O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA-MAXSUS
TA’LIM VAZIRLIGI

ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI

SXEMOTEXNIKA

“5310800 – Elektronika va asbobsozlik (priborsozlik)” *va*
“5321900 – Elektron apparatlarni ishlab chiqarish texnologiyasi”
yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun
laboratoriya ishlarini bajarish uchun
USLUBIY KO‘RSATMALAR

I – qism

Tashkent – 2019

UDK 621.38(075)

Tuzuvchilar: A.X.Xaydarov, A.N.O‘roqov, F.Y.Xudoyqulov, S.P.Abdixalikov. “Sxemotexnika” fanidan laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko‘rsatma Toshkent davlat texnika universiteti. –Toshkent: ToshDTU, 2019. 116 b.

Ushbu uslubiy ko‘rsatma “Sxemotexnika”ning asosiy qismining tuzilishi va raqamli elektronika to‘g‘risida asosiy ma’lumotlar berilgan. Shu bilan birgalikda elektrotexnika va elektronikani o‘rganish jarayoni sxemalarni tahlil va tadqiq qilish usullari to‘g‘risida tushunchalar berilgan.

Ushbu uslubiy ko‘rsatma 5310800 – “Elektronika va asbobsoslik (pirborsozlik)” va 5321900 – “Elektron apparatlarni ishlab chiqarish texnologiyasi” yo‘nalishida taxsil olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan. Uslubiy ko’rsatmada “Sxemotexnika” fani o‘quv dasturida ko’rsatilgan I-qism laboratoriya ishlarini qamrab olgan va talabalar uchun tushunarli tarzda ko‘rsatmalar keltirib o‘tilgan.

ISLOM KARIMOV nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy – uslubiy kengashi qaroriga muvofiq chop etildi.

Taqrizchilar:

Sharopov X.K.	-	“TashElectronics” MCHJ bosh muhandisi
Egamberdiyev B.	-	“Metrologiya standartlashtirish va sertifikatlashtirish” kafedrasi f.-m.f.d., professori

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2019

KIRISH

Elektrotexnika va elektronikani o‘rganishda sinash va tajribalar o‘tkazish zarurligi hech kimda shubha uyg‘otmaydi. Lekin ularni o‘tkazish jiddiy qiyinchiliklarni keltirib chiqarishi mumkin (ayniqsa hozirgi vaqtda). Yaxshi o‘quv laboratoriyasi zamonaviy o‘lchov jixozlariga va ularni ishchi holatda saqlab tura oladigan malakali xodimlarga ega bo‘lishi kerak. O‘quv yurtlari uchun bunday laboratoriyani ushlab turish qiyin masaladir.

Keyingi qirq yil ichida elektr va elektron sxemalarni hisoblash vositalari tezlik bilan o‘zgarib bordi. Bunday vosita sifatida 70-yillarning boshida foydalanilgan logarifmik lineykaning o‘rnini 70-yillarning ikkinchi yarmida kalkulyatorlar va mini EHM lar egallay boshladi. Mini EHM larning o‘rniga 80-yillarning o‘rtalariga kelib hisoblash quvvatlari va imkoniyatlari uzluksiz ortib borayotgan personal kompyuterlar (PK) qo‘llanila boshlandi. Elektron sxemalarning tahlili bo‘yicha PK larning dasturiy ta’minoti faqat hisoblashlarning algoritmlari va sonli tahlil usullarini rivojlantirish yo‘nalishidagina emas, balki har xil turdagi sxemalar (analogli, raqamli, raqamli-analog, impuls va boshqalar) bilan tajribalar o‘tkazish uchun virtual muhitni yaratish imkoniyatini beruvchi foydalanuvchi uchun qulay interfeysni yaratish yo‘nalishida ham rivojlandi.

Alohida ta’kidlash kerakki, PK ning foydalanuvchi interfeysini yaratish sohasidagi yutuqlar shu darajada ta’sirliki, ular sxemalarni tadqiq qilishga bo‘lgan uslubiy qarashning keskin o‘zgarishiga olib keldi.

Personal kompyuterdan foydalanish an’anaviy o‘quv laboratoriyalariga alternativ - virtual laboratoriyalarning yaratilishiga olib keldi. Virtual laboratoriya, umuman olganda, tadqiqotchining real laboratoriyadagi harakatlarini (ishini) imitatsiya qiluvchi interfeysga ega bo‘lgan sonli hisoblash dasturidir. Yuqori tezkorlik va katta hajmdagi xotiraga ega bo‘lgan zamonaviy shaxsiy kompyuterlarda hisoblashlarning sonli usullari yordamida murakkab modellarni ham aniqligi real ob’ektlarda o‘tkaziladigan tajribalarda olinadigan natijalarning aniqligidan qolishmaydigan aniqlikda tadqiq qilish mumkin.

Elektrotexnika va elektronikani o‘rganish jarayoni sxemalarni tahlil va tadqiq qilish bilan bog‘liq. Ushbu jarayonni kompyuter maksimal darajada yengillashtirishi kerak. Virtual muhit kompyuterda elektr va elektron sxemalar ustida tajribalar o‘tkazish uchun yyetarli sharoitlar yaratilgan

laboratoriyani amalga oshirishi va olinadigan natijalarning aniqligi real sharoitlarda olinadigan natijalar aniqligidan qolishmasligi kerak.

Modellash real jarayonga maksimal darajada yaqinlashtirilgan bo‘lishi, ya’ni, sxemani tuzish, unga o‘lchash priborlari va ossillografni ulash, sxema elementlarining parametrlarini hamda ishlash rejimlarini o‘rnatish va natijalarni olish jarayonlarini o‘z ichiga olishi kerak. Foydalanuvchiga bunday imkoniyatlarni beruvchi dasturlardan biri **Multisim** dasturi – kompyuterda virtual elektron laboratoriya bo‘lib hisoblanadi. Unga asos qilib professional modellash dasturi PSPICE olingan bo‘lishiga qaramasdan Multisim dasturi maksimal darajada qulay interfeysga ega. Unda ampermetr, voltmetr, multimetr, generator va ossillograf kabi tanish priborlarning mavjudligi tadqiqot jarayonining tabiiy va tushunarli bo‘lishini ta’minlaydi.

Dasturning tarkibida zamonaviy priborlarning mavjudligi foydalanuvchiga oddiydan boshlab juda murakkab tajribalarni o‘tkazish imkoniyatini beradi. Bunday vosita o‘qitishda ideal bo‘lib hisoblanadi, chunki elementlar va priborlar bo‘yicha har qanday cheklashlarni olib tashlash imkoniyatini beradi. Bundan tashqari Multisim dasturi real elektron va o‘lchash priborlari hamda sxemalarni ishlash prinsiplarini o‘rganish uchun trenajor vazifasini bajarishi mumkin.

Multisim dasturida modellash va natijalarni olish o‘zining tezkorligi va qulayligi bilan ajralib turadi. Lekin to‘g‘ri natijalar olish uchun foydalanuvchi dastur bilan ishlash qoidalari va usullarini o‘zlashtirgan va ularni elektron sxemalardagi jarayonlarni o‘rganish va tadqiq qilish uchun qo‘llash ko‘nikmalariga ega bo‘lishi kerak.

Virtual laboratoriyalar

O‘qitishning traditsion usullarida fan bo‘yicha olingan nazariy bilimlarni mustaxkamlash va amaliy ko‘nikmalarni hosil qilish uchun xizmat qiluvchi laboratoriya va amaliy mashg‘ulotlarga katta ahamiyat beriladi. Lekin ular ko‘pchilik hollarda kutilgan natijani bermaydi. Buning sabablari quyidagilar:

- ✓ laboratoriya stendlarining yetarli emasligi;
- ✓ mavjud laboratoriya stendlari zamonaviy priborlar, qurilmalar va apparatlar bilan ta’minlanmaganligi;
- ✓ ko‘pchilik laboratoriya stendlarining zamonaviy talablarga javob bermasligi va ma’naviy eskirganligi;
- ✓ laboratoriya ishlari va stendlarini mukammallashtirib turish zarurligi;
- ✓ ayrim laboratoriya sxemalarini yig‘ish uchun ko‘p vaqt talab qilinishi sababli talabalarning ajratilgan vaqtdan unumli foydalana olmasligi.

Yuqorida keltirilgan kamchiliklarning ko‘pchiligini o‘quv jarayoniga virtual laboratoriyalarni kiritish yo‘li bilan bartaraf qilish mumkin.

Virtual laboratoriya (VL) dasturiy kompleks bo‘lib, foydalanuvchiga har xil turdagi qurilmalar va tizimlar bilan ishlash ko‘nikmalarini hosil qilish va ularni har tomonlama tadqiq qilish imkoniyatini beradi. Foydalanuvchining VL bilan ishlashi laboratoriya ishlari (LI) deb ataluvchi ayrim seanslar ko‘rinishida tashkil qilinadi.

Virtual laboratoriya – tajribalar o‘tkazish va fanlarni qiziqarli tarzda o‘rganish uchun ideal muhit bo‘lib hisoblanadi. Interaktiv virtual reallik oddiy eksperimentlar bilan bir qatorda quyida sanab o‘tilgan murakkab eksperimentlarni ham o‘tkazish imkoniyatini beradi:

- ✓ qimmat va murakkab jixozlarni talab qiluvchi eksperimentlar;
- ✓ real sharoitlarda o‘tkazish qiyin yoki amalda mumkin bo‘lmagan eksperimentlar;
- ✓ real sharoitlarda katta mablag‘larni talab qiluvchi eksperimentlar;
- ✓ qisqa vaqt davomida o‘tkazilishi zarur bo‘lgan eksperimentlar va h.k.

Virtual laboratoriya ishlarini ma’ruza materiallariga qo‘shimcha ravishda ma’ruza vaqtida ham namoyish qilish mumkin. Bunda ma’ruza va laboratoriya mashg‘ulotlari o‘rtasidagi vaqt baryeri olib tashlanadi, natijada o‘qitish effektivligi va sifati ortadi.

Virtual laboratoriyalarni effektiv tarzda qo‘llash o‘qitish sifatini orttirish bilan bir qatorda katta mablag‘larni tejash imkoniyatini ham beradi.

Hozirgi vaqtda virtual laboratoriyalarni yaratish, o‘quv jarayoniga kiritish va mukammallashtirish ertangi kun texnologiyasi emas balki bugungi kunda bajarilishi zarur bo‘lgan vazifaga aylanib bormoqda. Virtual laboratoriyalarni yaratish masofaviy ta’lim tizimini rivojlantirishda va yangi axborot texnologiyalari vositalarini o‘quv jarayoniga kiritishda ham dolzarb masalalardan biridir.

Virtual laboratoriyalarni tayyorlashda loyihalash va modellash muhiti sifatida MATLAB, Multisim, MathCAD, Maple, Proteus, singari dasturlardan foydalanish mumkin.

Modellashni abstrakt darajada yoki qurilmalarda kechadigan fizik jarayonlarga yaqinlashtirilgan holda amalga oshirish mumkin. Ko‘pchilik dasturlar, masalan, MATLAB yordamida murakkab dinamik jarayonlarni real vaqt masshtabida modellash mumkin. Bundan tashqari, kompyuter dasturlari asosidagi modellash muhiti virtual laboratoriyalarni yaratish uchun ideal tarzda mos bo‘lgan ierarxik tarkiblar ko‘rinishidagi elementlar kutubxonalarini yaratish imkoniyatini beradi.

Muhandislik faoliyatining asosiy yo‘nalishi bo‘lib priborlar, mashinalar va boshqa texnik ob’ektlarni loyihalash, tayyorlash va ekspluatatsiya qilish hisoblanadi. Kompyuterlardan keng foydalanish zamonaviy injenerning kasbiy malakasiga qo‘shimcha talablarni qo‘yadiki, ulardan biri yangi axborot texnologiyalarini o‘zlashtirgan bo‘lishi kerak.

Lekin muxandislik malakasining mohiyati avvalgidek qoladi va texnik ob’ektlar fizik xossalarini bilishi va ularni chuqur tahlil qilishga asoslangan intuitsiyasi, ya’ni, muxandislik sezgisi bilan belgilanadi. Adekvat matematik modelni qurish uchun modellanayotgan ob’ektning fizik tabiatini chuqur bilish kerak. Inson-kompyuter komplekslarida texnik jihatdan to‘g‘ri yechimlarni qabul qilishi uchun modellash natijalarini chuqur anglab yetishi va qiyin formallanuvchi faktorlarni hisobga olishi zarur.

Shunday qilib, ta’lim berishni axborotlashtirish jarayonida bo‘lajak mutaxassislarning informatsion va kommunikatsion texnologiyalarni (IKT) o‘zlashtirishi bilan bir qatorda IKT vositalari yordamida texnik ob’ektlar va jarayonlarning tuzilishi va ishlashining fundamental fizik printsiplarini (qonun-qoidalarini) bilish va chuqur anglashga asoslangan mutaxassislik tayyorgarligini ham kuchaytirish zarur.

So‘nggi yillarda IKT ni qo‘llash sohasida yangi atama "Virtual o‘quv laboratoriya" (VO‘L) paydo bo‘ldi. Texnik ta’lim yo‘nalishida VO‘L yuqorida keltirilgan mutaxassislarni tayyorlashni kompyuterlashtirish bo‘yicha talablarni amalga oshirishga yo‘naltirilgan, ochiq va masofaviy ta’lim g‘oyalariga mos keladi, o‘quv jarayonini moddiy-texnik ta’minoti bo‘yicha keskin muammolarni qisman bo‘lsada hal qilishga yordam beradi.

Hozirgi vaqtgacha VO‘L mavzusi bo‘yicha kam sonli ilmiy-uslubiy ishlar asosan virtual priborlar va ulardan foydalanib bajariladigan laboratoriya mashg‘ulotlarining tavsifi bilan cheklangan. Lekin metodologik jihatdan VO‘L kengroq bo‘lib, o‘zida virtual priborlardan tashqari virtual o‘quv kabinetlari, matematik va imitatsion modellash tizimlari, amaliy dasturlarning o‘quv va sanoat paketlari va boshqalarni mujassamlantiradi. VO‘L faqat laboratoriya mashg‘ulotlaridagina emas, balki studentlarning kurs va diplom loyihalarida, o‘quv-tadqiqot ishlarida foydalanilishi mumkin.

Metodologik nuqtai nazardan virtual laboratoriyalarni protseduraviy, deklarativ va gibrid (protseduriy-deklarativ) turlarga bo‘lish mumkin.

Protseduraviy turdagi VO‘L larning asosini amaliy dasturlarning o‘quv paketlari yoki ularning sanoat analoglari tashkil qiladi. Ular muxandislik ishini avtomatlashtirishga mo‘ljallangan. Protseduraviy turdagi VO‘L larni yaratishda asosiy e’tibor o‘rganilayotgan ob’ekt va jarayonlarni matematik modellash, hisoblash va optimallash protseduralarini amalga oshirishga qaratiladi. Ayrim hollarda matematik modellash murakkab ob’ekt va jarayonlarni tadqiq qilishning yagona usuli bo‘lishi mumkin.

Muxandislik ishini yengillashtirishning foydaliligini inkor qilmagan holda shuni aytish mumkinki, protseduraviy VO‘L lar o‘quv masalalarida hamma vaqt ham muhandislik tayyorgarligining ko‘tarilishiga olib kelmaydi. Gap shundaki, matematik modellash va hisoblash eksperimentlarining natijalarini tushunib yetish va anglash uchun ko‘pchilik hollarda muhandislik malakasi talab qilinadi. Talabalarning ko‘pchiligi bunday malakaga ega emas.

Bu yerda ketma-ketlik sxemasi quyidagi prinsiplarga asoslangan maxsus didaktik interfeys yordam berishi mumkin:

- ✓ qiziqarli namuna bo‘la oladigan masala tanlanadi;
- ✓ o‘quvchilarning bilim olish jarayoni siklik, yopiq tarzda tashkil qilinadi;
- ✓ masala albatta savol-javob tarzda yechiladi va olingan natijalar kompyuterda olingan natijalar varianti bilan taqqoslanadi;

✓ talabalarning bilim olish faoliyatini aktivlashtirish uchun musobaqa vaziyati vujudga keltiriladi.

Ushbu printsiplarni amalga oshirish ularning yuqori didaktik effektivlikka ega ekanligini ko‘rsatdi.

Deklarativ turdagi VO‘L lar texnik ob’ektlarning tuzilishini o‘rgatish uchun xizmat qiladi. Ular elektron darsliklarga o‘xshash.

Gibrid yondoshish asosan virtual priborlarni tayyorlashda qo‘llaniladi. Bunda tashqi atributlari, xususan boshqarish paneli real analoglarinikiga o‘xshash bo‘ladi, har xil rejimlar esa matematik yoki imitatsion modellar yordamida tadqiq qilinadi.

Virtual laboratoriyalardan foydalanish o‘quv jarayonidan real laboratoriyalarni butunlay siqib chiqarmaydi, balki ular bir-birini to‘ldiradi.

O‘quv jarayonida virtual laboratoriyalardan foydalanish quyidagi afzalliklarga ega:

✓ mashg‘ulotlarda talabalarning aktivligi va mustaqilligini orttirish;

✓ o‘quv materiallarining o‘zlashtirilish darajasini ko‘tarish;

✓ har bir talabaning o‘quv materiallarini o‘zlashtirishini to‘liq nazorat qilish;

✓ qaytarish va trening yo‘li bilan olingan bilimlarni mustaxkamlash jarayonini yengillashtirish;

✓ o‘quv jarayoniga mustaqil ta’limni kiritish effektivligini orttirish.

O‘qitishning traditsion usullarida fan bo‘yicha olingan nazariy bilimlarni mustahkamlash va amaliy ko‘nikmalarni hosil qilish uchun xizmat qiluvchi laboratoriya va amaliy mashg‘ulotlarga katta ahamiyat beriladi. Lekin ular ko‘pchilik hollarda kutilgan natijani bermaydi. Buning sabablari quyidagilar:

✓ laboratoriya stendlarining yyetarli emasligi;

✓ mavjud laboratoriya stendlari zamonaviy priborlar, qurilmalar va apparatlar bilan ta’minlanmaganligi;

✓ ko‘pchilik laboratoriya stendlarining zamonaviy talablarga javob bermasligi va ma’naviy eskirganligi;

✓ laboratoriya ishlari va stendlarini mukammallashtirib turish zarurligi;

✓ ayrim laboratoriya sxemalarini yig‘ish uchun ko‘p vaqt talab qilinishi sababli talabalarning ajratilgan vaqtdan unumli foydalana olmasligi.

Yuqorida keltirilgan kamchiliklarning ko‘pchiligini o‘quv jarayoniga virtual laboratoriyalarni kiritish yo‘li bilan bartaraf qilish mumkin.

Kompyuter texnologiyalaridan real jarayonlarni, shu jumladan elektr zanjirlarida sodir bo‘ladigan jarayonlarni modellashda foydalanish laboratoriya amaliyotini kengaytirish va boyitish imkoniyatini beradi.

Laboratoriya amaliyoti katta o‘quv-uslubiy ahamiyatga ega. Lekin hozirgi paytda ko‘plab laboratoriya asbob uskunalari va moslamalari, o‘nlab yillar avval ishlab chiqarilganligi sababli, zamon talablariga javob bermaydi. Laboratoriya ishlari asosan fizik maketlarda bajariladi. Ular jarayonlarni har tamonlama tekshirish uchun yetarli darajada universal emas. Laboratoriya moslamalarining soni cheklanganligi sababli bitta moslamada bir vaqtning o‘zida bir necha talaba ishlashiga to‘g‘ri keladi.

Hozirgi vaqtda laboratoriya ta’minotini takomillashtirishning yo‘nalishlaridan biri ularni kompyuter asosiga o‘tkazishdir.

Multisim dasturi elektr va elektron sxemalarni modellash uchun ishlatiladi. Nisbatan kichik hajmga ega bo‘lishiga qaramasdan unda katta miqdordagi real elementlarning modellari mavjud. U sxemotexnik tahrirlagich va SPICE simulyatorni o‘z ichiga olgan integrallashgan paket bo‘lib hisoblanadi.

Multisim dasturi signallar generatorlari, ossillograflar, testerlar, jaxondagi ko‘plab taniqli firmalarning (Motorola, Nationl, Philips, Toshiba va boshqalar) yarim o‘tkazgichli priborlari va mikrosxemalarini o‘z ichiga oluvchi katta kutubxonaga ega. Uning yordamida elektr zanjirlar, analog hamda raqamli elektron sxemalarni tahlil qilish mumkin.

Multisim dasturi tayyor elementlardan tekshiriladigan sxema yig‘ilgandan keyin uning har bir komponentining matematik modellarini o‘zaro bo/laydi va chiziqli bo‘lmagan differentsial tenglamalar sistemasi ko‘rinishiga o‘tkazadi. Ularga asosan chiziqli bo‘lmagan algebraik tenglamalar sistemasini hosil qilib takomillashtirilgan Newton-Raphson usulidan foydalanib sonli ko‘rinishda yechadi va natijalarni sxemaga ulangan o‘lchash priborlariga (ampermetrlar, voltmetrlar) yoki ikki nurli ossillografga uzatadi. Bundan tashqari dasturda grafik analizator ham mavjud. Ossillograf va grafik analizator elektr zanjirlarida sodir bo‘ladigan jarayonlarni xotirasiga yozib oladi va keyinchalik ularni har tamonlama tahlil qilish imkoniyatini beradi.

MATLAB tizimi yordamida laboratoriya ishlarini bajarish uchun «Priborlar bazasi» bo‘lib Simulink va Power System kengaytmalar paketlari xizmat qiladi. Ushbu paketlarning bibliotekalarida ko‘plab virtual elementlar va o‘lchov priborlari mavjud bo‘lib har qanday murakkab elektr zanjirlarini har tamonlama tadqiq qilish imkoniyatini beradi.

Zamonaviy kompyuter matematikasi matematik hisoblarni avtomatlashtirish uchun Eureka, Gauss, TK Solver!, Derive, Mathcad, Mathematica, Maple V va boshqa dasturiy tizimlar va dasturlarning to‘plamlarini taklif qiladi. Ular orasida MATLAB imkoniyatlari va maxsuldorligi yuqoriligi bilan ajralib turadi.

MATLAB — bu vaqt sinovidan o‘tgan matematik hisoblarni avtomatlashtiruvchi tizimlaridan biridir. U matritsaviy amallarni qo‘llashga asoslangan. Bu narsa tizimning nomi — MATrix LABoratory — matritsaviy laboratoriyada o‘z aksini topgan.

Matritsalar murakkab matematik hisoblarda jumladan chiziqli algebra masalalarini yechishda va dinamik tizimlar hamda ob’ektlarni modellashda keng qo‘llaniladi. Ular dinamik tizimlar va ob’ektlarning holat tenglamalarini avtomatik ravishda tuzish va yechishning asosi bo‘lib hisoblanadi. Bunga MATLABning kengaytmasi Simulink misol bo‘lishi mumkin.

Lekin hozirgi vaqtda MATLAB ixtisoslashtirilgan matritsaviy tizim chegaralaridan chiqib universal integrallashgan kompyuterda modellash tizimiga aylandi. «Integrallashgan» so‘zi bu tizimda qulay ifodalar va izohlar tahrirchisi, hisoblagich, grafik dasturiy protsessor va boshqalarning o‘zaro birlashtirilganligini bildiradi. Umuman olganda MATLAB matematikaning rivojlanishi davomida to‘plangan matematik hisoblashlar bo‘yicha tajribani o‘zida mujassamlashtirgan va uni grafik vizuallash va animatsiya vositalari bilan uyg‘unlashtirilgan. MATLAB tizimi ilova qilinadigan katta hajmdagi hujjatlar bilan birgalikda EHMni matematik ta’minlash bo‘yicha ko‘p tomli ma’lumotnoma bildirgich (spravochnik) vazifasini bajarishi mumkin. Lekin ushbu xujjatlar hozirgi vaqtda faqat ingliz tilida va qisman yapon tilida mavjud.

MATLAB tizimini Moler (S. V. Moler) ishlab chiqqan va 70-yillarda undan katta EHMlarda keng foydalanilgan. MathWorks Inc firmasining mutaxassisi Djon Litl (John Little) 80-yillarning boshlarida IBM PC, VAX va Macintosh klassidagi kompyuterlar uchun PC MATLAB tizimini tayyorlagan. Keyinchalik MATLAB tizimini kengaytirish uchun matematika, dasturlash va tabiiy fanlar bo‘yicha jahondagi eng yirik ilmiy markazlar jalb qilingan. Hozirgi vaqtda tizimning eng yangi versiyasiyalari MATLAB-6 va MATLAB-7 mavjud.

MATLAB tizimining dasturlash tili an’anaviy dasturlash tillariga nisbatan afzalliklarga ega. MATLAB ning imkoniyatlari juda keng. Undan hisoblashlarni bajarish va modellash uchun fan va texnikaning har qanday sohasida foydalanish mumkin.

1 - laboratoriya ishi
Multisim dasturining interfeysi

Maqsad: Multisim dasturi bilan to‘liq tanish, uning elementlar bazasidagi mavjud resurslarni topish, ulardan foydalanib elektr zanjirlarini yig‘ish, ularda kechayotgan jarayonlarni tahlil qilish.

Multisim dasturi haqida

Multisim (EWB) dasturi real vaqt masshtabida ishlovchi, o‘lchash asboblari bilan jihozlangan tadqiqotchining real ish joyi-radioelektron laboratoriyani imitatsiya qiladi. Dastur yordamida har qanday murakkablikdagi analog va raqamli radioelektron qurilmalarni tuzish, modellash va tadqiq qilish mumkin.

Foydalanuvchining interfeysi menyu, asboblar paneli va ishchi sohadan iborat (1.1-rasm).

Menyu quyidagi komponentlarga ega: fayllar bilan ishlash menyusi (Файл), tahrirlash menyusi (Редактор), zanjirlar bilan ishlash menyusi (Вид), sxemalarni tahlil qilish menyusi (Моделирование), oynalar bilan ishlash menyusi (Окно), yordam fayllari bilan ishlash menyusi (Справка).

Asboblar panelida radioelektron sxemalar elementlarining tasvirlari bo‘lgan knopkalar mavjud. Knopkalar bosilganda ularga mos bo‘limlar ochiladi, masalan, diodning tasviri bosilsa diodlar bo‘limi ochiladi.

Dasturning bosh oynasi 1.1-rasmda keltirilgan. Ko‘rinib turganidek, dastur standart interfeysga ega.

Komandalar menyusi oynasi dastur oynasining yuqori qismida joylashgan.

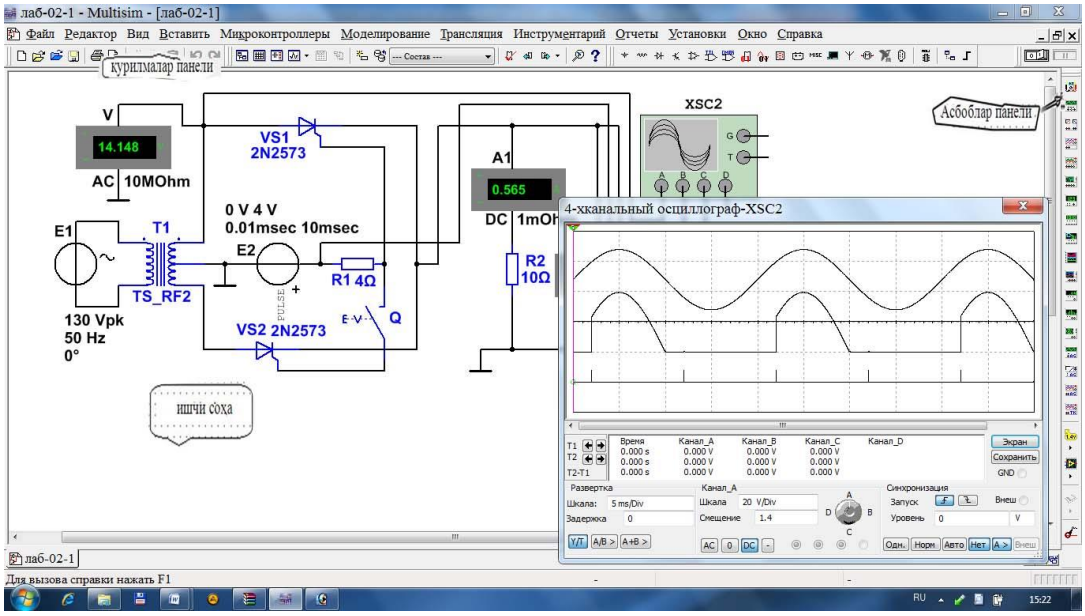
Sxema oynasi dastur oynasining markaziy qismini egallaydi. Ushbu oynada elektr zanjirlar hosil qilinadi va ularga kerakli o‘zgartirishlar kiritiladi.

Belgilar (ikonalar) oynasi sxema oynasining yuqori qismida joylashgan. Yuqori qatordagi belgilar menyu komandalarini qaytaradi.

Keyingi, ya’ni sxema oynasining yuqorisida joylashgan belgilardan zanjirga ulanuvchi elementlar va o‘lchash asboblarini tanlash uchun foydalaniladi. Diodlarni (Diods) va o‘lchash asboblarini (Inctrumentary) tanlash oynalari 1.2-rasmda ko‘rsatilgan.

Sxemani hisoblashni aktivlashtirish va to‘xtatish (Pusk/Stop) hamda pauza (pauza) knopkalari dastur oynasining yuqori o‘ng burchagida

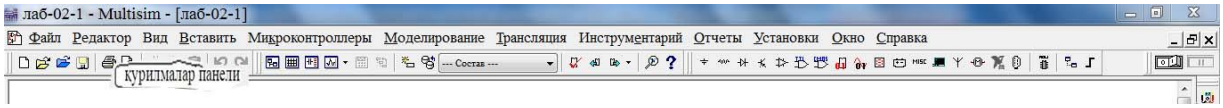
joylashgan. Pusk/Stop knopkasi ega. Ulardan birini bosish yo‘li bilan sxemani hisoblashni aktivlashtirish yoki to‘xtatish mumkin.



1.1-rasm. Multisim dasturining interfeysi

Sxemani uzoq vaqt davomida aktivlashgan holatda ushlab turish maqsadga muvofiq emas. Chunki ma’lumotlarni uzoq vaqt davomida intensiv qayta ishlash natijasida hisoblashlardagi xatoliklar ortib ketishi mumkin. EWB dasturida ishlash quyidagi uch etapni o‘z ichiga oladi:

- ✓ sxemani tuzish;
- ✓ sxemaga o‘lchov asboblarini ulash;
- ✓ sxemani aktivlashtirish, ya’ni tadqiq qilinayotgan qurilmadagi jarayonlarni hisoblash.
- ✓ Dasturning bosh oynasi 1.1-rasmda keltirilgan. Ko‘rinib turganidek, dastur standart interfeysga ega.
- ✓ *Komandalar menyusi* oynasi dastur oynasining yuqori qismida joylashgan.



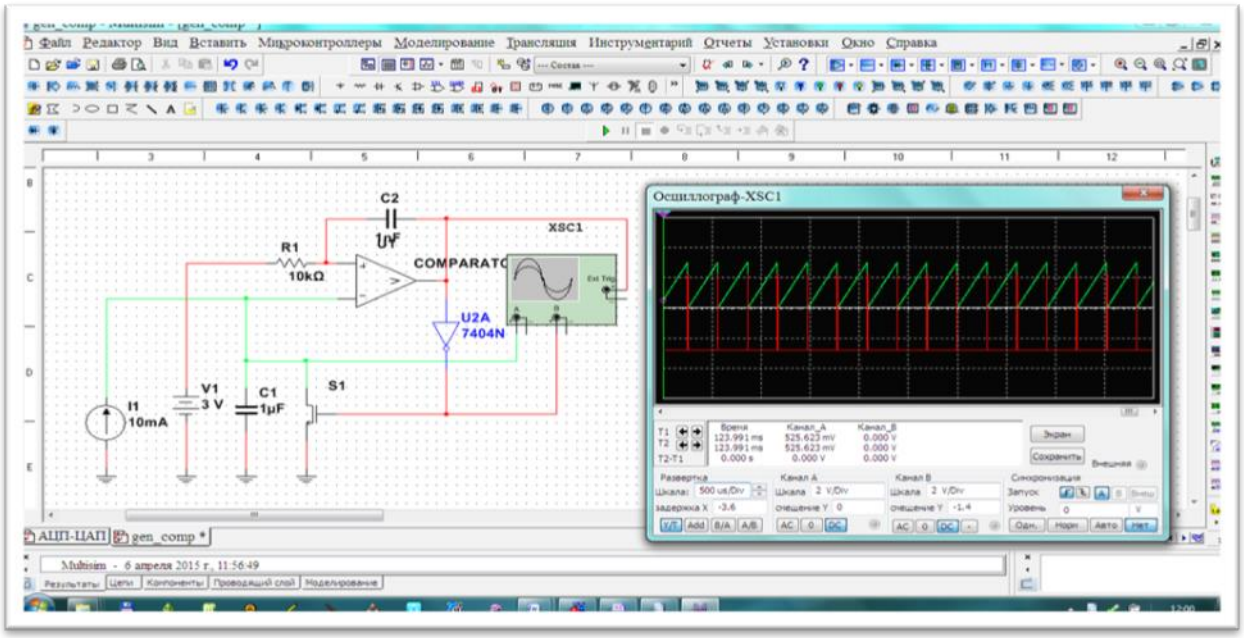
1.2-rasm. Multisim kompleksining instrumentlar paneli

Sxema oynasi dastur oynasining markaziy qismini egallaydi. Ushbu oynada elektr zanjirlar hosil qilinadi va ularga kerakli o‘zgartirishlar kiritiladi.

Belgilar (ikonalar) oynasi sxema oynasining yuqori qismida joylashgan. Yuqori qatordagi belgilar menyu komandalarini qaytaradi.

Keyingi, ya’ni sxema oynasining yuqorisida joylashgan belgilardan zanjirga ulanuvchi elementlar va o‘lchash asboblarini tanlash uchun foydalaniladi. Diodlarni (Diods) va o‘lchash asboblarini (Inctrumentariy) tanlash oynalari 1.2-rasmda ko‘rsatilgan.

Sxemani uzoq vaqt davomida aktivlashgan holatda ushlab turish maqsadga muvofiq emas. Chunki ma’lumotlarni uzoq vaqt davomida intensiv qayta ishlash natijasida hisoblashlardagi xatoliklar ortib ketishi mumkin. Multisim dasturida ishlash quyidagi uch etapni o‘z ichiga oladi:



1.3-rasm. Multisim dasturining bosh oynasi

- ✓ sxemani tuzish;
- ✓ sxemaga o‘lchov asboblarini ulash;
- ✓ sxemani aktivlashtirish, ya’ni tadqiq qilinayotgan qurilmadagi jarayonlarni hisoblash

Файл menyusi

Fayl menyu fayllar bilan ishlash uchun mo‘ljallangan. Fayl menyusining tashqi ko‘rinishi quyidagicha

Файл/Новый

Ushbu amal bajarilganda joriy sxema yopiladi va yangi nomsiz oyna ochiladi. Undan yangi sxema tuzish uchun foydalaniladi. Sukut bo‘yicha yangi sxemaning nomi Sxema1.ms12 bo‘ladi.

Файл/Открыть

Mavjud faylni ochadi. Faqat *.msl0,".ms9,'.mp8/.prz.cir'.dsn/png .ewb /msl2) ('.msll) XML files (-jcml) kengaytmali fayllarni ochish mumkin.

Файл/Сохранить как

Joriy faylni saqlaydi. Saqlanadigan faylning joyi va nomi ko‘rsatiladi. Saqlanadigan faylga . ms12 kengaytma avtomatik ravishda beriladi.

Файл/Сохранить

Joriy sxema yangi nom bilan saqlanadi. Dastlabki sxema (original) o‘zgarishsiz qoladi. Ushbu komandadan sxemaning nusxasida eksperimentlar qilish uchun foydalanish mumkin

Файл/Импорт

Komanda sxemalarning nostandart fayllarini (.net yoki .cir kengaytmali) standart Multisim ko‘rinishiga o‘tkazadi.

Файл/Экспорт

Sxema faylini .net, .ccr, .cmp, .cir, .plc kengaytmalardan birida saqlaydi.

Файл/Принт

Komanda sxema yoki asboblarni qisman yoki to‘liq bosmaga chiqarish uchun mo‘ljallangan. Ushbu amalni bajarish uchun elementlar qanday tartibda bosmaga chiqariladigan bo‘lsa shunday tartibda tanlanishi (ajratilishi) kerak.

Файл/Выход

Electronics Workbench paketi bilan ishlashni tugallash.

Fayl/Install (Windows)

Multisim dasturining qo‘shimcha komponentlarini o‘rnatish. Buning uchun Multisim dasturining qo‘shimcha komponentlari yozilgan disk zarur bo‘ladi.

Redaktor menyusi

Redaktor menyusi tahrirlash amallarini bajarish imkoniyatini beradi.

Redaktor/Udalit

Sxema yoki matnning ajratilgan komponentlarini o‘chirib tashlash. Bunda o‘chirilgan komponentlar almashtirish buferiga olinadi, u yerdan kerakli joyga qaytadan qo‘yish mumkin.

Redaktor/Vrezat

Ajratilgan komponentlarning nusxasini almashtirish buferiga olish.

Redaktor/vstavit

Almashtirish buferiga olingan komponentlarning nusxalarini aktiv oynaga qo‘yish.

Redaktor/Udalit

Ajratilgan komponentni yo‘qotish. Ushbu komanda yordamida yo‘qotilgan informatsiya qayta tiklanmaydi.

Edit/Copy as Bitmap

Rastrli tasvirning nusxasini almashtirish buferiga olish. Keyin ushbu tasvirdan matnli protseccorlarda yoki tasvirlarni qayta ishlash dasturlarida foydalanish mumkin.

Rastrli tasvirning nusxasini olish uchun quyidagi amallar bajariladi:

a) **Edit/Copy as Bitmap** tanlanadi (kurcor srosshair ga o‘zgaradi);

b) sichqonchaning chap tugmasi bosilgan holda nusxasi olinadigan elementlarning hammasi belgilanadi.

v) sichqonchaning chap tugmasi qo‘yib yuboriladi.

Edit/Show Clipboard

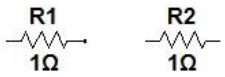
Almashtirish buferini aks ettirish.

Sxemalarni tuzish

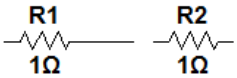
1-bosqich. Asboblar panelidan elementlarni ishchi sohaga o‘tkazish va ularni joylashtirish. Buning uchun element tasvirining ustida sichqonchaning chap tugmasi bosiladi va zarur element ishchi sohaga surib o‘tkaziladi.

2-bosqich. Elementlarni o‘zaro ulash. Buning uchun:

• Sichqonchaning kursori elementning chiqishiga kontaktning qora nuqtasi paydo bo‘ladigan qilib yaqinlashtiriladi;



• Sichqonchaning chap tugmasi bosiladi va bosilgan holatda bog‘lanish hosil qilinishi kerak bo‘lgan elementning chiqishida qora nuqta hosil bo‘lguncha suriladi;



• Sichqonchaning chap tugmasi qo‘yib yuboriladi.

3-bosqich. Elementlarning nominallarini o‘rnatish. Elementning ustida sichqonchaning chap tugmasi to‘xtovsiz ikki marta bosilsa uning xossalar oynasi ochiladi. Xossalar oynasining mazmuni tanlangan elementga bog‘liq ravishda o‘zgarib turadi. Hamma xossalar oynalarida Label (elementning nomi) va Fault (elementdagi nosozliklar) bo‘limlari bo‘ladi.

Element yoki zanjir uchastkasini yo‘kotish uchun u ajratiladi va Delete hamda Enter klavishalari bosiladi.

Sxemalarni loyixalashda koʻpgina amallar sichkonchaning chap tugmasidan foydalanib bajariladi. Sichkonchaning oʻng tugmasi, asosan, elementlar va oʻlchash asboblari xossalarining kontekst menyularini chaqirish uchun ishlatiladi.

Zanjir tuzish uchun quyidagi amallar bajariladi:

- ✓ kerakli elementlarni topish va tanlash;
- ✓ elementlarni sxema oynasining ishchi coxasiga joylashtirish;
- ✓ elementlarni bir-biriga simlar yordamida ulash;
- ✓ elementlar parametrlarining kiymatlarini oʻrnatish.

Kerakli elementlarni topish va tanlash dastur oynasining yuqoridan ikkinchi qatoridagi belgilarning ustida sichkonchaning chap tugmasini bosib va tanlangan elementni sxema oynasiga curish yoʻli bilan amalga oshiriladi. Sxema tarkibiga albatta korpus (yerlanish) koʻshilishi kerak. Yerlanish boʻlmasa sxemaning toʻgʻri ishlashi kafolatlanmaydi.

Multisim dasturida oʻzgaruvchan rezistorar, kondensatorlar va gʻaltaklar mavjud. Ularning parametrlarini belgilarida koʻrsatilgan klavishalarni bosish yoʻli bilan oʻzgartirish mumkin. Parametrlarni sxema ishlayotgan vaqtda ham oʻzgartirish mumkin. Lekin bu xolda hisoblashlarning aniqligi kafolatlanmaydi, natijalarni dasturni qaytadan ishga tushirib tekshirib koʻrish kerak.

Sxema oynasidagi elementlarni yangi joyga surish uchun ularning ustida sichkonchaning chap tugmasi bosilgan holatda kerakli joyga siljitiladi.

Elementlar bir-biriga simlar yordamida ulanadi. Simlarni hosil kilish uchun sichkonchaning chap tugmasi element chikishining ustiga olib kelinadi, doira shaklidagi tugun hosil boʻlishi bilan bosiladi va kerakli tomonga suriladi. Keyingi elementning ulanadigan tuguni koʻrinishi bilan qoʻyib yuboriladi. Hosil kilingan simlarni aichkoncha yordamida aurish ham mumkin.

Sxema oynasida boshqa elementlarga ulanmagan element qolishi mumkin emas.

Elementning parametrlarini oʻzgartirish uchun uning ustiga kursor olib kelinadi va sichkonchaning oʻng tugmasi bosilib hosil boʻlgan kontekst menyudan kerakli punkt tanlanadi. Bundan tashqari, elementning ustida cichkonchaning chap tugmasini ikki marta bosib yoki Circuit menyusidan tanlab Component Properties oct menyusini ochish mumkin. Hosil boʻladigan dialog panelda kerakli parametr oʻrnatiladi.

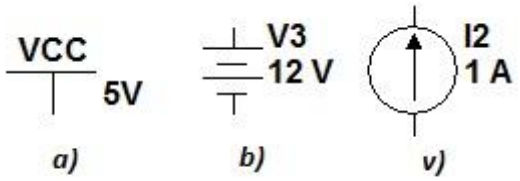
Rezistorlar, kondensatorlar va induktivlik gʻaltaklari uchun paneldagi Zalue boʻlimidan foydalaniladi. Murakkab va aktiv elementlarning,

jumladan, diodlar, tranzistorlar va uzun liniyalarning parametrlari Modelc bo‘limidagi Default va Ideal bo‘limlarini yoki bibliotekadan elementning tipini tanlash yo‘li bilan o‘rnatiladi. Buning uchun Redaktor knopkasidan foydalaniladi.

Elementni sxemadan yo‘qotish uchun uning ustida sichqonchaning o‘ng tugmasi bosiladi va xocil bo‘lgan menyudan Udalit punkta tanlanadi.

Elementlar bazasi. Dasturiy kompleks katta elementlar bazasiga ega. Ulardan eng ko‘p ishlatiladiganlarini ko‘rib chiqamiz.

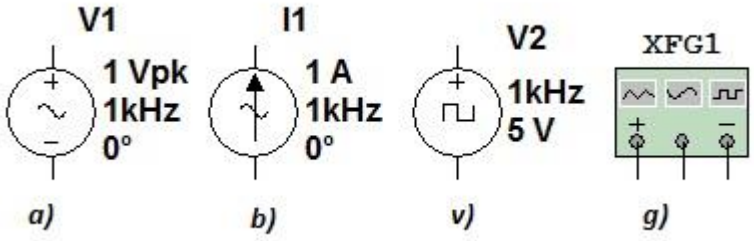
O‘zgarmas tok va kuchlanish manbalari 1.4-rasmda keltirilgan. Ular Courcec asboblar panelida joylashgan va sxemalarni ta’minlash uchun xizmat qiladi.



1.4-rasm. O‘zgarmas tok va kuchlanish manbalari

O‘zgarmas kuchlanish manbasi VCC (1.4-rasm,a) raqamli sxemalarga Q5V kuchlanish (mantiqiy 1) berish uchun ishlatiladi. Batareyadan (1.4-rasm, b) raqamli va analog sxemalarni ta’minlash uchun foydalaniladi. O‘zgarmas tok manbasi 1.4-rasm, v da ko‘rsatilgan.

O‘zgaruvchan kuchlanish va tok manbalari elektron sxemalarning kirish signallari sifatida ishlatiladi (1.5-rasm).



1.5-rasm. O‘zgaruvchan kuchlanish va tok manbalari

O‘zgaruvchan kuchlanish manbasida (1.5-rasm, a) kuchlanishning effektiv qiymati, fazasi va chastotasi beriladi. O‘zgaruvchan tok manbasida (1.5- rasm, b) tokning effektiv qiymati,fazasi va chastotasi o‘rnatiladi. To‘g‘ri burchakli impulslar manbasida (1.5-rasm, v) impulsning amplitudasi, chastotasi va to‘ldirish koeffitsienti ko‘rsatiladi. To‘ldirish koeffitsienti $\frac{\tau_i}{T}100\%$ ga teng, bu yerda τ_i - kirish impulsining

davomiyligi, T – tebranishlar davri. To‘ldirish koeffitsienti element xossalar oynasining Duty Cycle satrida ko‘rsatiladi.

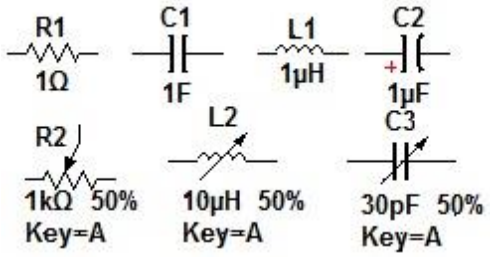
Funktsional generator (1.5 -rasm, g) Inctruments panelida joylashgan, ikkita qarama-qarshi fazali chiqishga ega va sinusoidal, uch burchak, to‘g‘ri burchak shakldagi signallarni hosil qilishi mumkin.

Multisim dasturida qator o‘lchov asboblari mavjud.

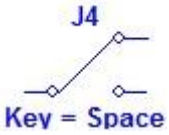
Voltmetr DC rejimida O‘zgarmas va AC rejimida o‘zgaruvchan kuchlanishni o‘lchaydi. Chiqishidagi qalinroq chiziq manfiy potentsialga mos. **Ampermetr** ham AC va DC rejimlariga ega.

Raqamli indikator o‘nli-ikkili hisoblagichning chiqishlariga ulanadi. Chap tomondagi chiqishi yuqori razryadga mos keladi.

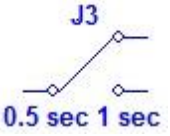
Basic asboblar panelida ***passiv komponentlar*** (1.6-rasm) va ***kommutatsion elementlar*** joylashgan.



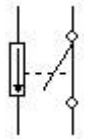
1.6-rasm. Passiv komponentlar



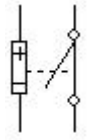
Bir qutbli tumbler. «Пробел» (Space) klavishasi yordamida ulab-uziladi (xossalar oynasida boshqa klavishaga almashtirish ham mumkin).



Ulanib uzilish vaqti dasturlanuvchi vaqt relesi.



Viklyuchatel (rele), kirish kuchlanishining berilgan diapazonida ishlaydi.



Viklyuchatel (rele), kirish tokining berilgan diapazonida ishlaydi.

Aktiv asboblar dickret komponentlar sifatida kiritilgan:

- ✓ diodlar (Diodo‘ paneli);
- ✓ bipolyar, maydonli, MDP tranzistorlar (Transistor paneli);

✓ analog (Analog ICs paneli) ;
✓ raqamli (Digital ICs, Logic Gates, Digital panellari);
✓ analog-raqamli va raqamli-analog o‘zgartkichlar (Mixed ICs paneli paneli).

Nazorat-o‘lchov asboblari

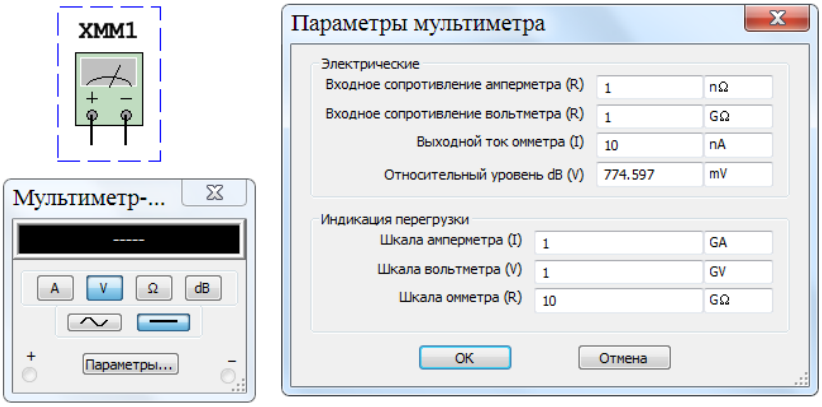
Multisim dasturiy kompleksining Inctrumentlar panelida quyidagi yettita asbobni o‘z ichiga oladi:

1) multimetr;
2) ossillograf;
3) funktsional generator;
4) AChX va FChXlarning o‘lchagichi;
5) mantiqiy signallar generatori;
6) 16-kanalli mantiqiy signallarning analizatori;
7) mantiqiy o‘zgartkich.

Asbobning tasvirida cichqonchaning chap tugmasini to‘xtovciz ikki marta bosib asbobning kattalashtirilgan oynasi hosil qilinadi. Unda asbobning parametrlari cozlanadi.

Multimetr (*Multimeter*) (*1.7-rasm*) tok va kuchlanishning o‘rtacha kvadratik (ta’sir qiluvchi yoki effektiv) qiymatlarini va qarshiliklarni o‘lchash uchun mo‘ljallangan. O‘lchash rejimi mos knopkani bosish yo‘li bilan tanlanadi. Kuchlanishni detsibellarda o‘lchash uchun dV knopkasi bosiladi. Bunda multimetr αq20Ig(|X|) formula bilan aniqlanuvchi (X-o‘lchanayotgan kattalik) α koeffitsientni ko‘rsatadi.

Multimetrning oldingi panelida (1.7-rasm, a) o‘lchash natijalarini aks ettiruvchi displey, sxemaga ulash uchun klemmalar va boshqarish knopkalari joylashgan.



a) *b)*

1.7-rasm. Multimetrning paneli

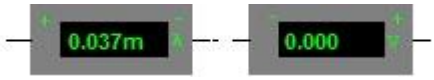
Setting knopkasi bosilsa multimetr panelida dialog oynasi ochiladi (1.7-rasm, b), unda quyidagi belgilanishlar mavjud:

- ✓ Ammer resistance —ampermetrning ichki qarshiligi;
- ✓ Voltmeter resistance —voltmetrning kirish qarshiligi;
- ✓ Ohmmeter current — nazorat qilinayotgan ob'ektdan o‘tayotgan tok;
- ✓ Desibel standard — kuchaytirish va pasaytirishni detsibellarda o‘lchash uchun V1etalon kuchlanishni o‘rnatish (sukut bo‘yicha V_1q_1V).

Bunda uzatish koeffitsienti uchun

$$K[\partial B] = 20 \log \frac{V1}{V2}$$

formuladan foydalaniladi, formulada V_2 — nazorat qilinayotgan nuqtadagi kuchlanish.

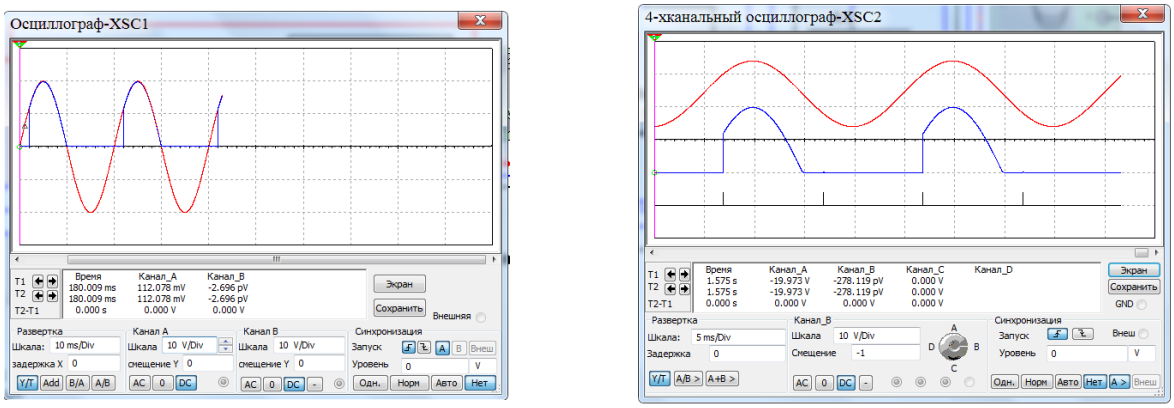


1.8 -rasm. Voltmetr va ampermetr

O‘zgarmas va garmonik tok va kuchlanishlarni o‘lchash uchun multimetrdan tashqari voltmetr va ampermetrlardan (1.8-rasm) foydalanish mumkin. Ular Indicators bo‘limida joylashgan.

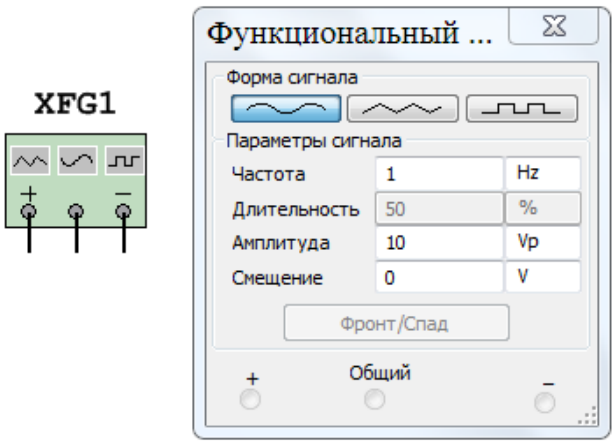
Ossillograf. Ossillograf ikkita va to‘rtta kanalga ega (SHANNEL A va V). Kanallarning sezgirliklari 10 mkV/bo‘l. dan 5 Kv/bo‘l. gacha alohida sozlanishi hamda vertikal bo‘yicha (YPOS) va gorizontal bo‘yicha (XPOS) siljishlar o‘rnatilishi mumkin. Kirish bo‘yicha rejimlar AC (faqat o‘zgaruvchan signal kuzatiladi) va DC (o‘zgaruvchan va o‘zgarmas signal kuzatiladi) tugmalar yordamida tanlanadi. Odatdagi rejim (vertikal bo‘yicha–signalning kuchlanishi, gorizontal bo‘yicha–vaqt) Y/T tugmasi yordamida o‘rnatiladi. V/A rejimda vertikal bo‘yicha V kanalning kuchlanishi, gorizontal bo‘yicha A kanalning kuchlanishi bo‘ladi. V/T rejimda razvertkaning davomiyligini (Time Base) 0,1 nc/bo‘l. dan 1c/bo‘l. gacha o‘rnatish imkoniyati mavjud. Razvyortka kutuvchi rejimda (Trigger) bo‘lishi mumkin. Ushbu rejimda ishga tushiruvchi signalning sathi sozlanishi (Level) hamda uning oldingi yoki keyingi frontidan foydalaniladi (Edge). Razverkani ishga tushirish rejimi Auto (A yoki V kanaldan), A kanaldan, V kanaldan yoki tashqi manbadan (Ext) bo‘lishi tanlanadi. Expand knopkasi bosilganda ossillografning ekrani kattalashadi, ikkita vizir chizi/i paydo bo‘ladi. Ular yordamida kuchlanish, vaqt intervallari va ularning ortishini o‘lchash mumkin. Ossillografning avvalgi holatiga qaytish uchun Reduse knopkasi bosiladi.

Ossillograf (Oscilloscope) A va V kirishlariga keltirilgan ikkita signalni kuzatish imkonini beradi (1.9-rasm).



*1.9-rasm. Ossillograf (*Oscilloscope*)*

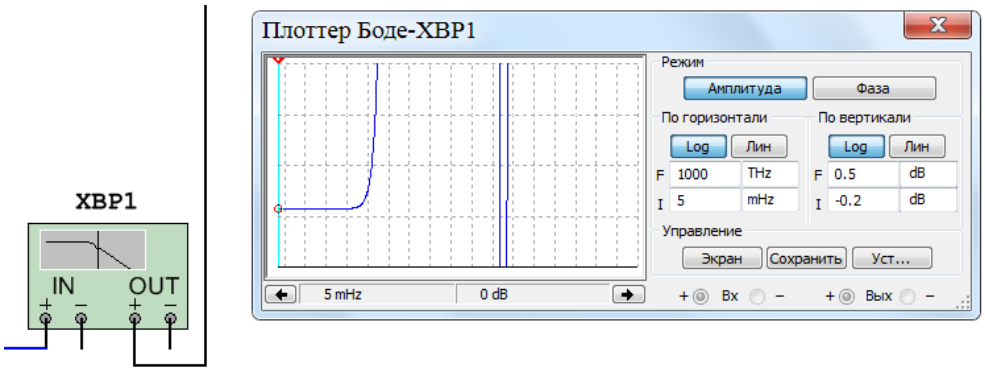
AC rejimi tanlanganda faqat o‘zgaruvchi signallarni kuzatish mumkin (O‘zgarmas signallar uchun yopiq kirish rejimi). Sukut bo‘yicha DC (ochiq kirish) rejimidan foydalaniladi. Bu holda ossillograf ekranida qo‘shimcha ravishda signalning o‘zgarmas tashkil etuvchisi ham aks ettiriladi. Ossillografning kirishini korpusga ulash uchun 0 rejimi tanlanadi. Funktsional generator sinusoidal, uch burchak va to‘g‘ri burchakli signallarni hosil qiladi. Uning dialog panelida signalning chastotasi (Frequtncy) va amplitudasi (Amplitude) beriladi. Bundan tashqari, Offcet bo‘limidan foydalanib chiqish kuchlanishiga o‘zgarmas kuchlanishni qo‘shish mumkin. Impuls davomiyligining signal davri davomiyligiga nisbatining qiymati foizlarda panelning Duty cycle bo‘limida o‘rnatiladi.



1.10-rasm. Funktsional generator (Function Generator)

AChX va FChX o‘lchagich (Bode Plotter). AChX va FChX o‘lchagich (1.11-rasm) to‘rt qutbli sxemalarning amplituda-chactotaviy

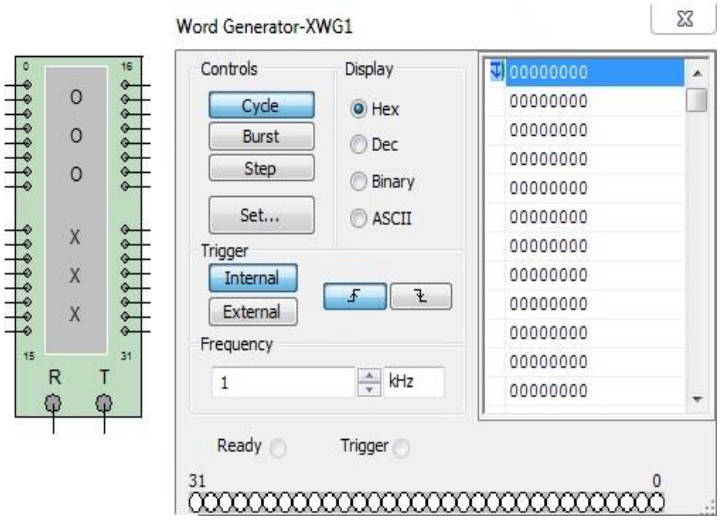
(Magnitude) va faza-chactotaviy (Phase) xaraktericticalarini olish uchun xizmat qiladi. Sxemaning kirishlari o‘lchagichning In klemmalariga, chiqishlari Out klemmalariga va klemmalarning o‘ng kontaktlari korpusga ulanadi. Zanjirning kirishiga garmonik kuchlanish manbasi ham ulanishi kerak.



1.11-rasm. AChX va FChX o‘lchagich

Keyin chiziqli yoki logarifmik masshtab tanlanadi va chastotalar diapazoni ko‘rsatiladi.

O‘lchagich AChX (Magnitude knopkasi bosilganda) va FChX (Phase knopkasi bosilganda) larni logarifmik yoki chiziqli masshtabda (Log yoki Lin knopkalari bosilganda) tahlil qilish uchun xizmat qiladi. O‘lchagichni sozlash vertikal o‘q bo‘yicha uzatish koeffitsientlarini va gorizontal o‘q bo‘yicha chactotalarni o‘rnatish yo‘li bilan amalga oshiriladi (F-maksimal qiymatlar, I-minimal qiymatlar). AChX-FChX larning qiymatlari vizir chiziqni surish yoki ← va → knopkalarni bosish yo‘li bilan o‘qiladi. O‘lchagichning In va Out kirishlari tadqiq qilinayotgan qurilmaning kirishi va chiqishiga ulanadi.



1.12-rasm. Mantiqiy signallar generatori (Word Generator)

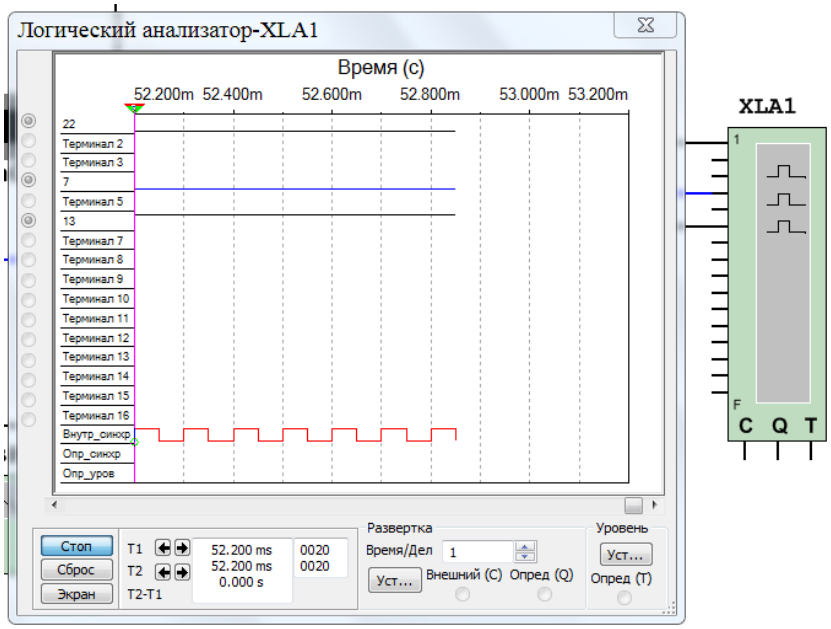
Mantiqiy signallar generatori (1.12-rasm) chiqishlarida berilgan chastota (Frequency) bilan qaytariluvchi 16 razryadli ikkilik signalni hosil qilish uchun mo‘ljallangan. Signallarning o‘n oltilik qiymatlari klaviatura yordamida chap katta oynaga yoziladi. O‘lchamlari kichikroq bo‘lgan boshqa ikkita oynaga signalning ikkilik (Binary) yoki ASCII -kodlardagi qiymatini yozish mumkin.

Masalan, 1.12-rasmda chiqish klemmalarida o‘n oltilik 003F songa mos keluvchi ikkilik son o‘rnatilgan.

Signallarning boshlan/ich (Initial) va so‘nggi (Final) nomerlarini o‘rnatish va kerakli signalni topish uchun Address blokidan foydalaniladi. Address blokida tahrir qilinadigan (Edit) va chiqishdagi (Current) signallarning adresslarini ham o‘rnatish mumkin.

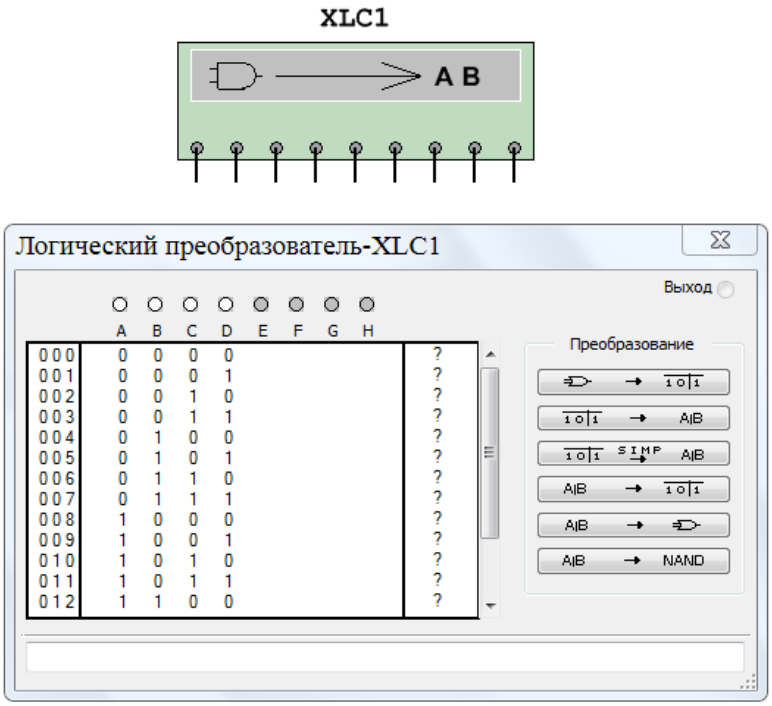
Odatda, generatorning oldingi front bo‘yicha ichki (Internal) sinxronizatsiyasi (trigger) va mantiqiy signallarni siklik berish rejimidan (Current) foydalaniladi. Sinxronizatsiya uchun berilgan (Frequency) chactotali ma’lumotlar tayyorligining mantiqiy (Data ready) signalini ham berish mumkin.

Mantiqiy signallar analizatori (Logic Analyzer) (1.13-rasm) ikkilik kodlarni akc ettirish uchun mo‘ljallangan. Mantiqiy signallarni to‘g‘ri ko‘rsatish uchun Set knopkacini bosib asbobning ichki chastotasini mantiqiy signallar generatorining chastotasidan yuqoriroq qilib qo‘yish va impulslar sonini (Clock per division)) 1-3 olish kerak. Asbobda kursor yordamida siljitiluvchi ikkita vizir liniya bor.



1.13-rasm. Mantiqiy signallar analizatori (Logic Analyzer)

Mantiqiy o‘zgartkich (Logic Converter) (1.14-rasm) kombinatsion sxemalar bilan amallar bajarish uchun mo‘ljallangan. Uning yordamida quyidagi o‘zgartirishlarni amalga oshirish mumkin:



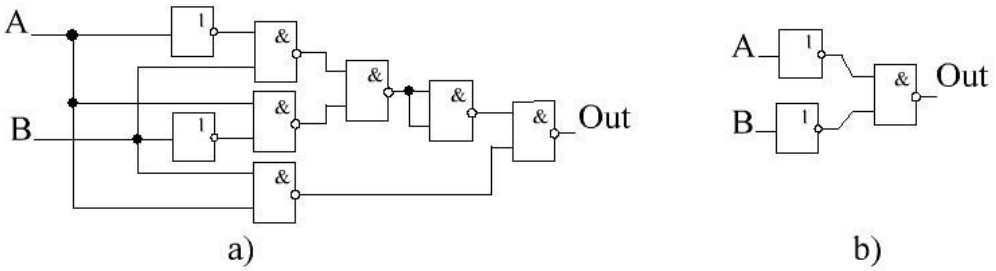
1.14-rasm. Mantiqiy o‘zgartkich (Logic Converter)

- ✓ haqiqiylik jadvalini mantiqiy funktsiyaga;
- ✓ mantiqiy funktsiyani haqiqiylik jadvaliga;
- ✓ haqiqiylik jadvalini qurilma sxemasiga;
- ✓ qurilma sxemasini haqiqiylik jadvaliga;
- ✓ mantiqiy funktsiyani qurilma sxemasiga;
- ✓ mantiqiy funktsiyalarni soddalashtirish va h.k.

Masalan, 1.15-rasmda mantiqiy o‘zgartkichning oynasida A va B kirishlarga ega bo‘lgan kombinatsion qurilmaning haqiqiylik jadvali va hosil qilingan mantiqiy funktsiya ko‘rsatilgan. Mantiqiy funktsiyani SIMP yozuviga ega bo‘lgan knopkani bosish yo‘li bilan soddalashtirish mumkin. Ularga mos keluvchi qurilmalarning sxemalari

yoki

tugmalarni bosish yo‘li bilan hosil qilinadi (1.15-rasm, a va b).



1.15-rasm. Mantiqiy o‘zgartkich yordamida hosil qilingan sxemalar

2 - laboratoriya ishi
Passiv elektron komponentalardan iborat bo‘lgan ketma-ket va parallel zanjirlarni elektron modelini tuzish va modelda tekshirish

Maqsad: ketma-ket va parallel ulangan o‘tkazgichlar orqali tokning o‘tish (oqish) qonuniyatlarini o‘rganish va ushbu qismlarning qarshiligini hisoblash formulasini topish. Tajribaviy usul orqali elektr energiyasini qabul etuvchi elementlar aralash ulangan zanjirda doimiy tokning asosiy qonuniyatlarini tekshirish.

Asosiy nazariy qoidalar

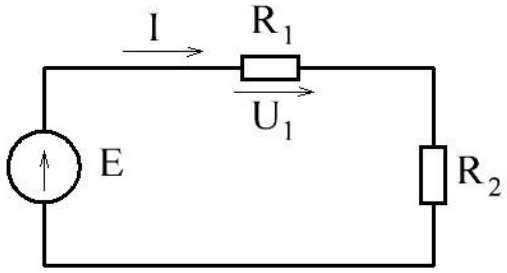
Elektr toki eng ahamiyatli elektr hodisasi bo‘lib, u zaryadlangan zarrachalar (elektronlar)ning tartibli harakatidan iborat. Elektr toki yuzaga kelishi uchun elektr zanjirining mavjudligi zarur.

Elektr zanjiri – bu elektr tokining yopiq yo‘li bo‘lib, elektr energiya manbai, elektr energiyasi qabul qiluvchilar, ulovchi simlar, bo/lovchi qurilmalar, o‘lchov asboblari.

Manba elektr energiyasini har qanday boshqa turdagi energiyaga aylantiradi. Qabul qiluvchi – elektr energiyasini istemolchiga zarur energiya turiga aylantiradi.

Tarmoqlanmagan elektr zanjirini hisoblash uchun Om qonuni qo‘llaniladi.

EYuK manbaiga ega bo‘lgan elektr zanjiri uchun Om qonuni (2.1-rasm): zanjirdagi tok EYuK manbaiga to‘g‘ri va qarshiliklar yig‘indisiga teskari proportsional:



$$i = \frac{E}{(R_1 + R_2)}$$

2.1-rasm Om qonuni

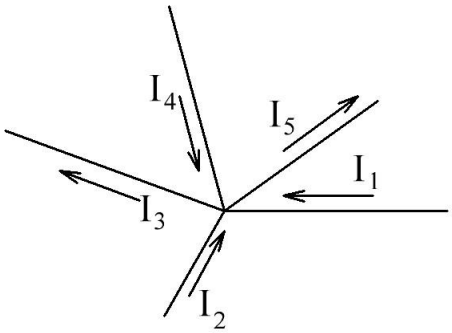
Zanjir qismi uchun Om qonuni:

$$Iq\frac{U_1}{R_1} \quad (2.1)$$

R_1 qarshilik orqali o‘tayotgan tok U_1 ushbu joydagi kuchlanishga to‘g‘ri va qarshilikka teskari proportsional.

Tarmoqlangan zanjirlar uchun Kirxgofning ikkita qonuni qo‘llaniladi va ularni Kirxgof qoidalari deb ham atashadi. Ikkala qonun ham ko‘plab tajribalar natijasida o‘rnatilgan bo‘lib, energiyaning saqlanish qonuni mahsuli hisoblanadi.

Kirxgofning birinchi qonuniga ko‘ra, elektr zanjirining tarmoqlanish nuqtasidagi toklarning algebraik yig‘indisi nolga teng (2.2-rasm):

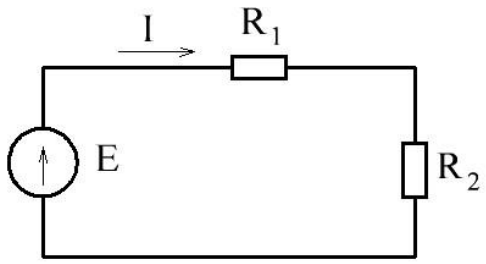


$$\sum_{k}^{K} \pm I_k = 0$$

$$I_1 + I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

2.2-rasm Kirxgofning birinchi qonuni

Kirxgofning ikkinchi qonuniga ko‘ra yopiq kontur (zanjir)dagi EYuK larning algebraik yig‘indisi ushbu kontur (zanjir) dagi kuchlanishlar pasayishining algebraik yig‘indisiga teng (2.3-rasm):



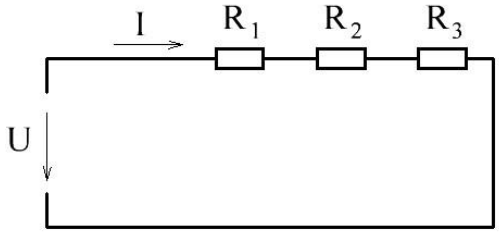
$$\sum_{n=1}^{N} E_n = \sum_{k=1}^{K} (\pm U_k).$$

$$U = IR_1 + IR_2$$

2.3–rasm Kirxgofning ikkinchi qonuni

Keltirilgan qonunlar bo‘yicha hisoblash tenglamalarini tuzishda, ushbu elektr zanjiridagi elementlar o‘zaro qanday ulanganligini inobatga olish zarur.

Ketma-ket ulanishda elektr zanjirining barcha elementlari orqali aynan bir xil tok o‘tadi (2.4-rasm):

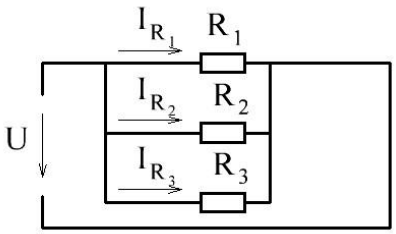


$$R_{um} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$I = \frac{U}{R_{um}}$$

2.4-rasm Ketma-ket ulangan elektr zanjiri

Zanjirdagi elementlarning parallel ulanishida, barcha elementla aynan bir xil kuchlanish ostida bo‘ladi (2.5-rasm):

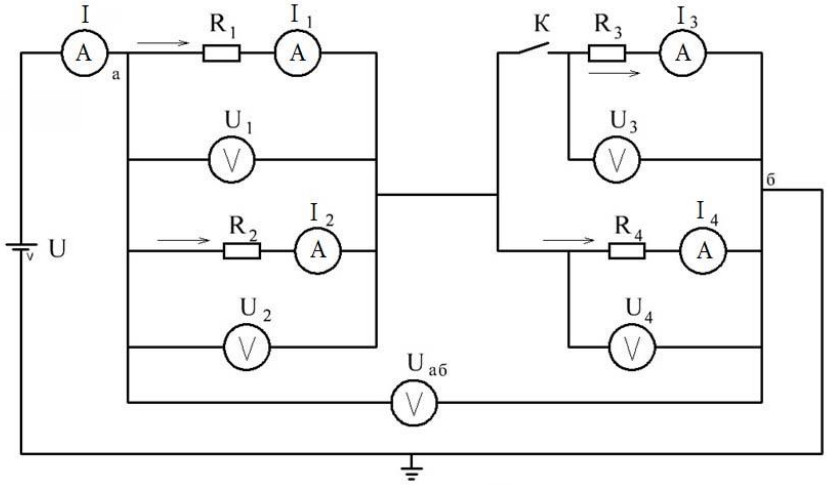


$$\frac{1}{R_{um}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$I = \frac{U}{R_{um}}$$

2.5-rasm Parallel ulangan elektr zanjiri

Elektr energiyasi istemolchilarining aralash ulanishida, bir qism istemolchilar parallel va boshqa qissmi ketma-ket ulanadi. (6-rasm)

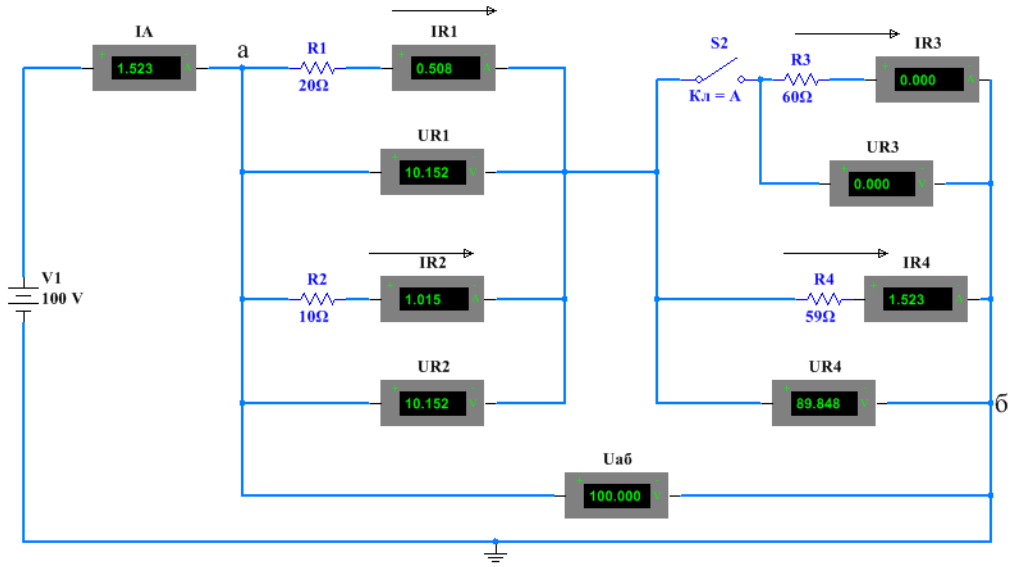


2.6-rasm Aralash ulash

Ishni bajarish uchun topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar. Istemolchilarni parallel va ketma-ket ulashnish sxemalarini o‘rganish

1-Topshiriq. Multisim laboratoriya tizimi va MS12 muhitini ishga tushiring. MS12 muhitining ishchi maydonida ***Passiv elektron komponentlar(tarkib)dan iborat ketma-ket va paralllel zanjirlarni***

o‘rganish. sxemasini yig‘ing (2.7-rasm) yoki MS12 muhitning xxxx faylida joylashgan **xxxx.ms12 faylni** oching.



2.7-rasm Aralash ulash

1. Zanjir elementlari parametrlari jadvalga mos ravishda berilsin

(2.1- jadval):

№ varianta	1	2	3	4	5	6	7
I, A	2	4	1	2	4	1	2
U,v	100	200	400	100	200	400	200
R_1,Om	20	10	50	20	40	20	40
R_2,Om	10	20	50	40	20	40	20
Rz,Om	60	40	20	60	40	60	40
R_4,Om	40	60	40	40	60	20	60

2. Jadvalga asboblar ko‘rsatkichlarini yozing :

2.2- Jadval

Kalit holati	Zanjir parametrlari	Asbob ko‘rsatkichlari	Hisoblangan qiymatlar
Kalit ochiq	U_{ab},V		
	I,A		
	I_{R1},A		

	U_{R1},V		
	I_{R2},A		
	U_{R2},V		
	I_{R3},A		
	U_{R3},V		
	I_{R4},A		
	U_{R4},V		
Kalit yopiq	U_{ab},V		
	I,A		
	I_{R1},A		
	U_{R1},V		
	I_{R2},A		
	U_{R2},V		
	I_{R3},A		
	U_{R3},V		
	I_{R4},A		
	U_{R4},V		

2-Topshiriq. 2. Sxema tarmoqlaridagi tok qiymatlari va zanjir qismlaridagi kuchlanishni hisoblang va ularning qiymatlarini 2.2.-jadvalga kiriting. Hisoblangan qiymatlar asbob ko‘rsatkichlariga mos tushishi kerak.

Om qonunidan foydalanib zanjirni hisoblang:

2.1. Zanjirning ekvivalent qarshiligini aniqlang:

$$R_{um} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_4 \qquad (2.2)$$

2.2. Zanjirning tarmoqlanmagan qismini I tokini toping:

$$I = \frac{U}{R_{um}} \qquad (2.3)$$

2.3. U_{R1} va U_{R2} kuchlanishlarni aniqlang. U_{R1} va U_{R2} kuchlanishlar o‘zaro teng, chunki R_1 i R_2 elementlar parallel ulangan.

$$U_{R1} = U_{R2} = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad (2.4)$$

2.4. U_{R3} va U_{R4} U_{R3} kuchlanishlarni aniqlang, chunonchi R_3 qarshilikli tarmoq uzilgan.

$$U_{R4} = IR_4 \qquad (2.5)$$

2.5. Sxemaning tarmoqlaridagi toklarni aniqlang:

$$I_{R1} = \frac{U_{R1}}{R_1}; \quad I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2}; \qquad (2.6)$$

I_{R3} q0, chunki R_3 qarshilikli tarmoq uzilgan.

$$I_4 = \frac{U_{R4}}{R_4}; \qquad (2.7)$$

2.6. Kirxgof qonunlarining bajarilishini tekshiring:

Kirxgofning birinchi qonuni:

$$I = I_{R1} + I_{R2} = I_{R4}; \qquad (2.8)$$

Kirxgofning ikkinchi qonuni:

$$E = U_{R1} + U_{R2} = U_{R4}; \qquad (2.29)$$

2.7. Quvvatlar balansi tenglamasini tuzing.

Sxemaga R_3 qarshilikni ulab, kalitni yoping. 2.2-jadvalga asboblarnning ko‘rsatkichlarini yozib oling.

3-Topshiriq. Kalit yopilgan holatdagi zanjirning tarmoqlaridagi tokni va kuchlanishni hisoblang va ularning qiymatlarini 2.2.-jadvalga yozib oling. Hisoblangan qiymatlar asboblarning ko‘rsatkichlariga mos tushishi lozim.

Hisobot tarkibi

1. Ishning nomi va maqsadi.
2. Tajribada foydalaniladigan asboblarning ro‘yxati va ularning qisqacha tavsiflari.
3. O‘lchov va hisoblashlar jadvali.
4. Hisoblash formulalari.
5. Ish bo‘yicha xulosalar.

Nazorat savollar:

1. Qarshiliklarning ketma-ket va parallel ulanishida doimiy tok zanjirida qarshiliklarni hisoblash formulasini yozing.
2. Yopiq kontur va zanjirning qismi uchun Om qonunini tariflang.
3. Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlarini tariflang, belgilar qoidasini tushuntiring.
4. EYuK va tok manbalarini tariflab bering.
5. Elektr zanjiri quvvatini tariflab bering. Quvvatlar balansi tenglamasini ifodalang.

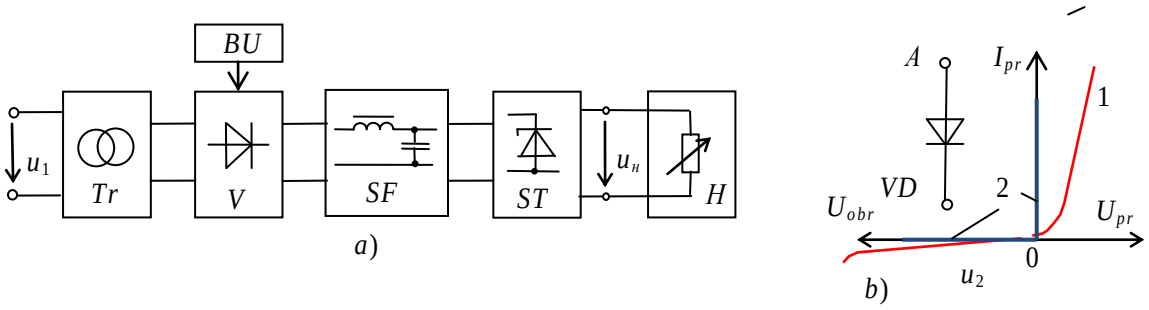
3 - laboratoriya ishi
Bir fazali bir yarim davrli to‘g‘rilagichning elektron modelini tuzish va modelda to‘g‘rilagichni tekshirish

Ishning maqsadi: Bir fazali bir - va ikkita yarim davrlik to‘g‘irlash sxemasi va silliqlovchi *LC*-filtrlarni o‘rganish. Boshqariladigan va boshqarilmaydigan to‘g‘irlagichlar volt-amper xarakteristikalarini yasash.

Nazariy ma’lumotlar va hisoblash formulalari
Umumiy qoidalar

To‘g‘irlagich (ikkilamchi elektr ta’minoti manbai) deb, o‘zgaruvchan kuchlanish va tokni doimiyga aylantirishga xizmat qiluvchi qurilmaga aytiladi.

3.1 a-rasmda yarim o‘tkazgichli elementlardan yasalgan, transformator, to‘g‘irlovchi blok, silliqlovchi va stabilizator (turg‘unlashtiruvchi)dan iborat bo‘lgan bir fazali to‘g‘irlagichning umulashtirilgan tarkibiy sxemasi keltirilgan.



3.1-rasm Yarim o‘tkazgichli elementlardan yasalgan transformator

Tp Transformator U_1 kirish (umumtarmoq) kuchlanishi va *H* chiqish istemolchidagi to‘g‘irlangan U_n kuchlanishni muvofiqlashtiradi. *B* diodlar (ventiley) bloki o‘zgaruvchan tokni to‘g‘irlovchi vazifani bajaradi. Istemolchi *H* qarshiligidagi kuchlanish (tok)ni to‘g‘irlashnining o‘zgarib turishi (pulsatsiyasini)ni kamaytirish uchun silliqlovchi filtr $C_Ф$ qo‘llaniladi.

Boshqariladigan to‘g‘irlagich uchun boshqaruv bloki ББ talab etiladi va bu blok jo‘mraklar tizimini boshqarish va U_n chiqish kuchlanishi sathini boshqarish uchun avtomatik tartibga solgich (regulyator)dan iborat bo‘ladi. Boshqarilmaydigan to‘g‘irlagich esa, qarshilik va tarmoq kuchlanishi va toki tebranishida nominal sathni saqlab turadigan turg‘unlashtiruchi (stabillashtiruvchi) blok kiritiladi. Ish sharoiti va

qo‘yiladigan talablarga qarab to‘g‘irlagichlar tarkibiga ba’zi bir bloklar kiritilmasligi mumkin.

O‘zgaruvchan tokni doimiy tokka aylantirish, jo‘mrak (bir tarafga o‘tkazuvchanlik) xususiyatiga ega bo‘lgan nosimmetrik VAX ga ega nochiziqli elementlar yordamida amalga oshiriladi. Bu xususiyatlar elektrovakuumli, ionlik va yarim o‘tkazgichlik asboblarga xos. Bu ishda, hozirgi kunda keng qo‘llanilayotgan yarim o‘tkazgichli to‘g‘irlagichlar - diodlar o‘rganiladi.

Benuqson (ideal) elektr jo‘mragi (ventili)da hech qanday yo‘qotishlar bo‘lmaydi, uning qarshiligi anoddan A katodga K yo‘nalishida nolga teng(1b-rasm), o‘tkazmaydigan holatda cheksizdir, VAX esa 2 ko‘rinishga ega, VAX 1dan farqli o‘laroq. Oddiy jo‘mrak (diod) lar boshqarilmaydigan va uchinchi (boshqaruvchi) elektrodga ega jo‘mraklar (tiristorlar, tranzistorlar, elektron lampalar) boshqariladigan jo‘mraklarning keng sinfini tashkil etadi.

Ko‘rilgan jo‘mraklar turlari va qo‘yiladigan talablar va asboblarni kuchlanish bilan ta’minlashning sifatiga qarab, har xil turdagi to‘g‘irlash sxemalariga ega ***to‘g‘irlagichlar*** (vipryamitel) deb ataladigan asboblar yasaladi.

To‘g‘irlagichlarni alomatlariga ko‘ra sinflash:

- ✓ *boshqariladigan va boshqarilmaydigan;*
- ✓ *bir taktli va ikki taktli;*
- ✓ *bir fazali va ko‘p fazali (ko‘pincha uch fazali);*
- ✓ *kichik (1 kVt gacha), o‘rtacha (100 kVt) va katta (100 kVtdan yuqori) quvvatli;*
- ✓ *past (25 V), o‘rtacha (1000 kVt gacha) va yuqori (1000V dan baland)kuchlanishli;*

To‘g‘irlagichning asosiy parametrlari:

- ✓ $U_{o‘r}$ *(*$I_{o‘r}$*) – qarshilikdagi to‘g‘irlangan kuchlanish (tok)ning o‘rtacha qiymati;*
- ✓ $U_{m.og}$ *- to‘g‘irlanayotgan kuchlanishning asosiy garmonikasining amplitudasi;*
- ✓ q_n *q* $U_{m.og}/U_{ur}$ *–to‘g‘irlanlangan kuchlanishning o‘zgarib turishi;*
- ✓ *C – transformator quvvati (voltamperlarda – V·A yoki kilovoltamperlarda – kV·A);*
- ✓ $I_{to‘/.o‘r}$ *– jo‘mrakning o‘rtacha to‘g‘ri toki;*
- ✓ $U_{to‘/.o‘r}$ *–* $I_{to‘g‘.o‘r}$ *tokdagi jo‘mrakdagi o‘rtacha kuchlanish (2V dan kam);*

✓ $U_{tes.max}$ *i* $I_{to'g'.max}$*- teskari kuchlanishning maksimal mumkin qiymati va jo'mrakning to'g'ri toki;*

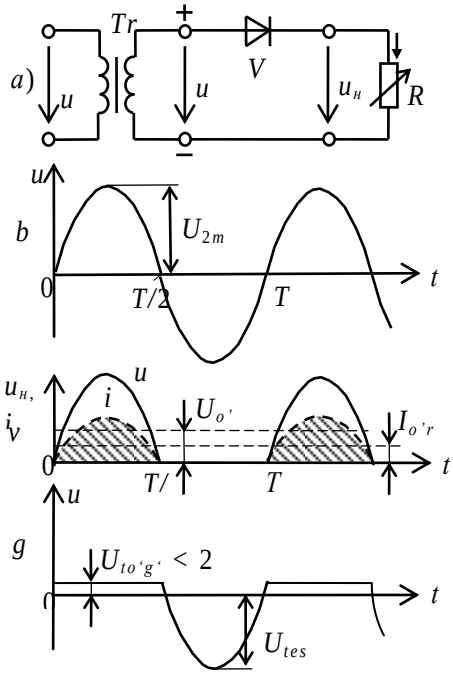
Boshqarilmaydigan to'g'irlagichlar

Bir fazali boshqarilmaydigan o'zgaruvchan tok to'g'irlagichlari quvvati o'nlab vattdan to yuzlab vattgacha bo'ladi. Bir fazali to'g'irlagichlarning asosiy sxemasi bir yarim davrli va ikki yarim davrli (ko'prikli yoki o'rtacha nuqtali) bo'ladi.

Bir fazali bir yarim davrli, aktiv qarshilikli to'g'irlash sxemasi (3.2a-rasm), eng mashhur oddiy to'g'irlash sxemasi hisoblanadi. U *Tr* kuch transformatoridan, bitta *VD* jo'mrak (diod) dan va istemolchi R_n qarshilikdan iborat. Bunda transformatorning birlamchi tutami u_1 kuchlanishli o'zgaruvchi tok zanjiriga, transformatorning u_2 kuchlanishli ikkilamchi tutamiga *VD* diod va R_n qarshilik ketma-ket ulangan bo'ladi.

Transformatorning ikkilamchi chulg'amidagi U_2 kuchlanishning vaqt diagrammalari, qarshilikladagi U_n va jo'mrakdagi U_d kuchlanishlar 3.2 *b*, *v va g* rasmlarda keltirilgan.

Qarshilikdagi tok faqat transformator ikkilamchi chul/am kuchlanishining musbat yarim davrida oqib o'tadi, qachonki diod anodidagi kuchlanish katodidagiga qaraganda musbatroq bo'lganda. Bunda dioddagi kuchlanish $U_{to'g'} < 2$ V bo'lib, manfiy yarim davrda u_2 diod yopiq va dioddagi maksimal teskari kuchlanish $U_{tes.max} \approx U_{2m}$.ga teng bo'ladi.



3.2- rasm Aktiv qarshilikli to'g'irlash sxemasi

R_n istemolchidagi tok faqat sinusiodal kuchlanishning bir yarim davrida oqib o‘tadi va shu tufayli to‘g‘irlagich - ***bir yarim davrli*** deb ataladi.

Bu davr ichidagi to‘g‘irlangan kuchlanish va tok :

$$U_{o'rt} = U_{2m}/\pi \approx 0{,}318U_{2m};\ I_{o'rt} = I_{2m}/\pi \approx 0{,}318I_{2m}. \quad (3.1)$$

To‘g‘irlangan kuchlanishning Fure qatoriga yoyishdan topilgan asosiy garmonikasi amplitudasi:

$$U_{m.og} = U_{2m}/2. \quad (3.2)$$

Bunda ***o‘zgarib turish (pulsatsiya) koeffitsienti:***

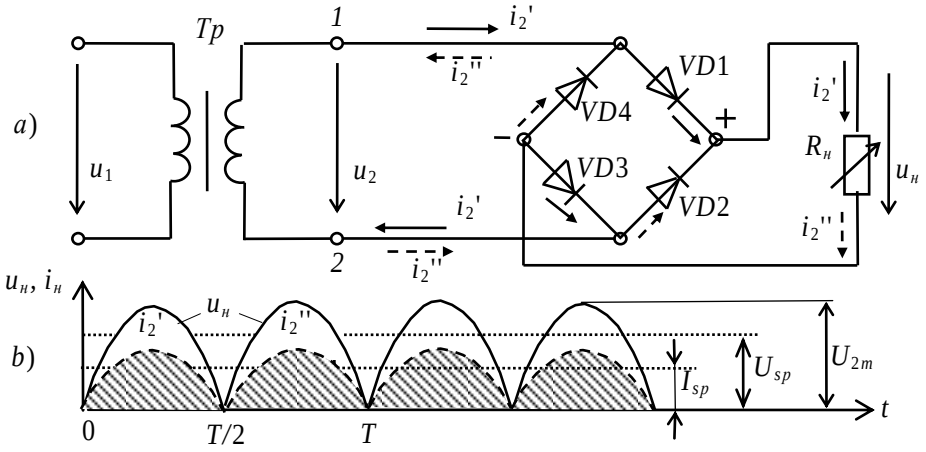
$$q_n = U_{m.og}/U_{o'rt} = \pi/2 \approx 1{,}57. \quad (3.3)$$

Bir fazali yarim o‘tkazgichli to‘g‘irlagichlar kam tok tok va yuqori kuchlanish talab etuvchi qurilmalarni ta’minlayda, masalan elektron-nurli trubkalarni, rentgen trubkali apparatlarni va boshqalarni ta’minlashda ishlatiladi.

Bu to‘g‘irlagichlarning kamchilikchilariga ulardagi bir xil qutbli tok bo‘lib, u ikkinchi chulg‘amdan o‘tayotib transformator o‘zagini magnitlantiradi, uning xarakteristikalarini o‘zgartiradi va FIK ni kamaytiradi; to‘g‘irlangan kuchlanish qiymatining kichikligi ($U_{sr} \approx 1/3U_{2m}$); o‘zgarib turish (pulsatsiya) ning yuqoriligi (q_n = 1,57) va dioddagi teskari kuchlanishning kattaligi ($U_{obr} \approx U_{2m}$).

Ko‘prik sxemali ikkita yarim davrlik to‘g‘irlagich (3.3a-rasm) ko‘prik sxemasi bo‘yicha ulangan *Tr* transformator va to‘rtta dioddan iborat.

Ko‘prikning bitta diagnali transformatorning ikkinchi chulg‘ami va ikkinchi



3.3-rasm Ko‘prik sxemali ikkita yarim davrlik to‘g‘irlagich

diagnali esa R_n qarshilik bilan ulangan. Qarshilikning musbat qutbi qilib jo‘mrak katodlarining umumiy bog‘lanish nuqtasi, manfiy qutbi qilib anodlarning bog‘lanish nuqtasi tanlanadi. 3.3b-rasmda to‘g‘irlangan u_n kuchlanish va i_n toknning vaqt diagrammalari keltirilgan.

Ikkinchi yarim davr ikkilamchi chulg‘amning 1 nuqtasida manfiy potentsal, 2 nuqtasida esa musbat potentsial bo‘lganida, i_2'' tok *VD*2 jo‘mrak, R_n qarshilik va *VD*4 jo‘mrak orqali bitta chiziqli ko‘rsatkich orqali yo‘nalishda oqib o‘tadi. *Bunda VD*1 va *VD*3 jo‘mraklar bu paytda yopiq bo‘ladi, chunki ular teskari kuchlanish ostida bo‘lishadi.

Shunday qilib, R_n, qarshilik orqali o‘tayotgan i_2' va i_2'' toklar yo‘nalishi bir xil. Bunda qarshilikdagi kuchlanish va tok egri chiziqlari (3.3,b-rasm) (diodlarga to‘g‘ri kuchlanish berilganda $U_{pr} \approx 0$) qiymat va shakl jihatdan transformator ikkilamchi chulg‘amining kuchlanish va tokning to‘g‘irlangan yarim davrlarini takrorlaydi. Ular noldan to maksimal qiymatgacha o‘zgarib turadi.

To‘g‘irlangan kuchlanish va tokning o‘rtacha qiymati (doimiy tartibli) :

$$U_{o'r} = (2/\pi)U_{2m} \approx 0{,}636U_{2m}; \qquad (3.4)$$

$$I_{o'r} = (2/\pi)I_{2m} \approx 0{,}636I_{2m}, \text{ bunda } I_{2m} = U_{2m}/R_н. \qquad (3.5)$$

To‘g‘irlangan kuchlanishning Fure qatoriga yoyishdan topilgan asosiy (ikkilamchi) garmonikasi amplitudasi:

$$U_{m.og} = (4/3\pi)U_{2m} \approx 0{,}424U_{2m}. \qquad (3.6)$$

Bunda ***o‘zgarib turish (pulsatsiya) koeffitsienti:***

$$q_n = U_{m.og}/U_{cp} = 2/3 \approx 0{,}667. \qquad (3.7)$$

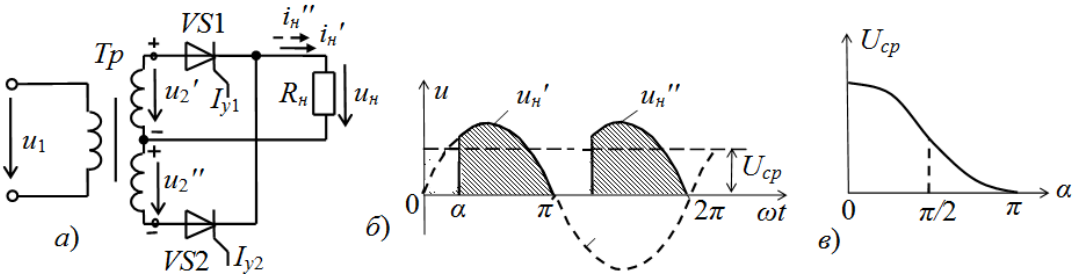
Jo‘mrakdagi teskari kuchlanish $U_{ots_max.}$ q U_{2m}

To‘g‘irlashning ikita yarim davrli sxemasida, bir yarim davrliga qaraganda transformatordan unumliroq foydalaniladi, garchi o‘zgarib turish (pulsatsiya) koeffitsienti pasaygan ($q_p \approx 0{,}67$) bo‘lsada, uning qiymati yuqoriligicha qoladi.

Boshqariladigan to‘g‘irlagichlar

Boshqariladigan to‘g‘irlagichlarga bo‘lgan talab tobora ortib bormoqda. Ushbu istemolchilar uchun tiristorli to‘g‘irlagichlar qo‘llaniladi: kichik tok istemolchilari uchun bir fazali va katta quvvatli istemolchilar uchun esa uch fazali to‘g‘irlagichlardan foydalaniladi.

3.4a-rasmda, chiqishi transformatorning nol nuqtasida bo‘lgan bir fazali to‘g‘irlagich sxemasi keltirilgan. To‘g‘irlagichning jo‘mragi sifatida *VS*1 va*VS*2 tiristorlardan foydalanilgan.



3.4-rasm Bir fazali to‘g‘irlagich sxemasi

3.4a-rasmda ko‘rsatilgan *Tr* transformatorning ikkilamchi kuchlanish qutblanishida *VS*1 tiristor i_n' tokni o‘tkazishi mumkin, agarda uning boshqarish elektrodiga I_{y1} boshqaruv signali berilsa. Bu signal tabiiy tayanch ochish paytiga nisbatan fazali siljish α burchak - boshqaruv burchagi ostida beriladi (3.4,b-rasm). Tiristorning tabiiy ochish payti bo‘lib tiristor anodi va katodi orasida musbat kuchlanishning paydo bo‘lish payti hisoblanadi (α=0 bo‘lganda).

Tiristorni R_n aktiv qarshilik orqali ishga tushirilganda $\omega t = \alpha$ vaqt paytida qarshilikdagi u_n kuchlanish sakrash orqali $u_n' = u_2'$ ga qiymatga ko‘tariladi (benuqson tiristor va transformatorlarda). $\omega t = \pi$ vaqt paytida jo‘mrak va qarshilik toki nolga tenglashadi va *VS*1 ***tiristor yopiladi***. *VS*2 tiristor ochilguncha qarshilikda toksiz tanaffus (pauza) hosil bo‘ladi va qarshilikka energiya berilmaydi. $\omega t = \pi + \alpha$ vaqt paytida *VS*2 tiristorga boshqaruvchi impuls va qarshilikka u_n'' kuchlanish uzatiladi va *VS*2 ***tiristor ochiladi***. Bunda, tok oldingi yo‘nalishini saqlagan holda transformatorning pastki chulg‘ami, *VS*2 tiristor va qarshilik orqali o‘tadi. $\omega t = 2\pi$ vaqt paytida *VS*2 tiristor o‘chishi sodir bo‘ladi.

Qarshilikdagi kuchlanish va o‘zgarib turish (pulsatsiya) koeffitsientining o‘rtacha qiymati:

$$U_{\text{ўр}} = \frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi} U_{2m}\sin\omega t d\omega t \approx \frac{U_{2m}}{\pi}(1+\cos\alpha); \qquad (3.8)$$

$$q_{n(\alpha)} = \frac{2}{n^2-1}\sqrt{1+n^2\text{tg}^2\alpha}, \qquad (3.9)$$

bu erda $p \geq 2$ – to‘g‘irlangan kuchlanish asosiy garmonikasining tartib raqami.

3.4*v*-rasmda boshqaruv burchagining oshishida U_{sr} o‘rtacha kuchlanish va I_{sr} o‘rtacha tokning pasayishi ko‘rsatilagan. $U_{sr}(\alpha)$ bog‘liqlikni to‘g‘irlagichning ***boshqaruv xarakteristikasi*** deb ataladi. Tiristorlarga beriladigan boshqaruv signallarining faza kechiktirishlari impulsli faza boshqaruvi tizimi orqali amalga oshiriladi.

Silliqlovchi filtrlar

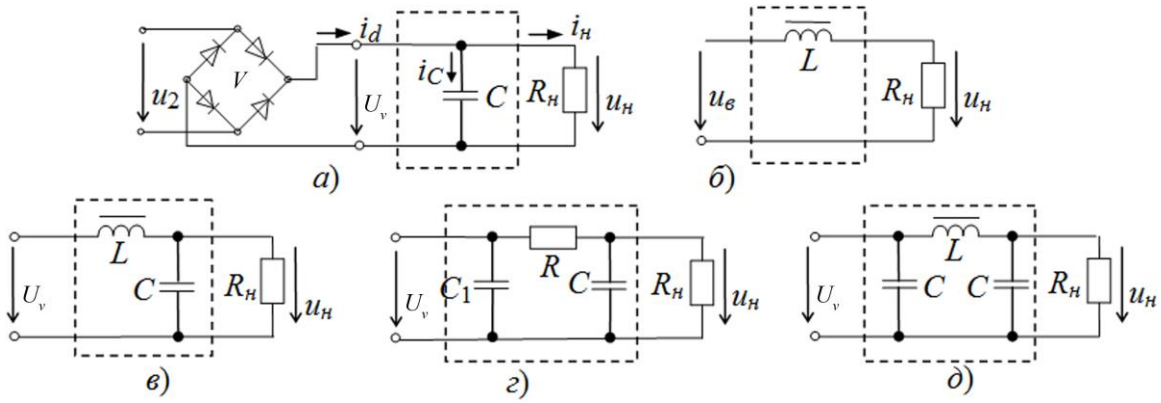
Elektron qurilmalarni kuchlanish bilan ta’minlashdagi o‘zgarib turish (pulsatsiya) darajasiga bo‘lgan talablar juda yuqori bo‘lib, jumladan ruxsat etilgan q_n o‘zgarib turish (pulsatsiya) koeffitsientlari: ikki taktli kuchaytirgich (usilitel)lar uchun 1-2% dan, bir taktli kuchaytirgichlar uchun 0,1…0,5 % dan, oraliq chastota kutaytirgichlari uchun esa 0,01…0,05 % dan oshmasligi kerak.

Silliqlovchi filtrlar (sglajivayuhie filtr) to‘g‘irlangan kuchlanishning pulsatsiya darajasini pasaytirishga mo‘ljallangan bo‘lib, pulsatsiya darajasini elektron asboblarning ishlashiga salbiy ta’sir qilmaydigan darajagacha tushiradi. Ular to‘g‘irlanayotgan kuchlanishning domiy komponentalarini o‘tkazib yuborishi va garmonik komponentalarini sezilarli darajada susaytirishi lozim.

Istemolchidagi kuchlanish va tokning pulsatsiyasini pasaytiruvchi filtr ishlashi, to‘g‘irlagich chiqishidagi (filtrgacha) q_n pulsatsiya koeffitsientini istemolchidagi q_{n1} pulsatsiya koeffitsientiga (filtrdan keyingi) nisbati bilan aniqlanadi va k_c silliqlash koeffitsienti (***koeffitsient sglajivaniya*** k_c) demak:

$$k_c = q_n / q_{n1}. \qquad (3.10)$$

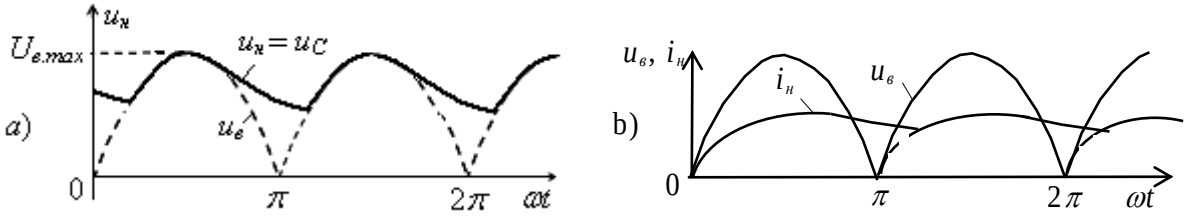
Aktiv va ***passiv*** silliqlovchi filtrlar mavjud. ***Passiv*** *LC*-filtrlarning ishlash printsipi induktiv g‘altak (drossel) va sig‘im (kondensator)larning tok o‘tganda o‘z qarshiligini o‘zgartish xususiyatiga asoslangan. G‘altak(drossel)siz faol (aktiv)filtrlarda induktiv elementlar o‘rniga tranzistorlar ishlatiladi, bunda ularning o‘zgaruvchan tokka qarshiligi doimiy tokka nisbatan ancha yuqori bo‘lishi mumkin. Faol filtrlar silliqlash koeffitsientini istemolchi tokidan mustaqilligini ta’minlaydi va *LC*-filtrlarga nisbatan kichik hajmga ega, ammo haroratga bog‘liq.



3.5-rasm Bir fazali silliqlovsi LC-filtrlarning sxemasi

3.5-rasmda keng qo‘llaniladigan oddiy bir fazali silliqlovsi *LC*-filtrlarning sxemasi keltirilgan. ***C sig‘imli filtr*** (3.5a-rasm) R_n yuqori omlik istemolchiga parallel ravishda ulanadi va bu o‘z navbatida istemolchi orqali tokning yuqori chastotali garmonikasi komponentalari o‘tishini taqiqlaydi.

Istemolchidagi kuchlanish va tok pulsatsiyalarini silliqlash filtr C sig‘imini davriy zaryadlanish (qachonki kuchlanish $u_v > u_S$ bo‘lganda) va uning keyinchalik $u_v < u_S$ bo‘lganda istemolchi orqali zardsizlanishi hisobiga amalga oshiriladi.



3.6-rasm C-filtrning vaqt diagrammalari

Ikkita yarim davrli to‘g‘irlagich va istemolchidagi to‘g‘irlangan kuchlanishning C-filtrning ishlash printsipi (tamoyilini) tushuntiruvchi vaqt diagrammalari 3.6a-rasmda tasvirlangan.

Berilgan pulsatsiya koeffitsienti q_{n1} uchun talab etiladiga filtr sig‘imi:

✓ bir yarim davrli to‘g‘irlash sxemasi uchun

$S \geq 2/(q_{n1}\omega R_n)$;

✓ ikkita yarim davrli to‘g‘irlash sxemasi uchun

$S \geq 1/(2q_{n1}\omega R_n)$,

bunda ω - transformator u_2 kuchlanishining burchak chastotasi.

Pulsatsiya koeffitsienti odatda q_{n1} = 0,01…0,1 orasida tanlanadi.

Aytaylik q_{n1} = 0,1 va R_n = 320 Om. U holda bir yarim davrlik to‘g‘irlagich uchun $S \geq 2/(0{,}1 \cdot 314 \cdot 320) \approx 200$ mkF ga va ikkita yarim davrlik to‘g‘irlagich sxemasi uchun $C \geq 50$ mkF ga teng.

$$k_c = X_L / R_н. \qquad (3.11)$$

Yakka elementli L-filtr (3.5*b-rasm*) R_n istemolchiga ketma-ket ulanadi. Qarshilikdagi to‘g‘irlangan i_n tok va kuchlanishning oshib borishi bilan L element (drossel) dagi magnit energiya yig‘ilib boradi. Bunda kuchlanishning pasayishida qarshilikdagi tok g‘altak (drossel)da yig‘ilgan energiya hisobiga ushlab turiladi (3.5b-rasm). L-filtrning silliqlash koeffitsienti:

$$k_c = X_L / R_n \qquad (3.12)$$

Bu ifodadan ko‘rib turibdiki, L-filtr (qachonki R_n istemolchi qarshilik kichik bo‘lganda) yuqori quvvatli to‘g‘irlagichlarda samarali ishlaydi.

Berilgan k_c koeffitsientdagi talab etilayotgan drosselning indukdivligi:

$$L \geq k_c R_н / (n\omega), \qquad (3.13)$$

bunda p – U_v to‘g‘irlangan kuchlanish asosiy garmonikasi tartib raqami.

Misol uchun, berilgan koeffitsient k_c = 10 va R_n = 10 bo‘lganda, g‘altak (drossel) ning talab etilayotgan induktivligi $L \geq k_c R_n/(n\omega) = 10 \cdot 10/314 = 0{,}32$ Gn bitta yarim davrlik va $L \geq 0{,}16$ Gn ikkita yarim davrli to‘g‘irlagich sxemalari uchun.

$$k_c = n^2 \omega^2 LC - 1. \qquad (3.14)$$

LC-filtrda (3.5*v-rasm*) sig‘im qarshilikni o‘zgaruvchan komponenta ($X_C = 1/(n\omega C)$; $X_C << R_н$) bo‘yicha shuntlaydi (qisqa bog‘laydi) va g‘altak (drossel)ning qarshiligi X_L o‘zgaruvchan komponentasi bo‘yicha R_n yoki X_C parallel ulangan elementlarning Z_{par} qarshiligidan sezilarli darajada katta bo‘lishi lozim. $Z_{par} = X_C$ ekanligini qabul qilsak, LC-filtrning silliqlovchi koeffitsienti:

$k_c = n^2 \omega^2 LC - 1.$

U holda L va C ni hisoblash uchun:

$LC = (1 + k_c)/(n\omega)^2.$

Bu tenglikdan C berilganda L topiladi yoki L berilganda C topiladi.

Agarda katta quvvatli to‘g‘irlagichning LC-filtri hisob-kitobida g‘altak induktivligi (L > 100 Gn) va sig‘im hajmi (C > 150 mkF) qiymati juda katta bo‘lsa, u holda ikkita zvenolik CRC-filtr qo‘llaniladi: bitta elementlik C_1-zveno va G-shakldagi RC-zveno (3.5*g-rasm*) va unda

$$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2}, \qquad (3.15)$$

bunda k_{c1} va k_{c2} – birinchi va ikkinchi zvenolar silliqlovchi koeffitsientlari.

RC-filtrning faol *R* qarshiligi va *C* sig‘imi:

$R = (0{,}15...0{,}25)R_н$; $k_c = n\omega RCR_н/(R + R_н)$; $C = k_c(R + R_н)/(n\omega RR_н)$.

C-filtrdan keyingi silliqlashni yaxshilash uchun qo‘shimcha ***G*-shakldagi *LC*-zveno** qo‘shiladi. Olingan ***P*-shakldagi** *CLC*-filtr (3.5*d*-*rasm*) ikki zvenolik sifatida hisob-kitob qilinadi:

$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2}$.

Aytaylik R_n q 320 Om; $k_{c1} = 15{,}7$ va $k_{c2} = 10$. bo‘lsin. U holda bitta yarim davrlik to‘g‘irlash sxemasi uchun $C_1 = 2k_{c1}/(1{,}57\omega R_н) =$ 200 mkF, bo‘lganda, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$LC_2 = (1 + k_{c2})/(n\omega)^2$ q $(1+10)/(1 \cdot 314)^2 \approx 111{,}6 \cdot 10^{-6}$ s^2.

C_2 = 100 mkF berilgan bo‘lsin, u holda $L = 111{,}6 \cdot 10^{-6}/100 \cdot 10^{-6} \approx 1{,}12$ Gn ga teng bo‘ladi.

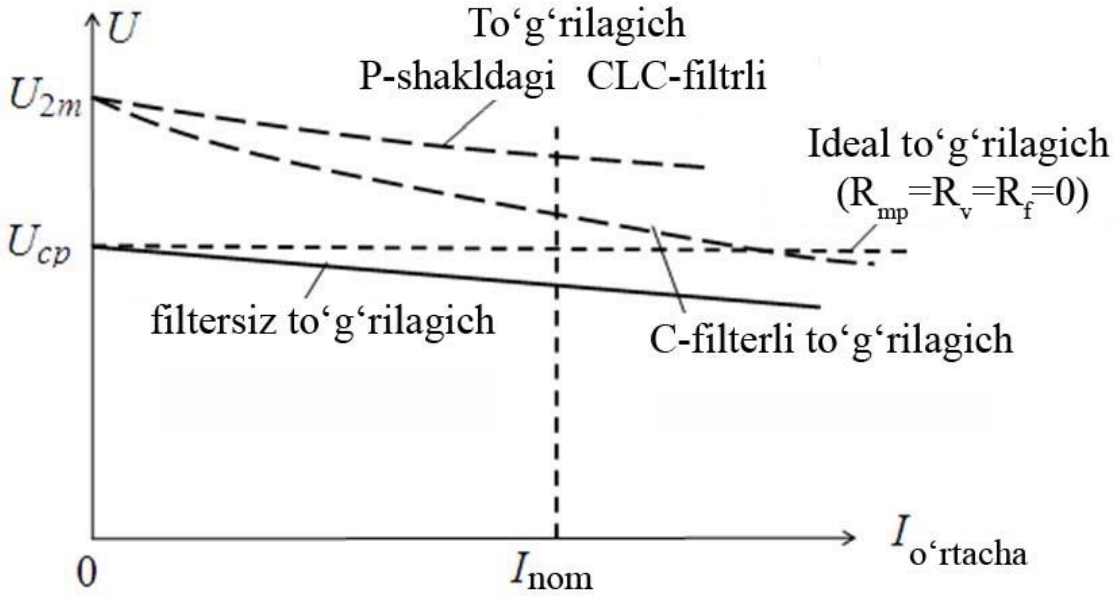
Ikkita yarim davrlik to‘g‘irlash sxemasi uchun C_2=100mkF bo‘lganda, drosselning induktivligi $L \approx 0{,}28$ Gn zarur bo‘ladi.

To‘g‘irlagichlarning tashqi xarakteristikalari

To‘g‘irlagichning ***tashqi xarakteristikasi*** deyilganda, to‘g‘irlangan kuchlanishning o‘rtacha qiymatining istemolchidagi tokning o‘rtacha qiymatiga bog‘liqligi tushuniladi, chunonchi $U_{ur} = f(I_{ur})$:

$$U_{o'r} = E_{2o'r} - \Delta U_{Tr} - \Delta U_v - \Delta U_f = E_{2o'r} - (R_{Tr} + R_v + R_f)I_{o'r}, \qquad (3.16)$$

bunda $E_{2o‘r}$- transformator ikkilamchi chulg‘amining EYuK o‘rtacha qiymati; ΔU_{Tr}, ΔU_v va ΔU_f – ochiq jo‘mrak va g‘altak (drossel) faol istemolchidagi transformatorning ikkilamchi chulg‘amidagi faol kuchlanish pasayishi (3.7-rasm).



3.7-rasm Transformatorning ikkilamchi chulg‘amidagi faol kuchlanish pasayishi

Tashqi xarakteristikalardan ko‘rinib turibdiki, I_{ur} to‘g‘irlangan tokning o‘sib borishi bilan R_{Tr} va R_v qarshiliklardagi kuchlanish pasayishlari ortadi, ya’ni to‘g‘irlagichning tashqi xarakteristikalarining qiyaligi (naklon) transformator chulg‘ami, to‘g‘irlagich, filtr ichki qarshiligining qiymatiga va istemolchi qarshilikning tabiyati bilan aniqlanadi.

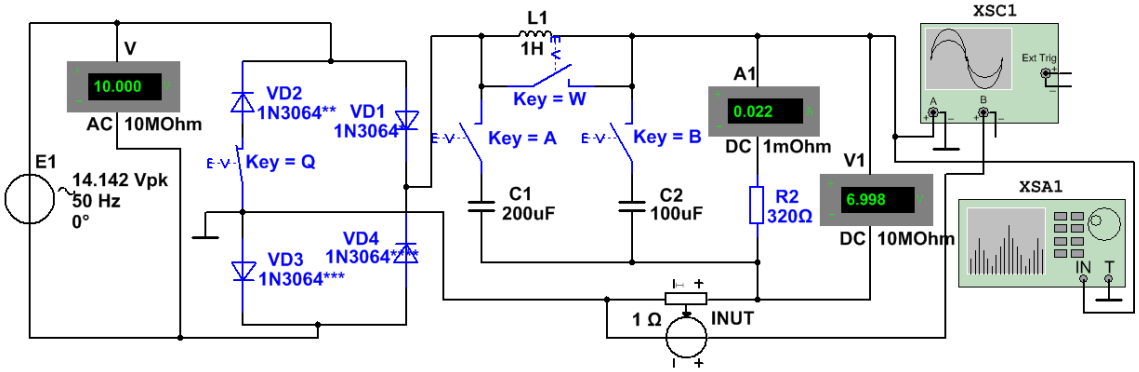
Agar to‘g‘irlovchi qurilmaga filtr kiritilgan bo‘lsa, $U_{o‘r}$ q $f(I_{o‘r})$ bo/liklik o‘zgaradi. To‘g‘irlagich $U_{o‘r}$ kuchlanishining pasayishi sig‘imli filtr bo‘lganda keskinroq yuz beradi, filtrsizga qaraganda. Bu esa C sig‘im (kondensator)ning zaryadsizlanish $\tau = R_nC$ vaqt doimiysining kamayishi va R_n istemolchi qarshilikning pasayishi tufayli sodir bo‘ladi.

P-shakldagi C*LC*-filtrli to‘g‘irlagichdagi erkin ishlash (xolstoy xod) holatidagi to‘g‘irlangan kuchlanishi sig‘imli filtr bilan bir xil bo‘lib, EYuK U_{2m} ga teng, ammo *CLC*-filtrli to‘g‘irlagichda qarshilikdagi tok oshishi bilan kuchlanish pasayishi pastroq darajada yuz beradi.

Ishni bajarish uchun topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar. Boshqarilmaydigan to‘g‘irlagichning bir fazali transformatorsiz ko‘prikli sxemasini o‘rganish

1-topshiriq. Multisim laboratoriya tizimi va MS12 muhitini ishga tushiring. MS12 muhitining ishchi maydonida ***boshqarilmaydigan to‘g‘irlagichning bir fazali transformatorsiz ko‘prikli sxemasini*** yig‘ing

(3.8-rasm) yoki MS12 muhitning **Circuit Design Suite 12.0** faylida joylashgan **02-2.ms12 faylni** oching.

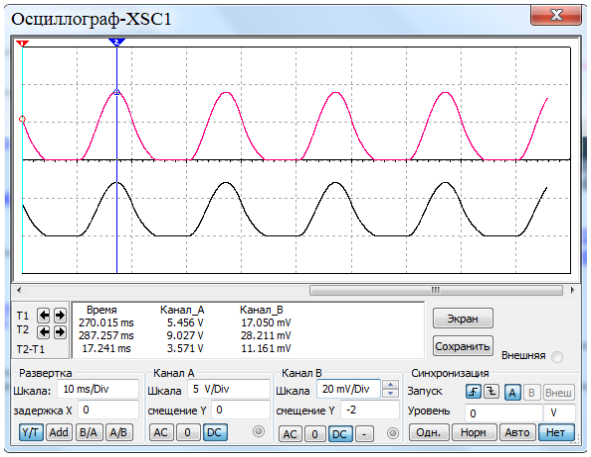


3.8-rasm Boshqarilmaydigan to‘g‘irlagichning bir fazali transformatorsiz ko‘prikli sxemasi

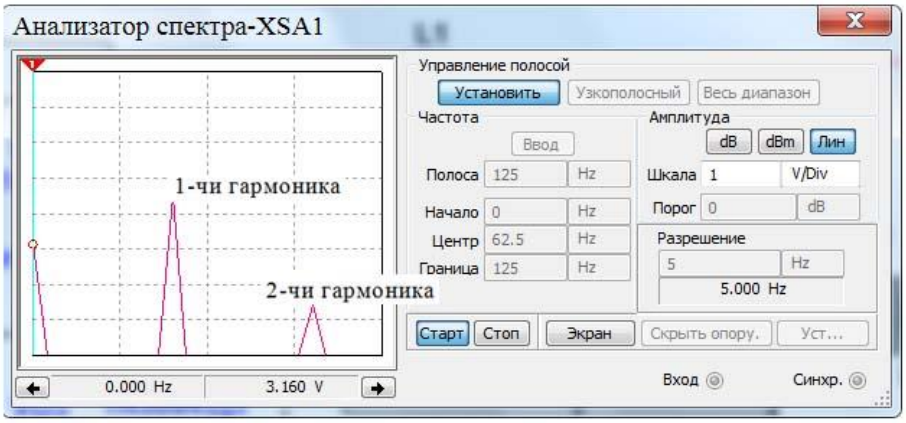
1.1. Sxemani quyidagi maqsadlarda tajribalar o‘tkazishga tayyorlang:

3.8-rasmda ko‘rsatilgan, sxema qismlarini **o‘rnating:** EYuK kuchlanish manbai amplitudasi E_{1m} q 14,142 V (haqiqiy qiymati E_1 = 10 V), EYUK chastotasi f = 50 Gz, fazaning boshlangich siljish burchagi Ψ_e = 0;

a)



b)



3.9-rasm Boshqarilmaydigan to‘g‘irlagichning bir fazali transformatorsiz ko‘prikli sxemasi natijasi

✓ **V** voltmetrning **AC** ish rejimi va **V1** voltmetr va **A1** ampermetrning **DC** ish rejimi ;

✓ **Q, A** va **B** kalitlarni ochish va **W** kalitni yopish orqali bitta yarim davrlik silliqlovchi filtrsiz to‘g‘irlagich hosil qilinadi va bunda u quyidagi parametrlarga ega bo‘ladi: qarshilik **R2 (**R_2 = 320 Om) C_1 = 200 mkF, L = 1 Gn va C_2 = 100 mkF;

✓ **XSC1** ikkita nurli ossillografni chiqishlarini sxemaning mutanosib qismlariga (qarshilikdagi u_n kuchlanishni kuzatish va shaklini qayd etish va **INUT** manba chiqishidagi kuchlanish shaklini, hamda uzatish koeffitsienti k = 1 Om bo‘lganda to‘g‘irlagichning chiqish blokidagi i_v tokining aynan mos shaklini qayd etish uchun) va **XSA1** spektroanalizatorga (u_n kuchlanish spektrini tuzish va uning asosiy garmonikasining $U_{m.og}$ amplitudasini o‘lchash uchun) ulang. **XSS1** va **XSA1** asboblarning taxminiy sozlash parametrlari 3.9-rasmda keltirilgan.

- 3.8-rasmdagi to‘g‘irlagich sxemasi tasviri nuxasini hisobot varaqlariga o‘tkazing.

Bitta yarim davrli to‘g‘irlagichni modellashtirish

1.2. Bitta yarim davrli to‘g‘irlagichda sodir bo‘ladigan jarayonlarni **modellashtiring.** Buning uchun:

✓ MS12 dasturni ishga tushiring va qarshilikdagi u_n kuchlanishning $U_{mk}(f)$ spektrini modellashtirib bo‘lgach, ya’ni **XSA1 asbob ekraniga Resolution Freq.** = 2…5 Gz qiymati chiqarilgach (3.9b-rasmdagi 5 Hz atrofi ellips bilan o‘ralgan) **V1** voltmetrning (U_{cp}) va A1 ampermetrning (I_{cp}) qiymatlarini 3.1-jadvalning birinchi qatoriga kiriting;

3.1-jadval

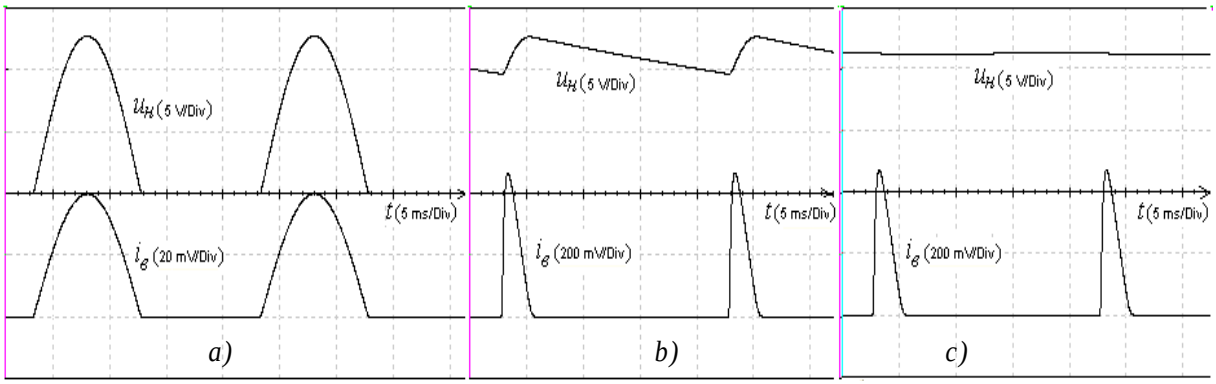
To‘g‘irlagich turi	O‘rnatilgan	O‘lchangan				Hisoblangan	
		U_{2m}, B	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	$U_{m.og}$, B	Pulsatsiya koeffitsienti	Silliqlash koeffitsenti
Bitta yarim davrlik -filtrsiz	**W** kalit yopiq; **Q, A** va **V** kalitlar ochiq.					q_p =	Yo‘q
– *C*-filtr bilan	**W** va **A** kalitlar yopiq; **Q,** va **V**	__				q_{p1} =	$k_{c1} = q_n/q_{p1}$ =

	kalitlar ochiq.						
CLC -filtr bilan	**Q** va **W** kalitlar ochiq; **A,** va **V** kalitlar yopiq.	__				q_{p2} =	$k_{c2} = q_p/q_{p2}$ =

✓ **XSS1** ossillograf ekranida u_n kuchlanish va i_v tokning 0,4…0,5 vertikal shkalaga teng ossillogammalarining ko‘lamini o‘rnating, bunda ularning gorizontal bo‘yicha o‘zgarishi ikki – uch davrdan oshmasin; vizir chizig‘ini U_n kuchlanishining U_{2m} maksimal qiymatiga o‘rnating va uning qiymatini 3.1-jadvalga kiriting; U_n kuchlanish ossillogrammalarining tasvirining nusxasini hisobot vara/iga **o‘tkazing** (3.9a-rasm va 3.10a-rasmga qarang).

-XSA1 spektroanalizator ekranidagi vizir chizi/ini to‘g‘irlangan kuchlanishning asosiy garmonikasi chastotasi f = 50 Gz ga o‘rnating (3.9b-rasm) va asosiy garmonika amplitudasini $U_{m.og}$ ni 1-jadvalga kiriting. Spektral diagrammadagi U_{mk} (f) kuchlanish amplitudasi vertikal razmerini **Range** yo‘rig‘i yordamida boshqarish mumkin (3.9b-rasmdagi ellips bilan o‘ralgan berilgan 1V/del ga qarang);

✓ **S_1**-filtrni **R2** qarshilikka ulab **A** kalitni yoping. MS12 dasturni ishga tushiring va 2-punktning o‘tgan satr boshlarida sanab o‘tilgan o‘lchov tadbirlarini amalga oshiring. S-filtrli bitta yarim davrli to‘g‘irlagichning U_n kuchlanish va i_v tok ossillogrammalari 3.10b-rasmda keltirilgan;



3.10-rasm S-filtrli bitta yarim davrli to‘g‘irlagichning ossillogrammalari

✓ **W** kalitni oching va **B** kalitni yoping (*CLC*-filtr hosil qilib uni **R2** qarshilikka ulang). MS12 dasturni ishga tushiring va 2-punktning o‘tgan satr boshlarida sanab o‘tilgan o‘lchov tadbirlarini amalga oshiring. *CLC*-filtrni bitta yarim davrli to‘g‘irlagichning U_n kuchlanish va i_v tok ossillogrammalari 10v-rasmda keltirilgan;

✓ bitta yarim davrli to‘g‘irlagichning chiqish kuchlanishining q_p, q_{p1}, q_{p2} pulsatsiya koeffitsientlarini va k_{c1} va k_{c2} silliqlovchi koeffitsientlarini **hisoblang** va 3.1-jadvalga **kiritng;**

✓ filtrsiz va *CLC*-filtrli bitta yarim davrli to‘g‘irlagichning VAX ini o‘lchang. Buning uchun **R2** qarshilik oynasida ochiladigan tasvirga sichqon orqali ikki marta bosish bilan qarshilikning qiymati R_2 = 2 kOm dan to R_2 = 50 Om gacha qadamma-qadam o‘zgartiriladi. **V1** voltmetr va **A**1 ampermetr ko‘rsatkichlarini 3.2-jadvalga avval filtrsiz, keyin esa *CLC*-filtr bilan topilgan natijalarni kiriting. Olingan o‘lchov natijalaridan bitta yarim davrli to‘g‘irlagichning silliqlovchi filtrsiz va *CLC*-filtrli holati uchun volt-amper xarakteristikalarini bir masshtabda (bir rasmda) tuzing (3.7-rasm).

3.2.3.Boshqarilmaydigan ikkita yarim davrlik (ko‘priklik) to‘g‘irlagichni *C*- va *CLC*-filtrlar bilan ishlashini o‘rganish

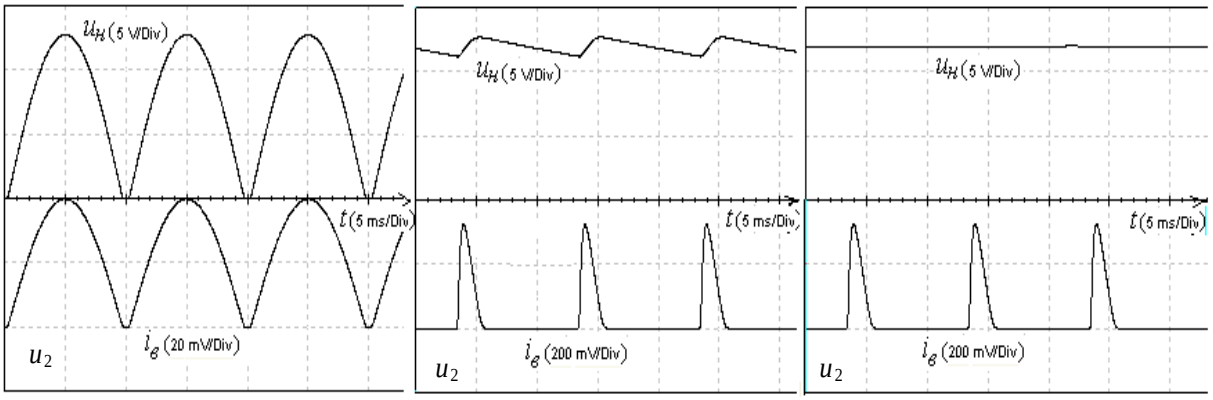
2-topshiriq. Boshqarilmaydigan ikkita yarim davrlik (ko‘priklik) to‘g‘irlagichning silliqlovchi filtrsiz va *C*- va *CLC*-filtrlar bilan ishlashini o‘rganish. Bu maqsadda Q kalit yopiladi (Q klaviturani bosish bilan) va 1-Topshiriqqa mutanosib ravishdagi tajribalar o‘tkaziladi, jumladan:

3.2-jadval

To‘g‘irlagich turi	O‘rnatilgan	O‘lchangan									
		R_2=2 kOm		600 Om		320 Om		100 Om		50 Om	
		U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA
Bitta yarim davrli: -filtrsiz	**W** kalit yopiq; **Q, A** va **V** kalitlar ochiq.										
-*CLC* -filtr bilan	**Q** va **W** kalitlar ochiq; **A,** va **V** kalitlar yopiq.										

✓ u_n chiqish kuchlanishining (filtrsiz va S- i CLC-filtrlar bilan) olingan uchta ossillogrammasini nusxasini hisobotning varag‘iga o‘tkazing (3.11-rasmga qarang.)

✓ MS12 dasturi ishga tushirilgach va modellashtirish jarayonlari yakunida **V1, A1, XSS1 va XSA1** asboblarning ko‘rsatkichlarini 2.3-jadvalga **yozib oling**, bunda ikkita yarim davrlik to‘g‘irlagichning asosiy garmonikasi chastotasi f = 100 Gz bo‘lsin;



3.11-rasm filtrsiz va S- i CLC-filtrlar ossillogrammalari

✓ silliqlovchi filtrsiz va *CLC*-filtrli ikkita yarim davrli to‘g‘irlagichning volt-amper xarakteristikalarini $U_{sr}(I_{sr})$ o‘lchang va (3.4-jadval natijalariga ko‘ra) bir masshtabda (bir rasmga joylashitirib) tuzing.

3.2.4. O‘rta nuqtali bir fazali boshqariladigan to‘g‘irlagich o‘rganish

3-topshiriq. O‘rta nuqtali bir fazali boshqariladigan to‘g‘irlagich sxemasini **yig‘ing** (3.12-rasm) yoki **xxxxx** papka va MS12 muhitida joylashgan xxx.ms12 faylni oching. Sxemada: sinusoidal kuchlanish manbai E1; o‘rta nuqtali T1 tranformator; ikkita tiristor VS1 va VS2; tiristorlarni ochish uchun ishlatiladigan, boshqaruvchi impulslarni vaqt bo‘yicha kechiktirishini t_z (**Delay Time**) amalga oshiruvchi impulslar manbai **E2** (impulslar davomiyligi (**Pulse Width**) t_i = 0,2 ms va davr davomiyligi (**Period**) T = 10 ms berilgan); elektr kattaliklarning kuzatadigan va o‘lchaydilan asboblar**;** R2 qarshilikli rezistor mavjud.

3.3-jadval

To‘g‘irlagich turi	O‘rnatilgan	O‘lchangan				Hisoblangan	
		U_{2m}, B	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	$U_{m.o}$ $_g$, B	Pulsatsiya koeffitsienti	Silliqlash koeffitsenti
Ikkita yarim davrli:	**Q vaW** kalitlar yopiq;					q_p=	Net

-filtrsiz	**A** va **V** kalitlar ochiq.						
– *C* -filtr bilan	**Q,W va A** kalitlar yopiq; va **V** kalit ochiq.	__				q_{p1} =	k_{c1}= q_n/q_{p1} =
– -*CLC*-filtr bilan	**W** kalit ochiq; **Q , A** va **V** kalitlar yopiq	__				q_{p2}=	k_{c2} = q_p/q_{p2} =

3.4-jadval

To‘g‘irlagich turi	O‘rnatilgan	O‘lchangan									
		R_2 q 2 kOm		500 Om		250 Om		100 Om		50 Om	
		U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA	U_{sr}, B	I_{cp}, mA
Ikkita yarim davrli: -filtrsiz	**Q vaW** kalitlar yopiq; **A** va **V** kalitlar ochiq.										
– *CLC*-filtr bilan	**W** kalit ochiq; **Q , A** va **V** kalitlar yopiq										

1.1. Sxemani quyidagi maqsadlarda tajribalar o‘tkazishga tayyorlang:

✓ 3.12-rasmda keltirilgan sxema komponentalarining parametr (ko‘rsatkich) larini o‘rnating;

✓ Q kalitni ochib boshqariladigan R2 qarshilikda ishlaydigan bitta yarim davrlik to‘g‘irlagichni yarating;

✓ XSC2 to‘rtta nurli ossillografning kirishlariga mutanosib ravishda quyidagilarni ulang: A kanalga T1 transformatordaning ikkinchi chulg‘amidan u_2 sinusoidal kuchlanish uzating, V kanalga R2 qarshilikdan u_n kuchlanish uzating, C kanalga E2 to‘g‘ri burchakli impulslar manbaidan U_u boshqaruvchi impulslarni uzating.

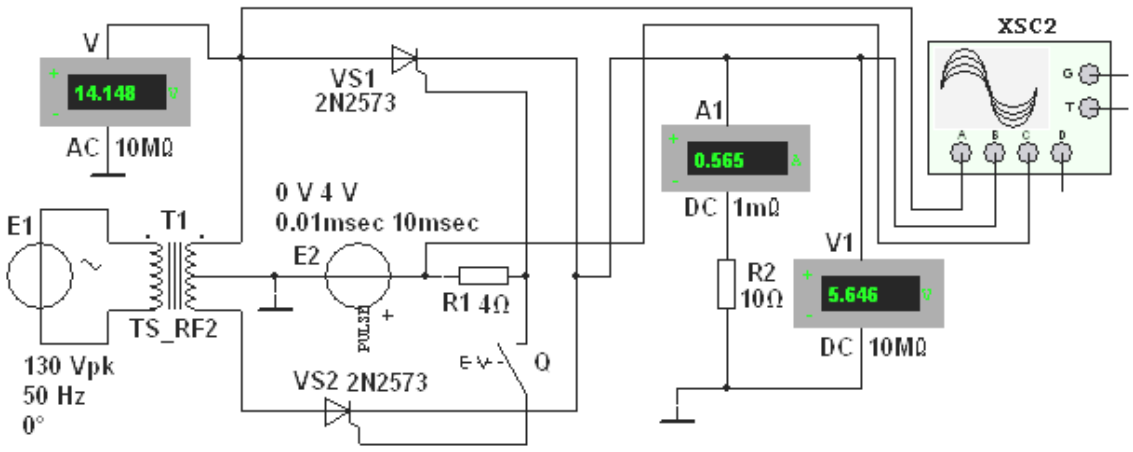
✓ 3.12-rasmdagi sxema tasviri nuxasini hisobot varaqlariga o‘tkazing.

Bitta yarim davrli boshqariladigan to‘g‘irlagichni o‘rganish

1.2. Bitta yarim davrli boshqariladigan to‘g‘irlagichda sodir bo‘ladigan jarayonlarni **modellashtiring**:Multisim laboratoriya tizimi va MS12 muhitini ishga tushiring. MS12 muhitning **xxxxx** faylida joylashgan **02-2.ms12 faylni** oching.

✓ E2 generatorning boshqaruv U_u impulslarining kechiktirish vaqtini t_z=0,2; 2; 4; 6; 8 va 10 ms ketma-ket berib, qarshilikdagi I_{sr} tokni t_z ning berilgan qiymatlariga (*α ning ochish burchagiga*) mos ravishda o‘lchash orqali to‘g‘irlagichning $I_{sr}(\alpha)$ boshqarish xarakteristikasini o‘lchang va tuzing;

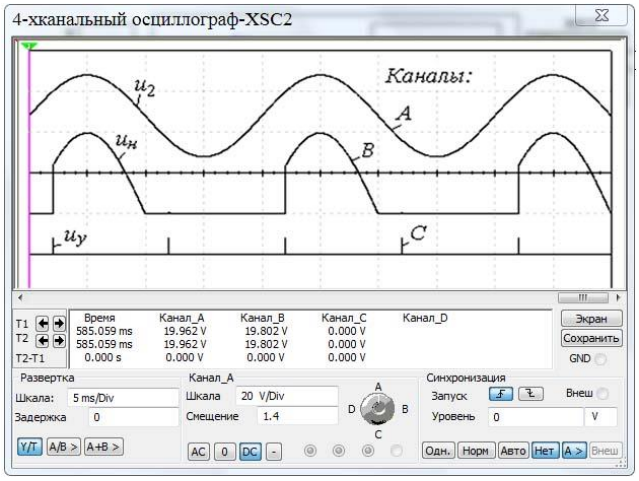
✓ t_z=4 va 8 ms bo‘lgandagi *qarshilikdagi* U_n kuchlanish ossillogrammalari nusxasini hisobot varag‘iga o‘tkazing.



3.12-rasm. O‘rta nuqtali bir fazali boshqariladigan to‘g‘irlagich sxemasini

Misol sifatida, 3.13-rasmda U_2, U_n kuchlanishlar va U_u boshqaruvchi impulslarning kechiktirish vaqti t_z=2 ms (signalning ochish burchagi α = 36°) davri T =20 ms bo‘lgan U_2 sinusoidal kuchlanishning musbat yarim davrining boshlanishiga nisbatan olingan natijasi keltirilgan.

1.3. Boshqariladigan ikkita yarim davrli to‘g‘irlagich (oldingi sxemada **Q** kalit yopiq) uchun 3.2. banddagiga o‘xshash tadqiqotlarni o‘tkazing.



3.13-rasm Kuchlanishlar vaqt ossillogrammasi

Hisobot tarkibi

1. Ishning nomi va maqsadi.
2. Tajribada foydalaniladigan asboblarning ro‘yxati va ularning qisqacha tavsiflari.
3. To‘g‘irlagichlarning sinov elektr sxemalari va qarshilikdagi U_n kuchlanish ossillogramma tasvirlari.
4. O‘lchov va hisoblashlar jadvali.
5. Hisoblash formulalari.
6. Ish bo‘yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Ko‘prikli va transformatorning nol nuqtali sxemasi bo‘yicha yig‘ilgan bir fazali to‘g‘irlagich qanday ishlaydi?
2. Ikki turdagi bir fazali to‘g‘irlagichlarning sifat jihatdan tahlilini o‘tkazing.
3. Nima uchun tashqi xarateristika koordinatalar o‘qlariga nisbatan qiyalikka ega bo‘ladi?
4. Nima uchun erkin ish rejimida, ya’ni In nolga teng bo‘lganda, sig‘im sig‘im filtrli to‘g‘irlagich U_n transformatorining kuchlanishi filtrsiznikiga qaraganda katta bo‘ladi? Va u necha barobar katta bo‘lishi lozim?
5. Nima uchun C filtrli to‘g‘irlagichda tashqi xarakteristika filtrsiznikiga qaraganda qiyaroq?
6. Silliqlovchi filtr qanday rol o‘ynaydi?
7. Silliqlovchi filtrning ishlash sifati qanday aniqlanadi?

8. C, LC, RC, CLC filtrli va filtrsiz to‘g‘irlagichning vaqt diagrammalarini tasvirlang va izohlang.

9. Nima uchun to‘g‘irlagichning o‘rganilayotgan sxemasi ikkita yarim davrli deb ataladi?

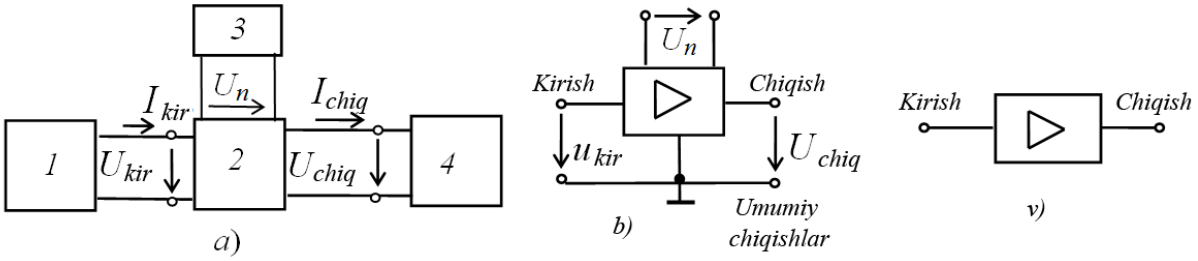
10. To‘g‘irlangan kuchlanishning pulsatsiya (o‘zgarib turish) chastotasi qanday? Silliqlovchi filtrlar uni o‘zgartadimi?

4 - laboratoriya ishi
Bipolyar tranzistorlarda yig‘ilgan kuchaytirgich elektron modelini tuzish va modelda tekshirish

Ishning maqsadi - bipolyar tranzistorli kuchaytirgichlarini o‘rganish, umumiy emitterga ulanish sxemasi bo‘yicha ularning asosiy parametrlarini aniqlash va doimiy tok bo‘yicha hisoblash.

Nazariy ma’lumotlar va hisoblash formulalari
Elektron kuchaytirgichlarning vazifasi va parametrlari

Elektron kuchaytirgich deb, kirish signali quvvati (kuchlanish, tok)ni kuchaytiruvchi tashqi elementlar (yarim o‘tkazgichli asboblar, elektron lampalar va boshqalar) yordamida tashqi manba energiyasi hisobiga oshiruvchi qurilmaga aytiladi.



4.1-rasm Kuchaytirgichning elektr signalini kuchaytirish zanjiriga ulanish sxemasi

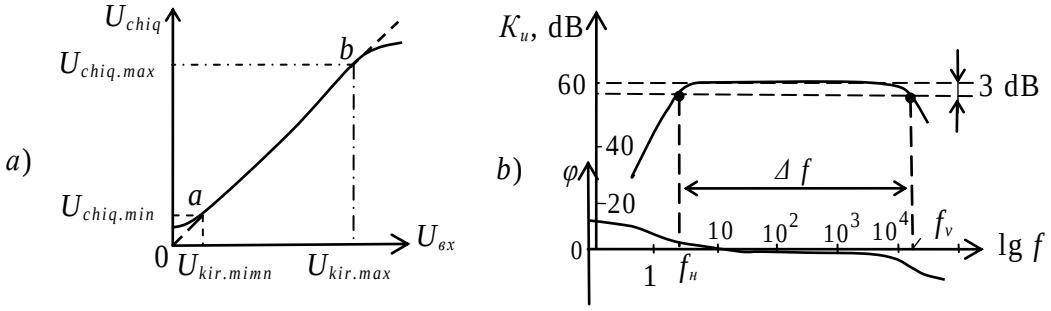
4.1-rasmda kuchaytirgichning elektr signalini kuchaytirish zanjiriga ulanish sxemasi keltirilgan va bunda: 1-tashqi signal manbai; 2-kuchaytirgich; 3- energiya manbai; 4 – (yuklangan) qarshilik.

Kirish signalining manbai (datchik) vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi har xil amplituda, chastota va shaklli U_{kir} (tok i_{kir}) kuchlanishni hosil qiladi. Kuchaytirgich yuklamasi(nagruzka usilitelya)ni – chiziqli passiv ikki qutblik (dvuxpolyusnik) qurilma deb tasavvur etish mumkin. Kuchaytirgichning o‘zini kirish va chiqish qisqich (zajim) juftlari bilan ba’zan unga kiradigan elementlar xarateristikalarining nochiziqligi (nelineynost) tufayli, nochiziq to‘rtqutblik (cheto‘rexpolyusnik) qurilma sifatida tasavvur etish mumkin.

4.1b-rasmda kuchaytirgichlarning sxemalardagi shartli belgilanishi keltirilgan. Kirish U_{kir} va chiqish U_{chiq} kuchlanishlari umumiy chiqishga nisbatan o‘lchanadi. Kuchaytirgichning soddalashtirishgan tasvirida uni faqat kirish va chiqishdan iborat to‘rtburchak tarzida ko‘rsatiladi, bunda ta’minlovchi kuchlanish U_n va umumiy chiqish tushirib qoldiriladi.

Kuchaytirgichning eng ahamiyatli parametri bo‘lib *quvvatni kuchaytirish koeffitsienti* hisoblanadi va u chiqish signali quvvatini o‘zgarishining kirish signali quvvatining o‘zgarishiga nisbati orqali aniqlanadi $K_p = \Delta P_{chiq} / \Delta P_{kir}$. Undan tashqari kuchlanish $K_u = \Delta U_{chiq} / \Delta U_{kir}$ va tok $K_i = \Delta I_{chiq} / \Delta I_{kir}$.bo‘yicha *kuchaytirish koeffitsienti* kiritiladi.

Kuchaytirgichning eng ahamiyatli xarakteristikasi bo‘lib amplituda va chastota xarakteristikalari hisoblanadi. *Amplituda xarakteristikasi* (4.2a-rasm) – bu chiqish kuchlanishi amplitudasi (yoki amaldagi qiymati)ning kirish sinusoidal kuchlanishiga bog‘liqligi, ya’ni $U_{chiq} = f(U_{kir})$, bunda $U_{kir} = U_m \sin \omega t, U_m = var; \omega = const.$



4.2-rasm. Amplituda va Faza-chastota xarakteristikalari

Punktir chiziq bilan benuqson (ideal) kuchaytirgichning amplituda xarakteristikasi ko‘rsatilgan. Real xarakteristikaning idealdan farqlanishi zaif va katta kirish signallarida kuchaytirgich elementlarida shovqin va nochiziq xarakteristikalarning mavjudligi bilan izohlanadi.

Kuchaytirgichning detsibellardagi ***dinamik diapazoni*** deb kirish kuchlanishi maksimal qiymatinining *ab* amplituda xarakteristikasining chiziqli qismidagi minimal qiymatiga nisbatiga aytiladi (4.2a-rasm).

$$D = 20 \lg \frac{U_{kir.max}}{U_{kir.min}}. \qquad (4.1)$$

Bu qismdagi kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti:

$$K_u = \frac{U_{chiq.max} - U_{chiq.min}}{U_{kir.max} - U_{kir.min}} = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kir}}. \qquad (4.2)$$

Kuchaytirgichning amplituda-chastotaviy xarateristikasi (AChX) – K_u kuchaytirish koeffitsientining, misol uchun kirish signali f chastotasiga bog‘liqlidir, ya’ni $K_u(f)$ bunda $u_{chiq} = U_m \sin \omega t, U_m = const; \ \omega = var.$

Odatda AXCh ikkilangan logarifmik to‘rda tuziladi: *u* ordinatalar o‘qiga K_u qiymati detsibellarda va *x* abtsissalar o‘qiga logarifmik masshtabdagi chastota qiymatlar logarifmsiz qo‘yiladi (4.2b-rasm).

Kuchaytirgichning ***o‘tkazish kengligi*** (polosa propuskaniya) kuchaytirgich koeffitsienti K_u (o‘rtacha chastotada) o‘zining darajasidan $1/\sqrt{2} \approx 0{,}707 (3\,дБ)$ ga pasaymagandagi Δf (yoki $\Delta\omega$) chastota diapazoni (ko‘lami) bilan aniqlanadi, ya’ni $\Delta f = f_v - f_n$, *bunda* f_v va f_n – kuchaytirgich AXCh chastota kesimining yuqori va pastki chegarasi.

Faza-chastota xarakteristikasi $\varphi(f)$ – kuchaytirgichning chiqish va kirish kuchlanishlari orasidagi fazasi siljishi burchagining chastotaga bog‘liqligi (4.2b-rasmga qarang). Agar faza siljishi chastotaga chiziqli ravishda bog‘liq bo‘lsa, kuchaytirgichda faza buzilishi (iskajenie) bo‘lmaydi.

Kuchaytirgichning kirish va chiqish qarshiligi:

$$Z_{kir} = U_{kir} / I_{kir} = R_{kir} + jX_{kir}; \qquad (4.3)$$

$$Z_{chiq} = U_{chiq} / I_{chiq} = R_{chiq} + jX_{chiq}. \qquad (4.4)$$

R_n yuklama qarshiligida chiqish quvvati

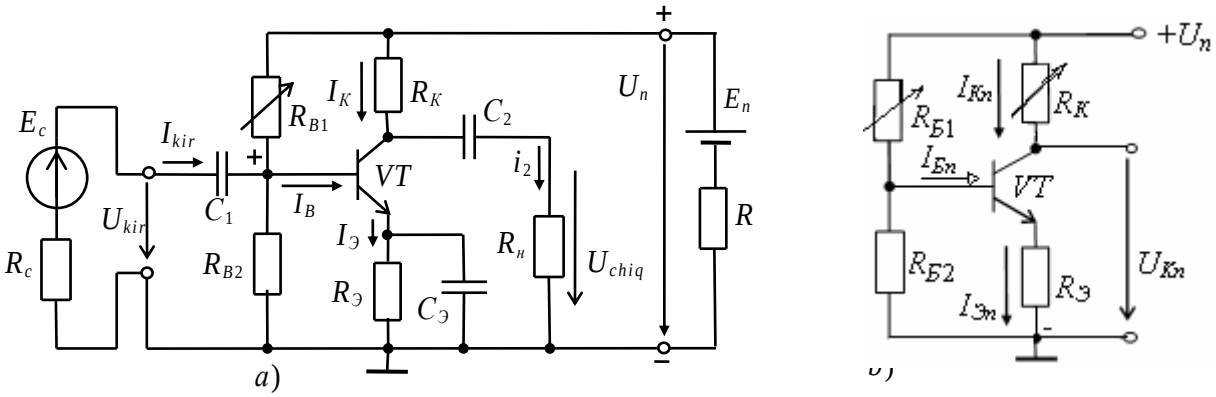
$$P_{chiq} = R_н I^2_{chiq}. \qquad (4.5)$$

Bipolyar (ikkiqutbli) tranzistorli kuchaytirgichlar

Bizga ma’lumki tranzistorlarning uch xil ulanish sxemalari mavjud bular **UE-*umumiy emitterli***, **UB- *umumiy bazali***, va **UK- *umumiy kollektorli***. Ulardan keng tarqalganni bu ***umumiy emitter*** (UE) li tranzistorli kuchaytirgichlardir. Bu turdagi kuchaytirgichda emitter kirish va chiqish zanjiri uchun umumiy elektrod bo‘lib xizmat qiladi (4.3a-rasm). R_c ichki qarshilikli signal manbaining U_{kir} kirish kuchlanishi *VT* bipolyarning tranzistorning signal manbaidan tokning doimiy tuzuvchisini o‘tishini oldini oluvchi aloqa sig‘imi orqali kuchaytiruvchi pog‘ona (kaskad)ga uzatiladi. Kuchaytirilgan chiqish kuchlanishi ajratuvchi S_2 kondensator orqali R_n yuklamaga[1] uzatiladi, ya’ni U_{chiq} kuchlanishning faqat o‘zgaruvchan tuzuvchisi beriladi.

[1] Yuklama - istemolchi

Kuchaytirgichda o‘zgaruvchan signal manbaidan tashqari, R_{vt} ichki qarshilikli E_n EYuK li kuchlanish manbai (odatdagi kuchlanishi U_n q 10…30 V) ham ishlatiladi. R_K rezistorning qarshiligi kirish signallarini kuchaytirish va *VT* tranzistorning I_K kollektor tokini cheklashlarga qo‘yiladigan talablarga qarab tanlanadi. Odatda R_K kam quvvatli tranzistorlar uchun 0,2…5 kOm ni va o‘rtacha quvvatli tranzistorlar uchun esa 100 Om ni tashkil etadi. U_n kuchlanish manbai bo‘luvchi (delitel)sining R_{B1} va R_{B2} rezistorlari tranzistor bazasidagi tokni o‘rnatish uchun mo‘ljallangan bo‘lib (doimiy tok bo‘yicha), yuklama chizi/ining ishchi nuqtalari (sokinlik nuqtalari) mos ravishda.



4.3-rasm Bipolyar tranzistorli kuchaytirgich (umumiy emitter) sxemasi

R_E rezistor yordamida kuchaytirgichning doimiy tok bo‘yicha teskari aloqasi hosil etiladi va u kuchaytirish rejimining harorat turg‘unligini ta’minlaydi. Shunday qilib, harorat oshishida I_K kollektor va I_E emitter tokining va $R_E I_E$ kuchlanish pasayishining doimiy tuzuvchilari ko‘tariladi. Natijada, U_{BE} kuchlanish pasayadi, bu esa o‘z navbatida I_B baza tokini kamaytiradi va oqibatda I_K kollektor tokini kamaytiradi va turg‘unlashtiradi.

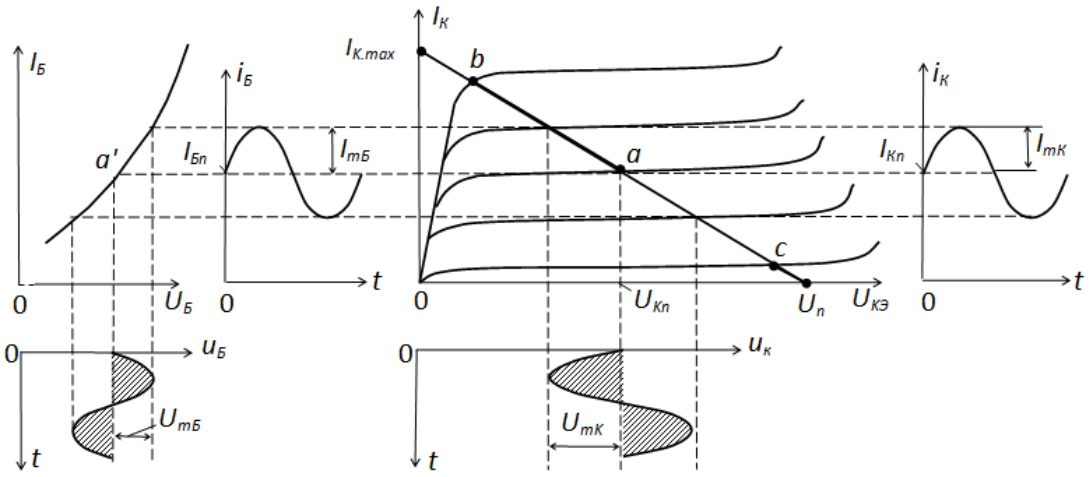
C_E katta sig‘imli kondensator (o‘nlab mikrofaradalik) R_E rezistor qarshiligini o‘zgaruvchan tok bo‘yicha shuntlaydi (qisqa tutashtiradi), bu esa o‘z navbatida teskari aloqa zanjiridagi kuchaytirilayotgan signalning o‘zgaruvchan tok bo‘yicha zaiflashini oldini oladi.

Kuchaytirgichning ishlashini qulay tahlil etish uchun, uning doimiy (4.3b-rasm) va o‘zgaruvchan tok (4.4-rasm) bo‘yicha almashtirish sxemalari alohida ravishda ko‘riladi. Kuchaytirgichning doimiy tok bo‘yicha ishlash rejimida kuchaytirilayotgan signalning eng kam nochiziq buzilishlarga erishish uchun, quyidagi tenglama bilan ifodalanadigan, yuklama chizi/ining *bc* orali/ining o‘rtasida joylashgan *a* (4.4-rasm) ishchi nuqtasi tanlanadi:

$$I_{Kn} = (U_n - U_{Kn})/R_K, \text{ gde } U_{Kn} = U_{K\Э} + R_\Э I_{\Эn}. \qquad (4.6)$$

Yuklama chizi/i quyidagicha tuziladi. Keltirilgan tenglamadan ko‘rinib turibdiki, agar $I_{Kn} = 0$, $U_{Kn} = U_n$ bo‘lsa, $U_{Kn} = 0$, $I_{K.max} = U_n / R_K$ ga teng bo‘ladi.

Ikkita topilgan nuqta orqali to‘g‘ri (yuklama) chizi/i o‘tkaziladi. I_{Bn} sokin rejimi (rejim pokoya)da baza tokini uzatib, doimiy tok bo‘yicha yuklama chizi/ining tranzistorning $I_B = I_{Bp}$ sokinlik nuqtasi (tochka pokoya) $a(U_{Kn}, I_{Kn})$ dagi chiqish xarakteristikasi bilan kesishmasi topiladi.



4.4-rasm Umumiy emitter o‘zgarmas va o‘zgaruvchan tok bo‘yicha almashtirish sxemasi

R_{B1} Rezistorning qarshiligi quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$R_{Б1} \approx \frac{U_n - U_{БЭn} - R_{\Эn} I_{\Эn}}{I_{Бn}} \approx 4R_{Б2} \approx h_{21} R_K. \qquad (4.7)$$

Bunda $U_{Bn} \approx 0{,}3$ V germaniyli va $U_{Bn} \approx 0{,}65$ V kremniyli tranzistorlar uchun.

a ish nuqtasidagi kollektor va emitterning taxminiy sokin toklari (toki pokoya) quyidagi formulalar bilan hioblanadi:

$$I_{Kn} \approx 0{,}5 I_{Kmax} = U_n / 2R_K; \; I_{\Эn} = I_{Kn} + I_{Бn} \approx I_{Бn}(1+\beta). \qquad (4.8)$$

Emitterning sokin kuchlanishi: $U_{\Эn} \approx U_n / 2 - U_{K\Эn} \approx (0{,}1...0{,}2) U_n$.

Qarshilik $R_\Э = U_{\Эn} / I_{\Эn}$; $R_K \approx U_n / (2I_{Kn})$, sig‘im esa:

$C_\Э \approx 10/(2\pi f R_\Э)$, bunda $f - u_{vx}$. kirish kuchlanishining chastotasi.

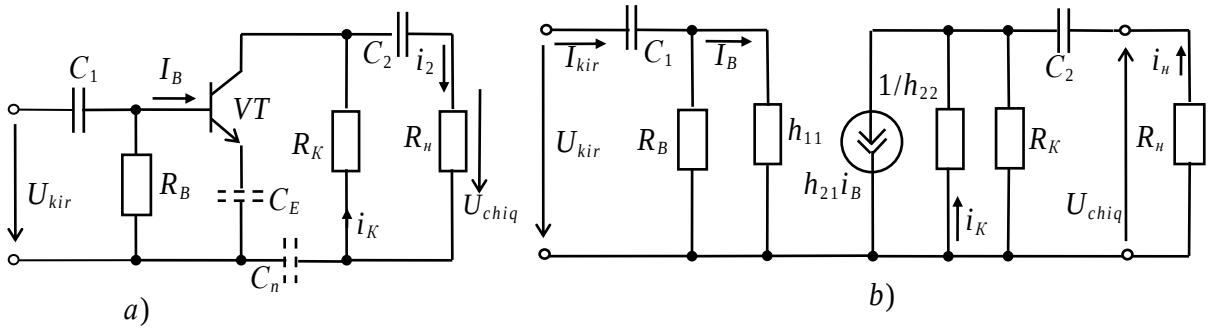
Kuchaytirgichning o‘zgaruvchan tok bo‘yicha ishlash rejimi quyidagi ko‘rinishni oladi

$$U_\Э = (1/\omega_c C)\, i_\Э \approx 0 \;\; (X_C \le 0{,}1 R_\Э), \qquad (4.9)$$

Bu yerda R_{vt}-manbaning ichki qarshiligi va C_n – sig‘imi hisobga olinmaydi yani manba 4.5a-rasmda ko‘rsatilganidek sxemada qisqa tutashuv bilan almashtirilgan.

Kuchaytirgichning *o‘zgaruvchan tok* bo‘yicha ish rejimida:

$U_Э = (1/\omega_c C)\, i_Э \approx 0$ $(X_C \le 0{,}1R_Э)$ qabul qilinadi, ta’minlash manbaining R_{vt} ichki qarshiligi va C_n sig‘imi hisobga olinmaydi, ya’ni ta’minlash manbai o‘rinbosar sxemasi qisqa tutashtiriladi(4.5a-rasm).



4.5-rasm. Kuchaytirgichning o‘zgaruvchan tok bo‘yicha sxemasi

Kuchaytirgich kirishiga u_{kir} *o‘zgaruvchan kuchlanish* berilganda i_B bazadagi va i_K kollektordagi tok va kolektordagi kuchlanishda $U_K = U_n - R_K i_K$ (4.4-rasmga qarang) o‘zgarish ro‘y beradi. O‘zgaruvchan I_{mK} kollektor tokining amplitudasi I_{mB} baza tokining amplitudasidan taxminan h_{21} barobar katta, U_{mK} kollektor kuchlanishining amplitudasi esa kirish kuchlanishi amplitudasidan bir necha barobar katta.

4.4-rasmda, tasvirlangan grafiklardan foydalanib, pog‘ona (kaskad) ning kirish qarshiligi va kuchaytirish koeffitsientini aniqlash qiyin emas:

$$R_{kir} = \frac{U_{mБ}}{I_{mБ}};\ K_i = \frac{I_{mK}}{I_{mБ}};\ K_u = \frac{U_{mK}}{U_{mБ}};\ K_p = K_i K_u. \qquad (4.10)$$

Bunda U_{kir} kirish kuchlanishining musbat (ijobiy) yarim davriga chiqish kuchlanishining manfiy (salbiy) yarim davri mos keladi $U_K \approx U_{chiq.}$. Boshqacha qilib aytganda, kirish va chiqish kuchlanishlari orasida 180^o ga teng fazaviy siljish mavjud, ya’ni umumiy emitterli kuchaytirgich sxemasi aylantiruvchi (invertrlovchi) qurilma bo‘lib, kirish kuchlanishini kuchaytiradi va fazasini 180^o ga o‘zgartadi.

Odatda, ko‘rilgan kuchaytirgich pog‘onasi (kaskadi) zaif signallarni kuchaytirish rejimida ishladi (baza va kollektor toklarining doimiy tuzuvchilari o‘xshash o‘zgaruvchan toklardan ustun kelishadi). Bu xususiyatlar, chiziqli rejimda ishlayotgan tranzistorning past chastotadagi ma’lum *h*-parametrlari bo‘yicha kuchaytiruvchi pog‘onasining parametrlarini hisoblashda tahliliy usullardan foydalanish imkonini beradi

(4.5b-rasm). Bunda, kuchaytirgich kirishiga berilgan signal chiqishda deyarli (shakl jihatdan) buzilmaydi.

Kuchaytirgichda C_1 va S_2 sig‘imlarning mavjudligi (4.5, *a - rasm*) kuchaytirilayotgan signallarning past chastotalar sohasida buzilishlarga olib keladi: kirish signali chastotasining pasayishi bilan sig‘im qarshiligi $X_{C1} = 1/\omega C_1$ va undagi U_{S1} kuchlanish pasayishi oshib boradi, vaholanki U_{vx} kirish va $U_{vo‘x}$ chiqish kuchlanishi pasayadi. Bu esa chastota pasayishi bilan kuchaytirgich koeffitsientining pasayishiga olib keladi (4.2b-rasmga qarang), kuchaytirgichda tranzistorning elektrodlararo sig‘imi va yig‘uv (montaj) sig‘imining mavjudligi esa kuchaytirilayotgan signalning yuqori chastotalar sohasida buzilishining tug‘ilishiga olib keladi. *p-n*-o‘tishning C_K kollektor sig‘imi hisobga olganda, kollektor va baza orasiga shartli kiritilgan, yuqori chastotalar sohasida pog‘ona (kaskad)ning kirish qarshiligi:

$$\underline{Z}_{kir} = \frac{\underline{U}_{kir}}{\underline{I}_{kir}} = \frac{R_{B1} \cdot h_{11}}{R_{B1} + h_{11}(1 + j\omega C_K R_{B1})}. \qquad (4.11)$$

Umumiy emitterli bipolyar tranzistorli kuchaytirgich pog‘onasi odatda bir necha yuz om qarshilikka ega bo‘ladi. Odatda kollektordagi chiqish qarshiligi kirishdagiga qaraganda bir tartibga yuqori bo‘ladi. Kuchaytirgichga yuqori omlik signal manbai ($R_c >> R_{kir}$) va past omlik yuklama ($R_н \le R_K$) ulanganda kuchaytirgichning asosiy parametrlari quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$u_{kir} = e_c \frac{R_{kir}}{R_c + R_{kir}} \approx \frac{e_c h_{11}}{R_c + h_{11}}; \qquad (4.12)$$

$$u_{chiq} = \frac{-u_{chiq} h_{21} R_K R_н}{h_{11}(R_н + R_K + h_{22} R_K R_н)}; \qquad (4.13)$$

$$K_u \approx \frac{h_{21} R_K R_н}{h_{11}(R_K + R_н)}; \qquad (4.14)$$

$$K_i = \frac{h_{21} R_K}{R_K + R_н + R_K R_н h_{22}}. \qquad (4.15)$$

K_u kuchlanish bo‘yicha real (haqiqiy) kuchaytirish koeffitsienti har doim yuklatilmagan kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsientidan kichik bo‘ladi ($R_н >> R_K$). Bu farq chiqish qarshiligining oshishi va R_n

yuklama qarshiligining pasayishi bilan ortib boradi. Amalda K_u pog‘onaning haqiqiy kuchaytirish koeffitsienti yuz martaga, quvvat bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti $K_p = K_u K_i$ esa, umumiy emitter (UE) li sxemada ming barovarga erishishi mumkin.

Maydonli tranzistorlarda yig‘ilgan kuchaytirgich kaskadlari ham bipolyar (ikki qutbli) tranzistorlardan yig‘ilgan kuchaytirgichlarga o‘xshab ishlaydi. Bunda maydonli tranzistorli kuchaytirgichning boshqaruv signali bo‘lib U_Z qulf (zatvor)ning kuchlanishi xizmat qiladi va kuchaytirgichning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti umumiy manba (istok), $R_d >> R_C$ (R_d – tranzistorning differentsial (alohida, farqli) chiqish qarshiligi):

$$K_u = U_{chiq} / U_3 = SR_C / (1 + SR_I), \qquad (4.16)$$

Bu yerda, $C = \Delta I_S / \Delta U_Z$ – tranzistorning tarnov – qulf (stok-zatvor) xarakteristikasining qiyaligi; R_S va R_I - kuchaytirgichning tarnov (stok) va manba (istok) zanjiriga ulangan rezistorlar qarshiligi.

Maydonli tranzistorlardagi kuchaytirgichlarning yuqori kirish qarshiliklari tufayli, C_1 past sig‘imli ajratuvchi kondensatordan foydalanish mumkin.

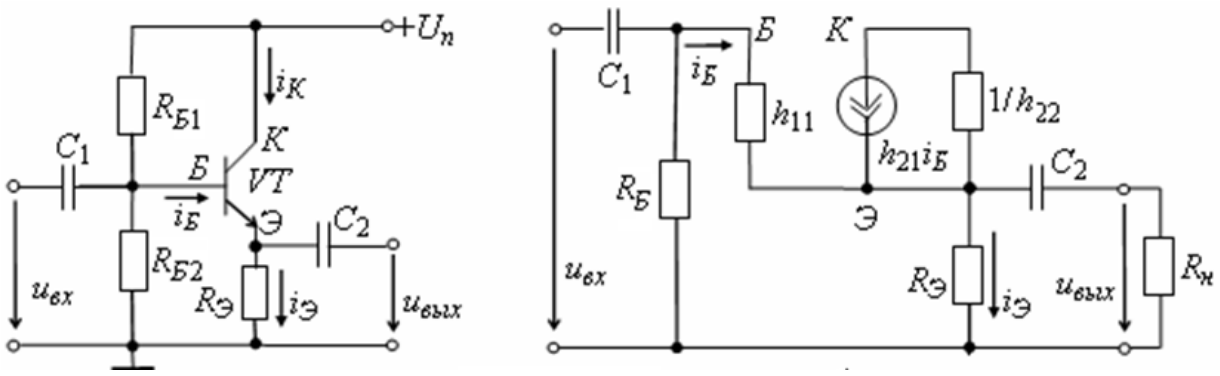
Emitterli takrorlagich

Bipolyar tranzistorning umumiy kollektori asosida yig‘ilgan pog‘onada[2], *emitterli takrorlagichda* U_{chiq} chiqish kuchlanishi(C_2 ajratuvchi kondensator orqali) emitter zanjiriga ulangan R_E rezistordan olinadi (4.6a-rasm).

U_{chiq} kirish signali yo‘qligida zanjir bazasi orqali sokin toki (tok pokoya) oqib o‘tadi:

$$I_{Bn} = U_n / \left[\left(R_{B1} + \frac{(R_{BE} + R_E) R_{B2}}{R_{BE} + R_E + R_{B2}} \right) \cdot \frac{R_{B2}}{R_{BE} + R_E + R_{B2}} \right]. \qquad (4.17)$$

[2] Pog’ona-kaskad



a) *b)*

4.6-rasm Bipolyar tranzistorning umumiy kollektori asosida yig‘ilgan emitterli takrorlagich

R_{B1} va R_{B2} rezistorlarning qiymati shunday tanlanadiki, sokin holatdagi ishchi nuqtasi *VT* tranzistorning kirish xarakteristikasining ishchi qismining o‘rtasida joylashsin.Bunda o‘zgaruvchan U_{chiq} kirish signali berilganda emitter tokining o‘zgaruvchan tuzuvchisi paydo bo‘ladi va R_E yuklama rezistorida $U_{чик} = R_Э i_Э$. chiqish kuchlanishini hosil qiladi.

O‘zgaruvchan tok bo‘yicha emitterli takrorlagichning asosiy parametrlari, o‘rnini egallash (sxema zamcheniya) sxemasini tuzib va R_{B1} va R_{B2} va baza zanjiridagi qarshiligidagi yuklama elementlarini hisobga olib hisoblash mumkin:

$$R_Б = R_{Б1}R_{Б2}/(R_{Б1}+R_{Б2}). \qquad (4.18)$$

$R_н >> R_Э$ va bazadagi tok $i_Б = (U_{кир} - U_{чик})/h_{11}$, bo‘lganda chiqish kuchlanishi va kuchlanish bo‘yicha kuchaytirgich koeffitsienti quyidagiga teng:

$$u_{chiq} = \frac{u_{kir}}{1 + h_{11}\dfrac{(1+h_{22}R_Э)}{(1+h_{21})R_Э}}; \qquad (4.19)$$

Keltirilgan ifodalardan ko‘rinib turibdiki, K_u koeffitsient 1 (bir)dan kichik, shuning uchun ham kuchaytirgich nomi – ***emitterli takrorlagich*** deb ataladi.

Koeffitsient h_{22}=10^{-5}…10^{-6} Om, va $R_E \approx 10^2$…10^4 Om, ekanligini hisobga olib K_u formulani soddalashtirish mumkin:

$$K_u \approx \frac{(1+h_{21})R_Э}{h_{11}+(1+h_{21})R_Э}. \text{ Bunda } K_i \approx K_u \frac{R_{kir}}{R_Э}. \qquad (4.20)$$

Takrorlagichning kirish qarshiligi $R_{kir} = U_{kir} / i_{kir} = h_{11} / (1 - K_u)$, h_{11} tranzistorning kirish qarshilidan ancha katta bo‘lib, bir necha o‘n va yuzlab kOm qiymatga ega bo‘ladi. R_{B1} va R_{B2} qarshiliklarning kattaligini hisobga olgan holda u quyidagi ko‘rinishni oladi.

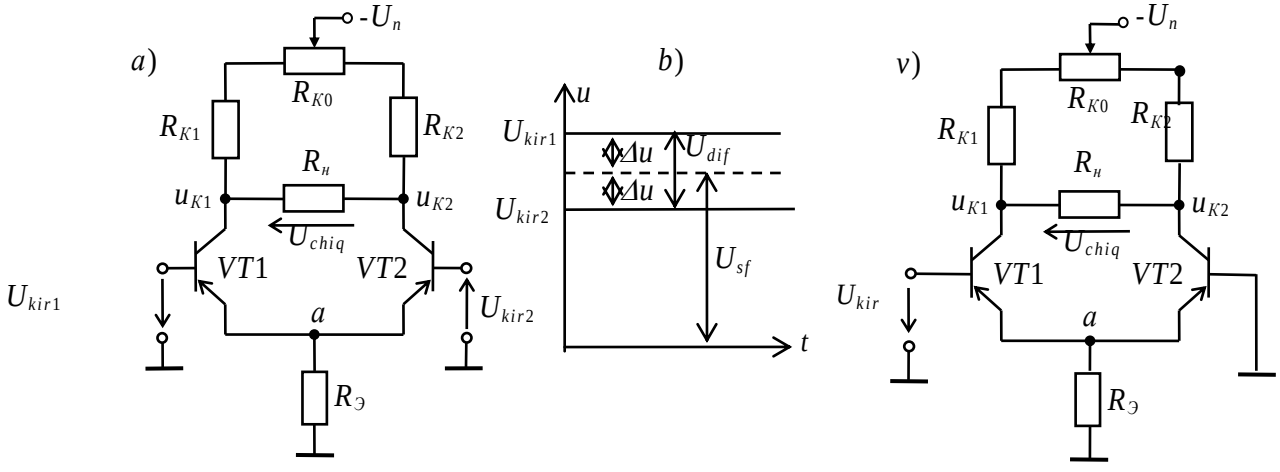
$$R_{kir} = R_{kir} R_{Б} / (R_{kir} + R_{Б}). \qquad (4.21)$$

Chiqish qarshiligi $R_{chiq} \approx h_{11} / (1 + h_{21})$ bir necha yoki o‘nlab Om qiymatga ega bo‘ladi. Shunday qilib, emitterli takrorlagich yuqori kirish va kichik chiqish qarshiligiga ega va bu esa uni yuqori omlik signal manbai va kuchaytirgich qurilmasining past omli yuklamasi bilan muvofiqlashtirishni osonlashtiradi.

Emitterli (manbali) takrorlagichlar kuchlanishni shakl, amplituda va fazaviy o‘zgarishsiz uzatishda qo‘llaniladi va bunda signal toki va quvvati sezilarli darajada kuchaytiriladi: emitterli takrorlagich kirish signali tokini h_{21E}+1 marta va quvvatnini h_{21E} marta oshiradi.

Differentsial (farqlovchi) kuchaytirgich

Differentsial kuchaytirgich – bu tarozili (ko‘prikli) doimiy tok kuchaytirgichi bo‘lib bir xil xarakteristikali tranzistorlarning parallel ulanishidan iborat qurilmadan iborat (4.7-rasm), unda kollektorning qarshiliklari R_{K1} va R_{K2} va $VT1$ va $VT2$ tranzistorlarning ichki qarshiliklari ko‘prik yelkasini hosil qiladi. R_{K0} rezistor pog‘onani (kaskadni) muvozanatlashtirish (nolni o‘rnatish) uchun xizmat qiladi.



4.7-rasm Differentsial (farqlovchi) kuchaytirgich sxemasi

Agar, kirish va chiqishi simmetriyali kuchaytirgichning chap va o‘ng qismi aynan bir xil bo‘lsa, haroratning yoki manba kuchlanishining

oshishi (tushishi) ikkala tranzistorda ham bir xil kollektor tokining o‘zgarishini yuzaga keltiradi, kollektorlarning U_{K1} va U_{K2} potentsiali deyarli bir xil ravishda o‘zgaradi va binobarin $U_{vo‘x}$ chiqish kuchlanishi o‘zgarmasdan qoladi.

Maydon tranzistorlaridan foydalanganda harorat T < 100 °S bo‘lganda kuchlanish buyicha og‘ish (dreyf) taxminan 0,05…0.3 mV/grad tashkil etadi.

Kuchlanishning og‘ishi kuchaytirgich sezgirligini belgilaydi, ya’ni kirishdagi minimal signal chiqishda farqlanadi. Binobaroin, nol og‘ishi(dreyfi)ning pasayishi kuchaytirgich sezgirligini oshiradi. E’tibor bering, nolning og‘ishi kuchaytirilgan foydali farqli signaldan farq qilmaydi va kuchaytirgich chiqishiga ulangan qurilmalarni ishga tushirib yuborishi mumkin.

Kuchlanish og‘ishi (dreyfi)ni pasaytirish uchun tranzistorlarning umumiy emitter zanjiriga $R_E >> h_{11}$, katta qarshilikli rezistor ulanadi va bu VT_1 va VT_2 tranzistorlarning $I_E = I_{E1} + I_{E2}$ emitter tokini turg‘unlash (stabillash)tirish uchun xizmat qiladi yoki o‘zgaruvchan tokka katta qarshilikli va doimiy tokka kichik qarshilikli *turg‘un (stabil) tok generatori* ulanadi.

Umumiy holda, umumiy kuchaytirgich kirishiga mos ravishda u_{kir1} i u_{kir2} kuchlanishlar beriladi. Undan u_{sf} bir xil fazali (sinxfazno‘y) va differentsial(farqli) $U_{dif} = U_{kir1} - U_{kir2}$ signallar olinadi. $u_{sf} = (u_{kir1} + u_{kir2})/2$ bir xil fazali signal kuchlanishning qiymati jihatdan teng va belgisi jihatdan bir xil, ikkala kirishga uzatilgan signalga mos keladi.

Aytaylik, bitta U_{sf} chiqish kuchlanining potentsiali yuqori, va boshqasiniki esa ΔU ga past bo‘lsin. U holda differentsial (farqlovchi) signal $U_{dif} = 2\Delta U = U_{kir1} - U_{kir2}$ ga teng. Misol uchun, agar kirish signallari U_{kir1}=1,024 V, a U_{kir2}=1,02 V bo‘lsa, unda bir fazalik (sinxfazno‘y) signal U_{sf}= (1,024+1,02)/2=1,022 V, va differentsial (farqlovchi) signal U_{dif}=1,024 – 1,02=0,004 V=4 mV ga teng bo‘ladi.

Bir xil belgili va bir fazali o‘zgarishlar yelkasi toklari (sinxfaznaya pomexa-bir fazali halal) ko‘prik muvozanatini buzmaydi va chiqish kuchlanishi bo‘lmaydi, differentsial kaskad (farqlovchi pog‘ona) faqat U_{dif} farqli signalni kuchaytiradi, modomiki tranzistor bazasiga emitterdagi toklarni o‘zgartuvchi har xil belgili kuchlanishlar yig‘iladi. Bundan pog‘ona(kaskad)ning nomi bo‘lib chiqadi – *differentsial kuchaytirgich.*

Differentsial kuchaytirgichning kirish qarshiligi $R_{kir} \approx 2h_{11E}$, ga va chiqish qarshiligi esa $R_{chik} \approx 2R_K/(1+h_{22E}R_K) \approx 2R_K$ ga teng.

$$K_i = (h_{21E}/h_{11E})R_K/(1+ h_{22} R_K) \approx (h_{21E}/h_{11E})R_K. \qquad (4.22)$$

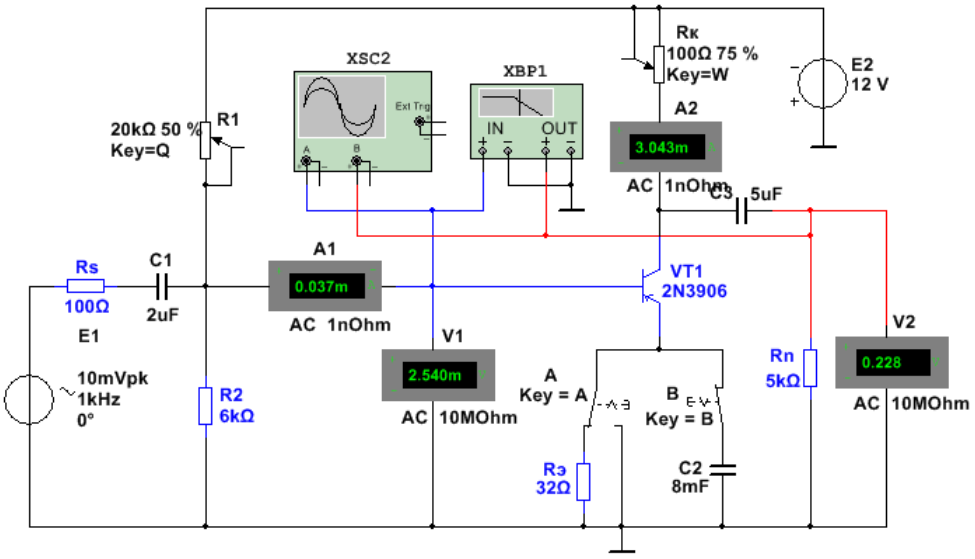
Yuklama qarshiligi $R_n = \infty$ bo‘lganda kuchlanishni kuchaytirish koeffitsienti: $K_i=(h_{21E}/h_{11E})R_K /(1+h_{22} R_K) \approx (h_{21E} /h_{11E})R_K$ ga teng.

Simmetrik kirish va chiqishli differentsial kuchaytirgichlar tez ishlovchi kommutatorlarda, koder va dekoderlarda va analogli hisoblash mashinalarida keng qo‘llaniladi.

Differentsial kuchaytirgich yana, qachon tranzistorlar bazalari orasidagi kuchlanishlar farqini emas, balki misol uchun, faqat U_{kir1} kirish kuchlanishini kuchaytirish talab etilganda qo‘llaniladi (4.7v-rasm). Bunda kirishlardan bittasi erga ulanadi. Agar U_{K2} kuchlanish ishlatilsa, unda bunday sxemani nosimmetrik kirish va chiqishli differentsial kuchaytirgich deb ataladi.

Ishni bajarish uchun o‘quv topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar
Umumiy emitterli bipolyar tranzistor asosida yaratilgan kuchaytirgichni sinash

Topshiriq- Multisim laboratoriya majmuasini **ishga tushiring** va MS12 muhitning ish maydonida umumiy emitterli (UE) *bipolyar tranzistorning kuchaytirgichni* sinash uchun sxemani yig‘ing (4.8-rasm), sxema elementlarining parametrlarini hisoblash usullari bilan **tanishing** va ularni tuzuvchi (komponentlar)ning dialog derazalariga (okna) **o‘rnating.**



4.8-rasm Bipolyar tranzistorli kuchaytirgich

Umumiy emitterli **VT1** tranzistorli kuchaytirgich sxemasiga, (***2N3906*** turdagi va *parametrlari:* $U_{K.max}=40$ *V;* $I_{K.max}=0{,}2$ *A;* $h_{21E}=30...300$*;* f_{max}

=300 MGz; P_K=0,625 Vt bo‘lgan) **R1** i **Rk** potentsiomerlar, **Rs**, **Re** va **Rn** doimiy rezistorlar**, S1**…**S3** sig‘imlar, **A** qayta ulagich va **V** kalit ulangan.

Energiya manbai sifatida EYuK E_2=12 V bo‘lgan doimiy kuchlanish generatoridan foydalanilgan, kirish signalining manbai sifatida esa- **E1** sinusoidal kuchlanish generatori ishlatilgan. Sinov natijalarini vizuallashtirish uchun sxemaga **A1** va **A2** ampermetrlar, **V1** i **V2** voltmetrlar, ikki kanallik **XSC2** ossillograf va **XVR1** plotter (kuchlanish kuchaytirgining AChX va FChX xarakteristikalarini tuzuvchi) lar kiritilgan.

1.1. Sxema elementlari **parametrlarini hisoblashni** quyidagi munosabatlar orqali amalga oshiramiz:

$R_K \approx E_2/I_{K.max}$=12/(0,2)=60 Om – kollektorning qarshiligi (emitterning teskari aloqasisiz (**A** qayta ulagich o‘ng holatda turganda**, V** kalit ochiq holatda, 4.8-rasmga qarang));

$U_{Kp} \approx E_2/2$=6 B; $I_{Kp} \approx (E_2 - U_{Kp})/R_K$= 6/60=100 mA – sokin (tinch) holatdagi kollektordagi doimiy kuchlanish va tok;

$I_{Bp} \approx I_{Kp}/h_{21}$=100/135 ≈ 0,75 mA – sokin holatda baza toki, bunda h_{21}=135 – **2N3906** turdagi tranzistorning tok uzatish koeffitsientining o‘rtacha qiymati;

$R_1 = (E_1 - U_{Бп})/I_{Бп} = (12-0{,}65)/0{,}75\cdot 10^{-3} \approx 15$ кОм – baza zanjiridagi **R1** rezistorning qarshiligi, bunda $U_{Bp} \approx$ 0,65 V kremniyli va $U_{Bp} \approx$ 0,3 V germaniyli tranzistorlar uchun;

$R_e \approx (0{,}1\ldots 0{,}2)E_1/I_{Ep}$=0,2·12/0,075=32 Om – emitter zanjiridagi $\mathbf{R_e}$ qarshilik, $I_{Ep} \approx I_{Kp} \approx$ 0,75 mA – $\mathbf{R_e}$ rezistor ulangandagi kollektor toki.

R_2=(0,3…0,5)R_1 – talab etilayotgan sokin kuchlanishni olish uchun, baza va kuchaytirgichning umumiy nol nuqtasi orasiga ulangan rezistorning qarshiligi:

$$U_{БЭп} = E_1 R_2/(R_1 + R_2) - R_e I_{Эп}. \qquad (4.23)$$

Aytaylik: R_2=6 kOm.

Umumiy emitterli va emitterli turg‘unlovchi (stabilizatsiey) uchun taklif etilayotgan rejim: $U_{Kp} \approx (2/3)E_1$=8 V va $U_{Ep} \approx (1/3)E_1$=4 V va buni **R1**, **Rk** potentsiometrlarning va **Re** rezistorning qarshiligini o‘zgartirish bilan o‘rnatish mumkin (4.8-rasmga qarang).

Salbiy teskari aloqa (OOS)ning o‘zgaruvchan tok tuzuvchiga ta’sirini yo‘qotish uchun **Re** rezistor **C2** sig‘im bilan shuntlanadi (qisqa tutashtiriladi), kuchaytirilayotgan signalning past chastotali tuzuvchisi uchun sig‘im qarshiligi **Re** rezistor qarshiligidan bir tartibga kam bo‘lishi

lozim. **C2**=8 mF deb qabul qilsak, unda kondensatorning qarshiligi **C2** X_{S2} ≈ 20/f ga teng bo‘ladi .

Ish hisoboti varag‘iga 4.8-rasmdagi sxemaning nusxasini ko‘chiring.

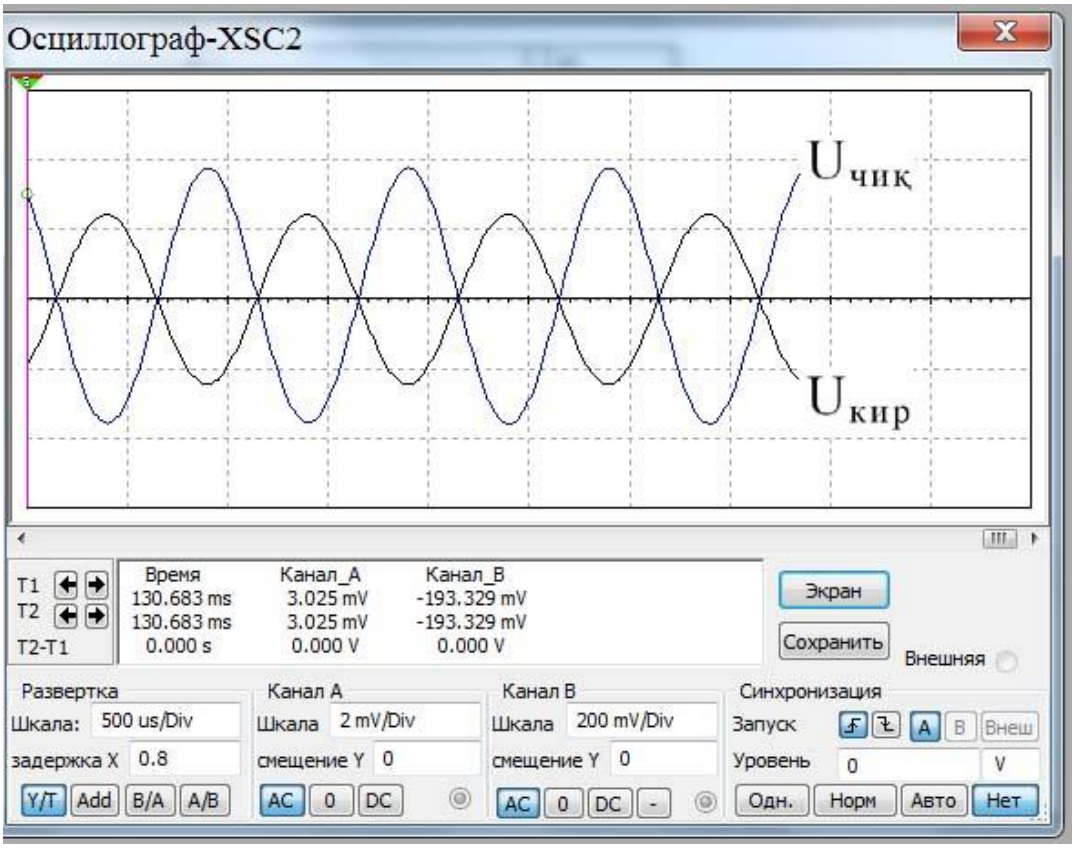
1.2. U_{vx} kirish kuchlanishining chastotasi f=1 kGz, **E1** manbaning kirish qarshiliklari R_s= 0 va R_s=100 Om, va yuklamaning qarshiliklari R_n =1 MOm va R_n=1 kOm bo‘lganda $\underline{U}_{chiq}(U_{kir})$ kuchlanish bo‘yicha amplituda xarakteristikalari oilasini (nuqtalar bo‘yicha) o‘lchang va tuzing. 4.1-jadvalga U_{kir}.kuchlanishning katta qiymatlarida chiqish kuchlanishining buzilish xarakterini ossillograf ekranida kuzatib, **E1** manba EYuK ining bosqichma-bosqich o‘zgarishida, **AC** rejimda ishlayotgan V2 voltmetrning ko‘rsatkichlarini yozib oling.

E’tibor bering, **VT1** tranzistorning kolektoridan olinayotgan U_{chiq} chiqish kuchlanishi, U_{kir} kirish kuchlanishiga qarama -qarshi fazada bo‘ladi (4.9-rasm).

4.1-jadval

R_s, Om	R_n	Pri E_1, mV:									
		V1 i **V2**	0	25	50	75	100	200	300	400	500
0	1 MOm	U_{kir},mV									
		U_{chiq},V									
	1 kOm	u_{kir},mV									
		u_{chiq},V									
100	1 MOm	u_{kir},mV									
		u_{chiq},V									
	1 kOm	u_{kir},mV									
		u_{chiq},V									

1.3. Amplituda xarakteritikalarining grafigidan foydalanib kuchaytirgichning D dinamik ko‘lamini (dinamicheskiy diapazon) va R_s=0, R_n=1 MOm va R_s=100 Om, R_n=1 kOm qarshiliklarda kuchaytirgich koeffitsientlarini aniqlang.

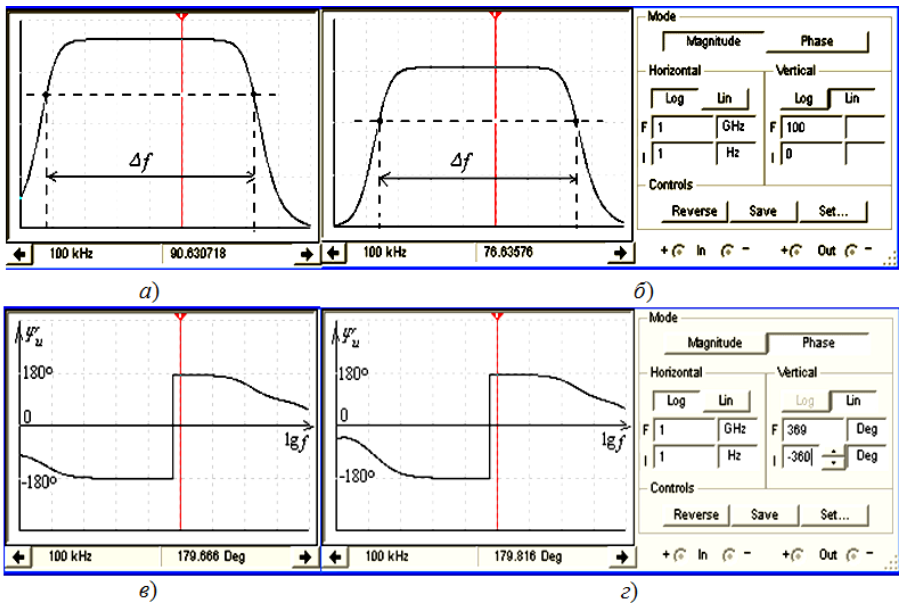


4.9-rasm Bipolyar tranzistorli kuchaytirgich ossillogrammasi

1.4. U_{kir}=10 mV, R_s=100 Om va R_n=1 kOm bo‘lgandagi kuchlanish bo‘yicha kuchaytirgichning AChX va FChX larini **XVR1** plotter yordamida **o‘lchang** va emittersiz kuchaytirgichning Δf o‘zkazish yo‘laklarini (polosa propuskaniya) teskari aloqali va aloqasiz holatlari uchun **aniqlang.**

Plotter ekrani nusxasini hisobot vara/iga o‘tkazing.

Misol sifatida, 4.10-rasmda sxema elementlari parametrlarining berilgan qiymatlari (4.8-rasm), kuchaytirgich teskari aloqali (*b* i *g*) va aloqasiz (*a* va *v*) bo‘lgandagi AChX $K_u(\lg f)$ va FChX $\Psi_u(\lg f)$ xarakteristikalari keltirilgan. AChX tahlili shuni ko‘rsatyaptiki, K_u=90,6 koeffitsient f=100 kGz chastotada teskari aloqasiz kuchaytirgich uchun teskari aloqaligidan katta K_u=76, f_v kuchaytirgich Δf o‘tkazish yo‘lagining tepa chastotasi teskari aloqa mavjudligida aloqasizidan yuqori. Δf o‘tkazish yo‘laklari (polosa propuskaniya) mos ravishda $90{,}6/\sqrt{2} \approx 64$ va $76{,}64/\sqrt{2} \approx 54{,}2$ sathlardan o‘tkazilgan gorizontal chiziqlarning kesishuv nuqtalari orqali aniqlangan.



4.10-rasm Bipolyar tranzistorli kuchaytirgich ossillogrammalari

FChX grafiklaridagi sakrashlar, chiqish signalining kirish signali fazasiga nisbatan o‘zib ketishi va kirish signalining faza bo‘yicha kechikishi nuqtalariga o‘tishi tufayli sodir bo‘ladi. Modellashtirish chegaralari AChX (**Magnitude**) va FChX (**Phase**) chastota kutaytirgichi (pastki (**I**) f_n =1 Gz va tepa (**F**) f_v=1 GGz), kuchaytirish koeffitsienti bo‘yicha K_u=0…100, faza siljishi burchagi bo‘yicha –360° dan +360° gacha) va shkala turi (chiziqli (**Lin**) yoki logarifmik (**Log**)) plotter oynasida beriladi (4.10-rasmga qarang, o‘ngdagi).

Hisobot tarkibi

1. Ishning mavzusi va maqsadi.
2. Tajribada ishlatiladigan asboblar ro‘yxati va ularning xarakteristikalari.
3. Bipolyar va maydon tranzistorlaridagi oddiy kuchaytirgichlarning sinash sxemalarining tasviri.
4. Kuchaytirgich pog‘onalarining parametrlarini hisoblash va o‘lchov natijalarining jadvali.
5. Oddiy kuchaytirgichlarning amplituda va chastotaviy xarakteristikalarining grafiklari.

Nazorat savollari

1. Kuchaytirgich nima? Tranzistorli kuchaytirgichlarning qo‘llanish sohasi.
2. Kuchaytirgichning printsipial sxemasini chizing va elemetlarning vazifalarini izohlang.

3. Kuchaytirgichning muhim xarakteristikalarini sanab o‘ting.

4. Sxemaning qaysi elementlari o‘rta chastotalar sohasida uzatish koeffitsientiga ta’sir etadi.?

5. Past chastotalar sohasida qaysi elementlar buzilishlar hosil qiladi?

6. Yuqori chastotalar sohasida qaysi elementlar buzilishlar hosil qiladi? Qanday qilib ularni kamaytirish mumkin?

7. Tranzistorni ulash sxemasi kuchaytirgich ko‘rsatkichlariga qanday ta’sir qiladi?

8. Ko‘p pog‘ona(kaskad)li kuchaytirgichda kuchaytirish koeffitsienti va nochiziq bulizishlar koeffitsienti (koeffitsient nelineyno‘x iskajeniy) kaskad (pog‘onalar) lar soniga qanday bog‘liq?

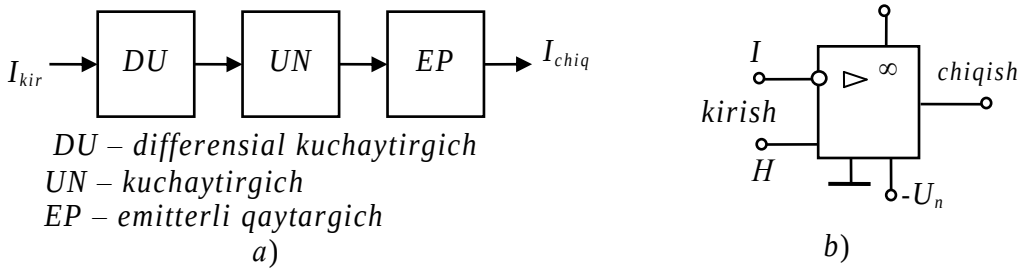
5 - laboratoriya ishi
Operatsion kuchaytirgichlar asosida yasalgan sxemalarni tadqiq etish

Ishning maqsadi: Operatsion kuchaytirgichlarni ishlash printsipini o‘rganish va ular asosidagi qurilmalarning xarakteristikalarini tadqiq etish: invetrlovchi kuchaytirgich, integrator (jamlovchi), differentsiator (farqlovchi) va tanlovchi kuchaytirgich.

Nazariy ma’lumotlar va hisoblash formulalari
Operatsion kuchaytirgich (OK)larning vazifasi va shartli belgilanishi

Operatsion kuchaytirgich (OK) - bu kichik o‘lchamli (integral sxema ko‘rinishidagi seriyalari: K140, K544, K553, KR1040UD, KR1435 (Rossiya) va boshqalar, hamda boshqa chet davlatlardan import qilinadigan seriyalar AD8041, OP275, LM339 va boshqalar) ko‘ppog‘onali doimiy tok kuchaytirgichi bo‘lib, unda pog‘ona (kaskad)lar va katta kuchaytirish koeffitsienti orasida bevosita aloqalar mavjud.

Operatsion kuchaytirgichlar elektr signallarini kuchaytirishda, hamda signallar ustida har xil amallar bajarishga mo‘ljallangan: qo‘shish, ayirish, jamlash, logarifmlash va boshqalar. Bundan tashqari, operatsion kuchaytirgichlardan ko‘pincha komparatorlar, garmonik tebranishlar va har xil shakldagi signallar generatorlarini, saylovchi (izbiratelno‘y) kuchaytirgichlar va boshqa qurilmalarni yasashda ham foydalaniladi. Bunday kuchaytirgichlar simmetrik, differentsial yuqori omlik kirishga, yuqori kuchaytirish



5.1-rasm. Operatsiyon kuchaytirgich

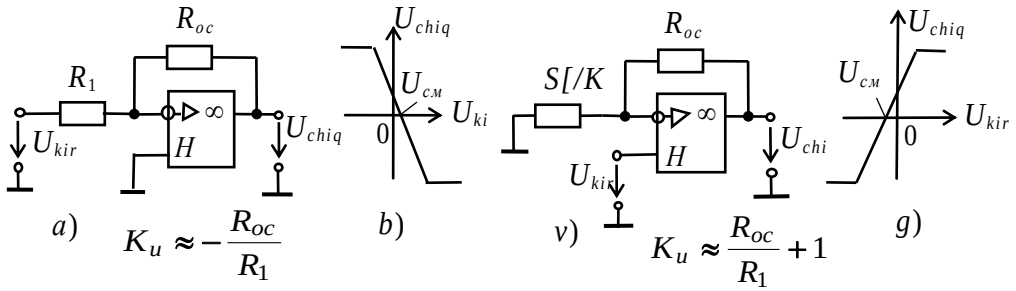
koeffitsientiga, past omlik (nisbatan quvvatli) chiqishga ega bo‘lib, ular shunday yasalganki, ularga turli xil to‘g‘rilovchi (korrektiruyuhiy) zanjirlar va teskari aloqa zanjirlari ulanishi mumkin.

Namunaviy (tipovoy) operatsion kuchaytirgichning (OK) funktsional sxemasi 5.1a-ramda va uning shartli belgilanishi – 5.1b-rasmda keltirilgan. OK ning differentsial kirish pog‘onasi (kaskadi), odatda maydon tranzistorlaridan yig‘ilgan bo‘lib, yuqori kirish qarshiligiga ega bo‘ladi. Chiqish pog‘onasi ikkitaktlik, past kirish qarshilikka ega quvvat kuchaytirgichidan (V yoki AV kuchaytirish rejimida ishlaydigan emitterli takrorlagich) iborat. Hozirgi davrda, OK ikkipog‘onali sxema bo‘yicha loyihalanadi.

OK ikkita kirishga ega: invertirlovchi (I) va invertirlamaydigan (N). Bu nomlar, birinchi holatda chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishiga nisbatan qarama-qarshi fazada, ikkinchi holatda esa kirish kuchlanishi bilan bir xil fazada bo‘lishi bilan bog‘liq. OK ni ta’minlash uchun odatda ikkita har xil qutbli $+U_n$ va $-U_n$ manbadan yoki bitta bipolyar manbadan foydalaniladi, va uning o‘rtacha nuqtasini umumiy shinaga ulashadi (yerga ulashadi), va unga nisbatan ±3V…±15V ga teng $+U_n$ va $-U_n$ kuchlanishlar o‘lchanadi. Kerakli xossalarni olish uchun OK ning qo‘shimcha chiqishlarga teskari aloqa halqalari ulanadi.

OK ning xarakteristikasi va parametrlari

Tekari aloqalarsiz OK kuchaytirgichdan, kuchaytirish koeffitsienti yuqoriligi tufayli foydalanilmaydi (ideal OK uchun $K_u=\infty$; $R_{kir}=\infty$; $R_{chiq}=0$ va kuchaytirilayotgan signal chastotasining cheksiz yo‘lagi), chunki differentsial kuchaytirgich kirish elkasidagi sezilarsiz asimmetriya yoki juda kichkina kirish kuchlanishi ham OK ning to‘yinishiga (naso‘henie) (OK chiqishida ta’minlash kuchlanishiga yaqin darajadagi kuchlanishni hosil qiladi) va kirish signallarini qayta ishlash qobiliyatini yo‘qotishiga olib kelishi mumkin.



5.2-rasm Invertorlamaydigan kuchaytirgich sxemasi va amplituda xarakteristikasi

5.2 *v*, *g*.-rasmda invertorlamaydigan kuchaytirgich sxemasi va amplituda xarakteristikasi keltirilgan.

Ikkita rezistor (bo‘luvchi), masalan naprimer, $R_{oc} \approx 200$ kOm va $R_1 \approx 5$ kOm dan iborat, manfiy teskari aloqa halqasini chiqish va invertorlovchi kirish orasiga ulab va N kirishni umumiy nuqtaga bog‘lab, o‘rnatilgan (fiksirovanno‘y) kuchaytirish koeffitsientli invetorlovchi kuchaytirgich hosil qilamiz (5.2a-rasm). Uning amplituda xarakteristikasi $U_{\text{chiq}} = f(U_{kir})$ 4.2b-rasmda keltirilgan bo‘lib, unda siljish kuchlanishi (napryajenie smeheniya) $U_{sm} = U_{chiq.0}/K_{u.oc}$ (u_{chiq}=0 da), OK kirishiga keltirilgan nol og‘ishi (dreyf nulya) $U_{chiq.0}$ bunda U_{kir}= 0 barcha turg‘unlikni buzuvchi sabablardan iborat bo‘ladi.

Teskari aloqali OK ning asosiy parametrlari bo‘lib:

- ✓ kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti $K_{u.os}=\Delta U_{vo‘x}/\Delta U_{vx}$, bu erda ΔU_{vx} – chiqishlar orsidagi potentsiallar farqi, va koeffitsient OKning o‘zining kuchaytirish koeffitsientidan (K_u=10^5…10^6) bog‘liq emas.Teskari aloqali invertorlovchi OK uchun $K_{u.os}$, teskari aloqa halqasidagi R_{oc} va R_1 qarshiliklarning taxminiy nisbati bilan aniqlanadi, ya’ni $K_{u.os} \approx -R_{oc}/R_1$.

Intvertorlamaydigan kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti (4.2v-rasmga qarang): $K_{u.oc} \approx R_{oc}/R_1 + 1$.

Nochiziq buzilish (yanglish)lar sezilarsiz bo‘lgandagi kuchlanishning maksimal qiymati $U_{chiq.max} = K_u u_{kir} \approx (0{,}8...0{,}9)U_n$, ga teng, ya’ni U_n ta’minlash kuchlanishidan 0,5 …3 V ga kam, U_p darajasiga bog‘liq ravishda.

- ✓ past chastotalarda OK kirishlari orasidagi farqlovchi signal (raznostnogot signala) uchun kirish qarshiligi $R_{vx} \approx 10^3$ …10^7 Om ga teng;
- ✓ chiqish qarshiligi $R_{vo‘x}$ < 100 Om;
- ✓ U_{sm} (millivoltlarda) nol siljishining kirish kuchlanishi – bu differentsial kuchlanish bo‘lib, OK ning kirishlari orasiga beriladi, chiqish kuchlanishlari kirish signallari mavjud bo‘lmaganda nolga teng bo‘lishi uchun;
- ✓ OK AChX sining 3dB ga pasayishiga mos fv chastota kesimi;
- ✓ f1 yakka kuchaytirish chastotasi (yuzlab megagertsgacha), ya’ni K_u=1 bo‘lgandagi chastota;
- ✓ invetorlovchi kirishining qisqa tutashuvi va kirishiga pog‘ona-pog‘ona kuchlanish berishdagi chiqish kuchlanishining o‘sish tezligi (v ≈ 1…100 V/mks);
- ✓ chiqish kuchlanishining o‘rnatilish vaqti ($t_{o‘rn}$=0,05…2 mks) dan 0,1 to 0,9 o‘zining o‘rnatilgan qiymatigacha.

OK larning ahamiyatli taraflaridan biri, bu $U_{kir\cdot sf}=(U_{kir1}+U_{kir2})/2$ sinxfazali (bir xil fazali) signallarini bosishi (susaytirishi) bo‘lib, va buni ikkala kirishga berilgan kuchlanishning qiymatiga teng va belgisiga mos ravishda amalga oshiradi. Sinxfaz (bir xil fazali) ignalning susayish koeffitsienti

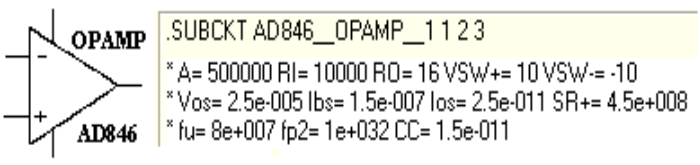
$K_{os.sf}=20\lg(K_{u.oc}/K_{sf})= 60…120$ dB,

bu yerda $K_{u.oc}$ – OK kirishlari orasiga berilgan, ya’ni $\Delta U=U_{kir1}-U_{kir2}$ farqlanuvchi $U_{kir\cdot sf}$ kuchlanishning kuchaytirish koeffitsienti. $K_{sf}=U_{chiq\cdot sf}/U_{kir\cdot sf}$ – OK ning umumiy shinasi va har bir kirishi orasiga berilgan $U_{kir\cdot sf}$ kuchlanishning kuchaytirish koeffitsienti. $K_{os.sf}$, qanchalik katta bo‘lsa, katta sinfazlik kuchlanish fonida OK shundalik kam kirish signalarnini farqini ajratish mumkin.

Kirish signallarining yo‘qligida (***nol og‘ishi - dreyf nulya***) OK chiqish kuchlanishning hosil bo‘lishi, kirish differentsial kuchaytirgichning tranzistorning emitter o‘tishlaridagi kuchlanishlarning o‘zaroto‘liq o‘xshashmasligi, muhit xaroratining o‘zgarishi, ta’minlash manbai parametrlari, aktiv elementlarning eskirishi va hokazolar tufayli sodir bo‘ladi. OK chiqishlariga maxsus korrektirlovchi (muvozanatlashtiruvchi) tashqi zanjirni kiritish bilan yuqorida sanab o‘tilgan sabablarga ko‘ra nol og‘ishiga olib keladigan hatoliklarni bartaraf (kompensatsiya) etish mumkin.

AD846 tipdagi operatsion kuchaytirgich parametrlari

Multisim muhiti kutubxonasida, kuchlanish manbaiga ulanadigan uch, besh va undan ortiq chiqishlik, kirish va chiqish signallik, teskari aloqali va korrektirlovchi zanjirli OK larning chiziqli va nochiziq modellari mavjud. Tadqiqotlar o‘tkazish uchun Analog Devices firmasi ishlab chiqargan **AD846** keng yo‘lakli (shirokopolosno‘y) OK ni tanlaymiz. 5.3-rasmda ushbu kuchaytirgichning, hamda National Semiconductor Products firmasining mahsuloti -**LM741** modelli kuchaytirgichning parametrlari keltirilgan.



5.3-rasm AD846 operatsiyon kuchaytirgichi

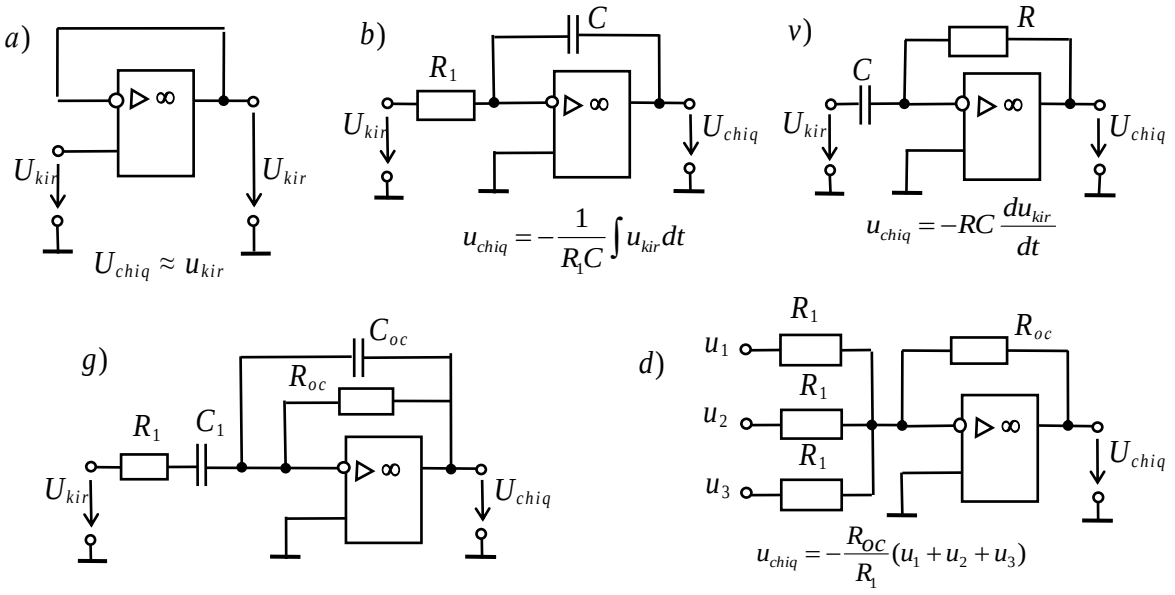
A (K_u)=500000 – teskari aloqasiz kuchaytirgichning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsienti; **RI** (R_{kir})=10 kOm – kirish qarshiligi; **RO** (R_{chiq})=16 Om – chiqish qarshiligi; **VSW** ($U_{chiq.max}$)=±10 V – nochiziq yanglishlar o‘ta past bo‘lgan chiqish kuchlanishining maksimal qiymati; **Vos** (U_{sm})=0,25 mkV – siljish kuchlanishi; **Ibs** (I_{vx})=1,5·10^{-7} A – kirish toki; **Ios** (I_{12})=2,5·10^{-11} A – chiqishda nol siljishiga oluv keluvchi kirish toqarining farqi; **SR(Q)**(v)=0,45 V/ns – chiqish kuchlanishining ko‘tarilish tezligi; **fu** (f_1)= 80 MGz – yakka kuchaytirish chastotasi; **fr2** (f_2)= 1·10^{32} MGz – uzatuvchi xarakteristikaning ikkinchi qutbi chastotasi; **CC** (C_k)= 0,15 pF – korrektirlovchi kondensator sig‘imi.

5.3-rasmdan ko‘rinib turibdiki, berilgan OK ta’minlash uchun katta bo‘lmagan tok zarur bo‘lib va bunda kuchaytirish koeffitsientining $K_u\Delta f$ o‘tkazish yo‘lagi kengligiga ko‘paytmasining yuqori qiymatiga va chiqish kuchlanishining o‘sishining yuqori tezligiga erishiladi. Shuning uchun ham, ularni tez ishlovchi integrator (jamlovchi)lar, raqamli-analogli o‘zgartgichlar, kuchlanishning kichik siljishi (smehenie) va kichik og‘ish(dreyf)i, yuqori kirish qarshiligi, kuchlanish o‘sishining yuqori tezligi va signalni o‘tkazishning keng yo‘lagi talab etiladigan boshqa qurilmalarning sxemalarida foydalanishni tavsiya etish mumkin.

Operatsion kuchaytirgichlar asosida matematik amallar bajaradigan zanjirlar

OK asosida turli hil matematik amallarni bajarishga mo‘ljallangan funktsinal qismlar yaratiladi (5.4-rasm): chiqish signali amalda nolga teng bo‘lgan *takrorlagich (a)*, kirish signalining integraliga vaqt bo‘yicha proportsional bo‘lgan *integrator (b)*, chiqish signali kirish signali hosilasiga proportsional bo‘lgan *differentsiator (v)*, tor chastota yo‘lagidagi kirish signalini kuchaytiruvchi *tanlovchi kuchaytirgich (g)*, chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishlar invertorlangan yig‘indisiga teng bo‘lgan *summator (d)* va boshqalar.

Sxema komponentalarining parametrlari bajarilayotgan amallarning talab etilayotgan aniqligi bilan aniqlanadi. Masalan, integrallash (jamlash) xatosini pasaytirish, kirish kuchlanishi va toki siljishi ta’sirini kamaytirish uchun integratorning C kondensatoriga parallel ravishda (5.4b-rasm), qarshiligi ancha katta bo‘lgan R_1 rezistor ulanadi.



5.4-rasm. Operatsion kuchaytirgichlar asosida matematik amallar bajaradigan zanjirlar

Shu maqsadda, differentsiator(farqlagich)da C kondensatorga ketma-ket ravishda (5.4v - rasm) rezistor ulanadi.Bundan tashqari, integrallash va differentsiallash jarayonlarini modellashtirishda, OK ning xossalaridan va kirish signallarining o‘zgarish tezligidan kelib chiqib, integrator uchun ijozat etilgan kirish signalining maksimal davomiyligi va diferentsial uchun esa minimal davomiyligi aniqlanadi.

Haqiqiy integratorning integrallash doirasi (ko‘lami) pastdan signalning ω_{sn}q1/RC(K_uQ1) chastotasi, tepadan esa ω_{sv}=(K_u+1)/τ_{ou} chastotasi bilan cheklangan bo‘lib, bunda – OK ning vaqt doimiysi va maksimal integrallash vaqti $t_{i.max}$<<τ=RC ga teng. Bunda, integratorga tashqi majburiy nollash zanjiri ulangan bo‘lishi lozim, chunki integratorning chiqish kuchlanishi:

$$U_{chiq} = U_{kir\cdot 0} + \frac{1}{C_{oc}}\int_0^t i_C dt = U_{kir.0} - \frac{1}{C_{oc}}\int_0^{t_u} \frac{u_{kir}}{R_1} dt, \qquad (5.1)$$

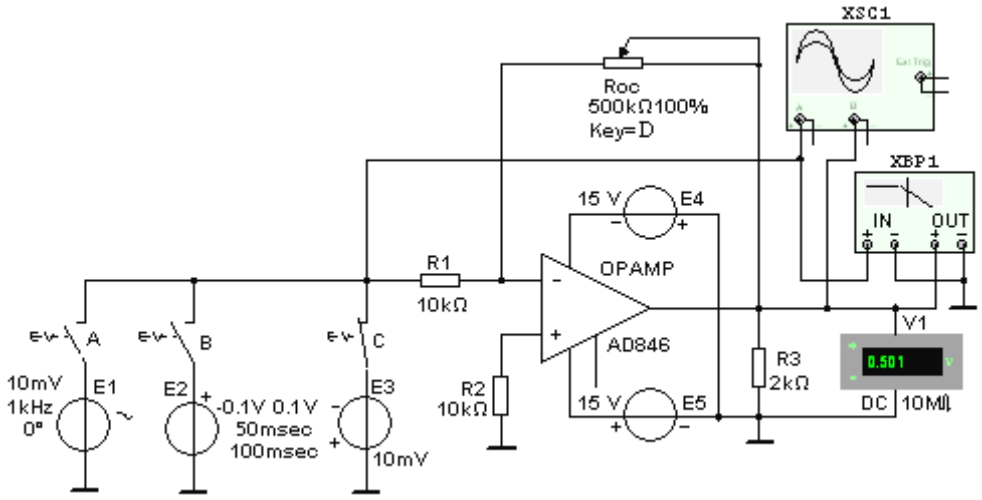
bu yerda: $U_{chiq.0}$ – davriy signalning integrallash yangi to‘lqinining boshlanishidagi kondensator iskanjasidagi kuchlaniy qiymati.

Amalda, integrallashda teskari aloqa halqasining vaqt doimiysi, kamida sirish signalnikiga qaraganda 10...100 barobar kattaroq, differentsiallashda esa, kirisht signali frontining o‘sish davomiyligidan 10...100 marta kamroq qilib tanlanadi, binobarin bular signal davomiyligidan ancha kichik.

Ishini bajarish uchun o‘quv topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar. Invertorlovchi kuchaytirgich sxemasini o‘rganish

1-topshiriq. Multisim laboratoriya tizimi va MS12 muhitini ishga tushiring. MS12 muhitning papkasida joylashgan **xxxx.ms12** faylni **oching**, yoki MS12 muhitining ishchi maydonida OK li *invertorlovchi kuchaytirgich* sxemasini **yig‘ing** (5.5-rasm), elementlar sxemasini hisoblash usuli bilan tanishing va ularni komponentlarning dialog darchalariga joylashtiring. 5.5-rasmdagi sxemani hisobot varaqlariga o‘tkazing.

1.1. AD846 tipdagi OK da yig‘ilgan invertorlovchi kuchaytirgich (5.5-rasm) va uning parametrlari 5.3-rasmda keltirilgan.



5.5-rasm. AD846 tipdagi OK da yig‘ilgan invertorlovchi kuchaytirgich

E1 doimiy manba kuchlanishlari, E2 to‘g‘ri burchakli impulslar, E3 sinusoidal kuchlanishlar A, V va S kalitlar yordamida R1 orqali OK ning invertorlovchi kirishiga beriladi, kuchaytirgichning kirish qarshiligini belgilovchi qarshilik R_1= 10 kOm ga teng, ya’ni $R_{kri} \approx R_1$= 10 kOm. R_{os}=500 kOm qarshilikga ega, R_{oc} potentsiometr yordamida kuchlanish bo‘yicha manfiy teskari aloqa ta’minlanadi.

R_{os}=500 kOm bo‘lganda kuchlanish bo‘yicha kuchashtirish koeffitsienti

$$K_u \approx -R_{oc} / R_1 = -500/10 = -50.$$

OK kirishidagi qarshiliklar farqini yo‘qotish va sinfazli signalli usaytirish uchun zanjirning invertorlamaydigan kirishiga $R_2 = 10$ кОм. qarshilikli **R2** rezistor ulanadi.

OK ning katta kuchaytirish koeffitsientida K_u=500000, modelashtirilgan sxemaning chiqish qarshiligi nolga yaqin, ya’ni:

$R_{chiq.oc} = R_{chiq}(1 + R_{oc}/R_1)/K_u = 16 \cdot (1 + 5 \cdot 10^5/10^4)/5 \cdot 10^5 \approx 16 \cdot 10^{-4}$ Ом.

OK uchun yuklama qarshilik, qoidaga ko‘ra 2 kOm dan kam bo‘lmasligi lozim, shuning uchun ham R_3=2 kOm qarshilikka ega rezistorni tanlaymiz.

1.2. OK ning $U_{chik}=f(U_{kir})$, ***amplituda xarakteristikasini o‘lchang va tuzing***, va undan U_{sm} kuchlanish siljishi va $K_{u.os}=\Delta U_{chik}/\Delta U_{kir}$ kuchaytirish koeffitsientining dinamik diapazonini aniqlang va ularni hisoblangan qiymatlari bilan taqqoslang. Ushbu maqsadda C kalitni yoping va E3 doimiy kuchlanish manbai EYuK ni pog‘onalab (50 mV oraliq bilan) –300 mV … 0 … 300 mV chegarada o‘zgartiring, V1 asbob ko‘rsatkichlarini tuzilgan jadvalga kiriting.

1.3. Ossillogrammalar yordamida kirishdagi pog‘onali kuchlanishda, chiqish kuchlanishining v o‘sish tezligini ***aniqlang*** (nol holati orqali o‘tishda) va t_{ust} o‘rnatilish vaqti. Ushbu maqsadda, C kalitni ***oching*** va V kalitni ***yoping,*** inventorlovchi kirishga E2 to‘g‘ri burchakli impulslar manbaini ulang va amplitudasi E_m=± 0,1 B, davomiyligi t_i= 25 mks va takrorlanish davri T= 100 mks ga teng impulslarni uzating.

O‘rnating:

– ochiladigan **Simulate/Analyses/Transient Analysis/Maximum time step settings (Tmax=1e-009 sec)** menyu darchasida modellashtirish qadamini, t_{max}=1 ns;

– **E2** manbaning parametrlarini i **XSC1** ossillografning ish rejimini.

Kuchlanishlarning vizir chiziqlari va ossillogrammalaridan foydalanib, $\Delta U_{vo'x}$ chiqish kuchlanishini vaqt bo‘yicha o‘sib boruvchi ikkita qiymatida o‘lchang.

Misol sifatida, 6,a-rasmda t_i=50 mks da kuchlanish ossillogrammalari keltirilgan, ular yordamida chiqish kuchlanishi o‘sish tezligi $v = \Delta U_{chiq}/\Delta t \approx 2/1 \cdot 10^{-6} = 2$ V/мкс topiladi va o‘rnatilish vaqti $t_{ust} = t_{0,9u} - t_{0,1u} \approx 8$ mks, chiqish kuchlanishi $U_{chiq.ust} \approx 9{,}97$ V ga erishish vaqti bo‘lagi.

1.4. **XSC1** ossillograf yordamida OK ning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientini ***aniqlang, XBP1*** plotter yordamida uning kuchlanish bo‘yicha AChX ni o‘lchang. Vizir chizi/idan foydalanib, o‘rta chastotadagi $K_{u,os}$ kuchaytirish koeffitsientini aniqlang va bunda f_v chastota kesimida K_u kuchaytirish koeffitsienti o‘zining 0,707 qiymatigacha pasaysin, hamda K_u q 1 ga teng bo‘lgandagi f_1 yagona chastota.

Buning uchun:

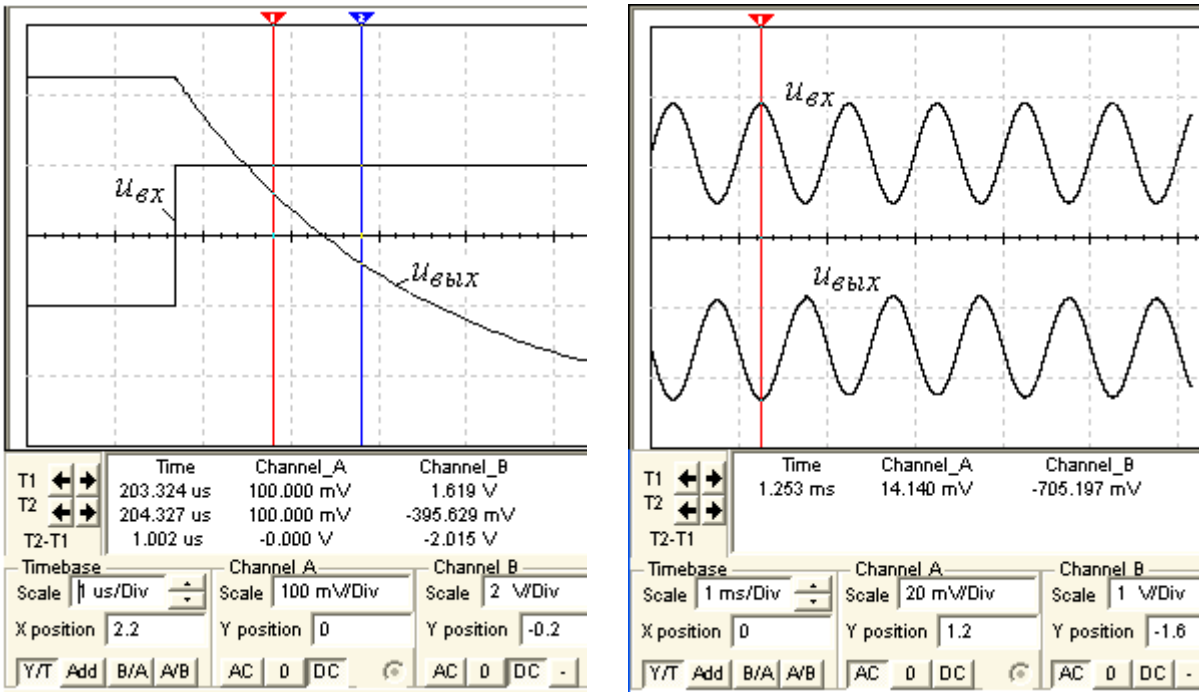
– ketma-ket ochiladigan ***Simulate/Analyses/Transient Analysis/Maximum time step settings (Tmax q 1e-005 sec)*** menyu darchasida modellashtirish qadamini (izoh bo‘yicha), t_{max} x10 mks;

– V kalitni oching va A kalitni yoping;

– **E1** generatorning dialog darchasida EDS E_1=5 mV va uning chastotasi f=1 kGz ni ***o‘rnating, XBP1*** – plotterning dialog darchasida OK ning kuchlanish bo‘yicha AChX xarakteristikasini modellashtirishning f=100 MGz ustki chastotasini o‘rnating va MS12 dasturini ***ishga tushiring***.

–AChX grafigini hisobot vara/iga ko‘chirib o‘tkazing.

Misol sifatida, 5.6b-rasmda E_1=10 mV ga teng bo‘lganda OK ning kirish va chiqish kuchlanishlari ossillogrammalari keltirilgan, va pastda sinusoidal kuchlanishning kuchaytirish koeffitsientini hisoblashda foydalanilgan kuchlanish amplitudasining qiymati keltirilgan:



a) b)

5.6-rasm OK ning kirish va chiqish kuchlanishlari ossillogrammalari

$$K_{u.oc} \approx -U_{m.chiq}/U_{m.kir} = -705{,}2 \cdot 10^{-3}/14{,}14 \cdot 10^{-3} \approx -50.$$

Olingan AChX larning tahlilidan ko‘rinib turibdiki, o‘tkazish yo‘lagi (polosasi)ning yuqori chegarasi $K_u/\sqrt{2} = 50/1{,}414 \approx 36$ kuchaytirish darajasida f_v ≈ 504 kGz ga, a chastotasi esa f_1 ≈ 26 MGz ga teng. Xarakteristikalarning ko‘rinishi doimiy tok kuchaytirgining AChX ni aks ettiradi, va yuqori chastotalar sohasida keskin pasayishi kuzatilmaydi, a

yuqori chegaraviy chastota yetarlicha katta qiymatga (o‘nlab-yuzlab megagerts) teng.

1.5. **(Darsdan tashqari bajariladi).** 5.5-rasmdagi (A kalit yoping) sxema yordamida E4 va E5 manbalar kuchlanishlarining, Roc rezistor qarshiligining, R3 yuklama qarshiligining invertorlamaydigan kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti va chastotaviy xossalariga ta’sirini tadqiq eting.

OK asosida integrator sxemasini o‘rganish

2-Topshiriq. MS12 muhitning **xxxxxx** papkasida joylashgan **xxxx.ms12** faylni **oching** yoki MS10 muhitining ishchi maydonida **LM741** (K_u=2·10^5) tipdagi OK asosida *integratorni* sinash sxemasini **yig‘ing** (A,V va S kalitlar holatining kodi 110: 1- raqami - kalit yoping, 0- kalit ochiq), *differentsiator* uchun (kalitlar kodi 001) va *tanlovchi kuchaytirgich (izbiratelno‘y usilitel)* uchun (kalitlar kodi 011) va dialog darchasida sxema elementlarining parametrlarini bering.

Sxema nusxasini hisobot varag‘iga ko‘chiring.

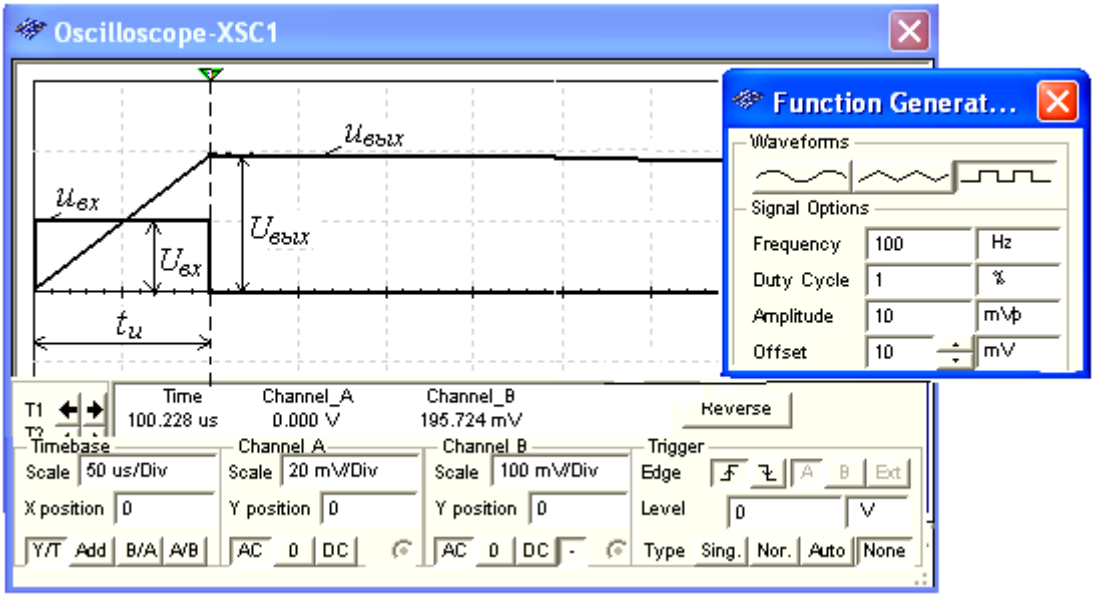
2.1. Integrator kirishiga (kod 110) u_{kir} to‘g‘ri burchakli U=20 mV amplitudali va impuls davomiyligi t_i=0,01 T=0,1 ms bo‘lgan signal bering. Bu erda impuls davri T=1/f=1/100=0,01 s va u XFG1 funktsional generator yordamida yaratiladi va u dialog darchasida o‘rnatilgach, amplituda(**Amplitude)** U_{vx}=10 mV, chastota (**Frequency**) f=1200 Gz, 1% ga teng (**Duty Cycle**) T davr ichida musbat yarim to‘lqin meandri davomiyligi va signal siljishi (**Offset**) 10 mV, noldan vertikal bo‘yicha.

XSC1 ossillografning dialog darchasida ish rejimini tanlang (kirish va chiqish kanallarining kuchaytirish koeffitsientlari va zarur vaqt bo‘yicha yoyish davomiyligi (dlitelnost razvyortki)) va t=t_i da integrator chiqishidagi $U_{vo‘x}$ chiqish signalining deyarli chiziqli o‘sishini o‘lchang.

Topilgan $U_{vo‘x}$ kuchlanish qiymatini ideal integratorning $U_{vo‘x}$ qiymati bilan **taqqoslang:**

$U_{vo‘x} = - U_{vx}t_i/(R_1C_{oc})$=– 10·10^{-3}·10^{-4}/(10^4·10^{-9})=– 0,2 V.

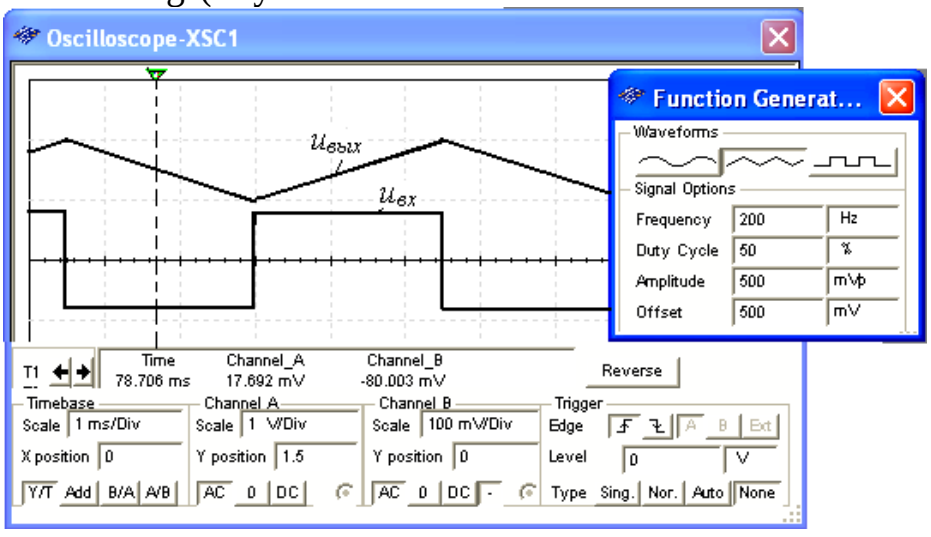
Kirish va chiqish signallari ossillogrammalari nusxalarini hisobot varag‘iga **o‘tkazing**.



5.9-rasm. Chiqish signalining fazasi ossillogrammasi

Eslatma. Yaqqollik uchun 5.9-rasmda $U_{vo'x}$ chiqish signalining fazasi ossillografning, ish rejimini o‘rnatish chizi/ining pastida joylashgan tugmacha yordamida, 180° ga o‘zgartirilgan.

2.2. **XFG1** funktsional generatori parametrlarini (5.10-rasm, o‘ngda), R_1=5 kOm, R_{os}=100 kOm rezistorlarning qarshiligini, S_1=2 nF kondensator sig‘imini o‘rnating va differentsiator kirishiga (kod 001) U=0,5 V amplitudali i T=5 ms davrli generator yaratgan simmetrik uchburchakli signal bering. Ossillograf yordamida $u_{vo'x}$ chiqish signalining amplitudasini o‘lchang (deyarli



5.10-rasm. XFG1 funktsional generatori parametrlari

to‘g‘riburchakli shaklli) (5.10-rasm) va uning qiymatini ideal differentsiatorning hisoblangan qiymati bilan taqqoslang:

$$U_{chik} = -R_{oc}C_1U_{vx}/t_i = -10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 1/25 \cdot 10^{-4} = -80 \text{ mV}. \qquad (5.2)$$

Kirish va chiqish signallari ossillogrammalari nusxalarini (5.10-rasmga qarang) hisobot vara/iga **o‘tkazing**.

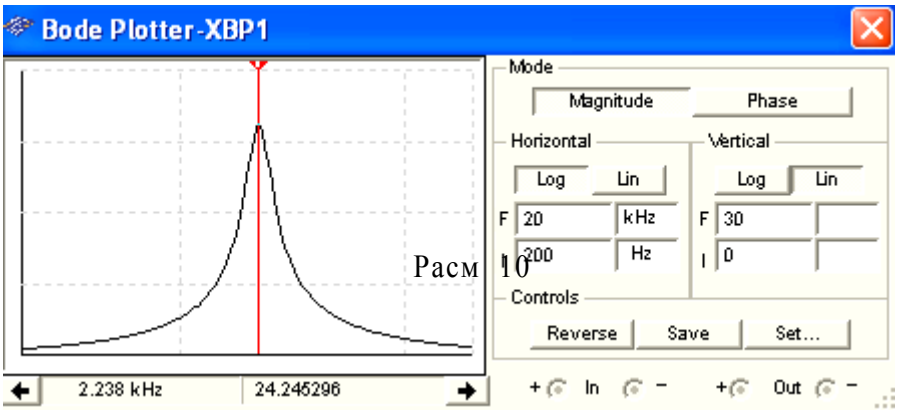
2.3. XFG1 funktsional generatori dialogli darchasida (5.10-rasm, o‘ngda), kuchlanish amplitudasi 10 mV va ish rejimi-“sinusoidal kuchlanish”; R_1 q 10 kOm va R_{os} q 500 kOm rezistor qarshiliklari,$C_1 = C_{os}$=1 nF kondensator sig‘imi va integrodifferenialovchi teskari aloqali tanlovchi (izbiratelnogo) *RC*- kuchaytirgich kirishiga (kod 001) generator hosil qilgan inuoidal signal bering. **XBP1** plotterning dialogli darchasida (5.11-rasm, o‘ngda) kuchaytirgich AXCh ni modelashtirishning tepa va quyi chegaralarini o‘rnating: f_v q 20 kGz, f_n=200 Gz, kuchaytirish koeffitsienti chegarasi (30 i 0), chastotalar uchun logarifmik shkala va AChX chiziqli uchun .

Vizir chizig‘i yordamida plotter darchasida kvazirezonans chastotasidagi maksimal kuchaytirish koeffitsientini **o‘lchang:**

$$f_0 = 1/(2\pi\sqrt{R_1R_{oc}C_1C_{oc}}) = 1/(2 \cdot 3{,}14\sqrt{10^4 \cdot 5 \cdot 10^5 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{-9}}) = 2281 \text{ Гц}.$$

Hisoblangan qiymati:

$$K_{u.max} = R_{oc}C_1/[R_1(C_1 + C_{oc})] = 5 \cdot 10^5 \cdot 10^{-9}/[10^4 \cdot (10^{-9} + 10^{-9})] = 25.$$



5.11-rasm. Tanlovchi (izbiratelno‘y) kuchaytirgichning AChX grafigi

0,707$K_{u.max}$. darajadagi tanlovchi (izbiratelno‘y) kuchaytirgichning o‘tkazish yo‘lagini aniqlang:

Tanlovchi (izbiratelno‘y) kuchaytirgichning AChX grafigini hisobot varag’iga ko‘chiring (5.11-rasm).

Hisobot mazmuni

1. Ishning nomi va maqsadi
2. Tajribada ishlatiladigan asboblar ro‘yxati va ularning xarakteristikalari.
3. OK asosidagi invertorlamaydigan kuchaytirgichning va integrator, differentsiator va OK asosidagi tanlovchi kuchaytirgichning umumlashgan sinash elektr sxemalarining tasviri.
4. OK asosidagi qurilmalarning kirish va chiqish signallari va amplituda va chastotaviy xarakteristikalarining grafiklari.
5. Ish bo‘yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Kuchaytirgichdagi teskari aloqa turi qanday aniqlanadi?
2. Nima uchun manfiy teskari aloqa turg‘unlashtiruvchi teskari aloqa deb ataladi?
3. Nima uchun parallel teskari aloqa kirish qarshiligini kamaytiradi? Bu kamchilikmi yoki abzallikmi ?
4. Invertorlovchi va invertorlamaydigan kuchaytirgichlar uchun kuchlaninish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsientlarini qanday topish mumkin?
5. Kuchaytirgichning amplituda xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?
6. Kuchaytirgichni muvozanatlashtirish (balansirovkalash) nima va u qanday amalga oshiriladi?
7. Operatsion kuchaytirgich nima ? Uning parametrlari qanday?
8. Kuchaytirgichning amplituda – chastotaviy xarakteristikasi deb nimaga aytiladi? U bo‘yicha qanday qilib o‘tkazish yo‘lagi va chastota buzilishlari (iskajeniya) koeffitsienti topiladi?
9. Kuchaytirgichning invertorlovchi (invertorlamaydigan) kirishi nima?
10. Virtual nol kuchaytirgichning qaysi nuqtasida joylashgan?
11. Nima uchun differentsial ulanishda invertorlovchi va invertorlamaydigan kirishdagi potentsiallar bir xil bo‘ladi?
12. Invertorlamaydigan kirishdagi kuchlanishni qanday aniqlash mumkin?
13. Kuchaytirgichning har xil kirishlaridagi masshtab koeffitsientlarini qanday hisoblash mumkin?
14. Differentsial ulanishning turlarini sanab o‘ting?

6 - laboratoriya ishi
Multivibrator sxemasini tadqiq etish

Ishning maqsadi. Simmetrik Multivibratorning tuzilish sxemasini o‘rganish, uning ishlashini har xil rejimlarda tadqiq etish.

Uskunalalar: Ossillograf, Electronics WorkBench, Multisim12 sxemotexnik modellashtirish muhiti.

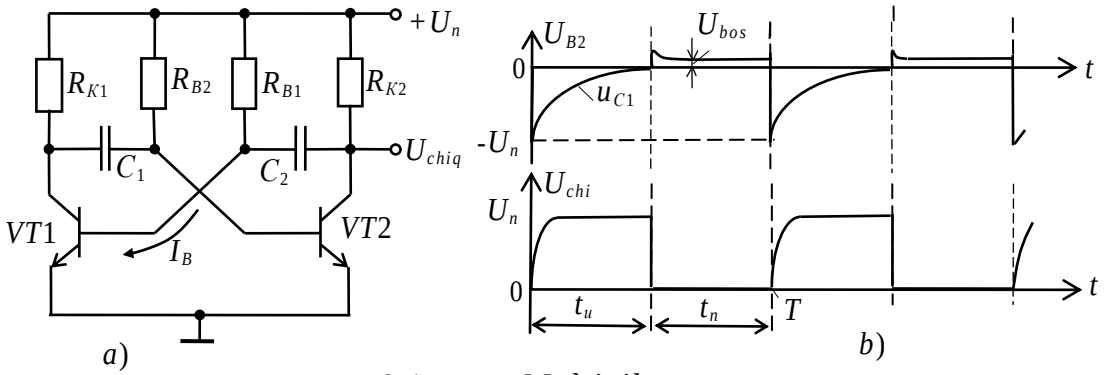
Nazariy ma’lumotlar va hisoblash formulalari

Multivibrator – bu relaksatsion (yozilish) generatori bo‘lib, ikki elementli sig‘imli aloqali kuchaytirgichdan iborat. Uning chiqishi kirishi bilan ulangan bo‘lib, musbat teskari aloqa yopiq zanjirini hosil qiladi. Ikki xil multivibratorlar turi bor: avtotebranuvchi, ya’ni turg‘un muvozanat holatiga ega bo‘lmagan, hamda poylovchi (kutuvchi, odnovibratoro‘) multivibrator, bitta turg‘un muvozanat holatiga ega bo‘lgan, uning chiqishida boshlab boshqa kvaziturg‘un holatga o‘tiladi va keyin ixtiyoriy ravishda boshlan/ich holatiga qaytiladi.

Avtotebranuvchi multivibrator

Avtotebranuvchi multivibratordagi tebranish jarayonlari, energiya manbaidan kelayotgan energiyaning tegishli kondensatorlarda galma-gal yig‘ilishi va ularning tranzistorlar zanjiri orqali zaryadsizlanishi tufayli yuz beradi.

Oddiy simmetrik tranzistorli multivibratorda, u odatda o‘xshash elementlardan tashkil topgan: *VT*1 va *VT*2 tranzistorlar, $R_{K1}=R_{K2}=R_K$; $R_{Б1}=R_{Б2}=R_Б$ qarshilikli rezistorlar va $C_1=C_2=C$ sig‘imli kondensatorlar; $R_K<<R_Б$ bo‘lganda (6.1*a-rasm*), tranzistorlar kalit rejimida ishlashadi, va bunda ularning bittasi ochiq bo‘lganda boshqasi yopiq bo‘ladi va



6.1-rasm.Multivibrator

aksincha.

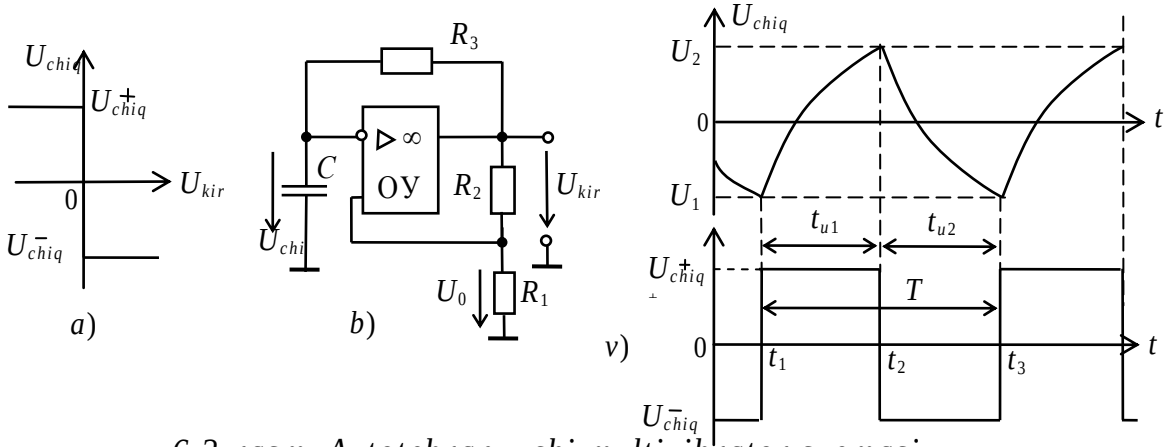
Multivibrator ikkita kvaziturg‘un holatga ega: aytaylik, ulardan bittasida tranzistor *VT*1 ochiq (to‘yingan holatda bo‘lsin), ikkinchi tranzistor *VT*2 esa yopiq holatda (kesish (otsechka) holatida bo‘lsin). Ammo, bu kvazimuvozanat holati noturg‘un bo‘ladi, chunki *VT*2 yopiq tranzistor bazasidagi manfiy potentsial C_1 kondensatorning R_{B2} rezistor orqali zaryadsizlanishi davomida U_p ta’minlash manbaining musbat potentsialiga intiladi. *VT*2 tranzistorning bazasidagi potentsial nolga yaqin paytda, kvazimuvozanat holati buziladi, yopiq *VT*2 tranzistor ochiladi va ochiq *VT*1tranzistor yopiladi va multivibrator yangi kvazimuvozanat holatiga o‘tadi. Chiqishda esa deyarli to‘g‘riburchakli $N = T/t_u \approx 2$ triqish (skvajnost)ga ega U_{chiq} impulslar hosil bo‘ladi(6.1b-rasm).

Hosil bo‘lgan impulslarning amplituda taxminan U_p ta’minot kuchlanishiga taxminan teng bo‘lib, simmetrik multivibratorning tebranish davri:

$$T = 2R_B C \ln 2 \approx 1{,}4 R_B C. \qquad (6.1)$$

Nosimmetrik multivibratorda (sxemaning sig‘im va rezistiv (qarshilik) elementlarining parametrlari teng bo‘lmaganda), t_i impuls va pauza t_n tanaffus(pauza)ning davomiyligi bir xil bo‘lmaydi, chunki *VT*1 va *VT*2 tranzistorlaning yopiq holatlarining davomiyligi har xilligi tufayli.

Multivibratorni OK asosida yig‘ish mumkin. OK da kuchaytirish koeffitsienti kattaligi tufayli (K_u=10^5…10^6) chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishiga faqat kichik signallarda mutanosib (proportsional) (birlklari milli- va mikrovolt). Oldin aytib o‘tilganidek, katta kirish signallarida U_{chiq} chiqish kuchlanishi ikkita U_{chiq}^+ va U_{chiq}^- qiymatga ega bo‘lishi mumkin (6.2,a-rasm).



6.2-rasm. Avtotebranuvchi multivibrator sxemasi

$U_{kir} - U_{os}$= 0 bo‘lgandagi, U_{kir} kirish kuchlanishi,

$$U_1 = U_{chiq}^{-}\frac{R_1}{R_1+R_2} = \beta U_{chiq}^{-};\ U_2 = U_{chiq}^{+}\frac{R_1}{R_1+R_2} = \beta U_{chiq}^{+}, \qquad (6.2)$$

Bu erda, U_{os} – teskari aloqa kuchlanishi; $\beta = R_1/(R_1+R_2)$ – teskari aloqa koeffitsienti (6.2*b*, *v*-rasm).

Avtotebranuvchi multivibrator sxemasida (6.2b-rasm), R_3C- halqa (zveno) orqali ikkinchi teskari aloqa yuzaga keladi va uning hisobiga o‘z-o‘zidan uy/onish (samovozbujdenie) rejimi paydo bo‘ladi.

Tasavvur qilaylik, t_1 paytida (6.2*v*-rasm) u_{chiq} kuchlanishi U_{chiq}^{-} dan U_{chiq}^{+} ga sakrab o‘zgardi. S kondensator U_{chiq}^{+} ta’siri ostida R_3 orqali oqayotgan tok tufayli zaryadlana boshlaydi, va bunda u_C kondensatordagi kuchlanish eksponentsial qonun bo‘yicha U_{chiq}^{+} ga intiladi. U_C bu invertorlovchi kuchaytirgichning U_{kir} kirish kuchlanishi, va qachon t_2 paytda U_2 ga erishganda, OK ning chiqish kuchlanishi U_{chiq}^{+} dan U_{chiq}^{-} gacha sakrab o‘zgaradi.

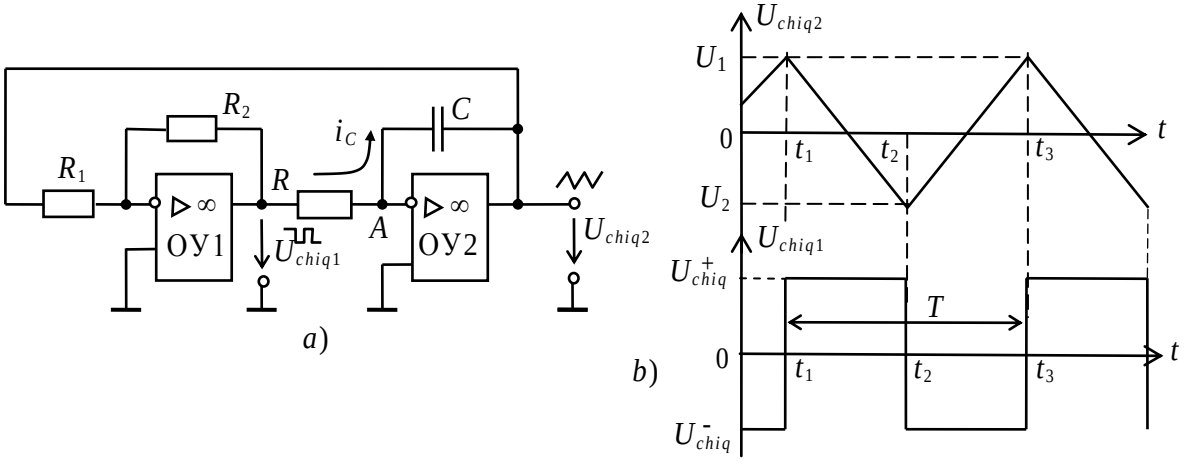
Ko‘rib o‘tilgan printsipga asoslangan generatorlarni ***relaksatsion, generator*** deb ataladi. Bundan multivibratorning tebranish davri:

$$T = 2R_3C\ln(1+2R_1/R_2), \text{ ga teng.}$$

Bunda t_{i1} q t_{i2}. Bunday ko‘rinishdagi tebranishlar *meandr* deb ataladi.

Uchburchak shaklli impulslar generatori

Uchburchakli impulslar *RC*-generatori sxemasida (6.3a-rasm), OK1 asosida bajarilgan triggerning U_{vx} kirish kuchlanishi bo‘lib, OK2 asosida yig‘ilgan invertor-integratordan olingan $U_{vo‘x2}$ kuchlanish xizmat qiladi.



6.3-rasm Uchburchakli impulslar RC-generatori

Integratorning ishlashini izohlaymiz. *S* kondensatordan o‘tayotgan i_C tok $i_C = -C\frac{du_{chiq2}}{dt}$ ga teng, bunda $U_C = U_{chiq2}$, chunki *A* nuqtadagi potentsial

nolga yaqin (6.3a-rasm). OK1 va OK2 lar orasidagi aloqa toki $i_C = U_{chiq}/R$ ga teng. Buni 0 dan 1 gacha integrallab va tenglikning har ikkala tarafini $-C$ ga bo‘lib, $-C\frac{du_{chiq2}}{dt} \approx \frac{u_{chiq1}}{R}$, quyidagini olamiz:

$$u_{chiq2} - u_{chiq0} \approx -\frac{1}{RC}\int_0^t u_{chiq}dt \qquad (6.3)$$

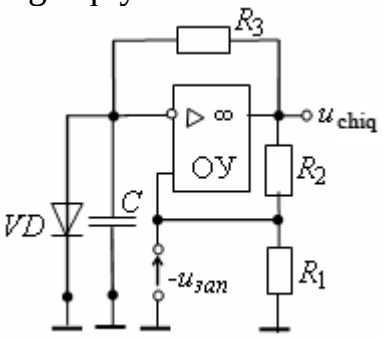
Bu yerda U_{chiq0} – t=0 bo‘lganda generatordagi kuchlanish.

Tasavvur qilaylik, t_1 paytida (6.3b-rasm) triggerdan OK2 kirishiga $U^+_{ишк}$ kuchlanishi berilgan. Binobarin, $U^+_{chiq} = const$ (doimiy qiymatning integrali t vaqtga proportsional), u holda U_{chiq2} to‘g‘ri chiziq bo‘yicha o‘zgaradi va bu o‘zgarish t_2 paytda U_2 erishguncha davom etadi va bunda trigger qayta ulanadi (pereklyuchitsya) va integrator kirishiga kuchlanish beriladi. t_2 paytdan boshlab kondensator zaryadlanib boshlaydi va undagi kuchlanish t_3 paytgacha chiziqli ravishda oshib boradi, undan keyin jarayonlar qayta takrorlanadi.

Uchburchakli kuchlanish amplitudasi triggerning qayta ulanish kuchlanishi bilan aniqlanadi va $|U_{chiq1}| \cdot R_1/R_2$ ga teng. Tebranishlar davri esa $T = 4RCR_1/R_2$ ga teng.

Poylovchi multivibrator

Poylovchi (poyloqchi) multivibrator (odnovibrator), bitta turg‘un muvozanat holatiga va ikkinchi ***kvazimuvozanat*** deb ataladigan, barqaror bo‘lmagan muvozanat holatiga ega. Tashqi ishga tushiruvchi generator impulsi ta’siri ostida multivibrator muvozanat holatidan chiqadi, va energiya qayta taqsimlanishining ichki jarayonlari tufayli, ixtiyorish ravishda yana turgunlik holatiga qaytadi.



6.4-rasm. Poylovchi (poyloqchi) multivibrator

Poyloqchi multivibratorni, multivibrator ishini to‘xtatish orqali olish mumkin. Agar, sxemada (6.2b-rasm) C kondensator *VD* diod bilan

shuntlansa (6.4-rasm), unda kondensator U_1 darajadan U_S=0 gacha zaryadsizlanib(6.2*v*-rasmga qarang), U^+_{chiq}, ta'siri ostida zaryadlanishdan to‘xtaydi, chunki R_3 rezistorning toki ochiq diod orqali o‘tadi, va bu degani kondensatordagi kuchlanish U_2, darajaga etmaydi va avtotebranishlar uziladi.

Ishga soluvchi impuls ma'lum qutblanishga ega bo‘lishi lozim, hamda multivibratorning elkalaridan biridagi yopiq kuchaytirish elementini ochish uchun va uni yoppasiga (lavinoobrazno) kvaziturg‘un holatga o‘tishi uchun tegishli amplituda va davomiylikka ega bo‘lishi kerak.

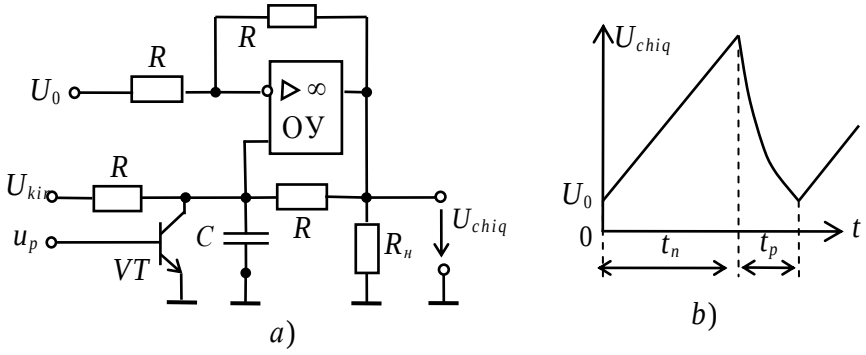
6.1.5. Arrasimon kuchlanish generatori (AKG)

To‘g‘ri chiziq bo‘yicha o‘sib boruvchi kuchlanishlar kondensatordan olinadi, agarda undagi U_C kuchlanishga bog‘liq bo‘lmagan doimiy i_S= *const* tok bilan zaryadlansa, hamda bu tokka yuklama qpshiligidagi tok ta'siri bartaraf etilsa.

U holda, $i_C = Cdu_C / dt = const$ (o‘zgaruvchilarni ajratgan holda) ifodani vaqt bo‘yicha integrallasak, quyidagi natijani olamiz:

$$\int du_C = \frac{i_C}{C}\int dt \text{ yoki } u_C = \frac{i_C}{C}t. \qquad (6.4)$$

OK li sxemadagi i_C= I_C=*const* shart (5,a-rasm) U_{chiq} doimiy kuchlanish bilan ta'minlanadi. *VT* tranzistor yopiqligida, t_n vaqt davomida (6.5*b*-rasm) S kondensatorning zaryadlanishi yuz beradi va u_C chiqish kuchlanishi to‘g‘ri chiziq bo‘yicha o‘sadi. U_p impuls berilganda *VT* tranzistor to‘yinadi, kondensator tezda (t_p vaqt ichida) ochiq holatdagi *VT* tranzistorning past qarshiligi (bir necha om) orqali zaryadsizlanadi. Shundan keyin kondensatorning zaryadlanishi takrorlanadi va U_{chiq} chiqish kuchlanishi arrasimon shaklga ega bo‘ladi (6.5*b*-rasm).



6.5-rasm. Arrasimon kuchlanish generatori

Kuchlanish zo‘rashining t_n davomiyligi, o‘z navbatida sxemadagi kirish U_{kir} kuchlanish va *R* rezistor qarshiliklariga bog‘liq, C kondensator sig‘imi va zaryadlovchi tok qiymati bilan aniqlanadi. OK ning boshqa

kirishiga berilgan U_0 ni o‘zgartib, “arrani” vertikal bo‘yicha siljitish mumkin. U_{chiq} chiqish kuchlanishining arrasimon shakli saqlanib qoladi, agarda uning qiymati OK $U_{chiq}^{\pm}$ chiqish kuchlanishining chegaraviy qiymatlari ichida joylashsa.

Sxemadagi R qarshiliklar bir xil bo‘lganda, chiqish qarshiligi

$$U_{chiq} = \frac{2}{RC}\int u_{kir}dt - U_0.$$ ga teng bo‘ladi.

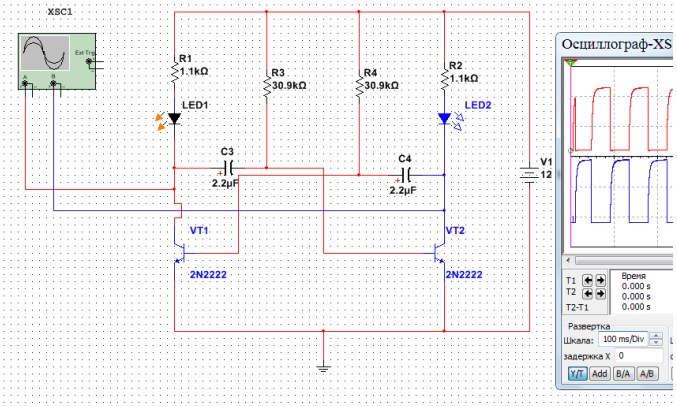
Ishni bajarish uchun o‘quv topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar. Multivibrator sxemasini tadqiq etish

2- topshiriq. 1. Ishga tayyorlangan elementlardan multivibrator (MB) sxemasini yig‘ing (6.2-rasmga qarang). Sxemaga E_{PIT}=12V ta’minlovchi kuchlanishni bering. Ossillograf yordamida MV chiqishidagi signalni, kuchlanishlar epyuralari masshtabi (ko‘lami)da va tranzistorlardan birining asosida o‘lchang. MV ning xususiy tebranishlar davrini aniqlang.

2. MVning ishlashini tadqiq eting. Buning uchun, C2 va C4 kondensatorlar qiymatini o‘zgarta borib, MV tebranishlar davrining o‘zgarishini aniqlang. O‘lchash natijalarini jadvalga kiriting.Shunga o‘xshash ravishda, baza qarshiliklarining diskret tartibda o‘zgarib borishining MV tebranish davriga ta’sirini aniqlang. Natijalarni jadvalga kiriting.

3. Sinxronizatsiya rejimida MVning ishlashini tadqiq eting. Buning uchun maketdagi “2” qisgichga AIG dan kuchlanish bering. Generator chiqishidagi kuchlanish o‘zgarishi bilan MV tebranishlarining chastotasi qanday o‘zgarishini aniqlang. MV chiqishida kuchlanishlar epyuralari masshtabi (ko‘lami)da va tranzistorlardan birining asosida o‘lchang.

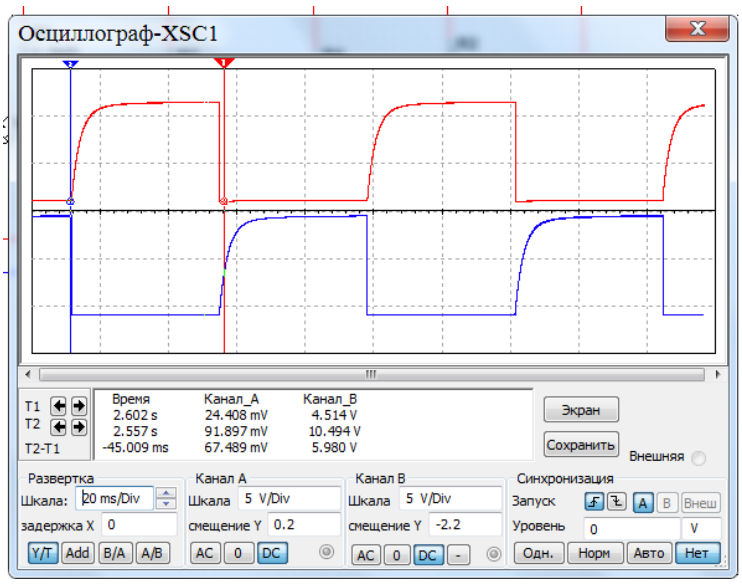
6.6-rasmdagi sxemadagi *C1*va *C2* kondensatorlar maxsus ravishda har xil nominallarda tanlanganki, Electronics Workbench muhitida tebranishlar uyg’otish uchun.



6.6-rasm. Electronics Workbench muhitida multivibrator

MV ning klassik sxemasi ikkita kalitdan: VT1, VT2 tranzistorlardan va vaqtni beruvchi (xronizatsiyalovchi) R1C1-va R2C2-filtrdan iborat bo‘ladi. Bir turg‘un holatdan ikkinchi holatga o‘tish sakrash orqali amalga oshiriladi.

Agar MV ning boshlang’ich holati etib, vizir chizig’ining (6.7-rasm)dagi tegishli holatiga o‘rnatilsa, unda aytish mumkinki VT2 tranzistor ochiq bo‘ladi va uning kollektoridagi kuchlanish (A ossillogramma) VA1-70 mV, a bazasidagi esa VB 1-0,7 V(v ossillogramma) ga teng bo‘ladi.



6.7-rasm. Multivibrator ossillogrammasi

Kuchlanishning keying arzimas pasayishida VT2 tranzistor yopiladi, undan keyin uning kollektorida chiqish impulsining oldingi fronti (yuzasi) shakllana boshlaydi. A ossillogrammadan ko‘rinib turibdiki, bu front eksponentsial shaklga ega, chunki bunda C2 kondensatorning zaryadlanishi VT1 tranzistorning bazasidagi R2C-C2- zanjir orqali orqali amalga oshiriladi va bu VT1 tranzistorning ochilishiga olib keladi. Shunday qilib, VT2 tranzistor bazasiga ulangan, taxminan Ucc-VBl-VAl kuchlanishgacha zaryadlangan C1 kondensator ochiq VT1 tranzistor va R1 rezistor orqali zaryadsizlanadi. C1 kondensator VBl≈O,7V kuchlanishgacha zaryadsizlanadi va undan keyin VT2 tranzistor yopiladi va o‘xshash tartibda tanaffus hosil bo‘lishi boshlanadi.

C1 kondensatorning zaryadsizlanishida yopiq VT2 tranzistorning issiqlik toki ham qatnashishini e’tiborga olamiz. Agarda bu tokni e’tiborga olmasak, bu hol kremniyli tranzistorlar uchun o‘rinli hisoblanadi (misol uchun 2N2222 tipdagi tranzistorlar uchun bu tok 10^{-10} A atrofida),

u holda chiqish impulsining davomiyligi quyidagi formula bilan ifodalanadi: T_I=0,7R1C1, a tanaffus davomiyligi esa – T_P=0,7R2C2 formula bilan ifodalanadi, ya'ni tebranishlar davri

T_H+T_P=0,7(R1C1+R2C2)=0,7($30*10^3*2,21*10^{-6}+30*10^3 2,22*10^{-6}$)=92,8 ms

ga teng. Bu esa, modellashtirishda olingan natijaga T2 - T1=94 ms ancha yaqin.

MV ikki rejimda ishlashi mumkin – avtotebranishlar va poylovchi (sinxronizatsiya) rejimlari. Poylovchi rejimida MV tebranishlari chastotasi tashqi sinxronizatsiyalashtiruvchi (impulsli yoki sinusoidal) kuchlanishnikiga teng yoki karrali ravishda ushlab turiladi. Sinxronizatsiya impulslarining qutblanishi musbat bo‘lishi lozim, ochuvchi tranzistorlar *p-r-p*-tip bo‘lganda. MV turg‘un ishlashi uchun sinxron impulslarning takrorlanish davri MV ning xususiy tebranish davridan biroz kichik bo‘lishi kerak.

Operattsion kuchaytirgichlar asosida ishlovchi avtotebranuvchi multivibratorlar

1-topshiriq. 1. Multisim muhitida MV sxemasini yig‘ing. Modellashtirishning zarur parametrlarini o‘rnating va tranzistorlar baza va kollektorlaridagi MV tebranishlarining ossillogrammalarini oling. MV tebranishlarining davri va impulslarning tirqish (skvajnost)larini aniqlang.

1. Impuls davomiyligi T_I ni va tanaffus davomiyligi T_P ni, yuqorida keltirilgan formulalar bo‘yicha hisoblang i olingan hisoblash natijalarini 3.1. punktda olingan natijalar bilan solishtiring.

4. MV tebranishlari davrini C1 va C2 kondensatorlar nominallariga bog‘liqligini o‘rganing. Buning uchun ularning qiymatlarini o‘zgartib MV tebranish davrlarini toping va natijalarni jadvalga kiriting.

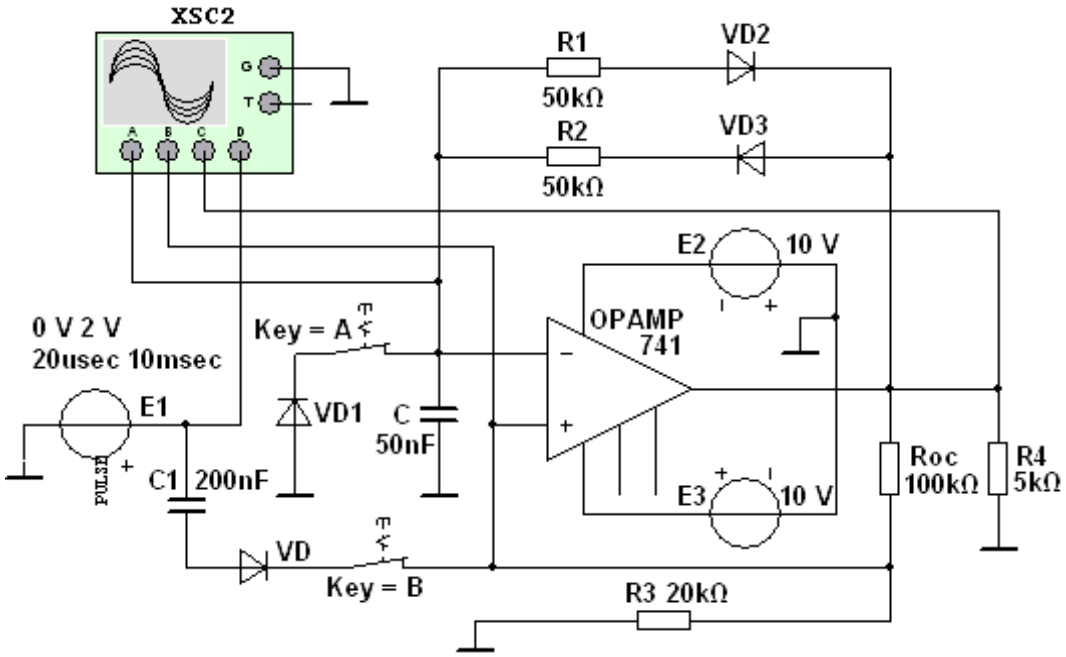
5. 3.3. banddagiga o‘xshatib MV tebranish davrini R1va R2 rezistorlar nominaliga bog‘liqligini toping va natijalarni jadvalga kiriting.

6. Sxema stendidiga har xil nominalli C1 va C2 kondensatorlarni qo‘ying. Signal tirqishlarini o‘zgarishini aniqlang. Natijalarni jadvalga kiriting.

7. MV ishlashining sinxronizatsiya rejimida tekshiring. 1-rasmdagi sxemada VT1 tranzistor bazasiga impulslar generatoridan signal uzating (Electronics Workbench ning 5.12 versiyasida «Function generator” ishlatish mumkin).MV tebranish chastotasining sinxronizatsiyalavchi

generator chiqishidagi impuls chastotalari o‘zgarganida qanday o‘zgarishini aniqlang. O‘lchash natijalarni jadvalga kiriting.

OK li avtotebranuvchi va poylovchi multivibratorlar sxemasini o‘rganish.

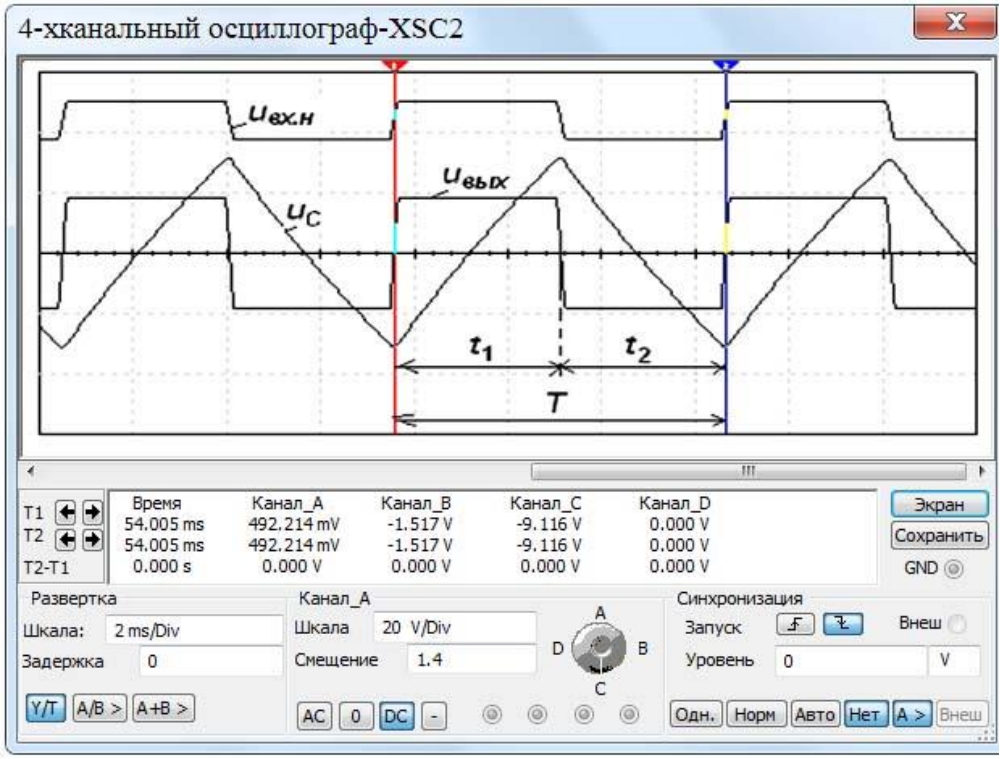


6.8-rasm. Avtotebranuvchi va poylovchi multivibratorlar sxemasi

2-topshiriq. Multisim laboratoriya majmuasini va MS12 muhitni ishga tushiring. MS12 muhitning xxxxxx papkasida joylashgan xxx.ms12 faylni oching, yoki MS12 muhitining ishchi maydonida OK li *avtotebranuvchi va poylovchi multivibratorlar* sxemasini yig‘ing (6.8-rasm), ularni va komponentlarining parametrlarini dialog darchalariga joylashtiring. 8-rasmdagi sxemani hisobot varaqlariga o‘tkazing.

Sxema (6.8-rasm) SN741 tipdagi operatsion kuchaytirgich (OK) asosida yig‘ilgan bo‘lib, ikkita teskari aloqa halqasiga ega va MV ishlashining ikkala rejimini ham ta’minlaydi. MV *avtotebranuvchi rejimida* ishlaganida (**A** va **V** kalitlar ochiq), bunda chiqishda uzluksiz ravishda to‘g‘riburchakka yaqin shakldagi impulslar hosil bo‘ladi va *poylovchi rejimida* esa (**A** va **V** kalitlar yopiq), chiqish impulsi faqat OK ning invertorlanmagan kirishiga t_{zap} ishga soluvchi (zapuskayuhiy) impuls berilgandan keyingina hosil bo‘ladi va bu impuls **E1** generator (bu generator yordamida to‘g‘riburchakli impulsning qutblanishini, kengligini va takrorlanish davrini boshqarish mumkin), **S1** kondensator va **VD** diod yordamida hosil qilinadi.

VD1 i **VD2** diodlar **R1** va **R2** rezistorlar bilan teskari aloqa zanjiriga ketma-ket ulangan va U^{+}_{chiq} va U^{-}_{chiq} chiqish kuchlanishlarida, C kondensatorning zaryadlanish va zaryadsizlanish toklarining navbatma-navbat o‘tishini ta’minlaydi.



6.9-rasm. Simmetkik multivibrator ossillogrammasi

3-topshiriq. *Simmetrik* multivibratorni sinovini **o‘tkazing** (**A** va **V** kalitlarni ochib, rezistorlarga R_1= R_2= 40 kOm qarshiliklarni va **C** kondenstorga *S*=50 nF sig‘imni o‘rnating). **XSC2** ossillograf darchasida vizir chiziqlari yordamida, chiqishdagi U^{+}_{chiq} va U^{-}_{chiq}-chiqish kuchlanishlari, t_1, t_2, da *T* tebranishlar davri va *f* tebranishlar chastotasini **o‘lchang** va hisoblangan natijalar bilan **taqqoslang.** **VD1** va **VD2** diodlarning ochiq holatdagi qarshiligini va R4 yuklama qarshiligining ta’sirini inobatga olmang.

XSC2 ossillograf darchasini simmetrik multivibratorning kuchlanish ossillogrammalari bilan birgalikdagi **nusxasini oling va hisobot varag‘iga o‘tkazing.**

Multivibrator parametrlarini tanlashda quyidagi qoidalardan kelib chiqiladi: U_S kuchlanish invertorlovchi kirishdagi C kondensator zaryadlanishi va zaryadsizlanishi davomida, invertorlamaydigan $|u_{kir.n}| = U^{-}_{chiq}\beta$ yoki $|u_{kir.n}| = U^{+}_{chiq}\beta$ ($\beta = R_3/(R_3+R_{oc})$ – musbat teskari

aloqa koeffitsienti) POS kuchlanishdan baland bo‘lishi kerak va $U_{vo‘x}$ chiqish kuchlanishining yarim davrida o‘zgarmasdan qoladi (6.9-rasm). $U_S = |U_{kir.n}|$ tengligida U_{chiq} chiqish kuchlanishi sakrab belgisini o‘zgartadi.

Chiqish impulslarining t_1 va t_2 davomiyligini aniqlaganda, quyidagilarni e’tiborga olish kerak: t_1 vaqt intervalida U_s kuchlanish $U_{chiq}^{-}\beta$ dan U_{chiq}^{+} gacha o‘zgaradi va $U_{chiq}^{+}\beta$ darajaga erishadi va t_2 vaqt orali/ida kuchlanish $U_{chiq}^{+}\beta$ dan U_{chiq}^{-} ga intiladi va U_{chiq}^{-} darajaga erishadi, ya’ni keltirilgan vaqt oraliqlarida kondensatordagi kuchlanish quyidagicha o‘zgaradi:

$$U_C = (\beta U_{chiq}^{-} + U_{chiq}^{+})(1 - e^{-t/\tau}) - \beta U_{chiq}^{-};$$
$$U_C = (\beta U_{chiq}^{+} + U_{chiq}^{-})e^{-t/\tau} - \beta U_{chiq}^{-}, \qquad (6.5)$$

bu erda $\tau = R_1C = R_2C$ – teskari aloqa zanjiridagi vaqt doimiysi.

Agar $U_{chiq}^{+} \text{q} U_{chiq}^{-}$, bo‘lsa, unda impulslar davomiyligi (**VD1** va **VD2** diodlar qarshiligini inobatga olmagan holda**)**:

$$t_1 = t_2 = \tau \ln[(1+\beta)/(1-\beta)] = \tau \ln(1 + 2R_3 / R_{oc}), \qquad (6.6)$$

$T = t_1 + t_2$ davri va $f = 1/T$ tebranishlar chastotasi.

Yaratilayotgan impulslar davomiyligi, va ularning frontlari oshadi (kamayadi) **R1**, **R2** rezistorlar qarshiligi va ***C*** kondensator sig‘im oshishi (kamayishi) bilan mos ravishda.

Hisobot mazmuni

1. Ishning nomi va maqsadi
2. Tajribada ishlatiladigan asboblar ro‘yxati va ularning xarakteristikalari.

Hisobot har bir talaba tomonidan mutaqil tayyorlandai. Ish himoyasi har bir keyingi dars boshida o‘tkaziladi (zarurat bo‘lganda EHM qurilmalaridan foydalanilgan holda). Ishni tayyorlamagan va himoya etolmagan talaba keyingi mashg‘ulotga qo‘yilmaydi.

1. Tekshirilayotgan MV ning printsipial elektr sxemasi.
2. Jadvalga kiritilgan o‘lchash natijalari va zarur grafiklar.
3. Multisim muhitida MV ishlashini modellashtirish natijalari: ossillogammalar, jadvallar va grafiklar.
4. Ish bo‘yicha xulosalar, kamchiliklar va multivibratorlarning qo‘llash sohasi va afzalliklari.

Nazorat savollari.

1. Simmetrik MV ning sxemasidagi elementlarning vazifalarini izohlang.
2. MV sxemasining ishlashini izohlang.
3. MV sxemasidagi kollektor va baza zanjiridagi tok yo‘nalishlarini ko‘rsating.
4. Vaqtni o‘rnatuvchi kondensatorlarning zaryadlanish va zaryadsizlanish toki yo‘llari va yo‘nalilarini ko‘rsating.
5. MV chiqarayotgan impulslarning davomiyligi sxemaning qaysi parametrlari orqali aniqlanadi.
6. MV dagi impulslarning tirqishi (skvajnost) nimaga teng va u qanday aniqlanadi?
7. Simmetrik MV deb nimaga aytiladi ?
8. MV ning sinxronizatsiya rejimini izohlang.
9. MV tashqi sinxronizatsiyasini amalga oshirish shartlari va u qanday izohlanadi?
10. Impulslar davomiyligini boshqarish usullari va xususiyatlari.
11. Ish bo‘yicha xulosalar.

7 - laboratoriya ishi
Analogli kuchlanish komparatorlarini tadqiq etish

ISHNING MAQSADI: Operatsion kuchaytirgich asosida yig‘ilgan analogli kuchlanish komparatorlarining ishlash printsipini o‘rganish va ularning xarakteristikalarini tadqiq etish.

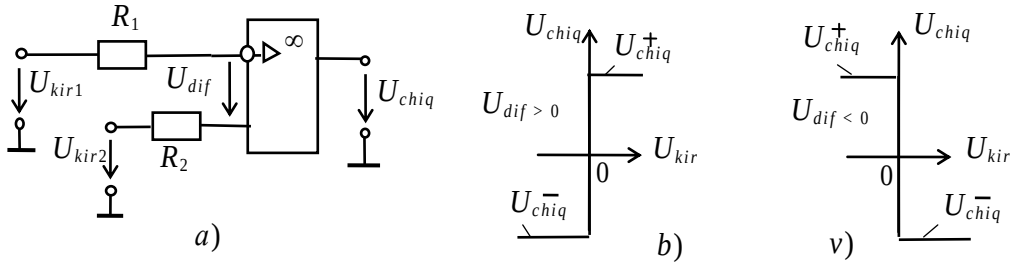
Nazariy ma’lumotlar va hisoblash formulalari

Kuchlanish komparatori (taqqoslagichi) – taqqoslash qurilmasi bo‘lib, ikkita kuchlanishni fakt (voqeilik) va payt (moment) bo‘yicha tengligi solishtirish orqali aniqlash imkonini beradi.

Bir pog‘onalik (bo‘sag‘alik) (ikkita va bitta kirishlik) va gisterezisli (simmetrik va nosimmetrik) komparatorlar mavjudligi farq qilinadi.

Bitta bo‘sag‘alik komparatorlar

7.1a-rasmda Oddiy bitta bo‘sag‘alik, ikkita kirishlik komparatorlar keltirilgan. Har safar, invertorlovchi U_{kir1} va invertorlamaydigan U_{kir2} kirish kuchlanishlari orasidagi farq nolga teng bo‘lganda, ya’ni $U_{dif}=U_{kir1}-U_{kir2}=0$ bo‘lganda, U_{chiq} komparatorning chiqish kuchlanishi $|U_{chiq}|$ operatsion kuchaytirgichning chekka U_{chiq}^{-}qiymatidan U_{chiq}^{+}ning to yuqori qiymatigacha o‘zgaradi, agarda differentsial kuchlanish $U_{dif} > 0$ (1,*b-rasm*), va aksincha, yuqori U_{chiq}^{+} . dan to pastki U_{chiq}^{-},gacha, agar $U_{dif} < 0$ (1,*v-rasm*) bo‘lsa.



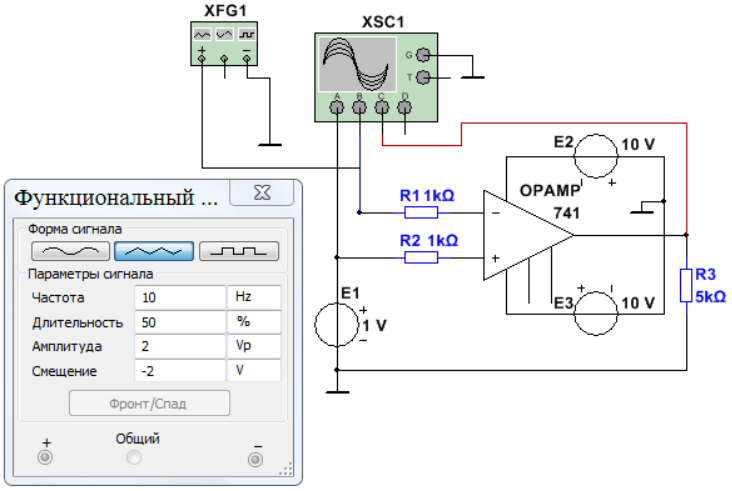
7.1-rasm. Analogli kuchlanish komparator

Mohiyatan, bitta bo‘sag‘alik, ikkita kirish ega komparator teskari aloqasiz analogli operatsion kuchaytirgichdan (OK) iborat bo‘lib, uning chiqishida, kirishdagi analogli kuchlanishlarning qiymati va belgisining nomuvofiqliga bog‘liq holda ikkisathli diskret signal shakllanadi. Shu

tufayli, ko‘pincha komparatorlar analogli va raqamli qurilmalar o‘rtasidagi aloqa elementlari sifatida ishlatiladi.

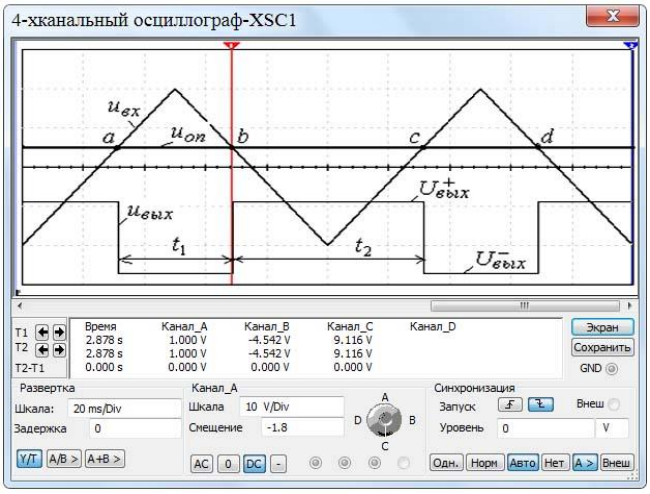
OK ning yangi sifati yaratadigan farq, kirish kuchlanishini ishlatishdan iborat bo‘lib, bu kuchlanishning qiymati OK ning $U_{kir.max}$ kuchlanishidan katta va bunda chiqish kuchlanishi o‘zining chekka qiymatiga $|U_{chiq}|$ erishadi (7.2 b va g –rasmlarga qarang), ya’ni $U_{kir}>|U_{chiq}|/K_u$. Ishlatilayotgan kirish kuchlaninshining sathlari OK ishini kuchaytirish rejimidan ikkita signalni taqqoslash rejimiga o‘tkazadi.

Agar, komparator kirish kuchlanishini tayanch kuchlanish bilan taqqoslashga mo‘ljallangan bo‘lsa, unda o‘rganilayotgan U_{kir} kuchlanish invertorlamaydigan kirishga va invertorlovchi kirishga – E_1 generatordan U_{op} tayanch (doimiy) kuchlanish uzatiladi va aksincha (7.2-rasm). Komparator chiqishida $U_{kir}=U_{op}=E_1$ bo‘lganda o‘z qutblanishini o‘zgartib turuvchi to‘g‘ri burchakli impulslar shakllanadi. Xususiy holda, qachon E_1= 0 bo‘lganda, bunday komparator ***nol-indikator*** deb ataladi.



7.2-rasm. Nol-indikator komarator

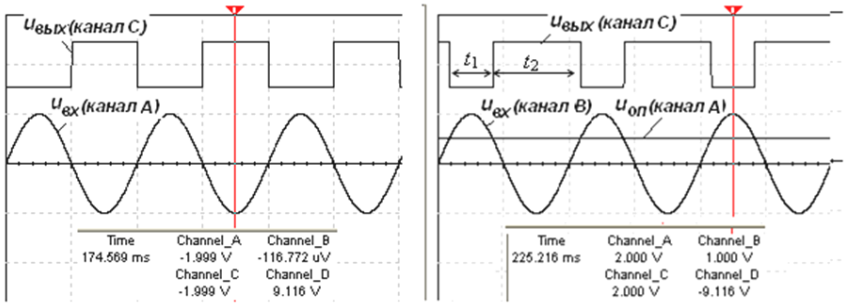
Shunday qilib, **XFG1** funktsional generatordan **R1** rezistor orqali



7.3-rasm. Nol-indikator komarator ossillogrammasi

invertorlovchi kirishga uchburchak shaklidagi kuchlanish $|U_{chiq}|/K_u<U_{kir}<U_p$,berilganda (amplitudasi U_m= 2 V, chastotasi f =10 Gz), hamda **E1** manbadan **R2** orqali OK ning invertorlamaydigan kirishiga u_{op}= 1 V tayanch kuchlanishi uzatilganda (7.2-rasm), ularning tenglashuv paytida (7.3-rasmdagi *a*, *b*, *c* va *d* nuqtalarga qarang) OK ning chiqishida "nosimmetrik meandr" shaklidagi U_{chiq} chiqish kuchlanishi shakllanadi. To‘rt kanalli **XSC1** ossillografning vizir chiziqlari va U_{kir}, U_{op} kuchlanishlarning epyuralaridan foydalanib, chiqish kuchlanishining (t_1, t_2, U^+_{chiq} va U^-_{chiq}) parametrlarini aniqlash qiyin emas. Komparatorning t_{per} qayta ulanish vaqti, OK turiga (uning sezmaslik zonasiga) bog‘liq va bir necha mikro- va nanosekundni tashkil etadi.

XFG1 generatorning sinusoidal kuchlanish rejimini o‘rnatamiz. Tayanch kuchlanishi U_{op}=0 bo‘lganda, komparator chiqishida simmetrik meandr shakllanadi (7.4 a-rasm), U_{op}=1 V bo‘lganda esa – "nosimmetrik meandr" hosil bo‘ladi $U^+_{чик}$ va $U^-_{чик}$sathlardagi impulslarning davomiyligi t2 va t1 ga teng. **E1** tayanch signal manbaining qutblanishi o‘zgarganda $U^+_{чик}$ va $U^-_{чик}$ sathlardagi impulslar davomiyligi tegishli ravishda t_1 va t_2 ga teng bo‘ladi.



7.4-rasm. XFG1 generatorning sinusoidal kuchlanish rejimi

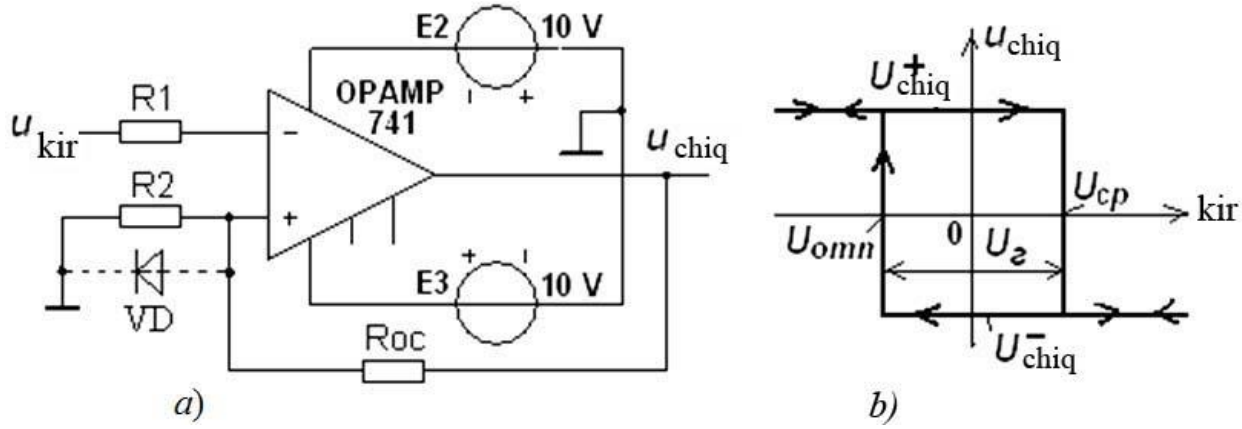
Gisterezisli komparatorlar

Shmitt triggeri deb ataladigan, ***gisterezisli*** (ikki bo‘sa/ali) komparatorni olish uchun, taqqoslash sxemasiga $\beta=R_2/(R_2+R_{oc})>1/K_u$ (5, *a-rasm*) koeffitsientli, musbat teskari aloqa (POS) kiritiladi. Bunday qurilmaning uzatish xarakteristi kasi gisterezisli xarakterga ega bo‘ladi (7.5b-rasm): Shmitt triggerining U^+_{chiq} dan U^-_{chiq} holatga o‘tishi (qayta ulanishi) ishlab ketish kuchlanishi (napryajeniya srabato‘vaniya) $U_{sr}=+U^+_{chiq}\beta$, bo‘lganda yuz beradi va orqaga U^+_{chiq} holatga qaytishi esa qo‘yib yuborish kuchlanishi

$U_{otp}=-U^-_{chiq}\beta$. da sodir bo‘ladi.

Gisterezisli komparator halaqitlarga yetarlicha chidamli va uning chidamligi gisterezis kuchlanishining qiymati bilan aniqlanadi(7.5*b-rasm*):

$$U_g = U_{sr} - U_{otp} = (U^{+}_{chiq} + U^{-}_{chiq})\beta. \qquad (7.1)$$

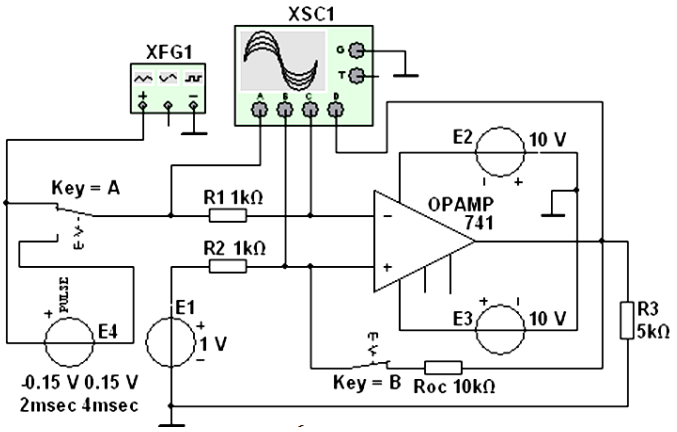


7.5-rasm. Gisterezisli komparator

Bundan tashqari, gisterezisli komparatorda $R_{oc}R_2$ (POS) musbat teskari aloqa zanjirining mavjudligi uning qayta ulanish vaqtini kamaytiradi, ya'ni to‘rtburchak shaklidagi chiqish kuchlanishi qutblanishining o‘zgarish tezligi oshadi. Ko‘rilayotgan komparatorda u_{op}=0 bo‘lganda, ishlab ketish (srabato‘vaniya) va qo‘yib yuborish (otpuskaniya) kuchlanishi kattalik jihatdan bir xil va belgisi jihatdan teskari:

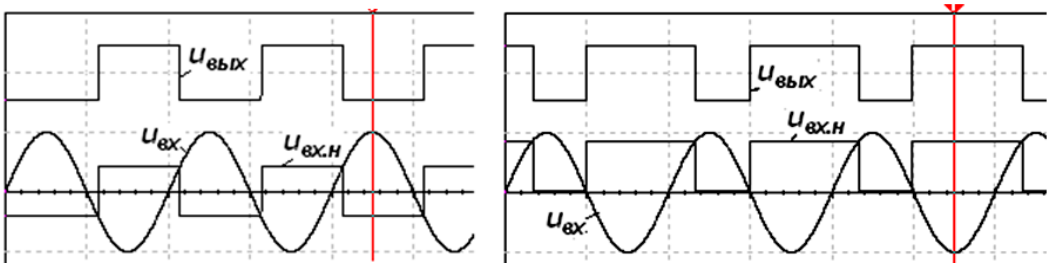
$$U_{sr} = +U^{+}_{chiq}\beta\,;\; U_{otp} = -U^{-}_{chiq}\beta. \qquad (7.2)$$

Tayanch kuchlanishi $U_{op} \neq 0$ bo‘lganda, komparator chiqishida "nosimmetrik meandr" ko‘rinishidagi har xil davomiylikli ishlatib yuborish (srabato‘vaniya) U_{sr} va qo‘yib yuborish (otpuskaniya) U_{otp}.impulsi shakllanadi.



7.6-rasm. XFG1 generatordan gisterezisli komparatorning invertorlovchi kirishi

Shunday qilib, **E1** tayanch kuchlanish manbali **XFG1** generatordan gisterezisli komparatorning invertorlovchi kirishiga (7.6-rasm) u_{vx} sinusoidal kuchlanish berilganda (signal **XSS1** ossillografning A kirishiga uzatiladi, S kanalga esa, OKning invertorlamaydigan kirishidan $u_{kir.n}=U^{+}_{chiq}\beta$ yoki $U_{kir.n}=-U^{-}_{chiq}\beta$ ga teng $u_{kir.n}$ signali beriladi) va bunda u_{op} q 0 (E_1 q 0) bo‘lganda komparator chiqishida meandr turidagi (7.7a-rasm) U_{chiq} signal (u **XSS1** asbobning D kanaliga uzatiladi), hamda U_{op}= 1 V bo‘lganda – "nosimmetrik meandr" turidagi signal shakllanadi. (7.7*b-rasm*).

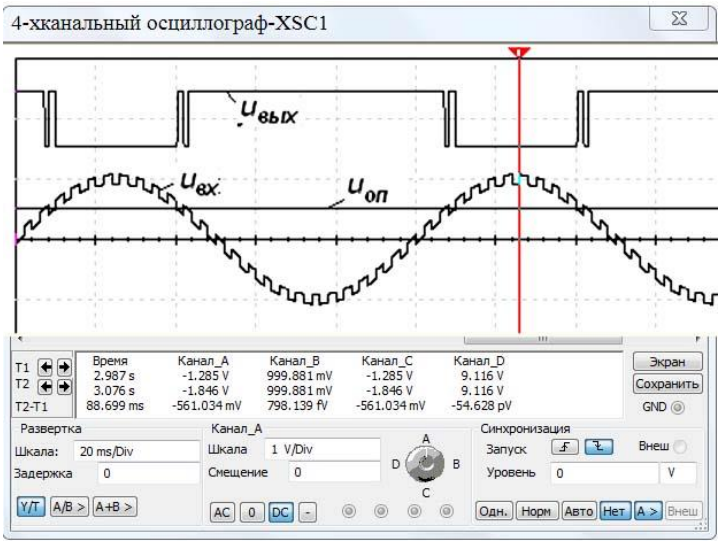


a) b)

7.7-rasm. XFG1 generatordan gisterezisli komparatorning invertorlovchi kirishidagi ossillogramma

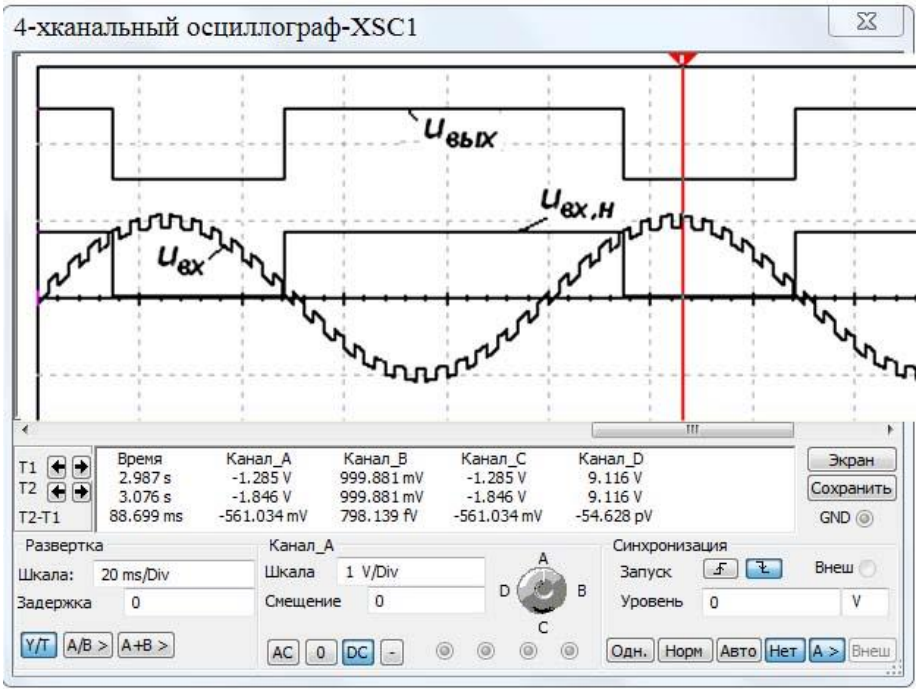
Komparator quyidagi u_{vx} kirish kuchlanishida qayta ulanadi:

Komparatorning uzatish xarakteristikasi(gisterezis sirtmog‘i) ning koordinata boshlanishiga nisbatan nosimmetrik xarateristikasini olish uchun (7.5b-rasm) musbat teskari aloqa (POS) zanjiridan foydalanish zarur, bunda uning β uzatish koeffitsienti U_{kir} kirish kuchlanishi qutblanishiga bog‘liq bo‘ladi. **VD** diodni **R2** rezistorga parallel ulash, shunga olib keladiki komparatorning ishlab ketish kuchlanishi OK ning musbat chiqish kuchlanishida dioddagi kuchlanish pasayishiga teng bo‘ladi, manfiy chiqish kuchlanishida esa, qachon diod yopiq bo‘lganda, komparatorning qo‘yib yuborish kuchlanishi diodsiz musbat teskari aloqa zanjiridagi kabi $\beta=R_2/(R_2+R_{oc})$ koeffitsient bilan aniqlanadi.



7.8-rasm. Komparatorning uzatish xarakteristikasi ossillogrammasi

Agar kirish signalida impulshli halallar (pomexi) bo‘lsa, ular komparatorning yolg‘ondan ishlab ketishiga sabab bo‘lishi mumkin. Bunday impulli halallarga taqlid qilish uchun, A qayta ulagich yordamida **XFG1** generatorga **E4** to‘g‘riburchakli impulslar manbaini (berilgan amplituda 0,15 V va chastota 250 Gz) ulaymiz.



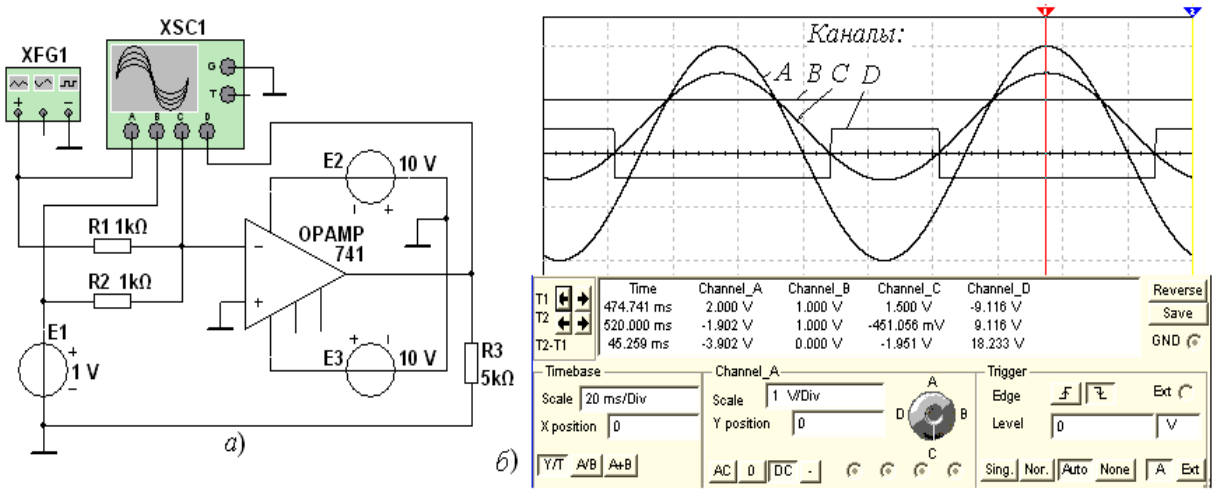
*7.9-rasm. **Ros** rezistorni (**V** kalitni qisqa ulash orqali) musbat teskari aloqa zanjiriga kiritilganda komparator ossillogrammasi*

Musbat teskari aloqali zanjirda (V kalit ochiq) chiqish kuchlanishi ossillogrammasida (7.8-rasm), komparatorning yolg‘ondan ishlab ketishi ko‘rinib turibdi, a kirish kuchlanishida halalga ega **Ros** rezistorni (**V**

kalitni qisqa ulash orqali) musbat teskari aloqa zanjiriga kiritilganda - endi komparatorning yolg‘ondan ishlab ketishi ro‘y bermaydi (7.9-rasm).

Yagona kirishli komparator

Yagona kirishli komparator, OK ning kirishlaridan bittasiga tekshirilayotgan U_{vx} va bo‘sag‘a (tayanch) U_{op} kuchlanishlarini parallel ulash orqali hosil qilinadi va OK ning ikkinchi kirishi erga ulaniladi(10,a-rasm). Komparatorning qayta ulanish kuchlanishi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi: $U_{por}=U_{op}R_1/R_2$.Komparator kirishiga (10,a-rasm) **XFG1** generatordan sinusoidal kuchlanish uzatiladi va **E1** doimiy kuchlanish manbaining kelayotgan kirish signal qutblanishining o‘zgarishi komparator chiqishida ikkita kirishli komparatordagidek kuchlanishlar sathining almashinuvi ro‘y beradi: U^{+}_{chiq} dan U^{-}_{chiq}ga o‘zgaradi va aksincha va to‘g‘riburchakli impulslar hosil bo‘ladi.



7.10-rasm. Yagona kirishli komparator

Kirish signal parametrlarini, tanyanch kuchlanish va **R1** va **R2** qarshiliklar qiymatlarini kichik miqdorda o‘zgartib, ularning komparatorning chiqish parametrlariga ta’sirini baholash mumkin.

Bugungi kun bozorida, maxsus integral sxemali komparatorlarning keng assortimenti mavjud (Rossiyaning **KR1040UD**, **KR1401SA**, **521SA1**, **521SA5** va boshqa turdagi) va xorijiy ishlab chiqaruvchilarning (**AD841**, **LM339**, **OR275** va boshqa turdagi), ularning qayta ulanish vaqti o‘ndan bir nanosekunddan tortib to o‘nlab nanosekundgacha.

Ishni bajarish uchun o‘quv topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar. Yagona bo‘sag‘ali ikkita kirishli komparator

1-topshiriq. Multisim laboratoriya tizimi va MS12 muhitini ishga tushiring. MS12 muhitning **xxxxx** papkasida joylashgan **xxx.ms12** faylni **oching**, yoki MS12 muhitining ishchi maydonida OK dagi ***yagona bo‘sag‘ali*** **ikkita kirishli komparator** sxemasini **yig‘ing** (7.2-rasm), dialog darchalariga komponentlar va ularning parametrlarini yoki ish rejimini joylashtiring. 7.2-rasmdagi sxemani hisobot varaqlariga o‘tkazing.

1.1. XFG1 funktsional generatorning **“Uchburchak shaklidagi kuchlanish”** rejimini o‘rnating, amplitudu U_m=1,5 B ga, chastota f=10 Gz ga, kuchlanishning vertikal bo‘yicha pastga siljishi –1,5 V ga va **E1** doimiy kuchlanish generatorining EYuK E_1=0,8 V ga teng bo‘lsin. Modellashtirish dasturini ishga tushiring va vizir chiziqlaridan foydalanib **XSC1** ossillograf darchasida kirish va chiqish kuchlanishlarining parametrlarini (U_{chiq}^{-}, U_{chiq}^{+} va t_1, t_2) o‘lchang. Ossillograf darchasining nusxasini hisobotga o‘tkazing (3-rasmga qarang).

1.2. Tayanch kuchlanishining ikkita sathi uchun **XSC1** generatorning sinusoidal kuchlanish rejimini o‘rnating va 1.1. bandidagi amalni **takrorlang:**

U_{op}=0 va U_{op}=0,8 V.

OK dagi gisterezisli komparatori (Shmitt triggeri) sinash

2-topshiriq. MS12 muhitning **xxxx** papkasida joylashgan **xxx.ms12** faylni **oching**, yoki MS12 muhitining ishchi maydonida OK dagi gisterezisli **komparatori (Shmitt triggeri)** ***sinash*** sxemasini **yig‘ing** (7.6-rasm), dialog darchalariga komponentlar va ularning parametrlarini yoki ish rejimini joylashtiring. 7.6-rasmdagi sxemani hisobot varaqlariga o‘tkazing.

2.1. XFG1 funktsional generatorning sinusoidal kuchlanish rejimini o‘rnating, amplitudu U_m=1,5 B ga, chastota f =10 Gz ga, kuchlanishning vertikal bo‘yicha pastga siljishi –1,5 V ga va **E1** doimiy kuchlanish generatorining EYuK E_1=0 V ga teng bo‘lsin. **A** qayta ulagichni tepa holatiga o‘rnating va **V** kalitni yoping. Modellashtirish dasturini ishga tushiring va vizir chiziqlaridan foydalanib **XSC1** ossillograf darchasida meandr shaklidagi chiqish kuchlanishlarining parametrlarini (U_{chiq}^{-}, U_{chiq}^{+} va t_1, t_2) o‘lchang. Ossillograf darchasining nusxasini hisobotga o‘tkazing

(7.7a-rasmga qarang). 2.1. banddagi amalni $E_1=u_{op}$=0,8 V uchun takrorlang.

2.2. **A** qayta ulagichni past holatiga o‘rnating va **V** kalitni oching, bu bilan u_{vx} ga sinusoidal kuchlanishdan tashqari, musbat teskari aloqa zanjirini uzish tufayli OKning invertorlovchi kirishiga E4 generatordan halal signal uzatiladi. Ijrochi dasturni ishga soling. Ossillograf darchasining nusxasini hisobotga o‘tkazing (7.7a-rasmga qarang).

2.3. **V** kalitni **yopib**, musbat teskari aloqa zanjirini tiklang. Ijrochi dasturni **ishga soling**. Ossillograf darchasining **nusxasini** hisobotga o‘tkazing (7.7b-rasmga qarang). 2.2. va 2.3. amallarni bajarish natijasida olingan komparator chiqish signallarini **solishtiring**.

7.2.3. OK dagi yagona kirishli komparatorni sinash

3-topshiriq. MS12 muhitning **xxxxx** papkasida joylashgan **xxx.ms12** faylni **oching**, yoki MS12 muhitining ishchi maydonida OK dagi yagona kirishli **komparatorni *sinash*** sxemasini **yig‘ing** (7.6-rasm), dialog darchalariga komponentlar va ularning parametrlarini yoki ish rejimini joylashtiring. 7.10a-rasmdagi sxemani hisobot varaqlariga o‘tkazing.

XFG1 funktsional generatorning sinusoidal kuchlanish rejimini o‘rnating, amplitudu U_m=1,5 B ga, chastota f=10 Gz ga, kuchlanishning vertikal bo‘yicha pastga siljishi −1,5 V ga va **E1** doimiy kuchlanish generatorining EYuK E_1=0,8 V ga teng bo‘lsin. Modellashtirish dasturini ishga tushiring. Chiqish kuchlanishlarining parametrlarini (U_{chiq}^{-}, U_{chiq}^{+} va t_1, t_2) o‘lchang. Ossillograf darchasining nusxasini hisobotga o‘tkazing (7.10b-rasmga qarang).

Hisobot mazmuni

1. Ishning nomi va maqsadi
2. Tajribada ishlatiladigan asboblar ro‘yxati va ularning xarakteristikalari.
3. OK asosidagi yagona pog‘onali, gisterezisli va yagona kirishli komparatorlarning sinash elektr sxemalarining tasviri.
4. Komparatorlarning kirish va chiqish ossillogrammalari.
5. Ish bo‘yicha xulosalar.

8 - laboratoriya ishi
Raqamli-analog o‘zgartkichlarni tadqiq qilish

Ishni bajarishdan maqsad: raqamli-analog o‘zgartkichning ishlash printsipi bilan tanishish va uni tekshirish.

Nazariy qism

Avtomatlashgan tizimlarda axborot almashinishi signallar yordamida amalga oshadi. Signalni tashuvchilari sifatida fizik kattaliklar tushuniladi, masalan, tok, kuchlanish, magnit holatlar va h.k. Fizik kattaliklar o‘zining vaqt funktsiyasi orqali yoki belgilangan fazoviy taqsimlanishida ifodalanadi

Chastota, amplituda, faza, impulslar davomiyligi, ketma-ket impulslar seriyalarining bir yoki bir nechta parallel liniyalarida taqsimlanishi, tasvir nuqtalarining tekislik va x.k. larda taqsimlanishi kabi uzatuvchi vaqtli funktsiyalarni aniqlovchi parametrlar (ular orqali axborot uzatish holatida) ***axborot parametrlari*** deb ataladi. Agar fizik kattalik ikki yoki undan ortiq axborot parametrlarning tashuvchisi bo‘lsa, u ko‘p o‘lchovli signal hisoblanadi. Axborot parametrlar bir qator aniq miqdorlar to‘plamiga ega.

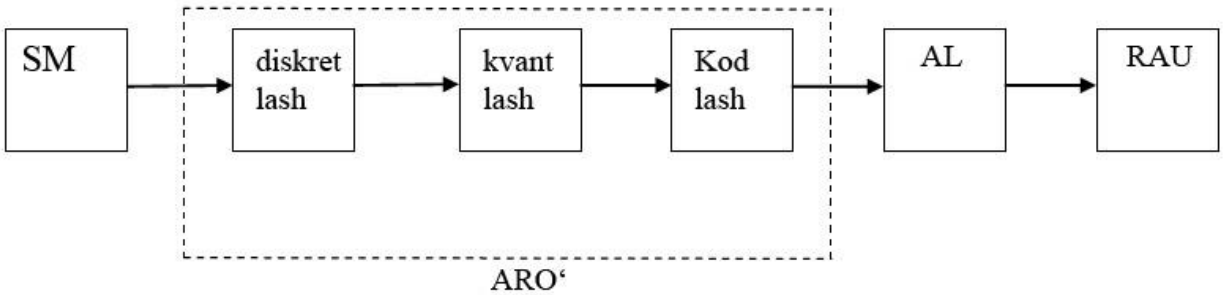
Analog signallar - axborot parametrlari berilgan diapazon ichida har qanday miqdorni qabul qilishi mumkin;

Diskret signallar -axborot parametrlari faqatgina berilgan aniq diskret miqdorlarni qabul qilishi mumkin;

Uzluksiz signallar - axborot parametrlari har vaqtda o‘zgarishi mumkin;

Uzlukli signallar - axborot parametrlari vaqtning diskret onlaridagina boshqa miqdorni qabul qilishi mumkin.

Analog raqamli o‘zgartirgich 8.1-rasm (ARU) quyidagi strukturaviy sxema asosida quriladi



8.1-rasm. Analog-raqamli o’zgartirgich sxemasi

Analog Raqamli O‘zgartruvchilar va ularning muhim tomonlari. ARO‘ lar analog signallarni (kuchlanish, tok, quvvat) raqamli signallarga o‘zgartirishga mo‘ljallangan elektron qurilmalar hisoblanadi. Ko‘p hollarda asosan chiqish signallari kuchlanish U hisoblanadi. Shuni hisobga olib signallarni raqamli signalga o‘tkazishdan oldin uni kuchlanish ko‘rinishiga keltirib olinadi. Bunga sabab seriyali ishlab chiqariladigan ko‘p mikrosxemalar asosan U kuchlanish bilan ishlashga mo‘ljallangan.

Umumiy holda U kuchlanish ma’lum bir vaqtda ega bo‘lishi mumkin bo‘lgan qiymati bilan baholanadi. Lekin kuchlanish haqida gapirganda uning ma’lum T vaqt oraligida o‘rtacha erishgan qiymatining ham ko‘p hollarda tushiniladi.

$$U_{cp} = U = \frac{1}{T}\int_0^T u(t)dt. \qquad (8.1)$$

Yuqoridagi munosabatdan kelib chiqib ARO‘ larni ***ikki guruhga*** bo‘lishimiz mumkin ***ma’lum bir vaqtdagi (oniy) kuchlanishning qiymati bilan ishlovchi ARO‘ va kuchlanishning o‘rtacha qiymati bilan ishlovchi ARO‘lar***. Kuchlanishni o‘rtacha qiymatini hisoblash kuchlanishning oniy qiymatlarini integrallash yo‘li bilan olinishini hisobga olibgan bu guruhni ***INTEGRALLASH guruhi*** ham deyiladi.

Kuchlanishni raqamli kodlarga aylantirishda bir-biri bilan bog‘liq bo‘lmagan uchta bosqichda bajariladi: ***DISKRETLASH, KVANTLASH*** va ***KODLASH***. Analog signallarni raqamli signalga o‘tkazish jarayoni vaqt bo‘yicha uzluksiz U(t) funktsiyani $U(t_n)$ – ma’lum bir t vaqtda erishgan qiymatini raqamlar ketmaketligi bilan ifodalashdan iboratdir n=0,1,2,3,……..

Analog axborotni raqamli ko‘rinishga aylantirish uchun uni ***kvantlaydilar***, ya’ni vaqt bo‘yicha uzluksiz signal uning ma’lum nuqtalardagi diskret qiymatlari bilan almashtiriladi. So‘ngra berilgan signal oxirgi diskret qiymatiga mos ravishda raqam beriladi. Signal diskret darajalarini raqamlar ketma – ketligi bilan almashtirish jarayoni ***kodlash*** deb ataladi. Olingan raqamlar ketma – ketligi ***signal kodi*** deb ataladi.

- ***birinchi jarayon*** signalni diskretlash

Kvantlash jarayoni U(t) uzluksiz funktsiyani $U^*_n(t)$, funktsiya ko‘rinishida ifodalashdan iborat:

Bunda U(t) funktsiyani butun diapozon bo‘yicha $DqU(t)_{max}$-$U(t)_{min}$ N ta urevnlarga bo‘linadi va har bir vaqt oralig‘idagi $U_n(t)$ ning qiymati $U^*_n(t)$ funktsiyani eng yaqin ko‘rinishigacha yaqinlashtiriladi.

- ikkinchi jarayon signalni kvantlash

Bu erda hqD/N kattalik kvantlash qadami deb ataladi, va natijada analog ko‘rinishidagi U(t) signal $U^*_n(t)$ ko‘rinishidagi ***diskret signalga*** aylanadi.

- ***Uchinchi jaraen*** kodlash bunda $U^*_n(t)$, diskret signallar ma’lum bir qonuniyat asosida 0 va 1 dan iborat raqamli signallar ketmaketligiga aylantiriladi.

Agar diskret xabar elementlarini ketma-ketligini ikkilik sonlar ketma-ketligi bilan almashtirsak, ularni aloqa kanali orqali uzatish uchun faqat ikkita 1 va 0 kod simvolini uzatish kifoya qiladi. Misol uchun: 0 va 1 sonlari turli chastotali tebranishlar yoki turli qutbli (“+” yoki “-“) doimiy tok ketma-ketligini uzatish orqali amalga oshirish mumkin. O‘zining soddaligi bilan ikkilik asosda kodlash turli aloqa tizimlarida va hisoblash texnikasida keng qo‘llanilmoqda.

RAO‘ asosiy xarakteristikalari Har qanday RAO‘ juda murakkab elektron qurilma himsoblanadi, va ular o‘ta murakkab mikrosxema ko‘rinishida yoki juda ko‘p elektron qurilmalar majmuasidan iborat bo‘lishi mumkin. Shuning uchun ***RAO‘ asosiy xarakteristikalari*** nafaqat uning tuzilishidan, balki u tayyorlangan elementlarning o‘zaro munosabatlariga bog‘liqdir. Shunday bo‘lishiga qaramasdan RAO‘ larni baholashda o‘lchov kattaliklariga qarab ikki guruhga bo‘linadi, bular ***statistik va dinamik***.

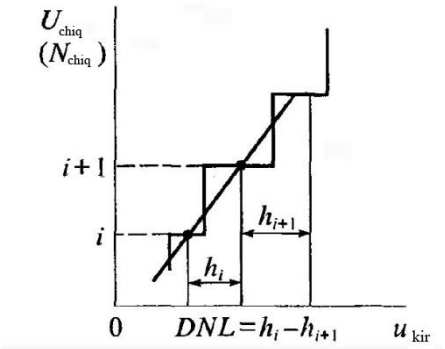
RAO‘ ning statistik xarakteristikalariga signallarning chiqishdagi absalyut aniqlik qiymatini belgilasa ***RAO‘ning dinamik xarakteristikasi*** ma’lum bir qurilmaning signallarga ishlov berish tezligini bildiradi.

Bazi bir parametirlarni chuqurroq ko‘rib chiqadigan bo‘lsak. RAO‘ning asosiy xarakteristikalariga ***aniqlay olish qobiliyatidir*** bu signallarning chiqishdagi maksimal kod kambinatsiyalari bilan baholanadi. ***Aniqlay olish qobiliyatini*** prottsent ko‘rinishida xam ifodalah mumkin misol: 10 razryadlik RAO‘ ning aniqlay olish qobiliyati $(1024)^{-1}$ $\approx 10^{-3}$q0,1%. Agar kuchlanishning qiymati 10 volt bo‘lsa ***Aniqlay olish qobiliyatining*** absalyut qiymati 10 mV bo‘ladi.

Analog va raqamli o‘zgartirgichning amaldagi aniqligi nazariy jixatdan hisoblangan kattaltigidan ancha farq qiladi. Analog va Raqamli O‘zgartirgichning aniqligi differentsial va integral nochiziqliki xatoliklarning absalyut qiymati bilan farq qiladi.

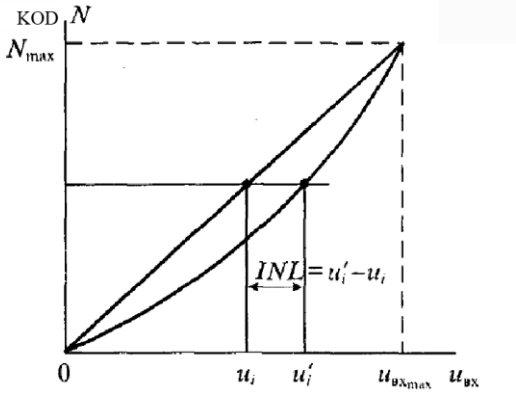
ARO‘ning Diferentsial nochiziqligi – (DNL) ikkita yonmayon signallarning farqlari bilan ifodalanadi yani kvantlarning (qadamlarning) farqi bilan:

DNL=h_i-h_{iQ1} differentsial nochiziqlikni aniqlash 8.2-rasmda ko‘rsatilgan.



8.2-rasm. ARO‘ning Diferentsial nochiziqligi

ARO‘ning Integral nochiziqligi (INL) – chiqish signalining butun diapazondagi asosiy signaldan farqi sifatida qarash mumkin yoki INLqU'_i-U_i. 8.3- rasm



8.3-rasm. ARO‘ning integral nochiziqligi

O‘tish vaqti ARO‘ bu odatda analogli signalni raqamli signalga o‘tkazish uchun ketgan vaqt hisoblanadi (birta qadam uchun). ARO‘larning bir xillari uchun bu vaqt o‘zgarmas bo‘lib signalning kattaligiga bog‘liq emas. Ikkinchi turlari uchun esa o‘tish vaqti signalning kattaligiga bog‘liq bo‘ladi.

Diskritizatsiyalashning maksimal chastotasi – chiqish signalining maksilal chastotasi,

ARO‘ qurilish asoslari- amalda ishlatiladigan ARO‘lar kuchlanish ko‘rsatkichlarni o‘lchashlariga qarab ikki turga bo‘linadi.

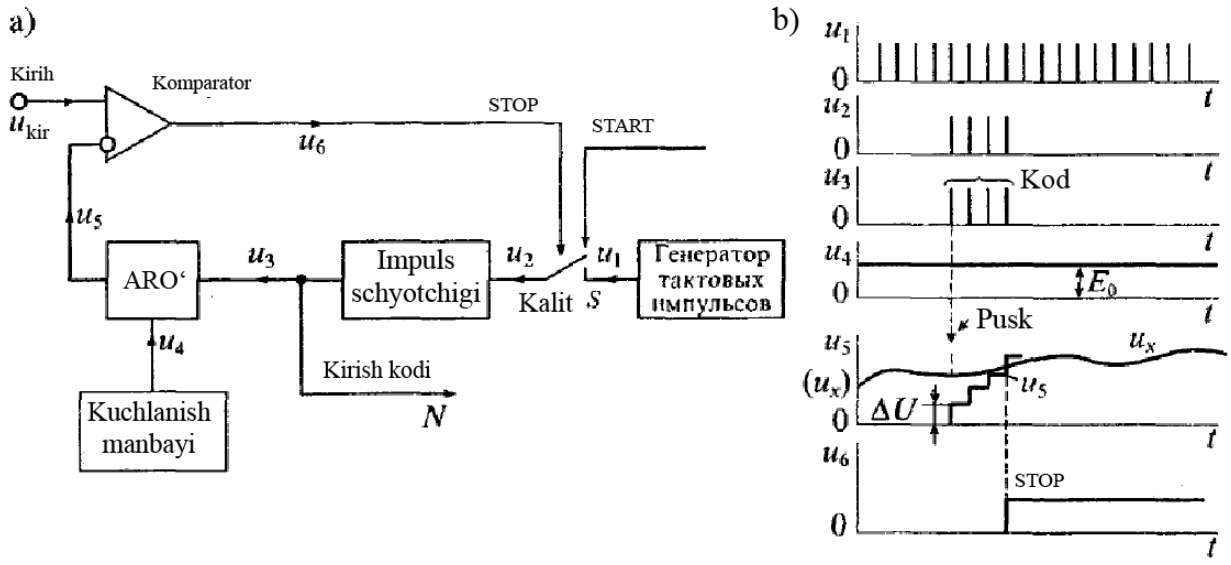
- ✓ ***Oniy qiymatli ARO‘***
- ✓ ***O‘rtacha qiymatli ARO‘***

Oniy qiymatli ARO‘larni ham quyidagi asosiy guruhlarga bo‘lish mumkin:

- ✓ ***ketmaket hisoblash (posledovatelnogo scheta)***

- ✓ ***ketmaket yaqinlashish (posledovatelnogo priblijeniya)***
- ✓ ***paralel (paralelnoe)***
- ✓ ***paralel-ketmaket hisoblash (paralelno - posledovatelo‘e)***

ARO‘ning ***ketma-ket hisoblash (posledovatelnogo scheta)*** turining strukturaviy sxemasi 8.4 – rasmda keltirilgan.



8.4-rasm ARO‘ning ketma-ket hisoblash turining strukturaviy sxemasi

Rasmda ko‘rinib turibdiki komporator yordamida kirish kuchlanishi U_{kir} tayanch kuchlanishi U_s bilan solishtiriladi. RAO‘ jarayoni «Pusk» signali kelishi bilan boshlanadi. Bu C kalitni ulaydi va natijada generatordan kelayotgan U_1 impulslar schetchikka keladi, schetchik esa RAO‘chining ishini boshqaradi. Natijada kirish kodining N ketmaket kattalashib borishi kirish kuchlanishi $U_s$ning zinapoyasimon usishiga olib keladi. Kirish signalining chiqish signali bilan tenglashgan vaqtida kamparator ulanadi va natijada «Stop» signali S kalitni o‘chiradi. Chiqish kodi U_{chik}=Us tenglikka ega bo‘ladi va registirning chiqishidan olinadi.

Bu jarayonni ko‘rsatadigan grafik 8.4-rasm b da ko‘rsatilgan. Bu rasmdan ko‘rinib turibdiki ARO‘ vaqti o‘zgaruvchan va u kirish signalining kattaligiga bog‘liq va quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$T_{o‘t}=(2^n-1)T \qquad (8.2)$$

Misol: n=10 razrdli signal uchun Tq1mks (yani 1MGz taktli chastota) holatda maksimal o‘tish vaqti

$$T_{o‘t}=(2^{10}-1)=1024\text{mks} \approx 1\text{ms}$$

Bu 1kGs chastata bilan o‘tish dagani

ARO‘ o‘tish kattaligini quyidagi kattalik bilan ifodalash mumkin

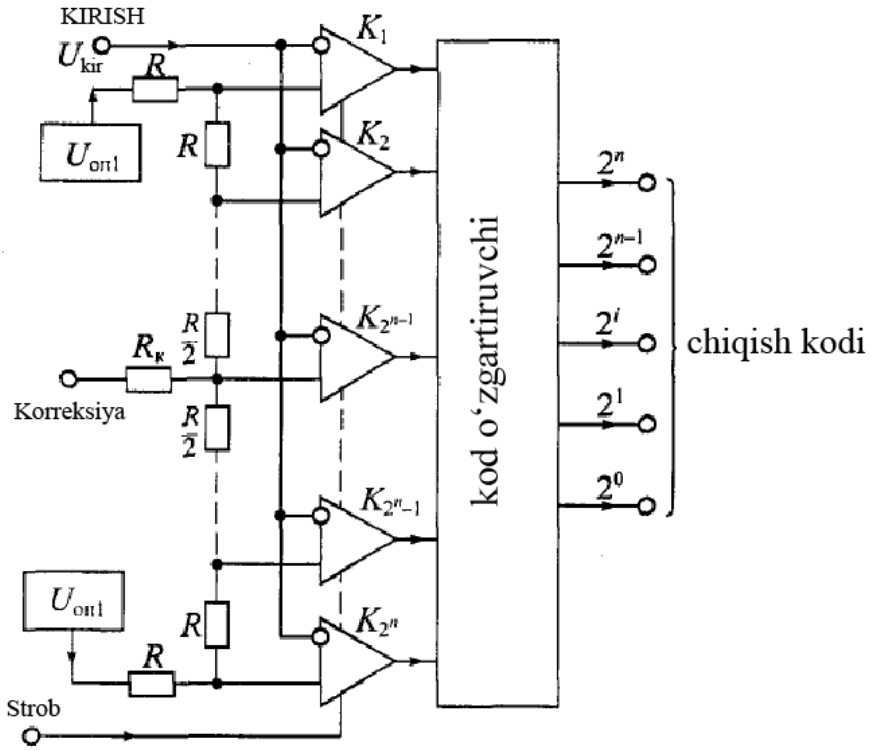
ARO‘chining ketmaket hisoblash (posledovatelnogo scheta) tegnlamasini quyidagicha yozish mumkin

$$k\Delta U=U_{chiq} \qquad (8.3)$$

bu yerda $0\le k\le n$ –solishtirishgacha bo‘lgan qadamlar soni $\Delta U=h$ – kvantlash qadami

ARO‘ning paralel turining strukturaviy sxemasi 8.5 – rasmda keltirilgan. Bu yerda ARO‘ jarayoni paralel ulangan komparatorlar yordamida amalga oshiriladi. Komparatorning bo‘sag‘aviy kuchlanishi qarshiliklarning bo‘lish yordamida kvantlash qadamiga mutanosib ravishda tanlanadi. Shunday qilib kirishga berilgan U_{kir} kattaliklari chiqishda ma’lum bir unitar kod ko‘rinishiga keladi.

Unitar kodni ikkilak kodga aylantirish esa kod o‘zgartirgich yordamida amalga oshiriladi. Paralel o‘zgartirgichlar hozirgi paytda eng tezkor hisoblanadi 100 MGz diskretlash chastotasi bilan ishlash imkoniyatiga ega. Tayanch kuchlanishini bo‘lishga xizmat qiladigan qarshiliklarning kattaligi 1 om atrofida bo‘ladi.

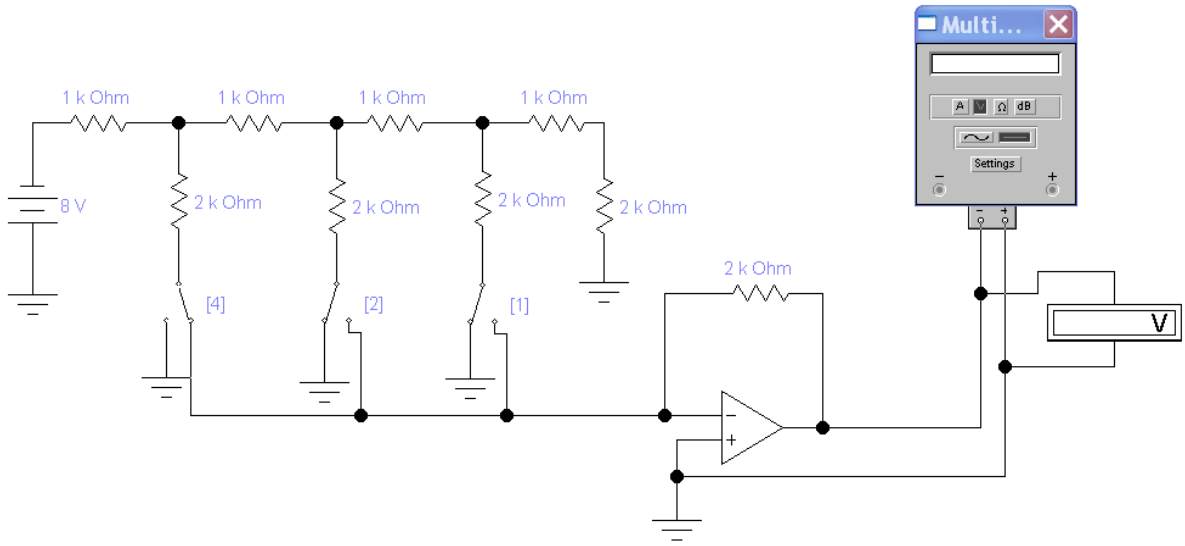


8.5-rasm. ARO‘ning paralel turining strukturaviy sxemasi

Ishni bajarish uchun o‘quv topshirig‘i va uslubiy ko‘rsatmalar

Electronics Workbench dasturini ishga tushiring va uning sxema oynasida uch razryadli raqamli-analog o‘zgartkichning (RAO‘) sxemasini yig‘ing (8.6-rasm). Sxemada uchta kirish ikkilik signallari 1, 2, 4 ulab-uzgichlarni boshqaradi. Operatsion kuchaytirgichning (OK) teskari

bog‘lanish zanjiridagi qarshilik 2 kOm bo‘lib *R-2R* zanjirning umumiy qarshiligiga teng. Shu sababli OK ning o‘tkazish koeffitsienti birga teng bo‘ladi. Kvantlash qadamining (Δ) qiymati tayanch kuchlanish E_0 va *R-2R* zanjirdagi zvenolar soniga bog‘liq. Masalan, tayanch kuchlanish E_0=8B va *R-2R* zanjirdagi zvenolar soni uchta bo‘lganda kvantlash qadamining qiymati Δ=1V bo‘ladi.



8.6-rasm. Uch razryadli raqamli-analog o‘zgartkichning sxemasi

2. RAO‘ ning chiqishiga multimetr (yoki voltmetr) ulab va ulab–uzgichlarni ishlatib kvantlash qadami ΔE va Umax o‘lchang.

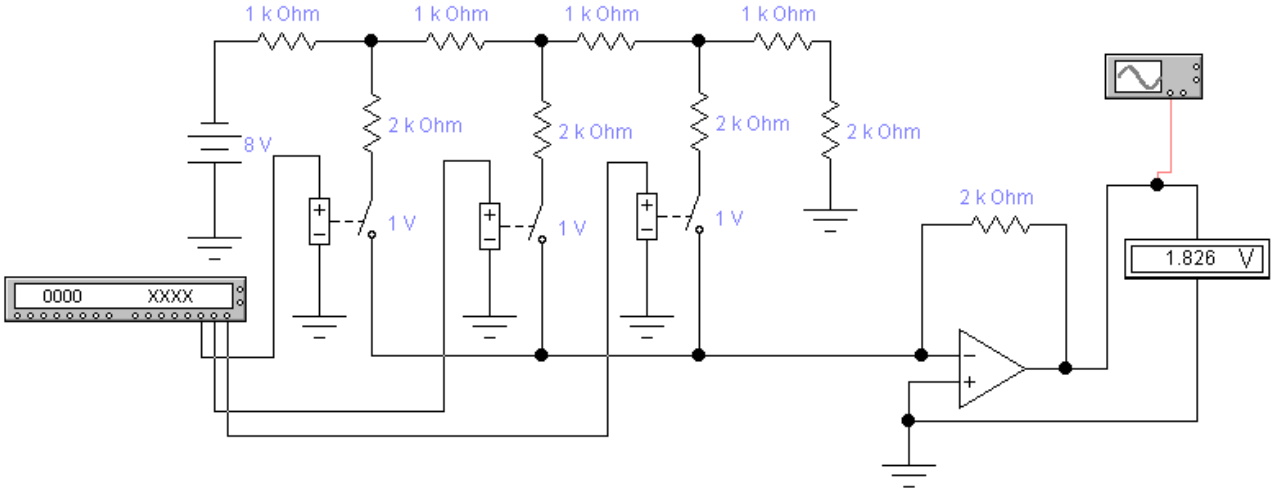
3. O‘lchash natijalari bo‘yicha Δ= ΔE, va Umax=(23-1)Δ tengliklar o‘rinli bo‘lishi tekshirib ko‘ring.

4. Kirishdagi ikkilik signallarning hamma kombinatsiyalari uchun chiqishdagi kuchlanishlarning qiymatlarini yozib oling va natijalarni 1-jadvalga kiriting.

8.1-jadval

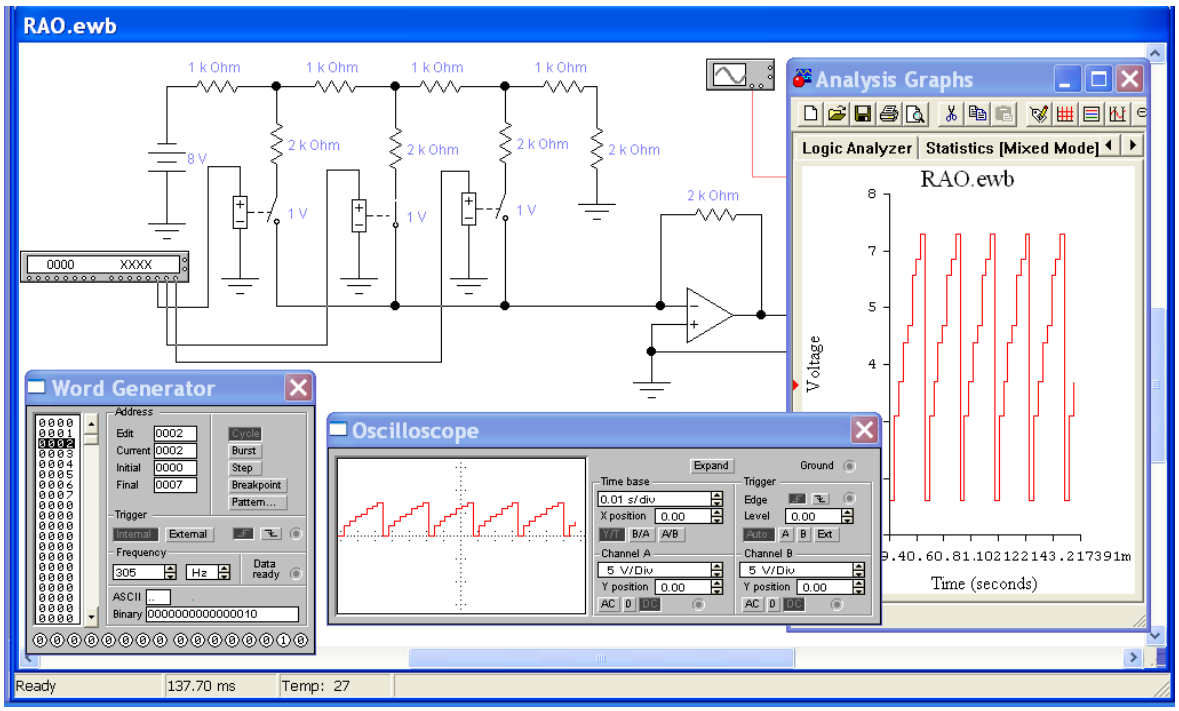
Kirishdagi ikkilik signallar			Chiqishdagi o‘nli signal, U_{chiq} ,V
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

5. RAO‘ ning ishlashini ossillograf yordamida tekshirish uchun sxemaning chiqishiga ossillograf ulang, ulab-uzgichlar kuchlanish bilan boshqariladigan kalitlarga almashtiring va kirish signallarning mantiqiy signallar generatori (Word Generator) orqali bering (8.7-rasm).



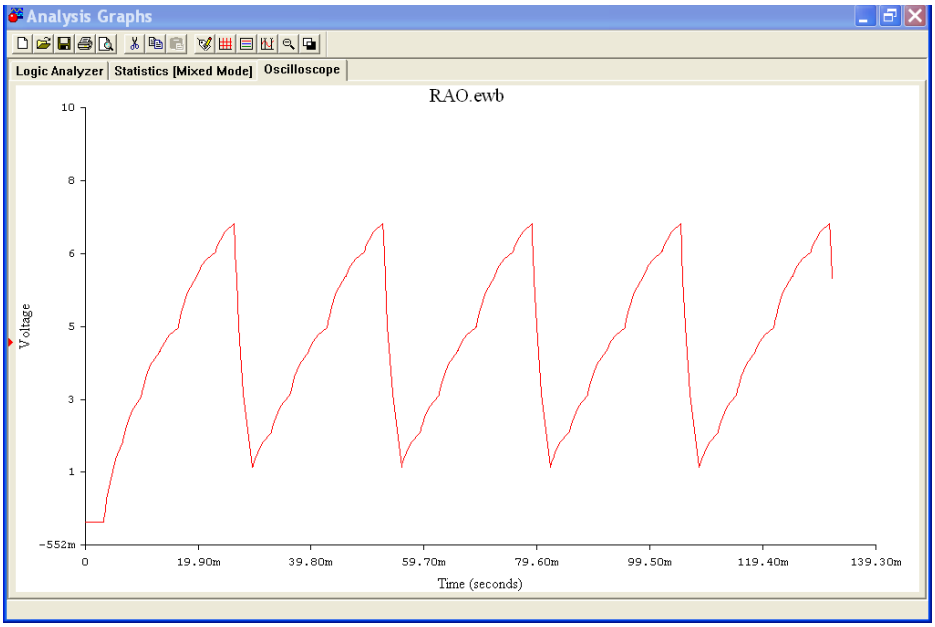
8.7-rasm. Kirish signallaring mantiqiy signallar generatori (Word Generator) orqali berish

6. Sxemani ishga tushirib natijalarni ossillograf va grafik analizatorning ekranida ko‘ring (8.8-rasm).



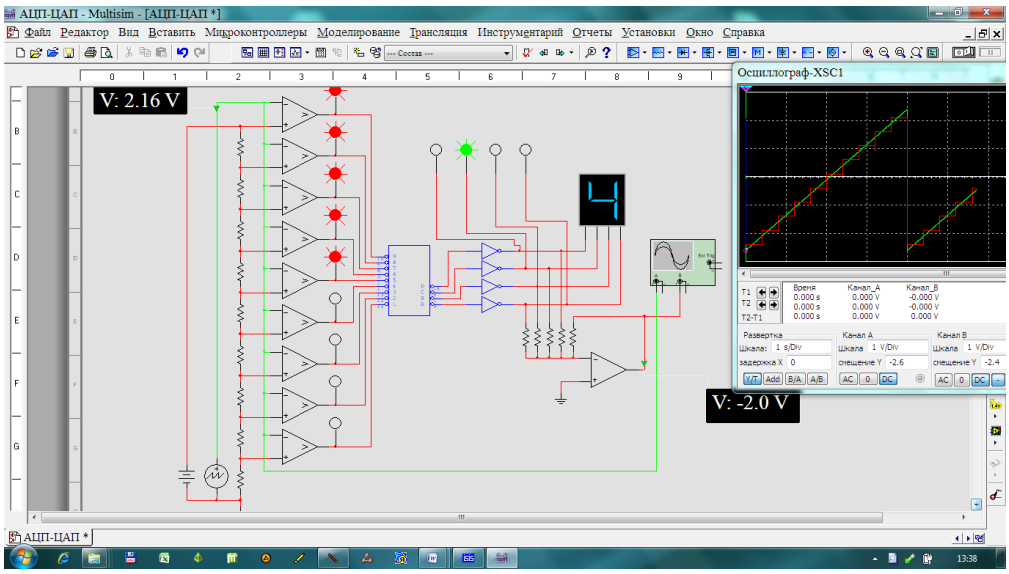
8.8-rasm. Modellash natijalari

7. OK ning teskari bog‘lanish zanjiridagi rezistorga parallel kondensator ulab past chastotalarning aktiv filtrini hosil qiling. Kondensatorning sig‘imini o‘zgartirish yo‘li bilan uning chiqish kuchlanishida pog‘onalar bo‘lmaydigan qiymatini aniqlang (8.9-rasm).



8.9-rasm. OK ning teskari bog‘lanish zanjiridagi ossillogrammasi

2. Analog va Raqamli o‘tkazgichning paralel tipdagi sxemasini Multisim dasturida yig‘ing va o‘tish jarayonlarini tushintiring.



8.10-rasm. Analog va Raqamli o‘tkazgichning paralel tipdagi sxemasi

Bajarilgan ish bo‘yicha hisobot

1. Hisobotda quyidagilar keltiriladi.
2. Ishni bajarishdan maqsad.
3. Tajribalarni o‘tkazishda foydalanilgan sxemalar.
4. Olingan natijalar jadval va grafiklar ko‘rinishida.
5. Olingan natijalarning tahlili.
6. Bajarilgan ish bo‘yicha xulosalar.

Nazorat savollari

1. Signallarning axborot parametrlari nima?
2. Signallarni **kodlash** deganda nimani tushinasiz?
3. Kod kambinatsiyalari nima?
4. RAO‘ ning statistik xarakteristikalari deganda nimani tushinasiz?
5. RAO‘ ning aniqlay olish qobiliyati deganda nimani tushinasiz?
6. ARO‘ning Diferentsial nochiziqligi deganda nimani tushinasiz?
7. ARO‘ning Integral nochiziqligi deganda nimani tushinasiz?
8. ARO‘ning o‘tish vaqti nima?
9. Oniy qiymatli ARO‘larning asosiy guruhlarinisanab o‘ting?
10. Ketma-ket hisoblash (posledovatelnogo scheta) turining strukturaviy sxemasini tushintiring.
11. ARO‘ning paralel turining strukturaviy sxemasini tushintiring

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

Asosiy adabiyotlar:

1. Бойко, В.И. Схемотехника электронных систем. Цифровые устройства: Учебник / В.И. Бойко, А.Н. Гуржий, В.Я. Жуйков [и др.]. - СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 512 с.
2. Амосов, В. Схемотехника и средства проектирования цифровых устройств / В. Амосов. - СПб.: BHV, 2012. - 560 с.
3. Волонович, Г.И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств / Г.И. Волонович. - М.: ДМК, 2015. - 528 с.
4. Давиденко, Ю.Н. 500 схем для радиолюбителей. Современная схемотехника в освещении / Ю.Н. Давиденко. - СПб.: Наука и техника, 2008. - 320 с.
5. Расулова С.С., Рашидов А.А. Методы тестирования цифровых устройств. Методические указания к лабораторным работам. Т: ТГТУ, 2003.-30 с.
6. Миленина, С.А. Электротехника, электроника и схемотехника: Учебник и практикум для академического бакалавриата / С.А. Миленина, Н.К. Миленин. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 399 с.
7. Новожилов, О.П. Электроника и схемотехника в 2 ч. часть 1: Учебник для академического бакалавриата / О.П. Новожилов. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 382 с.
8. Павлов, В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: Учебное пособие / В.Н. Павлов. - М.: ИЦ Академия, 2008. - 228 с.
9. Шустов, М.А. Практическая схемотехника. Кн. 4 Контроль и защита источников питания. / М.А. Шустов. - М.: Додэка, 2007. - 184 с.
10. Бурбаева, Н. В.. Основы полупроводниковой электроники / Н.В. Бурбаева, Т.С. Днепровская. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 312 с.

Qo‘shimcha adabiyotlar:

1. Левкин, Г.Н. Введение в схемотехнику ПЭВМ IBM PC/AT / Г.Н. Левкин, В.Е. Левкина. - М.: МПИ, 2015. - 753 с.

2. Новиков, Ю.В. Введение в цифровую схемотехнику / Ю.В. Новиков. - М.: Интернет-университет информационных технологий, 2015. - 343 с.
3. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. - М.: Мир; Издание 3-е, стер., 2016. - 945 с.

Internet saytlari:

1. www.ziyonet.uz;
2. www.bilim.uz;
3. www.gov.uz.
4. http://www.shop4.ru/goods22143291.htm
5. http://science-education-books.webshops.ru/g7138
6. http://yaroslavl.rabota.ru/?areaqbyCompany&personI

MUNDARIJA

Kirish 3
Virtual laboratoriyalar 5
1 - laboratoriya ishi 11
2 - laboratoriya ishi 26
3 - laboratoriya ishi 32
4 - laboratoriya ishi 52
5 - laboratoriya ishi 69
6 - laboratoriya ishi 82
7 - laboratoriya ishi 94
8 - laboratoriya ishi 103
Foydalaniladigan adabiyotlar ro‘yxati:.....113

SXEMOTEXNIKA

“5310800 – Elektronika va asbobsozlik (priborsozlik)” *va*
“5321900 – Elektron apparatlarni ishlab chiqarish texnologiyasi”
yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalar uchun
laboratoriya ishlarini bajarish uchun
USLUBIY KO‘RSATMALAR

Tuzuvchilar: A.X.Xaydarov,
A.N.O‘roqov,
F.Y.Xudoyqulov,
S.P.Abdixalikov.

Muharrir: Sidikova K.A.