

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

MIKROXEMATEXNIKA

fanidan laboratoriya ishlariga

USLUBIY KO‘RSATMA

Toshkent - 2020

5310800–Elektronika va asbobsozlik (elektronika sanoatida) bakalavriat ta'lim yo'nalish bakalavr talabalari uchun “Mikroshematexnika” fanidan (1 - qism) laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma. Abduraxmanov B.A., Umarxodjayeva Z.N., Xamroqulov Sh.I. - Toshkent: ToshTU, 2020. 66 b.

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

I.Karimov nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashning qarori (2020 yil 24 iyundagi 10-sonli bayonnoma) bilan chop etilgan.

Taqrizchilar:

Yarmuxamedov A.A. – ToshDTU “Radiotexnik qurilmalar va tizimlar” kafedrası mudiri, dotsent, t.f.n.;

Axunov F.I. – TATU “Energiya ta'minlash tizimlari” kafedrası dotsenti, t.f.n.

KIRISH

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

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

Mazkur uslubiy ko'rsatma "Mikroshematexnika" fanining fan dasturi bo'yicha tuzilgan bo'lib, fanning birinchi qismiga oid bo'lgan laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish bo'yicha ko'rsatmalar berilgan.

Uslubiy ko'rsatmada 9 ta laboratoriya mashg'ulotlari keltirilgan bo'lib, talabalar bipolyar tranzistor va maydonli tranzistorda tayyorlangan kuchaytirgichlarning ishlash tamoyilini, operatsion kuchaytirgich asosidagi kuchaytirgich, integrator, komparator sxemalarining ishlash tamoyilini va impuls signallarini hosil qilishda qo'llaniladigan multivibrator sxemalarining ishlash tamoyilini o'rganiladi.

1- LABORATORIYA ISHI.

BIPOLYAR TRANZISTOR ASOSIDAGI BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHNING XARAKTERISTIKALARINI TEKSHIRISH

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

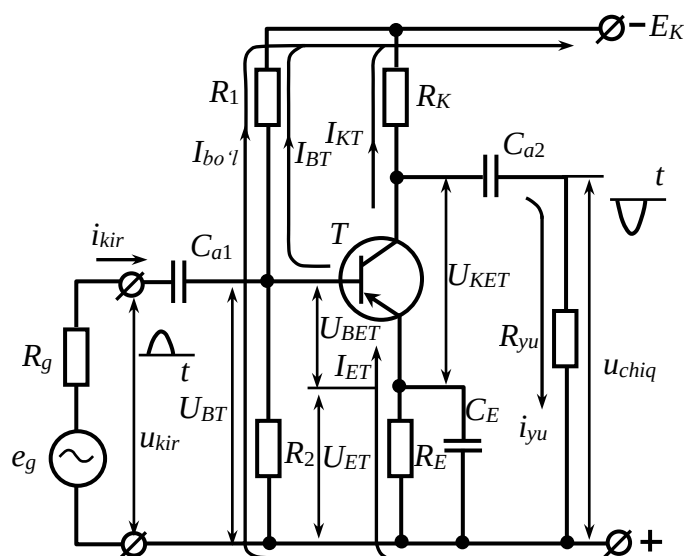
Nazariy ma'lumotlar

Kuchaytirgich kaskadining sxemasi 1.1 – rasmda keltirilgan. Sxemaning asosiy E_k elementlari ta'minot manbai, boshqaruvchi element - T tranzistor va R_k rezistor hisoblanadi. Mazkur elementlar kuchaytirish kaskadining asosiy zanjirini tashkil qilishadi. Kaskadning qolgan elementlari yordamchi vazifani bajaradi. C_{a1} , C_{a2} kondensatorlar ajratuvchi hisoblanadi. Kondensator C_{a1} o'zgarmas tok bo'yicha kaskadning kirish zanjirini kirish signali manbai zanjiri bilan parallel ulanishining oldini oladi, bu esa birinchidan o'zgarmas tokning $E_k-R_1-R_g$ zanjir bo'yicha kirish signali manbai orqali oqib o'tishini bartaraf etadi, ikkinchidan, tinch holat rejimida U_{bt} bazadagi kuchlanishni e_g kuchlanish manbaining R_g ichki qarshiligiga bog'liq bo'lmashligini ta'minlaydi. C_{a2} kondensatorning vasifasi yuklama zanjiriga chiqish kuchlanishining o'zgaruvchan tashkil etuvchilarini o'tkazib, o'zgarmas tashkil etuvchilarini ushlab qolishdan iborat.

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

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

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



1.1– rasm. UE kuchytirish kaskadining sxemasi

Kaskadning o'zgaras tok bo'yicha tahlili, grafik qurishdan va hisobiy nisbatlardan foydalanishga asoslangan graf-analitik usul bilan amalga oshiriladi. Grafik qurish tranzistorning chiqish (kollektor) tavsiflari yordamida amalga oshiriladi (1.2, a–rasm). Usulning qulayligi shundan iboratki, kaskadni tinchlanish holati rejimi parametrlarining (U_{ket} va I_{kt}) kaskadni hisoblashda boshlangich deb qabul qilingan o'zgaruvchan tashkil etuvchilari amplitudalari bilan (chiqish kuchlanishi U_{chiqm} va I_{km} toki) bog'likligi yaqqol ko'rinadi va topiladi.

Chiqish tavsiflarida (1.2, a–rasm) o'zgaras tok bo'yicha yuklama chizig'i (a-b) o'tkaziladi. U kaskadning tinchlanish nuqtasi ega bo'lishi mumkin bo'lgan qiymatlariga mos keluvchi U_{ke} va I_k koordinatalarning geometrik joyidir. $U_{ket} = f(I_{kt})$ analitik bog'liqlik kaskadning chiqish zanjirida kuchlanishlar muvozanatini ifodalovchi quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$U_{ket} = E_k - I_{kt} R_k - I_{et} R_e = E_k - I_{kt} R_k - \frac{I_{kt}}{\alpha} R_e. \quad (1.1)$$

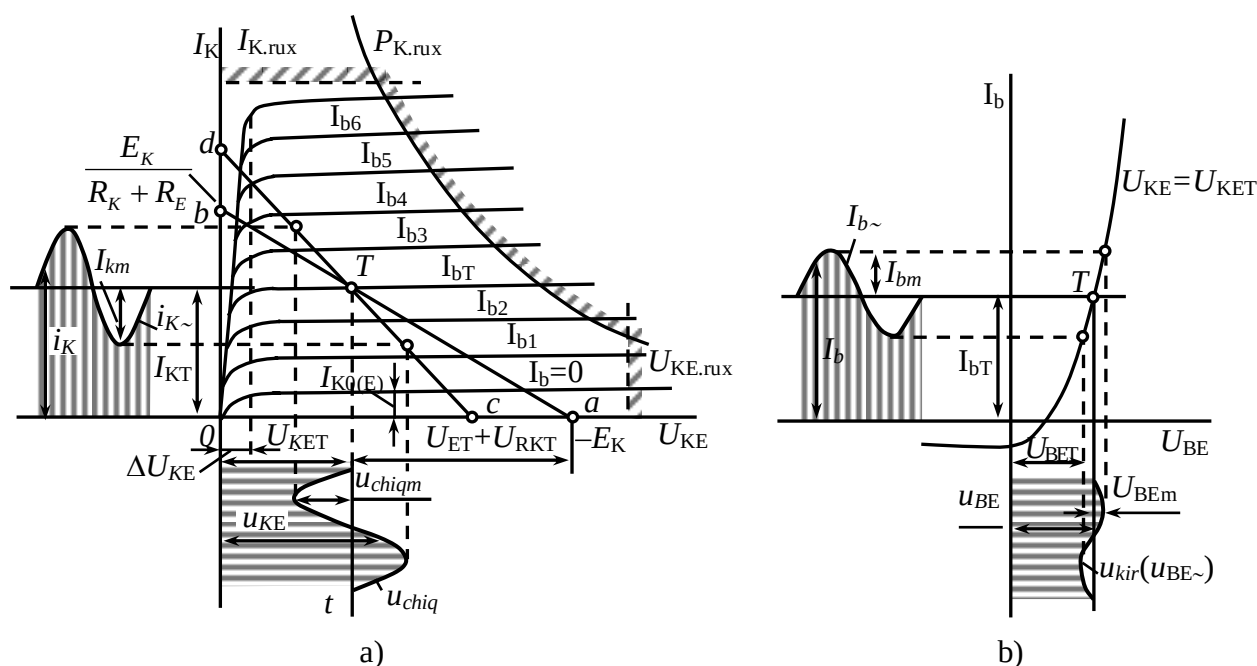
α birga yaqin bo'lganligi uchun quyidagini yozishimiz mumkin:

$$U_{ket} = E_k - I_{kt} (R_k + R_e) \quad (1.2)$$

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

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

Kirish (baza) tavsifi $I_b = f(U_{be})$ bo'yicha tinchlanish baza tokining I_{bt} kerakli qiymatini tanlab, chiqish tavsifida $I_b = I_{bt}$ tokka mos keluvchi kaskadning o'zgarmas tok bo'yicha yuklama chizig'i bilan kesishgan *T* nuqtasining (tinchlanish nuqtasi) koordinatasini aniqlaymiz (1.2, a–rasm).



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

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

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

Kirish signali mavjud bo'lganda tranzistor kuchlanishi va toki o'zgaras va o'zgaruvchan tashkil qiluvchilarning yig'indisi bo'lganligi uchun o'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i T nuqta orqali o'tadi (1.2, a – rasm). O'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'ining og'ishi o'zgaras tok bo'yicha qaraganda katta bo'ladi. O'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i kuchlanishni tokga nisbatan o'zgarishi bo'yicha quriladi: $\Delta U_{ke} / \Delta I_k = R_k \parallel R_{yu}$.

Kaskad kirishiga u_{kir} kuchlanish berilganda tranzistorning baza zanjirida tranzistorning kirish tavsifidagi u_{kir} kuchlanish bilan bog'langan $i_{b\sim}$ tokning o'zgaruvchan tashkil qiluvchisi hosil bo'ladi (1.2, b – rasm). Kollektor toki β koeffitsiyent orqali baza tokiga proporsional bog'liq bo'lganligi uchun tranzistorning kollektor zanjirida $i_{k\sim}$ tokning o'zgaruvchan tashkil qiluvchisi hamda o'zgaruvchan tok bo'yicha yuklama chizig'i toki $i_{k\sim}$ bilan bog'langan o'zgaruvchan chiqish kuchlanishi u_{chiq} hosil bo'ladi.

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

Tajriba stendining tuzilishi

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

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

tranzistorning har xil ulanish sxemasiga (1-UE, 2-UK, 3-UB) ega bo'lgan panelni mahkamlash vazifasini bajaradi. S2 uzib ulagich yuklamani kaskadga ajratuvchi C3 va C4 kondensatorlarning biri orqali ulaydi. Yuklamaning qarshiligi stendning «Выход» qismidagi R_H potensiometri bilan o'zgartiriladi. Chiqish signalini o'lchash uchun 11 va 12 uyachalariga voltmetr ulanadi. $R_{Д1}$ va $R_{Д2}$ dastaklar yordamida kuchlanish bo'luvchisining yelkalarini va R_K potensiometr dastagi orqali kollektor zanjiri qarshiligini o'zgartirgan holda tranzistorning kerakli sokin (tinchlik) holati ta'minlanadi. S3 uzib ulagich baza kuchlanishining siljishini fiksatsiyalangan baza toki yordamida ta'minlash uchun xizmat qiladi. R_E qarshiligi sokinlik rejimini turg'unlashtirishga xizmat qiladi. S4 uzib ulagich o'zgaruvchi tok bo'yicha R_E qarshiligini shuntlovchi kondensator sig'imini o'zgartiradi. O'zgarmas tok manbaidan ta'minot S5 uzib ulagich bilan beriladi (bipolyar tranzistorlar uchun E_K holat) va kuchlanish qiymati E_K potensiometrning dastagi bilan o'rnatiladi. E_K kuchlanish qiymati voltmetrda qayd etiladi. Kuchaytirgich sxemasining kerakli

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

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

Ishni bajarish

UE kaskadi uchun:

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

UK kaskadi uchun:

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

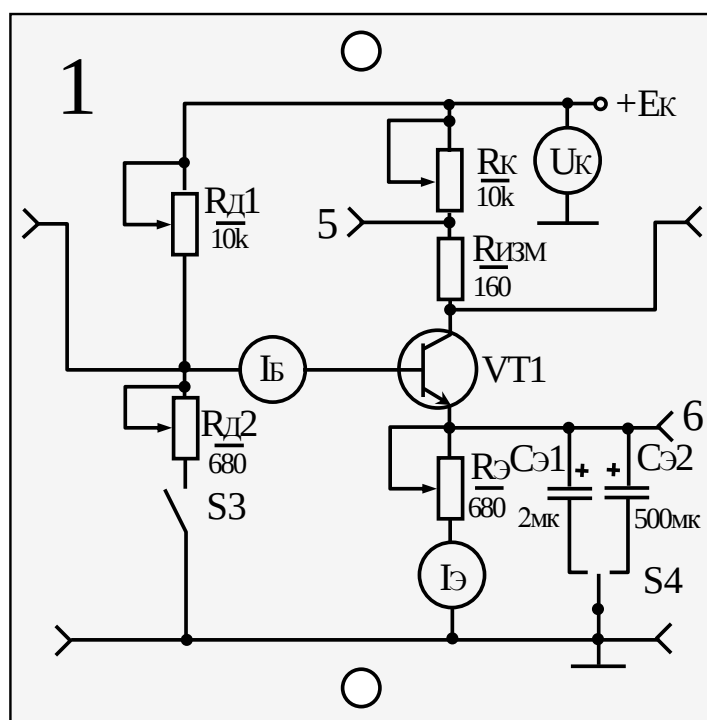
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

UE kaskadi uchun:

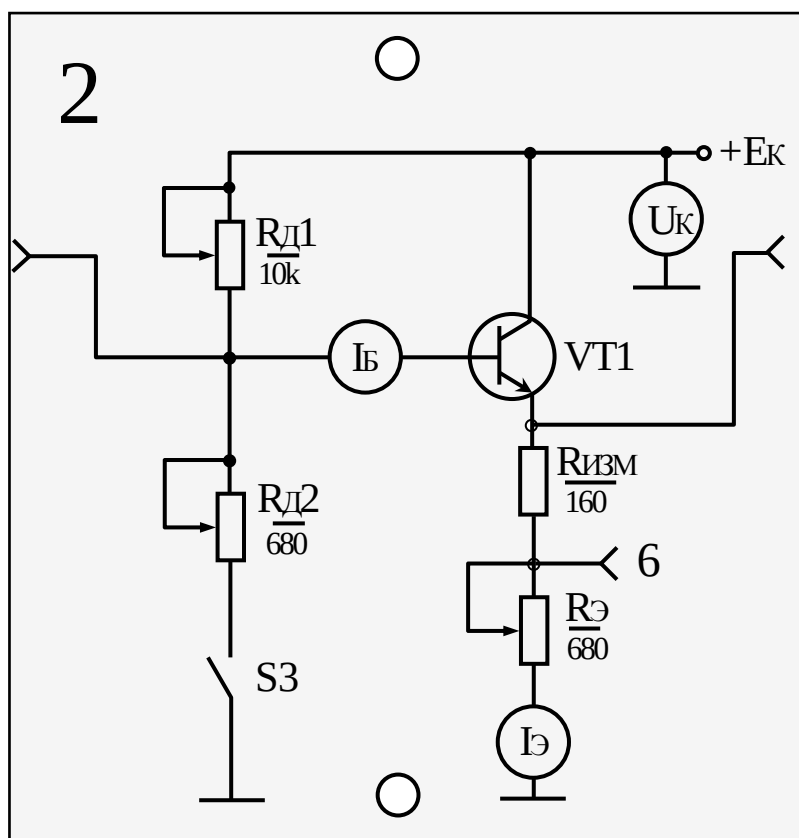
1. Stendga UE sxemali №1 paneli o'rnatilsin (1.5 – rasm) va boltlar bilan

mahkamlansin.

2. Generator bloki kuchaytirgich kirishga ulansin, buning uchun kabel yordamida (1:1) kontakt uyacha (1) uyacha bilan ulansin.
3. V7-26 turdagi voltmetr kabeli (1:10) va "±" uyachalarga (kuchaytirgich kirishi) ulansin.
4. V7-26 turdagi voltmetr kabeli 11 va 12 uyachalarga (kuchaytirgich chiqishi) ulansin.
5. Ossillograf 10 va yerlashtirish uyachalariga ulansin.
6. Stend ta'minoti V1 ("сеть") ulagich yordamida ulansin.
7. S3 yordamida $R_{Д2}$ ulansin. $R_{Д1}$ va $R_{Д2}$ qarshiliklar bilan kirish signalining o'zgarishi mumkin bo'lgan diapazonida buzilmagan chiqish signali rejimi o'rnatilsin. Kuchaytirgichning amplituda tavsifi $U_{chiq} = f(U_{kir})$ olinsin va qurilsin. Tavsifning chiziqli qismi uchun K_U aniqlansin (R_{yu} , R_K , C_E qiymatlari o'qituvchi tomonidan beriladi).
8. Sxema elementlari parametrlarining o'sha qiymatlarida, biroq R_{yu} qarshiligining boshqa qiymatlari uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.



1.5 – rasm. UE kuchaytirgich sxemali panel



1.6 – rasm. UK kuchaytirgich sxemali panel

UK kaskadi uchun:

1. Stendga UK sxemali №2 paneli (1.6 – rasm) oʻrnatilsin va boltlar bilan mahkamlansin.
2. Generator bloki kuchaytirgich kirishga ulansin, buning uchun kabel yordamida (1:1) kontakt uyacha (1) uyacha bilan ulansin.
3. V7-26 turdagi voltmeter kabeli (1:10) va "±"uyachalarga (kuchaytirgich kirishi) ulansin.
4. V7-26 turdagi voltmeter kabeli 11 va 12 uyachalarga (kuchaytirgich chiqishi) ulansin.
5. Ossillograf 10 va yerlashtirish uyachalariga ulansin.
6. Stend taʼminoti V1 ("сеть") ulagich yordamida ulansin.
7. S3 yordamida RД2 ulansin. RД1 va RД2 qarshiliklar bilan kirish signalining oʻzgarishi mumkin boʻlgan diapazonida buzilmagan chiqish signali rejimi oʻrnatilsin. Kuchaytirgichning amplituda tavsifi $U_{\text{chiq}} = f(U_{\text{kir}})$ olinsin va qurilsin. Tavsifning chiziqli qismi uchun K_U aniqlansin (R_{yu} , R_E qiymatlari

o'qituvchi tomonidan beriladi).

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

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Tajriba ishining bayonnomasi.
2. Tekshirilayotgan kuchaytirgichlarning sxemalari.
3. AT grafigi va K_U ning grafik orqali olingan qiymatlari.
4. KT 808 A tranzistorning ma'lumotlari va tavsiflari.
5. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

Nazorat savollari

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

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

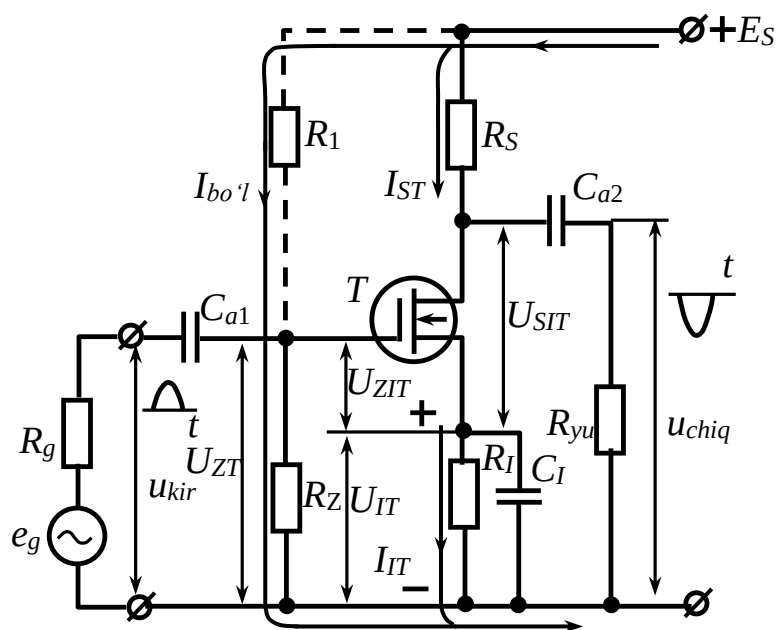
2- LABORATORIYA ISHI.

MAYDONLI TRANZISTOR ASOSIDAGI BIR KASKADLI KUCHAYTIRGICHNING XARAKTERISTIKALARINI TEKSHIRISH

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

Nazariy ma'lumotlar

UI kuchaytirish kaskadining sxemasi 2.1 – rasmda keltirilgan. Kaskad n -turdagi kanali mavjud bo'lgan MDYA – tranzistorda tayyorlangan. Mazkur tranzistor ham to'yinish rejimida, ham kambag'allashgan rejimda ishlaydi.



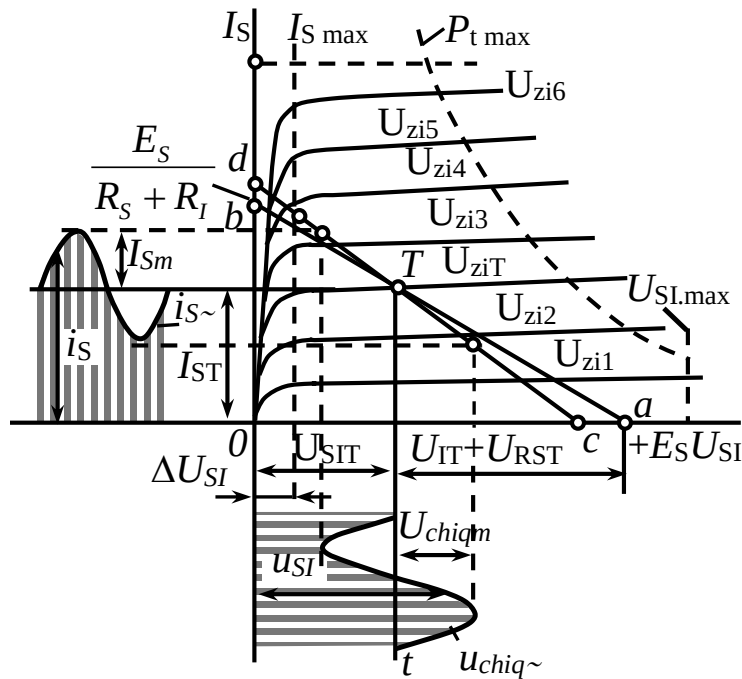
2.1–rasm. UI kuchaytirish kaskadining sxemasi

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

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

$$U_{si\ t} > U_{chiq\ m} + \Delta U_{si} , \quad (2.1)$$

$$I_{st} > I_{sm} . \quad (2.2)$$



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

Tinchlantirish T nuqtasi a va b nuqtalar orqali o‘tadigan o‘zgaruvchan tok bo‘yicha yuklama chizig‘iga joylashtiriladi (2.2–rasm). Nuqta a uchun $I_s=0$, $U_{si}=+E_s$; nuqta b uchun $U_{su}=0$, $I_s=E_s/(R_s+R_i)$. O‘zgaruvchan tok bo‘yicha yuklama chizig‘i $R_{yu} = R_s \parallel R_{yu}$ qarshilik bilan aniqlanadi. Ko‘p kaskadli kuchaytirgichlarda kaskad yuklamasi yuqori kirish R_{kir} qarshiligiga ega bo‘lgan keyingi kaskadning kirish zanjiri bo‘ladi. Bunday holatlarda o‘zgaruvchan tok bo‘yicha kaskad yuklamasi R_{kir} dan bir tartibga kichik qilib tanlanadigan R_s qarshiligi bilan aniqlanadi. Shu sababga ko‘ra dastlabki kuchaytirish kaskadlari uchun o‘zgaruvchan tok bo‘yicha yuklamasi chizig‘ining og‘masi ($c - d$ to‘g‘ri chiziq)

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

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

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

$$U_{sit} = E_s - I_{st}(R_s + R_i) \quad (2.3)$$

hamda tinchlantirish nuqtasiga mos keluvchi tranzistorning zatvor-istok U_{zit} kuchlanishi bilan aniqlanadi. U_{zit} kuchlanishi tinchlantirish nuqtasi T (2.2– rasm) orqali o'tuvchi stok tavsifining parametrini namoyon qiladi.

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

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

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

$$R_i = U_{zit} / I_{st} \quad (2.4)$$

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

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

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

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

$$U_{zit} = U_{it} - U_{zt} = I_{st} R_i - E_s \frac{R_z}{R_z + R_1}, \quad (2.5)$$

$$R_1 = \frac{E_s R_z}{U_{it} - U_{zit}} - R_z. \quad (2.6)$$

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

$$E_s = U_{sit} + U_{it} + I_{st} R_s. \quad (2.7)$$

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

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

$$E_s = \frac{U_{st} + I_{st} R_s}{0,7 \div 0,9}. \quad (2.8)$$

Tajriba stendining tuzilishi

ЭС-4А toifali «Bir kaskadli kuchaytirgichlar» stendi quyidagilardan tashkil topgan (8–betdagi 1.4 – rasmga qara). Stendga ta’minot В1 ni ulash bilan uzatiladi. Stendning “**Генератор**” deb nomlangan qism tarkibiga 0,02-20 kGs chastota diapazonini uchta diapazon ostiga o‘tkazuvchi uzib ulagich В2, chastotani ohista o‘zgartiruvchi dastak П1, chiqish signali kuchlanishni zinasimon uzib ulaydigan uyachalar (1:1), (1:10), (1:100), signal kuchlanishini ohista o‘zgartiradigan “**Выход**” (П2) dastaklardan tashkil topgan sinusoidal signallar generatori kiradi.

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

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

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

Istok toki o‘lchash uchun zanjirga A3 milliampermetri kiritilgan. Qurilma kuchaytirish kaskadining ikkita sxemasidan tashkil topgan: umumiy istok (UI) sxemasi, umumiy stok (US) sxemasi. Sxemalarning har biri olinadigan va stendga tegishli sxemali panel yordamida o‘rnatiladi.

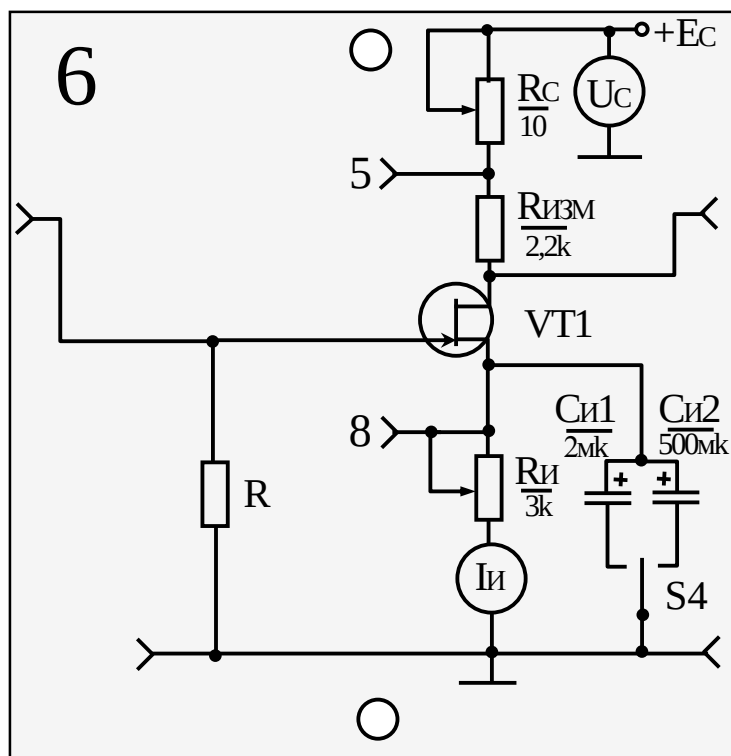
Ishni bajarish

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

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. Stendga UI sxemali №6 paneli (2.3 – rasm) o'rnatilsin va boltlar bilan mahkamlansin.
2. Generator bloki kuchaytirgich kirishga ulansin, buning uchun kabel yordamida (1:1) kontakt uyacha (1) uyacha bilan ulansin.
3. V7-26 turdagi voltmeter kabeli (1:10) va “±” uyachalarga (kuchaytirgich kirishi) ulansin.
4. V7-26 turdagi voltmeter kabeli 11 va 12 uyachalarga (kuchaytirgich chiqishi) ulansin
5. Ossillograf 10 va yerlashtirish uyachalariga ulansin.
6. Stend ta'minoti V1 (“**сеть**”) ulagich yordamida ulansin.
7. B3 uzib ulagich Ec tomoniga o'rnatilsin
8. O'qituvchi topshirgan sxema elementlari qiymatlarini o'rnatilib, amplituda tavsifi olinsin va qurilsin. П2 dastak yordamida kirish signalining qiymatlari o'zgartirilib, chiqish signalining qiymatlari 6-8 nuqtalarda voltmeter ko'rsatkichi bo'yicha aniqlansin. Ossillograf yordamida chiqish signalini buzilishiga olib keluvchi kirish kuchlanishi aniqlansin va ossillogramma chizib olinsin. $U_{chiq}=f(U_{kir})$ grafigi chizilsin va K_U aniqlansin.
9. Sxema elementlari parametrlarining o'sha qiymatlarida, biroq R_{yu}

- qarshiligining boshqa qiymatlari uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.
10. Sxema elementlarning parametrlarining 8-banddagi qiymatlari uchun va R_g qarshiligining boshqa qiymati uchun amplituda tavsifi olinsin va qurilsin.
11. C_1 sig'iminin qiymati o'zgartirilib amplituda tavsifi olinsin va qurilsin



2.3 – rasm. UI kuchaytirgich sxemali panel

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

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

Nazorat savollari

1. Maydon tranzistor ulanishining qanday sxemalarini bilasiz?
2. Maydon tranzistorlarning qanday turlari mavjud?
3. Bir kaskadli kuchaytirgichning strukturasi qanday elementlardan tashkil

topgan?

4. p -kanalli tranzistorning elektrodleri qanday ishorali kuchlanish bilan ta'minlanadi?
5. Kuchaytirgichning kirishi va chiqishidagi ajratuvchi kondensatorlarning vazifasi nimadan iborat?
6. Maydon tranzistor asosidagi kuchaytirgich sxemasi elementlarining vazifasini tushuntiring.
7. UI kaskadning bipolyar tranzistor asosidagi UE kaskadidan farqi nima?
8. UI kaskadning almashtirish sxemasini tahlil qiling.
9. UI kaskadi asosan qanday sxemalarda qo'llanadilar?
10. Istok zanjiridagi R_1 qarshilikning vazifasi nimalardan iborat?

3- LABORATORIYA ISHI.

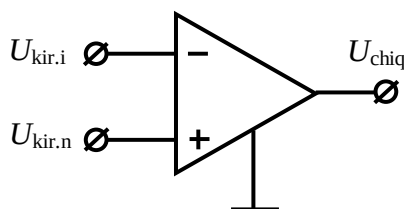
OPERATSION KUCHAYTIRGICH ASOSIDA YIG'ILGAN INVERTIRLAMAYDIGAN KUCHAYTIRGICH SXEMASINI O'RGANISH

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

Nazariy ma'lumotlar

Operatsion kuchaytirgich (OK) differensial kirish (ikkita kirish simi) va bitta umumiy chiqishga (bitta chiqish simi) ega bo'lgan katta kuchaytirish ko'effitsiyentli o'zgarmas tok kuchaytirgichiga kiradi. Kuchaytirgichning nomlanishi uning analog kattaliklar ustida turli amallarni (qo'shish, ayirish, integrallash va boshqalar) bajarishda qo'llanishi bilan bog'liqdir. 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 3.1 – 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.

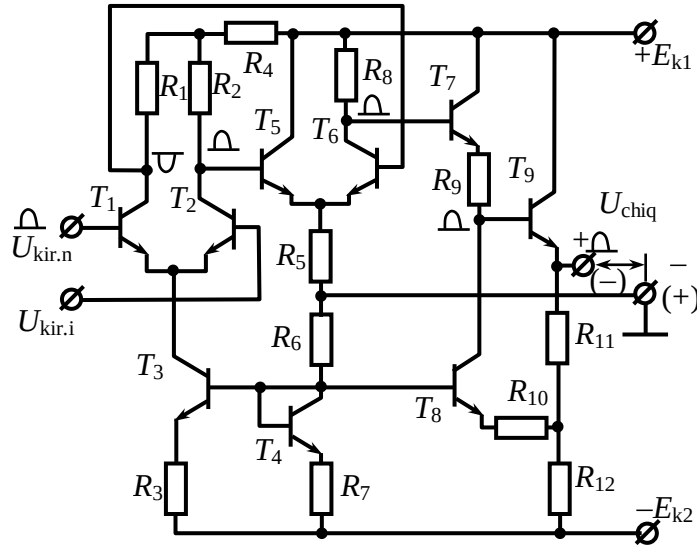


3.1 – rasm. Elektron sxemalarda OK belgilanishi

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

Ikki kaskadli OKda kirish signalini kuchaytirishda kirish differensial kaskadi va bitta qo‘shimcha kaskad ishtirok etsa, uch kaskadlida esa kirish differensial va ikkita qo‘shimcha kaskad ishtirok etadi. Uch kaskadli OKda kirish 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 uchkaskadli OKning prinsipial sxemasini 3.2–rasmda ko‘rsatilgan. Sxemasini ta‘minlash bir xil kuchlanishli ikkita $+E_{K1}$ va $-E_{K1}$ manbadan amalga oshiriladi. Ta‘minot manbasi umumiy nuqtasi: $|E_{K1}| = |E_{K2}| = E_K$.



3.2 – rasm. Operatsion kuchaytirgich prinsipial sxemasi

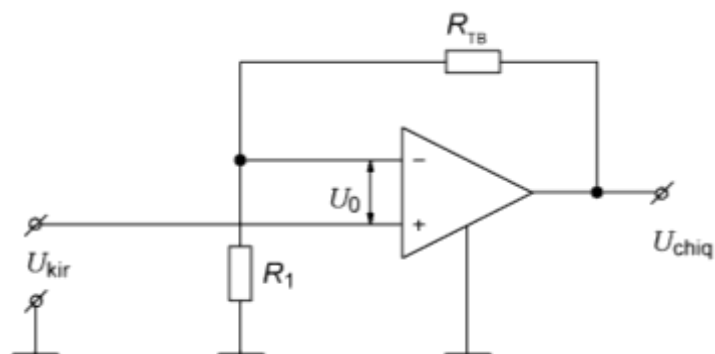
Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi. Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi 3.3 – rasmda keltirilgan. Uning uzatish koeffitsiyentini aniqlaymiz. a nuqta uchun toklar tenglamasini yozamiz: $I_1 + I_{kir\ OK} = I_2$. $R_{kir} \rightarrow \infty$, $I_{kir\ OK} = 0$ bo‘lganda $I_1 = I_2$. Qarshilik orqali oqib o‘tayotgan tokni qarshilik hamda mazkur qarshilikdagi kuchlanish tushuvi orqali ifodalangan holda quyidagini olamiz:

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

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

Boshqa tomondan $I_{kir\ OK} = 0$ bo‘lganligi uchun R_3 qarshiligi orqali tok oqib o‘tmaydi va undagi kuchlanish tushuvi bo‘lmaydi hamda $\varphi_a = U_{kir}$ bo‘ladi. Bu yerda $U_{kir} = U_{chiq} R_1 / (R_1 + R_2)$ yoki $U_{chiq} = U_{kir} (R_1 + R_2) / R_1$ ni olamiz. Qulay shaklda yozgan holda quyidagini olamiz: $U_{chiq} = U_{kir} (1 + R_2 / R_1)$, $K_U = 1 + R_2 / R_1$. Shunday qilib, 3.3 – rasmda keltirilgan sxema ($R_2 = 0$ dan tashqari barcha bog‘lanishlarda

R_2/R_1) noinvertirlovchi kuchaytirgich bo‘ladi. Barcha uzatish ko‘effitsiyentini qabul qilishi mumkin bo‘lgan invertirlovchi kuchaytirgichlarning farqli ravishda noinvertirlovchi kuchaytirgichda $K_U < 1$ ni ta‘minlab bo‘lmaydi.



3.3 – rasm. Noinvertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

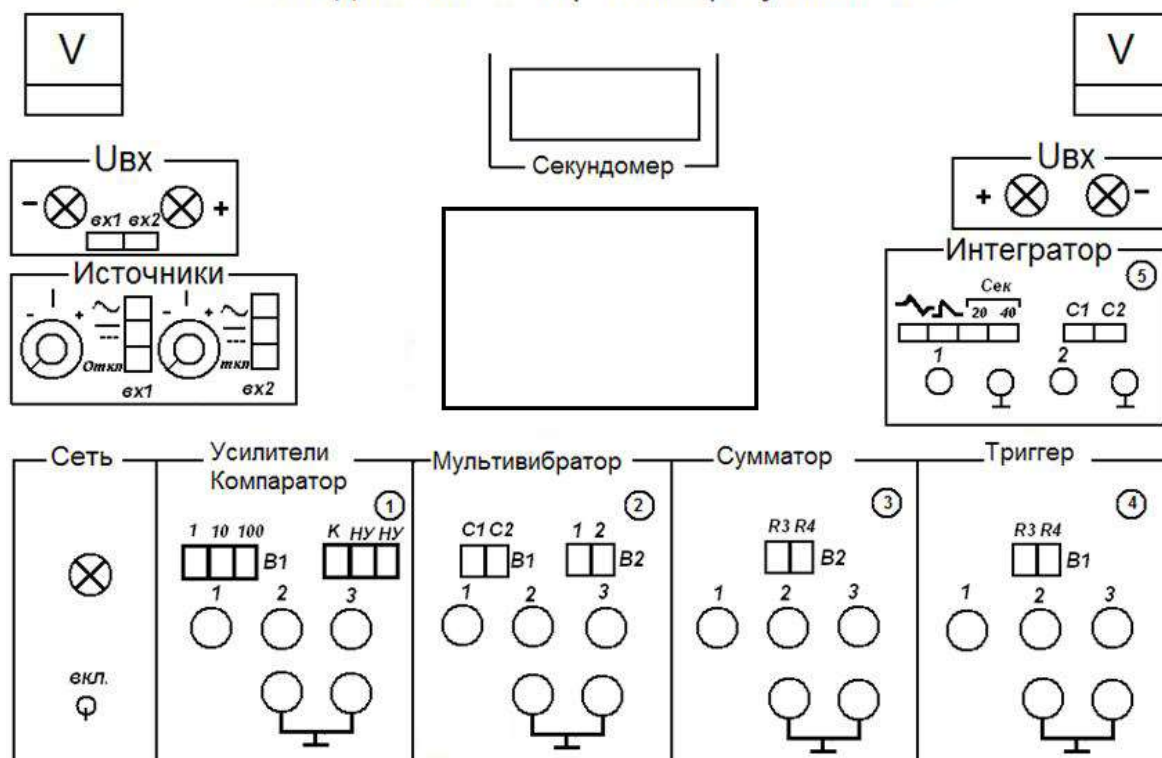
Tajriba qurilmasining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini, hamda uning qo‘llash sxemalarini o‘rganish mumkin (3.4 – rasm). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

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

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

ЭС-23 Исследование схем решающих усилителей



3.4 – rasm. Tajriba standining ko‘rinishi

Ishni bajarish

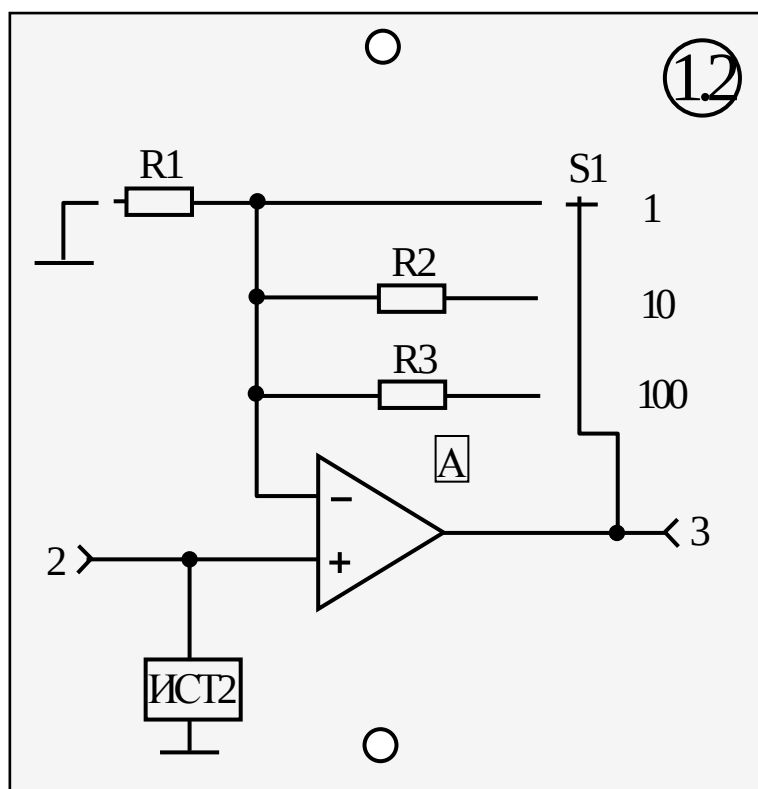
Operatsion kuchaytirgichni noinvertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish (plata 1.2)

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

Ishni bajarish bo‘yicha uslubiy ko‘rsatma

Operatsion kuchaytirgich noinvertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish

1. Plata 1.2 o‘rnatilsin (3.5 – rasm). "HY" tugmacha bosilsin. Uzatish koefitsiyentini o‘zgartirish uchun S1 tugmasidan foydalanilsin. Amplituda tavsifini olish uchun kirish signali “ист.2” dan beriladi, buning uchun ист.2” tugmacha bosiladi, voltmeter ист.2” tugmani bosish bilan ulanadi.
2. ACHT xuddi invertirlovchi kuchaytirgich uchun olingandek aniqlanadi.



3.5 – rasm. Noinvertirlovchi kuchaytirgichli panel

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topishi kerak:

1. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning uzatish koeffitsiyenti uchta qiymatga ega bo'lgan holda o'zgaras tok uchun amplituda tavsifi.
2. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning o'zgaruvchan tok uchun amplituda tavsifi.
3. Noinvertirlovchi kuchaytirgichning amplituda - chastota tavsifi.
4. Noinvertirlovchi kuchaytirgich uchun ham oldingi bandlardagi tavsiflar.
5. K553YД2 mikrosxema uchun ma'lumot qiymatlari.

Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgich nima va uning tarkibi qanday sxemalardan tashkil topgan?
2. Operatsion kuchaytirgichning asosiy parametrlarini va tavsiflarini keltiring.
3. Mazkur tajriba ishida operatsion kuchaytirgich asosidagi qayday sxemalar tekshiriladi?

4. OKga teskari bog'lanish kiritilganda hosil bo'lgan sxemaning uzatish koefitsiyenti 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.

4- LABORATORIYA ISHI.

OPERATSION KUCHAYTIRGICH ASOSIDA YIG'ILGAN INVERTIRLAYDIGAN KUCHAYTIRGICH SXEMASINI O'RGANISH

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

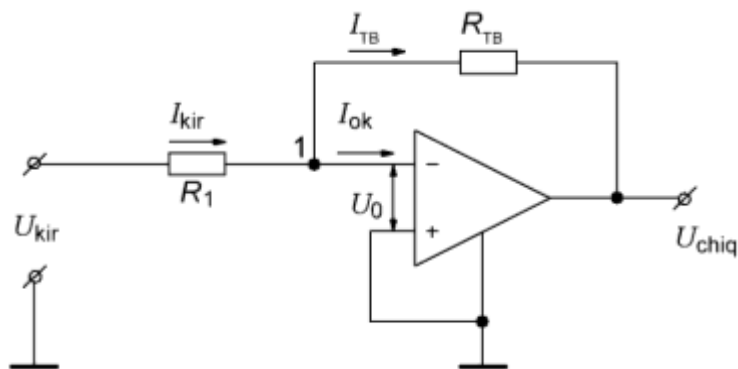
Nazariy ma'lumotlar

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

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

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

kirishi bilan qisqa tutashtirilganligi uchun U_a OK invertirlovchi kirishining potensialiga teng bo'ladi. 4.1 – rasimga muvofiq OKni invertirlovchi kirishi yer bilan qisqa bog'langanligi uchun operatsion kuchaytirgichning noinvertirlovchi va invertirlovchi kirishlari potentsiallari farqiga teng bo'lgan OK kirish signali U_{kirOK} , $U_{OK} \rightarrow \infty$ hamda U_{chiq} cheklangan qiymatlarida quyidagilarni tashkil qiladi: $U_{kirOK} = U_{chiqOK} / K_{OK} = U_{chiq} / \infty = 0$, u holda $\Delta U_1 = U_{kir}$, $\Delta U_2 = -U_{chiq}$, $\Delta U_{kir} / R_1 = -U_{chiq} / R_2$ bo'ladi. Oxirgi ifodaning uzatish koeffitsiyentini K_U aniqlash uchun quyidagini olamiz: $K_U = U_{chiq} / U_{kir} = -R_1 / R_2$. Shunday qilib, 4.1 – 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'zgarmas signal ulanganda ishorasini qarama qarshiga o'zgartirilishini, garmonik signal ulanganda esa faza bo'yicha 180° ($-1 = e^{j180}$) siljishini anglatadi. Shunday qilib signalning inversiyasi yuz beradi.



4.1 – 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 4.1 – 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 noxiziqli buzilishlarsiz kirish signalining o'tishini aniqlash mumkin.

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

Tajriba qurilmasining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini hamda uni qo'llash sxemalarini o'rganish mumkin (24–betdagi 3.4–rasmga qara). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

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

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

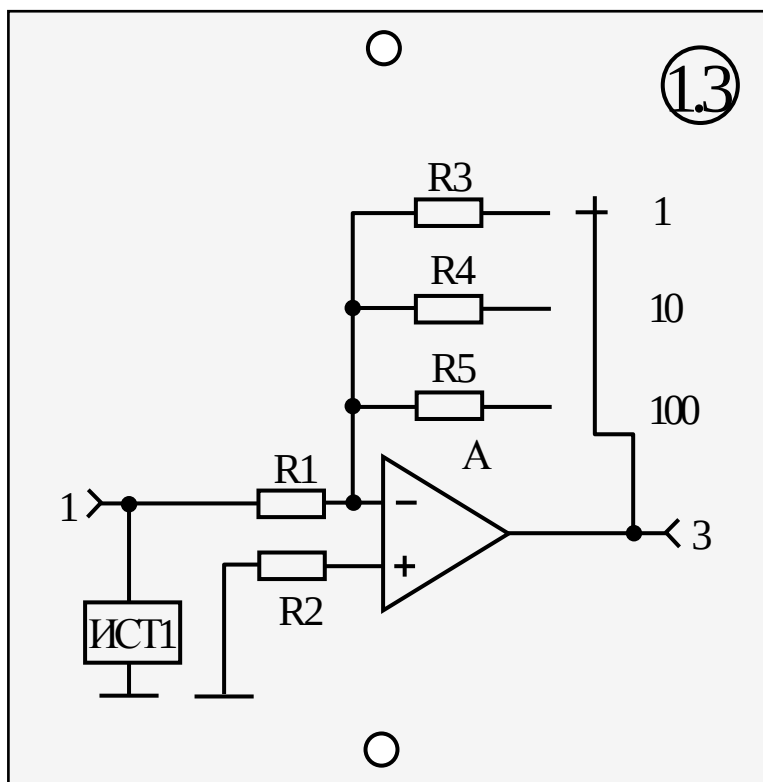
Ishni bajarish

Operatsion kuchaytirgichni invertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish (plata 1.3)

1. O'zgaras tokda va uzatish ko'effitsiyentining uch qiymati ($K=1, 10, 100$) uchun amplituda tavsifini oling.
2. O'zgaruvchan tokda va uzatish ko'effitsiyentining o'sha qiymatlari uchun

amplituda tavsifini oling.

3. Uzatish ko'effitsiyenti 1 va 10 ga teng bo'lganda amplituda-chastota tavsifini (ACHT) oling.
4. Operatsion kuchaytirgichning faza-chastotaviy tavsifini oling (uzatish ko'effitsiyenti 1).



4.2 – rasm. Invertirlovchi kuchaytirgichli panel

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatma

Operatsion kuchaytirgichni invertirlovchi kuchaytirgich rejimida tekshirish

1. Plata 1.3 o'rnatilsin (4.2 – rasm). Kuchaytirgich va komparatorning tekshirishga mos keluvchi stend qismida “ИУ” tugmacha bosilsin. Uzatish ko'effitsiyentini o'zgartirish uchun S1 (1, 10, 100) tugmachadan foydalaniladi. 1, 2, 3 uyachalar 1.3 plataning nuqtalariga mos keladi (1,2 - OK kirishlari, 3 - uning chiqishi).
2. Amplituda tavsifini olish uchun “ИСТ.1” dan kirish signali beriladi. Buning uchun “ИСТ.1” tugmacha bosiladi, voltmetr “ИСТ.1” tugmachani bosish yo'li bilan ulanadi. Chiqish kuchlanishi chiqish signallar voltmetrda kuzatiladi.

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

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topishi kerak:

1. Invertirlovchi kuchaytirgichning uzatish koeffitsiyenti uchta qiymatga ega 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 sxemasi.
5. K553YД2 mikrosxema uchun ma'lumot qiymatlari.

Nazorat savollari

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

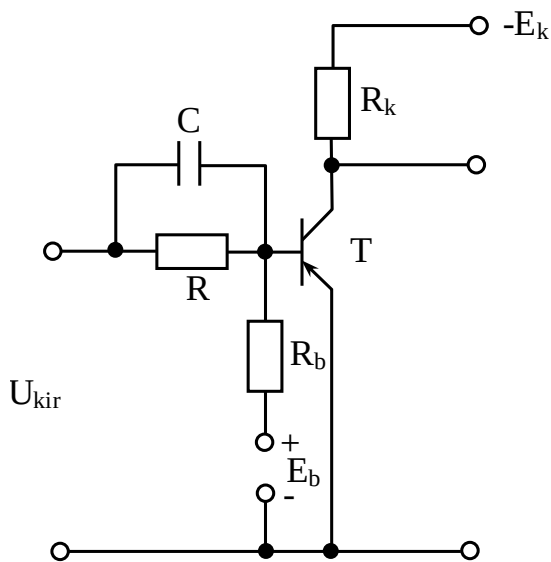
5– LABORATORIYA ISHI.

BIPOLYAR TRANZISTOR ASOSIDAGI KALIT SXEMASINI O‘RGANISH

Ishdan maqsad: Kalit elementining asosini tashkil qiluvchi bipolyar tranzistorning katta signal rejimini o‘rganish, ochiq va yopiq holatga uzib ulanish jarayonini tadqiq etish.

Nazariy ma’lumotlar

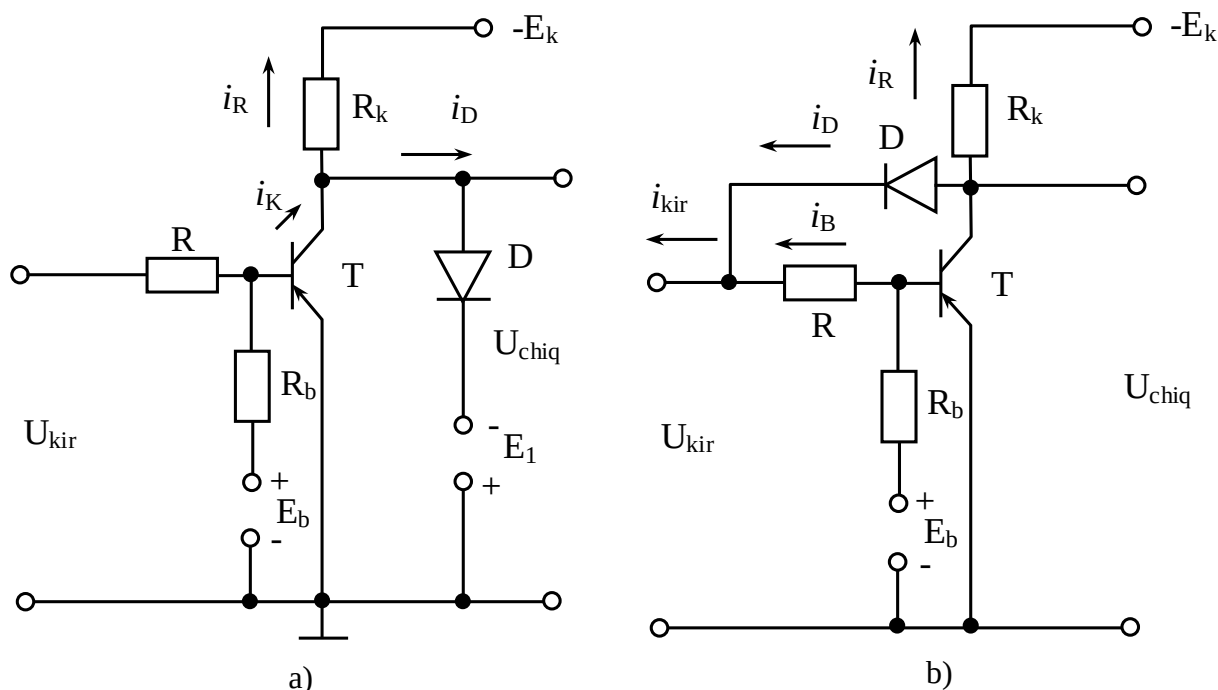
5.1 – rasmda ko‘p qo‘llaniladigan umumiy emitter sxemasi bo‘yicha ulangan kalit sxemasi keltirilgan. R qarshiligi to‘yinish rejimida I_b baza tokining o‘rnatilgan qiymatini cheklaydi. $U_{kir}=0$ bo‘lganida E_b manba tranzistorni ishonchli yopib turadi. Bu kuchlanish bo‘lmaganida tranzistor ochilib qolishi 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 vaqtini kamaytiradi, chunki E_b hisobiga uzuvchi tok ortadi va tranzistorning o‘tishlari orqali bazada to‘plangan zaryadlarni olib ketadi.



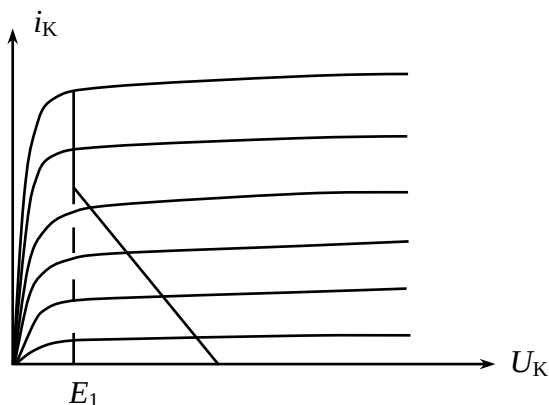
5.1 – rasm. Umumiy emitter sxemasi bo‘yicha ulangan kalit sxemasi

Kondensator C kalitni 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 stasionar holatida C kondensatordagi kuchlanish shunday qutbga egaki, keyingi qayta ulanish vaqti U_{kir} va U_C mos ravishda ulangan bo'ladi. Bu ham keyingi qayta ulash jarayonining tezlashishiga yordam beradi.



5.2 – rasm. Tranzistorni to'yinishi diod hisobiga bartaraf bo'luvchi sxema

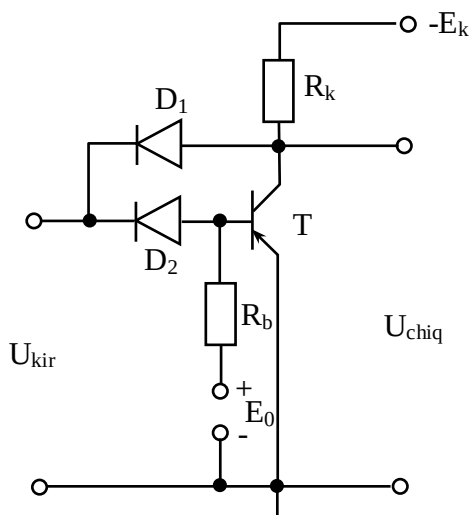


5.3 – rasm. Tranzistorning chiqish volt amper tavsifi

To'yinmagan kalitlar. 5.2, 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 $E_1 \approx U_k$, 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

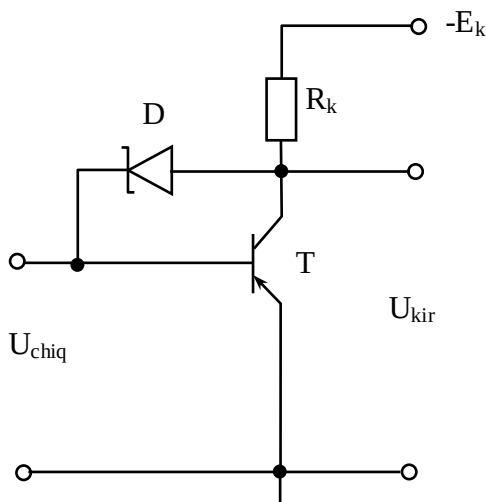
va xuddi shundek i_d tokning oshishi bilan kechadi (2, b– rasm). i_R toki deyarli o‘zgarmaydi.

Tranzistorga yopuvchi signal berilganidan keyin i_K toki (xuddi shunday i_D toki ham) kamaya boshlaydi. i_D toki nolga teng bo‘lmagunicha (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 nohiziqli teskari bog‘lanishli kalit 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 5.4– rasmda keltirilgan sxema xizmat qiladi. Bu yerda R rezistor o‘rniga D_2 diod ulangan.



5.4 – rasm. Tranzistorni to‘yinishidan saqlash sxemasi

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.



5.5 – rasm. Shottki diodi qo'llangan sxema

Shunday qilib, D_2 diod o'zgaras siljish manbai vazifasini bajaradi. Shottki diodi qo'llangan sxema ham kalit uzilishining kechikishini oldini oladi (5.5 – 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 chegarasida qoladi. So'rilish vaqti, demak uzilish kechikishi ham bo'lmaydi.

Tajriba stendining tuzilishi

ЭC-8A tajriba stendi multivibratorning turli sxemalarini o'rganishga mo'ljallangan. O'rganilayotgan multivibrator sxemasi stendning old qismiga maxsus boltlar yordamida mahkamlanadi (5.6 – rasm). Bu yerda quyidagilar joylashgan:

1. Stendni ta'minlash manbaiga ulaydigan tumbler (“сеть”).

-

4. «Генератор» deb nomlangan multivibrator sxemalarining boshqarish guruhi. Boshqarish impulslarining chastotasini 1, 2, 3, 4, 5 diapazonlarda sakrab va asta-sekin oʻzgartirilishi mumkin. Musbat «П» va manfiy «√» boshqarish impulslarining davomiyligi “Длительность” dastagi yordamida oʻzgartiriladi. Boshqarish impulslarining amplitudasi “Амплитуда” dastagi yordamida oʻzgartiriladi, bunda musbat «П» impulslar amplitudasi 0 dan 24 V gacha, manfiy impulslar amplitudasi 0 dan 12 V gacha oʻzgartirilishi mumkin.
5. Baza tokini I_B , kollektor kuchlanishini E_K va siljitish kuchlanishini oʻlchashga moʻljallangan oʻlchov asboblari.

6. O'rganilayotgan multivibratorlarning yuklamalari guruhi. **“Нагрузка”**
Uning tarkibiga V_2 qayta ulagich, yuklama ko'rinishini aniqlovchi ($R_{yu}C_{yu}$ yoki R_gC_g) V_3 qayta ulagich kirgan. V_4 qayta ulagich yordamida differensiallovchi zanjirning sig'imi tanlanadi. R_{yu} rezistori yordamida yuklama qarshiligi asta-sekin rostlanadi, R_g yordamida differensiallovchi zanjirning vaqt doimiyligi rostlanadi.
7. Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish uchun boshqarish guruhi xizmat qiladi. Uning tarkibiga o'zgaruvchan R_b , R_{sil} rezistorlari hamda S_b qayta ulagichi kiradi. Ular yordamida multivibrator chiqishidagi signallarning chastotasini o'zgartirish mumkin.
8. O'rganilayotgan sxemalardagi jarayonlarni ossillograf yordamida kuzatish uchun **“Контрольные точки”** deb nomlangan uyachalar xizmat qiladi.

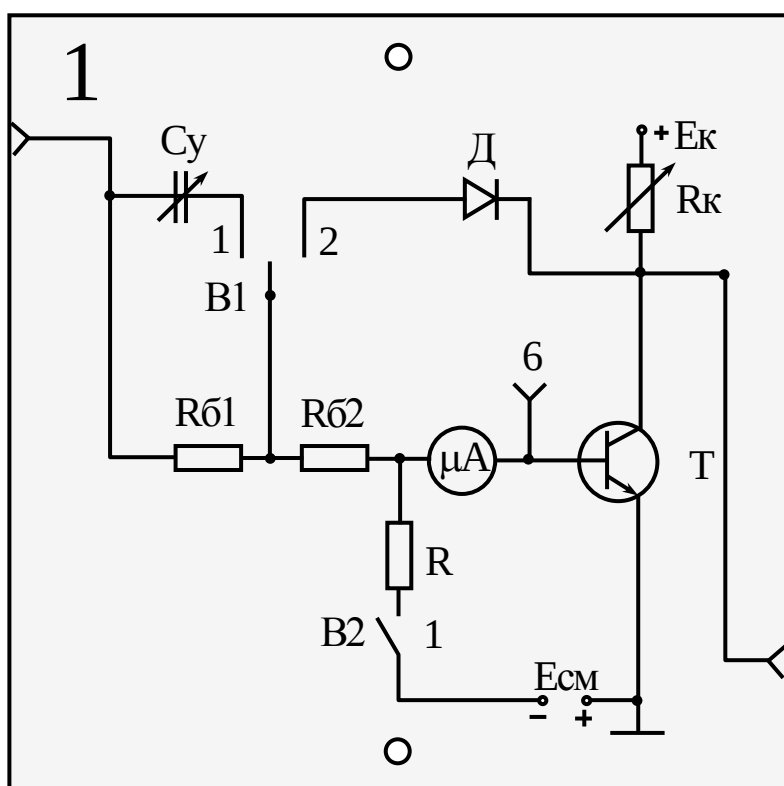
Ishni bajarish

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.

Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1. ЭС 8А turidagi laboratoriya stendining oldi paneliga 1 panelni (5.7 – rasm) bolt bilan mahkamlanadi.
2. Boshqarish qismlarini quyidagi holatga qo'yish kerak:
 - S_1 uzib ulagichni betaraf holatga;
 - S_2 tumblarni pastki holatga;
 - C_{tez} tumblarni istalgan holatga;
 - R_k dastakni chetki, chap tomonga.
3. Ulash simi bilan **ВЫХОД.ГЕН** uyachasini **КОНТРОЛЬНЫЕ ТОЧКИ** qismidagi 1 uyacha bilan ulash kerak.

4. Ossillograf yordamida generator chiqishida impulsning kerakli shakli, amplitudasi va chastotasi o'rnatilsin.
5. **BKJ** tumbleri bilan tarmoq manbasi ulanadi.
6. Kerakli kollektor kuchlanishi E_k dastagi bilan unga ulangan asbobni nazorat qilgan holda o'rnatiladi.
7. Kerakli siljish kuchlanishi E_{cm} dastagi bilan unga ulangan asbobni nazorat qilgan holda o'rnatiladi.
8. C_{tez} tumblerni ulagan holda kalitning ishlashiga tezlashtiruvchi sig'imning ta'sirini ko'rish.
9. R_k dastakni buragan holda kalitning ishlashiga kollektor yuklamasining ta'sirini ko'rish.
10. Tranzistorli kalitning kirish va chiqish signallarining ossillogrammasini olish.



5.7 – rasm. Tranzistorli kalit paneli

Hisobot tarkibi

Hisobotda o'tkazilgan tajriba natijalari, tadqiqot sxemasi, hisoblangan ma'lumotlar, tajriba ma'lumotlarining jadvali va grafiklari keltirilgan bo'lishi

kerak.

Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. O'lchashni o'tkazishning prinsipial sxemasi.
2. Kalitni uzib ulanish jarayonlarining ossillogrammalari.
3. Uzib ulanish bosqichlari davomiyliklarining hisoblangan natijalari.
4. Uzib ulanish vaqtining to'yinish darajasiga bog'liqligi.

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 – tushush 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?

6 - LABORATORIYA ISHI.

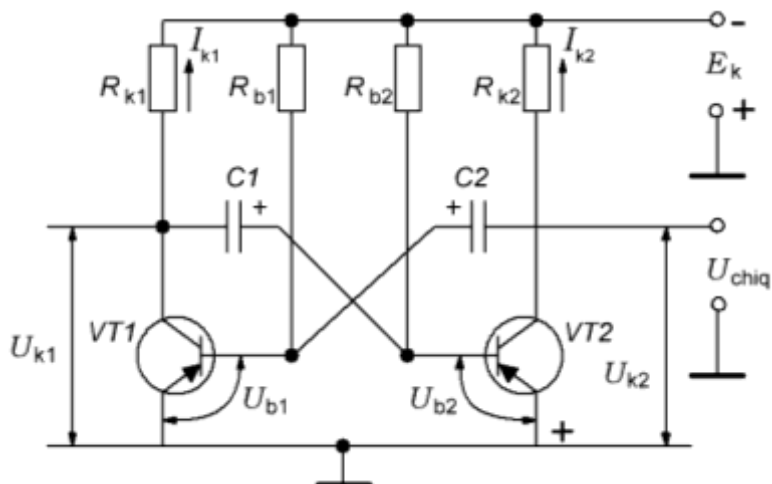
KOLLEKTOR – BAZA BOG'LANISHLI O'Z-O'ZIDAN TEBRANUVCHI MULTIVIBRATOR SXEMASINI O'RGANISH

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

Nazariy ma'lumotlar

Simmetrik avtotebranuvchi multivibratorning sxemasi 6.1 – rasmda keltirilgan. Multivibrator sxemasi ikki kaskadli qurilma bo'lib, birinchi kaskadning chiqishi CR_b zanjir orqali ikkinchi kaskad kirishi bilan bog'langan, ikkinchi kaskad

chikishi esa – xuddi shu tarzda birinchi kaskad kirishi bilan ulangan.



6.1– rasm. Simmetrik avtoteburanuvchi multivibrator sxemasi

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

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

Bunday holat turg‘un emas. Qandaydir sababga ko‘ra birdaniga I_{K1} toki kamaysin. Bunda R_{K1} qarshilikdagi kuchlanish tushuvi kamayadi va natijada kollektor potentsiali ($U_{k1} = -E_k + i_{k1} \cdot R_{k1}$) ΔU_{k1} qiymatga kamayadi. C_1 kondensatoridagi kuchlanish birdaniga o‘zgara olmaydi va birinchi onda kuchlanishning manfiy sakrashi ΔU_{k1} butunlay T_2 tranzistorning baza va emitter oralig‘iga qo‘yiladi va natijada I_{K2} toki ortadi. Shu sababli T_2 kollektori potentsiali ($U_{k2} = -E_k + i_{k2} \cdot R_{k2}$) ortadi. T_2 tranzistor kollektori kuchlanishning o‘zgarishi C_2 kondensator orqali T_1 tranzistorning kirishiga beriladi va uning kollektor tokini yanada kamayishiga olib keladi va hokazo. Tranzistor bazasidagi kuchlanishning har bir keyingi sakrashi oldingisidan katta bo‘lganligi uchun (tranzistorning kuchaytirish xususiyatlari hisobiga) bu jarayon ko‘chkisimon bo‘ladi va juda kichik vaqt o‘tganidan keyin T_1 tranzistor berk holatda bo‘lib qoladi. Shu ondan

musbat teskari bogʻlanish zanjiri uziladi va koʻchkisimon jarayon tugaydi. Sxema parametrlari shunday tanlanadiki, ochilgan T_2 tranzistor toʻyinish rejimida boʻladi. Faraz qilaylikki, ikkala tranzistor ochiq boʻlgan muvozanat holati qanchadir vaqt davom etadi va bu vaqt ichida ikkala kondensator bir xil qiymatgacha zaryadlanadi (har biri $+E_k$ - ochiq tranzistorning emitter oʻtishi - $C - R_k - (-E_k)$ zanjiri boʻyicha). Tez kechuvchi toʻntarilish vaqtida kondensatorlardagi kuchlanishlar deyarli oʻzgarishga ulgurmaydi.

Bu oʻzgarishlar koʻchkisimon jarayon tugaganidan keyin sezilarli boʻladi. Masalan, tranzistor T_1 uzilganidan keyin (U_{k1} kollektor potentsiali manfiyroq qiymatga ega boʻlganida), C_1 kondensatori T_2 ning emitter oʻtishi 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 $U_{k1} = -E_k C_2$ kondensatori toʻyingan T_2 tranzistorning kichik qarshiligi orqali T_1 ning baza - emitter oraligʻiga ulangan boʻlib qoladi va uni berk holatda ushlab turadi. T_1 berk boʻlganligi uchun C_2 kondensator zaryadlanishni davom ettira olmaydi: C_2 ni T_1 orqali $+E_k$ qisqich bilan bogʻlovchi zanjir uzilgan. Endi C_2 orqali tok boshqa zanjir boʻyicha oqadi: $+E_2$ - ochiq $T_2 - C_2 - R_{b1} - (-E_k)$, yaʼni oldingiga qarama - qarshi, C_2 kondensator $\tau_1 = C_2 R_{b1}$ vaqt doimiyligi bilan razryadlanadi. Bu jarayon uzilmagan boʻlganida edi, kondensator qayta zaryadlanib, undagi kuchlanish qutbini oʻzgartirib E_k ga yaqin qiymatga ega boʻlar edi. Ammo razryadlanish davomida C_2 kondensatordagi kuchlanish ($U_{c2} \approx U_{b1}$) nolga yaqin boʻlganda, T_1 tranzistor ochiladi. Shu ondan boshlab, sxemada yangi koʻchkisimon jarayon kechadi. Bu jarayon vaqtida I_{k1} ortadi, I_{k2} esa kamayadi. Jarayon T_2 berkilishi bilan tugaydi, yaʼni musbat teskari bogʻlanish zanjiri uziladi. Endi T_2 - berk, T_1 esa toʻyingan-yaʼni toʻntarilish sodir boʻladi. 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. Taʼrif etilgan jarayonlar qaytarilib turadi va multivibrator barqaror tebranishlarni generatsiyalaydi. Koʻrilgan sxemada boʻlib oʻtuvchi jarayonlarning vaqt diagrammasini koʻrib chiqamiz (6.2.-rasm):

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

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

To‘yingan tranzistor T_1 orqali T_2 ning kirishiga ulangan C_1 kondensatorning razryadlanishi natijasida U_{b2} kamayadi. $t=t_1$ vaqtida T_2 tranzistor ochiladi va sxemada ko‘chkisimon jarayon rivojlanadi. Bunda tranzistorlarning hamma elektrodlarining kuchlanishi sakrashsimon o‘zgaradi. T_2 tranzistor kollektorining potentsiali U_{k2} deyarli nolgacha o‘sadi. Bunga mos ravishda T_1 tranzistorning baza potentsiali o‘sadi va u berk holatga o‘tadi. Uzilgan T_1 tranzistorning kollektori potentsiali sakrashsimon ravishda manfiyroq bo‘ladi, xuddi shu qiymatga T_2 tranzistorining baza potentsiali U_{b2} kamayadi.

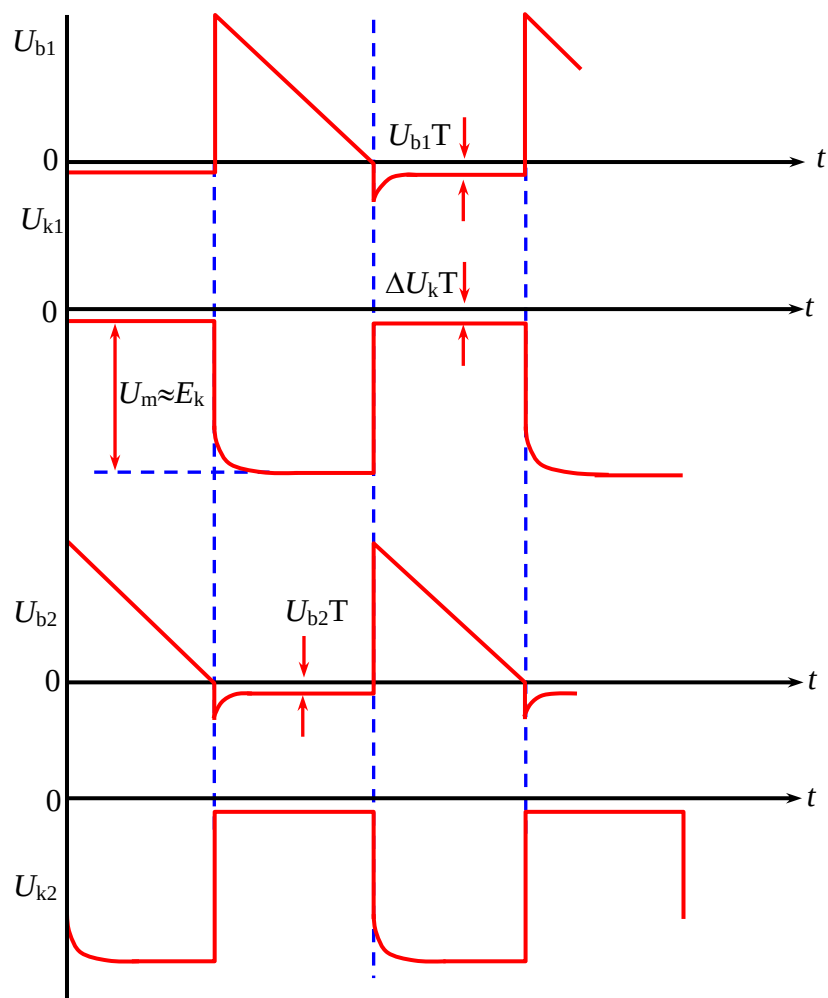
Sakrashlardan keyin sekin kechuvchi jarayonlar boshlanadi. Uzilgan tranzistor kollektor kuchlanishi maksimal qiymatga birdaniga erishmaydi, chunki R_{k1} rezistor orqali bir qancha vaqt ichida kamayuvchi C_1 kondensatorning razryad toki oqadi. To‘yingan T_2 tranzistor orqali C_2 kondensator razryadlanadi,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

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



6.2- rasm. Simmetrik avtotetbranuvchi multivibrator uchun vaqt diagrammalari

Tajriba standining tuzilishi

ЭС 8А таъриба стeндeи multivibratorning turli sxemalarini oʻrganishga moʻljallangan. Oʻrganilayotgan multivibrator sxemasi stendning old qismiga (35–betdagi 5.6–rasmga qara) maxsus boltlar yordamida mahkamlanadi. Bu yerda quyidagilar joylashgan:

1. Stendni taʼminlash manbaiga ulaydigan tumbler (“сеть”).
2. Taʼminlash manbai kuchlanishi E_k va tranzistorlar bazalaridagi siljitish kuchlanishi E_{sil} ni rostlashga moʻljallangan dastaklar.
3. Kirishdagi boshqarish impulsining davomiyligini rostlagichi. Bu impulslar differensiallovchi zanjir chiqishidan R_g rezistorlardan beriladi. Bu zanjir V_1 tumbler yordamida ulanadi.

4. «Генератор» deb nomlangan multivibrator sxemalarini boshqarish guruhi. Boshqarish impulslarining chastotasini 1, 2, 3, 4, 5 diapazonlarda sakrab va asta-sekin o'zgartirilishi mumkin. Musbat «П» va manfiy «√» boshqarish impulslarining davomiyligi “Длительность” dastagi yordamida o'zgartiriladi. Boshqarish impulslarining amplitudasi “Амплитуда” dastagi yordamida o'zgartiriladi, bunda musbat «П» impulslar amplitudasi 0 dan 24 V gacha, manfiy impulslar amplitudasi 0 dan 12 V gacha o'zgartirilishi mumkin.
5. Baza tokini I_B , kollektor kuchlanishini E_K va siljitish kuchlanishini o'lchashga mo'ljallangan o'lchov asboblari.
6. O'rganilayotgan multivibratorlarning yuklamalari guruhi. “Нагрузка” Uning tarkibiga V_2 qayta ulagich, yuklama ko'rinishini aniqlovchi ($R_{yu}C_{yu}$ yoki R_gC_g) V_3 qayta ulagich kirgan. V_4 qayta ulagich yordamida differensiallovchi zanjirning sig'imi tanlanadi. R_{yu} rezistori yordamida yuklama qarshiligi asta-sekin rostlanadi, R_g yordamida differensiallovchi zanjirning vaqt doimiyligi rostlanadi.
7. Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish uchun boshqarish guruhi xizmat qiladi. Uning tarkibiga o'zgaruvchan R_b , R_{sil} rezistorlari, hamda S_b qayta ulagichi kiradi. Ular yordamida multivibrator chiqishidagi signallarning chastotasini o'zgartirish mumkin.
8. O'rganilayotgan sxemalardagi jarayonlarni ossillograf yordamida kuzatish uchun “Контрольные точки” deb nomlangan uyachalar xizmat qiladi.

Ishni bajarish

Avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish

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

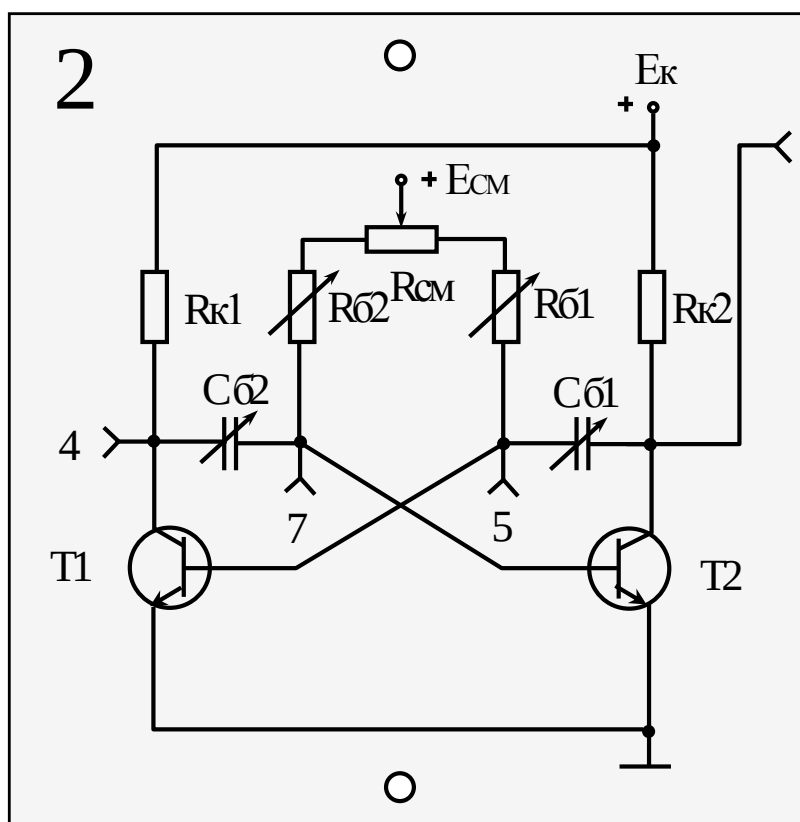
3. Chiqish impulsining aniqlangan davomiyligidan foydalanib, R_b qarshiligining qiymati aniqlansin.
4. 1, 2, 3 bandlardagi tajribalar $C_b=0,015$ mkf qiymat uchun takrorlansin.
5. R_b qarshiligining bitta qiymati va $C_b=0,15$ mkf uchun chiqish impulsining davomiyligi t_u siljitish kuchlanishi E_{sil}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

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

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

Korreksiyalovchi diodli avtotebranuvchi multivibrator sxemasini tekshirish

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



6.3 – rasm. Avtotebranuvchi multivibrator sxemasi

Ishni bajarish bo‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar

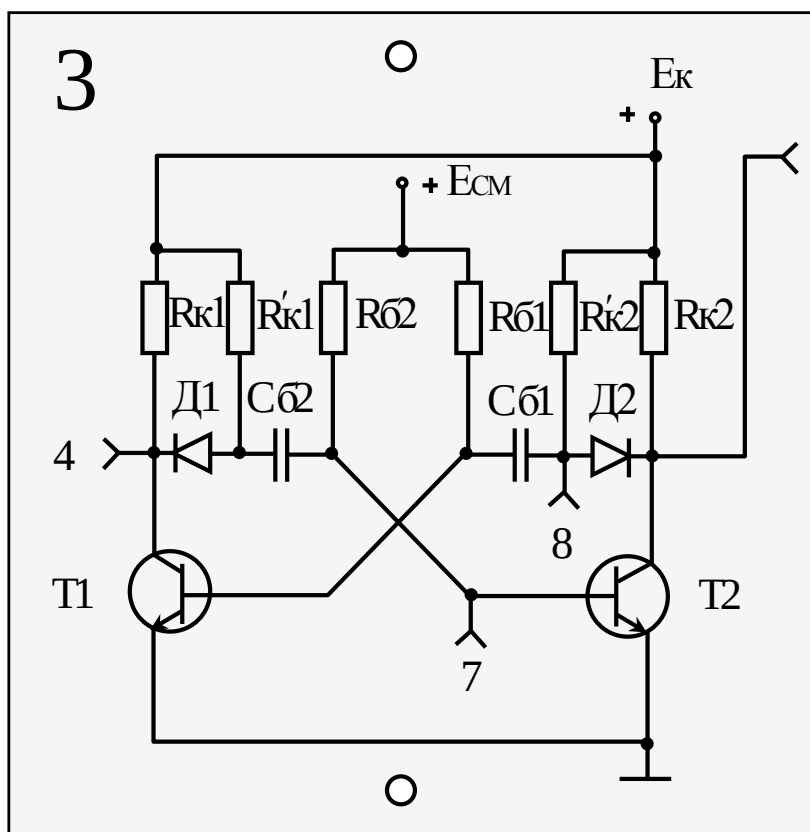
1 bandga plata 2 o‘rnatilsin (6.3 – rasm). V_2 qayta ulagich 1 holatda bo‘lsin.

R_{sil} qarshiligi oʻrta qiymatga oʻrnatilsin. $E_k=10$ V, $E_{sil}=5$ V qilib tanlansin. Multivibrator chiqishiga (10 va 13 – 17 uyachalar oraligʻiga) ossillograf ulansin.

2 bandga chiqish impulsini chastotasi $f=1/T$ bogʻlanish yordamida aniqlanadi.

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

4 bandga C_b qayta ulagich $C_b=0,015$ mkf holatiga oʻrnatiladi.



6.4 – rasm. Korreksiyalovchi diodli avtotrebranuvchi multivibrator paneli

5 bandga R_b qarshiligi ixtiyoriy holatda boʻladi. C_b qayta ulagich $C_b=0,15$ mkf holatiga oʻrnatiladi.

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

7 bandga plata 3 oʻrnatilsin (6.4 – rasm). Ossillograf 10-(13-17) yoki 4-(13-17) uyachalar oraligʻiga ulanadi.

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 korrektsiyalovchi diodli multivibratorlarning chiqishidagi signallarning ossillogrammalari

Nazorat savollari

1. Multivibrator nima?
2. Multivibratorning qanday turlarini bilasiz?
3. Tajriba ishida qanday sxemalar tekshiriladi?
4. Multivibrator chiqishidagi signallarning parametrlari nimalarga bog'liq bo'ladi?
5. Avtotebranuvchi multivibratorning ishlash tamoyilini tushuntiring.
6. C_{b1} va C_{b2} kondensatorlarning zaryadlanish va razryadlanish konturlarini ko'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. Korrektsiyalovchi diodli multivibrator sxemasi nima uchun ishlatiladi.

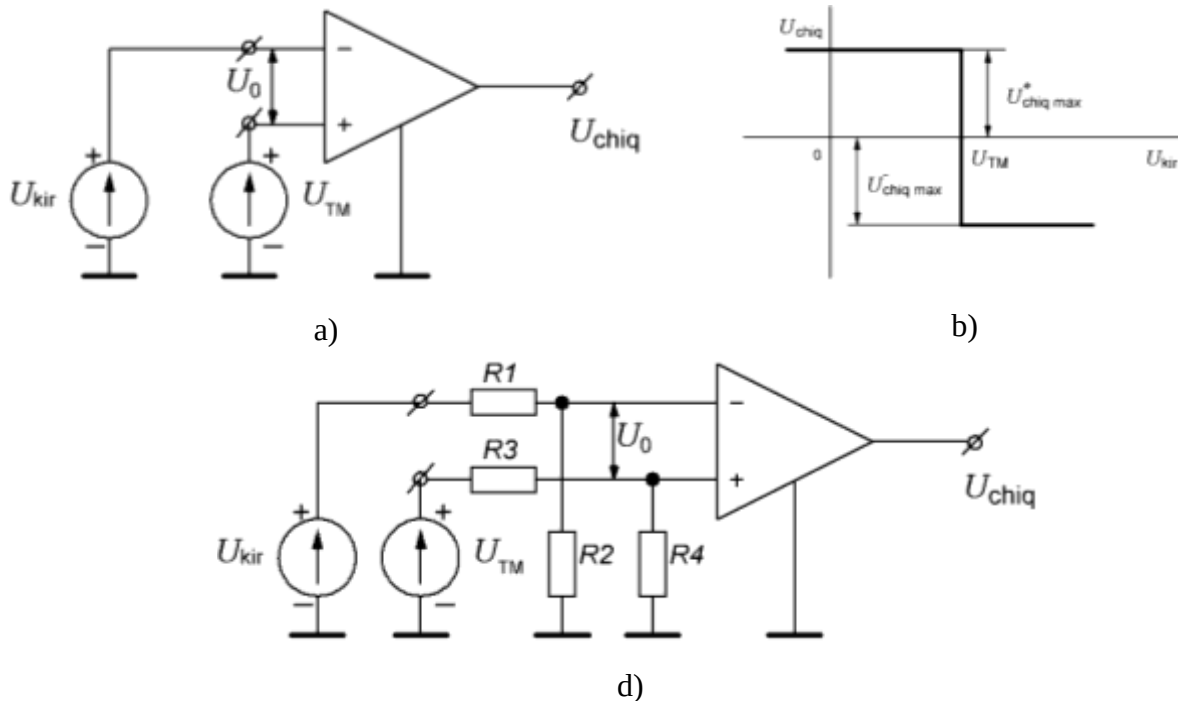
7 – LABORATORIYA ISHI.

OPERASION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI KOMPARATOR VA INTEGRATOR SXEMALARINI O'RGANISH

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

Nazariy ma'lumotlar

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



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

OK impuls rejimida ishlashiga misol qilib komparatorni keltirish mumkin. Komparator o'lchanayotgan kirish kuchlanishini (U_{kir}) tayanch kuchlanishi (U_{tayanch}) bilan taqqoslanishni amalga oshiradi. Tayanch kuchlanishi kattalik bo'yicha o'zgaraydigan 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. $U_{\text{tayanch}} = 0$ 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 $U_{kir} - U_{\text{tayanch}} = 0$ da amalga oshiriladi.

Operatsion kuchaytirgichdagi sodda komparator sxemasi 7.1 – rasmda keltirilgan. Uni OK kirishlariga o‘lchanayotgan va tayanch kuchlanishining simmetrik ulanishi tavsiflaydi. $U_{kir} - U_{tayanch}$ kuchlanishlar farqi OK kirish kuchlanishi bo‘ladi. U komparatorning uzatish tavsifini aniqlaydi. $U_{kir} < U_{tayanch}$ bo‘lganda U_0 kuchlanish noldan kichik bo‘ladi. Shu sababli $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ bo‘ladi (7,b – rasm). $U_{kir} > U_{tayanch}$ bo‘lganda U_0 kuchlanish noldan katta bo‘ladi va $U_{chiq} = U_{chiq\ max}^+$ bo‘ladi.

Chiqish kuchlanishining qutbi o‘zgarishi o‘lchanayotgan kirish kuchlanishini $U_{tayanch}$ orqali o‘tganda yuz beradi. OKning kuchaytirish koeffitsiyenti katta qiymatga ega bo‘lganligi sababli mazkur o‘zgarish $U_0 = U_{kir} - U_{tayanch} \approx 0$ da zinasimon ko‘rinishda bo‘ladi. 7.1 – 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.

7.1, 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 (7.1, 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

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

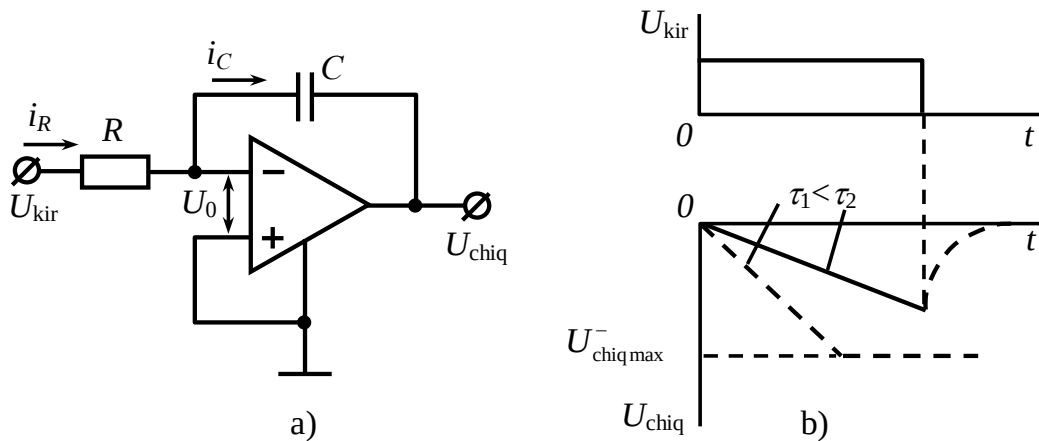
$$u_{chiq} = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_{kir} dt + U_{chiq0}, \quad (7.1)$$

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: $U_{chiq} = -\frac{1}{\tau} \int_0^1 u_{kir} dt$ (7.1), bu yerda $\tau = RC$ - integrallash doimiysi.

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



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

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 7.2, b – rasm yoritadi. 7.2, b – rasmda kirish signali kuchlanishning yakka o'zgarishi ko'rinishida ko'rsatilgan bo'lsa, integrallash doimiysi noto'g'ri tanlaganda integrator chiqishidagi kuchlanish uzlukli chiziqlar bilan ko'rsatilgan.

Integrator asosida chiziqli o'zgaruvchi kuchlanish generatori tayyorlanadi. Musbat qutbdagi kirish kuchlanish impulsi chiqqanda rasmdagi sxemasi asosida tayyorlangan generator chiqishida chiziqli o'suvchi manfiy qutbdagi kuchlanish impulsi bilan boshqarilganda musbat o'sib boruvchi kuchlanish paydo bo'ladi. Chiqish kuchlanishining nolgacha keyingi kamayishi (7.2, b – rasm uzlukli chiziq) kondensatorning $\tau = C(R + R_{chqOK})$ vaqt doimiysi bilan razryadlanish tomonidan boshqariladi.

Tajriba standining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini hamda uni qo'llash sxemalarini o'rganish mumkin (24–betdagi 3.4 – rasmga qara). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

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

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

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

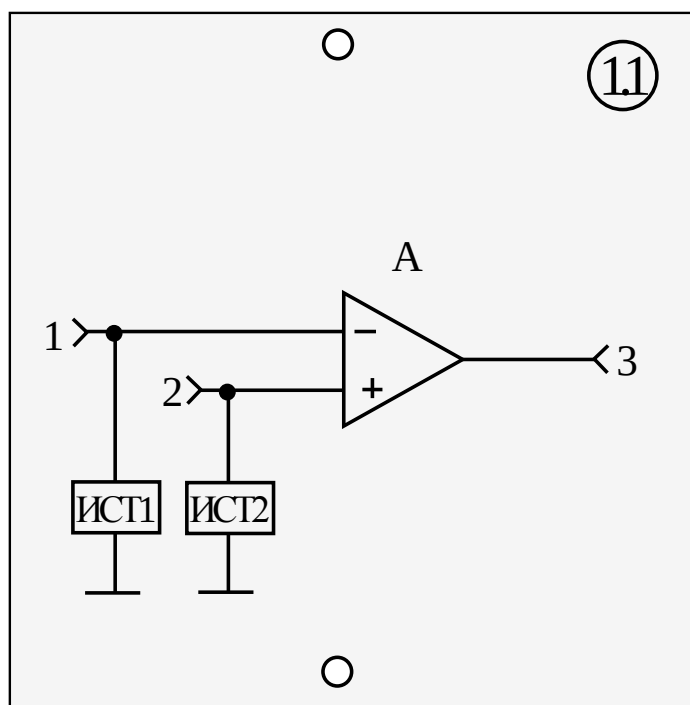
Ishni bajarish

Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparatorni o'rganish

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

Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni o'rganish.

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



7.3–rasm Operationsion kuchaytirgich asosidagi komparatorni o'rganish paneli

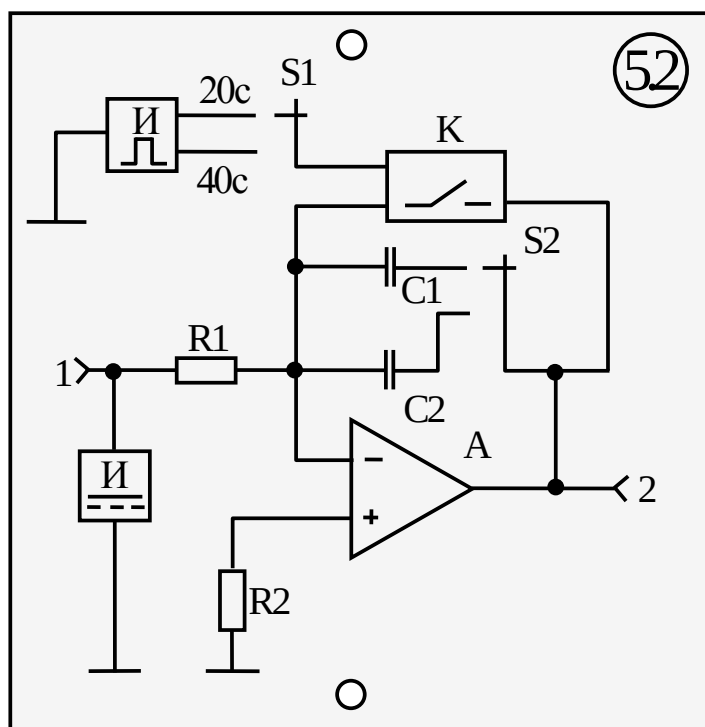
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1-bandga plata 1.1 o'rnatilsin (7.3 – rasm). Stend ta'minot manbaiga ulansin. Invertirlovchi kirish uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog'lanishni olish uchun U_{tam1} -3 V dan +3 V gacha va teskari yo'nalishda o'zgartiriladi. Bunda $U_{tam2}=0, -1, -2, +1, +2$ V = const

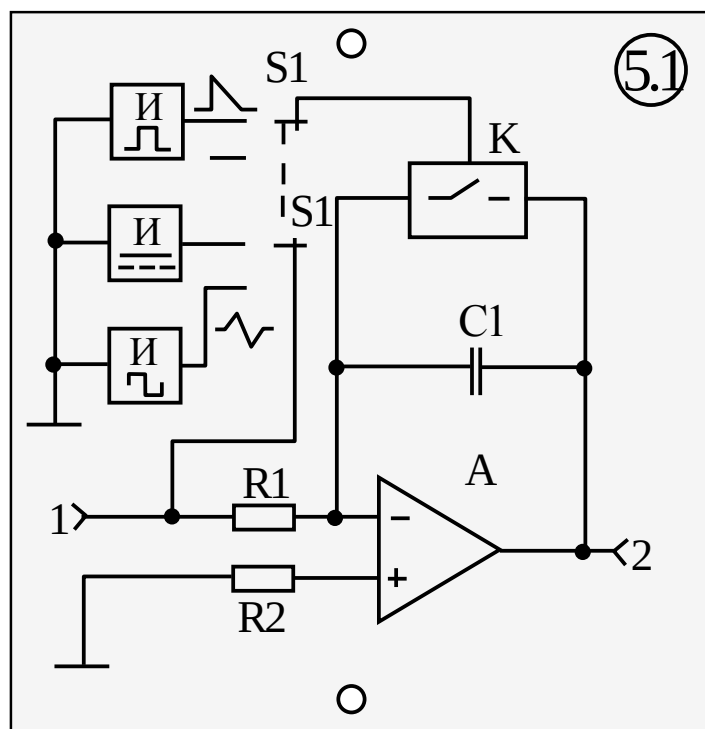
2-bandga noinvertirlovchi kirish uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ bog'lanishni olish uchun U_{tam2} -3 V dan +3 V gacha o'zgartiriladi. $U_{tam2}=0, -1, -2, +1, +2$ V = const

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

4-bandga plata 5.2 oʻrnatilsin (7.4 – rasm). $S_2 \Rightarrow C_1$ (20 sek.) tugma bosilsin. Sekundomer $S_1=20$ sekund tugma yordamida ulanadi. U_{chiq} chiqish voltmetri yordamida aniqlanadi, bir vaqtni oʻzida sekundomer orqali vaqt qayd etiladi. C_2 kondensatorni ulab xuddi shu bogʻlanish yana aniqlanadi.



7.4 – rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni oʻrganish paneli



7.5 –rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integratorni oʻrganish paneli

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

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

$$U_{kir}=0,82 \text{ V} \qquad C_1=20 \text{ mkF}$$

$$R=0,82 \text{ MOm} \qquad C_2=40 \text{ mkF}$$

7-bandga plata 5.1 o'rnatilsin (7.5 – rasm).

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

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo'lishi kerak:

1. Tekshirilayotgan komparator sxemasini o'z ichiga olgan tajriba ishining bayoni.
2. Komparatorning invertirlovchi va noinvertirlovchi kirishlari uchun $U_{chiq}=f(U_{kir})$ tavsiflari.
3. Sinusoidal kirish kuchlanishi uchun musbat va manfiy impulslar 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 impulslar ossillogrammalari.

Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator nima? Sxemasini chizib ko'rsating.
2. Komparatorning qo'llash sohalarini ko'rsating.
3. Operatsion kuchaytirgich asosidagi integrator nima? Sxemasini chizib ko'rsating.

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

8- LABORATORIYA ISHI.

OPERATION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI SHMITT TRIGGERINI O'RGANISH

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

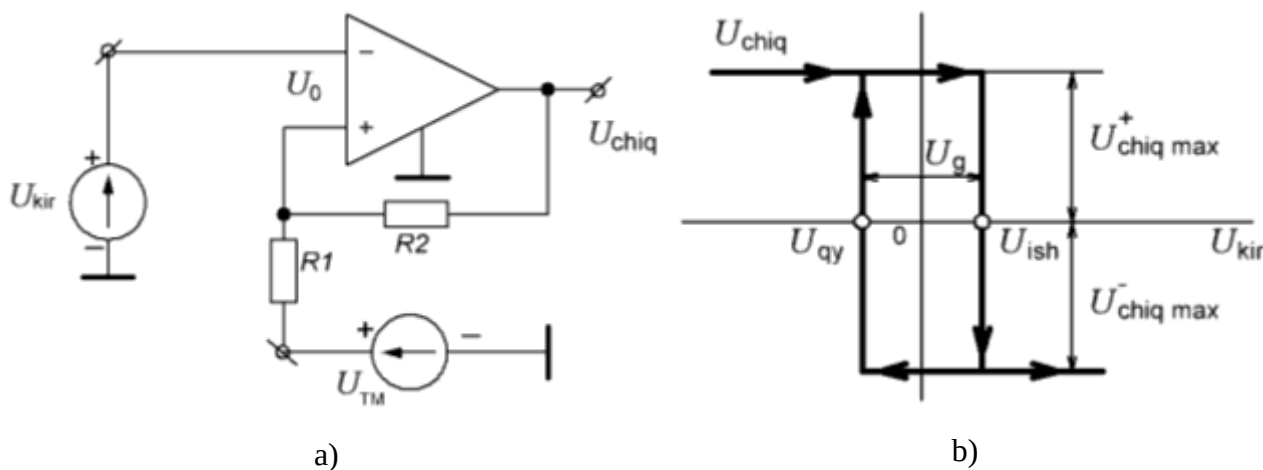
Nazariy ma'lumotlar

Amaliyotda OKning noinvertirlovchi kirishi bo'yicha R_1 , R_2 rezistorlar yordamida musbat teskari bog'lanish amalga oshirilgan komparator keng qo'llaniladi (8.1, a – rasm). Bunday komparatorlar gisterezisli uzatish tavsiriga ega bo'ladi (8.1, b – rasm). Mazkur sxema Shmitt triggeri yoki ostonaviy qurilma nomi bilan ma'lumdir.

Sxemaning $U_{\text{chiq max}}^-$ holatiga o'tishi U_{kir} (ostanoviy) kuchlanishining $U_{\text{o'rt}}$ ishlash kuchlanishiga yetganda yuz bersa, boshlang'ich holatga $U_{\text{chiq}} = U_{\text{chiq max}}^+$ qaytish esa U_{kir} kuchlanishini qo'yib yuborish $U_{\text{Q.YU}}$ kuchlanishigacha pasayganda

yuz beradi. Ostonaviy kuchlanishning qiymatini sxema bo'yicha $u_0=0$ ni qo'ygan holda topiladi. $U_{o'rt} = U_{tayanch} + \frac{U_{chiq\ max}^+ - U_{tayanch}}{R_1 + R_2} R_1$ $U_{q,yu} = U_{tayanch} - \frac{U_{chiq\ max}^- + U_{tayanch}}{R_1 + R_2} R_1$, bu yerdan gisterezis sohasining kengligini aniqlaymiz:

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



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

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

Tajriba stendining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichning tavsiflarini hamda uni qo‘llash sxemalarini o‘rganish mumkin (24–betdagi 3.4 – rasimga qara). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

- kirishdagi va chiqishdagi signallarni o‘lchashga mo‘ljallangan o‘zgarmas tok voltmترلari;
- chiqish signalining amplitudasini va ishorasini o‘zgartirish imkoniyati bo‘lgan ikkita signal manbai «ИСТ.1» va «ИСТ.2»;

- operatsion kuchaytirgichlarni qo'llash sxemalari tasvirlangan almashtiriladigan platalar;
- raqamli indikatsiyali sekundomer.

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

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

Ishni bajarish

Operatsion kuchaytirgichni trigger sxemasida o'rganish.

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

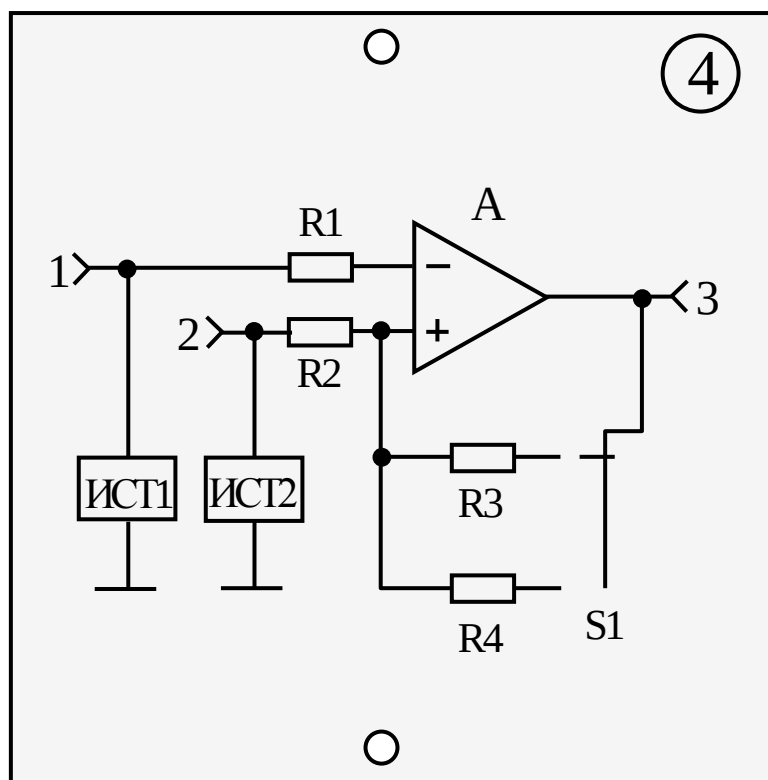
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1-bandga plata 4 o'rnatilsin (8.2 – rasm). Stend ta'minot manbaiga ulansin.

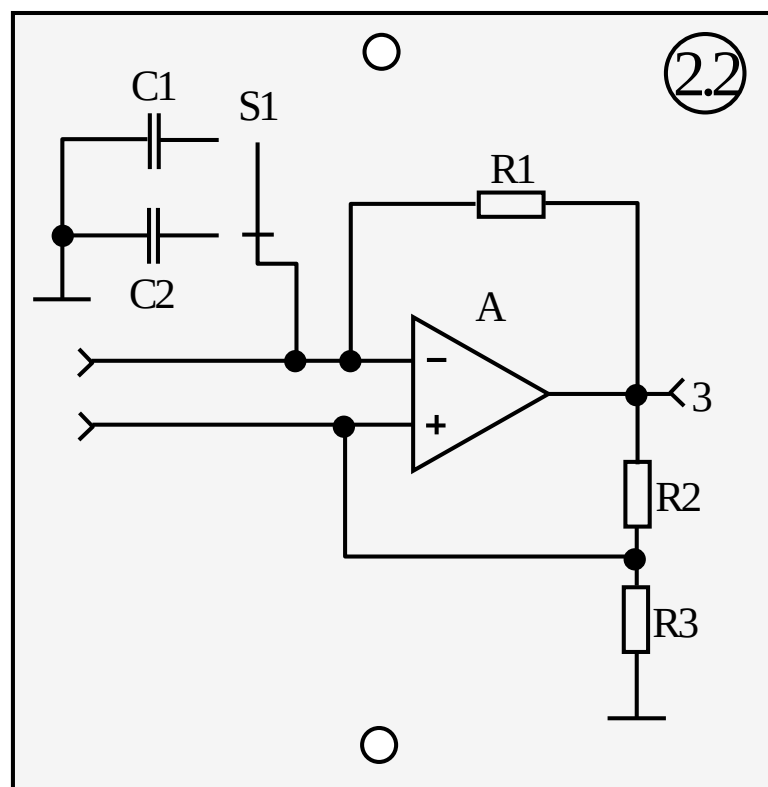
a) S_1 tugma yordamida $R_{TB}=R_4$ ulansin, o'zgaras “**нст.1**”, “**нст.2**” ulansin. U_{kir} – 3 V dan +3 V gacha o'zgartirilsin. Chiqish kuchlanishi stendning chiqish voltmetri yordamida kuzatilsin. $U_{ist2}=0V; 1V$.

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

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



8.2 – rasm. Shmitt triggeri paneli



8.3 – rasm. Avtotebranuvchi multivibrator sxema paneli

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo‘lishi kerak:

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

Nazorat savollari

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

9- LABORATORIYA ISHI. **OPERATION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI MULTIVIBRATOR** **SXEMALARINI O'RGANISH**

Ishdan maqsad: 1. Operatsion kuchaytirgich asosidagi avtotebranuvchi multivibrator sxemasini o'rganish; 2. Operatsion kuchaytirgich asosidagi kutuvchi multivibrator sxemasini o'rganish

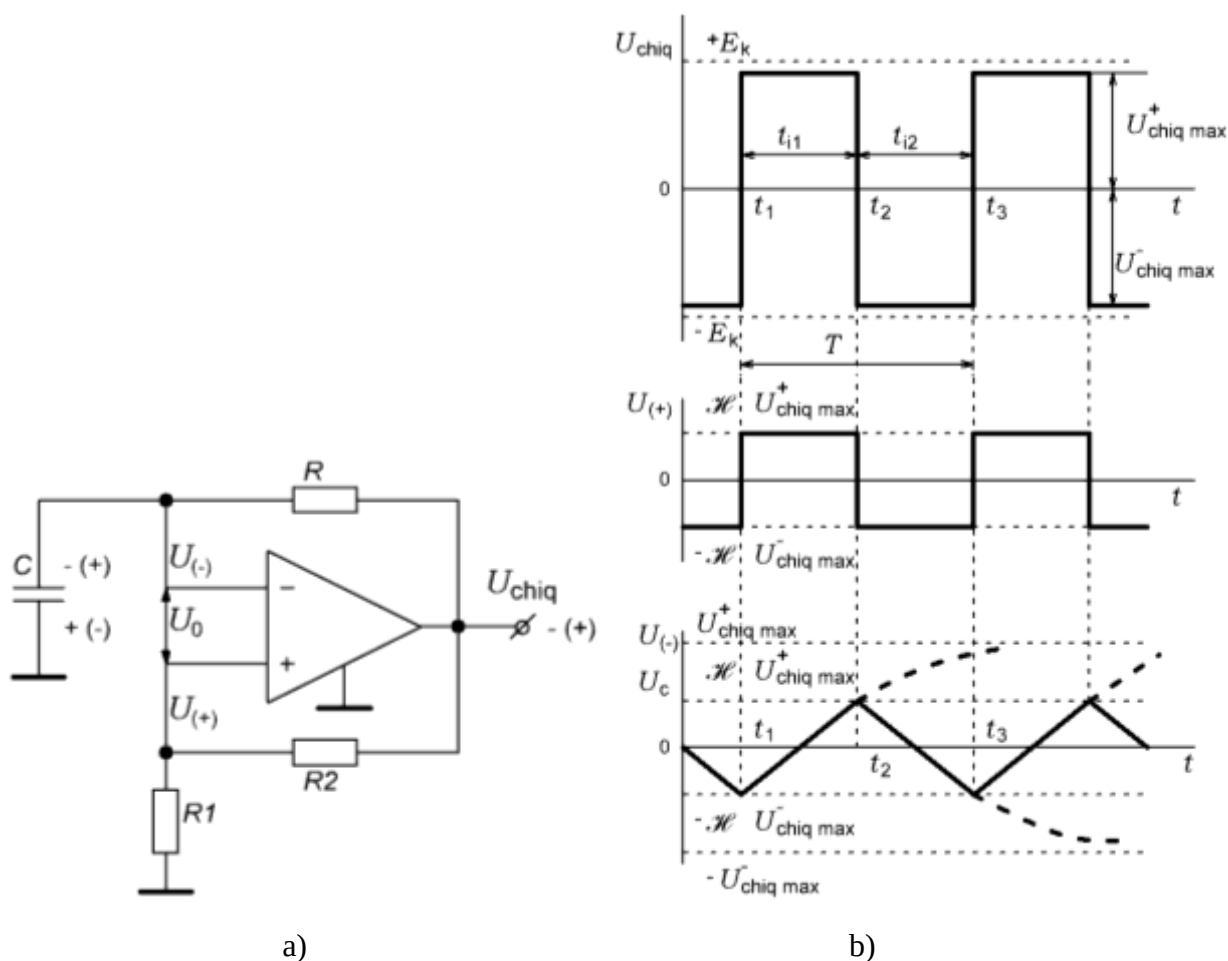
Nazariy ma'lumotlar

Operatsion kuchaytirgich asosidagi simmetrik avtotebranuvchi multivibrator sxemasi 9.1, a – rasmda keltirilgan. Uning asosini operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator tashkil etadi. O'z - o'zidan tebranuvchi rejim invertorlovchi kirishga C kondensator va R rezistorlardan iborat vaqt beruvchi zanjirning kiritishi bilan amalga oshiriladi. Sxemaning ishlash tamoyilini 9.2, b – rasmda keltirilgan vaqt diagrammalari tushuntiradi.

Faraz qilaylik, t_1 vaqtigacha operatsion kuchaytirgich kirishlari o'rtasidagi kuchlanish $U_0 > 0$. U operatsion kuchaytirgich chiqishidagi kuchlanish $U_{\text{chiq}} = -U_{\text{chiqmax}}^-$ va uning noinvertirlovchi kirishidagi kuchlanish $U_{(+)} = -\chi U_{\text{chiqmax}}^-$ bo'lishini aniqlaydi. Bunda $\chi = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ – musbat teskari bog'lanish zanjirining chuqurligi. Schema chiqishida $-U_{\text{chiqmax}}^-$ mavjudligi C kondensatorni R rezistor

orqali zaryadlanishini ta'minlaydi.

t_1 vaqtida operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishidagi eksponensial o'zgaruvchi kuchlanishi noinvertirlovchi kirishdagi kuchlanish sathi $-\chi U_{\text{chiqmax}}^-$ ga yetadi. U_0 kuchlanish nolga teng bo'ladi, bu o'z navbatida operatsion kuchaytirgich chiqishdagi kuchlanishning qutbini o'zgartiradi: $U_{\text{chiq}} = U_{\text{chiqmax}}^+ \cdot U_{(+)}$ kuchlanishi ishorasini o'zgartiradi va $\chi U_{\text{chiqmax}}^+$ qiymatiga ega bo'ladi. Bu $U_0 < 0$ va $U_{\text{chiq}} = U_{\text{chiqmax}}^+$ ga mos keladi.



9.1 – rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi simmetrik avtotebranuvchi multivibrator sxemasi va vaqt diagrammalari

t_1 vaqtidan boshlab kondensator $-\chi U_{\text{chiqmax}}^-$ kuchlanish sathidan qayta zaryadlanadi. Kondensator R rezistorli zanjirda $+U_{\text{chiqmax}}^+$ sathgacha zaryadlanishga intiladi. t_2 vaqtida kondensator kuchlanishi $\chi U_{\text{chiqmax}}^+$ qiymatga yetadi. U_0 kuchlanishi nolga teng bo'ladi, bu esa operatsion kuchaytirgichni qarama - qarshi holatga qayta ulaydi. Keyin sxemadagi jarayon qaytariladi.

Simmetrik multivibrator chastotasi va impuls vaqti quyidagiga tengdir:

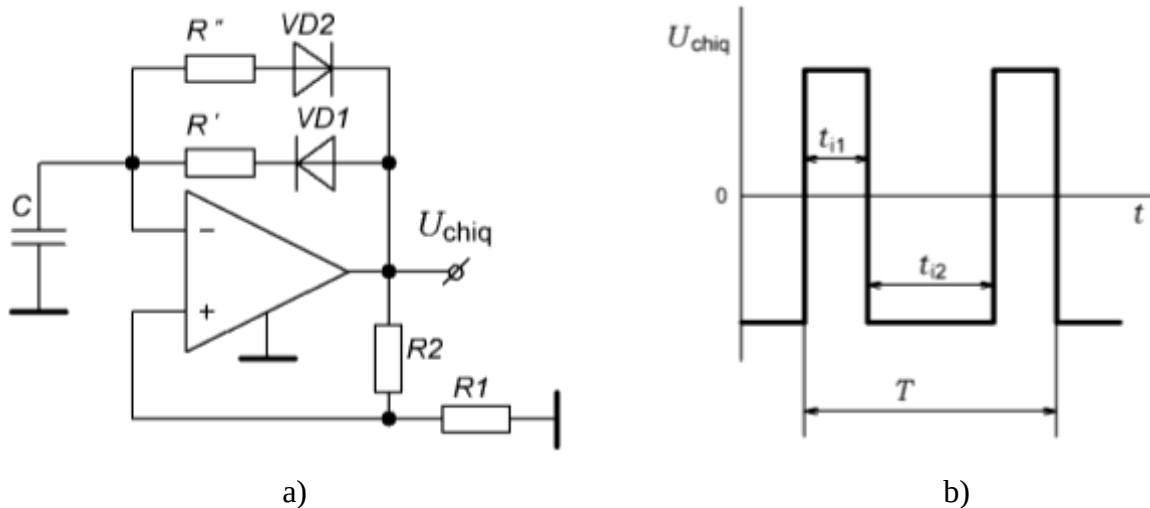
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_{i1} + t_{i2}} \text{ va } t_i = \tau \ln \frac{\chi U_{\text{chiqmax}}^- + U_{\text{chiqmax}}^+}{U_{\text{chiqmax}}^+ - \chi U_{\text{chiqmax}}^-}.$$

$U_{\text{chiqmax}}^+ = U_{\text{chiqmax}}^-$ deb qabul qilinsa, yuqoridagi idofa quyidagiga teng bo'ladi:

$$f = \frac{1}{2\tau \ln(1 + \frac{2R_1}{R_2})} \text{ va } t_i = \tau \ln(1 + \frac{2R_1}{R_2}).$$

Operatsion kuchaytirgich asosidagi nosimmetrik multivibrator sxemasi 9.2 – rasmda keltirilgan. Keltirilgan sxema uchun $t_{i1} \neq t_{i2}$. Nosimmetrik ishlash rejimini yarim davrlar bo'yicha vaqt beruvchi zanjirlarning bir xil bo'lmagan vaqt doimiyligini ta'minlaydi. Sxemada bu R rezistor o'rniga ikkita rezistor va dioddan iborat bo'lgan parallel tarmoqlarni ulash bilan erishiladi. D_1 diodi chiqish kuchlanishining musbat yarim to'ldirida, D_2 esa - manfiy yarim to'ldirida ochiq. Birinchi holatda $\tau_1 = CR'$, ikkinchi holatda $\tau_2 = CR''$. Impulslar vaqt davomiyligi

$$t_{i1} = \tau_1 \ln(1 + 2R_1/R_2), \quad t_{i2} = \tau_2 \ln(1 + 2R_1/R_2).$$



9.2 – rasm. Operatsion kuchaytirgich asosidagi nosimmetrik avtotetbranuvchi multivibrator sxemasi (a) va vaqt diagrammalari (b)

Uzatish koeffitsiyenti va qarshiliklar qiymatlarini tanlashga operatsion kuchaytirgichni chegaraviy mumkin bo'lgan ishlash rejimlari cheklash kiritadi. Masalan, χ ni tanlashda operatsion kuchaytirgichning differensial kirishi bo'yicha mumkin bo'lgan maksimal kuchlanish qiymati $U_{0\text{max}}$ inobatga olinadi. Operatsion

kuchaytirgichning invertirlovchi va noinvertirlovchi kirishlaridagi kuchlanish $\chi \cdot U_{\text{chiq max}}^{\pm}$ bo'lgan vaqtda, differensial kirish bo'yicha maksimal kuchlanish $U_{0\text{max}}$ qiymati $2U_{\text{chiq max}}^{\pm}$ ga mos keladi. Bundan kelib chiqqan holda

$$\chi \leq U_{0\text{max}} / (2U_{\text{chiq max}}^{\pm}).$$

Agar amaliy kuchaytirgichni ta'minlash kuchlanishi $E_{k1} = E_{k2} = E_k$ va $U_{\text{chiq max}}^+ = U_{\text{chiq max}}^- \approx E_k$ bo'lsa, χ quyidagi shartdan kelib chiqqan holda tanlanadi:

$$\chi \leq \frac{U_{0\text{max}}}{2E_k}.$$

R, R_1, R_2 qarshiliklar maksimal mumkin bo'lgan $I_{\text{chiq max}}$ tok hisobini olgan holda tanlanadi. Amaliy kuchaytirgichning chiqish toki uchta tashkil etuvchilardan hosil bo'ladi: yuklama toki $U_{\text{chiq}}/R_{\text{yu}}$, noinvertirlovchi kirish bo'yicha teskari bog'lanish toki $U_{\text{chiq}}/(R_1 + R_2)$ va invertirlovchi kirish bo'yicha teskari bog'lanish toki $(U_{\text{chiq}} - U_c)/R$. $E_{k1} = E_{k2} = E_k$ va $U_{\text{chiq max}}^+ = U_{\text{chiq max}}^- \approx E_k$ deb faraz qilsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$E_k \left(\frac{1}{R_{\text{yu}}} + \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1 + \chi}{R} \right) \leq I_{\text{chiq max}}.$$

R, R_1 qarshiliklarning maksimal qiymati bo'yicha cheklash operatsion kuchaytirgich R_{kirOK} kirish qarshiligi nostabilligini chiqish impuls davomiyligiga va multivibrator chastotasiga ta'sirini kamaytirish uchun kiritiladi. Bundan kelib chiqqan holda R va R_1 qarshiliklar amaliy kuchaytirgichning kirish qarshiligidan 3-5 marotaba kam qilib tanlanadi.

Generatsiyalanayotgan impuls frontlari davomiyligi kirish signalining yuqori sathi bilan boshqarilgandagi amaliy kuchaytirgichning qayta ulanish vaqti bilan aniqlanadi. Erishilayotgan frontlar davomiyligi qo'llanilayotgan amaliy kuchaytirgich turiga bog'liq va 0.5 mks dan katta bo'lmaydi.

Tajriba standining tuzilishi

ЭС - 23 tajriba stendi yordamida operatsion kuchaytirgichni tavsiflarini, hamda uni qo'llash sxemalarini o'rganish mumkin (24-betdagi 3.4 – rasmga qara). Stendning oldingi panelida quyidagilar joylashgan:

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

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

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

Ishni bajarish

Operatsion kuchaytirgich asosidagi multivibrator sxemasi o'rganish.

1. C sig'imning ikki qiymati uchun (C_1 va C_2) avtotebranuvchi multivibrator chiqishidagi impulslarning chastotasi aniqlansin.
2. C sig'imning ikki qiymati (C_1 va C_2) va kutuvchi rejim uchun operatsion kuchaytirgich asosidagi multivibrator chiqishidagi impulslarning vaqt davomiyligi aniqlansin.
3. Operatsion kuchaytirgich asosidagi avtotebranuvchi multivibrator uchun chiqish impulslar davri aniqlansin:

$$t_u = CR_{TB} \ln \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right).$$

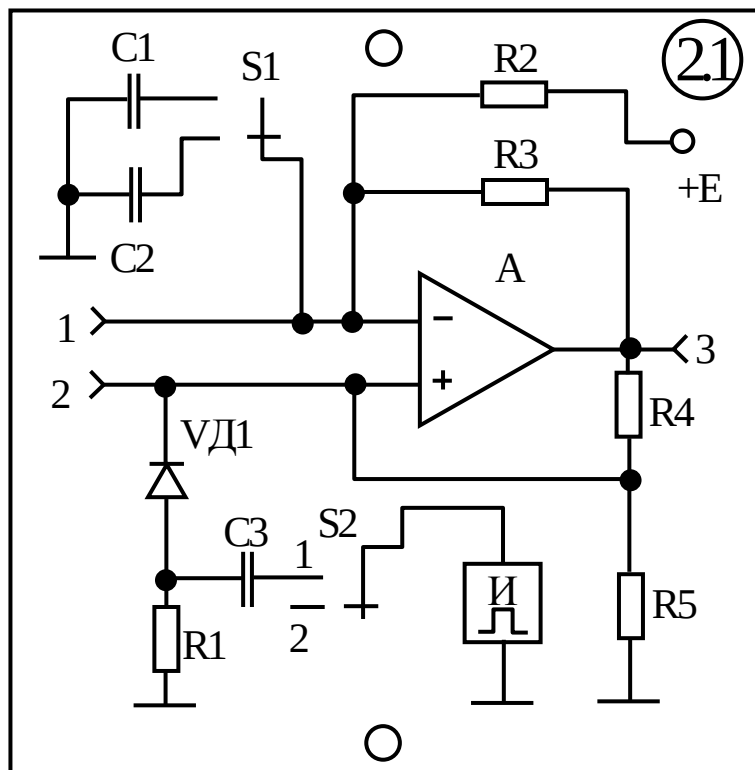
Ishni bajarish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar

1-bandga plata 2.2 o'rnatilsin (9.4-rasm). Stend ta'minot manbaiga ulansin. Chiqish 3 ga ossillograf ulansin, chiqish signalining shakli 3 va 2 nuqtalar uchun chizib olinsin. S_1 yordamida C_1 ulanadi. Ossillograf yordamida impuls va to'xtalish davomiyligi aniqlanadi, keyin xuddi shu amaliyotlar C_2 uchun amalga oshiriladi.

2-bandga plata 2.1 (9.3 – rasm) o'rnatilsin. Stend ta'minot manbaiga ulansin. Chiqish 3 ga ossillograf ulansin va impulslar davomiyligi (musbat va manfiy) sxemaning ikkita qiymati uchun aniqlansin (S_1 tugma) S_2 tugma ichki generatordan ishga tushiruvchi impulsni olishga xizmat qiladi.

3-bandga Musbat va manfiy impulslar davomiyligi quyidagi hisoblash formulasi yordamida aniqlanadi:

$$t_u = CR_0 \ln \left(1 + \frac{R_4}{R_5} \right)$$



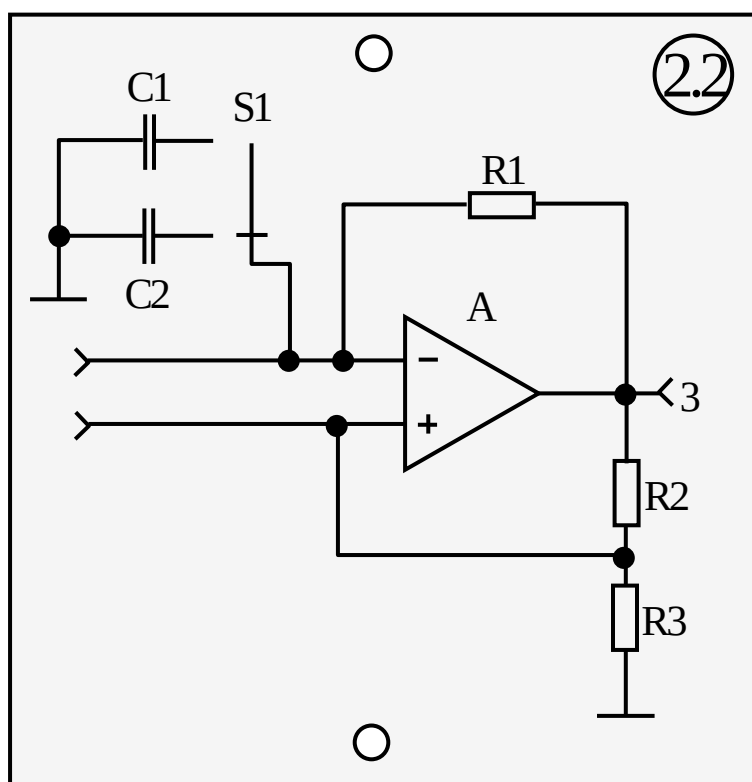
9.3–rasm. Kutuvchi multivibrator sxema paneli

Hisobot tarkibi

Hisobot quyidagilardan tashkil topgan bo'lishi kerak:

1. O'tkazilgan tajribalar va hisobot natijalari tadqiqot sxemalari.

2. Avtotebranuvchi multivibrator tavsiflari.
3. Kutuvchi multivibrator tavsiflari.
4. Teskari bog‘lanish sig‘imining ikki qiymati uchun chiqish impulslar davrining hisoboti.
5. Operatsion kuchaytirgich asosidagi avtotebranuvchi va kutuvchi multivibrator sxemalari.



9.4 – rasm. Avtotebranuvchi multivibrator sxema paneli

Nazorat savollari

1. Multivibrator nima?
2. Operatsion kuchaytirgich asosidagi multivibrator sxemasi chizilsin.
3. Operatsion kuchaytirgich asosidagi kutuvchi multivibrator sxemasi chizilsin.
4. Operatsion kuchaytirgichni impuls qurilmalarida qo‘llanilish sabablari.
5. Operatsion kuchaytirgich asosidagi multivibratorning ishlash tamoyili, uning ishlashining vaqt diagrammalari tushuntirilsin.
6. Multivibratorning chiqish impulsleri uchun Q qanday o‘zgartiriladi.
7. Operatsion kuchaytirgich asosidagi kutuvchi multivibrator sxemasining ishlash tamoyili tushuntirilsin. Vaqt diagrammasi tushuntirilsin.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Черепанов А.К. Микросхемотехника. –М.: Инфра –М, 2018.
2. Миловзоров О. В., Панков И. Г. Основы электроники (6-е изд.). –М.: Юрайт, 2018.
3. 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 УМЦ ЖДТ, 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. Уве Наундорф. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование. Книга. –М.: Техносфера, 2008.
10. Павлов В.Н, Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебник для вузов. –М.: Горячая линия – Телеком, 2001.
11. Браммер Ю.А. Импульсные и цифровые устройства. Учебник (7-е издание). –М.: Высшая школа, 2003.
12. Халиков А.А. Электрон қурилмалари, аналогли ва рақамли схемотехника. - Тошкент: Темирийўлчи, 2002.
13. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник.–М.: Горячая линия–Телеком, 2000.

Mundarija

Kirish.....	3
1 - laboratoriya ishi. Bipolyar tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichning xarakteristikalarini tekshirish.....	4
2 - laboratoriya ishi. Maydonli tranzistor asosidagi bir kaskadli kuchaytirgichning xarakteristikalarini tekshirish.....	13
3 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirlamaydigan kuchaytirgich sxemasini o'rganish.....	20
4 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosida yig'ilgan invertirlaydigan kuchaytirgich sxemasini o'rganish.....	26
5 - laboratoriya ishi. Tranzistorli kalit sxemalarini o'rganish.....	31
6 - laboratoriya ishi. Kollektor-baza bog'linishli o'z-o'zidan tebranuvchi multivibrator sxemasini o'rganish.....	38
7 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosidagi komparator va integrator sxemalarini o'rganish.....	46
8 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosidagi Shmitt triggerini o'rganish.....	54
9 - laboratoriya ishi. Operatsion kuchaytirgich asosidagi multivibrator sxemalarini o'rganish.....	58
Adabiyotlar ro'yxati.....	65

Muharrir: Miryusupova Z.M.