

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLATTEXNIKA
UNIVERSITETI**

ANALOG VA RAQAMLI SXEMOTEXNIKA

laboratoriya ishlari

USLUBIY QO‘LLANMA

Toshkent - 2021

UDK 621.38

Uljaev E., Ubaydullayev U.M., Narzullayev Sh.N. «Analog va raqamli sxemotexnika» fanidan laboratoriya ishlariga uslubiy qo'llanma. Toshkent: ToshDTU. 2021. – 98 b.

Uslubiy qo'llanmada «Analog va raqamli sxemotexnika» fanidan laboratoriya ishlarini bajarishga doir ko'rsatmalar va hisobotni rasmiylashtirishga misollar keltirilgan. Yarimo'tkazuvchi elementlardan diod, stabilitron, tranzistorlarning volt-amper xarakteristikalarini olish, ishlash rejimlarini tadqiq qilish hamda zamonaviy elektron qurilmalarning ishlash prinsiplarini o'rganish, ularning sxemalarini yig'ish va tadqiq qilishga doir ma'lumotlar keltirilgan.

Ushbu uslubiy qo'llanma oliy o'quv yurtlarining 60711600 – “Intellectual muhandislik tizimlari (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)” hamda 60610200 – “Axborot tizimlari va texnologiyalari (tarmoqlar va sohalar bo'yicha)” bakalavriat ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun mo'ljallangan.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashning 2021 yil 29-sentabrdagi 1-sonli bayonnomasi qaroriga asosan chop etilgan.

Taqrizchilar:

- | | |
|---------------------|--|
| Sapayev M. | – TATU “Elektr ta'minoti” kafedrası dotsenti, texnika fanlari nomzodi; |
| Nazarov X.N. | – ToshDTU “Mexatronika va robototexnika” kafedrası professori, texnika fanlari nomzodi, professor. |

KIRISH

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

Mazkur uslubiy qo'llanma «Analog va raqamli sxemotexnika» fanining fan dasturi bo'yicha tuzilgan bo'lib, fanga oid bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanmalar keltirilgan.

Uslubiy qo'llanmada 15 ta laboratoriya mashg'ulotlari keltirilgan bo'lib, talabalar yarimo'tkazgichli elementlar, fotoelementlar, stabilitronlar, tiristorlar bipolyar va maydonli tranzistorda tayyorlangan kuchaytirgichlar, elektron kalitlarning ishlash tamoyillarini, operatsion kuchaytirgichlar asosidagi kuchaytirgich, komparatorlar, integrator, differensiallovchi sxemalarning ishlashlari hamda multivibrator sxemalarining tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganadilar.

1-LABORATORIYA ISHI

YARIMO‘TKAZGICHLI DIODLARNI TADQIQ QILISH

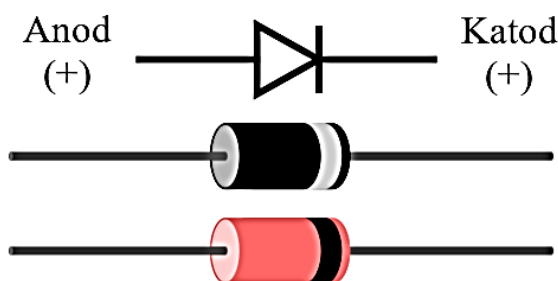
Ishdan maqsad:

1. Yarim o‘tkazgichli diodning tuzilish va ishlash prinsipini o‘rganish;
2. Yarim o‘tkazgichli diodning volt-amper xarakteristikasini (VAX) o‘rganish;
3. Yarim o‘tkazgichli diodning VAXni olish, uning asosiy ko‘rsatkichlari bilan tanishish.

Nazariy qism:

Yarimo‘tkazgichli diodlar to‘g‘risida tushuncha

Yarimo‘tkazgichli diod elektr tokini bir tomonga o‘tkazuvchi ikki elektrodli elektron asbobdir. To‘g‘ri yo‘nalishda diodning qarshiligi kichik (ideal holda nol) teskari yonalishda esa katta (ideal holda cheksiz) bo‘ladi. Ko‘p hollarda diodni “to‘g‘rilagich” ham deb atashadi. Yarimo‘tkazgichli diodlar birinchi yarimo‘tkazgichli asboblardir.

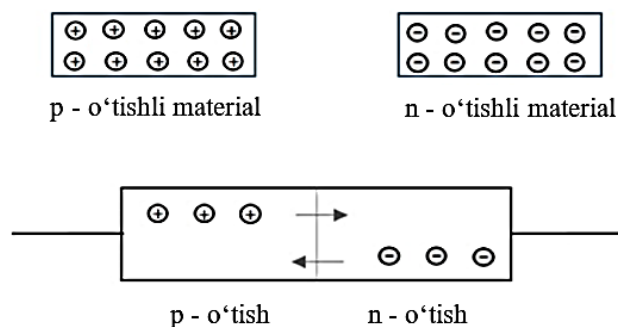


1.1-rasm. Diodning belgilanishi va markirovkalanishi

Diodning musbat elektrodi – anodi A harfi bilan, manfiy elektrodi – katodi esa K harfi bilan belgilanadi. Odatda diodlarning anod va katodini aniqlab olish uchun, ularning katod qismiga ingichka chiziq chizilgan bo‘ladi.

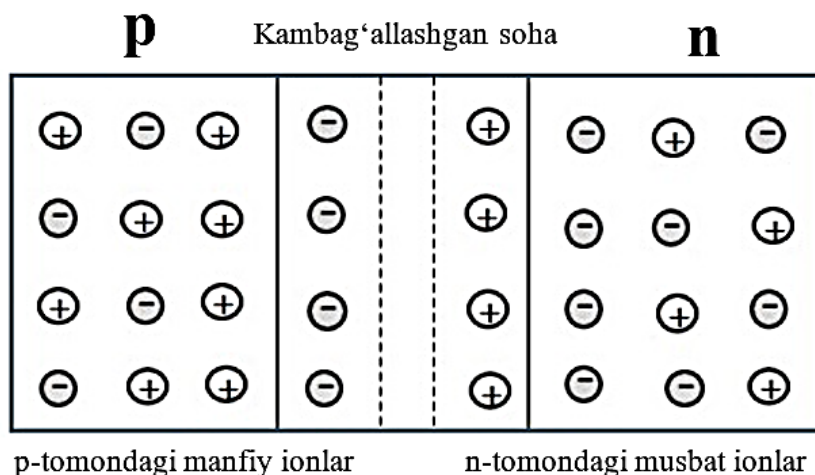
Diodning tuzilishi. Agar p-tip va n-tip material bir-biriga birlashtirilsa, 1.2-rasmdagidek birikma hosil bo‘ladi.

p-tipdagi materialda elektr tashuvchi sifatida teshiklar, n-tipdagida esa elektronlar ishtirok etadi. Qarama-qarshi zaryadlarning tortishishi hisobiga p-tipdan teshiklarning bir qismi n-tomonga, n-tipdan esa elektronlarning bir qismi p-tomonga o‘tadi.



1.2-rasm. Yarimo'tkazgichli diodning hosil qilinishi

Ikkalasi ham birikish joyi tomon siljiganligi sababli teshiklar va elektronlar neytrallashish uchun qo'shiladi va ionlarni hosil qiladi. Natijada, bu materiallarning birikish joyida p - n o'tish yoki o'tish baryeri sig'imi deb nomlanuvchi manfiy va musbat ionlar hosil bo'ladi (1.3-rasm).



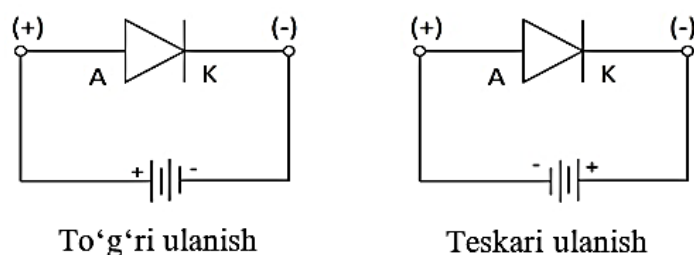
1.3-rasm. Yarimo'tkazgichli diodning tuzilishi

p tomonda manfiy ionlar va n tomonda musbat ionlar hosil bo'lishi natijasida p - n birikmasining har ikki tomonida tor zaryadlangan soha hosil bo'ladi. Bu sohada endi harakatlanuvchi zaryad tashuvchilar qolmaydi. Bu sohadagi ionlar harakatsiz bo'lib, ular o'rtasida hech qanday zaryad tashuvchisiz qolmaydi.

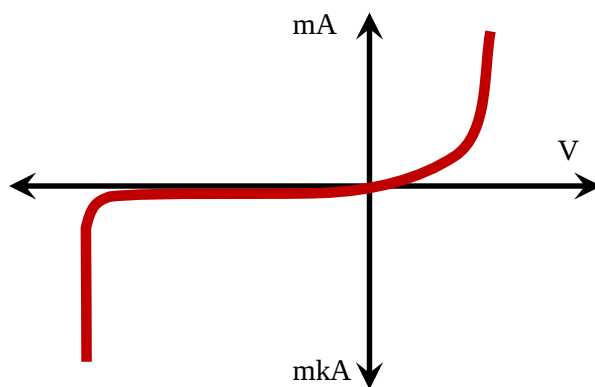
Ushbu soha p va n tip materiallar orasida to'siq vazifasini bajargani uchun Baryer birikmasi deb ham ataladi. Yana boshqa nomi kambag'allashgan soha bo'lib, bunda ikkala sohada ham zaryad tashuvchilar kamayadi. Birikish joyida ionlar hosil bo'lganligi sababli, shu joyda potensial to'siq deb nomlanuvchi potenciallar farqi hosil bo'ladi. Potensial to'siq teshiklar va elektronlarning ushbu sohani kesib o'tishiga to'sqinlik qiladi.

Barcha yarimo‘tkazgich diodlarni ikki guruhga ajratish mumkin: to‘g‘rilovchi va maxsus vazifalarni bajaruvchi. To‘g‘rilovchi diodlar – o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartirishda foydalaniladi. To‘g‘rilanuvchi tok shakli va chastotasiga bog‘liq holda ular past chastotali, yuqori chastotali va impulsi diodlarga ajratiladi. Maxsus vazifalarni bajaruvchi diodlarda p - n o‘tishlarning turli elektrofizik xususiyatlaridan, masalan, teshilish hodisalaridan, fotoelektrik hodisalardan, manfiy qarshilikka ega sohalari mavjudligidan va boshqalardan foydalaniladi. Maxsus vazifalarni bajaruvchi diodlar, xususan, o‘zgarmas kuchlanishni barqarorlash, optik nurlanishni qayd etish, elektr sxemalarda signallarni shakllantirish va boshqa vazifalarni amalga oshirish uchun qo‘llaniladi.

Agar yarimo‘tkazgichning p – sohasiga musbat, n – sohasiga manfiy tashqi kuchlanish manbai ulansa, kuchlanishning kichik qiymatida ham undan nisbatan katta toklar o‘tishi mumkin. Shuning uchun yarimo‘tkazgichning bunday yo‘nalishi to‘g‘ri yoki o‘tkazuvchi yo‘nalish deyiladi. Yarimo‘tkazgichli diodga teskari ulangan kuchlanish qancha katta bo‘lsa ham undan o‘tadigan tokning qiymati juda kichik bo‘ladi va bu yo‘nalish teskari yo‘nalish deyiladi (1.4-rasm).



1.4-rasm. Yarimo‘tkazgichli diodning ulanishi



1.5-rasm. Yarimo‘tkazgich diodning volt-ampere xarakteristikasi

Diodning statik volt-ampere xarakteristikasi 1.5-rasmda keltirilgan

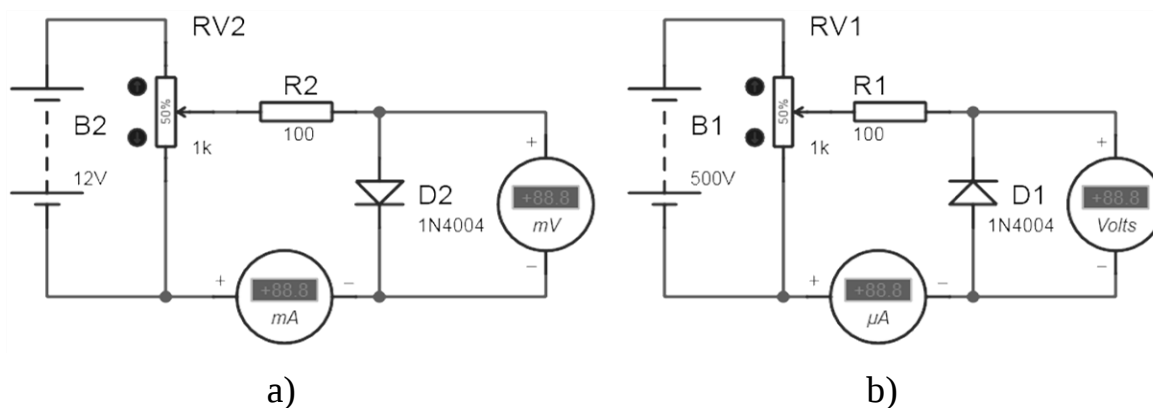
bo'lib, yarimo'tkazgichli diodning to'g'ri va teskari yo'nalishlaridagi qarshiliklari bir-biridan keskin farq qiladi: to'g'ri yo'nalishda ulangan diodning qarshiligi kichik, teskari ulangan diodniki esa katta bo'ladi. Shu sababdan diod bir tomonga elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ikkinchi tomonga esa yomon o'tkazadi.

Yarimo'tkazgichli diodni ishlashini tadqiq qilish

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturiy paketida amalga oshiramiz.

1. Yarim o'tkazgichli diodni to'g'ri yo'nalishda ulangandagi VAXini tekshirish. Diodning VAXini 1N4004 diodi misolida ko'rib chiqamiz (1.6, a-rasm).



1.6-rasm. Yarimo'tkazgichli diodning to'g'ri (a) va teskari (b) ulangandagi volt-ampér xarakteristikasini tekshirish sxemasi

Elementlar kutubxonasidan 1N4004 modeldagi yarimo'tkazgichli diod, elektr qarshiligi 1 kOm bo'lgan o'zgaruvchan va 100 Omga teng bo'lgan o'zgarmas qarshilik, o'zgarmas tok manbai, elektr o'lchash asboblari: mikroampermetr, milliampermetr, voltmeter hamda millivoltmetrni olamiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O'zgaruvchan qarshilikni 0 va 1 k oralig'ida o'zgartirib, diod toki I_D ning dioddagi kuchlanish U_D ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 1.1-jadvalga kiriting.

1.1-jadval

Yarim o'tkazgichli diodning to'g'ri ulanish volt-ampér xarakteristikasi

R	5	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	95	100
U_D													
I_D													

2. Yarim o'tkazgichli diodni teskari yo'nalishda ulangandagi VAXini tekshirish. Diodning VAXini 1N4004 diodi misolida ko'rib chiqamiz (uning teshilish kuchlanishi 400 V ga teng) (1.6, b-rasm).

Diod toki I_D ning dioddagi kuchlanish U_D ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 1.2-jadvalga kiriting.

1.2-jadval

Yarim o'tkazgichli diodning teskari ulanish volt-amper xarakteristikasi

R	5	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	95	100
U_D													
I_D													

Olingan ma'lumotlar asosida (1.1-1.2-jadvallar) 1N4004 diodning VAXsi grafigini chizing.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O'lchash natijalari jadvallari.
3. Diod VAXi grafiklari.

Nazorat savollari:

1. Yarim o'tkazgichli diod qanday tuzilgan?
2. p-n o'tish joyi nima va uning qanday xususiyatlari bor?
3. Yarim o'tkazgichli diodlar o'z vazifalari bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?
4. Diodning volt-amper tavsifi deb nimaga aytiladi va u tajribada qanday olinadi?
5. Yarim o'tkazgichlarda xususiy teshik va elektron o'tkazuvchanligi tushunchalari nimani bildiradi?
6. Yarim o'tkazgichli diodlar qanday asosiy ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadilar?
7. Quyidagi tushunchalar nimani bildiradi: diodning o'zgarmas tok bo'yicha qarshiligi, o'zgaruvchan tok bo'yicha qarshiligi? Differensial qarshilik deb nimaga aytiladi?

2-LABORATORIYA ISHI

STABILITRONNING ISHLASHINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

1. Stabilitron tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Stabilitronning volt-amper xarakteristikasini o'rganish;
3. Stabilitron volt-amper xarakteristikasini tekshirish. Ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

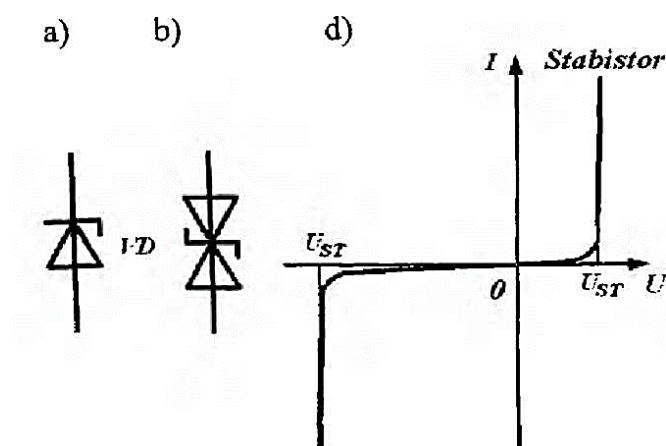
Nazariy qism:

Stabilitronlar to'g'risida tushuncha

Stabilitron – maxsus diod turi bo'lib, to'g'ri yo'nalishda diod kabi tok o'tkazadi, teskari yo'nalishda esa kuchlanish ma'lum miqdorga yetgandagina o'zidan tokni o'tkazadi va ushbu kuchlanish stabilitron kuchlanishi deyiladi.

Stabilitronlar turli hil kuchlanishlar uchun ishlab chiqariladi, ba'zan stabilitron kuchlanishi o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Stabilistor sifatida VAXida tok qiymati keskin o'zgarganda kuchlanish deyarli o'zgarmaydigan soha mavjud bo'lgan elektron asboblardan foydalaniladi. Bunday soha kremniyli yarim o'tkazgich diod elektr teshilish rejimida ishlaganda kuzatiladi. Shuning uchun yarim o'tkazgich stabilitron sifatida kremniyli diodlardan foydalaniladi.

Stabilitronlarning sxemada shartli belgilanishi 2.1 a va b-rasmlarda, VAXi esa 2.1, d-rasmda keltirilgan.

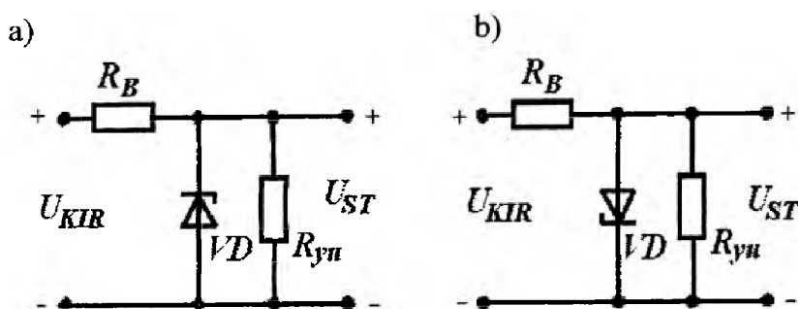


2.1-rasm. Bir tomonlama (a) va ikki tomonlama (b) stabilitronlarning sxemada shartli belgilanishi hamda VAXi (d)

Keng tarqalgan kam quvvatli kremniyli stabilitronlarning maksimal toki

taxminan 10 mA ni tashkil etadi. Shuning uchun stabilitrn orqali oqayotgan tokni cheklash maqsadida unga ketma-ket cheklovchi, ballast qarshilik R_B ulanadi (2.2, a-rasm).

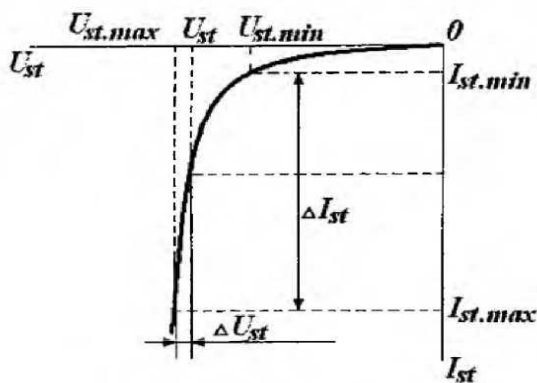
Agar stabilitrndan oqayotgan tok qiymati ruxsat etilgan tok qiymatidan ortmasa, bunday rejimda u uzoq vaqt ishlashi mumkin. Ko'pgina stabilitrnlarning ruxsat etilgan sochiluvchi quvvati (0,1-0,8) kVtgacha bo'lgan qiymatlarni tashkil etadi.



2.2-rasm. Stabilitrn (a) va stabistorlarning (b) sxemalarda ulanishi

Stabilitrndan oqayotgan tok qiymati ($I_{ST \min}$) dan ($I_{ST \max}$) gacha o'zgarganda, qiymati deyarli o'zgarmaydigan, barqarorlash kuchlanishi U_{ST} deb ataluvchi, kuchlanish stabilitrnning asosiy elektr parametri hisoblanadi (2.3-rasm).

Stabilitrn VAXining elektr teshilish sohasida ishlaydi. Barqarorlash kuchlanishi qiymati $p-n$ o'tish kengligiga bog'liq, $p-n$ o'tish kengligi esa diod baza sohalaridagi kiritmalar konsentratsiyasi bilan aniqlanadi. Agar stabilitrn tayyorlashda kiritmalar konsentratsiyasi yuqori bo'lgan yarimo'tkazgichlardan foydalanilsa, $p-n$ o'tish kengligi yupqa bo'lishiga erishiladi. Bunday $p-n$ o'tishlarda tunnel teshilish sodir bo'ladi va ishchi kuchlanishi U_{ST} 3-4 V dan oshmaydi.



2.3-rasm. Stabilitrn VAXi

Stabilitrn asosidagi sodda parametrik kuchlanish stabilizatori sxemasi 2.2-rasmda keltirilgan. Sxemadagi chegaralovchi (ballast) qarshilik R_B qiymati

berilgan kirish kuchlanishi U_{KIR} da stabilitron orqali o'tayotgan tok qiymati $I_{ST\ min}$ va $I_{ST\ max}$ toklarning taxminan o'rta qiymatiga teng bo'ladigan qilib tanlanadi.

$I_{ST\ min}$ – stabilizatsiya tokining elektr teshilish sodir bo'ladigan minimal qiymati. $I_{ST\ max}$ tok qiymati stabilitron sochishi mumkin bo'lgan (ruxsat etilgan) maksimal quvvat R_{max} bilan aniqlanadi.

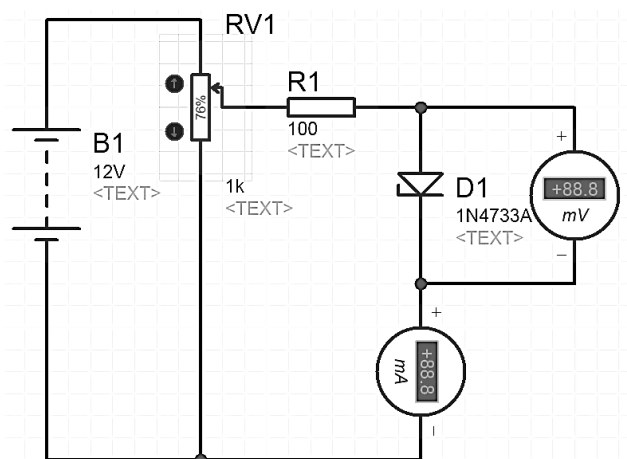
Kirish kuchlanishi ortganda yoki yuklama qarshiligi R_{Yu} ortishi hisobiga yuklama toki kamayganda, stabilitron orqali o'tayotgan tok qiymati keskin ortadi. Natijada R_B ballast qarshilikda kuchlanish pasayishi ortadi. Kirish kuchlanishining ortgan deyarli barcha qiymati ballast qarshilikda tushadi. Kirish kuchlanishi kamayganda yoki (R_{Yu} yuklama qarshiligi kamayishi hisobiga) yuklama toki ortganda stabilitron orqali o'tayotgan tok qiymati keskin kamayib, R_B ballast qarshilikda kuchlanish pasayishiga olib keladi. Ikkala holda ham stabilizatorining chiqishidagi kuchlanish qiymati deyarli o'zgarmay qoladi.

Stabilitron ishlashini tadqiqot etish

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishi Proteus dasturida amalga oshiramiz.

Stabilitronning to'g'ri yo'nalishda ulangandagi VAXini tekshirish. Stabilitronning VAXini 1N4733A stabilitronni misolida ko'rib chiqamiz (uning kuchlanishi 5,1 V ga teng). Elementlar kutubxonasidan 1N4733A modeldagi stabilitronni, elektr qarshiligi 1 kOm bo'lgan o'zgaruvchan va 100 Omga teng bo'lgan o'zgarmas qarshilik, kuchlanishi 12 V bo'lgan o'zgarmas tok manbai, elektr o'lchash asboblari milliampermetr hamda millivoltmetrni olamiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O'zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig'ida o'zgartirib, stabilitron toki I_S ning stabilitrondagi kuchlanish U_S ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 2.1-jadvalga kiriting.



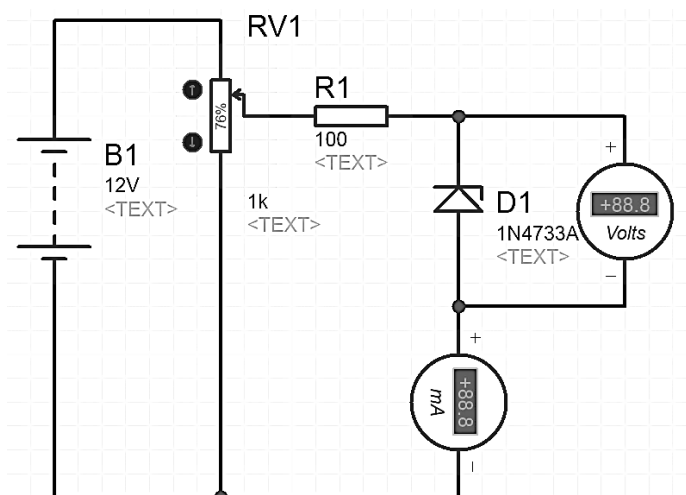
2.4-rasm. Stabilitronning to‘g‘ri yo‘nalishda ulangandagi VAXsini tekshirish sxemasi

2.1-jadval

Stabilitron to‘g‘ri ulanish volt-ampere xarakteristikasi.

R	5	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	95	100
U_D													
I_D													

Stabilitronning teskari yo‘nalishda ulangandagi VAXini tekshirish. Stabilitronning VAXini 1N4733A stabilitron misolida ko‘rib chiqamiz (uning kuchlanishi 5,1 V ga teng).



2.5-rasm. Stabilitronning teskari yo‘nalishda ulangandagi VAXini tekshirish sxemasi

Stabilitron toki I_S ning dioddagi kuchlanish U_S ga bog‘liqlik grafigini tuzing va uni 2.2-jadvalga kiriting.

Stabilitron teskari ulanish volt-amper xarakteristikasi

R	5	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	95	100
U_D													
I_D													

Olingan ma'lumotlar asosida (2.1-2.2-jadvallar) 1N4733A stabilitronning, VAXini chizing.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O'lchash natijalari jadvallari.
3. Stabilitron VAX grafiklari.

Nazorat savollari:

1. Stabilitron qanday tuzilgan?
2. p-n o'tish joyi nima va uning qanday xususiyatlari bor?
3. Stabilitronlar qanday turlarga bo'linadi?
4. Stabilitronning volt-amper tavsifi deb nimaga aytiladi va u tajribada qanday olinadi?
5. Stabilitronlar qanday asosiy ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadilar?
6. Stabilitronlarda elektr teshilishning qaysi turi ishlatiladi?
7. Elektr zanjirda stabilitron qanday qilib chiqish kuchlanishini stabillashtiradi?

3-LABORATORIYA ISHI

TIRISTORNING ISHLASHINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

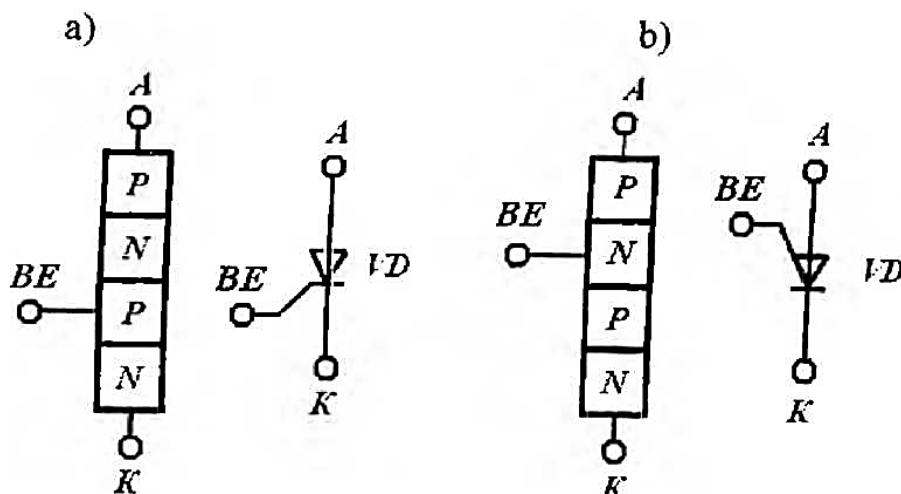
1. Tiristorning tuzilish va ishlash prinsiplari;
2. Tiristorni VAXini o'rganish;
3. Tiristorni VAXini tekshirish (olish), ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

Nazariy qism:

Tiristorlar to'g'risida tushuncha

Tiristor dinistorga o'xshash tuzilmaga ega bo'lib, baza sohalaridan biri boshqaruvchi bo'ladi. Agar bazalardan biriga boshqaruvchi tok berilsa, mos tranzistorning uzatish koeffitsiyenti ortadi va tiristor ulanadi.

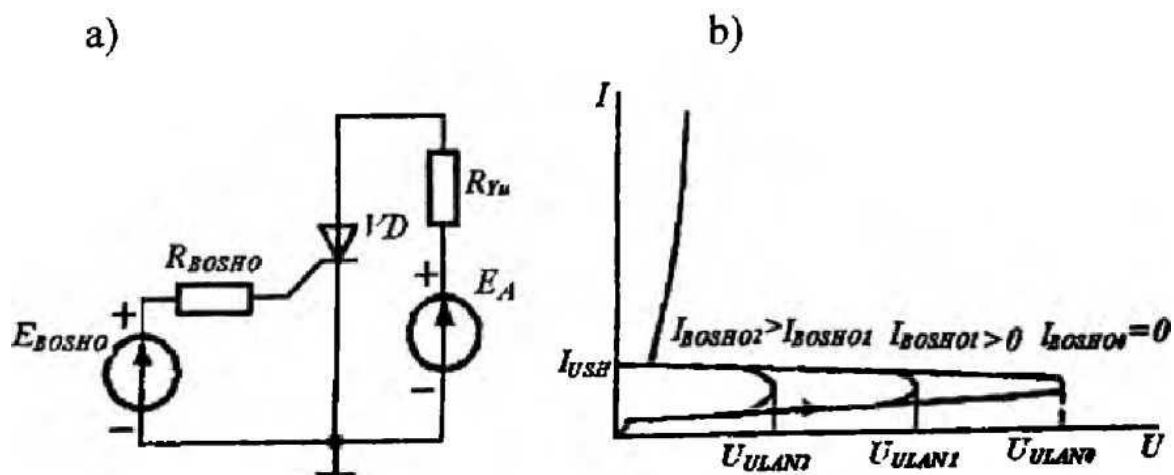
Boshqaruvchi elektrod (BE) joylashgan sohasiga mos ravishda tiristorlar katod bilan va anod bilan boshqaruvchilarga ajratiladi. BE larning joylashishi va tiristorlarning shartli belgilanishi 3.1-rasmda keltirilgan.



3.1-rasm. Katod (a) va anod (b) orqali boshqariluvchi tiristor tuzilmasi va shartli belgilanishi

BE ga signal berilganda yopiluvchi tiristorlar ham mavjud. Bunday tiristorlarning BE toki tiristor uzilayotganda asosiy kommutatsiyalanayotgan tokka qiymat jihatdan yaqinlashgani uchun chegaralangan hollarda qo'llaniladi.

Tiristorning ulanish sxemasi va VAXi 3.2-rasmda keltirilgan. Tiristorning dinistordan farqi shundaki, ulanish kuchlanishi BE zanjiridagi tokni o'zgartirib rostlanadi. Shunday qilib, tiristor ulanish kuchlanishi boshqariladigan dinistorga ekvivalent.



3.2-rasm. Tiristorning ulanish sxemasi (a) va VAXi (b)

Tiristor ulangandan so‘ng BE boshqarish xususiyatini yo‘qotadi, natijada u yordamida tiristorni o‘chirib bo‘lmaydi. Tiristorning o‘chirish sxemalari dinistornikidek.

Dinistor va tiristorlarning asosiy statik parametrlari quyidagilardan iborat:

- ruxsat etilgan teskari kuchlanish U_{TES} ;
- berilgan to‘g‘ri tokda ochiq holatdagi asbobdagi kuchlanish pasayishi $U_{To'g'ri}$;
- ruxsat etilgan to‘g‘ri tok I_{Yu} ;

Dinistor va tiristorlar asosan o‘zgaras va o‘zgaruvchan toklarni qayta ulovchi sxemalarda elektron kalit sifatida qo‘llaniladi.

Tiristorlarning ishlashini tadqiq qilish

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishi Proteus dasturida amalga oshiramiz.

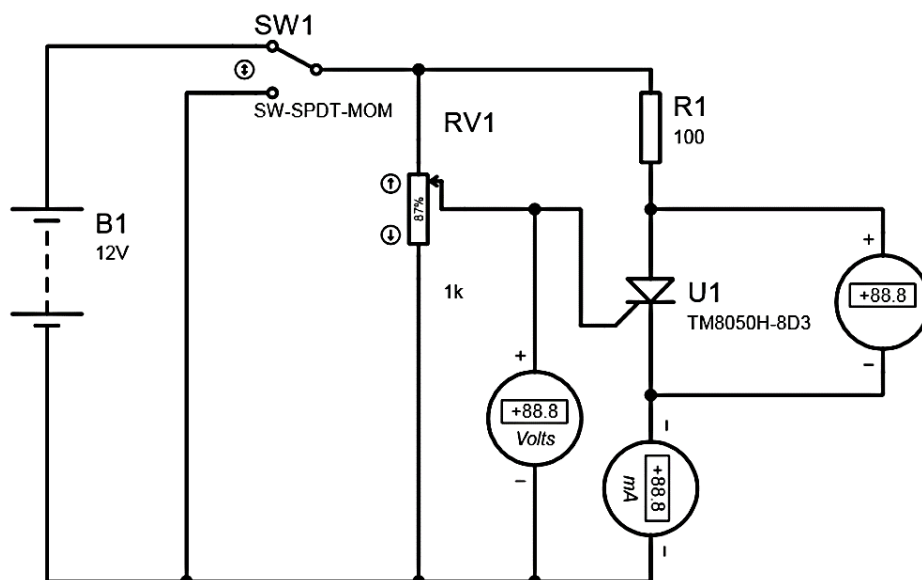
1. Tiristorning VAXni tekshirish. Tiristorning VAXsini TM8050H-8D3 tiristori misolida ko‘rib chiqamiz (uning maksimal kuchlanishi 799,9 V ga teng).

2. Elementlar kutubxonasidan TM8050H-8D3 modeldagi tiristorning, elektr qarshiligi 1 kOm bo‘lgan o‘zgaruvchan va 100 Omga teng bo‘lgan o‘zgaras qarshilik, kuchlanishi 12 V bo‘lgan o‘zgaras tok manbai, elektr o‘lchash asboblari milliampermetr hamda millivoltmetrni olamiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O‘zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig‘ida o‘zgartirib, tiristor toki I_t ning tiristordagi kuchlanish U_t ga bog‘liqlik grafigini tuzing va uni 3.1-jadvalga kiriting.

3.1-jadval

Tiristor $U_T - I_T$

R	5	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	95	100
U_D													
I_D													



3.3-rasm. Tiristorning teskari yo'nalishda ulangandagi VAXsini tekshirish sxemasi

Olingan ma'lumotlar asosida (3.1-jadval) TM8050H-8D3 tiristorning VAXsini chizing.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O'lchash natijalari jadvallari.
3. Tiristorning VAX grafiklari.

Nazorat savollari:

1. Tiristor qanday tuzilgan?
2. p-n o'tish joyi nima va uning qanday xususiyatlari bor?
3. Tiristorlar o'z vazifalari bo'yicha qanday turlarga bo'linadi?
4. Tiristorning volt-amper tavsifi deb nimaga aytiladi va u tajribada qanday olinadi?
5. Tiristorlarda xususiy teshik va elektron o'tkazuvchanligi tushunchalari nimani bildiradi?
6. Tiristorlar qanday asosiy ko'rsatkichlari bilan tavsiflanadilar?
7. Tiristorning ishlash prinsipini ikkita n-p-n va p-n-p (yoki aksincha) tranzistorlar ulanish modelida tushuntiring?
8. Tiristorning asosiy parametrlari nomini va ularning qiymatlarini keltiring?
9. Tiristor asosidagi tok kalitining ishlash prinsipini tushuntiring?

4-LABORATORIYA ISHI

YARIMO‘TKAZGICHLI OPTIK ELEMENTLARNI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

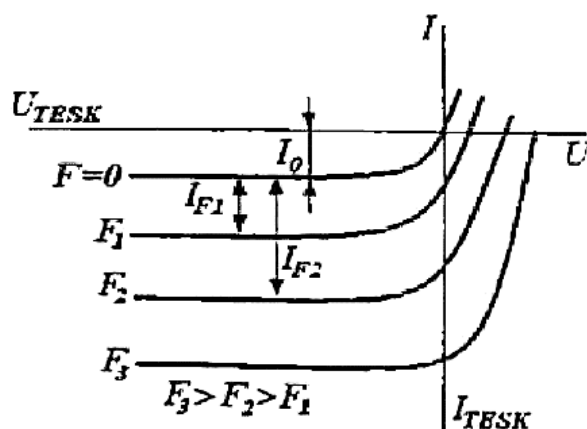
1. Yarimo‘tkazgichli optik elementlarni tuzilish va ishlash prinsiplarini o‘rganish;
2. Yarimo‘tkazgichli optik elementlarni VAXni o‘rganish;
3. Yarimo‘tkazgichli optik elementlarni VAXni tekshirish (olish), ularning asosiy ko‘rsatkichlari bilan tanishish.

Nazariy qism:

Bitta $p-n$ o‘tishga ega bo‘lgan fotoelektr asbob fotodiod deb ataladi. Fotodiod sxemaga tashqi elektr manba bilan (fotodiod rejimi) va tashqi elektr manbasiz (fotovoltaik rejim) ulanishi mumkin. Tashqi elektr manba shunday ulanadiki, bunda $p-n$ o‘tish teskari yo‘nalishda siljigan bo‘lsin. Fotodiodga yorug‘lik tushmaganda dioddan berilgan kuchlanishga bog‘liq bo‘lmagan I_0 ekstraksiya toki deb ataluvchi, juda kichik qiymatga ega qorong‘ulik toki oqib o‘tadi. Diodning n - baza sohasi taqiqlangan zona kengligidan katta $h\nu$ energiyaga ega bo‘lgan fotonlar bilan yoritilganda elektron - kovak juftliklar generatsiyalanadi. Agar hosil bo‘lgan juftliklar bilan $p-n$ o‘tish orasidagi masofa zaryad tashuvchilarning diffuziya uzunligidan kichik bo‘lsa, generatsiyalangan kovaklar $p-n$ o‘tish maydoni yordamida ekstraksiyalanadi va teskari tok qiymati uning qorong‘ulikdagi qiymatiga nisbatan ortadi. Yorug‘lik oqimi F intensivligi ortishi bilan diodning I_F teskari toki qiymati ortib boradi. Yorug‘lik oqimining turli qiymatlari uchun fotodiod VAXi 4.1 - rasmda keltirilgan. Yoritilganlikning keng chegarasida fototok bilan yorug‘lik oqimi orasidagi bog‘lanish amalda chiziqli bo‘ladi.

Proporsionallik koeffitsiyenti $K_F = \frac{\partial I_F}{\partial F}$ bir necha mA/lm ni tashkil etadi va fotodiodning sezgirligi deb ataladi. Fotodiodlar turli o‘lchash qurilmalarida hamda optik tolali aloqa liniyalarida yorug‘lik oqimini qabul qiluvchilar sifatida ishlatiladi.

Fotodiodning fotodiod rejimidan tashqari fotovoltaik rejimi keng ishlatiladi. Ushbu rejimda fotodiod tashqi elektr manba ulanmagan holda ishlatiladi va yorug‘lik (quyosh) energiyasini bevosita elektr energiyaga o‘zgartirish uchun qo‘llaniladi.



4.1-rasm. Yorug'lik oqimining turli qiymatlarida fotodiod VAXsining o'zgarishi

Diod fotovoltaiik rejimda yoritilganda uning chiqishida foto EYUK hosil bo'ladi. Quyosh nuri energiyasini elektr energiyaga o'zgaruvchi o'zaro ulangan o'zgartirgichlar elektr manba sifatida kosmik kemalarda va yer ustidagi avtonom elektr energiya qurilmalarida ishlatilib kelinmoqda.

Nurlanuvchi diodlar. Nurlanuvchi diodlar – bitta p-n o'tishga ega bo'lgan, elektr energiyani nokogerent yorug'lik nuriga o'zgartiruvchi yarimo'tkazgich nurlanuvchi elektron asboddir. Nurlanuvchi diodlarda elektron - kovak juftliklarining rekombinatsiyalashuvi natijasida yorug'lik hosil bo'ladi.

Nurlanuvchi diodlarning energetik xarakteristikasi sifatida kvant chiqishi (samaradorlik) dan foydalaniladi. Kvant chiqishi boshqaruv zanjiridan o'tayotgan har bir elektronga nurlanuvchi diod chiqishida nechta nurlanish kvanti to'g'ri kelishini ko'rsatadi. Gomoo'tishli nurlanuvchi diodlar uchun odatda kvant chiqishi 0,01-0,04 ni tashkil etadi. Geteroo'tishli nurlanuvchi diodlar hosil qilish uchun binar va uch komponentali yarimo'tkazgich birikmalardan foydalaniladi, ular uchun kvant chiqishi ancha yuqori qiymatni (0,3 gacha) tashkil etadi, lekin hamma vaqt birdan kichik bo'ladi. VAXlari, oddiy diodlarnikidek, eksponensial bog'lanish bilan ifodalanadi. Nurlanuvchi diodning qayta ulanish vaqti $10^{-7} \div 10^{-9}$ s ni tashkil etadi.

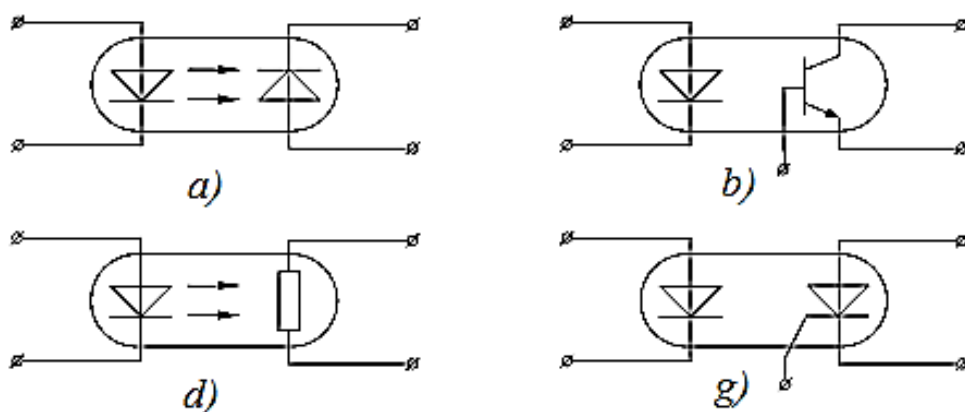
Nurlanuvchi diodlar optik aloqa liniyalarida, indikatsiya qurilmalarida, optoelektron juftliklarda va yaqin kelajakda elektr yoritgich asboblarni almashtirishda qo'llaniladi.

Fotodiod va nurlanuvchi diod optoelektronikaning asosiy yarimo'tkazgich asboblardir. Optoelektronika - elektronikaning bo'limi bo'lib, axborotlarni qabul qilish, uzatish va qayta ishlashda yorug'lik signallar elektr signallarga va aksincha, o'zgartirilishini ta'minlovchi

elektron qurilmalarni ishlab chiqish, yaratish va amaliy qo'llash bilan shug'ullanadi.

Optronlar. Optoelektron juftlik yoki optojuftlik konstruksiyasi jihatdan optik muhit orqali o'zaro bog'langan nurlatgich va foto qabul qilgichdan tashkil topgan bo'ladi.

Kiruvchi elektr signal ta'sirida nurlanuvchi diod yorug'lik to'lqinlarini generatsiyalaydi, fotoqabulqilgich esa (fotodiod, fotorezistor, fototranzistor va boshqalar) yorug'lik ta'sirida fototok generatsiyalaydi.



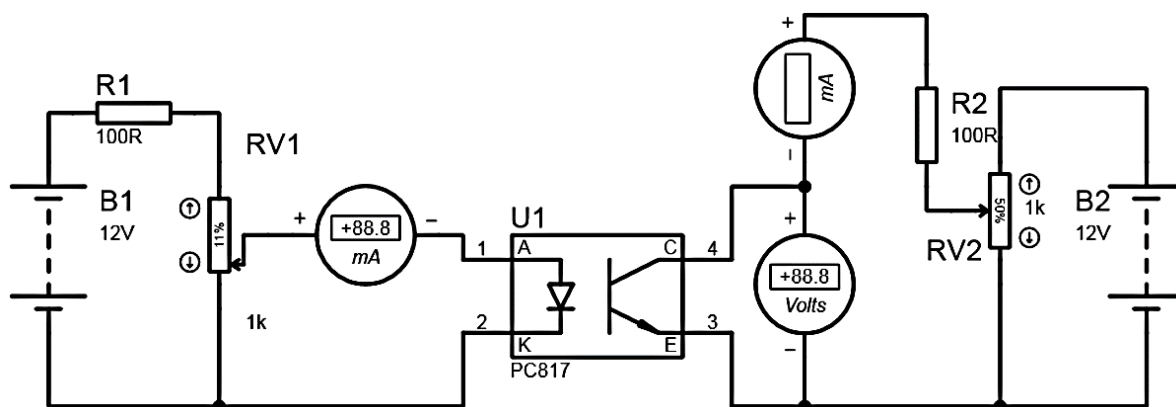
4.2-rasm. Nurlanuvchi diod va fotodioddan (a), fototranzistordan (b), fotorezistordan (d), fototiristordan (g) tashkil topgan optojuftliklarning sxemalarda shartli belgilanishi

Nurlanuvchi diod va fotodioddan (a), fototranzistordan (b), fototiristordan (d), fotorezistordan (e) tashkil topgan optojuftliklarning sxemada shartli belgilanishi 4.2-rasmida keltirilgan. Optojuftliklar raqamli va impuls qurilmalarda, analog signallarni uzatuvchi qurilmalarda, avtomatika tizimlarida yuqori voltli ta'minlovchi manbalarni kontaktsiz boshqarish va boshqalar uchun qo'llaniladi.

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

1. Yarim o'tkazgichli fototranzistorli optoelektron juftlikni VAXsini tekshirish. PC817 optoelektron juftligi misolida ko'rib chiqamiz.



4.3-rasm. Fototranzistorli optoelektron juftlikning VAXsini tekshirish sxemasi

2.Elementlar kutubxonasidan PC 817 modeldagi fototranzistorli optoelektron juftlik, elektr qarshiligi 1 kOm bo‘lgan o‘zgaruvchan qarshilik, kuchlanishi 12 V bo‘lgan o‘zgarmas tok manbai, elektr o‘lchash asboblari milliampermetr hamda voltmetrni olamiz. Sxema ishlashi uchun ushbu tugmani bosish kerak. O‘zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig‘ida o‘zgartirib, diod toki I ning dioddagi kuchlanish U ga bog‘liqlik grafigini tuzing va uni 4.1-jadvalga kiriting.

4.1-jadval

Fototranzistorli optoelektron juftlik $U - I$

R	5	15	25	35	45	55	65	75	80	85	90	95	100
U													
I													

Olingan ma’lumotlar asosida (4.1-jadval) PC817 fototranzistorli optoelektron juftlikning VAXsini chizing.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O‘lchash natijalari jadvallari.
3. Yarimo‘tkazgichli optik elementlarning VAX grafigi.

Nazorat savollari:

1. Optoelektron asbob qanday asbobliligini tushuntiring va u qayerlarda qo‘llaniladi?
2. Fotodiodlarning tuzilishlari, ishlash prinsiplarini va asosiy xarakteristikalarini tushuntiring?
3. Nurlanuvchi diodlar ishlash prinsipi va asosiy xarakteristikalarini tushuntiring?

4. Nurlanuvchi diodlarning turlarining (ma'lumotnoma) ishlash prinsipi va asosiy xarakteristikalarini tushuntiring?
5. Fotodiodlarni iste'mol qiluvchi quvvati deganda nima tushuniladi?
6. Fotodiodlarni iste'mol qiluvchi toklari nimaga bogliq?
7. Fotodiodlarni iste'mol qiluvchi toklari oshib yoki kamayib ketsa nima bo'ladi?
8. Fototranzistorli optoelektron juftlikning fotodiodlardan farqi nimada?

5-LABORATORIYA ISHI

BIPOLYAR TRANZISTOR ASOSIDAGI BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHNI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

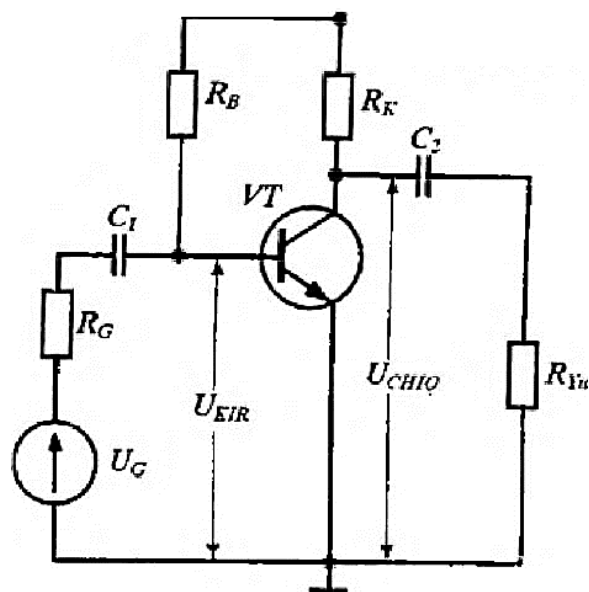
1. Bipolyar tranzistor asosidagi kuchaytirgichining tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Bipolyar tranzistor VAXni o'rganish;
3. Bipolyar tranzistor VAXni tekshirish (olish), ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

Nazariy qism:

Kuchaytirgich kaskadlarining ishlatiladigan sxema turlari har xil bo'lishi mumkin. Bunda tranzistor umumiy emitter (UE), umumiy kollektor (UK) yoki umumiy baza (UB) sxemada ulangan bo'lishi mumkin. UE sxemada ulangan kaskadlar keng tarqalgan. UK sxemada ulangan kaskadlar ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda asosan chiqish kaskadi sifatida ishlatiladi. UB ulangan kaskadlar ultraqisqa to'lqinli (UQT) va o'ta yuqori chastota (O'YuCh) to'lqin diapazonida ishlovchi generator va kuchaytirgichlarda keng qo'llaniladi.

UE sxemada ulangan bipolyar tranzistor asosidagi kuchaytirgich kaskadining prinsipial sxemasi 5.1-rasmda keltirilgan. UE sxemada ulangan BT asosidagi sodda kuchaytirgichni hisoblaymiz. Kirish signali manbai R_G ichki qarshilikka ega kuchlanish generatori U_G sifatida ko'rsatilgan. Signal manbai va yuklama R_{Yu} kuchaytirgichni kaskadga ajratuvchi C_1 va C_2 kondensatorlar orqali ulangan. Kondensatorlar, kuchaytirgichning sokinlik rejimini buzmaganda, kirish va chiqish signallarining faqat o'zgaruvchan tashkil etuvchilari o'tishini ta'minlaydi. R_B rezistor yordamida, kuchaytirishning berilgan sinfi uchun, bazaning I_{B0} sokinlik toki qiymati belgilanadi.

Ushbu kaskad uchun aytib o'tilganlarning barchasi p-n-p tranzistor asosidagi kaskadlar uchun ham o'rinli bo'ladi. Bunda kuchlanish manbaining qutbini va toklar yo'nalishini o'zgartirish yetarli bo'ladi.



5.1- rasm. UE sxemada ulangan BT asosidagi kuchaytirgich sxemasi

Kuchaytirgich kaskadning kirish kuchlanishi ΔU_{KIR} miqdorga o'zgardi deb faraz qilaylik. Bu baza tokining ortishiga olib keladi. Tranzistorning emitter va kollektor toklari hamda kaskadning chiqish kuchlanishi ΔU_{CHIQ} orttirma oladi. Shunday qilib, kirish kuchlanishi (toki)ning har qanday o'zgarishi chiqish kuchlanishi (toki)ning proporsional o'zgarishiga olib keladi. Qiymat jihatdan ushbu o'zgarishlar kaskadning kuchaytirish koefitsiyenti bilan aniqlanadi.

Kichik signal rejimida kuchaytirgich kaskad kirish va chiqish qarshiliklarini, kuchaytirish koefitsiyentini hisoblash uchun ekvivalent sxemalardan foydalanish qulay. Bunda tranzistorlar ekvivalent modellari orqali ifodalanadi. Elektr modellar qulayligi shundaki, tranzistorlar kuchaytirish xususiyatlari tahlili, ayniqsa, kichik signal rejimida, elektr zanjirlar nazariyasi qonuniyatlari asosida o'tkazilishi mumkin. Tranzistorlar uchun bir qancha ekvivalent modellar va parametrlar tizimi taklif etilgan. Ularning har biri o'zining afzallik va kamchiliklariga ega.

Barcha parametrlarni xususiy (yoki birlamchi) va ikkilamchilarga ajratish mumkin. Xususiy parametrlar tranzistorning ulanish usulidan qat'i nazar fizik xususiyatlarini xarakterlaydi. Ikkilamchi parametrlar tranzistorning fizik tuzilmasi bilan bevosita bog'lanmagan va turli ulanish sxemalar uchun turlicha bo'ladi.

Birlamchi asosiy parametrlar bo'lib tok bo'yicha kuchaytirish ko'effitsiyenti α , emitterning r_E , kollektorning r_K va bazaning r_B o'zgaruvchan tokka qarshiliklari, ya'ni ularning differensial qiymatlari xizmat qiladi. r_E qarshilik EO' qarshiligi va emitter soha qarshiligidan, r_K qarshilik esa KO' qarshiligi va kollektor soha qarshiligi yig'indisidan iborat bo'ladi. Emitter va kollektor sohalar qarshiligi o'tishlar qarshiligiga nisbatan juda kichik qiymatga ega bo'lgani sababli ular e'tiborga olinmaydi.

Ikkilamchi parametrlarning (h va y -parametrlar) barcha tizimi tranzistorni to'rt qutbli sifatida ifodalashga asoslanadi.

UE ulangan kuchaytirgich kaskadning eng muhim parametrlarining qiymatlari 5.1-jadvalda keltirilgan.

5.1-jadval

K_I	K_U	K_P	R_{KIR}	R_{CHIQ}
10÷100	10÷100	$10^2 \div 10^4$	0,1÷10 kOm	1÷10 kOm

Kaskadning kuchaytirish ko'effitsiyenti va boshqa parametrlari faqat temperatura o'zgarishlariga emas, balki boshqa uyg'otuvchi ta'sirlarga ham bog'liq. Bundaylar ta'sirlarga kuchlanish manbai, yuklama qarshiligining o'zgarishi va shunga o'xshashlar kiradi. Bu o'zgarishlarni kuchaytirgich nolining o'zgarishi tushunchasi bilan ifodalash qabul qilingan.

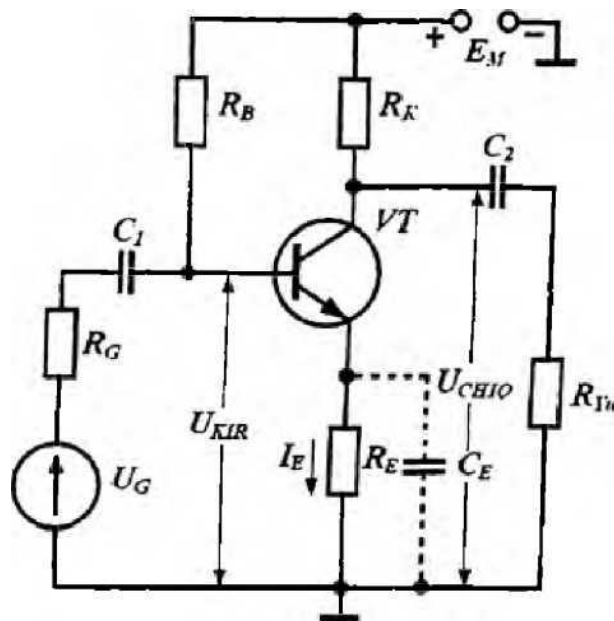
Tashqi ta'sirlar sokinlik tokini o'zgartirib kuchaytirgichni berilgan ish rejimidan chiqaradi. Bu ayniqsa, A sinf rejimi uchun xavfli, chunki tranzistor xarakteristikalarini nochiziqli sohasiga chiqarishi mumkin, bu esa nochiziqli buzilishlar ko'effitsiyentining oshishiga olib keladi. Shu sababli kuchaytirichlarni loyihalashda sokinlik rejimini barqarorlash eng muhim masalalardan biri hisoblanadi.

Kaskad sokinlik rejimini barqarorlashning uchta asosiy usuli mavjud. Termokompensatsiya va parametrik barqarorlash usullari barqarorlikni buzuvchi omillardan faqat birini kompensatsiyalaydi. Bir kaskadli yoki ko'p kaskadli kuchaytirgich parametrlarini barqarorlashning universal usuli teskari aloqa zanjirlarini kiritishdan iborat.

Kuchaytirgich xarakteristika va parametrlarini yaxshilash uchun ataylab teskari aloqa kiritiladi. Yuklama toki bo'yicha manfiy TAgaga ega kuchaytirgich kaskad sxemasi 5.2-rasmda keltirilgan bo'lib, u mahalliy manfiy TAgaga ega.

Temperatura o'zgarganda tranzistorning sokinlik rejimini ta'minlovchi manfiy TA kuchaytirgichning emitter zanjiriga R_E rezistor kiritilishi bilan tashkil etilgan. Emitter toki rezistor orqali oqib, $U_E = I_E R_E$ kuchlanish pasayishini hosil qiladi. Bu kuchlanish kirish U_{KIR} kuchlanishiga teskari

ta'sir etadi. Shu sababli, EO'ga ta'sir etayotgan kuchlanish kamayib $U_{BE} = U_{KIR} - I_E R_E$ ga teng bo'lib qoladi. Natijada, ushbu kaskad yuklama toki bo'yicha ketma-ket manfiy TA bilan ta'minlanganiga ishonch hosil qilamiz.

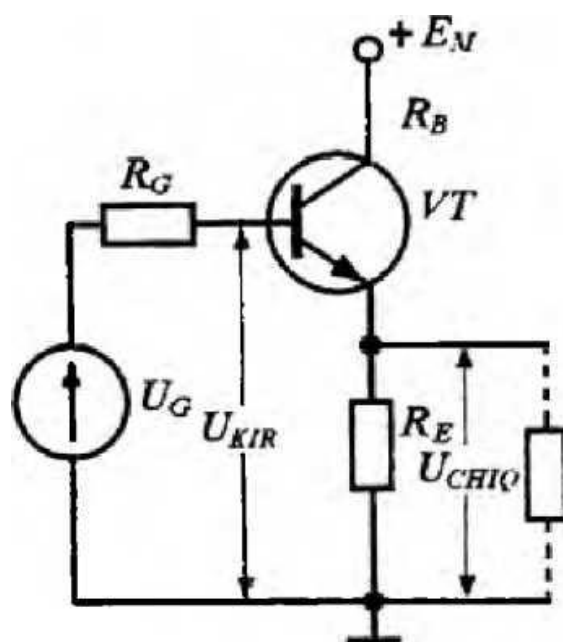


5.2-rasm. Mahalliy manfiy TAlI kuchaytirgich kaskad sxemasi

Diskret komponentlar asosida tayyorlangan kuchaytirgichlarda K_U ning kamayishini oldini olish uchun C_E kondensator kiritiladi. Bu kondensator o'zgaruvchan tok bo'yicha (ya'ni signal bo'yicha) R_E ni shuntlab, manfiy TAni yo'qotadi. Bunda kaskad parametrlari ilgari ko'rilgan ekvivalent sxemalar va formulalar asosida topiladi.

Umumiy kollektor ulangan kuchaytirgich kaskad (emitter qaytargich). Emitter qaytargichning prinsipial sxemasi 5.3-rasmda keltirilgan. Emitter qaytargichda chiqish signali TA signaliga teng bo'lgani uchun u chuqur (100 %li) ketma-ket manfiy TAlI kaskad hisoblanadi.

Kuchaytirgich kaskadda tranzistorning kollektori o'zgaruvchan tok bo'yicha qarshiligi juda kichik kuchlanish manbai E_M orqali yerga ulangan. Bunda kirish kuchlanishi baza bilan kollektorga ulangan, chiqish kuchlanishi esa tranzistorning emitteridan olinadi. Shunday qilib, kollektor elektrodi kirish va chiqish zanjirlari uchun umumiy nuqta bo'lib qoladi, sxemani esa UK ulangan sxema deb hisoblash mumkin.



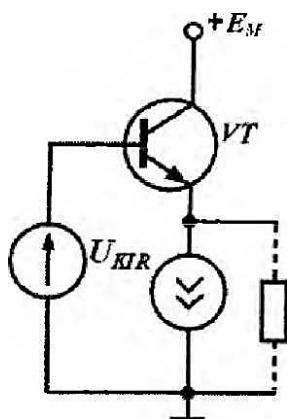
5.3-rasm. Emitter qaytargichning prinsipial sxemasi

UK ulangan kaskadda chiqish kuchlanishi fazasi kirish kuchlanishniki kabi bo'ladi. Kirish kuchlanishi musbat orttirma olganda, baza toki ortib emitter tokining ortishiga olib keladi. Bu o'z navbatida R_E qarshilikdan olingani uchun uning qiymati ham ortadi. Kirish kuchlanishiga manfiy orttirma berilganda chiqish kuchlanishi ham manfiy orttirma oladi.

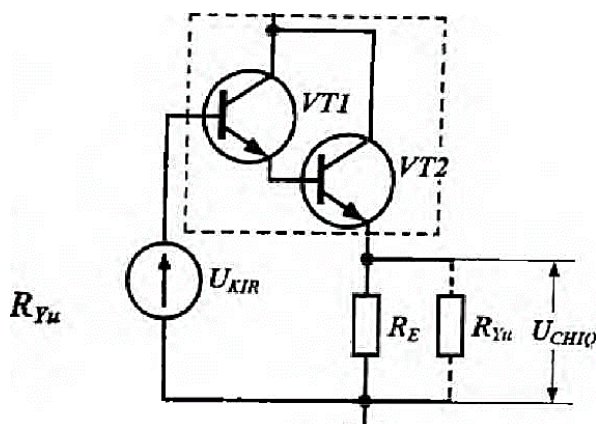
Shunday qilib, chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishini ham amplituda, ham faza bo'yicha qaytaradi. Shu sababli UK ulangan kuchaytirgich kaskad emitter qaytargich deb ataladi. Bu kaskadning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti K_U qiymat jihatidan birga yaqin bo'lishiga qaramasdan, qaytargich kuchaytirgichlar oilasiga kiritiladi.

Emitter qaytargich kaskad yuqori qarshilikli signal manbalarini kichik Omli yuklama bilan moslashtirish uchun eng qulay hisoblanadi (R_{KIR} - yuqori qiymatga ega, R_{CHIQ} - kichik, K_I - yuqori qiymatlarga ega).

Ko'p hollarda R_{KIR} kirish qarshiligini kattalashtirish masalasi turadi. Diskret sxemotexnikada bu masala R_E rezistorning qiymatini oshirish yoki β ning qiymati katta bo'lgan tranzistordan foydalanish bilan hal etiladi. Lekin bu usullarning birinchisi, sokinlik rejimida ilgari tok qiymatini saqlab qolish uchun, kuchlanish manbai E_M ning kuchlanishini orttirish zarurligi bilan cheklangan. Integral sxemotexnikada R_E rezistor o'rniga emitter zanjirdagi I_0 barqaror tok generatoridan (5.4-rasm) yoki Darlington sxemasi asosida tuzilgan (5.5-rasm) tarkibiy tranzistorlardan foydalaniladi.



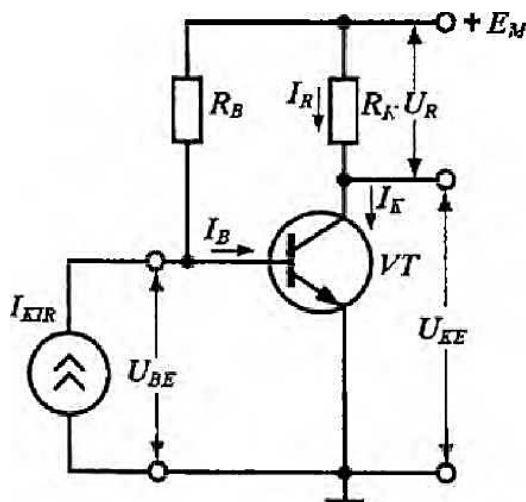
5.4-rasm. BTGli emitter qaytargich sxemasi



5.5-rasm. Tarkibiy tranzistorlarda yigilgan emitter qaytargich sxemasi

UE sxemada ulangan kuchaytirgich kaskad sxemasi 5.6-rasmda keltirilgan bo‘lib, uning grafoanalitik hisobini ko‘rib chiqamiz.

Sxemada R_B rezistor sokinlik rejimida (ishchi nuqta) baza toki qiymatini, ya‘ni kuchaytirgichning kuchaytirish sinfini belgilaydi. R_K rezistor (bundan buyon uni yuklama deb ataymiz) tranzistorning kollektor-emitter oralig‘i va kuchlanish manbai E_M bilan ketma-ket ulangan bo‘lib, yuklamadagi U_R va U_{KE} kuchlanishlar o‘zaro quyidagi munosabat orqali bog‘langan:



5.6-rasm. UE sxemada ulangan kuchaytirgich sxemasi

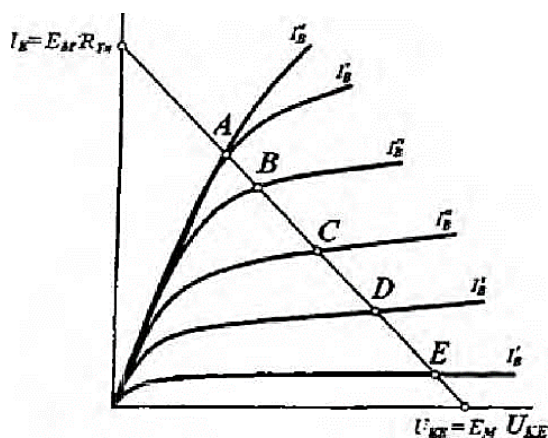
$$U_{KE} + U_R = E_M \quad (5.1)$$

Rezistor orqali oqayotgan tok $I_R = I_K$ ligi ko‘rinib turibdi, natijada, kollektor toki quyidagi tenglamalar sistemasini qanoatlantirishi kerak:

$$\begin{cases} I_K = f_1(U_{KE}) \\ I_K = f_2(U_R) \end{cases} \quad (5.2)$$

Bu yerda, $f_1(U_{KE})$ – berilgan baza toki I_B da tranzistor chiqish xarakteristikasini aniqlovchi funksiya, $f_2(U_R)$ esa – yuklama chizig‘i. Kaskadning kuchaytirish koeffitsiyenti va boshqa parametrlarini hisoblash uchun kirish toki (kuchlanishi)ning berilgan qiymatlarida kollektor toki (kuchaytirgich chiqish toki) va kollektor kuchlanishi (chiqish kuchlanishi U_{KE}) qiymatlarini topish uchun, (5.2) ni grafik usulda yechamiz. Foydalanilayotgan tranzistorning chiqish xarakteristikalar oilasi (5.2) tenglamaga mos keladi (5.7-rasm).

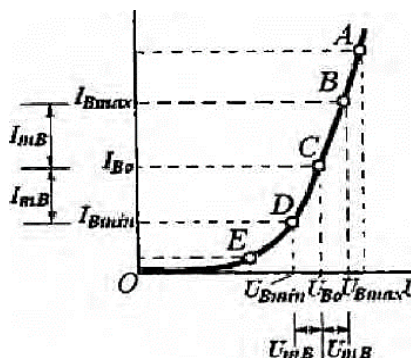
Yuklama chizig‘i (5.2) tenglamaning grafigini ifodalaydi. Yuklama chizig‘i koordinatalar tizimining toklar o‘qida $U_{KE} = 0$ bo‘lganda $I_K = E_M/R_K$ va kuchlanishlar o‘qida $I_K = 0$ bo‘lganda $U_{KE} = E_M$ bo‘lgandagi nuqtalarni tutashtiruvchi kesmalarni kesadi. Yuklama chizig‘ining tranzistor chiqish xarakteristikalari bilan kesishgan nuqtalari (5.2) tenglamalar tizimining yechimlariga mos keladi va kuchaytirgichning ikkita muhim uzatish xarakteristikalarini: tokni to‘g‘ri uzatish $I_K = \phi_1(I_B)$ (5.8 d-rasm) va kuchlanish uzatish $U_K = \phi_2(I_B)$ (5.8 b- rasm) xarakteristikalarini chizish imkonini beradi.



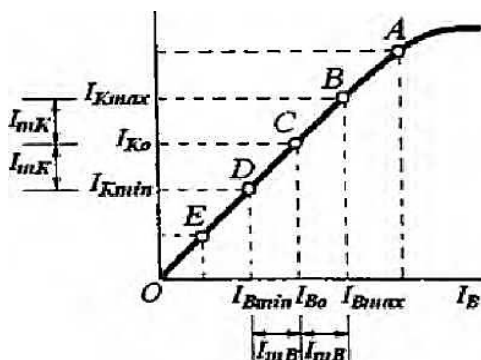
5.7-rasm. BT chiqish VAXsi va yuklama chizig‘i

Kuchaytirgichning statik uzatish xarakteristikalari uning asosiy xususiyatlari to‘g‘risida yaqqol tasavvur uyg‘otadi va kuchaytirish koeffitsiyenti hamda kirish qarshiligini hisoblash imkonini beradi. Ushbu xarakteristikalardan chiziqli (OB), nochiziqli (BA) kuchaytirish sohalari va to‘yinish rejimi sohasini (5.8 a-rasmda A nuqtadan o‘ngroqda) aniqlash imkonini beradi.

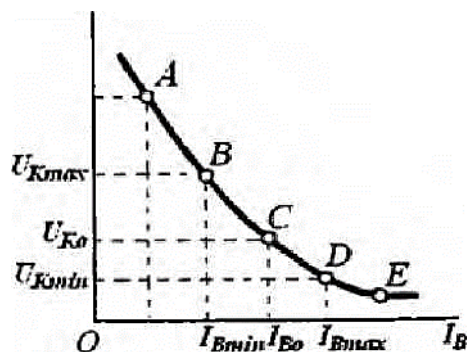
a)



b)



d)



5.8-rasm. Kuchaytirgichning statik uzatish xarakteristikalarini: kirish xarakteristikasi $I_B = \varphi_1(U_{BE})$ (a), tokni to'g'ri uzatish $I_K = \varphi_1(I_B)$ (b) va kuchlanishni to'g'ri uzatish $U_{KE} = \varphi_2(I_B)$ (d).

Kuchaytirgichning statik kirish xarakteristikasi tranzistorning U_{KE} kuchlanishini o'zgartirganda o'ziga nisbatan parallel siljuvchi, statik kirish xarakteristikalaridan farq qiladi. Lekin, $U_{KE} > 0$ bo'lganda siljish katta bo'lmaydi va amaliy hisoblashlarda kuchaytirgichning kirish xarakteristikasi sifatida tranzistorning ishchi sohasidagi U_{KE} ning o'rta qiymatiga mos keluvchi kirish xarakteristikasidan foydalaniladi (5.8 a-rasm).

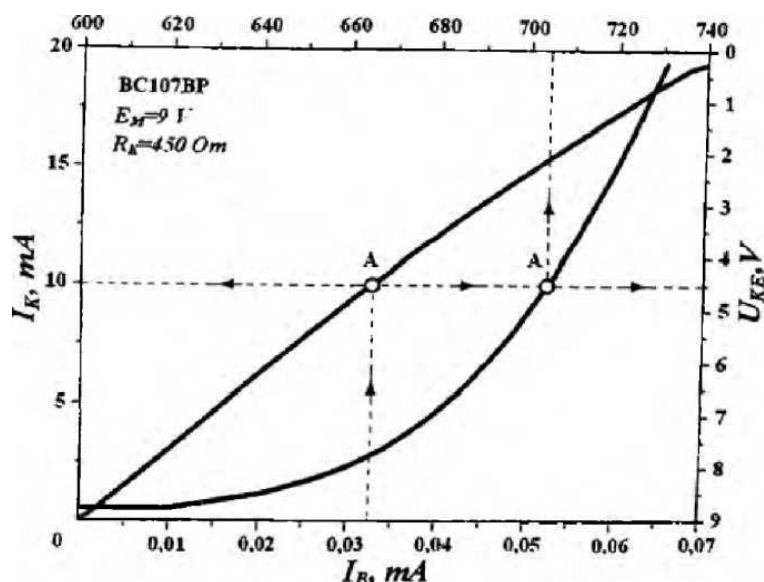
Kuchaytirgichning statik uzatish xarakteristikalarini (5.8-rasm)ni birgalikda barcha to'rtta parametrlar: I_B , I_K , U_{BE} , U_{KE} ni o'zaro bog'lovchi yagona umumlashgan grafik sifatida ifodalash mumkin.

BC107BP tranzistorli kaskadni parametrlari $E_M = 9V$, $R_K = 450\Omega$ bo'lgandagi umumlashgan grafigi 5.9-rasmda keltirilgan. Bu yerda A nuqta koordinatalari bir vaqtning o'zida barcha to'rtta parametrlar: kirish va chiqish toklari va kuchlanishlarini aniqlaydi.

Tok generatordan kuchaytirgich kirishiga sinusoida ko'rinishidagi signal berilayotgan bo'lsin

$$I_B(t) = I_{B0} + I_{mB} \sin \omega t$$

Bu yerda, I_{B0} va I_{Bm} - sokinlik rejimida berilgan baza toki qiymati (ishchi nuqta) va uning amplitudasi. Bazadagi sokinlik toki I_{B0} rezistor R_B yordamida beriladi.



5.9-rasm. UE ulangan BTning umumlashgan dinamik xarakteristikalari

Ixtiyoriy vaqt momentida I_B tokini aniqlovchi ishchi nuqta ω chastota bilan kirish xarakteristikasi bo‘ylab yuqoriga va pastga berilgan $\pm I_{Bm}$ o‘zgarish chegaralarida siljiydi. Bu vaqtda kirish kuchlanishi U_{BE} davriy o‘zgarishini taxminan quyidagi ifoda orqali keltirish mumkin:

$$U_{BE}(t) = U_{BE0} + U_{Bm} \sin \omega t$$

Ishchi nuqta U_{BE0} va baza tokining oniy o‘zgarishlaridagi $\pm U_{mB}$ ning og‘ish chegaralari, tranzistorning kirish xarakteristikasidan topiladi.

Sokinlik rejimida I_{B0} ning berilgan qiymatida chiqish toki I_{K0} va chiqish kuchlanishi U_{KE} qiymatlari mos ravishda, tokni to‘g‘ri uzatish (5.8 a-rasm) va kuchlanishni to‘g‘ri uzatish (5.8 b-rasm) dan yoki umumlashgan dinamik xarakteristika (5.9-rasm) dan topiladi. Baza tokining berilgan o‘zgarishlarida (5.2) mos keluvchi ishchi nuqta ω chastota bilan yuqoriga va pastga uzatish xarakteristikasi bo‘ylab siljiydi. Bunda kollektor toki o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi $\pm I_{Km}$, chiqish kuchlanishi o‘zgaruvchan tashkil etuvchisi esa $\pm U_{Km}$ bo‘ladi.

I_{Km} , U_{Km} va U_{Bm} larning o'rtacha qiymatlari quyidagi formulalar bo'yicha topiladi:

$$I_{Km} = \frac{I_{K\max} - I_{K\min}}{2}; \quad U_{Km} = \frac{U_{K\max} - U_{K\min}}{2}; \quad U_{Bm} = \frac{U_{B\max} - U_{B\min}}{2}$$

O'rta qiymatlar kuchaytirgichning quyidagi parametrlarini hisoblab topish imkonini beradi: kaskadning kuchlanish, tok va quvvat bo'yicha kuchaytirish koefitsiyentlari

$$K_U = \frac{U_{K\max}}{U_{B\max}} \quad K_I = \frac{I_{K\max}}{I_{B\max}} \quad K_P = K_U \cdot K_I$$

kuchaytirgichning kirish va chiqish qarshiliklari

$$R_{KIR} = \frac{U_{B\max}}{I_{B\max}} \quad R_{CHIQ} \approx R_K$$

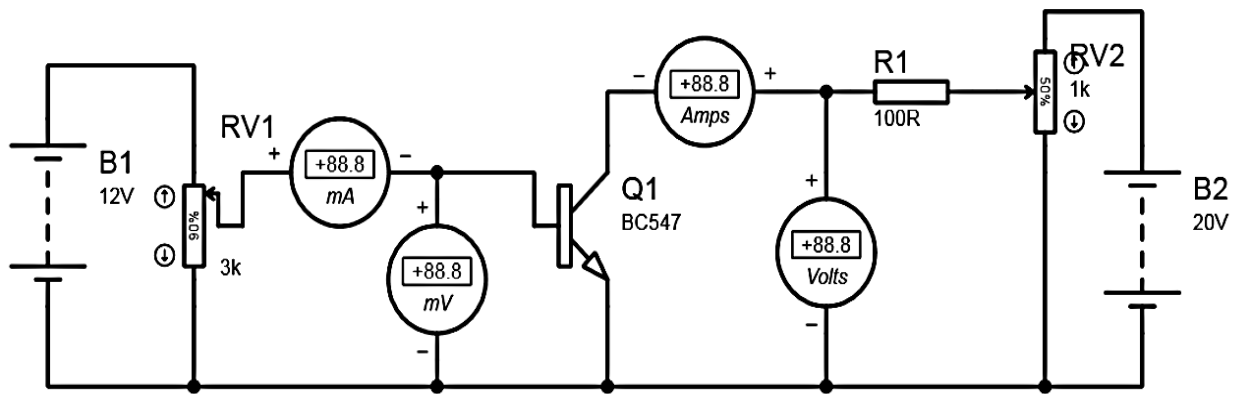
Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishi Proteus dasturida amalga oshiramiz.

Umumiy emitterli tranzistorning VAXsini tekshirish. Isni bajarish uchun:

1. Proteus dasturining elementlar kutubxonasi yordamida 5.10-rasmda keltirilgan umumiy emitterli tranzistor VAXsini tekshirish sxemasini chizish kerak.

2. Elementlar kutubxonasidan BC 547 modeldagi tranzistor, elektr qarshiligi 1 kOm bo'lgan o'zgaruvchan qarshilik, kuchlanishi 12 V bo'lgan o'zgarmas tok manbai, elektr o'lchash asboblari milliampermetr hamda voltmetrni olamiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O'zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig'ida o'zgartirib, diod toki I ning dioddagi kuchlanish U ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 5.2-jadvalga kiriting.

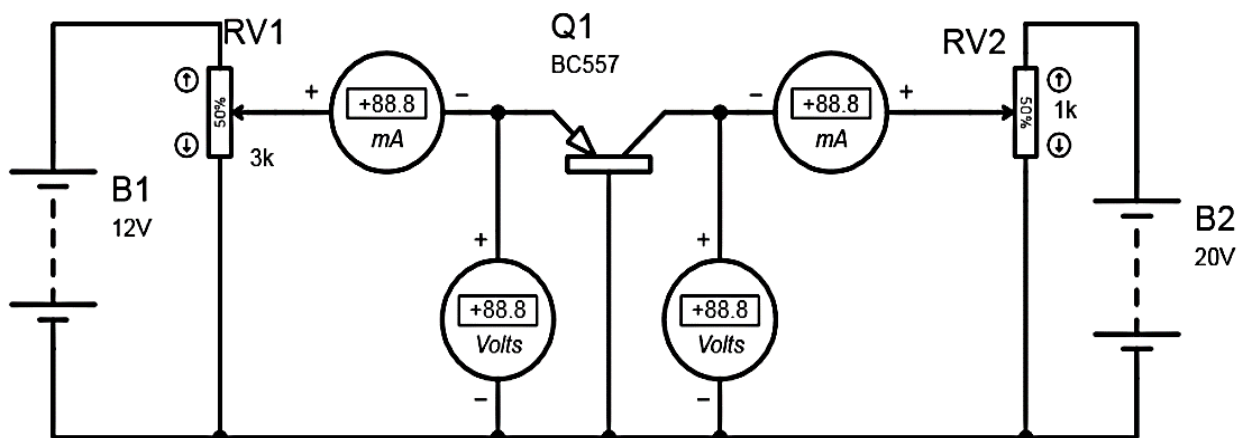


5.10-rasm. Umumiy emitterli tranzistorning VAXsini tekshirish sxemasi

5.2-jadval

Emitter toki I_E , mA		0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
U_{CB} , V bo'lganda Emitter-baza kuchlanishi U_{EB} , V	0							
	1							
	10							

Olingan ma'lumotlar asosida (5.2-jadval) BC 547 tranzistorning VAXsini chizing.



5.11-rasm. Umumiy bazali tranzistorning VAXsini tekshirish sxemasi

Elementlar kutubxonasidan BC 557 modeldagi tranzistor, elektr qarshiligi 1 kOm bo'lgan o'zgaruvchan qarshilik, kuchlanishi 12 V bo'lgan o'zgarmas tok manbai, elektr o'lchash asboblari milliampermetr hamda voltmetrni olamiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O'zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig'ida o'zgartirib, diod toki I ning dioddagi kuchlanish U ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 5.3-jadvalga kiriting.

5.3-jadval

Baza toki I_E , mA		0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
U_{CB} , V bo'lganda Emitter-baza kuchlanishi U_{EB} , V	0							
	1							
	10							

Olingan ma'lumotlar asosida (5.3-jadval) BC 557 tranzistorning VAXsini chizing.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O'lchash natijalari jadvallari.
3. Tranzistorning VAX grafigi.

Nazorat savollari:

1. Tranzistor qanday tuzilgan?
2. Umumiy emitterli usulda ulangan sxemani tushuntiring.
3. Tranzistorlarning yana qanday ulanish sxemalari mavjud?
4. Qanday tavsif tranzistorning ichki tavsifi deyiladi?
5. Qanday tavsif tranzistorning tashqi tavsifi deyiladi?
6. Tranzistorning elektrodlari qanday aniqlanadi?
7. Umumiy kollektorli usulda ulangan sxemani tushuntiring.
8. Umumiy bazali usulda ulangan sxemani tushuntiring.
9. Signallarni chiziqli kuchaytirish uchun qaysi rejimda ishlash kerak?
10. Signallarni tok va kuchlanish bilan siljitish qanday amalga oshiriladi?
- Transistorlarning ichki o'tishlarida nima sodir bo'ladi?
11. Komplementar BTlar va MTlar asosidagi tarkibiy tranzistor sxemalarining qanday ulanish sxemalari bor?

6-LABORATORIYA ISHI

MAYDONIY TRANZISTOR ASOSIDAGI BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHNI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

1. Maydoniy tranzistorlarning tuzilish va ishlash prinsiplarini o‘rganish;
2. Maydoniy tranzistorlarni VAXsini olish va tahlil qilish;
3. Maydoniy tranzistorlarning parametrlarini aniqlash.

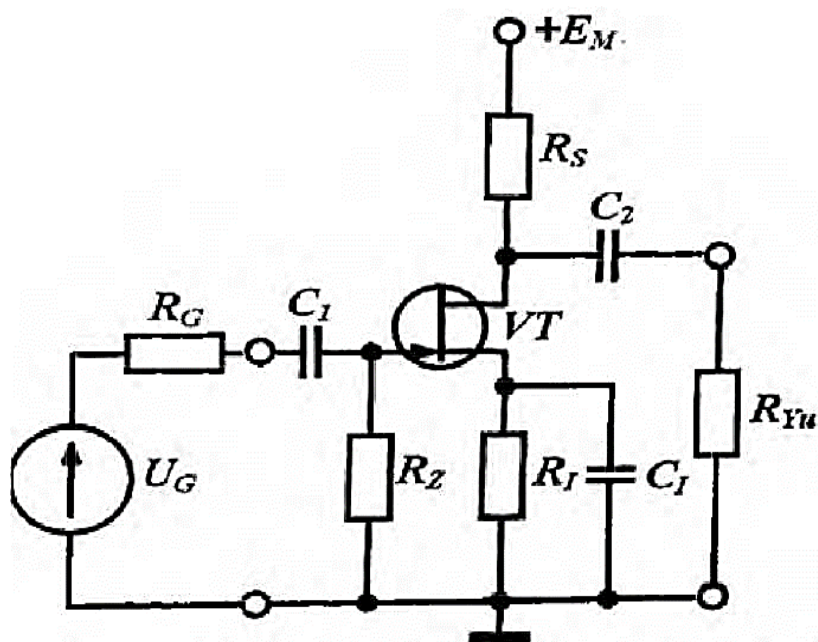
Nazariy qism:

p - n o‘tish bilan boshqariladigan MT yoki kanali qurilgan MDYa - tranzistorlar asosidagi kuchaytirgichlar asosan kirish kaskadlari sifatida qo‘llaniladi. Bu hol MTlarning quyidagi xususiyatlari bilan bog‘liq:

- katta kirish qarshiligiga egaligi yuqori Omli signal manbai bilan moslashtirishni osonlashtiradi;
- shovqin koeffitsiyentining kichikligi kuchsiz signallarni kuchaytirishda afzallik beradi;
- termobarqaror ishchi nuqtada barqarorlik yuqori.

UI sxemada ulangan kuchaytirgich kaskad. n - kanali p - n o‘tish bilan boshqariladigan UI ulangan kuchaytirgich kaskadning prinsipial sxemasi 6.1-rasmda keltirilgan.

Kirish signali manbai U_G ajratuvchi kondensator C_1 orqali, yuklama qarshiligi R_{Yu} esa kaskadning chiqishiga C_2 ajratuvchi kondensator yordamida ulangan. Zatvorning umumiy shina bilan galvanik bog‘lanishi $R_z \approx 1$ MOm rezistor orqali amalga oshiriladi. Bu galvanik aloqa zatvordagi manfiy siljituvchi kuchlanishni hosil qilish uchun zarur.



6.1-rasm. UI sxemada ulangan kuchaytirgich kaskad

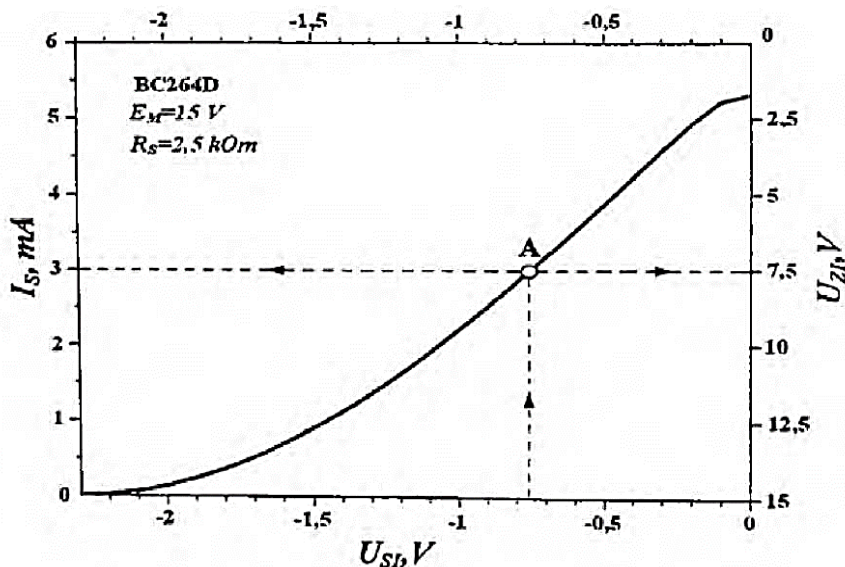
Bunday tranzistor ishlash prinsipi kanal qarshiligini $p - n$ o'tishga teskari siljitish berib o'zgartirishga asoslanadi. n - kanalli tranzistor uchun kuchlanish manbai $+E_M$ zatvorga esa R_I dagi manfiy kuchlanish pasayishi beriladi. Bitta kuchlanish manbai ishlatilganda zatvordagi U_{ZI} kuchlanishni sokinlik rejimida avtomatik siljituvchi $R_I C_I$ ta'minlaydi. U_{ZI} kuchlanish R_I qarshilik orqali I_S sokinlik toki oqib o'tishi hisobiga hosil bo'ladi $U_{ZI} = -I_S \cdot R_I$. Keng dinamik diapazonga ega bo'lgan kuchaytirgich holatida, ya'ni kirish signali amplitudasi bir necha voltini tashkil etganda, tabiiyki U_{ZI} kuchlanishning sokinlik rejimdagi qiymati $U_{ZI.BERK}$ va $U_{ZI.max}$ (tranzistor pasport ko'rsatmalari) kuchlanishlar yig'indisining yarmiga, ya'ni $U_{ZI} = 0,5(U_{ZI.BERK} + U_{ZI.max})$.

U_{ZI} va I_S larning sokinlik rejimdagi qiymatlarini stok-zatvor xarakteristikasidan aniqlab, R_I ning qiymatini topish qiyin emas.

Ko'rilyotgan sxemada R_I rezistor ikkita vazifani bajaradi. Birinchidan, u sokinlik rejimida ishchi nuqta boshlang'ich holatini ta'minlaydi va ikkinchidan, unga yuklama toki bo'yicha (UE ulangan sxemada R_E dek) ketma-ket manfiy TAni kiritadi. Bu o'z navbatida kaskad kuchaytirish ko'effitsiyentining kamayishiga olib keladi va sokinlik rejimini temperatura bo'yicha barqarorlaydi. O'zgaruvchan tok bo'yicha manfiy TAni yo'qotish uchun R_I rezistor C_I kondensator bilan shuntlanadi.

A rejimda ishlovchi kuchaytirgichlar uchun sokinlik rejimida tranzistorning istoki va stoki orasidagi kuchlanish $U_{SI} = -I_S \cdot R_S$ teng qilib

olinadi. Bunda $E_M = U_{SI} + I_S \cdot R_S + I_S \cdot R_S U_{SI, \max}$ (pasport ko'rsatmasi) dan ortmasligi kerak.



6.2-rasm. UI ulangan n — kanali $p - n$ o'tish bilan boshqariladigan MTning umumlashgan dinamik xarakteristikalari

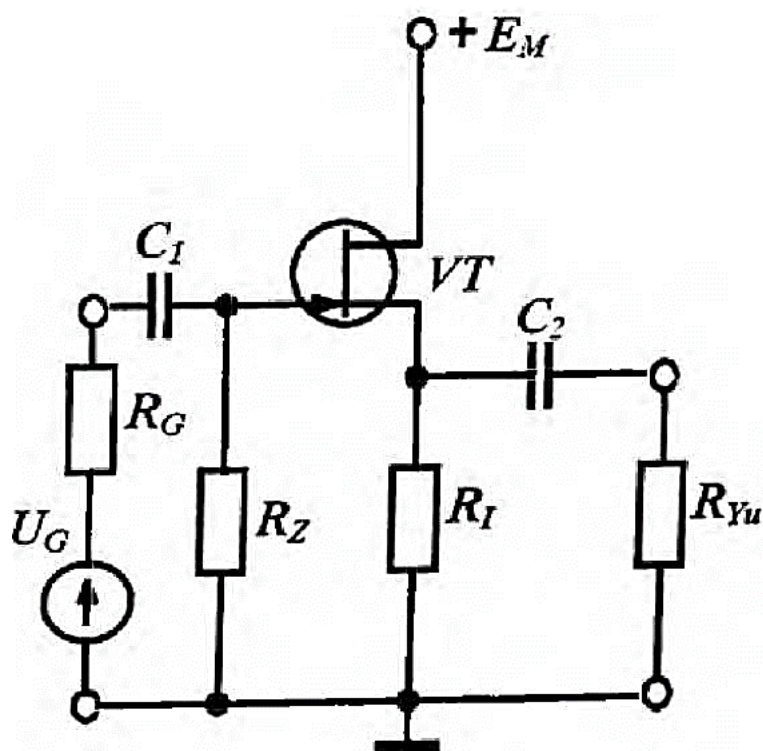
Katta signal rejimi uchun kuchaytirgichning statik uzatish xarakteristikalarining uchta parametrlarini I_S, U_{ZI}, U_{SI} o'zaro bog'lovchi umumlashgan grafik sifatida ifodalash mumkin. VS264D tranzistorli kaskadni parametrlari $E_M = 15V$, $R_S = 2,5kOm$ bo'lgandagi umumlashgan grafigi 6.2-rasmda keltirilgan.

Bu yerda A nuqta koordinatalari bir vaqtning o'zida barcha uchta parametrlar: chiqish toki hamda kirish va chiqish kuchlanishlarini aniqlaydi. Berilgan signal amplitudasi uchun kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyentini topish mumkin.

US sxemada ulangan kuchaytirgich kaskad (istok qaytargich). US ulangan MT asosidagi kuchaytirgich kaskadning prinsipial sxemasi 6.3-rasmda ko'rsatilgan. Sxemada n - kanali $p - n$ o'tish bilan boshqariladigan MT qo'llanilgan.

Sxemada stok elektrodi umumiy shinaga kuchlanish manbai E_M ning juda kichik qarshiligi orqali ulangan, ya'ni stok elektrodi kirish va chiqish zanjirlari uchun umumiydir.

Istok qaytargichda chiqish signali amplitudasi kirishdagi signal amplitudasi va fazasini qaytaradi. Bu ikki omil kaskadning kuchlanish qaytargich deb atalishiga asos bo'ldi. Kuchaytirish koeffitsiyentining birga yaqin qiymati 100 % li manfiy TA hisobiga hosil bo'ladi.



6.3-rasm. US ulangan MT asosidagi kuchaytirgich kaskadning sxemasi

p - n o'tish bilan boshqariladigan MTni kuchlanish qaytargichning kirish qarshiligi teskari siljirilgan boshqaruvchi p - n o'tishning differensial qarshiligidan iborat bo'ladi.

MDYa – tranzistor asosidagi kuchlanish qaytargichning kirish qarshiligi bundan ham katta bo'ladi, chunki u zatvor ostidagi dielektrik parda qarshiligi bilan aniqlanib, ~ 100 MOmni tashkil etadi.

Ishni bajarish tartibi:

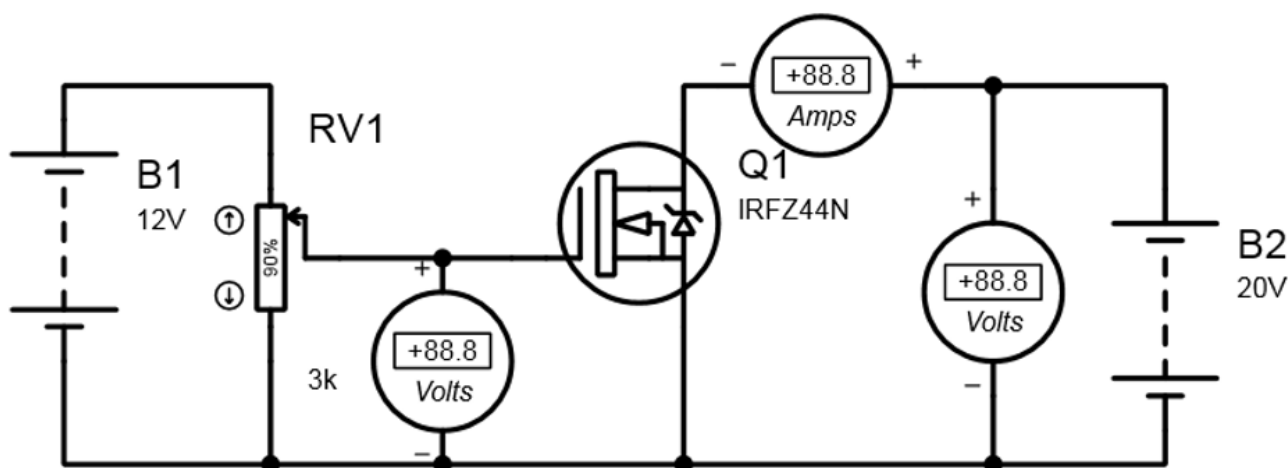
Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

1. US ulangan MT asosidagi kuchaytirgich kaskadning sxemasini tekshirish, xarakteristikalarini olish.
2. Elementlar kutubxonasidan foydalanib 6.4- rasmda keltirilgan sxemani chizing.
3. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O'zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig'ida o'zgartirib, MT toki I ning MTdagi kuchlanish U ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 6.1-jadvalga kiriting.

6.1-jadval

Istok toki I_S , mA		0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
U_{ZI} , V bo'lganda zatvor- istok kuchlanishi U_{SI} , V	0							
	1							
	10							

Olingan ma'lumotlar asosida (6.1-jadval) IRF44N MTning VAXsini chizing va parametrlarini hisoblang.



6.4- rasm. Maydoniy transistor asosidagi bir kaskadli (UI) kuchaytirgichning xarakteristikasini olish sxemasi

MTlar kuchaytirgich sifatida kichik signal rejimida ishlaganda chiqish xarakteristikalarining to'yinish sohasi ishlatiladi. Bu sohada signallar minimal noxiziqli buzilishlar bilan kuchaytiriladi.

Xarakteristika tikligi:

$$U_{SI} = \text{const} \text{ bo'lgandagi } S = \frac{\partial I_S}{\partial U_{ZI}}$$

Ichki (differensial) qarshilik:

$$U_{ZI} = \text{const} \text{ bo'lgandagi } R_i = \frac{\partial U_{SI}}{\partial I_S}$$

Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti:

$$I_S = \text{const} \text{ bo'lgandagi } \mu = \frac{\partial U_{SI}}{\partial U_{ZI}}$$

n-kanali qurilgan MDYA - tranzistorning stok-zatvor va stok xarakteristikalari grafiklarini quring.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O'lchash natijalari jadvallari.
3. MT VAX grafigi.

Nazorat savollari:

1. MT Ichki (differensial) qarshiligi deganda nimani tushinasiz?
2. MT xarakteristika tikligi nima?
3. MT Kuchlanish koeffitsiyenti nimaga teng?
4. MTU sodda kuchaytirgich kaskadi ishchi nuqtasini qaysi parametrlar belgilaydi?
5. Ko'p kaskadli kuchaytirgich deganda nimani tushunasiz?
6. MT yana qanday turlarini bilasiz?
7. MT qo'llanish sohasi?
8. Sxemada keltirilgan elementlarning vazifalari?

7-LABORATORIYA ISHI DIFFERENSIALLOVCHI SXEMANING TUZILISHINI O'RGANISH VA ISHLASHINI TADQIQ QILISH

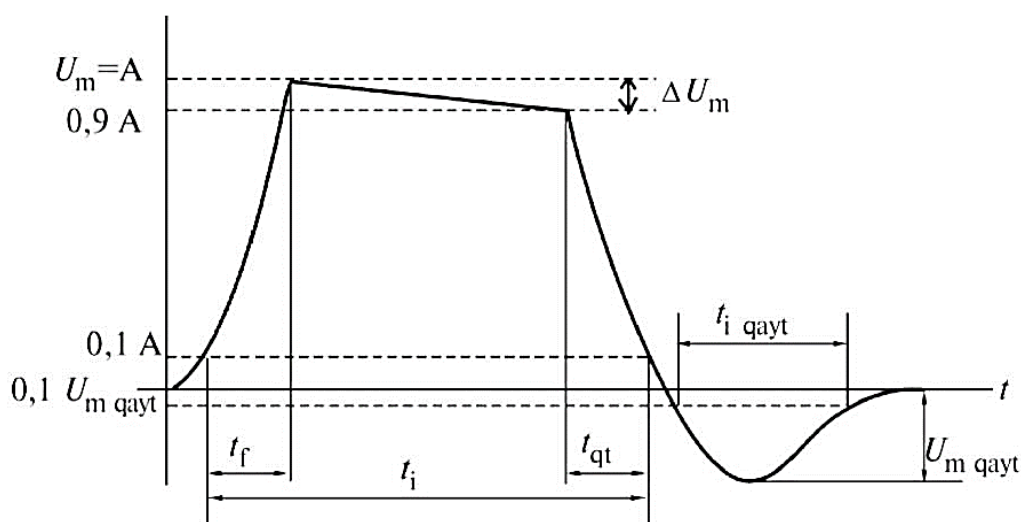
Ishdan maqsad:

1. Differensiallovchi sxemani tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Differensiallovchi sxemadan impulslarning o'tish jarayonini, grafiklarini o'rganish;
3. Differensiallovchi sxemadan impulslar o'tish jarayonining ossillogrammalarini olish, ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

Nazariy qism:

Impulslar, tasnifi, turlari va parametrlari

Elektr zanjirida impuls deb – kuchlanish yoki tokning qisqa vaqtda o'zgarishi tushuniladi. 7.1-rasmda real impulsning ko'rinishi keltirilgan:



7.1-rasm. Real impulsning ko‘rinishi

Impulsning asosiy tasniflari va parametrlari quyidagilardan iborat:

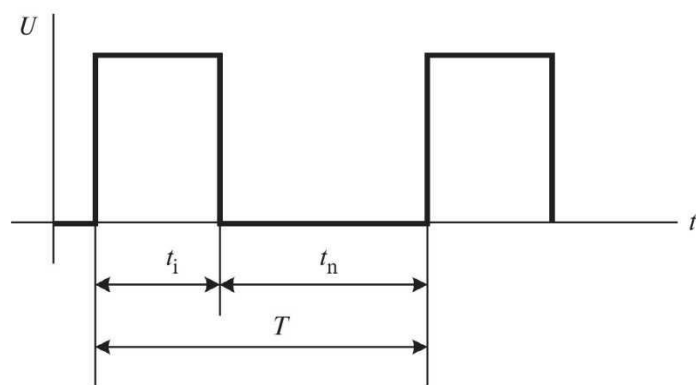
- Impuls amplitudasi $U_m = A$;
- Impulsning aktiv kengligi (0,1 A darajada o‘lchanadi) t_i ;
- Front tikligi $S_f = \frac{dU}{dt} \approx \frac{U_m}{t_f}$;
- Qiyalik tikligi $S_{qt} = \frac{dU}{dt} \approx \frac{U_m}{t_{qt}}$;
- Impuls toki buzilishi $\frac{\Delta U}{U_m} \cdot 100\%$;
- Teskari tashlanish amplitudasi U_{mtes} ;
- Teskari tashlanish kengligi t_{ites} ;
- Impuls quvvati $P = \frac{W}{t_i}$, bu yerda W - impuls energiyasi.

Impuls ketma-ketligini (7.2-rasm) davriy takrorlanuvchi impulslar tashkil etadi. U quyidagi parametrlar bilan tasniflanadi:

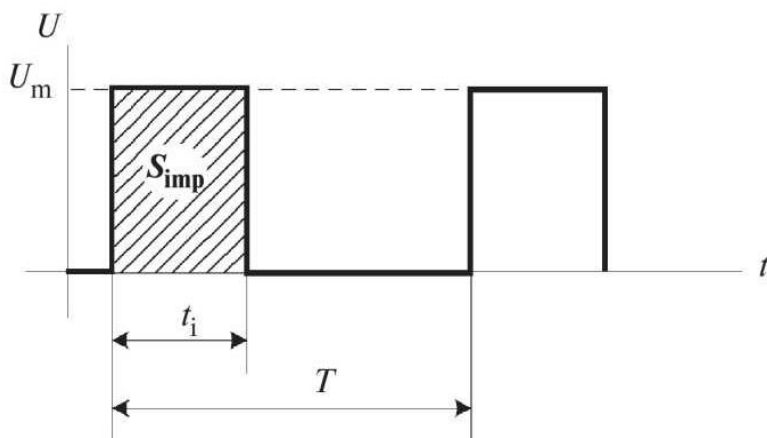
- Impuls ketma-ketligi chastotasi $f = \frac{1}{T}$ bu yerda $T = t_i + t_n$;
- To‘ldirish ko‘effitsiyenti $\gamma = \frac{t_i}{T}$ (o‘zgarish oralig‘i 0...1), chuqurligi $Q = \frac{T}{t_i}$ (o‘zgarish oralig‘i ∞ dan 0 gacha);

- Impulsning o‘rtacha qiymati (7.3-rasm)

$$U_{o'rt} = \frac{1}{T} \int_0^{t_i} U(t) dt = \frac{S_{imp}}{T} = \frac{U_m \cdot t_i}{T} = U_m \cdot \gamma = \frac{U_m}{Q};$$

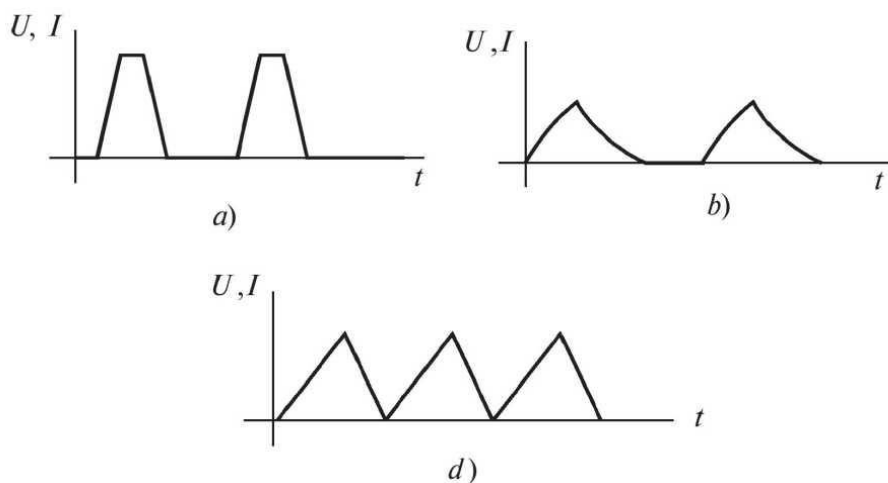


7.2-rasm. Impulsning xarakteristikalari

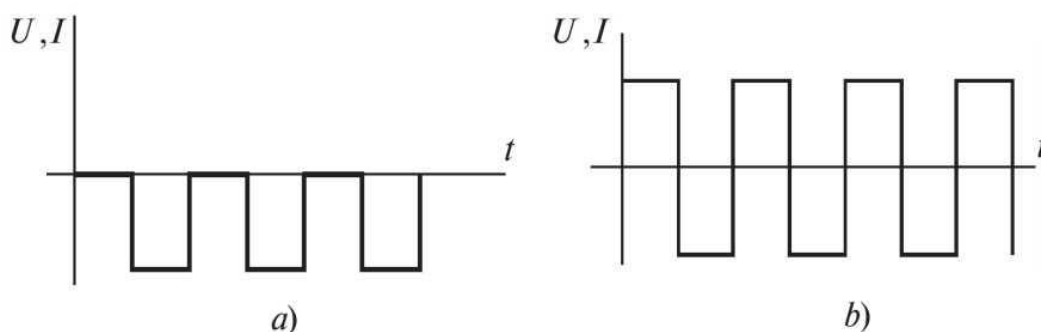


7.3-rasm. Impulsning o'rtacha qiymati

Impulslar turli ko'rinishga ega bo'ladi: to'g'ri burchakli, uchburchakli, trapetsiyasimon, eksponensial va h.k. (7.4-rasm), shuningdek, bir qutbli (7.5-rasm, a) va ikki qutbli (7.5-rasm, b) bo'lishi mumkin: bir qutbli impulslar musbat va manfiy bo'lishi mumkin. Turli ko'rinishli chastota va amplitudali impuls ketma-ketligini hosil qilish uchun maxsus generatorlardan foydalaniladi.



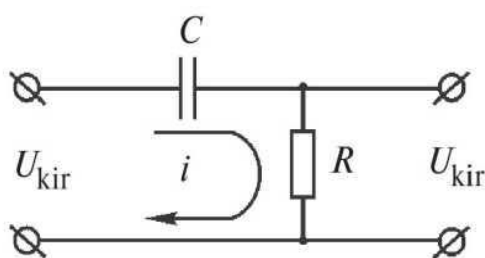
7.4-rasm. Impulsning shakli bo'yicha turlari



7.5-rasm. Impulsning turlari

RC-zanjirdan impuls o'tishi RC-zanjirlarda birlik qadamdagi kuchlanish va tok

RC-zanjirning kirish qismiga (7.6-rasm) birlik qadamdagi kuchlanish ulanadi (7.7-rasm).



7.6-rasm. RC-zanjirning qadamdagi prinsipial sxemasi



7.7-rasm. Birlik kuchlanish grafigi

Birlik qadamga zanjir reaksiyasini aniqlaymiz, ya'ni quyidagi munosabatlarni topamiz:

$$U_C(t) = ?$$

$$U_R(t) = ?$$

$$i(t) = ?$$

Sakrash tenglamasi, ya'ni zanjir kirish qismidagi kuchlanish quyidagicha bo'ladi:

$$U_{kir} = \begin{cases} 0, & t < 0; \\ U, & t \geq 0; \end{cases}$$

boshlang'ich shartlari $U_C(0), i(0)=0, U_R(0)=0$.

Zanjir uchun Kirxgofning 2-qonuniga ko'ra:

$$U = U_C + U_R = U_C + i \cdot R$$

$q = U_C \cdot C$, $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$ larni inobatga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$U = U_C + R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt}.$$

RC-zanjirni differensial tenglama yordamida standart ko'rinishida quyidagicha yozamiz:

$$R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C = U$$

boshlang'ich shartlari bilan: $U_C(0) = 0$, $i(0) = 0$, $U_R(0) = 0$.

Bunday differensial tenglamaning yechimini erkin va majburiy tashkil etuvchilari orqali aniqlanadi:

$$U_C = U_{erk} + U_{maj}$$

Erkin tashkil etuvchisi quyidagicha yoziladi: $U_{erk} = A \cdot e^{pt}$ va zanjirga e'tirozli ta'sir etuvchi bo'lmagan holda o'zining o'tkinchi jarayonini ifodalaydi(tenglamaning o'ng tomoni nol holatda), demak,

$$R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt} + U_C = 0;$$

$\frac{d}{dt} \Rightarrow p$ deb belgilab, bu tenglamani operator ko'rinishida quyidagicha yozamiz:

$$U_C \cdot (R \cdot C \cdot p + 1) = 0$$

U_C o'tkinchi jarayonda vaqt birligida eksponensial qonuniyat bilan o'zgarganligi, ya'ni $U_C \neq 0$ bo'lganligi uchun $R \cdot C \cdot p + 1 = 0$, bundan xarakteristik tenglamaning ildizini aniqlaymiz:

$$p = -\frac{1}{R \cdot C}$$

p ning qiymatini tenglamaning erkin tashkil etuvchisiga qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$U_{Cerk} = A \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$$

bu yerda $R \cdot C = \tau$ – shu RC-zanjirning vaqt doimiysi, bundan:

$$U_{Cerk} = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$t \rightarrow \infty$ bo'lganda, $U_{C_{erk}} \rightarrow 0$.

O'tkinchi jarayon tugaganidan so'ng, majburiy tashkil etuvchisi tenglamaning o'ng tomonidan (nazariy $t \rightarrow \infty$ bo'lganda, amalda esa $t > (3|5)\tau$ bo'lganda) quyidagicha aniqlanadi: $U_{C_{chiq}} = U_{kir} = U$.

Differensial tenglamaning to'liq yechimini quyidagicha yozamiz:

$$U_C = U_{C_{erk}} + U_{C_{maj}} = U + A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

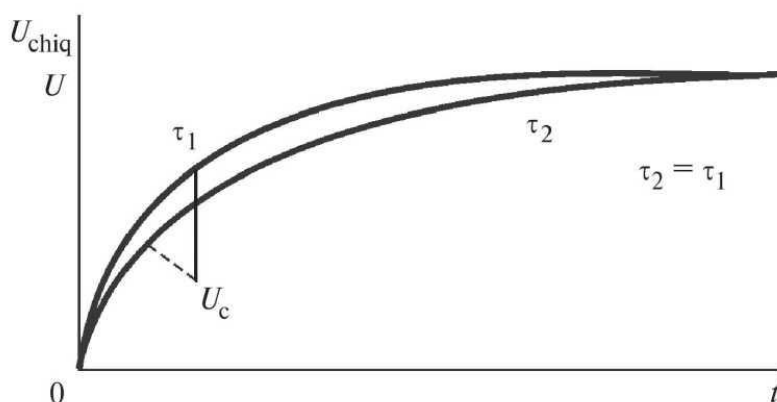
Bu ifodada noma'lum qiymat – A . Uni $t=0$, $U_C(0)=0$ boshlang'ich shartdan topamiz:

$$0 = U + A \cdot 1 \Rightarrow A = -U$$

Differensial tenglamaning natijaviy yechimi quyidagicha bo'ladi:

$$U_C = U \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

7.8-rasmda RC -zanjirning turli vaqt doimiysidagi $U_C(t)$ ga bog'liqligi keltirilgan.

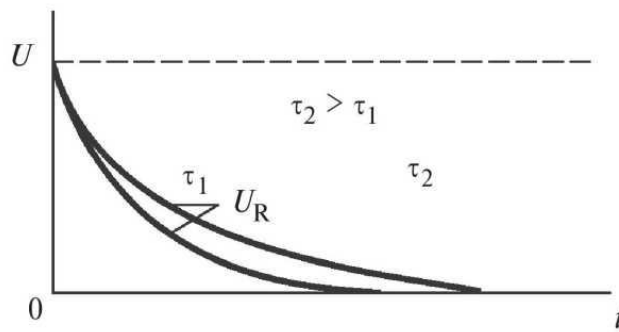


7.8-rasm. RC -zanjirning $\tau_2 = \tau_1$ bo'lgandagi doimiysi

RC -zanjir chiqish qismida quyidagicha bo'ladi:

$$U_R = U - U_C = U - U + U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = U \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

7.9-rasmda τ ning turli qiymatlarida $U_R(t)$ ga bog'liqligi keltirilgan.

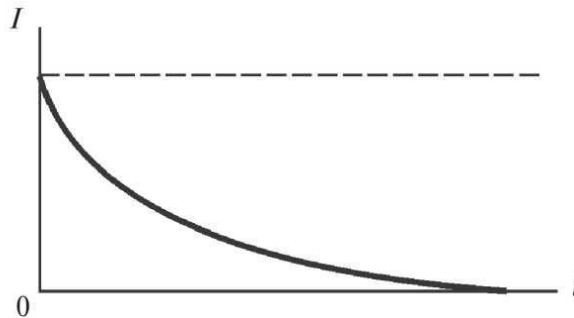


7.9-rasm. RC-zanjirning $\tau_2 > \tau_1$ bo'lgandagi doimiysi

$U_R = i \cdot R$ bo'lganligidan, demak,

$$i = \frac{U_R}{R} = \frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

7.10-rasmda $I(t)$ bog'liqligi keltirilgan.



7.10-rasm

Differensiallovchi (toraytiruvchi) va ajratuvchi RC-zanjirlar

Vaqt birligida kirish signalining hosilasiga proporsional bo'lgan signalni hosil qiluvchi zanjir differensiallovchi zanjir deb ataladi. Bundan, $u_{chiq}(t) = K \cdot \frac{du_{kir}(t)}{dt}$. Koeffitsiyent K sekundlarda ifodalanadi, aks holda tenglamaning chap va o'ng tomonlari bir xil bo'ladi. Ideal differensiallovchi qurilma sifatida C kondensator yoki L induktivlikni aytish mumkin. Masalan, C kondensatorni qo'llab, uning kirish signalini kuchlanish $u_{kir}(t)$, chiqishi esa zanjirdagi tok i ni qarash mumkin. Bu o'zgaruvchilar ma'lum munosabat $i(t) = C \cdot \frac{du_{kir}(t)}{dt}$ bilan bog'liq, ya'ni zanjirdagi tok kirish kuchlanishining hosilasiga proporsional. Lekin ushbu sxemani amalda qo'llash mumkin emas, chunki u tokni registratsiyalovchi elementga ega emas.

Kuzatish yoki registratsiya uchun qulay bo'lgan chiqish signalini hosil

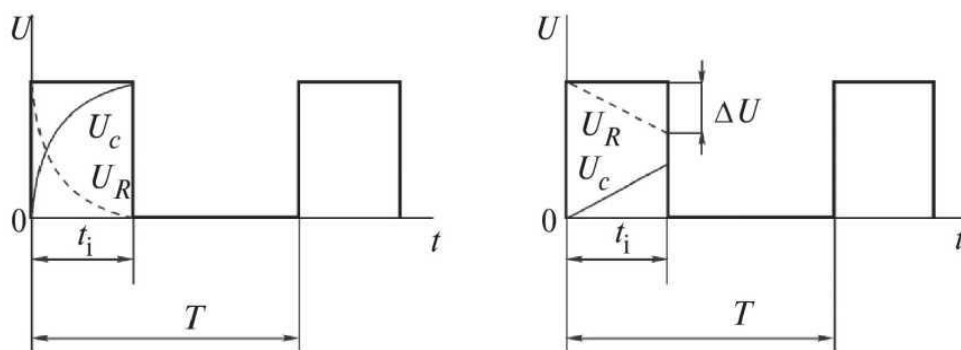
qilish uchun zanjirga ichki qarshiligi R bo'lgan tok sezgir asbob ketma-ket ulanadi. Eng oddiy holda u R qarshilik bo'lishi mumkin. Tokka proporsional kuchlanish $U_R = i \cdot R$ bo'ladi.

Ko'rib o'tilgan RC-zanjir differensiallovchi funksiyani bajarishi mumkin. Bunda toraytiruvchi $\tau \ll t_i$, ajratuvchi $\tau \gg t_i$ bo'lganda.

7.11-rasmda shunday zanjir uchun U_C va U_R kuchlanishlar grafiklari tasvirlangan. Ikkita rejimni ko'raylik:

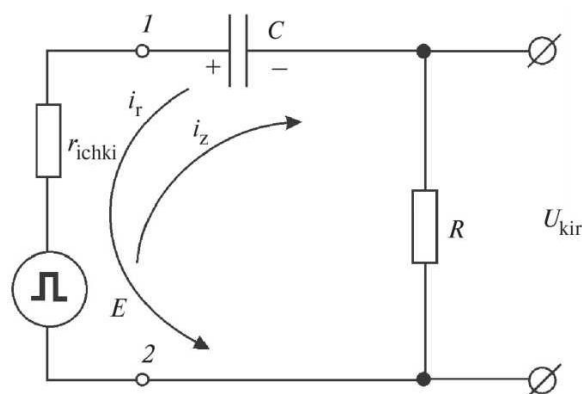
I. Differensiallovchi zanjir $\tau \ll t_i$ bunda ikki xil variant bo'lishi mumkin: a) $\tau \ll t_n$; b) $\tau \gg t_n$.

II. Ajratuvchi zanjir – $\tau \gg t_i$, bunda: a) $\tau \gg t_n$; b) $\tau \ll t_n$.



7.11-rasm. a) rejim 1- $\tau \ll t_i$, b) rejim 2- $\tau \gg t_i$

I. Impuls ketma-ketligi ta'sirida differensiallovchi zanjir 7.12-rasmda keltirilgan.

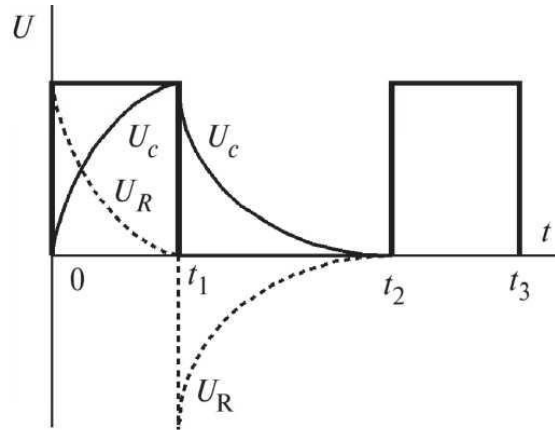


7.12- rasm. Toraytiruvchi RC-zanjirning prinsipial sxemasi

i_z zaryad toki ta'sirida C kondensator zaryadlanadi, pauzada esa razryadlanadi, i_r — razryad toki. Bunda $E = 0$.

$r_{ichki} \ll R$ desak, ($r_{ichki} \ll R$) ni hisobga olmasa ham bo'ladi.

I rejim, variant a): $\tau \ll t_i$, $\tau \ll t_n$ ni ko'raylik. Impuls tugaganida (t_1 vaqtda) $E = 0 \Rightarrow U_R = -U_C$. Pauzada ($t_1 - t_2$ da) esa C kondensator to'liq razryadlanadi, chunki $\tau \ll t_n$ (7.13- rasm).



7.13- rasm. RC-zanjirning $\tau \ll t_n$ bo'lgandagi grafigi

$$U_{chiq} = i_R \cdot R = R \cdot C \cdot \frac{dU_C}{dt};$$

$$U_C = U_{12} - U_{chiq}.$$

Bunda

$$U_{chiq} = R \cdot C \cdot \frac{d(U_{12} - U_{chiq})}{dt};$$

$U_{chiq} \ll U_{12} = U_{kir}$ bo'lganda quyidagini hosil qilamiz:

$$U_{chiq} = R \cdot C \cdot \frac{dU_{kir}}{dt};$$

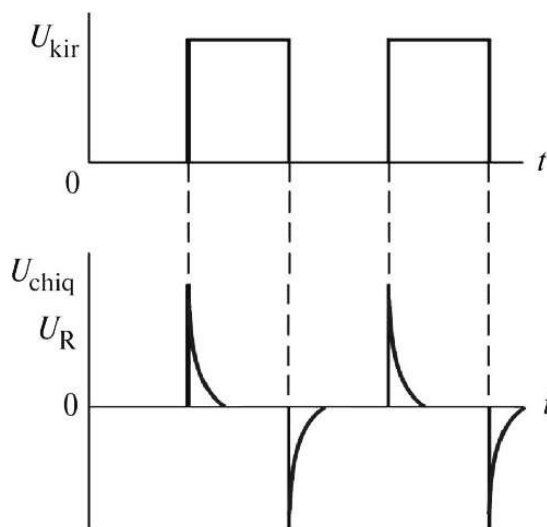
1) demak, ideal differensiallovchi zanjir hosil bo'ladi. Demak, zanjir differensiallovchi bo'lishi uchun ushbu uchta shart bajarilishi kerak:

1. $\tau \ll t_i$;
2. $\tau \ll t_n$;
3. $U_{chiq} \ll U_{12} = U_{kir}$.

Bunda U_{chiq} kuchlanish grafigi kirishdagi impuls ketma-ketligida quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (7.14-rasm):

I rejim, variant b): $\tau \ll t_i$, $\tau \gg t_n$. Kuchlanish grafigi U_C va U_R 7.15-rasmda keltirilgan. Bu rejimda t_2 momentda a) variantdan farqli o'laroq, yangi boshlang'ich shartlar $U_R(t_2) = E - U_C(t_2)$ bo'ladi. Bunday rejim

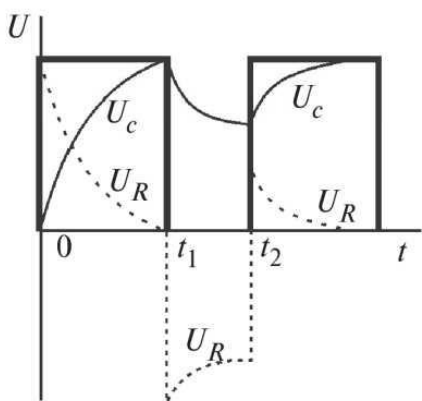
nogarmonik e'tiroz rejimi deyiladi.



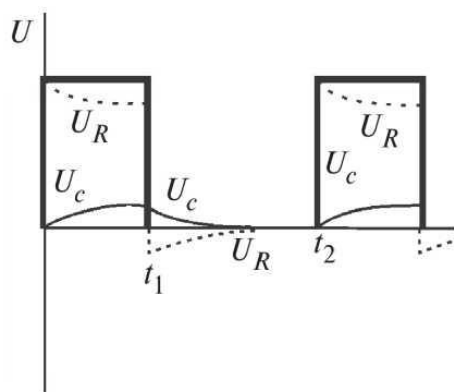
7.14-rasm. Kirishda impuls ketma-ketligi bo'lganida differensiallovchi zanjirning U_{chiq} kuchlanishi grafigi

Impuls davrida o'tkinchi jarayon a) variantdagidek bo'lib, pauza vaqtida C kondensator nolgacha razryadlanishga t_n vaqtida ulgurmaydi, shuning uchun nol boshlang'ich shart bajarilmaydi va differensiallovchi zanjirda bunday variant o'rinli bo'lmaydi.

II rejim, bunda $\tau \gg t_i$, $\tau \ll t_n$ ajratuvchi variantni ta'minlaydi. t_1 vaqtda impuls ta'siridan so'ng (7.16-rasm) $U_R(t_1) = -U_C(t_1)$ holatga, t_2 vaqtda boshlang'ich nolinni holatga ega. Chiqishdagi signal kirishdagini takrorlaydi. Demak, bunday zanjir ajratuvchi zanjir bo'ladi.

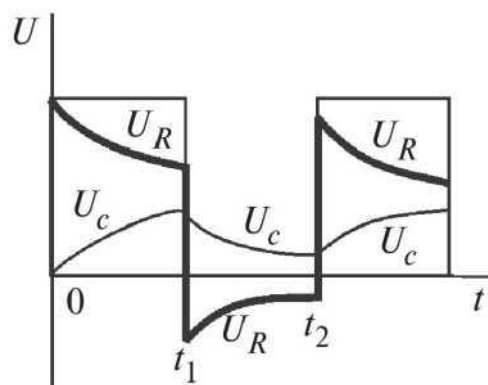


7.15-rasm



7.16-rasm

II rejim, bunda $\tau \gg t_i$, $\tau \gg t_n$ b) variant I rejimdagi kabi t_2 vaqt momentida noldan farqli yangi boshlang'ich shartlar bo'ladi (7.17-rasm).

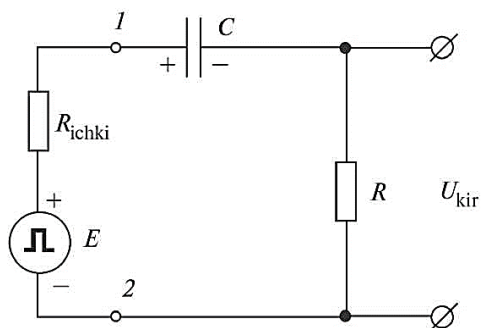


7.17-rasm. Ajratuvchi RC-zanjirning $\tau \gg t$ va $\tau \gg t_n$ bo'lgandagi grafigi

Ajratuvchi zanjir uchun (nogarmonik rejim) bunday variant o'rinli emas.

Impuls ta'siridagi real RC-zanjirlar

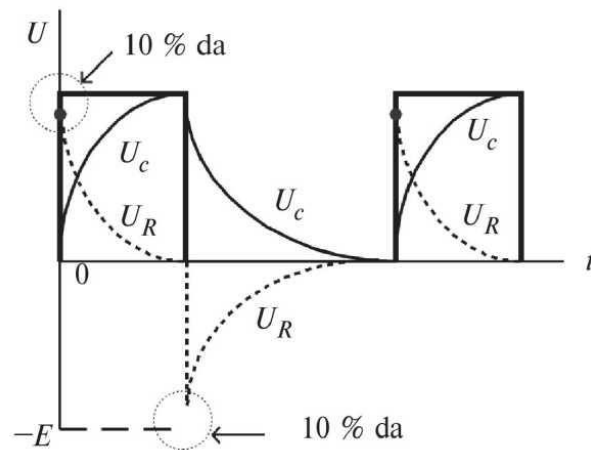
Yuqoridagi RC-zanjirlardagi ishlar ideal holatlar uchun edi: kirish signalining fronti nol deb olingan, generatorning chiqish qarshiligi R_{kir} va yuklamadagi parazit sig'im C_n juda ham kichik deb qaralgan. Aslida esa bu kattaliklar qandaydir qiymatlarga ega. Ularni bir vaqtda hisobga olish qiyin. Generator qarshiligi R_{ichki} ni asosiy deb baholaylik (7.18-rasm).



7.18-rasm. RC-zanjirning generator R_{ichki} qarshiligini hisobga olgan holdagi sxemasi

Generatorning ichki qarshiligini inobatga olingandagi RC - zanjir kirish kuchlanishi E EYuKdan kichik, generatorning ichki qarshiligidagi kuchlanish pasayishi $U_{ichki} < E$ gacha bo'ladi. Bu inobatga olinsa (7.19-rasm):

$$U_R(t=0) = \frac{E \cdot R}{R_{ichki} + R} \qquad U_R(t=t_1) = -\frac{U_C \cdot R}{R_{ichki} + R}$$



7.19-rasm. RC-zanjirining kuchlanish 10% o'zgargandagi grafigi

$R_{\text{ichki}} = 0,1R$ qarshilikda kuchlanish $U_{12} \approx 0,9E$. Demak, $R_{\text{ichki}} < 0,1R$ bo'lganida real zanjirni amalda ideal deb hisoblash mumkin.

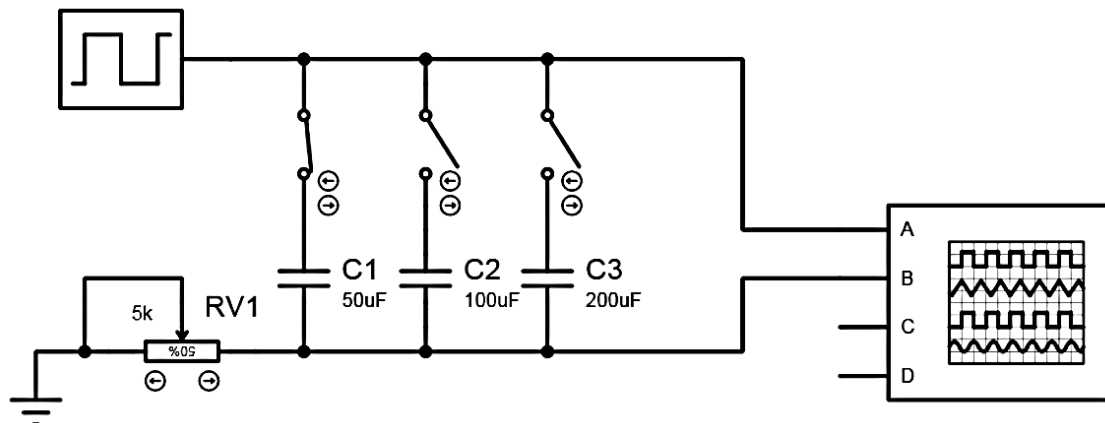
Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

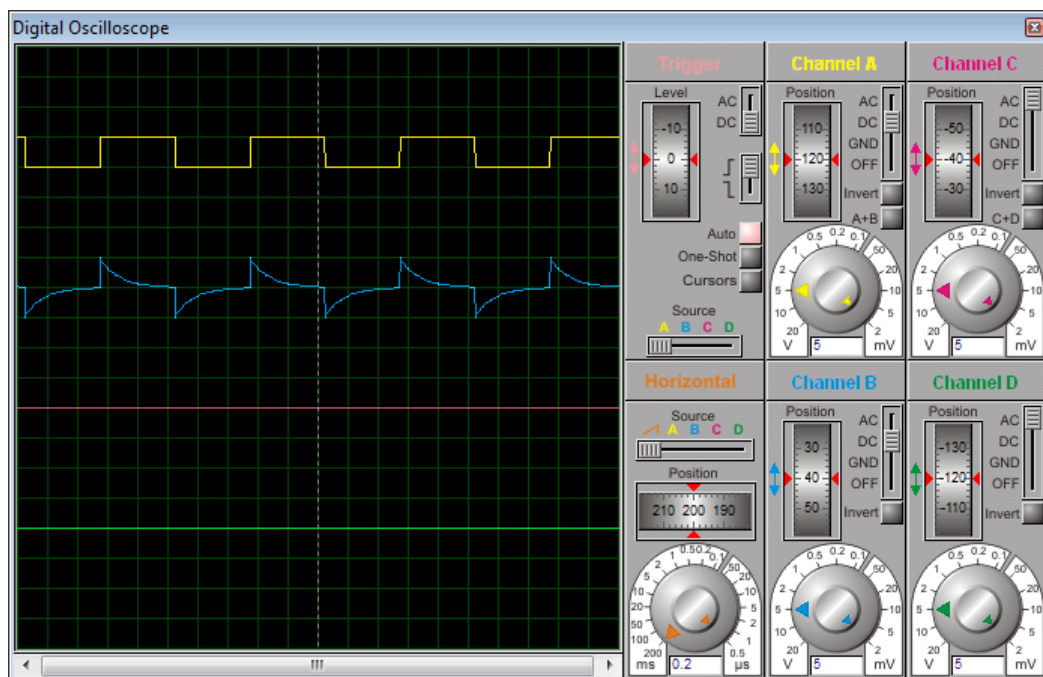
1. Differensiallovchi sxemaning ishlashini tadqiqot etish, xarakteristikalarini olish.

2. Elementlar kutubxonasidan foydalanib 7.20- rasmda keltirilgan sxemani chizing.

3. Elementlar kutubxonasidan elektr qarshiligi 1 kOm bo'lgan o'zgaruvchan va 100 Omga teng bo'lgan o'zgarmas qarshilik, kuchlanishi 12 V bo'lgan o'zgarmas tok manbai, 1,5 mFli hamda tort kanalli ossillograf tanlaymiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak.



7.20-rasm. Ossillografning sxemaga ulanishi va standart shakllar



7.21-rasm. Sxemaning chiqishidagi signallarning shakllari

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni;
2. Differensiallovchi RC-zanjirning R va C larning kattaliklariga bog'liklik xarakteristikalar;
3. O'lchash natijalari bo'yicha sxemaning chiqishidagi signallarning shakllari va ularga izoh.

Nazorat savollari:

1. Integrallovchi zanjirlar deb nimaga aytiladi?
2. Integrallovchi RC-zanjirning kamchiliklari?
3. Integrallovchi zanjir xatoligini tushuntiring?
4. RC-integrallovchi zanjirning chiqish kuchlanishi ko'rinishi qanaqa shaklga ega?
5. Integrallovchi zanjirning real kuchlanishi nimaga teng?
6. Ideal integrallovchi sxemaning chiqish kuchlanishi nimaga teng?
7. Integrallovchi zanjir qayerda qo'llaniladi?
8. RC- integrallovchi zanjirning chiqish kuchlanishi shaklining o'zgarishi nimaga bog'liq?

8-LABORATORIYA ISHI

INTEGRALLOVCHI SXEMANING TUZILISHINI O'RGANISH VA ISHLASHINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

1. Integrallovchi sxemani tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Integrallovchi sxemadan impulslarning o'tish jarayonini, grafklarini o'rganish;
4. Integrallovchi sxemadan impulslarni o'tish jarayonini ostillogrammalarini olish. ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

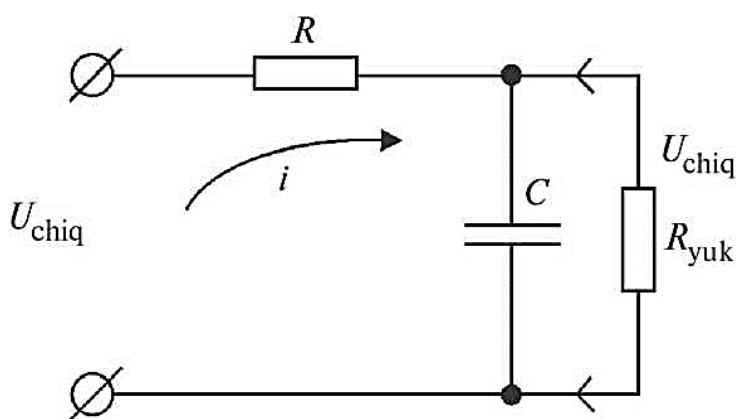
Nazariy qism:

Integrallovchi zanjir deb shunday to'rt qutblikka aytiladiki, uning chiqish qismidagi signal kirish signali integraliga proporsionaldir. Agarda kirish va chiqish signallari bir o'lchamda (masalan, kuchlanish birligida) bo'lsa, integrallovchi zanjir bajargan operatsiyani quyidagicha yozish mumkin:

$$U_{chiq}(t) = K \int_0^t U_{kir}(t) dt,$$

bunda K — proporsionallik koeffitsiyenti, s^{-1} razryadga ega.

8.1-rasmda integrallovchi zanjirning prinsipial sxemasi keltirilgan. Unda $R_{yuk} \rightarrow \infty$ bo'lsin, amalda esa $R_{yuk} \gg R_{chiq}$ bo'lsa, o'rinli bo'ladi.



8.1-rasm. Integrallovchi RC-zanjirning prinsipial sxemasi

Integrallovchi zanjir ko'pchilik hollarda impulslarni kengaytirish yoki chiziqli qonuniyatli o'zgarishga ega bo'lgan kuchlanish hosil qilish uchun qo'llaniladi.

Integrallovchi zanjir uchun:

$$U_c = \frac{1}{C} \int_0^t i(t) dt.$$

zanjirdagi tok qiymati: $i(t) = \frac{U_{kir}(t) - U_{chiq}(t)}{R}.$

U_c dagi ifodaga tok qiymatini qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$U_c = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{U_{kir}(t) - U_{chiq}(t)}{R} dt = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t [U_{kir}(t) - U_{chiq}(t)] dt$$

Ideal integrallovchi zanjirni hosil qilish uchun $U_{chiq} \ll U_{kir}$ shart bajarilishi lozim, unda quyidagini hosil qilamiz:

$$U_c = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U_{kir}(t) dt.$$

Zanjirda kichik uzatish koeffitsiyentini, ya'ni $U_{chiq} \ll U_{kir}$. ($U_{chiq} = U_c$) ni ta'minlash uchun $\tau \gg t_i$ shart bajarilishi lozim (8.2- rasm).

Integrallovchi zanjir chiqishidagi to'g'ri chiziq burchagi integrallanuvchi kuchlanish amplitudasiga proporsional bo'lib, zanjirning vaqt doimiysi τ ga teskari proporsional bo'ladi (8.2-rasm).

Zanjir aniq integrallashi uchun quyidagi shart bajarilishi lozim:

1. $U_{chiq} \ll U_{kir}$;

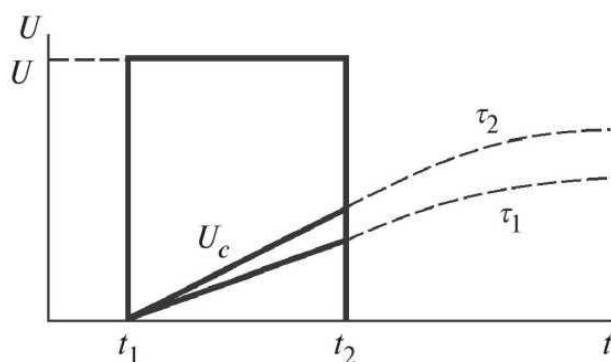
2. $\tau \gg t_i$;

Impuls davrida ($t_1|t_2$):

$$U_{kir} = U - const, \text{ demak, } U_{chiq} = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U \cdot dt = \frac{U}{R \cdot C} \cdot t.$$

t_2 vaqt birligida zanjirning chiqish qismidagi kuchlanish quyidagicha bo'ladi:

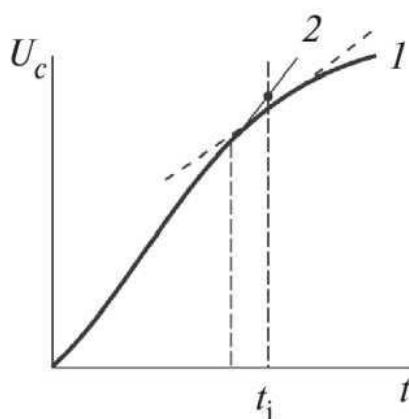
$$U_{chiq}(t_2) = \frac{U}{R \cdot C} \cdot t_i.$$



8.2-rasm. Integrallovchi zanjirning grafigi

Integrallovchi zanjir xatoligi. 8.3-rasmda RC-integrallovchi zanjirning chiqish kuchlanishi tasvirlangan:

- integrallovchi zanjirning real kuchlanishi $U_{chiq} = U_c$.
 - ideal integratorning chiqish kuchlanishi.
- $\tau \gg t_i$ bo'lganida zanjir amalda bexato ishlaydi.



8.3-rasm. RC integrallovchi zanjirning chiqish kuchlanishi ko'rinishi

Impuls oxiridagi maksimal xatolikni aniqlaymiz:

$$\Delta_{\max} = \left. \frac{dU_c}{dt} \right|_{t=0} - \left. \frac{dU_c}{dt} \right|_{t=t_i}; \quad \delta_{\max} = \frac{\Delta_{\max}}{\left. \frac{dU_c}{dt} \right|_{t=0}},$$

bu yerda: $\Delta_{\max}$ — absolut xatolikning maksimal qiymati; $\delta_{\max}$ — nisbiy xatolik.

$t = t_i$ dagi xatolik qiymati quyidagicha bo'ladi:

$$\delta_{t=t_i} = \frac{\left. \frac{dU_c}{dt} \right|_{t=0} - \left. \frac{dU_c}{dt} \right|_{t=t_i}}{\left. \frac{dU_c}{dt} \right|_{t=0}}.$$

Xatolikni baholashni boshqa ko‘rinishda ham keltirish mumkin:

$$U_{chiq} = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t (U_{kir} - U_{chiq}) dt - \text{real integrator uchun};$$

$$U'_{chiq} = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U_{kir} dt - \text{ideal integrator uchun}.$$

bunda $\Delta = U'_{chiq} - U_{chiq} = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U_{chiq}(t) dt.$

$U_{chiq}(t)$ qiymatini $U_{kir}(t)$ qiymati orqali ifodalab, quyidagini hosil qilamiz:

$$\Delta = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t \frac{1}{R \cdot C} \int U_{kir}(t) dt = \frac{1}{\tau^2} \int_0^t \int_0^t U_{chiq}(t) dt \cdot dt.$$

Bu ifodani $\tau \gg t_i$ shart orqali soddalashtirib, integrallovchi zanjirning nisbiy xatolik qiymatini hosil qilamiz: $\delta = \frac{t_i}{\tau}.$

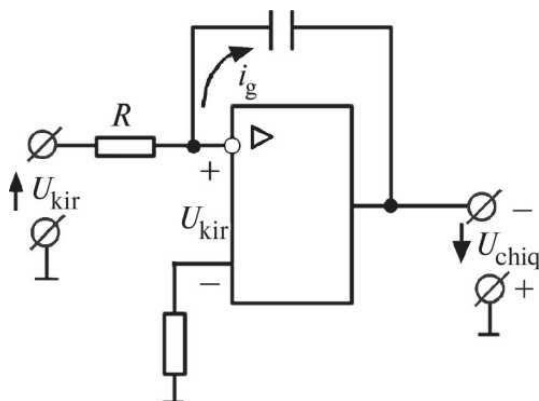
Agar $\tau = 10t_i$ bo‘lsa, $\delta \approx 10\%$ bo‘ladi.

Integrallovchi RC-zanjirning kamchiliklari:

– agar t_i katta bo‘lsa (yuzlab millisekund va undan ortiq), bunda katta o‘zgarmas vaqt (o‘nlab sekund) talab etiladi, bu esa konstruktiv jihatdan noqulaydir;

– C va R ning katta qiymatlarida yuklama qarshilik bilan moslashtirish qiyin bo‘lib, zanjir xatoligi ortadi.

Bunday holatlarda tezkor kuchaytirgich (TK) orqali qo‘llaniladigan integratorlar maqsadga muvofiqdir. Integrator sxemasi 8.4-rasmda ko‘rsatilgan.



8.4-rasm. Integrallaydigan RC-zanjirning TK orqali qo‘llanilgandagi prinsipial sxemasi

Bu sxema uchun TKning kirish tokini hisobga olmagan holda Kirxgofning 1-qonuniga muvofiq invertatsiyalaydigan kuchaytirgich uchun quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{U_{kir}}{R} = \frac{U_{chiq}}{1/j \cdot \omega \cdot C},$$

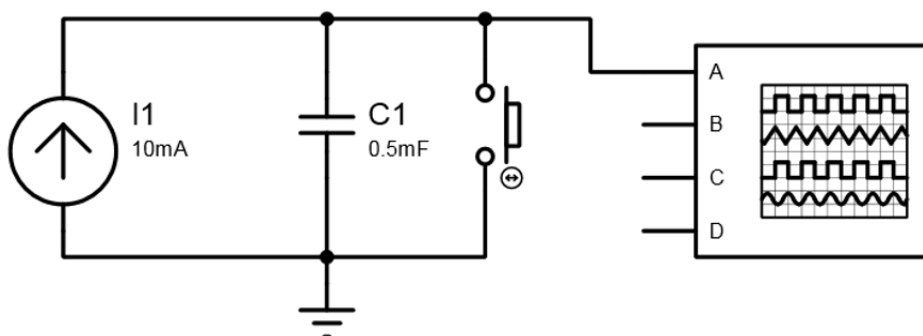
Bu yerdan $U_{chiq} = -\frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U_{kir}(t) dt$. – boshlang‘ich holatni olamiz.

Ishni bajarish tartibi:

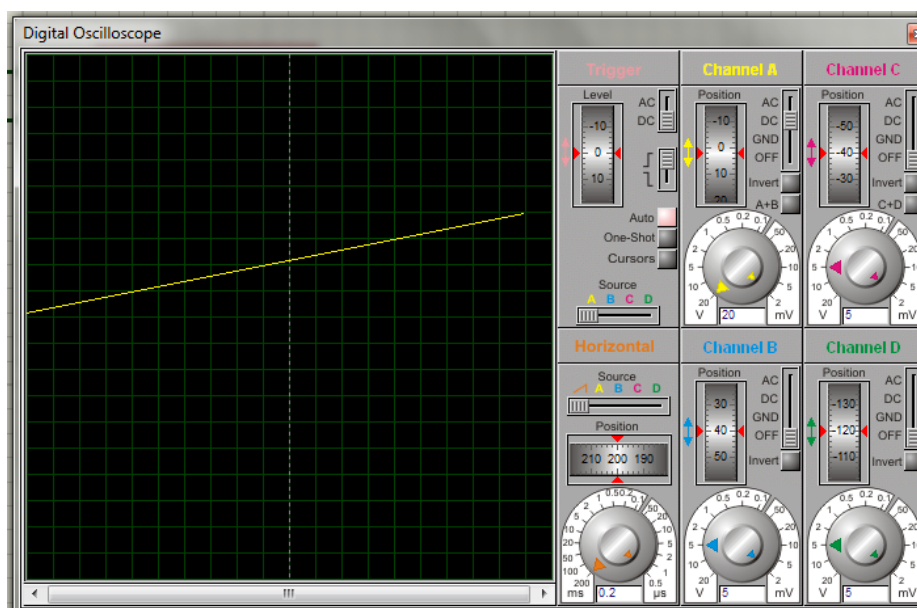
Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

1.Integrallovchi sxemani ishlashini tadqiqot etish, xarakteristikalarini olish.

2.Elementlar kutubxonasidan foydalanib, 8.5- rasmda keltirilgan sxemani chizing.



8.5-rasm. Ossilografning sxemaga ulanishi va standart shakllar



8.6-rasm. Ideal integrallavchi sxemaning chiqishidagi signalning ko‘rinishi

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni;
2. Integrallovchi RC-zanjirning R va C larning kattaliklariga bog‘liqlik xarakteristikalarini;
3. O‘lchash natijalari bo‘yicha sxemaning chiqishidagi signallarning shakllari va ularga izoh bering.

Nazorat savollari:

1. Integrallovchi zanjirlar deb nimaga aytiladi?
2. Integrallovchi RC-zanjirning kamchiliklari?
3. Integrallovchi zanjir xatoligini tushuntiring?
4. RC-integrallovchi zanjirning chiqish kuchlanishi ko‘rinishi qanaqa shaklga ega?
5. Integrallovchi zanjirning real kuchlanishi nimaga teng?
6. Ideal integratorning chiqish kuchlanishi nimaga teng?
7. Integrallovchi zanjir qayerda qo‘llaniladi?
8. Impulslarni kengaytirish yoki chiziqli qonuniyatli o‘zgarishga ega bo‘lgan kuchlanish hosil qilish uchun qanday sxemadan foydalaniladi?
9. RC-integrallovchi zanjirning chiqish kuchlanishi shaklining o‘zgarishi nimaga bog‘liq?

9-LABORATORIYA ISHI

BIPOLYAR TRANZISTOR ASOSIDAGI KALIT SXEMALARNI TADQIQ QILISH

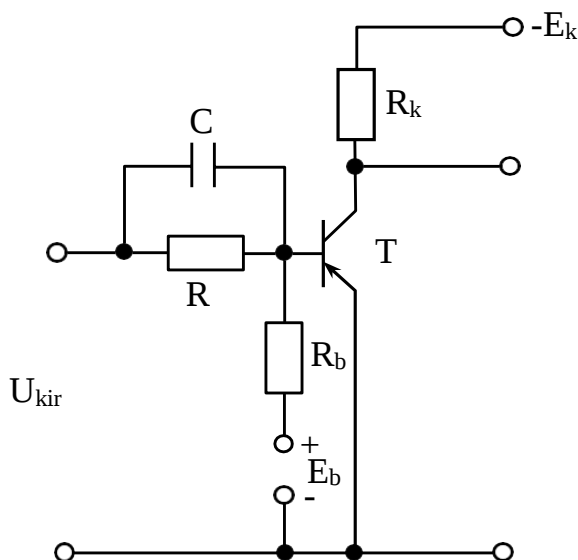
Ishdan maqsad:

1. Bipolyar tranzistor asosidagi kalit sxemalarining tuzilish va ishlash prinsiplarini o‘rganish;
2. Bipolyar tranzistor asosidagi kalit sxemalarining katta signal rejimini o‘rganish;
3. Bipolyar tranzistor asosidagi kalit sxemalarining ochiq va yopiq holatga uzib ulanish jarayonini tadqiq etish.

Nazariy qism:

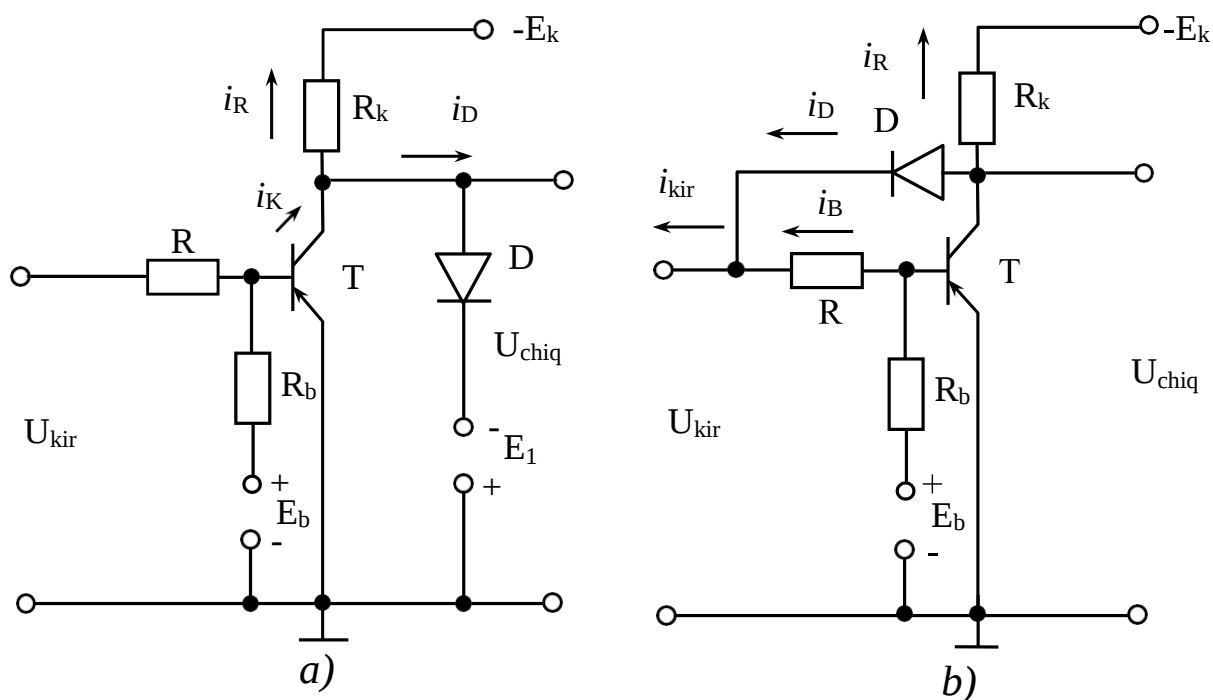
9.1 – rasmda ko‘p qo‘llaniladigan umumiy emitter sxemasi bo‘yicha ulangan kalit sxemasi keltirilgan. R qarshiligi to‘yinish rejimida I_b baza

tokining o'rnatilgan qiymatini cheklaydi. $U_{kir}=0$ bo'lganida E_b manba tranzistorni ishonchli yopib turadi. Bu kuchlanish bo'lmaganida tranzistor ochilib qolishi mumkin, chunki I_{ko} toki R va R_b qarshiliklarda shunday kuchlanish tushuvini hosil qiladiki, ularning manfiy qutbi bazaga qo'yilgan. Bundan tashqari, E_b manba kalitning uzilish vaqtinikamaytiradi, chunki E_b hisobiga uzuvchi tok ortadi va tranzistorning o'tishlari orqali bazada to'plangan zaryadlarni olib ketadi.

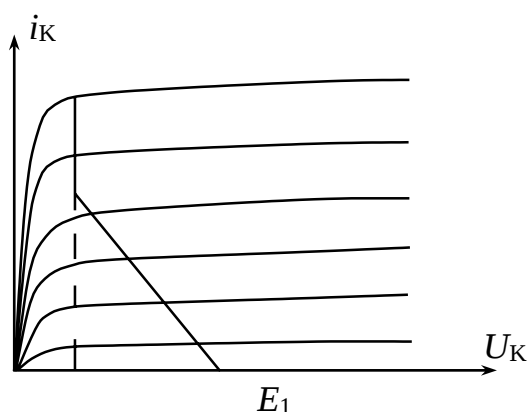


9.1– rasm. Umumiy emitter sxemasi bo'yicha ulangan kalit sxemasi

Kondensator C kalitning qayta ulanishini tezlashtiradi va tezlashtiruvchi kondensator deb nomlanadi. Bazaning o'rnatilgan toki R qarshiligi bilan chegaralanadi, shuning uchun tranzistorning chuqur to'yinishi vujudga kelmaydi. Tezlashtiruvchi kondensatorning sig'imi shunday tanlanadiki, tranzistorning qayta ulanishi vaqti oralig'ida undagi kuchlanish o'zgarishga ulgurmaydi. Bunda qayta ulovchi tok qiymatiga baza zanjiridagi R qarshilik deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Bundan tashqari, kalitning har bir statsionar holatida C kondensatordagi kuchlanish shunday qutbga egaki, keyingi qayta ulanish vaqti U_{kir} va U_C mos ravishda ulanganbo'ladi. Bu ham keyingi qayta ulash jarayonining tezlashishiga yordam beradi.

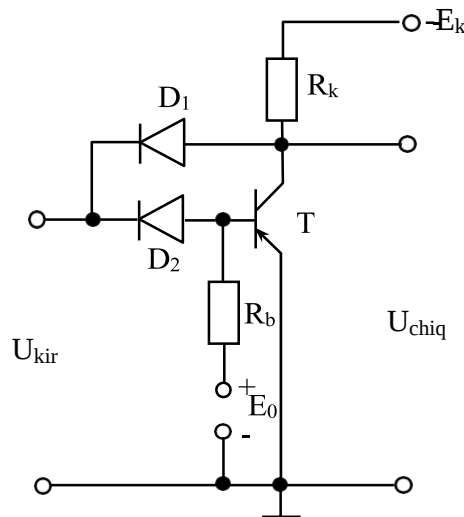


9.2– rasm. Tranzistorning to‘yinishi diod hisobiga bartaraf bo‘luvchi sxema



9.3– rasm. Tranzistorning chiqish volt amper tavsifi

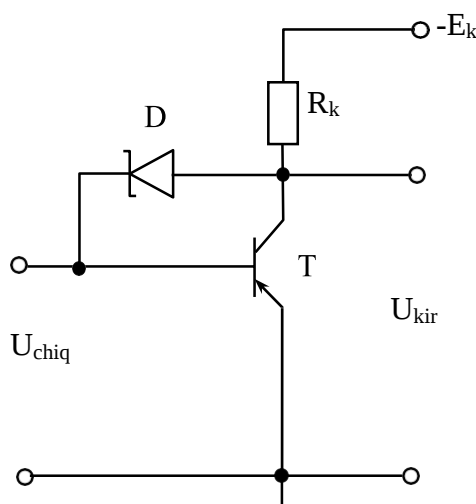
To‘yinmagan kalitlar. 9.2, a – rasmda tranzistorning to‘yinishi diod hisobiga bartaraf bo‘luvchi sxema keltirilgan. Tranzistorning ochilish jarayonida kollektor potentsiali E_1 ga teng bo‘lganida ($E_1 > E_k$), diod ochiladi. Bundan keyin $E_1 = U_k$, bu esa absolyut qiymati bo‘yicha to‘yinish hosil bo‘lishi mumkin bo‘lgan qiymatdan katta. Diod ochilganidan keyin, tranzistorning ulanish jarayoni i_k tokni va xuddi shuningdek i_d tokning oshishi bilan kechadi (9.2, b– rasm). i_R toki deyarli o‘zgarmaydi.



9.4– rasm. Tranzistorni to‘yinishidan saqlash sxemasi

Tranzistorga yopuvchi signal berilganidan keyin i_K toki (xuddi shunday i_D toki ham) kamaya boshlaydi. i_D toki nolga teng bo‘lmaganicha (ya’ni diod yopilmaganucha) i_R toki, shu bilan birga chiqish kuchlanishi ham deyarli o‘zgarmaydi. Bunda tranzistor uzilishining kechikishi sezilarli bo‘lishi mumkin. Tranzistorning ochilishi jarayonida diod anodining manfiy potentsiali kamaya boshlaydi va qandaydir vaqtga kelib diod ochiladi. Bundan keyin i_R toki va shuning bilan birga R_k qarshilikdagi kuchlanishi deyarli o‘zgarmas bo‘lib qoladi. Endi diod orqali qayta ulovchi i_{kir} tokining bir qismini tashkil etuvchi tok i_D o‘tganligi uchun i_b toki kamayadi. Kattaroq tezkorlikga nochiziqli teskaribog‘lanishli kalitga ega. Teskari bog‘lanish diod D yordamida amalga oshadi. Shunday qilib, diod ochilguncha tranzistor katta baza toki bilan qayta ulanadi, lekin tranzistorning to‘yinishi vujudga kelmaydi. R qarshiligida hosil bo‘luvchi kuchlanish tushuvi tranzistor to‘yinish rejimiga ega bo‘lmasdan oldin diodning ochilishiga imkoniyat beradi. Diod katodi to‘g‘ridan to‘g‘ri tranzistor bazasiga ulansa, dioddagi kuchlanish ochilishga yetarli bo‘lmasdan oldinroq tranzistor to‘yinishga kiradi. Tranzistorni to‘yinishidan saqlash mumkin bo‘lmay qoladi. Bu esa ko‘rilgan sxemaning kamchiligi. Mazkur kamchilikni yo‘qotish uchun 9.4-rasmda keltirilgan sxema xizmat qiladi. Bu yerda R rezistor o‘rniga D_2 diod ulangan.

Bu diod uzilish kuchlanishi U_0 ga va kichik to‘g‘ri qarshilikka ega. Diodning volt - amper tavsifidan ko‘rinib turibdiki, undagi kuchlanish tokka kam bog‘liq.



9.5— rasm. Shottki diodi qo‘llangan sxema

Shunday qilib, D_2 diod o‘zgarmas siljish manbai vazifasini bajaradi. Shottki diodi qo‘llangan sxema ham kalit uzilishining kechikishini oldini oladi (9.5 - rasm). Shottki diodi - bu alyuminiy kremniyli diod. Bu dioddagi to‘g‘ri kuchlanish juda kichik (to‘g‘ri siljigan $p-n$ -o‘tishdagi kuchlanish tushuvidan kichkina va zaryad to‘planishi yo‘q). Diod tranzistorning kollektor o‘tishiga parallel ulanadi. Kaskad ulanganda tranzistor T to‘yinishga kirishi, uning kollektor o‘tishi esa to‘g‘ri siljigan bo‘lishi kerak. Ammo tranzistorning kollektor o‘tishi ochilmasdan oldinroq Shottki diodi ochiladi.

Ochiq dioddagi kuchlanish tushuvi juda kichik va bu kuchlanish kollektor o‘tishdagi kuchlanishdan ham kichikroq.

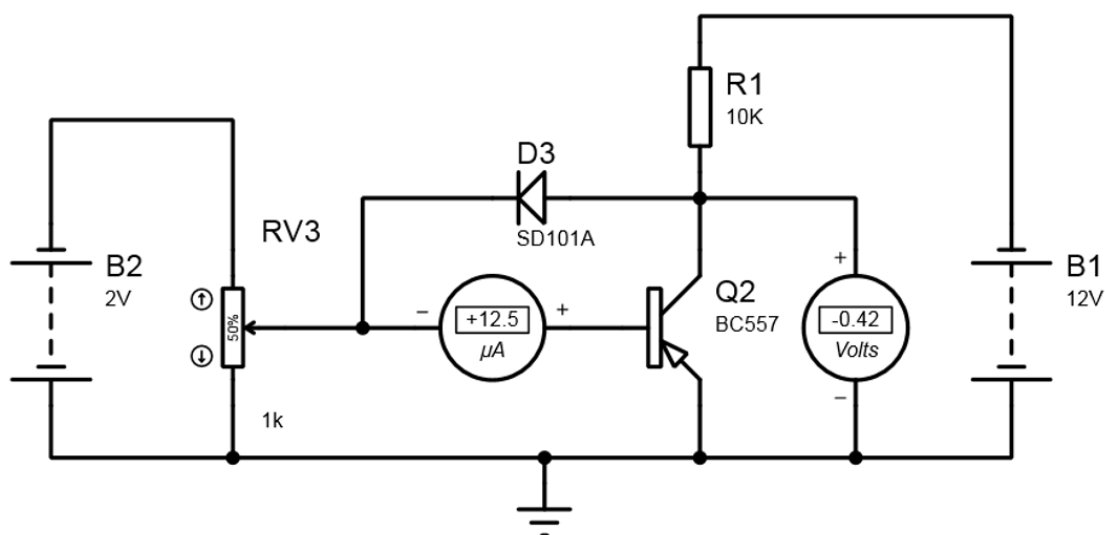
Bunday kuchlanishda kollektor o‘tishi ochila olmaydi va ulanish chegarasidaqoladi. So‘rilish vaqti, demak uzilish kechikishi ham bo‘lmaydi.

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

Shottki diodi qo‘llangan kalit sxemaning ishlashini tekshirish.

Ishni bajarish uchun Proteus dasturining elementlar kutubxonasi yordamida Shottki diodi qo‘llangan kalit sxemasini (9.6-rasm) chizing.



9.6-rasm. Shottki diodi bipolyar tranzistor asosidagi kalitni tadqiq qilish sxemasi

1. Bipolyar tranzistor kalitlarda o'tish jarayonlari kuzatilganida baza va kollektor kuchlanishlarining vaqt diagrammasini olish.
2. O'tish jarayonlarining asosiy vaqt parametrlarini – ulanish vaqti va uzilish vaqtini topish.
3. Baza va kollektor toklari kattaliklarining ulanish va uzilish vaqtlariga ta'sirini tahlil qilish.
4. Elementlar kutubxonasidan BC557 modeldagi tranzistor, elektr qarshiligi 1 kOm bo'lgan o'zgaruvchan qarshilik, 10K o'zgarmas qarshilik, SD101A serayaku shottki diodi, o'zgarmas tok manbai, elektr o'lchash asboblari milliampermetr hamda voltmetrni tanlaymiz. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak. O'zgaruvchan qarshilikni 0 va 100 oralig'ida o'zgartirib, baza toki I ning tranzistor kuchlanish U ga bog'liqlik grafigini tuzing va uni 9.1-jadvalga kiriting.

9.1-jadval

Emitter toki I_E , mA		0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
U_{CB} , V bo'lganda Emitter-baza kuchlanishi U_{EB} , B	0							
	1							
	10							

Olingan ma'lumotlar asosida (9.1-jadval) BC547 tranzistori asosidagi elektron kalit VAXini chizing.

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni.
2. O'lchash natijalari jadvallari.
3. Tranzistorning VAX grafigi.
4. O'lchashni o'tkazishning prinsipial sxemasi.

Nazorat savollari:

1. Kalit rejimida bipolyar tranzistorning ishlashini tushuntiring?
2. Bipolyar tranzistorning to'yinishi nima?
3. Dinamik parametr – ushlanish vaqtiga ta'rif bering;
4. Dinamik parametr – tushish vaqtiga ta'rif bering?
5. Dinamik parametr – ulanish davomiyligiga ta'rif bering?
6. Dinamik parametr – uzilish davomiyligiga ta'rif bering?
7. Tranzistorning qaysi parametri noasosiy tok tashuvchilarning yashash vaqti bilan aniqlanadi?
8. Tranzistor bazasida noasosiy zaryad tashuvchilarning jamlanishi va so'rilish jarayonlarini tushuntiring?
9. Tranzistorning ulanish vaqtiga bazadagi noasosiy zaryad tashuvchilarning yashash vaqti qanday ta'sir qiladi?

10-LABORATORIYA ISHI

OPERATION KUCHAYTIRGICH ASOSIDA NOINVERTIRLOVCHI KUCHAYTIRGICH SXEMASINI TADQIQ QILISH

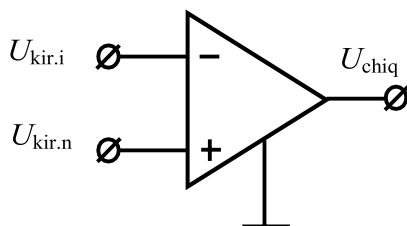
Ishdan maqsad:

1. Operation kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirlamaydigan kuchaytirgich sxemasini tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Operation kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirlamaydigan kuchaytirgich sxemadan signallarning o'tish jarayonini, grafiklarni o'rganish;
3. Operation kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirlamaydigan kuchaytirgich sxemadan signallarni o'tish jarayonini ossillogrammalarini ko'rsatuvchi asboblardan olish, ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish, tahlil qilish.

Nazariy qism:

Operatsion kuchaytirgich (OK) differensial kirish (ikkita kirish simi) va bitta umumiy chiqishga (bitta chiqish simi) ega bo'lgan katta kuchaytirish ko'effitsiyentli o'zgaras tok kuchaytirgichiga kiradi. Kuchaytirgichning nomlanishi uning analog kattaliklar ustida turli amallarni (qo'shish, ayirish, integrallash va boshqalar) bajarishda qo'llanishi bilan bog'liqdir. Operatsion kuchaytirgichlarning integral ko'rinishda tayyorlanishi bilan ularning sxemotexnik imkoniyatlarini ochib berdi. Hozirgi kunda operatsion kuchaytirgich har hil vazifalarga mo'ljallangan apparaturalarni qurishda qo'llaniladigan element vazifasini bajaradi. Operatsion kuchaytirgichlar kuchaytirish texnikasida, sinusoidal va impuls shakldagi signallarning generatsiya qurilmalarida, kuchlanish stabilizatorida, faol filtrlarda va boshqa qurilmalarda qo'llaniladi.

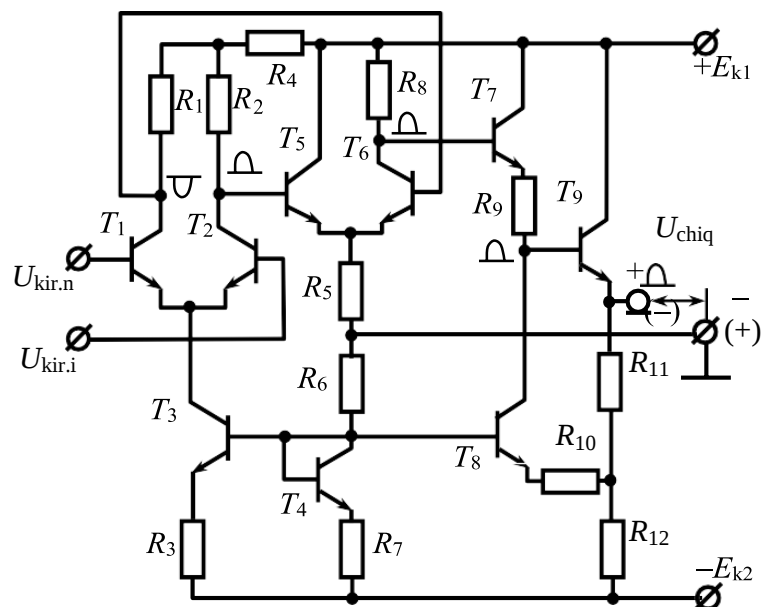
OK shartli belgilanishi 10.1 – rasmda ko'rsatilgan. Kuchaytirgichning kirishlaridan birini ($U_{kir.n.} \llcorner + \ggcorner$) noinvertirlovchi, ikkinchisini ($U_{kir.i.} \llcorner - \ggcorner$) invertirlovchi deb ataladi. Noinvertirlovchi kirishga signal uzatilganda chiqish signalining o'zgarishi ishora (faza) bo'yicha kirish signalining o'zgarishi bilan mos keladi. Agarda signal invertirlovchi kirishga berilsa, chiqish signalining o'zgarishi kirish signalining o'zgarishi bilan solishtirganda teskari ishoraga (faza bo'yicha qarama qarshi) ega bo'ladi. Invertirlovchi kirish operatsion kuchaytirgichga tashqi manfiy teskari bog'lanishni kiritish uchun ko'pincha qo'llaniladi.



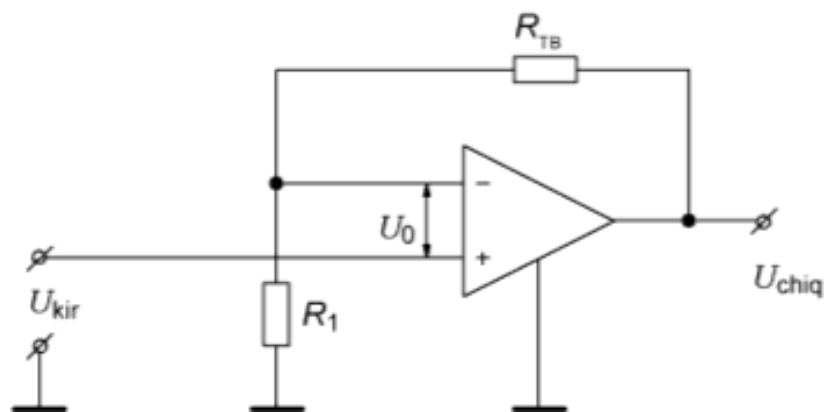
10.1– rasm. Elektron sxemalarda OK belgilanishi

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

Ikki kaskadli OKda kirish signalini kuchaytirishda kirish differensial kaskadi va bitta qo'shimcha kaskad ishtirok etsa, uch kaskadlida esa kirish differensial va ikkita qo'shimcha kaskad ishtirok etadi. Uch kaskadli OKda kirish differensial kaskad odatda rezistorli yuklama bilan tayyorlansa, ikki kaskadlida esa dinamik yuklama bilan tayyorlanadi. Bundan tashqari operatsion kuchaytirgichda turli vazifalarni bajarishga mo'ljallangan (kuchaytirish traktida kuchlanish sathini siljitish, turg'un tok manbasini hosil qilish, kuchaytirgichning sinfaz xatosi bo'yicha manfiy teskari bog'lanish) yordamchi tranzistor kaskadlari va elementlar mavjud bo'ladi. Sodda uch kaskadli OK ning prinsipial sxemasi 10.2–rasmdako'rsatilgan. Sxemasini ta'minlash bir xil kuchlanishli ikkita $+E_{K1}$ va $-E_{K1}$ manbadan amalga oshiriladi. Ta'minot manbasi umumiy nuqtasi: $E_{K1} = E_{K2} = E_K$.



10.2-rasm. Operatsion kuchaytirgich prinsipial sxemasi



10.3-rasm. Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi. Noinvertirlovchi

kuchaytirgich sxemasi 10.3-rasmda keltirilgan. Uning uzatish ko'effitsiyentini aniqlaymiz. A nuqta uchun toklar tenglamasini yozamiz: $I_1 + I_{kirOK} = I_2$. $R_{kir} \rightarrow \infty$, $I_{kirOK} = 0$ bo'lganda $I_1 = I_2$. Qarshilik orqali oqib o'tayotgan tokni qarshilik hamda mazkur qarshilikdagi kuchlanish tushuvi orqali ifodalangan holda quyidagini olamiz:

$$\frac{-\varphi_a}{R_1} = \frac{-\varphi_a - U_{chiq}}{R_2}$$

Mazkur sxemada $\varphi_a \neq 0$; $\frac{\varphi_a}{R_2} + \frac{\varphi_a}{R_1} = \frac{U_{chiq}}{R_2}$, ya'ni

$$\frac{\varphi_a(R_1 + R_2)}{R_1} = U_{chiq}$$

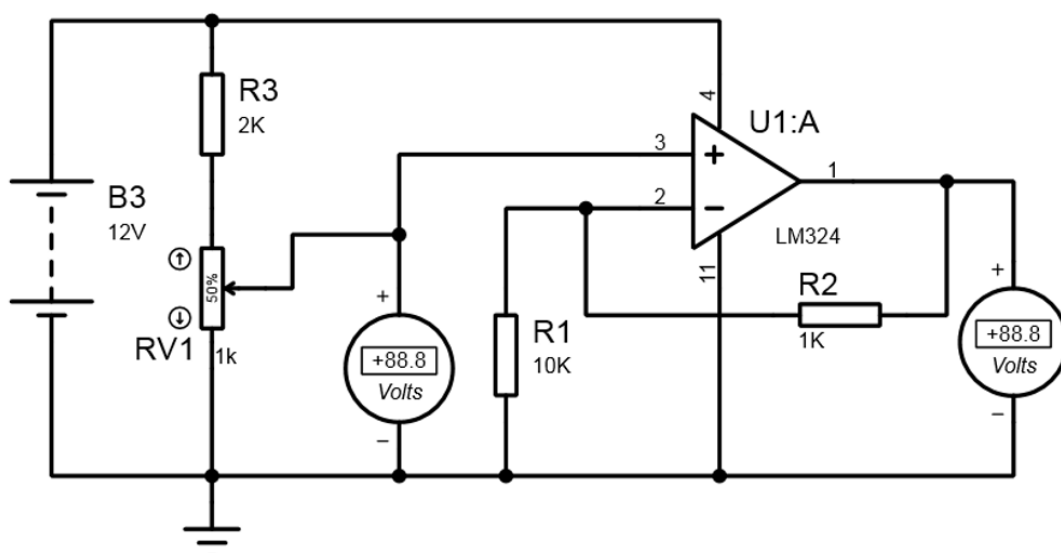
Bu yerdan $\varphi_a = \frac{U_{chiq} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$ bo'ladi. $U_{kirOK} = \varphi_a$ va $K_{OK} = \infty$ bo'lganligi

uchun $U_{kirOK} = U_{chiq} / K_{OK}$, u holda $\varphi_a = \varphi^+$ bo'ladi.

Boshqa tomondan $I_{kirOK} = 0$ bo'lganligi uchun R_3 qarshiligi orqali tok oqib o'tmaydi va undagi kuchlanish tushuvi bo'lmaydi hamda $\varphi_a = U_{kir}$ bo'ladi. Bu yerda $U_{kir} = U_{chiq} \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$ yoki $U_{chiq} = U_{kir} (R_1 + R_2) / R_1$ ni olamiz. Qulay shaklda yozgan holda quyidagini olamiz: $U_{chiq} = U_{kir} (1 + R_2 / R_1)$; $K_U = 1 + R_2 / R_1$. Shunday qilib, 10.3-rasmda keltirilgan sxema ($R_3 = 0$ dan tashqari barcha bog'lanishlarda R_2 / R_1) noinvertirlovchi kuchaytirgich bo'ladi. Barcha uzatish ko'effitsiyentini qabul qilishi mumkin bo'lgan invertirlovchi kuchaytirgichlarning farqli ravishda noinvertirlovchi kuchaytirgichda $K_U < 1$ ni ta'minlab bo'lmaydi.

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.



10.4-rasm. Noinvertirlovchi kuchaytirgich tadqiq qilish sxemasi

1. Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemaning ishlashini tadqiqot etish, xarakteristikalarini olish.

2. Elementlar kutubxonasidan foydalanib 10.4 - rasmda keltirilgan sxemani chizing.

3. R2 qarshilikga har bir talaba alohida qiymat beradi, bunda talaba jurnaldagi raqamini 1000 ga ko'paytirib, R2 qarshilikka qo'yadi. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak.

Operatsion kuchaytirgichni noinvertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish.

1. RV1 qarshilikning 0, 10, 20, ..., 100% qiymatlarida kuchaytirgichning kirish va chiqish kuchlanishlari olinadi va 10.1-jadvalga tushiriladi.

2. Kuchaytirish ko'effitsiyenti K hisoblanadi.

10.1-jadval

Kirish kuchlanishi, V										
Chiqish kuchlanishi, V										
Kuchaytirish ko'effitsiyenti, K										

Hisobot tarkibi

1. Laboratoriya ishining bayoni;
2. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning uzatish ko'effitsiyenti uchta qiymatga ega bo'lgan holda o'zgaras tok uchun amplituda tavsifi.
3. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning o'zgaruvchan tok uchun amplituda tavsifi.
4. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning amplituda - chastota tavsifi.
5. Noinvertirlovchi kuchaytirgich uchun ham oldingi bendlardagi tavsiflar.
6. LM324 mikrosxema uchun ma'lumot qiymatlari.

Nazorat savollari:

1. Operatsion kuchaytirgich nima va uning tarkibi qanday sxemalardan tashkil topgan?
2. Operatsion kuchaytirgichning asosiy parametrlarini va tavsiflarini keltiring.
3. Mazkur tajriba ishida operatsion kuchaytirgich asosidagi qanday sxemalar tekshiriladi?
4. OKga teskari bog'lanish kiritilganda hosil bo'lgan sxemaning uzatish ko'effitsiyenti ichki parametrlarga bog'liq emasligini isbotlang.
5. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning sxemasini va tavsiflarini keltiring va ularni tushuntiring.
6. Operatsion kuchaytirgich qo'llanishining boshqa sohalarini ko'rsating.

11-LABORATORIYA ISHI OPERATSION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI INVERTIRLOVCHI KUCHAYTIRGICH SXEMASINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

1. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirleydigan kuchaytirgich sxemaning tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirleydigan kuchaytirgich sxemadan signallarning o'tish jarayonini, grafiklarni o'rganish;
3. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirleydigan

kuchaytirgich sxemadan signallarning o'tish jarayonini ossillogrammalarini ko'rsatuvchi o'lchash asboblari bilan tanishish, tahlil qilish.

Nazariy qism:

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

1. Operatsion kuchaytirgich cheksiz kuchaytirish koeffitsiyentiga ega ($K_{OK} = \infty$);

2. Operatsion kuchaytirgichning kirish qarshiligi cheksiz ($R_{kir} = \infty$).

Ushbu shartlar operatsion kuchaytirgichning boshqa ulanishlarda ham qo'llaniladi. Soddalik uchun $R_1 = R_{kir}$, $R_2 = R_{TB}$ qarshiliklarni faol deb hisoblaymiz. a (OK invertirlovchi kirish) nuqta uchun Kirxgoffning birinchi qonuniga asoslanib toklar tenglamalarini yozamiz. R_1 orqali oqayotgan tokni I_1 , R_2 orqali oqayotgan tokni I_2 belgilaymiz, OKning kirish tokini I_{kirOK} deb hisoblaymiz. Shunda $I_1 = I_2 + I_{kirOK}$ ni olamiz. $K_{OK} = \infty$ bo'ladi degan ehtimolga ko'ra, $I_{kirOK} = 0$ deb qabul qilish mumkin, ya'ni toklar tenglamasi quyidagiga teng bo'ladi $I_1 = I_2$. Toklarni qarshilik va ushbu qarshiliklarda toklar yuzaga keltirgan kuchlanish tushuvlarini ifodalaymiz: $\frac{\Delta U_1}{R_1} = \frac{\Delta U_2}{R_2}$ toklar yo'nalishini hisobga olgan holda,

$\Delta U_1 = U_{kir} - \varphi_\partial$, $\Delta U_2 = \varphi_\partial - U_{chiq}$, bu yerda φ_∂ – a nuqtaning potentsiali. Nuqta a OK invertirlovchi kirishi bilan qisqa tutashtirilganligi uchun U_a OK invertirlovchi kirishining potentsialiga teng bo'ladi.

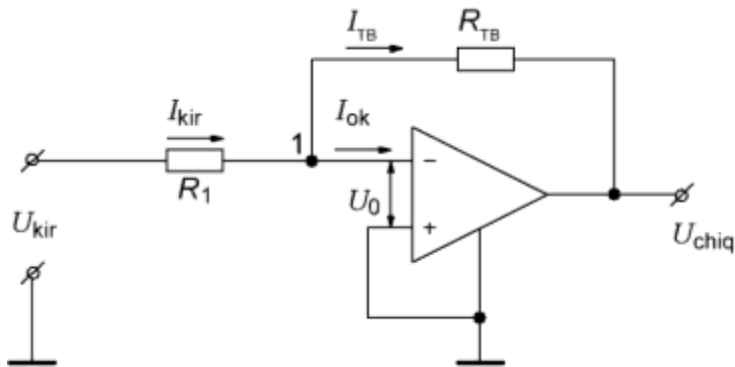
11.1-rasmga muvofiq OKni invertirlovchi kirishi yer bilan qisqa bog'langanligi uchun operatsion kuchaytirgichning noinvertirlovchi va invertirlovchi kirishlari potentsiallari farqiga teng bo'lgan OK kirish signali U_{kirOK} , $U_{OK} \rightarrow \infty$ hamda U_{chiq} cheklangan qiymatlarida quyidagilarni tashkil qiladi:

$U_{kirOK} = \frac{U_{chiqOK}}{K_{OK}} = \frac{U_{chiq}}{\infty} = 0$, u holda $\Delta U_1 = U_{kir}$, $\Delta U_2 = -U_{chiq}$, $\frac{\Delta U_{kir}}{R_1} = -\frac{U_{chiq}}{R_2}$ bo'ladi. Oxirgi ifodaning uzatish

koeffitsiyentini K_U aniqlash uchun quyidagini olamiz: $K_U = \frac{U_{chiq}}{U_{kir}} = -\frac{R_1}{R_2}$.

Shunday qilib, 11.1-rasmdagi sxemaning uzatish koeffitsiyenti qarshiliklar nisbati bilan aniqlanadi: teskari bog'lanish qarshiligi (OK chiqishi va invertirlovchi kirishi oraliq'iga ulangan) va kirish qarshiligi (sxemaning

kirishi va OKning invertirlovchi kirishi orasiga ulangan). $R_1 = R_{kir}$, $R_2 = R_{TB}$, unda $K_U = -R_{TB}/R_{kir}$ ushbu ifoda sxemotexnikada muhim ahamiyatga ega bo'lgan ifodalardan biridir. Uni muhokama qilamiz. Birinchidan, «minus»ishorasiga e'tibor beramiz. Uning mavjudligi sxema orqali o'zgaras signal ulanganda ishorasining qarama qarshiga o'zgartirilishini, garmonik signal ulanganda esa faza bo'yicha 180^0 ($-1 = e^{j180}$) siljishini anglatadi. Shunday qilib signalning inversiyasi yuz beradi.



11.1-rasm. Invertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

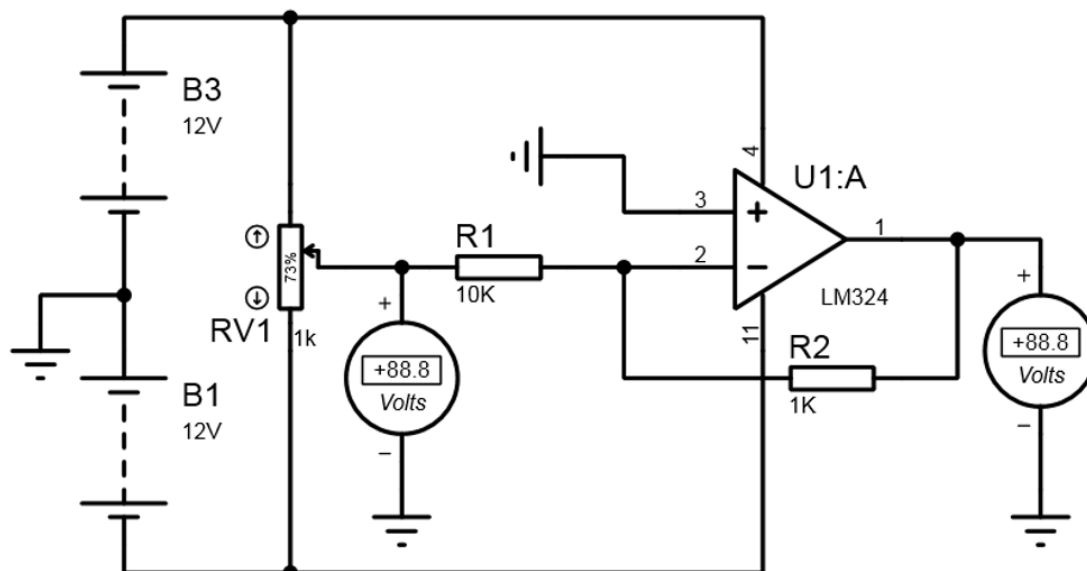
Ikkinchidan $K_U = -R_{TB}/R_{kir}$ formulaga muvofiq uzatish koeffitsiyenti istalgan qiymatga ega bo'lishi mumkin: $R_{TB} < R_{kir} |K_U| < 1$; $R_{TB} = R_{kir} K_U = -1$; $R_{TB} > R_{kir} |K_U| > 1$. Yuqorida keltirilganlarning oxirgi holatida signal kuchaytirilishi yuz beradi, shuning uchun 11.1-rasmdagi sxema invertirlovchi deyiladi. Mazkur ibora ko'rilayotgan sxemaning R_{TB} va R_{kir} barcha o'zaro bog'lanishlari uchun qo'llaniladi.

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

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

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishing Proteus dasturida amalga oshiramiz.



11.2-rasm. Invertirlovchi kuchaytirgichni xarakteristikasini olish sxemasi

1. Invertirlovchi kuchaytirgich sxemani ishlashini tadqiq qilish, xarakteristikalarini olish.

2. Elementlar kutubxonasidan foydalanib 11.2 - rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

3. R2 qarshilikga har bir talaba alohida qiymat beradi, bunda talaba jurnaldagi raqamini 1000 ga ko'paytirib, R2 qarshilikka qo'yadi. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak.

4. RV1 qarshilikning 0, 10, 20, ..., 100% qiymatlarida kuchaytirgichning kirish va chiqish kuchlanishlari olinadi va 11.1-jadvalga tushiriladi.

5. Kuchaytirish ko'effitsiyenti K hisoblanadi.

11.1-jadval

Kirish kuchlanishi, V										
Chiqish kuchlanishi, V										
Kuchaytirish ko'effitsiyenti, K										

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topishi kerak:

1. Invertirlovchi kuchaytirgichning uzatish ko'effitsiyenti uchta qiymatga bo'lgan holda o'zgarmas tok uchun amplituda tavsifi.

2. Invertirlovchi kuchaytirgichning o'zgaruvchan tok uchun amplituda tavsifi.

3. Invertirlovchi kuchaytirgichning amplituda - chastota tavsifi.
4. Invertirlovchi kuchaytirgich uchun ham oldingi bandlardagi tavsiflar.
5. LM324 mikrosxema uchun ma'lumot qiymatlari.

Nazorat savollari:

1. Operatsion kuchaytirgich nima va uning tarkibi qanday sxemalardan tashkil topgan?
2. Operatsion kuchaytirgichning asosiy parametrlarini va tavsiflarini keltiring.
3. Mazkur tajriba ishida operatsion kuchaytirgich asosidagi qayday sxemalartekshiriladi?
4. OKga teskari bog'lanish kiritilganda hosil bo'lgan sxemaning uzatishkoeffitsiyenti ichki parametrlarga bog'liq emasligini isbotlang.
5. Invertirlovchi kuchaytirgichning sxemasini keltiring va uning uzatish koeffitsiyentini aniqlang.
6. Invertirlovchi kuchaytirgichning tavsiflarini keltiring va ularni tushuntiring.

12-LABORATORIYA ISHI

OPERASION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI KOMPARATOR VA INTEGRATOR SXEMALARINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

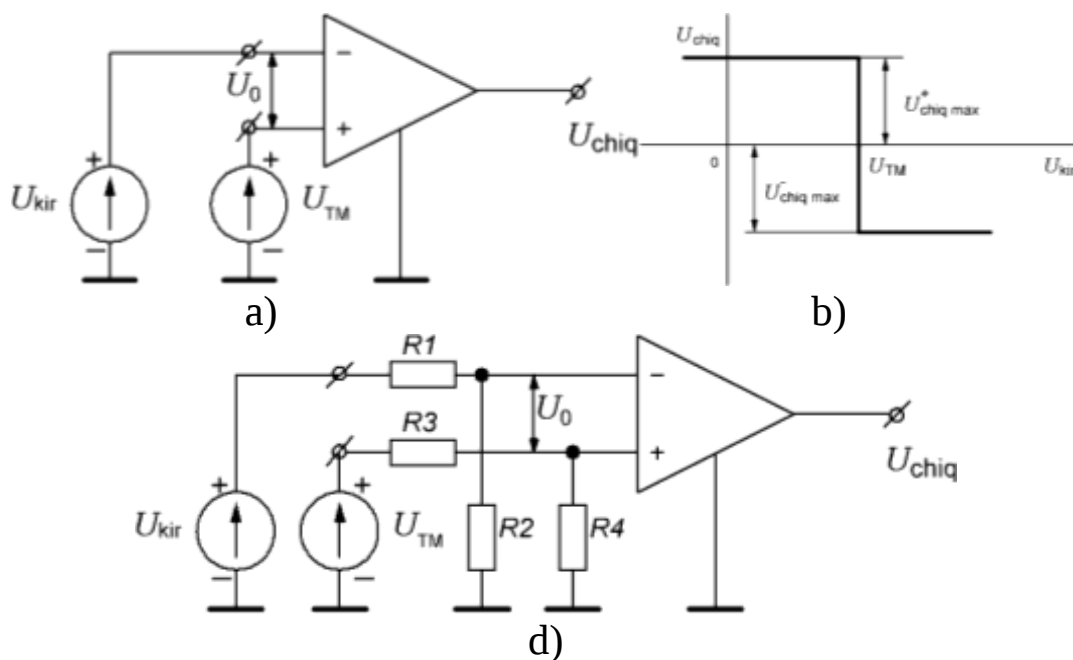
1. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan komparator va integratorlarning tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan komparator va integratorlarning sxemasidan signallarning o'tish jarayonini, signallarning shakllarini o'zgarishini o'rganish;
3. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan komparator va integratorlarning sxemasidan signallarning o'tish jarayonini ossillogrammalarini, ko'rsatuvchi o'lchash asboblardan olish, ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish, tahlil qilish.

Nazariy qism:

Komparatorlar. Integral operatsion kuchaytirgich impuls texnikasida keng qo'llaniladi. OK impuls rejimida ishlaganda uning kirish signalining sathi amplituda tavsifining chiziqli sohasiga mos keluvchi qiymatdan

oshadi. Shu sabab Okni ishlash jarayonida uning chiqish kuchlanishi U_{chiq} yoki $U_{chiq\ max}^+$ kuchlanishi bilan aniqlanadi.

OK impuls rejimida ishlashiga misol qilib komparatorni keltirish mumkin. Komparator o'lchanayotgan kirish kuchlanishini (U_{kir}) tayanch kuchlanishi ($U_{tayanch}$) bilan taqqoslanishni amalga oshiradi. Tayanch kuchlanishi kattalik bo'yicha o'zgarmaydigan musbat yoki manfiy qutbdagi kuchlanishi bo'lsa, kirish kuchlanishi esa vaqt davomida o'zgaradi. Kirish kuchlanishini tayanch kuchlanishining sathiga yetib borganda OK chiqishida kuchlanish qutbining o'zgarishi yuz beradi. Masalan U_{chiq}^+ dan U_{chiq}^- ga o'zgaradi. $U_{tayanch} = 0$ da komparator kirish kuchlanishining nol orqali o'tish vaqti qayd qilishni amalga oshiradi. Komparatorni ko'pincha nol-organ deb ataladi. Shu sababli uning uzib ulanishi $U_{kir} - U_{tayanch} = 0$ da amalga oshiriladi.



12.1-rasm. Operatsion kuchaytirgichdagi komparator sxemasi (a), uning uzatish tavsifi (b) kuchlanishining kirish bo'lgichiga ega bo'lgan komparator sxemasi (d).

Operatsion kuchaytirgichdagi sodda komparator sxemasi 12.1-rasmdakeltirilgan. Uni OK kirishlariga o'lchanayotgan va tayanch kuchlanishining simmetrik ulanishi tavsiflaydi. $U_{kir} - U_{tayanch}$ kuchlanishlar farqi OK kirish kuchlanishi bo'ladi. U komparatorning uzatish tavsifini aniqlaydi. $U_{kir} < U_{tayanch}$ bo'lganda U_0 kuchlanish

noldan kichik bo‘ladi. Shu sababli $U_{chiq} = U_{chiq\ max}$ bo‘ladi (12, b-rasm). $U_{kir} > U_{tayanch}$ bo‘lganda U_0 kuchlanish noldan katta bo‘ladi va $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ bo‘ladi.

Chiqish kuchlanishining qutbi o‘zgarishi o‘lchanayotgan kirish kuchlanishini $U_{tayanch}$ orqali o‘tganda yuz beradi. OKning kuchaytirish koefitsiyenti katta qiymatga ega bo‘lganligi sababli mazkur o‘zgarish $U_0 = U_{kir} - U_{tayanch} \approx 0$ da zinasimon ko‘rinishda bo‘ladi. 12.1-rasmdagi sxemada kirish hamda tayanch kuchlanish manbalarining joylari o‘zaro almashtirilsa, komparator tavsifining inversiyasi yuz beradi. $U_{kir} < U_{tayanch}$ shartiga $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^-$ tenglik o‘rinli bo‘lsa, $U_{kir} > U_{tayanch}$ shartiga esa $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ tenglik o‘rinli bo‘ladi.

12.1, a - rasmdagi sxema o‘lchanayotgan va tayanch kuchlanishi OK kirish kuchlanishining ma’lumotnomalarida keltirilgan ruxsat berilgan qiymatlaridan oshmaganda qo‘llanilishi mumkin. Aks holda ular OKga kuchlanish bo‘lgichi orqali ulanadi (12.1, d-rasm).

Integrator. Integrator sxemasi invertirlovchi kuchaytirgich sxemasidagi R_{TB} rezistorini kondensator bilan almashtirish orqali hosil qilinadi. Invertirlovchi kuchaytirgich sxemasiga o‘xshash $i_C = i_R$. U holda $-C \frac{du_{chiq}}{dt} = \frac{u_{kir}}{R}$.

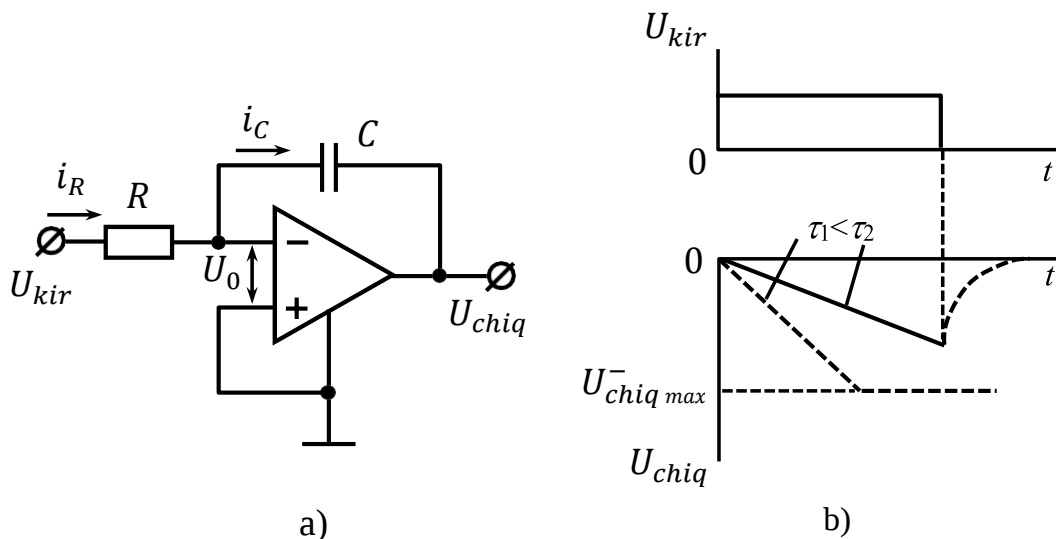
$$u_{chiq} = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_{kir} dt + U_{chiq0} \quad (12.1)$$

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

Vaqt hisobi kirish signali kelgan vaqtdan boshlanadi. $t=0$ da $U_{kir} = 0$ va $U_{chiq} = 0$ bo‘ladi. Bunga bog‘liq ravishda yuqoridagi ifoda quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi: $U_{chiq} = \frac{1}{\tau} \int_0^t u_{kir} dt$ (12.1), bu yerda $\tau = RC$ integrallash doimiysi. $\tau = RC = 1^{-s}$ da (masalan $R = 1$ mOm va $C = 1$ mkF) integrallash vaqtining real masshtabida amalga oshiriladi. R va C larning boshqa qiymatlarida integrallash masshtabi boshqacha bo‘lishi mumkin. Misol uchun, $R = 1$ mOm va $C = 1$ mkF, $\tau = 0.1^{-s}$ bo‘ladi hamda vaqt bo‘yicha integrallash masshtabi 10 ni tashkil qiladi.

Integrallash masshtabi kirish signalining parametrlarini hisobga olgan holda tanlab olinadi. Bu bilan integrallash amalining oxirida kuchaytirgichning chiqish kuchlanishi chegaraviy $U_{chiq\ max}^+$ yoki $U_{chiq\ max}^-$ qiymatlariga yetib bormasligi ta’minlanadi. Aks holda

integrallash noto'g'ri bo'ladi. Aytilganlarni 12.2, b – rasm yoritadi. 12.2, b-rasmda kirish signali kuchlanishning yakka o'zgarishi ko'rinishida ko'rsatilgan bo'lsa, integrallash doimiysi noto'g'ri tanlaganda integrator chiqishidagi kuchlanish uzlukli chiziqlar bilan ko'rsatilgan.



12.2– rasm. Integrator sxemasi (a); kirishda kuchlanishining yakka o'zgarishi mavjud bo'lganda chiqish kuchlanishining o'zgarishini tasvirlovchi vaqt diagrammasi (b)

Integrator asosida chiziqli o'zgaruvchi kuchlanish generatori tayyorlanadi. Musbat qutbdagi kirish kuchlanish impulsi chiqqanda rasmdagi sxemasi asosida tayyorlangan generator chiqishida chiziqli o'suvchi manfiy qutbdagi kuchlanish impulsi bilan boshqarilganda musbat o'sib boruvchi kuchlanish paydo bo'ladi. Chiqish kuchlanishining nolgacha keyingi kamayishi (12.2, b – rasm uzlukli chiziq) kondensatorning $\tau = C(R + R_{chiqOK})$ vaqt doimiysi bilan razryadlanish tomonidan boshqariladi.

Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

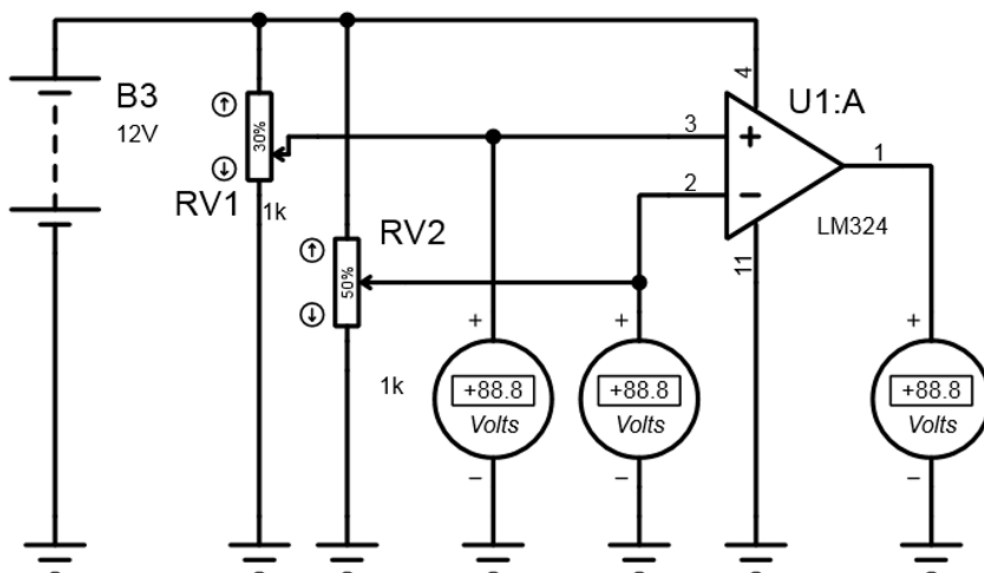
1. Elementlar kutubxonasidan foydalanib 12.3; va 12,4 - rasmlarda keltirilgan sxemalarni chizing.

2. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosish kerak.

3. RV2 o'zgaruvchan qarshilikni har bir talaba alohida qiymatga suradi (% da), bunda talaba jurnaldagi raqamini 2 ga ko'paytirib 20 ni qo'shadi.

4. RV1 qarshilikning 0, 10, 20,...,100% holatlarida komparator chiqish kuchlanishlari olinadi va 12.1-jadvalga tushiriladi.

1 - kirish kuchlanishi, V										
2 - kirish kuchlanishi, V										
Chiqish kuchlanishi, V										

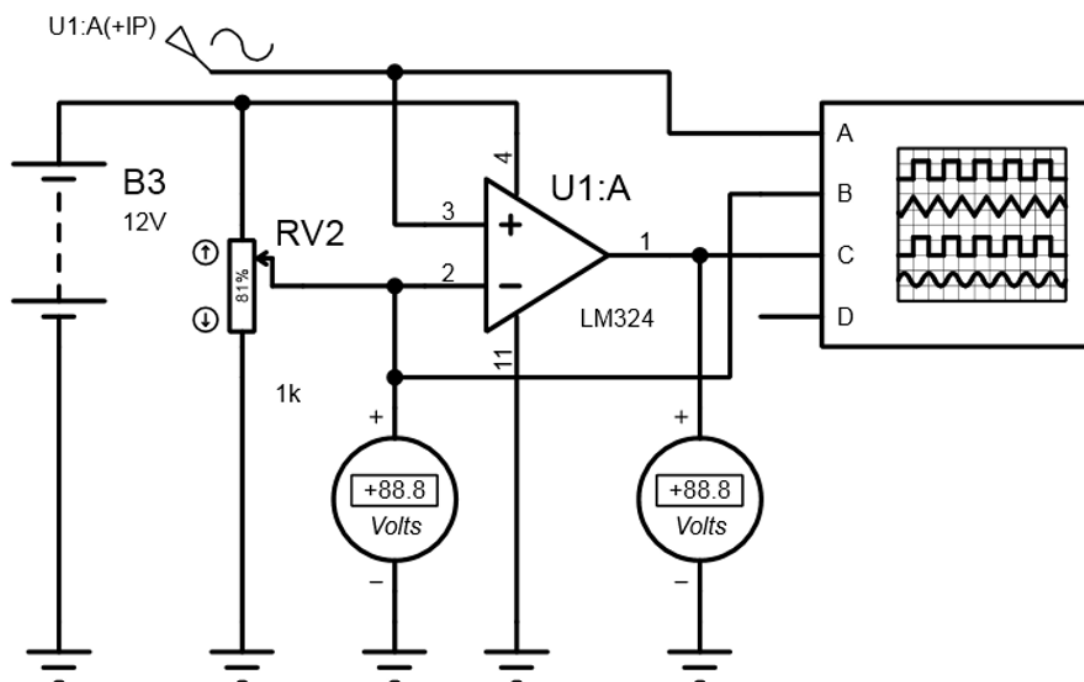


12.3–rasm. Komparatorda o‘zgaras kuchlanishlarni taqqoslash sxemasi

5. 12.4–rasmdagi sxemani yig‘ing va RV2 o‘zgaruvchan qarshilikning har xil qiymatlarida ossillogrammalarni olib hisobotga qo‘shing.

Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparatorni o‘rganish

1. Operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishi bo‘yicha $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog‘lanishi olinsin.
2. Operatsion kuchaytirgichning noinvertirlovchi kirishi bo‘yicha $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog‘lanishi aniqlansin.
3. Noinvertirlovchi kirishga sinusoidal signal berib, chiqishdagi musbat va manfiy impulsar davomiyligini invertirlovchi kirishdagi kuchlanishga bog‘liqligi aniqlansin.



12.4-rasm. Komparatorda sinusoidal va o'zgarmas kuchlanishni taqqoslash sxemasi

Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni o'rganish.

4. C_1 va C_2 sig'implar uchun $U_{chiq}=f(t)$ bog'lanishi 20 sekundda aniqlansin. $U_{kir}=0,8$ V.

5. Xuddi shu bog'lanish 40 sekundda aniqlansin.

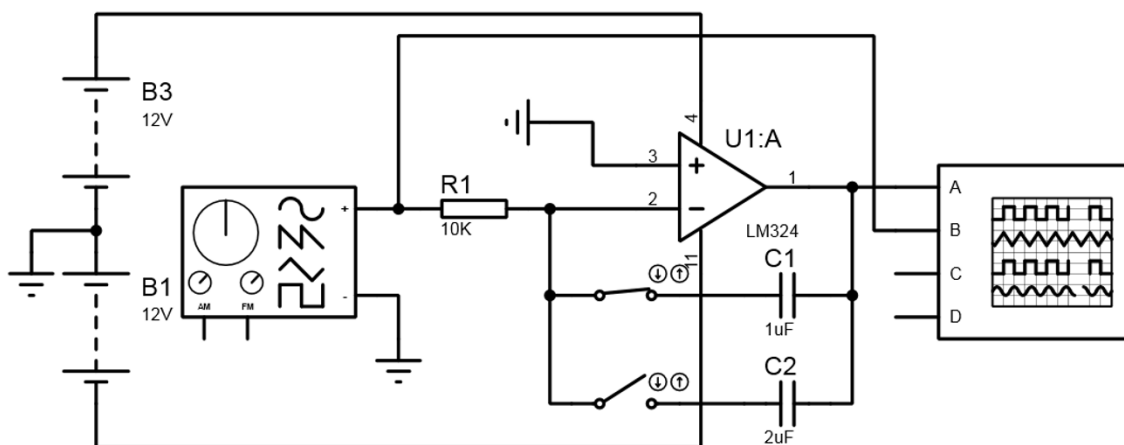
6. Olingan natijalar hisobot natijalari bilan solishtirilsin.

7. Integrator kirishiga bir qutbli va ikki qutbli impuls berib, chiqish impulslarining shakli chizib olinsin. To'g'ri yurish va teskari yurish davomiyligi aniqlansin. C_1 va C_2 sig'implar uchun $U_{chiq}=f(t)$ bog'lanishi 20 sekundda aniqlansin. $U_{kir}=0,8$ V.

8. Xuddi shu bog'lanish 40 sekundda aniqlansin.

9. Olingan natijalar hisobot natijalari bilan solishtirilsin.

10. Integrator kirishiga bir qutbli va ikki qutbli impuls berib, chiqish impulslarining shakli chizib olinsin. To'g'ri yurish va teskari yurish davomiyligi aniqlansin.



12.5-rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni tadqiq qilish sxemasi

6.Elementlar kutubxonasidan foydalanib 12.5 - rasmda keltirilgan sxemalarni chizing.

7. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmani bosing.

8. C1 va C2 kondensatorlarning har xil ulanish kombinatsiyalarida, signal generatorida turli xil kuchlanish va chastotadagi sinusoidal, arrasimon, to'g'ri burchakli impulsni hosil qilgan holda ossillogrammalarni oling.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo'lishi kerak:

1.Tekshirilayotgan komparator sxemasini o'z ichiga olgan tajriba ishiningbayoni.

2. Komparatorning invertirlovchi va noinvertirlovchi kirishlari uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ tavsiflari.

3.Sinusoidal kirish kuchlanishi uchun musbat va manfiy impuls davomiyligining U_{kir} ga bog'liqligini ko'rsatuvchi jadvallar va buni aks ettiruvchi vaqt diagrammalari.

4.Tekshirilayotgan integratorlar sxemalarini o'z ichiga olgan tajriba ishining bayoni.

5.Integrator uchun $U_{chiq}=f(t)$ tavsifi.

6.Kirish signalining ikki turi uchun integrator chiqishidagi impuls ossillogrammalari.

Nazorat savollari:

1.Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator nima? Sxemasini chizib ko'rsating.

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

13-LABORATORIYA ISHI

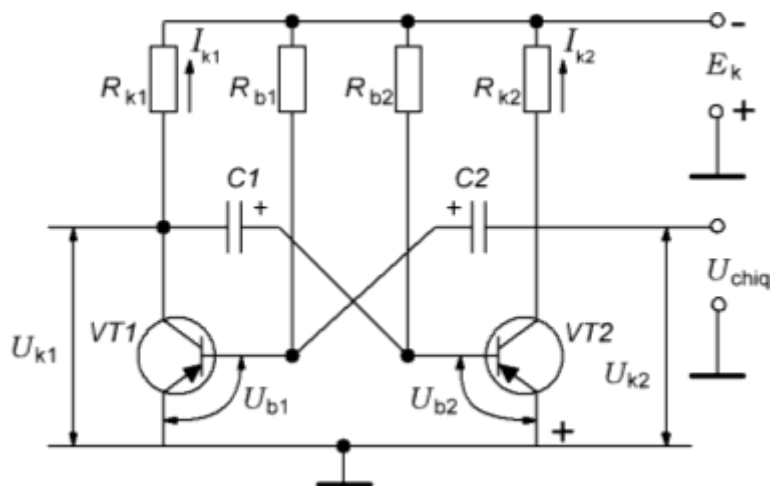
KOLLEKTOR – BAZA BOG'LANISHLI O'Z-O'ZIDAN TEBRANUVCHI MULTIVIBRATOR SXEMASINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

1. O'z-o'zidan tebranuvchi multivibrator sxemalarining tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
2. O'z-o'zidan tebranuvchi multivibrator sxemalarining ishlash rejimlarini o'rganish;
3. O'z-o'zidan tebranuvchi multivibrator sxemalari chiqishidagi impuls parametrlarining yaxshilash usullarini tadqiq etish.

Nazariy qism:

Simmetrik avtotebranuvchi multivibratorning sxemasi 13.1-rasmda keltirilgan. Multivibrator sxemasi ikki kaskadli qurilma bo'lib, birinchi kaskadning chiqishi CR_b zanjir orqali ikkinchi kaskad kirishi bilan bog'langan, ikkinchi kaskad chiqishi esa – xuddi shu tarzda birinchi kaskad kirishi bilan ulangan.



13.1-rasm. Simmetrik avtotebranuvchi multivibrator sxemasi

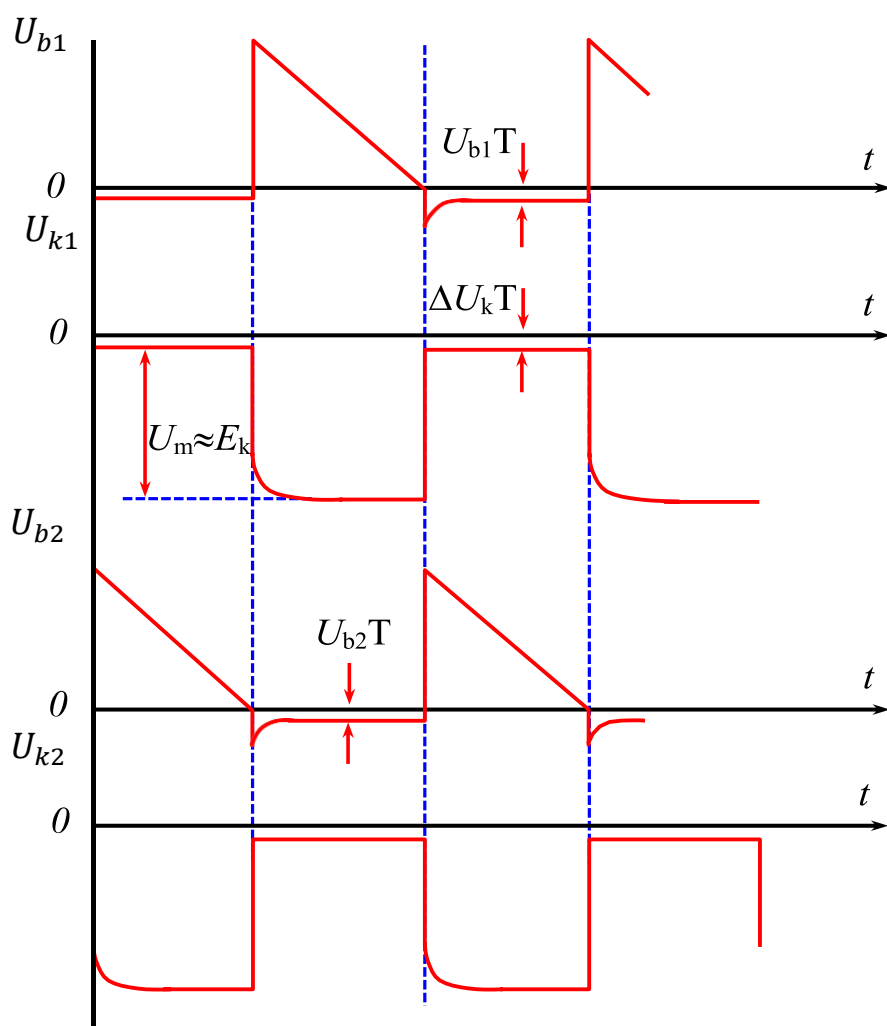
Ikkala sxemaning tranzistorlari, kondensatorlari va rezistorlari bir xil bo'lsa, multivibrator simmetrik bo'ladi. Faraz qilaylikki, ta'minlash manbai ulanganidan keyin, sxemada shunday rejim o'rnatildiki, ikkala tranzistor faol rejimda bo'lsin, va ularning kollektor toklari, elektrodlardagi kuchlanishlar va bog'lanish kondensatorlaridagi kuchlanishlar bir xil qiymatga ega bo'lsin.

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

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

ikkala kondensator bir xil qiymatgacha zaryadlanadi (har biri $+E_K$ – ochiq tranzistorning emitter o‘tishi $-C-R_K-(-E_K)$ zanjiri bo‘yicha). Tez kechuvchi to‘ntarilish vaqtida kondensatorlardagi kuchlanishlar deyarli o‘zgarishga ulgurmaydi.

Bu o‘zgarishlar ko‘chkisimon jarayon tugaganidan keyin sezilarli bo‘ladi. Masalan, tranzistor T_1 uzilganidan keyin (U_{K1} kollektor potentsiali manfiyroq qiymatga ega bo‘lganida), C_1 kondensatori T_2 ning emitter o‘tishi va R_{K1} orqali $\tau_1 = C_1 R_{K1}$ vaqt doimiyligi bilan taxminan E_K kuchlanishigacha zaryadlanishda davom etadi. Zaryad toki R_{K1} qarshiligida kuchlanish tushuvini hosil qiladi, shuning uchun zaryad oxiriga kelib $U_{K1} = -U_K C_2$ kondensatori to‘yingan T_2 tranzistorning kichik qarshiligi orqali T_1 ning baza - emitter oralig‘iga ulangan bo‘lib qoladi va uni berk holatda ushlab turadi. T_1 berk bo‘lganligi uchun C_2 kondensator zaryadlanishni davom ettira olmaydi: C_2 ni T_1 orqali $+E_K$ qisqich bilan bog‘lovchi zanjir uzilgan. Endi C_2 orqali tok boshqa zanjir bo‘yicha oqadi: $+E_2$ – ochiq $T_2 - C_2 - R_{b1} - (-E_K)$, ya‘ni oldingiga qarama - qarshi, C_2 kondensator $\tau_1 = C_2 R_{b1}$ vaqt doimiyligi bilan razryadlanadi. Bu jarayon uzilmagan bo‘lganida edi, kondensator qayta zaryadlanib, undagi kuchlanish qutbini o‘zgartirib E_K ga yaqin qiymatga ega bo‘lar edi. Ammo razryadlanish davomida C_2 kondensatordagi kuchlanish ($U_{C2} \approx U_{b1}$) nolga yaqin bo‘lganda, T_1 tranzistor ochiladi. Shu ondan boshlab, sxemada yangi ko‘chkisimon jarayon kechadi. Bu jarayon vaqtida I_{K1} ortadi, I_{K2} esa kamayadi. Jarayon T_2 berkilishi bilan tugaydi, ya‘ni musbat teskari bog‘lanish zanjiri uziladi. Endi T_2 – berk, T_1 esa to‘yingan-ya‘ni to‘ntarilish sodir bo‘ladi. Endi C_2 kondensator ochiq T_1 tranzistori orqali $+E_K - T_1 - C_2 - R_{K2} - (-E_K)$ zanjiri orqali zaryadlanadi, C_1 kondensatori esa $+E_K - T_1 - C_1 - R_{b2} - (-E_K)$ zanjiri orqali qayta zaryadlanadi. Ta‘rif etilgan jarayonlar qaytarilib turadi va multivibrator barqaror tebranishlarni generatsiyalaydi. Ko‘rilgan sxemada bo‘lib o‘tuvchi jarayonlarning vaqt diagrammasini ko‘rib chiqamiz (13.2.-rasm): t_1 vaqt gacha tranzistor T_2 berk, tranzistor T_1 esa ochiq va to‘yingan. Bu holatga tranzistorlar kollektor va bazalarining kuchlanishlari quyidagi qiymatlarga mos keladi:



13.2-rasm. Simmetrik avtotebranuvchi multivibrator uchun vaqt diagrammalari

$$I_{bt1} \approx 0; \quad U_{kt1} \approx 0; \quad U_{b2} > 0; \quad U_{K2} \approx -E_K.$$

To‘yingan tranzistor T_1 orqali T_2 ning kirishiga ulangan C_1 kondensatorning razryadlanishi natijasida U_{b2} kamayadi. $t = t_1$ vaqtida T_2 tranzistor ochiladi va sxemada ko‘chkisimon jarayon rivojlanadi. Bunda tranzistorlarning hamma elektrodlarining kuchlanishi sakrashsimon o‘zgaradi. T_2 tranzistor kollektorining potentsiali U_{K2} deyarli nolgacha o‘sadi. Bunga mos ravishda T_1 tranzistorning baza potentsiali o‘sadi va u berk holatga o‘tadi. Uzilgan T_1 tranzistorning kollektori potentsiali sakrashsimon ravishda manfiyroq bo‘ladi, xuddi shu qiymatga T_2 tranzistorining baza potentsiali U_{b2} kamayadi.

Sakrashlardan keyin sekin kechuvchi jarayonlar boshlanadi. Uzilgan tranzistor kollektor kuchlanishi maksimal qiymatga birdaniga erishmaydi, chunki R_{K1} rezistor orqali bir qancha vaqt ichida kamayuvchi C_1 kondensatorning razryad toki oqadi. To‘yingan T_2 tranzistor orqali C_2

kondensator razryadlanadi, natijada T_1 tranzistorning baza potentsiali U_{b1} kamayadi. t_2 vaqtga kelib, U_{b1} potentsiali nol sathga yetadi va T_1 tranzistor ochiladi. Shu ondan boshlab sxemadagi jarayonlar takrorlanadi. U_{K1} va U_{K2} kuchlanishlari, U_{b1} va U_{b2} kuchlanishlardek yarim davrga siljigan va bir xil shaklga ega. To‘yingan T_1 tranzistorning baza potentsiali katta bo‘lmagan nolga yaqin manfiy qiymatga ega.

$$U_{bt1} = i_b \cdot r_{be} = -\frac{E \cdot R_{be}}{R_{b1} + R_{be}} \approx 0, \text{ chunki } R_{b1} \gg r_{be}.$$

To‘yingan T_1 tranzistorning kollektor potentsiali nolga yaqin bo‘lgan kichik manfiy qiymatga ega. $U_{Kt1} = -(E_K - i_{Kt1} \cdot R_{K1}) \approx 0$, chunki to‘yingan tranzistorning qarshiligi R_K dan ancha kichik. Yopilgan tranzistorning kollektor potentsiali maksimal manfiy qiymatga ega bo‘ladi:

$$U_{Kt2} = -(E_K - i_{K0} \cdot R_{K2}) \approx -E_K.$$

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

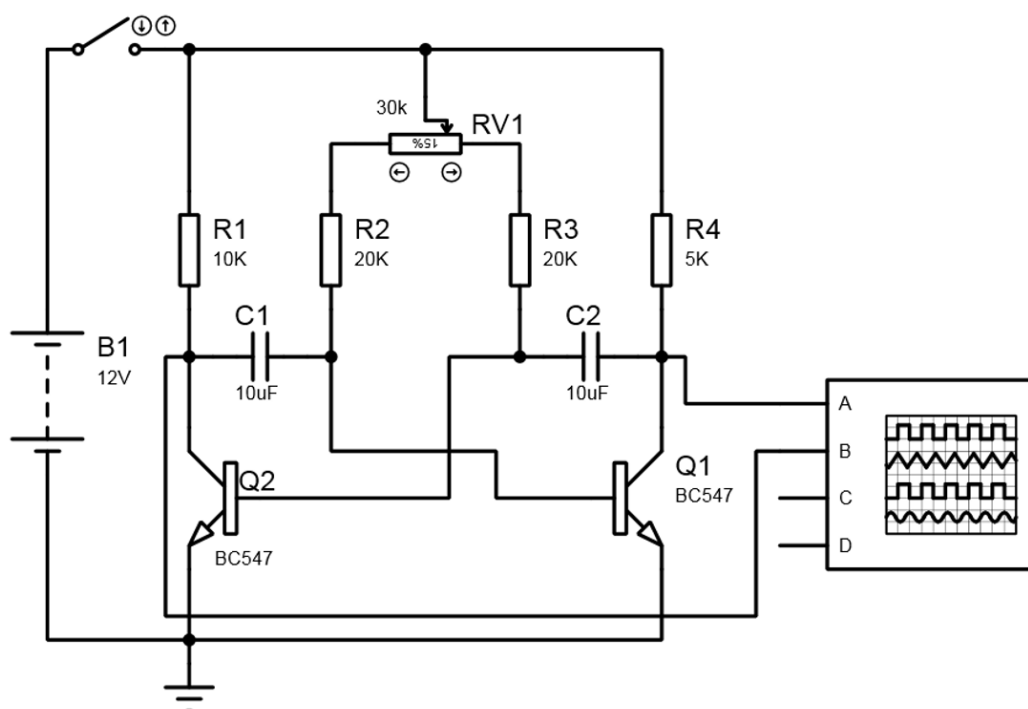
Ishni bajarish tartibi:

Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz. Shottki diodi qo‘llangan kalit sxemaning ishlashini tekshirish.

Ishni bajarish uchun:

1. Proteus dasturining elementlar kutubxonasi yordamida 13.3-rasmda keltirilgan avtotebranuvchi multivibrator sxemasini chizing.

2. Sxemani sinash uchun simulyatorni ishga tushiring, RV1 qarshilikning turli xil holatlarida ossillogrammalarni oling.



13.3-rasm. Avtotebranuvchi multivibratorni tadqiq qilish sxemasi

Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish:

1. C_1 , C_2 va R_b qarshiligining bir nechta qiymati uchun impuls davomiyligi t_u , to'xtash davomiyligi t_t , front davomiyligi t_f , impuls amplitudasi U_m aniqlansin.

2. R_b qarshiligining ikkita qiymati uchun chiqish impulslarining chastotasi F aniqlansin.

3. Chiqish impulsining aniqlangan davomiyligidan foydalanib, R_b qarshiligining qiymati aniqlansin.

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

5. Korreksiyalovchi diodli avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish.

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo'lishi kerak.

1. Tekshirilayotgan multivibrator sxemalarini o'z ichiga olgan tajriba ishining bayoni.

2. Tajriba ishining bayoni bo'yicha olingan hisobot natijalari.

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

4. Avtotebranuvchi va korreksiyalovchi diodli multivibratorlarning chiqishidagi signallarning ossillogrammalari tekshiring.

Nazorat savollari:

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

14-LABORATORIYA ISHI

ANALOG MULTIPLEKSORNING ISHLASHINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad:

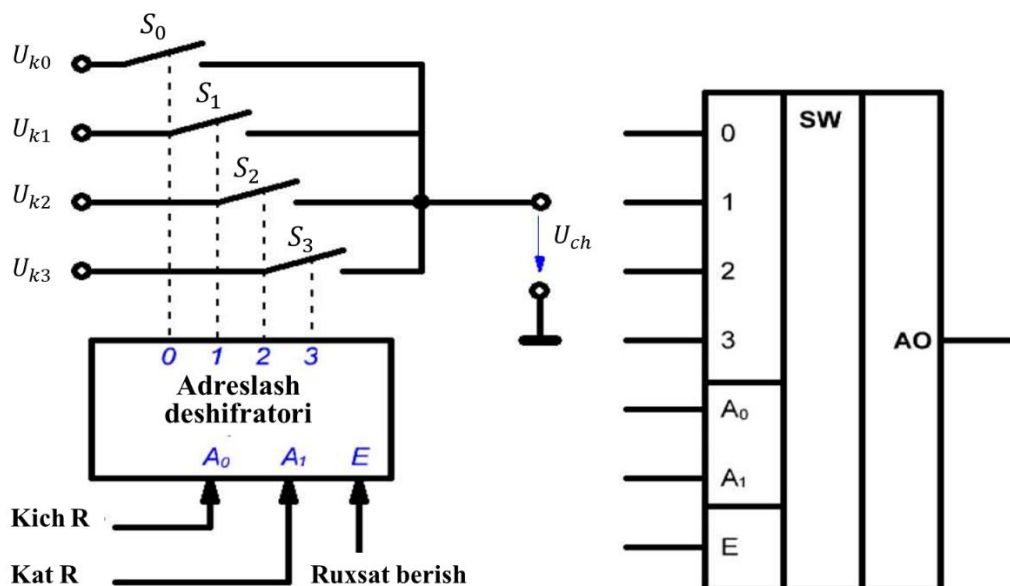
1. Analog multipleksorning tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;

Nazariy qism:

Multipleksor sxemalari boshqaruvchi signal ko'rsatmasi bo'yicha bir nechta kirishlarning bittasini tanlashga imkon beradi. Misol tariqasida 14.1-rasmda to'rtta yo'nalishli va bitta chiqishli analog multipleksorning funksional sxemasi keltirilgan.

Bunda har bir S_0 , S_1 , S_2 va S_3 kalitlar KMOY tranzistorli kalitlardan tashkil topgan. Deshifrator adresni dekodlaydi va adreslangan ikkilik kodida kalitni ulaydi, qolgan kalitlarni blokirovka qiladi. Deshifratorning E kirishi kommutatsiyalanadigan signallar manbalarining sonini kengaytirish uchun mo'ljallangan.

Agarda, uning kirishiga past sathli (-) signal berilsa, u holda adresli kirishlarning holatidan qat'i nazar, kommutatorning hamma kalitlari uzuk holatga o'tadi.

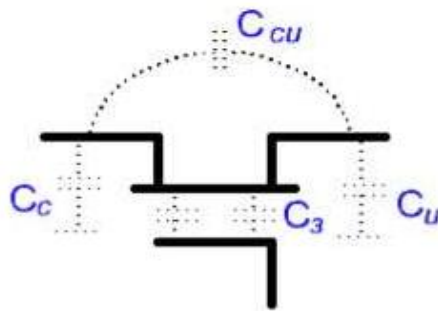


14.1-rasm. KMOY tranzistorli kalitlar asosida tuzilgan analogli kommutatorning funksional sxemasi va belgilanishi

Analog kalitlar ikki yo'nalishli qurilma bo'lganlari uchun, ular demultipleksor vazifasini ham bajaradi, ya'ni signal multipleksorning chiqishiga berilsa, tanlangan kirishdan olinishi mumkin.

KMOY tranzistorli kalitlar +15V dan yuqori kuchlanishda ishlaganliklari uchun, hamma kirish signallari oraliq'ida (diapazonida) u yoki boshqa o'tkazuvchi tranzistor quvvat manbasi kuchlanishining eng kamida yarmiga teng bo'lgan to'g'ri siljishga ega bo'ladi.

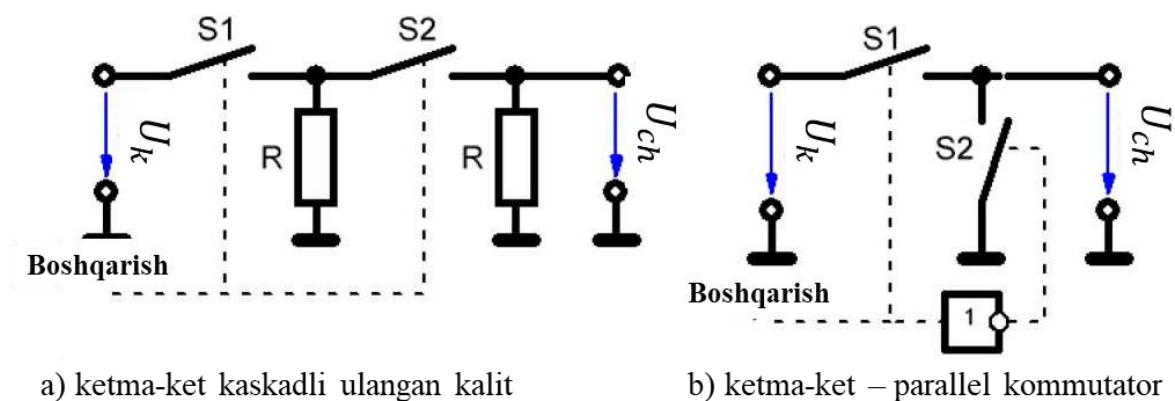
Manbaning kuchlanishi kichiqroq bo'lsa, kalitning R_0 qarshiligi ortib boradi. Qarshiligi maksimumga (R_{max}) teng bo'ladi, qachonki agarda yuqori va past kuchlanishlarning o'rtacha sathlarida (qiymatlarida) $U_{kir} = U_{manba}/2$ ga teng bo'lsa. Buning sababini shunday tushunsa bo'ladiki, ya'ni boyitilgan turdagi maydoniy tranzistor uchun, chegara kuchlanishi birqancha voltni tashkil etadi va kichik U_0 kuchlanishga yetish uchun zatvor-istok kuchlanishi 5-10 voltdan kam bo'lmasligi kerak. Kirish signallar nochiziqli shaklining buzilishni kamaytirish uchun kirish signallarining hamma diapazonlarida o'zgarishida U_0 qiymatini kichik yoki taxminan doimiy qilib saqlashga harakat qilingan.



14.2-rasm. KMOY tranzistorli kalitdagi sig‘imlarning turlari va paydo bo‘lish joylari

Kichik kuchlanishda ochiladigan va yuqori tikligi tranzistorlarni qo‘llash kichik kuchlanish manbasidan ishlaydigan U_0 kichik bo‘lgan kommutatorlarni qurishga imkon beradi. KMOY tranzistorlarining yaxshi tomoni shundaki, ishlamay turganida energiya iste‘mol qilmaydi. KMOY kanali berk holatda stok-istok kuchlanishi $0,1\text{ V}$ bo‘lganda, yuzlagan GOM ga teng bo‘lgan yuqori dinamik qarshilikka ega bo‘ladi. Shuning uchun uni I_{ut} li tok manbai qilib bo‘lmaydi. Berk KMOY kaliti orqali utechka tiqini o‘tish yo‘nalishi iste‘mol manbasining qutbi bilan aniqlanadi. Keng tarqalgan analogli kalitlar va multipleksorlar uchun I_{ut} tokining tipik qiymati 1 nA ni tashkil etadi. Shu kunlarda pasaytirilgan utechkali toklardagi ishlaydigan kalitlar chiqarilmoqda. KMOY – kalitlar ushbu sig‘imlarga ega: C_u – kirish-chiqishlar oralig‘ida; C_c , C_u – sxemaning kanali va umumiy nuqtasi oralig‘ida, C_3 – zatvor va kanal oralig‘ida hamda bitta kristall chegarasidagi kalitlar oralig‘ida. Ushbu sig‘imlarni birligi kalitlarning xarakteristikalarini yomonlashtiradi.

Kirish-chiqish C_{cu} – sig‘imi. Ushbu sig‘imning mavjudligi, o‘chiq bo‘lgan kalitdan signal o‘tishiga olib keladi. Uning kattaligi yuqori chastotalarda ortib boradi. Ko‘p holatlarda, past chastotalarda signallarni ochiq kalit orqali sig‘imli to‘g‘ri (skvoznoe) o‘tishiga muammo tug‘dirmaydi. Bunday muammolar paydo bo‘lsa, ikkita ketma-ket juft kalitli kaskadli ulangan kalitlar yoki ketma-ket – parallel kommutatorlardan foydalanish kerak. Ketma-ket kaskad kuchlanishni qo‘shimcha bo‘luvchi hisobiga signalni (detsibellarda) pasayishiga olib keladi. Ketma-ket – parallel ulangan sxema, ketma-ket kalit o‘chiq holatda bo‘lganda, yuklamaning K_0 effektiv qarshiligini kamaytirish hisobiga, signalning to‘g‘ri o‘tishini kamaytiradi.



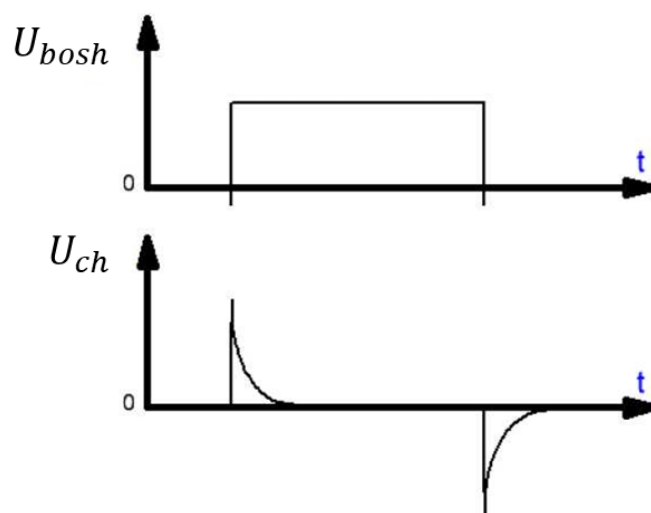
14.3-rasm. Ketma-ket va ketma-ket – parallel ulangan kommutatorlarning sxemalari

Ko‘pincha IMS ishlab chiqaruvchilar, ikkita normal ulangan va ikkita normal uzilgan (ochiq) kalitli analog kommutatorlar ishlab chiqarishadi. Bu mikrosxemalar oddiygina bo‘lgan ketma-ket – parallel kommutatorlarni qurishga imkon beradi.

C_c , C_u – yerga nisbatan sig‘imlardir. Bu sig‘imlarni yerga shuntlaydigan sig‘imlar deyiladi, ular qurilmaning chastotali xarakteristikasini pasayishiga olib keladi. Signal manbaining qarshiligi va berk $S_0(K_0)$ kalitning qarshiligi past chastotali filtrni tashkil qiladi. Quvvat manbaining qarshiligi katta bo‘lsa, ahvol yomonlashadi.

Kalitlar orasidagi sig‘im. Odatda kristalda bir qancha kalitlar joylanadi, bular esa kanallar orasida navodka (signallarni o‘tishini) paydo bo‘lishiga olib keladi. Sababi kanallar orasidagi sig‘im bo‘lishi mumkin. Ta’sir kuchayishi mumkin, agarda chastota oshib borsa va quvvat manbasining qarshiligi kattalashishiga.

Dinamik xalaqitlar. Kalitlarni ulangan holatidan ochiq (o‘chiq) holatiga o‘tish jarayonida (yoki teskarisi) zatvorga berilgan boshqarish kuchlanishidagi sakrash, kanal zanjiridagi zaryadning o‘zgarishiga olib keladi. Bu uzilgan kalitlarga tegishli signallar sathida ko‘proq seziladi. Bunday effektlar multipleksorlar kanallarining adreslari o‘zgarayotganda paydo bo‘ladi. n -kanalli MOP tranzistorli kalitning kirishiga to‘g‘ri burchakli impuls berilganda uning chiqishidagi signalning shakli, kirish signalining sathi nolli bo‘lganda va yuklama 10 kOm bo‘lganda va unga parallel bo‘lgan 20 pF kondensator bo‘lgandagi diagramma 14.4-rasmda keltirilgan.



14.4-rasm. Kalitlarni kommutatsiyalash (ulanish/o'chirish) jarayonida paydo bo'ladigan xalaqitlarning ko'rinishi

Signallardagi bu sakrashlar va tushib ketishlar zaryadni kanalga zatvorning kuchlanishi o'zgarganda 5 pF kattalikka ega bo'lgan C_3 sig'imi orqali o'tishi tufayli sodir bo'ladi. Bu kuchlanishni, manbaning kuchlanishini bir sathdan ikkinchi sathga o'tganda $\partial = +C_3(U_{3И.ВЫС} - U_{3И.НИЗ})$ zaryadni o'tkazib (tashib) keskin sakrash qiladi. O'tkazilayotgan zaryadning kattaligi faqatgina zatvor kuchlanishining hammasini (to'liq) o'zgarishiga bog'liq, lekin bu o'zgarish bo'ladigan vaqtga bog'liq emas.

Kalit chiqishidagi signalni past chastotali filtr bilan filtrlash shu effektni (samarani) beradi.

Tezlik. Maydoniy tranzistorlardagi kalitlar ochiq holatda 10 Omdan bir necha 100 Omgacha R_0 qarshilikka ega. Odatda kam qarshilikli (R_0) maydoniy tranzistorlar katta sig'imga ega. Maxsus katta tezlikda ishlovchi kommutatorlar 50 MHz bo'lgan o'tkazish oralig'iga ega va amplitudasi ± 1 V bo'lgan kelishilgan (moslamalar) past qarshilikli manbalardan (odatda 75 Om) videochastotalarni uzatishga mo'ljallangan.

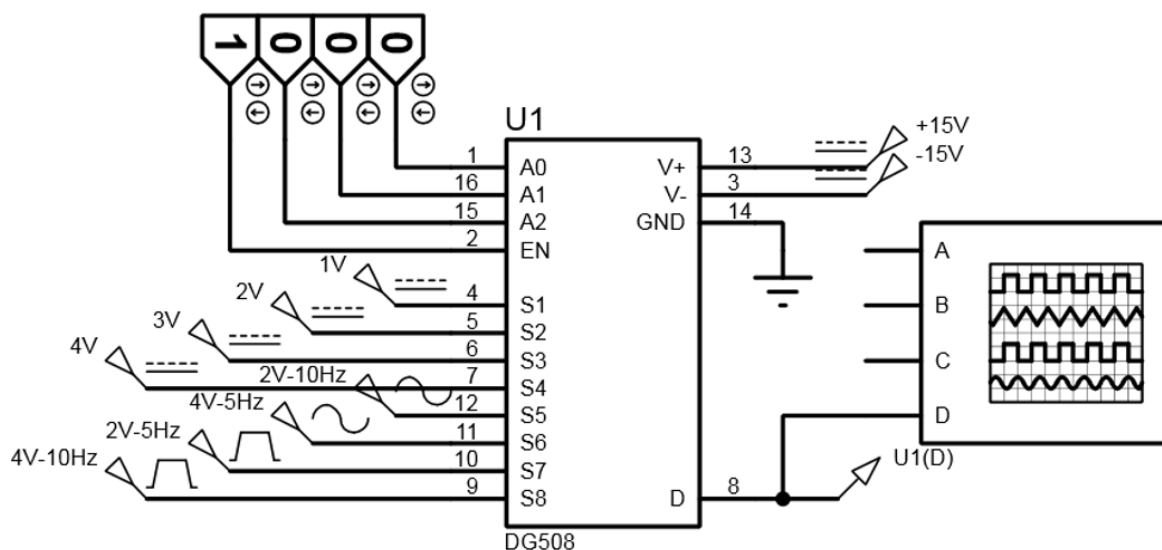
Qayta ulash vaqti. MOP – tranzistordagi kommutatorning ulash-o'chirish (I_{vkl} va I_{vykl}) o'tish jarayonining uzunligi zatvor – kanal sig'imining razryadlanish vaqti bilan aniqlanadi. Bu sig'imni kamayishi R_0 ning oshishiga bog'liq. Shuning uchun qayta ulanish vaqtini oshirish kommutatsiya qiladigan MOP – tranzistorining zatvoridagi kuchlanishni boshqaradigan zanjirni chiqishidagi qarshiligini kamaytirish orqali erishiladi. Bu yerda quvvat manbasidan iste'mol qilinadigan tok oshadi. KMOY – kommutatorlarining qayta ulanishi, statik holatda 1 mA tok iste'mol qilganda 0,2 mks tashkil etadi.

Kommutatorlarni ekspluatatsiya qilish parametrlariga quyidagilar kiradi:

- kuchlanish manbaining eng katta qiymati, V;
- iste'mol qilish toki, mA;
- utechka toki, nA;
- kommutatordan o'tadigan tokning maksimal qiymati, mA;
- ochiq holatdagi R_0 qarshiligi, Ω ;
- ulanish/o'chish vaqti, ns;
- kirish/chiqish kuchlanishi ruxsat etilgan diapazon, V;
- yuqori/past boshqarish kuchlanishining sathi, odatda, (0 yoki 1) V.

Ishni bajarish tartibi:

Ishni bajarish uchun Proteus dasturining elementlar kutubxonasi yordamida analog multipleksorni tadqiq qilish sxemasini yig'amiz 14.5-rasm.



14.5-rasm. Analog multipleksorni tadqiq qilish sxemasi

1. DG508 analog multipleksoriga 14.5-rasmda ko'rsatilgan signal turlari, qiymatlari va chastotalari ulanadi. Sxema ishlashi uchun ushbu  tugmasi bosiladi.

2. Multipleksor ishlashi uchun uning EN kirishiga 1 signali beriladi.

3. Adres kirishlarini (A0-A2) esa "000-111" oraliqdagi qiymatlarda o'zgartirib, har bir holatning ossilogrammasi olinadi.

Hisobot mazmuni

- 1.Laboratoriya ishining bayoni.
- 2.O'lchash natijalari VAX grafiklari.
- 3.O'lchashni o'tkazishning prinsipial sxemasi.

Nazorat savollari:

- 1.Analog multipleksorning ishlash prinsipi va foydalani sohalarini ayting.
- 2.Analog multipleksorning adres kirishlari nima vazifani bajaradi.

15-LABORATORIYA ISHI **TANLOVCHI-SAQLOVCHI VA CHO'QQILI DETEKTORLAR** **SXEMALARINI TADQIQ QILISH**

Ishdan maqsad:

- 1.Tanlovchi-saqlovchi va cho'qqili detektorlarni sxemalarining tuzilish va ishlash prinsiplarini o'rganish;
- 2.Tanlovchi-saqlovchi va cho'qqili detektorlar sxemalaridan impulslarning o'tish jarayonini, grafiklarni o'rganish;
- 3.Tanlovchi-saqlovchi va cho'qqili detektorlar sxemasidan impulslarning o'tish jarayonini ossillogrammalarini, saqlanish vaqtlarini olish, o'lchash, ularning asosiy ko'rsatkichlari bilan tanishish.

Nazariy qism:

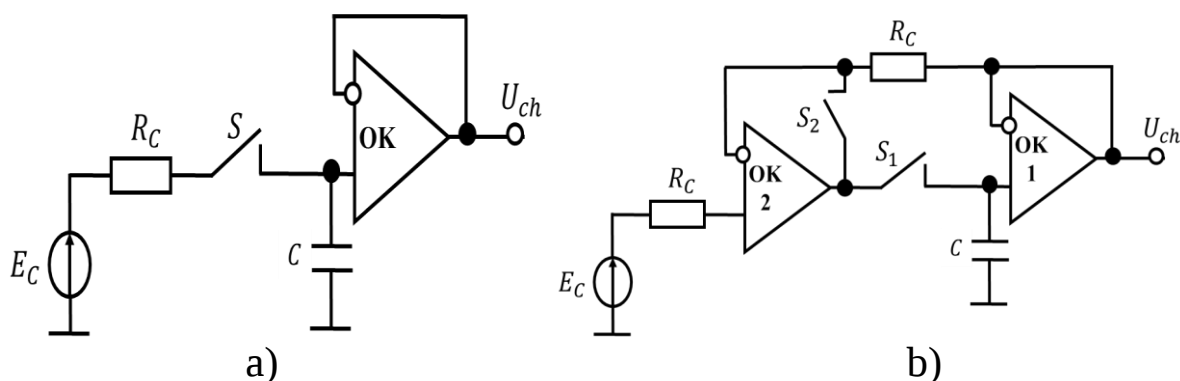
Tanlovchi-saqlovchi va cho'qqili detektorlar

Analogli signallarni raqamli kodga o'zgartirganda ushbu signalning kuchlanish qiymatini, bir zumdagi qiymatini ma'lum vaqt ichida tanlash kerak va shu vaqt ichida o'zgartiriladi. Shu maqsad uchun tanlovchi-saqlovchi qurilma qo'llaniladi (TSQ), uning soddalashtirilgan sxemasi ko'rinishdagi 15.1a rasmda keltirilgan. Agarda S kaliti ulangan bo'lsa, u holda S kondensatori E_c kirish manbai signalidan, $\tau_{np} = C(R_c + r_0)$ ga teng bo'lgan o'zgarish vaqtida zaryadlanadi.

Kalit S uzuk paytida C kondensatori, biron vaqt oralig'ida kirish signali kuchlanishining bir zumdagi qiymatini saqlaydi. Saqlash rejimida C kondensatoridagi kuchlanish kam (oz) o'zgarishi uchun, kondensatorning

razryadlanish doimiy vaqti (τ_{pa3}) yetarlicha ko'p bo'lishi kerak, ya'ni uzuk S kalitining (r_p) qarshiligi va buferli kuchaytirgichni kirish qarshiligi (R_{Bx}) katta bo'lishi kerak.

Qurilma saqlash rejimida, kondensatordagi kuchlanish faqatgina r_{∞} va R_{Bx} qarshiliklari orqali razryadlanishiga bog'liq bo'lmasdan, kondensatorning utechka toki va operatsion kuchaytirgichning (OK) siljish tokiga ham bog'liq. Keltirilgan sabablarning hammasi o'zgartirish xatoligiga olib keladi, shuning uchun ularning ta'sirlarini minimumga keltirish kerak. Bu esa tegishli kalitni, operatsion kuchaytirgichni va kondensatorni tanlash orqali erishiladi.



15.1-rasm. Tanlovchi-saqlovchi qurilmalarning sxemalari

Qurilma saqlash rejimida C kondensatoridagi kuchlanish boshqa teng sharoitlarda kondensatorning sig'imi qancha katta bo'lsa, shuncha kichik o'zgaradi. Biroq kondensator sig'imi oshganda, tanlash rejimida uning zaryadlanishi oshadi. Bu esa o'zgartirish xatoligiga olib keladi. Chunki kondensatorlagi o'rnatilgan kuchlanish kattaligi tanlovchi-saqlovchi qurilmaning kirishiga berilayotgan haqiqiy qiymatga to'g'ri kelmaydi. Kondensatorning zaryadlanish vaqtini kuchlanish bo'yicha teskari bog'lanish orqali kamaytirish mumkin, masalan 15.1.b – rasmda keltirilgandek, S_1 kalitni berk holatida va S_2 ochiq (uzuk) holatida (tanlash rejimi) 15.1.b-rasmdagi sxemasida **petlali** kuchayishli ($(K_n = -\mu_2)$) teskari aloqa bog'lanish (TOB) amalga oshiriladi.

Shuning uchun, C kondensator zaryadining qarshiligi OK2 operatsion kuchaytirgich chiqishidagi qarshiligining va berk zanjirdagi S_1 kalit qarshiliklarining yig'indisiga teng bo'lganligidan taxminan μ_2 marta kamayadi. Ushbu rejimda OK1 va OK2 chuqur teskari bog'lanishga ega bo'lganligi uchun ularni inversiyalanadigan kirishlarida bir xil bo'lganlari tufayli, kondensatordagi kuchlanish E_c kuchlanishini aniq takrorlaydi.

Qurilma saqlash rejimida (S_1 kalit ochiq (uzuk)), S_2 - kalit esa ulangan

(berk), u holda 15.1, b-rasmdagi sxemasi 15.1, a-rasmdagi sxemasidek ishlaydi. 15.1.b-rasmdagi sxemasidagi S_2 kalit mahalliy teskari aloqani tashkil etish uchun foydalaniladi. Bu yerda umumiy aloqa uzilganda (S_1 uzuk ochiq), OK2 operatsion kuchaytirgichining to'yinish rejimiga o'tishiga yo'l bermaydi.

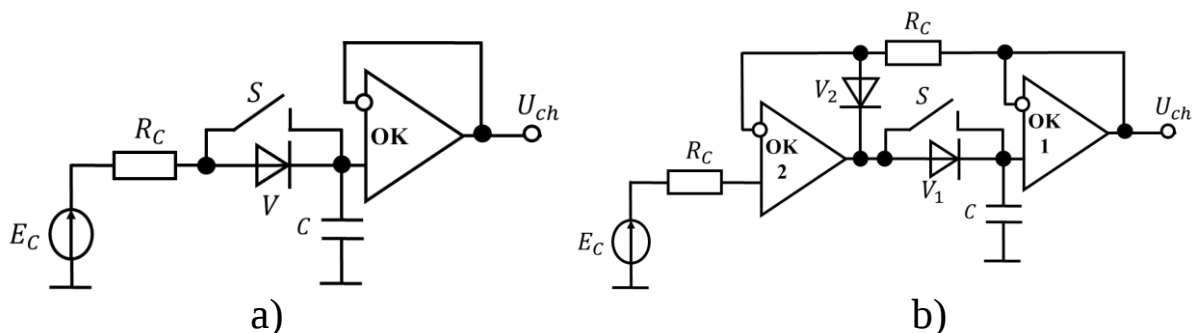
Biroq saqlash rejimidan tanlash rejimiga o'tganda (S_1 kalitini ulaganda, S_2 kalitini ochganda o'chirganda) OK2 operatsion kuchaytirgichning inverslaydigan va inverslamaydigan kirishlarida kuchlanishlar mos kelmasligi sababli, OK2 operatsion kuchaytirgichi to'yinish rejimiga o'tadi. Bu holatda S kondensatori, umumiy manfiy teskari bog'lanish ishlamayotgan bo'lsa ham, OK2 ning chiqishidagi yuqori kuchlanish ta'sirida nisbatan tezda qayta zaryadlanadi. Kondensator kuchlanishi OK2ning inverslamaydigan kirishidagi kuchlanishga teng bo'lganda, OK2 operatsion kuchaytirgich to'yinish rejimidan chiqadi va umumiy manfiy teskari bog'lanish (UMTB) harakatga tushadi, tanlovchi-saqlovchi qurilma (TSK) esa kirish signalining o'zgarishini kuzatish rejimida ishlaydi. Tanlovchi-saqlovchi qurilma masalan, 1100CK2, 1103CK2 va boshqa turdagi integral sxema ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Cho'qqili detektor(ChD). Cho'qqili detektor TSK dan farqli kirish signalining bir zumdagi qiymatini tanlamaydi, u signalning eng katta (max) qiymatini (musbat va manfiy) berilgan vaqt oralig'iga tanlaydi.

15.2, a-rasmdagi sxemada, S kalitining uzuk holatida, agarda E_c kuchlanish kondensatordagi U_c kuchlanishdan U^* kattalikka oshsa, u holda ochiq V diodi orqali S kondensatori yana qo'shimcha zaryad oladi, agarda $E_c < U_c + U^*$ bo'lsa, u holda V diodi berkiladi va avvalgi qayd qilingan (eslab qolingan) kuchlanish saqlanadi.

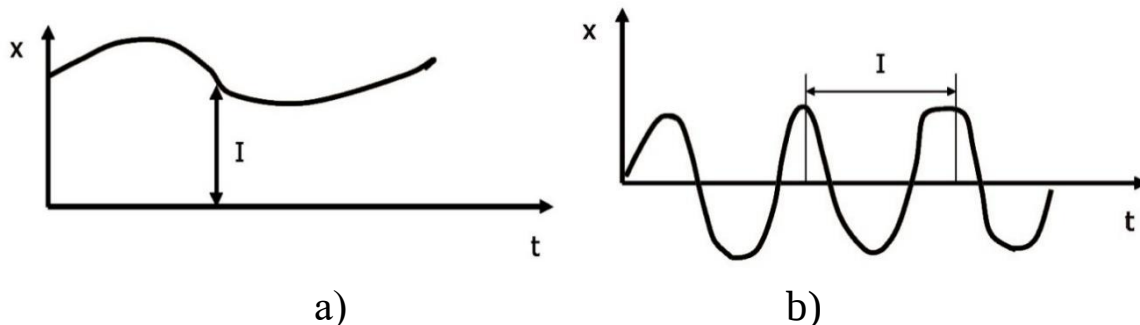
Tanlovchi-saqlovchi qurilmaga mansub bo'lgan xatoliklar, zaryad vaqtini nolli va C kondensatori razrayadlanishining oxiri bo'lmasligi, 15.2, a-rasmdagi sxemada sodda detektorning idealli bo'lmagan detektorli xarakteristikasi tufayli xatolik kelib chiqadi (15,2, b-rasm. Kalit S ulanganda, nol sathgacha yoki kirish kuchlanishining bir zumdagi qiymatigacha tushiriladi).

S kaliti uzilgan vaqtda kuchlanishning maksimal V qiymatini tanlashning yangi davri belgilanadi



15.2-rasm. Cho‘qqili detektorlarni sxemalari

15.2, b-rasmdagi sxemaning 15.2, a-rasmdagi sxemadan afzalligi shundaki, faqatgina S kondensatorni zaryadlanish vaqtini kamaytirilganli bo‘lmasdan pretsizionli amplitudali detektorni xususiyati bilan bog‘langan. Bu sxemada 15.2, b-rasmdagi cho‘qqili detektorni S kaliti uzilgandan keyin buferli operatsion kuchaytirgichning uzatish koeffitsiyenti birga teng bo‘lib qoladi. Farqi shundaki, 15.2, b-rasmdagi sxemada E_c kirish signali OU2 ning inverslanmaydigan kirishiga beriladi, 3.18, a- rasmdagi sxemada esa bu ma’lum. 15.2, b-rasmdagi sxemada buferli kuchaytirgich ta’minlaydigan o‘zgartirgich hisobiga bu narsa inkor qilinadi. 15.3-rasmda signallarning tanlanadigan-saqlanadigan nuqtalari (cho‘qqilari) ko‘rsatilgan.



15.3-rasm. Signallarni tanlanadigan-saqlanadigan nuqtalari (cho‘qqilari)

Ishni bajarish tartibi:

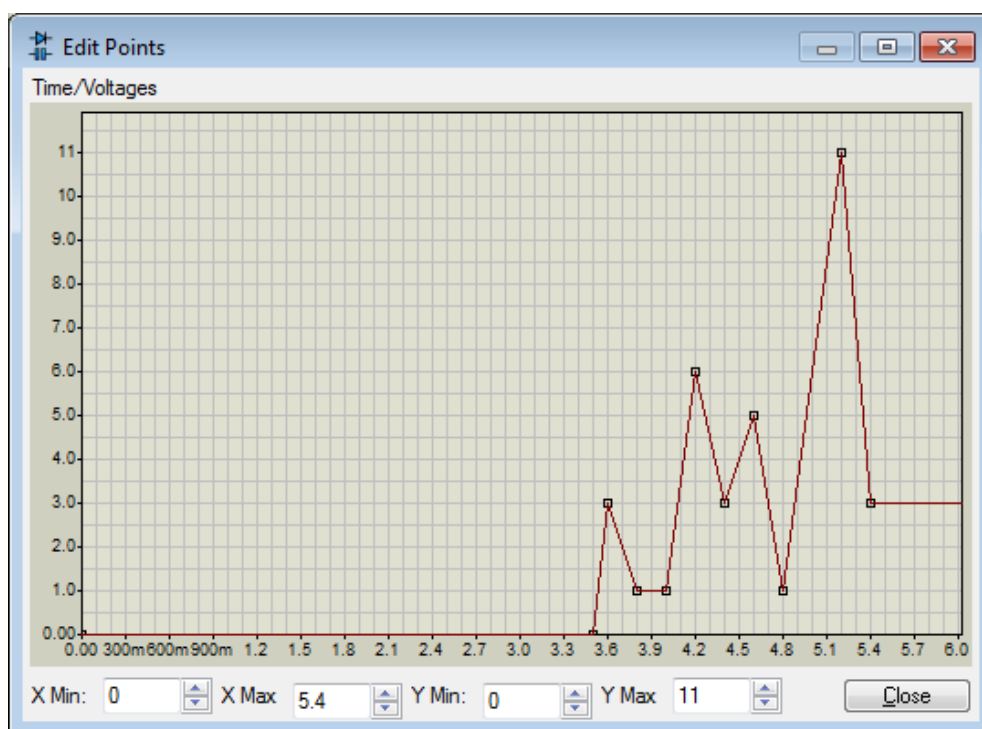
Ushbu tajriba ishini Proteus dasturida amalga oshiramiz.

1.Cho‘qqili detektorlarning sxemalarini tadqiq qilish.

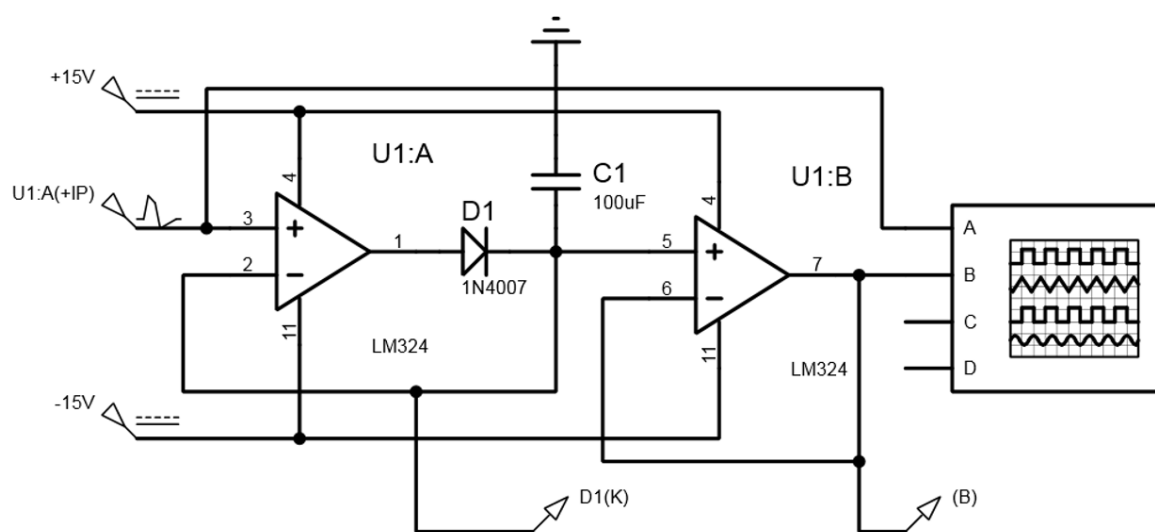
2.Elementlar kutubxonasidan foydalanib, 15.5-rasmda keltirilgan sxemani chizing.

3.Detektor kirish signali sifatida “Pwlin” signal turin tanlang va signal shaklini 15.4-rasmdagi namunaga qarab tayyorlang.

4.Sxema ushbu  tugmani bosib ishga tushiring va ossillogrammani oling.



15.4-rasm. Cho‘qqili detektorlarning sxemalarini tadqiq qilish sxemasi



15.5-rasm. Cho‘qqili detektorlarning sxemalarini tadqiq qilish sxemasi

Hisobot mazmuni

1. Laboratoriya ishining bayoni;
2. Tanlovchi-saqlovchi qurilmalar sxemalari chiqishidagi signallarining sxema elementlarining kattaliklariga bog‘liqlik xarakteristikalarini;
3. Cho‘qqili detektorli sxema chiqishidagi signallarining sxema elementlarining kattaliklariga bog‘liqlik xarakteristikalarini;
4. O‘lchash natijalari bo‘yicha sxemaning chiqishidagi signallarining shakllari va ularga izoh bering.

Nazorat savollari:

- 1.Cho‘qqili detektor deb nimaga aytiladi?
- 2.Cho‘qqili detektorlarning kamchiliklari?
- 3.Cho‘qqili detektorlarning xatoliklarini tushuntiring?
- 4.Cho‘qqili detektorning chiqish kuchlanishi ko‘rinishi qanaqa shaklga ega?
- 5.Cho‘qqili detektor qayerda qo‘llaniladi?.
- 6.Tanlovchi-saqlovchi qurilmalar sxemalari chiqish kuchlanishining saqlanish vaqti nimaga bog‘liq?
- 7.Tanlovchi-saqlovchi qurilmalarning chiqish kuchlanishi nimaga teng?
- 8.Tanlovchi-saqlovchi qurilmalar qayerda qo‘llaniladi?

Adabiyotlar ro'yxati

1. Черепанов А.К. Микросхемотехника. –М.: Инфра –М, 2018.
2. Миловзоров О. В., Панков И. Г. Основы электроники (6-е изд.). –М.:Юрайт, 2018.
3. Paul Horowitz, Winfield Hill - The art of electronic. Third Edition. Cambridge University Press, 2015.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. –М.: Бином, 2014.
5. А. Л. Ларин. Аналоговая электроника. Учебное пособие. –М.: МФТИ, 2013.
6. Чижма С.Н. Электроника и микросхемотехника, ФГБУ ДПО УМЦЖДТ, 2012.
7. Арипов Х.К., Абдуллаев А.М., Алимова Н.Б. Электроника. Ўқув қўлланма. – Тошкент: ТАТУ, 2008.
8. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника (том 1,2). –М.:ДМК пресс, 2008.
9. Павлов В.Н, Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебник для вузов. –М.: Горячая линия – Телеком, 2001.
10. Браммер Ю.А. Импульсные и цифровые устройства. Учебник (7-еиздание). –М.: Высшая школа, 2003.
11. Халиков А.А. Электрон қурилмалари, аналогли ва рақамли схемотехника. - Тошкент: Темирийўлчи, 2002.
12. Осадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник.–М.: Горячая линия–Телеком, 2000.
13. Х.К.Aripov, А.М.Abdullayev, N.B.Alimova, X.X.Bustanov, Ye.V.Obyedkov, Sh.T.Toshmatov. Elektronika. Darslik. –Т.: «Fan va texnologiya», 2011, 428 bet.
14. Abduraxmanov B.A., Umarxodjayeva Z.N., Xamroqulov Sh.I. “Mikrosxematexnika” fanidan (1 - qism) laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma. – Toshkent: ToshTU, 2020. 66 b.

MUNDARIJA

Kirish.....	3
1-Laboratoriya ishi: Yarimo‘tkazgichli diodlarni tadqiq qilish.....	4
2-Laboratoriya ishi: Stabilitronning ishlashini tadqiq qilish.....	9
3-Laboratoriya ishi: Tiristorning ishlashini tadqiq qilish.....	13
4-Laboratoriya ishi: Yarimo‘tkazgichli optik elementlarni tadqiq qilish.....	17
5-Laboratoriya ishi: Bipolyar tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichni tadqiq qilish.....	21
6-Laboratoriya ishi: Maydoniy tranzistor asosidagi birkaskadli kuchaytirgichni tadqiq qilish.....	33
7-Laboratoriya ishi: Differensiallovchi sxemaning tuzilishini o‘rganish, ishlashini tadqiq qilish.....	38
8-Laboratoriya ishi: Integrallovchi sxemani tuzilishini o‘rganish, ishlashini tadqiq qilish.....	51
9-Laboratoriya ishi: Bipolyar tranzistor asosidagi kalit sxemalari tadqiq qilish.....	56
10-Laboratoriya ishi: Operatsion kuchaytirgich asosida noinvertorlovchi kuchaytirgich sxemasini tadqiq qilish.....	62
11-Laboratoriya ishi: Operatsion kuchaytirgich asosidagi invertirlovchi kuchaytirgich sxemasini tadqiq qilish.....	67
12-Laboratoriya ishi: Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator va integrator sxemalarini tadqiq qilish.....	71
13-Laboratoriya ishi: Kollektor – baza bog‘lanishli o‘z-o‘zidan tebranuvchi multivibrator sxemasini tadqiq qilish....	78
14-Laboratoriya ishi: Analog multipleksorning ishlashini tadqiq qilish	84
15-Laboratoriya ishi: Tanlovchi-saqlovchi va cho‘qqili detektorlar sxemalarini tadqiq qilish.....	90
Adabiyotlar ro‘yxati.....	96

ANALOG VA RAQAMLI SXEMOTEXNIKA

Laboratoriya ishlari

USLUBIY QO‘LLANMA

**Uljayev E.,
Ubaydullayev U.M.,
Narzullayev Sh.N.**

Muharrir: Sidikova K.A.