

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**ELEKTROTEXNIKA
VA
ELEKTRONIKA**

laboratoriya ishlari uchun
USLUBIY KO‘RSATMALAR

TOSHKENT 2019

Elektrotexnika va elektronika fani bo'yicha laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatmalar. Tuzuvchilar: Abdullayev M.M., Alimova N.B.-T.: ToshDTU, 20189, 78 b.

Mazkur uslubiy ko'rsatmalarda "Elektrotexnika va elektronika" fani bo'yicha laboratoriya ishlarini bajarish uslubiyati keltirilgan bo'lib, keng tarqalgan radiokomponentlar, elektron va yarimo'tkazgich asboblari, analog va raqamli integral mikrosxemalarning xarakteristika va parametrlari tajriba ma'lumotlari asosida aniqlash usullari berilgan.

Uslubiy ko'rsatmalar "5312600 – Mexatronika va robototexnika" ta'limi yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan va turdosh yo'nalish talabalari uchun ham ahamiyatli bo'lishi mumkin.

Uslubiy ko'rsatmalar Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar:

Aripov X.K. - TATU, Elektronika va radiotexnika kafedrası
professori, f.-m.f.d.

Nazarov X.N. - ToshDTU, Mexatronika va robototexnika kafedrası
dotsenti, t.f.n.

1-laboratoriya ishi

Om qonunini tajribada tasdiqlash

Ishning maqsadi: Om qonunini tajribada tadqiq etish.

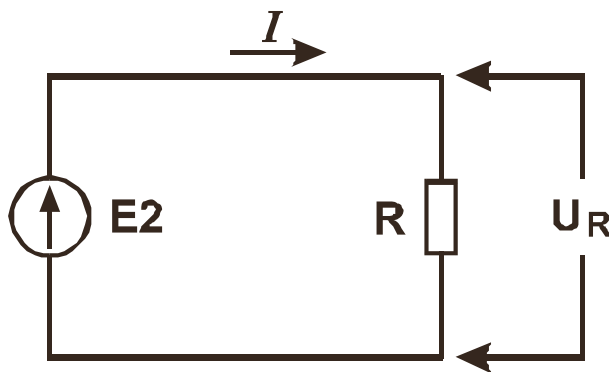
Umumiy ma'lumotlar:

Om qonuniga ko'ra elektr zanjirdagi tok zanjir qismidagi kuchlanishning shu qismdagi elektr qarshilikka nisbatiga teng:

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

Hisoblash qismi

1.1-rasmda keltirilgan sxemadagi R rezistordan oqib o'tayotgan tok qiymatini hisoblang.



1.1-rasm. Elektr zanjir qismidagi tok va kuchlanish

Hisoblashlarni qarshilikning uchta qiymati: $R=70\text{ Ohm}$, $R=100\text{ Ohm}$ va $R=200\text{ Ohm}$ hamda kuchlanish manbaining beshta qiymati: $E2=2\text{V}$, $E2=4\text{V}$, $E2=6\text{V}$, $E2=8\text{V}$ va $E2=10\text{V}$ uchun bajaring.

Hisoblash natijalarini 1.1,1.2 va 1.3-jadvallarga kiriting.

1.1-jadval

$R = 70\text{ Ohm}$ rezistordan o'tayotgan tokning hisobiy qiymati

U_R, V	2	4	6	8	10
I, mA					

1.2-jadval

$R = 100\text{ Ohm}$ rezistordan o'tayotgan tokning hisobiy qiymati

U_R, V	2	4	6	8	10
I, mA					

$R = 200 \text{ Om}$ rezistordan o'tayotgan tokning hisobiy qiymati

$U_R, \text{ V}$	2	4	6	8	10
$I, \text{ mA}$					

Tajriba qismi

Bu qismda quyidagilarni bajarish lozim:

PV2 voltmetr yordamida U_R kuchlanish qiymatini o'zgartirish;

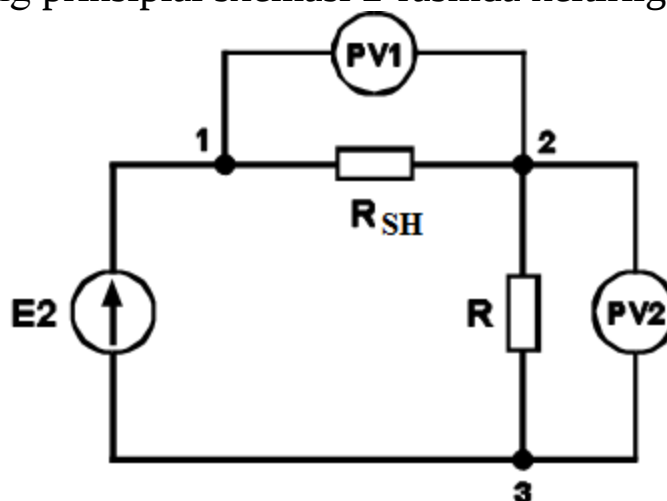
PV1 voltmetr hamda R_{sh} rezistor yordamida tok I ni aniqlash;

olingan natijalardan foydalanib,

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

ishonch hosil qilish.

O'lchashlarning prinsipial sxemasi 2-rasmida keltirilgan.



1.2-rasm. O'lchashlarning prinsipial sxemasi

Izoh.

PV1 va PV2 voltmترلarning ichki qarshiliklari R va R_{sh} rezistorlarning qarshiliklaridan minglab marta katta. Shuning uchun voltmترلardan oqib o'tayotgan toklarni inobatga olmasa ham bo'ladi. Yuqori aniqlik bilan R va R_{sh} rezistorlardan bir xil tok I oqib o'tadi deb hisoblash mumkin. Bu tok quyidagicha aniqlanadi:

$$I = \frac{U_{PV2}}{R_{sh}}$$

Bu yerda U_{PV2} – PV2 voltmetr ko'rsatmasi; R_{sh} – shuntlovchi rezistor qiymati.

O'qituvchi topshirig'iga ko'ra o'lchashlarni amalga oshiring va 1.4-1.6 jadvallarni to'ldiring.

1.4-jadval

R = 70 Om rezistorli sxemaning o'lchash natijalari

U _R , V	2	3	4	5	6	7	8	9	0 ¹
U _{PV1} , V									
I, mA									

1.5-jadval

R = 100 Om rezistorli sxemaning o'lchash natijalari

U _R , V	2	3	4	5	6	7	8	9	0 ¹
U _{PV1} , V									
I, mA									

1.6-jadval

R = 200 Om rezistorli sxemaning o'lchash natijalari

U _R , V	2	3	4	5	6	7	8	9	0 ¹
U _{PV1} , V									
I, mA									

1.4,1.5,1.6 jadvaldagi ma'lumotlar asosida $I = f(U_R)$ grafigini tuzing.

Om qonuni quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$U = I \cdot R$$

Elektr zanjiri qismidagi kuchlanish pasayishi shu qismdan oqib o'tayotgan tok hamda zanjirning shu qismidagi qarshilikning ko'paytmasiga teng.

Hisoblash qismi

R rezistordagi kuchlanish qiymatini 1.1-rasmda tasvirlangan sxemada keltirilgan tok qiymati uchun hisoblang.

Hisoblashlarni qarshilikning ikkita qiymati: R=300 Om va R=500 Om uchun bajaring.

Hisoblashlar uchun qiymatlar:

$R=300\text{ Om}$ ni hisoblash uchun tok $I=12,2\text{ mA}$, $I=15,8\text{ mA}$ ga teng;

$R=500\text{ Om}$ ni hisoblash uchun tok $I=10,2\text{ mA}$, $I=15,3\text{ mA}$ ga teng.

Hisoblash natijalarini 1.7 va 1.8-jadvallarga kiriting.

1.7-jadval

Berilgan tok qiymatlarida $R=300\text{ Om}$ rezistordagi kuchlanishning hisobiy qiymati

I, mA	12,2	15,8
U, V		

1.8-jadval

Berilgan tok qiymatlarida $R=500\text{ Om}$ rezistordagi kuchlanishning hisobiy qiymati

I, mA	10,2	15,3
U, V		

Tajriba qismi

Tajriba qismida tekshirish yo'li bilan o'lchangan natijalarning to'g'riligini isbotlash lozim. Buning uchun:

1.2-rasmda keltirilgan o'lchash sxemasini yig'ish ;

Berilgan tok I qiymatini o'rnatish;

R rezistordagi qiymatni o'lchash;

O'lchash va hisoblash natijalarini solishtirish.

1.9-jadval

Berilgan tok qiymatlarida $R=300\text{ Om}$ rezistordagi kuchlanishning hisobiy qiymati

I, mA	12,2	15,8
U_{PV1} , V		
U_R , V		

1.10-jadval

Berilgan tok qiymatlarida $R=500\text{ Om}$ rezistordagi kuchlanishning hisobiy qiymati

I, mA	10,2	15,3
U_{PV1} , V		
U_R , V		

E2 kuchlanish manbai qiymatini o'zgartirib 9-10-jadvallarning yuqori qatorida ko'rsatilgan tok qiymatini hosil qiling. PV2 voltmetr ko'rsatmasini yozib oling.

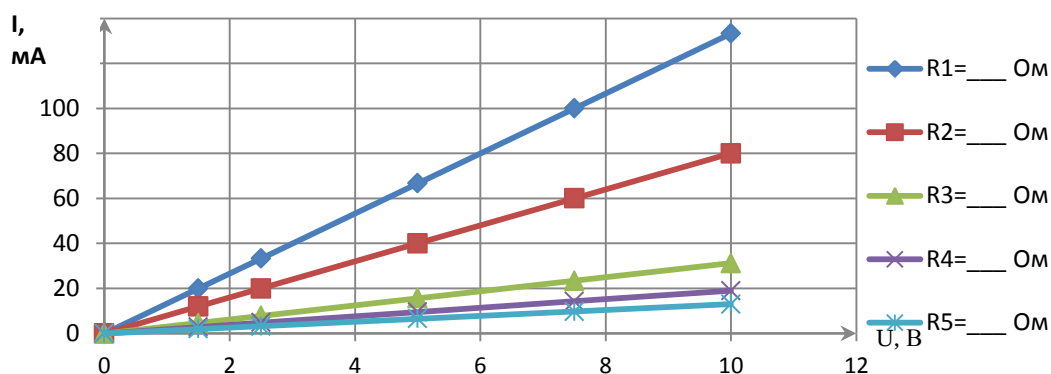
1.7-1.8 hamda 1.9-1.10 jadvalardagi ma'lumotlarni solishtiring. Bajarilgan hisoblarnig to'g'riligiga ishonch hosil qiling.

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

1. 1.3-rasmdagi grafikdan qarshilik qiymatlarini aniqlang.



1.3-rasm. 1-masala sharti

2. 39 kOm rezistorga noma'lum kuchlanishga ega manba ulangan bo'lsin. Rezistordan 0,31 mA tok oqib o'tadi. Kuchlanish manbai qiymati qanday?

3. Rezistorga berilayotgan kuchlanish qiymati kamaysa, rezistordan oqib o'tayotgan tok qiymati qanday o'zgaradi?

4. Noma'lum kuchlanishga ega manbaga ulangan rezistor qarshiligi kamaytirilsa, rezistordan oqib o'tayotgan tok qiymati qanday o'zgaradi?

5. Rezistordan oqib o'tayotgan tok qiymatini aniqlash uchun, ampermetr rezistorga qanday ulanishi lozim: a) parallel; b) ketma-ket.

2-laboratoriya ishi

Kirxgofning 2-qonunini tajribada isbotlash

Ishning maqsadi: EYUK manbai va rezistorlardan tashkil topgan elektr zanjir konturlarida kuchlanishni o'zgartirish yo'li bilan Kirxgofning ikkinchi qonunini tajribada isbotlash.

Umumiy ma'lumotlar:

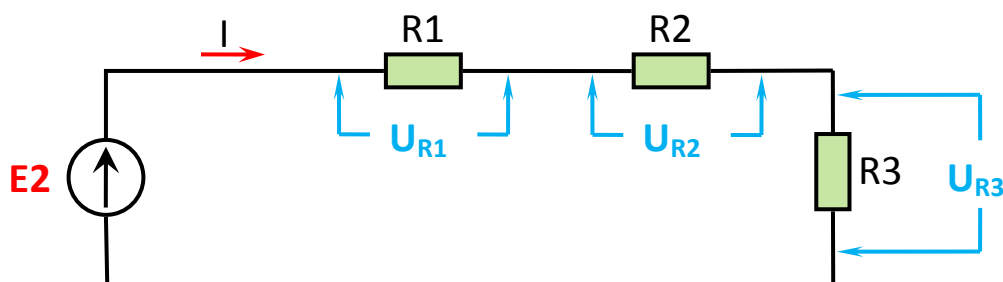
EYUK manbaiga ega konturni tadqiq etish

Hisoblash qismi

Kirxgofning ikkinchi qonuniga asosan elektr zanjiri konturidagi passiv elementlar (rezistorlar)dagi kuchlanish pasayishlari yig'indisi shu konturdagi EYUKlarning algebraik yig'indisiga teng. Shunga asosan, 2.1-rasmda keltirilgan sxema uchun quyidagilarni yozish mumkin:

$$E2 = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} \quad (2.1)$$

Om qonuni asosida 2.1-rasmda keltirilgan sxemadagi R1, R2 va R3 rezistorlardagi kuchlanish pasayishlarini hisoblang.



2.1-rasm. Rezistorlardagi kuchlanish pasayishlarini hisoblash

Hisoblash uchun berilganlar: $R1=0,2k\Omega$, $R2=2k\Omega$ va $R3=10k\Omega$.

Hisoblash uchun formulalar:

$$U_{R1} = I \cdot R1 = \frac{E1}{R1 + R2 + R3} \cdot R1 \quad (V)$$

$$U_{R2} = I \cdot R2 = \frac{E1}{R1 + R2 + R3} \cdot R2 \quad (V)$$

$$U_{R3} = I \cdot R3 = \frac{E1}{R1 + R2 + R3} \cdot R3 \quad (V)$$

Hisoblashlarni kuchlanish manbaining ikkita qiymati, ya'ni $E2=5V$ va $E2=10V$ uchun bajarish.

Hisoblash natijalarini 2.1- va 2.2-jadvallarga kiriting.

E2=5V		2.1-jadval
$U_{R1},(V)$	$U_{R2},(V)$	$U_{R3},(V)$

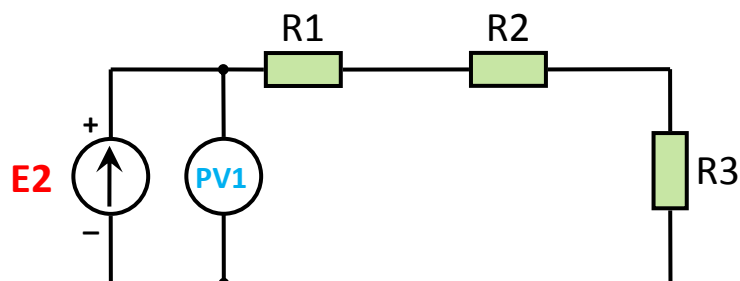
E2=10V		2.2-jadval
$U_{R1},(V)$	$U_{R2},(V)$	$U_{R3},(V)$

Olingan natijalarni (1) formulaga qo'ying va hisoblar to'g'ri bajarilganligiga ishonch hosil qiling.

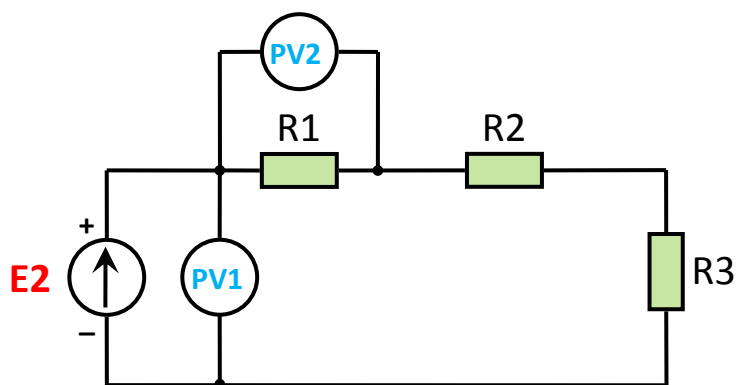
Tajriba qismi

Tajriba qismida PV1 va PV2 voltmترلar yordamida 2.1-rasmda keltirilgan sxemadagi kontur elementlaridagi kuchlanishlarni hisoblang.

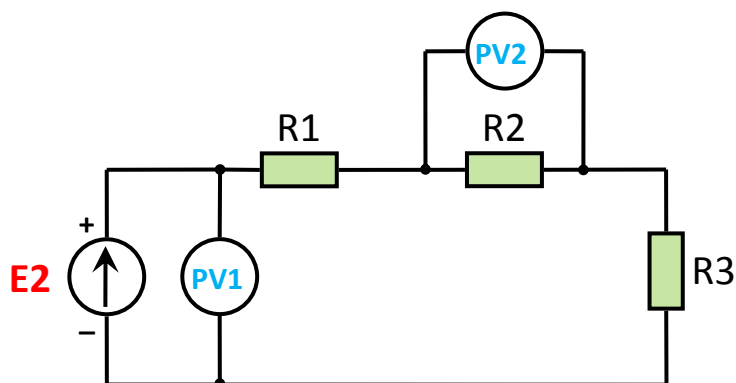
O'lchashlar ketma-ketligi 2.2-rasmdagi sxemada keltirilgan.



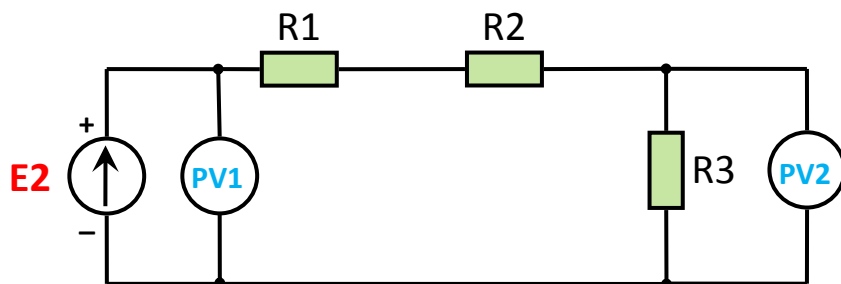
a) E2 manba kuchlanishini o'rnatish



b) U_{R1} ni hisoblash



d) U_{R2} ni hisoblash



e) U_{R3} ni hisoblash

2.2-rasm. O'lchashlarning prinsipial sxemalari

O'lchashlar ketma-ketligi:

— PV1 voltmetrni manba E2 ga ulang (2.2, a-rasm) va chiqish kuchlanishini rostlash ruchkasi yordamida $E2=5V$ (1-jadval) yoki $E2=10V$ (2.2-jadval) qilib o'rnatish;

— so'ngra PV2 voltmetr yordamida navbatma-navbat R1 (2.2, b-rasm), R2 (2.2, d-rasm) va R3 (2.2, e-rasm) rezistorlarga ulang, voltmetrko'rsatmalarini 2.1- va 2.2-jadvallarga kiriting.

O'lchash natijalarini 2.3- va 2.4-jadvallarga kiriting.

E2=5V			2.3-jdval
$U_{R1},(V)$	$U_{R2},(V)$	$U_{R3},(V)$	

E2=10V			2.4-jadval
$U_{R1},(V)$	$U_{R2},(V)$	$U_{R3},(V)$	

O'lchashlarda olingan natijalarni (2.1) formulaga qo'yib Kirxgofning 2-qonuni to'g'riligiga ishonch hosil qiling.

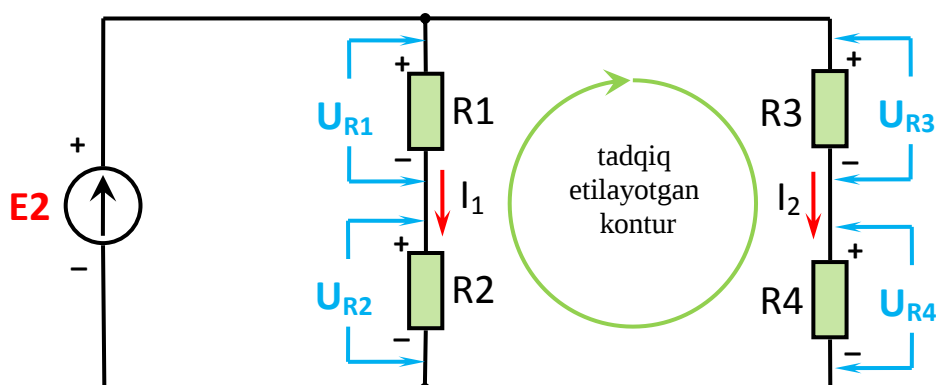
EYUK manbai bo'lmagan konturni tadqiq etish *Hisoblash qismi*

Kirxgofning ikkinchi qonuni umumiy holda quyidagicha ifodalanadi: konturdagi elektr zanjirlarning shahobchalaridagi kuchlanishlarning algebraik yig'indisi nolga teng:

$$\sum U = 0$$

(2.2)

Bu formulani tasdiqlash uchun, faqat rezistorlardan tashkil topgan va EYUK manbai bo'lmagan konturni tadqiq etamiz. 2.3-rasmda keltirilgan sxema R1, R2, R3 va R4 rezistorlardan tashkil topgan kontur, bunday kontur hisoblanadi.



2.3-rasm. Rezistorlardagi kuchlanish pasayishlarini hisoblash

Om qonuniga 2.3-rasmda keltirilgan R1, R2, R3 va R4 rezistorlardagi kuchlanish pasayishlarini hisoblang.

Hisoblash uchun berilganlar: **R1=0,8kOm, R2=1kOm, R3=5kOm va R4=10kOm.**

Hisoblash uchun formulalar:

$$U_{R1} = I_1 \cdot R1 = \frac{E1}{R1 + R2} \cdot R1 \quad (V)$$

$$U_{R2} = I_1 \cdot R2 = \frac{E1}{R1 + R2} \cdot R2 \quad (V)$$

$$U_{R3} = I_2 \cdot R3 = \frac{E1}{R3 + R4} \cdot R3 \quad (V)$$

$$U_{R4} = I_2 \cdot R4 = \frac{E1}{R3 + R4} \cdot R4 \quad (V)$$

Hisoblashlarni kuchlanish manbaining ikkita qiymati, ya'ni E2=5V va E2=10V uchun bajarish.

Hisoblash natijalarini 2.5- va 2.6-jadvallarga kiriting.

E2=5V			2.5-jadval
$U_{R1}, (V)$	$U_{R2}, (V)$	$U_{R3}, (V)$	$U_{R4}, (V)$

E2=10V			2.6-jadval
$U_{R1}, (V)$	$U_{R2}, (V)$	$U_{R3}, (V)$	$U_{R4}, (V)$

Olingan natijalarni (2.2) formulaga qo'ying va hisoblar to'g'ri bajarilganligiga ishonch hosil qiling.

Formulaga U_R kuchlanish qiymatini o'rnatishda, konturdan o'tishda rezistordan o'tayotgan tok o'tish yo'nalishiga mos kelishini hisobga oling, demak U_R kuchlanish qiymati «+» ishora bilan yoziladi. Masalan, 2.3-rasmdagi R3 va R4 rezistorlardan o'tayotgan tok konturdan o'tish yo'nalishi bilan mos keladi, shuning uchun (2.2) formuladagi U_{R3} va U_{R4} kuchlanishlar «+» ishora bilan yoziladi. R1 va R2 rezistorlardan

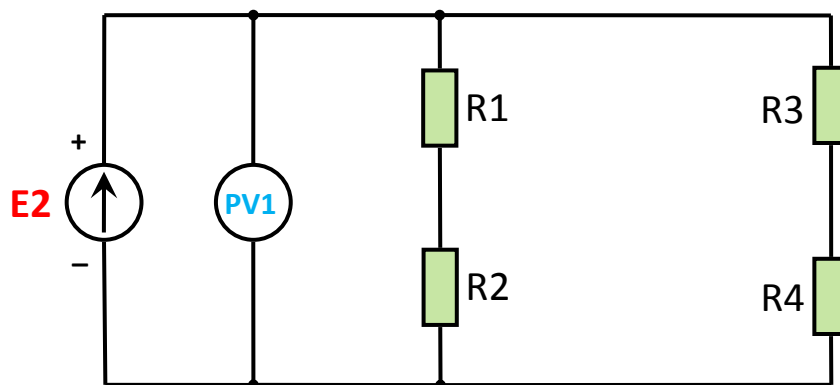
o'tayotgan tok konturdan o'tish yo'nalishiga teskari yo'nalgan, shuning uchun (2.2) formuladagi U_{R1} va U_{R2} kuchlanishlar « $\rightarrow$ » ishora bilan yoziladi. Shunday qilib (2.2) formula quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\sum U = -U_{R1} - U_{R2} + U_{R3} + U_{R4} \quad (2.3)$$

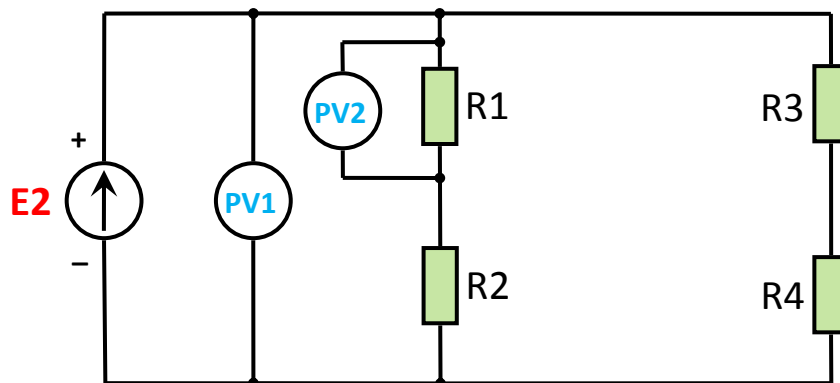
Tajriba qismi

Tajriba qismida PV1 va PV2 voltmetr lar yordamida 2.2-rasmda keltirilgan sxemadagi kontur elementlaridagi kuchlanishlarni hisoblang.

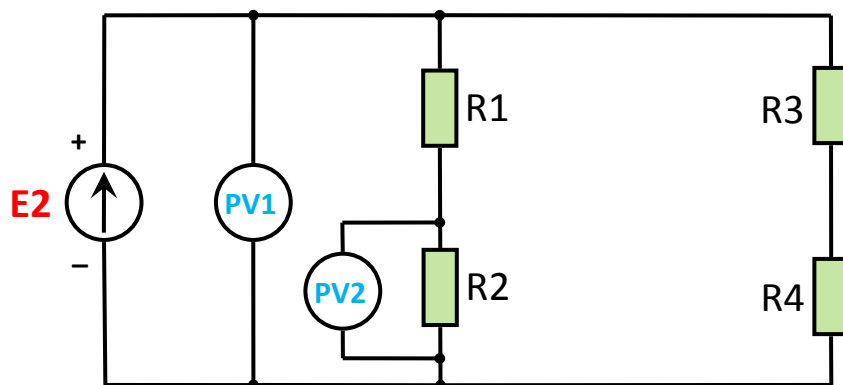
O'lchashlar ketma-ketligi 2.4-rasmdagi sxemada keltirilgan.



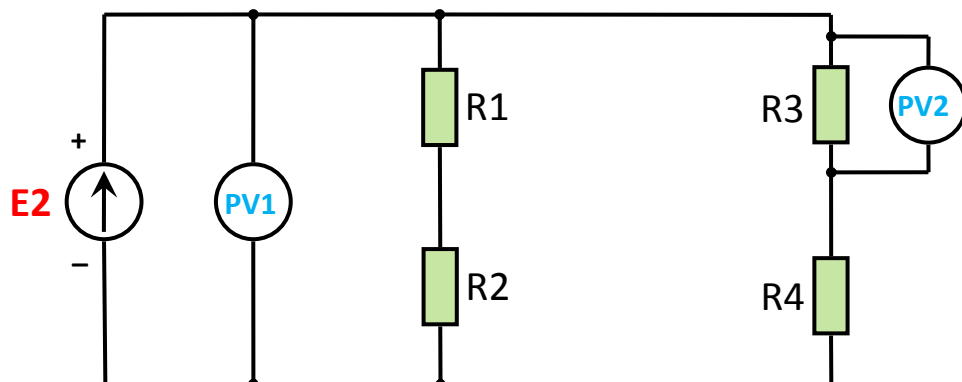
a) $E2$ manba kuchlanishini o'rnatish



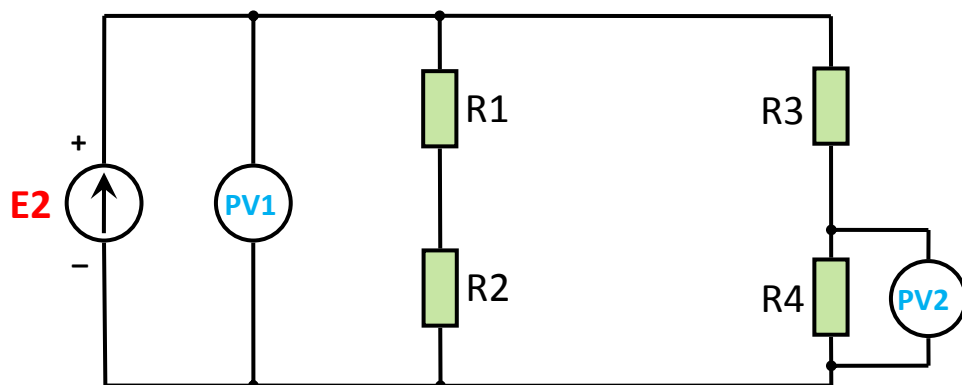
b) U_{R1} ni hisoblash



d) U_{R2} ni hisoblash



e) U_{R3} ni hisoblash



j) U_{R4} ni hisoblash

2.4-rasm. O'lchashlarning prinsipial sxemalari

O'lchash natijalarini 2.7- va 2.8-jadvallarga kiriting.

E2=5V			2.7-jadval
$U_{R1}, (V)$	$U_{R2}, (V)$	$U_{R3}, (V)$	$U_{R4}, (V)$

E2=10V			2.8-jadval
$U_{R1}, (V)$	$U_{R2}, (V)$	$U_{R3}, (V)$	$U_{R4}, (V)$

Olingan natijalarni (2.3) formulaga qo‘ying va Kirxgofning 2-qonuni to‘g‘riligiga ishonch hosil qiling.

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

1. Kirxgofning birinchi qonunini tushuntiring.
2. Kirxgofning birinchi qonunini izohlovchi sxemani keltiring va hisoblang.
3. Kirxgofning ikkinchi qonunini tushuntiring.
4. Kirxgofning ikkinchi qonunini izohlovchi sxemani keltiring va hisoblang.

3-laboratoriya ishi

Passiv komponentlarni tadqiq etish

Ishning maqsadi: Passiv komponentlarning ish tamoyili va asosiy xarakteristikalarini bilan tanishish.

Nazariy qismi

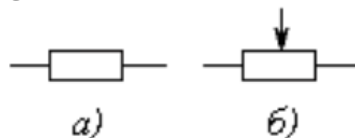
Passiv komponentlarga quyidagilar kiradi: *rezistorlar, kondensatorlar, induktivlik g‘altaklari va transformatorlar.*

Rezistorlar – keng tarqalgan komponent hisoblanadi. Elektron qurilmani rezistorsiz tasavvur qilish mumkin emas.

Rezistorning asosiy xossasi bo'lib elektr energiyasini issiqlik energiyasiga o'zgartirish hisoblanadi. Ko'p qurilmalarda uning bu hossasidan foydalanilmaydi, va hatto zararli hisoblanadi.

Rezistorning vazifasi bo'lib elektr energiyasini elektron qurilma zanjirlari va elementlari o'rtasida boshqarish va taqsimlash hisoblanadi.

Rezistorlar o'zgarmas va o'zgaruvchan turlarga bo'linadi. Rezistorlarning shartli belgilari 3.1-rasmda keltirilgan.



3.1-rasm. Rezistorlarning sxemalarda shartli belgilanishi:
o'zgarmas (a) va o'zgaruvchan (b)

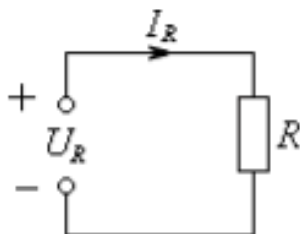
Rezistorning asosiy parametri – uning elektr qarshiligi hisoblanadi. Qarshilik rezistor R dan oqib o'tayotgan tok I_R va rezistor R ga berilayotgan kuchlanish U_R orasidagi bog'liqlikka proporsional koeffitsiyentdir:

$$U_R = R \cdot I_R \quad (3.1)$$

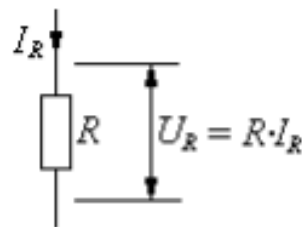
$$I_R = \frac{U_R}{R} \quad (3.2)$$

(3.1) va (3.2) ifodalar Om qonuni deyiladi va ko'rinib turibdi-ki, rezistorning ishi kuchlanishni tokka va tokni kuchlanishga o'zgartirishdir.

Agar rezistor R ga kuchlanish U_R berilgan bo'lsa, u holda rezistordan oqib o'tayotgan tok I_R quyidagiga teng bo'ladi (3.2-rasm).

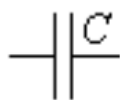


3.2-rasm. Kuchlanish ostidagi
rezistor R

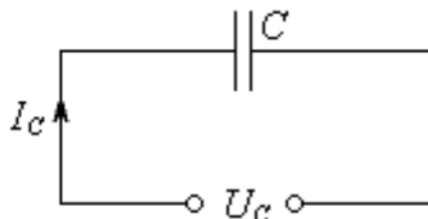


3.3-rasm. Tok ostidagi
rezistor R

Kondensatorlar – dielektrik bilan ajratilgan ikkita tok o‘tkazuvchi yuzadan tashkil topgan bo‘lib, ularning shartli belgisi 3.4-rasmda keltirilgan.



3.4-rasm. Kondensatorning sxemalarda shartli belgilanishi



3.5-rasm. Kuchlanish ostidagi kondensator C

Kondensatorning asosiy xossasi bo‘lib elektr maydon energiyasini to‘plash hisoblanadi.

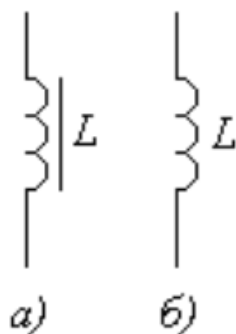
Kondensatorlar *sig‘im* bilan xarakterlanadi

$$C = \frac{Q}{U_C}, \quad (3.3)$$

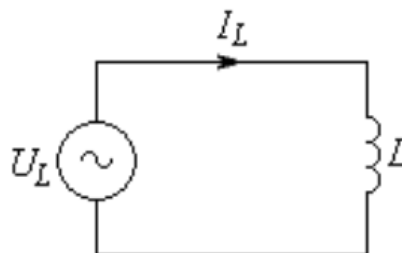
Be yerda Q – unga berilgan kuchlanish U_C ta’sirida kondensator to‘plagan zaryad (3.5-rasm).

Sig‘imning o‘lchami va birligi bo‘lib *farad* (F) hisoblanadi.

Induktivlik g‘altaklari – uning shartli belgisi 3.6-rasmda keltirilgan bo‘lib, o‘zakka ega bo‘lgan (a) yoki bo‘lmagan (b) solenoid bo‘ladi.



3.6-rasm. G‘altakning sxemalarda shartli belgilanishi: o‘zakka ega bo‘lgan (a) va ega bo‘lmagan (b)



3.7-rasm. Kuchlanish ostidagi g‘altak

O'zak induktivlikni oshirish uchun ishlatiladi. O'zak asosan transformator temiri yoki ferrit materialidan yasalgan plastinalar hisoblanadi.

G'altakning asosiy xossasi bo'lib magnit maydon energiyasini to'plash hisoblanadi.

G'altakning asosiy parametri bo'lib *induktivlik* L hisoblanadi.

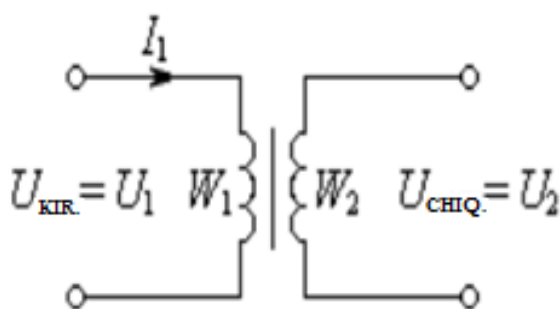
$$L = \frac{\Psi}{I_L}, \quad (3.4)$$

Bu yerda Ψ – o'zinduksiyadagi tok ilakishishi, ya'ni g'altak toki I_L yordamida chaqiriladigan magnit oqim yig'indisidir (3.7-rasm).

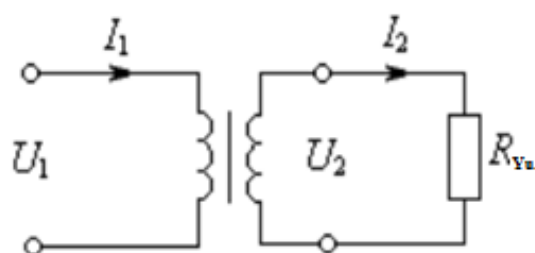
Induktivlikning o'lchami va birligi bo'lib *genri* (Gn) hisoblanadi. Agar g'altak orqali $I_L = 1$ A tok oqib o'tsa va bu vaqtda unda bir veber (Vb) $\Psi = \Psi$ magnit oqim yuzaga kelsa, bunday g'altak 1 Gn induktivlikka ega bo'ladi.

Transformatorlar – birlamchi kuchlanishni ikkilamchi kuchlanishga o'zgartirish uchun mo'ljallangandirlar.

Transformator sodda ko'rinishda o'zaro magnit ulangan ikkita g'altak W_1 va W_2 dan tashkil topgan bo'lib, ular *cho'lg'amlar* deb ataladi (3.8-rasm).



3.8-rasm. Yuklama ostidagi transformator sxemasi



3.9-rasm. Transformator

Bu g'altaklarning magnit oqimlari bog'langani uchun transformator birlamchi (kirishdagi) kuchlanish U_1 ni ikkilamchi (chiqishdagi) kuchlanish U_2 ga quyidagi usulda o'zgartiradi.

Kirishdagi birlamchi kuchlanish U_1 ostida birlamchi cho'lg'am W_1 dan o'zgaruvchan tok I_1 oqib o'tadi, natijada o'zgaruvchan magnit oqimi yuzaga keladi. Bu oqim ikkilamchi cho'lg'am W_2 o'ramlarini

kesib o'tadi va ularda EYUK hosil bo'ladi. Shunday qilib chiqishdagi ikkilamchi kuchlanish U_2 yuzaga keladi. Ikkilamchi o'ramlar soni W_2 qancha katta bo'lsa, chiqishdagi kuchlanish qiymati ham shuncha katta bo'ladi.

Transformatorning asosiy parametri bo'lib *transformsiya koeffitsiyenti* hisoblanadi

$$N = \frac{W_2}{W_1}, \quad (3.5)$$

Bu yerda W_1 va W_2 – mos ravishda birlamchi va ikkilamchi cho'lg'amdagi o'ramlar soni.

Transformatsiya koeffitsiyenti kuchlanish orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$N = \frac{U_2}{U_1}. \quad (3.6)$$

Agar $N < 1 (U_2 < U_1)$ bo'lsa, transformator pasaytiruvchi (kuchlanish pasayadi) bo'ladi.

Agar $N > 1 (U_2 > U_1)$ bo'lsa, transformator orttiruvchi (kuchlanish ortadi) bo'ladi.

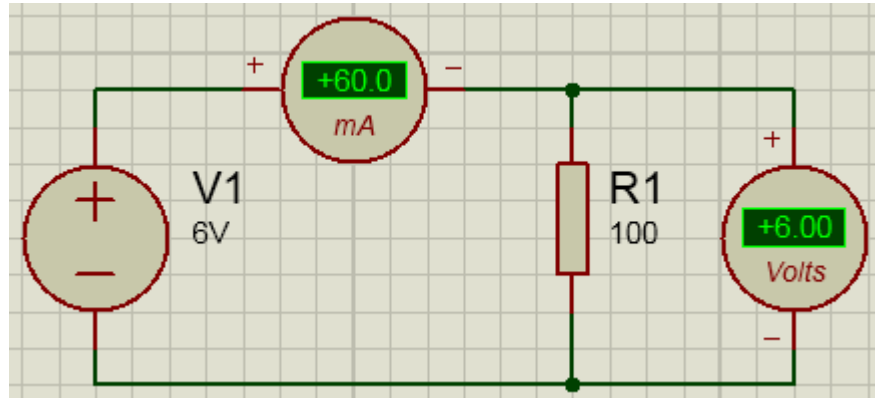
Agar $N = 1 (U_2 = U_1)$ bo'lsa, transformator ajratuvchi bo'ladi. U kuchlanishni o'zgartirmagan holda birlamchi zanjirni ikkilamchi zanjirdan ajratadi.

Transformator quyidagicha ishlaydi. Salt yurishda ikkilamchi cho'lg'amda yuklama mavjud bo'lmaydi (3.9-rasmga qarang). Shuning uchun ikkilamchi tok oqib o'tmaydi, demak birlamchi tok I_1 juda kichik. Bu quyidagicha tushuntiriladi. Tok I_1 magnit oqimini yuzaga keltiradi, bu oqim birlamchi o'ramlarni kesib o'tadi va ularda qarama-qarshi EYUK yuzaga keltiradi. Joul-Lens qonuniga asosan ixtiyoriy yuzaga keltirilgan EYUK uni yuzaga keltirishiga qarshilik ko'rsatuvchi qutblanishga ega bo'ladi. Shuning uchun yuzaga keltirilgan qarama-qarshi EYUK birlamchi kuchlanish U_{kir} ga teskari ta'sir ko'rsatadi, ya'ni qarshilik ko'rsatadi, natijada salt yurishdagi tok juda kichik bo'ladi.

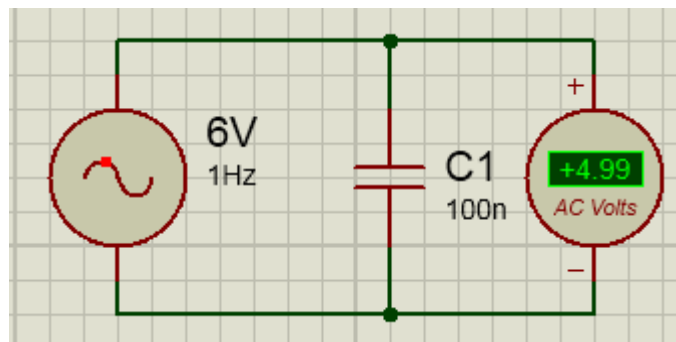
Amaliy qismi

Nazariy qismda ko'rib o'tilgan sxemalarni yig'ish va ishlash tamoyilini o'rganish

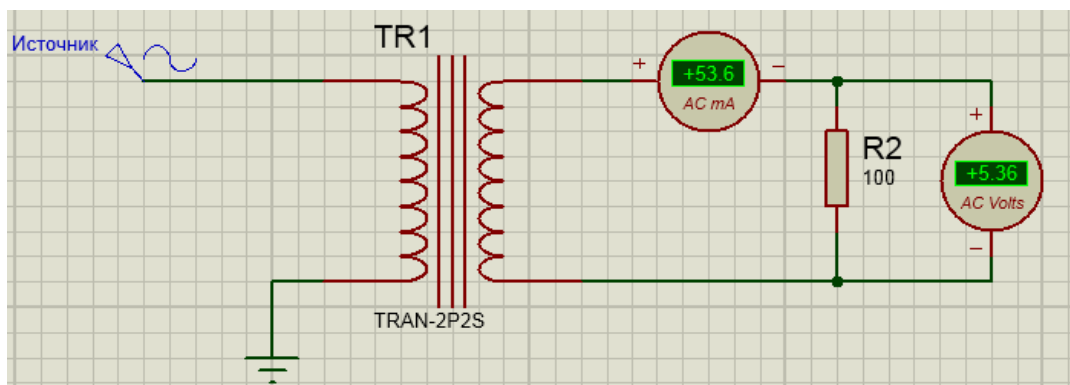
Ish Proteus dasturida amalga oshiriladi.



3.10-rasm. Kuchlanish ostidagi rezistor R



3.11-rasm. Kuchlanish ostidagi kondensator C



3.12-rasm. Yuklama ostidagi transformator

Topshiriq:

a) Bir nechta rezistorlar (o'zaro parallel va ketma ket ulangan) va o'zgarmas manbadan tashkil topgan sodda sxema yig'ing hamda zanjirdagi tok va kuchlanishni ampermetr va voltmeter yordamida aniqlang.

- b) Kondensator va o'zgarmas manbadan tashkil topgan sodda sxema yig'ing hamda kondensator to'playotgan zaryad qiymatini aniqlang.
v) Bajarilgan laboratoriya yuzasidan hisobot tayyorlang.

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

1. Passiv komponentlarning aytib bering va ularni xossalarini tushuntiring.
2. Rezistorlarning vazifasini aytib bering.
3. Kondensator zanjiridan qanday shartlarda o'zgarmas tok oqib o'tishini tushuntiring.
4. Induktivlik g'altagida qarshilik yuzaga kelishini tushuntiring.
5. Transformatoridagi birlamchi tokning ikkilamchi cho'lg'amdagi yuklama qarshiligiga bog'liqligini tushuntiring.

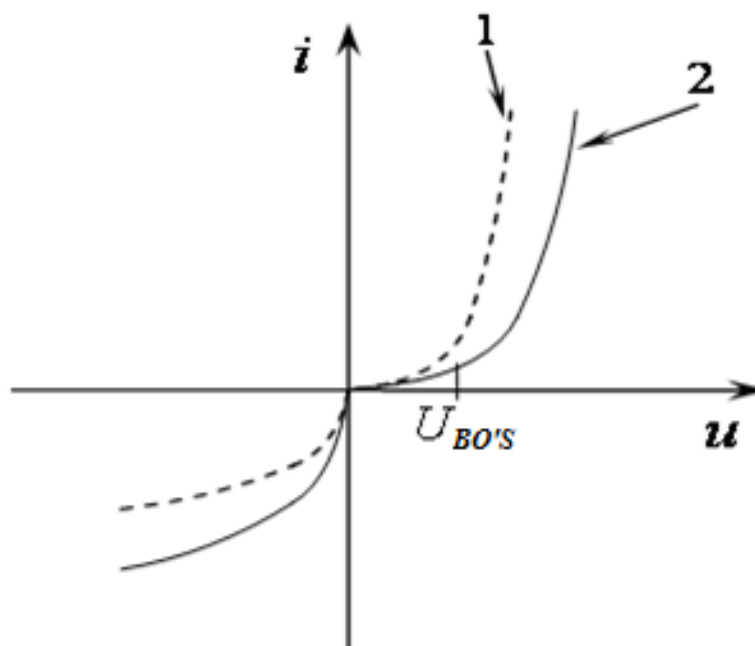
4 – laboratoriya ishi

Yarimo'tkazgichli diod xarakteristikasi va parametrlarini Tadqiq etish

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

Umumiy ma'lumotlar:

Yarimo'tkazgichli diod (YaD) – n va p turli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita yarimo'tkazgichlar kontaktidan iborat bo'lgan hamda bir tomonlama o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan elektron asbob. YaD VAXsi 4.1-rasmda keltirilgan. Bu yerda 1-nazariy xarakteristika, 2-real asbob 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 h.k.larni hisobga oladi).



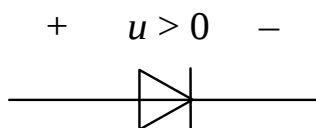
4.1-rasm. Yarimo‘tkazgich diodning nazariy (1) va real (2) VAXi

Real yarimo‘tkazgichli diod VAXsi 4.5- rasmda keltirilgan. Punktir chiziq bilan quyidagi tenglamaga mos keluvchi ideal VAX ko‘rsatilgan:

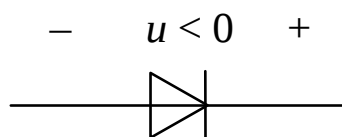
$$i = I_0 \left(e^{\frac{U}{U_r}} - 1 \right) \quad (4.1)$$

$T=300$ Kda $U_T=26$ mV.

Xarakteristikalar yarimo‘tkazgichli diod asosiy xossalarini namoyon etadi. Ochiq holatda yarimo‘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 $U_{to'g'ri}$ berish natijasida ta’minlanadi:

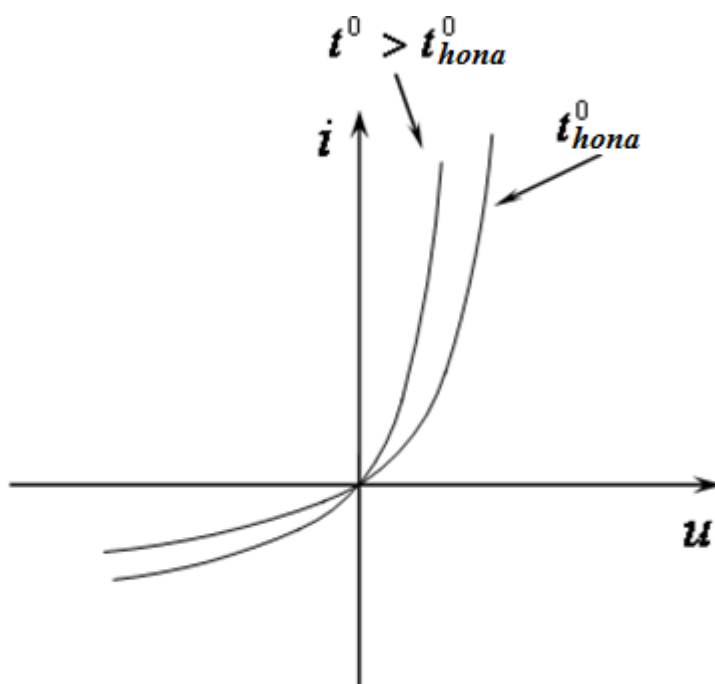


Berk holatda yarimo‘tkazgichli dioddan juda kichik teskari tok i_{tesk} ($i < 0$) oqib o‘tadi. Bu tokning qiymati germaniyli diodlarda $10^{-5} - 10^{-6}$ A, kremniyli diodlarda esa $10^{-9} - 10^{-12}$ A tartibga ega. Yarimo‘tkazgichli diodning berk holati unga teskari kuchlanish U_{tesk} berish natitijasida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



4.1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, real yarimo‘tkazgichli diod VAXsining to‘g‘ri shoxobchasi 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. $U \geq U_{o'yc}$ bo‘lganda VAX to‘g‘ri shoxobchasining egilishi diod baza sohasining qarshiligi r'_B bilan aniqlanadi.

Yarimo‘tkazgichli diod VAXsiga tashqi haroratining ta‘siri 4.2-rasm bilan tushuntiriladi. Temperatura ortganda to‘g‘ri va teskari tok ortadi.



4.2- rasm Yarimo‘tkazgichli diod VAXsiga tashqi muhit haroratining ta‘siri

Yarimo‘tkazgichli diodga harorat ta‘sirini hisobga oladigan asosiy parametrlar bo‘lib quyidagilar hisoblanadi:

Kuchlanishning harorat koefitsiyenti α_t

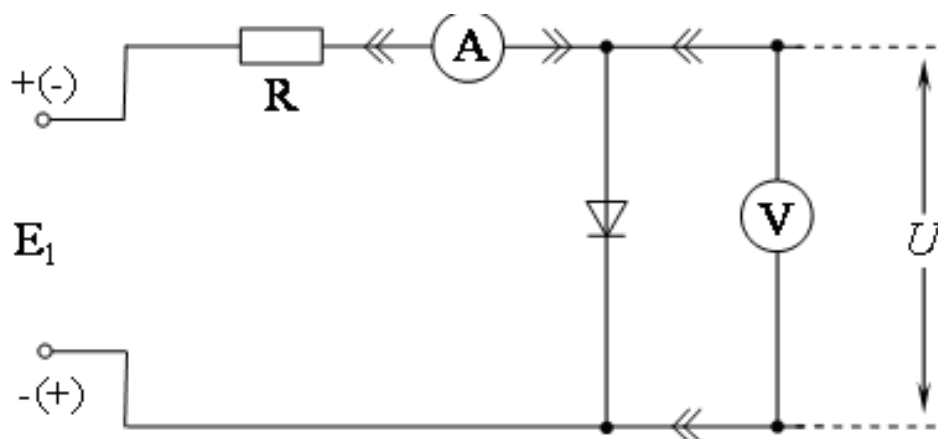
$$\alpha_t = \frac{\Delta U_{to'g'ri}}{\Delta t^0} \Big|_i = const \quad (4.2)$$

va teskari tokni e martaga o'zgarishiga mos keluvchi harorat t^* :

$$i_{tesk}(t) = i_{tesk}(t'_0) e^{\frac{t-t_0}{t^*}} \quad (4.3)$$

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

Laboratoriya ishini bajarishdan avval sxema (4.3-rasm), o'lchash usullari, qo'llaniladigan o'lchov asboblari bilan tanishib chiqish kerak.



4.3- rasm. Yarimo'tkazgichli diod VAXini tadqiq etish sxemasi

Yarimo'tkazgichli diod VAXsining to'g'ri shoxobchasi $i_{to'g'ri} = f(U_{to'g'ri})$ ni o'lchang (4.1-rasm).

O'lchash natijalarini qayta ishlash:

Yarimo'tkazgich diod VAXini tadqiq etish sxemasi (4.3-rasm) yig'iladi.

Yarimo'tkazgichli diod VAXini to'g'ri shoxobchasini tadqiq etish

Ampermetr o'lchash chegarasini – 20 mA, voltmetrnikini esa – 2 V deb o'rnatamiz. Voltmetr va ampermetrning ish rejimlarini o'rnatadigan qayta ulanish tumblerlarini o'zgarmas kattalik (=) holatiga qo'yamiz. E1 kuchlanish mabaini boshqarish rostlagichlarini soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirigacha buraymiz. Yig'ilgan sxema o'qituvchiga ko'rsatiladi va uning ruxsatiga asosan elektr manbaga ulanadi.

Tadqiqotlarni kremniyli va germaniyli diodlar uchun o'tkazib, natijalarni 4.1- jadvalga kiritamiz.

4.1-jadval

U, V	0	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
I_d, mA kremniyli										
I_d, mA germaniyli										

Yarimo'tkazgichli diod VAXini teskari shoxobchasini tadqiq etish.

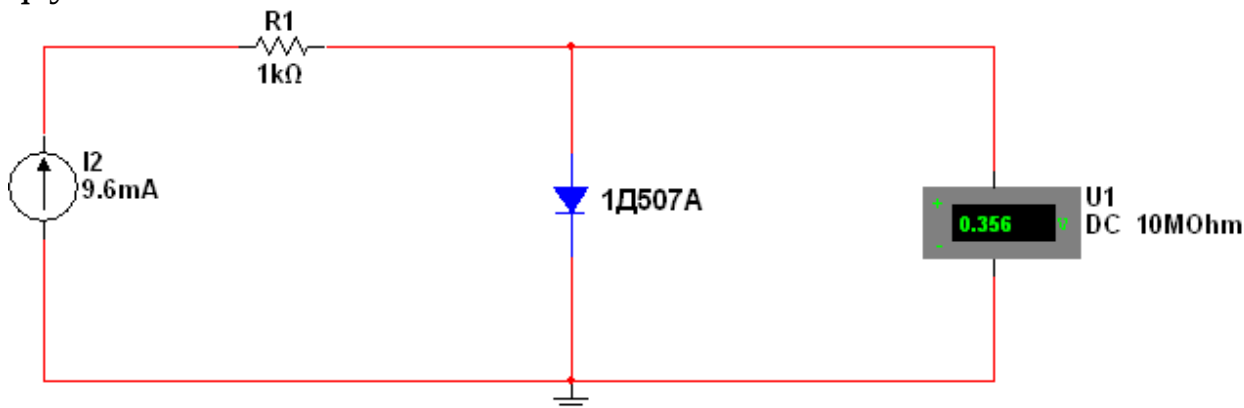
Tadqiqotlarni kremniyli va germaniyli diodlar uchun o'tkazib, natijalarni 4.2- jadvalga kiritamiz.

4.2-jadval

U, V	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I_d, mA kremniyli											
I_d, mA germaniyli											

Laboratoriya ishini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamida bajarish uchun topshiriq:

Yarimo'tkazgichli diodni VAXini tadqiq etish uchun MultiSim 10.1 dasturiy ta'minotidan foydalanamiz. Bu dastur virtual modellashga asoslangan. MultiSim 10.1 dasturi kutubxonasidan 1D507A markali diodni tanlaymiz. Diod VAXining to'g'ri shoxobchasini o'lchash uchun 4.4-rasmda keltirilgan sxemani yig'amiz. Tok qiymatini I2 tok manbai yordamida o'zgartirib borib, V1 voltmetr ko'rsatmalarini 4.3-jadvalga qayd etib boramiz.



4.4- rasm. Yarimo'tkazgichli diod VAXining to'g'ri shoxobchasini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamida tadqiq etish sxemasi

4.3-jadval

I_d, mA	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	4	6	8
U_d, V										
$S, \text{mA/V}$										
R_{st}, Om										
R_{dif}, Om										

4.1, 4.2 va 4.3 – jadvallar asosida diodlar VAXlarining to‘g‘ri va teskari shoxobchalarini quring.

VAX to‘g‘ri shoxobchasining chiziqli sohasida ishchi nuqtadan urinma o‘tkazib diodlarning xarakteristika tikligini aniqlaymiz.

$$S = \frac{\Delta I_{m\ddot{y}zpu}}{\Delta U_{m\ddot{y}zpu}} [\text{mA/V}].$$

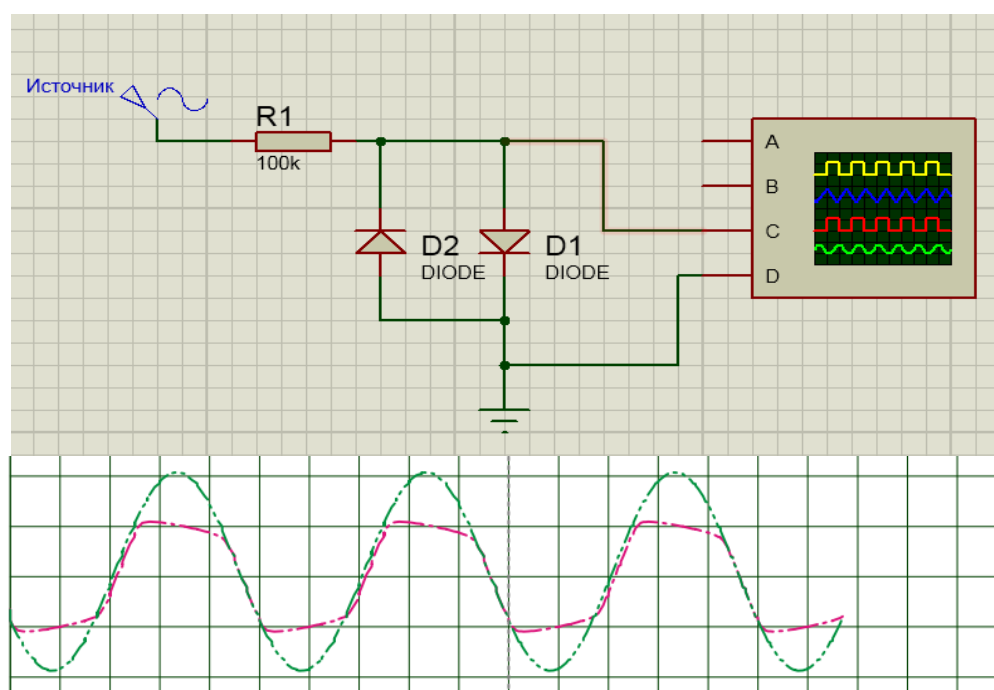
Diodlarning differensial qarshiliklarini aniqlaymiz.

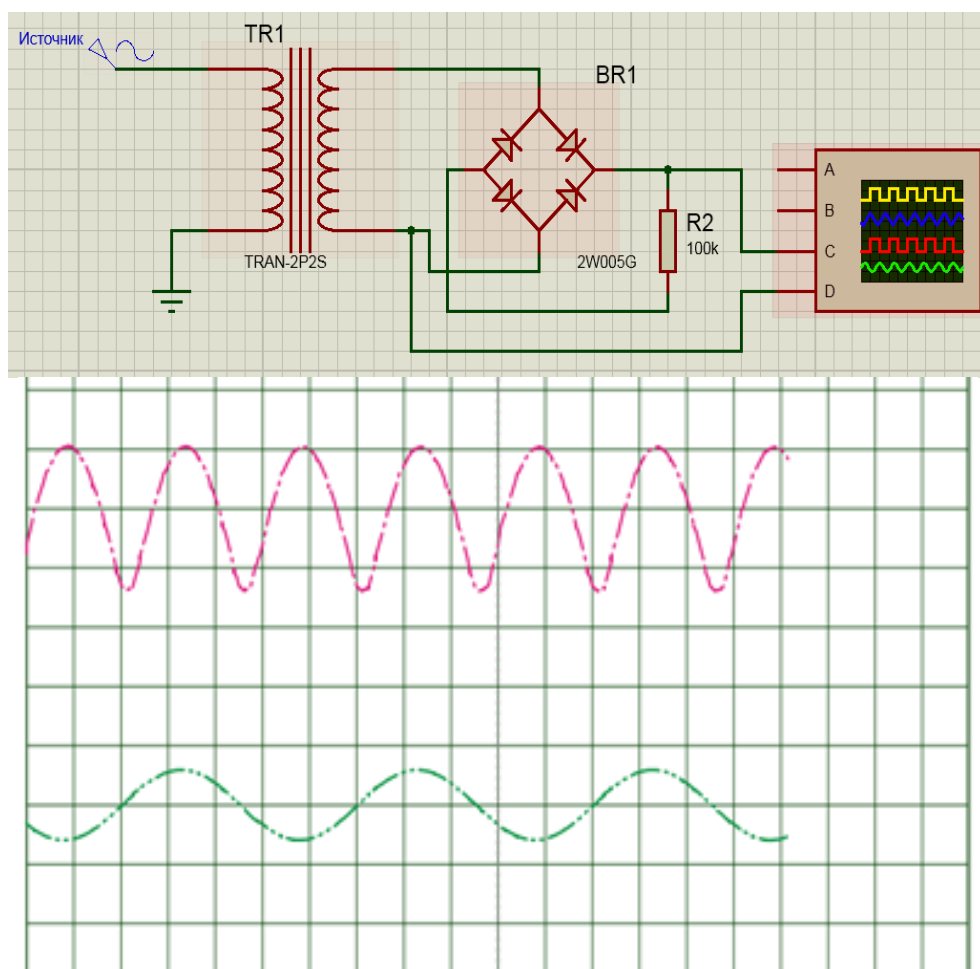
$$R = \frac{\Delta U_{m\ddot{y}zpu}}{\Delta I_{m\ddot{y}zpu}} = \frac{1}{S} [\text{kOm}].$$

Proteus dasturi asosida diodli sxemalarni tadqiq etish

Amaliy qism

Buning uchun bizga diodlar, rezistorlar, manba va ossillograf kerak bo‘ladi.





4.5- rasm. Yarimo‘tkazgichli diodda bajarilgan to‘g‘rilagichlarini Proteus dasturiy ta‘minoti yordamida tadqiq etish sxemalari

Hisobot mazmuni:

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

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?

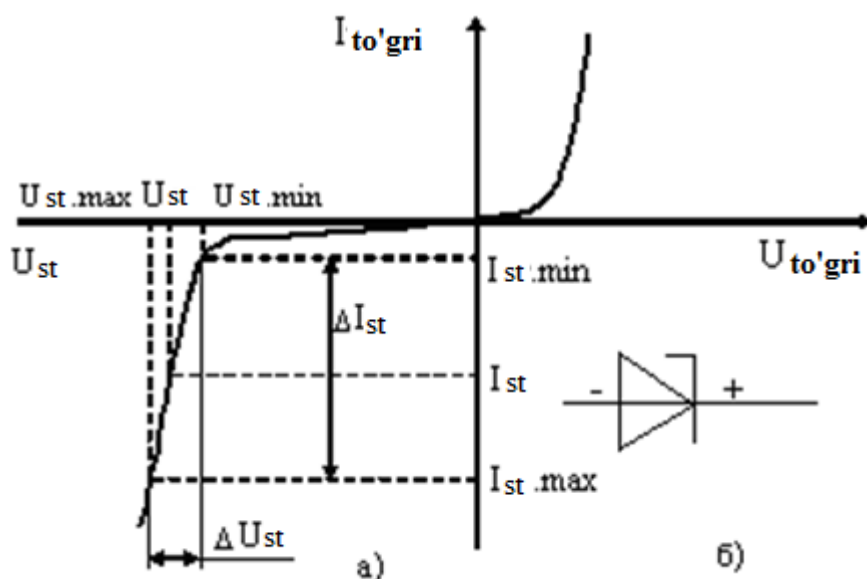
5- laboratoriya ishi

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 funksiya parametrlari qiymatlarini hisoblash.

Umumiy ma'lumotlar:

Yarimo'tkazgich stabilitronning VAXsi 5.1, a-rasmda, uning elektr sxemalarda shartli belgilanishi esa 5.1, b - rasmda ko'rsatilgan.



5.1-rasm. Stabilitron VAXi (a) va shartli belgisi (b)

Stabilitron VAXsi teskari shoxobchasining $U_{st.min}-U_{st.max}$ 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.

Kuchlanishni barqarorlash rejimida stabilitron VAXsi chiziqli funksiya bilan approksimatsiyalanadi:

$$U_{ST} = U_B + R_D \cdot I_{ST} \quad (5.1)$$

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

Keng qo'llaniladigan stabilitronlarning ba'zi elektr parametrlarining ro'yxati:

U_{st} - stabillash kuchlanishi;

δU_{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^*) aniqlangan differensial qarshilik;

α_{st} -barqarorlash kuchlanishining harorat koeffitsiyenti.

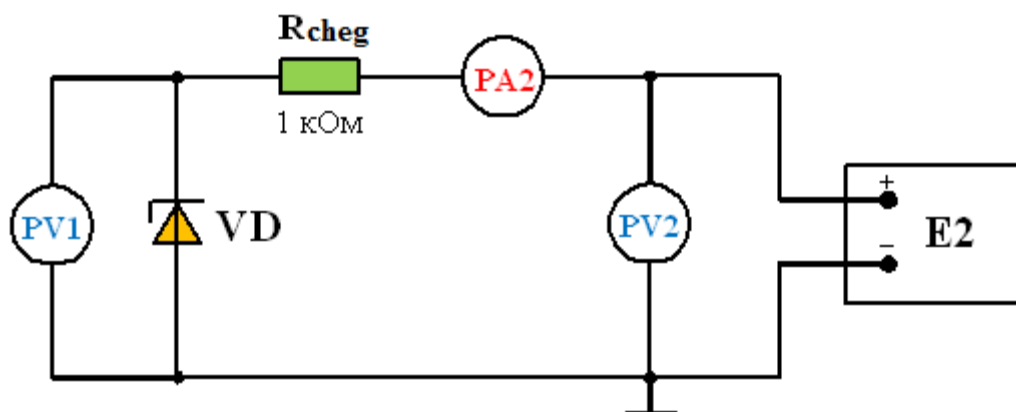
$$\alpha_{ST} = \delta \cdot U_{ST} / U_{ST} \cdot \Delta T \quad (5.2)$$

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

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

Laboratoriya ishini bajarishdan avval sxema (5.2-rasm), o'lchash usullari, qo'llaniladigan o'lchov asboblari bilan tanishib chiqish kerak.

Stabilitron VAXini $I_{ST} = f(U_{ST})$ ni o'lchang (5.1, a-rasm).



5.2- rasm. Stabilitron VAXini tadqiq etish prinsipial sxemasi

Tajriba bajarish uchun tavsiyalar:

Stabilitronni VAXsini oʻlchaydigan elektr sxemasini yigʻib, unda oʻlchash ishlarini talab etilgan aniqlikda bajaring.

Tajriba natijalarini ishlash va approksimatsiyalovchi funksiya parametrlarining qiymatlarini aniqlang.

Oʻlchash natijalarini qayta ishlash:

Tadqiq etish uchun berilgan stabilitron pasportidan uning turi va asosiy parametrlarini (minimal va maksimal barqarorlash toklari ($I_{st,min}$ va $I_{st,max}$); oʻrtacha barqarorlash kuchlanishi (U_{ST}); differensial qarshilik ($R_{D,ST}$) qiymatlari va h.k.) kuzatish daftaringizga yozib oling.

Stabilitron parametrlarining ruxsat etilgan eng yuqori qiymatlaridan foydalanib, oʻlchash sxemasini taʼminlovchi kuchlanish manbai chiqish qiymatini oʻzgarishi kerak boʻlgan oraligʻini va oʻlchov asboblari (ampermetr va voltmetrlar)ning chegaraviy qiymatlarini aniqlang.

Sxemada stabilitron tokining yuqori qiymatini cheklash uchun unga R_B rezistor ketma-ket ulanadi. (5.2-rasm). Rezistorning qiymati quyidagi shartga mos kelishi kerak;

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

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

Oʻlchash natijalarini yozish uchun 5.1-jadval tayyorlang. Jadvalning birinchi qatoriga tadqiq qilinayotgan stabilitron toklarining qiymatlarini, ikkinchi qatoriga esa kuchlanish qiymatlarini kiriting.

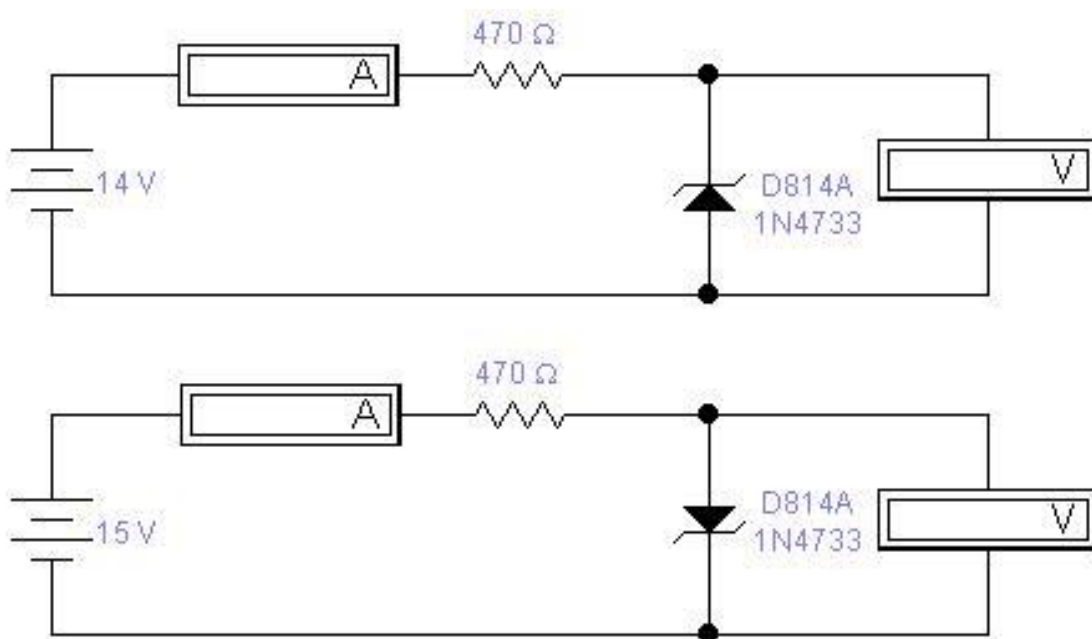
5.1 – jadval

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

O‘lchash ishlarini bajarib, 5.1 – jadvalni to‘ldiring va stabilitronning VAXsini chizing.

Kuchlanishni barqarorlash rejimida stabilitron VAXsi (5.1) ifodaga binoan chiziqli funktsiya bilan approksimatsiyalang.

Laboratoriya ishini MultiSim 10.1 dasturiy ta’minoti yordamida bajarish uchun topshiriq:



5.3- rasm. Yarimo ‘tkazgichli stabilitron VAXining to‘g‘ri va teskari shoxobchalarini MultiSim 10.1 dasturiy ta’minoti yordamida tadqiq etish sxemasi

Yarimo‘tkazgichli stabilitron VAXini tadqiq etish uchun MultiSim 10.1 dasturiy ta’minotidan foydalanamiz. Bu dastur virtual modellashga asoslangan. MultiSim 10.1 dasturi kutubxonasidan D814A (1N4733) markali stabilitronni tanlaymiz. Stabilitron VAXining to‘g‘ri va teskari shoxobchalarini o‘lchash uchun 5.3-rasmda keltirilgan sxemani yig‘amiz. Tok qiymatini I2 tok manbai yordamida o‘zgartirib borib, V1 voltmetr ko‘rsatmalarini 5.2-jadvalga qayd etib boramiz.

5.3-jadval

I_{ST}, mA	$I_{ST, MIN}$					$I_{ST, MAX}$
U_{ST}, B						

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

1. p-n o'tishdagi asosiy teshilish turlarini ayting.
2. Stabilitronlarda 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.

6- laboratoriya ishi

UE ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini tadqiq etish

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

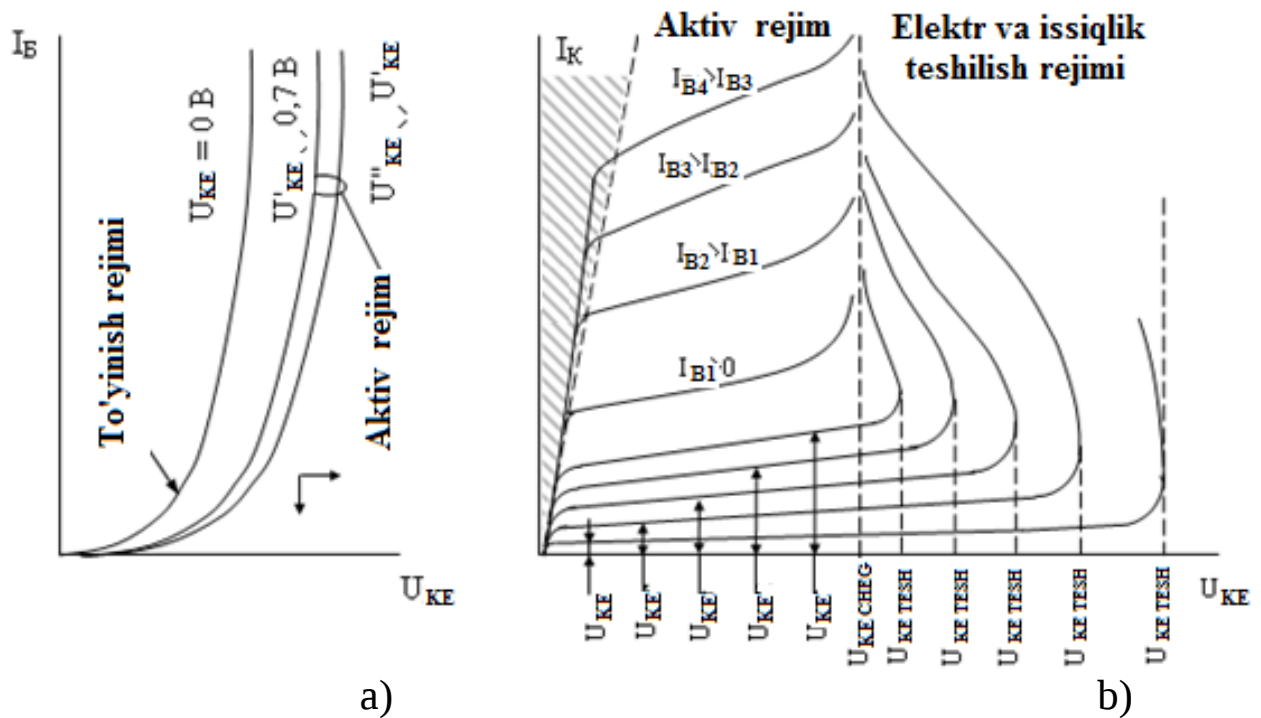
Umumiy ma'lumotlar:

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

$$\begin{cases} u_{EB} = f(i_B, u_{KE}) \\ i_K = f(i_B, u_{KE}) \end{cases} \quad (6.1)$$

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

BT kirish xarakteristikolari oilasi 6.1 a- rasmda, chiqish xarakteristikalar oilasi 6.1 b-rasmda keltirilgan.



6.1-rasm. BTning kirish va chiqish VAXlari oilasi

Xarakteristikalarining har biri quyidagi bog‘liqlik bilan ifodalanadi:

$$u_{EB} = f(i_B), \quad u_{KE} = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \quad (6.2)$$

$$i_K = f(u_{KE}), \quad i_B = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \quad (6.3)$$

Kichik amplitudali siganllar bilan ishlanganda $I_{Bm}, U_{BEm}, I_{Km}, U_{KEm}$ $i_B(0)$ va $U_{KE}(0)$ qiymatlar bilan beriladigan ixtiyoriy ishchi nuqta atrofidagi noxiziqli bog‘liqliklar (6.1-6.3), chiziqli tenglamalar bilan almashtirilishi mumkin, masalan tranzistorning h- parametrlar tizimidan foydalanib.

$$\begin{cases} U_{BEm} = h_{11}I_{Bm} + h_{12}U_{KEm} \\ I_{Km} = h_{21}I_{Bm} + h_{22}U_{KEm} \end{cases} \quad (6.4)$$

yo'zish mumkin, bu yerda

$$\begin{aligned}
 h_{11E} &= \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B}, \quad u_{KE} = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \\
 h_{21E} &= \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B}, \quad u_{KE} = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \\
 h_{12E} &= \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta u_{KE}}, \quad i_B = \text{const} \quad \text{bo'lganda} \\
 h_{22E} &= \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KE}}, \quad i_B = \text{const} \quad \text{bo'lganda}
 \end{aligned} \tag{6.5}$$

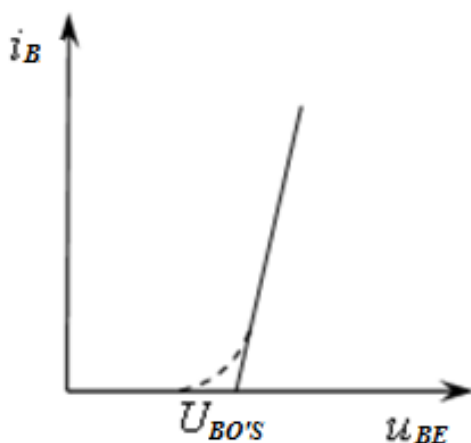
h- parametrlar (6.5) formulalari yordamida xarakteristikalar oilasidan aniqlanishi mumkin (h_{11E} va h_{12E} – kirish xarakteristikalar oilasidan, h_{21E} va h_{22E} – chiqish xarakteristikalar oilasidan).

Amaliy hisoblarda ko'pincha BT statik xarakteristikalarini bo'lakli - chiziqli approksimatsiyasidan ham keng foydalanishadi. (6.2- rasmga qarang).

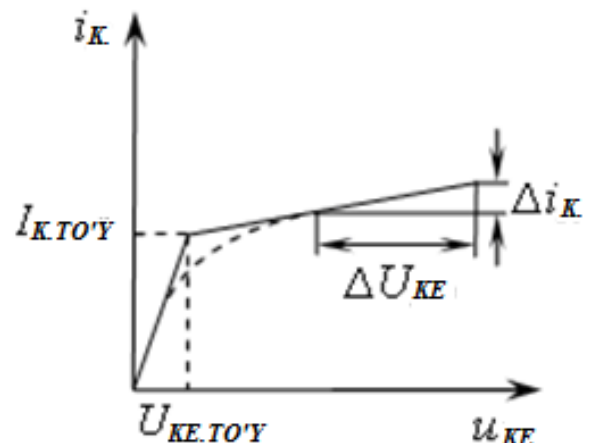
Approksimatsiyalangan kirish xarakteristiklari uchun

$$\begin{cases} u_{BE} < U_{BO'S} \text{ bo'lganda } - i_B = 0 \\ u_{BE} > U_{BO'S} \text{ bo'lganda } - i_B = \frac{u_{BE} - U_{BO'S}}{r_{KIR}} \end{cases} \tag{6.6}$$

ga egamiz.



a)



b)

6.2-rasm. BT statik xarakteristikalarini bo'lakli- chiziqli approksimatsiyasi

Chiqish xarakteristikalarini uchun esa

$$i_K = \begin{cases} \frac{u_{KE}}{r_{K.TOY}}, & U_{KE} < U_{KE.TOY}, \quad (to'y.-rejimi) \\ \beta i_B + \frac{u_{KE}}{r_K^*}, & (aktiv_rejim) \end{cases} \quad (6.7)$$

6.6 va 6.7 formulalarda

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

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

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

$$r_{K.TOY} = \frac{\Delta u_{KE}}{\Delta i_K}, \quad i_B = const \quad \text{va} \quad u_{KE} < U_{KE.TOY} \quad (6.8)$$

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

$$r_K^* = \left. \frac{\Delta u_{KE}}{\Delta i_K} \right|_{i_B = const \quad \text{va} \quad u_{KE} > U_{KE.TOY}} \quad \text{bo'lganda} \quad (6.9)$$

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

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.

6.1 - jadval

Kirish va boshqarish xarakteristikalarini

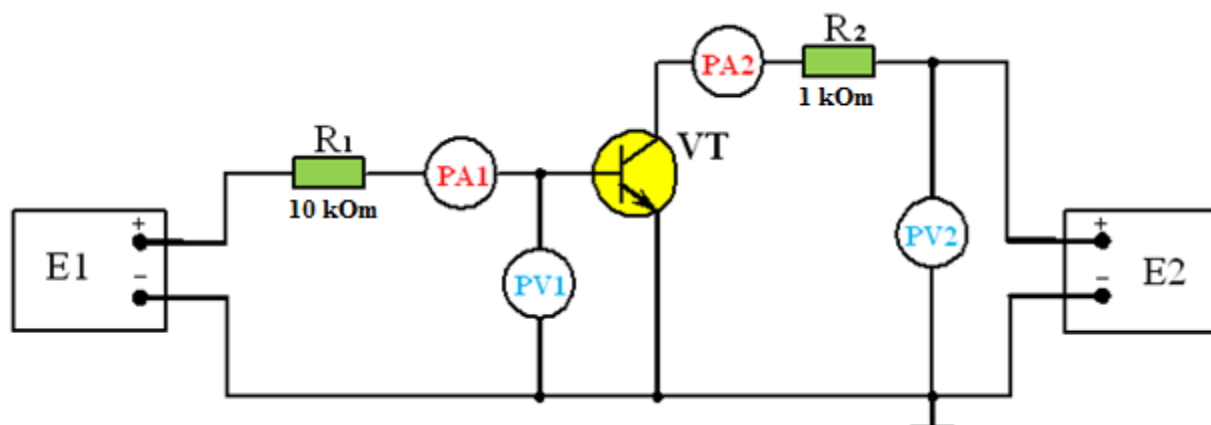
E_B	V	
u_{BE}	V	
i_B	mA	
i_K	mA	

6.2 - jadval

Tranzistor chiqish xarakteristikalari

i_B , mkA			
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
va h.k.			

6.3 – rasmda keltirilgan o‘lchash sxemasini yig‘ing. Rezistor qarshiliklari $R_1 = (5-10) \text{ k}\Omega$ va $R_2 = (510-1000) \Omega$.



6.3-rasm. UE ulanish sxemasidagi BTni tadqiq etish prinsipial sxemasi

$u_{KE} = 5 \text{ V}$ o‘zgarmas kuchlanish qiymatida tranzistorning kirish va boshqarish xarakteristiklarini o‘lchang.

O‘lchash natijalari va hisoblarni 6.1 - jadvalga kiriting.

Chiqish xarakteristiklar oilasini o‘lchang:

Chiqish xarakteristiklari 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.

O'lchash natijalarini ishlash:

Kirish, boshqaruv va chiqish xarakteristikalarini oilasi grafigini quring.

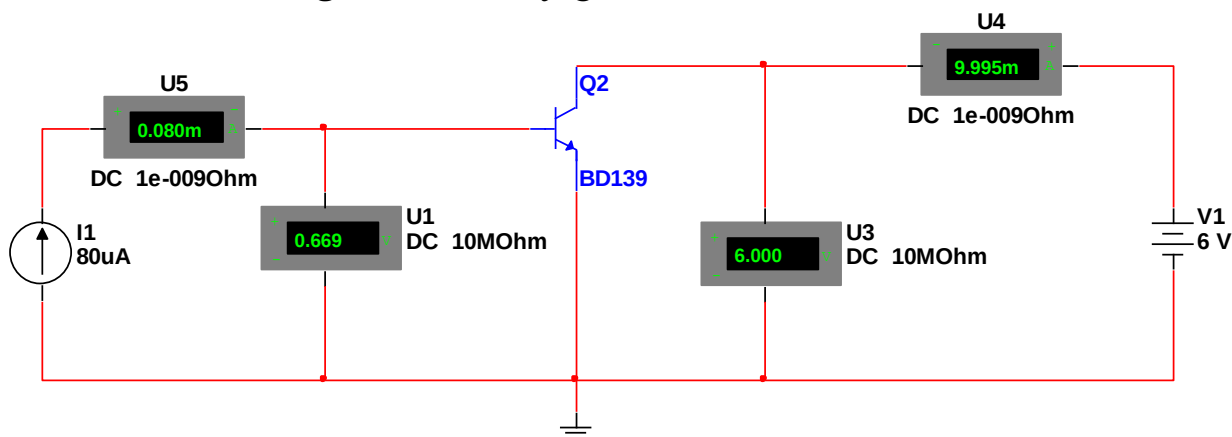
$u_{KE} = 5 \text{ V}$, $i_B = 100 \text{ mkA}$ nuqtada tranzistor parametrlarini aniqlang

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

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

Laboratoriya ishini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamida bajarish uchun topshiriq:

BT VAXini tadqiq etish uchun MultiSim 10.1 dasturiy ta'minotidan foydalanamiz. Bu dastur virtual modellashga asoslangan. MultiSim 10.1 dasturi kutubxonasidan BD139 markali tranzistorni tanlaymiz. BTnig kirish, boshqaruv va chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash uchun 6.4-rasmda keltirilgan sxemani yig'amiz.



6.4- rasm. UE ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamida tadqiq etish sxemasi

Kirish va boshqarish xarakteristikalarini o'lchash uchun chiqish kuchlanishi qiymatini o'zgarmas ushlab turgan holda kirishdagi tok qiymatini I_1 tok manbai yordamida o'zgartirib borib, V_1 voltmetr ko'rsatmalarini 6.3-jadvalga qayd etib boramiz.

Chiqish xarakteristikalarini oilasini o'lchash uchun kirishdagi tok qiymatini o'zgarimas ushlab turgan holda chiqishdagi tok qiymatini o'zgartirib borib, V2 voltmeter ko'rsatmalarini 6.4-jadvalga qayd etib boramiz.

6.3- jadval

Kirish va boshqarish xarakteristikalarini

E_B	V	
u_{BE}	V	
i_B	mA	
i_K	mA	

6.4 - jadval

Tranzistor chiqish xarakteristikalarini

i_B , mA			
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
	u_{KE}	V	
	i_K	mA	
va h.k.			

6.3 va 6.4-jadvallar asosida tegishli VAXlarni quramiz.

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

1. BT UE ulanish sxemada ishlash prinsipi, 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. UE sxemada ulangan BT chiqish xarakteristikalar oilasida aktiv, berk va to'yinish sohalarini ko'rsating.
4. BT invers ish rejimi deb nimaga aytiladi ?

7- laboratoriya ishi

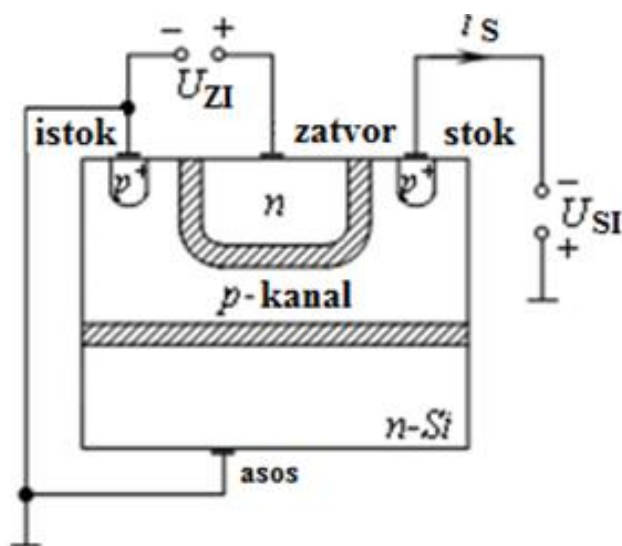
Maydoniy tranzistor statik xarakteristikalarini tadqiq etish

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

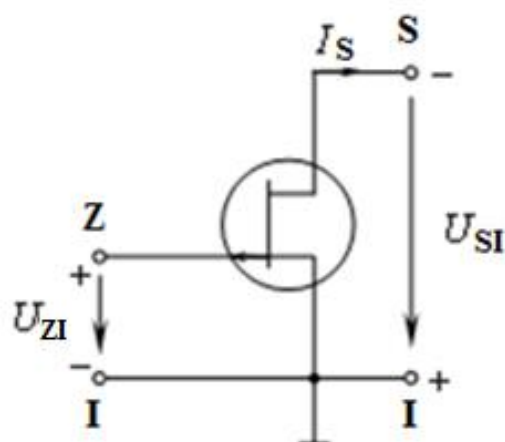
Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik ko'rish:

Laboratoriya ishida tuzilishi va sxemalarda shartli belgilanishi 7.1-rasmda keltirilgani kanali p- turli maydoniy tranzistor tadqiq etiladi.

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. 7.2- rasmda boshqarish xarakteristikasi $I_S = f(U_{ZI})$ keltirilgan.

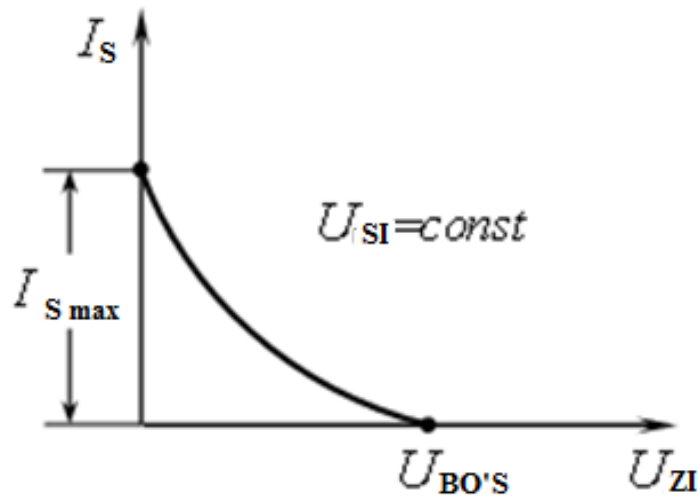


a)



b)

7.1-rasm. Kanali p - turli maydoniy tranzistor



7.2-rasm. Kanali p- turli maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasi

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.

$$I_S = I_{S \max} \left(\frac{1 - U_{ZI}}{U_{BO'S}} \right)^2, \quad (7.1)$$

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

Boshqaruv xarakteristikasidan (7.2- rasm) xarakteristika tikligi aniqlanishi mumkin.

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

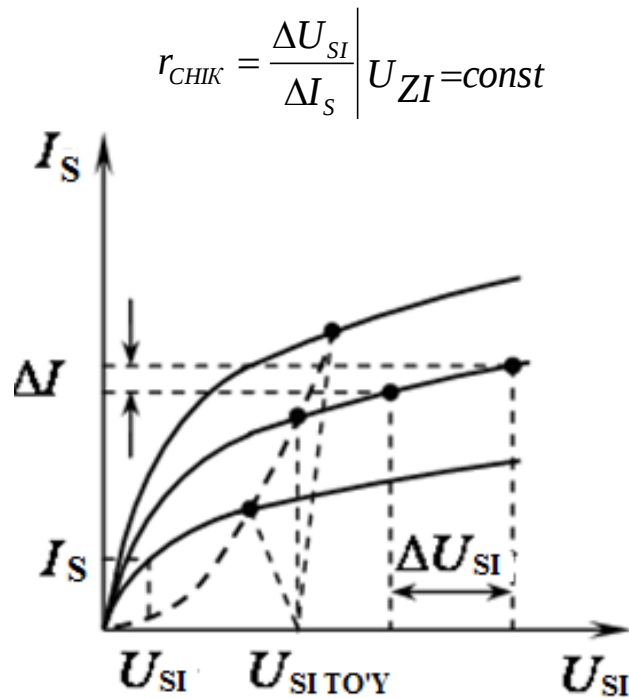
(7.1) approksimatsiyadan foydalanilganda tiklik quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{2I_{S \max}}{U_{BO'S}} \left(1 - \frac{U_{ZI}}{U_{BO'S}} \right), \quad (7.2)$$

Maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasi 7.3 – rasmda keltirilgan. Xarakteristikaning boshlang'ich sohasi ($U_{SI} < U_{SI, TO'Y}$) 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.

$U_{SI} < U_{SI.TO'Y}$ 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 $U_{SI.TO'Y}$ zatvordagi kuchlanish U_{ZI} ga bog‘liq bo‘ladi va quyidagi formuladan aniqlanadi: $U_{SI.TO'Y} = U_{ZI} - U_{BO'S}$. Chiqish xarakteristikasidan (7.3 - rasm) chiqish qarshiligi aniqlanishi mumkin



7.3-rasm. Kanali p- turli maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikasi

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 7.3 – formuladan aniqlanishi mumkin.

$$R_K = \frac{R_{K0}}{1 - \sqrt{\frac{U_{ZI}}{U_{BO'S}}}}, \quad (7.3)$$

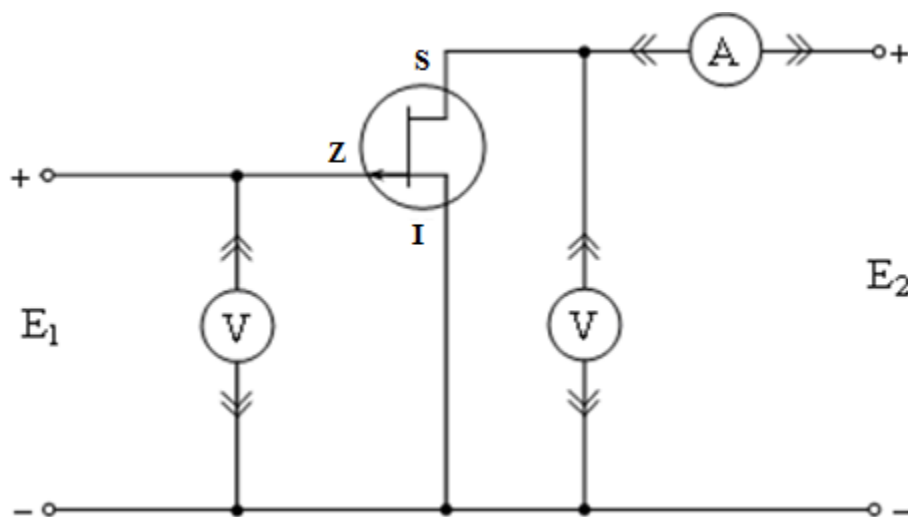
bu yerda $R_{K0} = \frac{U_{BO'S}}{3I_{S_{max}}}$.

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

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

Sokol rasmini chizib oling va tadqiq etilayotgan tranzistorning chegaraviy parametrlari $U_{SI.ChYeG}$, $I_{S.ChYeG}$, P_{ChYeG} qiymatlarini yozib oling. 7.4 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

Stok kuchlanishining $U_{SI}=1/3U_{SI.ChYeG}$ va $2/3U_{SI.ChYeG}$ qiymatlari uchun ikkita boshqaruv xarakteristikasini o'lchang ($U_{SI.ChYeG}$ qiymati pasport ko'rsatmalaridan olinadi). O'lchash natijalarini 7.1 – 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.



7.4-rasm. UI ulanish sxemasidagi MTni tadqiq etish prinsipial sxemasi

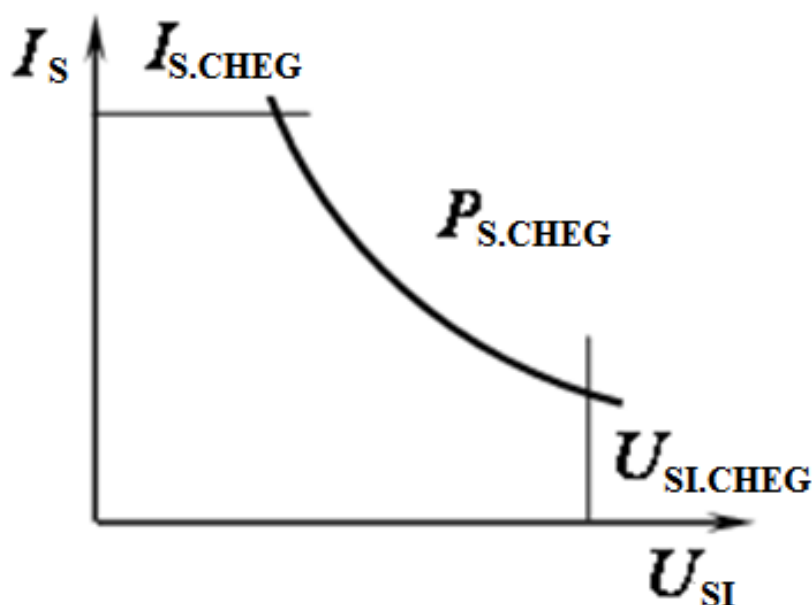
Zatvordagi kuchlanishning uchta qiymatida ($U_{ZI}=0$; $0,25U_{BO'S}$; $0,5U_{BO'S}$) chiqish xarakteristikalar oilasi $I_S=f(U_{SI})$ ni o'lchang.

Tajriba o'tkazishdan avval $I_S - U_{SI}$ koordinatalar tizimida tranzistorning ruxsat etilgan ishchi rejimi sohalarini belgilab oling (7.4 - rasm).

7.1 – jadval

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

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



7.4-rasm. $R_{S.ChYeG}$ chizig'ini qurish

Tajribada olingan nuqtalarni 7.2 – jadvalga kiriting va tayyorlangan grafikda ularni belgilang (7.4 - rasm). Bunda tranzistor uchun ishlash ruxsat etilgan sohadan chiqib ketmaslikka e'tibor bering.

7.2 – jadval

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

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

O'lchash natijalarini 7.3 – jadvalga kiriting va ulardan foydalanib $T=40^{\circ}C$ va $80^{\circ}C$ haroratlardagi ikkita boshqaruv xarakteristikasi $I_S=f(U_{ZI})$ ni quring.

7.3 - jadval

U_{ZI}, V	I_S, mA	
	$T=40^0C$	$T=80^0C$

Tajribada olingan natijalarni ishlash.

Yuqorida oʻlchangan boshqaruv xarakteriskalarini 7.1 – ifoda yordamida approksimatsiyalang. Approksimatsiya natijalarini qurilgan $I_S=f(U_{ZI})$ grafigida aks ettiring.

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

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

S qiymatini xuddi shu nuqta uchun 7.2 – formula yordamida ham aniqlang.

Yuqorida oʻlchangan chiqish xarakteristikalar oilasida $U_{SI\ TO\ Y}=U_{ZI}-U_{BO\ S}$ oraliqqa mos keluvchi, chiziqli rejim bilan toʻyinish rejimi orasidagi chegarani koʻrsating.

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

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

Hisoblashlar natijalarini 7.4 – jadvalga kiriting va ulardan foydalanib chiziqli rejim uchun r_{ChIQ} ning U_{ZI} ga bogʻliqlik grafigini quring.

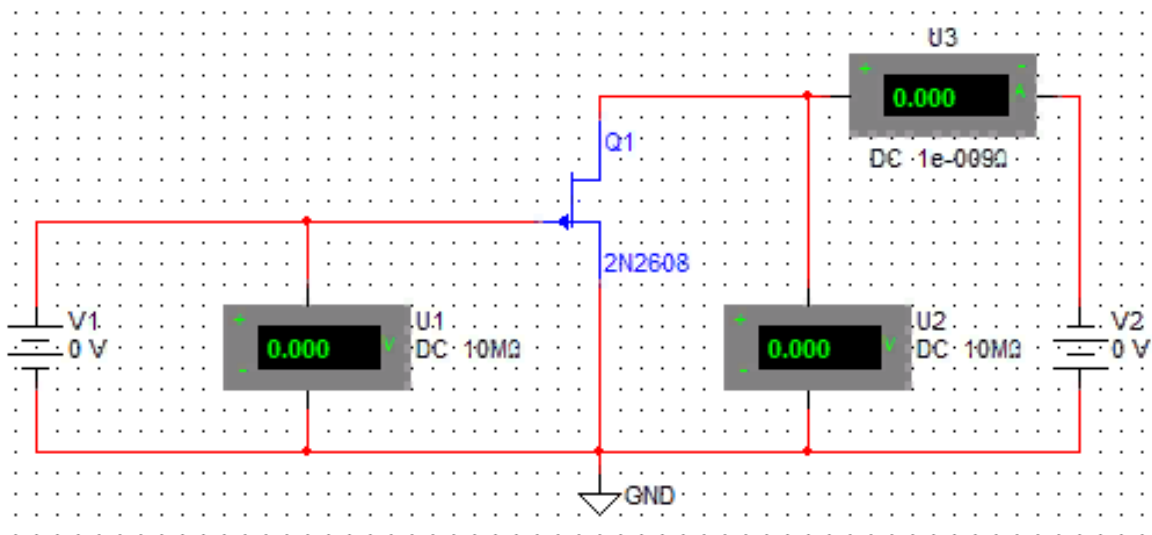
7.4 – jadval

U_{ZI}, V	R_{ChIQ}, kOm	
	$U_{SI}=1/3U_{SI.ChYeG}$	$U_{SI}=0$
$U_{ZI}=0$		
$U_{ZI}=0,25U_{ChYeG}$		
$U_{ZI}=0,5U_{ChYeG}$		

Yuqorida oʻlchangan boshqaruv xarakteristikalarida, turli haroratlarda oʻlchangan boshqaruv xarakteristikalari kesishadigan termo barqaror nuqtaning I_{ST} va U_{ZI} koordinatalarini aniqlang.

**Laboratoriya ishini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti
yordamida bajarish uchun topshiriq:**

MT VAXini tadqiq etish uchun MultiSim 10.1 dasturiy ta'minotidan foydalanamiz. Bu dastur virtual modellashga asoslangan. MultiSim 10.1 dasturi kutubxonasidan 2N2608 markali tranzistorni tanlaymiz. MTning uzatish (boshqaruv) va chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash uchun 7.5-rasmda keltirilgan sxemani yig'amiz.



*7.5- rasm. UI ulanish sxemasidagi MTni statik VAXlarini
MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamida tadqiq etish sxemasi*

Uzatish (boshqarish) xarakteristikalarini o'lchash uchun chiqish kuchlanishi U2 qiymatini o'zgarmas ushlab turgan holda kirishdagi kuchlanish qiymatini V1 kuchlanish manbai yordamida o'zgartirib borib U1 va U3 ko'rsatmalarini 7.5-jadvalga qayd etib boramiz.

Chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash uchun kirishdagi kuchlanish U1 qiymatini o'zgarmas ushlab turgan holda chiqishdagi tok qiymati U3ni o'zgartirib borib, U2 voltmetr ko'rsatmalarini 7.6-jadvalga qayd etib boramiz.

7.5 - jadval

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

U_{ZI}, V	$R_{ChIQ}, k\Omega$	
	$U_{SI}=1/3U_{SI\ ChYeG}$	$U_{SI}=0$
$U_{ZI}=0$		
$U_{ZI}=0,25U_{ChYeG}$		
$U_{ZI}=0,5U_{ChYeG}$		

7.5 va 7.6-jadvallar asosida tegishli VAXlarni quramiz.

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.

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 differensial 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 haroratlarda o'lchangan zatvori p-n o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasini tasvirlang. Bu xarakteristikalarda haroratga barqaror nuqtalarning mavjudligi nima bilan tushuntiriladi ?

8- laboratoriya ishi

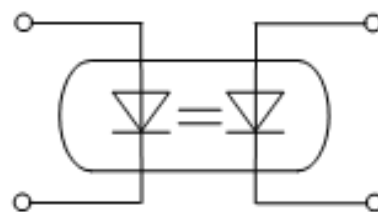
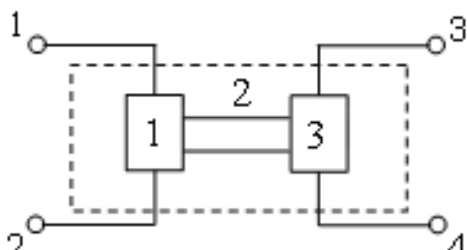
Optronni tadqiq etish

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

Umumiy ma'lumotlar:

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

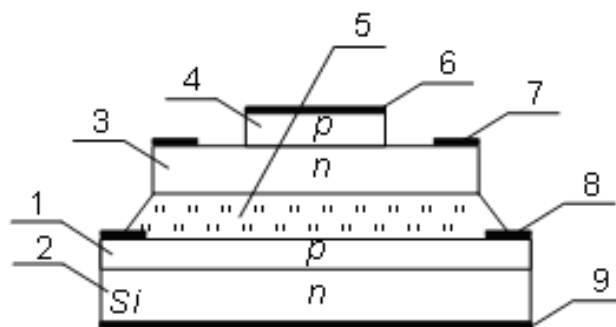
Eng sodda diodli optron (8.1 – rasm) uchta elementdan tashkil topgan: fotonurlatgich 1, nur o'tkazgich 2 va foto qabul qilgich 3 bo'lib, yorug'lik nuri tushmaydigan germetik korpusga joylashtirilgan. Kirishga elektr signali berilsa fotonurlatgich qo'zg'otiladi. Yorug'lik nuri nur o'tkazgich orqali foto 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 konstruksiyasi esa 8.3– rasmda keltirilgan.



8.1-rasm. Diodli optron tuzilmasi 8.2-rasm. Diodli optronning shartli belgisi

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

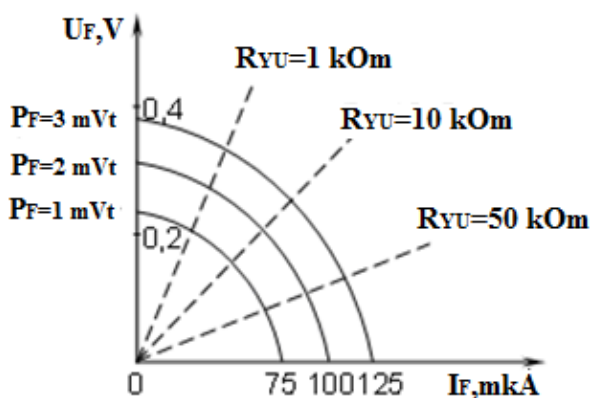
Fotodiod oddiy n-p o'tish bo'lib, ko'p xollarda kremniy yoki germaniydan yasalanadi. Undagi teskari tok yorug'lik nuri tushishi natijasida yuzaga kelayotgan zaryad tashuvchilar generatsiyasi tezligi bilan aniqlanadi. Bu hodisa ichki fotoeffekt deb yuritiladi.



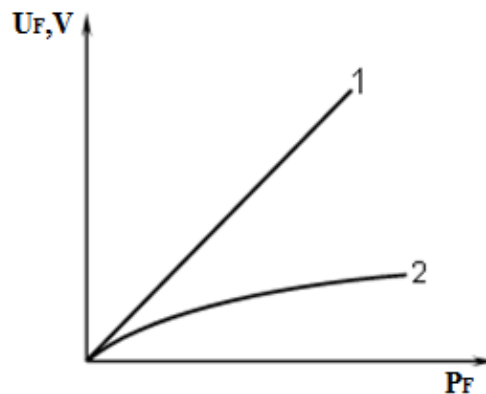
8.3-rasm. Diodli optron konstruksiyasi

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

Fotodiodni qo‘llash bo‘yicha ikkita rejim mavjud: tashqi manbasiz – ventilli yoki fotovoltaik va tashqi manbali – fotodiodli 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. Ventilli fotoelement chiqish xarakteristikasi



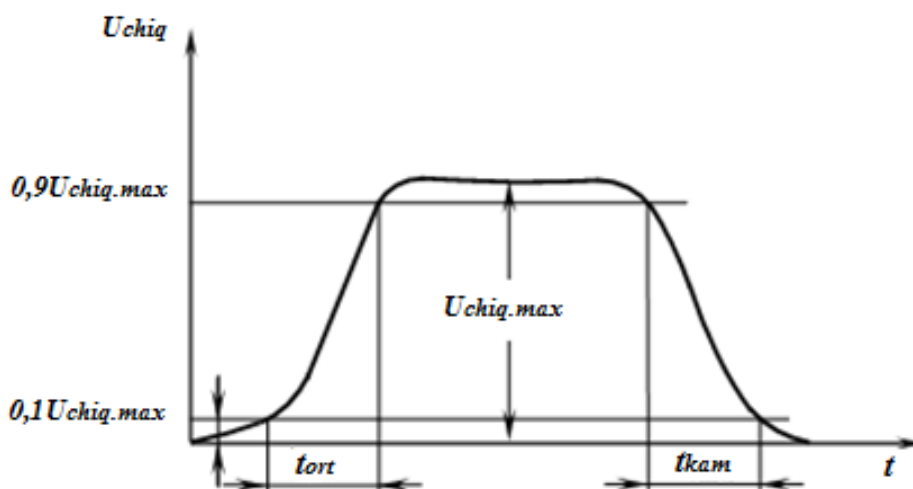
8.5-rasm. Yuklama qarshiligining optik nurlanish quvvatiga bog‘liqligi

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'liqliklari 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 yerda β - fototranzistor baza tokining statik kuchaytirish koeffitsiyenti.



8.6-rasm. Optron inersionligi

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

Diodli optronning quyidagi asosiy parametrlarini ko'rsatish mumkin:

maksimal kirish toki I_{KIRmax} ;

maksimal kirish kuchlanishi U_{kirmax} ;

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

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

chiqishdagi teskari qorong'ulik toki $I_{ChIK.tesk. k}$;

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 koefitsiyenti K_I – chiqish toki o'zgarishining kirish tokiga nisbati $K_I = (I_{ChIK} - I_{ChIK.tesk.q.})/I_{KIR}$.

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

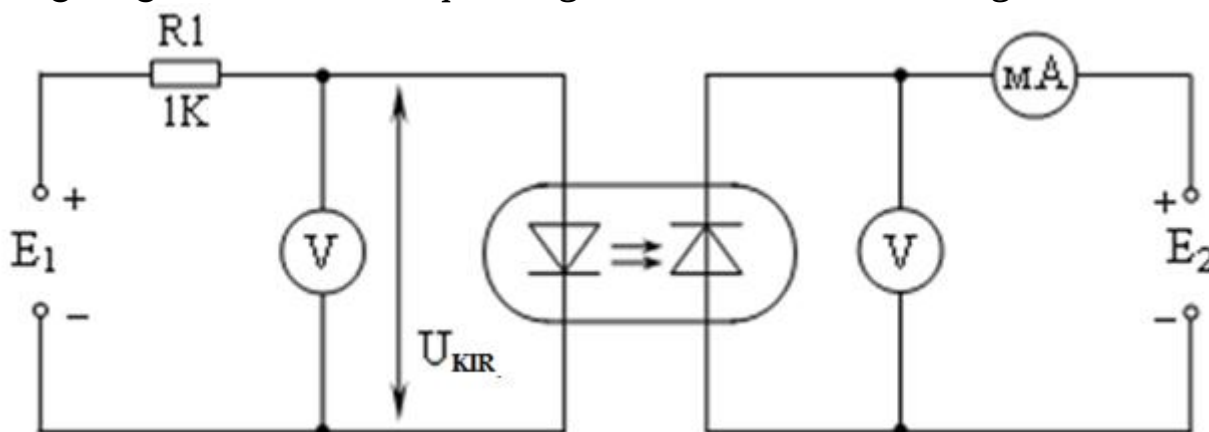
Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

Tadqiq etilayotgan optron prinsipial sxemasini va chegaraviy qiymatlarini yozib oling.

Diodli optron xarakteristikasini tadqiq etish

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

E_1 ni o'zgartirib borib, optronning kirish xarakteristikasi $I_{KIR} = f(U_{KIR})$ ni o'lchang. Yorug'lik diodi kirishidagi qarshilik $R1$ dan ancha kichik bo'lganligi sababli, kirish qarshiligini $I_{KIR} = E1/R1$ deb oling.



8.7-rasm. Diodli optronni tadqiq etish prinsipial sxemasi

O'lchash natijalarini 8.1 – jadvalga kiriting.

8.1 – jadval

$E1, V$	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR} = E1/R1, mA$	

$E2=0$ deb oling. $E1$ 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

$E1, V$	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR} = E1/R1, mA$	

$E2=5 V$ oʻrnatib. Yuqoridagi oʻlchashlarni fotodiodli rejim uchun takrorlang. Oʻlchash natijalarini 8.2 – jadvalga oʻxshab 8.3 – jadvalga kiriting.

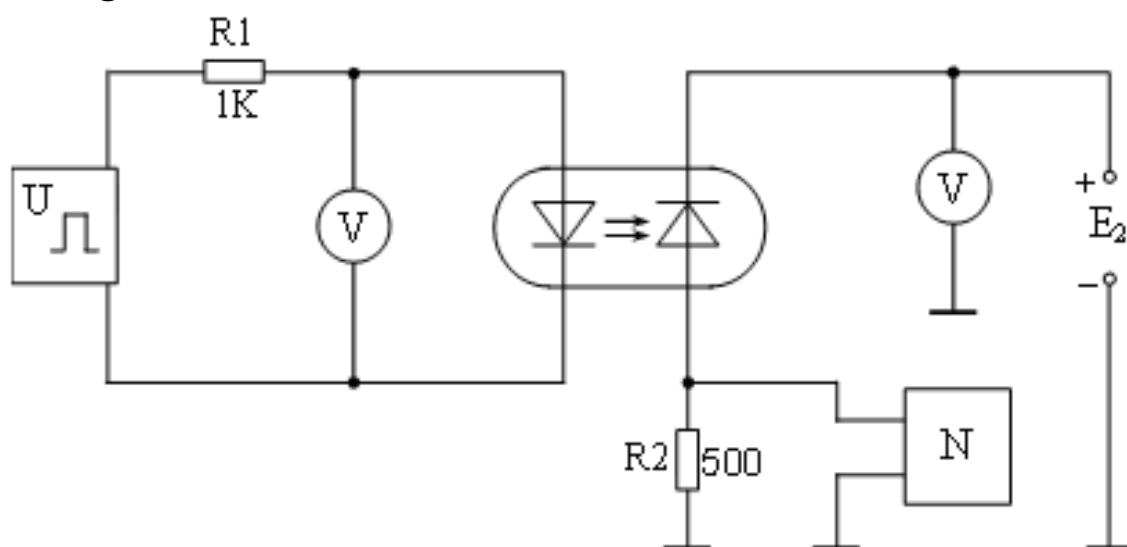
8.3 – jadval

$E1, V$	
U_{KIR}, V	
$I_{KIR} = E1/R1, mA$	

Optron chiqishidagi signalning ortib borish $t_{ort.}$ va kamayib borish $t_{kam.}$ vaqtlarini oʻlchang.

8.8–rasmda keltirilgan sxemani yigʻing, yorugʻlik diodi zanjiriga impuls generatorini ulang. Generator chiqishida amplitudasi 5V va chastotasi 1kGts boʻlgan impulsni oʻrnatib. $R2$ qarshilikka 1:10 kuchlanish boʻluvchisi orqali ossillograf ulang. (Ossillografning boshqa kanalidan generator chiqishidagi impuls amplitudasini oʻlchash uchun foydalaning). $E2=5 V$ oʻrnatib va chiqish toki ossillogrammasidan signalning ortib borish $t_{ort.}$ va kamayib borish $t_{kam.}$ vaqtlarini oʻlchang.

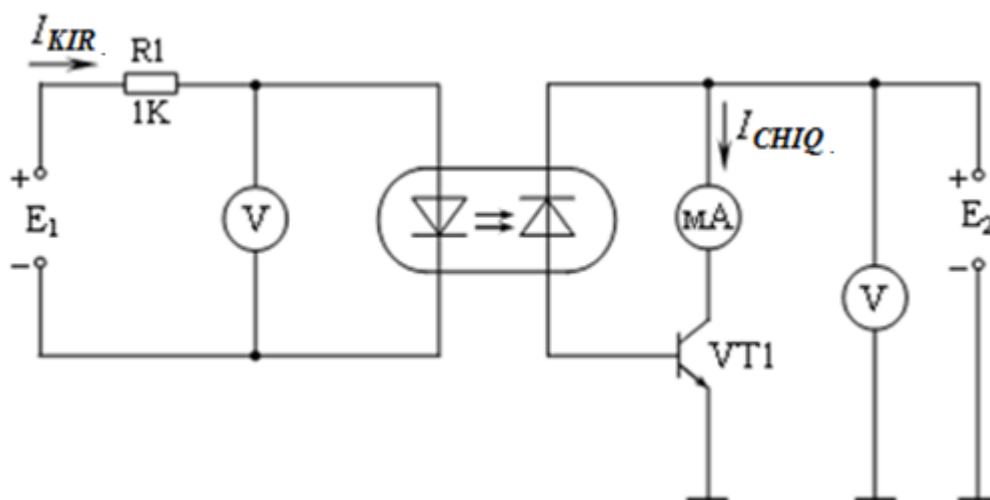
$E2=0$ ni oʻrnatib va fotovoltaik rejim uchun vaqt oʻlchovlarini takrorlang.



8.8-rasm. Yorugʻlik diodi zanjiriga impuls generatorini ulash

Tranzistorli optron xarakteristikalarini tadqiq etish

8.9 – rasmda keltirilgan sxemani yig‘ing, $E_2=5\text{ V}$ o‘rnatib.



8.9-rasm. Tranzistorli optron xarakteristikalarini tadqiq etish

(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	
$I_{KIR}=E_1/R_1, \text{mA}$	

Tajribada olingan natijalarni ishlash

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

Diodli va fotovoltaik rejimlar uchun optron uzatish xarakteristikalarini quring va $I_{KIR}=10\text{ mA}$ qiymatida tok bo‘yicha uzatish ko‘effitsiyentini K_I aniqlang.

Diodli optronda signal tarqalishining o‘rtacha kechikish vaqtini hisoblab toping.

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

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

Hisobot mazmuni

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

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 inersionligi sababi nima ?
5. Fototranzistor inersionligiga sabab nimada ?
6. Yorug'lik diodi ishlash prinsipini tushuntirib bering.
7. Nima uchun optronlar elektr zanjirlarni ajratishda qo'llaniladi ?

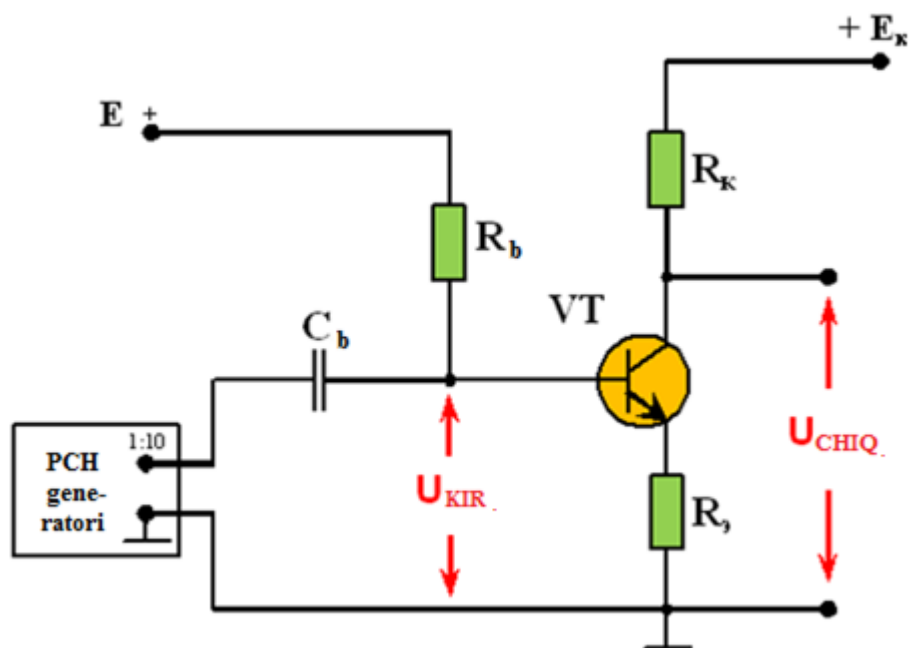
9- laboratoriya ishi

BT asosida yaratilgan kuchaytirgich bosqichini tadqiq etish

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

Umumiy ma'lumotlar:

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



9.1-rasm. UE sxemada ulangan BTda yasalgan sodda kuchaytirgich bosqichi sxemasi

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

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

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'zgaras 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:

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

$$\text{Bu yerda } R_{Yu} \approx \frac{R_K R_{Yu}}{R_K + R_{Yu}}; \quad r_E = \frac{u_T}{I_E(0)} \approx \frac{26mV}{I_K(0)}.$$

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

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

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

O'zgaras tok bo'yicha tranzistor rejimini o'rnatish

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

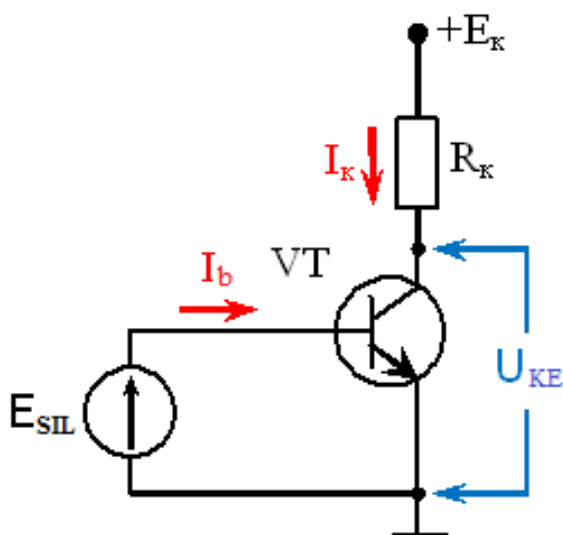
$$E_2 = 10V$$

$$R_E = 100 \text{ Om } (R_E = 1 \text{ kOm}),$$

$$R_K = 3,3 \text{ kOm}$$

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

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



9.2-rasm. Kuchaytirgich bosqichi sxemasining BT ishchi nuqtasini aniqlovchi qismi

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

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

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

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

va baza tokini statik uzatish koefitsiyenti

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

O'lchash va hisob natijalarini 9.1-jadvalga kiriting.

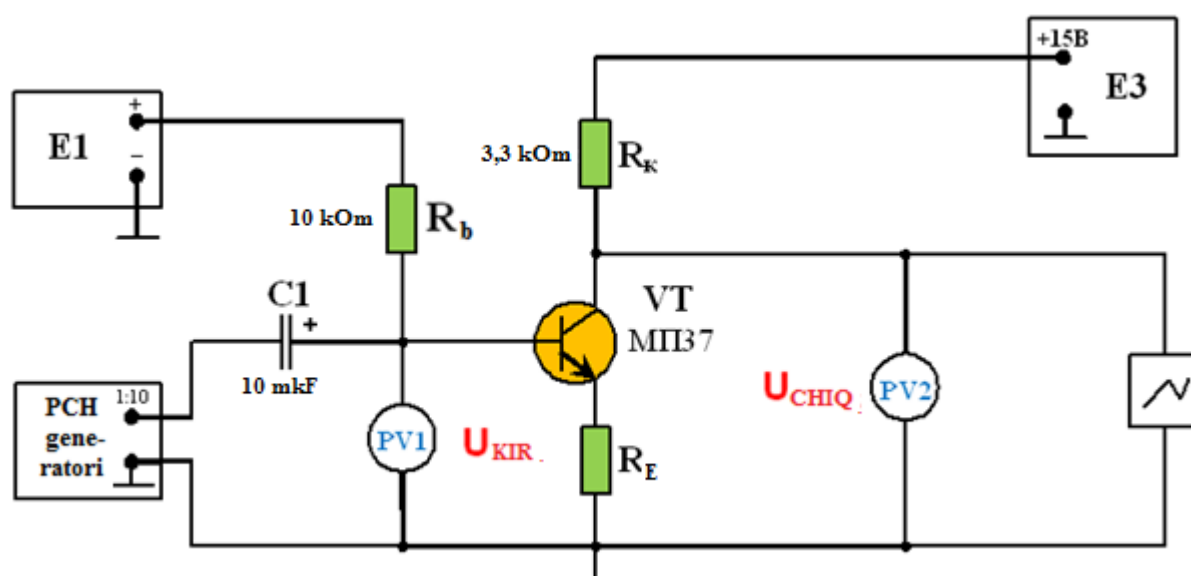
Yuqoridagi o'lchash va hisoblarni boshqa ikkita ishchi nuqta uchun takrorlang ($U_{KE}(0) = 0,25E_2$ va $U_{KE}(0) = 0,75E_2$).

(*) Real sxemalarda $E_1 = E_2$ qilib hamda mos R_B kattaliklari tanlanadi

$U_{KE}(0), V$	2,5	5	7,5	Formula
E_1				
$U_{BE}(0), V$				
$I_B(0), mA$				9.6
$I_K(0), mA$				9.7
β				9.8

Kuchaytirgich bosqichi asosiy parametrlarini oʻlchash

9.3 – rasmda keltirilgan sxemani yigʻing (oldingi bandda yigʻilgan sxemani toʻldiring).



9.3-rasm. Kuchaytirgich bosqichi asosiy parametrlarini oʻlchash sxemasi

$U_{KE}(0) = 0,5E_2$ ishchi nuqtani oʻrnatish.

Voltmetrlarni oʻzgaruvchan kuchlanishlarni oʻlchash rejimiga oʻtkazing.

Sxema kirishi va chiqishiga ossillograf ulang. Signal generatoridan $f=1000Gts$ chastota va U_{gm} amplitudaga ega boʻlgan shunday sinusoidal kuchlanish beringki, sxemaning chiqishida amplitudasi $U_{chiq.m} = U_{kem} = 1-2V$ ga teng boʻlgan oʻzgaruvchan kuchlanish hosil boʻlsin.

Ossillograf yordamida signal buzilishlari yoʻqligiga ishonch hosil qiling. Kuchaytirgich kaskadi chiqishidagi kuchlanish fazasi kirishga nisbatan inverslanayotganligiga ishonch hosil qiling. Kirishdagi oʻzgaruvchan kuchlanish $U_{kir.m} = U_{bem}$, chiqishdagi oʻzgaruvchan

kuchlanish $U_{chiq..m}=U_{kem}$ va (voltmetrni qayta ulab) generator chiqishidagi U_{gm} kuchlanish amplitudalarini o'ldang.

O'ldash natijalarini 9.2 – jadvalga kiriting.

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

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

O'ldashlar asosida kuchaytirish koefitsiyentlari qiymatlarini hisoblang.

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti

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

tok bo'yicha kuchaytirish koefitsiyenti

$$K_I = \frac{I_{chiq.m}}{I_{kir.m}}, \quad (9.13)$$

kirish qarshiligi

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

va baza tokining uzatish differensial koefitsiyenti

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

Natijalarni 9.2 – jadvalga kiriting.

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

Yuqoridagi bandlarda bajarilgan o'lash va hisoblarni boshqa ikkita ishchi nuqta ($U_{KE}(0) = 0,25E_2$ va $U_{KE}(0) = 0,75 E_2$) uchun takrorlang. Uch nuqta yordamida bog'liqlik grafiklarini quring

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

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.

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

Kuchaytirgich bosqichi 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 $K_U = f(R_{Yu})$ bog'liqlikni quring.

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

1. BTli sodda kuchaytirgich bosqichi ishlash prinsipini tushuntiring.
2. BTli sodda kuchaytirgich bosqichi ishchi nuqtasini qaysi parametrlar belgilaydi?
3. Kuchaytirgich differensial 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 koeffitsiyentlari nimalarga bog'liq ?
6. Nima sababli BTli sodda kuchaytirgich bosqichi sxemasida emitter zanjiriga R_E rezistor ulanadi ?

10 – laboratoriya ishi

Operatsion kuchaytirgich parametrlarini tadqiq etish. Operatsion kuchaytirgich asosidagi analog qurilmalarni tadqiq etish

Ishning maqsadi: operatsion kuchaytirgich parametrlarining o'lchash usullarini o'rganish.

Umumiy ma'lumotlar:

Integral ko'rinishda bajarilgan **operatsion kuchaytirgich** (OK) – bu universal analog mikrosxemadir. U ikki kirishli differensial kuchaytirgichda bajarilgan keng polosali o'zgarmas tok kuchaytirgichi bo'lib, chiqishida shakllanayotgan signal kirishdagi signallarning farqiga teng bo'ladi.

Uning chiqishida teskari aloqa zanjirini qo'llab kirishdagi signallar ustidan turli matematik amallar bajarish imkoniyati borligi tufayli ham operatsion kuchaytirgich nomini olgan. Chiqish zanjirini tanlashga qarab OK qo'shish, ayirish, ko'paytirish, o'rta qiymatni aniqlash, integrallash, differensiallash, logarifmlash va boshqa amallarni bajarish uchun qo'llanilishi mumkin. Amallarni bajarish aniqligi OKning kuchaytirish

koeffitsiyenti va kirish qarshiligi qancha katta, chiqish qarshiligi esa qancha kichik bo'lsa, shuncha yuqori bo'ladi.

OK ni xarakterlovchi parametrlar soni bir necha o'n qiymatga yetadi.

Ularga quyidagilar kiradi:

- **teskari aloqasiz OK kuchaytirish koeffitsiyent** - K_U . K_U ning teskari aloqasiz qiymati bir necha o'n – yuz mingni tashkil etadi;

- **sinfaz kirish signallarning so'nish koeffitsiyenti** – $K_{TA.SF}$. OKning ikkala kirishiga berilayotgan signallarni so'ndirish qobiliyatini baholaydi. Odatda, $K_{TA.SF}$ detsibellarda ifodalanadi:

$$K_{TA.SF} = 20 \lg \frac{TA_{siz_OKning_kuchaytirish_koeffitsiyenti}}{sin_faz_signal_kuchaytirish_koeffitsiyenti}$$

- **siljituvchi kirish kuchlanishi** - U_{SIL} . Bu kattalik, OK chiqishida kuchlanish nolga teng bo'lishi uchun, kirishga berish kerak bo'lgan kuchlanish qiymatini belgilaydi. Bu kattalik OKning ideal emasligini xarakterlaydi va kirish kaskadidagi tranzistorlarning bir xil emasligiga asoslangan. Odatda U_{SIL} qiymati millivolt - o'n millivoltlarda bo'ladi;

- **kirish toklari** - I_{KIR} . Chiqishdagi kuchlanish nolga teng bo'lganda kirishlarda oqib o'tadigan tokni bildiradi. Bu toklar kirishdagi bipolyar tranzistorlarning baza toklari yoki OK kirish kaskadida maydoniy tranzistorlar qo'llanilgan bo'lsa zatvordagi sizish toki bilan tushuntiriladi. Odatda I_{KIR} qiymati nanoamper – o'n mikroamper (10^{-10} 10^{-15} A) larda belgilaydi;

- **kirish toklarining farqi** I_{KIR} – 10...20% ga yetishi mumkin. Bu kattalik OK kirish kaskadining simmetrik emasligini ifodalaydi;

- **chiqish kuchlanishining ortib borish tezligi** $V_{u.ChIQ}$ - bu kattalik U_{ChIQ} qiymatini o'zining nominal qiymatidan 10% dan 90% gacha o'zgarishining, shu o'zgarishlarga ketgan vaqtga nisbatiga teng;

- **birlik kuchaytirish chastotasi** - f_1 . Bu kattalik OKda kuchlanishni kuchaytirish koeffitsiyenti birga teng bo'ladigan kirish signali chastotasini bildiradi. Bu kattalik OK kuchaytirishi mumkin bo'lgan signallarning chastota diapazonini belgilaydi.

10.1. a, b – rasmlarda OKning sxemalarda beriladigan shartli belgisi va chiqishlarning vazifalari tasvirlangan.

1 – OKning inverslamaydigan kirishi;

2 – OKning inverslaydigan kirishi;

3,4 – amplituda bilan ulanish uchun xizmat qiladigan chiqishlar;

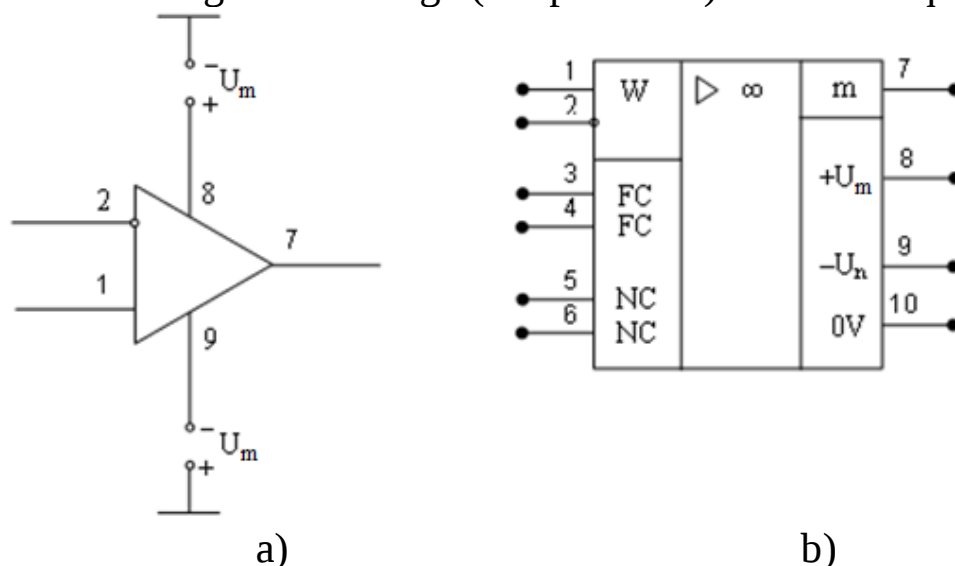
5,6 – balanslovchi tashqi elementlar bilan ulanish uchun xizmat qiladigan chiqishlar;

7 – OK chiqishi;

8 – kuchlanish manbaining musbat ishorali elektrodirga ulanish chiqishi;

9 – kuchlanish manbaining manfiy ishorali elektrodirga ulanish chiqishi;

10 – sxemaning nol shinasiga (nol potentsial) ulanish chiqishi.



10.1-rasm. OKning sxemalarda beriladigan shartli belgisi (a) va chiqishlarning vazifalari (b)

Laboratoriya ishida tadqiq etilayotgan OKning chiqishlarining joylashishi, parametrlari va tahrirlovchi sxemalar ilovada keltirilgan. Shuni yodda tutish kerakki, OK asosidagi prinsipial sxemalarda mavjud manba zanjirlari va standart tahrirlash sxemalari keltirilmasligi mumkin.

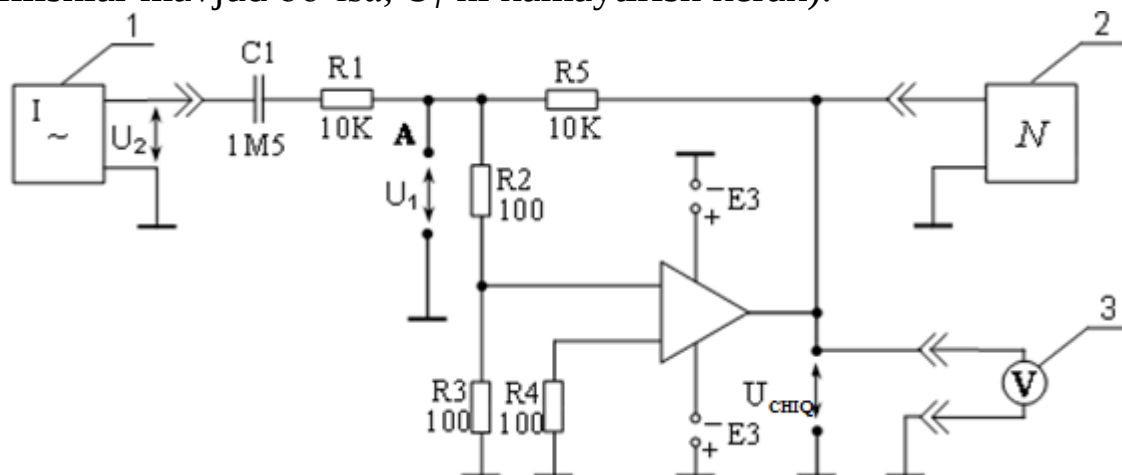
Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

Ilovadan tadqiq etilayotgan OK shartli belgisini chizib oling (chiqish raqamlari va tahrirlash elementi bilan), chegaraviy qiymatlarini yozib oling.

OK kuchaytirish koeffitsiyentining chegaraviy qiymatini aniqlang. Qancha katta qiymatga ega bo'lsa, uni bevosita o'lchash qiyin. Shu sababli K_U qiymati hisoblash natijasida olinadi.

10.2 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing (OK sokoli ilovada keltirilgan). (Shuni eslatib o'tmoqchimizki, chastotani tahrirlovchi sxema yig'ilgan bo'lsa ham uning sxemasi ko'rsatilmagan. Keyinchalik E3 manba elementi ham tushirib qoldiriladi).

Generator chiqishida (1) amplitudasi $U_g=1$ V va chastotasi $f_r=10..20$ Gts bo'lgan sinusoidal signal o'rnatilgan. Bu vaqtda ossillograf ekranida (2) shakli buzilmagan signal kuzatilishi kerak (agar buzilishlar mavjud bo'lsa, U_r ni kamaytirish kerak).



10.2–rasm. OK kuchaytirish ko'effitsiyentining chegaraviy qiymatini aniqlash sxemasi

Voltmetr (3) yordamida o'zgaruvchan U_1 kuchlanish ("A" nuqta bilan umumiy sim orasida) va U_{CHIQ} ni o'lchang, so'ngra K_U quyidagi formula yordamida aniqlang:

$$K_U = \frac{U_{CHIQ}}{U_1} \cdot \frac{R_2}{R_3}$$

OK siljituvchi kuchlanishi (U_{SIL}) va kirish toki (I_{KIR}) ni hisoblab toping.

Bu kattaliklar kichik qiymatga ega bo'lganligi uchun ularni bevosita o'lchash mushkul. Shu sababli ular hisoblash yordamida aniqlanadi.

10.3 – rasmga mos ravishda sxemani yig'ing (sxemada manba va tahrirlash zanjirlari ko'rsatilmagan).

OK inverslamaydigan kirishini (sxemada "+" ishora bilan ko'rsatilgan) umumiy sim bilan ulovchi P1 qayta ulagichni o'rnatilgan (R_1 rezistor o'rniga). Voltmetr ko'rsatayotgan U_{CHIQ1} o'zgarmas kuchlanish qiymatini yozib oling.

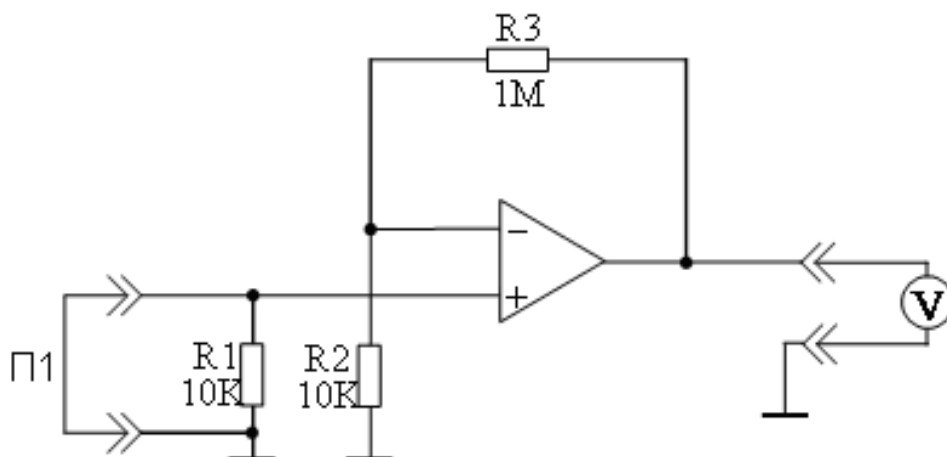
P1 qayta ulagichni olib tashlang va uni OKning inverslamaydigan kirishi bilan R_1 rezistor umumiy simi o'rtasiga o'rnatilgan. Bu vaqtda voltmetr ko'rsatmasi o'zgaradi. Bu qiymatni U_{CHIQ2} deb belgilab, yozib oling.

U_{ChIQ1} va U_{ChIQ2} qiymatlarning ishorasiga e'tibor bergan holda siljitish kuchlanishi

$$U_{SIL} = |U_{ChIQ2} - U_{ChIQ1}| \cdot \frac{R1}{R3}$$

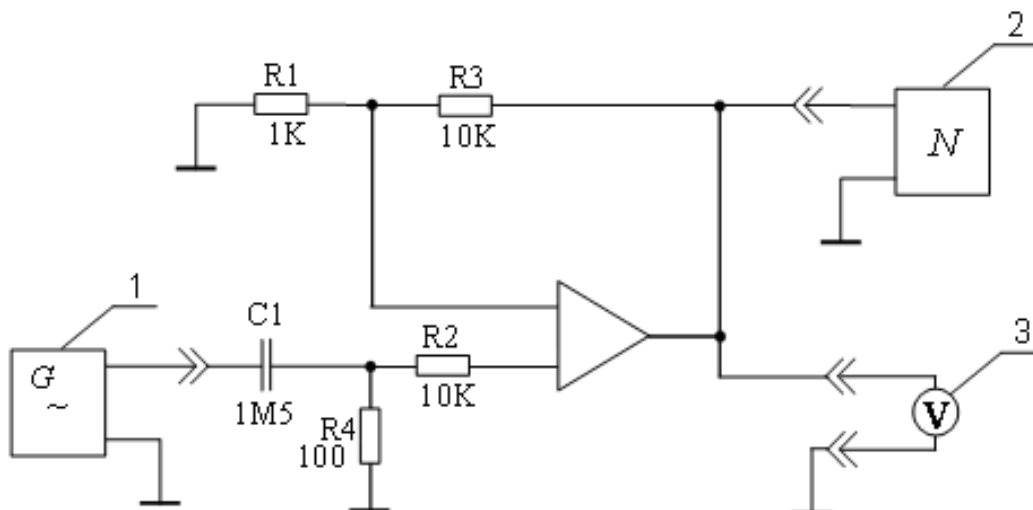
va OK kirish toki I_{KIR}

$$I_{KIR} = \frac{U_{SIL}}{R2}$$



10.3-rasm. OK siljituvchi kuchlanishi va kirish tokini o'lchash sxemasi

OK chiqish kuchlanishining ortib borish tezligi $V_{u.ChIQ}$ ni o'lchash.



10.4-rasm. OK chiqish kuchlanishining ortib borish tezligini o'lchash sxemasi

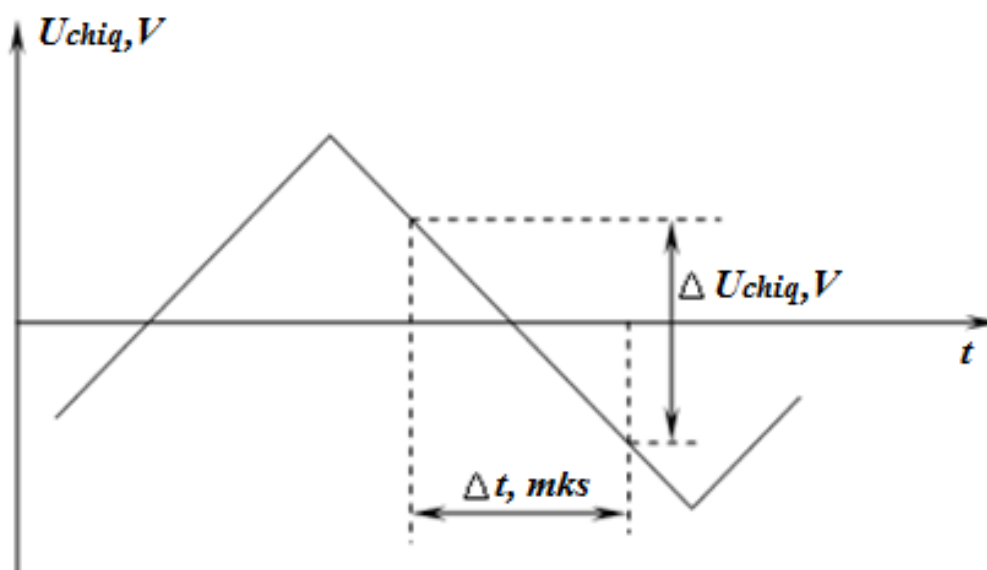
10.4 – rasimga mos ravishda sxemani yig'ing (sxemada manba ko'rsatilmagan).

Generator chiqishidagi signal (U_g) shunday o'rnatilishi kerakki, OK kaskadi chiqishidagi kuchlanish U_{ChIQ} maksimal chegaraviy qiymatga

yaqin bo'lsin, ya'ni chiqishdagi sinusoidal signal chegaraviy qiymatga yaqin bo'lsin, lekin chegaralanmasin. Bu vaqtda generator chastotasini ancha kichik qilib tanlang (0,1...1kGts).

Generator chastotasini orttirib borib, chiqish signali ossillogrammasini kuzatib boring. Kengayish kamaygan sari uchburchak shaklga yaqinlashib boradi (10.5 - rasm).

Generator chastotasini bir necha o'n kGts tartibda o'rnatib hamda kanaldagi kuchlanish "Y" va yoyish tezligi (mks/bo'l)ni kalibrlab, olingan ossillogramma tikligini o'lchang (10.5 - rasm).



10.5–rasm. Chiqish signali ossillogrammasi

Laboratoriya ishini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamidabajarish uchun topshiriq:

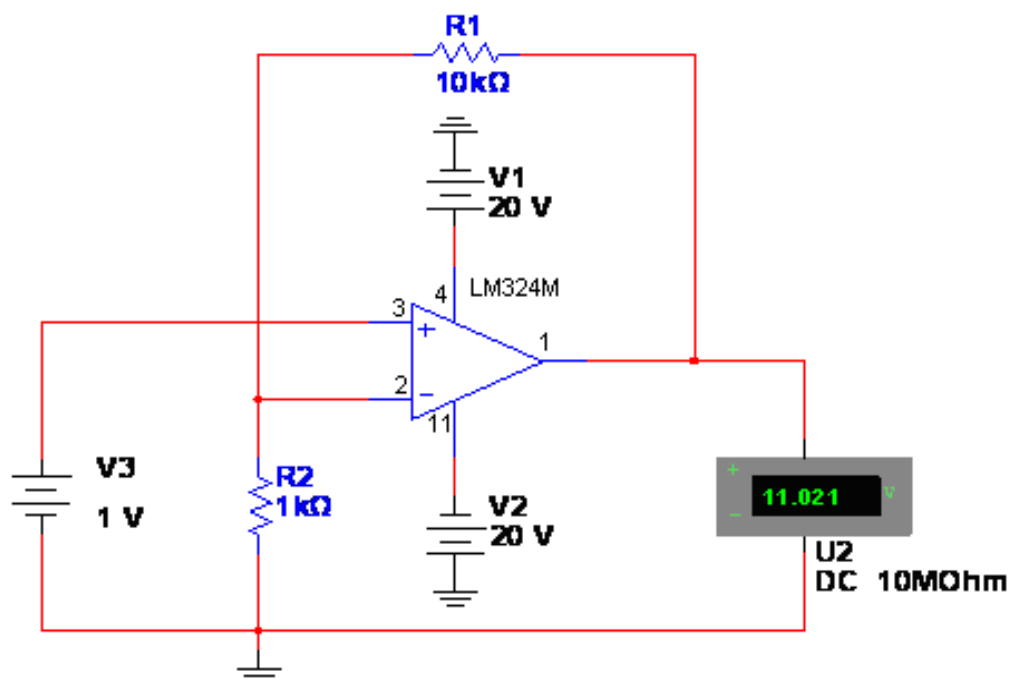
OKni tadqiq etish uchun MultiSim 10.1 dasturiy ta'minotidan foydalanamiz. Bu dastur virtual modellashga asoslangan. MultiSim 10.1 dasturi kutubxonasi LM 324M markali OKni tanlaymiz.

Inverslamaydigan OK uzatish xarakteristikasini tadqiq etish. Buni o'lchash uchun 10.6-rasmida keltirilgan sxemani yig'amiz.

O'lchash natijalarini 10.1-jadvalga kiritamiz.

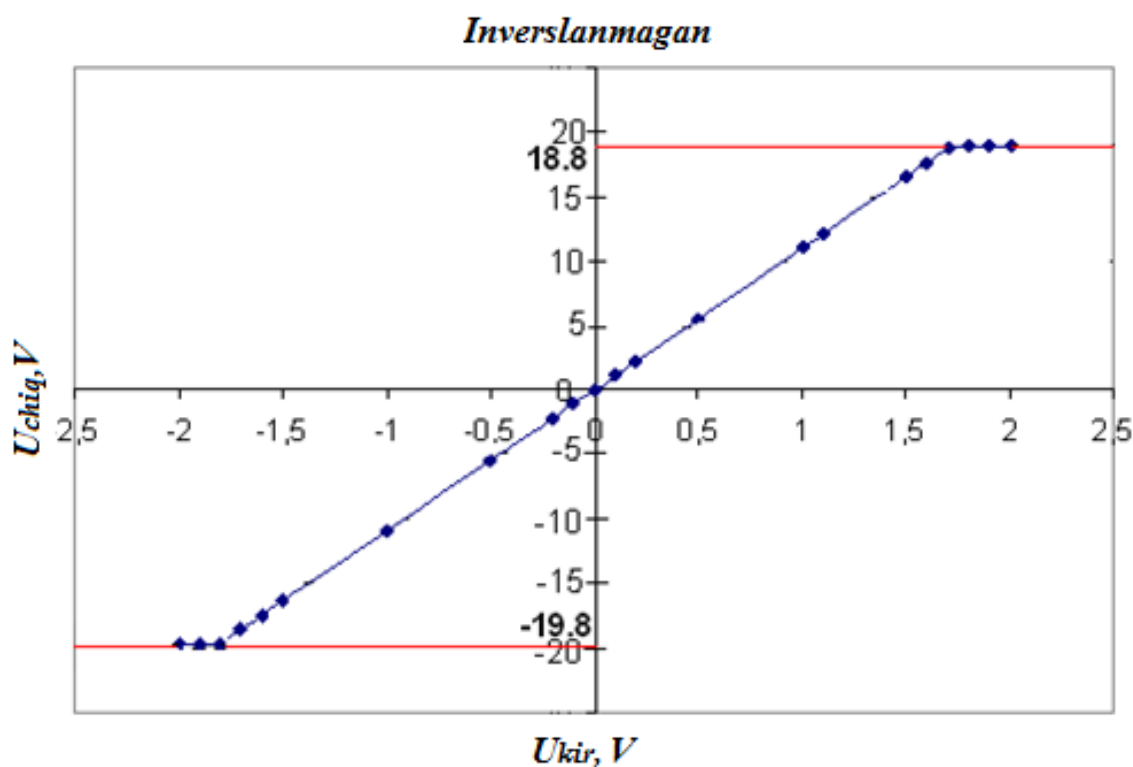
10.1-jadval

U_{kir}, V									
U_{chiq}, V									



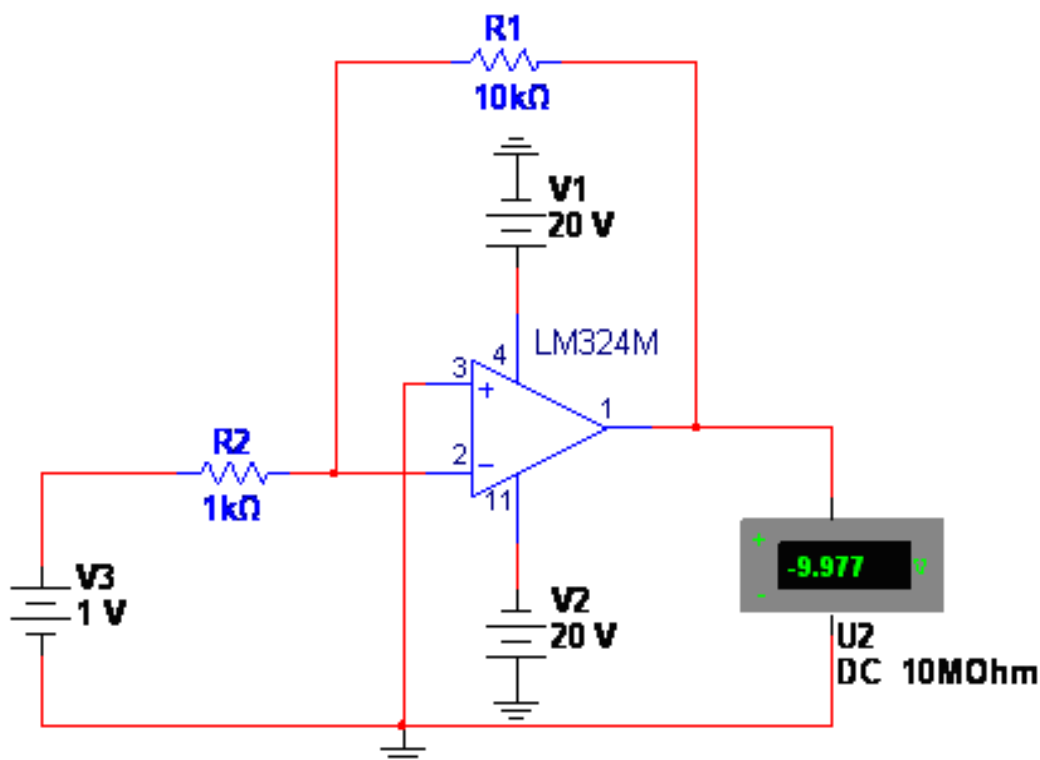
10.6- rasm. Inverslamaydigan OK uzatish xarakteristikasini MultiSim 10.1 dasturiy ta'minoti yordamida tadqiq etish sxemasi

10.1-jadval ko'rsatmalari asosida inverslamaydigan OK uzatish xarakteristikasini tuzamiz. U 10.7-rasmda keltirilgan xarakteristika ko'rinishida bo'lishi lozim.



10.7-rasm. Inverslamaydigan OK uzatish xarakteristikasi

Inverslaydigan OK uzatish xarakteristikasini tadqiq etish. Buni o‘lchash uchun 10.8-rasmda keltirilgan sxemani yig‘amiz.



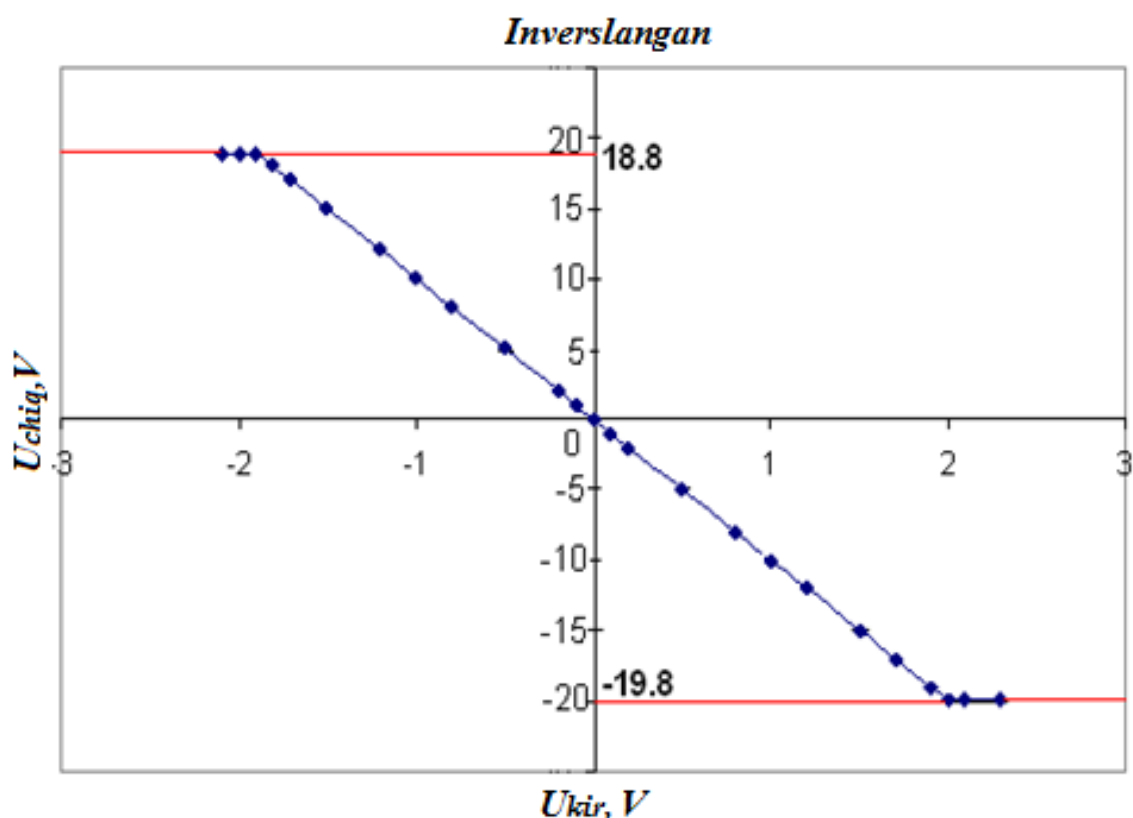
10.8- rasm. Inverslaydigan OK uzatish xarakteristikasini MultiSim 10.1 dasturiy ta’minoti yordamida tadqiq etish sxemasi

O‘lchash natijalarini 10.2-jadvalga kiritamiz.

10.2-jadval

U_{kir}, V									
U_{chiq}, V									

10.2-jadval ko‘rsatmalari asosida inverslaydigan OK uzatish xarakteristikasini tuzamiz. U 10.9-rasmda keltirilgan xarakteristika ko‘rinishida bo‘lishi lozim.



10.9-rasm. Inverslaydigan OK uzatish xarakteristikasi

Hisobot mazmuni:

- tadqiq etilayotgan OK pasport ko'rsatmalari va tahrirlash sxemalari;
- OK parametrlarini o'lchash sxemalari va olingan natijalar.

Nazorat savollari

1. "Ideal" OK parametrlariga qanday talablar qo'yiladi ?
2. Nima sababli OKlar chastota xarakteristikasini tahlilisiz ishlay olmaydilar ?
3. OK siljish kuchlanishi parametri ma'nosini tushuntirib bering.
4. OK kirish tokining o'rtacha qiymati va kirish toklarining farqi parametrlarining fizik ma'nosini tushuntiring. Ular qanday kirish signallarida o'lchanadi?
5. Chiqish kuchlanishi o'sish tezligi parametrning fizik ma'nosini tushuntiring. OK amplituda - chastotaviy xarakteristikasini bilgan holda, bu kattalikni aniqlash mumkinmi ? Agar mumkin bo'lmasa, nima sababli ?

11- laboratoriya ishi

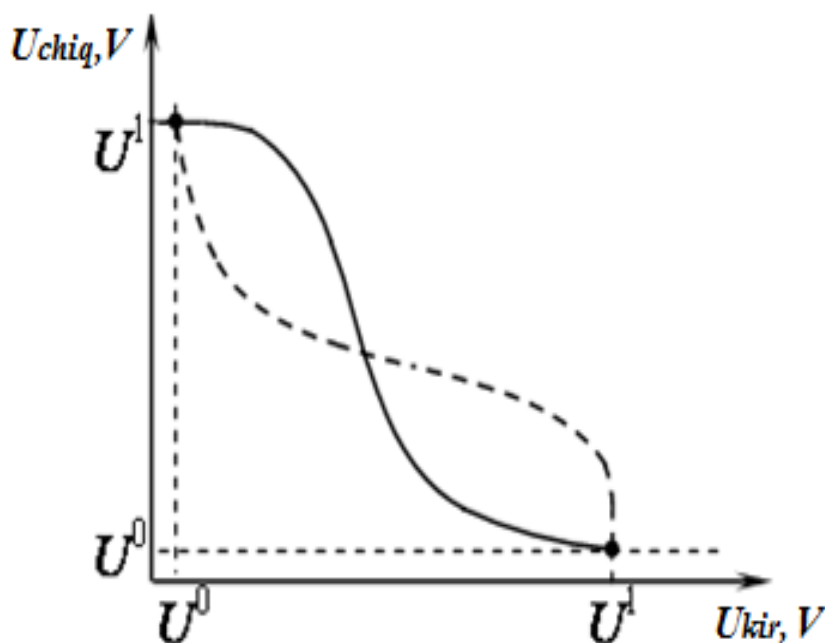
MDYa tranzistorda yasalgan kalitni uzatish xarakteristikasini tadqiq etish

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

Umumiy ma'lumotlar:

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. (11.1-rasm)



11.1-rasm. ME uzatish xarakteristikasi

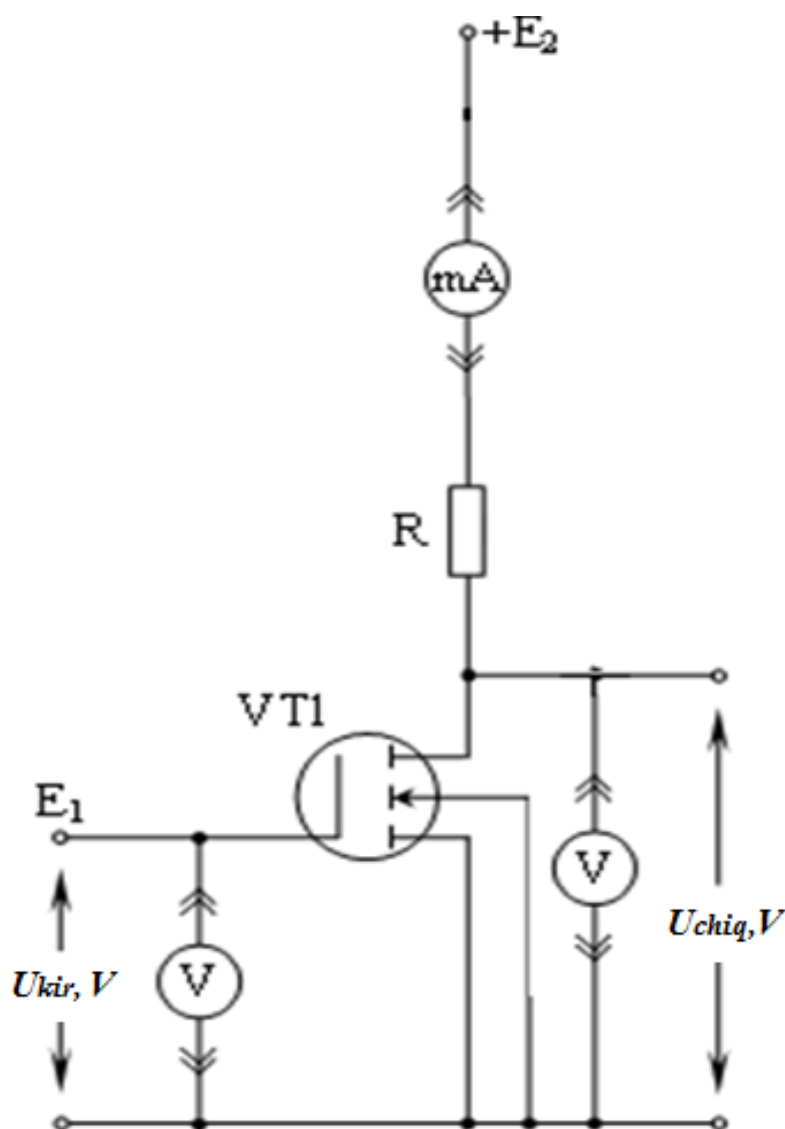
Mantiqiy nol U^0 hamda mantiqiy bir U^1 sathlar uzatish xarakteristikasi va uning ko'zguli aksi (punktir chiziq) kesishgan nuqtalardan aniqlanadi.

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

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

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

n- turdagi kanali induksiyalangan MDYa tranzistorda bajarilgan kalit sxemasi 11.2- rasmda keltirilgan. Sxema $E_2 = 9V$ manbadan ta'minlanadi. Kirish kuchlanishi U_{KIR} roslanuvchi E1 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 prinsipial sxemasini chizib oling va elektrodleri raqamlarini belgilab oling.



11.2-rasm. MDYa-tranzistorda bajarilgan invertorni tadqiq etish prinsipial sxemasi

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.

Tajribada olingan natijalarni ishlash.

Yuqorida olingan uzatish xarakteristikalarini quring.

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 8.1 – jadvalga kiriting.

11.1 – jadval

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

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

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

Hisobot mazmuni:

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

Nazorat savollari

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

ILOVA

tadqiq etiladigan elektron asboblari haqidagi ma'lumotlar

Bipolyar tranzistorlar

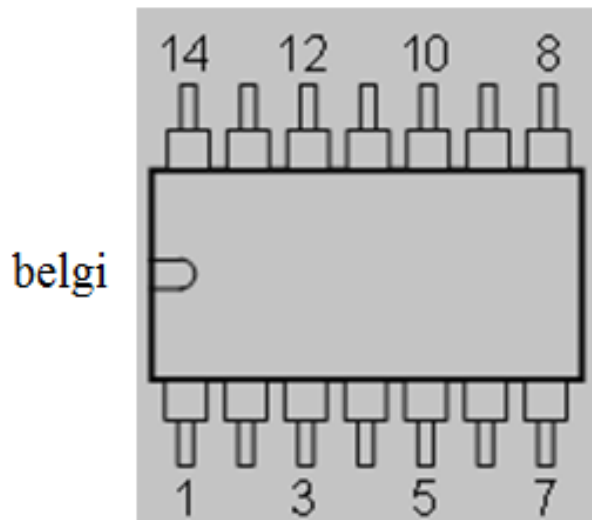
Tranz. turi	Tuzilishi	h_{21E}	f_{h21E} (f_T), MGts	$I_{k, cheq}$, mA	$U_{k.c}$ $_{heq}$, V	$R_{k, cheq}$, mVt	τ_k , mk s	C_k (10V) , pF
MP37B	n-p-n, Ge, qotishmali	20-50	1,0	20	15	150		40
MP39B	p-n-p, Ge, qotishmali	20-50	0,5 1,5	20	20	150		40
KT315B	n-p-n, Si, planar - epitaksial	50-350	(250)	100	20	150	0,5	7
KT361B	p-n-p, Si, planar - epitaksial	50-350	(250)	50	20	150	0,5	9

Maydoniy tranzistorlar

Tranz. turi	Tuzilishi	$I_{c cheq}$ ($I_{cboshl.}$)	U_{si} $_{cheq}$, V	R_s $_{cheq}$, mVt	C_{zi} , pF	C_{zs} , pF	C_{si} , pF	r_k , Om	U_{berk} , V
KP103I	n-p o'tishli p-kanalli	(0,8-1,8)	12	21	20	8	-	30	0,8-3
KP103E	n-p o'tishli p-kanalli	(0,4-1,5)	10	7	20	8	-	50	0,4-1,5
KP103M	n-p o'tishli p-kanalli	(5-7,5)	10	120	20	8	-	60	3-5
KP301B	p-MDYa, kanali indutsiyalangan	15	20	200	3,5	1	3,5	100	-4
KP305D	n-MDYa, kanali qurilgan	15	15	150	5	0,8	5	80	-6

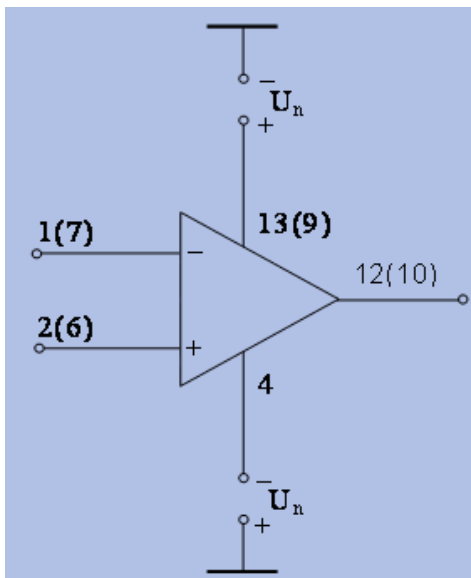
Integral mikrosxemalar

Laboratoriya ishlarida tadqiq etilayotgan barcha mikrosxemalar 201.14.1-201.14.9 turdagi 14 chiqishli 2 qator qilib joylashtirilgan to'g'ri burchakli plastmassa yoki sopol qobiqda bajarilgan (maxsus belgisi 1-chiqish yaqinida nuqta ko'rinishida bajarilishi mumkin).



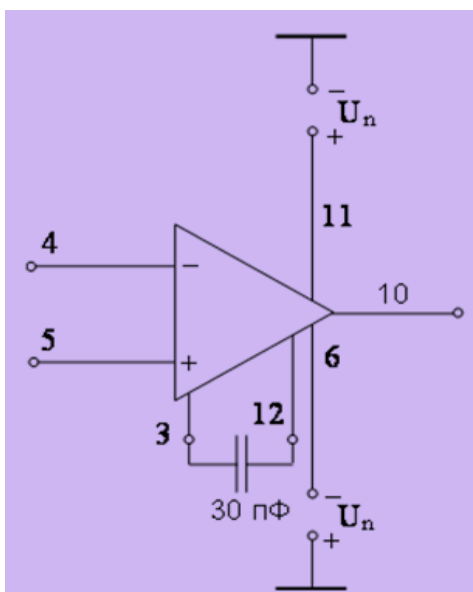
201.14.1-201.14.9 korpus (yuqoridan ko'rinishi)

K140UD20. Ikkilangan operatsion kuchaytirgich



- 1 (7) – OK inverslovchi kirishi
- 2 (6) – OK inverslamaydigan kirishi
- 4 – “-Un” manba ulash uchun chiqish
- 12 (10) – OK chiqishi
- 13 (9) - “+Un” manba ulash uchun chiqish
- (Qavs ichidagi raqamlar shu kristallda joylashtirilgan ikkinchi OKga tegishli)

K553UD2; KR1408UD1 Operatsion kuchaytirgichlar



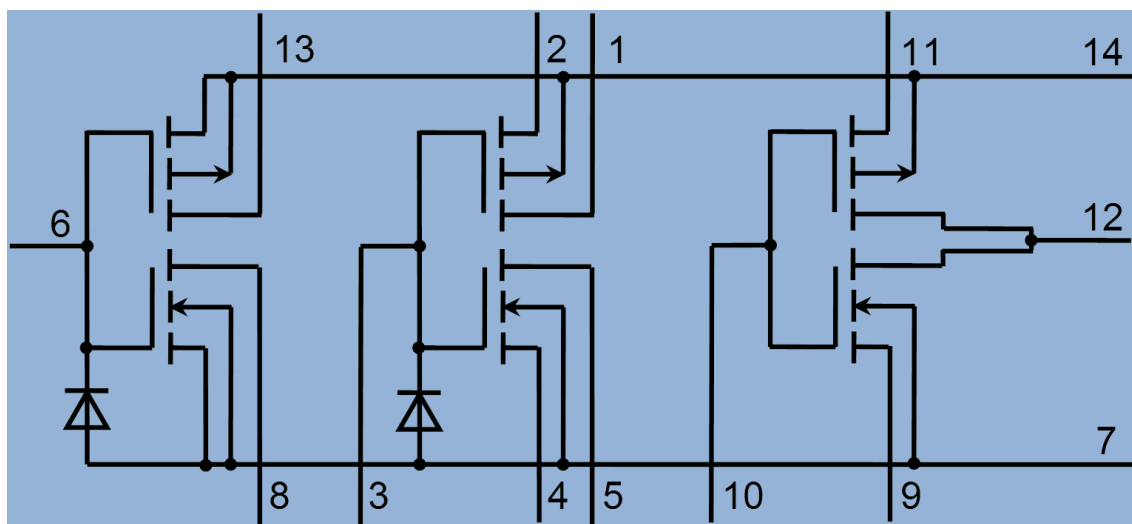
- 4 – OK inverslovchi kirishi
- 5– OK inverslamaydigan kirishi
- 6 – “-Un” manba ulash uchun chiqish
- 10 – OK chiqishi
- 11 – “+Un” manba
- 3, 12 – OKga tashqi korreksiya zanjirlarini ulash uchun chiqish

Laboratoriya ishlarida tadqiq etilayotgan OK asosiy parametrlari

OK turi	K_{yy} 10^3	U_s mV	$I_{kir, mk}$ A	$I_{kir, mk}$ A	f_1 , M Gt s	U_{ch} eg.c hiq, v/ mk s	K_{ta} sf dB	U_{ki} r, V	U_{ki} rsf, V	U_m , V
K553UD2	20	7,5	1,5	0,5	1	0,5	70	10	10	+(6-15)
K140UD20	50	5	0,2	0,05	0,55	0,3	70	12	11	+(6-15)

K176LP1 KMDYa asosiy parametrlari

K176LP1 KMDYa tuzilishli universal mantiqiy element (mos keluvchi kommutatsiyada uchta EMAS elementi, katta tarmoqlanish koeffitsiyentiga 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. Aripov X.K., Abdullayev A.M., Alimova H.B., Bo'stonov X.X., Obedkov Ye.V., Toshmatov Sh.T.. Elektronika. Darslik. –Toshkent: Fan va texnologiya, 2011. 432 b.

2. Aripov X.K., Abdullayev A.M., Alimova H.B., Bo'stonov X.X., Obedkov Ye.V., Toshmatov Sh.T.. Sxemotexnika. Darslik. –Toshkent: Tafakkur bo'stoni, 2013. 448 b.

3. Карлащук В.И.. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. –М.: Солон-Р, 1999.

4. Аминова Д.Н., Халилова М.Р. "Электрон занжирлар микросхемотехника" фанидан тажриба ишлапрни бажаришга оид услубий қўлланма. –Тошкент, 2006.

5. Электротехника и электроника / Методические указания к лабораторным и самостоятельным работам. Составители: Л.А.Брякин, А.С.Бычков. Часть 1.-Пенза, Издательство ПГУ, 2003.66 с.

6. Электротехника и электроника / Методические указания к лабораторным занятиям и самостоятельной работе. Составитель Л.А.Брякин. Часть 2.- Пенза, Издательство ПГУ, 2003.44 с.

MUNDARIJA

1-laboratoriya ishi	
Om qonunini tajribada tasdiqlash.....	3
2-laboratoriya ishi	
Kirxgofning 2-qonunini tajribada isbotlash.....	8
3-laboratoriya ishi	
Passiv komponentlarni tadqiq etish.....	15
4-laboratoriya ishi	
Yarim o'tkazgichli diod parametrlari va xarakteristikalarini tadqiq etish.....	21
5-laboratoriya ishi	
Stabilitron xarakteristikasi va parametrlarini tadqiq etish.....	28
6-laboratoriya ishi	
UE ulanish sxemasidagi BTni statik VAXlarini tadqiq etish.....	32
7-laboratoriya ishi	
Maydoniy tranzistor statik xarakteristikalarini tadqiq etish.....	39
8-laboratoriya ishi	
Optronni tadqiq etish.....	47
9-laboratoriya ishi	
BT asosida yaratilgan kuchaytirgich bosqichini tadqiq etish.....	53
10-laboratoriya ishi	
Operatsion kuchaytirgich parametrlarini tadqiq etish. OK asosidagi analog qurilmalarni tadqiq etish.....	60
11-laboratoriya ishi	
MDYa tranzistorda yasalgan kalitni uzatish xarakteristikasini tadqiq etish.....	69
Ilova.....	72
Adabiyotlar.....	76

Muharrir: Sidikova K.A.

