrammasi

faza bo'yicha bir-biriga nisbatan to'g'ri yo'naltirilganligi(oriyentatsiyalanganligi) bilan kompleks tekislikda qurilgan tok va kuchlanish vektorlari to'plami.

Elektr zanjirining(sxemasining) shoxobchasi

bir xil tokga ega bo'lgan zanjirning bir qismi.

Kommutatsiyaning ikkinchi qonuni

kommutatsiyadan keyingi vaqtning boshlang'ich momentidagi sig'im elementidagi kuchlanish kommutatsiyadan oldin bo'lgan qiymatga ega bo'ladi va keyin bu qiymatdan u ravon o'zgarib boshlaydi.

Davriy o'zgaruvchan tok, kuchlanish va EYuKning effektiv qiymatlari

bu bir davrga teng vaqt davomida bu miqdorlarning o'rtacha kvadratik qiymatlari.

C sig'imli sig'im elementi (ideal kondansator va boshqalar).

elektr maydonining $W_e = CU^2 / 2$ energiyasini hisobga oladigan elektr zanjirining elementi. U reaktiv sig'im $X_C = 1/\omega C$ qarshiligi, Ω_m yoki reaktiv sig'im o'tkazuvchanligi $b_C = 1/X_C = \omega C$, Sm bilan tavsiflanadi, bu yerda ω - burchak chastotasi.

“Yulduzcha” ulanish

fazalarning uchlari bir-biriga ulangan generator yoki iste'molchi fazali ulanish sxemasi.

Induktivligi L bo'lgan induktiv element (ideal induktiv g'altak va boshqalar)

magnit maydonning $W_m = LI^2/2$ energiyasini va o'zinduksiya xodisasini hisobga oladigan elektr zanjiri elementi. U reaktiv induktiv qarshilik $X_L = \omega L$, Ω_m yoki reaktiv induktiv o'tkazuvchanlik $b_L = 1/X_L = 1/\omega L$, Sm bilan tavsiflanadi, bu yerda ω - burchak chastotasi.

O'ish(o'tkinchi) jarayonini tahlil qilishning klassik usuli

bu Kirxgof qonunlari asosida o'rganilayotgan sxema uchun tuzilgan differensial tenglamaning bevosita(to'g'ridan-to'g'ri) yechimidir.

Kommutatsiya

elektr zanjiridagi har qanday o'zgarishlar. Odatda kommutatsiya bir onda(zumda) sodir bo'ladi deb taxmin qilinadi.

Kontur

bir nechta shoxobchalardan o'tadigan har qanday yopiq yo'l.

Chiziqli element

parametrlari (qarshilik va boshqalar) undagi tokga bog'liq bo'lmagan elektr zanjirining elementi.

Chiziqli elektr zanjiri

barcha elementlari chiziqli bo'lgan zanjir.

Liniya simlari

generatorning faza boshlanishlarini va iste'molchi fazalarini birlashtiruvchi simlar.

Liniya toklari

liniya simlarda paydo bo'ladigan toklar.

Liniya kuchlanishlari

liniya simlari orasidagi vujudga keladigan kuchlanish.

Magnit zanjiri

ferromagnit jismlarni o'z ichiga olgan qurilmalar to'plami, elektromagnit jarayonlarni magnit yurituvchi kuch, magnit oqim va magnit potentsial farqi yordamida tasvirlash mumkin.

Mustaqil(bog'liq bo'lmagan) kontur

boshqa konturlarga tegishli bo'lmagan kamida bitta shoxobchani o'z ichiga olgan kontur.

Neytral nuqta N

“yulduzcha” ulanish sxemasidagi generator fazalarining umumiy nuqtasi.

Neytral nuqta n

“yulduzcha” ulanish sxemasida iste'molchi fazalarining umumiy nuqtasi.

Neytral sim

N_n o'tkazgich simi bo'lib generatorning va "yulduzcha" sxemasida iste'molchining neytral nuqtalarini ulash.

Nochiziq element

elektr zanjirining elementi, uning parametrlari (qarshilik va boshqalar) ushbu elementda paydo bo'ladigan tok kattaligining o'zgarishi bilan o'zgaradi.

Nochiziqli elektr zanjiri

kamida bitta nochiziq elementni o'z ichiga olgan sxema.

Uch fazali nosimmetrik zanjir

kamida bitta fazaning kompleks qarshiligi yuklamaning kattaligi yoki tabiati bo'yicha boshqa fazalarning qarshiliklaridan farq qiladigan elektr zanjiri.

O'tkinchi jarayonlar

Bular bir barqaror ish holatidan ikkinchisiga o'tish paytida elektr zanjirida sodir bo'ladigan jarayonlardir. Elektr zanjiridagi o'tkinchi jarayonlar zanjirda induktiv va sig'imli elementlar mavjud bo'lganda sodir bo'ladi. Magnit va elektr maydonlari energiyasining o'zgarishi bir onda(zumda) sodir bo'lmaydi.

Kommutatsiyaning birinchi qonuni

kommutatsiyadan keyingi vaqtning boshlang'ich momentida induktiv elementi bo'lgan shoxobchadagi tok kommutatsiyadan oldin bo'lgan qiymatga ega bo'ladi va keyin bu qiymatdan u ravon o'zgarib boshlaydi.

O'tish toki (kuchlanishi)

o'tkinchi jarayon davomida elektr zanjirida effektiv tok(kuchlanish).

Majburiy (barqaror) rejim

quvvat manbai (DC yoki AC kuchlanish) tomonidan yaratilgan rejim.

Vaqt doimiysi

zanjirdagi tok(kuchlanish) $e = 2,71$ marta o'zgaradigan vaqt oralig'i. Doimiy vaqtning qiymati sxemaning turiga va parametrlariga bog'liq. Vaqt doimiysi o'tkinchi jarayonlar tezligini tavsiflaydi va vaqt doimiysi qanchalik katta bo'lsa, o'tkinchi jarayon shunchalik uzoqroq sodir bo'ladi.

Aktiv qarshilikka ega qarshilik(rezistor) elementi R

elektr energiyasining boshqa turdagi energiyaga (issiqlik, nurlanish va boshqalar) qaytarilmas aylanishini hisobga oladigan element. U aktiv qarshilik R Om yoki aktiv o'tkazuvchanlik $g = 1 / R$, Sm (Siemens) bilan tavsiflanadi.

Tokning(kuchlanishning) erkin tashkil eltuvchisi

ichki energiya saqlash qurilmalari (induktiv g'altaklar va kondansatorlar) tufayli o'tkinchi jarayon vaqtida zanjirda vujudga keladigan tok (kuchlanish) tashkil etuvchisi.

Simmetrik uch fazali sxema

uning har bir fazasining kompleks qarshiliklari bir xil bo'lgan elektr zanjiri.

Ekvivalent sxema

R , L va C elementlardan tashkil topgan haqiqiy elektr zanjirining hisoblash sxemasi, ularning har biri elektr zanjirining haqiqiy elementlarida sodir bo'ladigan hodisalardan birini hisobga oladi.

“Uchburchak” ulanish

generator yoki iste'molchining fazalari uchun ulanish sxemasi, unda bir fazaning boshlanishi boshqa fazaning oxiri bilan bog'lanadi.

Uch fazali elektr zanjiri

bir xil chastotali va amplitudali uchta sinusoidal EYuK ta'sir etadigan, bir-biriga nisbatan fazada 120° ga siljigan va umumiy manba tomonidan yaratilgan elektr zanjirlari to'plami.

Tugun

uch yoki undan ortiq shoxobchalarning birlashmasi.

Faza

uch fazali sxemaning bir qismi bo'lgan alohida elektr zanjiri.

Faza toklari

generator yoki iste'molchining fazalarida paydo bo'ladigan toklar.

Faza kuchlanishlari

generator yoki iste'molchining fazalarida paydo bo'ladigan kuchlanishlar.

Elektr sxemasi

uning elementlari belgilari va ularni ulash usullarini o'z ichiga olgan elektr zanjirining grafik tasviri.

Elektr zanjiri

O'zida kechadigan elektromagnitli jarayonlari EYuK, tok va kuchlanish tushunchalari yordamida tasvirlanishi mumkin bo'lgan elektr toki uchun yo'lni tashkil etuvchi qurilmalar va ob'ektlar to'plami.

Akseptorlar

atomlari qo'zg'alganda qo'shni atomlarning valent elektronlarini qabul qila oladigan va ularda teshik hosil qiladigan aralashmalar.

Kuchaytirgichning amplituda-chastotali tavsifi (AChT)

modulni K kuchaytirish koeffitsientining f chastotaga (yoki burchak chastotasiga) bog'liqligi.

Baza

zaryad tashuvchilar injektorlanadigan(yuboriladigan) va ular bu joyda asosiy bo'lmagan soha.

Bipolyar tranzistorning bazasi

$p-n-p$ (yoki $n-p-n$) strukturasidagi o'rta soha, aralashmalarning eng past konsentratsiyasi bilan xarakterlanadi, omik kontakt orqali tayanch deb ataladigan chiqish elektrodiga ulanadi.

Shottki to'sig'i(bar'yeri)

metall-yarim o'tkazgich kontaktida olingan potentsial to'siq(bar'yer).

To'siqli(bar'yerli) sig'im

to'siqdagi(bar'yerdagi) zaryadlarning qayta taqsimlanishi tufayli hosil bo'lgan sig'im.

Bipolyar tranzistor

ikkita o'zaro ta'sir qiluvchi elektr o'tishlari va uchta (yoki undan ko'p) o'tkazgichli yarimo'tkazgichli qurilma, ularning kuchaytiruvchi xususiyatlari kichik zaryad tashuvchilarni injeksiya qilish va ekstraktsiya(olish) hodisalari bilan bog'liq.

Varikap

teskari kuchlanish o'zgariganida **p-n** o'tishdagi to'siq(bar'yer) sig'imini o'zgartirish xususiyatidan foydalanadigan yarimo'tkazgichli diod.

p-n o'tishning volt-amper tavsifi

p-n - o'tish orqali tokning unga qo'yilgan kuchlanishga bog'liqligi $I = f(U)$.

Tiristorlar

uch yoki undan ortiq p-n o'tishlariga ega bo'lgan ikkita barqaror ish rejimiga ega (yoqish, o'chirish) bo'lgan yarimo'tkazgichli qurilmalar.

Kuchaytirgichlar

oz miqdorda elektr energiyasini iste'mol qilish orqali ancha katta bo'lgan energiyani nazorat qiladigan asboblar.

DC kuchaytirgichlari

sekin o'zgaruvchan elektr signallarini kuchaytira oladigan qurilmalar, ya'ni, ular kuchlanish va tokning nafaqat o'zgaruvchan, balki doimiy(o'zgarmas) tashkil etuvchilarini ham kuchaytirishga qodir.

Quvvat kuchaytirgichi

yuklamaga kerakli quvvat signalini etkazish uchun mo'ljallangan kuchaytirgich va bir necha kaskadlardan iborat bo'lishi mumkin.

Fotodiodlar

bir **p-n** o'tish va ikkita kontaktli yarimo'tkazgichli fotovoltaik qurilmalar, ularning ishlash printsipli ichki fotoelektrik effektdan foydalanishga asoslangan.

Fotorezistorlar

ikkita kontaktga ega bo'lgan va elektr qarshiligi tushayotgan nurlanishning intensivligi va spektral tarkibiga qarab o'zgarib turadigan yarimo'tkazgichli qurilmalar.

Elektron teshikli o'tish

har xil turdagi aralashmali elektr o'tkazuvchanligiga ega bo'lgan ikki muxit orasidagi chegarada yarimo'tkazgichli monokristall ichidagi soha.

Emitter

zaryad tashuvchilar yuboriladigan(injektorlanadigan) sohasi.

Bipolyar tranzistorning emitter

bipolyar tranzistorning $p-n-p$ (yoki $n-p-n$) strukturasiidagi chekka(ekstremal) sohasida tashuvchilarni baza sohasiga purkash(in'ektsiya) uchun ishlatiladi, emitent deb ataladigan chiqishga omik kontakt orqali ulanadi.

Ionlanish energiyasi

valentlik zonasining yuqori qismidan aktseptorlik sathigacha(qabul qiluvchi darajasigacha) bo'lgan masofasi.

Foydalanilgan adabiyotlar va internet resurslar

1. A.I.Xonboboev, N.A.Xalilov. Umumiy elektrotexnika va elektronika asoslari. - T.: O'zbekiston, 2000.- 448 b.
2. Majidov S.M. Elektrotexnika.- Toshkent.: O'qituvchi, 2000. -262 b.
3. Majidov S.M., Berdiev U.T. va boshqalar. Elektr mashina va elektr yuritmalardan praktikum. – Toshkent.: O'qituvchi, 2005. – 175 b.
4. Austin Hughes, Electric Motors and Drives, Fundamentals, Types and Applications Third edition, ISBN-10: 0-7506-4718-3, Copyright 2006, Published by Elsevier Ltd. All rights reserved.
5. Mohamed E. El-Hawary, Electrical Energy Systems, Dalhousie University, CRC Press Boca Raton London, New York, Washington, D.C., 2000 CRC Press LLC.
6. Jabbarov N.G. Yakubov M.S. Elektrotexnika va elektronika masalalar to'plami. 2006. – 210 b.
7. Кацман М.М. Электрические машины. – Москва.:Академия, 2007. –492 с.
8. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины (Машины переменного тока). – Санкт Петербург.: Piter Press, 2008. – 349 с.
9. Salimov J.S., Pirmatov N.B. – Elektr mashinalari. Toshkent.: O'zbekiston faylasuflar jamiyati nashriyoti, 2011y.-372 b.
10. Berdiev U.T., Pirmatov N.B. – Elektromexanika. Toshkent.: “Shams ASA” bosmaxonasi, 2014y.-385 b.
11. Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. и др. Управление качеством электроэнергии.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд., перераб. и доп.М.: Издательский дом МЭИ,2017. -347с.
12. <https://eleczon.ru/ucheba/osnovi.html>
13. <https://www.for-styudents.ru/obschaya-elektrotehnika/uchebniki/>
14. Amirov S.F. Yakubov M.S. Jabbarov N.G. Elektr o'lchashlar. Toshkent: “O'zbekiston” nashriyoti matbaa ijodiy uyi, 2007.- 226 b.
15. Е.Д. Шабалдин, Г.К. Смолин, В.И. Уткин, А.П. Зарубин. Метрология и электрические измерения. Екатеринбург. Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.- пед. ун-т», 2006. 282 с.
16. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4486 от 9 октября 2019 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления водными ресурсами», Lex.uz
17. Макаревич А.А. Гидравлика и инженерная гидрология. – Минск. 2017.- 115 с
18. Трещалов Г.В. «Концепция развития микрогидроэлектростанций (микроГЭС) на базе свободнопоточных гидротурбин с использованием

энергии естественного движения водных потоков» // журнал "Ўзбекгидроэнергетика", 2020 №5 (1) стр.37.

- 19.Трещалов Г.В. Применение свободнопоточных гидравлических турбин и возможности повышения их энергоэффективности // Гидротехническое строительство – № 9 2013 г., С.36 - 39. ISSN 0016-9714 <http://elibrary.ru/item.asp?id=20413229>.
- 20.Radjabov A., Boqiyev A., Nuraliyeva N., Sulstonov S., Mobile power supply for drip irrigation systems. International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering. CONMECHYDRO – 2020. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012109. IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/883/1/012109.
- 21.Boqiyev A., Nuraliyeva N., Sulstonov S., Botirov A., Xoliqnazarov U., Diversification of energy supply to the agricultural sector in the conditions of Uzbekistan. International Scientific Conference “Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering” (CONMECHYDRO - 2021), Tashkent, Uzbekistan, D.; E3S Web of Conferences, Volume 264, id.04022.
- 22.Махмудов, Д. Ҳошимов “Автомобил электр ва электрон жиҳозлари” Тошкент-2003.
- 23.Karimov A.S. va boshqalar. Elektrotexnika va elektronika asoslari. -Т.: О‘qituvchi, 1995. - 469 b.
- 24.М.И. Ключков, Расчет элементов и моделирование схем энергетической и информационной электроники: Учеб. пособие / М.И. Ключков. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 138 с.
- 25.<https://www.setrix.ru/vibrometr-dpk-vibro>.
- 26.<https://pribory-si.ru/catalog/4201-01/>.

Muallif haqida



Denmuxammadiyev Aktam Mavlonovich, 21.03.1963-yilda Qashqadaryo viloyati, Yakkabog‘ tumanida tug‘ilgan. 1985-yili Toshkent politexnika institutini imtiyozli diplom bilan tamomlagan, 1985-1988-yillari Qashqadaryo viloyati “Qarshiqurilish” birlashmasi Nishon tumani RUES elektr montajchisi; Qashqadaryo viloyati “Qashqadaryovilagrosanoat” 2-sonli qurilish tresti yetakchi muhandis-energetigi; 1988-1991-yillari Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalashtirish injenerlari instituti aspiranti; 1991-1992-yillar davomida Toshkent shahar “Iskra” ilmiy- ishlab chiqarish kichik korxonasi ilmiy xodimi, katta ilmiy xodimi, kichik korxonada filiali direktori, ilmiy xodimi; 1993-1994-yillari Qashqadaryo viloyati Yakkabog‘ shahri o‘rta maktab fizika-matematika o‘qituvchisi; 1994-1995 yillari Toshkent Davlat texnika universiteti Qarshi filiali “Energetika fanlari” kafedrasida katta o‘qituvchisi, dotsenti, kafedra mudiri; 1995-2012 yillari Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti “Energetika fanlari” va “Elektr energetikasi” kafedrasida mudiri; 2012-2017 yy.- Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti “Elektrotexnika va elektr yuritma” kaedrasida dotsenti, kafedra mudiri vazifasini v.b.; 2017-2017 yilda Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti “Elektrotexnika va mexatronika“ kafedrasida mudiri vazifasini vaqtincha bajaruvchi; 2017 yildan hozirgi vaqtgacha Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti(2021 yilning dekabr oyidan “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti) “Elektrotexnika va mexatronika“ kafedrasida dotsenti. Ilmiy-pedagoglik faoliyati davomida 90 dan ortiq ilmiy-uslubiy ishlarni chop ettirgan(jumladan: 3 o‘quv qo‘llanma 3 monografiya, 3 ta ixtiro, 7 ta Scopus bazasidagi ilmiy konferentsiyalarda ilmiy maqolalar), texnika fanlari nomzodi(PhD), dotsent.

Mundarija

	bet
Annotatsiya.....	3
So‘z boshi.....	4
1 -bob Mavzuga kirish. O‘zgarmas tok(DC) elektr zanjirlarining elementlari.....	6
1.1 Elektr zanjiri haqida tushuncha.....	6
1.2 Elektr sxemasi tushunchasi.....	7
1.3 Elektr zanjirining asosiy elementlari.....	8
1.4 Oddiy elektr zanjiri.....	8
1.5 Chiziqli va nochiziqli elektr zanjirlari tushunchasi.....	12
1.6 Om qonuni. Om qonunining qo‘llash.....	15
O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	16
2 -bob Rezistorlarning ketma-ket, parallel va aralash ulanishi.....	17
2.1 Rezistorlarning ketma-ket ulanishi.....	17
2.2 Rezistorlarning parallel ulanishi.....	18
2.3 Rezistorlarning aralash ulanishi.....	20
2.4 Ekvivalent qarshiliklarni hisoblash.....	20
O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	21
3 -bob Kirxgofning birinchi qonuni.....	25
3.1 Kirxgofning birinchi qonuni.....	25
3.2 Kirxgofning birinchi qonuni va Om qonuni asosida elektr zanjirini hisoblash.....	27
O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	33
4 -bob Murakkab o‘zgarmas tok elektr zanjirlarini hisoblash usullari...	34
4.1 Murakkab o‘zgarmas tok elektr zanjirlari.....	34
4.2 Kirxhoffning ikkinchi qonuni.....	37
4.3 Kontur tokini hisoblash.....	39
4.4 Kontur toki usuli va tugunli tenglamalar(tugun potentsiallari) usuli.....	42
4.5 Ekvivalent generator usuli.....	45
O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	51
5 -bob O‘zgaruvchan tok elektr zanjirining elementlari. Sinusoidal kattaliklarni ifodalashning qiymatlari va usullari.....	52
5.1 O‘zgaruvchan tok elektr zanjirining elementlari.....	52
5.2 Kondensator, g‘altak induktivligi va qarshiligini hisoblash.....	54
5.3 Sinusoidal qiymatlarni ifodalashning usullari.....	56
O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	63
6 -bob O‘zgaruvchan tok elektr zanjirlari.....	64
6.1 Aktiv qarshilikli o‘zgaruvchan tok elektr	64
6.2 Induktivlikda yig‘ilgan o‘zgaruvchan tok zanjiri.....	66
6.3 Imkoniyatli o‘zgaruvchan tok davri.....	69
6.4 Sig‘imda yig‘ilgan o‘zgaruvchan tok zanjiri.....	72

	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	81
	7 -bob RLC zanjirini tahlil qilish.....	82
7.1	RLC zanjirini tahlil qilish.....	82
7.2	RLCga ketma-ket ulanish.....	84
7.3	RLCga parallel ulanish.....	85
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	87
	8 -bob Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi.....	88
8.1	Tebranish konturlari.....	88
8.2	Elektr zanjirlarida rezonans hodisasi.....	92
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	95
	9 -bob Uch fazali elektr zanjiri.....	96
9.1	Uch fazali elektr zanjiri haqida asosiy tushuncha.....	96
9.2	Balansli va muvozanatsiz zanjirlar(simmetrik va nosimetrik).....	102
9.3	Fazalarni energiya manbai va iste‘molchiga yulduzsimon va uchburchak shaklida ulash.....	105
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	107
	10 -bob Yarim o‘tkazgich materiallari haqida tushuncha va ularning tuzilishi. O‘tkazuvchilar turlari.....	108
10.1	Qanday materiallar yarim o‘tkazgichlar deb hisoblanadi va nima uchun.....	108
10.2	Kovalent aloqalar(bog‘lanishlar).....	110
10.3	Energiya darajasi (Energetik sath) va zonalari.....	113
10.4	Elektr zaryadlari - elektronlar va g‘ovaklar(teshiklar).....	116
10.5	<i>p</i> va <i>n</i> tip(tur)dagi	118
10.6	Xususiy va aralashmali o‘tkazuvchanlik.....	121
10.7	Yarimo‘tkazgichlarda zaryad o‘tkazish(ko‘chirish) jarayonlari.....	126
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	129
	11 -bob O‘tish va uning xususiyatlarini yaratish.....	130
11.1	Elektron-g‘ovakcha(teshikcha) o‘tish tushunchasi.....	130
11.2	Kuchlanishni to‘g‘ri va teskari <i>p-n</i> o‘tishni	133
11.3	Volt-amper tavsiflari.....	139
11.4	Teshilish turlari.....	142
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	146
	12 -bob Yarimo‘tkazgichli diodlar. Ularning tasnifi. To‘g‘rilovchi diodlar - qurilmaning ishlash printsipi.....	147
12.1	Yarimo‘tkazgichli diodlar oilasi.....	147
12.2	To‘g‘rilovchi diodlarning struktura sxemasi. Ishlash prinsipi.....	150

12.3	O'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokga aylantirish	155
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	158
	13 -bob Fotodiodlar. Qurilma, qurilmaning ishlash printsipi.....	159
13.1	Fotodiodning strukturaviy sxemasi, ishlash rejimlari.....	159
13.2	Asosiy tavsiflari va parametrlari(xususiyatlari).....	165
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	168
	14 -bob Svetodiodlar(Yoritish diodlari). Qurilma, qurilmaning ishlash printsipi.....	169
14.1	Svetodiodlar(Yoritish diodlari) strukturaviy sxemasi, ish rejimlari.....	169
14.2	Asosiy tavsiflari va parametrlari(xususiyatlari).....	172
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	176
	15 -bob Tranzistorlar. Bipolyar tranzistorlar.....	177
15.1	Yarim o'tkazgichli tranzistorlar haqida tushuncha.....	177
15.2	Qurilma va ishlash printsipi.....	180
15.3	Ulanish sxemalari, ish rejimlari.....	183
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	184
	16 -bob Maydoniy tranzistorlar.....	184
16.1	Maydoniy tranzistorlarning tuzilishi.....	184
16.2	<i>p-n</i> boshqariladigan tranzistorlar va MDP tranzistorlar. Ulanish sxemasi...	190
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	193
	17 -bob Tiristorlar.....	194
17.1	Umumiy ma'lumotlar.....	194
17.2	Tiristorlar haqida tushuncha.....	196
17.3	Tiristorlarning amalda qo'llanishi.....	199
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	202
	18 -bob Kuchaytirgichlar. Kuchaytirgich tasnifi - parametrlari va tavsiflari.....	203
18.1	Kuchaytirgichlarni chastota bo'yicha tasnifi.....	203
18.2	Statik tavsiflari.....	208
18.3	Dinamik tavsiflari.....	211
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	216
	19 -bob Kaskadlarni qurish tamoyillari. Kaskadlararo bog'lanish.....	217
19.1	Kuchaytirgich kaskadlari haqida ma'lumot(tushuncha).....	217
19.2	Kaskadlararo bog'lanish turlari.....	222
19.3	Ko'p kaskadli sxemalarning kuchaytirish koeffitsienti.....	226
	O'z-o'zini nazorat qilish savollari.....	229
	20 -bob Kuchaytirgichlarda teskari aloqa.....	230
20.1	Teskari aloqa turlari.....	230

20.2	Ulanish turlari(usullari).....	236
20.3	Tavsiflari.....	238
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	241
	21 -bob Operatsion kuchaytirgichlar. OK parametrlari va tavsiflari.....	242
21.1	Operatsion kuchaytirgichlarning struktura sxemasi.....	242
21.2	Operatsion kuchaytirgichlarning tasnifi(sinflanishi).....	246
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	248
	22 -bob Kuchlanish va tokni stabillash(barqarorlashtirish) tushunchasi..	249
22.1	Kuchlanishni stabillashda(barqarorlashtirishda) ishlatiladigan asboblarni o‘rganish.....	249
22.2	Stabillash usullari.....	252
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	256
	23 -bob Filtrlar va ularning qo‘llanilishi.....	257
23.1	Passiv va aktiv filtrlar tushunchasi.....	257
23.2	Filtrlarning tuzilishi va elektr sxemalari.....	259
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	263
	24 -bob Signal generatorlari.....	264
24.1	Signal generatorlarning sinflarga bo‘linishi.....	264
24.2	Signal generatorlarining tuzilishi va qo‘llanilishi.....	270
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	272
	25 -bob Muqobil elektr stantsiyalar va muntazam takrorlanuvchi energiya manbaalari(mustaqil o‘rganish uchun mavzu).....	273
25.1	Mikrohidroelektr stantsiyalari.....	273
25.2	Shamol elektr qurilmalari.....	275
25.3	Quyosh elektr stantsiyalari.....	277
25.4	Kimyoviy elektr stantsiyalar.....	280
25.5	Avtonom dizel elektr stantsiyalari.....	283
25.6	Zamonaviy invertorlar.....	285
	O‘z-o‘zini nazorat qilish savollari.....	288
	Test savollaridan namunalar.....	289
	Glossariy.....	308
	Foydalanilgan adabiyotlar va internet resurslar.....	310
	Muallif haqida.....	311
	Mundarija.....	312
	Ilovalar.....	316

