

**O'ZBEKISTON ALOQA VA AXBOROTLASHTIRISH AGENTLIGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

Elektronika kafedrası

ELEKTRONIKA

**LABORATORIYA ISHLARI UCHUN
USLUBIY KO'RSATMALAR**

TOSHKENT 2008

UDK 621.385.1

Aripov X.K., Alimova N.B., Bustanov X.X., Mirxabibova J.M., Alimova M.R.
Elektronika. Laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatmalar. TATU, 2008.

Mazkur laboratoriya ishlari to'plamida keng tarqalgan elektron va yarimo'tkazgich asboblarning chiziqli va nochiziqli matematik modellari parametrlarini tajriba ma'lumotlari asosida aniqlash usullari berilgan.

1 – laboratoriya ishi

O'lchash praktikumi

1. Laboratoriya praktikumi vazifalari.

Talaba laboratoriya ishlarini bajarish uchun oldindan hozirlik ko'rish, tajriba o'tkazish, olingan natijalarni qayta ishlash, hisobot tuzish va himoyaga tayyorgarlik ko'rish jarayonlarida quyidagi umumiy mavzularni puxta o'zlashtirgan bo'lishi lozim:

1.1. Tadqiq etmoqchi bo'lgan elektron asbob (EA) haqida umumiy ma'lumotlar:

- EA vazifasi va qo'llanish sohasi;
- EA elektrodlarning nomi va vazifasi;
- EA ning sxemalarda shartli belgilanishi;
- EA turlarining belgilanish tizimlari;
- EA asosiy parametrlari qiymatining tartibi.

1.2. O'lchash sxemasi:

- sxemaning turli zanjirlaridan tok o'tishi;
- o'lchash asboblarning vazifalari;
- sxemani elektr manbaga ulash va uzatish tartibi;
- ish rejimini rostlash usullari.

1.3. O'lchashni bajarish uslubi:

- xarakteristikalarini o'lchash tartibi;
- xarakteristikalarini o'lchashda ish rejimi parametrlarining chegaraviy ekspluatatsiya qiymati;
- EA parametrlarini tajriba usulida aniqlash;
- EA matematik model parametrlarini tajribada aniqlash usuli.

1.4. Nazariy savollar:

- tadqiq etilayotgan EA ishlash prinsipi;
- tadqiq etilayotgan EA ulanish sxemasi: elektr manba qutblari, toklarning yo'nalishi, elektrod toklarining oqib o'tish zanjirlari va ularning tashkil etuvchilari, toklarning o'zaro bog'lanishi;
- EA statik xarakteristikalar va boshqa tajribada olingan bog'liqliklarning mohiyati;
- EA matematik modeli parametrlarini tajriba ma'lumotlaridan aniqlash usullari va ularning fizik ma'nosini tushuntirish;
- ostsillogrammalarni izohlash;
- tadqiq etilayotgan EA chegaraviy parametrlarining fizik nuqtai nazardan tushuntirish.

1.1.-1.3 - mavzularning deyarli barcha bandlari laboratoriya ishlariga tayyorlanish jarayonidagi uy vazifasining mazmunini belgilaydi va ular mazkur to'plamdagi har bir laboratoriya ishlarining tavsiflarida o'z ifodasini topgan. Agar talaba ish bajarishdan avval yoki ish bajarish vaqtida yuqorida ta'kidlangan mavzular bo'yicha uy vazifalarini o'zlashtirmagani o'qituvchi tomonidan aniqlansa, u holda talaba ish bajarishiga ruxsat etilmaydi yoki ish bajarishdan chetlashtiriladi.

Talabani 1.4 bandlarni o'zlashtirishi laboratoriya ishini himoya mashg'ulotlarida o'qituvchi tomonidan tekshiriladi.

1.2 - bandlarida keltirilgan o'lchash sxemalari va o'lchov uslublari masalalari mazkur qo'llanmaning quyida keltirilgan "Universal laboratoriya stendi (ULS) ning tavsifi" berilgan.

Hisobotlarni tuzish uchun 1.1 badda keltirilgan savollarga javobni EA haqidagi ma'lumotnomalardan izlash lozim.

2. Universal laboratoriya stendining tavsifi

Universal laboratoriya stendi (ULS) yarimo'tkazgich asboblarni tadqiq etishga mo'ljallangan qurilma bo'lib, u "Elektronika" laboratoriyasining asosiy jihozlariga kiradi. ULS 25 ta laboratoriya ishlarini frontal usulda olib borishga imkon beradi.

ULS tuzilish jihatdan asosiy modul va laboratoriya modulidan iborat (1.1-rasm).



1.1- rasm. ULSning umumiy ko'rinishi.

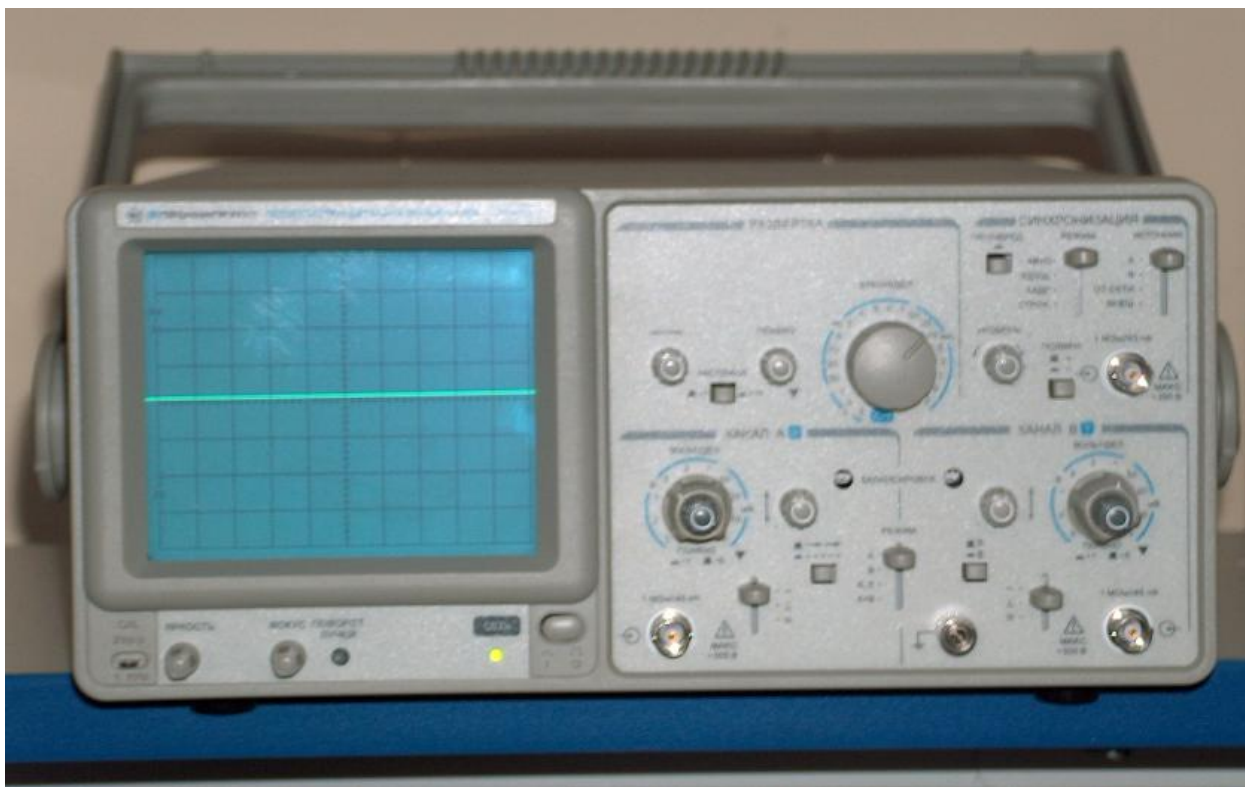


1.2- rasm. ULSning asosiy moduli.

Asosiy modul ikkita kuchlanish manbai (E1 va E2), ikkita multimetr va past chastota generatoridan tashkil topgan. E1 va E2 kuchlanish manbalari rostlanadigan bo'lib, uning chiqishidagi qiymatlari noldan tadqiq etilayotgan elektron asbob ish parametrlari bilan chegaralangan yuqori qiymatgacha o'zgaradi (1.2 – rasm).



1.3 – rasm. ULSning laboratoriya moduli.



1.4 – rasm. Ostsilografning old paneldan ko'rinishi.

Laboratoriya moduli ikkita multimetr, ikkita rostlanuvchi manba, ikkita rostlanmaydigan: ikki qutbli E3 (+15V va -15V) manba hamda rostlanmaydigan E4 (+5V) manba, past chastota va impuls generatorlari, elektrodleri uchleri sifatida xizmat qiluvchi tadqiq etiladigan elektron asbob oyoqchalari va mikrosxemalar maxsus kommutatsiya maydonini tashkil etuvchi uyachalardan iborat (1.3 – rasm).

Past chastota generatori amplitudasi rostlanadigan bo'lib, uning uchta chiqishidan umumiy nuqtaga nisbatan (1:1, 1:10, 1:100) signal tadqiq etilayotgan elektron asbob yoki integral mikrosxemaga beriladi.

Impulslar generatori chastotasi rostlanuvchi bir qutbli impulslar ketma – ketligi va zinasimon o'zgarishli chiqishlarga nisbatan signal tadqiq etilayotgan elektron asbob yoki integral mikrosxemaga beriladi.

Elektron asbob va mikrosxemalar tadqiq etiladigan maxsus kommutatsiya maydonida elektron asboblarning oyoqchalarini ulashga mo'ljallangan kvadrat shakldagi 48 ta kommutatsiya uyalar joylashtirilgan. Bu uyachalar chiqishni faqat uchta nuqtadan tarmoqlantirishi mumkin. O'rganilayotgan elektron asbob oyoqchalari yonma – yon joylashgan kvadratlar uyalariga ulanadi. Aks holda elektron asbob oyoqchalari qisqa tutashishi mumkin. Bu holat yuz bersa, kuchlanish manbalari ulanishi bilan ogohlantiruvchi optik va akustik signal chiqadi. Bu vaqtda ogohlantiruvchi yorug'lik signalini tarqatayotgan manba o'chirilishi zarur. Manba o'chirilganidan so'ng yig'ilgan sxema qayta tekshiriladi, xatolik aniqlanadi va tuzatiladi.

Kommutatsiya maydonining o'rta qismida integral mikrosxemalar oyoqchalarining chiqishlariga mo'ljallangan, 1 - 24 raqamlari bilan belgilangan qizil rangli uyachalar joylashtirilgan. Ushbu uyachalardan yuqoriroqda integral

mikroshemalarni tadqiq etish uchun ularni laboratoriya modul sxemasiga ulaydigan panel joylashgan. Sxema yig'ishda o'rganilayotgan mikroshema oyoqchalari panelga o'rnatiladi va ularning chiqishlari 1 – 24 raqamlari bilan belgilangan uyachalardan olinadi.

Kommutatsiya maydonining yuqori qismida to'g'ri chiziq bo'ylab joylashgan va o'zaro ulangan 2x8 ko'rinishidagi uyachalar mavjud. Bu uyachalar tadqiq etilayotgan asbobning birorta chiqishini ulash va tarmoqlantirish uchun xizmat qiladi. Kommutatsiya maydonining eng pastki qismida xuddi shunday uyachalar mavjud bo'lib, ular tadqiq etilayotgan elektron asbobning zarur oyoqchasini erga ulash uchun xizmat qiladi.

Laboratoriya modulidagi qora rangli uyachalar elektron asboblarni va qizil rangli uyachalar esa mos ravishda mikroshemalarni ulashda ishlatiladi.

O'rganilayotgan elektron asbob, integral mikroshema va elektron qurilmalar kirish va chiqishlaridagi elektr signallar qiymatlari va shaklini ostsilograf yordamida kuzatish mumkin (1.4 - rasm). Buning uchun ostsilograf kirishiga kuzatilishi zarur bo'lgan signal o'tayotgan tugun maxsus shnur bilan ulanadi.

2 – laboratoriya ishi

Yarimo'tkazgichli germaniy va kremniy diodlari parametrlari va xarakteristikalarini tadqiq etish

Ishning maqsadi: Yarimo'tkazgichli diod (YaD) asosiy xarakteristikalarini va parametrlarini hamda ularga tashqi muhit temperaturasining ta'sirini tadqiq etish.

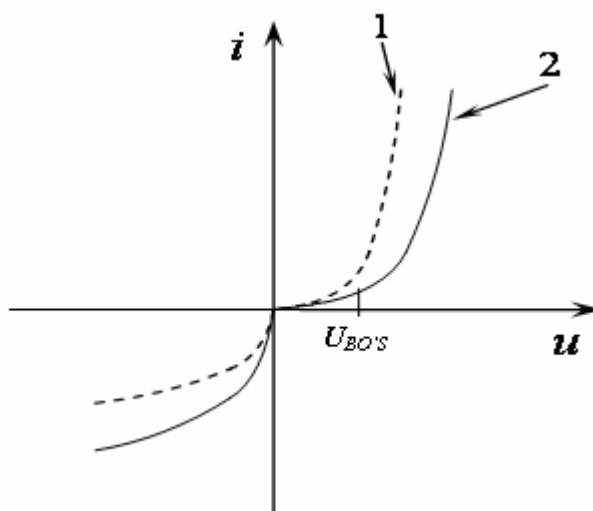
1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik:

1.1. YaD – n va p- turli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita yarim o'tkazgichlar kontaktidan iborat bo'lgan hamda bir tomonlama o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan elektron asbob. YaD VAXsi 2.1-rasmda keltirilgan. Bu erda 1- nazariy xarakteristika, 2- real abob xarakteristikasi (bu xarakteristika YaDning yarim o'tkazgich strukturasidagi hajmiy qarshilikni va tashqi kontaktlar qarshiligini, YaDdan tok oqib o'tganda undan ajralib chiqayotgan qo'shimcha issiqlikni va x.z.larni hisobga oladi).

1.2. Real yarimo'tkazgichli diod VAXsi 2.1- rasmda keltirilgan. Punktir chiziq bilan quyidagi tenglamaga mos keluvchi ideal VAX ko'rsatilgan:

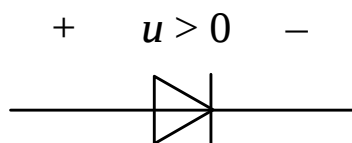
$$i = I_0 \left(e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right) \quad (2.1)$$

$$T=300 \text{ K da } U_T=26 \text{ mV.}$$

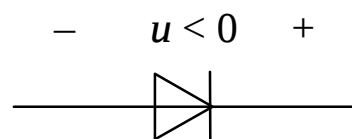


2.1-rasm

Xarakteristikalar yarimo'tkazgichli diod asosiy xossalarini namoyon etadi. Ochiq holatda yarim o'tkazgichli dioddan ma'lum miqdorda to'g'ri tok ($i_{to'g'ri} > 0$) oqib o'tadi; bu holat yarim o'tkazgichli diodga to'g'ri kuchlanish berish natijasida ta'minlanadi:

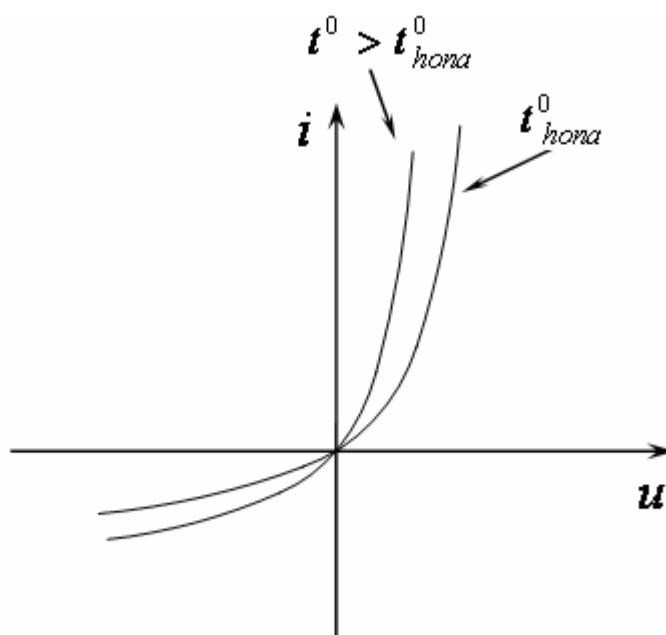


Berk holatda yarim O'tkazgichli dioddan juda kichik teskari tok i_{tesk} ($i < 0$) oqib o'tadi. Bu tokning qiymati germaniyli diodlarda $10^{-5} - 10^{-6} A$, kremniyli diodlarda esa $10^{-9} - 10^{-12} A$ tartibga ega. Yarimo'tkazgichli diodning berk holati unga teskari kuchlanish berish natitijasida amalga oshiriladi:



2.1-rasmdan ko'rinib turibdiki, real yarimo'tkazgichli diod VAXsining to'g'ri shohobchasi nazariy xarakteristikaga nisbatan bo'sag'aviy kuchlanish qiymati bilan ifodalanadigan $u_{bo's}$ sezilarli to'g'ri tok yuzaga keladigan ancha yuqori to'g'ri kuchlanish sohasiga siljigan. Germaniyli diodlarda $u_{bo's} \approx 0,25 \div 0,4 V$, kremniyli diodlarda - $u_{bo's} \approx 0,68 \div 0,8 V$. $U \geq U_{bo's}$ bo'lganda VAX to'g'ri shohobchasining egilishi diod baza sohasining qarshiligi r'_B bilan aniqlanadi.

Yarimo'tkazgichli diod VAXsiga tashqi muhit temperaturasi ta'siri 2.2-rasm bilan tushuntiriladi. Temperatura ortganda to'g'ri va teskari tok ortadi.



2.2- rasm

Yarimo'tkazgichli diodga temperatura ta'sirini hisobga oladigan asosiy parametrlar bo'lib quyidagilar hisoblanadi:

Kuchlanishning temperaturaviy koeffitsienti a_t

$$a_t = \frac{\Delta U_{to'g'ri}}{\Delta t^0} \bigg|_i = const \quad (2.2)$$

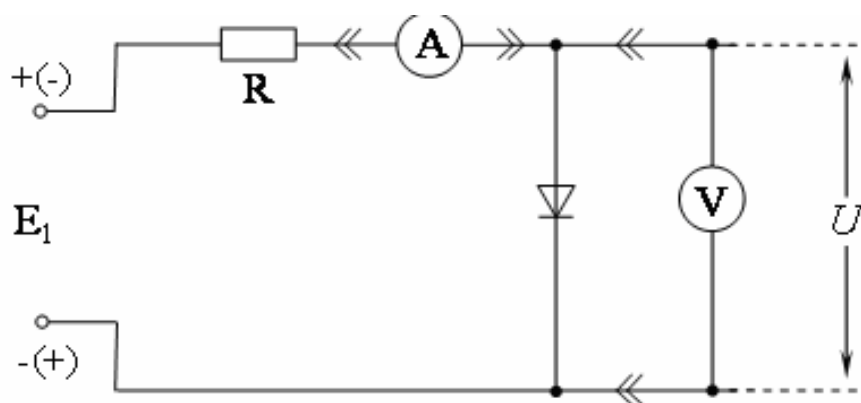
va teskari tokni e marta o'zgarishiga mos keluvchi temperatura t^* :

$$i_{tesk}(t) = i_{tesk}(t'_0) e^{\frac{t-t_0}{t^*}} \quad (2.3)$$

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. Laboratoriya ishini bajarishdan avval sxema (2.3-rasm), o'lchash usullari, qo'llaniladigan o'lchov asboblari bilan tanishib chiqish kerak.

2.2. Yarimo'tkazgichli diod VAXsining to'g'ri shohobchasi $i_{to'g'ri} = f(U_{to'g'ri})$ ni o'lchang (2.1-rasm). Tajribani ikki turdagi - germaniyli va kremniyli diodlar uchun bajaring.



2.3- rasm

Tajriba bajarish uchun tavsiyalar:

Yarimo'tkazgichli diod to'g'ri toki ($i_{to'g'ri}$) kuchlanishga kuchli ravishda bog'liq (2.1- rasm) bo'lgani sababli tokni cheklash uchun $i \leq i_{qo'sh}$ yarimo'tkazgichli diodga ketma – ket chegaralovchi qarshilik $R=560$ Om ulash kerak (2.3- rasm). Yarimo'tkazgichli diod VAXsini amalda o'lchash qulay, buning uchun diodga kerakli tok qiymatini $i_{to'g'ri}$ berib borib, unga mos keladigan kuchlanish qiymat $U_{to'g'ri}$ yozib boriladi.

Tajriba vaqtida bo'sag'aviy kuchlanish qiymati $U_{bo's}$ ni ($i = 500mA$ bo'lganda) yozib olish kerak.

O'lchash natijalarini jadvalga yozib oling va olingan $i_{to'g'ri} = f(U_{to'g'ri})$ bog'liqlik grafigini chizing.

2.3. Yarimo'tkazgichli diod VAXsining teskari shohobchasini $i_{tesk} = f(U_{tesk})$ germaniyli diod uchun o'lchang (2.1- rasm).

Tajriba bajarish uchun tavsiyalar:

Yarimo'tkazgichli diod teskari toki (i_{tesk}) kuchlanishga kuchli bog'liq bo'lmaydi (2.1- rasm), shuning uchun VAXning teskari shohobchasini kuchlanish U_{tesk} qiymati 0 dan $U_{qo'sh.tesk}$ qiymatgacha oraliqda o'lchash maqsadga muvofiq. Bu kuchlanish qiymatlariga mos keluvchi tokni o'lchash vaqtida, $U = 0$ dan $U_{tesk} = -1V$ oralig'idagina tok kuchli ravishda o'zgarishini inobatga olish kerak.

3. O'lchash natijalarini qayta ishlash:

3.1. 2.2 – bandga muvofiq bajarilgan o'lchash natijalarini ishlash.

Tajribada olingan germaniyli va kremniyli YaD VAXlarida ularga mos keluvchi 2.1- ifoda yordamida hisoblangan nazariy xarakteristikalarini quring.

$u_{to'g'ri} = u_{bds}$ va $i_{to'g'ri} = 500 \text{ mA}$ nuqtalarda 2.1- ifoda yordamida issiqlik toki I_0 kattaligini hisoblang. Nazariy va tajriba usulida olingan bog'liqliklar bu nuqtalarda mos tushadi.

Tajribada olingan VAXdan germaniyli va kremniyli diod uchun $i_{to'g'ri} = 10 \text{ mA}$ qiymatida differentsial qarshilik $r_{dif} = \frac{\Delta u}{\Delta i}$ va o'zgarmas tok bo'yicha qarshilik $r_0 = \frac{u_{to'g'ri}}{i_{to'g'ri}}$ ni hisoblang.

3.2. 2.3 va 2.4 – bandlarga muvofiq bajarilgan o'lchash natijalarini ishlash.

Germaniyli diod tajribada olingan VAXsidan foydalanib (2.3- band) $u_{to'g'ri} = 10 \text{ V}$ bo'landa differentsial qarshilik $r_{dif} = \frac{\Delta u}{\Delta i}$ va o'zgarmas tok bo'yicha qarshilik $r_0 = \frac{u_{tesk}}{i_{tesk}}$ ni hisoblang.

4. Hisobot mazmuni:

- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisob natijalarining tahlili.

5. Nazorat savollari.

1. Yarimo'tkazgichli diod to'yinish toki qanday fizik mohiyatga ega ?
2. Ideal yarimo'tkazgichli diod VAXsining tenglamasini yozing va undagi parametrlarning fizik ma'nosini tushuntiring?
3. Diodga qo'yilgan kuchlanish qiymati va qutbi undagi p-n o'tish kengligiga qanday ta'sir ko'rsatadi ?
4. Diodning elektr modeli sxemasini chizing. Sxemadagi elementlar va ularning parametrlarini tushuntiring?
5. Germaniyli va kremniyli diodlarning VAXsi bir xil sharoitda farqli bo'lishiga sabab nima va u diodlarning qaysi parametrlari bilan ifodalanadi?

6. Yarimo'tkazgichli diod elektr modeli parametrlarini tajribada qanday aniqlash mumkin?

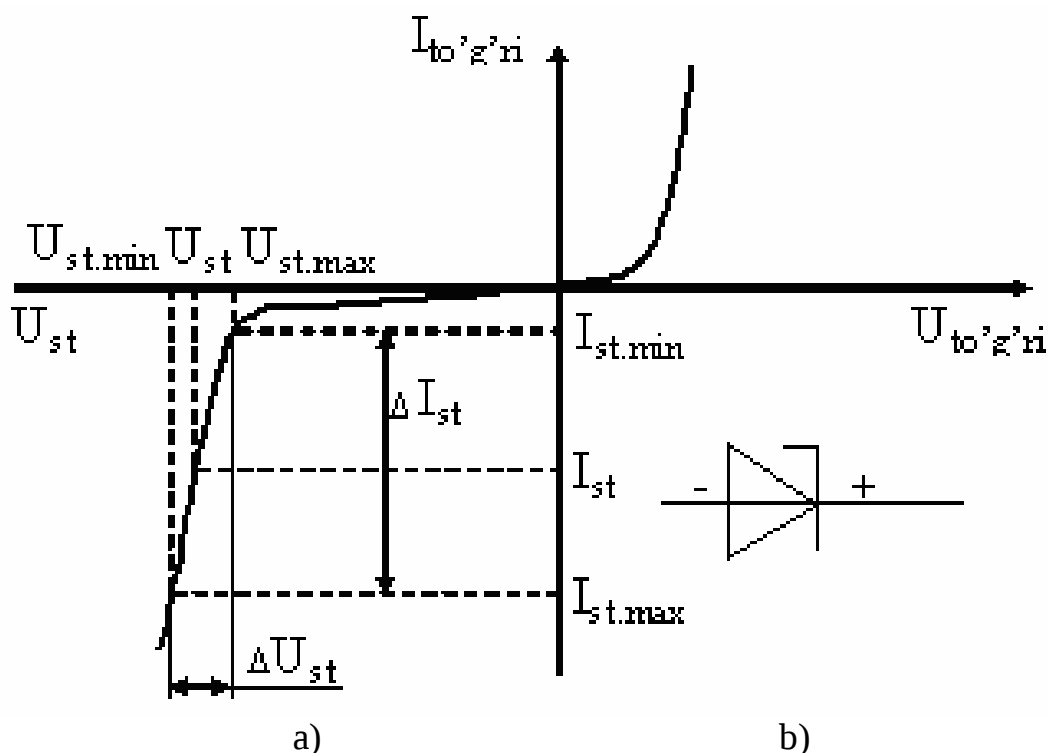
3 - laboratoriya ishi

Stabilitron xarakteristikasi va parametrlarini tadqiq etish

Ishning maqsadi: Elektr teshilish rejimida diod tokini unga qo'yilgan teskari yo'nalishdagi kuchlanish bilan bog'liqligini tajriba usuli bilan aniqlash va bu bog'lanishni approksimatsiyalovchi chiziqli funktsiya parametrlari qiymatlarini hisoblash.

1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik:

1.1. Yarimo'tkazgich stabilitronning VAXsi 3.1 a-rasmda, uning elektr sxemalarda shartli belgilanishi esa 3.1 b-rasmda ko'rsatilgan.



3.1-rasm

Stabilitron VAXsi teskari shahobchasining $U_{st.min}-U_{st.max}$ kuchlanish qiymatlari oralig'i elektr teshilishga (odatda ko'chkisimon) tegishli. Teshilish rejimida teskari kuchlanishning juda oz miqdorda o'zgarishi teskari tokni kuchli o'zgarishiga olib keladi.

Stabilitronning bu xususiyatidan sxemotexnikada kuchlanishni barqarorlashda keng qo'llaniladi.

1.2. Kuchlanishni barqarorlash rejimida stabilitron VAXsi chiziqli funktsiya bilan approksimatsiyalanadi:

$$U_{ST} = U_B + R_D \cdot I_{ST} \quad (3.1)$$

bu erda R_D - parametri kuchlanishni barqarorlash rejimidagi diodning differentsial qarshiligini, U_B - parametri esa, kuchlanishning bo'sag'aviy qiymatini ko'rsatadi.

1.3. Keng ko'llaniladigan stabilitronlarning ba'zi elektr parametrlarining ro'yxati:

δU_{st} - barqarorlash kuchlanishi;

U_{st} - barqarorlash kuchlanishning vaqt bo'yicha nostabilligi;

$U_{to'g'}$ - stabilitrondagi o'zgarmas to'g'ri kuchlanish;

$I_{st,min}$ - stabilitrondagi ruxsat etilgan eng kichik o'zgarmas tok;

$I_{st,max}$ - stabilitrondagi ruxsat etilgan eng katta o'zgarmas tok;

$I_{to'g',maks}$ - stabilitrondagi ruxsat etilgan eng katta to'g'ri o'zgarmas tok;

R_{maks} - stabilitrondagi ruxsat etilgan eng katta sochuvchi quvvat;

r_{st} - belgilangan o'zgarmas tok rejimida (I^*s) aniqlangan differentsial qarshilik;

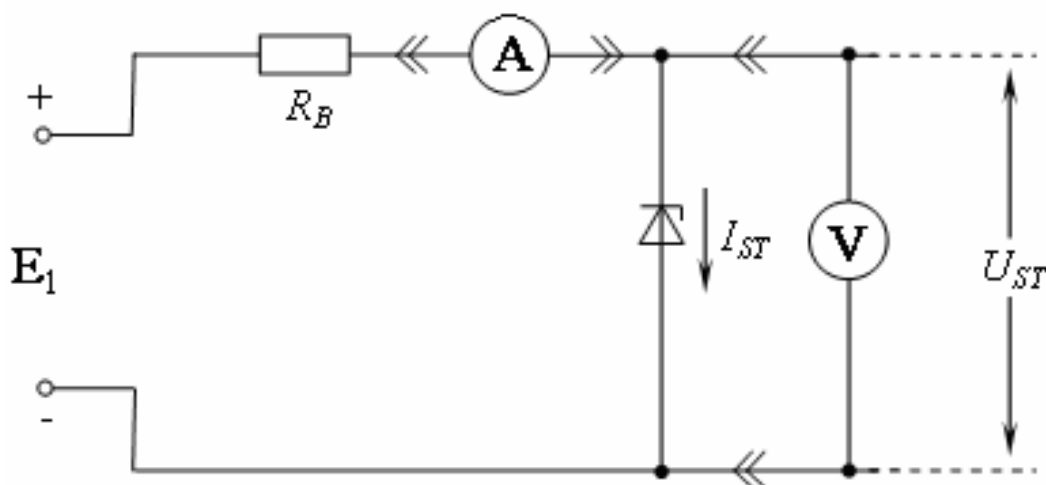
a_{st} - barqarorlash kuchlanishining temperaturaviy koeffitsienti.

$$a_{ST} = d \cdot U_{ST} / U_{ST} \cdot \Delta T \quad (3.2)$$

Stabilitronning quyidagi guruhlar mavjud: umumiy maqsad uchun qo'llaniladigan maxsus termokompensatsiyalangan pretsizionli (aniq kuchlanish qiymati talab qilinadigan sxemalar uchun); impulsli, ikki anodli, stabistorlar.

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. Laboratoriya ishini bajarishdan avval sxema (3.2-rasm), o'lchash usullari, qo'llaniladigan o'lchov asboblari bilan tanishib chiqish kerak.



3.2- rasm

2.2. Stabilatron VAXini $I_{ST} = f(U_{ST})$ ni o'lchang (3.1 a-rasm).

Tajriba bajarish uchun tavsiyalar:

Stabilatronni VAXsini o'lchaydigan elektr sxemasini yig'ib, unda o'lchash ishlarini talab etilgan aniqlikda bajarang.

Tajriba natijalarini ishlash va approksimatsiyalovchi funktsiya parametrlarining qiymatlarini aniqlang.

3. O'lchash natijalarini qayta ishlash:

3.1. Tadqiq etish uchun berilgan stabilatron pasportidan uning turi va asosiy parametrlarini (minimal va maksimal barqarorlash toklari ($I_{st,min}$ va $I_{st,max}$); o'rtacha barqarorlash kuchlanishi (U_{ST}); differentsial qarshilik ($R_{d,st}$) qiymatlari va h.k.) kuzatish daftaringizga yozib oling.

3.2. Stabilatron parametrlarining ruxsat etilgan eng yuqori qiymatlaridan foydalanib, o'lchash sxemasini ta'minlovchi kuchlanish manbai chiqish qiymatini o'zgarishi kerak bo'lgan oralig'ini va o'lchov asboblari (ampermetr va voltmetrlar)ning chegaraviy qiymatlarini aniqlang.

3.3. Sxemada stabilatron tokining yuqori Qiymatini cheklash uchun unga R_B rezistor ketma-ket ulanadi. (3.2-rasm). Rezistorning qiymati quyidagi shartga mos kelishi kerak;

$$R_B = (E1 - U_{ST}) / I_{STMAX}$$

bu erda $E1$ - rostlanuvchi kuchlanish manbaining maksimal qiymati.

3.4. O'lchash natijalarini yozish uchun 3.1-jadval tayyorlang. Jadvalning birinchi qatoriga tadqiq qilinayotgan stabilatron toklarining qiymatlarini, ikkinchi qatoiga esa kuchlanish qiymatlarini kiriting.

3.1 – jadval

I_{ST}, mA	$I_{ST.MIN}$					$I_{ST.MAX}$
U_{ST}, V						

3.5. O'lchash ishlarini bajarib, 3.1 - jadvalni to'ldiring va stabilatronning VAXsini chizing.

3.6. Kuchlanishni barqarorlash rejimida stabilatron VAXsi (3.1) ifodaga binoan chiziqli funktsiya bilan approksimatsiyalang.

4. Hisobot mazmuni:

- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisob natijalarining tahlili.

5. Nazorat savollari.

1. p-n o'tishdagi asosiy teshilish turlarini ayting.
2. Stabilitrnlarda qaysi teshilish turlari qo'llaniladi ?
3. Stabilitron VAXsini chizing. Uning shaklining turli qismlari qaysi fizik jarayonlar orqali ifodalanadi ?
4. Stabilitronning asosiy elektr parametrlarini ayting va ularning fizik ma'nosini izohlang.
5. Nima uchun stabilitronlarni tayyorlashda dastlabki material sifatida germaniy emas kremniy qo'llaniladi ?
6. Stabilitron tokining yuqori qiymati cheklanishiga qanday omil sabab bo'ladi ?
7. Stabilitron VAXsini o'lchash sxemasini chizing.

4 - laboratoriya ishi

UB ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini tadqiq etish

Ishning maqsadi: UB ulanish sxemasida bipolyar tranzistorlarning asosiy statik xarakteristikallari va parametrlarini tadqiq etish, xarakteristikallarni o'lchash va tajriba natijalarini qayta ishlash uslubi bilan tanishish.

1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik:

Grafik ko'rinishda ifodalangan tok va kuchlanish orasidagi bog'liqlik tranzistor statik xarakteristikallari deb ataladi. Umumiy baza ulanish sxemasida mustaqil o'zgaruvchilar sifatida emitter toki i_E va kollektor – baza kuchlanishi u_{KB} tanlanadi, shunda:

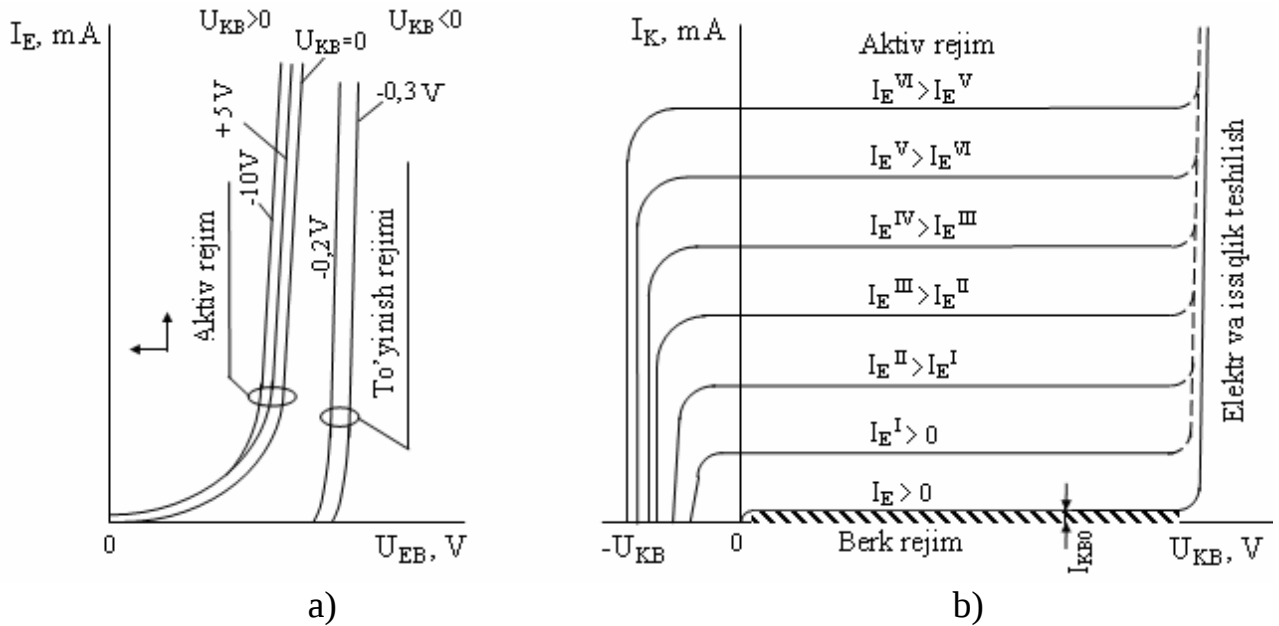
$$\begin{cases} u_{EB} = f(i_E, u_{KB}) \\ i_K = f(i_E, u_{KB}) \end{cases} \quad (4.1)$$

Ikki o'zgaruvchili funktsiya grafik ko'rinishda xarakteristikalar oilasi kabi tasvirlanadi.

BT kirish xarakteristikalar oilasi 4.1 a- rasmda, chiqish xarakteristikalar oilasi 4.1 b-rasmda keltirilgan. Xarakteristikalarning har biri quyidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$u_{EB} = f(i_E), \quad u_{KB} = \text{const}, \quad \text{bo'lganda} \quad (4.2)$$

$$i_K = f(u_{KB}), \quad i_E = \text{const}, \quad \text{bo'lganda} \quad (4.3)$$



4.1-rasm

Kichik amplitudali siganllar bilan ishlanganda $I_{BE m}, U_{EB m}, I_{K m}, U_{KB m}$ $i_E(0)$ va $U_{KB}(0)$ qiymatlar bilan beriladigan ixtiyoriy ishchi nuqta atrofidagi noxiziqli bog'liqliklar (4.1-4.3), chiziqli tenglamalar bilan almashtirilishi mumkin, masalan tranzistorning h- parametrlar tizimidan foydalanib.

$$\begin{cases} U_{EB m} = h_{11} I_{Em} + h_{12} U_{KB m} \\ I_{Km} = h_{21} I_{Em} + h_{22} U_{KB m} \end{cases} \quad (4.4)$$

yozish mumkin, bu erda $h_{11B} = \frac{\Delta u_{EB}}{\Delta i_E}$, $u_{KB} = \text{const}$ bo'lganda

$$h_{21B} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_E}, \quad u_{KB} = \text{const} \quad \text{bo'lganda}$$

$$h_{12B} = \frac{\Delta u_{EB}}{\Delta u_{KB}}, \quad i_E = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \quad (4.5)$$

$$h_{22B} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KB}}, \quad i_E = \text{const} \quad \text{bo'lganda}$$

h- parametrlar (4.5) formulalari yordamida xarakteristikalar oilasidan aniqlanishi mumkin (h_{11B} va h_{12B} – kirish xarakteristikalar oilasidan, h_{21B} va h_{22B} – chiqish xarakteristikalar oilasidan).

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. Tajriba o'tkazishga tayyorgarlik ko'rish:

Tranzistor tuzilishi va chegaraviy parametrlari bilan tanishib chiqing, tranzistor haqidagi ma'lumotlarni yozib oling, o'lchash uchun jadval tayyorlang.

4.1 – jadval

Kirish va boshqarish xarakteristikalar

E_E	V	
u_{EB}	V	
I_E	mA	
i_K	mA	

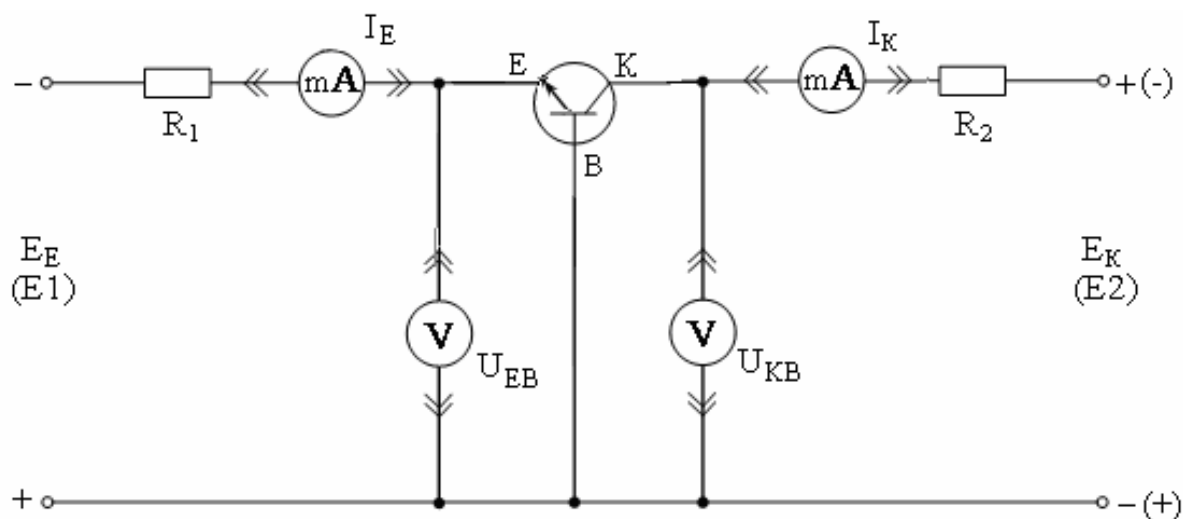
4.2 – jadval

Tranzistor chiqish xarakteristikalar

$I_E,$ mA			
	u_{KB}	V	
	i_K	mA	
	u_{KB}	V	
	i_K	mA	
	u_{KB}	V	
	i_K	mA	
va h.z.			

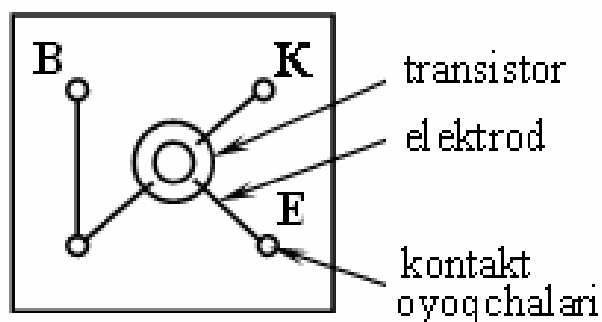
4.4 – rasmda keltirilgan o'lchash sxemasini yig'ing. Tranzistor tsokolining sxemasi 4.5 – rasmda keltirilgan. Rezistor qarshiliklari $R_1 = (270-510) \text{ } \Omega$ va $R_2 = (510-1000) \text{ } \Omega$.

2.2. $u_{KB} = 5 \text{ V}$ o'zgarmas kuchlanish qiymatlarida tranzistorning kirish va boshqarish xarakteristikalarini o'lchang. O'lchash natijalari va hisoblarni 4.1 - jadvalga kiriting.



4.4-rasm

yuqoridan ko'rinishi



4.5- rasm

2.3. Chiqish xarakteristiklar oilasini o'lchang:

Chiqish xarakteristiklar oilasini emitter tokining $i_E = 0$ mA qiymatidan boshlab har 4 mA qiymatlari uchun o'lchang. Kollektor toki bu vaqtda ko'rsatilgan chegaraviy qiymatlardan oshmasligi kerak; u_{KB} kuchlanish qiymatining o'zgarish oralig'i shunday tanlanishi kerakki, aktiv ($u_{KB} > 0$) va to'yinish ($u_{KB} < 0$) rejimlarida 3-5 ta nuqta olish mumkin bo'lsin.

3. O'lchash natijalarini ishlash:

3.1. Kirish, boshqaruv va chiqish xarakteristikalar oilasi grafigini quring.

$u_{KB} = 5$ V, $i_E = 8$ mA nuqtada tranzistor parametrlarini aniqlang

$$h_{11B} = \frac{\Delta u_{EB}}{\Delta i_E}, \quad h_{21B} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_E}, \quad h_{22B} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KB}}$$

3.2. Emitter toki 8 mA bo'lganda chiqish xarakteristikasini quring. Chiziqli – bo'lak approksimatsiyani amalga oshirib $U_{KB.TO'Y}$, $I_{K.TO'Y}$, $r_{K.TO'Y}$, r_K larni hisoblang.

4. Hisobot mazmuni:

- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisob natijalarining tahlili.

5. Nazorat savollari.

1. BT UB ulanish sxemada ishlash printsipli, emitter va kollektor p-n o'tishlar, baza sohasi ahamiyati haqida gapirib bering.
2. Emitter toki tashkil etuvchilari nomini ayting va ularning yo'nalishlarini p-n-p hamda n-p-n turli BT uchun ko'rsating.
3. Baza toki tashkil etuvchilari nomini ayting va ularning yo'nalishlarini p-n-p hamda n-p-n turli BT uchun ko'rsating.
4. I_{KB0} va I_{KE0} qanday toklar? Ular qaysi zaryad tashuvchilar harakati bilan hosil bo'ladi?
5. UB sxemada ulangan BT chiqish xarakteristikalar oilasida aktiv, berk va to'yinish sohalarini ko'rsating.
6. Ideal BT elektr modeli sxemasini chizing va uning parametrlari fizik mohiyatini tushuntiring.
7. BT invers ish rejimi deb nimaga aytiladi?

5 - laboratoriya ishi

UE ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini tadqiq etish

Ishning maqsadi: UE ulanish sxemasida bipolyar tranzistorlarning asosiy statik xarakteristikalari va parametrlarini tadqiq etish, xarakteristikalarni o'lchash va tajriba natijalarini qayta ishlash uslubi bilan tanishish.

1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik:

Grafik ko'rinishda ifodalangan tok va kuchlanish orasidagi bog'liqlik tranzistor statik xarakteristikalari deb ataladi. Umumiy emitter ulanish sxemasida mustaqil o'zgaruvchilar sifatida baza toki i_B va kollektor – emitter kuchlanishi u_{KE} tanlanadi, shunda:

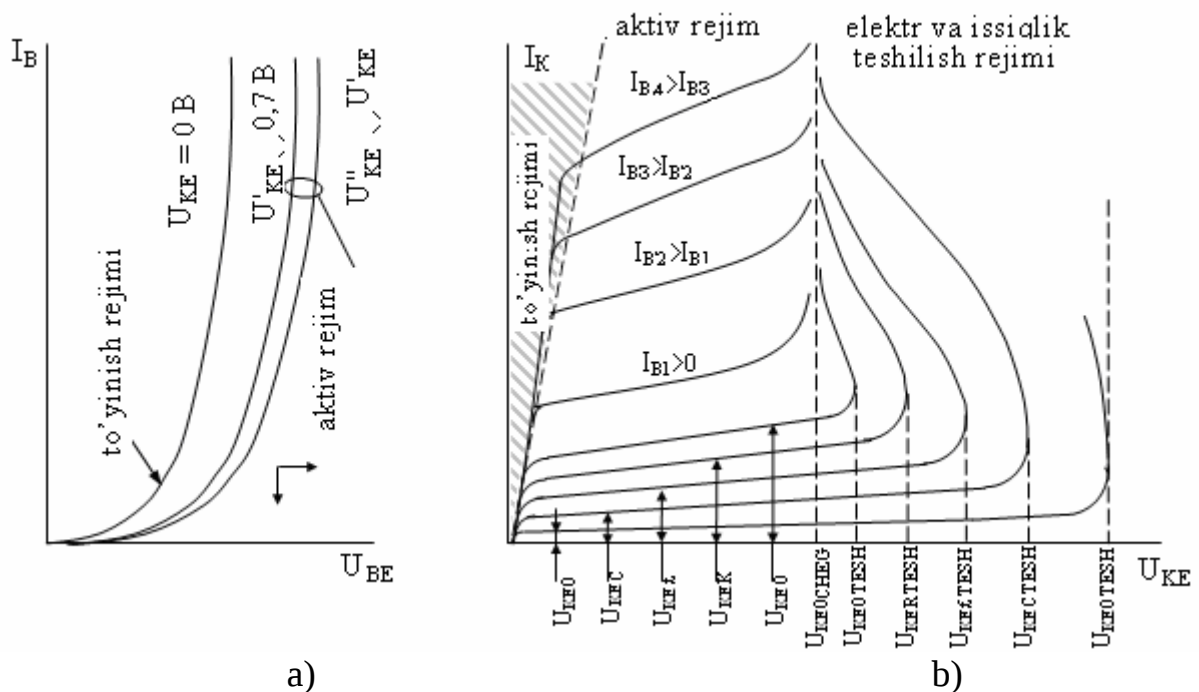
$$\begin{cases} u_{EB} = f(i_B, u_{KE}) \\ i_K = f(i_B, u_{KE}) \end{cases} \quad (5.1)$$

Ikki o'zgaruvchili funktsiya grafik ko'rinishda xarakteristikalar oilasi kabi tasvirlanadi.

BT kirish xarakteristikalar oilasi 5.1 a- rasmda, chiqish xarakteristikalar oilasi 5.1 b-rasmda keltirilgan. Xarakteristikalarning har biri quyidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$u_{EB} = f(i_B), \quad u_{KE} = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \quad (5.2)$$

$$i_K = f(u_{KE}), \quad i_B = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \quad (5.3)$$



5.1-rasm

Kichik amplitudali signallar bilan ishlanganda $I_{Bm}, U_{BE m}, I_{Km}, U_{KE m}$ $i_B(0)$ va $U_{KE}(0)$ qiymatlar bilan beriladigan ixtiyoriy ishchi nuqta atrofidagi nochiqli bog'liqliklar (5.1-5.3), chiziqli tenglamalar bilan almashtirilishi mumkin, masalan tranzistorning h- parametrlar tizimidan foydalanib.

$$\begin{cases} U_{BE m} = h_{11} I_{Bm} + h_{12} U_{KE m} \\ I_{Km} = h_{21} I_{Bm} + h_{22} U_{KE m} \end{cases} \quad (5.4)$$

yozish mumkin, bu erda $h_{11E} = \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B}$, $u_{KE} = const$ bo'lganda

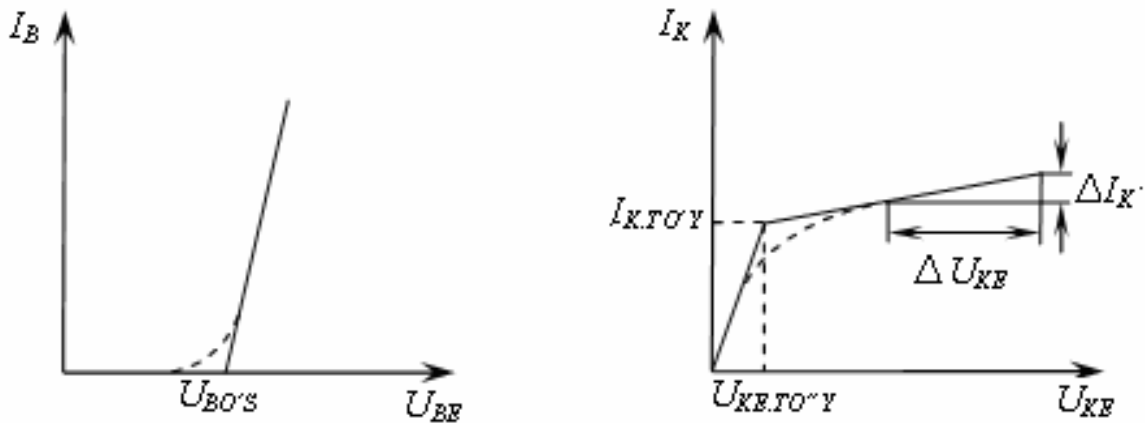
$$h_{21E} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B}, \quad u_{KE} = const \quad \text{bo'lganda}$$

$$h_{12E} = \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta u_{KE}}, \quad i_B = const \quad \text{bo'lganda} \quad (5.5)$$

$$h_{22E} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KE}}, \quad i_B = const \quad \text{bo'lganda}$$

h- parametrlar (5.5) formulalari yordamida xarakteristikalar oilasidan aniqlanishi mumkin (h_{11E} va h_{12E} – kirish xarakteristikalar oilasidan, h_{21E} va h_{22E} – chiqish xarakteristikalar oilasidan).

Amaliy hisoblarda ko'pincha BT statik xarakteristikalarini bo'lakli- chiziqli approksimatsiyasidan ham keng foydalanishadi. (5.2- rasmga qarang)



5.2-rasm

Approksimatsiyalangan kirish xarakteristiklari uchun

$$\begin{cases} u_{BE} < U_{BO'S} \text{ bo'lg anda } -i_B = 0 \\ u_{BE} > U_{BO'S} \text{ bo'lg anda } -i_B = \frac{u_{BE} - U_{BO'S}}{r_{KIR}} \end{cases} \quad (5.6)$$

ga egamiz.

Chiqish xarakteristiklari uchun esa

$$i_K = \begin{cases} \frac{u_{KE}}{r_{K.TO'Y}}, & U_{KE} < U_{KE.TO'Y}, \quad (\text{to' y. - rejimi}) \\ bi_B + \frac{u_{KE}}{r_K}, & (\text{aktiv - rejim}) \end{cases} \quad (5.7)$$

5.6 va 5.7 formulalarda

$U_{BO'S}$ - emitter o'tishdagi bo'sag'aviy kuchlanish,

$\bar{r}_{KIR}$ - tranzistor kirish qarshiligining o'rta qiymati ($\bar{r}_{KIR} \approx r'_B$),

$r_{K.TO'Y}$ - to'yinish rejimidagi tranzistor chiqish qarshiligi (boshlang'ich sohada).

$$r_{K.TO'Y} = \frac{\Delta u_{KE}}{\Delta i_K}, \quad i_B = const \quad \text{va} \quad u_{KE} < U_{KE.TO'Y} \quad (5.8)$$

r_K^* - aktiv rejimda chiqish qarshiligi ning o'rta qiymati.

$$r_K^* = \frac{\Delta u_{KE}}{\Delta i_K} \Big|_{i_B = const \quad \text{va} \quad u_{KE} < U_{KE.TO'Y}} \quad \text{bo'lganda} \quad (5.9)$$

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. Tajriba o'tkazishga tayyorgarlik ko'rish:

Tranzistor tuzilishi va chegaraviy parametrlari bilan tanishib chiqing, tranzistor haqidagi ma'lumotlarni yozib oling, o'lchash uchun jadval tayyorlang.

5.1 – jadval

Kirish va boshqarish xarakteristikalar

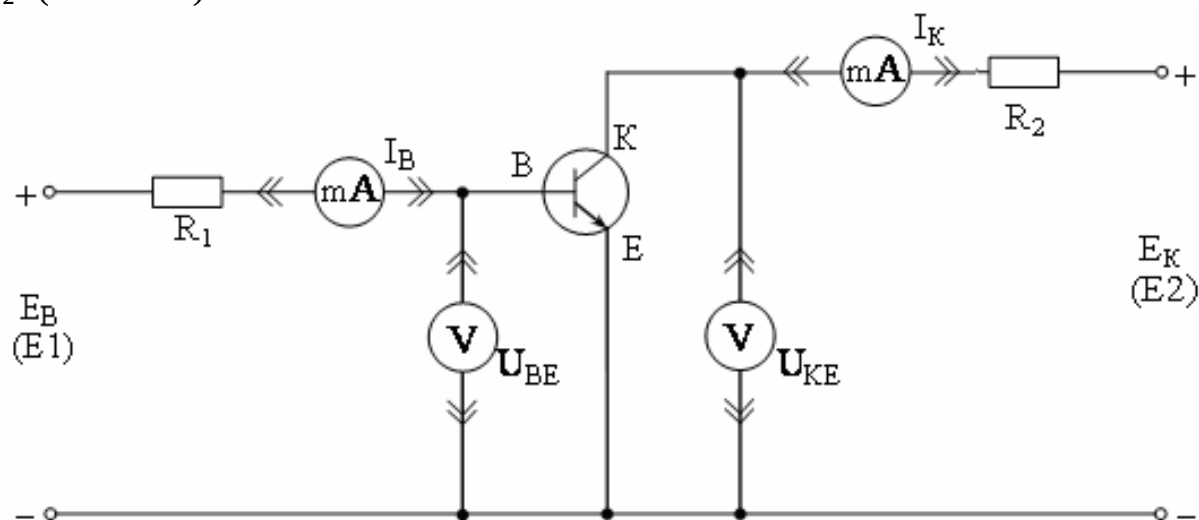
E_B	V	
U_{BE}	V	
I_B	mA	
I_K	mA	

5.2 - jadval

Tranzistor chiqish xarakteristikalar

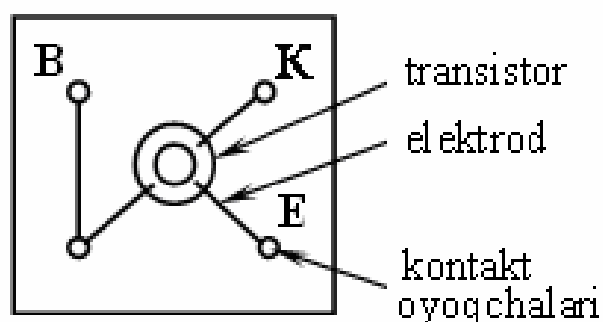
$I_B,$ mA			
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
va h.z.			

5.3 – rasmda keltirilgan o'lchash sxemasini yig'ing. Tranzistor tsokolining sxemasi 5.4 – rasmda keltirilgan. Rezistor qarshiliklari $R_1 = (5-10) \text{ k}\Omega$ va $R_2 = (510-1000) \Omega$.



5.4-rasm

yuqoridan ko'rinishi



5.5- rasm

2.2. $U_{KE} = 5 \text{ V}$ o'zgarmas kuchlanish qiymatida tranzistorning kirish va boshqarish xarakteristiklarini o'lchang. O'lchash natijalari va hisoblarni 5.1 - jadvalga kiriting.

2.3. Chiqish xarakteristiklar oilasini o'lchang:

Chiqish xarakteristiklar oilasini baza tokining $i_B = 0 \text{ mA}$ qiymatidan boshlab har 50 mA qiymatlari uchun o'lchang. Kollektor toki bu vaqtda ko'rsatilgan chegaraviy qiymatlardan oshmasligi kerak; U_{KE} kuchlanish qiymatining o'zgarish oralig'i shunday tanlanishi kerakki, aktiv ($U_{KE} > U_{BE}$) va to'yinish ($U_{KE} < U_{BE}$) rejimlarida 3-5 ta nuqta olish mumkin bo'lsin.

3. O'lchash natijalarini ishlash:

3.1. Kirish, boshqaruv va chiqish xarakteristikalar oilasi grafigini quring.
 $U_{KE} = 5 \text{ V}$, $i_B = 100 \text{ mA}$ nuqtada tranzistor parametrlarini aniqlang

$$h_{11E} = \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B}, \quad h_{21E} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B}, \quad h_{22E} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KE}}$$

3.2. Baza toki 100 mkA bo'lganda chiqish xarakteristikasini quring. Chiziqli – bq'lak approksimatsiyani amalga oshirib $U_{KE.TO'Y}$, $I_{K.TO'Y}$, $r_{K.TO'Y}$, r_K larni hisoblang.

4. Hisobot mazmuni:

- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisob natijalarining tahlili.

5. Nazorat savollari.

1. BT UE ulanish sxemada ishlash printsipi, emitter va kollektor p-n o'tishlar, baza sohasi ahamiyati haqida gapirib bering.
2. Emitter toki tashkil etuvchilari nomini ayting va ularning yo'nalishlarini p-n-p hamda n-p-n turli BT uchun ko'rsating.
3. Baza toki tashkil etuvchilari nomini ayting va ularning yo'nalishlarini p-n-p hamda n-p-n turli BT uchun ko'rsating.
3. I_{KB0} va I_{KE0} qanday toklar ? Ular qaysi zaryad tashuvchilar harakati bilan hosil bo'ladi ?
4. UE sxemada ulangan BT chiqish xarakteristikalar oilasida aktiv, berk va to'yinish sohalarini ko'rsating.
5. Ideal BT elektr modeli sxemasini chizing va uning parametrlari fizik mohiyatini tushuntiring.
6. BT invers ish rejimi deb nimaga aytiladi ?
7. Nima uchun UE sxemada ishlayotgan BT baza elektrodidagi kuchlanishni uning kollektoridagi kuchlanishdan avval uzish mumkin emas ?

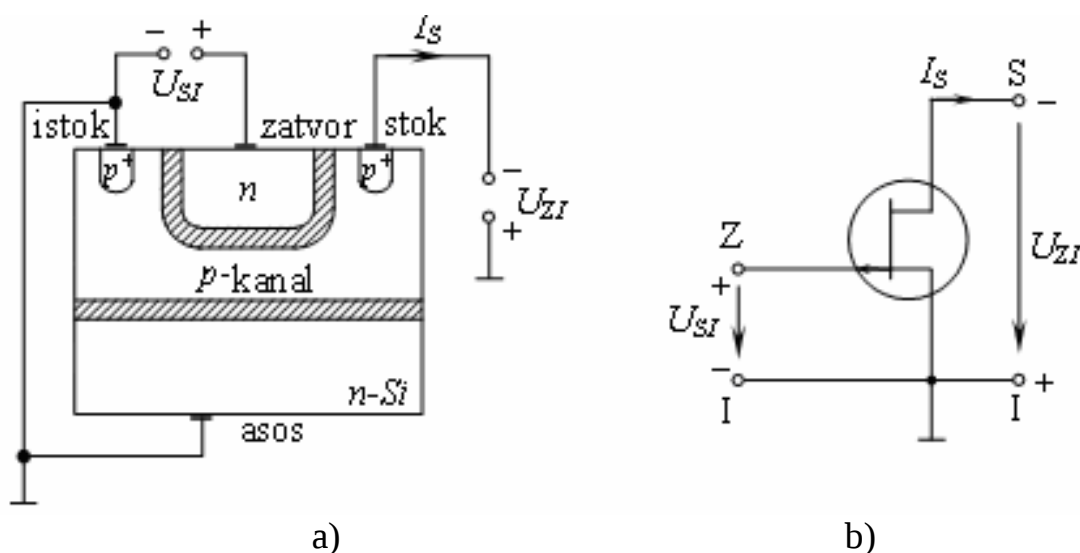
6 - laboratoriya ishi

Maydoniy tranzistor statik xarakteristikalarini tadqiq etish

Ishning maqsadi: Maydoniy tranzistor statik xarakteristikalari va differentsial parametrlarini o'rganish, tranzistor ishiga temperaturaning ta'sirini tadqiq etish.

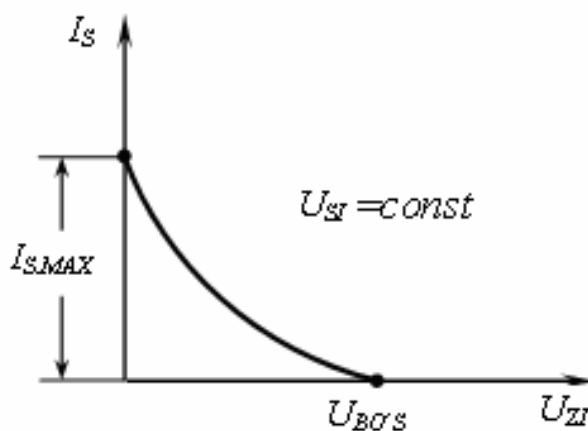
1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik ko'rish:

Laboratoriya ishida tuzilishi va sxemalarda shartli belgilanishi 6.1- rasmda keltirilgani kanali r- turli maydoniy tranzistor tadqiq etiladi.



6.1-rasm

Stok toki zatvorga kuchlanish berish orqali boshqariladi, ya'ni boshqarilayotgan p-n o'tishga teskari kuchlanish $U_{ZI} > 0$ beriladi. U_{ZI} dagi berkitish kuchlanishi ortgan sari hajmiy zaryad sohasining kengligi ortib boradi. Natijada berilgan U_{SI} kuchlanish qiymatida kanal kengligi kichrayadi, uning qarshiligi R_K ortadi, demak stok bilan istok oralig'idagi stok toki I_S kamayadi. 6.2- rasmda boshqarish xarakteristikasi $I_S = f(U_{ZI})$ keltirilgan.



6.2-rasm

Boshqaruvchi p-n o'tishning hajmiy zaryad sohasi va asos bilan kanal orasidagi p-n o'tish birikkandagi (stok toki I_S nolga teng bo'ladigan) zatvor kuchlanishi qiymati bo'sag'aviy kuchlanish $U_{BO'S}$ deb ataladi.

To'yinish rejimida ishlayotgan maydoniy tranzistor boshqaruv xarakteristikasini quyidagi bog'liqlik bilan approksimatsiyalash qulay.

$$I_S = I_{S \max} \left(\frac{1 - U_{ZI}}{U_{BO'S}} \right)^2 \quad (6.1)$$

bu erda maksimal stok toki zatvor – istok kuchlanishi nol $I_{S\max} - U_{ZI} = 0$ ga mos keluvchi boshlang'ich stok toki.

Boshqaruv xarakteristikasidan (6.2- rasm) xarakteristika tikligi aniqlanishi mumkin.

$$S = \left. \frac{dI_S}{dU_{ZI}} \right|_{U_{SI} = \text{const}} .$$

(6.1) approksimatsiyadan foydalanilganda tiklik quyidagicha aniqlanadi:

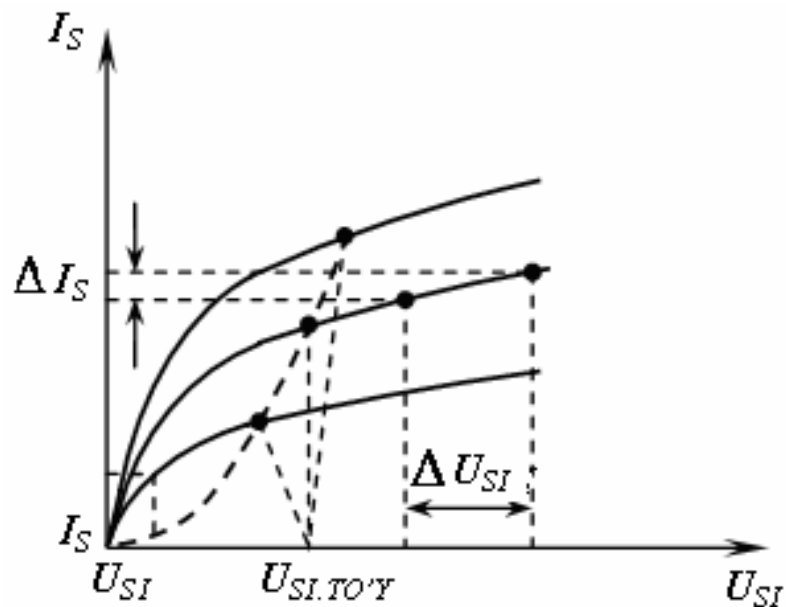
$$S = \frac{2I_{S\max}}{U_{BO'S}} \left(1 - \frac{U_{ZI}}{U_{BO'S}} \right), \quad (6.2)$$

Maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasi 6.3 – rasmda keltirilgan. Xarakteristikaning boshlang'ich sohasi ($U_{SI} < U_{SI\text{ TO'Y}}$) chiziqli rejimga mos keladi. Bu rejimda kanal butun istok-stok oralig'ida mavjud bo'ladi, shuning uchun U_{SI}

ortgan sari, chiziqli qonunga mos ravishda stok toki $I_S = \frac{U_{SI}}{R_K}$ ham ortadi.

$U_{SI} < U_{SI\text{ TO'Y}}$ da tranzistor to'yinish rejimiga o'tadi, bu sohada stok toki I_S stok kuchlanishi U_{SI} ga kuchli bog'liq bo'lmaydi. Ikki rejim chegarasi hisoblangan to'yinish kuchlanishi $U_{SI\text{ TO'Y}}$ zatvordagi kuchlanish U_{ZI} ga bog'liq bo'ladi va quyidagi formuladan aniqlanadi: $U_{SI\text{ TO'Y}} = U_{ZI} - U_{BO'S}$. Chiqish xarakteristikasidan (6.3 - rasm) chiqish qarshiligi aniqlanishi mumkin

$$r_{CHI} = \left. \frac{\Delta U_{SI}}{\Delta I_S} \right|_{U_{SI} = \text{const}}$$



6.3-rasm

Bu kattalik to'yinish rejimida hisoblansa, katta qiymatga ega bo'ladi, shuning uchun tranzistor kuchaytirgich sifatida ishlatilayotganda sxemaning sokinlik nuqtasi shu rejimda tanlanadi. Chiziqli rejimda tranzistor chiqish qarshiligi zatvordagi kuchlanish U_{ZI} ga bog'liq va taxminan tanlangan ishchi nuqtada U_{SI} kuchlanishini I_S tokka nisbati ko'rinishida yoki 6.3 – formuladan aniqlanishi mumkin.

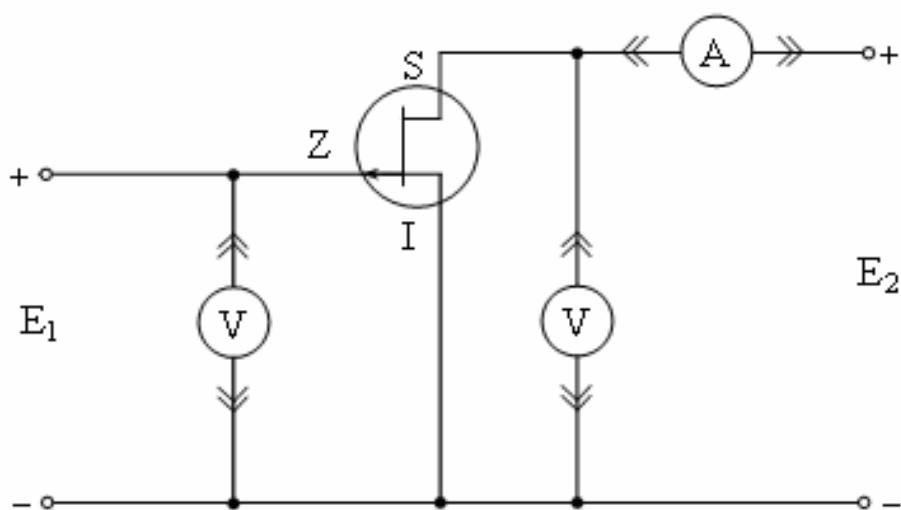
$$R_K = \frac{R_{K0}}{1 - \sqrt{\frac{U_{ZI}}{U_{BO'S}}}}, \quad (6.3)$$

bu erda $R_{K0} = \frac{U_{BO'S}}{3I_{S\max}}$.

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. 6.4- rasmda keltirilgan sxema, o'lchash asboblari o'lchanadigan KP103 maydoniy tranzistor pasport ko'rsatmalari bilan tanishib chiqing. (5- ilovaga qarang)

Sokol rasmini chizib oling va tadqiq etilayotgan tranzistorning chegaraviy parametrlari $U_{SI\cdot CHEG}$, $I_{S\cdot CHEG}$, P_{CHEG} qiymatlarini yozib oling. 6.4 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.



6.4-rasm

2.2. Stok kuchlanishining $U_{SI}=1/3 U_{SI\cdot CHEG}$ va $2/3 U_{SI\cdot CHEG}$ qiymatlari uchun ikkita boshqaruv xarakteristikasini o'lchang ($U_{SI\cdot CHEG}$ qiymati pasport ko'rsatmalaridan olinadi). O'lchash natijalarini 6.1 – jadvalga kiriting va undan foydalanib boshqaruv xarakteristikasini quring. Tajribada U_{ZI} kuchlanish qiymatini 0 dan bo'sag'aviy kuchlanish $U_{BO'S}$ gacha o'zgartiring.

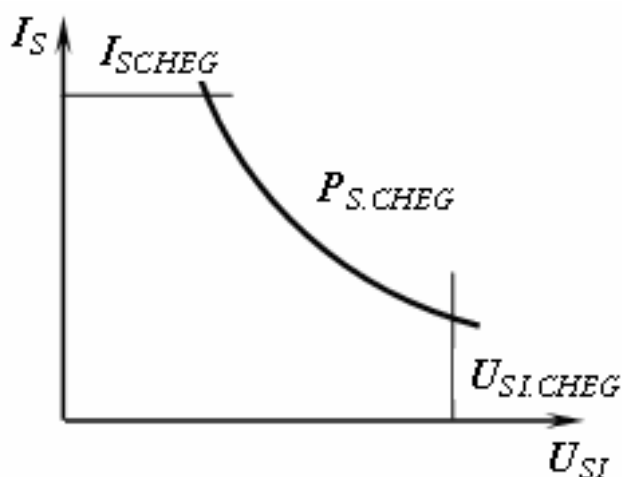
2.3. Zatvordagi kuchlanishning uchta qiymatida ($U_{ZI}=0$; $0,25U_{BO'S}$; $0,5U_{BO'S}$) chiqish xarakteristikalar oilasi $I_S=f(U_{SI})$ ni o'lchang.

Tajriba o'tkazishdan avval $I_S - U_{SI}$ koordinatalar tizimida tranzistorning ruxsat etilgan ishchi rejimi sohalarini belgilab oling. (6.5 - rasm)

6.1 – jadval

U_{ZI}, V	I_S, mA	
	$U_{SI}=1/3 U_{SI.CHEG}$	$U_{SI}=2/3 U_{SI.CHEG}$

Izoh: $R_{S.CHEG}$ chizig'ini qurish uchun U_{SI} kuchlanishining 0 dan $U_{SI.CHEG}$ qiymatlari oralig'ida ixtiyoriy bir nechta qiymatlari tanlanadi va shu nuqtalarda stok toki $I_S=R_{S.CHEG}/U_{SI}$ hisoblanadi.



6.4-rasm

Tajribada olingan nuqtalarni 6.2 – jadvalga kiriting va tayyorlangan grafikda ularni belgilang (6.5 - rasm). Bunda tranzistor uchun ishlash ruxsat etilgan sohadan chiqib ketmaslikka e'tibor bering.

6.2 – jadval

U_{SI}, V	I_S, mA		
	$U_{ZI}=0$	$U_{ZI}=0,25U_{BO'S}$	$U_{ZI}=0,5U_{BO'S}$

2.4. Tranzistor stok tokiga temperaturaning ta'sirini tadqiq etish. Tadqiq etilayotgan tranzistorni termostatga joylashtiring va tegishli temperatura qiymatini o'rnatib, stok kuchlanishning $U_{SI}=1/3U_{SI.CHEG}$ qiymatida va $T=40^{\circ}C$ va $80^{\circ}C$ temperaturalarda ikkita boshqaruv xarakteristikasi $I_S=f(U_{ZI})$ ni o'lchang.

O'lchash natijalarini 6.3 – jadvalga kiriting va ulardan foydalanib $T=40^{\circ}C$ va $80^{\circ}C$ temperaturalardagi ikkita boshqaruv xarakteristikasi $I_S=f(U_{ZI})$ ni quring.

U_{ZI}, V	I_S, mA	
	$T=40^{\circ}C$	$T=80^{\circ}C$

3. Tajribada olingan natijalarni ishlash.

3.1. 2.2. bandda o'lchangan boshqaruv xarakteriskalarini 6.1 – ifoda yordamida approksimatsiyalang. Approksimatsiya natijalarini Qurilgan $I_S=f(U_{ZI})$ grafigida aks ettiring.

3.2. Boshqaruv xarakteristikalaridan foydalanib, tranzistor tikligini $U_{SI}=1/3 U_{SI,CHEG}$ ishchi nuqtada aniqlang

$$S = \left. \frac{\Delta I_S}{\Delta U_{ZI}} \right|_{U_{SI}=const}$$

S qiymatini xuddi shu nuqta uchun 6.2 – formula yordamida ham aniqlang.

3.3. 2.3 – bandda o'lchangan chiqish xarakteristikalar oilasida $U_{SI TO'Y} = U_{ZI} - U_{BO'S}$ oraliqqa mos keluvchi, chiziqli rejim bilan to'yinish rejimi orasidagi chegarani ko'rsating.

3.4. Chiqish xarakteristikalar oilasidan foydalanib, quyidagi ishchi nuqtalar uchun tranzistor chiqish qarshiligini aniqlang:

- to'yinish rejimida ($U_{SI}=1/3U_{SI,CHEG}$, $U_{ZI}=0,25U_{CHEG}$);
- chiziqli rejimda $U_{SI}=0$ va zatvor kuchlanishining uchta qiymatida ($U_{ZI}=0$; $0,25U_{BO'S}$; $0,5U_{BO'S}$).

Hisoblashlar natijalarini 6.4 – jadvalga kiriting va ulardan foydalanib chiziqli rejim uchun r_{CHIQ} ning U_{ZI} ga bog'liqlik grafigini quring.

U_{ZI}, V	R_{CHIQ}, kOM	
	$U_{SI}=1/3U_{SI,CHEG}$	$U_{SI}=0$
$U_{ZI}=0$		
$U_{ZI}=0,25U_{CHEG}$		
$U_{ZI}=0,5U_{CHEG}$		

3.5. 2.4 – bandda o'lchangan boshqaruv xarakteristikalarida, turli temperaturalarda o'lchangan boshqaruv xarakteristikalari kesishadigan termo barqaror nuqtaning I_{ST} va U_{ZIT} koordinatalarini aniqlang.

4. Hisobot mazmuni.

- 1) tadqiq etilayotgan tranzistor pasport ko'rsatmalari;
- 2) o'lchash sxemasi;
- 3) o'lchangan bog'liqliklar jadval va grafiklari;
- 4) boshqaruv xarakteristikasining approksimatsiya, hisoblangan tranzistor xarakteristikasining tikligi S va chiqish xarakteristikalari r_{CHIQ} natijalari.

5. Nazorat savollari.

1. Zatvori p-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorni tasvirlang va ishlash mexanizmini tushuntiring.
2. Maydoniy tranzistor ish rejimlarini aytib bering. Har qaysi rejimda tranzistor zatvori va stoki orasidagi kuchlanish munosabatlari qanday bo'ladi ?
3. Maydoniy tranzistorlarda qanday differentsial parametrlar tizimi qo'llaniladi va nima sababli ?
4. Zatvori p-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasini tasvirlang va tushuntirib bering.
5. Zatvori p-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasini tasvirlang va tushuntirib bering.
6. Turli temperaturalarda o'lchangan zatvori p-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasini tasvirlang. Bu xarakteristikalarda temperaturaga barqaror nuqtalarning mavjudligi nima bilan tushuntiriladi ?

7 - laboratoriya ishi

MDYa tranzistorlarning statik xarakteristikalarini tadqiq etish

Ishning maqsadi: MDYa tranzistorlarni statik rejimda ishlash xossalarini o'rganish.

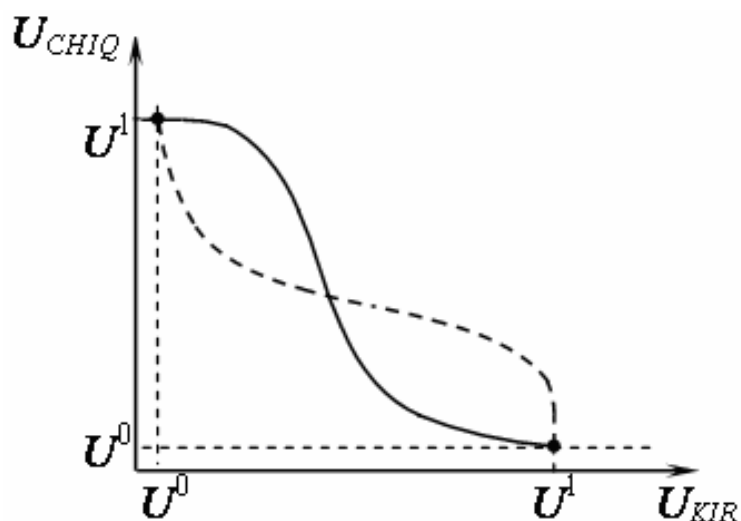
1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik ko'rish:

Bu ishni bajarishda stok toki zanjiridagi qarshilik qiymatining uzatish xarakteristikasi ko'rinishiga ta'sirini o'rganib chiqing. Kvazi chiziqli yuklama sifatida turli maydoniy tranzistorlar qo'llanilganda uzatish xarakteriskalar turlicha bo'lishiga ahamiyat bering.

Mantiqiy signallar sathlarini aniqlashda kalitning uzatish xarakteristikasi $U_{CHIQ}=f(U_{KIR})$ dan foydalanilishiga e'tibor bering. (7.1- rasm)

Mantiqiy nol U^0 hamda mantiqiy bir U^1 sathlar uzatish xarakteristikasi va uning ko'zguli aksi (punktir chiziq) kesishgan nuqtalardan aniqlanadi.

$\Delta U = U^1 - U^0$ mantiqiy signallarning sathlar farqi deb ataladi.

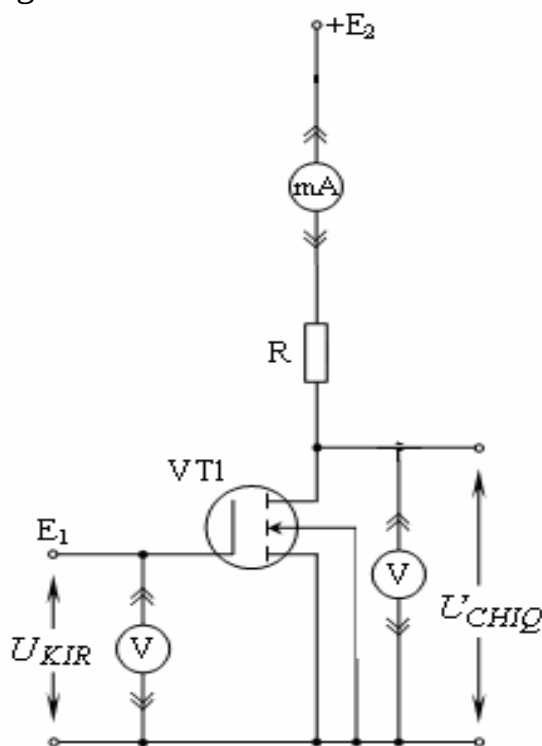


7.1-rasm

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. MDYa tranzistorda yasalgan kalit uzatish xarakteristikasiga yuklama qarshiligining ta'sirini $U_{CHIQ} = f(U_{KIR})$ tadqiq etish.

n- turdagi kanali induktsiyalangan MDYa tranzistorda bajarilgan kalit sxemasi 7.2- rasmda keltirilgan. Sxema $E_2 = 9V$ manbadan ta'minlanadi. Kirish kuchlanishi U_{KIR} roslanuvchi E_1 kuchlanish manbaidan beriladi. Chiqish kuchlanishi U_{CHIQ} va iste'mol qilinayotgan tokni o'lchash uchun raqamli voltmetr va ampermetrlardan foydalaning. VT1 sifatida K176LP1 mikrosxemadagi n-kanalli tranzistorlarning birini oling. Ishlash qulay bo'lishi uchun ilovada keltirilgan mikrosxema printsiptial sxemasini chizib oling va elektrodleri raqamlarini belgilab oling.



7.2-rasm

Tajribani quyidagi tartibda olib borish tavsiya etiladi:

- MDYa tranzistor stok zanjiriga chiziqli rezistor $R=51\text{ k}\Omega$ ni ulang;
- kuchlanish manbai qiymatini $E_2=9\text{ V}$ qilib o'rnatib;
- kirish kuchlanishini 0 dan 9V gacha o'zgartirib borib, $U_{CHIQ}=f(U_{KIR})$ va $I_{IST}=f(U_{KIR})$ bog'liqligini o'lchang;
- qarshilikning $R=10\text{ k}\Omega$ va $3,5\text{ k}\Omega$ qiymatlari uchun o'lchashlarni takrorlang;
- tajriba natijalaridan foydalanib $U_{CHIQ}=f(U_{KIR})$ bog'liqlik grafiklarini quring.

3. Tajribada olingan natijalarni ishlash.

3.1. 2- bandda olingan uzatish xarakteristikalarini quring.

3.2. Har bir kalit uchun mantiqiy signal U^0 va U^1 sathlari va mantiqiy signallar sathlar farqi $\Delta U = U^1 - U^0$ ni aniqlang.

Olingan natijalarni 7.1 – jadvalga kiriting.

7.1 – jadval

Parametr	U^0, V	U^1, V	$\Delta U, \text{V}$	$P_{O'RT}, \text{mB}$
Yuklama turi				
Qarshilikli yuklama				
$R_{YU}=51\text{ k}\Omega$				
$R_{YU}=10\text{ k}\Omega$				
$R_{YU}=3,5\text{ k}\Omega$				

3.3. Mantiqiy nol va mantiqiy bir holatlarida manbadan iste'mol qilinayotgan quvvatning o'rtacha qiymatini aniqlang:

$$P_{O'RT} = \frac{1}{2}(P^0 + P^1); \quad P^{0,1} = I_{IST}^{0,1} E_M$$

4. Hisobot mazmuni.

- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisob natijalarining tahlili.

5. Nazorat savollari.

1. Yuklama sifatida qarshilik ulangan kalit parametrlarining yuklamadagi qarshilik qiymatiga bog'liqligini tushuntiring.
2. Nima sababli KMDYa tranzistorlarda yasalgan kalit statik holatlarda manbadan quvvat iste'mol qilmaydi ?

8 - laboratoriya ishi

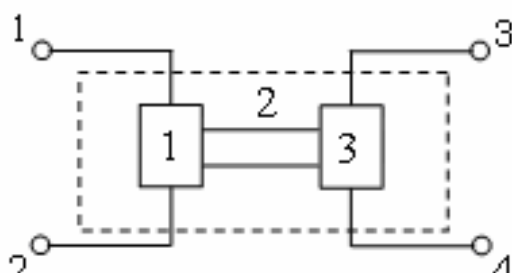
Optronni tadqiq etish

Ishning maqsadi: Optronlar ishlashini va parametrlarini o'lchash uslublarini o'rganish.

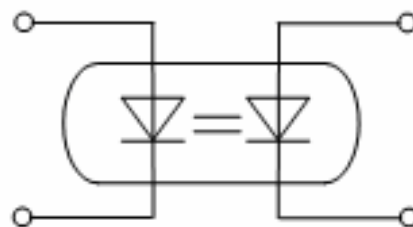
1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik ko'rish:

Optronlar – funksional elektronikaaning zamonaviy yo'nalishlaridan biri – optoelektronikaning asosiy struktura elementi hisoblanadi.

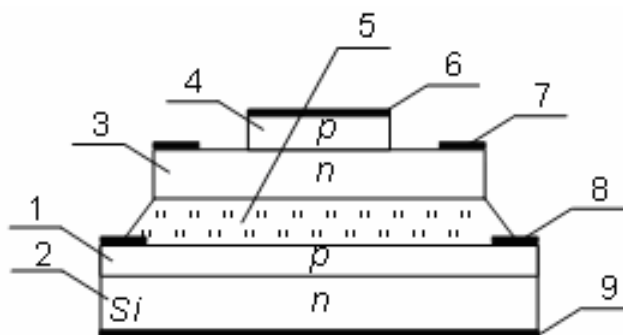
Eng sodda diodli optron (8.1 – rasm) uchta elementdan tashkil topgan: fotonurlatgich 1, nur o'tkazgich 2 va foto qabul qilgich 3 bo'lib, yorug'lik nuri tushmaydigan germetik korpusga joylashtirilgan. Kirishga elektr signali berilsa fotonurlatgich qo'zg'otiladi. Yorug'lik nuri nur o'tkazgich orqali foto qabul qilgichga tushadi va unda chiqish elektr signali yuzaga keladi. Optronning asosiy xususiyati shundaki, undagi elementlar o'zaro nur orqali bog'langan bo'lib, kirish bilan chiqishlar esa elektr jihatdan bir – biridan ajratilgan. Shu xususiyatidan kelib chiqqan holda, yuqori kuchlanishli va past kuchlanishli zanjirlar bir – biri bilan oson muvofiqlashtiriladi. Diodli optronning shartli belgisi 8.2 – rasmda, uning konstruktsiyasi esa 8.3 – rasmda keltirilgan.



8.1-rasm



8.2-rasm



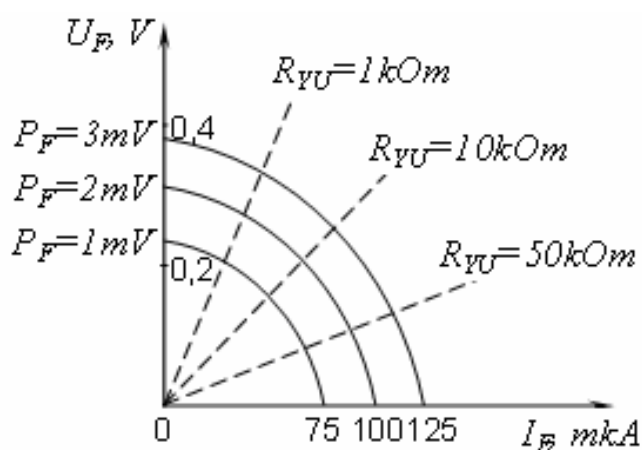
8.3-rasm

1,2 – fotodiodning p va n sohalari; 3,4 – yorug'lik diodining n va p sohalari; 5 – selen shisha asosidagi nur o'tkazgich; 6,7 – yorug'lik diodi kontaktlari; 8,9 – fotodiod kontaktlari.

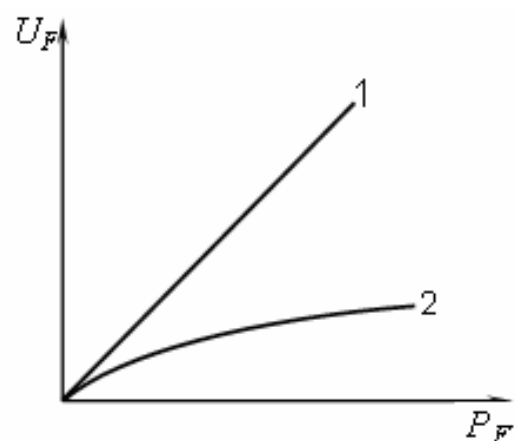
Yorug'lik signallarini elektr signaliga aylantirishda asosan fotodiodlar qo'llaniladi (xuddi shunday fotorezistorlar, fototranzistorlar va fototiristorlar ham).

Fotodiod oddiy n-p o'tish bo'lib, ko'p xollarda kremniy yoki germaniydan yasaladi. Undagi teskari tok yorug'lik nuri tushishi natijasida yuzaga kelayotgan zaryad tashuvchilar generatsiyasi tezligi bilan aniqlanadi. Bu hodisa ichki fotoeffekt deb yuritiladi.

Fotodiodni qo'llash bo'yicha ikkita rejim mavjud: tashqi manbasiz – ventilli yoki fotovoltaik va tashqi manbali – fotodiodili rejim. Tashqi manbasiz yorug'lik nurini elektr energiyasiga aylantiruvchi fotodiodlar ventilli fotoelementlar deb ataladi. Foto elektr yurituvchi kuch U_F ning yuzaga kelishi yorug'lik bilan generatsiyalangan elektron – kovak juftlarining n-p o'tish orqali ajratilishi bilan bog'liq. Foto EYuK U_F kattaligi optik signal darajasi R_F va yuklama qarshiligi qiymatiga bog'liq bo'ladi. Ventilli fotoelementning chiqish xarakteristikasi 8.4 – rasmda keltirilgan.



8.4-rasm



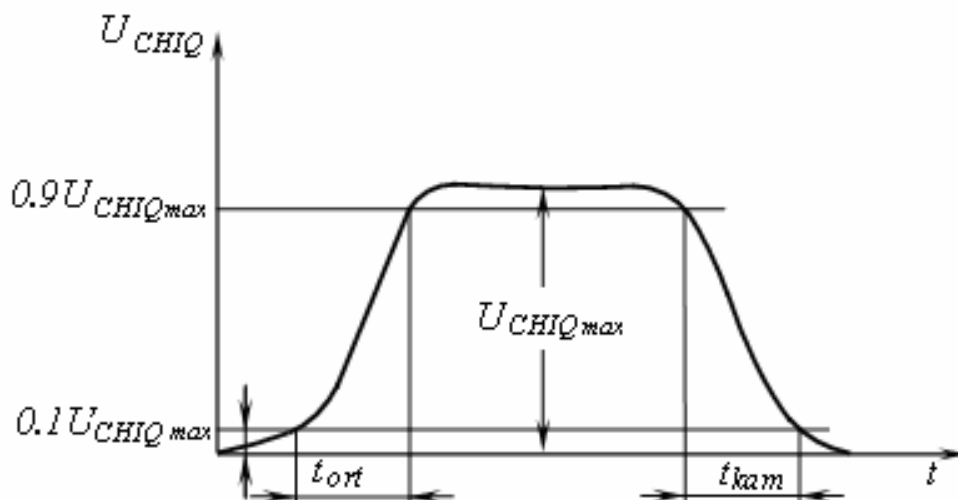
8.5-rasm

Fotodiod rejimida tashqi kuchlanish manbai hisobiga fototok I_F ventil elementning qisqa tutashuv tokiga taxminan teng bo'ladi, fototok hisobiga biror yuklama qarshiligida sodir bo'ladigan kuchlanish pasayishi U_F esa katta bo'ladi. Bir xil yuklama qarshiligi qiymatida signal kuchlanishi U_F ning fotodiod (1) va ventil element (2) uchun optik nurlanish quvvati R_F ga bog'liqliliklari 8.5 – rasmda keltirilgan. Fotoelektr o'zgartishlar samaradorligi volt – vatt $S_U = U_F/R_F$ hamda amper – vatt $S_I = I_F/R_F$ (sezgirlik) bilan ifodalanadi.

Fotodiodlarning afzalligi yana shundaki, yorug'lik xarakteristikalari I_F , $U_F = f(R_F)$ chiziqli ko'rinishga ega, bu esa ularni optik aloqa liniyalarida qo'llash imkoniyatini yaratadi. Ventil elementlar asosan energiya o'zgartgichlar (quyosh batareyalari) sifatida ishlatiladi.

Yorug'lik nuri orqali tokni boshqarishni bipolyar tranzistorlar yordamida ham amalga oshirish mumkin. Ularda baza tokining kuchayishi tufayli, fotodiodlarga nisbatan sezgirlik yuqori bo'ladi. Fototranzistor bazasidagi zaryad tashuvchilarning optik generatsiyasi bazaga tashqi manbadan zaryad tashuvchilar kiritilishiga ekvivalentdir. Natijada, tranzistor fototoki fotodiodga nisbatan β

martaga kuchaytiriladi. Bu erda β -fototranzistor baza tokining statik kuchaytirish koeffitsienti.



8.6-rasm

Optron inertsionligi yorug'lik diodi va nur qabul qilgichdagi jarayonlar bilan bog'liq bo'lib, yordamida aniqlanadi (8.6 - rasm).

Diodli optronning quyidagi asosiy parametrlarini ko'rsatish mumkin:

maksimal kirish toki - $I_{KIR_{max}}$;

maksimal kirish kuchlanishi $U_{kir_{max}}$;

maksimal chiqish teskari kuchlanish $U_{CHIQ_{tesk. max}}$;

berilgan tokka mos keluvchi o'zgarmas kirish kuchlanishi U_{KIR} ;

chiqishdagi teskari qorong'ulik toki $I_{CHIQ_{tesk. Q}}$;

chiqish signalining ortib borish t_{ort} va kamayib borish t_{kam} vaqtlari (berilgan diodli optron chiqishidagi signal o'zining maksimal qiymatidan 0.1-0.9 va 0.9-0.1 oraliqlarda o'zgaradi) (8.6 - rasm);

tok bo'yicha uzatish koeffitsienti K_I – chiqish toki o'zgarishining kirish tokiga nisbati $K_I = (I_{CHIQ} - I_{CHIQ_{tesk. Q}}) / I_{KIR}$.

Laboratoriyada o'lchanadigan diodli optron chegaraviy qiymatlari va chiqishlarining joylashishi ilovada keltirilgan.

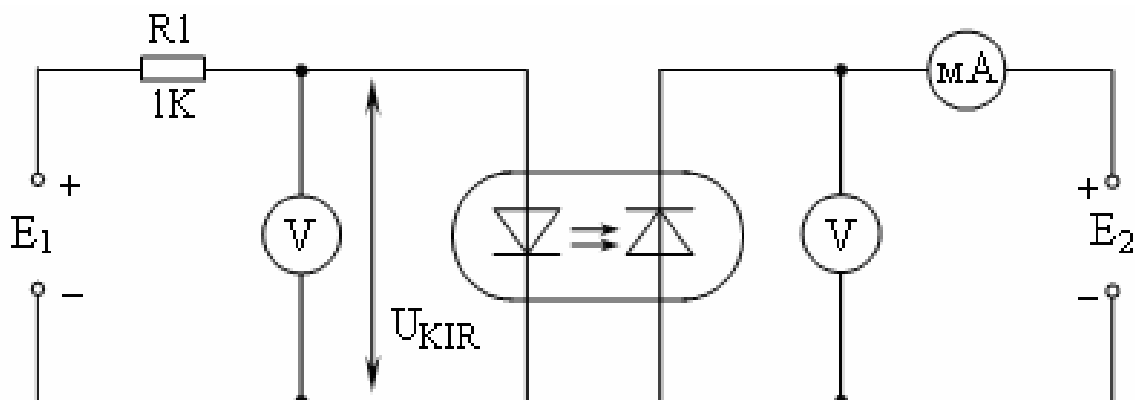
2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

Tadqiq etilayotgan optron printsipial sxemasini va chegaraviy qiymatlarini yozib oling.

2.1. Diodli optron xarakteristikasini tadqiq etish.

2.1.1. 8.7 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing. Manbadan berilayotgan chegaraviy tok qiymatini optron chegaraviy qiymatlariga mos ravishda o'rnatish.

2.1.2. E_1 ni o'zgartirib borib, optronning kirish xarakteristikasi $I_{KIR}=f(U_{KIR})$ ni o'lchang. Yorug'lik diodi kirishidagi qarshilik R_1 dan ancha kichik bo'lganligi sababli, kirish qarshiligini $I_{KIR}=E_1/R_1$ deb oling.



8.7-rasm

O'lchash natijalarini 8.1 – jadvalga kiriting.

8.1 – jadval

E_1, V	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR}=E_1/R_1, mA$	

2.1.3. $E_2=0$ deb oling. E_1 ni o'zgartirib borib, fotovoltaik rejim uchun optron uzatish xarakteristikasini $I_{CHIQ}=f(I_{KIR})$ o'lchang.

O'lchash natijalarini 8.2 – jadvalga kiriting.

8.2 – jadval

E_1, V	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR}=E_1/R_1, mA$	

2.1.4. $E_2=5 V$ o'rnatib. 2.1.3 – banddagi o'lchashlarni fotodiodli rejim uchun takrorlang. o'lchash natijalarini 8.2 – jadvalga o'xshab, 8.3 – jadvalga kiriting.

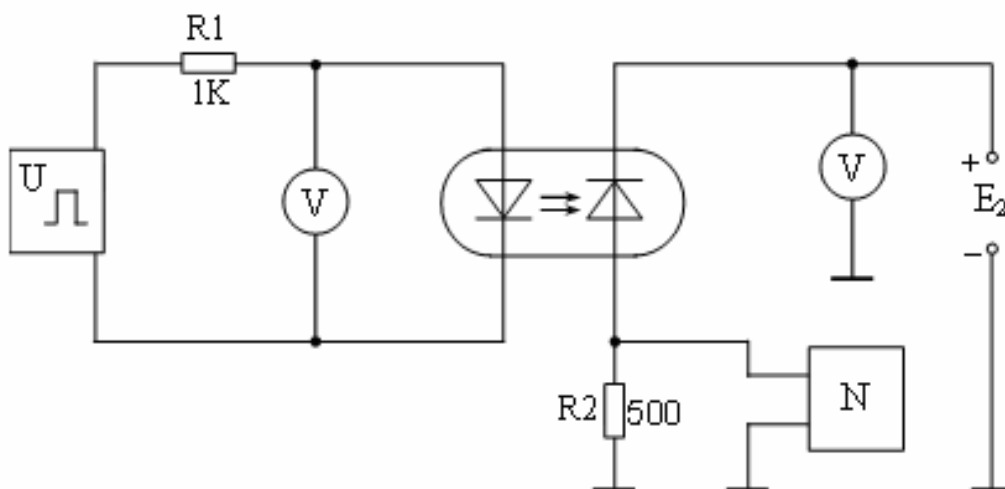
8.3 – jadval

E_1, V	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR}=E_1/R_1, mA$	

2.1.5. Optron chiqishidagi signalning ortib borish t_{ort} va kamayib borish t_{kam} vaqtlarini o'lchang.

8.8 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing, yorug'lik diodi zanjiriga impuls generatorini ulang. Genrator chiqishida amplitudasi 5V va chastotasi 1kGs bo'lgan impulsni o'rning. R2 qarshilikka 1:10 kuchlanish bo'luvchisi orqali ostsilograf ulang. (Ostsilografning boshqa kanalidan generator chiqishidagi impuls amplitudasini o'lchash uchun foydalaning). $E_2=5$ V o'rning va chiqish toki ostsilogrammasidan signalning ortib borish t_{ort} va kamayib borish t_{kam} vaqtlarini o'lchang.

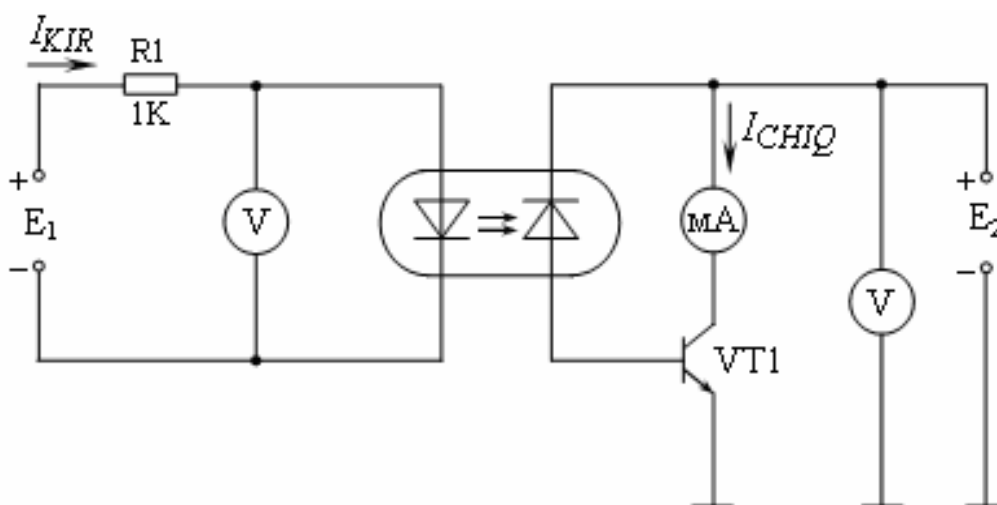
$E_2=0$ ni o'rning va fotovoltaik rejim uchun vaqt o'lchovlarini takrorlang.



8.8-rasm

2.2. Tranzistorli optron xarakteristikalarini tadqiq etish.

8.9 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing, $E_2=5$ V o'rning.



8.9-rasm

(Bu sxemada optron fotodiodi va tashqi tranzistor fototranzistorni imitatsiya qiladi).

E_1 ni o'zgartirib borib, $I_{KIR}=E_1/R_1$ va $I_{CHIQ}=I_K$ deb olib, tranzistorli optron uzatish xarakteristikasi $I_{CHIQ}=f(I_{KIR})$ ni o'lchang. O'lchash natijalarini 8.2, 8.3 jadvallarga o'xshash tarzda 8.4 – jadvalga kiriting.

8.4 – jadval

E_1, V	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR}=E_1/R_1, mA$	

3. Tajribada olingan natijalarni ishlash.

3.1. Optron kirish xarakteristikasini quring va $I_{KIR}=10$ mA qiymatiga mos keluvchi kirish kuchlanishi U_{KIR} qiymatini aniqlang.

3.2. Diodli va fotovoltaik rejimlar uchun optron uzatish xarakteristikalarini quring va $I_{KIR}=10$ mA qiymatida tok bo'yicha uzatish koefitsientini K_I aniqlang.

3.3. Diodli optronda signal tarqalishining o'rtacha kechikish vaqtini hisoblab toping.

$$t_{o'rt.kech} = \frac{1}{2} \left(\frac{t_{ort}}{2} + \frac{t_{kam}}{2} \right)$$

3.4. Tranzistorli optron uzatish xarakteristikasini quring va $I_{KIR}=10$ mA qiymatida tok bo'yicha uzatish koefitsientini K_I aniqlang.

4. Hisobot mazmuni.

- 1) tadqiq etilayotgan optron chegaraviy qiymatlari va printsipl sxemasi;
- 2) o'lchash sxemalari;
- 3) o'lchangan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 4) hisoblab topilgan parametrlar;
- 5) tok va kuchlanish ostsilogrammalari.

5. Nazorat savollari.

1. Ichki fotoeffekt deb qanday hodisaga aytiladi ?
2. Diod fototoki hosil bo'lish jarayonini tushuntirib bering. Bu jarayonni qaysi parametr izohlab beradi ?
3. Nima sababli fototranzistor sezgirligi fotodiod sezgirligidan yuqori?
4. Fotodiod inertsionligi sababi nima ?
5. Fototranzistor inertsionligiga sabab nimada ?
6. Yorug'lik diodi ishlash printsiplini tushuntirib bering.
7. Nima uchun optronlar elektr zanjirlarni ajratishda qo'llaniladi ?

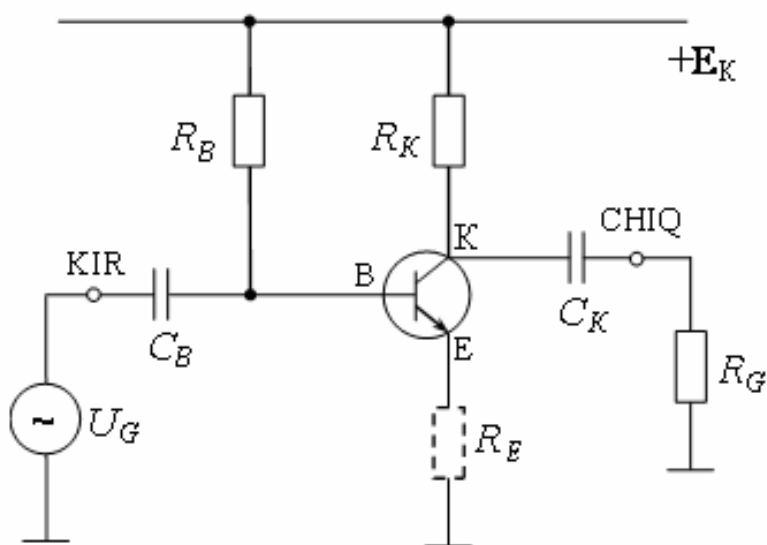
9 - laboratoriya ishi

BT asosida yaratilgan kuchaytirgich bosqichini tadqiq etish

Ishning maqsadi: Umumiy emitter sxemasida ulangan bipolyar tranzistorda yasalgan sodda kuchaytirgich bosqichi parametrlarini o'lchash.

1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik ko'rish:

Ishda 9.1- rasmda ko'rsatilgan, umumiy emitter sxemada ulangan bipolyar tranzistorda yasalgan sodda kuchaytirgich bosqichi parametrlari o'lchanadi.



9.1-rasm

Tranzistor aktiv rejimda ishlaydi. R_B va R_K rezistorlar o'zgarmas tok bo'yicha ish rejimini ta'minlaydilar. Bu vaqtda R_B yordamida baza tokining o'zgarmas tashkil etuvchisi o'rantiadi.

$$I_B(0) = \frac{E_K - U_{BE}(0)}{R_B} \approx \frac{E_K}{R_B}, \quad (9.1)$$

demak, kollektor toki ham

$$I_K(0) = b \cdot I_B(0) + I_{KEO} \approx b \cdot I_B(0), \quad (9.2)$$

R_K rezistor kollektor toki o'zgaruvchan tashkil etuvchisini kuchlanish manbai orqali qisqa tutashuvdan himoya qiladi. $R_K \gg R_{YU}$ bo'lishi tavsiya etiladi. Bir vaqtning o'zida R_K kattaligi kollektordagi kuchlanish o'zgarmas tashkil etuvchisiga ta'sir ko'rsatadi, chunki

$$U_{KE}(0) = E_K - I_K(0)R_K. \quad (9.3)$$

Berilgan E_K va R_K qiymatlarida o'zgarmas tok bo'yicha tranzistor ishchi nuqtasi ikkita parametr bilan emas, balki bitta parametr $I_B(0)$ yoki $I_K(0)$ yoki $U_{KE}(0)$ orqali beriladi. O'lchashda $U_{KE}(0)$ dan foydalangan qulay.

Signal manbai U_G va yuklama o'zgarmas tok rejimida tranzistorga ta'sir ko'rsatmasligi uchun, $U_{BE}(0)$ ishchi diapazonda kichik qarshiliklarga ega bo'lgan bo'luvchi kondensatorlar C_B va C_K ulanishi kerak.

Kuchaytirgich bosqichi asosiy parametrlarini hisoblash uchun quyidagi formulalardan foydalanish mumkin:

$$\begin{cases} R_{KIR} = r'_B + h_{21E} r_E \\ K_U = -h_{21E} \frac{R_{YU}}{R_{KIR}} \\ K_1 \approx h_{21E} \\ R_{CHIQ} \approx R_K \end{cases}; \quad (9.4)$$

Bu erda $R_{YUE} \approx \frac{R_K R_{YU}}{R_K + R_{YU}}; r_E = \frac{u_G}{I_E(0)} \approx \frac{26mV}{I_K(0)}.$

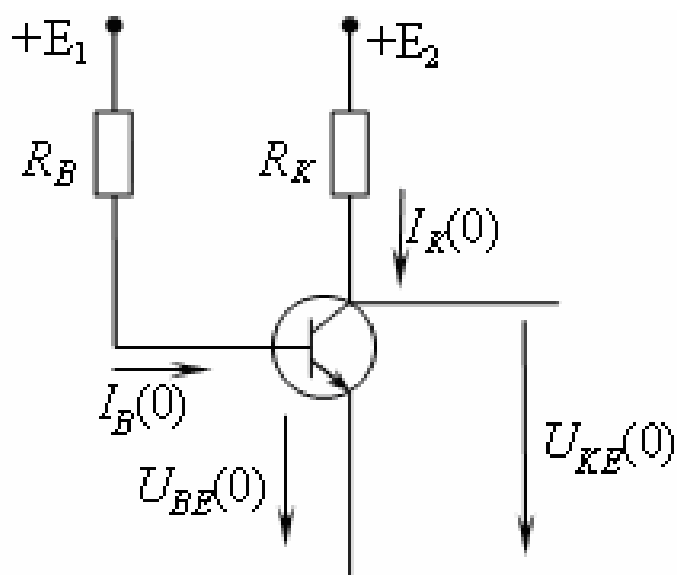
Emitter zanjirida manfiy teskari aloqa yuzaga keltiruvchi R_E rezistor mavjud bo'lganda

$$\begin{cases} R_{KIR.TA} \cong h_{21E} R_E \\ K_{U.TA} \approx \frac{R_{YU}}{R_E} \end{cases}; \quad (9.5)$$

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. O'zgarmas tok bo'yicha tranzistor rejimini o'rnatish.

2.1.1. 9.2 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing (bu 9.1 – rasmda keltirilgan kuchaytirgich bosqichi sxemasining tranzistor ishchi nuqtasini aniqlovchi qismi).



9.2-rasm

$$E_2 = 10V$$

$$R_K = 3,3k$$

$$R_B = 10-56k \text{ o'rnatilgan.}$$

O'zgarish $U_{BE}(0)$, $U_{KE}(0)$ kuchlanishlarni o'lchash uchun voltmترلarni ulang.

2.1.2. E_1 kattalikni o'zgartirib borib, $U_{KE}(0) = \frac{E_2}{2} = 5V$ (*) bo'lgan hol uchun tranzistort ishchi nuqtasini tanlang.

$U_{BE}(0)$ kuchlanishni o'lchang va o'zgarish tashkil etuvchilarini aniqlang.

Baza toki

$$I_B(0) = \frac{E_1 - U_{BE}(0)}{R_B} \quad (9.6)$$

kollektor toki

$$I_K(0) = \frac{E_2 - U_{KE}(0)}{R_K} \quad (9.7)$$

O'lchash va hisob natijalarini 9.1 – jadvalga kiriting.

(*) Real sxemalarda $E_1 = E_2$ qilib hamda mos R_B kattaliklari tanlanadi va baza tokini statik uzatish koeffitsienti

$$b = \frac{I_K(0)}{I_B(0)} \quad (9.8)$$

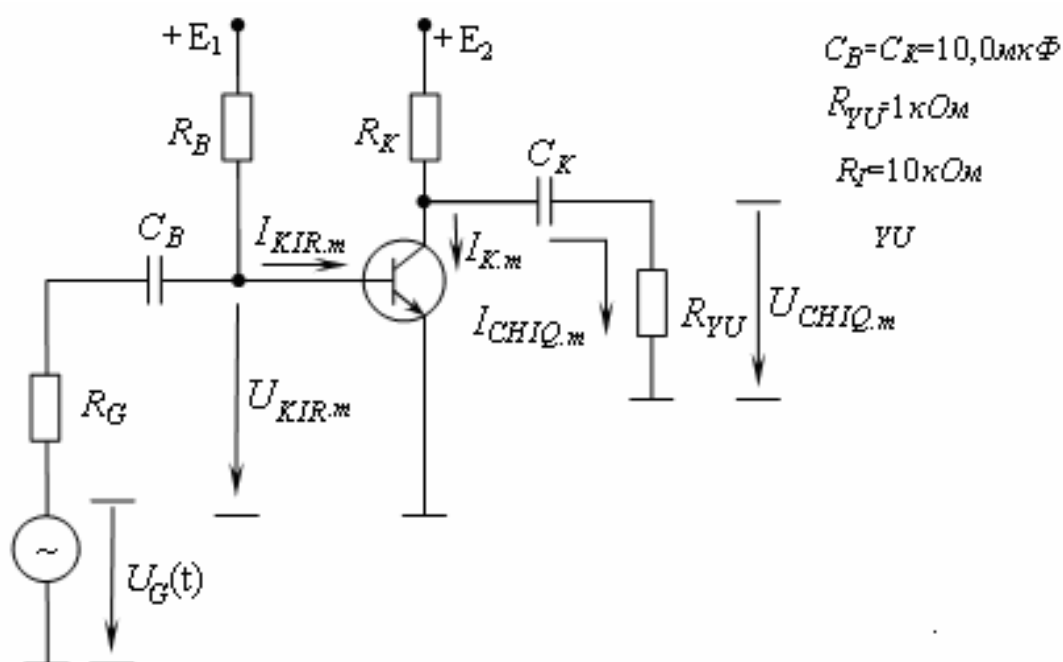
2.1.3. 2.1.2- banddagi o'lchash va hisoblarni boshqa ikkita ishchi nuqta uchun takrorlang ($U_{KE}(0) = 0,25E2$ va $U_{KE}(0) = 0,75E2$).

9.1 - jadval

$U_{KE}(0), V$	2,5	5	7,5	Formula
E_1				
$U_{BE}(0), V$				
$I_B(0), mA$				3.6
$I_K(0), mA$				3.7
β				3.8

2.2. Kuchaytirgich bosqichi asosiy parametrlarini o'lchash.

2.2.1. 9.3 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing (oldingi bandda yig'ilgan sxemani to'ldiring).



9.3-rasm

2.2.2. $U_{KE}(0) = 0,5E2$ ishchi nuqtani o'rnatish (2.1.2 – bandga qarang).

2.2.3. Voltmetrlarni o'zgaruvchan kuchlanishlarni o'lchash rejimiga o'tkazish. Sxema kirishi va chiqishiga ostsilograf ulash. Signal generatoridan $f=1000Gs$ chastota va U_{gm} amplitudaga ega bo'lgan shunday sinusoidal kuchlanish berilgani,

sxemaning chiqishida amplitudasi $U_{CHIQ.m}=U_{KEm}=1-2$ V ga teng bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanish hosil bo'lsin.

Ostsiolograf yordamida signal buzilishlari yo'qligiga ishonch hosil qiling. Kuchaytirgich kaskadi chiqishidagi kuchlanish fazasi kirishga nisbatan inverlanayotganligiga ishonch hosil qiling. Kirishdagi o'zgaruvchan kuchlanish $U_{KIR.m}=U_{BEm}$, chiqishdagi o'zgaruvchan kuchlanish $U_{CHIQ.m}=U_{KEm}$ va U_{Gm} (voltmetrni qayta ulab) generator chiqishidagi U_{Gm} kuchlanish amplitudalarini o'lchang.

O'lchash natijalarini 9.2 – jadvalga kiriting.

2.2.4. O'zgaruvchan tashkil etuvchilarning amplitudalarini hisoblang.

Kirish toki

$$I_{Bm} = I_{KIRm} = \frac{U_{Gm} - U_{BEm}}{R_G} \approx \frac{U_{Gm}}{R_G}, \quad (9.9)$$

va chiqish toki

$$I_{CHIQ.m} = \frac{U_{KEm}}{R_{YU}}, \quad (9.10)$$

Hamda kollektor toki o'zgaruvchan tashkil etuvchisi

$$I_{\kappa.m} = \frac{U_{KEm}}{R_{YU}}. \quad (9.11)$$

O'lchashlar asosida kuchaytirish koeffitsientlari qiymatlarini hisoblang. Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti

$$K_U = \frac{U_{KEm}}{U_{BEm}}, \quad (9.12)$$

tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti

$$K_I = \frac{I_{CHIQ.m}}{I_{KIR.m}}, \quad (9.13)$$

kirish qarshiligi

$$R_{KIR} = \frac{U_{KIR.m}}{I_{KIR.m}}, \quad (9.14)$$

va baza tokining uzatish differentsial koeffitsienti

$$h_{21E} = \frac{I_{Km}}{I_{Bm}}. \quad (9.15)$$

Natijalarni 9.2 – jadvalga kiriting.

2.2.5. O'lchangan baza tokining uzatish differentsial koeffitsienti h_{21E} uchun kuchlanish bo'yicha nazariy kuchaytirish koeffitsienti (9.2) va kirish qarshiligi (9.1) qiymatlarini hisoblang va 9.2 – jadvalga kiriting ($r'_B = 100 \text{ Om}$ deb oling).

9.2 – jadval

$U_{KE}(0), V$	$0,25$ E_2	$0,5$ E_2	$0,75$ E_2	Formula
U_{Gm}				
$U_{KIR..m}$				
$U_{CHIQ..m}$				
$I_{KIR..m}$				9.9
$I_{CHIQ..m}$				9.10
$I_{K.m}$				9.11
K_I				9.13
h_{21E}				9.15
R_{KIR}, kOM				o'lchangan 9.14
				hisoblangan 9.4
K_U				o'lchangan 9.12
				hisoblangan 9.2

2.2.6. 2.2.2-2.2.5 bandlarda bajarilgan o'lchash va hisoblarni boshqa ikkita ishchi nuqta ($U_{KE}(0) = 0,25E_2$ va $U_{KE}(0) = 0,75E_2$) uchun takrorlang.

2.2.7. Uch nuqta yordamida bog'liqlik grafiklarini quring

2.2.8.

$$b \text{ va } h_{21E} = f(I_K(0))$$

Nazariy va tajribada o'lchangan

$$R_{KIR} = f(I_K(0))$$

$$K_U = f(I_K(0))$$

$$K_I = f(I_K(0))$$

bog'liqliklarni quring

$U_{KE}(0)$ kuchlanishga mos keluvchi $I_K(0)$ qiymatni 9.1 – jadvaldan oling.

2.3. Kuchaytirgich bosoichi ishiga tashqi yuklama ta'sirini tahlil qilish.

9.2 va 9.4 formulalardan foydalanib $R_{YU} = 0,1; 1; 3,3; 4,7; 10 \text{ kOm}$ qiymatlar uchun bog'liqlikni quring.

3. Hisobot mazmuni:

- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisoblash natijalarining tahlili.

4. Nazorat savollari.

1. BTli sodda kuchaytirgich bosqichi ishlash printsipini tushuntiring.
2. BTli sodda kuchaytirgich bosqichi ishchi nuqtasini qaysi parametrlar belgilaydi?
3. Kuchaytirgich differentsial parametrlarini keltiring. Bu parametrlar tajribada qanday o'lchanadi ?
4. Past chastotalarda sodda kuchaytirgich bosqichi kirish va chiqish qarshiliklari sxemaning qaysi parametrlariga bog'liq ?
5. BTli sodda kuchaytirgich bosqichining tok, kuchlanish va quvvat bo'yicha kuchaytirish koeffitsientlari nimalarga bog'liq ?
6. Nima sababli BTli sodda kuchaytirgich bosqichi sxemasida emitter zanjiriga R_E rezistor ulanadi ?

ILOVA

tadqiq etiladigan elektron asboblari haqidagi ma'lumotlar

I1. To'g'rilovchi, impulsli va yuqori chastota diodlari

Diod turi	Tuzilishi	$I_{to'g', cheq},$ mA	$U_{tesk cheq},$ V	$f_{max},$ kGs	$t_{tikl},$ mks
D2 E	Ge, nuqtaviy	16	50		3
D2 Ж	Ge, nuqtaviy	8	150		3
D7 Г	Ge, qotishmali	300	200	2,4	
D7 Ж	Ge, qotishmali	300	400	2,4	
D9 E	Ge, nuqtaviy	20	30		3
D104	Si, mikroqotishmali	30	100	150	0,5
D226	Si, qotishmali	300	200	1,0	
KD503 A	Si, planar -epitaksial	20	30		0,01
D312	Ge, diffuzion	50	75		0,7

I2. Stabilizatorlar va stabistorlar

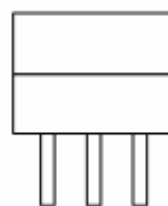
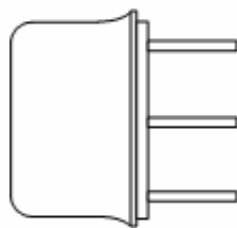
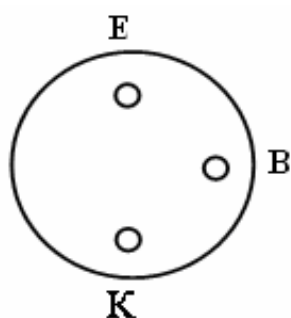
Diod turi	Tuzilishi	$U_{ST},$ B	$I_{st min},$ mA	$I_{st max},$ mA	$r_D,$ Om
D814 Б	Si, qotishmali	8...9,5	3	36	10
D814 D	Si, qotishmali	11,5... 14,0	3	24	18
KC156 T	Si, diffuzion - qotishmali	5,6	1	22,4	100
D219 C	Si, mikroqotishmali stabistor	0,57	1	50	
KC113 A	Si, diffuzion - qotishmali stabistor	1,17... 1,8	1	100	80

I3. Bipolyar tranzistorlar

Tranz. turi	Tuzilishi	h_{21E}	$f_{h21E}(f_T),$ MGs	$I_{k, cheq},$ mA	$U_{k, cheq},$ V	$P_{k, cheq},$ mVt	$t_k,$ mks	C_k (10V), pF
МП37Б	n-p-n, Ge, qotishmali	20- 50	1,0	20	15	150		40
МП39Б	p-n-p, Ge, qotishmali	20- 50	0,5 1,5	20	20	150		40
KT315Б	n-p-n, Si, planar - epitaksial	50- 350	(250)	100	20	150	0,5	7
KT361Б	p-n-p, Si, planar - epitaksial	50- 350	(250)	50	20	150	0,5	9

(TP 2) MP 37, MP 39

(TP 27) KT 315, KT 361



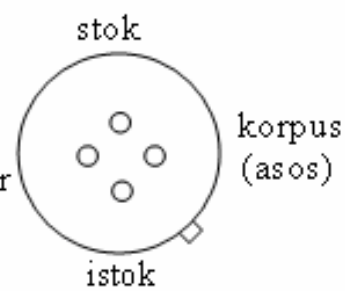
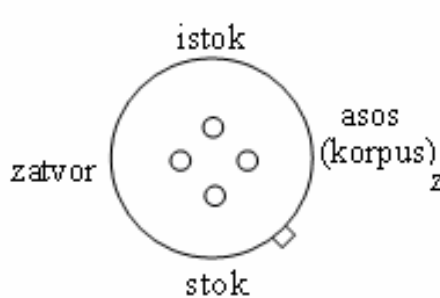
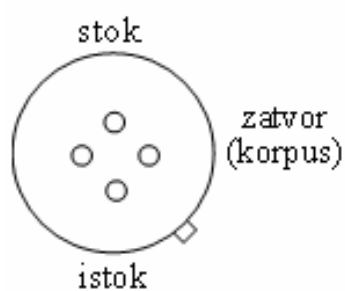
I4. Maydoniy tranzistorlar

Tranz. turi	Tuzilishi	$I_{s.cheg}$ ($I_{s.bosh.}$)	U_{si} $cheg$, V	P_{scheg} , mVt	C_{zi} , pF	C_{zs} , pF	C_{si} , pF	r_k , Om	U_{berk} , V
KП103И	n-p o'tishli p- kanalli	(0,8-1,8)	12	21	20	8	-	30	0,8-3
KП103E	n-p o'tishli p- kanalli	(0,4-1,5)	10	7	20	8	-	50	0,4-1,5
KП103M	n-p o'tishli p- kanalli	(5-7,5)	10	120	20	8	-	60	3-5
KП301Б	p- MDYa, kanali indutsiyalangan	15	20	200	3,5	1	3,5	100	-4
KП305Д	n- MDYa, kanali qurilgan	15	15	150	5	0,8	5	80	-6

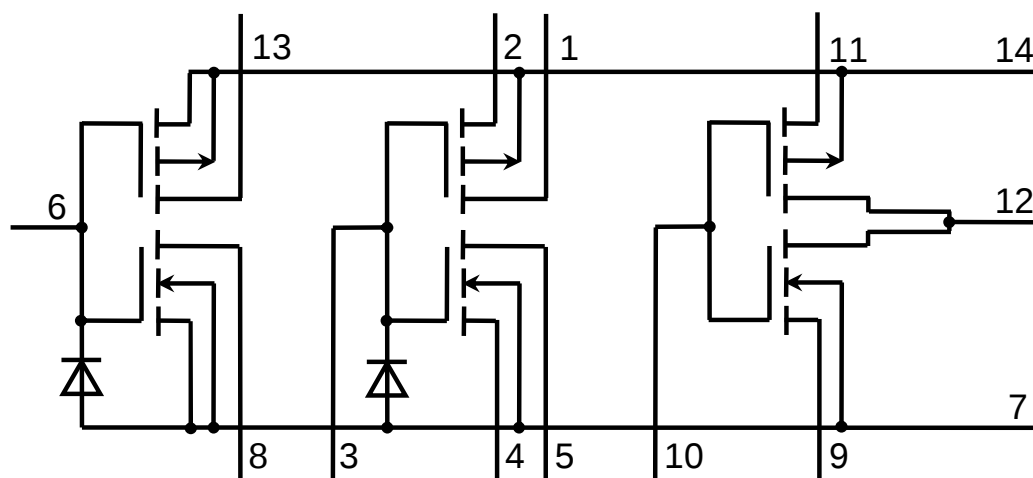
(TR 67) KP 103

(TR 69) KP 305

(TR 71) KP 301



K176LP1 KMDYa tuzilishli universal mantiqiy element (mos keluvchi kommutatsiyada uchta EMAS elementi, katta tarmoqlanish koeffitsientiga ega bo'lgan EMAS elementi, 3HAM-EMAS elementi, 3YoKI-EMAS elementi va triggerli yacheyka sifatida qo'llanilishi mumkin).



Asosiy elektr parametrlari

- kuchlanish manbai $U_m = 9V \pm 5\%$,
- mantiqiy signal sathlari $U_{CHIQ}^0 \leq 0,3V$; $U_{CHIQ}^1 \geq 8,2V$;
- iste'mol qilinayotgan tok: 0,3 mA dan katta emas;
- signal tarqalishining o'rtacha kechikish vaqti ≤ 200 ns
- ishlash qobiliyati manba kuchlanishi 5Vgacha pasayguncha saqlanadi.
- kirish signallarining ruxsat etilgan diapazoni (0dan U_m gacha).

ADABIYOTLAR

1. A.G. Morozov. Elektrotexnika, elektronika i impulsnaya texnika. – M.: Vo'sshaya shkola, 1987.
2. A.G, Aleksenko, I.I. Shagurin. Mikrosxemotexnika. – M.: Radio i svyaz, 1990.
3. D.V. Igumnov, G.V. Korolev, I.S. Gromov. Osnovo' mikroelektroniki. – M.: Vo'sshaya shkola, 1991.
4. Yu.F. Opadchiy, O.P. Gludkin, A.I. Gurov. Analogovaya i tsifrovaya elektronika. – M.: Goryachaya liniya – Telekom, 2003.
5. Stepanenko I.P. Osnovo' mikroelektroniki: Uchebnoe posobie dlya vuzov. – 2-e izd., pererab. i dop.- M.: Laboratoriya Bazovo'x Znaniy, 2001.
6. Yu.L. Bobrovskiy, S.A. Kornilov, I.A. Kratirov i dr.; Pod red. prof. N.F. Fedorova. Elektronno'e, kvantovo'e priboro' i mikroelektronika: Uchebnoe posobie dlya vuzov.- M.: Radio i svyaz, 2002.
7. Osnovo' elektroniki: Uchebnoe posobie G' X.K. Aripov, A.M. Abdullaev, N.B. Alimova; – Tashkent: IPTD im. Chulpana, 2007. – 136 s.

MUNDARIJA

1. O'lchash praktikumi.....	3
2. YarimO'tkazgichli germaniy va kremniy diodlari parametrlari va xarakteristikalarini tadqiq etish.....	7
3. Stabilitron xarakteristikasi va parametrlarini tadqiq etish.....	12
4. UB ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini tadqiq etish.....	15
5. UE ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini tadqiq etish.....	19
6. MT statik xarakteristikalarini tadqiq etish.....	24
7. MDYa tranzistorlarning statik xarakteristikalarini tadqiq etish.....	30
8. Optronni tadqiq etish.....	33
9. BT asosida yaratilgan kuchaytirgich bosqichini tadqiq etish.....	39
Ilova.....	46
Adabiyotlar	49

O'quv nashri
2008-2009 o'quv yili

Xayrulla Kabilovich Aripov
Nodira Batirdjanovna Alimova
Xabibulla Xamidovich Bustanov
Jamila Mirxoshimovna Mirxabibova
Muxabbat Raxmatovna Alimova

ELEKTRONIKA

5522200 “Telekommunikatsiya”
5522100 “Televidenie, radioaloqa va radioeshittirish”
5522000 “Radiotexnika”
yo'nalishlarida ta'lim olayotgan bakalavrlar uchun

laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatmalar

Nashrga ruxsat berildi 2008 y. 12.09
Ofset qog'ozi. Buyurtma № 125. Bosma.
Tiraj 150 nusxa

Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
(TATU Ilmiy – uslubiy kengashining
2008 yil 22 maydagi № 9 - sonli bayonnomasi)
tomonidan nashrga tavsiya etilgan

Ma'sul muxarrir: X.K. Aripov

Musaxxix: X.X. Bustanov