

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

ELEKTRONIKA

laboratoriya ishlariga

USLUBIY KO‘RSATMALAR

Toshkent - 2020

UO'K 621.39(075)
KBK 32.85

5311000–Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (kimyo, neftgaz va oziq ovqat ishlab chiqarishida) bakalavriat ta'lim yo'nalish bakalavr talabalari uchun “Elektronika” fanidan laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma. Abduraxmanov B.A., Umarxodjayeva Z.N., O'rolboyev X.- Toshkent: ToshTU, 2020. 87 b.

Uslubiy ko'rsatma “ Elektronika” fanining birinchi qismida o'rganiladigan asosiy bo'limlar bo'yicha laboratoriya ishlarini o'z ichiga oladi.

I.Karimov nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashning qarori (2020 yil dekabrda -sonli bayonnoma) bilan chop etilgan.

Taqrizchilar:

Alimova N.B. – ToshDTU “Mexatronika va robototexnika” kafedrası professori, dotsent, t.f.d.;

Nazirov D.E. – O'zMU “Yarimo'tkazgizlar va polimerlar” kafedrası dotsenti, f.-m.f.n.

KIRISH

Texnika sohasida mutaxassislarni tayyorlaydigan oliy ta'lim maskanlarida ma'ruza mashg'ulotlaridan tashqari laboratoriya mashg'ulotlarining o'zni beqiyosdir.

Laboratoriya mashg'ulotlarida talabalarning o'quv dasturini muvaffaqiyatli o'zlashtirishi uchun ahamiyatli bo'lgan natijalarni olishga yo'naltirilgan tajribalar amalga oshiriladi. Laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish jarayonida ma'ruza mashg'ulotlarida olgan bilimlarini amalda qanday yuz berishini o'rganadi. Bundan tashqari laboratoriya mashg'ulotlarini bajarishda olgan natijalarini nazariy natijalar bilan taqqoslash imkoniga ega bo'ladi.

Mazkur uslubiy ko'rsatma "Elektronika" fanining fan dasturi bo'yicha tuzilgan bo'lib, fanning laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar berilgan.

Uslubiy ko'rsatmada 9 ta laboratoriya mashg'ulotlari keltirilgan bo'lib, talabalar yarimo'tkazgichli asboblarning tavsiflari va ularning parametrlari, bipolyar tranzistor va maydonli tranzistorda tayyorlangan kuchaytirgichlarning ishlash tamoyilini, operatsion kuchaytirgich asosidagi kuchaytirgich, integrator, komparator sxemalarining ishlash tamoyilini o'rganiladi.

1- LABORATORIYA ISHI

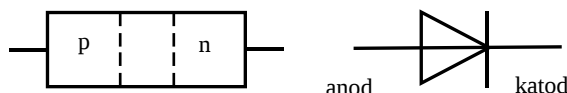
YARIMO‘TKAZGICHLI DIOD XARAKTERISTIKALARINI TEKSHIRISH

Ishdan maqsad: Yarimo‘tkazgichli diod volt amper tavsiflarini tekshirish.

Nazariy ma’lumotlar

Yarimo‘tkazgichli diod ikki elektrodli asbob bo‘lib, uning asosini har xil o‘tkazuvchanlik turiga ega bo‘lgan ikki yarim o‘tkazgich qatlamidan tashkil topgan struktura tashkil qiladi. Qatlamlarning tashqi yon tomonlarida to‘g‘irlamaydigan (omik) kontaktlar shakllantiriladi. Mazkur kontaktdan chiqarilgan chiqish simlari diodlarning elektr zanjiriga ulash uchun ishlatiladi. Yarimo‘tkazgichning chetlarining bo‘linish sohasi erkin zaryad tashuvchilar bilan kambag‘allashgan soha bo‘lib, uni p - n -o‘tish deb ataladi.

p - n -o‘tishga ega bo‘lgan diodda yarimo‘tkazgichning p -qatlamidan chiqarilgan chiqishni anod deb atalsa, n -qatlamidan chiqarilgani katod deb ataladi. Yarimo‘tkazgichli diodning shartli strukturasi va belgilanishi 1.1 – rasmda ko‘rsatilgan.



1.1-rasm. Yarim o‘tkazgichli diodning strukturasi va shartli belgilanishi

Anodga manfiy, katodga musbat kuchlanish berilganda asosiy tashuvchilar (p -qatlamda kovaklar va n -qatlamda elektronlar) diodning tashqi tomonlariga tortiladi va p - n -o‘tish kengligi oshadi. Mukammal bo‘lganda p - n -o‘tish ichida erkin tashuvchilar mavjud bo‘lmaganligi uchun diod orqali tok o‘tmasligi kerak.

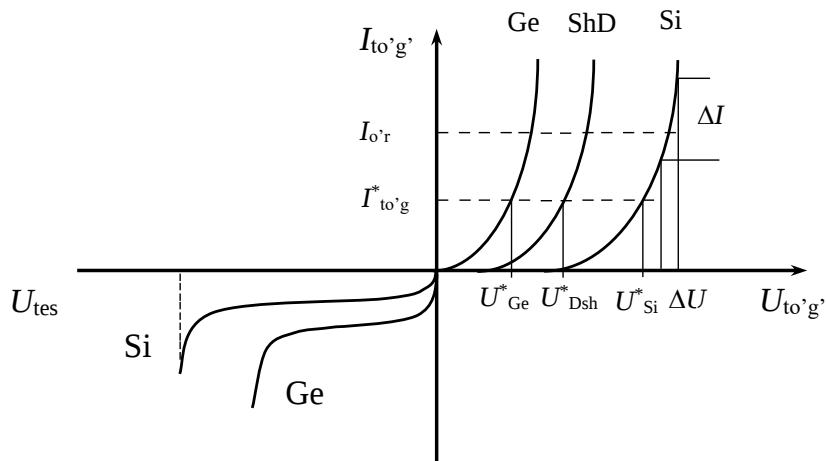
Teskari kuchlanish kamayganda o‘tish qalinligi kamayadi. Qutb o‘zgarganda va to‘g‘ri kuchlanishning ma’lum qiymatida u nolga teng bo‘lib qoladi hamda erkin zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi katta bo‘lgan sohalar tutashadi. Diod orqali to‘g‘ri tok oqib o‘tishni boshlaydi. Uning kattaligi qo‘yilgan kuchlanish va yarim o‘tkazgich materialining xossasiga bog‘liq bo‘ladi.

Real diodlarda teskari kuchlanish qo‘yilganda nolga teng bo‘lmagan teskari

tok (I_{tes}) oqib o'tadi va qo'yilgan kuchlanish oshishi bilan o'sadi. Mazkur tokni n ta tashkil qiluvchining yig'indisi ko'rinishida tasvirlash mumkin.

$$I_{tes} = I_0 + I_H + I_s, \quad (1.1)$$

bu yerda I_0 – noasosiy tashuvchilarning mavjudligi (n -qatlamda kovaklar va p -qatlamda elektronlar) tufayli yuzaga kelgan to'yinish toki (issiqlik toki); I_H – p - n -o'tishda erkin tashuvchilarni paydo bo'lishi bilan bog'liq bo'lgan termogeneratsiya toki bo'lib uning miqdori harorat va o'tish hajmiga (teskari kuchlanish kattaligiga) proporsionaldir; I_s – yarimo'tkazgich sirtining qarshiligi tufayli yuzaga keluvchi sirqish toki. U ham berkituvchi kuchlanishga proporsionaldir. Kichik teskari kuchlanish va katta bo'lmagan hararotlarda $I_{tes}=I_0$.



1.2 – rasm. Har xil materiallardan tayyorlangan yarim o'tkazgichli diodlarning volt-ampere tavsifi

Real yarim o'tkazgichli diodlarda teskari kuchlanishning ma'lum bir kattaligiga yetganda p - n -o'tishning teshilishi yuz beradi. Natijada teskari kuchlanishning keskin oshib ketishi yuz beradi. Teshilish tunnel effekti, p - n -o'tish hajmida elektr maydon kuchlanganligi kattaligi tufayli noasosiy tashuvchilarni ko'chki va ion o'tishi yoki I_H tokni o'sishiga keltirib chiqaruvchi yarim o'tkazgich haroratini oshishi tufayli yuzaga kelishi mumkin.

Dastlabki teshilishning ikki holati elektr, uchinchisi esa issiqlik teshilish deb ataladi. Elektr teshilish qaytariladigan bo'ladi, ya'ni teshilishni keltirib chiqargan teskari kuchlanish olinganda p - n -o'tish o'z xosasini tiklaydi. Issiqlik teshilish qaytarilmas bo'ladi va p - n -o'tishning buzilishiga olib keladi. Elektr teshilish

issiqlik teshilishiga o'tmasligi uchun p - n -o'tishga ajralayotgan issiqlik miqdori sochilayotgandan kam bo'lishi kerak. Elektr teshilish rejimida diod yetarlicha uzoq vaqt bo'lishi mumkin. Bunda dioddagi kuchlanish tushuvning kattaligi 1.2 – rasmda ko'rsatilganda teshilish tok kattaligi bilan kuchsiz bog'langan bo'ladi.

Real diodlarda teskari tok kattaligi yarim o'tkazgich materialiga bog'liq bo'ladi. Kremniyli diodlar uchun I_{tes} xona haroratida 1-10 mikroamper bo'lsa, germaniyli diod uchun 100 mikroamper, milliamper bo'ladi. Teshilish kuchlanishi yarim o'tkazgich materialining tavsifi bilan aniqlanadi va 1 volt dan kilovolt oralig'ida yotadi.

Diod orqali oqib o'tayotgan tok kattaligi qo'yilgan kuchlanish bilan quyidagicha bog'langan.

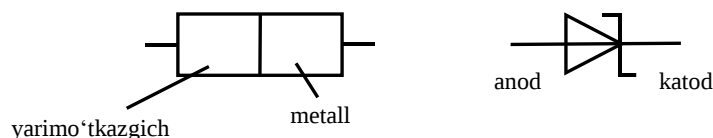
$$I_{tog} \approx I_0 \left[\exp \left(\frac{U}{\varphi_H} - 1 \right) \right], \quad \varphi_H = \frac{kT}{e}, \quad (1.2)$$

bu yerda I_0 – to'yinish toki; U – to'g'ri tok; φ_H – harorat potentsiali; k – Boltsman doimiysi; e – elektron zaryadi; T – mutloq harorat.

Harorat $T = 293^\circ\text{C}$ bo'lganda $\varphi_H = 25$ mV bo'ladi. (1.2) ifodadan 1V atrofidagi to'g'ri kuchlanish uchun p - n -o'tish orqali oqib o'tayotgan 10 va 100 A ga yetishi mumkinligidan kelib chiqadi. Bir xil to'g'ri kuchlanish qo'yilganda kremniyli diod orqali oqib o'tayotgan tok germaniyli diod orqali oqib o'tayotgan tokdan katta bo'ladi. Bu holat mazkur yarim o'tkazgichlarning ta'qiqlangan soha kengliklari farqi bilan tushuntiriladi.

p - n -o'tish teskari tokning kuchlanishga bog'liqligi shu nisbat bilan aniqlanadi. Biroq U kuchlanish manfiy ishorasiga ega bo'ladi. p - n -o'tishga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli diodlardan tashqari kremniyli diodning boshqa turlari mavjud bo'lib, ularda yarimo'tkazgichli qatlamlardan biri metall bilan almashtirilgan bo'ladi va boshqa qatlam bilan to'g'irlovchi kontakti hosil qiladi (1.3 – rasm). Mazkur diod Shottki diodi deyiladi va volt – amper tavsifining to'g'ri tarmog'i germaniyli va kremniyli diodlarning mos tarmog'ining orasida yotishi bilan farq qiladi. Bundan tashqari Shottki diodi berk holatda juda kichik sig'imga

ega bo'lsa, teshilish kuchlanishi bir necha o'n voltdan oshmaydi.



1.3 – rasm. Shottki diodining strukturasi va shartli belgilanishi

Yarimo'tkazgichli diodlar statik holatda volt – amper tavsifining to'g'ri va teskari tarmog'ini tasvirlovchi bir qator parametrlar bilan tavsiflanadi. Shunday parametrlardan biri berilgan to'g'ri $I_{to'g'}$ tokda to'g'ri $U_{to'g'}$ kuchlanish tushuvidir. Keyingi parametr diodning to'g'ri differensial qarshiligi bo'lib, quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$r_{d\ to'g'} = \left. \frac{dU_{to'g'}}{dI_{to'g'}} \right|_{I_{np.}=I_0} \approx \left. \frac{\Delta U_{to'g'}}{\Delta I_{to'g'}} \right|_{I_{to'g'}=I_0}, \quad (1.4)$$

bu yerda $\Delta I_{to'g'} - I_{to'g'} = I_0$ sohasida to'g'ri tokni o'zgarishi. $\Delta U_{to'g'}$ unga mos keluvchi to'g'ri kuchlanishning o'zgarishi. Diod volt – amper tavsifi to'g'ri tarmog'idan $r_{d.to'g'}$ qarshilik oqib o'tayotgan tok yoki qo'yilgan kuchlanish funksiyasi ekanligidan kelib chiqadi.

Mukammal $p-n$ -o'tish uchun to'g'ri qarshilik kattaligi quyidagicha aniqlanishi mumkin:

$$r_{to'g' \ p-n} \approx \frac{\phi_H}{I_{to'g'}}. \quad (1.5)$$

Real diodlarning to'g'ri qarshiligi yarimo'tkazgich va tok o'tkazuvchi kontaktlarda yo'qotilishlar tufayli har doim $p-n$ -o'tish qarshiligidan katta bo'ladi.

Diodning differensial teskari qarshiligi quyidagicha aniqlanadi:

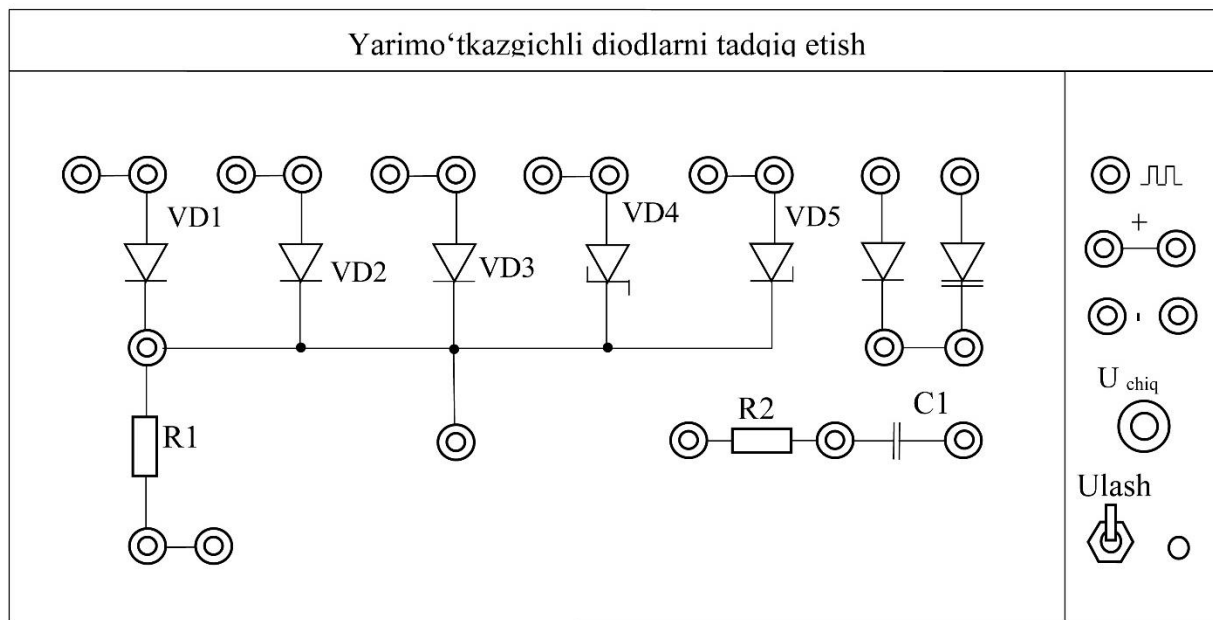
$$r_{d\ tes} = \left. \frac{dU_{tes}}{dI_{tes}} \right|_{U_{tes}=U_{tes}^0} \approx \left. \frac{\Delta U_{tes}}{\Delta I_{tes}} \right|_{U_{tes}=U_{tes}^0}. \quad (1.6)$$

To'g'ri qarshilik kattaligi 0.01 Om dan 100 Om oralig'ida yotsa teskari qarshilik 1 kOmdan 100 MOmgacha bo'lgan oraliqda yotadi. Yarimo'tkazgichli diodning asosiy statik parametrlaridan biri maksimal ruxsat berilgan to'g'ri tok va

maksimal ruxsat berilgan teskari kuchlanish.

Tajriba standining tuzilishi

Laboratoriya ishini bajarish uchun mo'ljallangan stand o'lchash asboblari, ossillograf va sig'im o'lchagichidan tashkil topgan. Stand oldi panelining tashqi ko'rinishi 1.4–rasmlarda ko'rsatilgan.



1.4 – rasm. Laboratoriya standining oldi panelini ko'rinishi

O'lchash stendi PA1 milliamper va PV1, PV2 ikkita voltmetrlarni o'z ichiga oladi. O'lchash chegarasi asbob tagida joylashga uzib ulagich yordamida o'zgartirish mumkin. Mazkur stand o'zgarmas kuchlanish va toklarni o'lchash uchun mo'ljallangan.

Laboratoriya stendi chiqish toki 150 mAda cheklangan va chiqish kuchlanishining o'zgarish oralilig'i $0 \div \pm 30B$ bo'lgan rostlanadigan ta'minot manbasidan iborat bo'ladi. Manbani ulash tumblari, kuchlanishni rostlash dastagi tashkil topgan va uning chiqish uyachalari laboratoriya stendi panelining o'ng qismida joylashgan.

Mazkur laboratoriya ishida o'rta quvvatdagi yarimo'tkazgichli diodning asosiy tavsiflari tadqiq etiladi. Diodning chiqishlari mos klemmalarga ulangan. Diodlar sifatida quyidagilar ishlatilgan: VD1 – KД202Б markadagi katta quvvatli diod; VD2 - KД226Б o'rta quvvatli diod; VD3 – Д7Ж o'rta quvvatagi germaniyli

diod; VD4 - КД219А katta quvvatli Shottki diodi; VD5 – Д815Ж stabilitron, VD6 – КД209А kremniyli diod, VD7 – КБ127А varikap, R2, C1 zanjiri varikap voltfarada tavsifini tadqiq etishda talab etiladi. 1 Om nominaldagi R1 rezistor tadqiq etilayotgan diod orqali oqib o'tayotgan tokning datchigi sifatida qo'llaniladi.

Laboratoriya stendini ulash «o'lchash» tumblerini yuqori holatga o'tkazish bilan amalga oshiriladi.

Ishni bajarish

1. Yarimo'tkazgichli diod voltamper tavsifining to'g'ri tarmog'i olinsin va qurilsin.
2. Yarimo'tkazgichli diod voltamper tavsifining teskari tarmog'i olinsin va qurilsin.
3. Diodning to'g'ri dinamik $r_{d.to'g'}$ va statik $R_{st.to'g'}$ qarshiliklari aniqlansin.
4. $r_{d.to'g'}$ va $R_{st.to'g'}$ ni to'g'ri tokka bog'liqlik grafigi qurilsin.

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

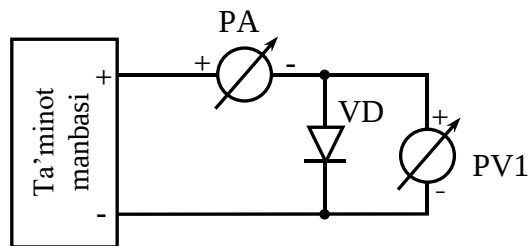
Yarimo'tkazgichli diod voltamper tavsifining to'g'ri tarmog'ini tadqiq etish:

1. VD1 diodni tadqiq etish uchun 1.5 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.
2. Kuchlanishni rostlash dastagini chetki chap holatga ($U_{chiq}=0$), PV1 voltmetrni o'lchash chegarasini 0,75V, PA1 milliampermetrning o'lchash chegarasini 0,1 mAga o'rnatish. Tumbler bilan ta'minotni ulang.
3. Ochiq VD1 diod voltamper tavsifini o'lchashni amalga oshiring. Buning uchun rostlash dastagini o'ngga burish bilan dioddagi kuchlanishni oshiriladi. Kuchlanishning qiymati to'g'ri tok 0,1 mA; 0,3 mA; 1 mA; 10 mA; 30 mA; 50 mA; 80 mA va 100 mA qiymatlarga erishganda o'lchanadi. Olingan ma'lumotlarni jadvalga kiritish:

$U_{to'g'r}(V)$									
$I_{to'g'r}(mA)$	0,1	0,3	1	3	10	30	50	80	100

4. Xuddi shunday o'lchashlarni VD2÷VD4 diodlar uchun amalga oshiring. Tadqiq etilayotgan diodlarni ulashni laboratoriya stendi uzilgan vaqtda amalga

oshiring.



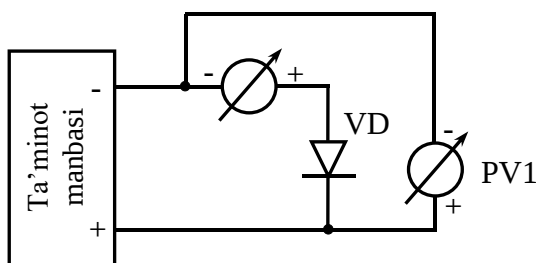
1.5 – rasm. Yarimo‘tkazgichli diod voltamper tavsifining to‘g‘ri tarmog‘ini tadqiq etish uchun sxema

Yarimo‘tkazgichli diod voltamper tavsifining teskari tarmog‘ini tadqiq etish:

1. VD1 diodni tadqiq etish uchun 1.6 – rasmda keltirilgan sxemani yig‘ing. Kuchlanishni rostlash dastagini chetki chap holatga, PV1 voltampelni o‘lchash chegarasini – 3 V, PA1 – milliampermetrni o‘lchash chegarasini 0,1 mAga o‘rnating. Ta‘minotni ulang.

2. Diod orqali oqib o‘tayotgan teskari tokni berkituvchi kuchlanish kattaligiga bog‘liqligini oling. Buning uchun ta‘minot manba kuchlanishini 0 V, 1 V, 3 V, 6 V, 9 V, 12 V, 15 V, 21 V va 27 V qo‘ygan holda PA1 bo‘yicha teskari tok qiymatini qayd qiling va olingan ma‘lumotlarni jadvalga kiriting.

3. Xuddi shunday o‘lchashlarni VD2; VD3 diodlar uchun amalga oshiring. Tadqiq etilayotgan diodlarni stand uzilgan vaqtda amalga oshiring.



1.6 – rasm. Yarimo‘tkazgichli diod voltamper tavsifining teskari tarmog‘ini tadqiq etish uchun sxema

Natijani qayta ishlash

Har bir diodlar uchun to‘liq voltamper tavsifini quring.

Voltamper tavsifi grafigi bo‘yicha diodning to‘g‘ri dinamik $r_{d.to'g'}$ va statik $R_{st.to'g'}$ qarshiligini aniqlang. Hisoblashlarni $I_{to'g'}=10$ mA; 30 mA; 50 mA va 100

mA nuqtalar uchun oling. Hisoblash uchun quyidagi ifodalardan foydalaning:

$$r_{dr.to'g'} = \frac{\Delta U_{to'g'}}{\Delta I_{to'g'}} \bigg|_{I_{to'g'} = 10, 30, 50, 100 \text{ mA}}; R_{st.to'g'} = \frac{U_{to'g'}}{I_{to'g'}} \bigg|_{I_{to'g'} = 10, 30, 50, 100 \text{ mA}}.$$

$\Delta I_{to'g'}$ kattalikni 10 mAga teng deb oling (berilgan $I_{to'g'}$ qiymatga nisbatdan ± 5 mA). Xuddi shunga o'xshash $U_{tes} = 12$ V, $\Delta U_{tes} = 6$ V (berilgan nuqtaga nisbatan ± 3 V) da diodning dinamik teskari qarshiligi aniqlanadi. $r_{d.to'g'}$ va $R_{st.to'g'}$ ni to'g'ri tokka bog'liqlik grafigini quring.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Tajriba ishining bayonnomasi.
2. Volt amper tavsifini olish uchun sxemalar.
3. Volt amper tavsiflarning chizmasi.
4. КД202Б, КД226Б va КД219A diodlarning ma'lumotlari va tavsiflari.
5. Bajarylган ish bo'yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Yarimo'tkazgichli diod nima?
2. Qaysi xususiyatlar bo'yicha diodlar sinflanadi?
3. Baza qarshiligining ta'sirini aytib bering.
4. Diod VATning teskari tarmog'ini aytib bering.
5. Generatsiya tokini tushuntiring.
6. To'yinish toki tushunchasini tushuntiring.
7. Mukammallashtirilgan $p-n$ -o'tishning differensial qarshiligi qanday aniqlanadi?
8. O'tishning qanday holati teshilish deb nomlanadi.
9. Ko'chkili, tunnelli va issiqlik teshilishlarni tushuntiring.
10. Varikap nima?
11. Varikaplarning asosiy parametrlarini ayting.
12. Shottki diodiga ta'rif bering.
13. Tunnel diodi nima?

14. Tunnel diodining ekvivalent sxemasini chizing va tushuntiring.

2- LABORATORIYA ISHI

YARIMO‘TKAZGICHLI BIPOLYAR TRANSIZTOR

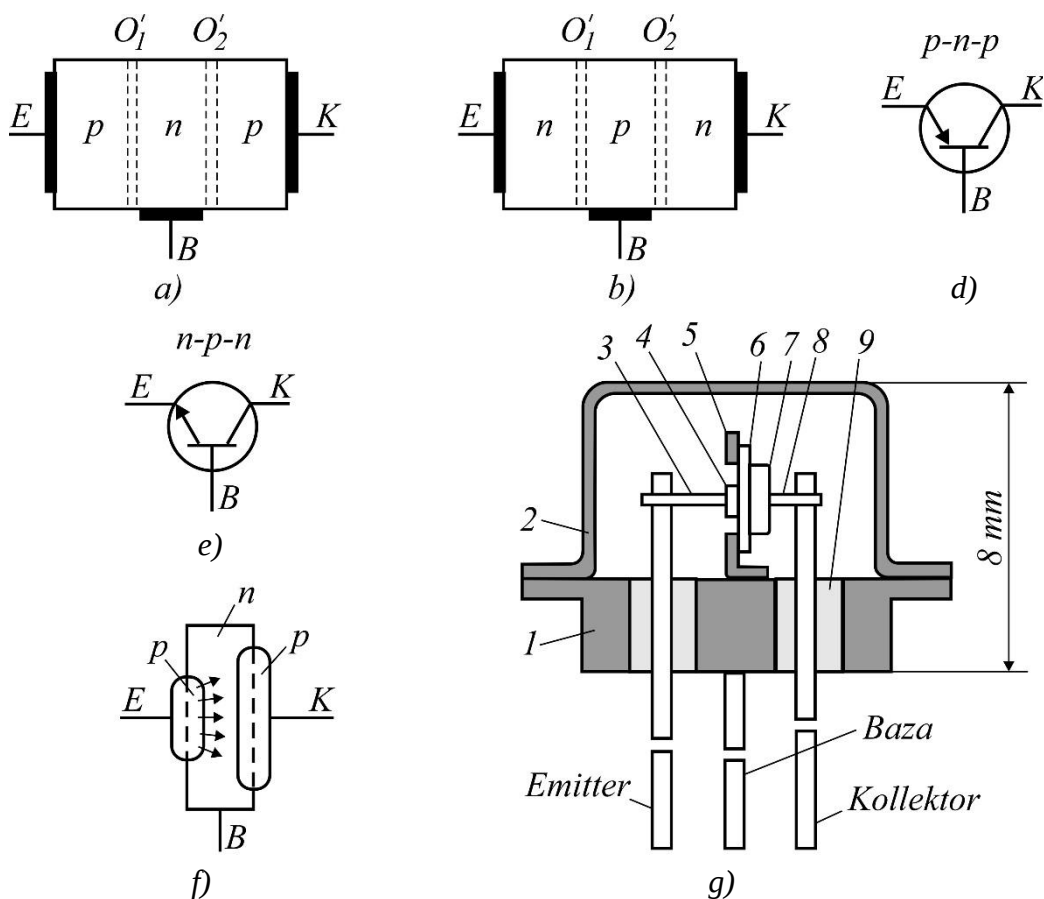
XARAKTERISTIKASIINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad: Bipolyar tranzistorlarning turli ulanish sxemalaridagi volt amper tavsiflari va parametrlarning o‘ziga xosligini o‘rganish.

Nazariy ma’lumotlar

Tranzistor boshqariladigan element bo‘lib, kuchaytirish sxemalarda, shuningdek impuls sxemalarda keng qo‘llaniladi. Bipolyar tranzistor elektr o‘tkazuvchan qatlam turi birin ketin keluvchi uch qatlamli yarimo‘tkazgichli struktura bo‘lib, ikkita $p-n$ o‘tishga ega bo‘ladi. Qatlamlarning navbatma - navbat kelishiga bog‘liq ravishda $p-n-p$ va $n-p-n$ turdagi tranzistorlar mavjuddir (2.1, a, b – rasm). Ularning elektron sxemadagi shartli belgilanishi 2.1, d, e – rasmlarda ko‘rsatilgan. Uch qatlamli strukturani olish uchun boshlang‘ich material sifatida germaniy yoki kremniy ishlatiladi. Uch qatlamli tranzistor strukturasi qotishma yoki diffuzion texnologiya bo‘yicha yaratiladi. Qotishma texnologiya bo‘yicha tayyorlangan $p-n-p$ -turdagi uch qatlamli tranzistor strukturasi 2.1, f – rasmda ko‘rsatilgan. n -turdagi yarimo‘tkazgichli plastina konstruksiyaning asosi bazasi bo‘ladi (bu yerdan qatlamning nomi kelib chiqadi). Ikki chetki p -qatlam mos materialni erishida akseptor kirishmalarini diffuziyasi natijasida hosil bo‘ladi. Qatlamlardan biri emitter, boshqasi kollektor deb ataladi. Shu nomlar bilan mazkur qatlamlarni baza qatlami bilan hosil qilgan $p-n$ o‘tishlar va tashqi chiqish simlari aytiladi.

Tranzistorni ishlash tamoyili va uning asosiy parametrlari. Bipolyar tranzistorni ishlash tamoyilini $p-n-p$ -turdagi struktura misolida ko‘rib chiqamiz. Tranzistorga tashqi kuchlanish shunday ulanishi kerakki, bunda emitter o‘tishi to‘g‘ri yo‘nalishda kollektor o‘tishi esa teskari yo‘nalishda siljishi ta’minlanishi kerak. Bu ikkita U_E va U_K kuchlanishi manbasi yordamida ta’minlanadi. U_E kuchlanish bazaga nisbatan musbat qutbi bilan emitterga ulansa, U_K kuchlanish bazaga nisbatan manfiy qutbi bilan kollektorga ulanadi (umumiy baza sxemasi).



2.1 – rasm. $p-n-p$ (a) va $n-p-n$ (b) turdagi tranzistorning strukturasi. Uning elektron sxemadagi shartli belgilanishi (d, e); $p-n-p$ turdagi qotishmali tranzistor strukturasi (f); kichik quvvatli tranzistor konstruksiyasi (g): 1 – qobiq tagi; 2 – kolba; 3 – emitterning ichki chiqish simi; 4 – indiy tabletkasi; 5 – kristall ushlagich; 6 – n -turdagi germaniy plastinasi; 7 – indiy tabletkasi; 8 – kollektorning ichki chiqish simi; 9 – shishali izolayator

Emitter o‘tishida tashqi kuchlanish U_E to‘g‘ri yo‘nalishda amal qilganligi sababli emitter qatlamining asosiy zaryad tashuvchilari – kovaklar uchun potensial to‘siq pasayadi hamda diffuziya ta’siri ostida kovaklar katta miqdorda emitterdan baza sohasiga o‘tadi (injeksiyalanadi). Xuddi shunga o‘xshash emitterga elektronlarning diffuzion oqimi oshadi (baza sohasining asosiy zaryad tashuvchilari). To‘g‘ri yo‘nalishda siljigan $p-n$ o‘tish uchun sohalardagi noasosiy zaryad tashuvchilar tomonidan hosil qiladigan dreyf tokining tashqil qiluvchisining yetarlicha kichikligini hisobga olgan holda emitter o‘tishi hamda emitter zanjiridagi tokni quyidagicha ifodalash mumkin:

$$I_e = I_{ep} + I_{en} \quad (2.1)$$

I_{ep} kovakli tok tashkil qiluvchisi emitterdan bazaga o‘tayotgan kovaklar oqimi tomonidan hosil qilinadi. Kovaklarning kattagina qismi kollektorga yetib boradi va tranzistori kollektor toki kelib chiqaradi. Tokning elektron tashkil

qiluvchisi I_{en} bazadan emitterga elektronlarni harakatlanishi tufayli yuzaga keladi. U kirish zanjiri bo'yicha U_E manba orqali tutashadi hamda foydali ishlatilmaydi (kollektor zanjirida tokni hosil qilish uchun). Shunday qilib, emitter o'tishining vazifasi hamda emitter o'tishdagi jarayonlar zaryad ta'vchilarning (kovak) bazaga injeksiya qilishiga qaratilgan.

Emitter o'tishning muhim ko'rsatgichlardan biri injeksiya koeffitsiyenti γ bo'lib, to'liq emitter tokidan qancha qismini kovak tashkil qilishini ko'rsatadi:

$$\gamma = I_{ep} / I_e. \quad (2.2)$$

Sanoatda ishlab chiqarilayotgan tranzistor uchun injeksiya koeffitsiyenti $\gamma = 0,97 \div 0,995$ ni tashkil qiladi.

Injeksiyalanayotgan kovaklar baza qatlamiga tushganda emitterga yaqin bo'lgan bazada kovaklarning konsentratsiyasiga p_n qaraganda oshiradi. Emitter o'tish bilan bo'lgan chegarada kovaklarning $p_n(0)$ konsentratsiyasi hosil bo'ladi.

$p_n(0)$ konsentratsiya ta'sirida bazada kovaklarning kollektor tomon, ya'ni konsentratsiya kam bo'lgan yo'nalishda diffuzion harakati rivojlanadi. Diffuziya ta'siri ostida kollektorga yetib borgan kovaklar o'tish maydoni tomonidan tezlashtiriladi va kollektorga o'tkaziladi.

Baza orqali harakatlanish jarayonida kovaklarning ma'lum bir qismi elektronlar bilan rekombinatsiyasi tufayli kovaklarning konsentratsiyasi kamayadi. Shu bilan birga kovaklarni elektron bilan rekombinatsiyasi kovaklarni kompensatsiya qilish uchun talab etilgan elektronlarning etishmovchiligiga olib keladi emitterdan bazaga doimo kirib kelayotgan kerakli bo'lgan elektronlar baza zanjiri bo'yicha kirib keladi va tranzistorning I_{be} baza tokini hosil qiladi. Mos ravishda emitter va kollektor toklarining kovak tashkil qiluvchilari orasidagi farq bazada kovaklarni rekombinatsiya tufayli yuzaga kelgan baza tokini hosil qiladi. Bunga muvofiq tranzistor toklarining kovak tashkil qiluvchilari uchun quyidagi nisbatni yozamiz:

$$I_{ep} = I_{kp} + I_{bp}. \quad (2.3)$$

Emitterdan kollektorga yetib borgan kovaklar qismini aniqlash uchun

bazada kovaklarning ko‘chish koeffitsiyenti δ kiritilgan bo‘lib, u kollektor tokning kovak tashkil qiluvchisini emitter tokiga kovak tashkil qiluvchisining nisbatiga teng:

$$\delta = I_{kp} / I_{ep} . \quad (2.4)$$

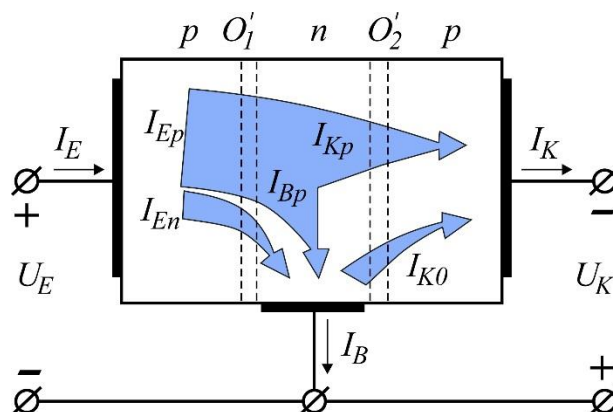
Tranzistorlar uchun δ koeffitsiyent qiymati 0,96-0,996 oralig‘ida yotadi.

Kovak tashkil qiluvchi I_{kp} bilan asoslangan tranzistorning kollektor toki I_k emitter toki I_e bilan tok uzatish koeffitsiyenti α bilan bog‘langan:

$$\alpha = I_{kp} / I_e . \quad (2.5)$$

Yuqoridagi ifodaning surat va mahrajini I_{ep} ga ko‘paytirish quyidagini olamiz:

$$\alpha = \frac{I_{ep}}{I_e} \frac{I_{kp}}{I_{ep}} = \gamma \delta . \quad (2.6)$$

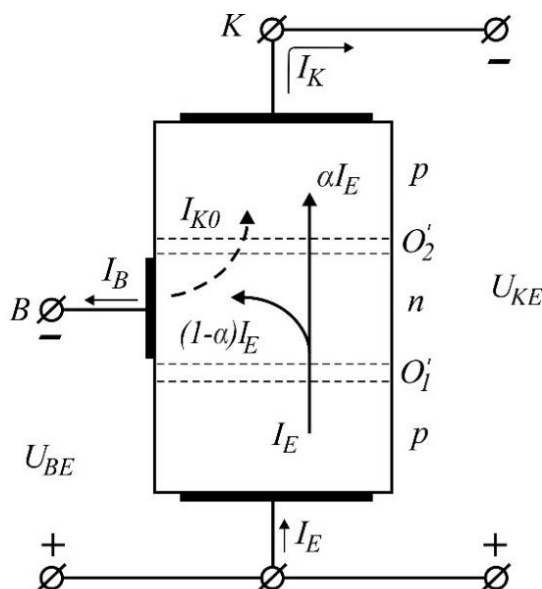


2.2 – rasm. Tranzistorlarda tok tashkil qiluvchilarning diagrammasi

Teskari yo‘nalishda ulangan kollektor o‘tishning mavjudligi qo‘shimcha tarzda kollektor o‘tishning I_{k0} teskari tokini oqib o‘tishi tufayli yuzaga kelgan kollektor tokining boshqarilmaydigan tashkil qiluvchisini paydo bo‘lishiga olib keladi. Teskari tok teskari ulangan p - n o‘tishning yaqin sohalaridan noasosiy zaryad tashuvchilarning dreyfi tufayli hosil bo‘ladi. 2.2-rasmda ko‘rilayotgan sxemada tranzistor orqali toklarni oqib o‘tishi ko‘rsatilgan.

Bipolyar tranzistorning ulanish sxemalari. Tranzistor sxemaga ulanayotganda chiqishlaridan biri kirish va chiqish zanjiri uchun umumiy qilib ulanadi, shu sababli quyidagi ulanish sxemalari mavjud: umumiy baza; umumiy emitter; umumiy kollektor . Bu vaqtda umumiy chiqish potentsiali nolga teng deb

olinadi.



2.3 – rasm. Umumiy emitter bo'yicha tranzistorni ulanish sxemasi

UE sxemasi. UE sxemada (2.3 – rasm) emitter chiqish simi tranzistor kirish va chiqish zanjiri uchun umumiydir. U_{KE} , U_{BE} ta'minot kuchlanishi mos ravishda baza va emitter orasiga, shunindek kollektor va emitter orasiga beriladi. Baza qatlamida kuchlanish tushuvini hisobga olmagan holda U_{BE} kuchlanishi emitter o'tishdagi kuchlanishni aniqlaydi. Kollektor o'tishidagi kuchlanish $U_{KE} - U_{BE}$ farqi sifatida aniqlanadi.

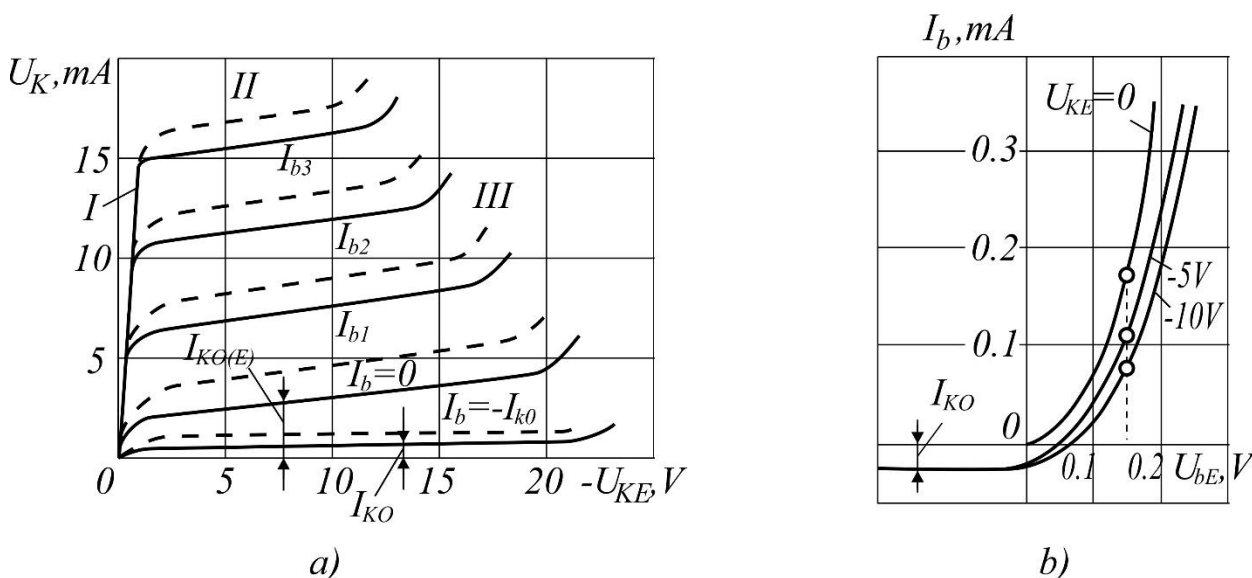
UE sxemasida tranzistorning chiqish tavsifi $I_B = \text{const}$ bo'lganda kollektor tokini $I_K = f(U_{KE})$ bog'liqligini aniqlaydi (2.4, a – rasm). UB sxemasi kabi bu yerda ham uchta o'ziga hos sohani ajratish mumkin: *I* – boshlang'ich soha; *II* - I_K ni U_{KE} ga nisbatan kuchsiz bog'liqligi; *III* – kollektor o'tishini teshilishi.

UE sxemasida tranzistorning kollektor tavsifi UB sxemasidagi mos tavsifdan farq qiladi. Hususan ular koordinata boshidan boshlanadi va *I* bo'lak birinchi kvadrantda joylashadi. $U_{KE} = 0$ da kollektor kuchlanish U_{BE} ga teng bo'ladi. Kollektor o'tishi orqali kovaklarning oqimi (kollektordan bazaga va emitterdan kollektorga) o'zaro tenglashadi va kollektor toki nolga teng bo'ladi. *I* soha U_{KE} kuchlanishi oshgani sari kollektor o'tishida to'g'ri kuchlanish olinadi hamda *II* sohada o'tishda teskari kuchlanish amal qiladi. *I* sohadan *II* sohaga o'tish nuqtasiga 0,5 – 1,5 V atrofidagi U_{KE} kuchlanish mos keladi.

II sohada UE sxemasi uchun tavsifining o‘ziga xos tomonini I_E tokni I_B va I_K toklar orqali ifodalab ko‘rsatamiz. U_{KB} ni U_{KE} ga almashtirilgandan so‘ng quyidagi analitik shaklda yozilgan UE sxemadagi tranzistorining kollektor tavsifini olamiz:

$$I_K = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_b + \frac{U_{KE}}{r_{k(b)}(1-\alpha)} + \frac{1}{1-\alpha} I_{k0} = \beta I_b + \frac{U_{KE}}{r_{k(b)}/(1+\beta)} + (1+\beta)I_{k0}, \quad (2.7)$$

bu yerda $\beta = I_k / I_b = \alpha / 1 - \alpha$ UE sxemasida tokni uzatish koeffitsiyenti.



2.4 – rasm. UE sxemasi bo‘yicha ulangan tranzistorning chiqish (a) va kirish tavsiflari (b)

β koeffitsiyent kollektor tokini kirish I_b toki bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Agarda tranzistorlar uchun $\alpha=0,9\div0,99$ bo‘lsa, u holda $\beta=0,9\div0,99$ bo‘ladi. Boshqacha aytganda UE sxemasida tranzistor tok bo‘yicha kuchaytirishni beradi. Bu esa UE sxemasi bo‘yicha ulangan tranzistorning eng muhim afzalligidir. (2.7) ifodani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$I_K = \beta I_b + U_{KE} / r_{k(E)} + I_{k0(E)}. \quad (2.8)$$

Bu yerda $r_{k(E)} = r_{k(b)} / (1 + \beta)$, $I_{k0(E)} = (1 + \beta)I_{k0}$.

Tranzistorni ishlash tamoilidan ma‘lumki, baza chiqish simi orqali qarama qarshi yo‘nalishda ikkita tok tashkil qiluvchisi oqib o‘tadi (2.3 – rasm): I_{k0} kollektor o‘tishining teskari toki va emitter tokining $(1-\alpha)I_E$ qismi. Bunga bog‘liq ravishda baza tokining nol qiymati ($I_B=0$) mazkur tok tashkil qiluvchilarni tengligi bilan aniqlanadi, ya‘ni $(1-\alpha)I_E = I_{k0}$. Nol kirish tokiga $I_E = I_{k0} / (1-\alpha) = (1+\beta)I_{k0}$ emitter toki va $I_k = \alpha I_E + I_{k0} = \alpha I_{k0} / (1-\alpha) + I_{k0} = (1+\beta)I_{k0}$ kollektor toki mos keladi.

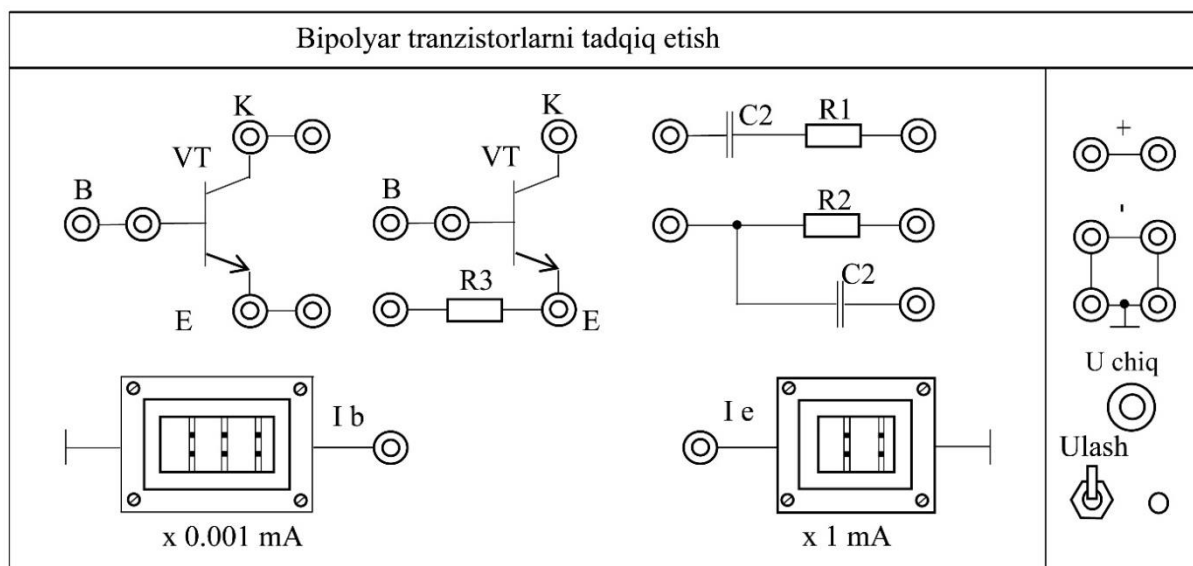
boshqacha aytganda baza toki nol bo'lganida UE sxemasida tranzistor orqali $(1+\beta)I_{k0}$ ga teng bo'lgan boshlang'ich $I_{k0(E)}$ tok oqib o'tadi.

Emitter o'tishni o'tkazmaydigan holatga o'tkazilsa, ya'ni $U_{BE} \geq 0$ kuchlanish berilsa, u holda kollektor toki I_{k0} gacha kamayadi (2.4, a – rasm) hamda baza-kollektor zanjiri bo'yicha oqib o'tayotgan kollektor o'tishning teskari (issiqlik) toki bilan aniqlanadi. $I_B = 0$ ga mos keluvchi tavsifning pastida yotuvchi tavsif sohasi uzilish sohasi deb ataladi.

Tranzistorning kirish (baza) tavsifi o'rnatilgan kollektor – emitter kuchlanishida baza tokini baza-emitter kuchlanishiga bog'liqligini ko'rsatadi: $I_B = f(U_{BE})_{U_{KE} = \text{const}}$ (2.4, b – rasm).

$U_{KE} = 0$ da kirish tavsifi parallel ulangan ikki $p-n$ -o'tishning (emitter va kollektor) volt-ampere tavsifiga mos keladi. Baza toki emitter hamda emitter rejimida ishlovchi kollektor toklarining yig'indisiga teng.

$U_{KE} < 0$ da baza toki emitter tokining kichik qismini tashkil qiladi. Ma'lum bir U_{BE} kattalikda $U_{KE} < 0$ kuchlanishni uzatilishi I_B tokini kamayishiga, ya'ni tavsifni $U_{KE} = 0$ qiymati egri chiziqqa nisbatan pastga siljishiga olib keladi. U_{KE} ning mutloq qiymatini keyingi oshishi baza modulyasiya effekti tufayli I_B tokni kamayishi sababli tavsifni absissa o'qiga siljitadi. I_B tokda I_{k0} tashkil qiluvchi bo'ladi. Shuning uchun $U_{KE} < 0$ da kirish tavsifi I_{k0} ga teng bo'lgan baza tokining manfiy qiymat nuqtasidan boshlab chiqadi.



2.5 – rasm. Laboratoriya standining oldi panelini ko'rinishi

Tajriba standining tuzilishi

Laboratoriya stendi oldi panelining ko'rinishi 2.5 – rasmda ko'rsatilgan. Laboratoriya stendi rostlanadigan ta'minot manbasiga ega bo'lib, chiqish kuchlanishi 0 -30 V oralig'ida o'zgaradi va chiqish toki 150mA darajasida cheklangan.

Manbani ulash tumbleri, kuchlanishni rostlash dastagi va chiqish uyachalar stenda o'ng qismida joylashgan. Mazkur laboratoriya ishida KT819A turidagi VT1 va VT2 tranzistorlarning tavsifi tadqiq etiladi.

Baza va emitter toklarini berish uchun diskret rostlanadigan tok manbalari bo'lib, ularning chiqishlari stend panelida I_b va I_e belgilar bilan belgilangan uyachalari ulangan. Toklarni rostlash uzib ulagich bilan amalga oshiriladi: baza toki – 0,001mA qadam bilan 0÷0,999mA oraliqda; emitter toki 1mA qadam bilan 0÷99mA oraliqda.

Tok manbasining umumiy chiqish simi ta'minot manbasining “–” klemmasi bilan ulangan. Bundan tashqari maketda tranzistorning chastota xossalarini ta'qiq etishda qo'llaniladigan $R1C1$ va $R2C2$ zanjirlar kiradi. Laboratoriya stendini ulash «ulash» tumbleri yordamida amalga oshiriladi.

Ishni bajarish

1. Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning kirish va chiqish tavsiflari olinsin va qurilsin.
2. Umumiy emitter sxemani bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning kirish va chiqish tavsiflari olinsin va qurilsin.
3. Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar transistor uchun h_{11UB} va h_{12UB} parametr aniqlansin.
4. Umumiy emitter sxemani bo'yicha ulangan bipolyar transistor uchun h_{11UE} , h_{12UE} , h_{21UE} va h_{22UE} parametrlar aniqlansin.
5. Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar transistorning h_{21UB} parametri uchun $\alpha = f(I_E)$ bog'liqlik aniqlansin.

6. $\beta(I_K)$ bog'liqlikni aniqlansin.

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

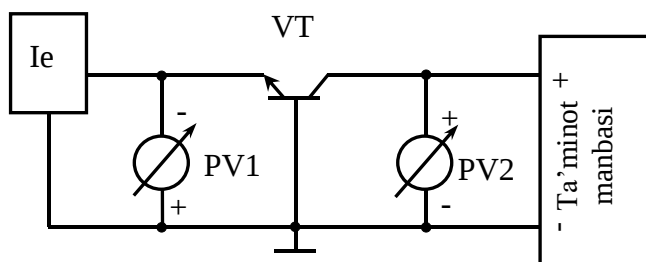
Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning kirish tavsifini tadqiq etish:

1. Kirish tavsifini olish uchun VT1 tranzistordan foydalangan holda 2.6 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing. Kuchlanishni rostlash dastagini chetki chap holatga o'rnatish. Voltamperning o'lchash chegarasini DV1 – 0,75V, DV2 – 0,75V o'rnatish I_e uzib ulagichni 00 holatga o'tkazish.

2. Tumbler bilan manbani ulang. Rostlash dastagi bilan tadqiq etilayotgan tranzistorning baza va kollektori orasida nol kuchlanish qo'ying uzib ulang ulagich yordamida emitter tokining 0, 1, 3, 5, 8, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90mA teng qiymatlarini bergan holda PV1 voltmetr yordamida emitter-baza o'tishdagi kuchlanishni o'lchang hamda natijani jadvalning birinchi qatoriga kiriting.

I_E (mA)	0	1	3	5	8	10	20	30	40	50	60	90	
U_{BE} (V)													$U_{BK} = 0$
U_{BE} (V)													$U_{BK} = 10$

3. Rostlagich yordamida kuchlanishni $U_{BK} = 10V$ o'rnatish hamda o'lchashni takrorlab, ikkinchi qatorni to'ldiring.



2.6 – rasm. Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan tranzistorning kirish tavsifini tadqiq etish uchun sxema

Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning chiqish tavsifini tadqiq etish

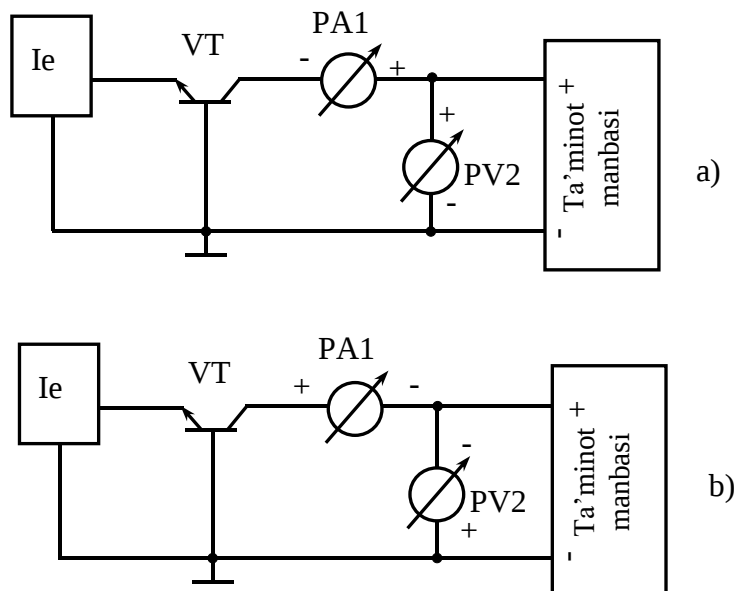
1. VT1 tranzistor bilan 2.7, a – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

2. Mos uzib ulagich yordamida emitter tokini nolga teng, PA1ni o'lchash chegarasini – 0,1mA, PA2ning o'lchash chegarasini – 30 Vga, kuchlanish rostlash dastasini chetki o'ng holatga ($U_{BK} = U_{BK \max}$) o'rnatish. Stendni ulang. Rostlash

dastasini aylantirish bilan $U_{BK} = 27 \text{ V}$ kuchlanishni o'rnatish. Ushbu ulagich yordamida emitter tokini 0, 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 80, 90mA teng qiymatlarini bergan holda kollektor tokini o'lchashni amalga oshiring. Natijani 2.8 – rasmda keltirilgan jadvalning chetki chap ustuniga kiriting.

3. 10 mAda oshadigan emitter toklarida tadqiq etilayotgan tranzistorni sochidigan quvvat uni qizishiga, mos ravishda tavsifni o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun emitterning katta toklaridagi o'lchamlarini imkon qadar tezkor o'tkazish kerak.

4. Emitter tokini nolga teng qilib o'rnatish jadval bo'yicha (2.8 – rasm) U_{BK} kuchlanishning keyingi qiymatini bering va o'lchashni takrorlang. U_{BK} kuchlanishni nol kuchlanishga o'zgartirgan holda jadvalni kollektor tokining o'lchangan qiymatlari bilan to'ldiring.



2.7 – rasm. Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan tranzistorning chiqish tavsifini tadqiq etish uchun sxema

5. Laboratoriya stendi uzilgan holatda o'lchash asboblarning ulanish qutbini 2.8, b – rasmda ko'rsatilganidek o'zgartiring. PV2ning o'lchash chegarasini 0,75V qilib o'rnatish.

6. Kuchlanishni rostlash dastagini chapga buragan holda $U_{BK} = -0,25 \text{ V}$ kuchlanishni bering hamda emitter tokining mos qiymatlari uchun yuqoridagi o'lchashlarni amalga oshiring. Keyin xuddi shunday o'lchashlarni $U_{BK} = -0,5 \text{ V}$

uchun amalga oshiring.

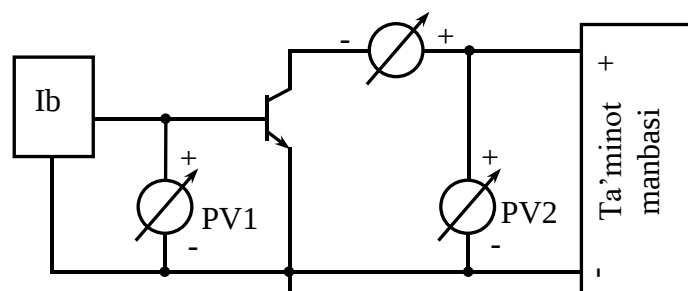
7. Uzib ulagich yordamida emitter tokining talab etilgan qiymatini o'rnating. U_{BK} kuchlanishni kollektor tokini nolga teng bo'lishigacha o'zgartiring. Olingan U_{EK} qiymatlarni o'lchash jadvalining chetki o'ng ustuniga kiriting. To'ldirilgan jadval tranzistor chiqish tavsiflari oilasini qurishga imkon beradi.

$U_{BK}(V) \backslash I_e(mA)$	27	24	20	15	10	5	3	1	0,1	0	.	-0,25	-0,5	.	U_{BK}^*
0														0	
1														0	
2															
.															
.															
80														0	
90														0	

2.8 – rasm. Tranzistorning chiqish tavsifini o'lchamda o'lchash natijalarini yozish uchun jadval

Umumiy emitter sxemani bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning kirish tavsifini tadqiq etish

VT1 tranzistordan foydalangan holda 2.9 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing. Kuchlanishni rostlash dastagini chetki chap tomonga ($U_{EK} \approx 0$), voltmeter o'lchash chegarasini PV1 – 0,25V, PV2 – 15V. PA1 – 0,1mA o'rnating. Baza tokini nolga teng qiling (mos uzib ulagichni 000 holatga qo'ying). Stend manbasini ulang. U_{EK} kuchlanishni nolga teng qilib qo'ying. Jadvalda ko'rsatilgan qiymatlarga muvofiq baza tokini bergan holda PV1 voltmeter bo'yicha emitter-baza o'tishidagi kuchlanish tushuvini aniqlash kerak.



2.9 – rasm. Umumiy emitter sxemasi bo'yicha ulangan tranzistor tavsifini tadqiq etish uchun sxema

Bir vaqtning o'zida PA1 milliampermetr bo'yicha kollektor toki kattaligini nazorat qilish kerak. Olingan kuchlanish qiymatlarini jadvalning birinchi, I_K

toklarni esa ikkinchi qatoriga kiritish kerak.

Kollektor va emitter orasidagi kuchlanishni 10V teng qilib oʻrnatib va yuqoridagi oʻlchashlarni amalga oshiring. Natijalarni jadvalning ikkinchi qismiga kiritib.

Umumiy emitter sxemani boʻyicha ulangan bipolyar tranzistorning chiqish tavsifini tadqiq etish

Yigʻilgan sxemani oʻzgartirilgan holda UB kabi oʻlchashlarni amalga oshiring. Bunda baza tokini 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 mA teng qilib berasiz. Mos jadvalni toʻldiring. UB sxemadan farqli ravishda UE sxema boʻyicha ulangan tranzistorning chiqish tavsifini olish uchun U_{KE} kuchlanishning qutbini oʻzgartirish talab etilmaydi. Uning eng kichik qiymati nolga teng boʻlishi kerak.

Oʻlchash natijasini qayta ishlash

Umumiy baza sxemasi boʻyicha ulangan tranzistorning kirish voltamper tavsifini $U_{BK} = 0 \text{ V}$ va $U_{BK} = 10 \text{ V}$ uchun quring.

Kirish tavsifi boʻyicha $U_{BK} = 10 \text{ V}$ da h_{11UB} va h_{12UB} parametrlarni aniqlang. Buning uchun quyidagi ifodalardan foydalaning:

$$h_{11UB} = \left. \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_E} \right|_{\substack{U_{BK}=U_{BK}^0 \\ I_E=I_E^0, \Delta U_{BK}=0}}, \quad h_{12UB} = \left. \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta U_{BK}} \right|_{\substack{I_E=I_E^0, \Delta I_E=0}} \quad (2.9)$$

$$h_{21UB} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta I_E} \right|_{\substack{U_{BK}=U_{BK}^0 \\ I_E=I_E^0, \Delta U_{BK}=0}}, \quad h_{22UB} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{BK}} \right|_{\substack{I_E=I_E^0 \\ U_{BK}=U_{BK}^0, \Delta I_E=0}}$$

I_E emitter tokining oʻrtacha qiymatga nisbatan ΔI_E emitter tokini oʻzgarishini 20 mAga ($\pm 10 \text{ mA}$) teng deb qabul qiling: a) 30 mA; b) 40 mA; d) 50 mA; e) 60 mA

Chiqish tavsiflari oilasi boʻyicha $\Delta I_E = 20 \text{ mA}$ va oldingi hisoblashlar uchun berilgan emitter toklarida $\Delta U_{BK} = \pm 5 \text{ V}$ ni qabul qilib, h_{11UB} va h_{12UB} ni aniqlang.

Xuddi oʻsha tavsiflar oilasi boʻyicha $U_{BK} = 10 \text{ V}$ qabul qilgan holda h_{21UB} uchun $\alpha = f(I_E)$ bogʻliqlikni aniqlang. Buning uchun quyidagi ifodalardan foydalaning:

$$r_{EUB} = h_{11UB} - (1 - h_{21UB}) \cdot \frac{h_{12UB}}{h_{22UB}}, \quad r_{BUB} = \frac{h_{12UB}}{h_{22UB}},$$

$$r_{KUB} = \frac{1}{h_{22UB}}, \quad \alpha = h_{21UB}.$$
(2.10)

Bunda ΔI_E sifatida qo'shni tavsiflar oilasi uchun emitter toklari qiymati olinadi. Olingan bog'liqlik grafigini quring.

Umumiy emitter sxemasi uchun olingan natijalarni qayta ishlash

$U_{EK} = 0 \text{ V}$ va $U_{EK} = 10 \text{ V}$ uchun umumiy emitter sxemasi bo'yicha ulangan tranzistorning kirish tavsifini quring.

UE sxemasi bo'yicha olingan tajriba ma'lumotlari bo'yicha $U_{EK} = 0 \text{ V}$ va $U_{EK} = 10 \text{ V}$ uchun $I_K = f(U_{EB})$ bog'liqligini (to'g'ri uzatish tavsifi) va U_{EK} ning o'sha qiymatlari uchun kollektor tokini baza tokiga bog'liqligini quring. Umumiy emitter sxemasi bo'yicha ulangan tranzistorning chiqish tavsiflari oilasini quring.

Kirish tavsiflari bo'yicha $U_{EB} = 10 \text{ V}$ da h_{11UE} va h_{12UE} parametrlarni aniqlang. Buning uchun quyidagi ifodalardan foydalaning:

$$h_{11UE} = \left. \frac{\Delta U_{EB}}{\Delta I_B} \right|_{\substack{U_{KE}=U_{KE}^0 \\ I_B=I_B^0, \Delta U_{KE}=0}}, \quad h_{12UE} = \left. \frac{\Delta U_{EB}}{\Delta U_{KE}} \right|_{\substack{I_B=I_B^0, \Delta I_B=0}},$$

$$h_{21UE} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta I_B} \right|_{\substack{U_{KE}=U_{KE}^0 \\ I_B=I_B^0, \Delta U_{KE}=0}}, \quad h_{22UE} = \left. \frac{\Delta I_K}{\Delta U_{KE}} \right|_{\substack{I_B=I_B^0 \\ U_{KE}=U_{KE}^0, \Delta I_B=0}}.$$
(2.11)

Hisoblashlarda baza toklarining o'rtacha qiymatlariga nisbatan $\Delta I_B = 0,1 \text{ mA} (\pm 0,05 \text{ mA})$ deb qabul qilinsin: 0,2 mA; 0,3 mA; 0,4 mA; 0,5 mA.

Chiqish tavsiflari oilasi bo'yicha oldingi hisoblashlar uchun berilgan baza toklariga mos keluvchi kollektor toklarida $U_{EK} = 10 \text{ V}$ ($U_{EK} = 10 \text{ V}$ nuqtaga nisbatan $\pm 5 \text{ V}$) qabul qilingan holda h_{21UE} va h_{22UE} ni aniqlang.

O'sha oiladan foydalangan holda $U_{EK} = 10 \text{ V}$ deb h_{21UE} uchun $\beta(I_K)$ bog'liqlikni aniqlang. Buning uchun quyidagi ifodalardan foydalaning:

$$r_{EUE} = \frac{h_{12UE}}{h_{22UE}}, \quad r_{BUE} = h_{11UE} - (1 - h_{21UE}) \cdot \frac{h_{12UE}}{h_{22UE}}, \quad (2.12)$$

$$r_K^* = \frac{1}{h_{22UE}}, \quad \beta = h_{21UE}.$$

ΔI_B sifatida qo'shni tavsiflari uchun berilayotgan baza toklari orasidagi farq olingan bog'liqlik grafigini quring.

Avval qurilgan kollektor tokini baza tokiga bog'liqlik grafigi bo'yicha β' qiymatini quyidagi formula bo'yicha hisoblang: $\beta' = I_K / I_B$, hamda mazkur bog'liqlikni oldingisi bilan quring.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Tajriba ishining bayonnomasi.
2. Volt amper tavsifini olish uchun sxemalar.
3. Volt amper tavsiflarning chizmasi.
4. KT819A tranzistorning ma'lumotlari va tavsiflari.
5. Bajirilgan ish bo'yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Bipolyar tranzistor nima?
2. Bipolyar tranzistorning ishlash tamoyili nimaga asoslangan?
3. Bipolyar tranzistor kollektor, emitter va bazalarining vazifasi nimadan iborat?
4. $n-p-n$ va $p-n-p$ -strukturali bipolyar tranzistorlarning ishlash prinsipida farq bormi?
5. Bipolyar tranzistorning qanday ulanish sxemalari mavjud?
6. Bipolyar tranzistorning asosiy ish rejimlarini aytib bering.
7. Turli ulanish sxemalaridagi bipolyar tranzistor statik tavsiflaridan faol va to'yinish rejim sohalarini aniqlang.
8. Tranzistorning tok bo'yicha uzatish koeffitsiyenti nima?
9. UB va UE ulanish sxemalaridagi tok bo'yicha uzatish koeffitsiyenti kattaliklarini solishtiring.

10. Tranzistorni to'rtqutblik ko'rinishida ifodalab, kichik signalli parametrlarni aniqlashni tushuntiring.

3- LABORATORIYA ISHI

YARIMO'TKAZGICHLI MAYDONLI TRANSIZTOR

XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH

Ishdan maqsad: Har xil turdigi maydonli transiztorlarning volt amper tavsiflarini o'rganish.

Nazariy ma'lumotlar

Maydonli tranzistorlarda bipolyar tranzistordan farqli ravishda faqat bitta ishoradagi zaryad tashuvchilardan (elektronlar yoki kovaklar) foydalanadi. Maydonli tranzistorda tokni boshqarish elektr maydoni ta'siri ostida tranzistor toki oqib o'tadigan kanalni o'tkazuvchanligini o'zgartirish bilan amalga oshiriladi.

Kanalni hosil usuli bo'yicha maydonli tranzistor quyidagi turlarga ajratiladi: *p-n-o'tishli*, kanali mavjud bo'lgan va kanali hosil qilinadigan. Ohirgi ikki turga MDYa-tranzistor turlariga kiradi.

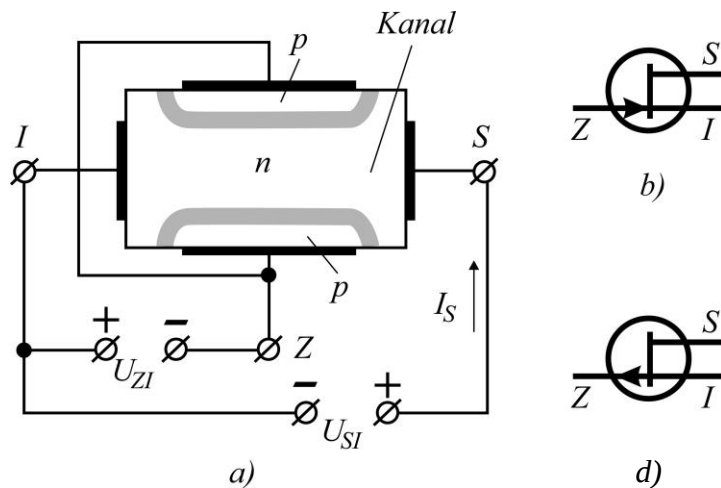
p-n-o'tishga ega bo'lgan tranzistor

p-n-o'tishli maydonli tranzistor ishlashini tahlilini 3.1, a-rasmda keltirilgan modelda amalga oshiramiz. Keltirilgan konstruksiyada tranzistor toki oqib o'tadigan kanal ikkita *p-n-o'tish* orasiga joylashtirilgan *n*-turdagi yarimo'tkazgichli qatlamdır. Kanal asbobga tashqi elektrodleri bilan kontaktga egadir. Zaryad tashuvchilar (elektron) harakati boshlanadigan elektrod istok deb atalsa, tashuvchilar keladigan elektrodni stok deb atashadi. *n*-qatlam bilan ikkita *p-n-o'tishni* hosil qiladigan *p*-turdagi yarimo'tkazgichli qatlami *n*-qatlamga qaraganda yuqori konsentratsiyadagi kirishmalar bilan hosil qilingan. Ikkala *p*-qatlam bir biri bilan o'zaro bog'langan va zatvor deb ataluvchi umumiy tashqi elektrodga egadir. Xuddi shunday konstruksiyaga *p*-turdagi kanalga ega bo'lgan maydonli tranzistorlar egadir. *n*- va *p*-turdagi kanalga ega bo'lgan maydonli tranzistorlarning shartli belgilanishi 3.1, b, d – rasmlarda ko'rsatilgan.

Tranzistorga qo'yiladigan tashqi kuchlanish qutbi 3.1, a-rasmda ko'rsatilgan.

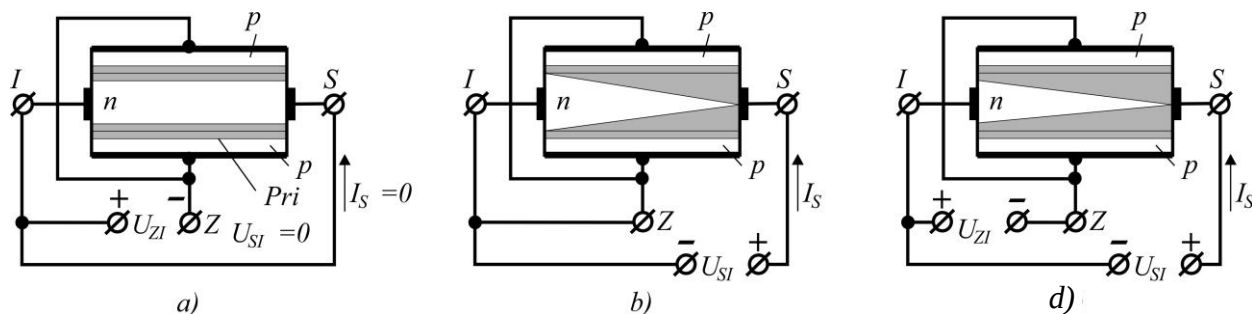
Boshqaruvchi (kirish) kuchlanishi zatvor va istok orasiga beriladi. U_{zi} kuchlanishi ikkala p - n -o'tish uchun teskaridir. Tranzistor kanali kiradigan tashqi zanjirga stokka musbat qutb bilan U_{si} kuchlanish ulanadi.

Tranzistorni boshqarish xossasi U_{zi} kuchlanish o'zgarganda tranzistor p - n -o'tishning kengligi o'zgarishi bilan tushuntiriladi.



3.1 – rasm. p - n o'tishga ega bo'lgan maydonli tranzistorning konstruksiyasi (a), n -turdagi kanal va p - n -o'tishli maydonli tranzistorning shartli belgilanishi (b); p -turdagi kanal va p - n -o'tishli maydonli tranzistorning shartli belgilanishi (d)

p -qatlam n -qatlamga qaraganda yuqori konsentratsiyaga ega bo'lganligi uchun p - n -o'tish kengligini o'zgarishi asosan yuqori Omli n -qatlam hisobiga yuz beradi. Bu bilan tok o'tkazuvchi kanalning yuzasi va uning o'tkazuvchanligi o'zgaradi, ya'ni asbobbning chiqish I_s toki o'zgaradi.



3.2 – rasm. Tashqi kuchlanish ulangandagi n -turdagi kanalga ega bo'lgan p - n -o'tishli maydonli tranzistor: a - $U_{zi} < 0$, $U_{si} = 0$; b - $U_{zi} = 0$, $U_{si} > 0$; d - $U_{zi} < 0$, $U_{si} > 0$

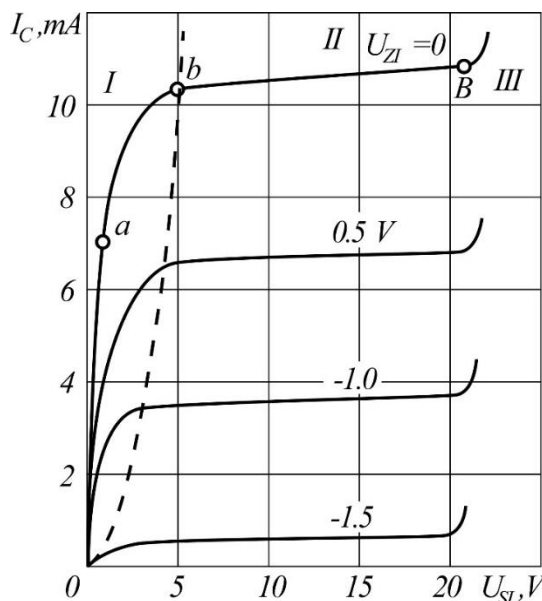
Maydonli tranzistorning o'ziga xos tomonli kanalning o'tkazuvchanligiga ham boshqaruvchi kuchlanish U_{zi} ham U_{si} kuchlanish ta'sir qiladi.

3.2, a – rasmda tashqi kuchlanish faqatgina tranzistorning kirish zanjiriga qo'yilgan. U_{zi} kuchlanishni o'zgarishi butun kanal uzunligi bo'yicha uning

yuzasini bir hil kattalikka o'zgarish hisobiga kanal o'tkazuvchanligini o'zgarishiga olib keladi. $U_{si}=0$ bo'lganligi uchun chiqish toki I_s nolga teng bo'ladi.

b-rasm faqat U_{si} kuchlanish mavjud bo'lganda ($U_{zi}=0$) kanal yuzasini o'zgarishini tasvirlaydi. $U_{si} > 0$ da kanal orqali I_s toki oqib o'tadi. Buning natijasida stok yo'nalishi tomon oshib boruvchi kuchlanish tushuvini hosil qiladi. Istok-stok sohasidagi umumiy kuchlanish tushuvi U_{si} ga teng bo'ladi. Shu sababli n -turdagi kanal nuqtalaridagi potensial uning uzunligi bo'yicha bir hil bo'lmaydi va stok yo'nalishida noldan U_{si} gacha oshib boradi. U stokka nisbatan p -soha nuqtalaridagi potensial bilan aniqlanadi. Mazkur holatda nolga teng. Ko'rsatilganga bog'liq holda p - n -o'tishga qo'yilgan teskari kuchlanish istokdan stok yo'nalishida oshadi va p - n -o'tish stok yo'nalishida kengayadi (3.2, b – rasm). Ma'lum bir U_{si} kuchlanish kanali torayishi yuz berib, ikkala p - n -o'tishning chetlari tutashadi (b-rasm) va kanalning qarshiligi yuqori bo'ladi.

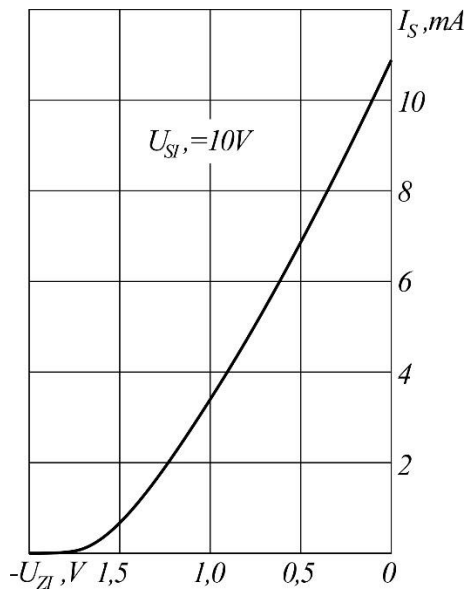
3.2, d – rasmda ikkala U_{zi} va U_{si} kuchlanishlarni kanalga natijaviy ta'siri tasvirlangan. Kanal p - n -o'tishlar tutashish holati uchun ko'rsatilgan. p - n -o'tishli maydonli tranzistorlarning volt-ampere tavsifini ko'rib chiqamiz. Bu tranzistorlar uchun volt-ampere tavsifning ikki turi mavjuddir: stok va stok-zatvor.



3.3 – rasm. n -turdagi kanalga ega bo'lgan p - n -o'tishli maydonli tranzistorning stok (chiqish) tavsiflari oilasi

n -turdagi kanalga ega bo'lgan p - n -o'tishli maydonli tranzistorning stok (chiqish) tavsifi 3.3 – rasmda ko'rsatilgan. U o'rnatilgan zatvor-istok kuchlanishida

stok tokini stok-istok kuchlanishiga bog'liqligini $I_S = f(U_{SI})_{U_{ZI}=const}$ ko'rsatadi hamda egri chiziqlar oilasi ko'rinishida tasvirlanadi. Mazkur egri chiziqlarning har birida uchta o'ziga xos bo'lgan sohani ajratish mumkin: I_S tokni U_{SI} kuchlanishga kuchli bog'liqligi (boshlang'ich soha); II – I_S tokni U_{SI} kuchlanishga kuchsiz bog'liqligi; III – p - n -o'tishni teshilishi.



3.4 – rasm. n -turdagi kanalga esa bo'lgan p - n -o'tishli maydonli tranzistorning stok – zatvor tavsifi

$U_{ZI}=0$ (b-rasm) bo'lganda maydonli tranzistorning tavsifini ko'rib chiqamiz. U_{SI} kichik kuchlanishlar sohasida (0-a qism) U_{SI} kuchlanishni kanal o'tkazuvchanligiga ta'siri sezilarsiz bo'ladi. Shu sababli bu yerda deyarli $I_S = f(U_{SI})$ chiziqli bog'liqlik bo'ladi. U_{SI} kuchlanish oshgani sari (a-b qism) tok o'tkazuvchi kanalning torayishi uning o'tkazuvchanligiga sezilarni ta'sir qiladi. Bu esa tokni o'sish tikligini kamayishiga olib keladi. II soha chegarasiga kelganda (b-nuqta) tok o'tkazuvchi kanalning yuzasi ikkala p - n -o'tishni tutashi natijasida minimumgacha kamyadi. Stokdagi kuchlanishni keyingi oshishi asbob orqali oqib o'tadigan tokni oshishiga olib kelmasligi kerak, chunki U_{SI} kuchlanishni oshishi bilan bir vaqtda kanalning qarshiligi oshadi. Egri chiziqda I_S tokning ma'lum bir oshishi har hil turdagi sirqishlarni bo'lishi hamda kanal atrofidagi p - n -o'tishdagi kuchli elektr maydonni ta'siri bilan tushuntiriladi. I_S tokni keskin oshib ketadigan II soha stok-zatvor zanjiri bo'yicha stok yaqinidagi p - n -o'tish sohasini ko'chkili teshilishini tasvirlaydi. Teshilish kuchlanishi nuqtaga mos keladi. Zatvorga teskari

kuchlanishni qo'yilishi kanalni torayishi (3.2, a – rasm) hamda uning boshlang'ich o'tkazuvchanligini kamayishiga olib keladi. Shuning uchun zatvordagi katta kuchlanishlarga mos keluvchi egri chiziqning boshlang'ich qismi tok o'sishning kichik tikligiga ega (3.3 – rasm). U_{zi} kuchlanishni mavjudligi kanalga $p-n$ -o'tishning hajmiy zaryadi bilan berkilishi (3.2, d – rasm) kichik kuchlanishlarda yuz beradi hamda I va II soha chegarasiga stok-istok kuchlanishining kichik qiymatlari mos keladi. Kanalni berkitish kuchlanishi 3.3 – rasmda ko'rsatilganidek, stok tavsifini uzlukli chiziqlar bilan kesishishning absissa nuqtasi mos keladi. Kichik kuchlanishlarda stok-zatvor zanjiri bo'yicha teshilish rejimi yuz beradi.

Maydonli tranzistorning muhim parametri stok tokini nolga yaqin bo'lishini ta'minlovchi zatvordagi kuchlanishdir. U zatvor zanjiri bo'yicha asbobni berkitish yoki uzish kuchlanishiga mos keladi hamda U_{zi0} berkitish kuchlanishi deyiladi. U_{zi0} dagi volt-amper tavsifning b nuqtasidagi U_{si} kuchlanishiga teng. Maydonli tranzistor chiqish tavsifi bilan bog'langan hamda ular bo'yicha qurish mumkin. Maydonli tranzistorning asosiy parametrlari: maksimal stok toki I_{Smax} , maksimal stok kuchlanishi $U_{Si max}$, berkitish kuchlanish U_{zi0} , tiklik S , ichki qarshilik $r_{i,}$, kirish qarshiligi $r_{kir,}$ zatvor – istok C_{zs} va stok-istok C_{si} elektrodlar orasidagi elektrodlar orasidagi sig'imler. I_{Smax} stok tokining maksimal qiymati chiqish tavsifidagi b nuqtadagi qiymati mos keladi ($U_{zi}=0$). Stok – istok kuchlashining U_{simax} maksimal qiymatini $U_{zi}=0$ da stok-zatvor qismining teshilish kuchlanishidan 1,2-1,5 marta kichik qilib olinadi. Berkitish kuchlanishi U_{zi0} stok toki nolga yaqin bo'lganda zatvordagi kuchlanishi mos keladi. Tranzistorning ichki qarshiligi $r_i = \frac{dU_{si}}{dI_s} \Big|_{U_{zi} = const}$ II qismida chiqish tavsifining tikligini tavsiflaydi (3.3 – rasm).

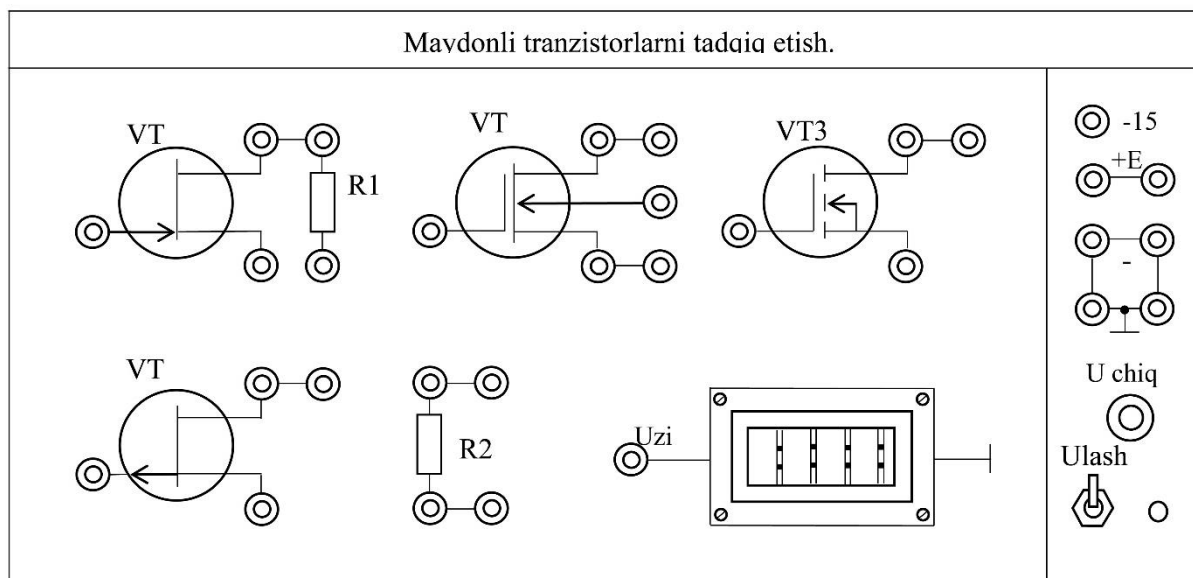
Stok – zatvor tavsifining tikligi $S = \frac{dI_s}{dU_{zi}} \Big|_{U_{si} = const}$ zatvor kuchlanishini tranzistorning chiqish tokiga ta'sirini yoritadi. S tiklikni asbobning stok – zatvor tavsifi bo'yicha aniqlanadi (3.4 – rasm). Tranzistorning kirish qarshiligi $r_{kir} = \frac{dU_{zi}}{dI_s}$ teskari yo'nalishda siljigan $p-n$ -o'tishlar qarshiligi bilan aniqlanadi. $p-n$ -o'tishli

maydonli tranzistorni kirish qarshiligi katta bo‘ladi. C_{zi} va C_{zs} elektrodlar orasidagi sig‘imlar istok va stokka tegib turuvchi $p-n-o$ ‘tishlarni mavjud bo‘lishi bilan bog‘langan (rasm). Ko‘rilayotgan tranzistor tavsifi va parametrlarga haroratning ta‘hiri φ_0 kontakt potentsiallar farqi va zaryad tashuvchilar harakatchanligini (elektron yoki kovaklar) haroratga bog‘liq bo‘lishi bilan asoslanadi.

Tajriba standining tuzilishi

Laboratoriya ishini bajarish uchun mo‘ljallangan qurilma laboratoriya va o‘lchash standidan tashkil topgan.

Stend oldi panelining tashqi ko‘rinishi rasmlarda ko‘rsatilgan laboratoriya stendi chiqish toki 50mA darajada chegaralangan va kuchlanishni o‘zgarish oralig‘i $0 \div 15V$ bo‘lgan rostlanadigan ta‘minot manbasiga egadir. Ta‘minot manbasini ulash tumblari, chiqish uyachalar va chiqish kuchlanishini rostlash dastagi stend panelining o‘ng qismida joylashgan.



3.5 – rasm. Laboratoriya stendi oldi panelining tashqi ko‘rinishi

Kirish boshqaruvchi kuchlanishni berish uchun stend tarkibida kuchlanishni $-9,99V$ dan $+9,99V$ gacha bo‘lgan oraliqda diskret rostlashga ega bo‘lgan qo‘shimcha manba mavjuddir. Talab etilgan kuchlanishni o‘rnatish uzib ulagich yordamida amalga oshiriladi uzib ulagichning o‘zgarish qiymati $0,01V$ ga tengdir. Mazkur manbaning chiqishi U_{zi} belgilanishga ega bo‘lgan uyachaga ulangan bo‘lsa, ikkinchi qutb ta‘minot manbasining « $\rightarrow$ » uyachasi bilan ulangan.

Bundan tashqari stend tarqibida taglik zanjirini ta'minlash uchun o'zgarmas $-15V$ kuchlanishga ega bo'lgan manbaga egadir.

Laboratoriya ishida n kanalga ega bo'lgan va $p-n$ o'tish bilan boshqariladigan KII302B (VT1) maydonli tranzistor tavsifi tadqiq etiladi.

n – kanal hosil qilinadigan MOYa tranzistor KII306B (VT3) va n – kanali mavjud bo'lgan MOYa tranzistor KII305B (VT2). Bundan tashqari laboratoriya tarkibida p – kanalli va $p-n$ o'tish bilan boqariladigan maydonli tranzistor (KII103K) VT4, kattaligi $1k\Omega$ bo'lgan R1 rezistor va qarshiligi $2k\Omega$ bo'lgan R2 rezistor mavjud.

Laboratoriya stendining manbasini ulash «ulash» tumbleri orqali amalga oshiriladi.

Ishni bajarish

1. $p-n$ -o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor tavsifi olinsin va qurilsin.
2. Kanali mavjud bo'lgan MOYa-tranzistor tavsifi tavsifi olinsin va qurilsin.
3. Kanali hosil qilinadigan MOYa tranzistorning tavsifi tavsifi olinsin va qurilsin.
4. $p-n$ -o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistorning tikligi aniqlansin va $S = f(U_{zi})$ bog'liqlik grafigi qurilsin.
5. $p-n$ -o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistorning stok-zatvor tavsifida uzilish kuchlanishini belgilansin.
6. Kanal hosil qilinadigan MOYa – tranzistorni tikligi aniqlansin va $S = f(U_{kir})$ bog'liqlik grafigi qurilsin
7. Kanali hosil qilinadigan MOYa – transistor uchun ostanoviy kuchlanish kattaligi ko'rsatilsin.

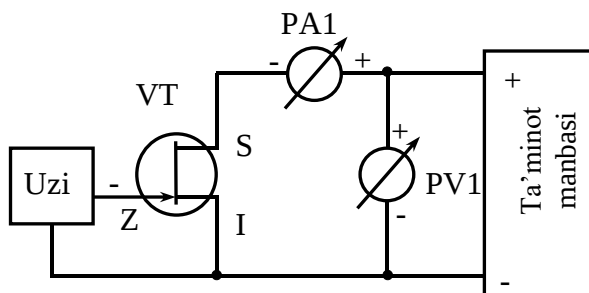
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

$p-n$ -o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor tavsifini tadqiq etish

Stok-zatvor tavsifini olish uchun VT1 tranzistor bilan 3.6 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing

Manba kuchlanishini rostlash dastagini chetki chap holatga ($U_{chq} \approx 0$), boshqaruvchi kuchlanish manba uzib ulagichini 000 holatga PV1 voltmetrni

o'lchash chegarasini 15V, PA1 milliamperni o'lchash chegarasini 100mAga o'rnatish.

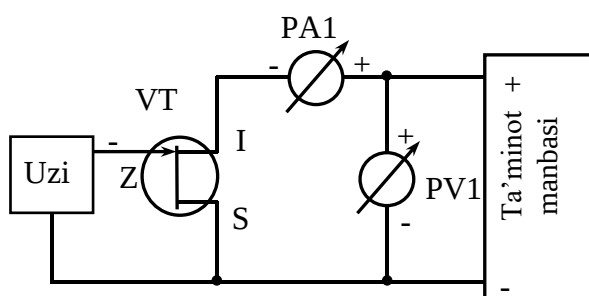


3.6 – rasm. p - n o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistorning tavsifini tadqiq etish uchun sxema

Manbani ulang. Rostlash dastagi bilan kuchlanishni $U_{si} = 5 \text{ V}$ ga o'rnatish. Boshqaruvchi signal manbani uzib ulagichi bilan 0 V ; $-0,5 \text{ V}$; -1 V ; $-1,5 \text{ V}$; -2 V ; $-2,5 \text{ V}$; $-U^*$; $-(U^* + 0,5)$; $-(U^* + 1)$ kuchlanishni bergan holda PA1 milliampermetr bo'yicha stok tokini qayd qiling va olingan natijani jadvalga kiritish.

$U_{zi} \text{ (V)}$	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5	$-U^*$	$-(U^* + 0,5)$	$-(U^* + 1)$	
$I_s \text{ (mA)}$							0,01			$U_{si} = 5 \text{ V}$

U^* da uzilish kuchlanishi tushuniladi, ya'ni stok toki 10 mA ga teng bo'ladigan U_{zi} kuchlanishi. Kuchlanishi $U_{si} = 10 \text{ V}$ ga o'rnatish va o'lchashni takrorlang. Olingan natijalarni jadvalga kiritish. Laboratoriya stendini manbadan uzib stok va istok chiqishlarining joylarini o'zgartirish (3.7 – rasm) hamda $U_{si} = 5 \text{ V}$ uchun o'lchashni takrorlang.



3.7 – rasm. Invers ulanishda p - n o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor tavsifini tadqiq etish uchun sxema

p-n-o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistorning chiqish tavsifini olish uchun VT1 tranzistordan foydalangan holda 3.6 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing. Ta'minot manba kuchlanishga va boshqaruvchi kuchlanishni nolga, PV1ning o'lchash chegarasini 0,75V, PA1ning o'lchash chegarasini 100 mA teng qilib o'rning. Boshqaruvchi U_{zi} kuchlanishni 0 V; –0,5 V; –1 V; –1,5 V; –2 V; –2,5 Vga teng qiymatlarda bergan holda stok tokini o'lchang va natijani 3.8 – rasmda keltirilgan jadvalning chetki chap ustunga kiriting.

$U_{SI} \backslash U_{ZI}$	0	0,5	1	1,5	2	3	5	8	10	15
0										
-0,5										
-1										
-1,5										
-2										
-2,5										

3.8 – rasm. Maydonli tranzistor chiqish tavsifini tadqiq etishda olingan natijalarni kiritish uchun jadval

Boshqaruvchi kuchlanishni nolga o'rning. Jadval bo'yicha U_{si} ning keyingi qiymatini kiriting va o'lchashlarini takrorlang. Olingan natijalarni jadvalning keyingi ustuniga kiriting. O'lchashlarni $U_{si} = 15$ V gacha o'tkazing.

10÷15mA oshadigan stok toklarida tranzistorda sochilayotgan quvvat tranzistorni qizishiga va mos ravishda tavsifni o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun o'lchashlarni tezroq amalga oshirish kerak.

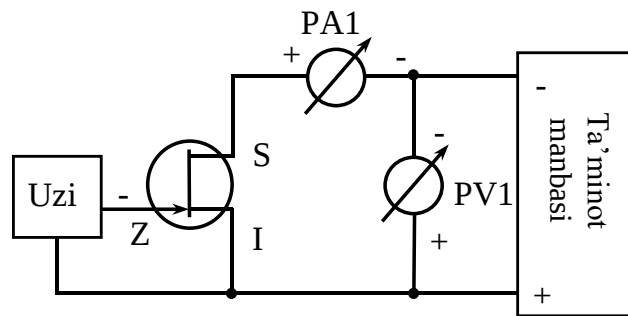
$U_{SI} \backslash U_{ZI}$	+1,5	+1	+0,5	0	-0,5	-1	-1,5
0							
-0,5							
-1							
-1,5							
-2							

3.9 – rasm. Maydonli tranzistor chiqish tavsiflar oilasining boshlang'ich qismini tadqiq etishda olingan natijalarni kiritish uchun jadval

p-n-o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor chiqish tavsiflar oilasining boshlang'ich qismini olish uchun VT1 tranzistor bilan 3.6 – rasmda

keltirilgan sxemani yig'ing. PV1ning o'lchash chegarasini 1,5 Vga, PA1 o'lchash chegarasini 100 mAga o'rnatish. Boshqaruvchi kuchlanishni $U_{zi}=0$ V bering. U_{si} ni 0 V; 0,5 V; 1 V; 1,5 V oralig'ida o'zgartirib tok tokini o'lchang. Olingan natijalarni 3.9 – rasmda keltirilgan jadvalga kiriting. U_{zi} ni navbatma navbat – 0,5 V; –1 V; –1,5 V; –2 V ga teng o'rnatib, o'lchashlarni takrorlang.

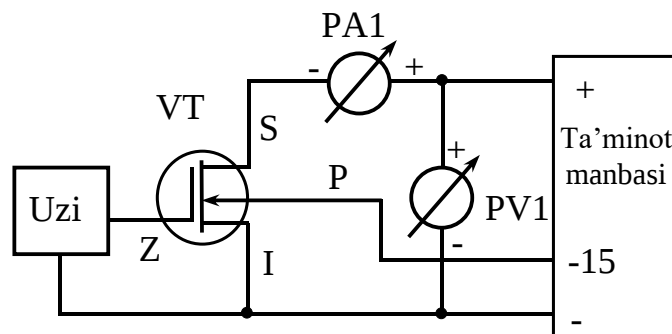
Laboratoriya standini manbadan uzgan holda PV1 voltmetr, PA1 milliampermetr va ta'minot manbasi qutblarini 3.10 – rasmda keltiringandek o'zgartiring. Yuqoridagi o'lchashlarni $U_{si} = -0$ V; –1 V; –1,5 V uchun amalga oshiring va natijalarni jadvalga kiriting.



3.10 – rasm. Maydonli tranzistor chiqish tavsifining boshlang'ich qismini tadqiq etish sxemasi

Kanali mavjud bo'lgan MOYa-tranzistor tavsifini tadqiq etish

Stok zatvor tavsifini olish. VT2 tranzistor bilan 3.11 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.



3.11 – rasm. n – kanal mavjud bo'lgan MOYa – tranzistor tavsifini tadqiq etish uchun sxema

Kuchlanishni rostlash dastagini chetki chap holatga, boshqaruvchi kuchlanish uzib ulagichini «000» holatga, PV1 voltmetr o'lchash chegarasini 15V, PA1 milliampermetr o'lchash chegarasini 100mAga o'rnatish.

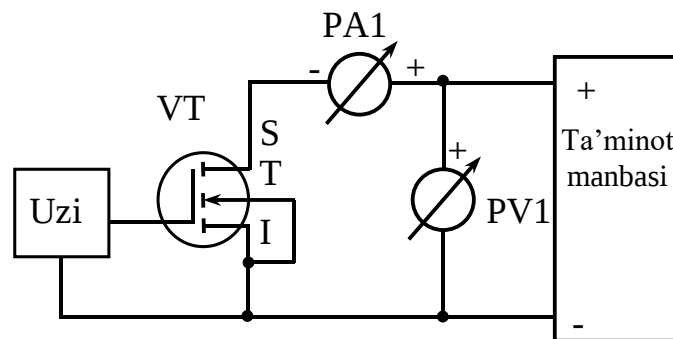
Stend manbasini ulang. Rostlash dastagi bilan $U_{si}=5\text{ V}$ ga o‘rnating. Boshqaruvchi signal manba uzib ulagichi bilan U_{zi} kuchlanishning jadvalda ko‘rsatilgan qiymatini berib, stok tokini o‘lchang va olingan natijasini jadvalga kiriting.

U^* uzilish kuchlanishini anglatadi. $U_{si}=10\text{ V}$ ni o‘rnating va o‘lchashlarni takrorlang. Olingan natijalarni jadvalga kiriting. Laboratoriya stendini manbadan uzing. Teglikni -15 V kuchlanish manbasidan uzib, uni istok bilan ulang. O‘lchashlarni $U_{si}=10\text{ V}$ uchun amalga oshiring.

Chiqish tavsifini olish. VT2 tranzistordan foydalangan holda 3.11 – rasmda keltirilgan sxemasi yig‘ing va $p-n$ -o‘tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor chiqish tavsifini olgani kabi o‘lchashlarni bajaring. O‘lchamlarni -1 V ; $-0,5\text{ V}$; 0 V ; $+0,5\text{ V}$; $+1\text{ V}$; $+1,5\text{ V}$; $+2\text{ V}$ tayanch bo‘lgan U_{zi} kuchlanishlar uchun amalga oshiring.

Kanali hosil qilinadigan MOYa tranzistorning tavsifini tadqiq etish

VT3 tranzistordan foydalangan holda 3.12– rasmda keltirilgan sxemani yig‘ing. Kanali mavjud bo‘lgan MOYa-tranzistor tavsiflarini olgani kabi o‘lchashlarni bajaring. O‘lchamlarni $U_{si}=5\text{ V}$, 10 V va $U_{zi}=0\text{ V}$, $+U^*$; $+3\text{ V}$; $+4\text{ V}$; $+5\text{ V}$; $+6\text{ V}$; $+7\text{ V}$; $+9\text{ V}$ uchun amalga oshiring (U^* - ostanoviy kuchlanish).



3.12 – rasm. n - kanal hosil bo‘ladigan MOYa tranzistorning tavsifini tadqiq etish uchun sxemasi

Chiqish tavsifini olish. Oldin yig‘ilgan sxema uchun kanali mavjud bo‘lgan MOYa-tranzistor tavsiflarini olishda keltirilgan o‘lchashlarni U_{zi} kuchlanishining $+4\text{ V}$; $+5\text{ V}$; $+6\text{ V}$; $+7\text{ V}$; $+8\text{ V}$; $+9\text{ V}$ qiymatlari uchun amalga

oshiring. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

$U_{3H} (B)$	$\begin{matrix} + \\ 3 \end{matrix}$	+2,5	+2	+1,5	+1	+0,5	0	-0,5	-1	-1,5	U^*	$U^* - 1$
$I_C (mA)$											0,01	

Natijalarni qayta ishlash

p-n-o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor uchun olingan natijalarini qayta ishlash

Normal va invers ulangan sxemalarda $U_{si} = 5 V$ va $U_{si} = 10 V$ uchun *p-n-o'tish* bilan boshqariladigan maydonli transistor stokzatvor tavsifini qurung.

$$S = \left. \frac{\Delta I_S}{\Delta U_{ZI}} \right|_{U_{ZI}=U_{ZI}^0, U_{SI}=U_{SI}^0} \quad \text{ifodadan foydalangan holda } \Delta U_{zi} = 0,25 V \text{ deb (berilgan}$$

nuqtaga nisbatan $\pm 0,125 V$) boshqaruvchi kuchlanishning $-2,5 V$; $-2 V$; $-1,5 V$; $-1 V$; $0,5 V$ qiymatlari uchun maydonli tranzistorning tikligini aniqlang. $S = f(U_{zi})$ bog'liqlik grafigini quring. Stokzatvor tavsifida uzilish kuchlanishini belgilang.

p-n-o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor uchun olingan o'lchash natijalaridan foydalangan holda maydonli tranzistorning chiqish tavsiflari oilasini quring. Tavsifda omik soha va to'yinishi sohasini ajrating. $U_{uzil} \approx U_{SIT} + |U_{ZI}|$ ifodani bajarilishini tekshiring.

Mos tavsiflardan $U_{si}^0 = 10 V$, $U_{zi}^0 = 0 V$; $-0,5 V$; $-1 V$; $-1,5 V$ qiymatlar uchun tiklik va dinamik qarshiligini aniqlang. Buning uchun quyidagi ifodadan foydalaning:

$$S = \left. \frac{\Delta I_S}{\Delta U_{SI}} \right|_{U_{SI}=U_{SI}^0, U_{ZI}=U_{ZI}^0}, \quad (3.1)$$

$$R_i = \left. \frac{\Delta U_{SI}}{\Delta I_S} \right|_{U_{SI}=U_{SI}^0, U_{ZI}=U_{ZI}^0, I_S=I_S^0}. \quad (3.2)$$

Bunda $\Delta U_{si} = 5 V$ (U_{si}^0 nisbatan $\pm 2,5 V$) qabul qiling. ΔU_{zi} sifatida qo'shni tavsiflar uchun boshqaruvchi kuchlanishlar formulani oling. Olingan ma'lumotlar

bo'yicha maydonli tranzistorning kuchaytirish koeffitsiyentini hisoblang.

p-n-o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor chiqish tavsiflar oilasining boshlang'ich qismi uchun olingan ma'lumotlar bo'yicha U_{si} kuchlanishning ikkala qutbi uchun maydonli tranzistor chiqish tavsifining boshlang'ich soha grafigini chizing. U_{zi} ning har bir qiymatlari uchun $U_{si} = 0$, $\Delta U_{si} = 1 \text{ V}$ da (U_{si}^0 nisbatan $\pm 0,5 \text{ V}$) kanal qarshiligi kattaligini hisoblang.

Kanal hosil qilinadigan MOYa-tranzistor uchun olingan natijalarini qayta ishlash

Kanal hosil qilinadigan MOYa – tranzistorni har hil ulanishlar uchun stok zatvor tavsifini quring. Tavsif bo'yicha istokka ulangan taglik bilan ulanish uchun (3.1) nisbatdan foydalangan holda boshqaruvchi kuchlanishning $+2,5 \text{ V}$; $+2 \text{ V}$; $+1,5 \text{ V}$; $+1 \text{ V}$; $+0,5 \text{ V}$; 0 V ; $-0,5 \text{ V}$; -1 V ; $-1,5 \text{ V}$ qiymatlari uchun maydonli tranzistor tikligini aniqlang. Bunda $\Delta U_{zi} = 0,25 \text{ V}$ deb oling (berilgan nuqtaga nisbatan $\pm 0,125 \text{ V}$) $S = f(U_{kir})$ bog'liqlik grafigini quring. Stokzatvor tavsifining grafigida uzilish kuchlanishi belgilangan.

Kanal hosil qilinadigan MOYa – transistor uchun olingan natijalardan foydalangan holda tadqiq etilayotgan tranzistor chiqish tavsiflari oilasini quring.

Tavsifda mos sohani ajrating va $U_{uzil} \approx U_{sIT} + |U_{ZI}|$ nisbat bajarilishini tekshiring. (3.1) va (3.2) nisbatlardan foydalangan holda tranzistor tikligi va uning dinamik qarshiligini aniqlang. Mazkur kattaliklarni quyidagilar uchun aniqlang: a) $U_{ZI}^0 = -1 \text{ V}$; $U_{SI}^0 = 10 \text{ V}$; b) $U_{ZI}^0 = -0,5 \text{ V}$; $U_{SI}^0 = 10 \text{ V}$; d) $U_{ZI}^0 = 0 \text{ V}$; $U_{SI}^0 = 10 \text{ V}$; e) $U_{ZI}^0 = +0,5 \text{ V}$; $U_{SI}^0 = 10 \text{ V}$. Bunda $\Delta U_{si} = 5 \text{ V}$ deb qabul qiling (U_{si}^0 ga nisbatan $\pm 2,5 \text{ V}$). ΔU_{zi} sifatida qo'shni tavsiflar uchun boshqaruvchi kuchlanish farqini oling. Olingan ma'lumotlar bo'yicha maydonli tranzistorning μ kuchaytirish koeffitsiyenti kattaligini aniqlang.

Kanali hosil qilingan MOYa-tranzistor uchun olingan natijalarini qayta ishlash

Kanali hosil qilinadigan MOYa – tranzistorning stokzatvor va chiqish tavsiflarining grafigini quring. Ostanoviy kuchlanish kattaligini belgilang.

Yuqorida aytilgan usul bo'yicha boshqaruvchi kuchlanishning +3 V; +4 V; +5 V; 6 V; 7 V; 8 V; 9 V qiymatlarda maydonli tranzistorning tikligini aniqlang va $S = f(U_{zi})$ bog'liqlikni quring. Chiqish tavsiflari oilasi bo'yicha tranzistor tikligi va dinamik qarshiligini aniqlang. Hisoblashlarni quyidagi qiymatlar uchun amalga oshiring: $\Delta U_{SI} = 5$ V: a) $U_{ZI}^0 = 5$ V; $U_{SI}^0 = 10$ V; b) $U_{ZI}^0 = 6$ V; $U_{SI}^0 = 10$ V; d) $U_{ZI}^0 = 7$ V; $U_{SI}^0 = 10$ V; e) $U_{ZI}^0 = 8$ V; $U_{SI}^0 = 10$ V.

Maydonli tranzistorning kuchaytirish ko'effitsiyentining qiymatini hisoblang.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Tajriba ishining bayonnomasi.
2. Volt amper tavsifini olish uchun sxemalar.
3. Volt amper tavsiflarning chizmasi.
4. КП302Б, КП306Б va КП103К maydonli tranzistorning ma'lumotlari va tavsiflari.
5. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Maydonli tranzistor nima va nima sababli ular unipolyar tranzistorlar deb ataladi?
2. Maydonli tranzistorlar sinflanishini keltiring.
3. Maydonli tranzistor kanali, zatvor, stok, istok va asoslari nima?
4. p - n -o'tish bilan boshqariladigan maydonli tranzistor ishlash tamoyili nimadan iborat?
5. Taglikka nisbatan zatvor va istok oralig'idagi kuchlanish o'zgarishida kanal geometriyasi qanday o'zgaradi?
6. Zatvor va istok oralig'idagi kuchlanish maydoniy tranzistor stok toki qiymatiga qanday ta'sir ko'rsatadi?
7. Maydonli tranzistorlarning asosiy ulanish sxemalarini aytib bering.
8. Maydonli tranzistor qanday rejimlarda ishlashi mumkin?
9. Maydonli tranzistor asosiy tavsiflarini aytib bering.

4- LABORATORIYA ISHI

BIPOLYAR TRANZISTOR ASOSIDAGI BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHNING XARAKTERISTIKALARINI TEKSHIRISH

Ishdan maqsad: 1. Umumiy emitter (UE) sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichni tekshirish; 2. Umumiy kollektor (UK) sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichni tekshirish.

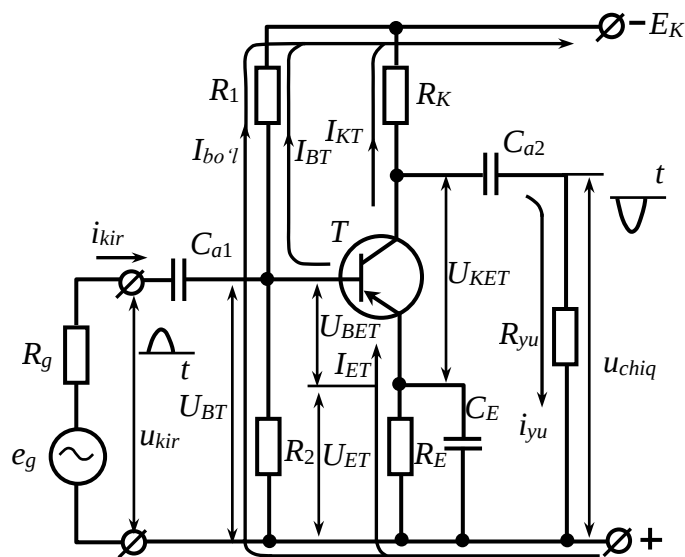
Nazariy ma'lumotlar

Kuchaytirgich kaskadining sxemasi 4.1 – rasmda keltirilgan. Sxemaning asosiy E_k elementlari ta'minot manbai, boshqaruvchi element - T tranzistor va R_k rezistor hisoblanadi. Mazkur elementlar kuchaytirish kaskadining asosiy zanjirini tashkil qilishadi. Kaskadning qolgan elementlari yordamchi vazifani bajaradi. C_{a1} , C_{a2} kondensatorlar ajratuvchi hisoblanadi. Kondensator C_{a1} o'zgarmas tok bo'yicha kaskadning kirish zanjirini kirish signali manbai zanjiri bilan parallel ulanishining oldini oladi, bu esa birinchidan o'zgarmas tokning $E_k-R_1-R_g$ zanjir bo'yicha kirish signali manbai orqali oqib o'tishini bartaraf etadi, ikkinchidan, tinch holat rejimida U_{bt} bazadagi kuchlanishni e_g kuchlanish manbaining R_g ichki qarshiligiga bog'liq bo'lmasligini ta'minlaydi. C_{a2} kondensatorning vasifasi yuklama zanjiriga chiqish kuchlanishining o'zgaruvchan tashkil etuvchilarini o'tkazib, o'zgarmas tashkil etuvchilarini ushlab qolishdan iborat.

R_1 va R_2 rezistorlar kaskad uchun sokinlik holat rejiminini berishda ishlatiladi. Bipolyar tranzistorning tok bilan boshqarilishini hisobga olsak, boshqaruvchi elementning tinchlanish toki (I_{kt}), tinchlanish baza tokining berilishi bilan hosil qilinadi. R_1 rezistor I_{bt} tokini oqib o'tishi uchun zanjirni hosil qiladi. R_1 va R_2 rezistorlar birgalikda ta'minlash manbasining "+" qutbiga nisbatan bazada U_{bt} boshlang'ich kuchlanishini ta'minlaydilar.

R_e rezistor manfiy teskari bog'lanish elementi bo'lib, harorat o'zgarganda kaskadning tinchlanish holatini stabillash uchun mo'ljallangan. Kondensator C_e o'zgaruvchan tok bo'yicha manfiy teskari bog'lanishni bartaraf etadi va o'z navbatida kuchaytirish koeffitsiyenti kamayishining oldini oladi.

Tranzistorning emitter chiqish o'zgaruvchan tok bo'yicha kirish hamda chiqish zanjirlari uchun umumiy bo'lganligi sababli, kuchaytirgich sxemasi "umumiy emitter" sxemasi deb yuritiladi.



4.1– rasm. UE kuchytirish kaskadining sxemasi

Kaskadning o'zgarmas tok bo'yicha tahlili, grafik qurishdan va hisobiy nisbatlardan foydalanishga asoslangan graf-analitik usul bilan amalga oshiriladi. Grafik qurish tranzistorning chiqish (kollektor) tavsiflari yordamida amalga oshiriladi (4.2, a–rasm). Usulning qulayligi shundan iboratki, kaskadni tinchlanish holati rejimi parametrlarining (U_{ket} va I_{kt}) kaskadni hisoblashda boshlangich deb qabul qilingan o'zgaruvchan tashkil etuvchilari amplitudalari bilan (chiqish kuchlanishi U_{chiqm} va I_{km} toki) bog'likligi yaqqol ko'rinadi va topiladi.

Chiqish tavsiflarida (4.2, a–rasm) o'zgarmas tok bo'yicha yuklama chizig'i (a-b) o'tkaziladi. U kaskadning tinchlanish nuqtasi ega bo'lishi mumkin bo'lgan qiymatlariga mos keluvchi U_{ke} va I_k koordinatalarning geometrik joyidir. $U_{ket} = f(I_{kt})$ analitik bog'liqlik kaskadning chiqish zanjirida kuchlanishlar muvozanatini ifodalovchi quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$U_{ket} = E_k - I_{kt} R_k - I_{et} R_e = E_k - I_{kt} R_k - \frac{I_{kt}}{\alpha} R_e. \quad (4.1)$$

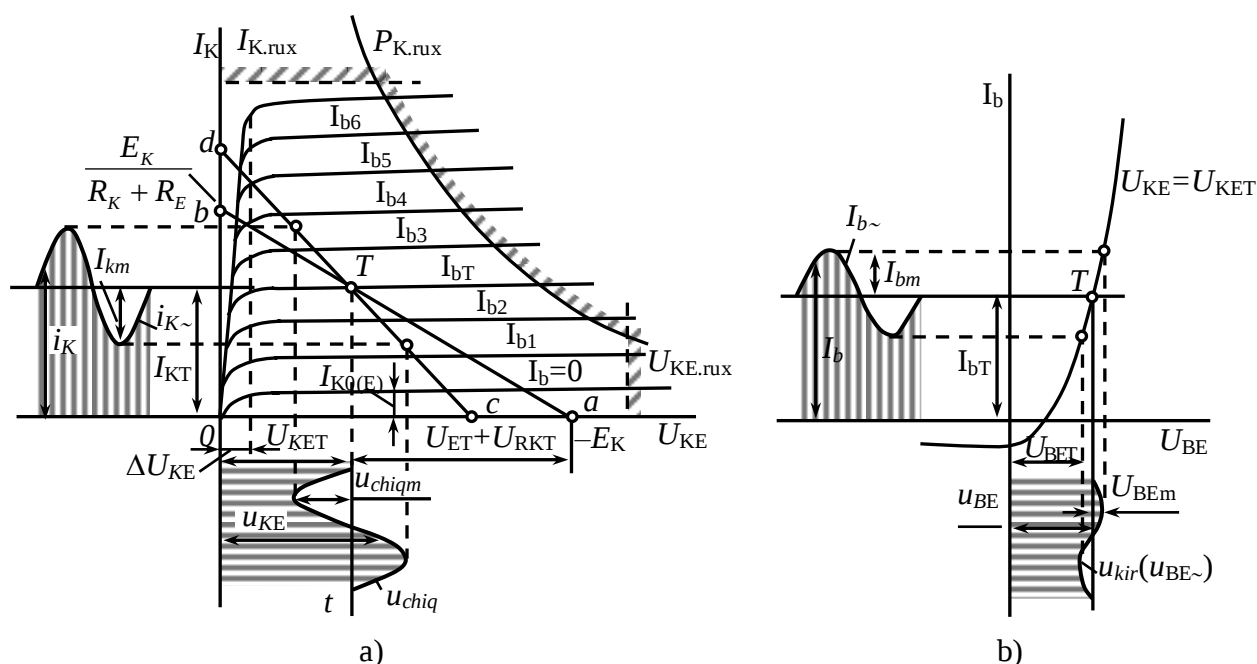
α birga yaqin bo'lganligi uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$U_{ket} = E_k - I_{kt} (R_k + R_e) \quad (4.2)$$

Mazkur tenglama to'g'ri chiziqning grafik tenglamasi hisoblanadi.

O'zgaras tok bo'yicha kaskadning yuklama chizig'ini qurish uchun kaskadning chiqish zanjirini salt yurish (*a* nuqta) hamda qisqa tutashuv (*b* nuqta) rejimlarini tavsiflovchi ikkita nuqta bo'yicha o'tkazish qulaydir. "a" nuqta uchun $I_{kt} = 0$, $U_{ket} = -E_k$ va "b" nuqta uchun $U_{kt} = 0$, $I_{kt} = E_k / (R_k + R_e)$.

Kirish (baza) tavsifi $I_b = f(U_{be})$ bo'yicha tinchlanish baza tokining I_{bt} kerakli qiymatini tanlab, chiqish tavsifida $I_b = I_{bt}$ tokka mos keluvchi kaskadning o'zgaras tok bo'yicha yuklama chizig'i bilan kesishgan *T* nuqtasining (tinchlanish nuqtasi) koordinatasini aniqlaymiz (4.2, a–rasm).



4.2 – rasm. Tranzistorning kollektor (a) va baza (b) tavsiflarida UE kaskadning tinchlanish rejimini grafik ko'rinishda aniqlash

Kaskadning chiqish kuchlanishi va tranzistor kollektor tokining o'zgaruvchan tashkil qiluvchisini aniqlash uchun o'zgaruvchan tok bo'yicha kaskadning yuklama chizig'i ishlatiladi. O'zgaruvchan tok bo'yicha tranzistor emitter zanjiridagi qarshilik nolga teng bo'lishini hisobga olish kerak bo'ladi. Bunga sabab R_e rezistor C_e kondensator bilan shuntlangan bo'ladi. Kollektor zanjiriga yuklama ulanadi. Bunga sabab o'zgaruvchan tok bo'yicha C_{a2} kondensator qarshiligi juda kichikdir. Agar ta'minot manbai E_k o'zgaruvchan tok bo'yicha qarshiligi nolga yaqinligini hisobga olsak, kaskadning o'zgaruvchan tok bo'yicha qarshiligi parallel ulangan R_k va R_{yu} rezistorlar qarshiligi bilan aniqlanadi,

ya'ni $R_{yu} = R_k \parallel R_{yu}$. O'zgaras tok bo'yicha kaskad yuklamasining qarshiligi $R_{yu} = R_k + R_e$ o'zgaruvchan tok bo'yicha $R_{yu} = R_k \parallel R_{yu}$ qarshilikka qaraganda katta bo'ladi.

Kirish signali mavjud bo'lganda tranzistor kuchlanishi va toki o'zgaras va o'zgaruvchan tashkil qiluvchilarning yig'indisi bo'lganligi uchun o'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i T nuqta orqali o'tadi (4.2, a – rasm). O'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'ining og'ishi o'zgaras tok bo'yicha qaraganda katta bo'ladi. O'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i kuchlanishni tokga nisbatan o'zgarishi bo'yicha quriladi: $\Delta U_{ke} / \Delta I_k = R_k \parallel R_{yu}$.

Kaskad kirishiga u_{kir} kuchlanish berilganda tranzistorning baza zanjirida tranzistorning kirish tavsifidagi u_{kir} kuchlanish bilan bog'langan $i_{b\sim}$ tokning o'zgaruvchan tashkil qiluvchisi hosil bo'ladi (4.2, b – rasm). Kollektor toki β koeffitsiyent orqali baza tokiga proporsional bog'liq bo'lganligi uchun tranzistorning kollektor zanjirida $i_{k\sim}$ tokning o'zgaruvchan tashkil qiluvchisi hamda o'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i toki $i_{k\sim}$ bilan bog'langan o'zgaruvchan chiqish kuchlanishi u_{chiq} hosil bo'ladi.

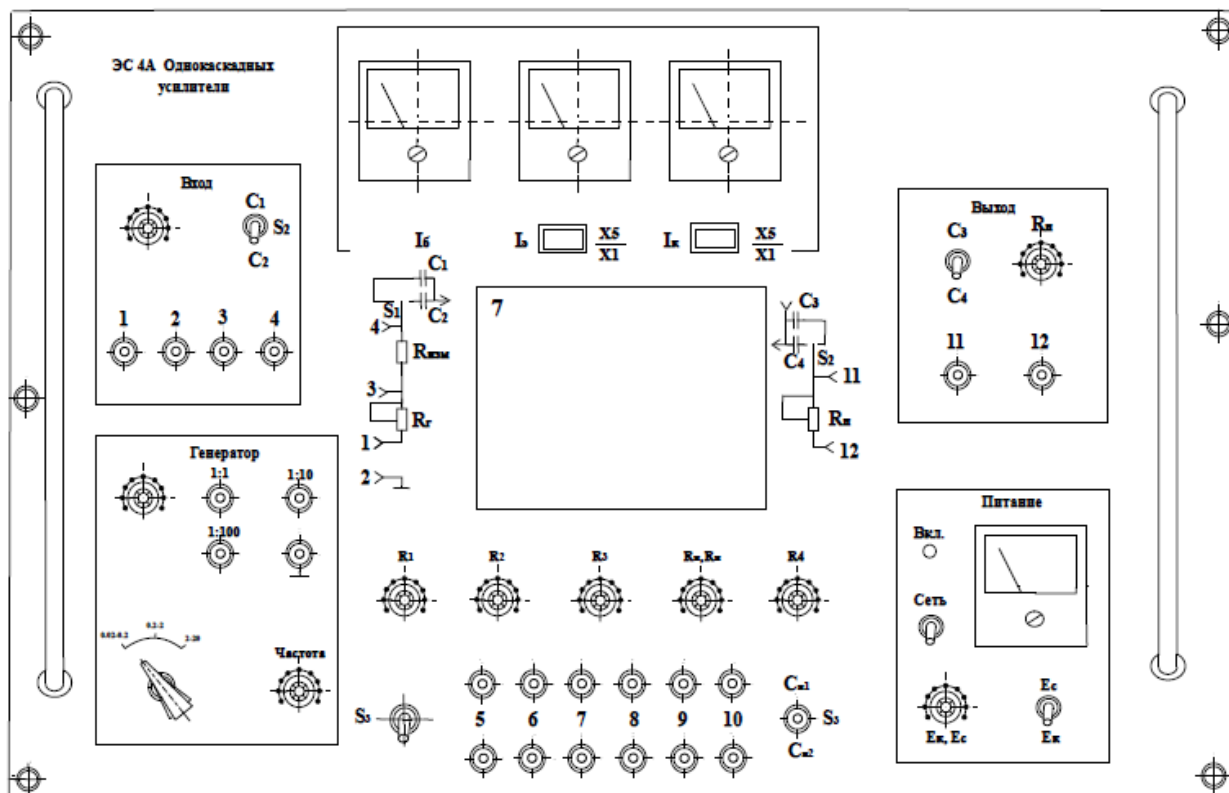
O'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i kollektor toki i_k va tranzistordagi kuchlanish u_{ke} qiymatining oniy o'zgarishini ifodalaydi, ya'ni ishchi nuqtaning ko'chishini ko'rsatadi.

Tajriba stendining tuzilishi

Stendga ta'minot B1 ni ulash bilan uzatiladi. Stendning **“Генератор”** deb nomlangan qism tarkibiga 0,02-20 kGs chastota diapazonini uchta diapazon ostiga o'tkazuvchi uzib ulagich B2, chastotani ohista o'zgartiruvchi dastak П1, chiqish signali kuchlanishni zinasimon uzib ulaydigan uyachalar (1:1), (1:10), (1:100), signal kuchlanishini ohista o'zgartiradigan **“Выход”** (П2) dastaklardan tashkil topgan sinusoidal signallar generatori kiradi.

Kuchaytirish kaskadining kirishi 1, 2 uyachalaridir. R2 potensiometrning П3 dastagi signal generatorning ichki qarshiligini o'zgartirish uchun, 3 va 4 kontakt uyachalar kirish signalining ossillogrammasini ko'rish uchun xizmat qiladi. S1

uzib ulagich tekshirilayotgan tizim kirishiga signalni mos C1 yoki C2 sig‘im orqali uzatish uchun xizmat qiladi. Rezbali $\Phi 1$ va $\Phi 2$ teshikchalar tajriba standiga



4.4 – rasm. Tajriba stendining ko‘rinishi

tranzistorning har xil ulanish sxemasiga (1-UE, 2-UK, 3-UB) ega bo‘lgan panelni mahkamlash vazifasini bajaradi. S2 uzib ulagich yuklamani kaskadga ajratuvchi C3 va C4 kondensatorlarning biri orqali ulaydi. Yuklamaning qarshiligi stendning «**Выход**» qismidagi R_H potensiometri bilan o‘zgartiriladi. Chiqish signalini o‘lchash uchun 11 va 12 uyachalariga voltmetr ulanadi. $R_{д1}$ va $R_{д2}$ dastaklar yordamida kuchlanish bo‘luvchisining yelkalarini va R_K potensiometr dastagi orqali kollektor zanjiri qarshiligini o‘zgartirgan holda tranzistorning kerakli sokin (tinchlik) holati ta‘minlanadi. S3 uzib ulagich baza kuchlanishining siljishini fiksatsiyalangan baza toki yordamida ta‘minlash uchun xizmat qiladi. R_E qarshiligi sokinlik rejimini turg‘unlashtirishga xizmat qiladi. S4 uzib ulagich o‘zgaruvchi tok bo‘yicha R_E qarshiligini shuntlovchi kondensator sig‘imini o‘zgartiradi. O‘zgarmas tok manбайдan ta‘minot S5 uzib ulagich bilan beriladi (bipolyar tranzistorlar uchun E_K holat) va kuchlanish qiymati E_K potensiometrning dastagi bilan o‘rnatiladi. E_K kuchlanish qiymati voltmetrida qayd etiladi. Kuchaytirgich sxemasining kerakli

nuqtalaridagi kuchlanishni o'lchash uchun panelga 5,6,7,8,9,10 uyachalar chiqarilgan. Baza, emitter va stok toklarini o'lchash uchun zanjirga A1 (I_B), A2 (I_E), A2 (I_C) milliampermetrlar kiritilgan (bosilgan holatda tok qiymati asbob shkalasiga mos keladi).

Qurilma kuchaytirish kaskadining uchta sxemasidan iboratdir: 1 – UE sxemasi, 2 – UK sxemasi, 3 – UB sxemasi. Sxemalarning har biri olinadigan va stendga tegishli sxemali panel yordamida biriktiriladi.

Ishni bajarish

UE kaskadi uchun:

1. UE kaskadi uchun amplituda tavsifi (AT) olinsin va qurilsin.
2. Chiqish signalining ossillogrammasi bo'yicha uning buzilishi boshlanadigan U_{kir} kirish kuchlanishining qiymati aniqlansin.
3. UE kaskadining kuchlanishi bo'yicha K_U kuchaytirish ko'effitsiyenti aniqlansin.
4. UE kaskadining K_U kuchaytirish ko'effitsiyentiga R_{yu} va $R_{bo'l}$ qarshiliklarning ta'siri aniqlansin.
5. Emitter zanjiridagi S3 sig'imining qiymatini kuchaytirish ko'effitsiyentiga ta'siri aniqlansin.

UK kaskadi uchun:

1. UK kaskadi uchun amplituda tavsifi (AT) olinsin va qurilsin.
2. Chiqish signalining ossillogrammasi bo'yicha uning buzilishi boshlanadigan U_{kir} kirish kuchlanishining qiymati aniqlansin.
3. UK kaskadining kuchlanishi bo'yicha K_U kuchaytirish ko'effitsiyenti aniqlansin.
4. UK kaskadining K_U kuchaytirish ko'effitsiyentiga R_{yu} va $R_{bo'l}$ qarshiliklarning ta'siri aniqlansin.

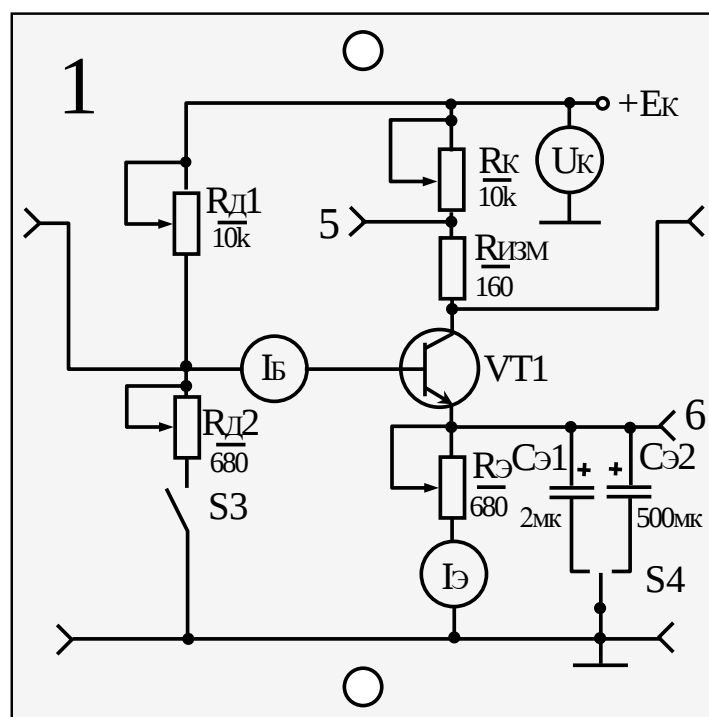
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

UE kaskadi uchun:

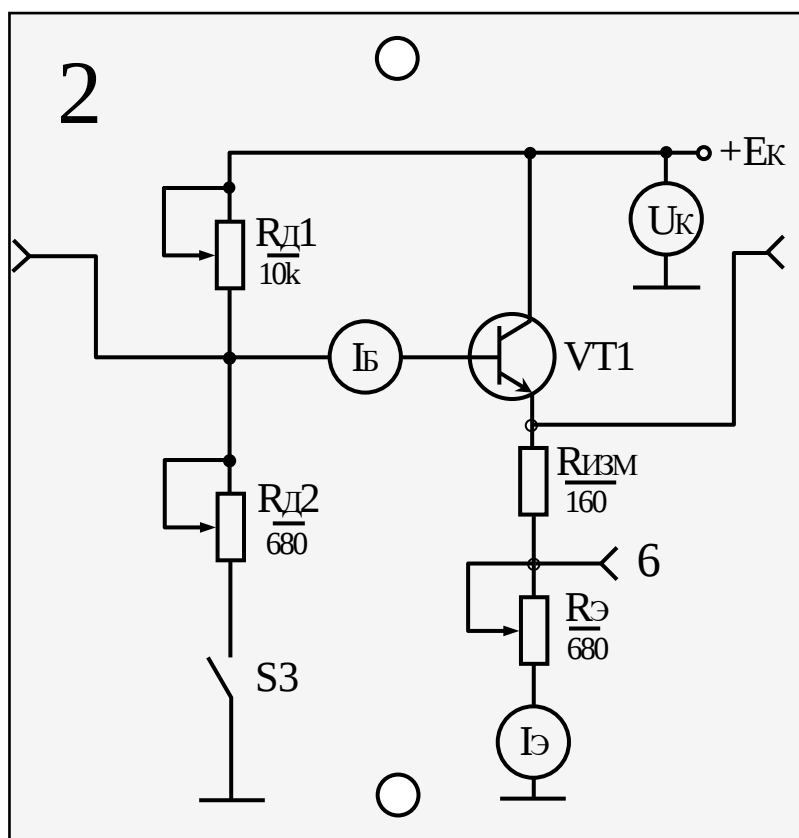
5. Stendga UE sxemali №1 paneli o'rnatilsin (4.5 – rasm) va boltlar bilan

mahkamlansin.

6. Generator bloki kuchaytirgich kirishga ulansin, buning uchun kabel yordamida (1:1) kontakt uyacha (1) uyacha bilan ulansin.
7. V7-26 turdagi voltmetr kabeli (1:10) va "±" uyachalarga (kuchaytirgich kirishi) ulansin.
8. V7-26 turdagi voltmetr kabeli 11 va 12 uyachalarga (kuchaytirgich chiqishi) ulansin.
9. Ossillograf 10 va yerlashtirish uyachalariga ulansin.
10. Stend ta'minoti V1 ("сеть") ulagich yordamida ulansin.
11. S3 yordamida $R_{\Delta 2}$ ulansin. $R_{\Delta 1}$ va $R_{\Delta 2}$ qarshiliklar bilan kirish signalining o'zgarishi mumkin bo'lgan diapazonida buzilmagan chiqish signali rejimi o'rnatilsin. Kuchaytirgichning amplituda tavsifi $U_{\text{chiq}} = f(U_{\text{kir}})$ olinsin va qurilsin. Tavsifning chiziqli qismi uchun K_U aniqlansin (R_{yu} , R_K , C_E qiymatlari o'qituvchi tomonidan beriladi).
12. Sxema elementlari parametrlarining o'sha qiymatlarida, biroq R_{yu} qarshiligining boshqa qiymatlari uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.



4.5 – rasm. UE kuchaytirgich sxemali panel



4.6 – rasm. UK kuchaytirgich sxemali panel

UK kaskadi uchun:

1. Stendga UK sxemali №2 paneli (4.6 – rasm) o‘rnatilsin va boltlar bilan mahkamlansin.
2. Generator bloki kuchaytirgich kirishga ulansin, buning uchun kabel yordamida (1:1) kontakt uyacha (1) uyacha bilan ulansin.
3. V7-26 turdagi voltmetr kabeli (1:10) va "±"uyachalarga (kuchaytirgich kirishi) ulansin.
4. V7-26 turdagi voltmetr kabeli 11 va 12 uyachalarga (kuchaytirgich chiqishi) ulansin.
5. Ossillograf 10 va yerlashtirish uyachalariga ulansin.
6. Stend ta‘minoti V1 (“сеть”) ulagich yordamida ulansin.
7. S3 yordamida RД2 ulansin. RД1 va RД2 qarshiliklar bilan kirish signalining o‘zgarishi mumkin bo‘lgan diapazonida buzilmagan chiqish signali rejimi o‘rnatilsin. Kuchaytirgichning amplituda tavsifi $U_{\text{chiq}} = f(U_{\text{kir}})$ olinsin va qurilsin. Tavsifning chiziqli qismi uchun K_U aniqlansin (R_{yu} , R_E qiymatlari

o'qituvchi tomonidan beriladi).

8. Sxema elementlari parametrlarining o'sha qiymatlarida, biroq $R_{bo'1}$ qarshiligining boshqa qiymatlari uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

15. Tajriba ishining bayonnomasi.
16. Tekshirilayotgan kuchaytirgichlarning sxemalari.
17. AT grafigi va K_U ning grafik orqali olingan qiymatlari.
18. KT 808 A tranzistorning ma'lumotlari va tavsiflari.
19. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Kuchaytirgich qurilmasini ta'riflang.
2. Kuchaytirgichlar qanday turlarga bo'linadilar?
3. Kuchaytirgichning umumiy emitter sxemasini ko'rsating.
4. Kuchlanishning o'zgaruvchan tashkil etuvchisidan tashqari yana qanday tashkil etuvchilari mavjud?
5. UE sxemasi uchun kuchaytirgichni amplituda tavsifini ko'rinishini keltiring.
6. Kuchaytirgichda qo'llangan elementlarning vazifasini aniqlang.
7. UE kaskadida $R_{bo'1}$ qarshiligining kamayishi kuchaytirgich tavsiflariga qanday ta'sir ko'rsatadi?
8. Kuchaytirgichning umumiy baza sxemasini ko'rsating?
9. UB sxemasi uchun kuchaytirgich amplituda tavsifining ko'rinishini keltiring.
10. UB sxemasi uchun kuchaytirgichda qo'llangan elementlarning vazifasini aniqlang.
11. UB kaskadida $R_{bo'1}$ qarshiligining kamayishi kuchaytirgich tavsiflariga qanday ta'sir ko'rsatadi?
12. UE va UB sxemali ko'rsatkichlarini taqqoslang.
13. Emitter stabilizatsiyasi zanjirining stabillashtiruvchi ta'sirini tushuntiring.

14. O'zgaruvchan va o'zgarmas toklar bo'yicha yuklama chizig'i qanday chiziladi?
15. K_U ning oshirish yo'llari to'g'risida gapirib bering.

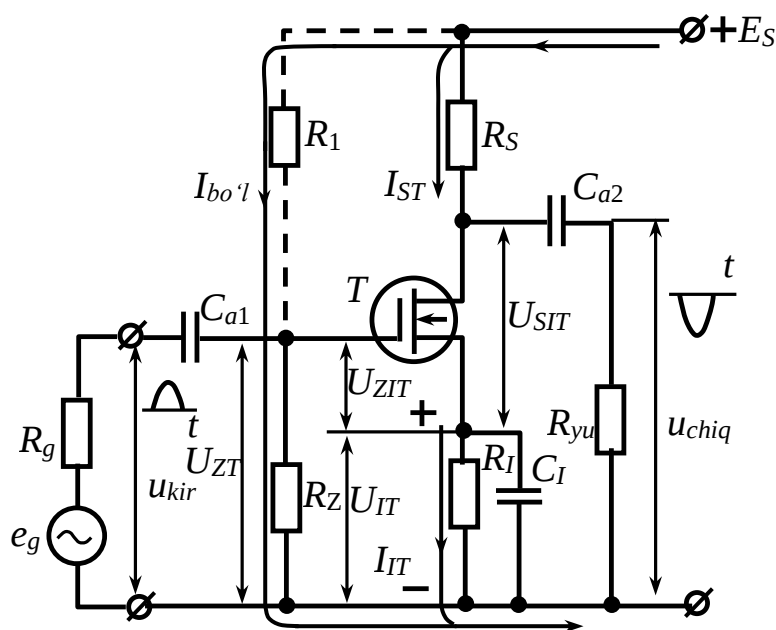
5- LABORATORIYA ISHI

MAYDONLI TRANZISTOR ASOSIDAGI BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHNING XARAKTERISTIKALARINI TEKSHIRISH

Ishdan maqsad: Umumiy istok (UI) sxemasi bo'yicha ulangan maydon tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichni tekshirish

Nazariy ma'lumotlar

UI kuchaytirish kaskadining sxemasi 5.1 – rasmda keltirilgan. Kaskad n -turdagi kanali mavjud bo'lgan MDYA – tranzistorda tayyorlangan. Mazkur tranzistor ham to'yinish rejimida, ham kambag'allashgan rejimda ishlaydi.



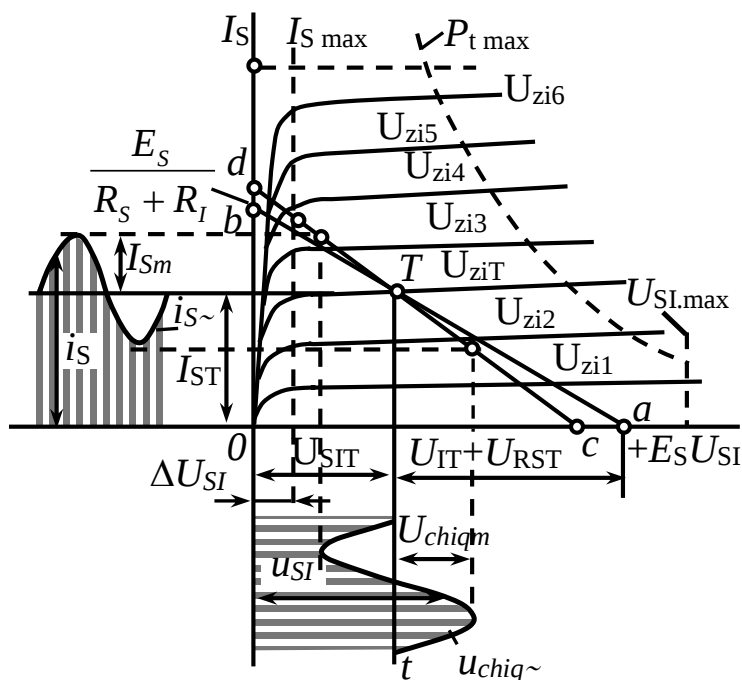
5.1–rasm. UI kuchaytirish kaskadining sxemasi

Kaskadning asosiy elementlari: $+E_s$ ta'minot manbasi, T tranzistor va R_s rezistor. Yuklama ajratuvchi kondensator C_{a2} orqali tranzistor stokiga ulangan. Kaskadning qolgan elementlari yordamchi vazifani bajaradi. R_z , R_1 , R_i elementlar tinchlantirish rejimida U_{zit} kuchlanishni berish uchun mo'ljallangan. R_i rezistor harorat o'zgarganda va tranzistor parametrlari farq qilganda tinchlantirish rejimini turg'unlashtirish uchun xizmat qiluvchi o'zgarmas tok bo'yicha manfiy teskari

bog‘lanishni hosil qiladi. C_i kondensator o‘zgaruvchan tok bo‘yicha manfiy teskari bog‘lanishni bartaraf qilish uchun mo‘ljallangan. C_{a1} ajratuvchi kondensator kaskadni kirish signalining manbasi bilan bog‘lanishini ta’minlaydi. Tinchlantirish rejimini tanlash tamoyili bipolyar tranzistordagi sxemasi kabidir. Tinchlantirish rejimini tanlashda ishlatiladigan ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$U_{\text{sit}} > U_{\text{chiam}} + \Delta U_{\text{sit}}, \quad (5.1)$$

$$I_{st} > I_{sm} . \quad (5.2)$$



5.2–rasm. Tranzistor chiqish tavsifida UI kaskadning tinchlantirish rejimini grafik aniqlash.

Tinchlantirish T nuqtasi a va b nuqtalar orqali oʻtadigan oʻzgarmas tok boʻyicha yuklama chizigʻiga joylashtiriladi (5.2–rasm). Nuqta a uchun $I_s=0$, $U_{si}=+E_s$; nuqta b uchun $U_{su}=0$, $I_s=E_s/(R_s+R_i)$. Oʻzgaruvchan tok boʻyicha yuklama chizigʻi $R_{yu\sim} = R_s \parallel R_{yu}$ qarshilik bilan aniqlanadi. Koʻp kaskadli kuchaytirgichlarda kaskad yuklamasi yuqori kirish R_{kir} qarshiligiga ega boʻlgan keyingi kaskadning kirish zanjiri boʻladi. Bunday holatlarda oʻzgaruvchan tok boʻyicha kaskad yuklamasi R_{kir} dan bir tartibga kichik qilib tanlanadigan R_s qarshiligi bilan aniqlanadi. Shu sababga koʻra dastlabki kuchaytirish kaskadlari uchun oʻzgaruvchan tok boʻyicha yuklamasi chizigʻining ogʻmasi ($c - d$ toʻgʻri chiziq)

o'zgaras tok bo'yicha yuklama chizig'idan kam farq qiladi. Ayrim hollarda ularni bitta chiziq bilan $(a - b)$ hisobga olishadi.

Kaskadda talab etilgan tinchlantirish rejimini (U_{sit} va I_{st} kattaliklarni berish) amalga oshirish bilan bog'liq bo'lgan masalalarni ko'rib chiqamiz.

Tinchlantirish stok I_{st} toki va tinchlantirish stok-istok U_{sit} kuchlanishi o'zaro quyidagi nisbat orqali bog'lanishdan:

$$U_{sit} = E_s - I_{st}(R_s + R_i) \quad (5.3)$$

hamda tinchlantirish nuqtasiga mos keluvchi tranzistorning zatvor-istok U_{zit} kuchlanishi bilan aniqlanadi. U_{zit} kuchlanishi tinchlantirish nuqtasi T (5.2– rasm) orqali o'tuvchi stok tavsifining parametrini namoyon qiladi.

Kanali mavjud bo'lgan maydonli tranzistor ham kanalli zaryad tashuvchilar bilan boyish rejimida, ham kambag'allash rejimida ishlashi mumkin. Shuning uchun mazkur tranzistorning chiqish tavsifining to'liq diapazoniga nafaqat kattalik, balki ishora bo'yicha o'zgaradigan zatvor-istok kuchlanishi mos keladi. Ko'rsatilgan sababga ko'ra tinchlantirish rejimida zatvordagi kuchlanish istokka nisbatan ham musbat, ham manfiy qutbga ega bo'lishi, shuningdek nolga teng bo'lishi mumkin.

$U_{zit} < 0$ bo'lgan holatni ko'rib chiqamiz. U $p-n$ o'tishli maydonli tranzistordagi UI kaskad uchun ham xosdir.

Tinchlantirish rejimida $U_{zit} < 0$ kuchlanishni hosil qilish uchun mo'ljallangan elementlar R_i va R_z rezistordir. R_1 rezistor kerak emas. Kuchlanishning kerakli kattaligi va qutbi R_i rezistorda, u orqali $I_{it} = I_{st}$ tok oqib o'tishi natijasida olinadi. Shu sababli R_i tanlashni quyidagicha amalga oshiriladi:

$$R_i = U_{zit} / I_{st} \quad (5.4)$$

R_z rezistor zatvor potensialini R_i rezistorning pastki chiqishida potensialga teng bo'lishini ta'minlash uchun mo'ljallangan, ya'ni tranzistor zatvori va istoki orasidagi R_i rezistordan U_{zit} kuchlanishni uzatish uchun mo'ljallangan. R_z rezistor qarshiligini tranzistorning kirish qarshiligidan bir nechta tartibga kichik qilib tanlanadi. Bu kaskadning kirish qarshiligiga harorat noturg'unligi hamda tranzistor

kirish qarshiliklari qiymatlarining farqi ta'sirini bartaraf qilish uchun kerak. R_z qiymatini 1-2 MOm teng qilib olinadi.

Talab etilgan U_{zit} kuchlanishni ta'minlashdan tashqari R_i rezistor harorat va tranzistor parametrlari farqi ta'siri ostida I_{st} tokning o'zgarishiga to'sqinlik qiluvchi kaskadda manfiy teskari bog'lanishni hosil qiladi.

Shu bilan R_i rezistorning vazifasi shuningdek kaskadning tinchlantirish rejimini turg'unlashtirishdan iborat bo'ladi. Turg'unlikni oshirish maqsadida R_i qiymatining U_{zit} kuchlanishini ta'minlash uchun kerakli bo'lgan qiymatida oshiriladi. Bunda ortiqcha U_{it} kuchlanishni talab etiladigan kompensatsiya sxemaga R_1 rezistorni ulash yo'li bilan mos kuchlanishni U_{zit} zatvorga uzatish bilan amalga oshiriladi. Ko'rsatilgan kompensatsiya qilish shartidan R_1 qarshilikni hisoblash uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan nisbatni olamiz:

$$U_{zit} = U_{it} - U_{zt} = I_{st} R_i - E_s \frac{R_z}{R_z + R_1}, \quad (5.5)$$

$$R_1 = \frac{E_s R_z}{U_{it} - U_{zit}} - R_z. \quad (5.6)$$

Ta'minot manbasini hisobga olgan holda U_{it} kattalik aniqlanadi:

$$E_s = U_{sit} + U_{it} + I_{st} R_s. \quad (5.7)$$

R_s kattaligi kaskadning chastotaviy xossasiga ta'sir qiladi. Uni diapazonning yuqori chastotasidan kelib chiqqan holda hisoblashadi. Chastota diapazonini kengaytirish nuqtayi nazardan R_s qarshiligini kamaytirish maqsadga muvofiqdir. Ma'lum kattalik sifatida tranzistorning ichki qarshiligini r_i qabul qilgan holda R_s qiymatini baholashimiz mumkin: $R_s = (0,05 \div 0,15)r_i$.

U_{it} kuchlanishiga nisbatan ham UE kaskadidagi U_{et} kuchlanish kabi fikrlarni aytish mumkin: U_{it} kuchlanishning oshishi R_4 qarshilikning oshishi tufayli tinchlantirish nuqtasining turg'unligiga ijobiy ta'sir qiladi. Biroq bunda ta'minot manbasining E_s talab etilgan kuchlanishi oshadi. Yuqorida ko'rsatilganga muvofiq U_{it} kuchlanishni $(0,1 \div 0,3)E_s$ atrofida tanlashadi:

$$E_s = \frac{U_{st} + I_{st} R_s}{0,7 \div 0,9}. \quad (5.8)$$

Tajriba stendining tuzilishi

ЭС-4А toifali «Bir kaskadli kuchaytirgichlar» stendi quyidagilardan tashkil topgan (44–betdagi 4.4 – rasmga qara). Stendga ta’minot B1 ni ulash bilan uzatiladi. Stendning **“Генератор”** deb nomlangan qism tarkibiga 0,02-20 kGs chastota diapazonini uchta diapazon ostiga o‘tkazuvchi uzib ulagich B2, chastotani ohista o‘zgartiruvchi dastak П1, chiqish signali kuchlanishni zinasimon uzib ulaydigan uyachalar (1:1), (1:10), (1:100), signal kuchlanishini ohista o‘zgartiradigan **“Выход”** (П2) dastaklardan tashkil topgan sinusoidal signallar generatori kiradi.

Kuchaytirish kaskadining kirishi 1, 2 uyachalaridir. R2 potensiometrning П3 dastagi signal generatorning ichki qarshiligini o‘zgartirish uchun, 3 va 4 kontakt uyachalar kirish signalining ossillogrammasini ko‘rish uchun xizmat qiladi. S1 uzib ulagich tekshirilayotgan tizim kirishiga signalni mos C1 yoki C2 sig‘im orqali uzatish uchun xizmat qiladi. Rezbali Φ1 va Φ2 teshikchalar tajriba stendiga tranzistorning har xil ulanish sxemasiga (6-UI, 7-US) ega bo‘lgan panelni mahkamlash vazifasini bajaradi. S2 uzib ulagich yuklamani kaskadga ajratuvchi C3 va C4 kondensatorlarning biri orqali ulaydi. Yuklamaning qarshiligi stendning **«Выход»** qismidagi Rн potensiometri bilan o‘zgartiriladi. Chiqish signalini o‘lchash uchun 11 va 12 uyachalariga voltmeter ulanadi.

O‘zgarmas tok manbaidan ta’minot S5 uzib ulagich bilan beriladi (bipolyar tranzistorlar uchun E_K holat) va kuchlanish qiymati E_K potensiometrning dastagi bilan o‘rnatiladi.

E_K kuchlanish qiymati voltmetrda qayd etiladi. Kuchaytirgich sxemasining kerakli nuqtalaridagi kuchlanishni o‘lchash uchun panelga 5,6,7,8,9,10 uyachalar chiqarilgan.

Istok toki o‘lchash uchun zanjirga A3 milliampermetri kiritilgan. Qurilma kuchaytirish kaskadining ikkita sxemasidan tashkil topgan: umumiy istok (UI)

sxemasi, umumiy stok (US) sxemasi. Sxemalarning har biri olinadigan va stendga tegishli sxemali panel yordamida o'rnatiladi.

Ishni bajarish

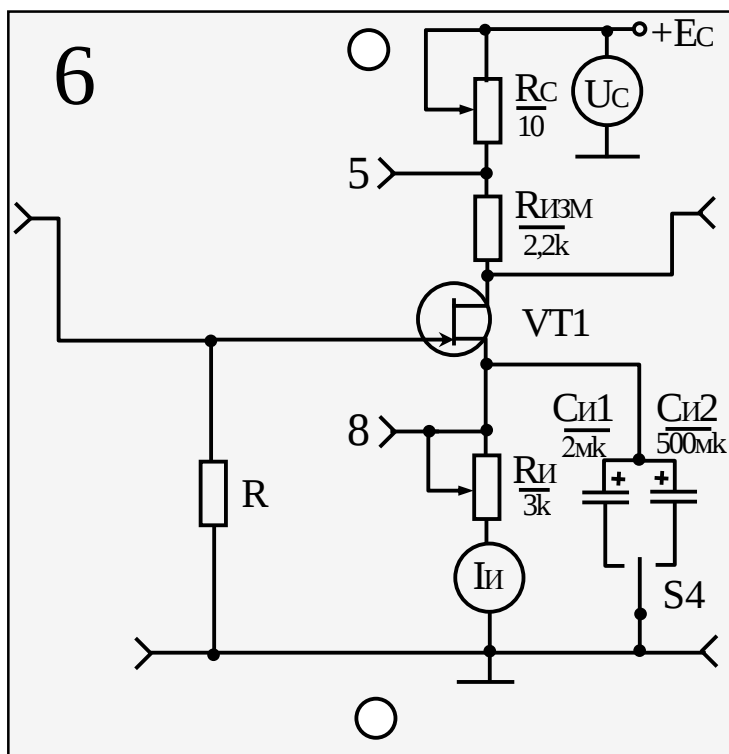
1. UI sxemasi uchun amplituda tavsifi (AT) olinsin va qurilsin.
2. Chiqish signalining ossillogrammasi bo'yicha uning buzilishi boshlanadigan U_{kir} kirish kuchlanishining qiymati aniqlansin.
3. UI kaskadining kuchlanishi bo'yicha K_U kuchaytirish ko'effitsiyenti aniqlansin.
4. UI kaskadining K_U kuchaytirish ko'effitsiyentiga R_{yu} va $R_{bo'l}$ qarshiliklarning ta'siri aniqlansin.
5. Istok zanjiridagi C_1 sig'imining qiymatini kuchaytirish ko'effitsiyentiga ta'siri aniqlansin.

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. Stendga UI sxemali №6 paneli (5.3 – rasm) o'rnatilsin va boltlar bilan mahkamlansin.
2. Generator bloki kuchaytirgich kirishga ulansin, buning uchun kabel yordamida (1:1) kontakt uyacha (1) uyacha bilan ulansin.
3. V7-26 turdagi voltmetr kabeli (1:10) va “±” uyachalarga (kuchaytirgich kirishi) ulansin.
4. V7-26 turdagi voltmetr kabeli 11 va 12 uyachalarga (kuchaytirgich chiqishi) ulansin
5. Ossillograf 10 va yerlashtirish uyachalariga ulansin.
6. Stend ta'minoti V1 (“**сеть**”) ulagich yordamida ulansin.
7. B3 uzib ulagich Ec tomoniga o'rnatilsin
8. O'qituvchi topshirgan sxema elementlari qiymatlarini o'rnatilib, amplituda tavsifi olinsin va qurilsin. П2 dastak yordamida kirish signalining qiymatlari o'zgartirilib, chiqish signalining qiymatlari 6-8 nuqtalarda voltmetr ko'rsatkichi bo'yicha aniqlansin. Ossillograf yordamida chiqish signalini buzilishiga olib keluvchi kirish kuchlanishi aniqlansin va ossillogramma

chizib olinsin. $U_{\text{chiq}}=f(U_{\text{kir}})$ grafigi chizilsin va K_U aniqlansin.

9. Sxema elementlari parametrlarining o'sha qiymatlarida, biroq R_{yu} qarshiligining boshqa qiymatlari uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.
10. Sxema elementlarning parametrlarining 8-banddagi qiymatlari uchun va R_g qarshiligining boshqa qiymati uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.
11. C_1 sig'iminin qiymati o'zgartirilib amplituda tavsifi olinsin va qurilsin



5.3 – rasm. UI kuchaytirgich sxemali panel

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Tajriba ishining bayonnomasi.
2. «Ish vazifasi» qismi bo'yicha qilingan ishning bayoni.
3. Tekshirilayotgan kuchaytirgichlarning sxemalari.
4. AT grafigi va grafik orqali aniqlangan K_U qiymati.
5. Sxemadagi tranzistorlarning ma'lumotnomalari va tavsiflari.
6. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Maydon tranzistor ulanishining qanday sxemalarini bilasiz?
2. Maydon tranzistorlarning qanday turlari mavjud?
3. Bir kaskadli kuchaytirgichning strukturasi qanday elementlardan tashkil topgan?
4. p -kanalli tranzistorning elektrodleri qanday ishorali kuchlanish bilan ta'minlanadi?
5. Kuchaytirgichning kirishi va chiqishidagi ajratuvchi kondensatorlarning vazifasi nimadan iborat?
6. Maydon tranzistor asosidagi kuchaytirgich sxemasi elementlarining vazifasini tushuntiring.
7. UI kaskadning bipolyar tranzistor asosidagi UE kaskadidan farqi nima?
8. UI kaskadning almashtirish sxemasini tahlil qiling.
9. UI kaskadi asosan qanday sxemalarda qo'llanadilar?
10. Istok zanjiridagi R_I qarshilikning vazifasi nimalardan iborat?

6- LABORATORIYA ISHI

OPERATION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI INVERTIRLOVCHI VA NOINVERTIRLOVCHI KUCHAYTIRGICH SXEMASINI O'RGANISH

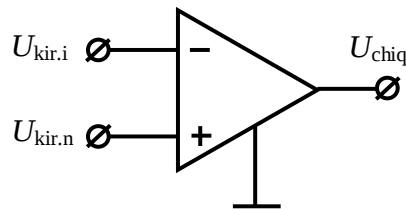
Ishdan maqsad: 1. Integral ijrodagi kuchaytirgichlarning ishlash tamoyilini, asosiy parametrlarini va tavsiflarini o'rganish; 2. Kuchaytirgichlarning asosiy tavsiflarini (amplituda, amplituda - chastota) o'lchash bo'yicha ko'nikma hosil qilish.

Nazariy ma'lumotlar

Operation kuchaytirgich (OK) differensial kirish (ikkita kirish simi) va bitta umumiy chiqishga (bitta chiqish simi) ega bo'lgan katta kuchaytirish ko'effitsiyentli o'zgarmas tok kuchaytirgichiga kiradi. Kuchaytirgichning nomlanishi uning analog kattaliklar ustida turli amallarni (qo'shish, ayirish, integrallash va boshqalar) bajarishda qo'llanishi bilan bog'liqdir. Operation kuchaytirgichlarning integral ko'rinishda tayyorlanishi bilan ularning sxemotexnik

imkoniyatlarini ochib berdi. Hozirgi kunda operatsion kuchaytirgich har hil vazifalarga mo'ljallangan apparaturalarni qurishda qo'llaniladigan element vazifasini bajaradi. Operatsion kuchaytirgichlar kuchaytirish texnikasida, sinusoidal va impuls shakldagi signallarning generatsiya qurilmalarida, kuchlanish stabilizatorida, faol filtrlarda va boshqa qurilmalarda qo'llaniladi.

OK shartli belgilanishi 6.1 – rasmda ko'rsatilgan. Kuchaytirgichning kirishlaridan birini ($U_{kir.n. \llcorner+}\rangle$) noinvertirlovchi, ikkinchisini ($U_{kir.i. \llcorner-}\rangle$) invertirlovchi deb ataladi. Noinvertirlovchi kirishga signal uzatilganda chiqish signalining o'zgarishi ishora (faza) bo'yicha kirish signalining o'zgarishi bilan mos keladi. Agarda signal invertirlovchi kirishga berilsa, chiqish signalining o'zgarishi kirish signalining o'zgarishi bilan solishtirganda teskari ishoraga (faza bo'yicha qarama qarshi) ega bo'ladi. Invertirlovchi kirish operatsion kuchaytirgichga tashqi manfiy teskari bog'lanishni kiritish uchun ko'pincha qo'llaniladi.

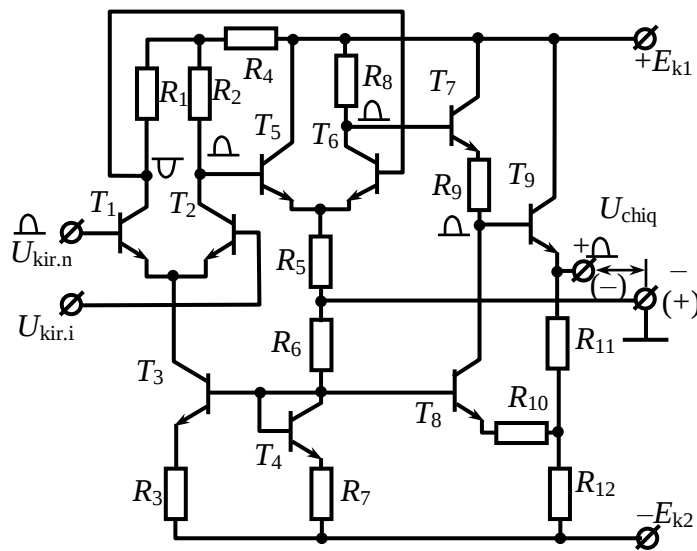


6.1 – rasm. Elektron sxemalarda OK belgilanishi

OK asosini kuchaytirgichning kirish kaskadi sifatida qo'llaniladigan differensial kaskad tashkil qiladi. OK chiqish kaskadi sifatida butun sxemaning quvvatini ta'minlovchi emitter qaytagich ishlatiladi. Emitter qaytagich (EQ) kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti birga yaqinligi bo'lganligi uchun operatsion kuchaytirgich K_{UOK} koeffitsiyentining kerakli qiymati differensial kaskad va EQ orasiga kiritiladigan qo'shimcha kuchaytirish kaskadlar yordamida erishiladi. Talab etilgan K_{UOK} qiymatini olish uchun ishlatiladigan kaskadlar soniga bog'liq ravishda OK (ikki va uch kaskadliga) ajratiladi.

Ikki kaskadli OKda kirish signalini kuchaytirishda kirish differensial kaskadi va bitta qo'shimcha kaskad ishtirok etsa, uch kaskadlida esa kirish differensial va ikkita qo'shimcha kaskad ishtirok etadi. Uch kaskadli OKda kirish

differentensial kaskad odatda rezistorli yuklama bilan tayyorlansa, ikki kaskadlida esa dinamik yuklama bilan tayyorlanadi. Bundan tashqari operatsion kuchaytirgichda turli vazifalarni bajarishga mo'ljallangan (kuchaytirish traktida kuchlanish sathini siljitish, turg'un tok manbasini hosil qilish, kuchaytirgichning sinfaz xatosi bo'yicha manfiy teskari bog'lanish) yordamchi tranzistor kaskadlari va elementlar mavjud bo'ladi. Sodda uch kaskadli OKning prinsipial sxemasini 6.2–rasmda ko'rsatilgan. Sxemasini ta'minlash bir xil kuchlanishli ikkita $+E_{K1}$ va $-E_{K1}$ manbadan amalga oshiriladi. Ta'minot manbasi umumiy nuqtasi: $|E_{K1}| = |E_{K2}| = E_K$.



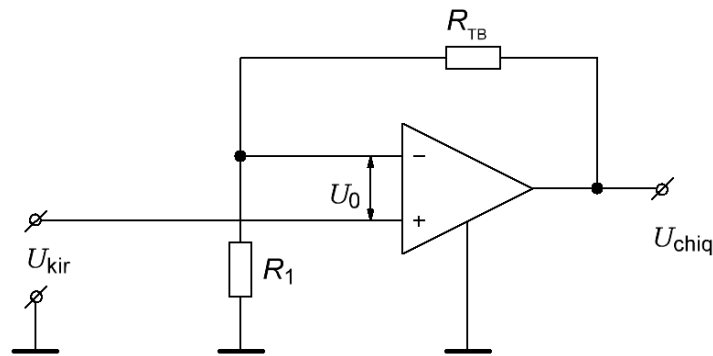
6.2 – rasm. Operatsion kuchaytirgich prinsipial sxemasi

Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi. Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi 6.3 – rasmda keltirilgan. Uning uzatish koeffitsiyentini aniqlaymiz. a nuqta uchun toklar tenglamasini yozamiz: $I_1 + I_{kir\ OK} = I_2$. $R_{kir} \rightarrow \infty$, $I_{kir\ OK} = 0$ bo'lganda $I_1 = I_2$. Qarshilik orqali oqib o'tayotgan tokni qarshilik hamda mazkur qarshilikdagi kuchlanish tushuvi orqali ifodalangan holda quyidagini olamiz:

$$-\varphi_a / R_1 = (\varphi_a - U_{chiq}) / R_2.$$

Mazkur sxemada $\varphi_a \neq 0$; $\varphi_a / R_2 + \varphi_a / R_1 = U_{chiq} / R_2$, ya'ni $\varphi_a (R_2 + R_1) / R_1 = U_{chiq}$. Bu yerdan $\varphi_a = U_{chiq} R_1 / (R_1 + R_2)$ bo'ladi $U_{kir\ OK} = \varphi_a$ va $K_{OK} = \infty$ bo'lganligi uchun $U_{kir\ OK} = U_{chiq} / K_{OK}$, u holda $\varphi_a = \varphi^+$ bo'ladi.

Boshqa tomondan $I_{kirOK} = 0$ bo'lganligi uchun R_3 qarshiligi orqali tok oqib o'tmaydi va undagi kuchlanish tushuvi bo'lmaydi hamda $\varphi_a = U_{kir}$ bo'ladi. Bu yerda $U_{kir} = U_{chiq} R_1 / (R_1 + R_2)$ yoki $U_{chiq} = U_{kir} (R_1 + R_2) / R_1$ ni olamiz. Qulay shaklda yozgan holda quyidagini olamiz: $U_{chiq} = U_{kir} (1 + R_2 / R_1)$, $K_U = 1 + R_2 / R_1$. Shunday qilib, 6.3 – rasmda keltirilgan sxema ($R_2=0$ dan tashqari barcha bog'lanishlarda R_2/R_1) noinvertirlovchi kuchaytirgich bo'ladi. Barcha uzatish ko'effitsiyentini qabul qilishi mumkin bo'lgan invertirlovchi kuchaytirgichlarning farqli ravishda noinvertirlovchi kuchaytirgichda $K_U < 1$ ni ta'minlab bo'lmaydi.



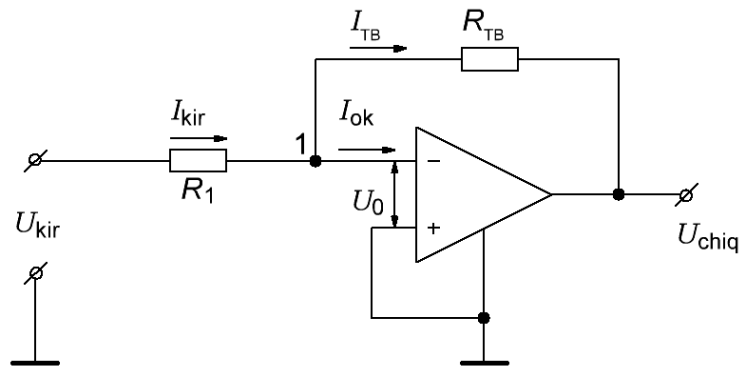
6.3 – rasm. Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

Invertirlovchi kuchaytirgich. Elektronikada operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi ulanishi ko'pincha ishlatiladi. Ma'lum bir holatlarni hisobga olgan holda sxemaning uzatish ko'effitsiyenti uchun formulani topamiz. Quyidagilarni hisobga olamiz:

1. Operatsion kuchaytirgich cheksiz kuchaytirish ko'effitsiyentiga ega ($K_{OK} = \infty$)
2. Operatsion kuchaytirgichning kirish qarshiligi cheksiz ($R_{kir} = \infty$)

Ushbu shartlar operatsion kuchaytirgichning boshqa ulanishlarda ham qo'llaniladi. Soddalik uchun $R_1 = R_{kir}$, $R_2 = R_{TB}$ qarshiliklarni faol deb hisoblaymiz. a (OK invertirlovchi kirish) nuqta uchun Kirxgoffning birinchi qonuniga asoslanib toklar tenglamalarini yozamiz. R_1 orqali oqayotgan tokni I_1 , R_2 orqali oqayotgan tokni I_2 belgilaymiz, OKning kirish tokini I_{kirOK} deb hisoblaymiz. Shunda $I_1 = I_2 + I_{kirOK}$ ni olamiz. $K_{OK} = \infty$ bo'ladi degan ehtimolga ko'ra, $I_{kirOK} = 0$ deb qabul qilish mumkin, ya'ni toklar tenglamasi quyidagiga teng bo'ladi $I_1 = I_2$. Toklarni

qarshilik va ushbu qarshiliklarda toklar yuzaga keltirgan kuchlanish tushuvlarini ifodalaymiz: $\frac{\Delta U_1}{R_1} = \frac{\Delta U_2}{R_2}$ toklar yo‘nalishini hisobga olgan holda, $\Delta U_1 = U_{kir} - \varphi_a$, $\Delta U_2 = \varphi_a - U_{chiq}$, bu yerda φ_a – a nuqtaning potentsiali. Nuqta a OK invertirlovchi kirishi bilan qisqa tutashtirilganligi uchun U_a OK invertirlovchi kirishining potentsialiga teng bo‘ladi. 6.4 – rasimga muvofiq OKni invertirlovchi kirishi yer bilan qisqa bog‘langanligi uchun operatsion kuchaytirgichning noinvertirlovchi va invertirlovchi kirishlari potentsiallari farqiga teng bo‘lgan OK kirish signali U_{kirOK} , $U_{OK} \rightarrow \infty$ hamda U_{chiq} cheklangan qiymatlarida quyidagilarni tashkil qiladi: $U_{kirOK} = U_{chiqOK} / K_{OK} = U_{chiq} / \infty = 0$, u holda $\Delta U_1 = U_{kir}$, $\Delta U_2 = -U_{chiq}$, $\Delta U_{kir} / R_1 = -U_{chiq} / R_2$ bo‘ladi. Oxirgi ifodaning uzatish koefitsiyentini K_U aniqlash uchun quyidagini olamiz: $K_U = U_{chiq} / U_{kir} = -R_1 / R_2$. Shunday qilib, 6.4 – rasmdagi sxemaning uzatish koefitsiyenti qarshiliklar nisbati bilan aniqlanadi: teskari bog‘lanish qarshiligi (OK chiqishi va invertirlovchi kirishi oralig‘iga ulangan) va kirish qarshiligi (sxemaning kirishi va OKning invertirlovchi kirishi orasiga ulangan). $R_1 = R_{kir}$, $R_2 = R_{TB}$, unda $K_U = -R_{TB} / R_{kir}$ ushbu ifoda sxemotexnikada muhim ahamiyatga ega bo‘lgan ifodalardan biridir. Uni muhokama qilamiz. Birinchidan, «minus» ishorasiga e’tibor beramiz. Uning mavjudligi sxema orqali o‘zgarmas signal ulanganda ishorasini qarama qarshiga o‘zgartirilishini, garmonik signal ulanganda esa faza bo‘yicha 180° ($-1 = e^{j180}$) siljishini anglatadi. Shunday qilib signalning inversiyasi yuz beradi.



6.4 – rasm. Invertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

Ikkinchidan $K_U = -R_{TB} / R_{kir}$ formulaga muvofiq uzatish koefitsiyenti istalgan

qiymatga ega bo'lishi mumkin: $R_{TB} < R_{kir} |K_U| < 1$; $R_{TB} = R_{kir} K_U = -1$; $R_{TB} > R_{kir} |K_U| > 1$.

Yuqorida keltirilganlarning oxirgi holatida signal kuchaytirilishi yuz beradi, shuning uchun 6.4 – rasmdagi sxema invertirlovchi deyiladi. Mazkur ibora ko‘rilayotgan sxemaning R_{TB} va R_{kir} barcha o‘zaro bog‘lanishlari uchun qo‘llaniladi.

Invertirlovchi kuchaytirgichning K_U uchun formuladan foydalangan holda sxema orqali nochiziqli buzilishlarsiz kirish signalining o‘tishini aniqlash mumkin.

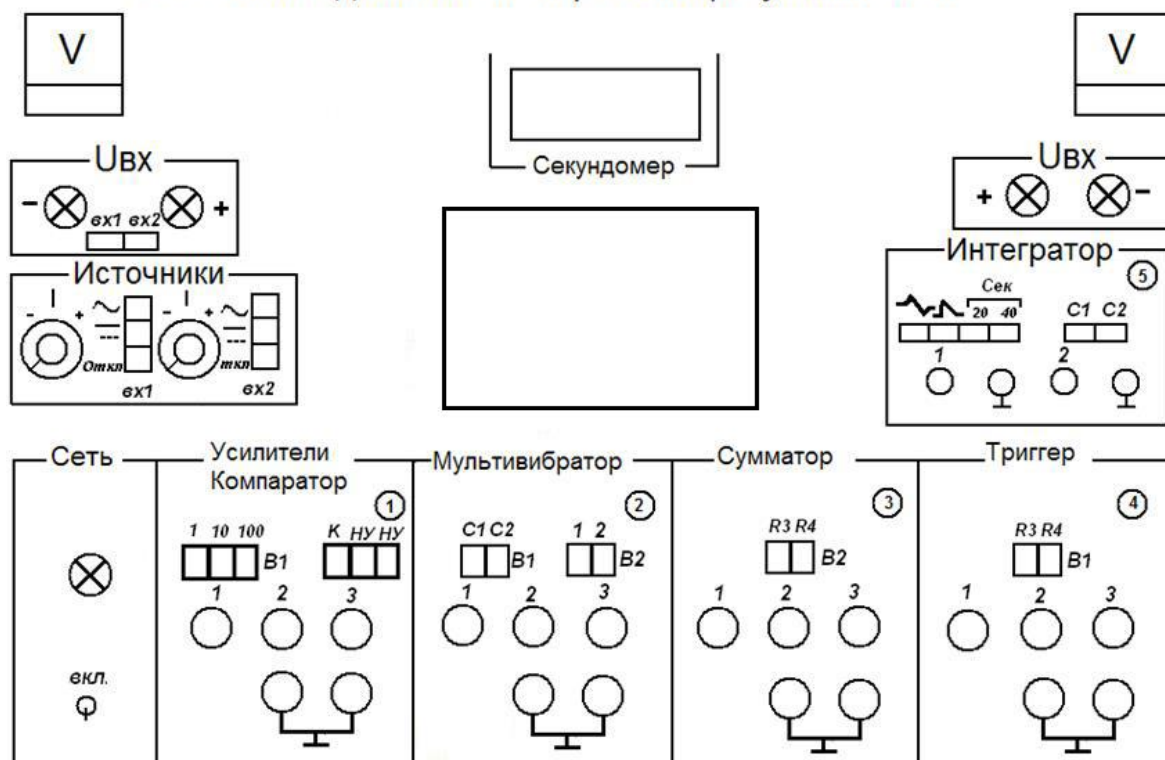
$U_{kir\ max} = E / |K_U|$ bo‘lganligi sababli mazkur holat uchun $U_{kir\ max} = ER_1 / R_2$, bu yerda E – uzatish koeffitsiyentining tekis sohasiga mos keluvchi kuchlanish.

Tajriba qurilmasining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini, hamda uning qo‘llash sxemalarini o‘rganish mumkin (6.5 – rasm). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

- kirishdagi va chiqishdagi signallarni o‘lchashga mo‘ljallangan o‘zgarmas tok voltmترلari;
- chiqish signalining amplitudasini va ishorasini o‘zgartirish imkoniyati bo‘lgan ikkita signal manbai «ИСТ.1» va «ИСТ.2»;
- operatsion kuchaytirgichlarni qo‘llash sxemalari tasvirlangan almashtiriladigan platalar;
- raqamli indikatsiyali sekundomer.

ЭС-23 Исследование схем решающих усилителей



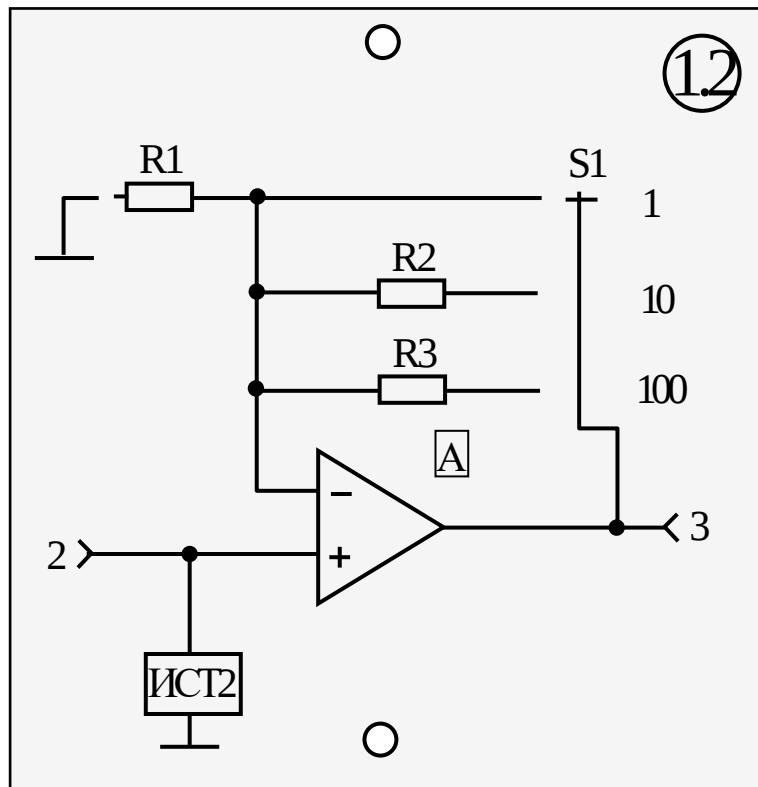
6.5 – rasm. Tajriba stendining ko‘rinishi

Har bir o‘rganilayotgan sxemaning uzatish koefitsiyentini (S_1), sig‘imi qiymatini (C_1 , C_2), integrallash vaqtini o‘zgartirish imkoniyati bor. Bundan tashqari kirish signalini tashqi manbadan berish va chiqish signallarini kuzatishga mo‘ljallangan uyachalar mavjud. O‘zgarmas kuchlanish voltmترلari o‘rganilayotgan sxema chiqishiga ulanadi va avtomatik ravishda o‘lchanilayotgan signalning ishorasini ko‘rsatadi. Raqamli indikatsiyaga ega bo‘lgan sekundomer faqat integrator sxemasi tekshirilganda avtomatik ravishda ulanadi.

Ishni bajarish

Operatsion kuchaytirgichni noinvertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish (plata 1.2)

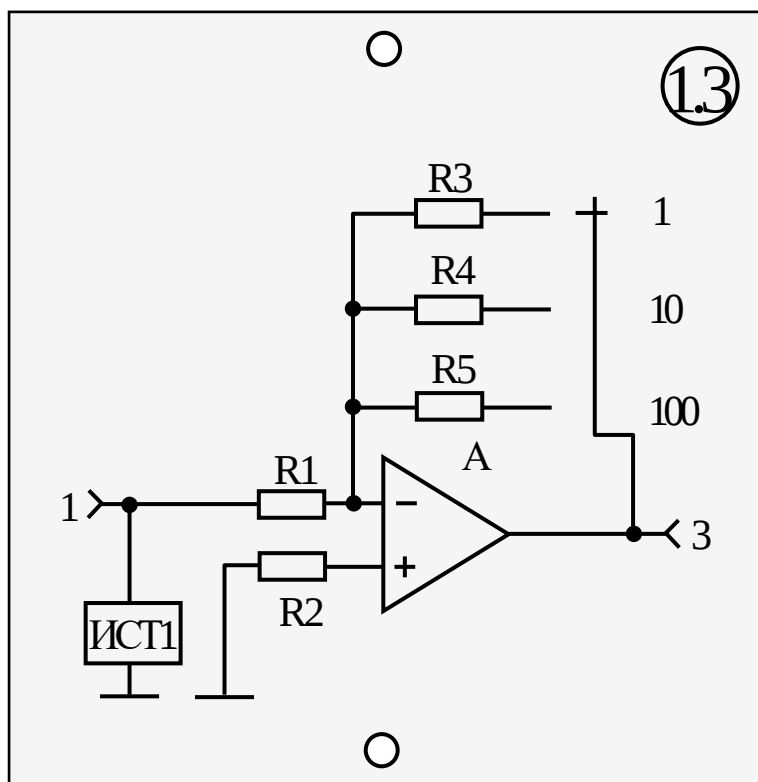
1. O‘zgarmas tokda va uzatish koefitsiyenti uch qiymati uchun ($K=1, 10, 100$) amplituda tavsifini oling.
2. Uzatish koefitsiyenti $K=1$ uchun amplituda - chastota tavsifini (ACHT) oling.



6.6 – rasm. Noinvertirlovchi kuchaytirgichli panel

Operatsion kuchaytirgichni invertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish (plata 1.3)

1. O'zgarmas tokda va uzatish ko'effitsiyentining uch qiymati ($K=1, 10, 100$) uchun amplituda tavsifini oling.
2. O'zgaruvchan tokda va uzatish ko'effitsiyentining o'sha qiymatlari uchun amplituda tavsifini oling.
3. Uzatish ko'effitsiyenti 1 va 10 ga teng bo'lganda amplituda-chastota tavsifini (ACHT) oling.
4. Operatsion kuchaytirgichning faza-chastotaviy tavsifini oling (uzatish ko'effitsiyenti 1).



6.7 – rasm. Invertirlovchi kuchaytirgichli panel

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma

Operatsion kuchaytirgich noinvertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish

1. Plata 1.2 o'rnatilsin (6.6 – rasm). "ИУ" tugmacha bosilsin. Uzatish koeffitsiyentini o'zgartirish uchun S1 tugmasidan foydalanilsin. Amplituda tavsifini olish uchun kirish signali "ИСТ.2" dan beriladi, buning uchun ИСТ.2" tugmacha bosiladi, voltmeter ИСТ.2" tugmani bosish bilan ulanadi.
2. АСНТ xuddi invertirlovchi kuchaytirgich uchun olingandek aniqlanadi.

Operatsion kuchaytirgichni invertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish

1. Plata 1.3 o'rnatilsin (6.7 – rasm). Kuchaytirgich va komparatorning tekshirishga mos keluvchi stend qismida "ИУ" tugmacha bosilsin. Uzatish koeffitsiyentini o'zgartirish uchun S1 (1, 10, 100) tugmachadan foydalaniladi. 1, 2, 3 uyachalar 1.3 plataning nuqtalariga mos keladi (1,2 - OK kirishlari, 3 - uning chiqishi).
2. Amplituda tavsifini olish uchun "ИСТ.1" dan kirish signali beriladi. Buning uchun "ИСТ.1" tugmacha bosiladi, voltmeter "ИСТ.1" tugmachani bosish yo'li

bilan ulanadi. Chiqish kuchlanishi chiqish signallar voltmetrida kuzatiladi.

3. O'zgaruvchan tok uchun amplituda tavsifini olish uchun tashqi tovush generatoridan (**3Г**) va o'zgaruvchan signallarni o'lchash uchun lampali voltmetrdan (**ЛВ**) foydalaniladi. **3Г** dan signal stenddagi 1 va "Л" nuqtalar oralig'iga beriladi, chiqish signal 3 va "Л" nuqtalar oralig'ida kuzatiladi.
4. АЧТ ni olish uchun, kirish signalining chastotasi 20 Gs uchun uning amplitudasi shunday olinadiki, chiqish signali U_{ChIQ} buzilishga ega bo'lmasin. Chastotani 20 Gs dan 60 kGs gacha o'zgartirib, **ЛВ** yordamida U_{Chiq} o'lchanadi.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topishi kerak:

1. Noinvertirlovchi va invertirlovchi kuchaytirgichlarning uzatish koeffitsiyenti uchta qiymatga ega bo'lgan holda o'zgarmas tok uchun amplituda tavsiflari.
2. Noinvertirlovchi va invertirlovchi kuchaytirgichlarning o'zgaruvchan tok uchun amplituda tavsiflari.
3. Noinvertirlovchi va invertirlovchi kuchaytirgichlarning amplituda - chastota tavsiflari.
4. Noinvertirlovchi va invertirlovchi kuchaytirgich sxemasi.
5. K553YД2 mikrosxema uchun ma'lumot qiymatlari.

Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgich nima va uning tarkibi qanday sxemalardan tashkil topgan?
2. Operatsion kuchaytirgichning asosiy parametrlarini va tavsiflarini keltiring.
3. Mazkur tajriba ishida operatsion kuchaytirgich asosidagi qayday sxemalar tekshiriladi?
4. ОКga teskari bog'lanish kiritilganda hosil bo'lgan sxemaning uzatish koeffitsiyenti ichki parametrlarga bog'liq emasligini isbotlang.
5. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning sxemasini va tavsiflarini keltiring va

ularni tushuntiring.

6. Operatsion kuchaytirgich qo'llanishining boshqa sohalarini ko'rsating.
7. Invertirlovchi kuchaytirgichning sxemasini keltiring va uning uzatish koeffitsiyentini aniqlang.
8. Invertirlovchi kuchaytirgichning barcha tavsiflarini keltiring va ularni tushuntiring.

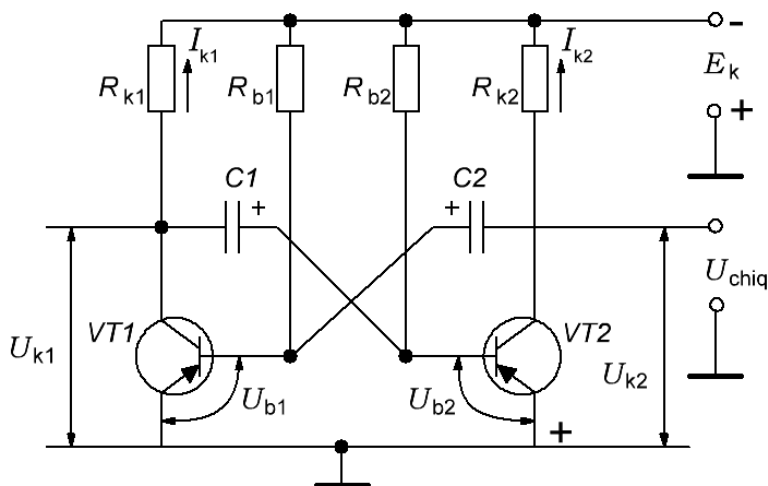
7 - LABORATORIYA ISHI

KOLLEKTOR – BAZA BOG'LANISHLI O'Z-O'ZIDAN TEBRANUVCHI MULTIVIBRATOR SXEMASINI O'RGANISH

Ishdan maqsad: 1. Bipolyar tranzistor asosidagi avtotebranuvchi multivibratorning ishlash tamoyilini o'rganish. 2. Multivibrator chiqishidagi impulslarning parametrlarini yaxshilash usullari bilan tanishish.

Nazariy ma'lumotlar

Simmetrik avtotebranuvchi multivibratorning sxemasi 7.1 – rasmda keltirilgan. Multivibrator sxemasi ikki kaskadli qurilma bo'lib, birinchi kaskadning chiqishi CR_b zanjir orqali ikkinchi kaskad kirishi bilan bog'langan, ikkinchi kaskad chiqishi esa – xuddi shu tarzda birinchi kaskad kirishi bilan ulangan.



7.1– rasm. Simmetrik avtotebranuvchi multivibrator sxemasi

Ikkala sxemaning tranzistorlari, kondensatorlari va rezistorlari bir xil bo'lsa, multivibrator simmetrik bo'ladi. Faraz qilaylikki, ta'minlash manbai ulanganidan keyin, sxemada shunday rejim o'rnatildiki, ikkala tranzistor faol rejimda bo'lsin,

va ularning kollektor toklari, elektrodlardagi kuchlanishlar va bog‘lanish kondensatorlaridagi kuchlanishlar bir xil qiymatga ega bo‘lsin.

$$I_{K1}=I_{K2}; U_{K1}=U_{K2}; U_{b1}=U_{b2}; U_{C1}=U_{C2}.$$

Bunday holat turg‘un emas. Qandaydir sababga ko‘ra birdaniga I_{K1} toki kamaysin. Bunda R_{K1} qarshilikdagi kuchlanish tushuvi kamayadi va natijada kollektor potentsiali ($U_{k1} = -E_k + i_{k1} \cdot R_{k1}$) ΔU_{k1} qiymatga kamayadi. C_1 kondensatordagi kuchlanish birdaniga o‘zgara olmaydi va birinchi onda kuchlanishning manfiy sakrashi ΔU_{k1} butunlay T_2 tranzistorning baza va emitter oralig‘iga qo‘yiladi va natijada I_{K2} toki ortadi. Shu sababli T_2 kollektori potentsiali ($U_{k2} = -E_k + i_{k2} \cdot R_{k2}$) ortadi. T_2 tranzistor kollektori kuchlanishning o‘zgarishi C_2 kondensator orqali T_1 tranzistorning kirishiga beriladi va uning kollektor tokini yanada kamayishiga olib keladi va hokazo. Tranzistor bazasidagi kuchlanishning har bir keyingi sakrashi oldingisidan katta bo‘lganligi uchun (tranzistorning kuchaytirish xususiyatlari hisobiga) bu jarayon ko‘chkisimon bo‘ladi va juda kichik vaqt o‘tganidan keyin T_1 tranzistor berk holatda bo‘lib qoladi. Shu ondan musbat teskari bog‘lanish zanjiri uziladi va ko‘chkisimon jarayon tugaydi. Sxema parametrlari shunday tanlanadiki, ochilgan T_2 tranzistor to‘yinish rejimida bo‘ladi. Faraz qilaylikki, ikkala tranzistor ochiq bo‘lgan muvozanat holati qanchadir vaqt davom etadi va bu vaqt ichida ikkala kondensator bir xil qiymatgacha zaryadlanadi (har biri $+E_k$ - ochiq tranzistorning emitter o‘tishi - C - R_k - $(-E_k)$ zanjiri bo‘yicha). Tez kechuvchi to‘ntarilish vaqtida kondensatorlardagi kuchlanishlar deyarli o‘zgarishga ulgurmaydi.

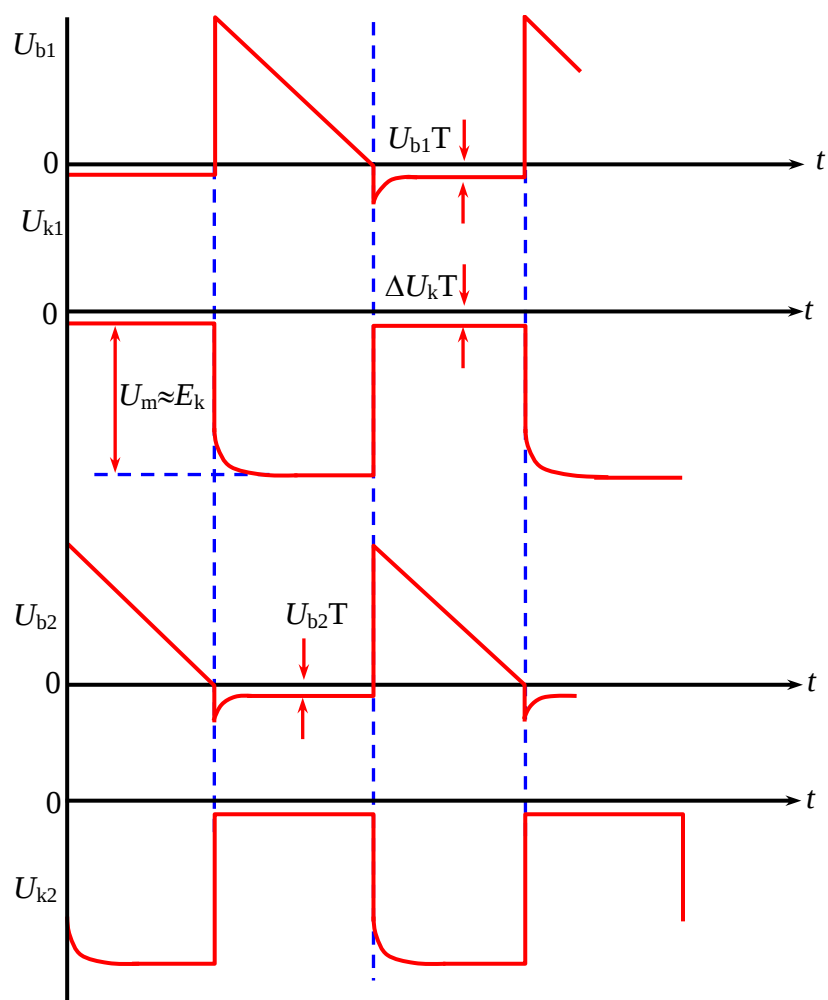
Bu o‘zgarishlar ko‘chkisimon jarayon tugaganidan keyin sezilarli bo‘ladi. Masalan, tranzistor T_1 uzilganidan keyin (U_{k1} kollektor potentsiali manfiyroq qiymatga ega bo‘lganida), C_1 kondensatori T_2 ning emitter o‘tishi va R_{k1} orqali $\tau_1 = C_1 R_{k1}$ vaqt doimiyliги bilan taxminan E_k kuchlanishigacha zaryadlanishda davom etadi. Zaryad toki R_{k1} qarshiligida kuchlanish tushuvini hosil qiladi, shuning uchun zaryad oxiriga kelib $U_{k1} = -E_k C_2$ kondensatori to‘yingan T_2 tranzistorning kichik qarshiligi orqali T_1 ning baza - emitter oralig‘iga ulangan

bo'lib qoladi va uni berk holatda ushlab turadi. T_1 berk bo'lganligi uchun C_2 kondensator zaryadlanishni davom ettira olmaydi: C_2 ni T_1 orqali $+E_k$ qisqich bilan bog'lovchi zanjir uzilgan. Endi C_2 orqali tok boshqa zanjir bo'yicha oqadi: $+E_2$ - ochiq $T_2 - C_2 - R_{b1} - (-E_k)$, ya'ni oldingiga qarama - qarshi, C_2 kondensator $\tau_1 = C_2 R_{b1}$ vaqt doimiyligi bilan razryadlanadi. Bu jarayon uzilmagan bo'lganida edi, kondensator qayta zaryadlanib, undagi kuchlanish qutbini o'zgartirib E_k ga yaqin qiymatga ega bo'lar edi. Ammo razryadlanish davomida C_2 kondensatordagi kuchlanish ($U_{c2} \approx U_{b1}$) nolga yaqin bo'lganda, T_1 tranzistor ochiladi. Shu ondan boshlab, sxemada yangi ko'chkisimon jarayon kechadi. Bu jarayon vaqtida I_{k1} ortadi, I_{k2} esa kamayadi. Jarayon T_2 berkilishi bilan tugaydi, ya'ni musbat teskari bog'lanish zanjiri uziladi. Endi T_2 - berk, T_1 esa to'yingan-ya'ni to'ntarilish sodir bo'ladi. Endi C_2 kondensator ochiq T_1 tranzistori orqali $+E_k - T_1 - C_2 - R_{k2} - (-E_k)$ zanjiri orqali zaryadlanadi, C_1 kondensatori esa $+E_k - T_1 - C_1 - R_{b2} - (-E_k)$ zanjiri orqali qayta zaryadlanadi. Ta'rif etilgan jarayonlar qaytarilib turadi va multivibrator barqaror tebranishlarni generatsiyalaydi. Ko'rilgan sxemada bo'lib o'tuvchi jarayonlarning vaqt diagrammasini ko'rib chiqamiz (7.2.-rasm):

t_1 vaqt gacha tranzistor T_2 berk, tranzistor T_1 esa ochiq va to'yingan. Bu holatga tranzistorlar kollektor va bazalarining kuchlanishlari quyidagi qiymatlarga mos keladi:

$$U_{bt1} \approx 0; U_{kt1} \approx 0; U_{b2} > 0; U_{k2} \approx -E_k.$$

To'yingan tranzistor T_1 orqali T_2 ning kirishiga ulangan C_1 kondensatorning razryadlanishi natijasida U_{b2} kamayadi. $t=t_1$ vaqtida T_2 tranzistor ochiladi va sxemada ko'chkisimon jarayon rivojlanadi. Bunda tranzistorlarning hamma elektrodlarining kuchlanishi sakrashsimon o'zgaradi. T_2 tranzistor kollektorining potentsiali U_{k2} deyarli nolgacha o'sadi. Bunga mos ravishda T_1 tranzistorning baza potentsiali o'sadi va u berk holatga o'tadi. Uzilgan T_1 tranzistorning kollektori potentsiali sakrashsimon ravishda manfiyroq bo'ladi, xuddi shu qiymatga T_2 tranzistorining baza potentsiali U_{b2} kamayadi.



7.2- rasm. Simmetrik avtotebranuvchi multivibrator uchun vaqt diagrammalari

Sakrashlardan keyin sekin kechuvchi jarayonlar boshlanadi. Uzilgan tranzistor kollektor kuchlanishi maksimal qiymatga birdaniga erishmaydi, chunki R_{k1} rezistor orqali bir qancha vaqt ichida kamayuvchi C_1 kondensatorning razryad toki oqadi. To‘yingan T_2 tranzistor orqali C_2 kondensator razryadlanadi, natijada T_1 tranzistorning baza potentsiali U_{b1} kamayadi. t_2 vaqtga kelib, U_{b1} potentsiali nol sathga yetadi va T_1 tranzistor ochiladi. Shu ondan boshlab sxemadagi jarayonlar takrorlanadi. U_{k1} va U_{k2} kuchlanishlari, U_{b1} va U_{b2} kuchlanishlardek yarim davrga siljigan va bir xil shaklga ega. To‘yingan T_1 tranzistorning baza potentsiali katta bo‘lmagan nolga yaqin manfiy qiymatga ega. $U_{bt1} = i_b r_{be} = -\frac{E_e R_{be}}{R_{b1} + R_{be}} \approx 0$, chunki $R_{b1} \gg r_{be}$.

To‘yingan T_1 tranzistorning kollektor potentsiali nolga yaqin bo‘lgan kichik manfiy qiymatga ega. $U_{kt1} = -(E_k - i_{kt1} R_{k1}) \approx 0$, chunki to‘yingan tranzistorning

qarshiligi R_k dan ancha kichik. Yopilgan tranzistorning kollektor potentsiali maksimal manfiy qiymatga ega bo'ladi:

$$U_{kt2} = -(E_k - i_{k0} \cdot R_{k2}) \approx -E_k.$$

Berk T_2 tranzistor potentsiali ochiq T_1 tranzistorning kollektoriga ulangan C_1 kodensatordagi kuchlanish bilan aniqlanadi. Bu kondensatordagi boshlang'ich (maksimal) kuchlanish E_k ga teng.

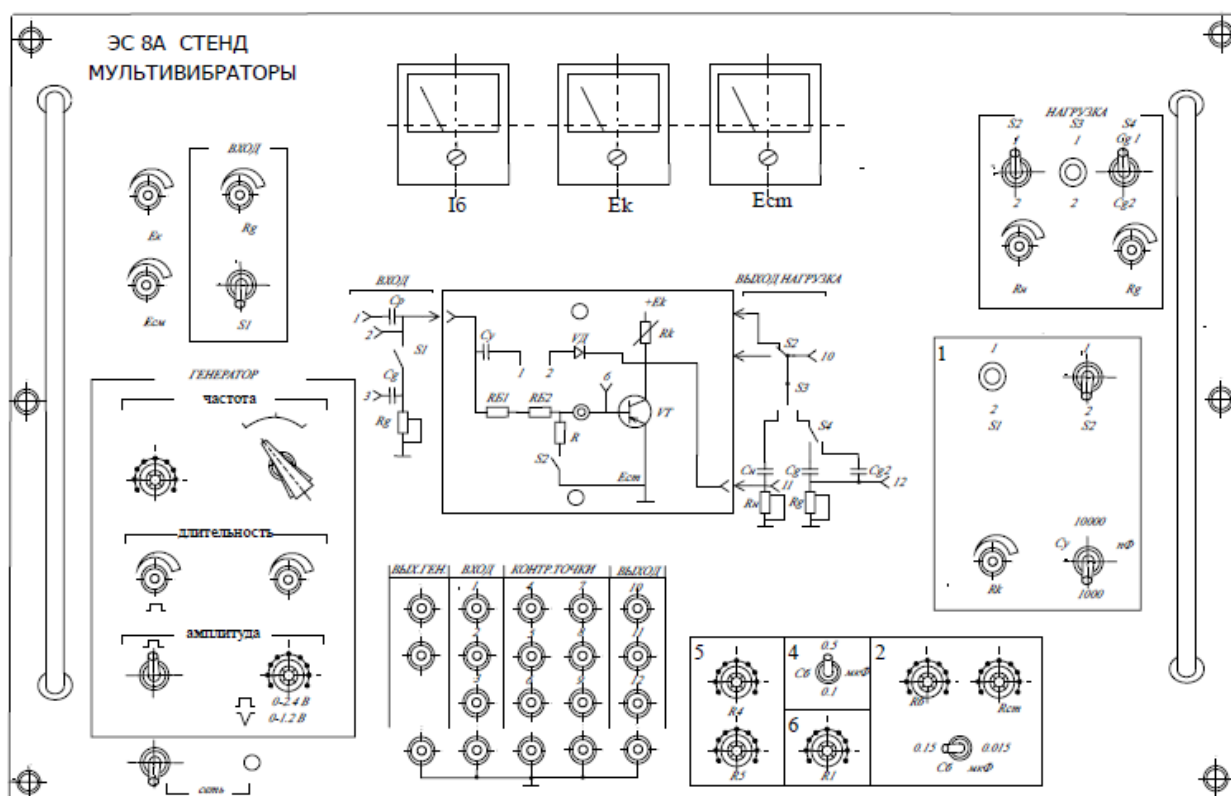
Tajriba stendining tuzilishi

ЭС 8А tajriba stendi multivibratorning turli sxemalarini o'rganishga mo'ljallangan. O'rganilayotgan multivibrator sxemasi stendning old qismiga (7.3–rasmga) maxsus boltlar yordamida mahkamlanadi. Bu yerda quyidagilar joylashgan:

1. Stendni ta'minlash manbaiga ulaydigan tumbler (“**сеть**”).
2. Ta'minlash manbai kuchlanishi E_k va tranzistorlar bazalaridagi siljitish kuchlanishi E_{sil} ni rostlashga mo'ljallangan dastaklar.
3. Kirishdagi boshqarish impulsining davomiyligini rostlagichi. Bu impulslar differensiallovchi zanjir chiqishidan R_g rezistorlardan beriladi. Bu zanjir V_1 tumbler yordamida ulanadi.
4. «**Генератор**» deb nomlangan multivibrator sxemalarini boshqarish guruhi. Boshqarish impulslarining chastotasini 1, 2, 3, 4, 5 diapazonlarda sakrab va asta-sekin o'zgartirilishi mumkin. Musbat «**П**» va manfiy «**√**» boshqarish impulslarining davomiyligi “**Длительность**” dastagi yordamida o'zgartiriladi. Boshqarish impulslarining amplitudasi “**Амплитуда**” dastagi yordamida o'zgartiriladi, bunda musbat «**П**» impulsar amplitudasi 0 dan 24 V gacha, manfiy impulsar amplitudasi 0 dan 12 V gacha o'zgartirilishi mumkin.
5. Baza tokini I_B , kollektor kuchlanishini E_K va siljitish kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan o'lchov asboblari.
6. O'rganilayotgan multivibratorlarning yuklamalari guruhi. “**Нагрузка**” Uning tarkibiga V_2 qayta ulagich, yuklama ko'rinishini aniqlovchi ($R_{yu}C_{yu}$

yoki $R_g C_g$) V_3 qayta ulagich kirgan. V_4 qayta ulagich yordamida differensiallovchi zanjirning sig'imi tanlanadi. R_{yu} rezistori yordamida yuklama qarshiligi asta-sekin rostlanadi, R_g yordamida differensiallovchi zanjirning vaqt doimiyligi rostlanadi.

7. Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish uchun boshqarish guruhi xizmat qiladi. Uning tarkibiga o'zgaruvchan R_b , R_{sil} rezistorlari, hamda S_b qayta ulagichi kiradi. Ular yordamida multivibrator chiqishidagi signallarning chastotasini o'zgartirish mumkin.
8. O'rganilayogan sxemalardagi jarayonlarni ossillograf yordamida kuzatish uchun "Контрольные точки" deb nomlangan uyachalar xizmat qiladi.



7.3-rasm. Tajriba stendining ko'rinishi

Ishni bajarish

Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish

1. $C_b=0,15$ mkf va R_b qarshiligining bir nechta qiymati uchun impuls davomiyligi t_u , to'xtash davomiyligi t_t , front davomiyligi t_f , impuls amplitudasi U_m aniqlansin.

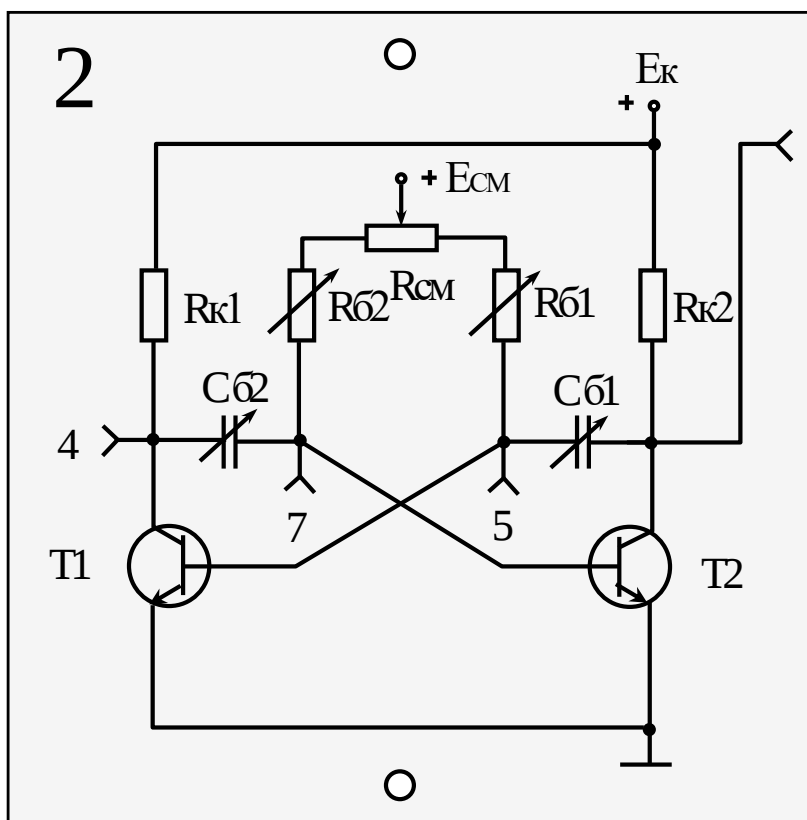
2. R_b qarshiligining ikkita qiymati uchun chiqish impulslarining chastotasi F aniqlansin.
3. Chiqish impulsining aniqlangan davomiyligidan foydalanib, R_b qarshiligining qiymati aniqlansin.
4. 1, 2, 3 bandlardagi tajribalar $C_b=0,015$ mkf qiymat uchun takrorlansin.
5. R_b qarshiligining bitta qiymati va $C_b=0,15$ mkf uchun chiqish impulsining davomiyligi t_u siljitish kuchlanishi E_{sil} qiymatiga bog'liqligi aniqlansin:

$$t_u = f(E_{sil}).$$

6. $E_k=10$ V, $E_{sm}=5$ V, $C_b=0,15$ mkf va R_b qarshiligining ikkita qiymati uchun ikkala tranzistor uchun U_{ke} va U_{be} kuchlanishlarining ossillogrammalari chizib olinsin.

Korreksiyalovchi diodli avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish

7. Multivibrator chiqishidagi kuchlanish shakli chizib olinsin.
8. 7 bandda olingan ossillogrammalar 6 band natijalari bilan solishtirilsin.



7.4 – rasm. Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini

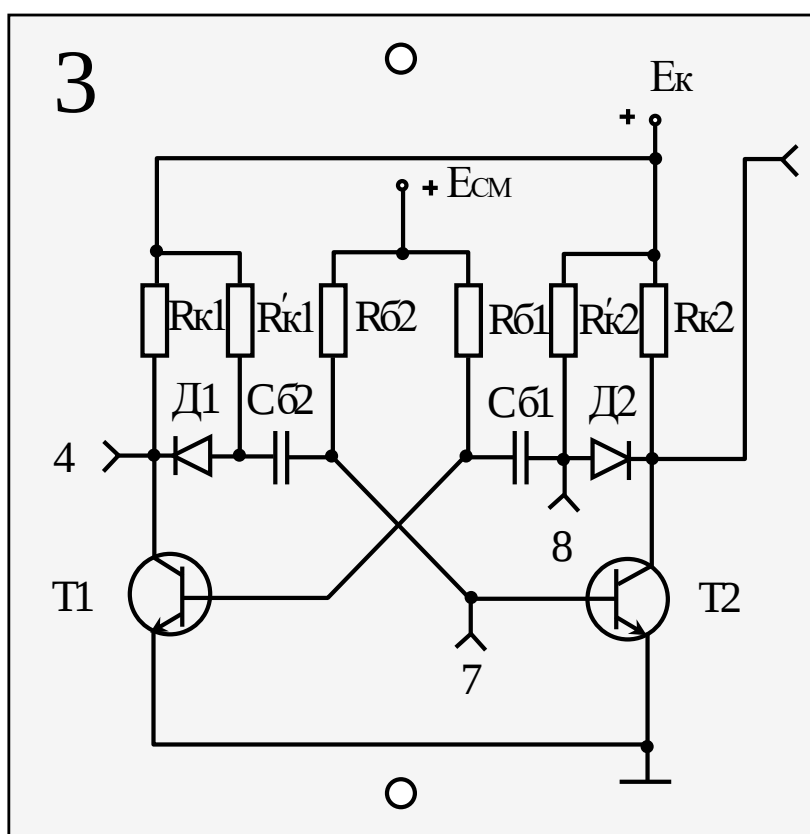
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1 bandga plata 2 o'rnatilsin (7.4 – rasm). V_2 qayta ulagich 1 holatda bo'lsin. R_{sil} qarshiligi o'rta qiymatga o'rnatilsin. $E_k=10$ V, $E_{sil}=5$ V qilib tanlansin. Multivibrator chiqishiga (10 va 13 – 17 uyachalar oralig'iga) ossillograf ulansin.

2 bandga chiqish impulsini chastotasi $f=1/T$ bog'lanish yordamida aniqlanadi.

3 bandga chiqish impulsining davomiyligi $t_i=0,7R_b \cdot C_b$ bog'lanish yordamida aniqlanadi.

4 bandga C_b qayta ulagich $C_b=0,015$ mkf holatiga o'rnatiladi.



7.5 – rasm. Korreksiyalovchi diodli avtotransbruvchi multivibrator paneli

5 bandga R_b qarshiligi ixtiyoriy holatda bo'ladi. C_b qayta ulagich $C_b=0,15$ mkf holatiga o'rnatiladi.

6 bandga U_{ke} kuchlanishining ossillogrammasini chizib olish uchun ossillograf 10-(13-17) yoki 4-(13-17) uyachalar oralig'iga, U_{be} kuchlanishining ossillogrammasini chizib olish uchun ossillograf 5-(13-17) yoki 7-(13-17) uyachalar oralig'iga ulanadi.

7 bandga plata 3 oʻrnatilsin (7.5 – rasm). Ossillograf 10-(13-17) yoki 4-(13-17) uyachalar oraligʻiga ulanadi.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan boʻlishi kerak.

1. Tekshirilayotgan multivibrator sxemalarini oʻz ichiga olgan tajriba ishining bayoni.
2. Tajriba ishining bayoni boʻyicha olingan hisobot natijalari.
3. $t_u = f(E_{sil})$ tavsifi.
4. Avtotebranuvchi va korreksiyalovchi diodli multivibratorlarning chiqishidagi signallarning ossillogrammalari

Nazorat savollari

1. Multivibrator nima?
2. Multivibratorning qanday turlarini bilasiz?
3. Tajriba ishida qanday sxemalar tekshiriladi?
4. Multivibrator chiqishidagi signallarning parametrlari nimalarga bogʻliq boʻladi?
5. Avtotebranuvchi multivibratorning ishlash tamoyilini tushuntiring.
6. C_{b1} va C_{b2} kondensatorlarning zaryadlanish va razryadlanish konturlarini koʻrsating.
7. T_1 va T_2 tranzistorlar baza va kollektorlarida kuchlanishning vaqt diagrammalarini chizing.
8. Avtotebranuvchi multivibrator chiqishidagi impulslarning chastotasi sxemaning qaysi parametrlariga bogʻliq boʻladi?
9. Korreksiyalovchi diodli multivibrator sxemasi nima uchun ishlatiladi.

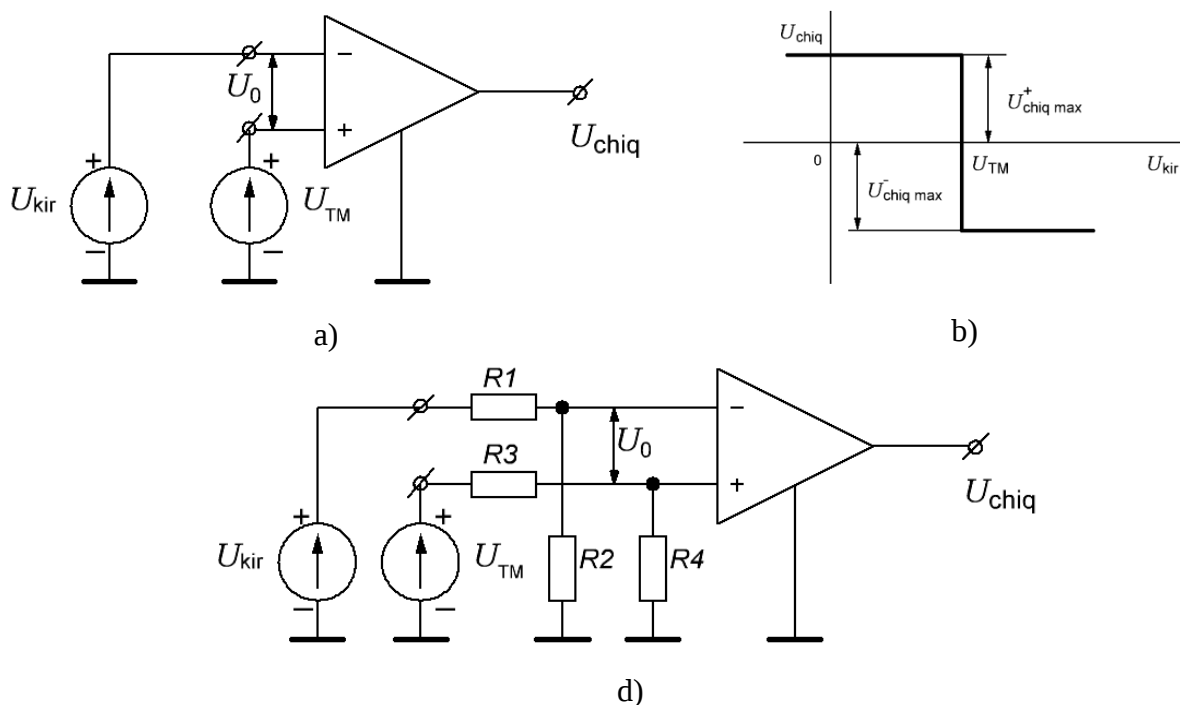
8 – LABORATORIYA ISHI

OPERASION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI KOMPARATOR VA INTEGRATOR SXEMALARINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad: Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator va integratorlarning ishlash tamoyilini o‘rganish. Impuls signallarning parametrlarini o‘lchash ko‘nikmalarini hosil qilish.

Nazariy ma’lumotlar

Komparatorlar. Integral operatsion kuchaytirgich impuls texnikasida keng qo‘llaniladi. OK impuls rejimida ishlaganda uning kirish signalining sathi amplituda tavsifining chiziqli sohasiga mos keluvchi qiymatdan oshadi. Shu sabab OKni ishlash jarayonida uning chiqish kuchlanishi yoki U_{chiq}^+ yoki U_{chiq}^- kuchlanishi bilan aniqlanadi.



8.1 – rasm. Operatsion kuchaytirgichdagi komparator sxemasi (a), uning uzatish tavsifi (b) kuchlanishini kirish bo‘lgichiga ega bo‘lgan komparator sxemasi (d).

OK impuls rejimida ishlashiga misol qilib komparatorni keltirish mumkin. Komparator o‘lchanayotgan kirish kuchlanishini (U_{kir}) tayanch kuchlanishi (U_{tayanch}) bilan taqqoslanishni amalga oshiradi. Tayanch kuchlanishi kattalik bo‘yicha o‘zgarmaydigan musbat yoki manfiy qutbdagi kuchlanishi bo‘lsa, kirish kuchlanishi esa vaqt davomida o‘zgaradi. Kirish kuchlanishini tayanch

kuchlanishining sathiga yetib borganda OK chiqishida kuchlanish qutbining o'zgarishi yuz beradi. Masalan U_{chiq}^+ dan U_{chiq}^- ga o'zgaradi. $U_{tayanch} = 0$ da komparator kirish kuchlanishining nol orqali o'tish vaqti qayd qilishni amalga oshiradi. Komparatorni ko'pincha nol-organ deb ataladi. Shu sababli uning uzib ulanishi $U_{kir} - U_{tayanch} = 0$ da amalga oshiriladi.

Operatsion kuchaytirgichdagi sodda komparator sxemasi 8.1 – rasmda keltirilgan. Uni OK kirishlariga o'lchanayotgan va tayanch kuchlanishining simmetrik ulanishi tavsiflaydi. $U_{kir} - U_{tayanch}$ kuchlanishlar farqi OK kirish kuchlanishi bo'ladi. U komparatorning uzatish tavsifini aniqlaydi. $U_{kir} < U_{tayanch}$ bo'lganda U_0 kuchlanish noldan kichik bo'ladi. Shu sababli $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ bo'ladi (8.1, b – rasm). $U_{kir} > U_{tayanch}$ bo'lganda U_0 kuchlanish noldan katta bo'ladi va $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ bo'ladi.

Chiqish kuchlanishining qutbi o'zgarishi o'lchanayotgan kirish kuchlanishini $U_{tayanch}$ orqali o'tganda yuz beradi. OKning kuchaytirish koeffitsiyenti katta qiymatga ega bo'lganligi sababli mazkur o'zgarish $U_0 = U_{kir} - U_{tayanch} \approx 0$ da zinasimon ko'rinishda bo'ladi. 8.1 – rasmdagi sxemada kirish hamda tayanch kuchlanish manbalarining joylari o'zaro almashtirilsa, komparator tavsifining inversiyasi yuz beradi. $U_{kir} < U_{tayanch}$ shartiga $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^-$ tenglik o'rinli bo'lsa, $U_{kir} > U_{tayanch}$ shartiga esa $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ tenglik o'rinli bo'ladi.

8.1, a – rasmdagi sxema o'lchanayotgan va tayanch kuchlanishi OK kirish kuchlanishining ma'lumotnomalarida keltirilgan ruxsat berilgan qiymatlaridan oshmaganda qo'llanilishi mumkin. Aks holda ular OKga kuchlanish bo'lgichi orqali ulanadi (8.1, d – rasm).

Integrator. Integrator sxemasi invertirlovchi kuchaytirgich sxemasidagi R_{TB} rezistorini kondensator bilan almashtirish orqali hosil qilinadi. Invertirlovchi kuchaytirgich sxemasiga o'xshash $i_C = i_R$. U holda

$$-C \frac{du_{chiq}}{dt} = \frac{u_{kir}}{R},$$

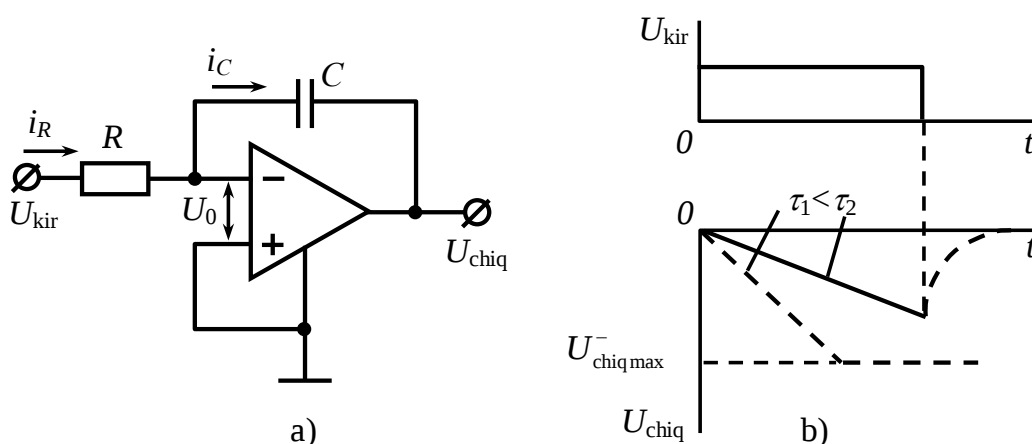
$$u_{chiq} = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_{kir} dt + U_{chiq0}, \quad (8.1)$$

bu yerda U_{chiq0} – $t=0$ da chiqish kuchlanishi.

Vaqt hisobi kirish signali kelgan vaqtdan boshlanadi. $t=0$ da $U_{kir}=0$ va $U_{chiq}=0$ bo'ladi. Bunga bog'liq ravishda yuqoridagi ifoda quyidagicha ko'rinishga

ega bo'ladi: $U_{chiq} = -\frac{1}{\tau} \int_0^t u_{kir} dt$ (7.1), bu yerda $\tau = RC$ - integrallash doimiysi.

$\tau = RC = 1 \text{ s}^{-1}$ da (masalan $R = 1 \text{ mOm}$ va $C = 1 \text{ mkF}$) integrallash vaqtining real masshtabida amalga oshiriladi. R va C larning boshqa qiymatlarida integrallash masshtabi boshqacha bo'lishi mumkin. Misol uchun, $R = 1 \text{ mOm}$ va $C = 1 \text{ mkF}$ $\tau = 0,1 \text{ s}^{-1}$ bo'ladi hamda vaqt bo'yicha integrallash masshtabi 10 ni tashkil qiladi.



8.2 – rasm. Integrator sxemasi (a); kirishda kuchlanishini yakka o'zgarishi mavjud bo'lganda chiqish kuchlanishini o'zgarishishi tasvirlovchi vaqt diagrammasi (b)

Integrallash masshtabi kirish signalining parametrlarini hisobga olgan holda tanlab olinadi. Bu bilan integrallash amalining oxirida kuchaytirgichning chiqish kuchlanishi chegaraviy $U_{chiqmax}^+$ yoki $U_{chiqmax}^-$ qiymatlariga yetib bormasligi ta'minlanadi. Aks holda integrallash noto'g'ri bo'ladi. Aytilganlarni 8.2, b – rasm yoritadi. 8.2, b – rasmda kirish signali kuchlanishning yakka o'zgarishi ko'rinishida ko'rsatilgan bo'lsa, integrallash doimiysi noto'g'ri tanlaganda integrator chiqishidagi kuchlanish uzlukli chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Integrator asosida chiziqli o'zgaruvchi kuchlanish generatori tayyorlanadi. Musbat qutbdagi kirish kuchlanish impulsi chiqqanda rasmdagi sxemasi asosida

tayyorlangan generator chiqishida chiziqli o'suvchi manfiy qutbdagi kuchlanish impulsi bilan boshqarilganda musbat o'sib boruvchi kuchlanish paydo bo'ladi. Chiqish kuchlanishining nolgacha keyingi kamayishi (8.2, b – rasm uzlukli chiziq) kondensatorning $\tau = C(R + R_{chiqOK})$ vaqt doimiysi bilan razryadlanish tomonidan boshqariladi.

Tajriba stendining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini hamda uni qo'llash sxemalarini o'rganish mumkin (61–betdagi 6.5 – rasmga qara). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

- kirishdagi va chiqishdagi signallarni o'lchashga mo'ljallangan o'zgarmas tok voltmترلari;
- chiqish signalining amplitudasini va ishorasini o'zgartirish imkoniyati bo'lgan ikkita signal manbai «ИСТ.1» va «ИСТ.2»;
- operatsion kuchaytirgichlarni qo'llash sxemalari tasvirlangan almashtiriladigan platalar;
- raqamli indikatsiyali sekundomer.

Har bir o'rganilayotgan sxemaning uzatish koeffitsiyentini (S_1 yordamida), sig'imi qiymatini (C_1, C_2), integrallash vaqtini o'zgartirish imkoniyati bor. Bundan tashqari kirish signalini tashqi manbadan berish va chiqish signallarini kuzatishga mo'ljallangan uyachalar mavjud.

O'rganilayotgan u yoki bu sxema maxsus boltlar yordamida mahkamlanadi. O'zgarmas chiqish kuchlanishi voltmetri tekshirilayotgan sxema chiqishiga ulanadi va avtomatik ravishda o'lchanayotgan kuchlanishning ishorasini ko'rsatadi.

Ishni bajarish

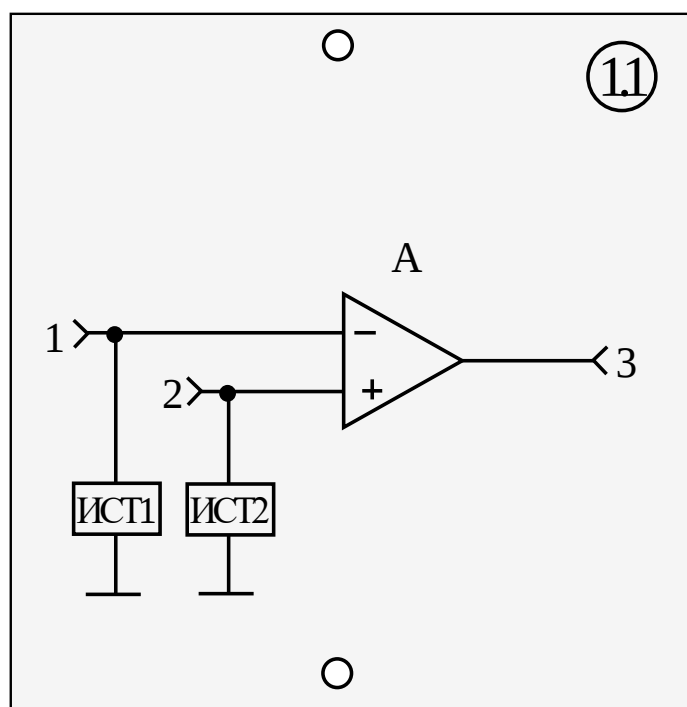
Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparatorni o'rganish

1. Operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishi bo'yicha $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog'lanishi olinsin.
2. Operatsion kuchaytirgichning noinvertirlovchi kirishi bo'yicha $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog'lanishi aniqlansin.

3. Noinvertirlovchi kirishga sinusoidal signal berib, chiqishdagi musbat va manfiy impulslar davomiyligini invertirlovchi kirishdagi kuchlanishga bog'liqligi aniqlansin.

Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni o'rganish.

4. C_1 va C_2 sig'irlar uchun $U_{chiq}=f(t)$ bog'lanishi 20 sekunda aniqlansin. $U_{kir}=0,8\text{ V}$.
5. Xuddi shu bog'lanish 40 sekunda aniqlansin.
6. Olingan natijalar hisobot natijalari bilan solishtirilsin.
7. Integrator kirishiga bir qutbli va ikki qutbli impulslar berib, chiqish impulslarining shakli chizib olinsin. To'g'ri yurish va teskari yurish davomiyligi aniqlansin.



8.3–rasm Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparatorni o'rganish paneli

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

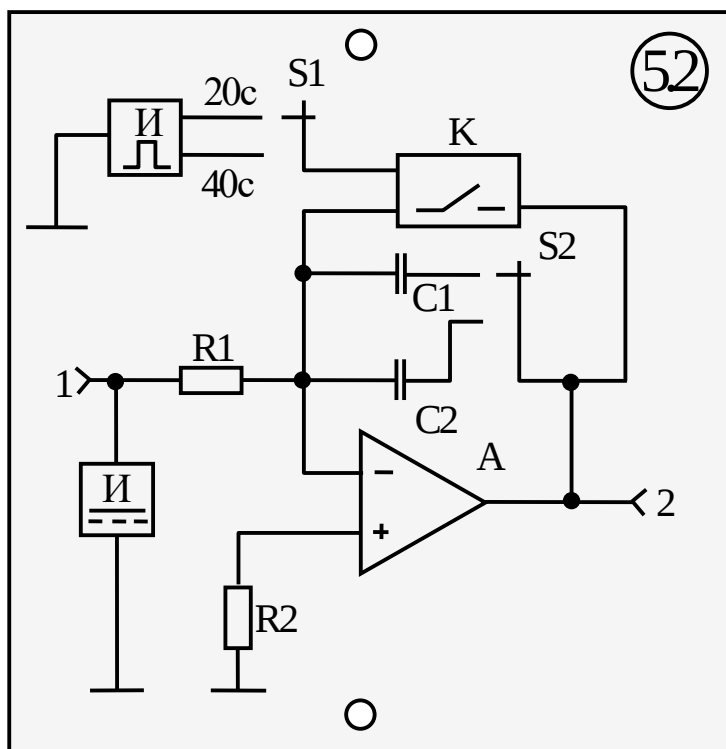
1-bandga plata 1.1 o'rnatilsin (8.3 – rasm). Stend ta'minot manbaiga ulansin. Invertirlovchi kirish uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog'lanishni olish uchun U_{tam1} -3 V dan +3 V gacha va teskari yo'nalishda o'zgartiriladi. Bunda $U_{tam2}=0, -1, -2, +1, +2\text{ V} = const$

2-bandga noinvertirlovchi kirish uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog'lanishni olish

uchun U_{tam2} -3 V dan +3 V gacha o'zgartiriladi. $U_{tam2}=0, -1, -2, +1, +2 \text{ V} = const$

3-bandga impulsar davomiyligi ossillograf yordamida aniqlanadi. Sinusoidal signal amplitudasi $U_{tam2} \approx 0,785 \text{ V}$; chastotasi 1000 Gs. $U_{kir.tam1}$ qiymati kirish voltmetri orqali aniqlanadi.

4-bandga plata 5.2 o'rnatilsin (8.4 – rasm). $S_2 \Rightarrow C_1$ (20 sek.) tugma bosilsin. Sekundomer $S_1=20$ sekund tugma yordamida ulanadi. U_{chiq} chiqish voltmetri yordamida aniqlanadi, bir vaqtini o'zida sekundomer orqali vaqt qayd etiladi. C_2 kondensatorni ulab xuddi shu bog'lanish yana aniqlanadi.



8.4 – rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni o'rganish paneli

5-bandga 1-bandda olingan bog'lanish 40 sekund uchun ham aniqlanadi ($S_1 = 40$ sekund).

6-bandga U_{chiq} quyidagicha aniqlanadi: $U_{chiq} = \frac{1}{RC} \int_0^t U_{kir} dt = \frac{U_{kir} \cdot t}{R \cdot C}$

$$U_{kir}=0,82 \text{ V}$$

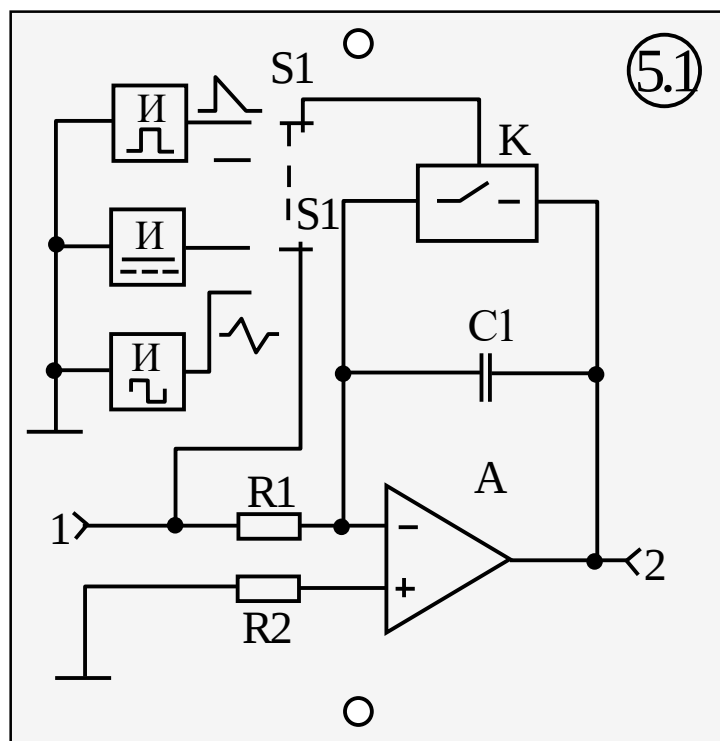
$$C_1=20 \text{ mkF}$$

$$R=0,82 \text{ MOm}$$

$$C_2=40 \text{ mkF}$$

7-bandga plata 5.1 o'rnatilsin (8.5 – rasm).

Chiqish kuchlanishi shakli ossillograf yordamida chizib olinsin. Impulsar davomiyligi ossillograf yordamida aniqlanadi.



8.5 –rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni o‘rganish paneli

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo‘lishi kerak:

1. Tekshirilayotgan komparator sxemasini o‘z ichiga olgan tajriba ishining bayoni.
2. Komparatorning invertirlovchi va noinvertirlovchi kirishlari uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ tavsiflari.
3. Sinusoidal kirish kuchlanishi uchun musbat va manfiy impuls davomiyligining U_{kir} ga bog‘liqligini ko‘rsatuvchi jadvallar va buni aks ettiruvchi vaqt diagrammalari.
4. Tekshirilayotgan integratorlar sxemalarini o‘z ichiga olgan tajriba ishining bayoni.
5. Integrator uchun $U_{chiq}=f(t)$ tavsifi.
6. Kirish signalining ikki turi uchun integrator chiqishidagi impuls ossillogrammalari.

Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator nima? Sxemasini chizib ko'rsating.
2. Komparatorning qo'llash sohalarini ko'rsating.
3. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integrator nima? Sxemasini chizib ko'rsating.
4. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integrator nima? Sxemasini chizib ko'rsating.
5. Integratorning qo'llash sohalarini ko'rsating.
6. Operatsion kuchaytirgichning qaysi xususiyatlari ularni impuls qurilmalarda qo'llashga imkoniyat beradi?
7. Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparatorning ishlash tamoyilini va $U_{chiq}=f(U_{kir})$ tavsifini tushuntiring.
8. Operatsion kuchaytirgich kirishlarining biriga sinusoidal signal berilganda hosil bo'lgan vaqt diagrammalarini tushuntiring.
9. Integratorning ishlash tamoyilini tushuntiring. Kirish signali o'zgarmas bo'lganida U_{chiq} ni aniqlovchi formulani keltiring.
10. Chiziqli o'zgaruvchan kuchlanish generatorida integratorning ishlashini tushuntiring. Sxema va ishlash diagrammalarini tushuntiring.
11. Uch burchakli impuls generatorida integratorning ishlashini tushuntiring. Sxema va ishlash diagrammalarini keltiring.

9- LABORATORIYA ISHI OPERATSION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI SHMITT TRIGGERINI O'RGANISH

Ishdan maqsad: Operatsion kuchaytirgich asosidagi nosimmetrik trigger sxemasining ishlash tamoyilini o'rganish.

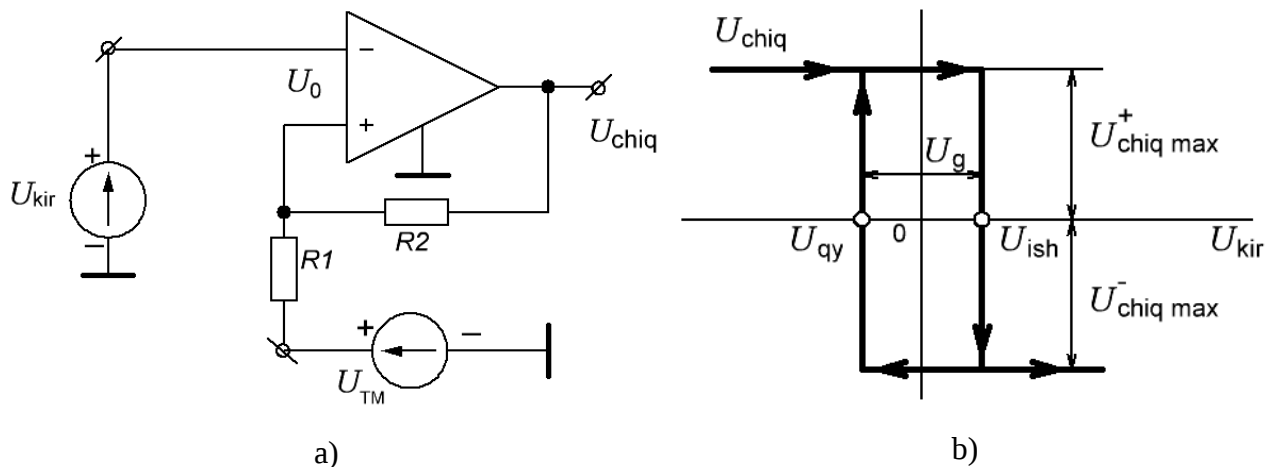
Nazariy ma'lumotlar

Amaliyotda OKning noinvertirlovchi kirishi bo'yicha R_1 , R_2 rezistorlar yordamida musbat teskari bog'lanish amalga oshirilgan komparator keng

qo'llaniladi (9.1, a – rasm). Bunday komparatorlar gisterezisli uzatish tavsiriga ega bo'ladi (9.1, b – rasm). Mazkur sxema Shmitt triggeri yoki ostonaviy qurilma nomi bilan ma'lumdir.

Sxemaning $U_{\text{chiq max}}^-$ holatiga o'tishi U_{kir} (ostonaviy) kuchlanishining $U_{\text{o'rt}}$ ishlash kuchlanishiga yetganda yuz bersa, boshlang'ich holatga $U_{\text{chiq}} = U_{\text{chiq max}}^+$ qaytish esa U_{kir} kuchlanishini qo'yib yuborish $U_{\text{Q.YU.}}$ kuchlanishigacha pasayganda yuz beradi. Ostonaviy kuchlanishning qiymatini sxema bo'yicha $u_0=0$ ni qo'ygan holda topiladi. $U_{\text{o'rt}} = U_{\text{tayanch}} + \frac{U_{\text{chiq max}}^+ - U_{\text{tayanch}}}{R_1 + R_2} R_1$ $U_{\text{q.yu}} = U_{\text{tayanch}} - \frac{U_{\text{chiq max}}^- + U_{\text{tayanch}}}{R_1 + R_2} R_1$, bu yerdan gisterezis sohasining kengligini aniqlaymiz:

$$U_g = U_{\text{o'rt}} - U_{\text{tayanch}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_{\text{chiq max}}^+ + U_{\text{chiq max}}^-).$$



9.1 – rasm. Musbat teskari bog‘lanishli komparator sxemasi (a) va uning mukammallashtirilgan uzatish tavsifi (b)

9.1, a – rasmdagi sxema oldingi sxemaning $U_{\text{tayanch}} = 0$ dagi ko‘rinishidir. Uning ostonaviy kuchlanishi va gisterezis sohasi (8.1, b – rasm) quyidagini tashkil qiladi: $U_{\text{o'rt}} = \chi U_{\text{chiq max}}^+$, $U_{\text{q.yu}} = -\chi U_{\text{chiq max}}^-$, va $U_q = \chi (U_{\text{chiq max}}^+ + U_{\text{chiq max}}^-)$, bu yerda $\chi = R_1 / (R_1 + R_2)$. 9.1, a – rasmdagi sxema OKda impuls generatorlarini qurishda asos bo‘lib xizmat qiladi.

Tajriba stendining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini

hamda uni qo'llash sxemalarini o'rganish mumkin (61–betdagi 6.5 – rasmga qara). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

- kirishdagi va chiqishdagi signallarni o'lchashga mo'ljallangan o'zgarmas tok voltmetrlari;
- chiqish signalining amplitudasini va ishorasini o'zgartirish imkoniyati bo'lgan ikkita signal manbai «**ИСТ.1**» va «**ИСТ.2**»;
- operatsion kuchaytirgichlarni qo'llash sxemalari tasvirlangan almashtiriladigan platalar;
- raqamli indikatsiyali sekundomer.

Har bir o'rganilayotgan sxemaning uzatish koeffitsiyentini (S_1 yordamida), sig'imi qiymatini (C_1, C_2), integrallash vaqtini o'zgartirish imkoniyati bor. Bundan tashqari kirish signalini tashqi manbadan berish va chiqish signallarini kuzatishga mo'ljallangan uyachalar mavjud.

O'rganilayotgan u yoki bu sxema maxsus boltlar yordamida mahkamlanadi. O'zgarmas chiqish kuchlanishi voltmetri tekshirilayotgan sxema chiqishiga ulanadi va avtomatik ravishda o'lchanayotgan kuchlanishning ishorasini ko'rsatadi.

Ishni bajarish

Operatsion kuchaytirgichni trigger sxemasida o'rganish.

1. R_{TB} ning ikki qiymati uchun (R_3 va R_4) operatsion kuchaytirgichdagi triggerning inverterlovchi kirishi 1 va o'zgarmas signal uchun uzatish tavsifi $U_{chiq}=f(U_{kir})$ olinsin va qurilsin.
2. R_{TB} ning ikki qiymati va noinverterlovchi kirish 2 uchun o'zgarmas signalda uzatish tavsifi $U_{chiq}=f(U_{kir})$ olinsin va qurilsin.
3. $R_{TB}=R_4$ bo'lganida va 1 kirishga sinusoidal signal berilganida chiqish signalining fronti o'lchansin.

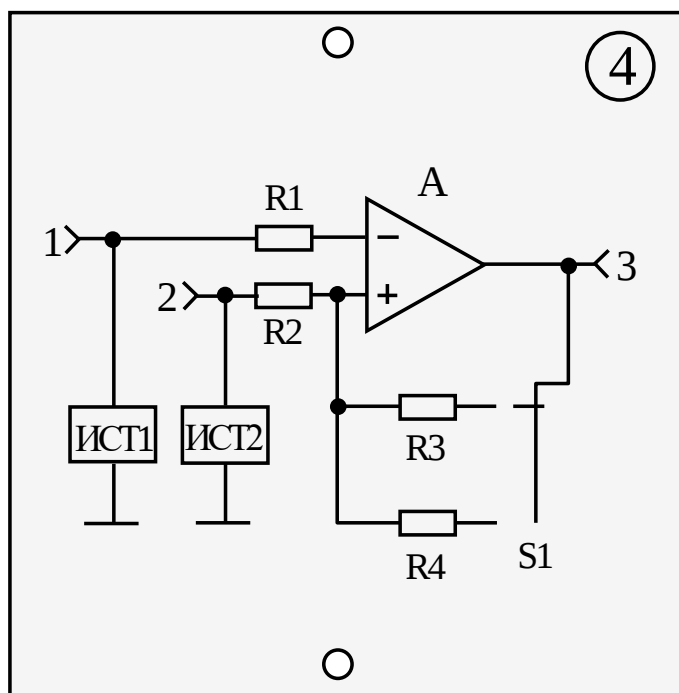
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1-bandga plata 4 o'rnatilsin (9.2 – rasm). Stend ta'minot manbaiga ulansin.

a) S_1 tugma yordamida $R_{TB}=R_4$ ulansin, o'zgarmas “**ИСТ.1**”, “**ИСТ.2**” ulansin. U_{kir} – 3 V dan +3 V gacha o'zgartirilsin. Chiqish kuchlanishi stendning chiqish voltmetri

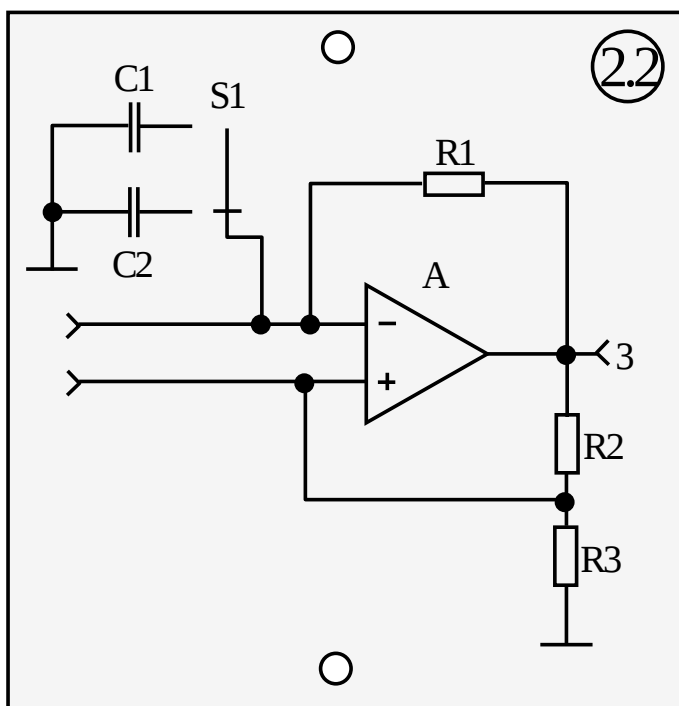
yordamida kuzatilsin. $U_{ist2}=0V; 1V$.

b) ko'rsatilgan amaliyotlar $R_{TB}=R_4$ uchun qaytarilsin. Bu amaliyotlar ikki kirish bo'yicha amalga oshirilsin. $U_{tam2}=0V; 2V$



9.2 – rasm. Shmitt triggeri paneli

3-bandga kirish sinusoidal signal U_{tam1} dan berilsin. U_{tam2} signal amplitudasi $U_{tam2}=0V$; $R_{TB}=R_4$ o'rnatilsin. Front vaqti ossillograf yordamida o'lchansin.



9.3 – rasm. Avtotebranuvchi multivibrator sxema paneli

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo‘lishi kerak:

1. O‘tkazilgan tajribalar va hisobot natijalari tadqiqot sxemalari.
2. Trigger tavsiflari.
3. Operatsion kuchaytirgich asosidagi trigger sxemasi.

Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgich nima? Trigger nima?
2. Operatsion kuchaytirgich asosidagi trigger sxemasi chizilsin.
3. Laboratoriya ishida o‘rganilgan trigger uchun o‘tish tavsifini tushuntirilsin.
4. Operatsion kuchaytirgichni impuls qurilmalarida qo‘llanilish sabablari.
5. Operatsion kuchaytirgich asosidagi triggerning ishlash tamoyili, uning o‘tish tavsifi tushuntirilsin.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Черепанов А.К. Микросхемотехника. –М.: Инфра –М, 2018.
2. Миловзоров О. В., Панков И. Г. Основы электроники (6-е изд.). –М.: Юрайт, 2018.
3. Миленина С.А. Электротехника, электроника и схемотехника. Учебник. –М.: Юрайт, 2017.
4. Paul Horowitz, Winfield Hill - The art of electronic. Third Edition. Cambridge University Press, 2015.
5. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. –М.: Бином, 2014.
6. А. Л. Ларин. Аналоговая электроника. Учебное пособие. –М.: МФТИ, 2013.
7. Чижма С.Н. Электроника и микросхемотехника, ФГБУ ДПО УМЦ ЖДТ, 2012.
8. Арипов Х.К., Абдуллаев А.М., Алимова Н.Б. Электроника. Ўқув қўлланма. – Тошкент: ТАТУ, 2012.
9. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника (том 1,2). –М.: ДМК пресс, 2008.
10. Уве Наундорф. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование. Книга. –М.: Техносфера, 2008.
11. Павлов В.Н, Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебник для вузов. –М.: Горячая линия – Телеком, 2001.
12. Браммер Ю.А. Импульсные и цифровые устройства. Учебник (7-е издание). –М.: Высшая школа, 2003.
13. Халиков А.А. Электрон қурилмалари, аналогли ва рақамли схемотехника. - Тошкент: Темирийўлчи, 2002.
14. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник.–М.: Горячая линия–Телеком, 2000.

Mundarija

Kirish.....	3
1 - laboratoriya ishi. Yarimo‘tkazgichli diod xarakteristikalarini tekshirish.....	4
2 - laboratoriya ishi. Yarimo‘tkazgichli bipolyar transiztor xarakteristikasiini o‘rganish.....	12
3 - laboratoriya ishi. Yarimo‘tkazgichli maydonli transiztor xarakteristikasiini o‘rganish.....	26
4 - laboratoriya ishi. Bipolyar tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichning xarakteristikalarini tekshirish.....	40
5 - laboratoriya ishi. Maydonli tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichning xarakteristikalarini tekshirish.....	49
6 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosidagi invertirlovchi va noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasini o‘rganish.....	56
7 - laboratoriya ishi. Kollektor-baza bog‘linishli o‘z-o‘zidan tebranuvchi multivibrator sxemasini o‘rganish.....	65
8 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator va integrator sxemalarini o‘rganish.....	74
9 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosidagi Shmitt triggerini o‘rganish.....	81
Adabiyotlar ro‘yxati.....	87

Muharrir: