

A. Beletskiy

Elektronika - 1

Toshkent-2006

Elektronika-1 – T. Fan va Texnologiya, 2005, -
108-bet.

Kitobda yarim O'tkazgichlar, tranzistorlar, analogli
integral va optoelektron sxemalar, kuchaytirgichlar va
elektr tebranish generatorlari o'rganiladi.

Kitob kollej o'qituvchilari va talabalari uchun
mo'ljallangan.

«Fan va Texnologiya» nashriyoti, 2006 y.

1. Yarim o'tkazgichlar. Yarim o'tkazgichlarning elektr xususiyatlari. Tuzilishi va hususiyatlari

Solishtirma elektr o'tkazuvchanligi bo'yicha metallar va dielektriklar orasidagi holatida bo'lgan moddalar yarim o'tkazgichlarga kiradi. Ularning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi 10⁻⁸ dan 10⁵ sm/m gacha bo'ladi va metallarga qaraganda xarorat ko'tarilgan sari uning miqdori oshib boradi.

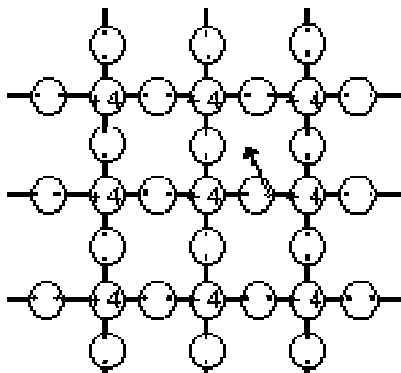
Yarim o'tkazgichlar ko'p sonli moddalar guruxini tashkil etadi. Ularga quyidagi kimyoviy elementlari kiradi: germaniy, kremniy, bor, uglerod, fosfor, oltin-gugurt, margimush selen, kul rangli qalay, tellur, yod, ba'zi kimyo birlashmalar va ko'p sonli organik moddalar.

Elektronikada yarim o'tkazgichli materiallarning cheklangan soni qo'llaniladi. Bu birinchi navbatda kremniy va galliy arsenididir. Margimush, bor, fosfor kabi qator moddalar qorishma (aralashmalar) sifatida ishlatiladi. Elektronikada qo'llaniladigan yarim o'tkazgichlar ancha va takomillashgan kristallik tuzulishga ega, ularning atomlari fazoda bir-birovidan o'zgarmas masofalarda aniq davrli ketma-ketlikda joylashgan bo'lib, kristallik panjarani tashkil qiladi. Yarim o'tkazgichlar elektronikasida **enq ko'p tarqalgan** – **germaniy va kremniy – panjaralari** olmos turidagi tuzilishga ega. Bunday panjarada moddaning har bir atomi huddi shunday to'rt atom bilan o'ralgan bo'lib, to'g'ri tetraedrning cho'qqisida joylashgan.

Kristallik panjarada joylashgan har bir atom elektrik neytraldir. Panjara tugunlarida atomlarni ushlab turuvchi kuchlar kvantomexanik harakterga ega; ular o‘zaro xarakatlanuvchi atomlarning valentli elektronlarini almashuvi hisobiga paydo bo‘ladi. Atomlarning shunday aloqasi kovalentli aloqa deb nomlanadi, uning yaratilishi uchun bir juft elektronlar kerak bo‘ladi. **To‘rt valentli element bo‘lgan germaniy va kremniy-ni tashqi qatlamida uning yaqin atrofidagi to‘rt atomlari bilan to‘rt kovalentli aloqalar mavjud.**

Yarim o‘tkazgichda zaryad tashuvchilar

Ko‘rilgan ideal panjarada barcha elektronlar o‘zlarining atomlari bilan bog‘langan. Isitish yoki nurlash natijasida uncha katta bo‘lmagan energetik ta’sirlar panjarada ba’zi valentli bog‘lanishlarni uzilishiga olib kelishi mumkin. Bunda valentli elektron, o‘zining atomidan ajralib, yangi turg‘un holatga o‘tadi va u kristallik panjara bo‘yicha yurish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Bunday valentli bog‘lanishdan uzilib chiqqan harakatli elektronlar o‘tkazuvchanlik elektronlari deb aytiladi. Ular yarim o‘tkazgichni elektr o‘tkazuvchanligiga sabab bo‘lib, elektronli elektr o‘tkazuvchanligi deyiladi. (1-rasm)



- +4 – Tugundagi atomlar
- + - elektronlar
- + - teshiklar

1-rasm

Valentli elektronni atomdan uzib olish va uni harakatlanuvchi holatiga keltirish uchun beriladigan eng kam energiya miqdori ΔE panjarani tuzilishiga bog'liq bo'ladi va yarim o'tkazgichning parametri hisoblanadi

Kristal bo'yicha harakatlanuvchi elektronlar energiyasi ba'zi miqdorlar chegarasida yotadi, boshqacha qilib aytganda, elektronlar energetik darajalarini butun zonasini egallaydi va o'tkazuvchanlik zonasi deb ataladi. Valentli elektronlarning energetik holati ham valentli deb ataluvchi zonani tashkil etadilar. Valentli zonaning maksimal qiymati va o'tkazuvchanlik zonaning minimal qiymati oralig'ida energetik zonada elektronlar bo'lishi mumkin emas; bu taqiqlangan zona deb ataladi. Taqiqlangan zonaning eni ΔE_{ga} valentli elektronni bo'shatib olish uchun zarur bo'lgan energiyani aniqlaydi, ya'ni yarim o'tkazgich atomining ionizatsiyalash energiyasidir. Shunday qilib, ener-

getik nuqtai nazaridan atomdan valentli elektronni uzib olinishi va uni o'tkazuvchanlik elektroniga aylanishi elektronlarni valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga olib tashlashga to'g'ri keladi.

Valentli bog'lama uzilganda va elektroni atomdan panjaraga ketganda to'ldirilmagan bog'lama hosil bo'ladi, unga miqdori bo'yicha elektron zaryadiga $+e$ teng bo'lgan kompensatsiyalanmagan musbat zaryadga xos to'ldirilmagan bog'lama qo'shni bog'lamlardan valentli elektronlar oson o'tishi sababli, bunga kristalldagi issiqlik xarakati yordam beradi, bunda valentli elektron tashlab ketgan o'rni (teshik deb nomlanib) panjarada xaotik ravishda xarakatlanaadi. Tashqi maydon mavjudligida teshik ham maydon tahrir qilish yo'nalishida harakatlanadi, bu esa musbat zaryadni olib o'tishiga, ya'ni elektr tokiga to'g'ri keladi.

Yarim o'tkazgich bunday ko'rinishidagi elektr o'tkazuvchanligi teshikli elektr o'tkazuvchanlik deb aytiladi. Yuqorida ko'rilgani esa elektronli o'tkazuvchanlik deb aytilardi, unda bo'sh elektronlar sababchi edi.

Panjara tugunlarida faqat o'zining atomlariga ega bo'lgan yarim o'tkazuvchini xususiy o'tkazuvchisi deb atashga qabul qilingan; unga tegishli barcha o'lchamlari I indeksi bilan belgilanadi (intrinsic – xususiy, ingliz so'zidan olingan).

Elektronikada ko'p ishlatiladigan yarim o'tkazgichlari kristall panjarasidagi tugunlarda asosiy

modda atomlarining bir qismi aralashmalar atomlari bilan o‘rin almashgan bo‘ladi, ya’ni boshqa moddalarning atomlari bilan. Bunday yarim o‘tkazgichlar aralashmali yarim o‘tkazgichlar deb ataladi. Germaniy va kremniy uchun ko‘pincha besh va uch valentli elementlar atomlari ishlatiladi. Besh valentli aralashmalarga fosfor, surma, margimush va boshqa uch valentliklarga-bor, alyuminiy, indiy, galliy kiradi.

Besh valentli aralashma fosfor bo‘lganda to‘rtta valentli elektronlari qo‘shish atomlarning to‘rt elektronlari bilan birga kovalent bog‘lamlarini tashkil etadi, beshinchi valentli elektron esa «ortiqcha» bo‘lib qoladi. Elektronning o‘zini atomi bilan **bog‘lanish** energiyasi - ΔE_n valentli elektronni bo‘shatib olish uchun kerak bo‘lgan ΔE_g energiyasidan ancha kam. Uncha katta bo‘lmagan ionlash ΔE_n energiyasi tufayli, beshinchi elektronni issiqlik xarakati energiyasi hisobiga o‘zining atomidan xona haroratida ham uzib olish mumkin. Bunda kristalli panjara bo‘yicha xarakatlanishiga imkoni bo‘lgan bo‘sh elektron va bu elektronni yo‘qotgan turg‘un musbatli aralashmani zaryad-atomi hosil bo‘ladi. Elektronlarini beradigan bunday aralashmalar turi donorlar deb aytiladi, shu aralashmaga o‘xshash kristallar esa – N-tipdagi yarim o‘tkazgichlar deyiladi.

Uchvalentli aralashmani kiritganda aralashmali atom yakunida joylashgan uch atom bilan kovalentli bog‘lamlarni hosil qilish uchun o‘zining uch valentli elektronlarini beradi. to‘rtinchi atomi bilan bog‘lama

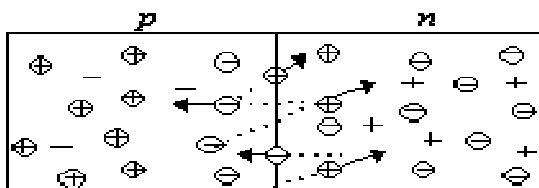
to'ldirilmagan bo'lib qoladi, lekin unga qo'shni bog'lamlardan valentli elektronlar ancha oson o'tishi mumkin. Valentli elektronni to'ldirilmagan bog'lamaga o'tishida qo'shilgan ortiqcha elektron bilan aralashmali atom panjarada turg'un manfiy zaryad hosil qiladi; bundan tashqari panjara bo'yicha xarakatlanadigan va yarimo'tkazgichni teshikli o'tkazuvchanligini kelib chiqaradigan panjarada teshik paydo bo'ladi. Elektronlarni ushlab oluvchi bunday ko'rinishidagi aralashmalar akseptorli deyiladi, akseptor aralashmali kristall esa-P-tipdagi yarim o'tkazuvchi deyiladi.

Elektron - teshikli o'tish

Yarim o'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.

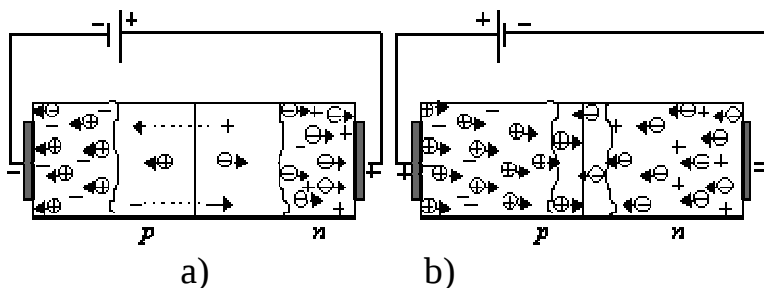
Shunday qilib, p-tipdagi qatlamdan n-qatlamga teshiklar diffuziya orqali o'tadi n-tipidagi qatlamdan p-tipidagi qatlamga elektronlar diffuziya orqali o'tadi. Bunda ular qo'shni xududlardagi teskari belgili asosiy zaryad tashuvchilar bilan birlashadi – rekombisiylashadi. Bunday xolatda o'tish qatlamining chegarasida harakatlanuvchi asosiy zaryad tashuvchilardan kamayib ketgan va n-p - o'tish katta qarshilikka ega bo'lgan soha paydo bo'ladi. Chegara qatlamining ik-

kala tomonida qolgan turg'un ionlar, o'lchamlari bo'yicha bir xil, ammo belgisi bo'yicha har xil hajmiy zar-yadlarni 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 (2-rasm).



2-rasm

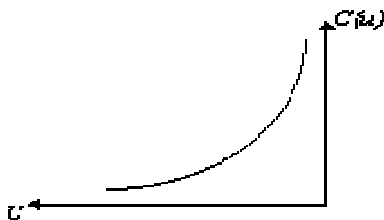
N-o'tkazuvchanlik xududiga tok manbaini manfiy qutibi, p-o'tkazuvchanlik xududiga esa – tok manbaini musbati ulanganda, maydon hosil bo'ladi, uning ta'sirida elektronlar ichkariga otiladi (3-rasm), bu yerda – a-teskari kuchlanish va b-to'g'ri kuchlanish qo'yilgan holat deyiladi.



3-rasm

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 tashuvchilarning p-hududidan va n-hududidan, katta tezlikka ega bo'lganlari r-p - o'tishni sakrab o'tadi va zanjirda juda kam miqdorda toq oqadi, bu teskari tok deb ataladi.

Qo'sh elektr qatlami kondensatorga o'xshab, dielektrik o'rnini, katta qarshilikka ega bo'lgan yopuvchi qatlam o'ynaydi. Bunda hosil bo'ladigan n-p o'tish sig'imi to'siqli nomi bilan yuritiladi va teskari yopuvchi kuchlanishga noxiziqli bog'langan bo'lar ekan. Teskari kuchlanish oshishi bilan yopuvchi qatlam qalinligi oshib boradi, sig'im esa kamayadi (4-rasm)



4-rasm

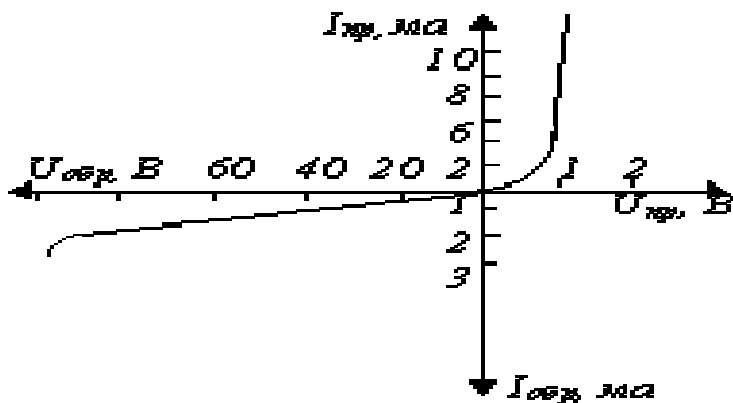
Diodga ulangan manba qutibi o'zgarganida p-hududidagi teshiklar bir bировiga yaqinlashadi va yarim o'tkazgichlar chegarasiga siljiydi. N-p o'tish torayadi, uning qarshiligi keskin kamayadi va katta miqdordagi elektronlarni p-hududidan n-hududiga, demak, teshiklarni qarama-qarshi yo'nalishga o'tishi uchun 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.

5-rasmda kremniy diodining tipik nohiziqli tavsifi ko'rsatilgan. Uning volt-ampere tavsifi $I = I_0(e^{u/\varphi} - 1)$ nisbati bilan ta'riflanadi, bu yerda, I_0 – p-n o'tishni teskari toki, u – berilgan kuchlanish, φ -xaroratli potensial, 300K 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 diodlar ham o'xshash xususiyatlarga ega.



5-rasm.

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

2. Oddiy yarim o'tkazgichli elementlar.

Yarim o'tkazgichli diodlar

Yarim o'tkazgichli diodlar to'g'risida umumiy ma'lumotlar

Yarim o'tkazgichli diod (YO'D) ikki elektrodli qurilma bo'lib, uning ishlashi n-p o'tishni elektrik xususiyatlarga, yoki metal yarim o'tkazuvchi kontaktini ishlatilishiga asoslangan. Bu xususiyatlarga quyidagilar kiradi: bir tomonlama o'tkavchanlik, volt-ampere tavsifini nochiziqligi, volt-ampere tavsifini manfiy qarshilikka ega bo'lagi mavjudligi, elektrli buzilishda teskar tokni keskin oshib ketishi, n-p o'tishni sig'imi mavjudligi N-p o'tishni qaysi xususiyatlari ishlatilishiga bog'liq xolda yarim o'tkazuvchi diodlar to'g'irlash, detektrlash, o'zgartirish, elektr tebranishlarni generatsiyalash shuningdek o'zgaras tok zanjirlarida kuchlanishni stabilash va o'zgasharuvchan reaktiv elementlari sifatida qo'llash mumkin.

Ko'p holatlarda YO'D simmetrik n-p o'tishdan farq qilishi shundaki, diodning p-xududiga (nosimmetrik n-p-o'tish) qaraganda, n-xududi ancha ko'p miqdorda aralashmalarga ega, ya'ni $N_n \gg N_p$. Bunday holatda p-xududi diod bazasi deb nomlanadi. Bunday o'tishga teskari kuchlanish berilganda to'yinish toki bazan n-xududiga faqat teshiklar oqimidan iborat bo'ladi va simmetrik o'tish uchun qaraganda kam miqdorga ega bo'ladi. To'g'ri kuchlanish berilganda

to'g'ri tok xam n-xududidan bazaga to'liq teshiklar oqimidan iborat bo'ladi va endi uncha katta bo'lmagan to'g'ri kuchlanishlarda eksponensial shaklida oshib boradi (n-p o'tishni volt-amper tavsifini tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$I = I_0(e^{\frac{u}{\varphi}} - 1)$$

Diod tayyorlanadigan kerakli materialni tanlash, n-p o'tishni tayyorlash texnologiyasi va diodni konstruksiyasi yordamida bu talablar qondirilishi mumkin.

Shularga qarab YO'Dlar qator asosiy tipik guruhlarga bo'linadi:

a) vazifalarni bajarish bo'yicha (to'g'rilovchilar, detektorlaydiganlar, varikaplar va boshqa);

b) chastotali xususiyatlari bo'yicha (past va yuqori chastotali, SVCH-o'ta yuqori chastotali);

v) tuzilishi bo'yicha (yassi, nuqtaviy);

g) birlamchi material bo'yicha (germaniyli, kremniyli, arsenid-galliyi va x.k).

Bundan tashqari, elektrik parametrlarga qarab bir guruh ichida YODlar bo'linishlari mumkin.

Har bir tipik guruhni ta'riflaydigan o'ziga xos parametrlaridan tashqari ularning maxsus belgilanishiga bog'liq bo'lmagan barcha YO'Dlar uchun umumiy parametrlari mavjud. Ularga quyidagilar kiradi: ishlash harorat oralig'i, ruxsat beriladigan teskari kuch-

lanish, ruxsat beriladigan to'g'rilangan tok, ruxsat beriladigan sochish quvvati.

Ishlash harorat oralig'i

Harorat oshgan sari o'tkazuvchini o'zining elektr-o'tkazuvchanligi oshib boradi, to'yinish toki va n-p o'tishning buzilish ehtimoli oshadi.

Yarim o'tkazgichning taqiqlangan zonasi qanchalik keng bo'lsa, o'tishni yo'l qo'yiladigan maksimal harorati shunchalik katta bo'ladi. Masalan, germaniy diodlari uchun atrof muhitni ruxsat etilgan harorati $(-60...+70)^{\circ}\text{C}$ chegaradada, kremniy diodlari uchun esa $(-60...+125)^{\circ}\text{C}$ chegarasidadir. Harorat pasaygan sari to'g'ri va teskari qarshiligi oshib boradi, shuningdek kristallning mo'rtligi oshish tufayli mexanik shikastlanish ehtimoli paydo bo'ladi.

Ruxsat etiladigan teskari kuchlanish $U_{\text{tes.p.}}$ odatda ruxsat etiladigan teskari kuchlanishdir.

$U_{\text{tes.p.}} = 0.8$ miqdori qabul qilinadi. Bu yerda U_{buz} – n-p o'tishni buzadigan kuchlanish. U_{buz} – miqdori yarim o'tkazuvchini harorati va solishtirma qarshiligiga bog'liq. Buning tushuntirilishi shundaki n-p o'tish maydonining kuchlanganligi, demak, buzulish kuchlanishi ham o'tish eniga bog'liq, u o'z navbatida aralashmalarning konsentratsiyasiga bog'liq, ya'ni yarim o'tkazgichni solishtirma qarshiligiga. N-p o'tish qanchalik keng bo'lsa, yarim o'tkazgichni solishtirma qarshiligi shunchalik katta bo'ladi va dastlabki mate-

rialni solishtirma qarshiligi qanchalik katta bo'lsa U_{buz} ham katta bo'ladi.

Agar katta to'g'rilangan kuchlanishni olish kerak bo'lsa, bunda ruxsat etilganga qaraganda kattaroq teskari kuchlanish diodga berilgan bo'ladi, buning uchun diodlarni ketma-ket ulanishi qo'llaniladi. Diodlarni teskari qarshilik miqdorlari bir xil bo'lmaganligi uchun, bunda ketma-ket ulanganda teskari kuchlanishlari diodlar orasida notekis taqsimlanadi va kattaroq teskari qarshilikka bo'lgan diod buzilishi mumkin. Bunday bo'lmashligi uchun har bir ketma-ket ulangan diodni shunday miqdordagi qarshilik bilan shuntlantiriladiki, diodlardagi taqismlangan kuchlanish shu qarshiliklar bilan aniqlangan bo'lishi kerak.

Ruxsat etilgan to'g'rilangan tok – I_{Re}

Tok o'tganda o'tish harorati oshishi sababli, bunda ruxsat etilgan tok miqdori ruxsat etilgan o'tish harorati bilan cheklanadi. To'g'rilangan tokni ruxsat etilgan miqdoridan kattarog'ini olish uchun, bir nechta diodlarni paralel ulash mumkin.

Diodlar har xil to'g'ri qarshilikka ega bo'lganlari uchun bunda toklar bir tekisda taqsimlanadilar va shunda bo'lishi mumkin-ki, eng kam qarshilikka ega bo'lgan diod orqali yuradigan tok, ruxsat etilgan miqdoridan oshib ketishi mumkin. Shunday bo'lmashligi uchun diodlarni har biri bilan ketma-ket qarshilik ulanadi.

Eng yuqori ruxsat etiladigan sochish quvvati $R_{r,e}$ diodning konstruksiyasiga ham, atrof muhitni haroratiga ham bog'liq, ya'ni sovutish sharoitiga bog'liq.

Shemalardagi ishchi rejimlarini tanlanganda $I \cdot U \leq R_{r,e}$ bo'lishi kerak.

Bu yerda I – diod orqali o'tadigan tok,

U – diodga ulangan kuchlanish.

To'g'rilovchi diodlar (kuchli diodlar, ventillar) to'g'rilovchi YO'Dlar past chastotali (50 kGts gacha) o'zgaruvchan tokni bir yo'nalishdagi tokka (o'zgaruvchi tokni to'g'rilash) o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Odatda kichik va o'rta quvvatli to'g'rilovchi YO'Dni ishchi chastotalari 20 kGts dan, katta quvvatli diodlarni esa – 50 Gts dan oshmaydi.

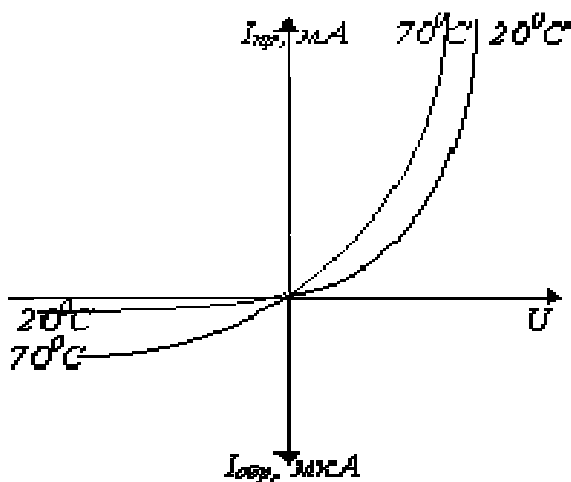
N-p o'tishni to'g'rilash maqsadlari uchun ishlatish imkoniyatlari tokni bir tomonlama o'tkazish uning xususiyatlari bilan shartlangan (to'yinish toki juda kam). To'g'rilovchi diodlarning tavsif va parametrlariga quyidagi talablar qo'yiladi:

- a) juda kichik bo'lgan teskari tok;
- b) katta bo'lgan teskari kuchlanish;
- v) katta bo'lgan to'g'ri tok;
- g) to'g'ri tok oqqanda kuchlanishni ham kamayishi.

Bu talablarni ta'minlash uchun to'g'rilovchi diodlar yarim o'tkazuvchi materiallarning taqiqlangan zonani katta kengliklaridan tayyorlanadi, bu esa teskari tokni kamaytiradi va katta solishtirma qarshiliklardan, bu esa ruxsat etilgan teksari kuchlanishni oshiradi.

To'g'ri yo'nalishda katta toklarni va kuchlanishni kam tushushini olish uchun n-p o'tish maydonini oshirish va baza qalindiligini oshirish kerak.

To'g'rilovchi diodlar katta solishtirma qarshilikka ega bo'lgan germaniy (Ge) va kremniy (Si) dan tayyorlanadi, bunda Si – eng istiqbolli materialdir. Si taqiqlangan sohasi katta bo'lgani uchun, kremniy diodlari ancha marotaba kam teskari toklarga ega, ammo to'g'ri kuchlanishni kamayishi kattaroq, ya'ni teng quvvatda yuklanishga beradigan kremniy diodlarni energiya yo'qotishi ko'proq bo'ladi. Kremniy diodlar katta teskari kuchlanishlarga va to'g'ri yo'nalishda katta tok zichligiga ega.



6-rasm

Kremniy diodning volt-amper tavsifi xaroratga bog'liqligi 6-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, undan kelib

chiqadiki, volt-amperli tavsiflari- ning to'g'ri chiziqli yo'nalishi harorat o'zgargan sari uncha ko'p o'zgarmaydi, chunki namuna atomlari xona haroratida ionlashib bo'lgan.

Zaryad tashuvchilarnig asosiy bo'lmagan soni harorat bilan aniqlanadi va shuning uchun volt-amperli tavsifining teskari chizig'ini yo'li haroratga bog'liq, shu bilan birga bu bog'lama germaniy diodlari uchun yaqqol ifodalangan. Buzulishni kuchlanish miqdori ham haroratga bog'liq. Bu bog'lama n-p o'tishning buzulishiga qarab aniqlanadi. Zarbadan ionlanish hisobiga elektr buzulishida harorat oshgan sari U_3 oshib boradi. Buni shunday tushuntirsa bo'ladi: harorat oshgan sari panjaraning issiqlik tebranishlari oshib boradi, zaryad tashuvchilarning erkin chopish uzunligi kamayadi va zaryad tashuvchi valentli bog'lamlarni ionzatsiyalashda yetarli energiyani olishi uchun maydon kuchlanganligini oshirish kerak, ya'ni n-p o'tishga berilgan teskari kuchlanishni oshirish kerak. Issiqlik hisobiga uzulganda harorat oshgan sari U_3 kamayadi.

Haroratni ma'lum bir oralig'ida germaniy diodlari uchun buzilish ko'pincha issiqlikdan bo'ladi (Geta'qiqlangan zonasini eni uncha katta emas), kremniy diodlari uchun esa – elektrdan bo'ladi. Bu U_3 miqdorini belgilangan xaroratda aniqlaydi. Xona haroratida germaniy diodlari uchun U_3 400B dan oshmaydi, kremniy diodlari uchun esa – 1500 v.

Yuqori chastotali yarim o'tkazuvchi diodlar

To'g'rilovchi diodlarga o'xshab, yuqori chastotali YO'D larda ham n-p o'tishning nosimmetrik o'tkazuvchanligi ishlatiladi. Ular to'g'rilovchi diodlarga qaraganda ancha yuqori chastotalarda ishlaydi (yuzlab Mgs gacha), universal va impulsli diodlarga bo'linadi. Universal yuqori chastotali diodlar tokning bir yo'nalishdagi yuqori chastotali tebranishlarni olish uchun modulyatsiyalashgan yuqori chastotali tebranishlarni amplitudasi bo'yicha – chastotali modulyatsiya tebranishlarni (detektorlash) chastotasini o'zgartirish uchun qo'llaniladi. Impulsli diodlar impulsli shemalarda almashib ulagich elementi sifatida ishlatiladi.

YOD yuqori chastotada ishlaganda diodning inersiyaligiga sababchi bo'lib, o'tish sig'imi katta rol o'ynaydi. Agar diod to'g'rilovchi shemaga ulansa, bunda sig'imni ta'siri to'g'rilash jarayonini yomonlashuviga olib keladi.

Bundan tashqari, n-p o'tishga keltirilgan tashqi kuchlanishni bir qismi diodning baza qarshiligida qolishi tufayli, to'g'rilash samaradorligi pasayadi. Shundan kelib chiqadiki, yuqori chastotada ishlaydigan YODni n-p o'tishlari kichik sig'imli va bazaning kichik qarshiligiga ega bo'lishi kerak.

Sig'imni kamaytirish uchun o'tish maydonini kamaytirishadi, bazaning qarshiligini kamaytirish uchun bazaning qalinligini kamaytirishadi. Yuqori chastotali

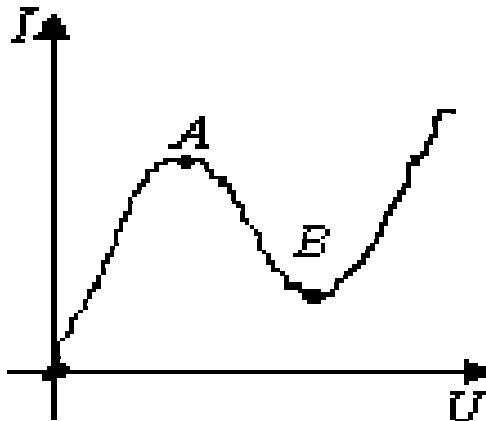
diodni inersion xususiyatlarini kamaytirish talabi va shu sababli o'tish maydonini kamaytirish, bir xil asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning xayot vaqti va baza qalinligi o'ta muhim bo'lishi mumkin, shundan-ki, agar diod impuls shemada qayta ulagich sifatida ishlasa. Qayta ulagich ikki xolatga ega: ochiq va yopiq. Ideal holatda qayta ulagich ochiq bo'lganida qarshiligi nolga teng, qarshiligi cheksiz katta bo'lishi – yopiq bo'lganida va bir onda bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi lozim. Amalda yuqori chastotali diodni yopiq holatidan ochiq holatiga va teskarisi qayta ulashlarda turg'un (statsionar) holat bir muncha vaqtdan keyin o'rnatiladi, uni qayta ulash vaqti deb ataladi va diodning inersion xususiyatlarini ta'riflaydi. Tez qayta ulaganda inersion xususiyatlari bo'lishi qayta ulanadigan impulslar shaklini buzulishiga olib keladi. Impulsli diodlarni tayyorlashda dastlabki yarim o'tkazgichga rekombinatsiyani (Au, Cu, Ni) unumli markazi bo'lgan elementlar kiritiladi, bu esa og'irligi bir xil bo'lmagan zaryad tashuvchilarni hayot vaqtini kamaytiradi. P-xududini (bazasini) qalinligi N_p teshiklarni chopish diffuzion uzunligi miqdoriga qaraganda kam miqdorigacha kamayadi. Bu bir vaqtda og'irligi bir xil bo'lmagan tashuvchilar hayot vaqtini va baza qarshiligini kamaytiradi. Yuqori chastotali diodlar konstruksiyasi bo'yicha nuqtaviy konstruksiya ko'rinishida yoki juda kichik maydonli o'tish yupqa konstruksiyada bajariladi.

Tunel diodlar

Tunel diodlar ko'p miqdorda aralashmali yarim o'tkazgichlardan tayyorlanadi (yaratilgan yarim o'tkazgichlar). Yaratilgan yarim o'tkazgichlar asosida bajarilgan n-p o'tishni voltamperli tavsifi manfiy qarshilikli xududga ega bo'lib, bunda kuchlanish ko'payganda oqib o'tadigan tok kamayadi. Manfiy qarshilikka ega bo'lgan element, elektr energiyani talab qilmaydi, uni zanjirga beradi, ya'ni zanjirning faol elementi hisoblanadi.

Volt-amperli tavsifining tushib ketuvchi qismi bo'lgani uchun tunel diodlarni generatorlar va keng diapazon chastotali shu jumladan SVCH (o'ta yuqori chastotali), elektr tebranishlarni kuchaytirgichlari sifatida va yuqori tezikli qayta ulashlar sifatida ishlatishga imkon yaratadi.

Tunel diodlar yaratilgan yarim o'tkazgichlardan, asosan, germaniy, kremniy va arsenad gal-liydan tayyorlanadi. Potensial to'siq orasidan tashuvchilarni tunel o'tishi uchun n-p o'tish tor va keskin bo'lgani sababli, tunel diodlarning n-p o'tishlari eritib quyish usuli bilan tayyorlanadi. Bundan tashqari, yaratilgan qatlamlarni epitaksial qo'shib borish usuli qo'llaniladi, bu shuningdek keskin o'tishlarni olishga yordam beradi. Sig'imni kamaytirish uchun (demak, manfiy qarshilik bilan faol element sifatida ishlashi mumkin bo'lgan tunel diodni yuqori chegaraviy chastotasini oshirish uchun) p-n o'tishlarni kichik maydonini olish usuli qo'llaniladi.



7-rasm.

7-rasmda tunel diodning volt-ampferli tavsifi ko‘rsatilgan. Unig shakli aralashmalar konsentratsiyasiga, konsentratsiya miqdori bir xil bo‘lganda aralashmalar turiga va haroratiga bog‘liq, shu bilan birga haroratga bog‘liqligi turli materiallardan tayyorlangan tunel diodlar uchun har xil bo‘ladi.

Tunel diodni volt-ampferli tavsifini ifodalovchi asosiy parametri bo‘lib pastga tashuvchi qismini qiyaligini ko‘rsatadigan manfiy differensial qarshilik hisoblanadi:

$$R_{-} = -\frac{\partial U}{\partial I}$$

O‘tishni potensial to‘sig‘idan elektronlarni tunel o‘tishi diffuziyasi sekin o‘tadigan jarayoni bilan bog‘liq bo‘lmagani sababli, bunda tunel tokni uzatish tezligi yuqori (kuchli legirlangan germaniy uchun,

taxminan 10^{-13} s) va tashuvchilarni kam xarakatlanuvchilik hisobiga tunel diodlarda inersiyalik bo'lmaydi. Shuning uchun tunel diodlarni chastotaviy xususiyatlari tokni uzatish tezligi bilan aniqlanmasdan, balki faqat kostruksiyaga bog'liq bo'lgan omillar bilan: n-p o'tish sig'imi S bilan, yarim o'tkazgichni hajmiy qarshiligi va ulanadigan uchlari bog'liq bo'lgan yo'qotish qarshiliklari bilan va diodning induktivlik L_d yig'indisi bilan aniqlanadi. Tunel diodni chastotaviy xususiyatlari maksimal chastotasi F_{max} bilan ta'riflanadi.

F_{max} dan yuqori chastotalarda tunel diodni manfiy qarshilik sifatida ishlatib bo'lmaydi, ya'ni bu chastotalarda elektr tebranishlarni kuchaytirish va generatsiyalash mumkin emas. Bundan tashqari, yuqori chastotalarda tunel diodni sifati I_{max}/c nisbati bilan baholanadi va ba'zan uni asllik omili deb atashadi. Tunel diodni almashib ulagichli shemalarda ishlaganida uning tez harakatlanuvchiligi qayta ulash vaqtini miqdori bilan belgilanadi va u diod xususiyatlari va shenaning parametrlariga bog'liq.

Tranzistorlar

Tranzistorlar to'g'risida umumiy ma'lumotlar

1948 y. D.Bardin va V.Bratteyn nuqtali n-p o'tishlar bilan ishlab turib, ikki n-p o'tishli qurilma quvvati bo'yicha elektr tebranishlarni kuchaytirish

qobi

P	Π	P
1	2	

 ini

Π	P	n
1	2	3

 ndi. Bu qurilmani
ular

P	Π	P
1	2	

 atas

Π	P	n
1	2	3

 - o'zgartiruvchi
va "1-emitör, 2-qarshi, 3-kollektor" (паридан olingan).

Bugungi kunda bir yoki bir nechta n-p o'tishli va uch yoki undan ko'p uchlari bo'lgan elektr o'zgartiruvchi yarim o'tkazgichli asbob tranzistor deb nomlanadi.

Tranzistorlar konstruksiyasi bo'yicha nuqtali va yassi bo'lishi mumkin, biroq, garchi nuqtali tranzistorlar oldin paydo bo'lishiga qaramasdan, ularning nostabil ishlashi shunga olib kelidiki, bugungi kunda faqat yassi tranzistorlar ishlab chiqariladi. Yassi tranzistor yarim o'tkazuvchi- ning monokristalli bo'lib, unda ikki xudud bir tipdagi o'tkazuvchanlikka ega, qarama-qarshi tipdagi o'zgaruvchanlikka ega bo'lgan hudud bilan bo'lingan. Shunday qilib, n-p-n va p-n-p tuzilmalar olinishi mumkin (8-rasmdagi a va b qarang).

a) EO' KO' b) EO' KO'

8-rasm

Har bir hudud o'z nomiga ega:

1-emitter (E);

2-baza (B);

3-kollektor (K).

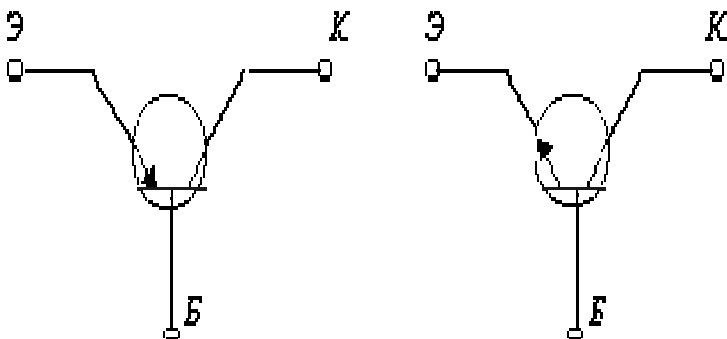
EO' – emitter o'tish, KO' – kollektor o'tish.

Xududlar orasidagi har xil tipdagi o'zgaruvchanlikda n-p o'tishlar hosil bo'ladi. Emitter va baza orasida hosil bo'ladigan n-p o'tish emitterli o'tish deb nomlanadi (EO');

Baza va kollektor orasida hosil bo'ladigan n-p o'tish kollektorli o'tish nomlanadi. (KO') Tashqi elektr shema bilan ulash uchun emitter, baza va kollektor uchlarga ega bo'lib, ular yarim o'tkazgichni metall bilan to'g'rilanmaydigan (omik) kontaktlarni namoyon qiladi.

Sistema butunlay germitizatsiyalangan qobiqqa kiritilgan, elektrodlarni uchlari esa tashqariga chiqarilgan.

Emitterli va kollektorli o'tishlarni turli usullar bilan olish mumkin. Baza hududida aralashmalarni taqsimlanishi o'tishlarni olish usuliga bog'liq. Agar baza hududida aralashmalar konsentratsiyasi bir tekisda taqsimlansa (masalan, n-p o'tishlarni qotishma usuli bilan olishda), bunda ma'lum bir qismi nazarga olinmasa, bazada elektr maydon yo'q deb hisoblasa bo'ladi. 9-rasmda n-p-n (a) va p-n-p (b) shartli belgilari ko'rsatilgan.



9-rasm

Agar baza doirasida aralashmalar konsentratsiyasi notekis taqsimlangan bo'lsa (diffuzion jarayonlar yordamida n-p o'tishlar yaratilganda sodir bo'ladi), bunda u elektr maydonini paydo bo'lishiga olib keladi, uning miqdori aralashmalarni notekis joylanishiga bog'liq bo'ladi. Baza doirasida maksimal o'zgarmas elektr maydoni aralashmalar konsentratsiyasini eksponential taqsimlanishida paydo bo'ladi. Bazada aralashmalar konsentratsiyasi bir jinsli taqsimlangan tranzistorlar (amalda yo'q bo'lgan bazaning elektr maydoni) dreyflanmagan deyiladi.

Bazada aralashmalar konsentratsiyasi bir jinsli bo'lmagan taqsimlanishli tranzistorlar (bazaning elektr maydoni mavjud) dreyflangan deyiladi. O'tishlarni emitterligiga va kollektorligiga yo to'g'ri, yoki teskari kuchlanish berilishi mumkin. Emiterli va kollektorli o'tishlariga beriladigan kuchlanishlarni

belgisiga bog‘liq xolda, tranzistor uch rejimda ishlashi bilan farqlanadi:

1) to‘yinish rejimi – ikki n-p o‘tishlarga to‘g‘ri kuchlanish berilgan;

2) kesib tashlash rejimi–ikki n-p o‘tishlarga teskari kuchlanish berilgan;

3) faol rejim - o‘tishlarni biriga to‘g‘ri, ikkinchisiga esa teskari kuchlanish berilgan.

To‘yinish rejimda emitterli va kollektorli o‘tishlarga to‘g‘ri kuchlanish berilganda potensial to‘siq kamayadi va baza doirasiga o‘tishlar orqali zaryad tashuvchilarni asosiysi bo‘lganlari injektsionlanadi – n-p-n tranzistor bo‘lgan da teshiklar injektsionlanadi.

Natijada asosiy bo‘lmagan tashuvchilar bilan baza to‘yinadi, tranzistor kichik qarshilikka o‘xshab o‘zini tutadi va undan o‘tadigan toklar asosan tashqi zanjir elementlari hisobiga cheklanadi.

Faol rejimda odatda emitterli o‘tishga to‘g‘ri kuchlanish, kollektorli o‘tishga esa – teskari kuchlanish beriladi (garchi inversli ulanish ham mumkin, ya’ni EO‘ teskari kuchlanish, KO‘ esa to‘g‘ri kuchlanish beriladi). Bu holatda emitter bazaga zaryadning asosiysi bo‘lmagan tashuvchilarni injektiriladi – teshiklarni shu bilan birga ularning soni (konsentratsiyasi) emitterli o‘tishga berilgan kuchlanish miqdoriga bog‘liq.

Bazada diffuziyali xarakatlanib, taxminan barcha asosiy bo‘lmagan tashuvchilar (faqat ozgina qismi baza zaryadining asosiy tashuvchilari bilan rekom-

binatsiyalashadi) kollektorli o'tishiga yetib boradi. Teskari yo'nalishda ulangan kollektorli o'tishning elektr maydoni asosiy bo'lmagan tashuvchilar uchun tezlashtiruvchi bo'lgani sababli, ular o'tish joyi orqali «itarib kirishadi» va kollektorda yig'ilishadi.

Shunday qilib, tranzistor orqali o'tuvchi tok asosan zaryadning asosiy bo'lmagan tashuv-chilar toki bo'lib, uning miqdori emitterli o'tishga berilgan to'g'ri kuchlanish miqdori bilan aniqlanadi.

Kichik qarshilikka ega bo'lgan bu tok EO' orqali oqishi va katta qarshilikka ega bo'lgan KO'dan oqishi elektr signallarining quvvatini va kuchlanishini kuchaytirishga sharoit tug'diradi.

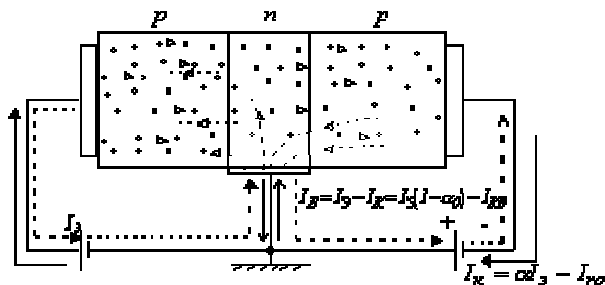
Yuqorida bayon etilganidan kelib chiqadiki, tranzistor elektr tebranishlarini kuchaytirgichi sifatida ishlatish mumkinligi, bunda faol rejimda ishlaydi va qayta ulovchi sifatida impuls o'tish vaqtida u to'yinish rejimida ishlaydi, impulslar oralig'i vaqtida kesib tashlash rejimida va qayta ulash vaqtida faol rejimda ishlaydi.

Emitter rolini kollekt, kollektor rolini esa emitter bajarganda, tranzistor to'g'ri ulanishda ham (EO' ga to'g'ri kuchlanish beriladi, KO'ga esa teskari) va in-versal ulanishda ham ishlashi mumkin. Tranzistorni kam tokli qayta ulagich sifatida ishlatilganda inversli ulash amaliy qiziqish tug'diradi. Tranzistor kuchaytirgich sifatida ishlaganda bunday ulash ko'p holda maqsadga muvofiq emas.

n-p-n tipdagi qo'shqutbli tranzistorda fizik jarayonlar.

EO' ga to'g'ri kuchlanish berilgan, KU ga esa – teskari (ya'ni tranzistor faol rejimda igshlab turibdi) sharoitida emitter, baza va kollektor uchlarida bo'lib o'tayotgan tranzistorning tuzilmasi orqali zaryad tashuvchilar harakatini ko'rib chiqamiz.

Tranzistorning tuzilmasi orqali oqadigan toklar miqdori emitterli va kollektorli o'tishlariga beriladigan faqat kuchlanishlar bilan aniqlanmasdan, bu o'tishlarni o'zaro bir-biriga ta'sir etishiga bog'liq. O'tishlarni bir-biriga ta'sir etishi o'z navbatida, ular orasidagi masofaga bog'liq, ya'ni baza doirasining – W eniga.



Triod qalinligidagi teshiklar yo'li

Elektronlar yo'li

Tashqi zanjirdagi tok yo'nalishi

10-rasm

10-rasmda n-p-n tranzistorning tuzilmasidagi zaryad tashuvchilarni harakati va tashqi uchlardagi oqadigan toklar ko'rsatilgan.

Agar bazaning eni W bazadagi asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarni diffuziyali chopish uzunligidan L_{ph} (10-rasm) kam bo'lsa, bunda KO' orqali oqadigan tok miqdori quyidagi sabablari bilan aniqlanadi:

1) bu holatda bazaning eni kollektor doirasining enidan ancha kichik bo'lgani sababli, baza doirasida (I_{kor}) berilgan haroratda paydo bo'ladigan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning soni kollektor doirasida (I_{kop}) paydo bo'ladigan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarni soni ancha kam bo'ladi va bunda hisoblash mumkin:

$$I_{ko} \approx I_{kop};$$

2) Emitterli o'tishni pastlashgan potensial to'siq ustidan emitterdan bazaga diffuziyali o'tadigan teshiklar, bazada asosan kollektorli o'tish tomoniga diffuziyali xarakatlanishni davom etadi. Bazani eni ularni diffuziyali yugirish uzunligidan kichik bo'lgani uchun, bazani, soni bo'yicha shuncha ko'p ular kollektorli o'tishga yetib boradi. Ammo dispersiya xolatida, ya'ni tashuvchilarni tartibsiz issiqlik xarakatida bo'lgani uchun, rekombinatsiya jarayoni sababli yuzada, bazaning ichida yoki baza qalinligida teshiklarni qandaydir bir qismi KO' gacha yetib bormaydi. Buning natijasida baza zanjirida bazali tok IB hosil bo'ladi. Kollektorli o'tishga yetib boradigan emitterli tok qismini tariflovchi miqdor emitterning o'zgarmas tokini uzatuvchi koeffitsiyenti deb nomlanadi va L_o orqali belgilanadi.

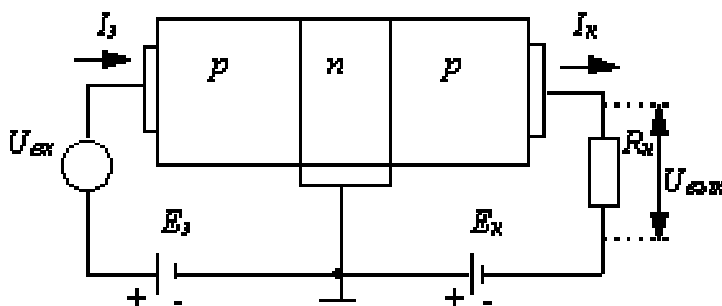
$$L_o = \frac{I_k}{I_{\partial}} | Uk = const$$

Kollektor toki bunday ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$I_k = L_o I_{\partial} + I_{ko}$$

Shunday qilib, $W \ll L_{pn}$ (n-p-n tranzistor uchun) xolati uchun, KO‘ orqali tok ikki tashkil etuvchilardan iborat emitterdan bazaga injecktirlangan teshiklar tokidan va nolli kollektor tokidan I_{ko} . Baza qalinligida T_{ko} va rekombinatsiyali tok oqadi, bazada rekombinatsiya jarayoni keskin kamayishi sababli, baza tokining rekombinatsiyali tarkibi ham kam $W \ll L_{pn}$. Shu tufayli emitter, baza va kollektorning tashqi uchlarida toklar oqadi: emitter uchida I_e , kollektor uchida $I_k = L_o I_e + I_{ko}$, baza uchida $I_b = I_e - I_k = I_e - L_o I_{\partial} - I_{ko} = I_e (1 - L_o) - I_{ko}$, bu yerda $I_e (1 - L_o)$ baza tokining rekombinatsiyali tarkibi bo‘lib, uning miqdori EO‘ berilgan to‘g‘ri kuchlanish miqdoriga bog‘liq. I_{ko} – zaryadning asosiy bo‘lmagan tashuvchilarni toki, uning miqdori berilgan kuchlanishga deyarli bog‘liq emas. Agar p-n-p tranzistor 11-rasmda ko‘rsatilganidek shemaga ulanib, elektr tebranishlarning kuchaytirgichi sifatida ishlab turgan bo‘lsa, bunda YE manbai bilan ketma-ket ulangan Ukup o‘zgaruvchan kuchlanish emitter tokini I_e , kollektor tokini I_k , va baza tokini I_b o‘zgaruvchan tashkil etuvchilarni paydo bo‘lishiga olib keladi va ular o‘zgarmas tashkil etuvchilarga qo‘shilib boradi. p-n-p tranzistor orqali oqadigan o‘zgarmas tok-

larga o'xshab, o'zgaruvchan toklar ham kuchlanish funksiyasi hisoblanadi. Agar kirish qismiga sinusoidal kuchlanish berilsa, bunda u emitterli va kollektorli o'tishlarda teshiklar zichligini sinusoidal o'zgarishiga olib keladi, ya'ni emitter, kollektor va bazaning o'zgaruvchan toklarini sinusoidal o'zgarishiga.



11-rasm.

EO' orqali oqadigan o'zgaruvchan tok elektronli va teshikli toklar yeg'indisiga teng, shu bilan birga r-p-r tranzistor uchun faqat teshikli tashkil etuvchisi kichik qarshilikka ega bo'lgan EO'ni ketma-ket o'tadi va katta qarshilikka bo'lgan KO', ya'ni elektr tebranishlarni kuchaytirish uchun sharoit tug'diradi.

Shu sababli amaliyotda tranzistorning kuchaytirish xususiyatlarini tariflash uchun emitter tokini kuchaytirish ko'effitsiyentidan foydalanishadi, yoki boshqacha aytganda, tok bo'yicha A kuchaytirish ko'effitsiyentidan, bu esa o'zgaruvchi tok bo'yicha kollektorni bazaga qisqa tutashuv rejimida umumiy kollektorli

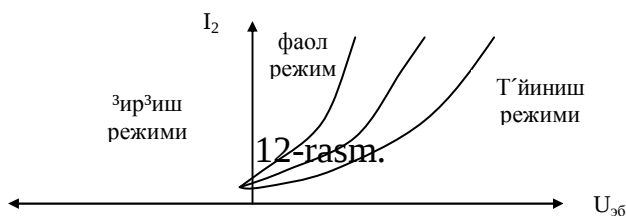
o'zgaruchan tokini umumiy o'zgaruvchan emitterli tokiga nisbati bo'ladi:

$$\alpha = \frac{I_k}{I_e} | U_k = const.$$

Tranzistorning statik tavsiflari

Statik tavsiflar bu tajriba asosida olingan tranzistor-da oqadigan toklar va $K_{yu}=O$ bo'lganda uning n-p o'tishidagi kuchlanishlar o'rtasidagi bog'lash chizmalari. Yuqorida aytilganidek, tranzistorda oqadigan o'zgarmas toklar, berilgan kuchlanishlar bilan bog'lamasi nochiziqli, ya'ni statik volt-ampere tavsiflari nochiziqli. 10-rasmdan kelib chiqadiki, kirish va chiqish toklar va kuchlanishlar tranzistorni ulash har xil shemalar uchun har xildir. Ulanish shemalarni har qaysisi statik tavsiflarni to'rt oilasmi bilan ifodalashi mumkin. Amalda umumiy baza (UB) va umumiy emitter (UE) shemalar uchun Odatda kirish va chiqish tavsiflari bilan foydalanishadi. UB shema bo'yicha ulangan tranzistorning statik tavsiflarini ko'rib chiqamiz, unga kirish zanjiri bo'lib emitter zanjiri hisoblan-sa, chiqish zanjiri esa kollektor zanjiri, ya'ni:

$$I_{chiq}=I_k; U_{chiq}=U_{kb}.$$



Kirish tavsifi quyidagi nisbat bilan yoziladi:

$$I_e = F(U_{be}) \mid U_{kb} = \text{const}$$

Bunda ular 12-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishga ega. U_{kb} bo'lganda olingan tavsif ko'rinishi yakka xol n-p o'tishni volt-amperli tavsifini to'g'ri shoxiga tegishli.

$U_{kb} = 0$ bo'lganida kirish tavsiflari koordinati boshlanishiga nisbatan chap tomonga suriladi. Buni shunday tushuntirsa bo'ladi, agar KO'ga teskari kuchlanish berilsa, bunda emitterli va kollektorli o'tishlari oralig'ida kuchlanish bo'yicha teskari bog'lama hosil bo'ladi, ya'ni KO'da teskari kuchlanishni o'zgarishi EO'da to'g'ri kuchlanishni o'zgarishiga olib keladi, va haqiqatda EO' (U_{eb}) beriladigan kuchlanishga teng emas. Bog'lash elementi ya'ni e-B zanjiri va K-B zanjiri uchun umumiy elementi bo'lib baza toki oqadigan bazaning hajmiy qarshiligi U_b xizmat qiladi. Bazaning hajmiy qarshiligi bo'yicha oqib, bazali tok kuchlanishni pasayishini yaratadi va emitterli o'tishga berilgan haqiqiy kuchlanish emitterli batareya kuchlanishidan $I_b U_b$ miqdoriga kam bo'lib qoladi, ya'ni

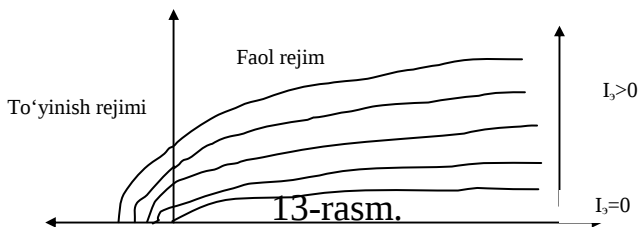
$$U_{eu} = U_{ub} - I_b U_b.$$

Agar KO'ga teskari kuchlanish berilsa, bunda u kengayadi, buning ustiga asosan baza tomoniga (chunki bazada aralashmalar konsentratsiyasi kam) va baza eni W kamayadi. W_{ni} kamayishi baza qalinligida asosiy bo'lmagan tashuvchilarni rekombinatsiya jarayonini kamaytirishga olib keladi, ya'ni baza tokining rekombinatsiyali tashkil etuvchisining kamayishi oshadi.

Shunday qilib, kollektorli o'tishni teskari kuchlanishini o'zgarishi U_{eu} o'zgarishiga olib keladi, demak emitter tokini o'zgartirishgan. Natijada, $U_{kb}=0$ bo'lmaganida chizmadan olingan tavsiflar, chap tomonga yuradi va EO' orqali tokning diffuziyali tashkil etuvchisi $U_{kb}=0$ ham bo'lganda oqadi. $I_e=0$ bo'ladi, agar EO'ga teskari kuchlanish $U_{eu}=0$ bo'lsa. Shuni ta'kidlash kerakki, teskari kollektorli kuchlanishni oshirish ta'siri faqat U_{kb} katta miqdorlari bo'lmaganida kirish tavsiflarni sezilarli siljishga olib keladi.

$I_{U_{kb}} I > 5B$ bo'lganida tavsiflar amaliy birlashadi, chunki kollektorli o'titshni kengayoishi faqat baza tokini kamaytirmasdan, balki qarshiligini oshirishga ham olib keladi. UB sxemasi bo'yicha ulangan (13-rasm) tranzistorning chiqish tavsiflarini statik yurishini ko'rib chiqamiz:

$$I_k = F(U_{kb}) | I_e = \text{const}$$



$I_e=0$ olingan tavsif ko‘rinishi yakkaxon n-p o‘tishni voltamperli tavsifini teskari shoxiga to‘g‘ri keladi. Bunday xolatda $I_k=I_{ko}$, bunda I_{ko} -nolli kollektor toki.

Agar $I>0$ bo‘lsa, bunda emitterdan bazaga injektirilgan zaryad tashuvchilar hisobiga kollektor tokining miqdori oshadi. Bunday holatda, $U_{kb}=0$ bo‘lganida ham kollektor toki oqadi. Kollektor tokini miqdorini nolgacha kamaytirish uchun, kollektorli o‘tishga to‘g‘ri kuchlanish berish kerak, bunda o‘tishni potensial to‘sig‘i pasayadi va asosiy bo‘lmagan zaryad tashuvchilarning oqimi oqadi bu oqimlar teng bo‘ladi.

Kollektorda teskari kuchlanishni oshirganda, bunda olingan tavsiflar, katta bo‘lmagan ko‘tarilishga ega bo‘ladi, ya’ni kollektorda kuchlanishni oshirganda kollektor toki ko‘payadi. Buni shunday tushuntirilsa bo‘ladi, teskari kollektorli kuchlanishni oshirgan sari, kollektorli o‘tish eni ko‘payadi (asosan baza tomoniga), baza qalinligida asosiy bo‘lmagan tashuvchilarni rekombinatsiyasi kamayadi baza tokini rekombinatsiyali tashkil etuvchisi kamayadi va kollektor toki $I_k=I_e-I_bI_e=\text{const}$ bo‘lganida birmuncha oshadi. Emitter tokining o‘zgarishini bir xil intervallarda olingan tavsiflari notekis joylashadilar: emitter tokining miqdori

qancha katta bo'lsa, tavsiflar birbiroviga yaqinroq joylashadilar. Buni shunday tushuntirsa bo'ladi, emitter tokini oshib borishi rekombinatsiyani ko'paytirishga olib keladi, demak, kollektorli tokni kamayishiga.

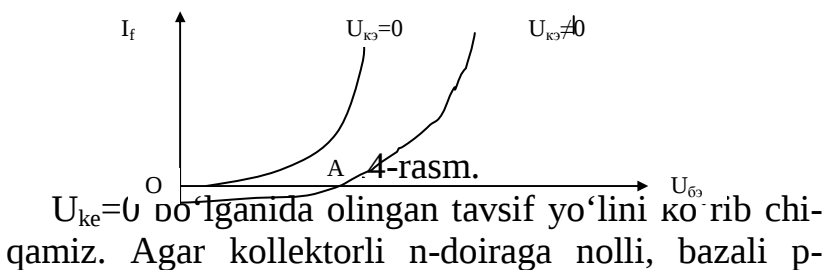
I_k katta miqdorlarda, kollektorli o'tishda zaryad tashuvchilarni ko'chikli ko'paytirish hisobiga kollektorli kuchlanish oshadi.

Tranzistor ishlashda kuchlanish kollektorli o'tishni I_k teskari boshqarmaydigan tok katta rol o'ynaydi, u esa har qanday emitter tokining miqdorida kollektor tokini bir qismi hisoblanadi.

I_{ko} asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning toki bo'lgani uchun, uning soni bevosita haroratga bog'liqligi sababli, bunda uning borligi tranzistorni ishlashini haroratga nostabilligini oldindan belgilaydi.

Umumiy emitterli (UE) sxemasi bo'yicha ulangan tranzistorning statik kirish tavsiflari yo'lini ko'rib chiqamiz: $I_b - F(U_b) | U_{ko} = \text{const.}$

Bunday holatda ularning ko'rinishi 14-rasmda ko'rsatilganidek bo'ladi.



doiraga manfiy potensial berilgan (ya'ni $|U_{ke}| < |U_{be}|$) bo'lsa, bunda kollektorli o'tish to'g'ri kuchlanishda bo'ladi va baza orqali qisqa tutashadi va u orqali tokning diffuziyali tashkil etuvchisi (zaryadning asosiy tashuvchilari) oqadi. Batareyadan to'g'ri kuchlanish berilgan emitterli o'tish orqali ham tokning diffuziyali tashkil etuvchisi oqadi, buning ustiga, UE li shema uchun berilgan $U_{ke}=0$ kollektor va emitter o'rtasida qisqa tutashuvni bildirishi sababli, emitter toki ham baza orqali qisqa tutashadi. U_{be} o'zgarganda bu toklarning har biri n-p o'tishni volt-ampferli tavsifini to'g'ri shoxini yo'liga qarab o'zgaradi. Bazali uchida emitterli va kollektorli toklar bir yo'nalishda oqishadi, ya'ni $I_b=I_e+I_k$ va $U_{ke}=0$ bo'lganda olingan kirish tavsifi, ikki paralell ulangan N-p o'tishlarni volt-ampferli tavsifni to'g'ri shoxini ifodalaydi.

Agar kirish tavsifi qandaydir teskari kollektorli kuchlanishda $|U_{ke}| < |U_{be}|$ olinadigan bo'lsa bunda kollektorli o'tishga teskari kuchlanish beriladi. Bunday holatda, kollektor toki kollektor zanjiri orqali qisqa tutashadi va baza toki qarama-qarshi yo'nalgan tashkil etuvchilarni yig'indisi bo'lib qoladi: rekombinatsiyali va I'ko tokini.

$U_{be}=0$ bo'lganda baza tokining rekombinatsiyali tashkil etuvchisi $I_e(I-L_o)=0$ va baza zanjirida faqat I_{ko} toki oqadi. Endi emitterli o'tishga to'g'ri kuchlanish $U_{ke}>0$ berilganida emitterli tok va baza tokining rekombinatsiyali tashkil etuvchisi o'lchami bo'yicha I_{ko} tokdan kam paydo bo'ladi. Baza zanjirida ayirma toki

oqadi. U_{be} ko'paytirganda (oshirganda) rekombinatsiyali tashkil etuvchisi oshadi, ayirma toki $I'_{ko}-I_e$ ($I-L_o$) kamayadi va $I_e(I-L_o)=I_{ko}$ bo'lganida baza toki nolga teng. Ube oshirgan sari baza toki o'z yo'nalishini o'zgartiradi va baza zanjirida ayirma toki oqadi va u $I_e(I-L_o)-I'_{ko}$ bo'lganida kamayadi.

Kollektorli o'tishni teskari kuchlanishi oshirganda kirish tavsiflari koordinatalar boshlanishidan o'ngga va pastga siljiydi. Tavsiflarni pastga siljishini shunday tushuntirilsa bo'ladi, kollektorli o'tishni teskari kuchlanishini oshirganda I'_{ko} miqdorlari oshib boradi, chunki baza tomoniga o'tishni kengaytirganda rekombinatsiyani kamaytiradi, natijada emitter tokini L_o uzatish koeffitsiyenti oshadi va I'_{ko} miqdorlari ko'payib boradi. Tavsiflarni o'nga siljishini shunday tushuntirsa bo'ladi, Baza tokining rekombinatsiyasi tarkibi kamayishi va $I_e(I-L_o)=I'_{ko}$ tengligi U_{be} katta miqdorlarida erishiladi.

Odatda spravochniklarda $|U_{ke}| < |U_{be}|$ bo'lganida olingan kirish tavsiflarini oilasi keltiriladi, ammo baza tokining manfiy miqdorlar hududi ko'pincha tasvirlanmaydi.

UE shemai bo'yicha ulangan transiztorning statik chiqish tavsiflarini ko'rib chiqamiz:

$$I_k = F(U_{ke}) \quad |I_b| = \text{const.}$$

$I_b=0$ bo'lganida olingan tavsifi kollektorli o'tishni volt-amperli tavsifini teskari shoxini $I_e(I-L_o)=I'_{ko}$ ochiq emitterli o'tishidagi holatida olinganini ifodalaydi.

$I \leq 0$ bo'lganida olingan tavsifi $I_b = (I_e + I_{ko})$ bo'lganidagi tavsifini nuqtalariga tegishli. Uning yo'li amalda kesish hududi chegarasini belgilaydi. Kesish hududi va faol hududi oralig'idagi hududda kollektor tokining miqdori I_{ko} dan I'_{ko} gacha o'zgaradi. $I_b > 0$ bo'lganida olingan tavsiflar koordinatalar boshlanishidan o'tmaydi, chunki $U_{ke} = 0$ bo'lganida $I_b = \text{const}$ berilgan miqdorini olish uchun, bazaga qandaydir manfiy kuchlanish U_{be} berish kerak. Bunday holatda $|U_{ke}| < |U_{be}|$, kollektorli o'tish ochiladi, Idif-Iprov ayirmasi bo'lgan uning orqali qandaydir manfiy tok oqadi. Bu tok juda kichik bo'lgani sababli UE tarxi uchun, amalda chiqish tavsiflari noldan boshlanadi deb hisoblashadi. Agar kollektorli o'tishga U_b kuchlanishga qaraganda miqdori bo'yicha kam teskari kuchlanish berilsa, bunda u ochiq bo'lib taraveradi va asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar oqimiga qarshi asosiy bo'lgan zaryad tashuvchilar oqimi harakatlaniadi (tokning diffuziyali tashkil etuvchisi) va teskari kuchlanishni U_{ke} oshirganda u kamayadi (ya'ni KO' da to'g'ri kuchlanishini pasayib ketishini kamaytirganda). Buning natijasida kollektorli o'tish ($I_{dif} - I_{prov}$) orqali tok oshadi. U_{ke} ni qandaydir miqdorida tenglik hosil bo'ladi: $|U_{ke}| = |U_{be}|$, keyinchalik U_{ke} ni oshirganda kollektorli o'tishga haqiqiy teskari kuchlanish beriladi va u orqali faqat asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilari o'tadi, uning miqdori esa asosan U_{be} ga bog'liq.

U_{ke} teskari kuchlanishni oshirganda kollektor toki-ning ko'payishini shunday tushuntirilsa bo'ladiki, kollektor o'tishni kengaytirganda bazada rekombinatsiya kamayadi, buning natijasida Baza toki kamayadi. Baza tokining kamayishi kollektor tok miqdorini oshiradi, chunki, $I_k = I_e + I_b$ teng va bundan tashqari $I_b = \text{const}$ ni ushlab turish uchun U_{be} oshirish kerak, bu esa emitter tokini oshishiga olib keladi, demak kollektor tokini ham.

Kollektorli o'tishda teskari kuchlanishni oshirilishi, borib-borib kollektor tokini keskin oshishiga – KO' buzulishiga olib keladi.

Huddi UB li shemaga o'xshab, UE li shema uchun olingan, kirish va chiqish tavsiflar oilasi asosiy hisoblanadi. Kuchlanish bo'yicha teskari bog'lamali tavsiflar va tok bo'yicha to'g'ri uzatish grafik shaklida kirish oilalari yoki chiqish tavsiflar oilalari tegishli qurilishi mumkin.

UK li shemai bo'yicha ulangan tranzistorning statik tavsiflari UE li shemaining tavsiflaridan juda kam farq qiladi, bu esa UE li sxemaining tavsiflari bo'yicha UK li sxema uchun ishchi rejimlar hisobini bajarishga imkon yaratadi.

Bundan tashqari UE li sxemai uchun olingan tavsiflar qayta hisoblash yo'li bilan barcha tok va kuchlanishlar miqdorini ancha aniqroq olishga imkon yaratadi, chunki ular I_b va U_{be} miqdorlarini aniq beradi, UB li va UK li sxemalar uchun esa bu kichik miqdorlarni katta miqdorlar ayirmasi sifatida aniqlashga

to'g'ri kelar edi, bunda katta xatoga yo'l qo'yilar edi. Shunday qilib, UE li shema uchun tavsiflar tranzistor-ni ishlashi to'g'risida ancha aniq ma'lumotlarni bera-di. bu sabablarga ko'ra UE li sxema uchun olingan tavsiflar oilasi asosiy hisoblanadi va spravochniklarda ko'proq keltiriladi.

Haroratni tranzistorning statik tavsiflariga ta'siri

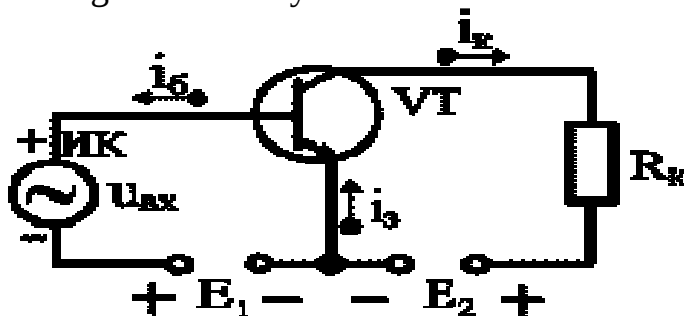
Harorat o'zgarganda, eng kuchli o'zgaradigan pa-rametri bo'lib nollari kollektorli tok I_{ko} hisoblanadi. Chunki I_{ko} tokni o'zgarishi o'z navbatida kollektor to-kinini o'zgarishiga olib keladi, bundan ko'rinib turibdi-ki, I_{ko} haroratga bog'liqligi tranzistor ishlashini umu-miy haroratli nostabilligiga olib keladi. O'ylash mum-kinki, bu haroratli nostabillik katta rol o'ynamaydi, chunki $I_{ko} \ll I_k$, ammo bunday emas. I_{ko} tok asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning toki hisoblanadi, ya'ni yarim o'tkazuvchini hususiy elektr o'tkazuvchanligi hisobiga paydo bo'ladi, bu esa haro-ratga bog'liq holda eksponent bo'yicha o'zgaradi. Ha-rorat o'zgargan sari I_{ko} eksponentali o'zgarishi tran-zistorning ishlash rejimini sezilarli o'zgartirishga olib keladi, chunki harorat keskin o'zgarmasa ham I_{ko} tez oshib ketish mumkin. I_{ko} toki tranzistorning yagona parametri bo'lib, uning miqdori haroratga eksponen-sial ravishda bog'liq. Ammo yarim o'tkazuvchilarning elektr o'tkazuvchanligi kuchli darajada haroratga bog'langanligi natijasida, shuningdek tokning uzatish

koeffitsiyenti a_0 va B_0 haroratga bog'liq bo'lish mavjudligi, ularning miqdorlari harorat oshgan sari bir-muncha oshib boradi. Statik tavsiflarni haroratga bog'langanligi UE li shemalar uchun ayniqsa kuchli namoyon bo'ladi.

4. Qo'sh qutbli tranzistorlar ulanishining asosiy sxemalari.

Tranzistorlar ulanishining uch asosiy sxemalari mavjud. Bunda tranzistorning elektrodlaridan biri kaskadga kirish va chiqish umumiy nuqtasi hisoblanadi. Esda tutish kerak, kirish (chiqish) deganida nuqtalar oralig'ida kiruvchi (chiquvchi) o'zgaruvchan kuchlanish borligi tushuniladi. Asosiy ulanish sxemalari umumiy emitterli (UE), umumiy bazali (UB) va umumiy kollektorli (UK) sxemalar deb nomlanadi.

15-rasmda umumiy emitterli (UE) sxema tasvirlangan. Bu sxema ko'p tarqalgan, chunki quvvati bo'yicha eng katta kuchayishni beradi.



15-rasm.

Tranzistorning kuchaytirish xususiyatlari uning asosiy parametrlardan birini ta'riflaydi. Bu baza to'kining uzatish statik koeffitsiyenti yoki tok bo'yicha β kuchaytirish statik koeffitsiyenti. U faqat tranzistorni o'zini tariflash kerak bo'lgani uchun, uni yuklash bo'lmagan ($R_k=0$) rejimida aniqlashadi. Soni bo'yicha u teng:

$$\beta = \frac{\Delta i_k}{\Delta i_{\phi}}, \quad U_{k-e} = \text{const bo'lganida.}$$

Bu koefitsiyent o'nlar yoki yuzlarga teng bo'ladi, ammo haqiqiy (real) koefitsiyent k_i , doim β dan kam (kichik), chunki yuklanish ulanganda kollektor toki kamayadi.

Kuchlanish bo'yicha K_k kaskadning kuchaytirish koefitsiyenti amplitudali yoki o'zgaruvchi kuchlanishni chiquvchi va kiruvchi miqdorlarining nisbatiga teng. Kiruvchi bo'lib o'zgaruvchan kuchlanish U_{b-e} , chiquvchi bo'lib esa rezistordagi o'zgaruvchan kuchlanish hisoblanadi, yoki o'shani o'zi bo'lgan kollektor-emitter kuchlanishi. Baza-emitterdagi kuchlanish voltning o'ndan bir qismidan oshmaydi, chiqishi esa birlar va manba kuchlanishi E_2 yetarli bo'lganda). Bundan kelib chiqadiki, quvvati bo'yicha kaskadning kuchaytirish koefitsiyenti yuzlar, minglar, bazan o'n minglarga teng.

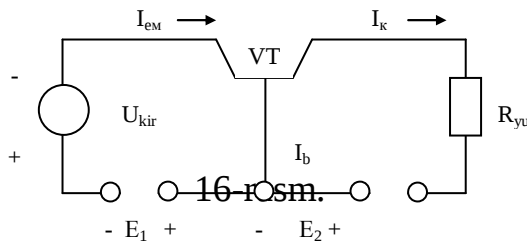
Kirish qarshiligi R_{kir} muhim tavsifi bo'lib, Om qonun bo'yicha aniqlanadi:

$$R_{kup} = \frac{U_{\ln kup}}{I_{\ln kup}} = \frac{U_{\ln \phi - \phi}}{U_{\ln \phi}} \text{ va yuz Omdan}$$

birlar kOm gacha bo'ladi. UE sxemasi bo'yicha ulanganida tranzistorning kirish qarshiligi, ko'rinib turibdiki, uncha katta bo'lmaydi, bu esa jiddiy kamchilik hisoblanadi. Yana shuni ta'kidlash muhimki, UE sxemasi bo'yicha kaskad kuchlanish fazasini 180° aylantiradi. UE sxemani avzalligiga bir manbadan uni ta'minlash qulayligi kiradi, chunki barcha va kollektor-

ga bir xil belgili kuchlanish beriladi. Kamchiliklarga yomon chastotaviy va haroratli hususiyatlari kiradi (masalan, UBli sxemaga taqqoslaganda). Chastotani oshirgan sari UElI sxemada kuchaytirish pasayadi. Buning ustiga UE sxemali kaskad kuchaytirganda angcha buzilishlarni kiritadi.

Umumiy bazali sxema 16-rasmda tasvirlangan.



Bunday ulanish sxemai katta kuchlanish bermaydi, ammo yaxshi chastotaviy va haroratli hususiyatlarga ega. UE ga qaraganda u uncha ko‘p qo‘llanilmaydi.

UB li sxemaning tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti doim birdan kam:

$$K_i = \frac{I_{km}}{I_{\text{em}}} = 1, \text{ chunki kollektor toki emitter tokidan}$$

doim biroz kam.

UBli sxema uchun statik tok uzatish koeffitsiyenti L orqali belgilanadi:

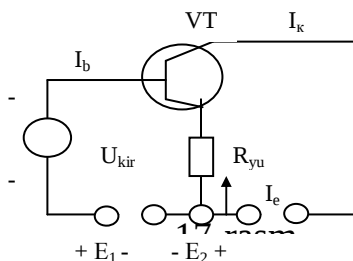
$$L = \frac{\Delta i_k}{\Delta i_e} U_{k-B} = \text{const bo‘lganida.}$$

Bu koeffitsiyent doim 1 dan kichik va u qancha 1 ga yaqin bo‘lsa, shuncha tranzistor yaxshi hisoblana-

di. Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti huddi UE sxemadagiga o'xshash bo'ladi. UB sxemasining kirish qarshiligi UE sxemadagiga qaraganda o'nlab marotaba past.

UB sxemasi uchun kirish va chiqish kuchlanishlar o'rtasidagi fazali siljish bo'lmaydi, ya'ni kuchaytirilganda kuchlanish fazasi aylanmaydi. Bundan tashqari, UB sxema kuchaytirganda UE sxemaga qaraganda ancha kam buzulishlar kiritadi.

17-rasmda umumiy krollektorli (UK) sxema ko'rsatilgan. Bunday sxema ko'pincha emitterli qaytargich deb aytiladi.



Bu sxemaning mohiyati shundaki, chiqish kuchlanish to'liqligicha kirishga qaytarilib beriladi, ya'ni manfiy teskari bog'lama juda kuchli. Tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti birga yaqinlashadi, ammo undan doim kam. Natijada quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti taxminan K_i ga teng, ya'ni bir necha o'nlariga. UK sxemada kirish va chiqish kuchla-

nishlar o'rtasidagi fazali siljish yo'q. Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti birga yaqin bo'lgani uchun, faza va amplituda bo'yicha chiqish kuchlanish kirish kuchlanish bilan to'g'ri keladi, ya'ni uni takrorlaydi. Aynan shu sababli Bunday sxema *emitterli qaytargich* deb aytiladi. Shuni uchun emitterliki, chiqish kuchlanish emitterdan umumiy simga nisbatan olinadi.

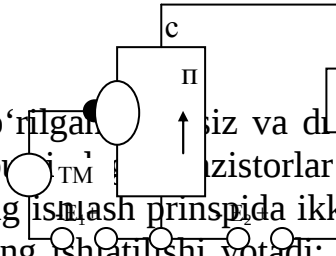
UK li sxemaning kirish qarshiligi ancha yuqori (o'nlab kOm), chiqish esa – uncha katta ejmas. Bu sxemaning muhim ustunligidir. (17-rasm).

Kichik o'zgaruvchan signalda faol rejimda ishlaydigan tranzistorlar hususiyatlarini ta'riflash usullari

Tranzistor holatining turli zanjirlarda hisobini bajarish u orqali oqadigan toklarnig berilgan kuchlanishga bog'liqligini bilish kerak. Tranzistorda oqadigan oqadigan o'zgarmas toklar berilgan kuchlanishlarga no-chiziqli funksiyalari hisoblanadi. Ammo agar o'zgarmas tarkibiga amplitudasi o'zgarmas tarkiblar miqdoriga qaraganda kichik bo'lgan o'zgaruvchan signalar qo'shilsa, o'zgaruvchan kirish kuchlanishi va o'zgaruvchan chiqish toklar orasida chiziqli bog'lama mavjud bo'ladi va tranzistorning ishi chiziqli harakterga ega bo'ladi. Shunig uchun o'zgaruvchan tokda tranzistor ishini faol chiziqli to'rt qutb ko'rinishida tasavvur qilib, uni ta'riflash mumkin. To'rt qutb husu-

siyatlari kirishda va chiqishda toklar va kuchlanishlarni bog'laydigan ikki sistema tenglamasi bilan ta'riflanadi. Ekvivalent to'rt qutb bilan tranzistorning almashtirilishi uning hususiyatlarini ta'riflash usullaridan biri. Ekvivalentli sxemalar yordamida (o'rnini bosish sxemalar) tranzistorning hususiyatlarini ta'riflash ikkinchi usul hisoblanadi. Bunday holatda tranzistor qator elektrik elementlardan iborat ekvivalent zanjirlar ko'rinishida taqdim etiladi va shunday ulanganki, jamlanib ular tranzistor ishlashini o'xshatadi va yakunida, eng umumiysi, ko'rgazmali va ko'p qo'llanadigan usul bilan tranzistor hususiyatlarini aniqlash – bu tajribalar o'tkazib statik volt-ampferli tavsiflarni olish. Tranzistor hususiyatlarini olish. Tranzistor hususiyatlarini barcha uch ko'rsatilgan usullarni ta'riflash bir biroviga ekvivalent bo'lishi kerak, ya'ni bu usullarni har qaysisi bilan tranzistorning o'rganishda bir xil natijalar olinishi lozim.

5. Maydon tranzistorlari



Avval koʻrilgan siz va di-lytli tranzistorlarga qaraganda bitta tranzistorlar uni qutbli hisoblashadi, ularning ishlash prinsipida ikki tipdagi zaryad tashuvchilarning ishlatilishi yotadi: elektronlarni va teshiklarni – va shuning uchun ularni qoʻshqutbli deb atashadi.

Uni qutbli tranzistorlarda injeksiya holati ishlatilmaydi va ularning ishlash prinsipida zaryad tashuvchilarning bir belgisi – yoki elektronlar, yoki teshiklarni ishlatish yotadi. Ular shuningdek maydonli deyiladi, chunki tokning boshqarilishi elektr maydonini oʻzgartirish yoʻli bilan bajariladi.

Oʻtishini boshqariladigan maydon tranzistorlari

Maydon tranzistorlari, boshqacha qilib aytganda uni qutbli yoki kanallarni yaratish gʻoyasini qoʻshqutbli tranzistorni yaratuvchilardan biri U.Shokli 1952 y taklif qildi. Bu tranzistorlarning asosiy ustunligi katta kirish qarshiligi (lampalarga oʻxshash va oʻndan katta) N-p oʻtishli va p tipdagi kanalli maydon tranzistorining ulanish sxemasi prinsipi 18-rasmda tasvirlangan.

18-rasm.

Yarim o'tkazuvchanligi plastinka (p-tipidagi) qarama qarshi uchlarida elektrodlanga ega uning yordamida kuchaytiruvchi kaskadning chiqish (boshqariladigan) zanjiriga ulangan. Bu zanjir E_2 manbadan ta'minalanadi va unga yuklanish Ryu ulangan. Tranzistor bo'ylab asosiy tashuvchilar toki o'tadi (elektron toki). Kirish (boshqaradigan) tranzistor zanjiri boshqa tipdagi elektr o'tkazuvchanlik hududi bo'lgan uchinchi elektrod yordamida tashkillangan (bu n-hududi). E_1 manba yagona n-p-o'tishida teskari kuchlanish yaratadi.

O'tishga to'g'ri kuchlanish berilmaydi, chunki bunda tranzistorning kirish qarshiligi juda kam bo'ladi. Kirish zanjiriga kuchaytiriladigan tebranishlarnig manbai TM ulangan.

Maydon tranzistorida fizik jarayonlarni ko'rib chiqamiz. Kirish kuchlanish o'zgarganda n-p o'tishda teskari kuchlanish o'zgaradi, buning natijasida yopuvchi qatlamining qalinligi o'zgaradi (18-rasmda bu hudud shtrixlangan chiziqlar bilan chegaralangan). Asosiy zaryad tashuvchilar oqimi o'tadigan hududning ko'ndalang kesim maydoni tegishli ravishda o'zgaradi (chiqish toki). Bu hudud kanal deb nomlanadi. Kanal-

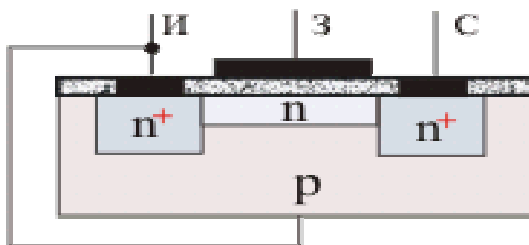
ga oqib o'tadigan asosiy zaryad tashuvchilar elektrodi istok(I) deb nomlanadi. Istok va stok lampaning katod va anodga o'xshash (yoki qo'shqutbli tranzistorning emitter va kollektoriga). Kanalning ko'ndalang kesim maydonini rostlash uchun mo'ljallangan boshqaruvchi elektrod zatvor deb nomlanadi. Zatvor lampaning to'riga o'xshash (yoki qo'shqutbli tranzistorning bazasiga), garchi ularning ishlash prinsipi ancha farqlanadi.

Agar zatvorda kuchlanish oshirilsa, bunda yopuvchi qatlam qalinlashadi va kanalning ko'ndalang kesim maydoni kamayadi. O'zgarmas tokka bo'lgan uning qarshiligi R_o oshadi va stok toki ishi kamayadi. Zatvorda ma'lum bir kuchlanishda kanalning ko'ndalang kesim maydoni nolga teng bo'ladi va stok toki juda kichik miqdorgacha kamayadi. Tranzistor yopiladi. Zatvorda kuchlanish O ga teng bo'lganida, kanalning kesimi eng katta miqdorgacha oshib boradi, qarshilik R_o eng kam miqdorigacha kamayadi, stok toki maksimal miqdorgacha oshadi. Kirish kuchlanishi yordamida chiqish toki bilan yuqori samarali boshqarish uchun, kanal yaratilgan asosiy yarim o'tkazuvchini materiali yuqorimili bo'lishi kerak, ya'ni aralashmalar konsentratsiyasi yuqori bo'lmasligi kerak. Shunda yopuvchi qatlam eng katta qalinligida bo'ladi. Bundan tashqari kanalning o'zini boshlang'ich qalinligi (kirish kuchlanishi nol bo'lganida) yetarlicha kichik bo'lishi kerak. Stokka yaqinlashgan sari kanal bo'ylab potensial oshishi sababli, bunda

stok yaqinrog'ida o'tishni teskari kuchlanishi oshadi va yopuvchi qatlam qalinligi katta bo'ladi.

Zatvori izolyatsiyalangan maydon tranzistorlari

O'tishni boshqaradigan maydon tranzistorlardan tashqari izolyatsiyalangan zatvorli tranzistorlar deb nomlanuvchilar mavjud. Boshqacha qilib aytganda MDYA tranzistorlari (metall-dielektrik-yarimo'tkazuvchi). 19-rasmda Bunday tranzistorning tuzilish prinsipi ko'rsatilgan.



19-rasm.

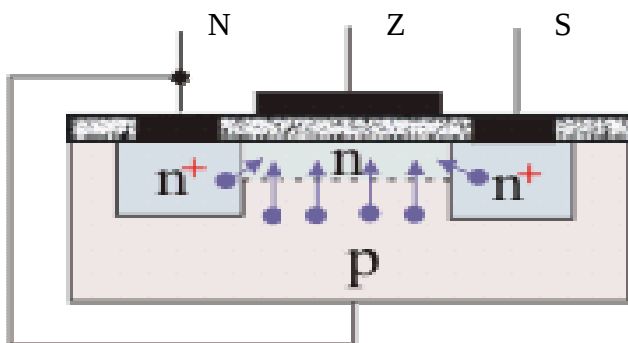
Asos bo'lib elektr o'tkazuvchanligi n-tipdagi kremniy plastinkasi xizmat qiladi. Unda yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan p-tipdagi elektr o'tkazuvchanligi ikki hududga qaratilgan. Bu hududlar istok va stok bo'lib va ulardan uchlar chiqarilgan. Stok va istok orasida elektr o'tkazuvchanligi p-tipdagi yuza ustidagi kanal bor. Shtrixlangan hudud bu kremniy dioksididan dielektrik qatlam (uning qalinligi odatda, 0,1-0,2 mkm dan iborat). Dielektrik

qatlami ustida yupqa metall plenka ko‘rinishidagi zatvor joylashgan. Bunday tranzistorning kristalli odatda istok bilan birlashgan va uning potentsiali nolki deb qabul qilinadi. Ba‘zan kristalldan alohida uch chiqarilgan bo‘ladi. Ko‘rilgan tranzistorni hususiy kanali (o‘rnatilgan) tranzistor deb nomlanadi. Ko‘ramiz, qanday u ishlar ekan.

Agar zatvorga nolli kuchlanish berilgan bo‘lsa, kuchlanish berilgandan keyin stok va istok oraliq‘ida kanal orqali tok oqadi, bu tok elektronlar oqimi hisoblanadi. Kristall orqali tok bormaydi, chunki n-p o‘tishlardan biri teskari kuchlanishda bo‘ladi. Istokka nisbatan (demak kristallga nisbatan ham) zatvorga teskari qutbli kuchlanish berilganda, kanalda ko‘ndalang elektr maydoni hosil bo‘ladi, u esa istok hududiga, stokka va kristallga kanaldan elektronlarni itarib chiqaradi. Kanal elektronlardan kamayadi, uning qarshiligi oshadi, tok kamayadi. Zatvorda qancha ko‘p kuchlanish bo‘lsa, shunchalik tok kam bo‘ladi. Bunday rejim kambag‘allashish rejimi deyiladi. Agar zatvorga musbat kuchlanish berilsa, bunda maydon ta’siri tufayli stok, istok va kristall hududlaridan kanalga elektronlar kela boshlaydi. Kanal qarshiligi tushib ketadi, tok oshib boradi. Bunday rejim boyitish rejimi deyiladi. Agar kristall p-tipda bo‘lsa, unda kanal n-tipda bo‘lishi kerak va kuchlanishni qutbi teskariga o‘zgaradi.

Maydon tranzistor indutsiyalangan (inversali) kanal bilan

Yuqoridagidan u shunday farq qiladiki, zatvor ma'lum bir qutblikda kuchlanish berilgandagina kanal paydo bo'ladi (20-rasm).



20-rasm.

Zatvorda kuchlanish bo'lmaganida kanal yo'q, p-tipdagi istok va stok oralig'ida faqat n-tipdagi kristall joylashgan va n-p-o'tishlaridan birida teskari kuchlanish paydo bo'ladi. Bu holatda stok va istok oralig'idagi qarshilik juda yuqori va tranzistor yopiq. Zatvorga musbat qutli kuchlanish berilganida, zatvorning maydoni ta'sirida o'tkazuvchanlik elektronlari zatvor yo'nalishi bo'yicha stok va istok hududidan va n-hududidan o'tishni boshlaydi. Zatvorda kuchlanish o'zining yopuvchi (bo'sag'ali) miqdoriga (birlar voltiga) yetib borganida, yuzaning tepa qatlamida elektronlar konsentratsiyasi shunday ko'payadiki, te-

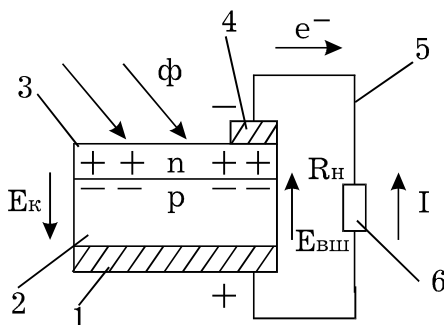
shiklar konsentratsiyasidan oshib ketadi va bu qatlamda inversiya tipidagi elektr o'tkazuvchanlik sodir bo'ladi, ya'ni yupqa p-tipdagi kanal hosil bo'ladi va tranzistor tok o'tkaza boshlaydi. Zatvorda qancha kuchlanish ko'p bo'lsa, shuncha stokda tok katta bo'ladi. Ko'rinib turibdiki, bunday tranzistor faqat boyitish rejimida ishlay oladi. Agar asosi p-tipda bo'lsa, unda n-tipdagi induksiyalangan kanalli tranzistorlar ko'pincha qayta ulash qurilmalarda (ovoz texnikasida) uchratiladi.

Maydon tranzistorlarning ulanish sxemalari qo'sh qutblarni ulanish sxemalariga o'xshash. Ta'kidlash kerakki, maydon tranzistori, qo'sh qutbliga qaraganda, ancha katta kuchaytirish koeffitsiyentini olishga imkon yaratadi.

Yuqori kirish (va kichik chiqish) qarshiliklarga ega bo'lib, maydon tranzistorlari muntazam ravishda qo'sh qutblarni siqib chiqaryapdi. Yana shuni esda tutish kerakki, maydon tranzistori statik elektrdan juda «qo'rqishadi», shuning uchun ular bilan ishlaganda statik elektrdan himoyalash bo'yicha juda qattiq talablar qo'yiladi.

6. Fotoelektrik va elektrooptik signallarni o'zgartirish asosidagi yarim o'tkazuvchi elementlari

21-rasmda fotoelementning prinsipial sxemasi keltirilgan.



21-rasm. Fotoelementning prinsipial sxemasi.

Hozirgi zamon elektron texnikasida fotoelektrik va elektrooptik signallarni o'zgartirish prinsiplariga asoslangan yarim o'tkazuvchi asboblari keng qo'llaniladi. Bu prinsiplardan birinchisi unda yorug'lik energiyasini (yorug'lik kvantlari) yutish natijasida moddalarning elektrofizik xususiyatlarini o'zgarishiga olib kelishi. Bunda moddaning o'tkazuvchanligi o'zgaradi yoki elektr yurutuvchi kuch (EYUK) paydo bo'ladi, bu esa foto sezgirlik element ulangan zanjirdagi tokning o'zgarishiga olib keladi. Ikkinchi prinsip moddada nurlanish generatsiyasi bilan bog'liq bo'lib, unga be-

rilgan kuchlanish va yorug'lik chiqaruvchi element orqali oqadigan tok bilan belgilangan. Ko'rsatilgan prinsiplar optoelektronikani ilmiy asoslarini tashkil qiladi – bu yangi ilmiy-texnik yo'nalish bo'lib, bunda ma'lumotlarni uzatish, qayta ishlash va saqlash uchun ham elektrik, ham optik vositalar va usullar ishlatiladi.

Yarim o'tkazgichlardagi barcha ko'p turli optik va fotoelektrik hodisalarni quyidagi asosiylarga keltirsa bo'ladi:

- yorug'likni yutish va foto o'tkazuvchanlik;
- n-p o'tishdagi foto samara;
- elektroluminessensiya;
- stimullangan kogerent nurlanish.

Foto o'tkazuvchanlik hodisasi deb elektromagnit nurlanish ta'sirida yarim o'tkazuvchini elektr o'tkazuvchanligini oshirish deyiladi.

Yarim o'tkazuvchiga yorug'lik berilganida valentli zonasidan o'tkazuvchanlik zonasiga elektronlarni tashlash hisobiga unda elektron – teshikli juftlarni generatsiyasi bo'lib o'tadi. Buning natijasida yarim o'tkazuvchini o'tkazuvchanligi quyidagi miqdorga ko'payadi:

$$\Delta\delta = Y_e (M_e\Delta n_i + M_t\Delta p_i), (1)$$

bunda – Y_e – elektron zaryadi; M_e -elektronlar harakatchanligi; M_t -teshiklar harakatchanligi; Δn_i -generatsiyalangan elektronlar- ning konsentratsiyasi; Δp_i -generatsiyalangan teshiklarni konsentratsiyasi. Ya-

rimo'tkazuvchida yorug'lik energiyani yutishini asosiy sababi bo'lib elektronlarni valentli zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkazishi bo'lsa, ya'ni zonalararo o'tish, unda fotonning yorug'lik kvantini energiyasi quyidagi shartga qondirishili kerak:

$$hV_{kp} \geq \Delta W, \quad (2)$$

bunda h -plank doimiyligi; ΔW -yarimo'tkazgichini taqiqlangan zonasini eni; V_{kp} -elektromagnit nurlashni kritik chastotali (foto o'tkazuvchanlikni qizil chegarasi).

$V < V_{kp}$ chastotali nurlanish foto o'tkazuvchanlikni keltirib chiqaraolamaydi, chunki bunday nurlanishni $h\nu < \Delta W$ kvant energiyasi elektronlarni valentli zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tkazish uchun yetarli emas. Agar $h\nu > \Delta W$ bo'lsa, unda ortiq bo'lgan taqiqlangan zonaning eniga nisbatan kvantlar energiyasini qismi kinetik energiya ko'rinishida elektronlarga uzatiladi.

Kritik chastota V_{kr} to'lqinning chegaralangan uzunligi to'g'ri keladi:

$$\lambda_{tr} = S / M_{kr}, \quad (3)$$

bunda s -yorug'lik tezligi ($3 \cdot 10^8$ m/s). chegaralangan katta bo'lgan to'lqin uzunliklarida foto o'tkazuvchanlik keskin pasayadi. Masalan, (binoba-

rin) germaniy uchun cheklangan to'liq uzunligi taxminan 1.8 mkm tashkil etadi.

Biroq foto o'tkazuvchanlikni pasayishi to'liq uzunligining kichik miqdorlarida ham kuzatiladi. Buni chastota ko'paygan sari energiya yutilishini tez oshib borishi va yarim o'tkazuvchiga tushayotgan elektromagnit energiyani chuqurlikka kirib borishini kamayishi bilan tushuntirsa bo'ladi. Yutilish yupqa yuza qatlamida bo'ladi va shu yerda zaryad tashuvchilarning asosiy soni hosil bo'ladi. Faqat yuzasida ortiqcha tashuvchilarning katta soni paydo bo'lishi yarim o'tkazuvchini hamma hajmida o'tkazuvchanlikka kam akslantiradi, chunki yuzali rekombinatsiyani tezligi hajmdan katta va ichiga kirib boradigan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilari rekombinatsiya tezligini yarimo'tkazuvchi hajmida ko'paytiradi.

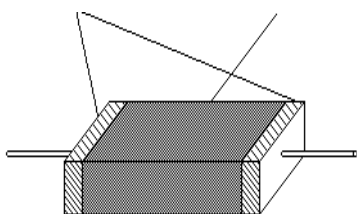
Yarim o'tkazuvchilarni foto o'tkazuvchanligi infraqizil, ko'rinadigan yoki taqiqlangan zona-ning eniga bog'lik bo'lib elektromagnit spektrning ultrabi-nafsha qismlarida uchrashi mumkin va u o'z navbatida, yarimo'tkazuvchini turiga, haroratiga, aralashmalar konsentratsiyasiga va elektr maydon kuchlanganligiga bog'liq.

Yarim o'tkazgichda bo'sh zaryad ta-shuchilarning paydo bo'lishiga olib keluvchi yuqorida ko'rilgan yorug'likni yutadigan mexanizm foto faollik deyiladi. Modomiki bunda o'tkazuvchanlik o'zgarar ekan, demak, yarim o'tkazuvchini ichki qarshiligi, ko'rsatilgan hodisa fotorezistiv effekti asosiy

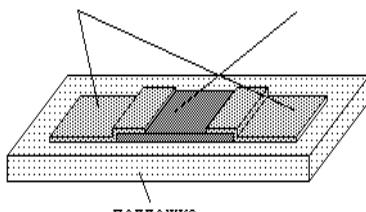
qoʻllanishi yorugʻlikka sezgirli yarim oʻtkazuvchi asboblarda – fotorezistorlarda oʻz ifodasini topadi, ular zamonaviy oʻtotoelektronika va fotoelektron avtomatikada keng qoʻllaniladi.

Fotorezistorlar.

Fotorezistorning ulanish sxemasi va konstruksiyasi. Qorongʻi va yorugʻli tok.



22-rasm mono
kristalli fotorezistor

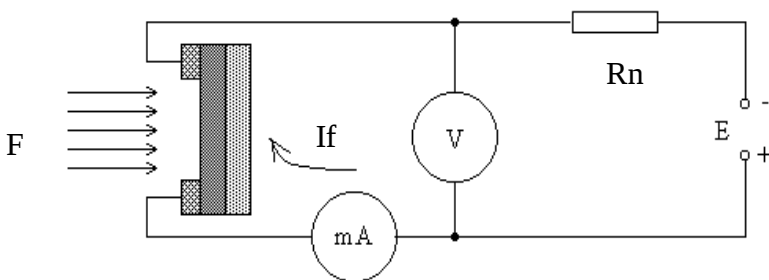


23-rasm. Plenkali
fotorezistor

Yorugʻlik taʼsirida oʻtkazuvchanligi oʻzgaradigan yarim oʻtkazgichli asboblarda fotorezistorlar deyiladi. Monokristalli va plenkali fotorezistorlar konstruksiyalari 22, 23 rasmlarda koʻrsatilgan. Fotorezistorning asosiy elementi boʻlib birinchi holatda monokristall hisoblanadi, ikkinchisida esa – yarimoʻtkazuvchi materialning yupqa plenkasi.

Agar fotorezistor kuchlanish manba bilan ketma-ket ulanib yoritilmagan boʻlsa, Bunda uning zanjirida qorongʻi toki oq boshlaydi.

$$I_k = E \backslash (RQ + R_{yu}),$$



24-rasm.

Bunda YE-ta'minlovchi manbai EYuK; RQ-qorong'ida fotorezistorning elektr qarshiligini miqdori, qorong'ilik qarshiligi deb nomlanadi; R_{yu}-yuklash qarshiligi.

Fotorezistorni yoritganda fotonlar energiyasi elektronlarni o'tkazuvchanlik zonasiga sarflanadi. Elektron teshikli juftlarni bo'sh soni oshib boradi, fotorezistorning qarshiligi kamayadi va u orqali yorug'lik toki oqa boshlaydi

$$I_{yo} = YE / (R_e + R_{yu}).$$

Yorug'lik va qorong'ilik tokini farqi (ayirmasi) I_f tokini miqdorini berib, fotokokning birlamchi o'tkazuvchanligi degan nom olgan.

$$I_f = I_{yo} - I_Q$$

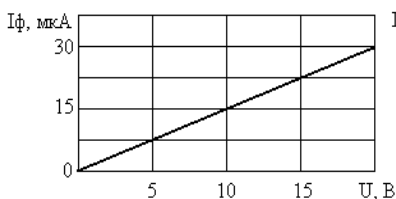
Nurli oqim kam bo'lganda, o'tkuzuvchanlikni birlamchi fototoki amalda inersiyaga ega emas va fotorezistorga tushayotgan nurli oqimni miqdoriga to'g'ri proporsional o'zgaradi, nurli oqim miqdori oshgan sa-

ri o'tkazuvchanlikni elektronlar soni ko'payib boradi. Imolddani ichida harakatlanib, elektronlar atomlar bilan to'qnashadi, ularni ionlashtiradi va zaryadlar-ning qo'shimcha oqimini yaratadi bu esa o'tkazuvchanlikni ikkilamchi fototoki degan nom olgan. Ionlashtirilgan atomlarni sonini ko'paytirishi o'tkazuvchanlik elektronlar harakatini to'xtatadi. Buning natijasida fototokni o'zgarishi yorug'lik oqimini o'zgarishiga nisbatan faqat bo'yicha kechikadi, bu esa fotorezistorning ba'zi inersiyaligini bildiradi.

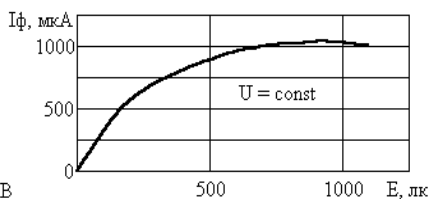
Fotorezistorlarning tavsiflari

Fotorezistorlarning asosiy tavsiflari quyidagicha:

Volt-amperli bu fototokni (o'zgarmas yorug'lik oqimi bo'lganida) yoki qorong'ulik tokning berilgan kuchlanishga bog'iqqligini ifodalaydi. Fotorezistorlar uchun bu bog'lama amalda chiziqli (25-rasm).



25-rasm



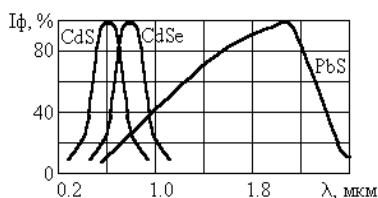
26-rasm.

Fotorezistorda faqat yuqori kuchlanishlarda ko'p holatlarda OM qonuni buzuladi.

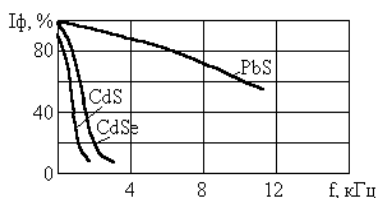
Yorug'likni (lyuks-amperli), - bu fototokni o'zgarmas spektral tarkibli tushayotgan yorug'lik

oqimiga bog'liqligini ifodalaydi. Yarim o'tkazuvchi fotorezistorlar noxiziqli lyuksamperli tavsifga ega (26-rasm). Eng katta sezgirlik kam yoritilganlikda bo'ladi. Bu fotorezistorlarni juda kichik jadallikdagi nurlanishlarni o'lchashda qo'llashga imkon yaratadi. Yoritilganlikni ko'paytirganda yorug'lik toki yoritilganlikni kvadrat ildiziga proporsional oshadi. Lyuksamperli tavsifini qiyaligi fotorezistorga berilgan kuchlanishga bog'liq.

Spektrli – bu ma'lum bir to'lqin uzunlikdagi nurlash oqimini ta'sirida fotorezistorni sezgirligini ifodalaydi. Spektral tavsifi yorug'likka sezgirli elementni tayyorlashda ishlatiladigan material bilan aniqlanadi. Oltinugurtli - qadimiylil fotorezistorlar ko'rinish hududidagi spektorda yuqori sezgirlikka ega, selenli-kadmiylilar -qizilda, oltin gugurtli-qo'rg'oshinlilar esa – infraqizilda (27-rasm).



27-rasm.



28-rasm.

Chastotaviy – bu unga yorug'lik oqimi ta'sirida ma'lum bir chastota bilan o'zgaradigan fotorezistorning sezgirligini ifodalaydi. Fotorezistorlarning inersiyaligi shunga olib keladiki, ularning fototokini miqdori ularga tushayotgan yorug'lik oqimini chastotali

modulyatsiyasiga bog‘liq - yorug‘lik oqimini chastotasi oshgan sari fototok kamayadi (28-rasm). Yuqori chastotali o‘zgaruvchan yorug‘lik oqimlari bilan ishlaganda inersiyaliligi fotorezistorlarni qo‘llash imkoniyatlarini cheklaydi.

Fotorezistorlarning parametrlari (ko‘rsatkichlari)

Fotorezistorlarning asosiy parametrlari:

Ishchi kuchlanish U_p – fotorezistorga berilgan o‘zgarmas kuchlanish bo‘lib, belgilangan ekspluatatsion sharoitlarda (odatda 1B dan 1000 V gacha) uni uzoq vaqt ishlashida nominal parametrlari ta’minlanishi.

Fotorezistorni maksimal joiz kuchlanishi U_{max} – fotorezistorga berilgan o‘zgarmas kuchlanishni maksimal miqdori bo‘lib, bunda belgilangan ekspluatatsion sharoitlarda uzoq vaqt ishlaganda nominal miqdorlardan uning parametrlari og‘ishi ko‘rsatilgan chegaralardan oshmasligi. Qorong‘ilik qarshiligi R_Q - spektral sezgirlik diapazonida unga tushadigan nurlanish bo‘lmaganidagi fotorezistorning qarshiligi (oddiy asboblarda 1000 dan 100 000 000 Om gacha o‘zgaradi).

Yorug‘lik qarshiligi R_{y0} – nurlash ta’siri boshlangandan keyin, yoritilganlik belgilangan miqdori yaratilib, ma’lum bir vaqt oraliqdan keyin o‘lchalgan fotorezistorning qarshiligi.

Qarshilikni o'zgarish karraliligi K_r – fotorezistorning qorong'ilik qarshiligini ma'lum bir darajada yoritganlik qarshiligiga nisbati (yorug'lik qarshiligiga).

Ruxsat etilgan sochilish quvvati – bu quvvat bo'lib, fotorezistorning ekspluatatsiya jarayonida parametrlarini qaytarib bo'lmaydigan o'zgarishlar hozir bo'lmaydi.

Fotorezistorning umumiy toki – bu tok bo'lib, qorong'ilik tokdan va fototokdan iboratdir.

Fototok – belgilangan spektral taqsimlanish bilan faqat nurlash oqimi ta'sirida ro'yobga kelgan undagi ko'rsatilgan kuchlanishda fotorezistor orqali oqadigan tok.

Solishtirma sezgirlik – bu fototokni fotorezistorga yorug'lik oqimi tashayotgan miqdorini unga berilgan kuchlanish ko'paytmasini nisbati, $\text{mkA}/(\text{lm}\cdot\text{V})$:

$$K_0 = I_f / (F \cdot U),$$

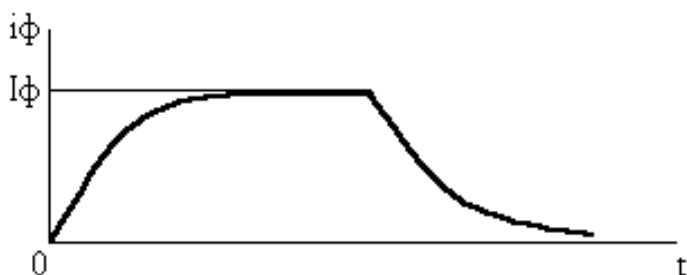
Bu yerda I_f - qorong'ilikda va ma'lum bir yoritilganlikda (200 lk) fotorezistorda oqayotgan toklar ayirmasiga teng fototok, mkA ; f – tushayotgan yorug'lik oqimi, lm ; U -fotorezistorlarga berilgan kuchlanish, V .

Integral sezgirlik – bu solishtirma sezgirlikni eng katta ishchi kuchlanishga ko'paytmasi $S_{\text{int}} = K_0 \cdot U_{\text{max}}$.

Vaqt doimiyligi L_f – bu vaqt bo'lib uning davomida fototok 63% o'zgaradi, ya'ni YE marotaba.

Vaqt doimiyligi asbobni inersiyaligini ta'riflaydi va uning chastotaviy tavsifini ko'rinishga ta'sir ko'rsatadi.

Yorug'likni yoqqanda va o'chirganda fototok maksimumgacha ko'tariladi va bir zunda minimumgacha tushmaydi (29-rasm).



29-rasm. Fototokning relaksatsiya egri chizig'i.

Vaqt bo'yicha fototokni oshib borish va kamayish egri chiziqlarini davom etishi va xarakteri belgilangan materialda nomuvozanatliklarni rekombinatsiya mexanizmiga, shuningdek yorug'lik miqdorining jadalligiga ayniqsa bog'liq. Injeksiya darajasi kichik bo'lganida vaqt bo'yicha fototokni oshib borishi va kamayishini Yarim o'tkazuvchida tashuvchilarni hayot vaqtiga teng doimiy vaqti L bilan eksponentlarni tasavvur qilish mumkin. Bunday holatda yorug'lik yoqilganida fototok vaqt bo'yicha oshib borishi va kamayishi qonun bo'yicha bo'ladi: $i\phi = I\phi (1 - Ye^{-V/g})$; $i\phi = I\phi Ye^{-t/t}$.

Bu yerda If – yoritilganda fototokning diomiy miqdori.

Vaqt bo'yicha fototokni kamayish egri chiziqlaridan nomuvozanatli tashuvchilarni hayot vaqtini aniqlash mumkin.

Fotorezistorlarni tayyorlash

Fotorezistorlarni uchun materiallar sifatida turli elementlarning sulfidlari, selenidlari va telluridlari keng ishlatiladi, shuningdek AIII Bv tipdagi birlashmalar.

Infraqizil hududida PvS, PvSe, PvTe, InSv asosidagi fotorezistorlarni ishlatish mumkin, yorug'lik ko'rinishida va ultrabinafshaga yaqinidagi xududda – CdS.

Fotorezistorlarning qo'llanishi.

Ohirgi yillarda fotorezistorlar fan va texnikaning ko'p sohalarida keng qo'llaniladi. Buni ularni yuqori darajada sezgirliги, oddiy konstruksiyada bo'lishi, kichik o'lchamlari va yo'l qo'yiladigan katta sochilish quvvatlari bo'lgani uchun tushuntirsa bo'ladi. Fotorezistorlarning optoelektronikada ishlatilishi katta qiziqish uyg'otadi.

Optik nurlashni qayd qilish

Optik nurlashni qayd qilishda uni yorug'lik energiyasini odatda elektr signaliga o'zgartirishadi, so'ng oddiy usul bilan o'lchashadi.

Bunday o'zgartirishda Odatda quyidagi fizik hodisalarni ishlatishadi:

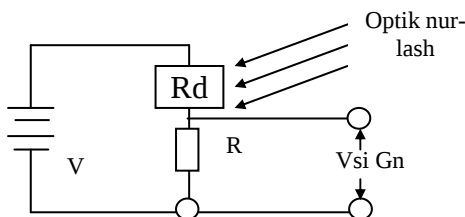
- qattiq jismli foto o'tkazuvchi detektorlarda harakatlanuvchi tashuvchilarni generatsiyasi;
- nurlashni yutganida termo EYUK ni o'zgarishiga olib keladigan termojuftlikni haroratini o'zgarishi;
- foto elektrik effekt natijasida fotosezgirli plenkalardan bo'sh elektronlarni emissiyasi.

Quyidagi qurilmalar optik detektorlarni eng muhim tiplari hisoblanadi:

- foto ko'paytirgich;
- yarimo'tkazuvchanlik fotorezistor;
- fotodiod;
- ko'kili fotodiod.

Yarim o'tkazuvchi fotodetektor

Yarimo'tkazuvchi fotodetektorni sxemasi 30-rasmda keltirilgan.



30-rasm

Yarim o'tkazuvchi kristall rezistor R bilan va o'zgarmas kuchlanish V manbai bilan ketma-ket ulangan. Qayd qilinishi kerak bo'lgan optik to'lqin, kristallga tushadi va yutiladi, Bunda o'tkazuvchanlik zonasiga elektronlarni qo'zg'atadi (yoki r-tipdagi yarim o'tkazuvchilarda – teshiklarni valentli zonaga). Bunday qo'zg'atish yarim o'tkazuvchi kristallni qarshiligini R_d kamaytirishiga olib keladi, demak qarshilikda R kuchlanishni pasayishini ko'paytirishga, u $\Delta R_d / R_d \ll 1$ bo'lganida tashayotgan oqim zichligiga proporsionaldir. Misol sifatida Eng ko'p tarqalgan yarim o'tkazuvchilardan birini, smon atomlari bilan leqirlangan – germaniyni energetik darajalarini ko'rib chiqamiz. Germaniydagi Nd atomlari 0,09эВ ionzatsiyalash energiyasi bilan akseptorlar hisoblanadi. Demak, valentli zonaning yuqori darajasidan elektronni ko'tarish uchun va N_d (akseptor) atomi uni ushlab olishi uchun eng kamida 0.09эВ energiyali foton kerak bo'ladi (ya'ni to'lqin uzunligi 14 mkm qisqaroq foton). Odatda germaniy kristalli soni ko'p bo'lmagan donorli Nd atomlarga ega bo'lib past xaroratlarda o'zining valentli elektronlarini katta sonli akseptorli Na atomlarga berish energetik tomonidan qulay. Bunda soni bo'yicha teng bo'lgan musbat ionlashgan donorli va manfiy ionlashgan akseptorli atomlar paydo bo'ladi. Akseptorlarni konsentratsiyasi $N_a \gg N_d$ bo'lgani sababli atomlar-akseptorlarni ko'pchiligi zaryadlanmagan bo'lib qoladi.

Tushayotgan foton yutiladi va elektronni valetli zonadan atom-akseptor darajasiga o'tkazadi, bu 31-rasmda ko'rsatilgan (A jarayoni).

	Belgilar
	Elektron
	Teshik. Neytral donorli atom
	(hali elektronga ega)
	Neytral akseptor musbat ion-
	lashgan
	Donorli atom
	Manfiy ionlashgan akseptor-
	li atom

31-rasm.

Bunda hosil bo'lgan teshik elektr maydoni ta'sirida harakatlanadi, Bu esa elektr tokini paydo bo'lishiga olib keladi. Elektron akseptor darajadan valentli zona-ga qaytib kelishi bilan, shu bilan teshikni yo'q qilib, (V jarayoni), tok yo'qoladi. Bu jarayon elektrom-teshikli rekombinatsiya deyiladi yoki akseptor atomi tomonidan teshikni qamrab olish. Ionizatsiyalash energiyasi bilan kam aralashmalarni tanlab, ancha past energiyali fotonlarni opish mumkin. Mavjud yarim o'tkazuvchi fotodetektorlar Odatda to'liq uzunligi to $\lambda=32$ mkm gacha bo'lganida ishlaydi.

Shunday qilib, yarim o'tkazuvchi fotodetektorlarning fotoko'paytuvchilarga taqqoslanganda asosiy us-tunligi ularni uzun to'liq nurlanishni qayd qilish qobiliyati hisoblanadi, chunki ularda harakatlanuvchi tashuvchilarni yaratilishi ancha katta bo'lgan yuza po-tensial to'sig'ini yengib o'tishi bilan bog'liq emas.

Ularning kamchiligi tok bo'yicha kuchaytirish katta bo'lmashligi hisoblanadi. Bundan tashqari, tashuvchilarni fotouyg'otishini issiqlik uyg'otish bilan niqoblanmaslik uchun, yarim o'tkazuvchi fotodetektorlarni sovutishga to'g'ri keladi.

Fotodiodlar

Bu yarim o'tkazuvchi diodlar bo'lib, ularda ichki effekt ishlatiladi (fotoeffekt nurlanish ta'sirida juft zaryad tashuvchilarning generatsiyasidan iborat). Yorug'lik oqimi fotodiodning teskari tokini boshqaradi. Fotodiodga yorug'lik ta'sirida fotoeffekt sodir bo'ladi va diodning o'tkazuvchanligi oshadi, teskari tok ko'payadi. Bunday rejim fotodiodli deyiladi. Agar yorug'lik oqimi bo'lmasa, bunda diod orqali oddiy boshlanuvchi teskari tok oqadi va u qorong'ilik toki deyiladi.

Odatda fotodiod sifatida N-p-o'tishli yarim o'tkazuvchi diodlar ishlatiladi, u tashqi ta'minlash manbai bilan teskari yo'nalishda siljigan.

N-p-o'tishida kvantlar yorug'likni yutganida yoki unga yaqin hududlarda yangi zaryad tashuvchilari hosil bo'ladi. Diffuzion uzunligidan oshmagan masofada n-p-o'tishni atrofidagi hududlarda paydo bo'lgan asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilari N-p-o'tishga diffundirlanadi va elektr maydoni ta'sirida u orqali o'tadi. Ya'ni teskari tok yuritilganda oshadi. N-p-o'tishida be-

vosita kvantlarni yutilishi o'xshash natijalarga olib keladi. Teskari tokni oshgan miqdori fototok deyiladi.

Fotodiodning hususiyatlari quyidagi tavsiflar bilan aniqlanadi:

a) fotodiodning volt-amper tavsifi – Bu o'zgarmas yorug'lik oqimidagi yorug'lik toki- ning va qorong'ilik Iq kuchlanishga bog'liqligi.

b) fotodiodning yorug'lik tavsifi, ya'ni fototok yoritilganlikka bog'liq bo'lib, fototokning yoritilganlikka to'g'ri proporsionaldir. Bu fotodiodning Baza qalinligi asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning diffuzion uzunligidan ancha kichikligidir. Ya'ni bazada paydo bo'lgan amaldagi barcha asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilari fototokni hosil qilishida qatnashadi.

g) fotodiodning spektral tavsifi – bu fototokni fotodiodga tushayotgan yorug'likni to'lqin uzunligiga bog'liqligi. U ta'qiqlangan zonaning eni bilan to'lqinni katta uzunligi tomonidan aniqlanadi, kichik to'lqin uzunligida – yutishni katta ko'rsatkich va zaryad tashuvchilarning yuza rekombinatsiyasi ta'siri ko'payishini yorug'lik kvantlarini to'lqin uzunligini kamayishi bilan. Ya'ni sezgirlikni qisqa to'lqinli chegarasi baza qalinligi va yuza rekombinatsiya tezligiga bog'liq. Fotodiodning spektral tavsifida maksimumni joylanishi yutish koeffitsiyentining oshish darajasiga qattiq bog'liq:

d) vaqt doimiyligi – bu yoritilgandan keyin fotodiodning fototoki vaqt davomida o'zgarishi yoki bar-

qarorlashgan miqdoriga nisbatan fotodiodning Ye marotaba (63%) qorong'ilashi;

e) qorong'ili qarshilik – yoritilganlik bo'lmaganda fotodiodning qarshiligi;

j) integral sezgirligi

$$K = I_f/F$$

Bu yerda I_f – fototok, F -yoritganlik;

3) inersiyalik.

Inersiyalikka ta'sir kusatuvchi uch fizik omillar mavjud:

1) baza orqali nomuvozanatli tashuvchilarnig diffuziya yoki drey vaqti L ;

2) n-p o'tishidan uchib o'tish vaqti L_1 ;

3) n-p o'tishini to'siqlik sig'imini qayta zaryadlash vaqti, doimiylik vaqt RC tus bilan ta'riflanadi.

Baza orqali zaryad tashuvchilarning diffuziyasi vaqtini aniqlash mumkin (tranzistorning bazasi orqali zaryad tashuvchilarning uchib o'tish vaqtiga o'xshash) dreyfsiz uchun:

$$t_{yy} = \frac{\varpi^2}{2D_p}$$

va dreyfli uchun:

$$t_{yy} = \frac{\varpi^2}{D_p \ln \frac{N(0)}{N(10)}} \left[1 - \frac{1}{\ln \frac{N(1)}{N(10)}} \left(1 - \frac{N\varpi}{N(0)} \right) \right],$$

$$T_g = 50 \text{ ns}$$

N-p-o'tish orqali uchib o'tish vaqti:

$$T_1 = \frac{\delta}{V_{\max}}$$

bu yerda δ - n-p-o'tishni qalinligi, $V_{\max}$ – zaryad tashuvchilarning dreyfini maksimal tezligi ($V_{\max}$ – kremniy va germaniy uchun $5+10^6$ cm/s teng) teskari kuchlanish va bazadagi aralashmalar konsentratsiyasiga bog'liq n-p o'tishni qalinligi odatda 5 mkm kam, demak $T_1=0,1$ ns. Tashqari zanjirda yuklanishni kichik qarshiligida fotodiodning baza qarshiligiga va kuchlanishga bog'iq holda n-p-o'tishni to'siqli sig'imi – $RSto's$ aniqlanadi. $RSto's$ miqdori bir nechta nanosekund.

Fototranzistorlar

Qo'shqutbli fototranzistorlar tashqi ko'rinishidan oddiydan farqi shundaki, uning korpusida «darcha» ochilgan, u orqali yorug'lik oqimi baza hududiga ta'sir ko'rsatadi. Fototranzistorlar fotodiodlarga qaraganda katta integral sezgirlikka ega.

Baza hududiga yorug'lik nuri ta'sir qilganida unda elektron va teshiklarni generatsiyasi boshlanadi va ular kollektorli o'tish tomoniga harakatlanadilar va bo'linadilar. Teshiklar kollektorli o'tish maydoni ta'sirida bazadan kollektorga yurishadi va uni tokini oshirishadi, elektronlar bazada qalinlashadi va emitterli o'tishni to'g'ri kuchlanishini oshiradi, bu sababli bu o'tishda teshiklar injeksiyasi kuchayadi. Buning hisobiga qo'shimcha kollektorli tok oshadi.

Maydon fototranzistorlari

P-tipdagi kanali bo'lgan fototranzistorda p-kanalini nurlaganda unda va uni atrofidagi n-hududida (zatvor) elektron va teshiklarni generatsiyasi sodir bo'ladi. P-kanali va n-hududi orasidagi o'tish teskari kuchlanishda joylashadi va shuning uchun Bu o'tishning maydoni ta'sirida zaryad tashuvchilarning bo'linishi sodir bo'ladi. P-kanalida elektronlar konsentratsiyasi ko'payadi, uni qarshiligi kamayadi va N-hududida teshiklar konsentratsiyasi ko'payadi. Kanal toki (stok toki) oshidi.

Yorug'lik diodlar

Ularni yana injeksion yorug'lik diodlari deyiladi, yorug'lik diodlarda iayda bo'lgan yorug'lik injeksion elektrolominestensiya xodisaga tegishli.

Yarim o'tkazuvchi diodda to'g'ri ko'chlanishda emitter xudiddan baza hududiga zaryad tashuvchilarning injeksiyasi sodir bo'ladi. Masalan, agar p-hududiga N-hududidagi teshiklarga qaraganda elektronlar qop bo'lsa, Bunda p-hududidan N-hududiga elektronlar harakatlanadi. Bu elektronlar bazadagi asosiy zaryad tashuvchilari bilan rekombinatsiyalanadi. Rekombinatsiyalangan elektronlar o'tkazuvchanlik zonasining anacha yuqori energetik darajalaridan, unga yaqin bo'lgan chegaralarida, valentli zonaning yuqori chegaralariga

yaqin joylashgan ancha past darajalarga o'tishadi. Bunda foton ajralib chiqadi, uning energiyasi таъʼланган zonaning taxminan eniga teng (elektron-voltlarda). Oddiy qilib aytganda, Bunda elektronlar va teshiklarni rekombinatsiyalanganda energiya ajralib chiqadi, u esa amalda to'liq fotonlarni hosil bo'lishiga sarflanadi. Foton – bu yorug'lik zarrachasi. Ajralib chiqadigan foton energiyasi to'liq uzunligiga proporsionaldir: $h\nu = hc/\lambda \approx \Delta W \approx 1,23\lambda$.

Demak, $\lambda = 0,38\text{--}0,78$ mkm li yorug'likni ko'rinish diapazonini olish uchun ΔW 1,7эВга teng bo'lishi kerak. Yorug'lik diodlar uchun kremniy va germaniy yaroqsiz. Asosan galliy fofidi GaP va kremniy karbidi SiC ishlatiladi.

Yoritish rangi o'zgaruvchan yorug'lik diodlar mavjud. Ular ikki o'tishga ega, ulardan v birinchisi spektrning qizild qismida. Rangi o'tishlar orqali oqadigan toklar nisbatiga bog'liq. Yorug'lik diodlar – bu ancha murakkab asboblarning asosi: chimziqli yorug'lik diodli shkalalar, son-xarfli indikatorlar, smartitsali indikatorlar va h.k.

7. Analogli integral sxemalar.

E turdagi mikrosxemalarning hususiyatlari

Integral sxema (IT) yoki mikrosxema - ma'lum bir o'zgartirishni bajaradigan va signallarni qayta ishlaydigan va elektr birlashgan elementlarni, komponentlarni va kristallarni yuqori zichlikda joylashtirilgan mikroelektronli mahsulot.

Integral mikrosxema (IMT) – ma'lum bir o'zgartirish funksiyasini bajaradigan va elektro radio elementlarni (ERE) o'zaro elektr bog'langan majmui-ni qamrab olgan, yagona texnologik siklda tayyorlangan elektron texnikani konstruksiyasi bo'yicha bir yaxlit tamomlangan mahsulot.

IMT lar yarimo'tkazgichli va plenkalilarga bo'linadi:

- yarimo'tkazgichli IMT – bu mikrosxema bo'lib, barcha elementlar va elementlararo ulanishlar hajmida va yarim o'tkazgichni yuzasida bajarilgan;

- plenkali IMT – bu mikrosxema bo'lib, barcha elementlar va elementlararo ulanishlar plyonka ko'rinishida bajarilgan;

- gibrid IMT plenkali elementlardan tashqari komponentlarga ham ega. Plenkalarni qalinligi va ularni olish usuliga bog'liq holda plyonkali va gibridli mikrosxemalarni yupqa va qalinplyonkalarga bo'lishadi:

- yupqa plyonkali IMT – bu 1 mkm gacha plyonka qalinligi bo'lgan integral mikrosxema, uni elementlari

asosan vakumli changyutgich va cho'ktirish usullari bilan tayyorlanadi.

- qalin plenkali IMT – Bu 10-70 mkm plyonka qalinligidagi integral mikrosxema, uni elementlari faren-tli bosma (setkografiya) usullari bilan tayyorlanadi.

IMT elementlari katta bo'lmagan maydonda bir bi-roviga zich joylashtiriladi va bir vaqtda shakllantiradi. Bu ular parametrlarini kam texnologik tarqalishiga sharoit tug'diradi. IMT ni loyihalashtirilganda minimal sonli passiv elementlardan iborat sxemali qarorni qabul qilishga intilish kerak, chunki rezistor va kondensatorlar IMT platasini ko'p maydonini egallaydi. Buning ustiga yetarli aniqlik nominallarda bu elementlarni yaratish texnologik imkoniyatlari cheklangan.

Tagliklar

GIS da tagliklar dielektrikli va mexanikli asos bo'lib aktiv va passiv elementlarni, shuningdek plyonkali va osma elementlarni joylashtirish uchun xizmat qiladi. GIS ni ayrim elementlarini taglik izolyatsiyalaydi va konstruksiyasi issiqlikni olish elementi hisoblanadi. Shuning uchun taglik sillik va yassi yuzaga, yuqori hajmli qarshilikka, surtilgan plyonkalarga kimyoviy inertlikka yuqori elektrik va mexanik ishiqlikka, yuqori ishchi haroratga va arzon narxga ega bo'lishi kerak.

Tagliklarni tashqi o'lchamlari standartlashtirilgan: o'lchamlari asosan 48X60 mm, qalinligi 0,5-0,6 mm bo'lib sitall va polikordon tayyorlanadi.

Yupqa plyonkali GIS platalari arzon, yuqori mexanik pishqlikka ega, issiqlikka chidamlilikni o'tkazuvchanlik, issiqlikka chidamlilik va kim- yoviy bardoshlikka ega bo'lishi kerak.

Sopolni yuqori mexanik mustahkamligi teshiklar, pazalar (ariqchalar) bilan korpusni betali sifatida plataning ishlatishga imkon yaratadi, yuqori issiqlik o'tkazishi esa baquvvat mikro-sxemalarni tayyorlashga imkon beradi.

Eng yuqori issiqlik o'tkazuvchanlikka berilliy sopoli ega, ammo berilliy achimasi yuqori zaxarliligi uchun keng ishlab chiqarishda ishlatilmaydi. «Polikor» va «sital» turdagi sopolni ko'p qatlamli yupqa plyonkali IMT yaratishda ishlatishadi.

Mikroxsxemani passiv qismi aniq tayyorlanishida plataning yassiligi va g'adir-budirligiga asosan bog'liq. Yuzaning maksimal egriligi (mikronotekislik) har 1 mm ga 4 mkm dan oshmasligi kerak. Plata ishchi yuzasining g'adir-budirligi 8-sinfdan kam bo'lmasligi kerak (notekislikni balandligi 0,32-0,63 mkm). Plata yuzasining ishlov berish tozaligi yuqori bo'lishi kerak, chunki kaolin plenkalarni g'adir-budir yuzaga yopishishi yaxshiroq, mikronotekisliklarni ta'siri esa 10-70 mkm qalinidagi plenklar hususiyatlariga kam ta'sir ko'rsatadi. Plata o'lchamlari korpusining muayyan konstruksiyasi bilan ainqlanadi. Plata

qalinligi 0,6-1,0 mm. 1206 (153. 15-1) metallshishali korpusni tanlangani hisobga olingan holda va tonologik hisob kitoblarga ko'ra plataning o'lchamlari 16,0x15,0 tashkil etadi.

Plenkali elementlar – rezistorlar va kondensatorlar

Yupqa plenkali rezistorlar – eng ko'p tarqalgan IMT elementlari hisoblanib, turli materiallardan tayyorlanishi mumkin: metallar va ular qorishmlaridan, metallar aralashmasi va yarim o'tkazgichlardan, metallar aralashmasi va dielektrik materiallardan. Plenkani kvadrat qarshiligi 200 dan 600 Om/s gacha va sochiolish quvvatini taxminan 10 mVt/mm^2 ta ega bo'lgan ko'pincha xrom GOST 5905-67 bo'yicha ishlatiladi. Bunda u vaqt bo'yicha yetarli stabillashgan. Yupqa plenkali rezistorlarni himoyalangan dielektrikni zinapoyalari bo'lmagan silliq yuzada joylashtiriladi. Rezistiv materiallarning asosiy parametrlari – bu rezistiv plenkani kvadratini solishtirma qarshiligi, qarshilikni haroratli koeffitsiyenti va yo'l qo'yiladigan sochilish quvvati.

Kondensatorlar qoplamlari uchun eng yaxshi material bo'lib alyuminiy hisoblanadi, ammo u taglikka yomon yopishadi. Kondensatorlar qoplamalari yuqori o'tkazuvchanlikka ega bo'lishi kerak, korroziyaga chidamlik, taglik materiali va kondensatorning dielektriki bilan texnologik sig'ishishiga ega bo'lishi kerak: TKLR, TKLR ga yaqin tagliklarga va dielek-

trikka, taglikka va dielektrikka yaxshi yopishishi, yuqori mexanik mustahkamligi.

Dielektrik materialni taglikka va qoplama materialiga yaxshi jipslashishi kerak, yuqori elektrik mustahkamlikka va kam yo'qolishiga, ega bo'lishi, plenkani shakllantirish jarayonida parchalanib ketmaslik. Plenkali kondensatorlarni tayrlashda kremniy monoachishmasi yoki germaniy monoachishmasini, eng texnologik bo'lgani uchun, qo'llash tavsiya etiladi. GIS ni yaratishda solishtirma yuza qarshiligi $P_s(N_0)$ har bir kvadratga 10 dan 10 ming Om gacha bo'lgan rezistiv plyonkalar kerak bo'ladi. Plyonka qarshiligi qancha kichik bo'lsa, P_s shuncha yuqori bo'ladi.

O'tkazgichlar (simlar) va kontakt maydonchalari

O'tkazgichlar (simlar). IMT elementlari qalinligi 0,8 mkm gacha alyuminiyli tarqatish yordamida elektrik o'zaro ulangan.

Kontakt maydonchalari. Kontakt maydonchalari (KM) yarimo'tkazuvchi kristallning odatda atrofida joylashtirilib, oltin yoki alyuminiy simlarini uchlari yordamida (termokompressiya usuli bilan) yarimo'tkazuvchi sxemani yaratish uchun xizmat qiladi. Tarqatishni yaratganidek (odatda alyuminiy) KM uchun o'sha material ishlatiladi.

O'tkazgichlar va kontak maydonchalari kichik solishtirma qarshilikka taglikka yaxshi birikishga, yuqori korroziyalikka chidamlikka ega bo'lishi kerak.

O'tkazgich va kontak maydonchalarni tayyorlashda elektro'tkazuvchanlik miqdori bo'yicha bir-birovidan farqlanadigan va taglik bilan yopishishni mustahkamligi bo'yicha turli metallar ishlatilishi mumkin. Boshida (avval) taglikka yaxshi adgeziya (birikishga) ega (nixrom yoki titian) material plyonkasi yopishtiriladi. Keyin – yuqori solishtirma o'tkazuvchanlikka ega material (alyuminiy, mis va boshq.), undan keyin – payvandlash uchun yoki simli yopishtirish yoki boshqa uchlarini, shuningdek tashqari ta'sirlardan sim yurituvchi yo'llarni himoyalashni sharoitlarni ta'minlaydigan materialdan plyonka.

Yuqori elektro'tkazuvchanlikka ega bo'lgan metallar, odatda taglik bilan qoniqarsiz mustahkam yopishqoqlikka ega. Faqat alyuminiy qatlam ostisiz o'tkazuvchanlik va kontak maydonlari uchun material sifatida ishlatiladi. Boshqa metallarni taglikka o'tkazuvchilarni adiziyani oshirish uchun qatlam osti bilan qo'shiladi.

Osma elementlarni tanlash

GIS da osma elementlarni ishlatish platada joyni iqtisod qilish fikrlar bilan aniqlanadi yoki plyonkali elementlarni talab qilingan aniq tavsiflarni ta'minlash bilan bog'liq. Bizning holatda GIS ni osma elementlari sifatida korpussiz tranzistorlarni ishlatamiz. Gibridli plyonkali mikroshemalarda osma elementlar sifatida

mitti yarimo'tkazuvchi asboblarni keng qo'llashadi: tranzistorlar, diodlar va h.k.

GIS ning bu komponentlarga qo'yiladigan muhim talablar – kichik o'lchamlari va og'irligi (vazni).

Egiluvchan uchli asboblarning kamchiligi – GIS korpusida ularni yig'ish jarayonini avtomatizatsiyalash qiyinligi. Uchlari zaldirli asboblarni qo'llash yig'ish jarayonini nazorat qilishni qiyinlashtiradi. Uchlari to'sinli (balkali) bo'lgan asboblarning qimmat, ammo yig'ishni avtomatizatsiyalash va o'rnatish zichligini oshirishga imkon tug'diradi.

Yaratish texnologiyasi

Fotolitografiya yordamida yupqa plyonkali gibridli IMT tayyorlashni asosiy bosqichlarini ko'rib chiqamiz.

Birinchi navbatda plataga rezistiv materialdan yaxlit plyonka changlatiladi, uning ustidan esa tok o'tkazuvchi materialdan yaxlit plyonka yopiladi. So'ng fotorezist suriladi, unga fotoshablon orqali yorug'lik tushiriladi, rasmi chiqariladi va nusxalantiriladi. Topologik chizmaga asoslanib platani yuzasi bo'sh qolgan uchastkalardan fotorezistordagi darcha orqali zaharlovchi modda bilan o'tkazuvchi va rezistiv plyonka olib tashlanadi.

Keyin ikkinchi fotolitografiya o'tkaziladi, uning natijasida rezistiv plyonka yuzasidan selektivli –

zaxarlovchi bilan rezistorlar bo'ladigan joylardan o'tkazuvchi plyonka olib tashlanadi.

Plataga tok o'tkazuvchi plyonkalarni adgezatsiyasini yaxshilashda rezistiv plyonkalar qatlam osti rolini o'ynaydi.

Plyonkali kondensatorning dielektriklari va yuqori qobug'ining o'tkazuvchi plyonkasi maskalar orqali changlatiladi. Buni ishonchli selektiv zaxarlovchilar yo'qligidan tushuntirsa bo'ladi, ular bo'lganida pastga joylashgan o'tkazuvchilarni buzmasdan faqat dielektrik plenkalarga ta'sir ko'rsatilar edi. Osmo komponentlarni yig'ish ularni turli yelimlar, saqichlar, komponentlar yordamida plataga mahkamlashdan iborat va keyinchalik plataning kontaktli maydonchalari bilan ular uchlarini ulanishini yaratishdir. Komponentlarni mahkamlash uchun TKL1, VK-9 va b. yelimlar ishlatiladi. Elektr ulanishlar va komponentlar egiluvchan uchlarini mustahkam mahkamlash elektr kontaktli payvandlash yoo'li bilan bajariladi.

Mikroshemalarni belgilash

Barcha mikroshemalarni belgilash harf bilan boshlanadi yoki u siz. Agar K harfi bo'lsa, unda mikroshema umumiy vazifalarni bajaradi demakdir, agar KA bo'lsa, bunda IT planar texnologiyasi bo'yicha tayyorlangan. Agar hech qanday harf bo'lmasa, bunda bu mahsulot ancha yaxshilangan parametrlarga ega. Shuningdek ularni oddiy ossillograflarda, generator-

larda, chastota o'lcagichlarda va h.k. uchratish mumkin. Shuni aytish lozimki, barcha yarim o'tkazuvchi asboblarda shunga o'xshash prinsip bo'yicha belgilanadi. Faqat ularda harf o'rniga sonlar: 1-germaniy, 2-kremniy, 3-galliy birlashmalari.

Mikroshemalarni belgilash quyidagilarga olib keladi:

Birinchi element

IT ni konstruktiv-texnologik guruhini belgilaydi:

- 1, 5, 7 – yarimo'tkazuvchi IT (7raqam qobuqsiz IT tegitshli);

- 2, 4, 6, 8 – gibridli IT;

- 3 – boshqalar.

Ikkinchi element

Ishlab chiqarish tartib raqaimni belgilaydi. 2-3 raqamga ega bo'lishi mumkin.

Uchinchi element

IT funksional vazafalari, ya'ni guruhga va turi. Adashib ketmaslik uchun, barcha IT belgilarini ikki sinfga bo'lamiz – analogli va raqamli. Analoglilardan boshlaymiz (1-jadval).

1-jadval

Guruhga		TUR		Turnomin allarini belgilanishi
Nomi	Belgisi	nomi	Belgisi	
Generatorlar	G	Garmonik signallar	S	GS

		To'g'ri bur- chakli signallar	G	GG
		Signallarning maxsus shakli	F	GF
		Shovqin	M	GM
		Boshq.	P	GF
Detek- torlar	D	Amplitudali	A	DA
		Chastotali	S	DS
		Fazali	F	DF
		Impulsli	I	DI
		Boshq.	P	DP
Kommu- ta-torlar va kalitlar	K	Tok	T	Kt
		Kuchlanish	N	KN
		Boshq	P	KP
Ko'p funk- siyali she- malar	X	Analogli	A	Xa
		Raqamli	L	XL
		Kombinatsiya	K	XK
		Boshq.	P	XP
Modul ya- torlar	M	Amplitudali	A	MA
		Chastotali	S	MS
		Fazali	F	MF
		Impulsli	I	MI
		Boshq.	P	MP
Eleme- n-tlar to'pla	N	Diodlar	D	ND
		Tranzistorlar	T	NT
		Rezistorlar	R	NR

mi		Kondensatorla n	YE	NE
		Kombenatsiyal i	K	NK
		Boshq.	P	NP
O'zga r- tirgich lar	P	Chastotani	S	PS
		Fazani	F	PF
		Davom etishini	D	PD
		Kuchlanish	N	PN
		Quvvat	M	PM
		Daraja (kelishtrish)	U	PU
		Kod-analog	A	PA
		Analog-kod	V	PV
		Kod-kod	R	PR
		Boshq.	P	PP
Ikkila mchi tok manba larnin g she- she- malari	YE	To'g'rilovchila r	V	YEV
		O'zgartiruvchil ar	M	YEM
		Kuchlanish stabilizatorlari	N	YEN
		Tok stabilizatolari	T	YET
		Boshq.	P	YEP
Ushla b	B	Passiv	M	BM
		Aktiv	R	BR

qoluvchi shemalar		Boshq.	P	BP
Seleksiya va taqtaq-qoslash shemalari	S	Amplitudali (sig-nal darajalari)	A	SA
		Vaqtinchaliklar	V	SV
		Chastotaviy	S	SS
		Fazoviy	F	SF
		Boshq.	P	SP
Kuchaytirgichlar	U	Yuqori chastota	V	UV
		Oraliq chastota	P	UP
		Past chastota	N	UN
		Impulsli signalar	I	UI
		Qaytargichlar	YE	UYE
		O'qish va qayta tiklash	L	UL
		Indikatsiyalar	M	UM
		O'zgarmas tok	T	UT
		Operatsionli va differensiyali	D	UD
		Boshq.	P	UP
Filtrlar	F	Yuqori chastotalar	V	FV
		Past chastotalar	N	FN

		Polosalilar	YE	FE
		Rejektorlilar	R	FR
		Boshq.	P	FP

2-jadval

Guruhga		TYP		Tiponomina
Nomi	Belgisi	Nomi	Belgisi	l belgisi
Mantiq elementlari	L	«I» shemasi	I	LI
		«ILI» shemasi	L	LL
		«NE» shemasi	N	LN
		«И-NE» shemasi	A	LA
		«ILI-NE» sxemasi	YE	LE
		Qayta ulash elementlari	R	LR
		Boshq.	P	LP
Triggerlar	T	JK-triggerlar		
		D-triggerlar		
		RS-triggerlar		
		SHMIDT triggerlari		
Kombinatsion mantiqiy shemalar	K	Multipleksorlar va demultipleksorlar	P	KP
	I	Shifradorlar	V	IV
		Deshifradorlar	D	ID
		Schetchiklar	YE	IYE
		Registorlar	R	IR

Eslab qoluvchi qurilmalar	P	Summatorlar	M	IM
		Boshq.	P	IP
		OZU	U	RU
		Maskali (niqobli) PZU	YE	RE (PR kam boʻlishi mumkin
		PPZU	T	RT
		Elektr signal bilan oʻchiruvchi qayta dasturlaydigan PZU	P	RR
		RPZU oʻchirish bilan UF nurlanish bilan	F	RF
Oʻzgartirgichlar	P	Raqam-analogli	A	PA
		Analog-raqamli	V	PV
		Boshq.	P	PP

Raqamli sxemalar: Oltinchi element

Bor yoki yoʻq boʻlishi mumkin. Tehnologik tiplarni (turlarni) parametrik guruhlariga boʻlinishini bildiradi. Odatda Bu – harf.

8. Opoelektron mikrosxemalar

Optoelektron mikrosxemalar optoelektron texnika mahsulotlarining eng keng qo'llaniladigan, rivojlanayotgan, kelajagi porloq sinflarini o'zida namoyon qiladi. Bu to'liq elektr va konstruktiv optoelektron mikrosxemalarni an'anaviy mikrosxemalar bilan sig'ishishi, shuningdek oddiy optronlar bilan taqqoslaganda, ularni ancha keng funksional imkoniyatlari bilan shartlangan.

Optoelektron mikrosxemalar – asboblardan bo'lib, ularda nurlash manbai va nurlarni qabul qiluvchi (priyomnik tarqatuvchi va qabul qiluvchi fotopriyomnik) ular o'rtasida yoki bu turdagi optik va elektr aloqa bo'lib, bir bironi bilan konstruktiv bog'langan (2-jadval).

Har qanday asboblarning turini ishlash prinsipi quyidagiga asoslangan. Nur tarqatuvchida elektr signal energiyasi yorug'likka o'zgartiriladi, fotopriyomnikda, «teskarisi – yorug'lik signal elektr sadosini chaqiradi.

Optron texnika mahsulotlari orasida sxema tuzilishini murakkablik darajasi bo'yicha ikki guruh asboblarga ajratiladi.

Optojuftlik (shuningdek «elementar optron» deyishadi) nur tarqatuvchi va fotopriyomnik elementlardan iborat optoelektron yarimo'tkazuvchi asos bo'lib, kirish va chiqish o'rtasida elektr izolyatsiyani ta'minlovchi ular orasidagi optik bog'lama.

Optoelektron integral mikrosxema bir yoki bir nechta optojuftliklardan iborat mikrosxemani namoyon qiladi va bitta yoki bir nechta moslashtiruvchi yoki kuchaytiruvchi qurilmalarni elektr birlashtirgan. Shunday qilib, elektron zanjirida bunday asbob aloqa elementi funksiyasini bajaradi, unda shu bilan birga kirish va chiqishni elektrik (galovanik) xal etilgan. Bu asboblarni ustunliklari ma'lumolarni ko'chirish uchun elektr neytralli fotonlarni ishlatishini umumiy optoelektron prinsiplariga asoslangan. Ularning asosiylari quyidagicha:

- kirish va chiqish o'rtasida ideal elektr (galovanik) yechishni ta'minlash imkoniyati;

optronlar uchun eng yuqori kuchlanishlarga va qarshiliklar yechimiga va eng kam o'tish sig'imiga yetib borishi bo'yicha har qanday prinsial fizik va konstruktiv cheklanishlar bo'lmaydi.

- elektron ob'yektlari bilan kontaktsiz optik boshqarishni amalga oshirish imkoniyati va shu sababli har turliligi va boshqaruvchi zanjirlarni konstruktorli masalalarga moslanuvchanligi;

- optik kanal bo'yicha ma'lumotlar tarqalishini bir yo'nalishligi, priyomnikni nur tarqatuvchiga teskari reaksiyasi yo'qligi;

- optronli keng chastotaviy o'tkazish pollosasi, past chastotalar tomonidan cheklashni yo'qligi (past chastotalar cheklanmasligi) (bu impullsli transformatorlarga xos);

Optron zanjiri bo'yicha impulsli signalni ham va o'zgaras tarkibini ham uzatish imkoniyati;

- optik kanalining materialiga (shu jumlandan elektr bo'lmagan ham) ta'sir qilish yo'li bilan optron chiqish signali yordamida boshqarish imkoniyati va shundan kelib chiqadigan turli xil datchiklarni, shuningdek ma'lumotlarni uzatish uchun turli asboblarni yaratish.

- yoritilganida tavsiflari murakkab belgilangan qonun bo'yicha o'zgaradigan fotopriyomniklar bilan funksional mikroelektron qurilmalarni yaratish imkoniyati;

- optik aloqa kanallar elektromagnit maydonlar ta'sirini o'ziga qabul qilmasligi «uzun» optronlar holatida (nur tarqatgich va priyomnik orasida uzoqlashgan tolali optik yorug'lik yurishi) ma'lumotni yo'qolishi va halaqit qiluvchilardan ularni himoyalanganligini, shu-ningdek bir bironi qoplashini istesno qiladi.

- boshqa yarim o'tkazuvchi va mikroelektron asboblari bilan fizik va konstruktiv-texnologik moslanuvchanligi.

Optronlarga ayrim kamchiliklar ham tegishli:

- energiyani ikki marotaba o'zgarishi zarurligi tufayli (elektr-yorug'lik-elektr), anchagina talab qilindigan quvvat va bu o'tishlarni yuqori bo'lmagan FIK.

- yuqori harorat va singib boruvchi yader radiatsiyasi ta'sirida parametr va tavsiflarni yuqorori sezgirli;

- parametrlarni vaqt o'tgan sari sezilarli yomonlashib borishi;

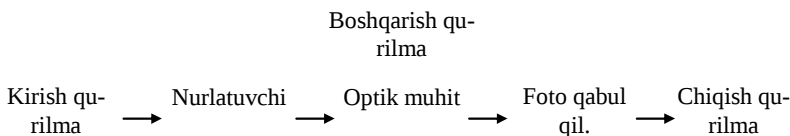
- nisbatan yuqori o'zining shovqin darajasi, qoridagi kamchiliklarga o'xshab, yorug'lik diodlarning fizik xususiyatlariga bog'liq;

- kirish va chiqish zanjirlarni bir-biridan elektr ajralganligi tufayli, teskari bog'lamlarni amalga oshirish murakkabligi;

- gibridli noplanar texnologiyani ishlatish bilan bog'liq (har xil tekisliklarda joylashgan turli yari-mo'tkazgichdagi bir necha alohida kristallarni bir asbobda birlashtirish zarurligi bilan) konstruktiv-texnologik mukammal emasligi.

Optron chiqish va kirish signallar nisbati va ma'lumotlarni makismal tezlikda uzatilishini F aniqlanadigan uzatish koeffitsiyenti K_i bilan aloqa elementi sifatida ta'riflanadi.

Amaliyotda F o'rniga uzatilayotgan im-pulslarni (t_n) o'sib borish va pasayish davomi yoki cheklangan chastotasi o'lchanadi. Golvanikli yechish elementi sifatida optron imkoniyatlari maksimal kuchlanish va yechish qarshiligi U_e , R_e va o'tish sig'imi S_e bilan ta'riflanadi.



32-rasm

Tuzilmali sxemada (32-rasm) kirish qurilmasi nurlanuvchini ishchi rejimini optimallashtirish uchun (masalan, yorug'lik diodni vatt-ampreli tavsifini chiziqli qismiga siljishi) va tashqi signalni o'zgartirish FIK ga yuqori tez harakatligiga, ruxsat etilgan kirish toklarining keng dinamik (chegarasi) diapazoniga (chiziqli sistemalar uchun), «bo'sag'a» kirish tokining kam miqdoriga ega bo'lishi kerak, bu bilan zanjir bo'yicha ma'lumotlarni ishonchli uzatilishi ta'minlanadi.

Optik muhitni vazifasi – optik signal energiyasini nurlanuvchidan fotopriyomnikka Uzatish, shuningdek, ko'p holatlarda konstruksiyani mexanik butunligini ta'minlash. Muxitni optik xususiyatlarini boshqarish prinsipial imkoniyati, masalan, elektrooptik yoki magnitooptik effektlarni ishlatish yordamida, sxemaga boshqarish qurilmasini kiritish bilan akslantirilgan. Bunday holatda biz optronni boshqaradigan optik kanali bilan «oddiy» optrondan funksional farqlanadiganni olamiz: chiqish signalini o'zgarishi kirish bo'yicha ham boshqarish zanjiri bo'yicha ham bajarilishi mumkin.

Fotopriyomnikda ma'lumot signalini optikdan elektrga «tiklash» bo'lib o'tadi; bunda yuqori sezgirlik va yuqori sezgirlik va yuqori tez harakatlikka ega bo'lishga intilishadi va nihoyat, chiqish qurilma fotopriyomnik signalini optrondan keyingi kaskadlarga ta'sir ko'rsatish uchun qulay standart shakliga o'zgartirishga mo'ljallangan. Amalda chiqish qurilmani majburiy funksiyasi bu signalni kuchaytirishdir,

chunki ikki marotaba o'zgartirilgandan keyin signal ancha yo'qoladi. Ko'pincha kuchaytirish funksiyasini fotopriyomnikni o'zi bajaradi (masalan, fototranzistor).

Umumiy tuzilmali sxema (32-rasm) har-bir muayyan asbobda faqat bloklarni qismida amalga oshiriladi. Shunga asoslanib optron texnikani asboblari uch asosiy guruhga bo'linadi: yorug'lik tarqatuvchi-optik muhit – fotopriyomnik bloklarni ishlatuvchi avval aytib o'tilgan optojuftlar (elementlar optronlar).

Optoelektron (optron) mikroshemalar (chiqish, ba'zan esa kirish qurilmalari qo'shilgan optojuftlar); optronlarni maxsus turlari – asboblar, elementlar optronlardan va optoelektron IT funksional va konstruktiv sezilarli farqlanadigan.

Galvanik yechimini elementlari sifatida optronlar va optoelektron mikroshemalar qo'llaniladi: potensial farqi ancha katta bo'lgan apparatura bloklarini bolash uchun; xalaqit qiluvchilardan, navodkalardan va h.k. o'lchov qurilmalarni kirish zanjirlarini ximoyalash uchun.

Optron va optoelektron mikroshemalarni qo'llanadigan boshqa muhim soha – bu yuqori toklarga mo'ljallangan va yuqori voltli zanjirlarni optik, kontakt-siz boshqarish, katta quvvatli tiristorlarni trakovlarni, simistorlarni, ishga tushiurish, elektromexanik rele qurilmalarni boshqarish.

Boshqaruvchi optronlarni o'ziga hos guruhini rezistorli optronlar tashqil qiladi, ular elektrlyuminesset

(poroshokli) indikatorlarda, mnemoshemalarda, ekranlarda bajarilgan bo‘lib informatsiyani akslanti-ruvchi vizual murakkab qurilmalarda kichik toklarda ishlaydigan sxemalar kommutatsiyasi uchun mo‘ljallangan.

Optronlarni «uzunini» yaratish (uzun egi-luvchan tola-optik yorug‘lik yuradiganli asboblar) optron texnika mahsulotlarini qo‘llash-qisqa masofadagi aloqa mutlaqo yangi yo‘nalishni ochadi.

Turli xil optronlar (diodli, rezistorli, tranzistorli) modulyatsiyalashda, kuchaytirishni avtomatik roslashda va boshqa toza radiotexnik sxemalarda o‘zining qo‘llanishini topdi. Optik kanal bo‘yicha ta’sir qilish sxemani optimal ishchi rejimiga turishi uchun, rejimni kontaktsiz qayta ishga tushirishda va h.k. ishlatiladi.

Optik kanalning hususiyatlarini o‘zgartirish imkoniyati unga turli xil tashqi ta’sir ko‘rsatishda qator optron datchiklar seriyasini yaratishga imkon tug‘diradi: namlik va gazlanganlik datchiklari, predmet yuzasini qayta ishlaganda tozalik datchigi, uning xarakatlanish tezligi va h.k. energetik maqsadlarda optronlarni qo‘llash o‘ziga xoslikda, ya’ni fotoventilli rejimda diodli optronlarni ishlashi. Bunday rejimda fotodiod elektr quvvatini yuklanishga generatsiyalaydi va optron ma’lum bir darajagacha kam quvvatli ikkilamchi ta’minlash manbaiga o‘xshash bo‘lib, butunlay bir-lamchi zanjirdan uzilgan.

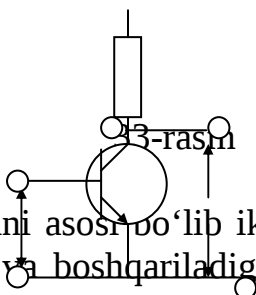
Fotorezistorli optronlarni yaratilishi, yoritilganda ularni hususiyatlari belgilangan murakkab qonun bo'yicha o'zgarishi, matematik funksiyalarni model-lashga imkon yaratilishi funksional optoelektronikani yaratilishiga qadam hisoblanadi. Galvanikani yechish elementlari sifatida va kontaktsiz boshqarish optronlarni universalligi, ko'p boshqa funksiyalarni turli hili va noyobligi hisoblash texnika, avtomatika, aloqa va radi-totexnik aloqa, avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari, o'lchash texnika, nazorat va rostlash tizimlari, tibbiy elektronika, ma'lumotlarni ko'rinib akslantirish quril-malari Bu asboblarni qo'llash doirasiga sabab bo'ldi.

9. Kuchaytirish sxemalari. Kuchaytirgichlar.

Kuchaytirgichning tuzulma sxemasi

Kirish signalining quvvatini kuchaytirish uchun mo'ljallangan qurilmani kuchaytirgich deyiladi. Kuchaytirish aktiv elementlar yordamida ta'minlovchi manbadan energiyani ishlatish hisobiga bajariladi. Kuchaytirgichlarda aktiv elementlari bo'lib ko'pincha tranzistorlar hisoblanadi bunday kuchaytirgichlarni yarimo'tkazuvchiligi yoki tranzistorli deb nomlanishi qabul qilingan. Har qanday kuchaytirgichda kirish signali yuklanishga ta'minlash manбайдan energiya uzatilishini boshqaradi.

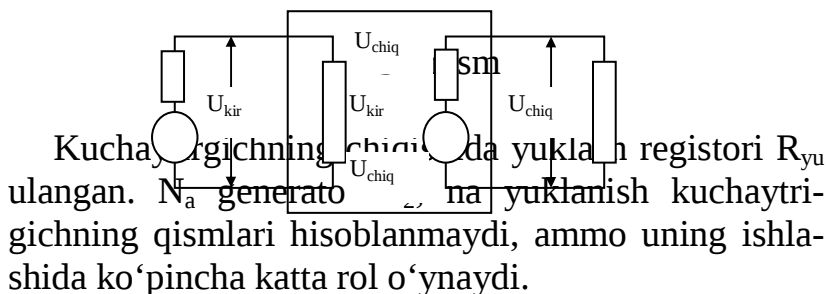
33-rasmda keltirilgan sxema yordamida kuchaytirgich kaskadning ishlash prinsipini tushuntiramiz.



Kuchaytirgichni asosan bo'lib ikki element hisoblanadi: R rezistor va boshqariladigan faol element FE tranzistor, uning qarshiligi kirish signali ta'sirida U_{kir} o'zgaradi. FE qarshiligi o'zgarishi hisobiga R va FE rezistorning zanjirida Y_{em} kuchlanish bilan ta'minlash

manбайдan oqayotgan tok o'zgaradi. Natijada rezis-
torda kuchlanishni kamayishi o'zgarib boradi, demak
chiqish kuchlanish U_{chiq} ham o'zgaradi.

Bu yerda kuchlanish jaryoni ta'minlash manbai
 Y_{em} energiyasini kuchlanishni chiqish energiyasiga
o'zgarishiga asoslangan. 34-rasmda keltirilgan ku-
chaytirgich kaskadning tuzilma shemaini ko'rib chi-
qamiz. Kuchaytirgich kirish R_{kir} va chiqish R_{chiq} qar-
shiliklari bilan faol to'rtqutbcha sifatida namoyon
etilgan. Kirish signal manbai ichki qarshiligi R_2
bo'lgan kuchlanish generatori E_2 shaklida
ko'rsatilgan.



Kuchaytirish kattaliklari bo'yicha kuchlanish, tok
va quvvat kuchaytirgichlarga farqlanadi.

Kuchaytirgich kaskadlarini R_{kir} va R_e miqdorlarini
nisbati bo'yicha bo'linishi qulay. Agar kuchaytirgich-
da $R_{\text{kir}} \gg R_2$ bo'lsa, bunda u kuchlanish kuchaytirgichi

hisoblanadi. Tok kuchaytirgichida $R_{kir} \ll R_2$ ya'ni tokli kirish joyiga ega. Quvvat kuchaytirgichida kirish signali manbai bilan kelishilgan, ya'ni $R_{kir} \gg R_2$.

R_{chiq} va R_{yu} miqdorlari o'rtasidagi nisbati bo'yicha kuchaytirgichlarni kelishilgan yuklanishda ishlaydigan ($R_{chiq} \gg R_{yu}$) kuchlanish kuchaytirgichi ($R_{chiq} \ll R_{yu}$), tokli chiqishi bilan ($R_{chiq} \gg R_{yu}$) tok kuchaytirgichi va quvvat kuchaytirgichlarga bo'lish mumkin.

Odatda, kuchaytirgich bir nechta kuchaytirgichli kaskadlardan (35-rasm) iborat.

Birinci kaskad kiruvchi deyiladi, ohirgisi esa chiquvchi yoki ohirgisi deyiladi. Kirish kaskadi kirish signali manbai bilan kuchaytirgichni kelishishini bajaradi, shuning uchun kuchlanish kuchaytirgichi katta kirish qarshiligiga ega bo'lishi kerak. Bundan tashqari, maqsadga muvofiq bo'lar edi, agar kirish kaskadi eng kam shovqin koeffitsiyentiga ega bo'lsa.

35-rasm.

Ko'p kaskadli kuchaytirgichni kirish kaskadi ko'pincha quvvat kuchaytirgichi bilanadi va kichik omili yuklanishiga ega. Kuchlanish kuchaytirgichi kichik chiqish qarshiligiga yuqori fida sh koeffitsiyentiga ega bo'lishiga talab qilinadi. Oraliqdagi kaskadlar

belgilangan kuchaytirishni ta'minlash uchun kerak bo'ladi, ya'ni ularni asosiy parametri bo'lib kuchaytirish (kuchlanish bo'yicha) ko'effitsiyenti hisoblanadi.

Ko'p kaskadli kuchaytirgichda kaskadlarning bir bировiga ulanish turli xil usullar bilan bajariladi. O'zgaruvchan tok yoki kuchlanishni kuchaytirgichlari uchun keng tarqalgan usullardan biri bo'luvchisi sig'imga yordamida amalga oshiriladi. Bunday kuchaytirgich sig'imli bog'lash kuchaytirgichi deyiladi. O'zgarmas tok kuchaytirgichlari uchun bevosita (galvanikli) bog'lama ishlatiladi. Takidlash kerakki, kaskadlar o'rtasida bevosita bog'lama ITda keng namoyon etilgan.

Asosiy parametrlari va tavsiflari

Kuchaytirgichning asosiy parametrlardan biri kuchaytirish ko'effitsiyenti hisoblanadi. Uch kuchlanish ko'effitsiyenti mavjud: kuchlanish bo'yicha $K_u \frac{U_{chiq}}{U_{kir}}$, tok bo'yicha va quvvat bo'yicha. Kuchaytirgichlar uchun ko'effitsiyentlar miqdorlari turlicha bo'lishlari mumkin, ammo prinsipiiallari shundaki, K_r доим birdan katta bo'lishi kerak. Kuchaytirish ko'effitsiyentlarining maksimal miqdorlari 10^6 ga yetishi mumkin. Ko'p kaskadli kuchaytirgichning umumiy kuchaytirish ko'effitsiyenti alohida kaskadlarning kuchaytirish ko'effitsiyentlarining ko'paytmasiga teng.

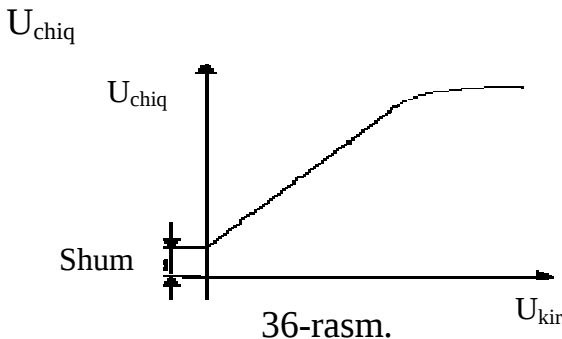
Kuchaytirish ko'effitsiyentning ko'pincha lagarifmik birliklarda – detsibellarda belgilashadi (db):
 $K_u = 20 \lg(U_{\text{chiq}}/U_{\text{kir}}) = 20 \lg K_u$.

Kuchaytirish ko'effitsiyentlarning ditsibellarda ifodalanishi odam qulog'ining ovoz tebranishlariga eshityish to'g'ri kelishi bilan bog'liq.

Signalning kuchayishidan tashqari, kuchaytirgich uning shaklini o'zgartirmasligi kerak, ya'ni ideal holatda barcha o'zgarishlarni (kuchlanishni yoki tokni) aniq qaytarilishi. Chiqish signal shaklining kirish signal shaklidan o'zgarishi buzulishlar deyiladi. Buzulishlar ikki xil bo'ladi: nochiziqli va chastotaviy. Tranzistorlarda yeig'ilgan kuchaytirgichni nochiziqli buzulishlari tranzistorlarning VAT nochiziqligi bilan aniqlanadi. Agar kuchaytirgichni kirishiga sinusida shaklida signal berilganda chiqish signali toza sinusoidli bo'lmaydi, u yuqori garmoniklar tarkibiga ega bo'ladi. Buni qo'shqutbli tranzistorning kirish VAT yordamida oddiy kuzatish mumkin, u to'g'ri chiziqli shaklida emas, balki eksponenta shaklida bo'ladi.

Nochiziqli buzulishlarni baholashda ko'p holatlar-da faqat ikkinchi va uchinchi garmoniklarni hisobga olishadi, chunki undan yuqori garmoniklar kam quvvatga ega. Amaliyotda esa asosiy buzulishlar chiqish (ba'zan chiqishdan oldingi) kaskadi tomonidan kiritiladi, chunki u signallarning katta amplitudasida ishlaydi.

Nochiziqli buzulishlarni taxminiy baholash uchun kuchaytirigichning amplitudaviy tavsifi bilan foydalaniladi (36-rasm),



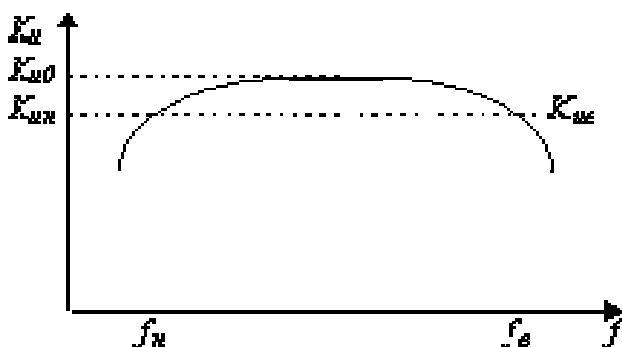
Kuchaytirigichni amplitudaviy tavsifi – bu chiqish kuchlanish U_{chiq} amplitudasining o'zgartirilmagan chastotadagi miqdoriga bog'liqligi. U_{kir} uncha katta bo'lmaganida amplitudali tavsif amalda chiziqli. Uning burchak qiyaligi o'zgarishi signal shaklining buzulishini paydo bo'lishini ko'rsatadi.

Chastotaviy buzilishlar tranzistor parametrlarini chastotaga va kuchaytirigich qurilmalar-ning reaktiv elementlariga bog'liqligi bilan aniqlanadi. Bu buzilishlar kuchaytirigichning signal chastotasiga bog'liq. Kuchaytirigichning K_u ni kirish signali chastotasiga bog'liqligi amplituda-chastotaviy tavsifi (AChT) deb aytilishi qabul qilingan. AChT yordamida (37-rasm) chastotaviy buzilishlar koeffitsiyentlarini past M_p va yuqori M_{yu} chastotalarida kuchaytirigichni ishlashini belgilangan diapazonda tasavvur qilamiz:

$$M_p = |K_{uo}/K_{un}| \text{ va } M_{yu} = |K_{uo}/K_{yu}|$$

Odatda chastotaviy buzulishlar ko'effitsiyentlarning ruxsat etilgan miqdorlari 3db dan oshmaydi.

Ta'kidlaymiz, $D_f = f_{yu} - f_n$ kuchaytirgichning o'tkazish polosasi deb aytishgsha qabul qilingan.



37-rasm.

Tovush chastotali kuchaytirgichlarda $f_n \gg 20\Gamma\text{ц}$ va $f_{yu} \gg 15 \text{ kGts}$: keng polosali kuchaytirgichlarda f_{yu} o'nlari megagersga yetishi mumkin; chastota tanlovchi kuchaytirgichlarda $f_n \gg f_{yu}$ va yuqori chastotali varian-tlari uchun yuzlab megagersga yetishi mumkin: o'zgarmas tok kuchaytirgichlarda (O'TK) $f_n = 0$, f_{yu} esa bir necha o'nlari megagersni tashkil etadi.

Takidlash kerakki, kuchaytirgichlarda kirish va chiqish signallar orasida fazoviy siljishlar o'rni bor, ular fazoviy buzilishlar paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin. Fazoviy buzi-lishlar siljishni chastotaga no-chiziqli bog'langandagina namoyon bo'ladi. Bu bog'lanishni kuchaytirgichning fazo chastotaviy (fa-zali) tavsifi (FUT) deb atalishi qabul qilingan. Chasto-

taviy va fazoviy buzulishlar chiziqli buzulishlar hisoblanadi va bir xil sabablardan kelib chiqadi. Shu bilan birga katta chastotaviy buzilishlarga katta fazoviy buzulishlar to'g'ri keladi va teskarisi.

Ko'rilgan parametr va tavsiflardan tashqari, ko'pincha kuchaytirgichning FIK, shovqin koefitsiyenti, stabillik, ishlash turg'unligi, tashqari halaqit qiluvchilarga sezgirli va boshq. Bilish kerak bo'ladi. Quvvat kuchaytirgichlar-ning eng muhim parametri – foydali ish koefitsiyenti h :

$$h=P_{yu}/R_{tm}$$

Bu yerda R_{yu} – kuchaytirgichning yuklanishida hosil bo'ladigan quvvat: R_{tm} kuchaytirgich tomonidan tashqi ta'minlovchi manbadan oladigan quvvat. Butun kuchaytirgichning h miqdori asosan chiqish kaskadning h bilan aniqlanadi.

Kuchaytirgichlarning asosiy parametr va tavsiflari kaskadlar soniga ham va faol elementi-ning turiga ham va kuchaytirgichning kaskadida uning ulanish usuliga ham bog'liq.

Kuchaytirgich kaskadining asosiy parametrlarini hisoblash

Ishchi (dinamik) rejimda, ya'ni transistor-ning chiqish zanjiriga yuklash qarshiligi ulangan bo'lsa, kirishga esa o'zgaruvchan signal berilsa, tranzistorning tavsif va parametrlarini sxemaga bog'lamasdan turib ko'rib bo'lmaydi. Umumiy holatda yuklash qarshiligi reaktiv, aralash yoki faqat aktiv (faol) bo'lishi mumkin. Faqat faol yuklash holatini ko'rib chiqamiz. Ishchi (dinamik) rejimda ishlayotgan tranzistorning tavsif va parametrlarini ishchi yoki dinamik deyiladi. Tranzistorning ishchi yoki dinamik parametrlari tranzistorni dinamik rejimida tok va kuchlanishlarni kichik o'zgarishida bog'laydi. Bunday parametrlari bo'lib kirish va chiqish qarshiliklari hisoblanadi, ularning miqdorlari signal manbai va yuklanish bilan tranzistorning kelishtirish sharti aniqlaydi va tokni, kuchlanishni va quvvatni kuchaytirish koeffitsiyentlaridir. Bu parametrlarning har biri quyidagicha aniqlanadi:

Kirish qarshiligi – bu $R_{yu}=0$ bo'lganida o'zgaruvchan kirish toki uchun tranzistorning kirish zanjirini qarshiligi:

$$R_{kir} = \frac{U_{kir}}{I_{kir}}$$

Chiqish qarshiligi – bu $R_{yu}=0$ bo'lganida o'zgaruvchan chiqish toki uchun tranzistorning chiqish zanjirini qarshiligi:

$$R_{chiq} = \frac{U_{chiq}}{I_{chiq}}$$

Tok bo'yicha kuchaytirish dinamik koeffitsiyenti

$$K_j = \frac{I_{chiq}}{I_{kir}}.$$

Quvvat bo'yicha kuchaytirish dinamik koeffitsiyenti

$$K_p = K_j \cdot K_u = \frac{P_{chiq}}{P_{kir}}.$$

Kichik sinusoidal signallar kuchaytirilganda ishchi parametrlarini tok va kuchlanish amplitudalari nisbati sifatida aniqlash mumkin.

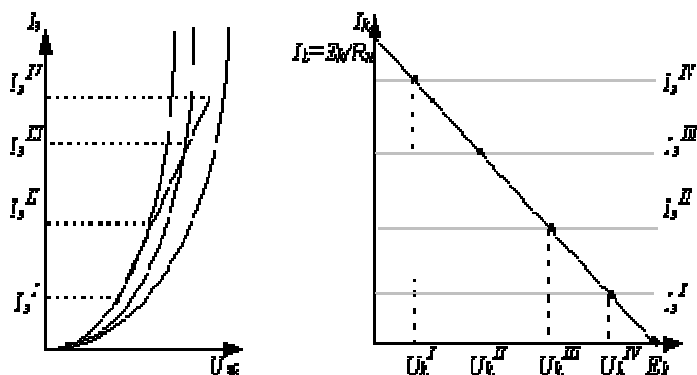
Ishchi sxemaga ulangan tranzistor uchun oqadigan toklar va berilgan kuchlanishlar o'rtasidagi grafikli bog'lama dinamikaviy tavsilotlari bilan aniqlanadi. Huddi statik rejimiga o'xshab, tajriba o'tkazib olish, yoki kirish va chiqish dinamikaviy tavsilotlarini qurish mumkin.

Amalda ishni dinamik rejimini va tranzistorning ishchi parametrlarining to'liq hisobini bajarish uchun statik tavsiflarni ikki oilasiga ega bo'lish kerak: kirishlar va chiqishlar, ularga tegishli kirish va chiqish dinamik tavsiflari qurilishi lozim. Statik chiqish tavsiflari oilasida chiqish dinamik tavsiflarini qurish uchun $I_{chiq}=F(U_{chiq}) \mid I_{ex} = \text{const}$ yuklanish to'g'ri chizig'i quriladi. Kirxgof qonuni bo'yicha $U_{chiq}=Y_{em}-I_{chiq}R_{yu}$, bu yerda Y_{em} – chiqish zanjiridagi ta'minlash manbaining kuchlanishi, bunda yuklanish to'g'ri chizig'i ikki nuqta bo'yicha bo'yicha qurilishi mumkin, agar Y_{em} va R_{yu} ma'lum bo'lsa:

1. $I_{chiq}=0$, $U_m=Y_{em}$ bo'lsa;
2. $U_m=0$, unda $I_{chiq}=Y_{em}/R_{yu}$

yuklanish to'g'ri chizig'ini statik tavsiflari bilan kesib o'tuvchi nuqtalar chiqish dinamik tavsiflar yo'lini aniqlaydi. Kirish statik tavsiflarning $U_{kir}=F(I_{bk})$ | $U_{chiq} = \text{const}$ oilasida kirish dinamik tavsiflarning qurilishi yo tenglamalar yordamida (Y_{em} va R_{yu} ma'lum bo'lganida), yo qurilgan chiqish dinamik tavsiflaridan o'tkazish yo'li bilan bajarilishi mumkin. Ohirgi holatda dinamik chiqish tavsiflarini statiklari bilan kesib o'tish nuqtalari uchun I_{kir} miqdorlari aniqlanadi (uning uchun Bu chiqish statik tavsifi olingan) va U_{chiq} , olingan miqdorlari statik kirish tavsiflar oilasiga o'tkaziladi. Ravon egri chiziqdagi olingan nuqtalarni birlashtirib kirish dinamik tavsifi olinadi.

UBli ulangan tranzistorning chiqish va kirish dinamik tavsiflarini qurilishi 38-rasmda ko'rsatilgan.



38-rasm.

Ba'zi tranzistorlar uchun statik kirish tavsiflari bir biriga juda yaqin joylashadi. Bunday holatda, taxminan hisoblanadi, $U_k > 0,5-5B$ bo'lganida olingan kirish dinamik tavsifi statik bilan birlashadi.

Past chastotali kichik signallarni kuchaytirish sifatida ishlaydigan tranzistor ishlashini dinamik rejimini tanlaganda, esda tutish kerak:

1. O'zgaruvchan tok va kuchlanishlarni o'zgarishi, to'yinish va kesib tashlash hududida emas, balki faqat faol hududida.

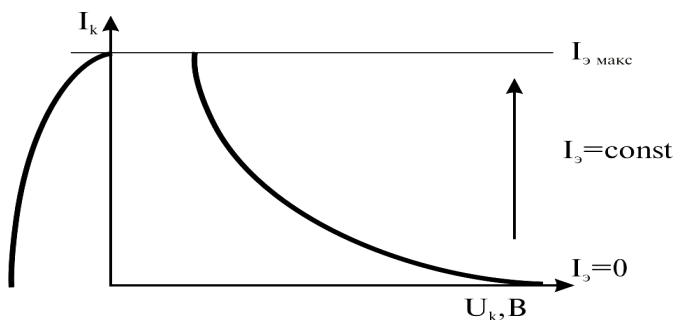
2. Tranzistor ishlashining dinamik rejimi yo'l qo'yiladigan maksimal miqdorlari bilan cheklangan:

a) $I_{e \text{ maks}}$ – emitter o'tishining quvvati bilan aniqlanadigan yo'l qo'yiladigan maksimal emitter toki;

b) $U_{k \text{ maks}}$ – teshuvchi kuchlanish bilan aniqlanadigan yo'l qo'yiladigan maksimal kollektor kuchlanishi;

V) $R_{k.makc.dop.}$ – kollektorli o'tishning yo'l qo'yiladigan sochilish quvvati.

Kuchaytirgich sifatida tranzistor ishlaganda ishchi nuqta chiqib ketishi mumkin bo'lmagan hudud chegarasi 39-rasmda ko'rsatilgan.



39-rasm.

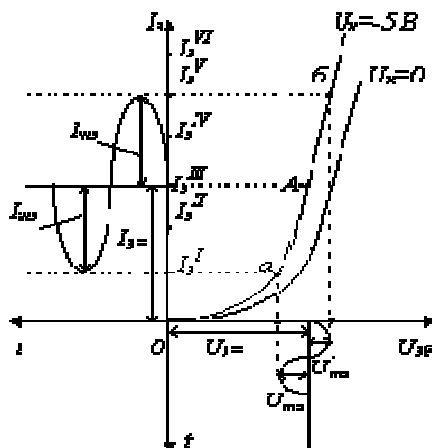
Agar nochiziqli buzulishlarsiz ishlash sharti qo'yiladigan bo'lsa, ya'ni kirish smiga berilgan signal shartli tranzistorning chiqishida aniq qayta tiklash sharti, bunda o'zgaruvchan tok va kuchlanishlar o'zgarishi chiqish tokini o'zgarishi kirish toki o'zgarishiga to'g'ri proporsional bo'lgan chiqish dinamik tavsiflari maydonida bo'lib o'tishi kerak. Bundan tashqari, tranzistorlardagi nochiziqli buzulishlar to'satdan kirish dinamik tavsifini nochiziqlik darajasi bilan aniqlanishi sababli, o'zgaruvchan tok va kuchlanishlarni o'zgarishi kirish dinamik tavsifini to'g'richiziqli bo'lagida yotishi zarur.

Shu sabablarga ko'ra, emitterli va kollektorli o'tishlarga beriladigan yuklanish qarshiligi R_{yu} va o'zgarmas kuchlanish miqdorlari aniqlanadi. Misol tariqasida tranzistorda yog'ilgan bir kaskadli kuchaytirgichni ko'rib chiqamiz (40-rasm).

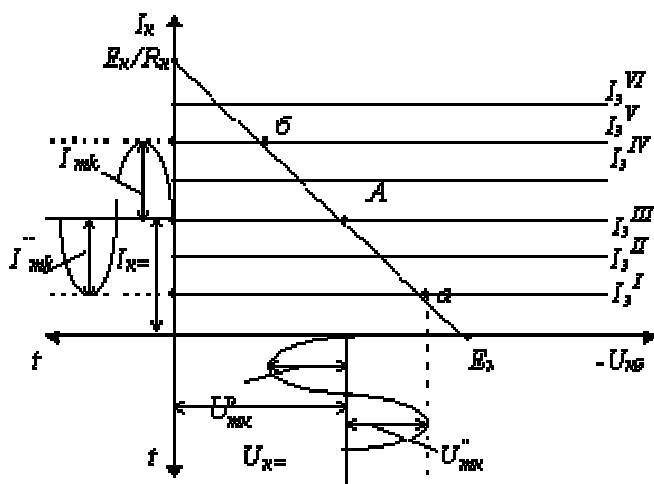
40-rasm.

Bu sxemada alohida manbadan Y_{em} olingan qaydlangan surilish ishlatiladi, uning yordamida kirish dinamik tavsifida ishchi nuqta holati belgilanadi. R_{yu} miqdori birnecha $k\Omega$ ni tashkil qiladi, bu esa chiqish qarshiligidan ancha kam, Y_{ek} esa – $10B$ ga yaqin.

Tranzistorning statik tavsiflari 41 a,b rasmlarda ko'rsatilgan. Farast qilamiz R_{vu} va Y_{ek} berilgan.



a)



b)

41-rasm.

Chiqish dinamik tavsifini ikki nuqta bo'yicha qurish mumkin. Hisoblaymizki, $U_k = -5B$ bo'lganida olingan kirish dinamik tavsifi statik bilan to'g'ri keladi. Agar minimal nochiziqli buzulishlar sharti qo'yilgan bo'lsa, bunda dinamik tavsiflarda o'zgaruvchan tok va kuchlanish o'zgarishi a, b (41-Rasm) bo'lagi chegarasidan chiqishi kerak emas.

O'zgaruvchan tok va kuchlanishni o'zgarishi bo'lib o'tayotgan chegarasidagi dinamik tavsifini bo'lagi, ishchi bo'lagi deyiladi.

Agar tranzistorning kirishiga sinusoidal signal $I_e = I_{me} \cdot \sin \omega t$ ko'rinishida berilayotgan bo'lsa, bunda tanlangan a, b ishchi bo'lagida ishlashini ta'minlash uchun kirishga amplitudali

$$I_{me} = \frac{I_{e5} - I_{ei}}{2}$$

o'zgaruvchan signal berilishi kerak va o'zgarmas tokning tarkibini

$$I_e = I_{e5} - I_{me} = I_{ei} - I_{me}$$

o'zgarmas tok bo'yicha ishlash rejimini aniqlaydigan dinamik tavsifidagi joylanish nuqtasi, ishchi nuqta deyiladi (grafikda A nuqtasi). Ko'rinib turibdiki, agar I_e va I_{me} ma'lum bo'lgan, bunda grafikdan U_e, I_k, U_k ni va o'zgurauvchan tarkiblar amplitudasini U_{me}, I_{mk}, U_{mk} olish mumkin.

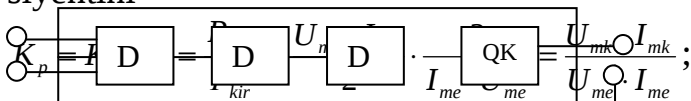
Endi oson hisoblash mumkin:

- tok bo'yicha kuchaytirish dinamik koeffitsiyenti-

$$K_i = \frac{U_{mk}}{I_{me}};$$

- kuchlanish bo'yicha kuchaytirigsh dinamik koef-
fitsiyentini $K_u = \frac{U_{MK}}{U_{Me}};$

- quvvat bo'yicha kuchaytirish dinamik koeffit-
siyentini



- o'zgaruvchan tok bo'yicha kirish qarshiligi

$$R_{kir} = \frac{U_{Me}}{I_{mk}};$$

- o'zgaruvchan tok bo'yicha chiqish qarshiligi

$$R_{chiq} = \frac{U_{MK}}{I_{MK}};$$

10. operatsion kuchaytirgich

Initegral operatsion kuchaytirgichlar (IOK) IOK -
o'zgarvas tok kuchaytirgichi (UTK) quyidagi para-
metrlari bilan:

$$R_{kir} = \infty, R_{chiq} = 0, K_{ug} = \infty$$

OK

41-rasm

DK uchun kirish bo'lib $\Delta e = e_1 - e_2$ hisoblanadi.

$\Rightarrow$ tok $I_{b1} \Rightarrow \uparrow I_{k1} \Rightarrow$ potensial $\varphi_{k1} = U_{chiq1} = E_1 - I_{k1} R_{k1} U_{max}$ ga kamaydi.

$I_{k1} \downarrow \Rightarrow \varphi_{k2} U_{max}$ ga ko'payadi;

$U_{chiq} = \varphi_{k1} - \varphi_{k2} \Rightarrow U_{chiq} \downarrow 2U_{max}$ ga;

$U_{chiq} = -2 U_{max}$;

$K_{ud} = \Delta U_{chiq} / \Delta U_{chiq}/e_1$;

► $e_2 =$, $e_1=0$ bo'lganida;

$\varphi_{k1} U_{max}$, ga ko'payadi, φ_{k1} ga kamayadi;

$U_{chiq} = 2 U_{max}$;

$K_{ud} = \Delta U_{chiq} / \Delta U_{kir} / e_2 (e_1=0)$;

► sinfazali signal



1- invertirilmagan kirish

2- invertirilgan kirish

3- chiqish.

Ag i kirishga ir

xil signallar berils, bundav signal sinfazali deviladi.

DK sinfazali signalni y $U_{chiq} = K_{ud}(\varphi_1 - \varphi_2)$ ohiri ∞ miqdor

$K = 10^2 \dots 10^3$

$K_{ud} = 10^4 \dots 10^5$

$U_{chiq} - K_{ud} = \varphi_1 - \varphi_2 = 0 \Rightarrow \varphi_1 = \varphi_2$

$U_{kirmax} = 10 \dots 1000 MLD$.

Shartli belgilar

O'rin bosuvchi sxemalar

43-rasm

Asosiy parametrlari

► Kuchlanish bo'yicha kuchaytirishni differensial koeffitsiyenti:

$$K_{ud} = dU_{chiq}/dU_{kir};$$

$K_{ud} = 10^4 \dots 10^5$, OK ni to'yinish rejimiga kirmaguncha.

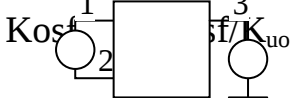
► sinfazli kuchlanish koeffitsiyenti:

$$K_{isf} = dU_{chiq} / dU_{sf} = U_{chiq} / U_{sf} \rightarrow O,$$

Ammo O ga teng emas, chunki haqiqatdagi OK DA

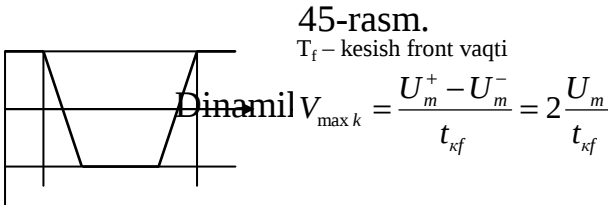
$$R_{k1} \neq R_{k2} \text{ va } VT_1 \neq VT_2$$

► Sinfazli tarkibini pasayish koeffitsiyenti



► Surilish kuchlanishi. Surilish kuchlanishi – bu kuchlanish bo'lib, differensial usulida OK kirishiga berilishi kerakki, chiqishida kuchlanish 0 ga teng bo'lsin. Sababi Yesm – differensial kaskadlarning asimetriyasi.

Uzatish tavsifi



$U_d = (1 - 2) \cdot \text{Burchak qiyaligi} - K_{ud}$
 46. $(U_{d\max} - \text{kirish kuchlanishni o'zgarishi, OK chiziqli rejimda ishlaganida.})$

Chastotaviy hususiyatlar ($K_{up,d} = 10^{-4} \dots 10^{-5}$)

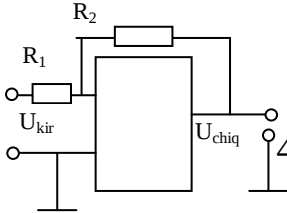
$F = 0 \dots f_1$;

F_1 – birlamchi kesish chastotasi – bu chastota bo'lib, unda kuchaytirish koeffitsiyenti 1 ga teng.

OK shunday chastotaviy tuzatishni talab qiladiki, $0 \dots F$, diapazonida birinchi tartibli inersion bo'g'inga o'xshab o'zini tutishi kerak. Buning uchun OK chiqishida katta Si qo'yiladi va bu ichki yoki tashqi usuli bilan o'tkaziladi.

Agar OK ga S_n o'rnatilgan bo'lsa, unda spravochnikda to'g'rilash sxemasi ko'rsatiladi (S_n ni qanday ulash kerakligi).

$$L = 20 \lg K_{ud}$$



Manfiy teskari bog'lama majburiy
(kuchaytirgichli funksiyalarni bo'lishi uchun)
(chiqishdagi signal invertirlangan kirishga
yo'naltiriladi.

47. $1=0((1-(2=0$ chunki $1=(2;$

$$I_{kir} = I_{tb};$$

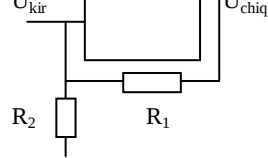
$$I_{kir} = (U_{kir} - (2)/R_1 = ((2 - U_{chiq})/R_2 = I_{tb} (U_{kir}/R_1 = -$$

$$U_{chiq}/R_2 K_u = U_{chiq}/U_{kir} = R_2/R_1$$

Qo'llaniladigan sx

Invertirlanadigan ku

Invertirlanadigan ku



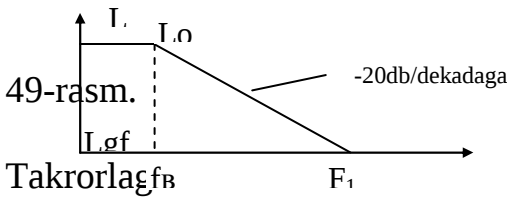
$$\phi_1 = \phi_2$$

$$i = U_{chiq}/(R_1 + R_2);$$

$$Y_2 = i_{R2}((2 = (R_2 U_{chiq})/(R_1 + R_2) = U_{kir}$$

$$K_{ud} = 1 + R_1/R_2$$

48-rasm.



50-rasm.

$$K_u = 1$$

Razryadli tok o'zgartirgichi

$R_2 = \infty$, $R_1 = 0$ – bo'lganida takrorlagich olamiz

$$I_1 + i_2 + \dots + i_n = i_{Tb};$$

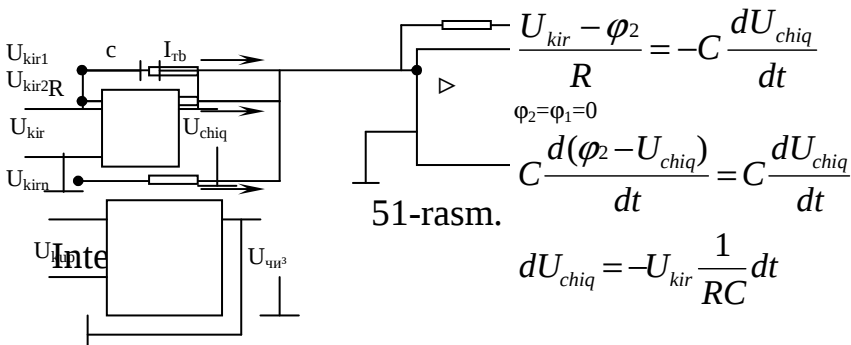
$$\frac{U_{kir1} - \varphi_2}{R_1} + \frac{U_{kir2} - \varphi_2}{R_2} + \dots + \frac{U_{kir} - \varphi_2}{R_n} = \frac{\varphi_2 - U_{chiq}}{R_{mb}};$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = 0;$$

$$U_{chiq} = - \left(\frac{R_{mb}}{R_1} U_{kir1} + \frac{R_{mb}}{R_2} U_{kir2} + \dots + \frac{R_{mb}}{R_n} U_{kir} \right).$$

OK razryad bo'yicha toklarni

$$I_{kir} = I_{tb} = I_c$$



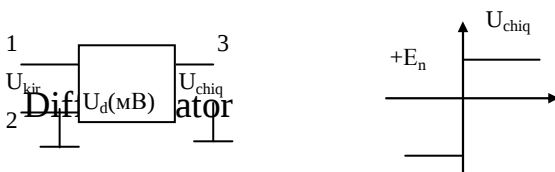
$$\frac{U_{kir} - \varphi_2}{R} = -C \frac{dU_{chiq}}{dt}$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 = 0$$

$$C \frac{d(\varphi_2 - U_{chiq})}{dt} = C \frac{dU_{chiq}}{dt}$$

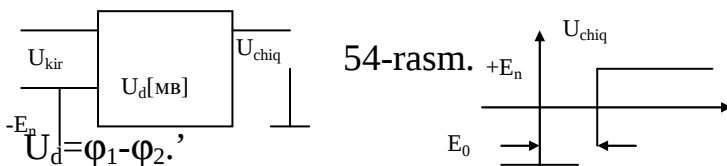
$$dU_{chiq} = -U_{kir} \frac{1}{RC} dt$$

52-rasm.



53-rasm.

Komparator



54-rasm.

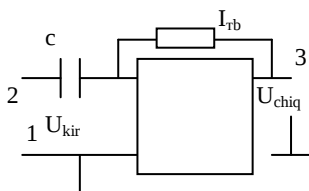
$$U_d = \varphi_1 - \varphi_2$$

OK katta kuchaytirgich koefitsiyentiga ega

$$U_{kir} = \varphi_1$$

$$\varphi_2 = 0$$

$$U_d = \varphi_1 - \varphi_2 = 0$$



$$I_{kir} = I_{fb} = I_c$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 = 0$$

$$C \frac{dU_{kir}}{dt} = \frac{\varphi_2 - U_{chiq}}{R}$$

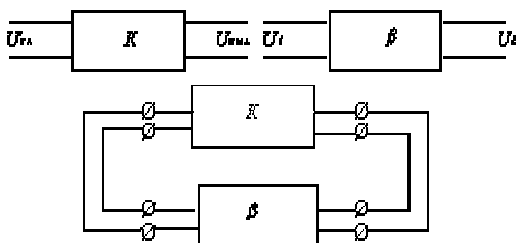
55-rasm

$$U_{chiq} = RC \frac{dU_{kir}}{dt}$$

11. Elektr tebranishlar generatorlari

Tashqi qo'zg'atuvchi kuchlanishni davriy ta'sirisiz, o'z-o'zidan uning sxemasidva paydo bo'ladigan, o'zgarmas tok energichsini elektr tebranishlar energiyasiga o'zgartirishga yordam beruvchi qurilma elektr tebranishlar generatori deb aytiladi.

O'z-o'zini qo'zg'otish umumiy sharoitlar



56-rasm.

Ikki asosiy bo'g'imdan iborat tuzulma sifatida avtogeneratorni ko'rib chiqamiz: kuchaytirgichli (K) va

uzatish koefitsiyenti bilan teskari bog'lama bo'g'im (42-rasm):

$$K = \frac{U_{chiq}}{U_{chiq}} = ke^{y_k}$$

Belgilar kiritamiz:

K – Kuchaytirgiyali bo'g'imning kuchaytirish kompleks koefitsiyenti, bu yerda U_{kir} va U_{chiq} – kuchaytirgichli bo'g'imning kirish va chiqish kuchlanishi;

$$\beta = \frac{U_1}{U_2} = \beta e^{i\varphi\beta}$$

(β - teskarisi bog'lama zanjirining kuchlanishni uzatish kompleks koefitsiyenti), Bunda U_1 -kirishdagi kuchlanish, U_2 -esa teskari bog'lama zanjirining chiqishidagi kuchlanish. Kompleks shaklida ifodalash, kuchaytirgichli bo'g'im va teskari bog'lama zanjiri tomonlaridan yaratilayotgan faza siljishlarni hisobga olish zarurligidan kelib chiqadi.

Avtogenerator sxemasida tebranishlar mavjudligida bajarilishi kerak bo'ladigan shart $K\beta = K\beta_{Ye}^{1(\varphi K + \varphi\beta)}$ (1)

Be tenglikdan kelib chiqadi:

1) $K_v=1$ – amplitudalar muvozanat sharti;

2) $j_k + j_v = 2j_{\pi}$ - fazalar muvozanat sharti;

bu yerda K – kuchaytirgichli kaskadning kuchaytirish koefitsiyent moduli, V -teskari bog'lama zanjirining uzatish koefitsiyenti moduli, ik-kuchaytirgichli kaskad tomonidan yaratilayotgan fazoviy siljish. j_v –

teskari bog'lama zanjiri tomonidan yaratilayotgan fazoviy siljish, $p=0,1,2,3,4,\dots$.

Avtogeneratorlar nazariyasida bu shartlar juda muhim.

Avtogeneratorni o'z-o'zini qo'zg'atish va uning barqarorlashgan tebranishlar rejimiga o'tishini asosiy sababi bo'lib, teskari bog'lama zanjiri chiqishida va kuchaytirgichni kirishida kuchlanish fazasining bir-biroviga mosligini ta'riflaydigan musbiy teskari bog'lanish hisoblanadi.

Nisbiy teskari bog'lama ta'sirida, kuchlanish ulangandan keyin, generator shemasida paydo bo'ladigan kichik fluktatsion tebranishlar kuchaytirgichli kaskadi K tomonidan kuchaytiriladi va teskari bog'lama zanjiri bo'yicha yana kuchaytirgichni chiqishiga uzatiladi. Kuchaytirgich va teskari bog'lama zanjiriga ega bo'lgan berk kontur bo'yicha har bir aylanib o'tishida kuchaytirgichli bo'g'inining kirish va chiqishida signal progressiv ravishda oshib boradi. O'z-o'zini qo'zg'otish jarayoni barqarorlashgan rejim bilan tamom bo'lmaguncha Bunday o'sish davom etaveradi va uning uchun amplitudalar muvozanat sharti (2) bajariladi. Boshlang'ich vaqtida avtogeneratorni o'z-o'zini qo'zg'otishi uchun $K_v > 1$ sharti bajarilishi zarur. Agar kuchaytirgichli bo'g'inni tavsifi chiziqli bo'lganida edi, avtotebranishlar amplitudasining cheksiz o'sib borishiga olib kelar edi. Shuning uchun kuchaytirgichli bo'g'in nochiziqli tavsifga ega bo'lishi kerak.

Barqarorlashgan rejimga o'tishi, signal oshib boranida amplitudaviy tavsif qiyaligini kamayishi bilan bog'liq kuchaytirgichli bo'g'inni kuchaytirish koeffitsiyenti asta-sekin kamayishidir, bu esa barcha turdagi kuchaytirgichlarga xos. (57-rasm).

57-rasm.

Umuman olganda, o'z-o'zini qo'zg'atishli generator teskari bog'lama zanjirli kuchaytirgich pog'onasidan kam farq qiladi. Farqlardan biri shundan iboratki, ko'pincha kuchaytirgich chastotalar polosasini kuchaytirishi kerak va shu sababli yuklanish sifatida aperiodik yuklanish ishlatiladi (rezistor, drossel, transformator).

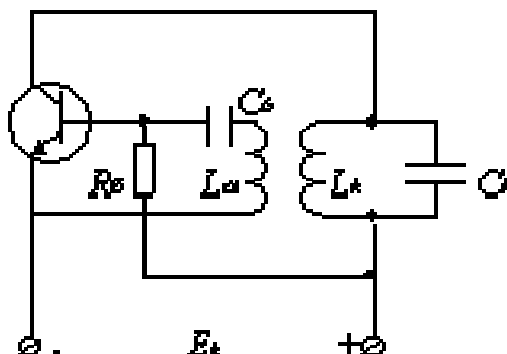
Generator ko'pincha bir chastotali tebranishni generatsiya qiladi, shuning uchun yuklash sifatida parallel tebranuvchi kontur ishlatiladi, uning qarshiligi rezonans chastotasida maksimal bo'ladi va faol xarakterga ega:

$$R_{ekv} = PQ$$

Bunda $P = \sqrt{\frac{L}{C}}$ — to'liq qarshiligi, Q — sifat darajasi.

Ko'pinchada generatorning kuchaytirgich bo'g'ida qo'shqutbli va maydon tranzistorlari, operatsion kuchaytirgichlar ishlatiladi. Shunga o'xshash

rezonans yuklanishli kuchaytirgichda chastotaviy tavsifini maksimumi konturning rezonans chastotasiga to'g'ri keladi, shuning uchun amplitudalarning muvozanat sharti faqat shu chastotada bajariladi, bu esa generasialangan tebranishlar chastotasini aniqlaydi. Shu kabi generatorning misoli bo'lib, induktiv teskari bog'lamali tranzistorli generator hisoblanadi (58-rasm).



58-rasm.

Bu sxemada teskari bog'lama zanjiri kontur g'altagi L_k va baza zanjiridagi teskari bog'lama g'altagi L_{sv} bilan tashkil topgan. Konturda paydo bo'ladigan kuchsiz elektr tebranishlar (ulanish vaqtida) g'altakda o'zgaruvchan EYUK hosil qiladi, Bu esa baza zanjirida o'zgaruvchan qo'zg'atuvchi kuchlanish yaratadi.

Buning uchun teskari bog'lama g'altak tranzistorning baza va emitter uchlariga shunday ulanishi kerak-

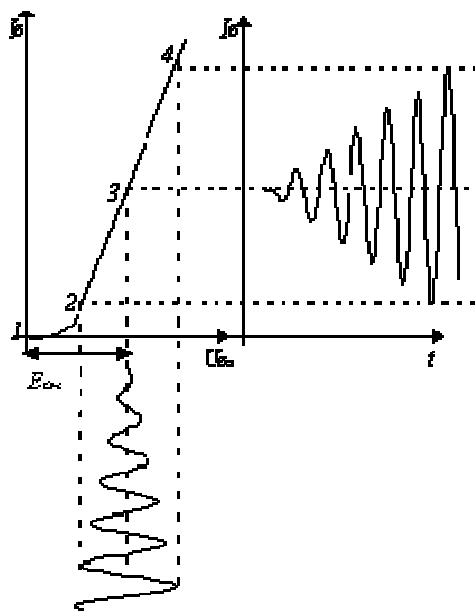
ki, uning kirish kuchlanishi kuchaytirgich bo'g'ining chiqish kuchlanish fazasiga nisbatan 180^0 ga surilgan bo'lishi kerak. Bu bilan teskari bog'lama sirtmog'ida kirish va chiqish kuchlanishlari orasida nolli siljish ta'minlanadi (Demak, musbiy teskari bog'lama), chunki kuchaytirgichli bo'g'in unda umumiy emitterli shema bo'yicha ulangan tranzistor ham 180^0 teng fazoviy siljish yaratadi.

Tebranishli rejimlar

Atogeneratorda tebranishlar paydo bo'lish jarayoni kuchaytirgichli elementga qo'yilgan sharoitlarga bog'liq, ya'ni o'zgarmas ta'minlovchi kuchlanishlar va teskari bog'lama koefitsiyent miqdori bilan aniqlanadigan tanlangan ishchi rejimiga bog'liq. Rejim tanlashda siljish kuchlanishi kesim alohida rol o'ynaydi, chunki u kuchaytirgichli element tavsifidagi ishchi nuqta joyini belgilaydi. Agar ishchi nuqta katta qiyalik hududida yotsa, unda o'z-o'zini qo'zg'atish oson paydo bo'ladi, chunki kirish zanjirida kuchlanishni kichik o'zgarishi, chiqish tokini ancha katta o'zgarishlarga olib keladi. Shuningdek boshqa holat bo'lishi mumkin, agar ishchi nuqta minimal qiyalik hududida yotsa bu generatorni o'z-o'zini qo'zg'otishga qiyinlashtiradi. Demak, o'z-o'zini qo'zg'otishni ikki rejimi bo'lishi mumkin:

1. O'z-o'zini qo'zg'otishni yumshoq rejimi.

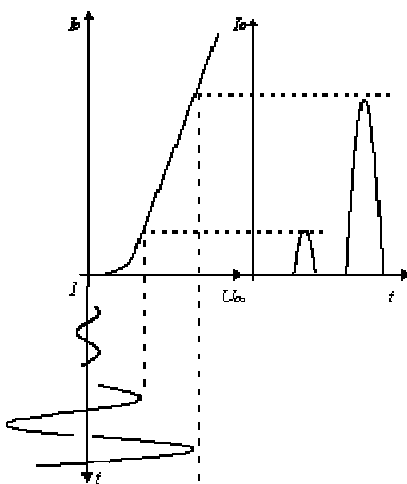
Kuchaytirgichli element tavsifining to'g'ri chiziqli bo'lagida ishchi nuqta joylashganida yumshoq rejim kuzatiladi va 45-rasm, 3 nuqtasiga generator sxemai uchun mos. Bunda $Y_{esm} = Y_{ek} - I_b R_b$. avtogenerator o'z-o'zini qo'zg'otgandan keyin baza tokining amplitudasi progressiv ravishda o'sib boradi, bu esa chiqish kuchlanish amplitudasini ko'payishiga olib keladi, chunki ishchi nuqta katta miqdorda to'g'ri chiziqli yuklanish bo'yicha boradi, So'ng chiqish kuchlanishning amplitudasi o'sishidan to'xtaydi.



59-rasm.

2. O'z-o'zini qo'g'otishni qattiq rejimi.

Bunday rejimni olish uchun ishchi nuqta chap tomonga siljiydi (60-rasm 1 nuqta), bu-ning uchun bazaga siljish kuchlanishi berilmaydi (osechka $Q=900$ burchagi bilan S rejim). Siljish kuchlanishi bo'lmaganida konturda paydo bo'ladigan juda kichik tebranishlar va teskari bog'lama zanjiri orqali baza zanjiriga uzatiladigan generatorming o'z-o'zini qo'zg'atolmaydi, chunki tranzistor yopiqli tebranishlar paydo bo'lishi mumkin juda katta amplituda, bu esa har doim mumkin bo'lmaydi. Tebranishlar sakrab paydo bo'ladi va tezda barqarorlashgan rejimgacha o'sib boradi.

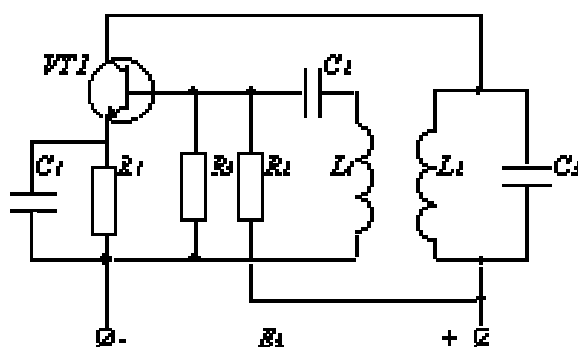


60-rasm.

Ekspluatatsiya (ishlatish) qilish nuqtai nazaridan yumshoq rejim qulay, chunki tebranishlar o'zidan-o'zi

va ravon (yumshoq) qo'zg'oladi. Ammo kollektor to-kini o'zgarmas tarkibi borligi past FIKga va generator sxemaida paydo bo'ladigan katta yo'qotishlarga olib keladi. Shuning uchun ulash vaqtida yumshoq rejim bo'lishi maqsadga muvofiqdir (siljish kuchlanishi musbiy), barqarorlashgan rejimda esa qattiq rejimga o'tish maqsadga muvofiqdir (n-p-n tipdagi tranzistor uchun siljish kuchlanishi manfiy).

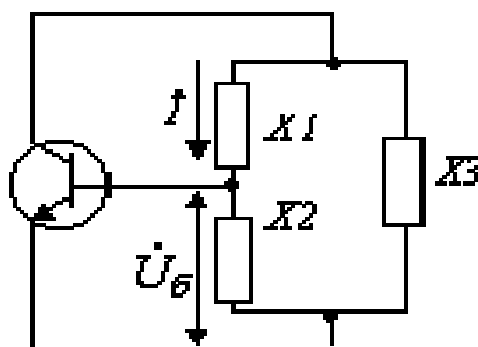
Shunday qilib, yumshoq rejimini va keyin sxemani qattiq rejimiga o'tishini ta'minlash uchun siljishni kombinatsiyalangan sxemasi zarur (61-rasm). Boshlang'ich musbiy siljish R_2 , R_3 (59-rasm 3 nuqta) rezistorlari bilan hosil qilinadi. R_1 rezistorida emitterni pulslanuvchi toki paydo bo'lganida C_1 sig'imini zaryadlantiradigan kuchlanishni kamayishi hosil bo'ladi. Emitterning potentsiali ko'payishga boshlaydi va generatsiyalanaigan kuchlanish bir nechta davrlar davomida R_1 , C_1 zanjirchada tranzistor uchun berkituvchi hisoblangan o'zgarmas kuchlanish paydo bo'ladi. Natijada ishchi nuqta 1 xolatga siljiydi, bu esa sxemaning qattiq rejimiga o'tishiga olib keladi.



61-rasm.

Umumlashgan uch nuqtali generator shemai

Yuqorida ko‘rilgan induktiv bog‘lamali sxemalar va boshqa ko‘p mavjud bo‘lgan generatorlar sxemasi umumlashgan uch nuqtali sxema (48-rasm) deyiladiganga keltirilishi mumkin.



62-rasm

O‘z-o‘zini qo‘zg‘atish shartlari bajarilishi uchun bu sxemada quyidagi talablar qondirilishi lozim:

1. X_1 va X_2 qarshiliklar har xil belgilarga ega bo‘lishi kerak.

2. X_1 qarshiligi absolyut qiymati bo‘yicha X_2 dan katta bo‘lishi kerak.

3. X_2 va X_3 qarshiliklar har xil belgilarga ega bo‘lishi kerak.

Birinci va ikkinchi talablar bajarilganida fazalar balansi ta‘minlanadi, chunki U_b teng bo‘lgan tranzistor bazasidagi kuchlanish $I[X_1+X_2]$ teng bo‘lgan kollektordagi kuchlanishga nisbatan 180° ga surilgan bo‘ladi.

Uchinchi talab bajarilganida X_1+X_2 ga teng bo‘lgan uchinchi shoxning qarshiligi va o‘ng tomonidagi shoxning qarshiligi X_3 har xil belgilarda bo‘ladi va tebranuvchi Lcni hosil qiladi, va uning rezonans chastotasi generatsiyalanayotgan tebranishlar chastotasini ainqlaydi.

Tebranish tavsiflari

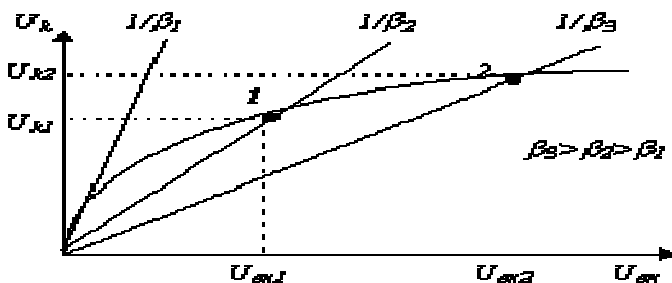
Kuchaytirgichli bo‘g‘in uchun tokning birinsi garmonikasi KI qo‘zg‘otish kuchlanishiga U_{kir} bog‘lamasi tebranishli tavsif deyiladi nochiziqli elementi (tranzistorning) mavjudligi sabali kollektor tokinining oniy qiymati o‘zgarmas tarkibini yog‘indisi va yuqori garmoniklar bilan aniqlanadi:

$$I=I_0+Ik_1m^{\cos\omega t}+Ik_2m^{\cos 2\omega t}+Ik_3m^{\cos 3\omega t}+.....$$

Bunda I_0 – kollektor tokining o‘zgarmas tarkibi, I_{k1m} , I_{k2m} , I_{k3m} – kollektorning birinchi va yuqori garmoniklar amplitudasi.

Yuklanishdagi kuchlanish (konturda) U_k tokning birinchi garmonikasi uchun konturning rezonansli qarshiligi bilan aniqlandi:

$$U_k = I_{k1m} R_{\text{эKB}}$$



63-rasm.

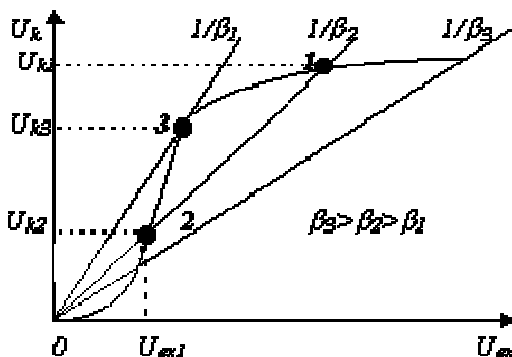
Tebranish tavisfi nochiziqli, chunki u nochiziqli elementiga ega kuchaytirgichli bo‘g‘in hususiyatlarini ta’riflaydi va kuchaytirgichning amplitudaviy tavsifiga o‘xshash. Tebranish tavsifi teskari bog‘lama $1/v$ tavsifi bilan barqarorlashgan tebranishlar amplitudasi aniqlashga yordam beradi.

Barqarorlashgan tebranishlar amplitudasining aniqlash uchun bir chizmada $U_k = f(V_{\text{kir}})$ bog‘lamasi va teskari bog‘lamaning $1/V >$ chiziqli tavsifi (63-rasm) quriladi. Avtogeneratorning barqarorlashgan rejimida qo‘zg‘otish kuchlanishni U_{kir} amplitudasi rezonans

chastotasidagi o'zgaruvchan kuchlanishning U_k amplitudasi Bu bog'lamalarga bir vaqtda qondirishi kerak. Bu bo'lishi mumkin faqat 1 va 2 ni kesishgan nuqtalarida (har xil koeffitsiyentlari uchun). Bu nuqtalarning har birida amplitudalarning muvozanat sharti bajariladi. Farast qilaylik, kirish signalning amplitudasi DV_{kupI} qiymatiga ko'payadi. Bu tebranish tavsifi bo'yicha aniqlanadigan DV_k miqdoriga chiqish kuchlanishni ko'payishiga olib keladi. O'z navbatida, bu kuchlanish DV_k teskari Bog'lama tavsifi bo'yicha $1/B2$ ($DV_{kir2} > DV_{kir1}$) kirishda DV_{kup} kuchlanishni yaratadi. Bu chiqish kuchlanishni yanada ko'payishiga olib keladi va tasodifiy paydo bo'lgan tebranish amplitudasi oshib boradi. Bunday holatda barqarorlashgan rejim amplitudasi 1 nuqtasi bilan aniqlanadi. Bog'lama koeffitsiyenti oshganda ($1/B3$ to'g'ri chizig'i) kesish nuqtasi o'nga siljiydi, bu esa yuklanishdagi tebranish amplitudasining biroz oshishiga olib keladi. Bunga o'xshash jarayon yumshoq rejim uchun xos. 63-rasmda keltirilgan chizmadan ko'rinib turibdiki, teskari bog'lama qiymatini (miqdorini) kamaytirganda tebranishlar amplitudasi ravon kamayadi. Bog'lama koeffitsiyenti V katta bo'lmagan miqdorlarida tebranish tavsifini chiziqli bo'lgida tranzistor ishlaydi, bu esa chiqish tokining buzilmagan, sinusoidal shakldagisini olishga imkon yaratadi.

V koeffitsiyentining yanada kamayish natijasida, $1/v$, to'g'ri chizig'i tebranish tavsifiga tegmaydi, Bu esa tebranishlar yo'qolishini bildiradi.

Oʻz-oʻzini qoʻzgʻotish qattiq xarakterga ega generatorlarda, tebranish tavsifi boshqa koʻrinishga ega (64-rasm).



64-rasm

Bu tranzistor bazasiga berkituvchi kuchlanish bilan bogʻliq. Qattiq rejim sharoitida teskari bogʻlama chizigʻi $1/v$ tebranuvchi tavsifi bilan 0,1,2,3. Nuqtalarda kesishadi.

O nuqta turgʻun holatni taʼriflaydi, yaʼni kichik boshlangʻich amplitudalarda oʻz-oʻzini qoʻzgʻonish yoʻqligi, chunki tranzistor yopuvchi siljish kuchlanish bilan berk. U_{bx1} dan oshgan (nuqta2) amplitudalarda qoʻzgʻotish sodir boʻlishi mumkin, shundan keyin amplituda oshib boradi va barqarorlashgan rejimga yotadi. Nuqta 2 generatorning beqaror holatini taʼriflaydi, chunki U_k ni kamayish tomoniga tasodifiy oʻzgarishi mos ravishda U_{kir} kamayishiga olib keladi, oʻz navbatida U_k ni kamaytiradi, natijada sxemadagi tebranishlar soʻnadi. Kirish signal U_{kir} amplitudasini birmuncha

ko'payishi (2 nuqtada) U_k ni ko'payishiga olib keladi, bu esa nuqta 3 bilan tariflanadigan, barqarorlashgan tebranish holatiga U_{kir} o'sib borishini keltiradi. Agar bunday generatorda teskari bog'lama qiymatini v kamaytirilsa, bunda nuqta 3 ra to'g'ri keladigan tebranishlar amplitudasida undagi teskari bog'lama tavsfi tebranishlar tavsifiga tegsa (urilsa), bunda tebranishlar uziladi. Demak, qattiq rejimda teskari bog'lama qiymatini kamaytirib, tebranishlar amplitudasini ravon kamaytirish mumkin emas. Bundan tashqari, tavsifi nochiziqli bo'lgani uchun kollektor tokining shakli ancha buzilgan bo'lishi mumkin. Biroq, generator sxemasida tebranuvchi konturni ishlatilishi kollektor tokining birinchi garmonikasini ajratishga va chiquvchi sinusoidal kuchlanishni olishga imkon yaratadi.

Avtogenerator chastotasining stabillashtirish

Chastotaning stabilli – bu avtogeneratorning muhim parametrlaridan biri. Avtogeneratorlar chastotasining stabilligini sonli baholash uchun ko'pincha teskari qiymati ishlatiladi chastota-ning nisbiy nostabilligi. Bu avtogenerator chastotasining maksimal joizlik og'ishini belgilangan qiymatining (chastotaning absolyut nostabilligi) D_s o'rnatilgan chastotaga F o'rni nisbati:

$$\frac{\Delta f}{f_{ehy}} = \frac{|f_{o'rn} - f|}{f_{o'rn.}}$$

Chastotaning og‘ishini kelib chiqaradigan sabablari va chastotaning stabillashtirish usullari fazalar muvozanati tenglamasining tahlilida aniqlanishi mumkin. Fazoviy burchaklar α avtogenerator sxemasi parametrlari chastotalari-ning funksiyasi va uning ishlash rejimi hisoblanadi (induktivliklarini, sig‘imlarini – faol elementlar parametrlarini qiymatlari). Destabillashtiruvchilar deb aytiladigan turli omillar ta‘sirida avtogenerator parametrlari o‘zgarib boradi, Bu tenglama (1) dagi fazoviy burchaklarni o‘zgarishiga olib keladi. Biroq burchaklar o‘zgargandan keyin yangi chastotada doimiy tebranish rejimi o‘rnatiladi va o‘zgargan fazoviy burchaklar α yeig‘indisi yana (3) mungosabatini qondiradi. Demak, Avtogenerator chastotasining stabilligini oshirish uchun quyidagi imkoniyatli yo‘llar mavjud:

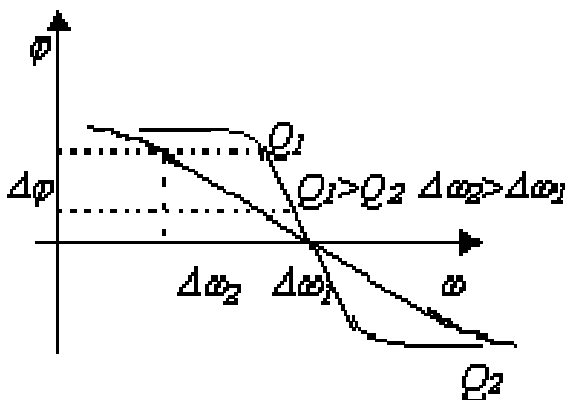
1. Generator rejimini va tebranish sistema parametrlarining turg‘unlikda ushlab turish. Bu yo‘l parametrik stabillash deb nomlanadi.

U ta‘minlovchi kuchlanishlarni o‘zgarmaslikda ushlab turishni talab qiladi. Shuningdek parametrik stabillashni bajarish uchun, tashqi holatlar ta‘sirida (haroratni, namlikni, bosimni va h.k. o‘zgarishi) tebranish sistema o‘z parametrlarini kam o‘zgartirishi kerak.

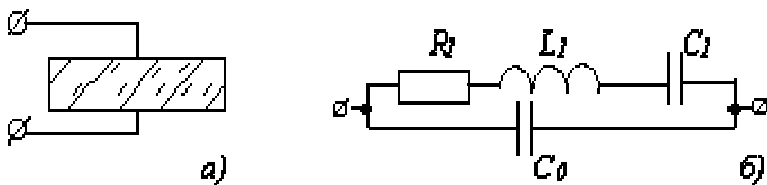
2. Alohida elementlar parametrlari va generatorning ishlash rejimi o‘zgarganda fazoviy burchaklar minimal darajada o‘zgarishida generatorning ishlash rejimini va sxemasini tanlash. Teskari bog‘lama zanjiri

tebranish sistemaga (tebranish konturi) ega bo'lishi va uning fazoviy surilishi chastotasiga bog'liqligi sababli fazoviy-chastotaviy tavsifini katta qiyalikka ega bo'lgan konturni ishlatish zarur, chunki masalan, ishlash rejimining parametrlarini o'zgarishidan kelib chiqadigan fazoviy burchakning bir xil o'zgarishida avtogeneratsiya chastotasining o'zgarishi paydo bo'ladi, kontur uchun kattaroq kichik qiyaligi bilan. Chunki fazochastotaviy tavsifining qiyaligi asllikka bog'liqligi sabbali. Tebranish konturlarning maksimal miqdorli Q ni (65-rasm) ishlatish zarur.

3. Avtogenerator elementlari parametrlarining haroratli o'zgarishlarini xarakteri bo'yicha qarama-qarshi boshqa o'zgarishlar hisobiga o'rnini to'ldirish (asosan harorati oshishi bilan ko'payadigan tebranish konturning sig'imi). Ko'pincha o'rnini to'ldirish uchun manfiy harorat koeffitsiyentli kondensatorlar ishlatiladi, ularning sig'imi harorat ishgan sari kamayadi.



4. Tebranish sistemalar sifatida hususiy tebranish chastotasining yuqori stabilligiga va yuqori sifatiga ega kvarsli rezonatorlar ishlatilishi. Kvarsli rezonatorlar avtogeneratorlar chastotasining nisbiy nostabilligini olishga imkon yaratadi, boshqa yo'llar bilan chastotaning stabillashtirishga yetkazib bo'lmaydi. Kvarsli rezonatorlar – ma'lum bir usul bilan kvars kristallari-dan kesib olingan va to'g'ri va teskari p'yezoeffekt ega bo'lgan plasitinalardir. Plastinaning yon yuzasiga kondensator qoplamasi (66.a-rasm) hisoblanadigan tok o'tkazuvchi metall qoplamalari yotqiziladi. Qoplamalarga o'zgaruvchan EYuK berilganida kvars plastinasi stabil mexanik tebranishlar bajaradi, ularning amplitudasi tashqi EYUK chastotasini kvars plastinasining mexanik tebranishlar hususiy chastotasi bilan to'g'ri kelagnida maksimumga erishadi. Mexanik tebranishlar o'z navbatida qoplamalarda elektr zaryadlar paydo bo'lishini kelib chiqaradi kvars rezonatorlarning rezonans hususiyatlari juda stabillashgan, aslligi esa $\sim 10^7$ miqdorlarga yetadi, bu esa odatdagi tebranish konturlarining aslligidan ko'p marotaba oshadi. Kvars rezonatorining ekvivalent sxemasi 66, b rasmda keltirilgan. Yo'qotish qarshiligi R_1 билан ketma ket tebranuvchi kontur tashkil etuvchi SI kichik sig'imli, katta induktivli LI дан iborat. Shuningdek sxemaga kvars ushlab tu-ruvchi sig'imi SO kiradi. Bunday ekvivalent sxema rezonanisning ikki nuqtasiga ega:



66-rasm.

Ketma-ket konturning rezonans nuqtasi

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

va parallel konturning rezonans nuqtasi.

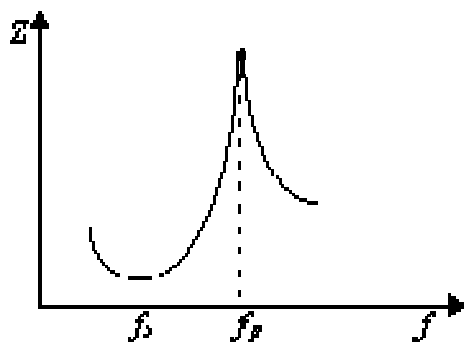
$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \frac{C_1 \cdot C_0}{C_1 + C_0}}}$$

Bu rezonans chastotalar nisbat bilan bog‘liq

$$f_p = f_s \left(1 + \frac{C_1}{2C_0} \right)$$

Parallel konturning rezonansida rezonatorning to‘liq qarshiligi Z maksimumga yetadi, ketma-ketlik rezonatorida esa – minimal bo‘ladi (67-rasm).

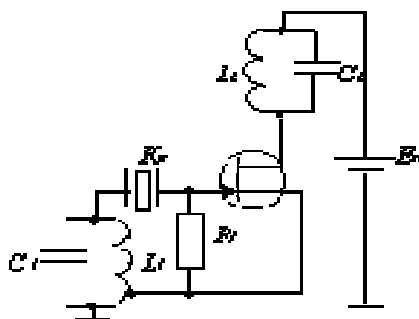
Ikkala rezonatorli nuqtalar avtogeneratorlar shema-sida chastotalarning stabillashtirishi uchun ishlatiladi.



67-rasm.

Kvars avtogeneratorlar sxemasining turli xili mavjud. Bunday sxemalarda toq mexanik garmoniklarda qo'zg'aydigan kvarsli rezonatorlar ko'p holatlarda ketmaketlik rezonasda ishlaydi.

Bunday tipdagi sxemalar tashqi ta'sirlarga kam bog'liq va chastotaning yuqori stabilligini ta'minlaydi. Sxemada kvars generatoriga ega kontur, yonbag'ri chastotalarini so'ndirishini ishonchli ba tebranishlar barqarorligini ta'minlaydi. 68-rasmda maydon tranzistoridagi kvars generatorining sxemasi keltirilgan.



68-rasm.

Kvarsli sxemada teskari bog'lama zanjirida (68-rasm) kvarsli rezonator odatda asosiy chastotasida qo'zg'aydi yoki uchinchi yoki beshinchi bo'lgan mexanik garmoniklar chastotalarida. Avtogenerator kvarsning ketma-ketlik rezonans chastotasiga (yoki unga karraliligida) yaqin chastotasida qo'zg'oladi, chunki bunda uning qarshiligi kam ba teskari bog'lama zanjiri berk bo'lib qoladi. Rezonanslidan farq qiladigan barcha boshqa chastotalarda teskari bog'lama zanjirning qarshiligi uncha katta emas va o'z-o'zini qo'zg'otishi bo'lolmaydi. By sxemaning asosiy ustunligi avtotebranish chastotalarining yuqori stabilligida, garmonikada kvars rezonatori ishlaganida chastotalari 150 MGts gacha bo'lgan chastotalarni olish imkoniyati, sxemaning tashqi qismida esa – ikki karralik yoki uch karralik chastotalar rejimida.

MUNDARIJA

1. Yarimo'tkazgichlar. Yari-
mo'tkazgichlarning elektr hossalari tuzilishi
va hususiyatlari
.....
2. Oddiy yarimo'tkazuvchi elementlar. Yari-
mo'tkazuvchi diodlar
3. Tranzistorlar
.....
.....

4. Qo'shqutbli tranzistorlarning ulanish asosiy sxemalari.....

5. Maydon tranzistorlari

.....

6. Fotoelektrik va elektrooptik signallarni o'zgartirish asosidagi yarim o'tkazuvchi elementlar

.....

..

7. Analogli integral sxemalar. Har turdagi mikrosxemalarning hususiyalari.....

.....

8. Optoelektron mikrosxemalar

.....

9. Kuchaytirish sxemalari. Kuchaytirgichlar. kuchaytirgichning tuzulma sxemasi

.....

10. Operatsion kuchaytirgich

.....

11. Elektr tebranishlar generatorlari

.....

Файл: 1-Elektronika1_isprav
Каталог: C:\Users\ASUS\Documents
Шаблон: C:\Users\ASUS\AppData\Roaming\Microsoft\Шаблоны\Normal.d
otm
Заголовок: Elektronika - 1
Содержание:
Автор: Anvar
Ключевые слова:
Заметки:
Дата создания: 09.08.2006 9:59:00
Число сохранений: 57
Дата сохранения: 02.09.2006 7:55:00
Сохранил: попе
Полное время правки: 986 мин.
Дата печати: 24.01.2014 11:27:00
При последней печати
страниц: 145
слов: 22 431 (прибл.)
знаков: 127 863 (прибл.)