

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

**TIBBIYOT TEXNIKALARINING
ELEMENTLARI VA QISMLARI**

LABORATORIYA ISHLARI

O‘QUV-USLUBIY KO‘RSATMALAR

TOSHKENT-2021

Umarova M.A., Shakarov F.Q. «Tibbiyot texnikalarining elementlari va qismlari». O‘quv-uslubiy ko‘rsatma - Toshkent: ToshDTU, 2021.- 90 b.

Ushbu o‘quv-uslubiy ko‘rsatma «Tibbiyot texnikalarining elementlari va qismlari» fanidan Multisim kompyuter dasturi yordamida laboratoriya ishlarini bajarishni taqdim etadi: «5313000 – Biotibbiyot muhandisligi» yo‘nalishi talabalari uchun mo‘ljallangan.

Ushbu fan talabalarining auditoriya va auditoriyadan tashqari mustaqil ishlashlarini o‘z ichiga oladi.

O‘quv-uslubiy ko‘rsatma «Biotibbiyot muhandisligi» yo‘nalishi bo‘yicha Davlat ta’lim standarti talablariga va 5313000 - Biotibbiyot muhandisligi yo‘nalishida ta’lim olayotgan talabalar uchun «Tibbiyot texnikalarining elementlari va qismlari» fanining o‘quv dasturiga to‘liq javob beradi.

I.Karimov nomidagi ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashi qarori bilan nashr etildi

27 yanvar 2021 yil, 5-son bayonnoma

Taqrizchilar:

Tajibayev I.I. - O‘zR FA IPLTI. f.-m.f.n., PhD.;

Elmuratova D.B. - ToshDTU. dots. f.-m.f.n., PhD.

© Toshkent davlat texnika universiteti, 2021

KIRISH

Tibbiyot diagnostikasi, fizioterapiya va tibbiy-biologik tadqiqotlarda qo'llaniladigan zamonaviy elektron jihozlarni ishlab chiqish va o'rganishda bajariladigan ishlarning murakkabligi va katta hajmliligi sababli kompyuterli modellashtirish uslublaridan foydalanmasdan turib bu borada biror ish qilish qiyin.

Mazkur laboratoriya ishi o'zida Toshkent davlat texnika universiteti "Biotibbiyot muhandisligi" kafedrasida talabalari tomonidan diagnostik va fizioterapevtik tibbiyot apparaturalarining alohida tarmoqlari va soddalashtirilgan elektr sxemalarining ishlash prinsiplarini o'rganishga yo'naltirilgan laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha yo'riqnomani taqdim qiladi. Mazkur kursning o'ziga xos xususiyati shundan iboratki, u virtual bo'lib hisoblanadi, ya'ni laboratoriya ishlari doirasida Multisim kompyuter dasturida real elektr sxemalari yuqori darajada aniqlik bilan modellashtiriladi. Shunday qilib, har bir talaba o'zi mustaqil ravishda sxemani yig'ishni, shaylashni va ishlash holatini tekshirishni, o'lchash qurilmalarini ulashni bajaradi, shuningdek barcha zaruriy o'lchashlarni o'tkazadi.

Shuni qayd qilish joizki, tibbiyot diagnostik apparatlarning o'ziga xos xususiyati shu bo'lib hisoblanadiki, ular biopotensiallar – juda zaif signallarni kuchaytirish uchun mo'ljallangan. Masalan, elektrokardiografiyada biopotensiallar 0,1 mV dan 5,0 mV gachani, elektroensefalografiyada - 0,02 mV dan 0,3 mV gachani, elektromiografiyada - 0,01 mV dan 1,0 mV gachani, elektrookulografiyada - 0,02 mV dan 2 mV gachani, teri-galvanik reaksiyani qayd qilishda - 1 mV dan 100 mV gachani tashkil qiladi. Bundan tashqari, vaqt davomida sekin o'zgaradigan signallar bo'lib hisoblanadigan biopotensiallarni kuchaytirishda odatda doimiy tok kuchaytirgichlaridan foydalaniladi. Yana shuni ham ta'kidlash lozimki, signal manbai sifatidagi biologik tizimning umumiy qarshiligi juda yuqori bo'ladi. Bu faqatgina biopotensiallarni qabul qiladigan elektrodlarga emas, balki qo'llaniladigan kuchaytirgichlarga ham yuqori talablarni qo'yadi.

Amalda har qanday analog va raqamli zanjirlarni modellashtirish imkonini beradigan Multisim dasturining keng imkoniyatlariga qaramasdan, kompyuter dasturi doirasida unga tibbiyot apparaturasi yordamida ta'sir ko'rsatish amalga oshiriladigan biologik obyektning yetarlicha mos ravishda modellashtirib bo'lmaydi. Shunga qaramasdan, laboratoriya ishida faqatgina elektron tibbiyot apparaturasi elektron

sxemalarining alohida tarmoqlari emas, balki ba'zi bir diagnostik va fizioterapevtik qurilmalarning soddalashtirilgan sxemalari ham ko'rib chiqilgan.

Mazkur mashg'ulotda taqdim qilingan laboratoriya ishlari uchta qismdan – bazaviy qism, talabalarning auditoriyada mustaqil ishlashlari uchun topshiriqlar va auditoriyadan tashqarida mustaqil ishlashlari uchun topshiriqlardan (referat mavzulari) tashkil topadi. Bajirilgan laboratoriya ishi uchun ballar berish laboratoriya ishining bazaviy qismi, auditoriyada mustaqil ish topshiriqlari va auditoriyadan tashqarida mustaqil ish topshiriqlarini bajarganlik uchun berilgan ballarni – laboratoriya ishining natijalari to'g'risidagi hisobotning natijalarini hisobga olish bilan yig'indilashni ko'zda tutadi.

Talabalarning mustaqil ishlashlari uchun topshiriqlar ikkita qismga - auditoriyada mustaqil ish va auditoriyadan tashqari mustaqil ishga bo'linadi. Birinchisi o'zida laboratoriya ishlariga qo'shimchalarni taqdim qiladi, ularda diagnostik va fizioterapevtik apparatlarning soddalashtirilgan sxemalari, shuningdek ularning alohida tarmoqlari ko'rib chiqiladi. Mazkur kursda biologik to'qimalarning impedansini o'lchash, kuchlanishni ko'paytirish uchun mo'ljallangan sxemalar, yarim o'tkazgichli stabilitronlar, galvanizatsiyalash va elektroforez apparatining prinsipial sxemasi, bipolyar va maydonli tranzistorlardagi tok manbalari, turli shakldagi signallarni spektral tahlil qilish va qon oqimining tezligini o'lchashda zarbalarni o'rganish uchun mo'ljallangan sxemalar, qarshilikni kuchlanishga o'zgartirgichlar, elektrokardiografning soddalashtirilgan sxemasi, elektroakupunktur stimulyatorining soddalashtirilgan sxemasi, RS- va D-triggerlar yordamida kuchlanishni turg'unlashtirish va cheklash uchun mo'ljallangan sxemalar keltirilgan.

Auditoriyadan tashqarida mustaqil ish uchun topshiriqlar o'zida tibbiyot elektron diagnostika, fizioterapiya apparatlari va laboratoriya o'lchash qurilmasida elektron sxemalarning qo'llanilishini ko'proq to'liq ochib beradigan referat mavzularini taqdim qiladi. Auditoriyadan tashqari mustaqil ish doirasida tibbiyot elektron apparatlarni ekspluatatsiya qilishda elektr toki urishidan himoyalash uslublari; bioto'qimalarning impedansini o'lchash va bioelektrik potentsiallarni qayd qilish uslublari; fiziologik tadqiqotlarning elektrsig'imli uslublari; teri-galvanik reaksiyani Tarxanov va Fere bo'yicha qayd qilish; tibbiyot apparaturasidagi sig'imli va induktiv datchiklar; elektron pikfloumetrlar, pnevmotaxometrlar va kompyuter spirometrlari; klinik-diagnostik tadqiqotlarning fotometrik uslublari; domiy, impulsli va o'zgaruvchan tok bilan davolash apparatlari;

elektrokardiografiya, elektroensefalografiya, elektromiografiya, pnevmografiya, pletizmografiyaning fizikaviy asoslari; ma'lumotlarga elektron ravishda ishlov beradigan zamonaviy tibbiyot poligrafining tuzilishi va ishlash prinsipi, laboratoriya tibbiy-biologik tadqiqotlarida spektral tahlil qilish, diatermiya, elektr jarrohligi, darsonvalizatsiya, induktotermiya, ultra yuqori chastotali (UYuCh) va o'ta yuqori chastotali (O'YuCh) terapiya; ultratovushli tibbiyot apparatlari, elektron elektrostimulyatorlar, kardiostimulyatorlar va defibrillyatorlar; tibbiyot apparaturasida triggerlarning qo'llanilishi, tibbiyot telemetriyasi o'rganiladi. Kompyuter sinflarida laboratoriya ishlarini bajarishda yig'ilgan sxemalarni kompyuterning qattiq diskida saqlash lozim bo'ladi, tashqi eltuvchilarni ulash, ulardan yoki ularga har qanday ma'lumotni nusxalash qat'iy taqiqlanadi.

Laboratoriya ishlarini bajarishda foydalaniladigan dasturiy vositalar

Laboratoriya ishlarini rasmiylashtirishda asosiy e'tibor axborot texnologiyalarini qo'llashga, ayniqsa jadvallarni hisoblash, grafiklarni qurish va hokazolarda, masalan Microsoft Excel jadvallarini hisoblashda qo'llashga qaratilgan.

Multisim butun dunyodagi ko'plab oliy o'quv yurtlarida qo'llaniladi, u ko'proq mashhur ishlab chiqaruvchilarning radioelektron qurilmalarining ko'p sonli modellarini o'z ichiga oladi, qimmatbaho uskunalarning o'rnini bosuvchi sifatida qo'llaniladi, standart ishlab chiqish uslublarida yetarlicha ko'p vaqtni oladigan radioelektron qurilmalarni modellashtirish va tahlil qilishni amalga oshira oladi.

Multisim kompyuter dasturi muloqot qilish uchun oson va kompyuter texnikasi sohasida chuqur bilimlarni talab qilmaydi, shu sababli uni texnik oliy o'quv yurtining o'quv jarayonida qo'llash raqamli elektronika elementlarini ham o'z ichiga olgan holda ko'p sonli masalalar va misollarni ko'rib chiqish imkonini beradi.

Multisim dasturining oddiyligi va ko'rgazmaliligi kompyuter dasturi bilan ishlash prinsiplarini tezda o'zlashtirib olish imkonini beradi. Ularni quyidagi harakatlarga keltirish mumkin:

- qurilmaning elektr sxemasini dasturning ishchi oynasida modellashtirish;
- sxemada zaruriy test instrumentlarini – funksional generator, voltmetr, ampermetr, ossillograf va hokazolarni ulash;

- ta'minotni virtual o'chirgichni bosish bilan sxemani faollashtirish;
- tahlil qilish, masalan, davriy jarayonning ossillogrammasini yoki qurilmaning amplituda-chastota tavsifini, ularni keyinchalik hujjatlashtirish (laboratoriya ishini rasmiylashtirish) uchun saqlab qo'yish mumkin.

Laboratoriya ishlarida diagnostik va fizioterapevtik apparatlar, shuningdek ularning alohida qismlarini ishlashining umumiy prinsiplarini tushuntiradigan soddalashtirilgan prinsipial sxemalar keltirilgan.

1-LABORATORIYA ISHI

LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISHDA ICHKI TARTIB VA TEXNIKA XAVFSIZLIGI QOIDALARI

Laboratoriya ishining maqsadi: laboratoriya ishlarini bajarishda ichki tartib va texnika xavfsizligi qoidalarini o‘rganish va laboratoriya ishini bajarish bo‘yicha ko‘rsatmalar va umumiy amaliy uslubiy tavsiyalarni olish.

1.1. Laboratoriya ishlarini bajarishda ichki tartib va texnika xavfsizligi qoidalari

“Tibbiyot texnikalarining elementlari va qismlari” fani bo‘yicha laboratoriya ishlarini bajarishda baxtsiz hodisalardan ehtiyot bo‘lish, shuningdek priborlar va elektr jihozlarining muddatidan oldin ishdan chiqishining oldini olish uchun talaba quyidagi ichki tartib va texnika xavfsizligi qoidalarini qat’iy rioya qilishi lozim:

1) talaba laboratoriya ishini bajarishga kirishishdan oldin ichki tartib va texnika xavfsizligi qoidalari bilan tanishishi lozim;

2) talabalar nafaqat bu qoidalarni qat’iy bajarib qolmasdan, balki kursdoshlaridan ham ularni so‘zsiz bajarishni talab qilishlari lozim;

3) ichki tartib qoidalar bilan tanishib chiqqandan keyin va texnika xavfsizligi bo‘yicha yo‘riqnomadan o‘tgandan keyin talaba tegishli jurnalga imzo qo‘yishi lozim;

4) laboratoriyada ishlash vaqtida ish joylarini to‘siq qo‘yadigan, texnika xavfsizligi qoidalarining buzilishiga olib keladigan shart-sharoitlarning vujudga kelishiga sabab bo‘luvchi shaxsiy narsalar va boshqa predmetlarni olib kirish qat’iyan taqiqlanadi;

5) laboratoriyada baland ovozda gaplashish, ish joylarini tark etish va bir stenddan boshqasiga o‘tish taqiqlanadi;

6) laboratoriyada ishlashga kirishishdan oldin talabalar guruhi kichik guruhlarga bo‘linadi, so‘ngra bu kichik guruhlar stendlarga taqsimlanadi;

7) talaba tomonidan o‘tkazib yuborilgan laboratoriya ishi kafedraning ruxsati bilan maxsus belgilangan vaqtda bajariladi;

8) elektr zanjirini yig‘ish elektr kuchlanishi o‘chirilgan holatda tutashtiruvchi simlar bilan, laboratoriya mashg‘ulotida taqdim qilingan sxemaga qat’iy amal qilish bilan barcha ajraluvchi tutashmalarning elektr kontaktlarining ishonchliligini ta’minlash bilan amalga oshiriladi;

9) elektr zanjirini yig'ishga kirishishda tutashtiruvchi simlar bukilmashligi va sirtmoq hosil qilib buralmasligini kuzatib borish lozim. Priborlar va elektr jihozlari, ulardan foydalanish qulay bo'ladigan qilib joylashtiriladi;

10) yig'ilgan elektr zanjiri o'qituvchi yoki laborantga tekshirish uchun taqdim qilinadi;

11) elektr zanjirini kuchlanishga ulash (tekshirilgandan keyin) faqatgina o'qituvchi yoki laborantning ruxsati bilan va ularning ishtirokida amalga oshiriladi;

12) elektr zanjirida nosozliklar aniqlangan taqdirda uni darhol ta'minot tarmog'idan uzish va bu haqda o'qituvchi yoki laborantga ma'lum qilish zarur;

13) yig'ilgan elektr zanjirini tuzatish va qayta ulashni amalga oshirishga faqatgina ta'minot kuchlanishi o'chirilgan bo'lgan holatda ruxsat beriladi;

14) kuchlanish ostida bo'lgan elektr zanjirining ochiq tok o'tkazuvchi qismlariga barmoqlar, qalam va boshqa predmetlar bilan teginish qat'iy taqiqlanadi;

15) kondensatorlar bilan ishlashda shuni esdan chiqarmaslik kerakki, ularning tarmoqdan uzilgan qisqichlarida elektr toki ma'lum bir muddat davomida saqlanib turadi;

16) stendning elektr jihozlari va priborlari shikastlanganligi aniqlangan taqdirda, shuningdek tutun, o'ziga xos hid va uchqun chiqarish paydo bo'lganda stendning ta'minot kuchlanishini darhol uzish va bu haqda o'qituvchi yoki laborantga ma'lum qilish zarur;

17) laboratoriya ishini bajarib bo'lgandan keyin stendning elektr ta'minot kuchlanishini o'chirish, tadqiq qilinadigan elektr zanjirini ajratish va ish joyini tartibga keltirish lozim;

18) odamni elektr toki urgan taqdirda stendning ta'minot kuchlanishini darhol o'chirish zarur. Tok urgan odam hushini yo'qotgan va nafas olishdan to'xtagan taqdirda darhol jabrlanuvchining uni qisib turgan kiyimlarini yechib olish va shifokor yetib kelguncha sun'iy nafas berish lozim.

1.2. Laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha umumiy uslubiy tavsiyalar va ko'rsatmalar.

Laboratoriya ishlariga tayyorgarlik ko'rish

Guruhlarda laboratoriya ishlari universitetning o'quv mashg'ulotlari jadvaliga muvofiq va ma'lum bir vaqt davomida o'tkaziladi. Shu sababli talaba laboratoriya ishlarini bajarish uchun quyidagi holatlarga tayanishi lozim:

- 1) laboratoriya ishlarini bajarish grafigi bilan oldindan tanishish;
- 2) tegishli laboratoriya ishining mazmuni bilan diqqat bilan tanishish va mazkur ishning asosiy maqsadi va vazifasi nimadan iborat ekanligini aniqlash;
- 3) ma'ruzalar matni va tegishli adabiyotlar bo'yicha mazkur laboratoriya ishiga tegishli bo'lgan nazariy qismni o'rganish;
- 4) laboratoriya ishini bajarishdan oldin ishchi daftarda tegishli sxemalar, kuzatish jadvallari va hisoblash formulalarini tayyorlash;
- 5) ishga tayyorgarlik ko'rmagan talabalar laboratoriya ishini bajarishga qo'yilmaydi.

Laboratoriya ishlarini bajarish.

Laboratoriya ishlarini muvaffaqiyatli bajarishga eksperimentator eksperimentning maqsadi va kutiladigan natijalarni aniq tasavvur qilgan taqdirdagina erishish mumkin, shu sababli o'tkazilgan tadqiqotlarning muvaffaqiyatining muhim sharti laboratoriya ishiga diqqat bilan tayyorgarlik ko'rish bo'lib hisoblanadi. Bunda quyidagi talablarga rioya qilish zarur bo'ladi:

- 1) elektr zanjirini yig'ishdan oldin talabalar elektr jihozlari va ularning nominal ma'lumotlari, shuningdek tegishli laboratoriya ishini o'tkazish uchun mo'ljallangan o'lchash priborlari bilan tanishib chiqishlari lozim;
- 2) elektr zanjirini yig'ishni topshiriqqa aniq muvofiq holda amalga oshirish lozim. Dastlab zanjirning ketma-ket ulanadigan barcha elementlarini, so'ngra – parallel ulanadigan barcha elementlarini tutashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Parallel ulanadigan elektr zanjirlarini boshqa rangdagi simlar bilan tutashtirish tavsiya qilinadi;
- 3) yig'ilgandan keyin elektr zanjiri tekshirish uchun taqdim qilinishi lozim, zanjirni kuchlanish tarmog'iga ulash faqatgina o'qituvchi yoki navbatchi laborantning ruxsati bilan amalga oshiriladi;

4) laboratoriya ishini bajarish jarayonida barcha priborlarning ko'rsatishlarini yozib olishni iloji boricha bir paytda tez bajarish lozim bo'ladi;

5) o'lchashlarning natijalari talabning ishchi daftariga kiritiladi;

6) laboratoriya ishining alohida bosqichlari bajarilgandan keyin tajriba natijalari eng oddiy nazorat hisoblashlari bilan birgalikda elektr zanjiri ajratilguncha tekshirish uchun o'qituvchiga taqdim qilinadi;

7) elektr zanjirini ajratish, shuningdek yangi elektr zanjirini yig'ishga o'tish faqatgina o'qituvchining ruxsati bilan amalga oshiriladi;

8) laboratoriyada ishlash tugagandan keyin ish joylari tartibga keltirilishi lozim;

9) laboratoriyada shug'ullanish vaqti davomida talabalar o'zlarining ish joylarida bo'lishlari lozim, mashg'ulot paytida laboratoriya xonasidan faqatgina o'qituvchining ruxsati bilan chiqish mumkin;

10) nominal ma'lumotlar quyidagilar bo'lib hisoblanadi: tegishli elektrotexnik qurilma ularga hisoblangan tok, kuchlanish va quvvatning qiymati.

Laboratoriya ishlari bo'yicha hisobotni rasmiylashtirish.

O'tkazilgan tadqiqotlar to'g'risida hisobot tuzish laboratoriya ishini bajarishning muhim bosqichi bo'lib hisoblanadi. har bir bajarilgan ish bo'yicha ishchi daftarda hisobot tuziladi, bunda quyidagilarga amal qilinadi:

1) laboratoriya ishining nomi va tartib raqamini ko'rsatish, shuningdek ishning maqsadini qisqacha ifodalash;

2) sinovdan o'tkaziladigan elektr mashinalari va apparatlarining tiplari va nominal ma'lumotlari, shuningdek laboratoriya ishini bajarishda foydalaniladigan o'lchash priborlarining tiplari, raqamlari, o'lchash chegaralari, aniqlik sinfi va tizimlarini ko'rsatish (masalan, ampermetr, magnitoelektrik tizimlar);

3) sxemalar va grafiklarni Multisim dasturi yordamida chizish;

4) har bir laboratoriya ishi bo'yicha hisobot asosiy xulosalarni o'z ichiga olishi lozim.

1.3. Nazorat savollari

1. Laboratoriya ishlarini bajarishda qanday texnika xavfsizligi qoidalariga rioya etiladi?

2. Laboratoriya ishlariga tayyorgarlik ko'rishda nimalarga e'tibor beriladi?

2-LABORATORIYA ISHI

ELEKTR ZANJIRLARINING ELEMENTLARI. HARORAT DATCHIKLARINING ISHLASH PRINSIPLARI. BIOLOGIK TO‘QIMALARNING IMPEDANSINI O‘LCHASH

Laboratoriya ishining maqsadi: Multisim dasturi bilan tanishish, elektr zanjirining asosiy elementlarini o‘rganish, o‘tkazgichlarning harorat xususiyatlari va biologik to‘qimalarning impedansini o‘lchash uslublarini o‘rganish.

2.1. Qisqacha nazariy ma’lumotlar

Mazkur ishni bajarish uchun «Elektr zanjirlarining elementlari», «Multisim dasturining interfeysi» va «Nazorat-o‘lchash priborlari» kurslari bo‘yicha bilimlar va ko‘nikmalar zarur bo‘ladi [7; 11-14, 247-254 betlar]. Multisimning asosiy instrumentlari 1-ilovada keltirilgan.

Elektron tibbiyot texnikasida elektr zanjirlarining barcha elementlari qo‘llaniladi – rezistorlar elektr filtrlari, kuchlanishni rezistiv bo‘lgichlar, kuchaytiruvchi kaskadlarning yuklama zanjirlarida, tibbiyot va laboratoriya elektr termometrlarida datchiklar sifatida (termoelektrik datchiklar), ballistokardiografiya va nafas olish chastotasi va o‘lchashda, arterial bosimni o‘lchashda keng qo‘llaniladi; kondensatorlar elektr filtrlarida, elektr tokining o‘zgaruvchan va doimiy tarkib toptiruvchilarini ajratish uchun, ballistokardiografiya va fonokardiografiyada induksion datchiklar sifatida, qon bosimini o‘lchagichlar, pletizmograflar, sfigmograflar va hokazolarda keng qo‘llaniladi; induktivlik g‘altaklaridan ta’minot bloklari, fizioterapevtik priborlarning galvanik ajratish sxemalarida, oshqozon-ichak traktida bosimni o‘lchashda induktiv datchiklar sifatida foydalaniladi; doimiy kuchlanish va doimiy tok manbalaridan diagnostik va fizioterapevtik elektron texnika – galvanizatsiyalash, elektroforez, depoforez, franklinizatsiya va aeroionoterapiya apparatlarida, terining elektr qarshiligini o‘lchash va hokazolarda keng foydalaniladi; turlicha shakl va chastotali signal generatorlaridan, jumladan har xil turdagi modulyatsiyalar bilan - darsonvalizatsiya, diatermiya, induktotermiya, diadinamoterapiya, interferensterapiya, ultrayuqori chastotali va o‘ta yuqori chastotali terapiyada, elektruyqu apparatlarida, muskullarni og‘riqsizlantirish, elektrodiagnostikalash va elektrostimulyatsiyalash apparatlarida, elektroodontotesterlarda, impulsli va modullangan sinusoidal toklar

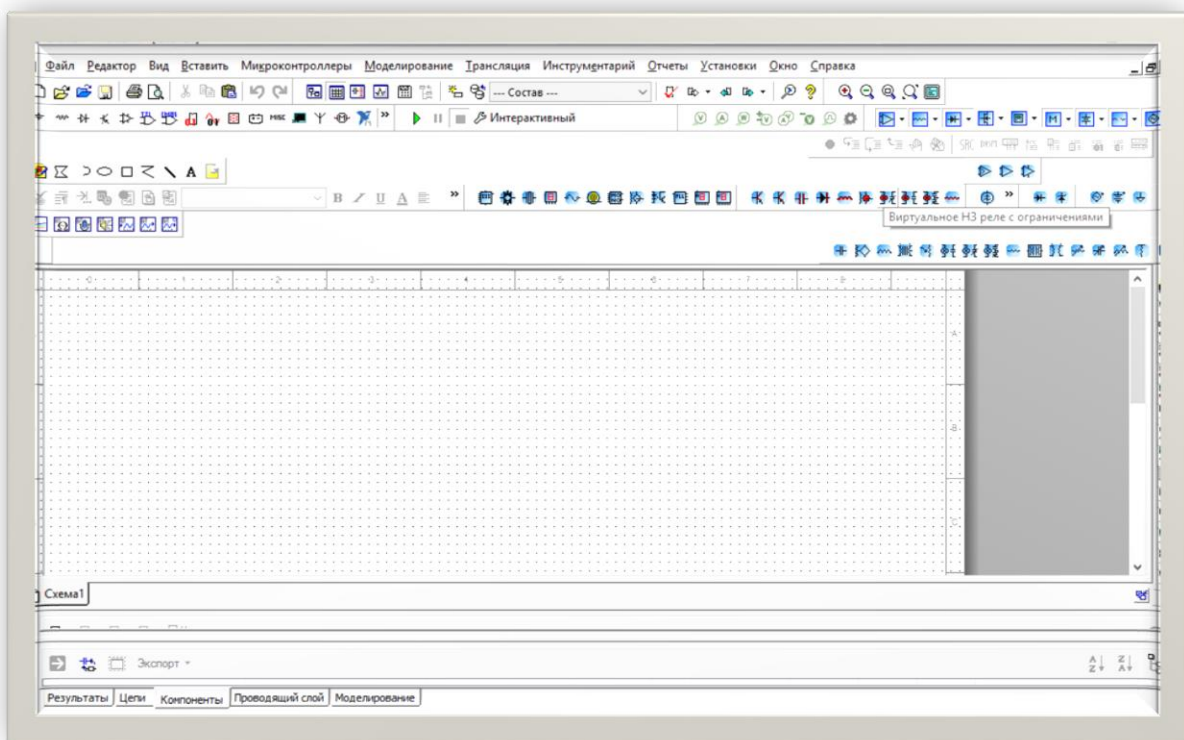
yordamida davolash apparatlarida, elektroxirurgiyada (elektrokoagulyatsiya va elektrotomiya), reografiya va hokazolarda foydalaniladi. Bundan tashqari tibbiyot diagnostikasida signallarni spektral tahlil qilishdan keng foydalaniladi, biologik toʻqimalarning elektr xususiyatlarini modellashtirish va tasvirlashda esa elektr qarshiliklari sigʻimlarining (kondensatorlar) xususiyatlaridan foydalaniladi.

Mazkur laboratoriya ishi doirasida rezistorlar, kondensatorlar, doimiy va oʻzgaruvchan kuchlanish manbalaridan foydalaniladi, biroq asosan faqat rezistorlar va kondensatorlarning xususiyatlari koʻrib chiqiladi.

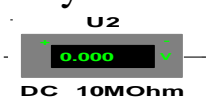
2.2. Ishning mazmuni va uni bajarish uslubi.

2.2.1. Rezistor qarshiligining kattaligini oʻlchash

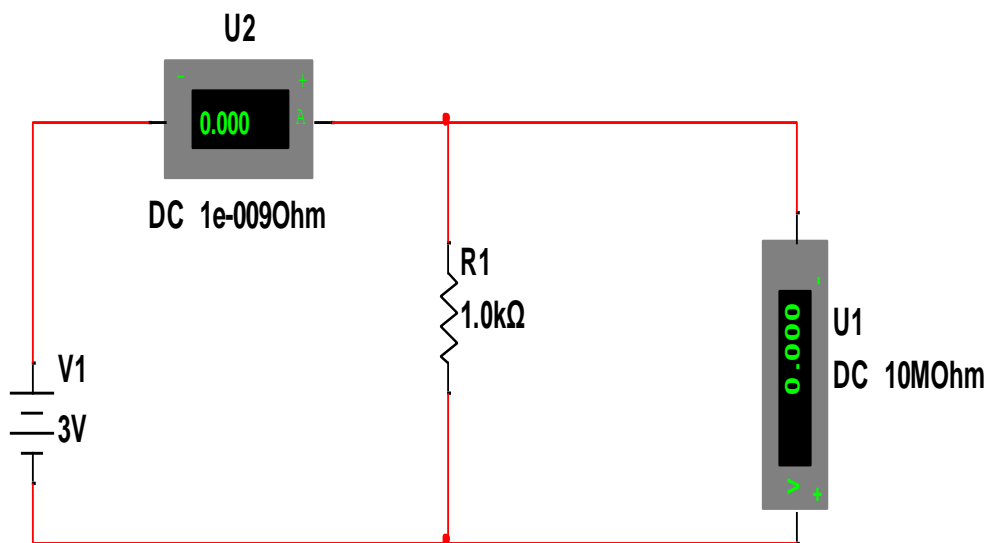
1. Mazkur laboratoriya ishini bajarishdan oldin Multisim dasturini ishga tushirish zarur boʻladi. Ishga tushirilgandan keyin u quyidagi koʻrinishga ega boʻladi:



2.1-rasm. Multisim dasturining tashqi koʻrinishi (interfeysi)

2. Elektron texnikada koʻproq keng tarqalgan elementlardan biri elektr qarshiligi (rezistor) boʻlib hisoblanadi, u xorijiy adabiyotlarda koʻproq \sim bilan belgilanadi. Multisim dasturida voltmetr  bilan va

ampermetr bilan belgilanadi, ular mamlakatimizdagi adabiyotlarda qabul qilingan belgilashlardan farq qiladi. Voltmetrning o'zgaras ichki qarshiligi 1 MOm ni, ampermetrniki esa – 1 Om ni tashkil qiladi. 2.2-rasmda rezistorning qarshiligini o'lchash uchun foydalanish mumkin bo'lgan eng oddiy sxema tasvirlangan, rezistorning qarshiligi voltmetrning ichki qarshiligidan anchagina kichik. Buni tekshirib ko'ramiz.



2.2-rasm. Rezistorning qarshiligini o'lchash uchun elektr sxemasi

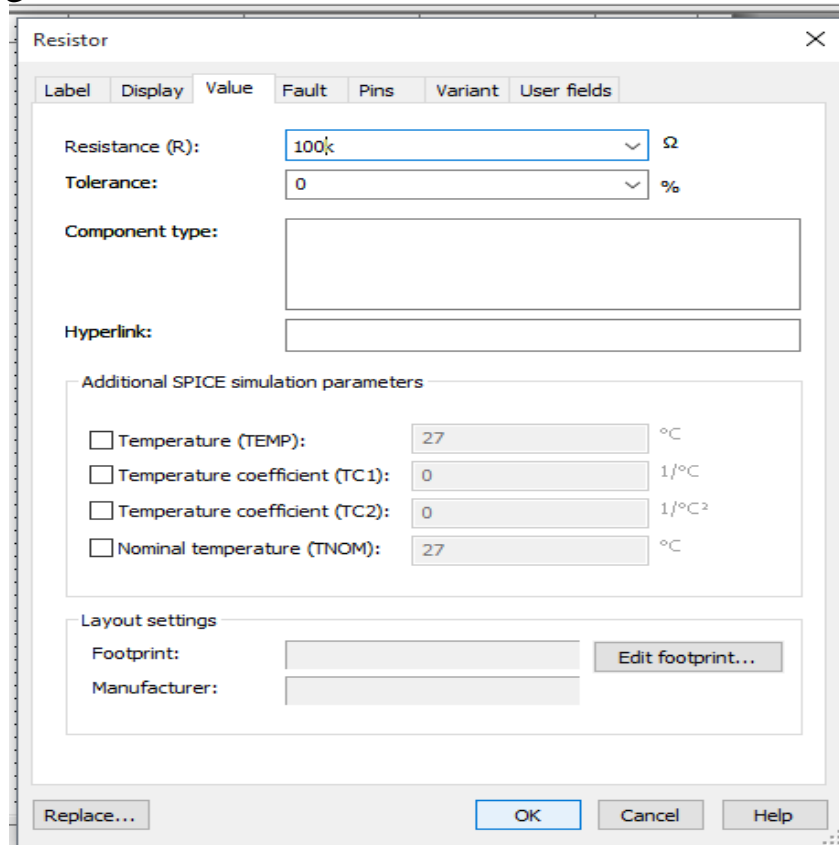
2.2-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ing. Sizing variantingiz raqamiga muvofiq ta'minot manbaida kuchlanishni o'rnatish (voltlardagi kuchlanish son jihatidan variant raqamiga teng, masalan, 2.2-rasmda ta'minot manbaida №3 variant uchun kuchlanish keltirilgan). Sxema ishlay boshlashi uchun dastur oynasining yuqorigi o'ng burchagida tugmachasini yoki <CTRL+G> klavishlar kombinatsiyasini bosish zarur.

Rezistor qarshiligining turli qiymatlarini o'rnatish bilan zanjirda tok kuchi va rezistorda kuchlanish tushishini o'lchang. 2.1-jadvalni to'ldiring.

2.1-jadval

№	Kuchlanish, V	O'rnatilgan qarshilik, Om	Tok kuchi, A	Hisob. qarshilik, Om	Abs. xatolik, Om	Nisbiy xatolik	Nisbiy xatolik, %
1		100					
2		1 000					
3		10 000					
4		100 000					
5		1 000 000					
6		10 000 000					

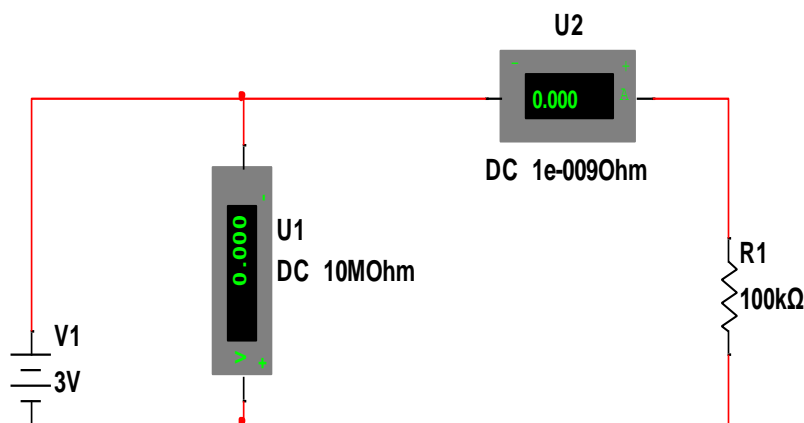
2.1-jadvalning uchinchi ustunida qarshilikni rezistorning xususiyatlarida oʻrnatish lozim boʻlgan qiymatlari keltirilgan. Buning uchun sichqonchanning chap tugmachasini ikki marta bosish bilan yoki kontekst menyu orqali rezistorning xususiyatlari oynasini chaqirish zarur boʻladi. Rezistorning xususiyatlarini oʻrnatish oynasining koʻrinishi 2.3-rasmda keltirilgan.



2.3-rasm. Rezistorning xususiyatlarini oʻrnatish oynasining koʻrinishi

Qarshilik kattaligini oʻrnatishdan oʻng tomonda oʻlchamlilik - Om dan MOm gacha oʻrnatiladi. Om qonuni boʻyicha qarshilikning hisobiy qiymatlarini oling va hisoblangan maʼlumotlarni oʻrnatilgan kattaliklar bilan taqqoslang. Miqdoriy taqqoslash absolyut xatolik (kattalikning olingan va haqiqiy qiymatlari farqining moduli) va nisbiy xatolik (absolyut xatolikning haqiqiy qiymatga nisbati) yordamida amalga oshiriladi, uni foizlarda ifodalash mumkin. Qarshilikni aniqlashning bunday uslubini qoʻllash chegaralari toʻgʻrisida xulosa qiling.

3. Qarshilikning katta qiymatlarini aniqlash uchun 2.4-rasmda tasvirlangan sxemani qoʻllash mumkin.



2.4-rasm. Katta qarshiliklarni o‘lchash uchun elektr sxemasi

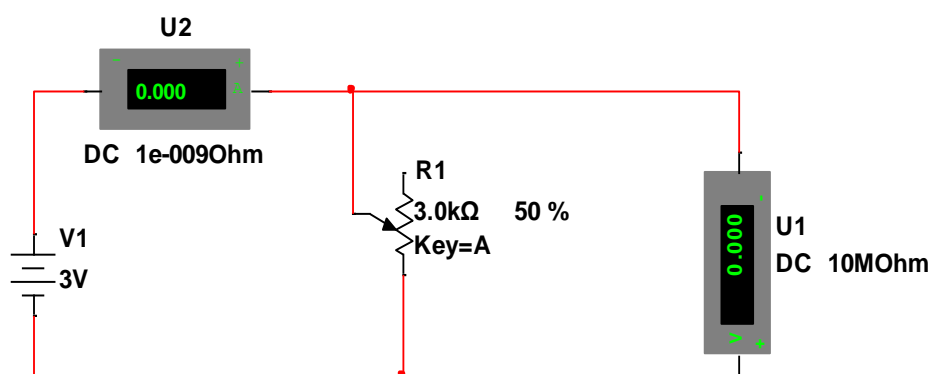
2.4-rasmda tasvirlangan sxemani yig‘ing. Sizning variantingiz raqamiga muvofiq ta‘minot manbaida kuchlanishni o‘rnating. Qarshilikning turli qiymatlarini o‘rnatish bilan ampermetr va voltmetrning ko‘rsatkichlarini 2.2-jadvalga yozing.

2.2-jadval

№	Kuchlanish, V	O‘rnatilgan qarshilik, Om	Tok kuchi, A	Hisob. qarshilik, Om	Abs. xatolik, Om	Nisbiy xatolik	Nisbiy xatolik, %
1		10 000					
2		100 000					
3		1 000 000					
4		10 000 000					
5		100 000 000					

Qarshilikning hisobiy qiymatlarini oling va hisoblangan ma‘lumotlarni o‘rnatilgan kattaliklar bilan taqqoslang. Rezistorning qarshiligini aniqlash uchun ko‘rib chiqilgan sxemalarni qo‘llash chegaralari to‘g‘risida xulosalar qiling.

4. Metall rezistorning qarshiligi u ishlangan materialga, o‘tkazgichning uzunligi va ko‘ndalang kesim maydoniga bog‘liq bo‘ladi. Agar rezistorga o‘tkazgichning uzunligi bo‘ylab siljiydigan qo‘zg‘aluvchan kontakt bilan tutashtirilgan yana bitta chiqish qo‘shilsa, u holda o‘zgaruvchan rezistorni olish mumkin. O‘zgaruvchan rezistorlardan odatda potensiometrlar (kuchlanish regulyatorlari) va reostatlar (tok kuchining regulyatorlari) sifatida foydalaniladi. O‘zgaruvchan rezistor qarshiligining elektr ko‘rsatkichlariga (kuchlanish va tok kuchi) bog‘lanishini tadqiq qilamiz. 2.5-rasmda tasvirlangan sxemani yig‘ing.



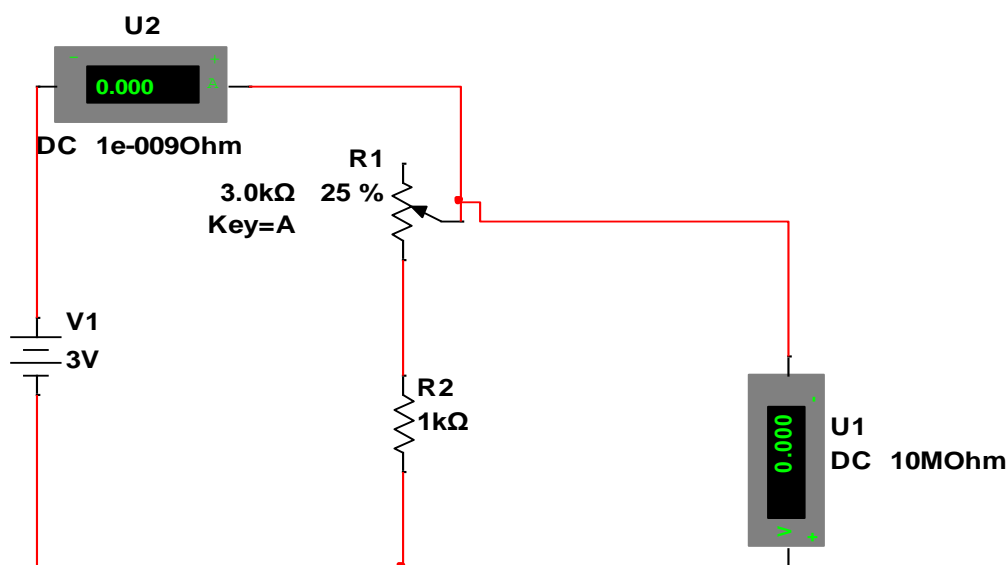
2.5-rasm. O‘zgaruvchan rezistorning qarshiligini tadqiq qilish uchun elektr sxema

Variatingiz raqamiga muvofiq ta‘minot manbaida kuchlanishni o‘rnating. O‘zgaruvchan rezistor qarshiligining qiymatini 5% ga kamaytirish (Multisim-potensiometr dasturida) [R] klavishni bosish bilan amalga oshiriladi (uni potensiometrning xususiyatlarida berish mumkin, sxemada klavish kvadrat qavslarda ko‘rsatilgan), 5% ga oshirish esa - [Shift-R] bilan amalga oshiriladi. O‘zgaruvchan rezistorning nisbiy qarshiligini (foizlarda) o‘zgartirish bilan absolyut qarshilikning bog‘lanishini aniqlang (Om larda).

2.3-jadval

№	Kuchlanish, V	Qarshilik, %	Tok kuchi, A	Hisob.qarshilik., Om	Qarshilik, % (hisob.)
1		5			
2		10			
3		20			
4		30			
5		40			
6		50			
7		60			
8		70			
9		80			
10		90			
11		100			

5. O‘zgaruvchan rezistorni yuklama rezistorda kuchlanishni roslash uchun qo‘llashga misol ko‘rib chiqamiz. Buning uchun 2.6-rasmda tasvirlangan sxemani yig‘ing. Bunday sxemalardan fizioterapevtik apparatlarning chiqish tarmoqlarida bemorning zanjirida chiqish quvvati yoki tok kuchini roslash, diagnostik apparatlarning kirish zanjirlarida kiruvchi signalning doimiy tarkib toptiruvchisini berish va hokazolar uchun foydalaniladi.



2.6-rasm. Kuchlanishni rezistiv bo'lgichning elektr sxemasi

Ta'minot manbaida 20 V kuchlanishni o'rnatish. Potensiometrning nisbiy qarshiligini 20% dan 90% gacha o'zgartirish bilan U_{chiqish} chiqish qarshiligini o'lchang, u yuklama rezistorda (R_{yuklama}) kuchlanishning tushishi sifatida aniqlanadi. 2.4-jadvalni to'ldiring. Olingan ma'lumotlar bo'yicha chiquvchi kuchlanishning o'zgaruvchan rezistorning qarshiligiga bog'lanish (foizlarda) grafigini quring.

2.4-jadval

№	Rezistor qarshiligi, %	Rezistor qarshiligi, Om	R_{yuklama} dagi kuchlanish, V
1	90		
2	80		
3	70		
4	60		
5	50		
6	40		
7	30		
8	20		

6. O'zgarmas haroratda rezistor chiziqli element bo'lib hisoblanadi, ya'ni uning xususiyatlari unga qo'yilgan kuchlanishga va u orqali oqib o'tadigan elektr tokining kattaligiga bog'liq bo'lmaydi, bu, yuqorida keltirilgan sxemalardan ko'rinib turibdiki, elektron apparatlarning turli tarmoqlarida keng qo'llanilishga ega bo'lgan. Rezistor qarshiligining haroratga bog'liqligi o'tkazgichli rezistorlarni harorat datchiklari sifatida qo'llashni belgilab bergan. Metall harorat datchiklari ishlanadigan materiallar yuqori va barqaror qarshilik harorat koeffitsiyentiga, shuningdek o'lchanadigan haroratlar sohasida barqaror fizikaviy va

kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lishi lozim [3, 7]. Bu talablarga ko'proq yuqori darajada platina, mis, nikel kabi metallar javob bera oladi. Misning qarshiligi haroratga bog'lanishi chiziqli bog'lanishga yaqin va uni yaqinlashuvchi tarzda quyidagi bog'lanish orqali tasvirlash mumkin:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

bu yerda R_0 va R_t — mos ravishda 0°C va ma'lum bir haroratda qarshilikning qiymatlari, gradus Selsiy, α — qarshilikning harorat koeffitsiyenti, t — Selsiy shkalasi bo'yicha harorat.

Mis uchun $\alpha = 4,28 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Nikel va platina uchun qarshilikning harorat koeffitsiyentini yaqinlashuvchi tarzda quyidagi bog'lanish orqali tasvirlash mumkin:

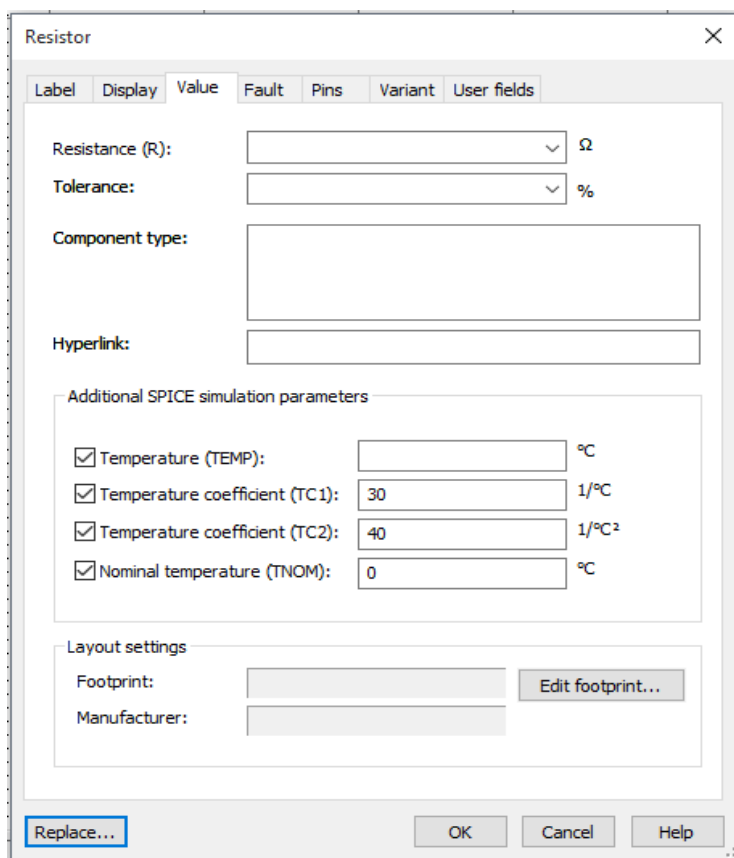
$$R_t = R_0(1 + \alpha t + \beta t^2),$$

bu yerda R_0 va R_t — mos ravishda 0°C va ma'lum bir haroratda qarshilikning qiymatlari, gradus Selsiy, α va β — qarshilikning harorat koeffitsiyentlari, t — Selsiy shkalasi bo'yicha harorat.

Platina uchun $\alpha = 3,97 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $\beta = -5,85 \times 10^{-7} \text{ K}^{-2}$, nikel uchun $\alpha = 5,86 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, $\beta = 8 \times 10^{-6} \text{ K}^{-2}$. Harorat koeffitsiyentlaridan ko'rinib turibdiki, harorat datchiklarini tayyorlash uchun eng yaxshi materiallar mis va nikel bo'lib hisoblanadi.

7. Termodatchikning qarshiligi haroratga bog'lanishini tadqiq qilish uchun 2.2-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ing ($R=50 \text{ Om}$). Rezistorning xususiyatlarida mis uchun haroratning qarshilik koeffitsiyentini o'rnating (rezistorning xususiyatlarini o'rnatish oynasida TC1, 2.3-rasmga qaralsin).

Variatingizning raqamiga muvofiq ta'minot kuchlanishini o'rnating va rezistorning xususiyatlarida haroratni o'zgartirish bilan («Analysis Setup» qo'yilmasi, 2.7-rasmga qaralsin), 30°C dan 45°C gacha bo'lgan diapazonda rezistorning qarshiligini o'lchang. 2.5-jadvalni to'ldiring. R qarshilikning t haroratga bog'lanish grafigini quring.



2.7-rasm. Rezistorning xususiyatlarida haroratni oʻrnatish

2.5-jadval

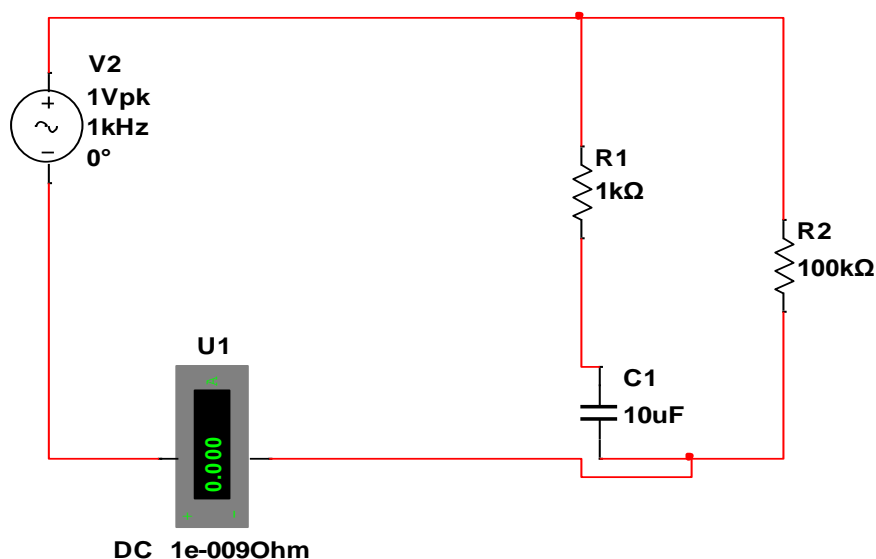
№	Kuchlanish, V	Harorat, °C	Tok kuchi, A	Qarshilik R , Om
1		30		
2		31		
3		32		
4		33		
5		34		
6		35		
7		36		
8		37		
9		38		
10		39		
11		40		
12		41		
13		42		
14		43		
15		44		
16		45		

8. 7-punktни nikel harorat datchigi uchun takrorlang, buning uchun rezistorning xususiyatlariga α va β harorat koeffitsiyentlarini kiriting (rezistorning xususiyatlarini oʻrnatish oynasida mos ravishda TC1 va TC2, 2.3-rasmga qaralsin). 2.5-jadvalga taqqoslab jadvalni toʻldiring. R qarshilikning t haroratga bogʻlanish grafigini quring.

2.2.2. Biologik to‘qimalarning impedansini o‘lchash

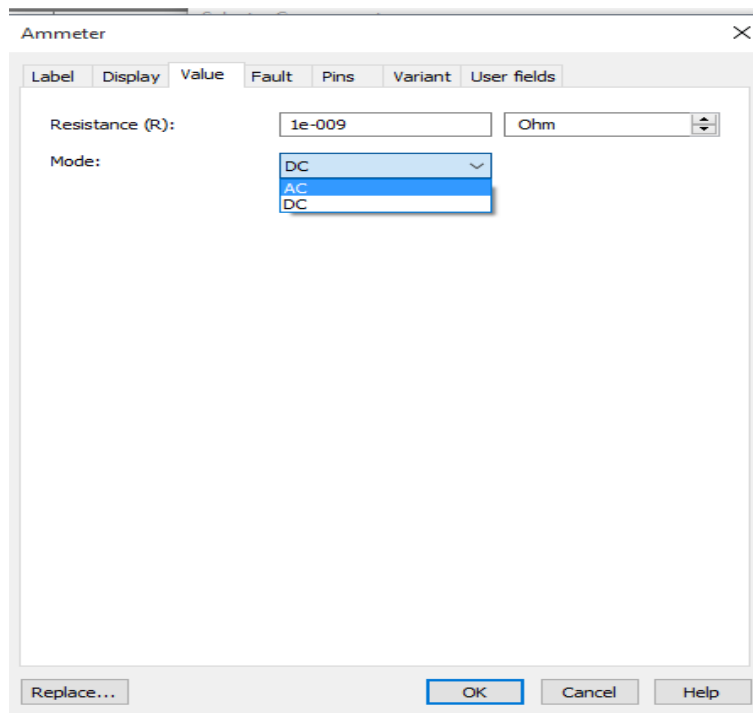
Biologik to‘qimalarning impedansidan to‘qimalarning fizikaviy xususiyatlari, tarkibi va tuzilishini o‘rganishda ham, organizmdagi fiziologik jarayonlar bilan bog‘lanadigan o‘zgarishlarni o‘rganishda ham foydalaniladi. Ikkinchi yo‘nalish organizmning holatini aks ettirishi bilan bog‘lanishi sababli, bu tipdagi elektrofiziologik tadqiqotlarni bajarishda shuni hisobga olish zarur bo‘ladiki, bioto‘qimaning impedansini tashkil qiluvchilarni faqatgina 10 mA/sm^2 dan oshmaydigan tok zichliklarida doimiy deb hisoblash mumkin (tokning qiymati katta bo‘lganda to‘qima o‘zini noxiziqli tok o‘tkazgich kabi tutadi). Bunda impedansning doimiy qiymatida fiziologik holat o‘zgarmaydi, impedansning o‘zgarishlari esa fiziologik holatning o‘zgarishlari bilan bog‘lanadi deb qabul qilinadi [7].

Ekvivalent elektr sxemasi yordamida biologik to‘qimalarning aktiv va reaktiv xususiyatlarining borligini tasvirlaydigan modellardan birida bioto‘qimaning impedansining chastotaga bog‘lanishini o‘rganamiz. 2.8-rasmda tasvirlangan sxemani yig‘ing. Mazkur ekvivalent elektr sxemasida R_H hujayralararo suyuqlikning qarshiligini, R_{SQ} - sitoplazmaning qarshiligini va qutblanish qarshiligini, S_Q - qutblanish sig‘imini taqdim qiladi.



2.8-rasm. Biologik to‘qimaning ekvivalent elektr sxemasi

Ampermetrni 2.9-rasmda ko‘rsatilganday qilib o‘zgaruvchan tok bo‘yicha o‘lchash rejimiga o‘rnating (AC).



2.9-rasm. Ampermetrni o‘zgaruvchan tok bo‘yicha o‘lchash rejimiga o‘rnatish.

Generatorlarda chastotani o‘zgartirish bilan impedansning dispersiyasini – biologik to‘qimaning ekvivalent elektr sxemasi impedansining chastotaga bog‘lanishini tadqiq qiling. Elektr impedansi qo‘yilgan kuchlanishning elektr tokining kattaligiga nisbati sifatida aniqlanadi: $Z = U/I$. 2.6-jadvalni to‘ldiring.

2.6-jadval

№	Kuchlanish U, V	Tok kuchi I, A	Chastota, Gs	Impedans Z, Om
1	0,1		1	
2	0,1		5	
3	0,1		10	
4	0,1		50	
5	0,1		100	
6	0,1		500	
7	0,1		1 000	
8	0,1		5 000	
9	0,1		10 000	
10	0,1		50 000	
11	0,1		100 000	
12	0,1		500 000	

Impedansning chastotaga bog‘lanish grafigini quring. Grafikni qurishda dasturiy vositalardan foydalanish (masalan, Microsoft Excel) maqsadga muvofiq bo‘ladi, bunda chastota va impedans o‘qlari uchun logarifmik tipdagi shkalani o‘rnatish zarur bo‘ladi.

2.3. Nazorat savollari

1. Multisim dasturining interfeysini tasvirlab bering?
2. Dastur bilan ishlashning asosiy qoidalari qanday?
3. Ketma-ket va parallel ulanadigan elementlardan sxemani qanday qilib yig'ish mumkin?
4. Zanjir elementlariga voltmetr va ampermetrni qanday qilib ulash mumkin?
5. Zanjir elementining xususiyatlarini qanday qilib o'zgartirish mumkin?
6. Rezistor qarshiligining haroratga bog'lanishi. Tibbiy va tibbiy-biologik tadqiqotlarda termorezistorlarning qo'llanilishi.
7. Induktivlik g'altagi va kondensatorning reaktiv qarshiligi qanday aniqlanadi?
8. Impedans qanday aniqlanadi?
9. Biologik to'qimaning ekvivalent elektr sxemasi. Biologik to'qimaning impedansini o'lchashda cheklashlar?

3-LABORATORIYA ISHI

DIFFERENSIAL KUCHAYTIRGICHNI O'RGANISH. SIGNALLARNI SPEKTRAL TAHLIL QILISH

Laboratoriya ishining maqsadi: Differensial kuchaytirgichni tadqiq qilish, nogarmonik shakldagi signallarni spektral tahlil qilishni o'rganish.

3.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Mazkur ishni bajarish uchun "Differensial kuchaytirgich" mavzusi bo'yicha bilimlar va ko'nikmalar zarur bo'ladi [7; 161-164 betlar].

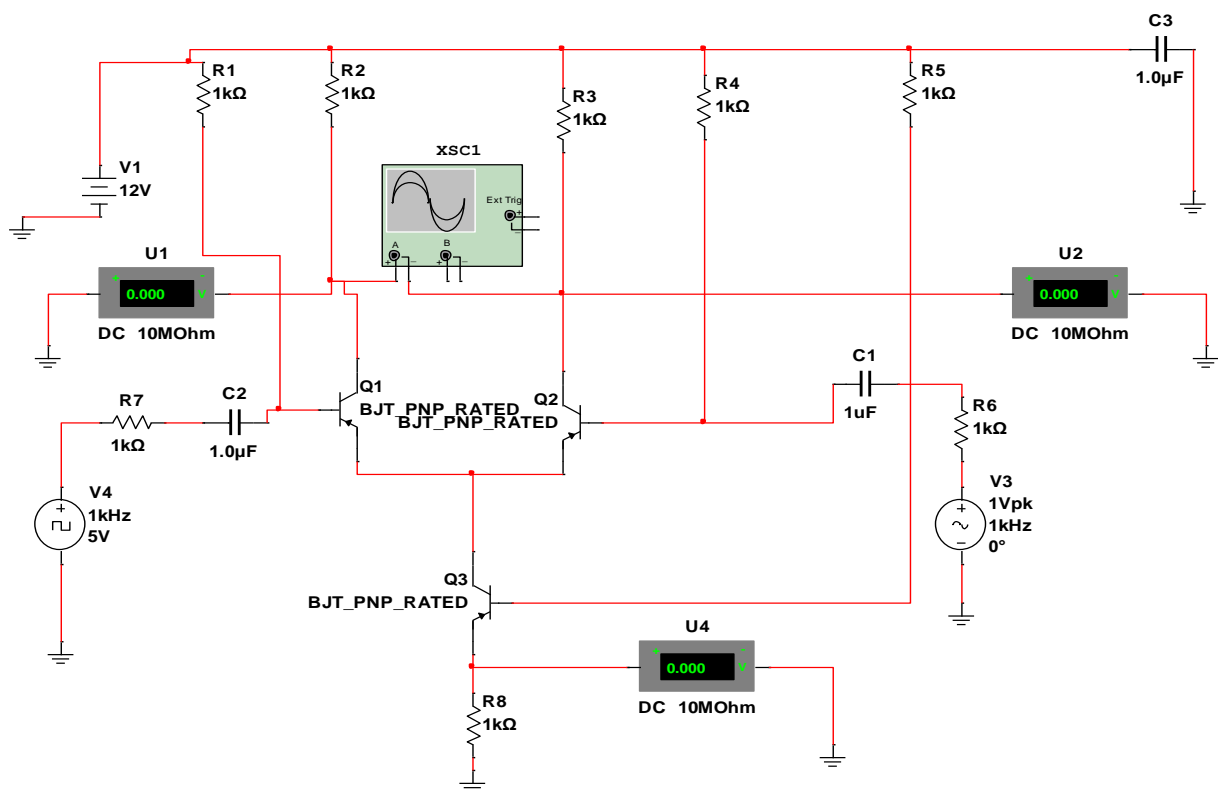
Tibbiyot elektron apparatlarida differensial kuchaytirgichlarning qo'llanilishi ularning yuqori kirish qarshiligi, sinxron fazali signallarni amalda nolli kuchaytirish koeffitsiyenti, shuningdek differensial kuchaytirgichlardan doimiy tokni kuchaytirgichlar sifatida foydalanish imkoniyati bilan shartlanadi. Masalan, elektrografiya turli shoxchalardagi potentsiallar farqini kuchaytirishda elektrokardiografiya 0,5 dan 120 Gs gacha, elektroensefalografiya – 1,0 dan 300 Gs gacha chastota diapazoniga ega bo'lgan foydali signal eng yuqori darajada kuchayadi, ta'minot blogi, tok o'tkazuvchi simlar va hokazolardan keladigan sinxron fazali signallar va xalaqit beruvchilar esa amalda kuchaymaydi.

Bundan tashqari, differensial kuchaytirgichlar o'zida operatsion kuchaytirgichlarning eng muhim qismini taqdim qiladi. Operatsion kuchaytirgichlar diagnostik tibbiyot apparatlarida keng qo'llanilishga ega bo'lgan, ularda differensial kuchaytirgichlar amalda nolli kirish toklariga ega bo'lgan maydonli tranzistorlarda ishlangan.

3.2. Ishning mazmuni va uni bajarish uslubi

3.2.1. Differensial kuchaytirgichning ishlashini o'rganish

I. Differensial kuchaytirgichning ishlashini tadqiq qilish uchun 3.1-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ish zarur bo'ladi.



3.1-rasm. Differensial kuchaytirgichni o'rganish sxemasi

Differensial kuchaytirgichni o'rganish uchun sxema $VT1$ va $VT2$ tranzistorlarda ishlangan differensial kaskad, $VT3$ tranzistorda ishlangan tok stabilizatori, statik rejimni beruvchi rezistorlar ($R1s$, $R2s$, $R3s$), ta'minot zanjirida Cb blokirovkalash kondensatori, $E1$ va $E2$ kirish signali manbalari (ularning ichki qarshiliklari $R1i$ va $R2i$ rezistorlar bilan beriladi), shuningdek o'lchash priborlari – voltmetrlar va ossillografni o'z ichiga oladi. Zanjirni o'zgaruvchan tok rejimida tadqiq qilish uchun voltmetrlarni o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchash rejimiga (AC), ossillografni esa - "yopiq kirish" rejimiga (AC) o'tkazish zarur bo'ladi.

2. Ossillograf yordamida o'lichangan chiqish kuchlanishining fazalar farqiga bog'lanishini tadqiq qiling, fazalar farqi $E1$ kiruvchi signal manbaida 0° dan (sinxron fazali signal) 180° gacha (differensial signal) beriladi. 3.1-jadvalni to'ldiring. 3.1-jadvalning eksperimental ma'lumotlari bo'yicha $U_{\text{chiqish dif}}$ chiquvchi differensial kuchlanishning $\Delta\varphi$ kiruvchi signallarning fazalar farqiga bog'lanish grafigini quring.

3.1-jadval

	Fazalar farqi $\Delta\varphi$						
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
$U_{\text{chiqish dif}}$							

3. $E1$ kiruvchi signal manbaida boshlang'ich fazaning qiymatini 180° qilib o'rnatib. $U_{\text{chiqish dif}}$ chiquvchi differensial kuchlanishning kirish signallarining kattaligiga bog'lanishini tadqiq qiling. 3.2-jadvalni to'ldiring.

3.2-jadval

$U_{\text{chiqish dif}}$		Kirish signalining kattaligi $E1$										
		1,0 mV	1,1 mV	1,2 mV	1,3 mV	1,4 mV	1,5 mV	1,6 mV	1,7 mV	1,8 mV	1,9 mV	2,0 mV
$E2$	1,0 mV											
	1,2 mV											
	1,4 mV											
	1,6 mV											

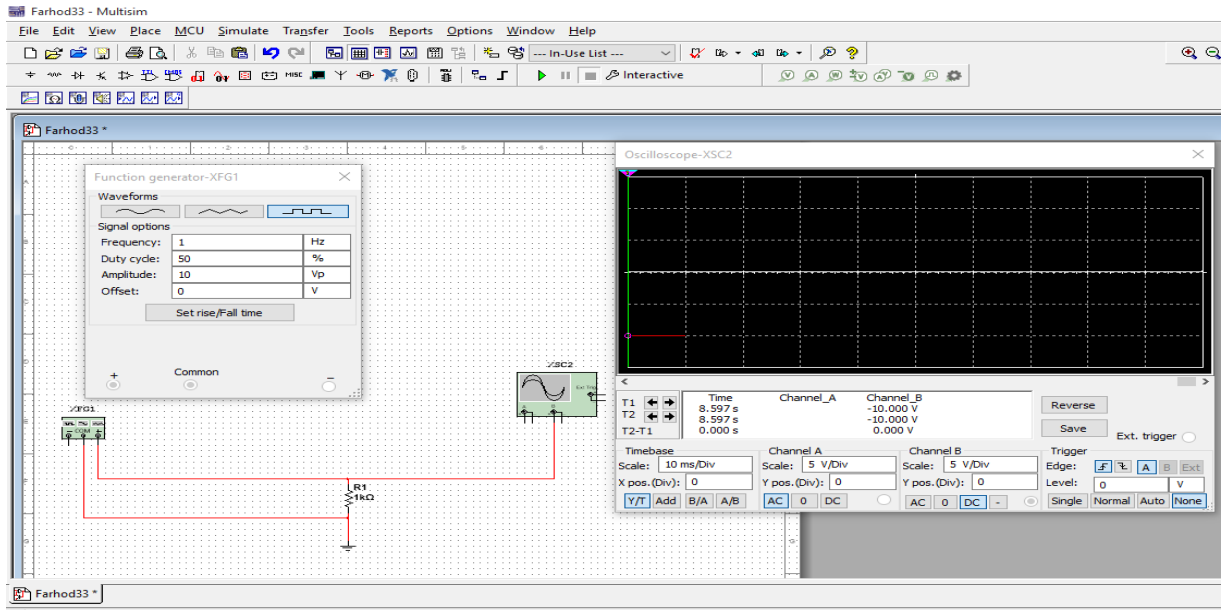
$E2$ ning ko'rsatilgan qiymatlari uchun $U_{\text{chiqish dif}}$ ning $E1$ ga bog'lanishlar grafiglari oilasini quring. Xulosalar qiling.

3.2.2. Turlicha shakldagi signallarni spektral tahlil qilish.

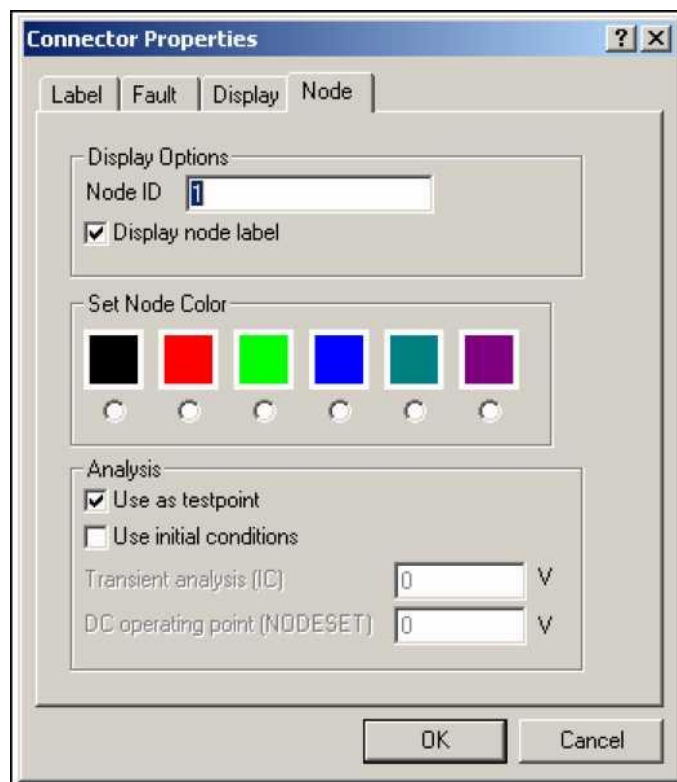
1. Nogarmonik shakldagi signallarni spektral tahlil qilishga misol ko'rib chiqamiz. Buning uchun 3.2-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ing.

3.2-rasmda ko'rsatilganidek, spektral tahlil qilish 1000 Gs chastotali va 50% skvajinali to'g'ri burchakli shakldagi signal misolida amalga oshiriladi. Sxemada u bo'yicha o'lchashlar o'tkaziladigan nuqtani tanlash zarur bo'ladi. Buning uchun sxemada yuklama rezistordan tepada joylashgan tarmoqning xususiyatlarini chaqirish, «Node» (tarmoq) qo'yilmasini tanlash va «Display node label» belgisini qo'yish (tarmoqning belgisini ko'rsatish), shuningdek 3.3-rasmda ko'rsatilganidek «Use as testpoint» belgisini tekshirish (nazorat nuqtasi sifatida foydalanish) zarur bo'ladi. Shundan keyin tarmoqning belgisi, 3.2-rasmda

ko'rsatilganidek, sxemada paydo bo'ladi.



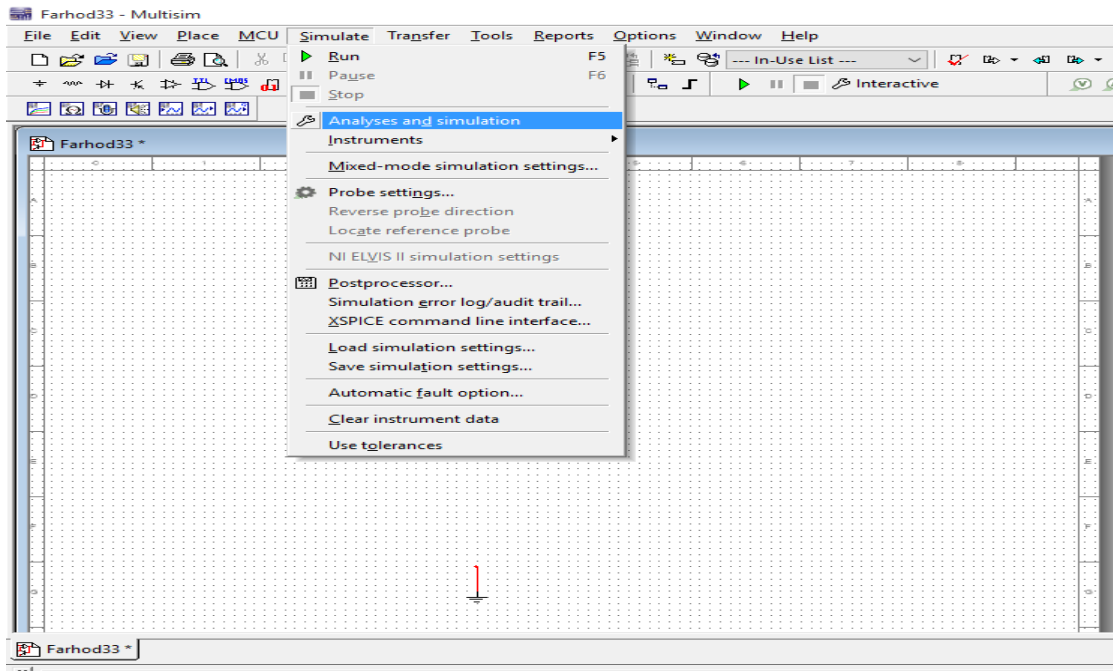
3.2-rasm. Nogarmonik shakldagi signallarni spektral tahlil qilish uchun sxema



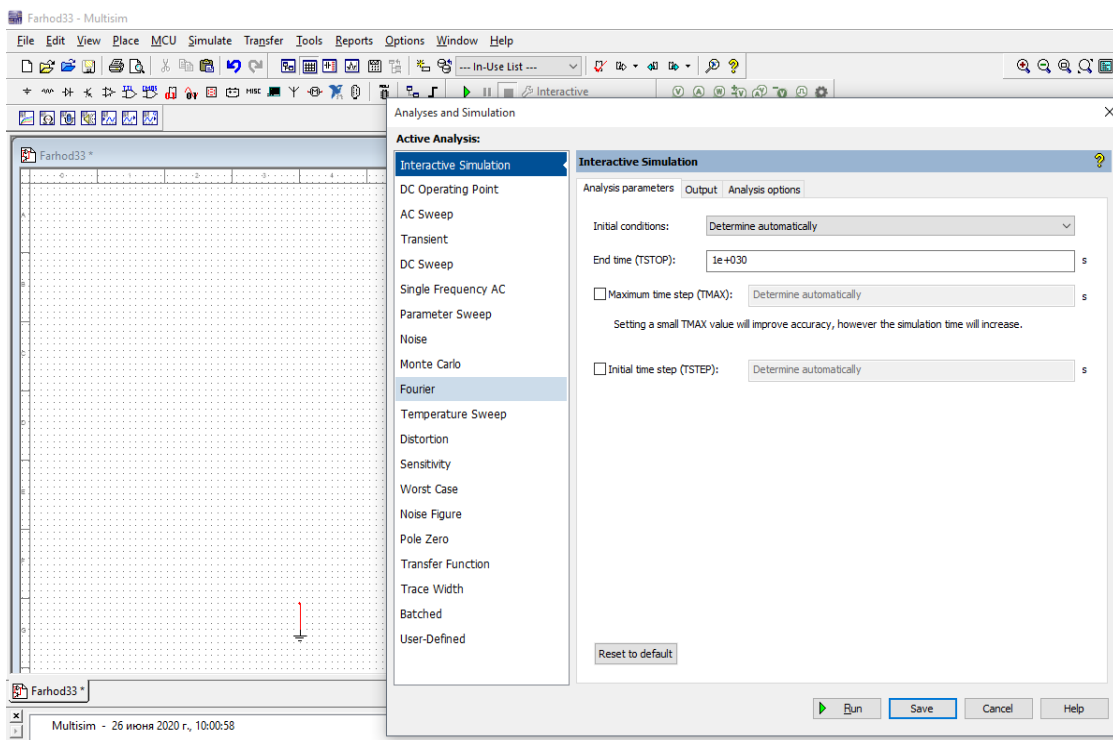
3.3-rasm. Sxema tarmog'ining xususiyatlarida belgilarni o'rnatish

2. Analysis menyusida 3.4-rasmda ko'rsatilganidek Fourierni tanlang. Paydo bo'lgan Fure tahlili oynasida chiquvchi parametrlarini hisoblash tarmog'ini tanlang (Output node), asosiy garmonika chastotasining

qiymatini kiriting (Fundamental frequency), garmonikalarning sonini oʻrnatib (Number of harmonics) va «Faza aks ettirilsin» (Display phase) belgisini 3.5-rasmda koʻrsatilganidek qoʻying. Shuningdek Fure tahlili oynasida vertikal shkala tipini ham (chiziqli - Linear, logarifmik - Log, detsibellarda - Decibel) tanlash mumkin. Zaruriy oʻrnatishlar tanlangandan keyin Simulate tugmachasini bosish zarur boʻladi.

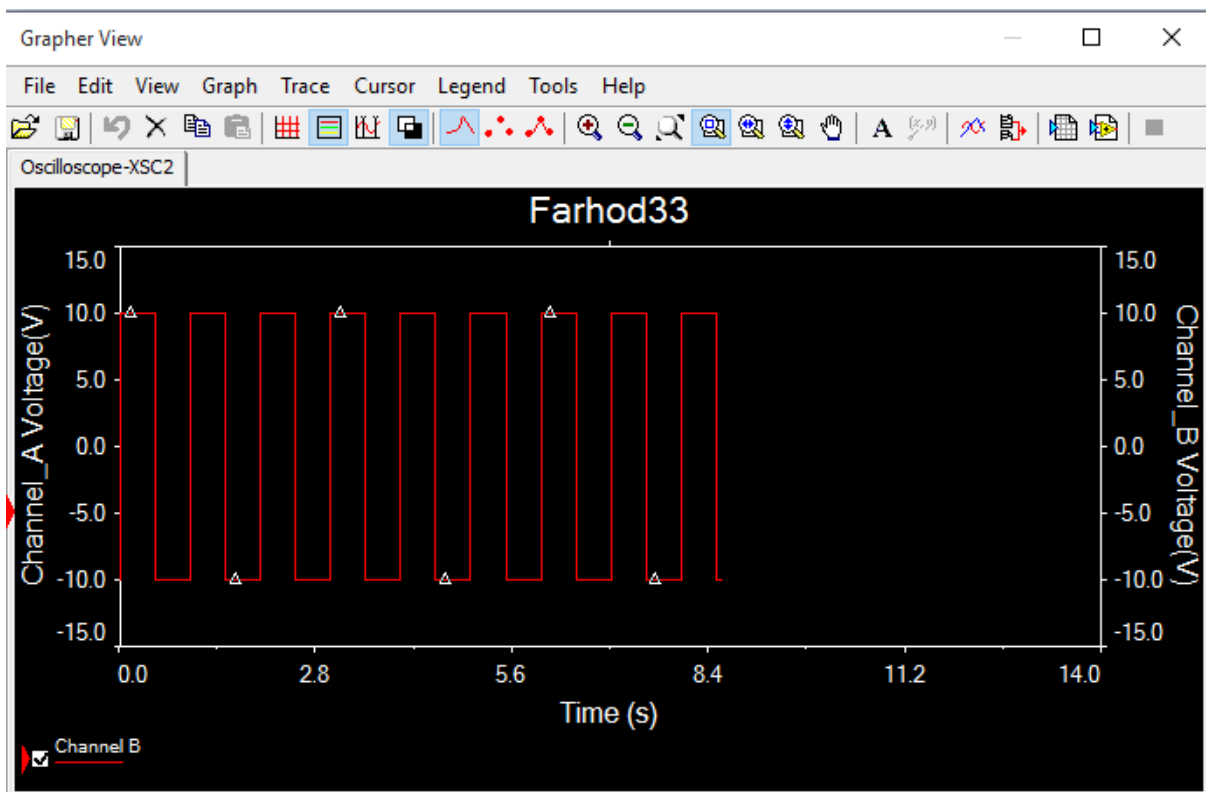


3.4-rasm. Multisim dasturining Analysis menyusi





3.5-rasm. Multisim dasturining Fure tahlili oynasi

Imitatsion modellashtirish ishga tushirilgandan keyin Multisim dasturi to‘g‘ri burchakli signalning garmonik spektrini – signal amplitudasi va fazasining garmonikaning chastotasiga bog‘lanishini taqdim qiladi. 1000 Gs chastotali va 50% skvajinali to‘g‘ri burchakli signalning Fure tahliliga misol 3.6-rasmda keltirilgan.

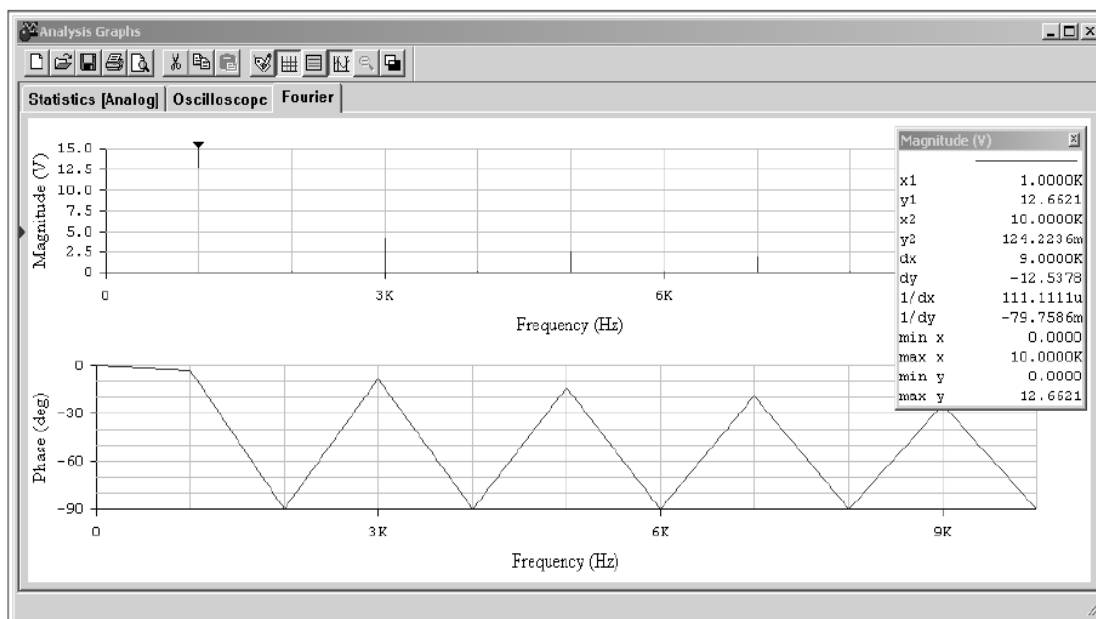


3.6-rasm. Multisim dasturining Fure tahlili oynasi

3.6-rasmda to‘g‘ri burchakli signalning garmonik spektri keltirilgan. 3.6-rasmdan ko‘rinib turibdiki, to‘g‘ri burchakli signalning garmonik spektri juft chastotalarni o‘z ichiga olmaydi, ya’ni 2 kGs, 4 kGs, 6 kGs, 8 kGs va 10 kGs chastotali garmonikalarning amplitudasi nolga teng. Shunday qilib, biz to‘g‘ri burchakli signalning spektrida berilgan o‘nta garmonikadan faqatgina beshta nolli bo‘lmagan garmonikalarni oldik.

Instrumentlar panelida  tugmachasi bosilganda garmonikalar grafigida ikkita vizir chizg‘ichlar paydo bo‘ladi, ularni ko‘chirish quyidagi taqsimlanish parametrlarining aniq qiymatlarini olish imkonini beradi: chastota (x_1 , x_2), amplituda (u_1 , u_2), parametrlarning farqi va ularning teskari kattalıkları (dx , dy , $1/dx$, $1/dy$), shuningdek ularning minimal va maksimal qiymatlari ($\min x$, $\max x$, $\min u$, $\max u$).  tugmachasini bosish koordinatalar to‘rini kiritadi. 3.7-rasm ma’lumotlarni yig‘ma

jadvalga chiqarish bilan vizir chizg'ichlardan birining holatini namoyish qiladi.



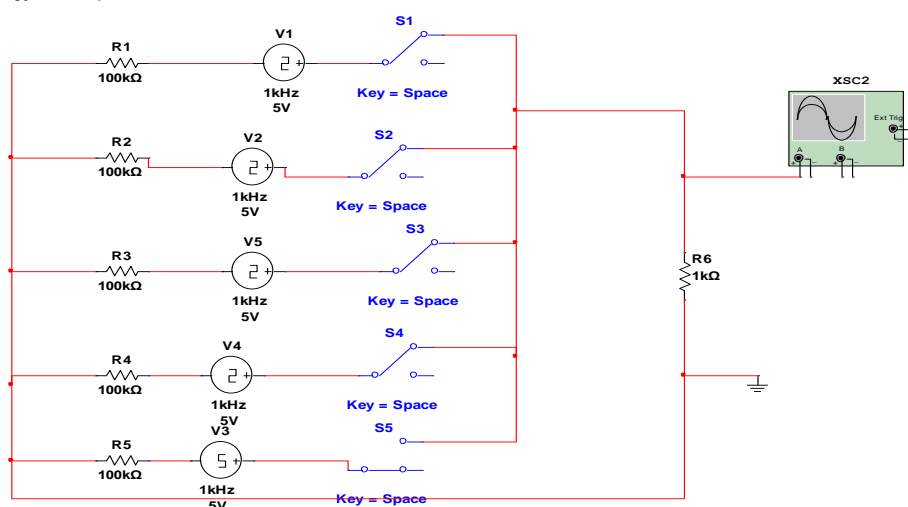
3.7-rasm. Multisim dasturining vizir chizg'ichli Fure tahlili oynasi

3.3-jadvalda to'g'ri burchakli signalning birinchi beshta garmonikasi uchun vizir chizig'i yordamida olingan natijalari keltirilgan.

3.3-jadval

Garmonik chastota, kGs	1	3	5	7	9
Garmonik amplituda, V	12,6	4,2	2,5	1,8	1,5
Fazaviy siljish, °	-5	-10	-15	-20	-25

3. Olingan natijalarni tekshirish uchun 3.8-rasmda tasvirlangan sxemani yig'amiz.



3.8-rasm. Fure tahlilini tekshirish uchun sxema

Mazkur sxema yordamida olingan taqsimlanish parametrlaridan signalni sintezlash amalga oshiriladi, bunda o'zgaruvchan kuchlanish generatorlarining xususiyatlariga kuchlanishlar, chastotalar va fazalar farqlarining olingan garmonikalarga mos keluvchi qiymatlari o'rnatiladi. O'zgaruvchan (garmonik) kuchlanish generatorining xususiyatlariga faza burchagining faqatgina musbat qiymatlarini o'rnatish mumkinligini hisobga olish bilan 3.8-rasmda olingan qiymatlarga mos keluvchi musbat qiymatlar ko'rsatilgan.

O'zgaruvchan kuchlanish manbalariga ketma-ket ulangan rezistorlar ichki qarshilikni belgilash uchun mo'ljallangan. Signalning qayta tiklanish jarayonini ko'rgazmali tarzda namoyish qilish uchun har bir manba zanjirga alohida boshqariladigan kalitlar yordamida ulanadi (keltirilgan sxemada kalitlar A, B, C, D va E klavishlar yordamida boshqariladi).

4. Fure tahlilini 1000 Gs chastotali to'g'ri burchakli signal uchun 10 ta garmonikani chiqarish bilan takrorlang (5-7 punktlar) (buning uchun Fure tahlili oynasida 20 ta garmonika o'rnatiladi, 3.5-rasmga qaralsin).

5. Xuddi 5-7 punktlardagiga o'xshab, garmonik spektrni 500 Gs chastotali va 25% skvajinali to'g'ri burchakli signal uchun va 1000 Gs chastotali uchburchak signal uchun oling.

3.3. Nazorat savollari

1. Differensial kuchaytirgichning tuzilishi va qo'llanilishi qanday?
2. Sinxron fazali va differensial signal tushunchalari qanday?
3. Chiquvchi differensial kuchlanishning fazalar farqiga va kiruvchi o'zgaruvchan kuchlanishlarning kattaligiga bog'lanishi nimalardan iborat?
4. Multisim dasturida Fure tahlili?

4-LABORATORIYA ISHI

INVERTIRLOVCHI KUCHAYTIRGICHNI O'RGANISH. INVERTIRLOVCHI SUMMATOR. ELEKTROKARDIOGRAFNING PRINSIPIAL SXEMASI

Laboratoriya ishining maqsadi: invertirlovchi kuchaytirgich va invertirlovchi summatorning tavsiflarini tadqiq qilish.

4.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Mazkur ishga tayyorgarlik ko'rish uchun «Operatsion kuchaytirgich va analog ko'paytirgich» mavzusi bo'yicha nazariy materialni takrorlang [7; 165-166 betlar].

4.2. Ishning mazmuni va uni bajarish uslubi

4.2.1. Invertirlovchi kuchaytirgichni o'rganish

1. Invertirlovchi operatsion kuchaytirgichni o'rganish uchun kuchaytirish koeffitsiyentining berilgan qiymatlari va R_1 qarshilikning tayanch qiymati uchun $K = \frac{R_{\text{tesk.bog}'1}}{R_1}$ formula bo'yicha R_1 va $R_{\text{tesk.bog}'}$ qarshiliklarni hisoblash zarur bo'ladi. Berilgan $K_{\text{tesk.bog'.naz.}}$ kuchaytirish koeffitsiyentlari uchun R_1 va $R_{\text{tesk.bog}'}$ qarshiliklarning qiymatlarini 4.1-jadvalga yozing.

4.1-jadval

Kuchaytirish koeffitsiyenti $K_{\text{tesk.bog}'\text{nazariy}}$		$R_{\text{tesk.bog}'}$ qarshilik				
		kOm	kOm	kOm	kOm	kOm
R_1 qarshilik	kOm					
	kOm					
	100 kOm					

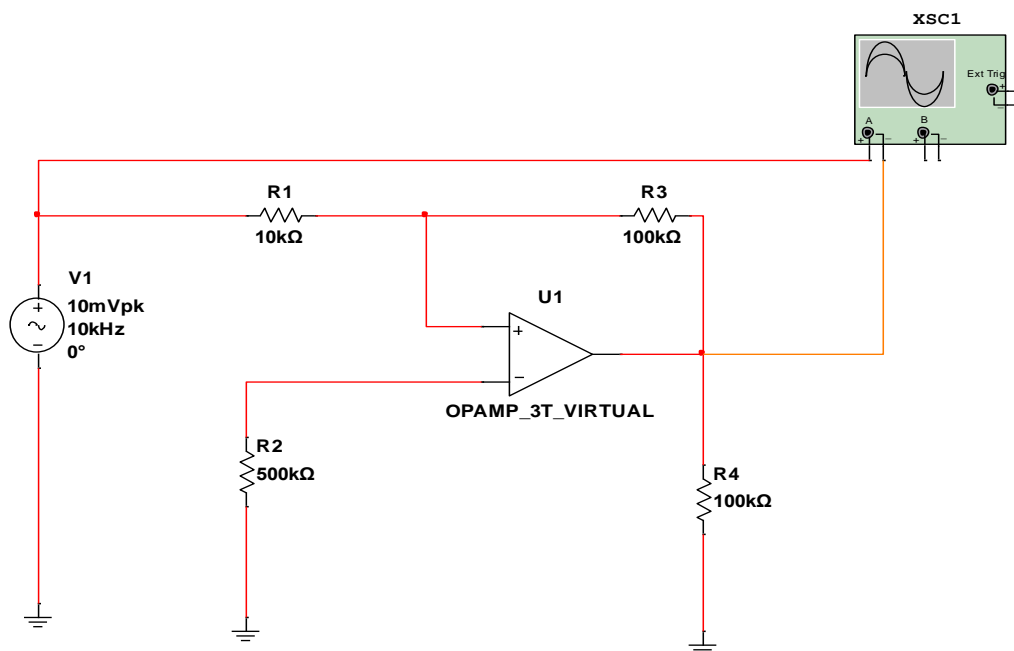
2. Invertirlovchi kuchaytirgichni o'rganish uchun 4.1-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ing.

3. Ossillografni ulashning ushbu sxemasi kiruvchi va chiquvchi kuchlanishni ko'rgazmali taqqoslash, kuchaytirish koeffitsiyenti va faza siljishini aniqlash imkonini beradi.

4. R_1 va $R_{\text{tesk.bog}'}$ qarshiliklarning qiymatlarini o'rnatish bilan U_{chiqish} chiquvchi kuchlanishning amplituda qiymatini aniqlang va 4.2-jadvalni to'ldiring.

Signalni kuzatishda A va B kanallarda kuchlanishni bo'lgichlarning qiymatlarini shunday tanlangki, bunda har ikkala ossillogramma ekranga to'liq joylashsin. U_{chiqish} chiquvchi kuchlanishning amplituda qiymatlarini 4.2-jadvalga yozing.

¹ “-”belgi signalning fazasi o'zgarganligini bildirganligi uchun, qarshiliklarning qiymatlarini hisoblashda uni tushirib qoldiramiz).



4.1-rasm. Invertirlovchi kuchaytirgich sxemasi

4.2-jadval

Chiquvchi kuchlanishning amplitudasi $U_{chiqish}$		$R_{tesk.bog'}$ qarshilik				
		kOm	kOm	kOm	kOm	kOm
R_1 qarshilik	kOm					
	kOm					
	100 kOm					

4. $U_{chiqish}$ chiquvchi kuchlanishning amplituda qiymatini va kuchaytirish koeffitsiyentlarining eksperimental qiymatlarini hisoblang: $K_{tesk.bog'.eksper} = \frac{U_{chiqish\ eff.}}{U_{kirish}}$. 4.3-jadval – $U_{chiqish\ eff.}$ chiquvchi kuchlanishning effektiv qiymatlari jadvali va 4.4-jadval - $K_{tesk.bog'.eksper}$ kuchaytirish koeffitsiyentining eksperimental qiymatlari jadvalini to'ldiring.

4.3-jadval

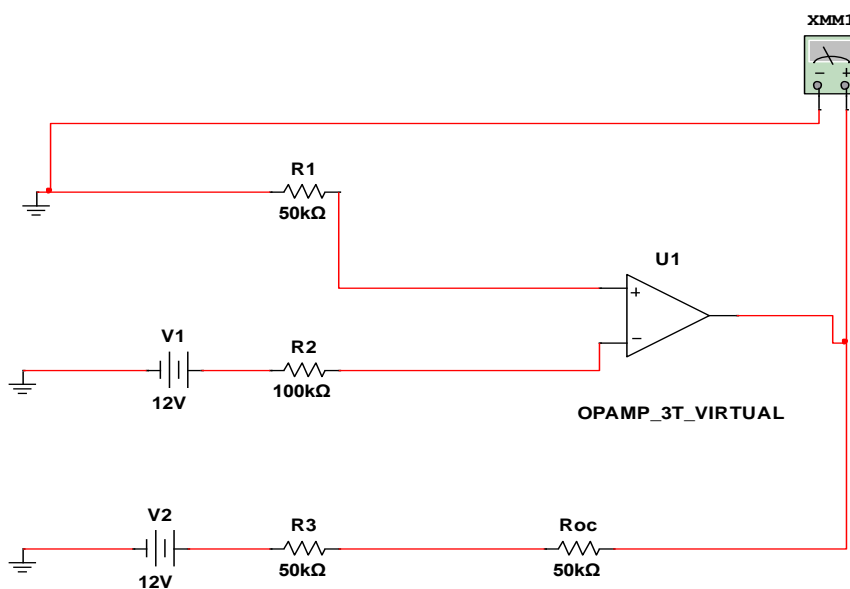
$U_{chiqish\ eff.}$ chiquvchi kuchlanishning effektiv qiymatlari		$R_{tesk.bog'}$ qarshilik				
		kOm	kOm	kOm	kOm	kOm
R_1 qarshilik	kOm					
	kOm					
	100 kOm					

K _{tesk.bog'.naz.} kuchaytirish koeffitsiyenti		R _{tesk.bog'. qarshilik}				
		kOm	kOm	kOm	kOm	kOm
R ₁ qarshilik	kOm					
	kOm					
	100 kOm					

4.1 va 4.4-jadvallarda olingan natijalarni taqqoslang va xulosalar qiling.

4.2.2. Invertirlovchi summatorlarni o'rganish

1. Operatsion kuchaytirgichlardan turli algebraik operatsiyalarni bajaradigan sxemalarni qurish mumkin. Invertirlovchi summator bir nechta o'zgaruvchilarning algebraik yig'indisini shakllantiradi va uning belgisini qarama-qarshi belgiga o'zgartiradi. Invertirlovchi summatorni o'rganish uchun 4.2-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ing.



4.2-rasm. Invertirlovchi summatorning sxemasi

Mazkur sxemaning chiqishidagi signalni quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$U_{\text{chiqish}} = -(U_1 \times K_1 + U_2 \times K_2),$$

bu yerda K_1 va K_2 - masshtablash koeffitsiyentlari:

$$K_1 = R_{\text{tesk.bog'./}R_1 \text{ va } K_2 = R_{\text{tesk.bog'./}R_2.$$

R_1 , U_1 va U_2 ning qiymatlarini o'zgartirmasdan R_2 va $R_{\text{tesk.bog'}}$ qarshiliklarning qiymatlarini o'zgartiring va U_{chiqish} chiquvchi kuchlanishning eksperimental qiymatlarini yozing. 4.5-jadvalni to'ldiring.

4.5-jadval

U _{chiqish} chiquvchi kuchlanishning eksperimental qiymati		R _{tesk.bog'} qarshilik			
		50 kOm	100 kOm	150 kOm	200 kOm
R ₂	25 kOm				
	50 kOm				
	75 kOm				
	100 kOm				

Chiquvchi kuchlanishning nazariy qiymatlarini hisoblang va 4.6-jadvalni to'ldiring.

4.6-jadval

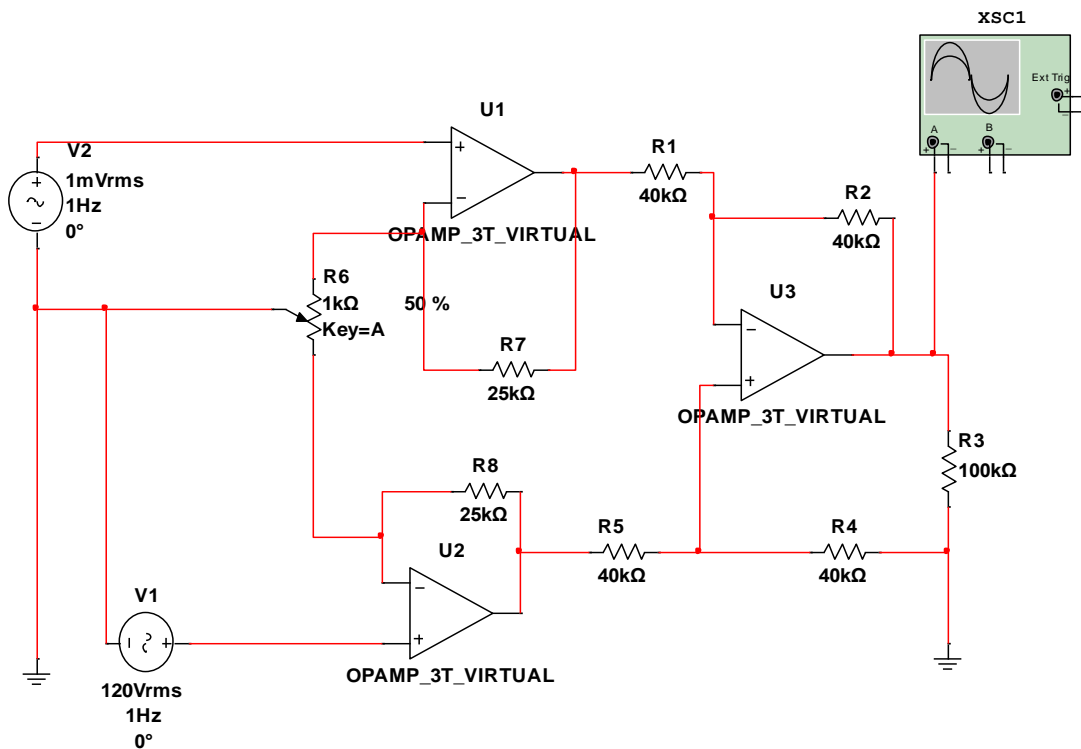
U _{chiqish} chiquvchi kuchlanishning nazariy qiymati		R _{tesk.bog'} qarshilik			
		50 kOm	100 kOm	150 kOm	200 kOm
R ₂	25 kOm				
	50 kOm				
	75 kOm				
	100 kOm				

Olingan natijalarni solishtiring va xulosa qiling

Mustaqil ishlash uchun topshiriq

4.2.3. Elektrokardiografning soddalashtirilgan sxemasini o'rganish

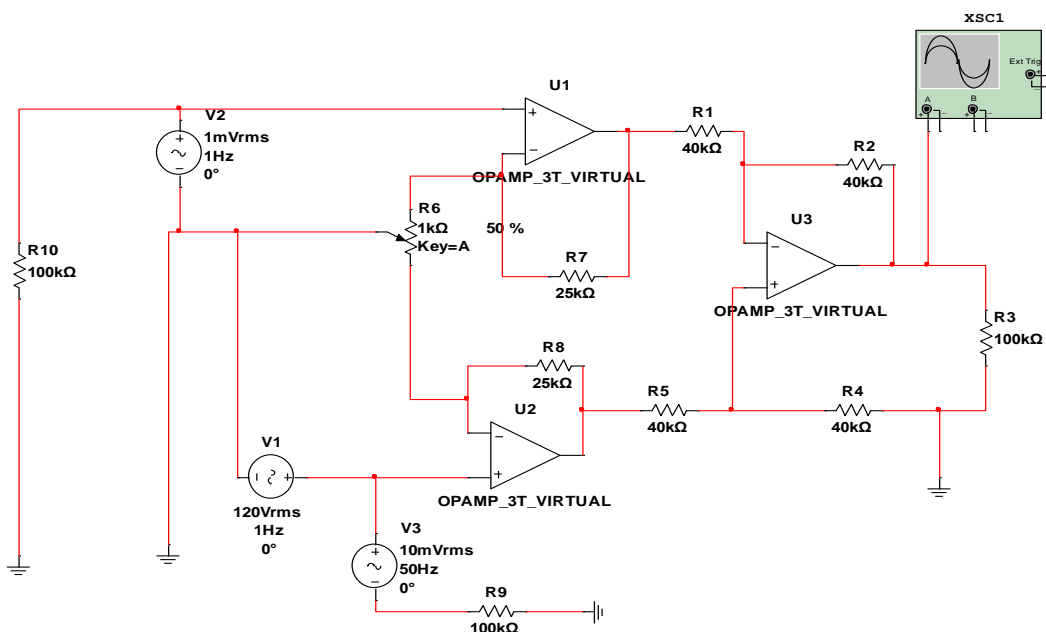
1. Elektrokardiografning prinsipial sxemasida sinxron fazali qo'yilmalar va xalaqit beruvchilarni kompensatsiyalashni ko'rib chiqamiz. Bunday sxemalar tarmoq xalaqit beruvchilarini bostirish va «elektrod - bioobyekt» elektrkimyoviy muvozanat kuchlanishini kompensatsiyalash uchun qo'llaniladi. 4.3-rasmda tasvirlangan sxemani yig'ing. Berilgan sxemada «chap qo'l – o'ng qo'l» tarmoqlanishi ko'rib chiqilgan. O'zgaruvchan kuchlanish manbalarida faza bo'yicha siljishlar bor-yo'qligiga e'tibor qarating.



4.3-rasm. Elektrokardiografning prinsipial sxemasi

Sxemani yoqing va chiquvchi signalning amplitudasi va davrini o'lchang. Kuchaytirish koeffitsiyentini hisoblang.

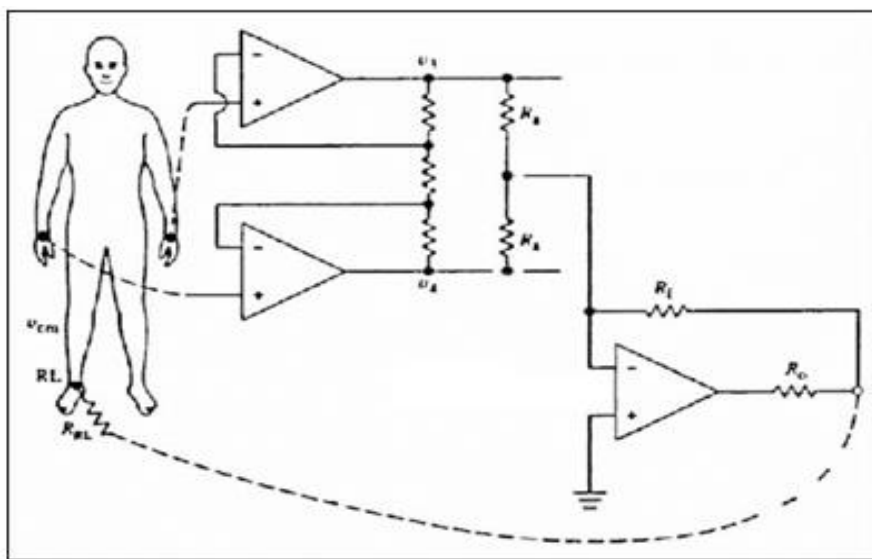
Qo'yilmalarning ta'sirini o'rganish uchun sxemaga signal amplitudasining katta qiymatiga ega bo'lgan sinxron fazali o'zgaruvchan kuchlanish manbalarini qo'shing, bu 4.4-rasmda ko'rsatilgan.



4.4-rasm. Sinxron fazali qo'yilmalar manbalariga ega bo'lgan elektrokardiografning prinsipial sxemasi

Sxemani yoqing. Chiquvchi signalning amplitudasi va davrini o'lchang. Kuchaytirish koeffitsiyentini hisoblang va sinxron fazali qo'yimalarning chiqish signalining kattaligi va shakliga ta'siri to'g'risida xulosalar qiling.

Juda kichik qiymatlarga ega bo'lgan potentsiallarni qayd qilishda, masalan, elektrokardiografiya va elektroensefalografiyada hatto zaif qo'yimalar ham olinadigan natijalarning sezilarli og'ishiga olib keladi. Qo'yimalarga qarshi kurashish usullaridan biri elektrostatik ekranlash bo'lib hisoblanadi. Biroq u magnit maydonlari bilan shartlanadigan qo'yimalardan xalos qilmaydi.



4.5-rasm. Sinxron fazali signalni aktiv kompensatsiyalash sxemasi (Dj. Vebster bo'yicha)

Ko'pgina zamonaviy ossillograflarda oyoqdan potensialni oladigan elektrod 4.1-rasmda ko'rsatilganidek yerga emas, balki 4.5-rasmda ko'rsatilganidek qarshilik orqali yordamchi operatsion kuchaytirgichning chiqishiga ulangan. Bunday ulash sxemasi nafaqat sinxron fazali kuchlanishni qo'shimcha pasaytirib qolmasdan, bemorga anomal yuqori kuchlanish qo'yilgan taqdirda uning qo'shimcha elektr xavfsizligini ham ta'minlaydi [6].

4.4. Nazorat savollari

1. Operatsion kuchaytirgichdagi invertirlovchi kuchaytirgich. Invertirlovchi kuchaytirgichning uzatish koeffitsiyenti qanday?
2. Invertirlovchi summator haqida ma'lumot bering?
3. Operatsion kuchaytirgichdagi differensiatorlar va integratorlarning

qo‘llanilishi, prinsipial sxemasi qanday?

4. Operatsion kuchaytirgichdagi garmonik tebranishlar generatorining vazifasi nimalardan iborat?

5. Operatsion kuchaytirgichdagi to‘g‘ri burchakli impulslar generatori vazifasi nimalardan iborat?

6. Operatsion kuchaytirgichdagi arrasimon shakldagi signallar generatori vazifasi nimalardan iborat?

7. Operatsion kuchaytirgichdagi uchburchak shakldagi signallar generatori vazifasi nimalardan iborat?

5-LABORATORIYA ISHI

AKTIV RC-FILTRLAR

Laboratoriya ishining maqsadi: Mazkur laboratoriya ishi past chastotali elektr filtrlarining har xil tiplarining, xususan aktiv RC-filtrlarning xususiyatlarini o‘rganish maqsadida bajariladi.

5.1. Qisqacha nazariy ma’lumotlar

Filtrlarning qo‘llanilishi. Filtrlar quyidagilar uchun mo‘ljallanadi:

1. Kuchaytirgichlar radiopriyomniklar va radiouzatish qurilmalari, ma’lumotlarni kanallarni chastotali ajratish bilan uzatish tizimlari, maxsus radioo‘lchash apparatlari va hokazolarda elektr signallarining zaruriy chastotalarini ajratish;

2. Sanoat shovqinlari va xalaqit beruvchilarini bostirish;

3. Turli elektron qurilmalarning chastota tavsiflarini korreksiyalash.

Filtrlarning asosiy elektr tavsiflari va tiplari

Filtrlarning asosiy tavsiflariga quyidagilar kiradi:

1) uzatish koeffitsiyentining amplituda-chastota tavsifi

$$K(f) = \frac{U_{\text{chiqish}}}{U_{\text{kirish}}}$$

bu yerda U_{chiqish} – filtrning chiqishidagi kuchlanish;

U_{kirish} – filtrning kirishidagi kuchlanish.

2) $\varphi(f)$ uzatish koeffitsiyentining faza-chastota tavsifi;

3) kirish $Z_{\text{kirish}}(f)$ va chiqish $Z_{\text{chiqish}}(f)$ qarshiliklarining chastota tavsiflari;

4) kirish va chiqish xarakteristik qarshiliklarining chastota tavsiflari;

5) soʻndirish koeffitsiyentining chastota tavsifi

$$b(f) = 20 \lg \frac{1}{K(f)} \text{ (dB)}.$$

6) f_q qirqish chastotasi.

Oʻtkazish polosasiga bogʻliq ravishda elektr filtrlari quyidagi tiplarga boʻlinadi:

1) past chastotali filtrlar (PChF), 0 dan f_q qirqish chastotasigacha boʻlgan chastotali elektr signallarini oʻtkazadi;

2) yuqori chastotali filtrlar (YuChF), f_q qirqish chastotasidan ∞ gacha boʻlgan chastotali elektr signallarini oʻtkazadi;

3) rezonans filtrlari, f_0 rezonans chastotasining atrofida $2\Delta f$ chastota polosasidagi elektr signallarini oʻtkazadi;

4) polosa filtrlari, f_1 dan f_2 gacha boʻlgan chastota polosalaridagi elektr signallarini oʻtkazadi;

5) toʻsuvchi filtrlar, f_1 dan f_2 gacha boʻlgan chastota polosalaridagi elektr signallarini oʻtkazmaydi.

Elektr filtrining tanlovchanligi – u soʻndirish koeffitsiyentining tavsifi bilan belgilanadi va filtrning xarakteristik qarshiligining chastotaga bogʻlanishi filtrlarning eng muhim elektr tavsiflari boʻlib hisoblanadi. Soʻndirish koeffitsiyenti tavsifining qiyaliklari qanchalik tik boʻlsa, oʻtkazmaydigan polosada soʻndirish qanchalik katta boʻlsa va oʻtkazish polosasida soʻndirish qanchalik kichik va bir tekis boʻlsa, filtr shunchalik yaxshi boʻladi. Xarakteristik qarshilik va yuklama qarshiligi nomuvofiq boʻlganda filtrning soʻndirish koeffitsiyentining tavsifi yomonlashadi. Odatda filtrning xarakteristik qarshiligi oʻtkazish polosasida zaruriy doimiylikka ega boʻlishiga harakat qilinadi. Bunday holda filtr aktiv qarshilikka yuklanganda filtrning kirish qarshiligi ham koʻproq doimiy boʻladi, bu filtrning eng yaxshi muvofiqlik va ishlash rejimini taʼminlaydi.

Filtrlarni amalga oshirish usullari

RC-filtrlarning baʼzi bir tiplarini koʻrib chiqamiz.

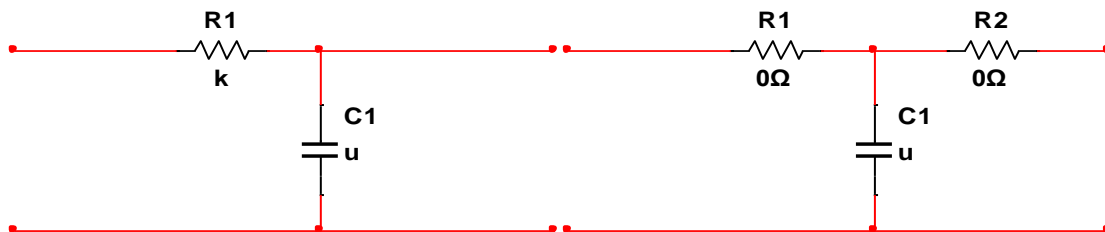
I. Passiv RC-filtrlar.

a. RC-past chastotali filtrlar (5.1 a, b-rasmlar).

PChF ning chastota va faza tavsiflari quyidagi formulalar boʻyicha aniqlanadi:

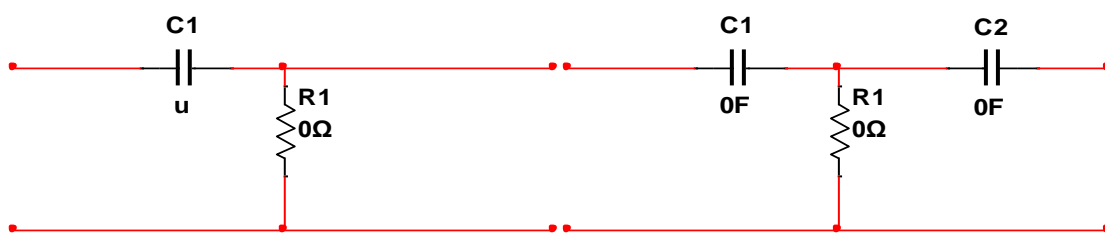
$$K = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}$$

$$\varphi = \arctg \omega RC.$$



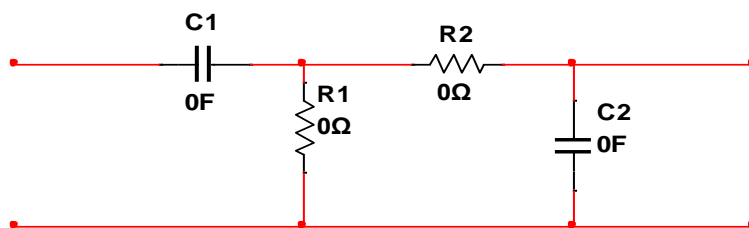
a)

b)

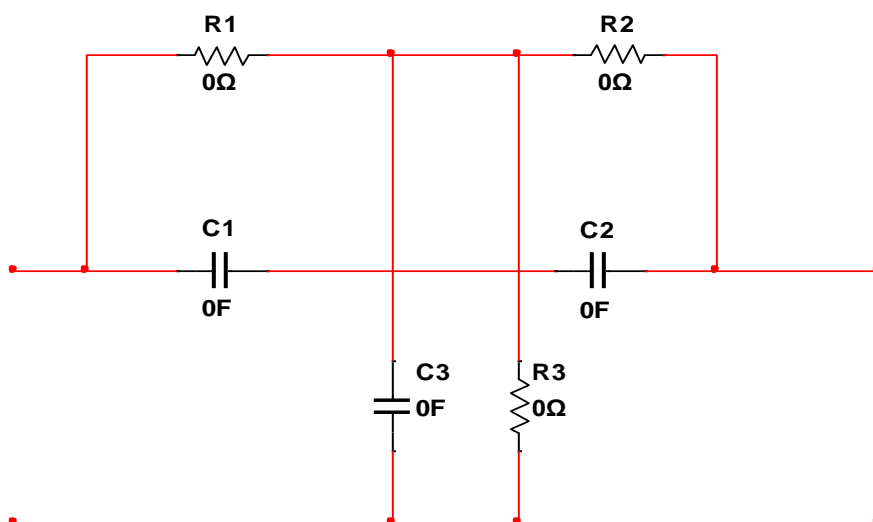


d)

e)



f)



g)

5.1-rasm. Passiv RC-filtrlar

b. RC-yuqori chastotali filtrlar (5.1 d, e-rasmlar).

YuChF ning chastota va faza tavsiflari quyidagi formulalar bo'yicha aniqlanadi:

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{1}{\omega RC}\right)^2}}$$
$$\varphi = \arctg \frac{1}{\omega RC}.$$

d. RC-polosali filtr (5.1 f-rasm) ketma-ket ulangan bir zveno PChF va bir zveno YuChF dan tashkil topadi.

e. RC-to'suvchi filtr (5.1 g-rasm) parallel ulangan bir zveno PChF va bir zveno YuChF dan tashkil topadi.

Passiv RC-filtrlarning afzalliklari unchalik katta bo'lmagan gabarit o'lchamlar, tayyorlash va rostdashning osonligi, begona magnet maydonlariga nisbatan kam sezuvchanlik va juda past chastotada ishlaydigan filtrlarni tayyorlash imkoniyati bo'lib hisoblanadi. Bu filtrlarning kamchiligi – so'ndirish koeffitsiyenti tavsifining kichik tushish tikligi bo'lib hisoblanadi.

Integral operatsion kuchaytirgichlar ishlab chiqilgandan keyin yangi yo'nalish – aktiv filtrlarni operatsion kuchaytirgichlar bazasida loyihalash imkoniyati paydo bo'ldi. Aktiv filtrlarda rezistorlar, kondensatorlar va kuchaytirgichlar (aktiv tarkibiy qismlar) qo'llaniladi. Aktiv filtrlar keyinchalik passiv filtrlarni deyarli to'liq almashtirgan. Hozirgi kunda passiv filtrlar faqatgina yuqori chastotada (1 MGs dan yuqori), keng qo'llaniladigan ko'pchilik operatsion kuchaytirgichlarning chastota diapazonidan tashqarida qo'llaniladi. Biroq hatto ko'pgina yuqori chastotali qurilmalarda ham, masalan, radiouzatgichlar va radiopriyomniklarda an'anaviy passiv RC-filtrlar kvarts filtrlar va yuzadagi akustik to'lqinlar filtrlari bilan almashtirilgan.

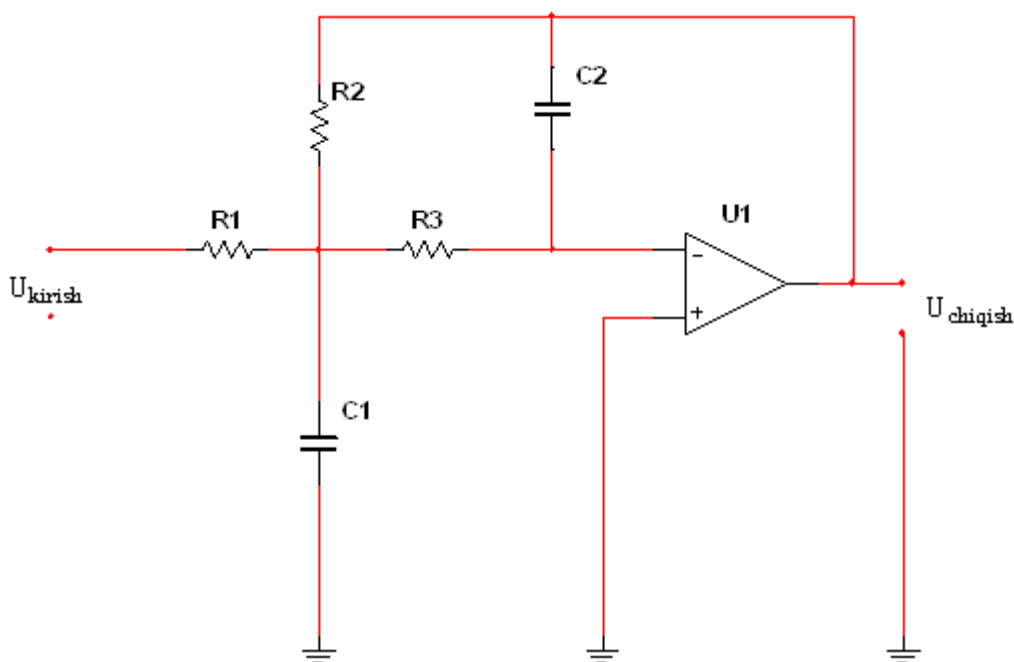
II. Aktiv RC-filtrlar.

Mazkur laboratoriya ishida ko'p sirtmoqli teskari bog'lanishga ega bo'lgan ikkinchi tartibli aktiv RC-filtrlar ko'rib chiqiladi.

Filtrlarni konkret amalga oshirish sxemalarini keltiramiz.

a. Ko'p sirtmoqli teskari bog'lanishga ega bo'lgan past chastotali filtr

PChF ning sxemasi 5.2-rasmda keltirilgan.



5.2-rasm. Past chastotali aktiv filtrning sxemasi

Keltirilgan filtr o'zida ma'qul kelishning o'rtacha qiymatlari bilan invertirleydigan ikkinchi tartibli filtrni taqdim qiladi. Bu filtrning yutuqlariga bunday filtrni $|K| < 1$ bilan qurish imkoniyatining mavjudligi, shuningdek elementlarning qiymatlarining chetlashishlariga kam sezuvchanlikni kiritish mumkin. Kamchiligi – nisbatan kichik kirish qarshiligi bo'lib hisoblanadi.

Sxemaning parametrlari:

$$K = -\frac{R_1}{R_2}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}}$$

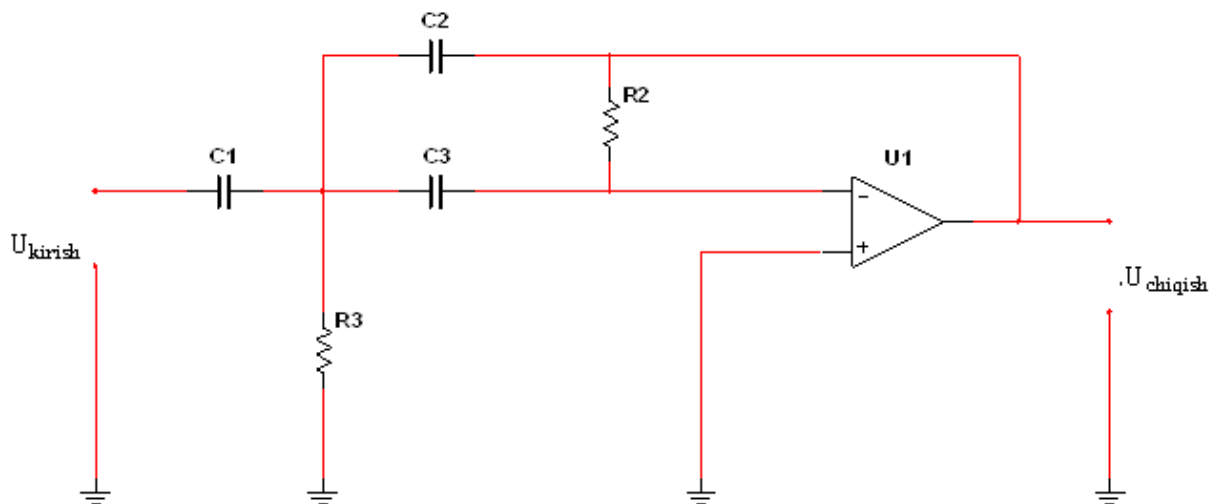
$$Q_F = \frac{\left(C_1/C_2\right)^{1/2}}{\left(R_3/R_2\right)^{1/2} + \left(R_2/R_3\right)^{1/2} + \left(R_2 R_3/R_1^2\right)^{1/2}}$$

Agar sxemaning har uchala K , ω_0 va Q_F parametrlari muhim bo'lsa, u holda sxemani shaylash yetarlicha murakkab bo'ladi, chunki ular barcha

uchta rezistorlarning qiymatlariga bog‘liq bo‘ladi. Agar K kattalik qolganlarichalik muhim bo‘lmasa, u holda ω_0 ni R_2 yoki R_3 yordamida, Q_F ni esa - R_1 yordamida shaylash mumkin.

b. Ko‘p sirtmoqli teskari bog‘lanishga ega bo‘lgan yuqori chastotali filtr

YuChF ning sxemasi 5.3-rasmda keltirilgan.



5.3-rasm. Yuqori chastotali aktiv filtrning sxemasi

Keltirilgan filtr o‘zida ma’qul kelishning kichik va o‘rtacha qiymatlari bilan invertirlovchi ikkinchi tartibli filtrni taqdim qiladi. Bu filtrning ham yutuqlari xuddi 5.2-rasmda keltirilgan PChF niki kabi. Kamchiliklariga shaylashning murakkabligi va uzatish koefitsiyentining kamroq barqarorligi kiradi. Uzatish koefitsiyentining beqarorligi shu bilan shartlanadiki, u ikkita kondensatorning sig‘imlarining nisbati bilan belgilanadi.

Sxemaning parametrlari:

$$|K| = C_1/C_1$$

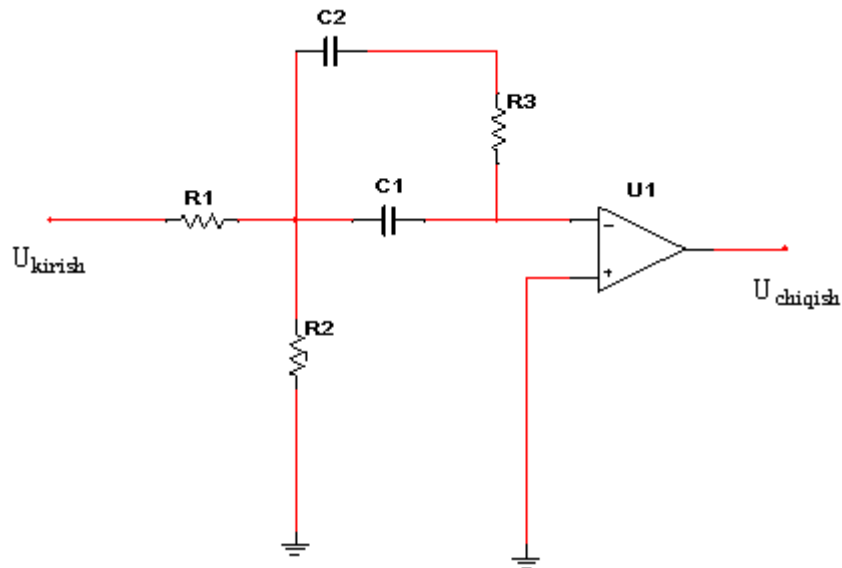
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_2 C_3}}$$

$$Q_F = \frac{\left(R_1/R_2\right)^{1/2}}{\frac{C_1}{\sqrt{C_2 C_3}} + \left(C_3/C_2\right)^{1/2} + \left(C_2/C_3\right)^{1/2}}$$

Filtrni shaylash murakkab masala bo‘lib hisoblanadi, chunki sxemada faqat ikkita rezistor bor, Q_F va ω_0 esa bir paytning o‘zida har ikkala rezistorning qarshiliklariga bog‘liq bo‘ladi. Q_F va ω_0 ni shaylash ketma-ket yaqinlashishlar uslubi bilan amalga oshiriladi.

d. Ko‘p sirtmoqli teskari bog‘lanishga ega bo‘lgan polosali filtr

Polosa filtrining sxemasi 5.4-rasmda keltirilgan.



5.4-rasm. Polosali filtrning sxemasi

Keltirilgan sxema invertirlovchi sxema bo‘lib hisoblanadi, musbat teskari bog‘lanish kiritilganda Q ning 20 gacha bo‘lgan qiymatlarini olish mumkin. Uning kamchiliklariga shuni kiritish mumkinki, uzatish koeffitsiyenti va ma’qul kelish quyidagi shartni qanoatlantirishi lozim:

$$|K| < 2Q^2$$

Sxema parametrlari:

$$|K| = \frac{R_3}{R_1} \cdot \frac{C_1}{(C_1 + C_2)}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{R_3 C_1 C_2} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)}$$

$$Q_F = \frac{\left(\frac{R_3}{R_2} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)\right)^{1/2}}{\left(\frac{C_1}{C_2}\right)^{1/2} + \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^{1/2}}.$$

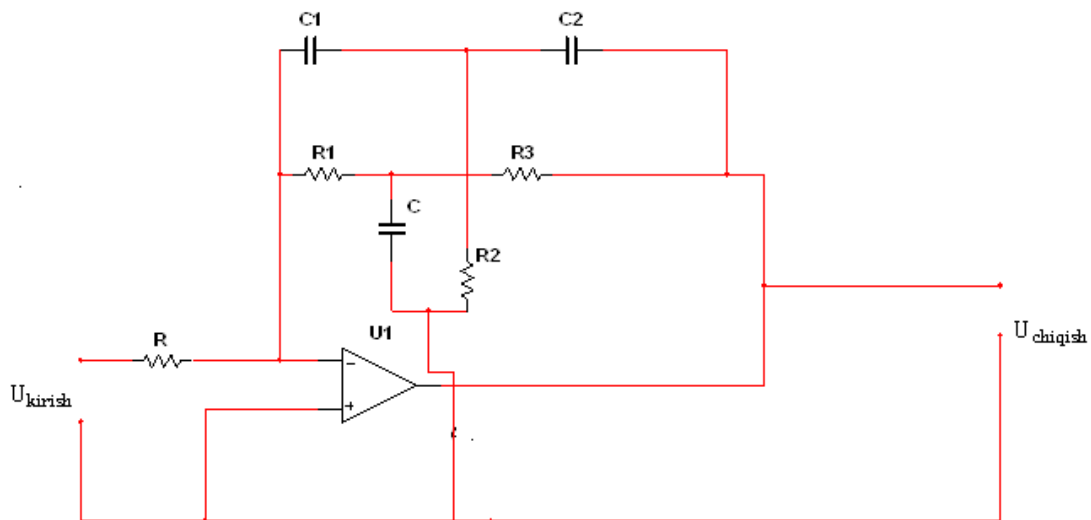
3dB daraja bo'yicha o'tkazish polosasi

$$\Delta\omega = \frac{1}{R_3} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

Bu sxemani shaylash ma'lum bir qiyinchiliklarni tug'diradi, ω_0 va Q_F ning qiymatlari xuddi o'sha rezistorlarning qarshiliklariga bog'liq bo'ladi. Shuni qayd qilish joizki, markaziy qismni $\Delta\omega$ ga bog'liq bo'lmagan holda R_1 yoki R_2 yordamida o'zgartirish mumkin (biroq bunda K uzatish koeffitsiyenti ham o'zgaradi).

e. Qo'shaloq T-simon ko'priqli rezonans filtri

Rezonans filtrining sxemasi 5.5-rasmda keltirilgan.



5.5-rasm. Rezonans filtrining sxemasi

Keltirilgan sxema invertirlovchi sxema bo'lib hisoblanadi. Mazkur sxemaning kamchiligi rezistorlar va kondensatorlarni diqqat bilan muvofiqlashtirish zarurligi bo'lib hisoblanadi.

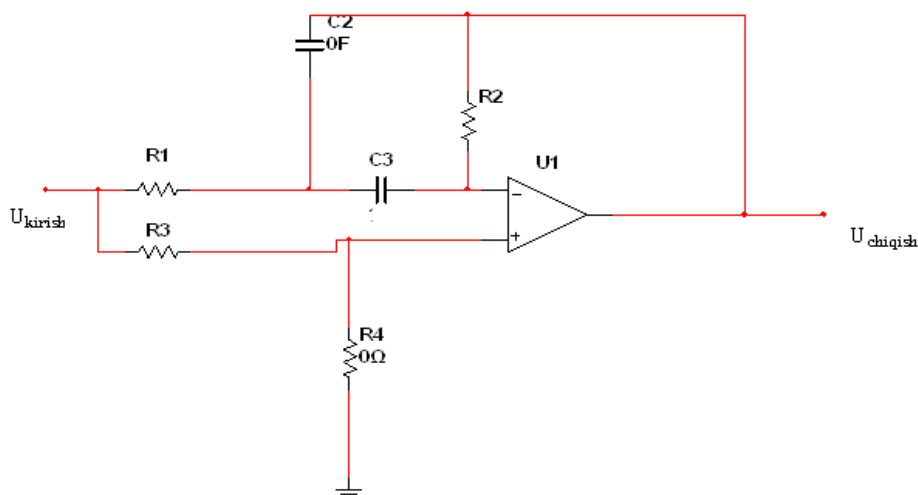
Rezonans chastotasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\omega_0 = \frac{1}{R_1 C_1}$$

Sxemani shaylashning murakkabligi rezistorlar va kondensatorlarni diqqat bilan tanlashdan iborat.

f. Ko‘p sirtmoqli teskari bog‘lanishga ega bo‘lgan to‘sovchi polosali filtri

Bostiruvchi polosali filtrining sxemasi 5.6-rasmda keltirilgan.



5.6-rasm. Bostiruvchi polosali filtrning sxemasi

Keltirilgan sxema invertirlovchi sxema bo‘lib hisoblanadi. Mazkur sxemaning yutuqlariga sxemada faqat bittagina operatsion kuchaytirgich va ikkita kondensatordan foydalanilishi bo‘lib hisoblanadi. Kamchiliklariga elementlarni aniq muvofiqlashtirish zarurligi, ma’qul kelishning kichik qiymatlari va shaylashning murakkabligi kiradi. Sxemaning parametrlari:

$$K = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$Q_F = \frac{\left(R_2/R_1\right)^{1/2}}{\left(C_1/C_2\right)^{1/2} + \left(C_2/C_1\right)^{1/2}}.$$

ω_0 chastotada nolli uzatish koeffitsiyentini (cheksiz zaiflashtirishni) olish uchun quyidagi shart bajarilishi lozim:

$$\frac{1}{R_2 C_1} + \frac{1}{R_2 C_1} = \frac{R_3}{R_4} \cdot \frac{1}{R_1 C_1}$$

Bu filtr oldin ko‘rib chiqilgan ko‘p sirtmoqli teskari bog‘lanishga ega bo‘lgan polosa filtriga o‘xshaydi. Unga operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishi asosida yig‘ilgan polosa filtri va operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishi bilan hosil qilingan doimiy uzatish koeffitsiyentiga (R_3 va R_4 rezistorlar bilan belgilanadigan) ega bo‘lgan chiziqli kuchaytirgichning kombinatsiyasi sifatida qarash mumkin. Polosa filtrining signali chiziqli kuchaytirgichning signalidan ayirib tashlanadi. Elementlarning nominallarini tanlashning noaniqliklari, ularning dreyfi va eskirishi filtr xususiyatlarining anchagina yomonlashishiga olib keladi.

Filtrni shaylash uning parametrlarining o‘zaro bog‘liqligi tufayli ma’lum bir qiyinchiliklarni tug‘diradi. Harakatlarning tavsiya qilinadigan ketma-ketligi quyidagicha bo‘ladi:

- R_1 yoki R_2 yordamida ω_0 ni o‘rnatish;
- R_3 yoki R_4 yordamida bostirish koeffitsiyentini shaylash.

5.2. Ishning mazmuni va uni bajarish uslubi

1. Multisimda quyidagi parametrlarga ega bo‘lgan past chastotali aktiv filtrning sxemasini modellashtiring:

R_1 va R_2 1 KOm ga teng qilib olinsin;

$R_3 = 10$ KOm;

$C_1 = 2$ mkF;

$C_2 = 0,1$ mkF.

Sxemaning kirishiga 1 V o‘zgaruvchan kuchlanish berilsin.

«IN» BodyPlotter ning kirishi sxemaning kirishiga, «OUT» ning kirishi – sxemaning chiqishiga ulansin. Body Plotter “ikonka” bo‘yicha sichqonchani ikki marta bosish bilan ochilsin va Multisimning asosiy oynasida ishga tushirish tugmachasi bosilsin.

Filtrning qirqish chastotasi aniqlansin.

O‘qituvchi tomonidan berilgan qirqish chastotasiga ega bo‘lgan past chastotali filtrni modellashtiring.

Barcha ma’lumotlarni daftarga yozing.

Sxemali faylni o‘zingizning direktoringizda saqlang.

2. Multisimda quyidagi parametrlarga ega bo‘lgan yuqori chastotali aktiv filtrning sxemasini modellashtiring:

$R_1=100 \text{ Om};$

$R_2=2,7 \text{ KOm};$

C_1 va C_3 0,01 mkF ga teng qilib olinsin;

$C_2=200 \text{ pF}.$

Sxemaning kirishiga 20 mV o‘zgaruvchan kuchlanish berilsin.

«IN» Body Plotter ning kirishi sxemaning kirishiga, «OUT» ning kirishi – sxemaning chiqishiga ulansin. Body Plotter “ikonka” bo‘yicha sichqonchani ikki marta bosish bilan ochilsin va Multisimning asosiy oynasida ishga tushirish tugmachasi bosilsin.

Filtrning qirqish chastotasi aniqlansin.

O‘qituvchi tomonidan berilgan qirqish chastotasiga ega bo‘lgan yuqori chastotali filtrni modellashtiring.

Barcha ma’lumotlarni daftarga yozing.

Sxemali faylni o‘zingizning direktingizda saqlang.

3.Multisimda quyidagi parametrlarga ega bo‘lgan polosa filtring sxemasini modellashtiring:

$R_1=1,5 \text{ KOm};$

$R_2=1,6 \text{ KOm};$

$R_3=33 \text{ KOm};$

C_1 va C_2 0,01 mkF ga teng qilib olinsin.

Sxemaning kirishiga 100 mV o‘zgaruvchan kuchlanish berilsin.

«IN» Body Plotter ning kirishi sxemaning kirishiga, «OUT» ning kirishi – sxemaning chiqishiga ulansin. Body Plotter “ikonka” bo‘yicha sichqonchani ikki marta bosish bilan ochilsin va Multisimning asosiy oynasida ishga tushirish tugmachasi bosilsin.

Filtrning o‘tkazish chastotasi aniqlansin.

O‘qituvchi tomonidan berilgan o‘tkazish chastotasiga ega bo‘lgan polosa filtrini modellashtiring.

Barcha ma’lumotlarni daftarga yozing.

Sxemali faylni o‘zingizning direktingizda saqlang.

4.Multisimda quyidagi parametrlarga ega bo‘lgan rezonans filtring sxemasini modellashtiring:

$R_1=100 \text{ KOm};$

$R_2=27 \text{ KOm};$

$R=5,1 \text{ KOm};$

Barcha C lar 4700 pF ga teng qilib olinsin.

Sxemaning kirishiga 1 mV o‘zgaruvchan kuchlanish berilsin.

«IN» Body Plotter ning kirishi sxemaning kirishiga, «OUT» ning kirishi – sxemaning chiqishiga ulansin. Body Plotter “ikonka” bo‘yicha

sichqonchani ikki marta bosish bilan ochilsin va Multisimning asosiy oynasida ishga tushirish tugmachasi bosilsin.

Filtrning rezonans chastotasi aniqlansin.

O'qituvchi tomonidan berilgan rezonans chastotasiga ega bo'lgan rezonans filtrini modellashtiring.

Barcha ma'lumotlarni daftarga yozing.

Sxemali faylni o'zingizning direktingizda saqlang.

5. Multisimda quyidagi parametrlarga ega bo'lgan bostiruvchi polosa filtrining sxemasini modellashtiring:

$R_1 = 1,5 \text{ K}\Omega$;

$R_2 = 33 \text{ K}\Omega$;

$R_3 = 1,5 \text{ K}\Omega$;

$R_4 = 16 \div 20 \text{ K}\Omega$;

C_1 va C_2 0,01 mkF ga teng qilib olinsin.

Sxemaning kirishiga 0,5 V o'zgaruvchan kuchlanish berilsin.

«IN» Body Plotter ning kirishi sxemaning kirishiga, «OUT» ning kirishi – sxemaning chiqishiga ulansin. Body Plotter “ikonka” bo'yicha sichqonchani ikki marta bosish bilan ochilsin va Multisimning asosiy oynasida ishga tushirish tugmachasi bosilsin.

Filtrning to'sish chastotasi aniqlansin.

O'qituvchi tomonidan berilgan bostirish chastotasiga ega bo'lgan bostiruvchi polosa filtrini modellashtiring.

Barcha ma'lumotlarni daftarga yozing.

Sxemali faylni o'zingizning direktingizda saqlang.

5.3. Hisobotning mazmuni

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot hisoblangan parametrlarga ega bo'lgan filtrlarning sxemalarini o'z ichiga olishi lozim.

5.4. Nazorat savollari

1. Ko'p sirtmoqli teskari bog'lanishga ega bo'lgan past chastotali filtr haqida nimalarni bilasiz?

2. Ko'p sirtmoqli teskari bog'lanishga ega bo'lgan yuqori chastotali filtr haqida nimalarni bilasiz?

3. Ko'p sirtmoqli teskari bog'lanishga ega bo'lgan polosa filtri haqida nimalarni bilasiz?

4. Qo'shaloq T-simon ko'priqli rezonans filtri.

5. Ko‘p sirtmoqli teskari bog‘lanishga ega bo‘lgan to‘suvcchi polosa filtringning ishlash prinsipi qanday?

6-LABORATORIYA ISHI

KUCHAYTIRGICHNI O‘RGANISH. UNING CHASTOTA VA AMPLITUDA TAVSIFLARINI ANIQLASH

Laboratoriya ishining maqsadi: kuchlanishni kuchaytirgichning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish, uning chastota va amplituda tavsifini qurish, kuchaytiriladigan signalning chiziqli va nochiziqli og‘ishlarining vujudga kelish sabablarini o‘rganish.

Priborlar va jihozlar: tovush generatori, past chastotali kuchaytirgich, voltmetr, tutashtiruvchi simlar.

6.1. Qisqacha nazariy ma’lumotlar

Odamning turli organlari va to‘qimalarining bioelektrik potentsiallari turli kasalliklarning katta ahamiyatga ega bo‘lgan diagnostik ko‘rsatkichlari bo‘lib hisoblanadi. Bioelektrik signallarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri, bevosita o‘lchash anchagina qiyin ish bo‘lib hisoblanadi, chunki ular juda kichik (millivoltlar va mikrovoltlar) va qayd qiluvchi qurilmalar potentsiallarining bunday qiymatlarida ishlamaydi. Tana yuzasidan elektrodlar bilan olinadigan biopotentsiallarni ularni bevosita qayd qilish uchun kuchaytirish lozim bo‘ladi. Ushbu maqsad uchun kuchaytirgichlar deb ataluvchi priborlar qo‘llaniladi.

Kuchaytirgich – bu yordamchi tok manbaining energiyasi hisobiga elektr signalining energetik parametrlarini kuchaytirish uchun mo‘ljallangan elektron qurilmadir. Ulardan texnika, tibbiyot, ilmiy amaliyotda kuchsiz signallarni kuchaytirish uchun, har qanday radioapparatura va yuqori aniqlikdagi o‘lchash texnikasining asosi sifatida foydalaniladi.

Kuchaytirgichlarni turli elementlar asosida yaratish mumkin (tranzistorlar, elektron lampalar), biroq kuchaytirgichlarning ishlashining umumiy masalalarini yetarlicha bir xil taqdim qilish mumkin.

Ular “kirish” va “chiqish” ga ega, kirishga kuchaytiriladigan signal beriladi, chiqishdan esa kuchaytirilgan signal olinadi.

Kuchaytirgichlarga qo‘yiladigan asosiy talab signalni eng kam og‘ishlar bilan kuchaytirish imkoniyati bo‘lib hisoblanadi.

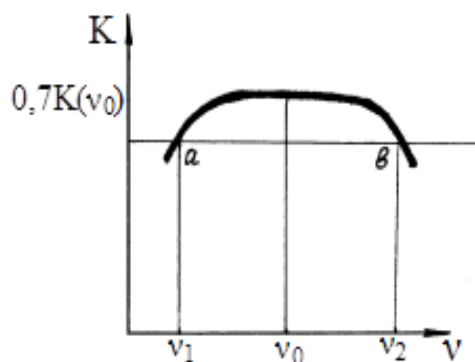
Kuchaytirgichning asosiy tavsifi kuchaytirish koeffitsiyenti bo‘lib hisoblanadi, u chiqishdagi kuchlanish, tok kuchi yoki quvvatning kirishdagi kuchlanish, tok kuchi yoki quvvatga nisbati bilan aniqlanadi:

$$K = \frac{U_{\text{chiqish}}}{U_{\text{kirish}}}; K = \frac{I_{\text{chiqish}}}{I_{\text{kirish}}}; K = \frac{P_{\text{chiqish}}}{P_{\text{kirish}}} \quad (6.1)$$

Qo‘llanilishiga bog‘liq ravishda kuchaytirgichlar kuchlanish, tok kuchi yoki quvvatga ajratiladi. Agar kuchaytiriladigan signal sinusoidal shaklda bo‘lsa, u holda (6.1) ifodalarda kirish va chiqish signallarning amplitudalaridan foydalaniladi.

Kuchaytirish paytida sinusoidal (garmonik) signalning shakli o‘zgarmasligi uchun kirish signalning o‘zgarish chegaralarida kuchaytirish koeffitsiyenti turli kuchlanishlar uchun bir xil bo‘lishi lozim.

Agar kuchaytiriladigan signal sinusoidal bo‘lmasa, u holda u turli chastotaga ega bo‘lgan alohida garmonik tarkib toptiruvchilardan tashkil topishi mumkin. Kuchaytirgichning elementlarining induktiv va sig‘im qarshiliklari chastotaga bog‘liq bo‘lishini hisobga oladigan bo‘lsak, u holda shuni qayd qilish lozimki, murakkab signalning turli garmonikalari uchun kuchaytirish koeffitsiyenti turlicha qiymatlarga ega bo‘ladi, ya‘ni $K = f(\nu)$. Bu bog‘lanish kuchaytirgichning chastota tavsifi deb ataladi (6.1-rasm).

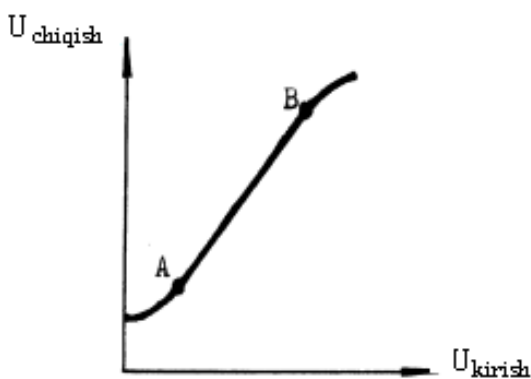


6.1-rasm. Kuchaytirgichning chastota tavsifi

Kuchaytirish koeffitsiyentining turli chastotalar uchun bir xil emasligi signalning chastota og‘ishlari yoki chiziqli og‘ishlarini chaqiradi. Grafikda ν_1 dan ν_2 gacha chastota intervali bilan chegaralangan deyarli to‘g‘ri chiziqli $a\theta$ uchastkani osongina ajratish mumkin, bu yerda K deyarli har doim o‘zgarmas bo‘ladi. Radiotexnikada uning $0,7K_{\text{max}}$ yoki $K(\nu_0)$ gacha kamayishi amalda signalni og‘ishtirmaydi deb hisoblash qabul qilingan.

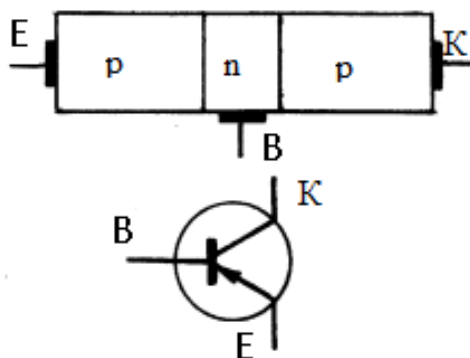
$\Delta\nu = \nu_2 - \nu_1$ chastota diapazoni kuchaytirgichning o'tkazish polosasi deb ataladi. Chastota tavsifi turli chastota intervaliga ega bo'lgan biopotensiallarni yozish uchun kuchaytirgichni tanlashda katta ahamiyatga ega. Shu sababli bir potentsiallarni yozib olish uchun mo'ljallangan kuchaytirgichdan boshqa potentsiallarni yozish uchun foydalanib bo'lmaydi.

Signallarni kuchaytirishda chastota og'ishlaridan tashqari nochiziqli og'ishlar ham vujudga kelishi mumkin. Ular shunday namoyon bo'ladiki, kuchaytirgichning chiqishida kiruvchi signalda bo'lmagan yangi garmonikalar (signallar) paydo bo'ladi. Nochiziqli og'ishlarga kuchaytiriladigan signalning katta amplitudalarida vujudga keladigan amplituda og'ishlari kiradi. Sinusoidal garmonik signalni kuchaytirishda uning shakli o'zgarmasligi uchun kiruvchi signalning o'zgarish chegaralarida kuchaytirish koeffitsiyenti turlicha kuchlanishlar uchun bir xil bo'lishi lozim. Kuchaytiriladigan signalning bunda chiziqli og'ishlar amalda bo'lmaydigan eng chekka amplitudasini aniqlash uchun kuchaytirgichning amplituda tavsifi (AT) quriladi. U o'zida chiqishdagi kuchlanish amplitudasining kirishdagi kuchlanish amplitudasiga bog'lanish grafigini taqdim qiladi, ya'ni $U_{0\text{chiqish}} = f(U_{0\text{kirish}})$. $U_{0\text{chiqish}} = KU_{0\text{kirish}}$ chiqish chiziqli bog'lanish o'lchashlarning chiziqli sohasida saqlanadi (AB). Bu sohaning chegaralaridan tashqariga chiqilganda chiziqli bog'lanish buziladi, chiqish signali endilikda garmonik bo'lmay qoladi, ya'ni chiziqli kuchayishlar vujudga keladi. Nogarmonik signal uchun amplituda tavsifi unda kuchaytirish koeffitsiyenti maksimal bo'ladigan ν_0 chastota uchun quriladi (6.2-rasmga qaralsin), shu sababli eksperimentda AT ni qurishga har doim 4X ni qurish taqdim qilinadi, u bo'yicha ν_0 aniqlanadi.



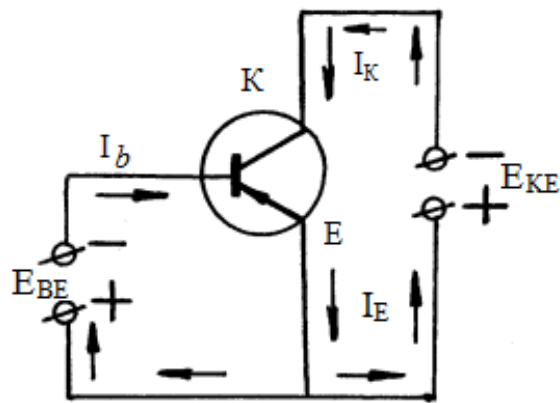
6.2-rasm. Kuchaytirgichning amplituda tavsifi

Tranzistorning bosh elementi yarimo‘tkazgichlar hisoblanadi, ular ma’lum bir parametrlar bilan tavsiflanadi, ularni bilish bilan bir kaskadli va ko‘p kaskadli kuchaytirgichlarning kuchaytirish koeffitsiyentlarini hisoblash, ularning tavsiflarini aniqlash va ishlash prinsipini ko‘rib chiqish mumkin.



6.3-rasm. p-n-p tipidagi tranzistor

O‘zida (p) teshikli va (n) elektronli yarim o‘tkazgichlarning birlashmasini taqdim qiladigan tranzistorlarda ishlangan kuchaytirgichning ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz. Yarim o‘tkazgichda elektr o‘tkazuvchanlikning bitta mexanizmining ikkita sohasi va boshqa mexanizmning bitta sohasi hosil qilinganda ikkita p-n o‘tish vujudga keladi. Tranzistorlar p-n-p va n-p-n tipda bo‘ladi. Tranzistorning markaziy qismi baza deb (B), chekka qismlari mos ravishda emitter (E) va kollektor (K) deb ataladi. 6.3-rasmda p-n-p tipidagi tranzistor va elektr sxemasida uning shartli belgilanishi ko‘rsatilgan. Tranzistorda emitterli va kollektorli o‘tishlar ajratiladi. Baza, kollektor va emitterga metall elektrodlar yordamida elektr kuchlanishini ulash mumkin. Tranzistorni zanjirga ulashning uchta sxemasi mavjud: umumiy baza bilan, umumiy kollektor bilan va umumiy emitter bilan. Umumiy emitterli sxema ko‘proq keng tarqalishga ega bo‘lgan, u tok kuchlanish va quvvat bo‘yicha anchagina katta kuchaytirishni ta’minlaydi. Keltirilgan sxemada (6.4-rasm) E_{BE} manba to‘g‘ri yo‘nalishda ulangan (manbaning EYuK unchalik katta emas), E_{KE} manba – teskari ulanishda ulangan va uning EYuK E_{BE} ning EYuK dan anchagina oshiq.



6.4-rasm. Tranzistorni ulash sxemasi

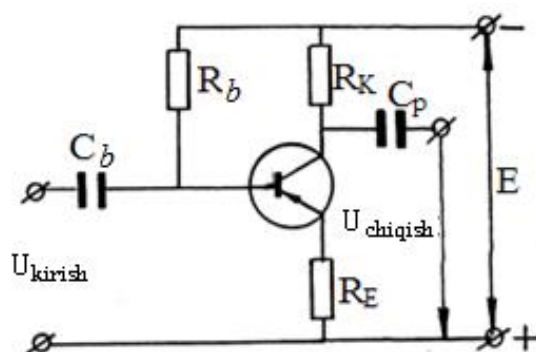
Tranzistorning ishlash prinsipi emitterli o'tishning to'g'ri kuchlanishi, ya'ni baza-emitter uchastkasi kollektorning tokiga katta ta'sir ko'rsatishiga asoslanadi.

U_{BE} to'g'ri kirish kuchlanishi oshganda I_E ham oshadi. Ko'p sonli teshiklar bazaga kelib tushish (injektorlanish) bilan u orqali difundlanadi (bazaning qalinligi etarlicha kichik) va kollektorga yetib keladi, uning tokini oshiradi. Bazada teshiklarning unchalik katta bo'lmagan qismi elektronlar bilan rekombinatsiyalanishi va kollektorga yetib bormasligi mumkin.

Agar baza-emitter zanjiriga o'zgaruvchan EYuK kiritilsa, u holda vujudga keladigan I_E o'zgaruvchan tok kollektor tokining o'zgarishini chaqiradi. Keltirilgan sxemada tranzistorning kuchaytirish xususiyatlari tok bo'yicha statik kuchaytirish koeffitsiyenti β bilan tavsiflanadi. U kollektor-emitter kuchlanishi o'zgarimas bo'lganda kollektor tokining ΔI_K ortishining baza tokining uning ortishini chaqiradigan ΔI_b ortishi nisbatiga teng bo'ladi: $\beta = \frac{\Delta I_K}{\Delta I_b}$ ($U_{KE} = \text{const}$).

Umumiy emitterli sxemada ΔI_b kiruvchi tokning o'zgarishiga, ΔI_K esa – chiquvchi tokning o'zgarishiga mos keladi.

6.5-rasmda umumiy emitterli kuchaytiruvchi kaskadning soddalashtirilgan sxemasi keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, kuchaytirilgan chiquvchi kuchlanish $U_{\text{chiqish}} = E - I_K R_K$ bo'ladi, bu yerda E – ta'minot manbaining EYuK, I_K – kollektorning tok kuchi, R_K – kollektorning qarshiligi.



6.5-rasm. Umumiy emitterli kuchaytiruvchi kaskad sxemasi

Emitterli o'tishga ulangan o'zgaruvchan kiruvchi signal kollektorning tok kuchiga va kollektor zanjirining R_K rezistorida kuchlanish tushishiga ta'sir ko'rsatadi.

Shunday qilib, chiquvchi kuchlanish kiruvchi kuchlanishning o'zgarishiga muvofiq tarzda o'zgaradi, ya'ni $\Delta U_{\text{chiqish}} = f(\Delta U_{\text{kirish}})$. Ma'lum bir shartlarda bu bog'lanish to'g'ri proporsional bo'lishi mumkin:

$K = \frac{\Delta U_{\text{chiqish}}}{\Delta U_{\text{kirish}}}$, bu yerda K – kuchlanish bo'yicha kuchaytirish

koefitsiyenti. Keltirilgan bir kaskadli kuchaytirgich sxemasidagi elementlar ma'lum bir mo'ljallanishga ega: R_b – ushbu qarshilik yordamida tranzistorning bazasiga unchalik katta bo'lmagan manfiy boshlang'ich kuchlanish beriladi. U bazaning zanjirida tok hosil qiladi, bu tok tranzistorni ochadi va kollektorning boshlang'ich tokini o'rnatadi, bu tok tinch tok deb ataladi. Siljish bo'lmagan taqdirda kiruvchi signalning og'ishi vujudga keladi, chunki bunday holda emitterli o'tish faqatgina kiruvchi signalning manfiy yarim davrlarida ochiladi, musbat yarim davrlarda esa u yopiq bo'ladi.

C_b – kiruvchi signalning o'zgaruvchan tarkib toptiruvchisiga sezilarli qarshilik ko'rsatmaydi va shu bilan birgalikda E manbaning musbat qutbining biopotensiallar manbai orqali bazaga tutashishiga to'sqinlik qiladi.

R_E – ushbu qarshilik orqali manfiy teskari bog'lanish amalga oshadi. U shuning uchun ham teskari deyiladiki, energiyaning bir qismi tranzistorning chiqishidan uning kirishiga uzatiladi. Bu qarshilik bo'ylab tranzistorning umumiy toki o'tadi, u I_K va I_b toklarning yig'indisiga teng bo'ladi va unda $U_{\text{tesk.bog'.}} = (I_K + I_b)R_E$ kuchlanish tushishini hosil qiladi. U U_{kirish} ga qarama-qarshi belgiga ega bo'ladi va shu sababli uni kamaytiradi. Manfiy teskari bog'lanish degan nom shundan kelib chiqqan. Manfiy

teskari bogʻlanish chiziqli va nochiziqli ogʻishlarni kamaytirish imkonini beradi, biroq bunda kuchaytirish koʻeffitsiyentini ham kamaytiradi. U kuchaytirgichning kirish qarshiligini oshiradi, bu biopotensiallarni olishda zaruriy shart boʻlib hisoblanadi, aks holda u biopotensiallar manbaini shuntlaydi va ularning kattaligini pasaytiradi. Elektrofiziologiyada kuchaytirgichning kirish qarshiligi biopotensial olinadigan uchastkaning qarshiligidan 10-20 martaga katta boʻlishi lozim deb hisoblanadi.

C_A – ajratuvchi kondensator. I_K tok R_K kuchlanish tushishini hosil qiladi, u C_A orqali bir kaskadli kuchaytirgichning chiqishiga uzatiladi. Bunda C_A faqatgina signalning oʻzgaruvchan tarkib toptiruvchisini oʻtkazadi.

Bitta kuchaytiruvchi kaskadning kuchaytirish koʻeffitsiyenti chiqishda qayd qiluvchi qurilma ishlashi mumkin boʻlgan kuchlanishni olishi uchun yetarli boʻlmaydi. Shu sababli koʻpincha bir nechta kuchaytiruvchi kaskadlardan foydalaniladi. Bunday holda kuchaytirgich koʻp kaskadli deb ataladi va umumiy kuchaytirish koʻeffitsiyenti har bir kaskadning kuchaytirish koʻeffitsiyentlarining koʻpaytmasiga teng boʻladi:

$$K = K_1 \cdot K_2 \dots K_n.$$

Qurilmaning tavsiflanishi

Ishni bajarish uchun quyidagi priborlardan foydalaniladi: tovush generatori (garmonik signallar manbai sifatida), past chastotali kuchaytirgich, kuchaytirgichning chiqishidagi kuchlanishni oʻlchash uchun voltmetr. Qurilma sxemasi 6.6-rasmda keltirilgan.



6.6-rasm. Qurilma sxemasi

6.2. Ishni bajarish tartibi

1. Tovush generatorini ishga tayyorlash

- 1.«Priborlar shkalasi» dastagini «x1» holatga qoʻying.
- 2.Chiqish qarshiligini «ATT» holatga qoʻying.

3.«Shkalaning chegaralari» almashtirib ulagichni 10 mV holatga qo‘ying.

4.«Ichki yuklama» ni «O‘chirilgan» holatiga qo‘ying.

5.«Ko‘paytirgich» almashtirib ulagichning dastagini «x1» holatga o‘rnating, «chastota Gs» tutqichi bilan 100 Gs chastotani o‘rnating.

6.«Chiqishni roslash» tutqichini soat strelkasiga teskari yo‘nalishda oxirigacha burang. Priborni yoqing.

6.3. Voltmetr (universal testor)ni o‘lchashlarga tayyorlash

1.Priborni yoqing.

2.Priborning o‘lchash chegarasini 300 V holatiga qo‘ying va «Nolni o‘rnatish» tutqichi bilan nolni o‘rnating.

6.4. Kuchaytirgichni ishga tayyorlash

1.Kuchaytirishni roslash tutqichini soat strelkasiga teskari yo‘nalishda oxirigacha burang.

2.Priborni yoqing.

6.5. Kuchaytirgichning chastota tavsifini qurish va o‘tkazish polosasini aniqlash

1.Generatorning «Chiqishni roslash» tutqichini aylantirish bilan uning voltmetrida 5mV (U_{kirish}) ni o‘rnating.

2.Kuchaytirishni roslash tutqichini aylantirish bilan voltmetrda 0,2 V ni o‘rnating.

3.Kuchaytirgichning kirishiga 100 Gs dan 20 kGs gacha bo‘lgan turlicha chastotali doimiy kuchlanishni berish bilan voltmetrning shkalasi bo‘yicha chiquvchi kuchlanishning mos keluvchi qiymatlarini oling.

4. U_{kirish} va $U_{chiqish}$ ma’lumotlar bo‘yicha tegishli chastotalar uchun kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlang va ma’lumotlarni jadvalga yozing.

v, Gs								
$U_{chiqish}, V$								
$K = U_{chiqish}/U_{kirish}$								

5.Kuchaytirgichning chastota tavsifini quring. Grafik bo‘yicha K_{max} ga mos keladigan v_0 ni aniqlang.

6.Yo‘l qo‘yiluvchi me‘yor bo‘yicha o‘tkazish polosasini belgilaydigan pastki v_1 va yuqorigi v_2 chastotalarni toping.

6.6. Kuchaytirgichning amplituda tavsifini qurish

1. Tovush generatorida «Chiqishni rostlash» tutqichi bilan uning voltmetrida nol kuchlanishni oʻrnatish. Chiqishdagi kuchlanishning kattaligini qayd qiling.

2. Generatorida «Koʻpaytirgich» almashtirib ulagich va «Gs chastota» tutqichi bilan maksimal kuchaytirish koeffitsiyentiga mos keladigan ν_0 chastotani oʻrnatish.

3. Voltmetrda «Chegaralar» almashtirib ulagichni «1V» holatiga oʻrnatish.

4. Generatorning «Chiqishni rostlash» tutqichini aylantirish bilan voltmetr boʻyicha har 1 mV dan keyin 1-10 mV kirishdagi kuchlanishni birin-ketin oʻrnatish, lampali voltmetrning koʻrsatishlarini qayd qiling. Maʼlumotlarni jadvalga yozing.

$U_{\text{kirish}}, \text{ mV}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{chiqish}}, \text{ V}$										

5. Kirish va chiqishdagi kuchlanishning effektiv qiymatlari boʻyicha ularning amplituda qiymatlarini aniqlang ($U_0 = \sqrt{2}U_{\text{eff.}}$) va amplituda tavsifini (AT) quring.

6. AT grafigida toʻgʻri chiziqli uchastkani ajrating va undan boshlab chiziqli ogʻishlar vujudga keladigan eng chekka amplitudani toping.

6.7. Nazorat savollari

1. Elektr sxemalarida har xil tipdagi tranzistorlar shartli ravishda qanday belgilanadi?

2. p-n-p tipdagi tranzistorni umumiy emitterli zanjirga ulashning prinsiplial elektr sxemasini chizing.

3. Tranzistorda ishlangan bir kaskadli kuchaytirgichning eng sodda sxemasini chizing. Sxema elementlarining moʻljallanishi qanday?

4. Tranzistor asosida yigʻilgan kuchaytirgichning ishlash prinsipini tushuntirib bering.

5. Kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?

6. Chastota va amplituda ogʻishlarining vujudga kelish sabablari qanday?.

7. Kuchaytirgichning chastota tavsifi deb nimaga aytiladi? Tavsif grafik tarzda qanday tasvirlanadi?

8. Kuchaytirgichning oʻtkazish polosasi deb nimaga aytiladi? U chastota tavsifi boʻyicha qanday aniqlanadi?

7-LABORATORIYA ISHI

GARMONIK TEBRANISHLAR VA TO‘G‘RI BURCHAKLI IMPULSLAR GENERATORLARI (MULTIVIBRATOR) NI O‘RGANISH. ELEKTROAKUPUNKTUR STIMULYATOR

Laboratoriya ishining maqsadi: garmonik tebranishlar generatori va to‘g‘ri burchakli impulslar generatorining (multivibrator), shuningdek akupunktur stimulyatorning ishlashini tadqiq qilish.

7.1. Qisqacha nazariy ma’lumotlar

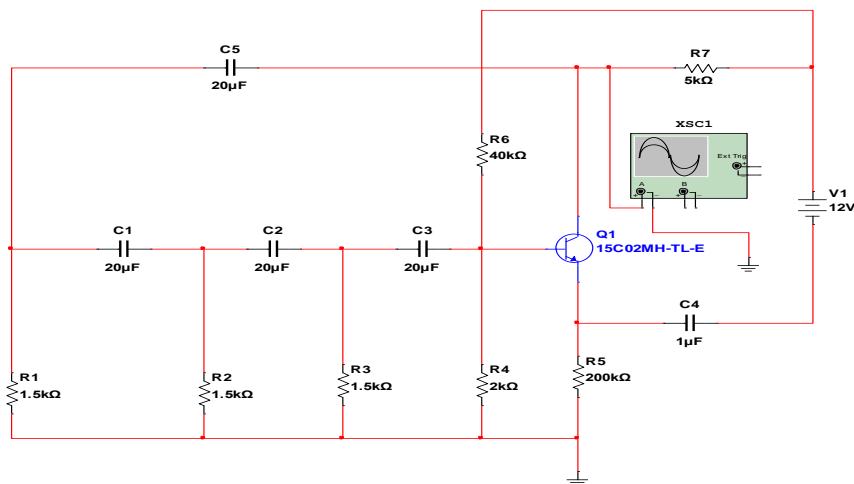
Mazkur ishga tayyorgarlik ko‘rish uchun «Garmonik tebranishlar avtogeneratorlari» mavzusi bo‘yicha nazariy materialni takrorlang [7; 182-192 betlar].

Tibbiyot texnikasida to‘g‘ri burchakli impulslar va garmonik signallar generatorlari elektruyqu va og‘riqsizlantirish apparatlari, muskullarni elektrodiagnostlash va elektrostimulyatsiyalash apparatlari, impulsi sinusoidal va modullangan toklar bilan davolash apparatlari, UYuCh, O‘YuCh va ultratovushli davolash apparatlarida, shuningdek diatermiya, elektroxirurgiya, darsonvalizatsiya, induktotermiya va hokazolarda qo‘llaniladi.

7.2. Ishning mazmuni va uni bajarish uslubi

7.2.1. Garmonik tebranishlar generatorini o‘rganish

1. Garmonik tebranishlar generatorini tadqiq qilish uchun 7.1-rasmda tasvirlangan sxemani yig‘ish zarur bo‘ladi.



7.1-rasm. Garmonik tebranishlar generatori

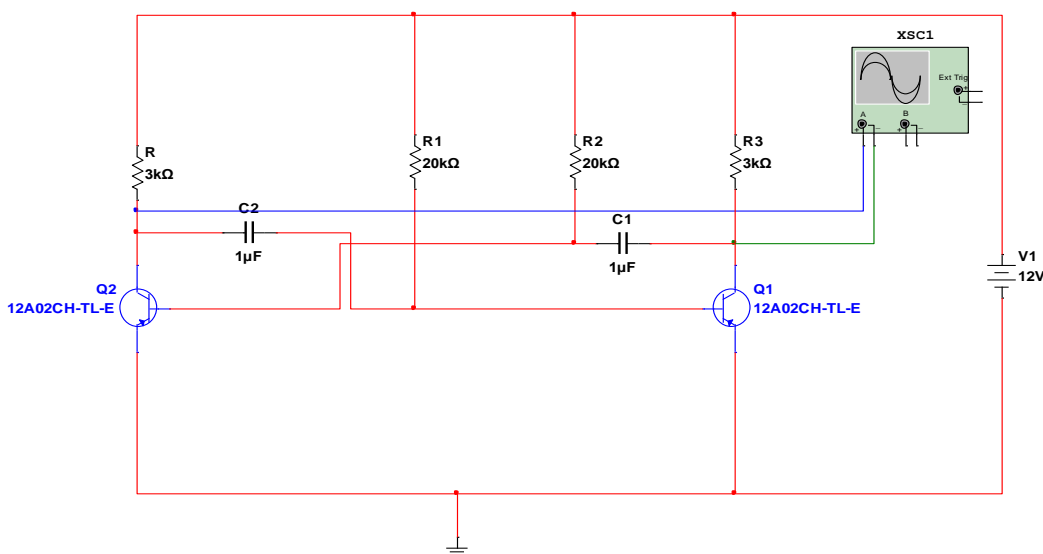
Ossillografning kuchlanishni bo'lgichining amplituda qiymatini 1 V/bo'l. ga va yoyish vaqtini 0,20 s/bo'l. ga o'rnatish. Sxemani yoqing va o'zgaruvchan signalning qaror topish vaqtini, garmonik signalning amplitudasi va chastotasini aniqlang. U_{chiqish} signalining amplitudasi, f tebranishlar chastotasi va τ signalning qaror topish vaqtining U_c ta'minot kuchlanishiga bog'lanishini tadqiq qiling. 7.1-jadvalni to'ldiring.

7.1-jadval

	Uc ta'minot kuchlanishi					
	10 V	15 V	20 V	25 V	30 V	35 V
U_{chiqish}						
F						
T						

7.2.2. To'g'ri burchakli impuls generatorini (multivibrator) o'rganish

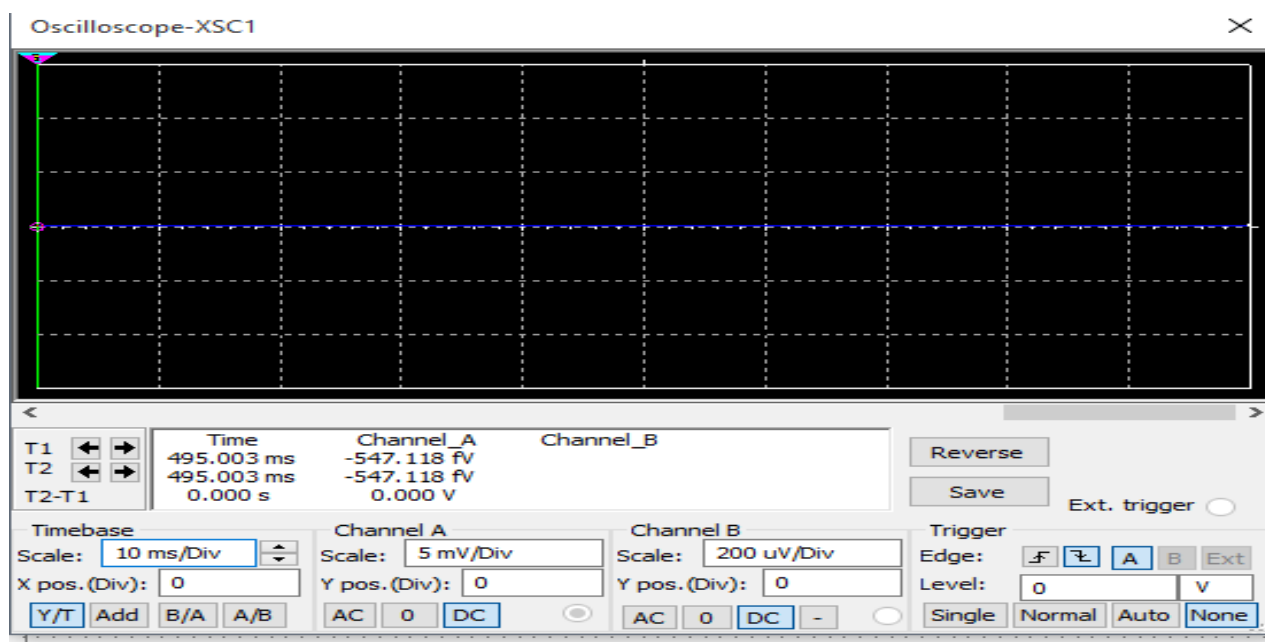
2. 7.2-rasmda tasvirlangan to'g'ri burchakli impuls generatori sxemasini yig'ing.



7.2-rasm. To'g'ri burchakli impuls generatori (multivibrator)

Tranzistorlarning xususiyatlarida 'ewb' kutubxonasidan 'QPL' modelini tanlang ('Models' qo'yilmasi). Sxemani yoqing. A va B kanallarda kuchlanishni bo'lgichning qiymatlarini har ikkala ossillogramma ekranga to'liq joylashadigan qilib tanlang. Ossillografda signallarni alohida-alohida kuzatish uchun kanallardan biri bo'yicha siljitish bering (masalan, 7.3-rasmda ko'rsatilganidek, A kanal bo'yicha).

Tranzistorlarning ochilish va yopilish momentlari bo'yicha xulosalar qiling.

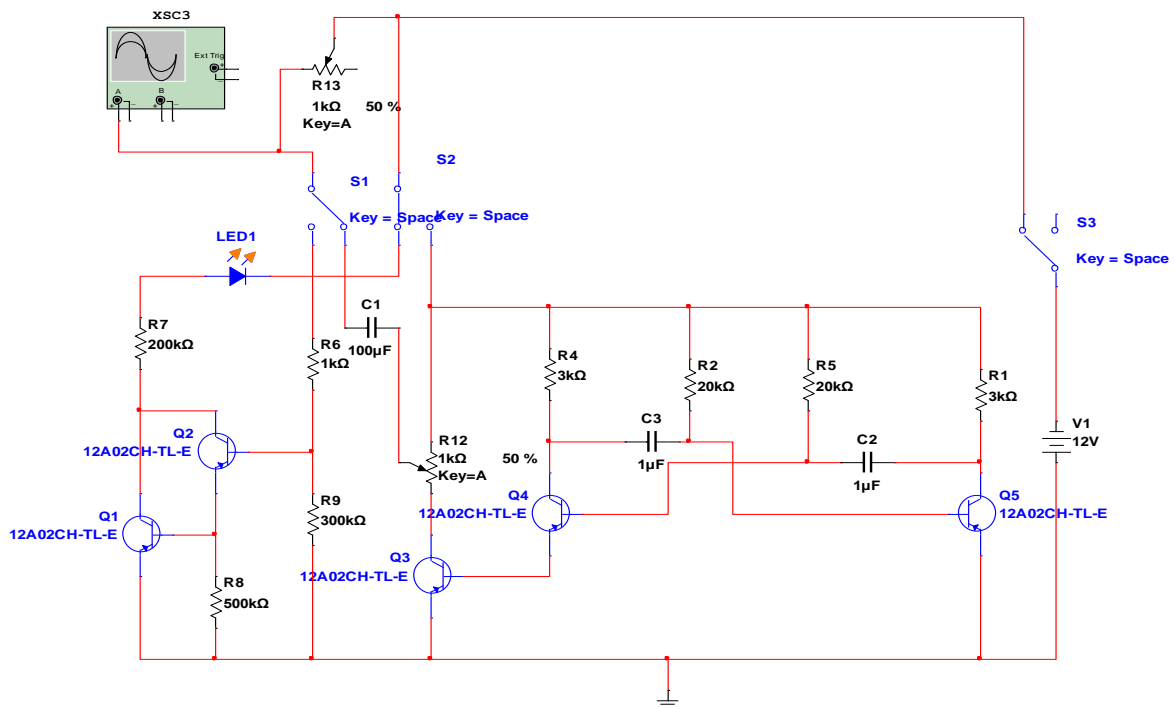


7.3-rasm. To'g'ri burchakli impuls generatorining chiqish ossillogrammalari

Mustaqil ish uchun topshiriq

7.2.3. Elektroakupunktur stimulyatorning sxemasini o'rganish

1. 7.4-rasmda keltirilgan sxema elektroakupunktur stimulyatorning soddalashtirilgan sxemasi bo'lib, ikkita ishlash rejimi – faol nuqtalarni qidirish va nuqtaga elektr impulslari bilan ta'sir ko'rsatish rejimiga ega. Rejimlar o'chirgichlar bilan (V) almashtirib ulanadi, zanjirni ta'minoti ham o'chirgich bilan [Space] yoqiladi. Bemor tanasining qarshiligini o'zgaruvchan rezistor [R] imitatsiyalaydi.



7.4-rasm. Elektroakupunktur stimulyatorning sxemasi

Faol nuqtalarni qidirish rejimida sxemaning chap qismi yoqiladi, u oʻzida yuklamasiga yorugʻlik diodi ulangan tarkibli tranzistorni taqdim qiladi. Tarkibli tranzistor elektron kalit rejimida ishlaydi, faol nuqta topilganda yorugʻlik diodi yonadi. Agar yorugʻlik diodining yonishi barqaror boʻlsa, u holda stimulyator [B] kalitlar bilan faol nuqtaga taʼsir koʻrsatish rejimiga almashtirib ulanadi. Taʼsir koʻrsatish tokining kuchi [S] oʻzgaruvchan rezistor bilan rostlanadi.

7.4-rasmda tasvirlangan sxemani yigʻing. Faol nuqtalarni qidirish rejimida [R] (Bemor) oʻzgaruvchan rezistorni oʻzgartirish bilan yorugʻlik diodining yonishiga erishing. Shundan keyin [B] kalitlar yordamida elektroakupunktur stimulyatorni bemorga elektr impulslari bilan taʼsir koʻrsatish rejimiga almashtirib ulang. Ossillogrammani oling va signalning shaklini daftarga chizing.

Konstruktiv jihatdan pribor bir shupli qilib ishlangan, ikkinchi shup sifatida priborning metall korpusidan foydalaniladi. Zamonaviy elektrostimulyatorlar mikrosxemalarda yigʻiladi va faol nuqtalarga taʼsir koʻrsatish boʻyicha bir nechta rejimlarga ega boʻladi.

7.3. Nazorat savollari

1. Garmonik tebranishlar generatorining tuzilishi va ishlash prinsipi qanday?
2. Garmonik tebranishlar generatorining teskari bogʻlanish zanjirida

RC-filtrning mo'ljallanishi qanday?

3. To'g'ri burchakli impulslar generatori (multivibrator) to'g'risida nimalarni bilasiz?

4. Elektroakupunktur stimulyatorning prinsipial sxemasi qanday?

5. Faol nuqtalarni qidirish rejimi. Nuqtaga elektr impulslari bilan ta'sir ko'rsatish rejimi?

8-LABORATORIYA ISHI

UYuCh-TERAPIYA GENERATORINING ISHLASHINI O'RGANISH

Laboratoriya ishining maqsadi: UYuCh generatorining ishlash prinsipini o'rganish va u bilan amaliy ishlash ko'nikmalarini hosil qilish.

Priborlar va jihozlar: YBЧ-66 apparati, dipol, mikroampermetr, ikkita termometr, sekundomer, ikkita pleksiglas idish, distillangan suv (dielektrik), fiziologik eritma (elektrolit).

8.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Ultrayuqori chastotali elektromagnitik to'lqinlar 30 MGs dan 300 MGs gacha bo'lgan diapazonda yotadi. UYuCh-terapiyada elektr maydonining chastotasi 40-50 MGs bo'ladi.

Tirik to'qima, murakkab tizim bo'lib hisoblanish bilan, tokni o'tkazadigan va elektr o'tkazuvchanlik bilan tavsiflanadigan elektrolitlar tipidagi elementlarni o'z ichiga oladi. O'tkazilgan tok maydon energiyasining issiqlik energiyasiga aylanishi bilan birgalikda kuzatiladi, uning quvvatini quyidagi formula bo'yicha hisoblash mumkin:

$$P = \frac{U^2}{R}, \quad (8.1)$$

bu yerda P – tok o'tayotganda ajralib chiqadigan quvvat,

U – kuchlanish,

R – qarshilik.

UYuCh-terapiyada to'qima tok manbai bilan bevosita kontaktga ega bo'lmasligi, balki elektr maydonida joylashishi sababli, tok o'tkazuvchi to'qimalarda ajralib chiqadigan issiqlik miqdorini elektr maydonining kuchlanganligi orqali ifodalash maqsadga muvofiq bo'ladi. (8.1) formulani unchalik murakkab bo'lmagan qayta shakllantirish bilan quyidagini olamiz:

$$q = \frac{E^2}{\rho}, \quad (8.2)$$

bu yerda q – vaqt birligida to‘qimaning hajm birligida ajraladigan issiqlik miqdori,

E – elektr maydoni kuchlanganligining effektiv qiymati,

ρ – solishtirma qarshilik.

UYuCh-terapiyada ionlarning siljish amplitudasi odatdagi issiqlik harakatining amplitudasidan biroz oshiq bo‘ladi. Shu sababli elektrolitlarda issiqlik ajralishi unchalik katta bo‘lmaydi va bu siljishlar past chastotalardagi kabi qo‘zg‘atuvchi ta’sir ko‘rsatmaydi.

To‘qimalarda shuningdek dielektriklar ham mavjud bo‘ladi, ular ma’lum bir dielektrik singdiruvchanlik qiymati bilan tavsiflanadi. UYuCh maydon dielektriklarning elektr dipollariga yo‘naltiruvchi ta’sir ko‘rsatadi, ularni maydonning kuch chiziqlari bo‘ylab joylashtiradi. Elektr maydoni o‘zgarishi bilan qutb molekulalarining bunday saflanishi issiqlik ajralishi bilan birgalikda kuzatiladi, uni quyidagi formula bo‘yicha hisoblash mumkin:

$$q = \omega \varepsilon \varepsilon_0 \operatorname{tg} \delta E^2$$

bu yerda ω – maydonning aylanish chastotasi,

ε – dielektrik singdiruvchanlik,

ε_0 – elektr doimiysi,

E – elektr maydoni kuchlanganligining effektiv qiymati,

$\operatorname{tg} \delta$ – dielektrik yo‘qolishlar burchagining tangensi (elektr maydonining dielektrikning qizishiga sarflanadigan elektr miqdorini tavsiflaydi),

δ – dielektrik yo‘qolishlar burchagi (umumiy tok va uning reaktiv tarkib toptiruvchisi o‘rtasidagi burchak).

Dielektriklar uchun q tok o‘tkazuvchi to‘qimalarda bo‘lgani kabi faqatgina muhitning tavsiflari va maydonning kuchlanganligiga emas, balki chastotaga ham bog‘liq bo‘lishi sababli, UYuCh-terapiyada qo‘llaniladigan chastotalarda dielektrik-to‘qimalarning qizishi tokni o‘tkazuvchan to‘qimalarga qaraganda shiddatliroq kechadi.

Boshqa bir o‘ziga xos xususiyat sig‘imiy qarshilikning kamayishi bo‘lib hisoblanadi ($R_c = \frac{1}{\omega C}$), shu sababli hujayra membranalari tokning o‘tishiga sezilarli to‘sqinlik qilmaydi. UYuCh-terapiyada teri osti qatlami nisbatan kam qiziydi, chunki uning sig‘imiy qarshiligi katta emas. UYuCh maydoni teri, teri ostidagi yog‘ qatlami orqali oson o‘tadi va bo‘g‘inlarning ichiga singib kiradi, suyak orqali orqa miyaga va

energiyaning boshqa turlari suqilib kira olmaydigan boshqa to'qimalarga yetib boradi.

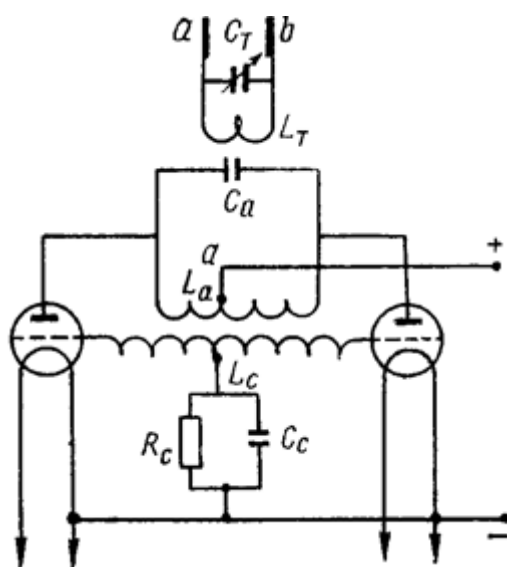
Fizioterapiyada UYuCh ning ta'sir ko'rsatishining ikkita – issiqlik va spetsifik mexanizmlari ajratiladi. Noissiqlik effektlari impulsli UYuCh-terapiyada katta darajada namoyon bo'ladi, bunda organizmga 2-8 mikrosekund davomiylikdagi impulslar bilan ta'sir ko'rsatiladi, pauzalar impulsning davomiyligidan bir necha yuz marta katta bo'ladi. Bunday ta'sir ko'rsatilganda murakkab molekullarning strukturasi o'zgaradi, chegara hujayralari membranalarida ionlar konsentratsiyalarining siljishi sodir bo'ladi, hujayralarning funksional holati o'zgaradi.

Hozirgi kunda UYuCh maydoni har qanday yallig'lanish jarayonlari, qon aylanishining turli buzilishlari, nafas organlirining kasalliklari va hokazolarni davolashda keng qo'llaniladi.

8.2. Qurilmaning tavsiflanishi

UYuCh apparati o'zida terapevtik kontur bilan induktiv tarzda bog'langan ikki taktli elektr tebranishlari generatorini taqdim qiladi. Terapevtik konturning elektr tebranishlaridan bemorga ta'sir ko'rsatish uchun foydalaniladi, uning tanasining ma'lum bir uchastkasi terapevtik konturning elektrodleri orasiga ularga tegib turmaydigan qilib joylashtiriladi.

Ikki taktli generatorning prinsipial sxemasi 8.1-rasmda tasvirlangan.



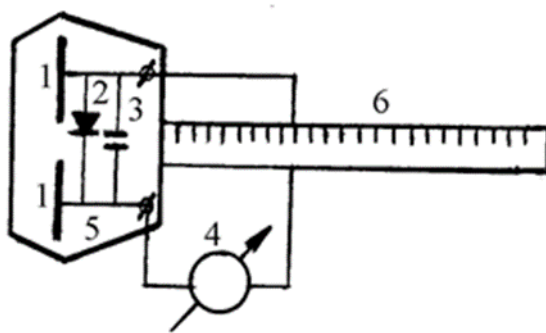
8.1-rasm. Ikki taktli generatorning prinsipial sxemasi

U o'zida $L_a C_a$ umumiy anodli tebranish konturi, L_c umumiy to'rtli bog'lanish g'altagi, L_1 va L_2 triada lampalarning to'rtlarining zanjirlariga

ulangan R_c umumiy qarshilikka ega bo'lgan 2 ta oddiy bir taktli generatorlar birlashmasini taqdim qiladi. R_c qarshilik lampalarning to'rlarida katodga nisbatan ma'lum bir manfiy potensialni avtomatik tarzda yaratish imkonini beradi, bunda konturda tebranishlar bo'lmaganda har ikkala lampa ham amalda tokni o'tkazmaydi. Anod kuchlanishi berilganda anod konturida elektromagnitik tebranishlar vujudga keladi, ularning chastotasi L_a induktivlik va C_a sig'im bilan belgilanadi. Tebranish konturidagi o'zgaradigan kuchlanish ta'siri ostida kontur bilan induktiv tarzda bog'langan L_c g'altak orqali lampalarning to'rlariga ham o'zgaruvchan potensial uzatiladi. Buning natijasida davrning birinchi yarmida bitta lampaning to'rida musbat potensial hosil bo'ladi va bu lampa orqali tok o'tadi, boshqa lampaning to'rida esa – manfiy potensial hosil bo'ladi va u yopiq bo'ladi. Tebranishlar davrining ikkinchi yarmida lampalarning to'rlaridagi potenciallar qarama-qarshisiga o'zgaradi, ya'ni generator ikki taktli sxema bo'yicha ishlaydi. Lampalar 180° faza siljishi bilan navbatma-navbat ishlaydi va har ikkala yarim davrlar davomida ular orqali tok manбайдan konturga energiya beriladi, buning natijasida konturda so'nmaydigan tebranishlar ushlab turiladi.

$L_a C_a$ konturi bilan induktiv tarzda $L_t C_t$ terapevtik kontur bog'langan. C_t – o'zgaruvchan sig'imli kondensator. Uning sig'imini o'zgartirish bilan $L_a C_a$ kontur bilan rezonansda $C_t L_t$ konturni shaylash amalga oshiriladi, ya'ni terapevtik kontur va anod konturining chastotalari mos tushganda $C_t L_t$ konturda kuchlanishning tebranish amplitudasining maksimal qiymatiga erishiladi. Rezonansning boshlanish momenti bemorning elektrodleri (BE) (sxemada a, b) orasiga joylashtirilgan neonli indikator lampochkaning maksimal yorug'lik taratishi bo'yicha aniqlanadi.

Elektr maydoni kuchlanganligini bemorning elektrodleri o'rtasida taqsimlanishini tadqiq qilish uchun dipol antennadan foydalaniladi (8.2-rasm), u o'zida ikkita 1 kalta (uzunligi 5 sm atrofida) yarim o'tkazgichni taqdim qiladi, ularning orasiga 2 yuqori chastotali yarim o'tkazgich diod va 3 kondensator (30-40 pF sig'imli) ulangan. Dipol 4 mikroampermetrga ulangan. Detallarni 5 yog'och asosda montaj qilish mumkin. Dipol har 1 sm da bo'linishga ega bo'lgan 6 planka yordamida shtativga mahkamlanadi. Dipol antenna konturida vujudga keladigan tok kuchi UYuCh ning elektr maydoni kuchlanganligiga proporsional bo'ladi. Mazkur ishda dipolni faqatgina gorizontallik yo'nalishda ko'chirish bilan bir qator o'lchashlarni bajarish taklif qilinadi.



8.1-rasm. Dipol antenna

Turli moddalarning UYuCh maydonida qizishini tadqiq qilish uchun dielektrik sifatida distillangan suv, elektrolit sifatida esa – fiziologik eritma olinadi. Ko‘rsatilgan suyuqliklarning solishtirma issiqlik sig‘imi deyarli bir xil. Har ikkala suyuqlik to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi idishlarga quyiladi, idishlar UYuCh apparatining elektrodleri orasiga shunday mo‘ljal bilan joylashtiriladiki, bunda elektr maydoni ta’sir ko‘rsatganda ular uchun bir xil sharoitlar ta’minlansin.

8.3. Ishni bajarish tartibi

1. UYuCh apparati elektr maydonining taqsimlanishini o‘rganish

Ishning mazkur bosqichini bajarish uchun quyidagilar lozim bo‘ladi:

1. Elektrodlerining orasi markaziga dipol antennani o‘rnatish. Antennaning o‘zaklari elektr maydonining kuchlanganligi bo‘ylab joylashishi lozim, ya’ni bemorning elektrodleri (BE) parallel bo‘lsa, u holda dipolning o‘qi elektrodlerining plastinkalariga perpendikulyar bo‘lishi lozim.

2. UYuCh apparatini yoqish, buning uchun «Kuchlanish» almashtirib ulagich 1 holatga qo‘yiladi, bunda signal lampochkasi yonishi lozim.

3. «Nazorat» tugmachasini bosish va «Kuchlanish» almashtirib ulagichni aylantirish bilan indikator priborining strelkasini qizil sektorning o‘rtasiga o‘rnatish.

4. «Quvvat» almashtirib ulagichni 20 Vt holatiga o‘rnatish.

5. Dipol antennani gorizontaal yo‘nalishda markazdan chapga va o‘ngga ℓ masofaga siljitish bilan har 1 sm dan keyin I tok kuchini o‘lchash. O‘lchashlarning natijalarini 8.1-jadvalga yozish.

№ t/r	ℓ , sm markazdan chapga	I, μA	ℓ , sm markazdan o'ngga	I, μA

6. $I = f(\ell)$ bog'lanish grafigini qurish.

2. Terapevtik konturning rezonans egri chiziqlarini olish

1. Rezonans jarayonini o'rganish uchun «Shaylash» tutqichiga ko'rsatish strelkasini mahkamlash, generatorning korpusining oldingi paneliga esa – transportirni mahkamlash.

2. Dipol antennani bemorning elektrodleri orasi markaziga joylashtirish. Elektrodler o'rtasidagi oraliq masofa 10 – 15 sm bo'lishi lozim.

3. Shaylash dastagini dipol antenaning o'lchash priborining ko'rsatishi minimal bo'ladigan holatga chiqarish.

4. «Shaylash» tutqichini aylantirish bilan har 5° dan keyin mikroampermetrning ko'rsatishlarini olish.

5. Elektrodler o'rtasidagi masofa 20 sm bo'lganda xuddi shunday o'lchashlarni o'tkazish.

6. O'lchashlarning natijalarini 8.2-jadvalga yozish.

φ^0								
I, μA								

7. Elektrodler o'rtasidagi har ikkala masofada $I = f(\varphi)$ bog'lanish grafiklarini qurish.

3. UYuCh maydonining elektrolitlar va dielektriklarga issiqlik ta'sirini tadqiq qilish

1. Terapevtik konturning elektrodleri orasiga ikkita bir xil to'g'ri burchakli kyuvetalarni joylashtirish, ularda dielektrik – distillangan suv va elektrolit – fiziologik eritmaning hajmlari bir xil bo'lishi lozim.

2. Apparatni tarmoqqa ulash va «Shaylash» tutqichini aylantirish bilan terapevtik konturni rezonans holatida generatorning konturiga shaylash, buni neonli lampochkaning yorqin yonishi bo'yicha aniqlash mumkin.

3. Teng vaqt oraliqlaridan keyin (1-2 min) kyuvetalarga kiritilgan termometrlarning ko'rsatishlarini olish.

4. O'lchashlarning natijalarini 8.3-jadvalga yozish.

8.3-jadval

t, min	t, °C elektrolit	t, °C dielektrik

5. Haroratning vaqtga bog'lanish grafiklarini qurish. Dielektrik va elektrolitning UYuCh maydonida qizish shiddatini solishtirish.

8.4. Nazorat savollari

1. UYuCh tebranishlari qaysi chastota diapazonlarida yotadi?

2. UYuCh-terapiyada elektr maydonining chastota diapazonlari qanday?

3. UYuCh-terapiya apparati o'zida nimani taqdim qiladi?

4. UYuCh-terapiya uchun mo'ljallangan ikki taktli lampali generatorning ishlash prinsipini tushuntirib bering.

5. UYuChning elektr maydoni elektrolitlar va dielektriklarga qanday ta'sir ko'rsatadi?

6. Ko'proq ionlar va dielektriklardan tashkil topadigan to'qimaning hajm birligidan vaqt birligida ajraladigan issiqlik miqdorini hisoblash formulalarini yozing.

7. Terapevtik konturning mo'ljallanishi nimadan iborat?

8. Terapevtik konturda o'zgaruvchan sig'imli kondensatorning mo'ljallanishi nimadan iborat?

9. Terapevtik kontur va anod konturda rezonansning boshlanish vaqti qanday aniqlanadi? U qanday sharoitlarda vujudga keladi?

9-LABORATORIYA ISHI

CHIZIQLI O'ZGARUVCHI KUCHLANISH GENERATORI VA ANALOGLI MULTIPLEKSORNI TADQIQ QILISH

Laboratoriya ishining maqsadi: operatsion kuchaytirgichda integratordan foydalanadigan chiziqli o'zgaruvchi kuchlanish generatorining sxemasida analogli kommutatorning qo'llanilishi va uning tavsiflari bilan tanishish.

9.1. Boshlang'ich ma'lumotlar

1. Laboratoriya ishida TL072 tipidagi operatsion kuchaytirgich va KP590KH9 analogli kommutatordan foydalaniladi. Mazkur elementlar bo'yicha asosiy ma'lumotlar ilovada keltirilgan.

2. Sxemalarni ta'minoti uchun $U_{ta'm1} = +15 \text{ V}$ va $U_{ta'm2} = -15 \text{ V}$ turg'unlashtirilgan kuchlanishlardan foydalanish lozim. Ta'minot manbalarining umumiy nuqtasi tadqiq qilinadigan sxemaning umumiy nuqtasiga ulanishi lozim.

3. Sxemaning kirishiga maxsus signallar generatoridan to'g'ri burchakli shakldagi impulslar beriladi.

4. Chiquvchi signalning shakli va amplitudasini nazorat qilish ossillograf yordamida amalga oshiriladi.

9.2. Qisqacha nazariy ma'lumotlar

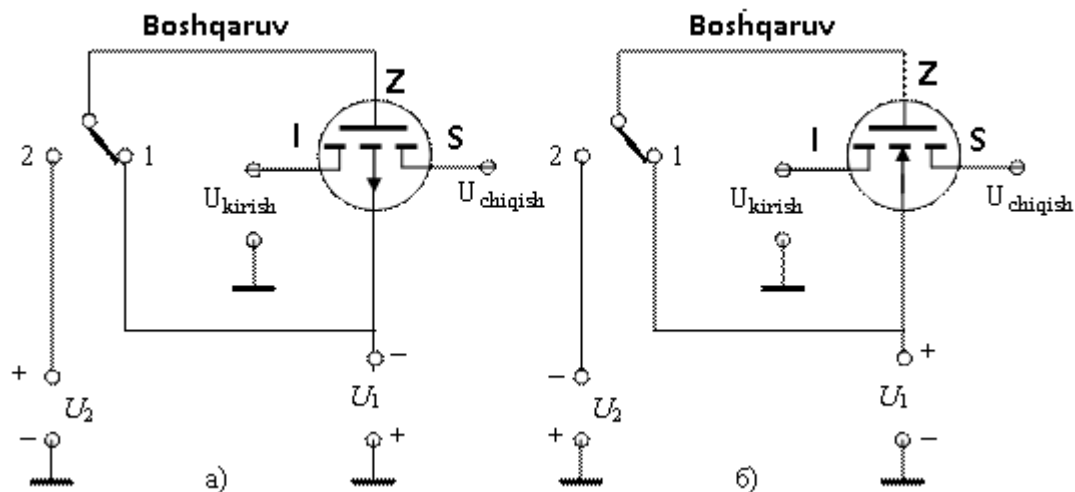
Analogli kommutator elektr signali zanjirini tutashtirish yoki ajratish uchun xizmat qiladi. Agar kommutator «Yoqilgan» holatida bo'lsa, uning o'tkazish qarshiligi imkon qadar nolga teng bo'lishi lozim; agar kommutator «O'chirilgan» holatida bo'lsa, u holda uning qarshiligi cheksizlikka qarab intilishi lozim.

MOSFET (MOS FIELD – EFFECT TRANSISTOR) zatvori izolyatsiyalangan maydonli tranzistorlarning rivojlanishi analog signallarning yuqori sifatli kommutatorlarini yaratish imkonini bergan. Mazkur tranzistorlarni boshqarish zanjirlarining kirish qarshiligi taxminan 10^{12} Om ni tashkil qiladi. MOSFET tranzistorining kirish-chiqish qarshiligi zatvor bilan taglik o'rtasidagi kuchlanishga (U_{zt}) bog'liq bo'ladi. Xususan, boyitilgan tipdagi n -kanalli tranzistor uchun, agar $U_{zt} = 0$ bo'lsa, u holda kirish-chiqish qarshiligi juda katta - 10^{10} Om dan oshiq bo'ladi. Bunday holda bunday tranzistorni ajralgan kalit deb hisoblash mumkin. Agar U_{zt} etarlicha katta qilib, odatda $U_{zt} > 10\text{V}$ qilib o'rnatilsa, u holda katta quvvatli maydonli tranzistorlarda kirish-chiqish qarshiligi 1 Om dan kichik bo'ladi va bunday holda kalitni tutashgan deb hisoblash mumkin (9.1, a-rasm). p -kanalli tranzistorda kalitning tutashishi, agar zatvor bilan taglikning orasiga 10 V atrofida manfiy kuchlanish berilsa – xuddi shunday tarzda sodir bo'ladi (9.1, b-rasm).

9.1-rasmda U_{kirish} kiruvchi signal tranzistorning kirishiga beriladi, $U_{chiqish}$ chiquvchi signal esa chiqishdan olinadi. Almashtirib ulagichning (1) holatida kalit yopiq bo'ladi va U_{kirish} kiruvchi kuchlanishning qiymatidan qat'iy nazar $U_{chiqish} = 0$ bo'ladi. Almashtirib ulagichning (2)

holatida tranzistor o'tkazuvchan holatda bo'ladi va $U_{\text{chiqish}} = U_{\text{kirish}}$ bo'ladi. Zatvor va taglik qarama-qarshi belgiga ega bo'lgan kuchlanishli ikkita manbadan ta'minoti tufayli, kalit orqali ta'minot manbaining umumiy nuqtasiga nisbatan musbat qutbga ega bo'lgan signallar ham, manfiy qutbga ega bo'lgan signallar ham o'tadi.

Bunda kiruvchi signalning amplitudasi zatvordagi va taglikdagi kuchlanish darajasidan yuqori bo'lmasligi muhim bo'ladi.



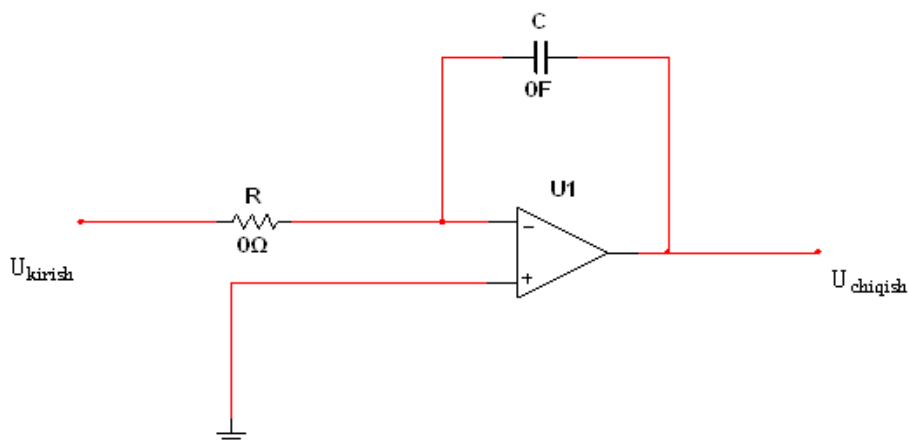
9.1-rasm. Zatvori izolyatsiyalangan maydonli tranzistorlardagi analogli kommutatorlar: *n*-kanalli (a) va *p*-kanalli (b)

Bir nechta kalitlarni mustaqil kirishli, umumiy boshqarish zanjiriga va yagona chiqishga ega bo'lgan parallel guruhlariga birlashtirish analogli multipleksor - bir nechta kirishlarni umumiy chiqishga tanlanma tarzda, boshqariladigan kommutatsiyalashni amalga oshiradigan qurilmaning hosil bo'lishiga olib keladi. Mazkur qurilma telefoniyada keng qo'llanilishga ega bo'lgan, o'lchash texnikasida esa kuchaytiruvchi yoki qayta o'zgartiruvchi qurilmalarning kirishlariga turli manbalardan keladigan signallarni navbatma-navbat tutashtirish imkonini beradi. Analogli multipleksordan demultipleksor sifatida, ya'ni signallarni umumiy kirishdan bir nechta kirishga navbatma-navbat, boshqariladigan kommutatsiyalashni amalga oshiradigan qurilma sifatida foydalanish nazariy jihatdan ham, amaliy jihatdan ham mumkin bo'ladi.

O'zining ideal emasligi oqibatida analogli kommutatorlar ishlov beriladigan signallarga ma'lum bir xatoliklarni olib kiradi. Elektron analogli kommutatorlarning xatoliklarining manbalariga quyidagilar kiradi:

- yoqilgan holatda elektron kalitning nolga teng bo'lmagan o'tkazish qarshiligi va o'chirilgan holatda uning oxirgi kattaligi;

- yopiq kalitda qoldiq kuchlanish tushishi, ya'ni kalitda tok bo'lmaganda ham unda kuchlanishning bo'lishi;
- informatsion va boshqaruvchi kirishlarda kalit qarshiligining kuchlanishga (tokka) nochiziqli bog'lanishi;
- boshqaruvchi va kommutatsiyalanadigan signallarning o'zaro ta'sirlashishi;
- kommutatsiyalanadigan toklar va kuchlanishlarning cheklangan dinamik diapazoni (amplituda va belgi bo'yicha).



9.2-rasm. Miller sxemasi

Operatsion kuchaytirgichdagi integrator (9.2-rasm), u Miller sxemasi deb ham ataladi, manfiy teskari bog'lanish zanjirida C kondensatorga ega. Operatsion kuchaytirgichning kirishiga tarmoqlanadigan tok juda kichik bo'lishi sababli, chiziqli kuchaytirish rejimida operatsion kuchaytirgich uchun xarakterli bo'lgan $k_u \geq 100\ 000$ qiymatlarda operatsion kuchaytirgichning kirishlari o'rtasidagi potentsiallar farqi $U_{chiqish}$ dan $10^{-5} \dots 10^{-6}$ dan oshmaydi, ya'ni unchalik katta xato qilmasdan operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishidagi potentsialni noinvertirlovchi kirishidagi potentsialga teng deb, ya'ni nolga teng deb qabul qilish mumkin. Biroq bu nol qarama-qarshi belgili ikkita kuchlanishni – U_{kirish} va $U_{chiqish}$ ni RC -zanjir yordamida ajratish natijasida vujudga keladigan virtual nol bo'lib hisoblanadi. R va C orqali bir xil tok oqib o'tishidan quyidagi tenglik kelib chiqadi:

$$U_{kirish}/R = -C(dU_{chiqish}/dt). \quad (9.1)$$

$U_{chiqish}$ ga nisbatan yechish bilan quyidagini olamiz:

$$U_{chiqish} = -\frac{1}{RC} \int U_{kirish} dt + const \quad (9.2)$$

(9.2) formuladan ko‘rinib turibdiki, sxema haqiqatdan ham integrator bo‘lib hisoblanadi. Agar integratorning kirishiga almashuvchan belgili “meandr” tipidagi U_m amplitudali va t_i davomiylidagi to‘g‘ri burchakli impuls berilsa, u holda integratorning chiqishida arrasimon shakldagi kuchlanish vujudga keladi. Sxemaning kirishiga impulsning yassi cho‘qqisi ta‘sir ko‘rsatadigan davrda RC -zanjir orqali o‘tadigan tok o‘zgarmas bo‘lishi lozim, ya‘ni (9.1) formulada $dU_{\text{chiqish}}/dt = \text{const}$ bo‘lishi lozim. Ko‘paytmaning qiymatini $\Delta U_{\text{chiqish}}$ ning ortishining t_i nisbatiga almashtirish bilan operatsion kuchaytirgichdagi arrasimon kuchlanish generatorini muhandislik hisoblashi uchun oddiy ifodani olamiz:

$$U_m/RC = -\Delta U_{\text{chiqish}}/t_i. \quad (9.3)$$

Odatda U_m kiruvchi kuchlanishning amplitudasi va chiquvchi kuchlanishning chiziqli o‘zgaradigan bosqichining t_i ga mos keladigan davomiyligi boshlang‘ich kattaliklar bo‘lib hisoblanadi. $\Delta U_{\text{chiqish}}$ ning amplitudasi ham berilgan bo‘lishi lozim. Amplitudani berishda shuni nazardan qochirmaslik kerakki, operatsion kuchaytirgich chiziqli kuchaytirish rejimida ishlashi, ya‘ni chiquvchi signalning to‘yinish sohasiga kirmasligi lozim. Buning uchun $U_{\text{ta‘m}} = \pm 15 \text{ V}$ da $\Delta U_{\text{chiqish}}$ ni 6...7 V dan oshiq qilib bermaslik tavsiya qilinadi. Natijada RC ko‘paytma ma‘lum bo‘lib qoladi. Endilikda bor-yo‘g‘i R va C ning konkret qiymatlarini tanlash qoladi. Agar sxemaning yuklamasiga tarmoqlanadigan tok hisobga olinmasa, u holda operatsion kuchaytirgichning chiquvchi tokining amplitudasi U_m/R ga teng bo‘lishi lozim. Operatsion kuchaytirgichning eng chekka yo‘l qo‘yiluvchi toki lug‘at ma‘lumotlaridan olinadi. Bundan operatsion kuchaytirgichning tanlangan tipi uchun R ning minimal yo‘l qo‘yiluvchi qiymatini hisoblash mumkin. Shuningdek R ning maksimal qiymatiga ham cheklashlar mavjud. Sxemaning parametrlarining barqarorligini ta‘minlash uchun U_m/R nisbat bilan belgilanadigan tok operatsion kuchaytirgichning kiruvchi tokining qiymatidan ko‘p martaga oshiq bo‘lishi lozim. Bu shart odatda R 1 M Ω dan kichik bo‘lganda bajariladi.

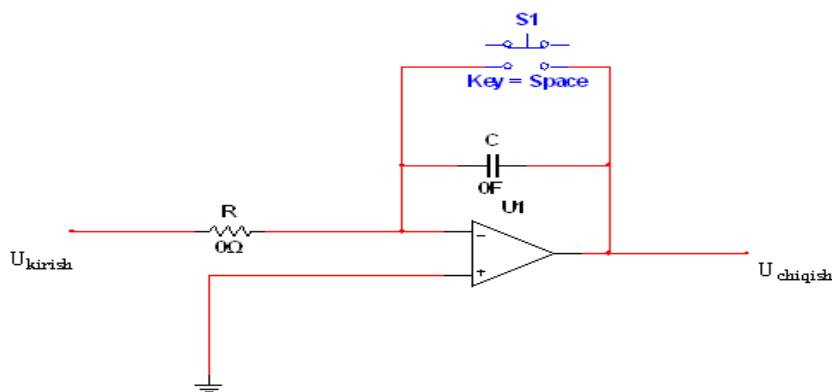
9.3. Tadqiqotlar o‘tkazish uchun topshiriq

1. KP590KH9 analogli kommutatorning tasvirlanishi bilan tanishing. Boshqaruvchi kirishlarni sxemaning noli yoki +5 V li kuchlanish manbai bilan tutashtiruvchi tutashma simlar yordamida boshqaruvchi kirishlarga

kalitlarning yoqilgan va o‘chirilgan holatiga mos keladigan signallar kombinatsiyalarini bering. Ommetr yordamida yoqilgan va o‘chirilgan holatda kommutator kanallarining qarshiligini tekshiring.

2. O‘qituvchi tomonidan berilgan U_m kiruvchi kuchlanishning amplitudasi, impulslarning kelish chastotasi va $\Delta U_{\text{chiqish}}$ chiquvchi signalning amplitudasidan kelib chiqish bilan (9.3) formula bo‘yicha R va C ning qiymatlarini hisoblang.

3. Integratorning sxemasini yig‘ing (9.2-rasm). Buning uchun operatsion kuchaytirgichning mos keluvchi kirishlariga ± 15 V kuchlanish bering. Maxsus signallar generatorining chiqishidan sxemaning kirishiga «meandr» tipidagi kuchlanish impulslarini bering va ossillograf yordamida arrasimon kuchlanish amplitudasining kiruvchi impulslarning amplitudasiga bog‘lanishini tadqiq qiling.



9.3-rasm. Analogli kommutator integratorning sxemasi (almashtirib ulagich ko‘rinishida tasvirlangan)

4.3-punkt bo‘yicha yig‘ilgan sxemaga integratsiyalaydigan kondensatorga parallel qilib analog kalitni ulang, bu 9.3-rasmda ko‘rsatilgan. Kommutatorning boshqaruvchi kirishiga foydalaniladigan signallar generatorining sinxronlashtiruvchi chiqishidan olinadigan impulslarni bering. Ossillograf yordamida chiquvchi impulslarning shakli bilan tanishing va ularni 3-punktida olingan signallarning shakli bilan solishtiring.

9.4. Hisobotning mazmuni

Hisobot tadqiq qilinadigan sxemalar, integrator elementlarining hisobi, kiruvchi va chiquvchi signallarning vaqtda birlashtirilgan ossillogrammalari, xulosalarni o‘z ichiga olishi lozim.

9.5. Nazorat savollari

1. Analogli kommutatorlarda maydonli tranzistorlarning o'rniga biqutbli tranzistorlardan foydalansa bo'ladimi?
2. Biqutbli va maydonli tranzistorlarda analog kalitlarning afzalliklari va kamchiliklari nimalardan iborat?
3. Analogli kommutator tomonidan ishlov beriladigan signalga olib kiriladigan xatolik nima bilan shartlanadi?
4. 9.3-rasmdagi sxemada analogli kommutator nimaga mo'ljallangan?
5. Operatsion kuchaytirgichdagi integratorning sxemasida chiquvchi impulslarning shakli nima bilan shartlanadi?

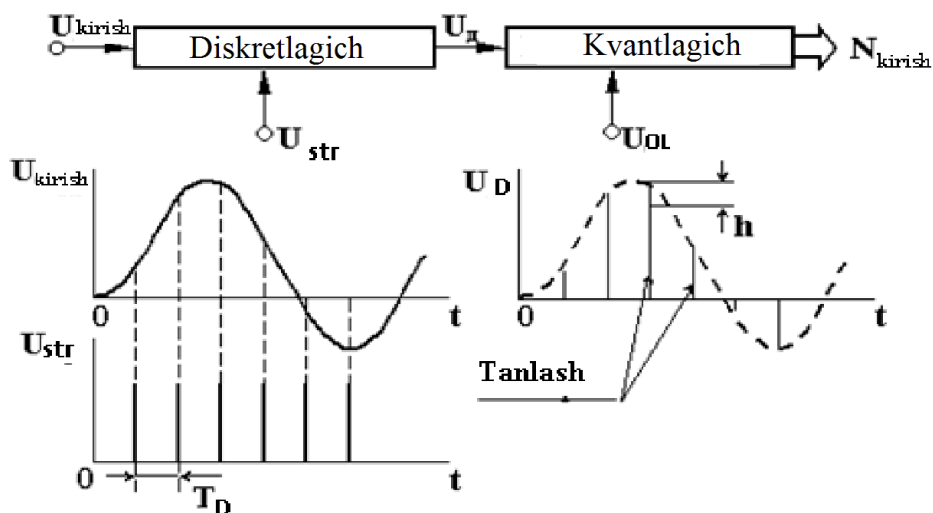
10-LABORATORIYA ISHI

ANALOG-RAQAMLI O'ZGARTIRGICHLAR

10.1. Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Analog-raqamli o'zgartirgich jarayoni ikkita operatsiya – diskretlash va kvantlashni o'z ichiga oladi, shu sababli ARO' (analog-raqamli o'zgartirgich) umumiy holatda 10.1-rasmda ko'rsatilgan tuzilish sxemasi bilan tasvirlanadi. Diskretlagich U_{kirish} analog signal qiymatlarining cheksiz sonidan oniy darajalarni ajratish – ularni sanash darajalari vaqtda U_{str} stroblaydigan qisqa impulslar bilan beriladigan U_{D} larni tanlash operatsiyasini bajaradi.

Tez o'zgaradigan signallarni diskretlash odatda tanlash-saqlash qurilmalari bilan amalga oshiriladi, sekin o'zgaradigan signallar uchun esa uni analog-raqamli o'zgartirishning ikkinchi asosiy operatsiyasi – signalni daraja bo'yicha kvantlash paytida bajarish mumkin. ARO' ning kvantlagichi raqamlashni, ya'ni analog tanlanmada mavjud bo'lgan butun sonli kvantlarni sanashni amalga oshiradi. Bunda ARO' ning kvanti $h = U_{\text{tayanch}}/N_{\text{max}} = U_{\text{tayanch}}/2^m$ ga teng bo'ladi. Kvantlash natijasida N_{kirish} kiruvchi signalning tanlanmasining raqamli ekvivalenti olinadi.

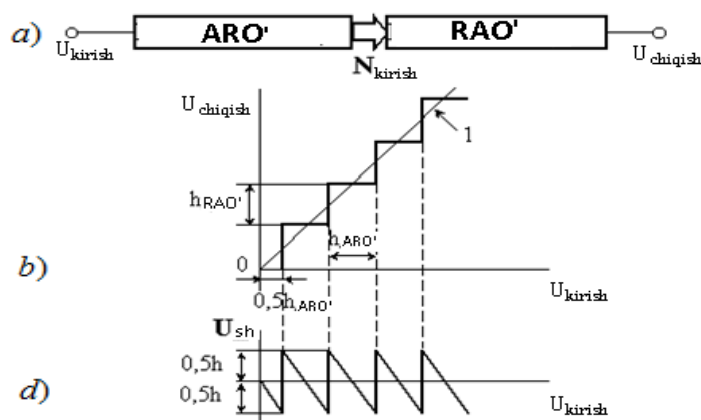


10.1-rasm. Analog-raqamli o'zgartirgichning asosiy operatsiyalari, N_{kirish} – tanlashning raqamli ekvivalenti (kodi)

Ma'lumki [2], diskretlash operatsiyasi, agar u V.A. Kotelnikov teoremasiga muvofiq bajarilsa, olingan tanlanmalar bo'yicha qayta tiklangan signalga xatoliklarni olib kirmaydi. Biroq kvantlash operatsiyasiga har doim δ_{kv} kvantlash xatoligi hamrohlik qiladi, chunki u analog tanlanmaning bir qismini (h kvantdan kichik bo'lgan qismini) tashlab yuborish bilan bog'lanadi.

10.2. ARO' kvantlashining statistik xatoligi

10.2.b-rasmda ideal ARO' ning amplituda tavsifi (AT) keltirilgan. AT - o'zining xatoliklarini olib kirmaydigan ideal RAO' (raqamli-analogli o'zgartirgich) yordamida ARO' ning kodlarini qayta tiklash yo'li bilan olingan (10.2.a-rasm). Ideal ARO' ning amplituda tavsifi zinapoyasimon egri chiziq bo'lib, bunda barcha zinapoyalarning o'rtasini koordinatalar boshi bilan tutashtiruvchi 1 chiziq – to'g'ri chiziqdan iborat.



10.2-rasm. Ideal ARO' ning AT

ARO‘ ning AT dan shu narsa kelib chiqadiki, analog-raqamli o‘zgartirish jarayoniga 10.2-d rasmdagi ko‘rinish U_{sh} kvantlash shovqini hamrohlik qiladi. Agar ARO‘ ning AT va U_{sh} lari geometrik tutashtirilsa, u holda kvantlash xatoligiga ega bo‘lmagan qurilma uchun xarakterli bo‘lgan 1 to‘g‘ri chiziqni olamiz.

Ma‘lumki [1], kvantlash shovqinining amaldagi qiymati quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\bar{U}_{sh} = h_{app}/12^{1/2} = U_{tayanch}/12^{1/2} \cdot 2^m, \quad (10.1)$$

bu yerda m – ARO‘ razryadlarining soni.

Kiruvchi signalni kvantlashning nisbiy xatoligi quyidagiga teng bo‘ladi:

$$\delta_{kv} = U_{sh}/U_s, \quad (10.2)$$

bu yerda U_s – signalning amaldagi kuchlanishi.

$U_m = U_{tayanch}/2$ maksimal amplitudaga ega bo‘lgan sinusoidal signal uchun δ_{kv} quyidagini tashkil qiladi:

$$\delta_{kv} = (U_{tayanch}/12^{1/2} \cdot 2^m)/(U_m/2^{1/2}) = 1/6^{1/2} \cdot 2^{m-1}. \quad (10.3)$$

(10.3) dan ARO‘ qanchalik ko‘p m razryadlarga ega bo‘lsa, uning kvantlashdagi nisbiy xatoligi shunchalik kichik bo‘lishi kelib chiqadi.

Shuni qayd qilish joizki, (10.3) ifoda bilan aniqlanadigan kvantlash xatoligi minimal xatolik bo‘lib hisoblanadi. Amaliyotda analog-raqamli o‘zgartirgichning xatoligi ARO‘ AT ning deformatsiyasi hisobiga ortadi, u ham xuddi RAO‘ kabi additiv, multiplakativ, differensial va integral tarkib toptiruvchilarga ega bo‘ladi (10.3-rasmga qaralsin).

10.3. Analog-raqamli o‘zgartirish uslublari

Analog-raqamli texnikada analog signalni kvantlashning uchta asosiy uslublari ma‘lum: bittalab oshirishlar uslubi, razryadma-razryad muvozanatlash uslubi va sanash uslubi. Bu uslublarning solishtirma parametrlari 10.1-jadvalda keltirilgan.

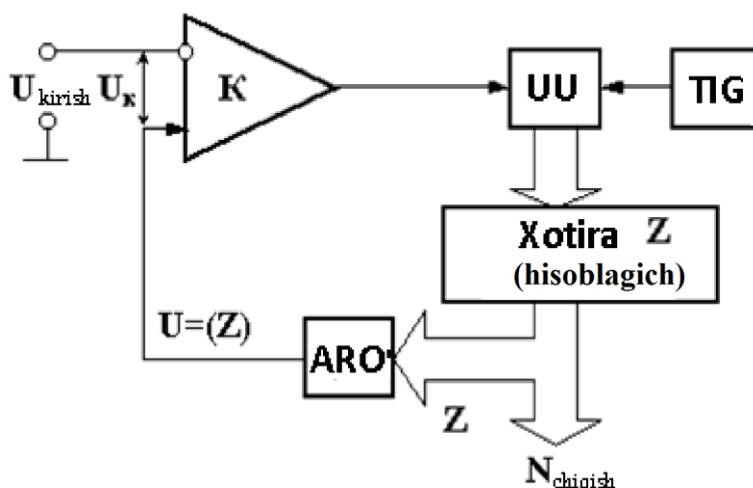
Analog-raqamli o'zgartirishning solishtirma parametrlari

ARO' uslublari	N_{kirish} raqamli kod olinguncha qadamlar soni	U_{tayanch} tayanch kuchlanish manbalarining soni	Eslatma
Bittalab oshirishlar	N_{kirish}	1	Oddiy, sekin
Razryadma-razryad muvozanatlash	M	M	Mo'tadil tezkorlik va unchalik katta bo'lmagan apparatura harajatlari
Parallel	1	$2^m - 1$	Tezkor, katta apparatura harajatlari

Amaliyotda ARO' shuningdek yuqorida sanab o'tilgan uslublarni kombinatsiyalash yo'li bilan ham quriladi.

10.4. Bittalab oshiradigan va razryadma-razryad muvozanatlaydigan analog-raqamli o'zgartirgichlar

ARO' ning bittalab oshirishlar va razryadma-razryad muvozanatlash uslublarini aks ettiradigan tiplashgan tuzilish sxemasi 10.3-rasmda ko'rsatilgan. O'zgartirgichlar quyidagi tarmoqlarni o'z ichiga oladi: taqqoslash qurilmasi – K komparator, boshqariladigan tayanch kuchlanishlar manbai – berilgan holatda bu RAO', ikkilik sonlar xotirasi (bunda, masalan, hisoblagichdan foydalanish mumkin), TIG taktli impuls generatori va BQ boshqarish qurilmasi.



10.3-rasm. Bittalab oshirishlar va razryadma-razryad muvozanatlash ARO' ning tuzilish sxemasi

Boshqarish qurilmasi RAO' ning $U(Z)$ kuchlanishini maksimal darajada U_{kirish} ga yaqinlashtirishga intiladi va komparatorning kirishlari

o'rtasidagi U_k kuchlanishlar farqi RAO' ning kvantidan kichik bo'lib qolganda RAO' ning kirishidagi Z kod U_{kirish} kiruvchi kuchlanish tanlanmasining raqamli ekvivalentini taqdim qiladi.

Boshqarish qurilmasining ishlash algoritmiga bog'liq ravishda 10.3-rasmdagi tuzilish sxemasida yoki bittalab oshirishlar uslubi yoki razryadma-razryad muvozanatlash uslubi amalga oshishi mumkin.

10.4.1. Bittalab oshiradigan ARO' ning ishlash algoritmi

O'zgartirishni boshlashdan oldin boshqarish qurilmasi xotiraning ikkilik yacheykalariga nollarni o'rnatadi, bu yerda xotira bo'lib yig'indilaydigan ikkilik hisoblagich xizmat qiladi. ARO' ishlay boshlaganda $Z=0$ ikkilik kod RAO' ga kelib tushadi, u uni $U(Z)=0$ kuchlanishga o'zgartiradi va komparatorning kirishlaridan biriga uzatadi. Komparator ARO' ning U_{kirish} kiruvchi kuchlanishini $U(Z)=0$ ning qiymati bilan solishtiradi va $U_{\text{kirish}} > U(Z)$ bo'lsa, u holda uning chiqishida mantiqiy bir paydo bo'ladi, bu bir boshqarish qurilmasi orqali taktli impulslar generatoridan keladigan birinchi impulsga hisoblagichga (xotiraga) o'tishga ruxsat beradi. Shu momentdan boshlab komparator U_{kirish} ni $U(Z)=1h_{\text{RAO'}}$ kattalik bilan taqqoslaydi va agar $U_{\text{kirish}} > U(Z)$ bo'lsa, u holda hisoblagichda bittalik oshirishlarning to'planish jarayoni $U_{\text{kirish}} < U(Z)$ bo'lmaguncha davom etadi va komparator o'zining chiqishiga mantiqiy nolni o'rnatadi. Shundan keyin boshqarish qurilmasi taktli impulslar generatoridan hisoblagichga impulslar kelishini taqiqlaydi, hisoblagich keyingi o'zgartirish boshlanguncha $Z=N_{\text{kirish}}$ ikkilik sonning U_{kirish} ga proporsional bo'lgan kodini $h_{\text{RAO'}}$ gacha aniqlik bilan saqlaydi.

Bittalab oshirishlar ARO' ning algoritmidan kelib chiqishicha, ARO' ning kvanti va uning razryadliligi unga kiradigan RAO' ning kvanti va uning razryadliligiga bog'liq bo'ladi, o'zgartirish vaqti esa RAO' ning tezkorligi va U_{kirish} kiruvchi kuchlanishning kattaligiga bog'liq bo'ladi – U_{kirish} qanchalik katta bo'lsa, u ham shunchalik katta bo'ladi.

10.4.2. Razryadma-razryad muvozanatlaydigan ARO' ning ishlash algoritmi

Xotira tozalangandan keyin boshqarish qurilmasi mantiqiy birni xotiraning katta razryadiga yozadi. Bunda RAO' ning $U(Z)$ kiruvchi kuchlanishi kiruvchi kuchlanishning maksimal mumkin bo'lgan qiymatining yarmiga teng bo'lgan qiymatni qabul qiladi: $U(Z) = 0,5 \cdot U_{\text{kirish max}} = 2^{m-1} \cdot h_{\text{RAO'}}$. $U_{\text{kirish}} < U(Z)$ da komparator mantiqiy 0

holatiga oʻrnatiladi va xotiraning Z_m katta ikkilik razryadiga u yerga avval oʻrnatilgan 1 ning oʻrniga 0 kiritiladi. Agar $U_{\text{kirish}} > U(Z)$ boʻlsa, u holda xotirada $Z_m=1$ saqlanadi va RAOʻ ning chiqishida $U(Z)=2^{m-1} \cdot h_{\text{RAO}'}$ saqlanadi. Soʻngra boshqarish qurilmasi muvozanatlashning keyingi taktiga oʻtadi, bunda katta razryaddan pastda joylashgan Z_{m-1} razryadga 1 yoziladi, komparator esa kiruvchi kuchlanishni $U_{\text{kirish}} - 2^{m-1} \cdot h_{\text{RAO}'}$ bilan taqqoslaydi. Agar bu farq $(2^{m-1} \cdot h_{\text{RAO}'}$ bilan taqqoslangan) kattalikdan kichik boʻlsa, u holda komparator 0 ga oʻrnatiladi va xotiraga $Z_{m-1}=1$ ning oʻrniga $Z_{m-1}=0$ yoziladi. U_{kirish} yuqorida koʻrsatilgan farqdan katta boʻlganda $Z_{m-1}=1$ xotirada saqlanib qoladi. Bu jarayon Z_0 kichik razryad muvozanatlanmaguncha takrorlanadi. Bunda $U(Z)$ ning qiymati $h_{\text{RAO}'}$ kvantgacha aniqlik bilan U_{kirish} ga mos keladi va xotirada N_{kirish} tanlanmaning raqamli ekvivalenti qayd qilinadi, umuman olganda AROʻ ning razryadma-razryad muvozanatlash algoritmini quyidagicha yozish mumkin:

$$U_k = U_{\text{kirish}} - 2^{m-1} \cdot h_{\text{RAO}'}$$

$$- 2^{m-2} \cdot h_{\text{RAO}'}$$

$$- 2^{m-3} \cdot h_{\text{RAO}'}$$

$$\dots - 2 \cdot h_{\text{RAO}'}$$

$$- h_{\text{RAO}'}$$

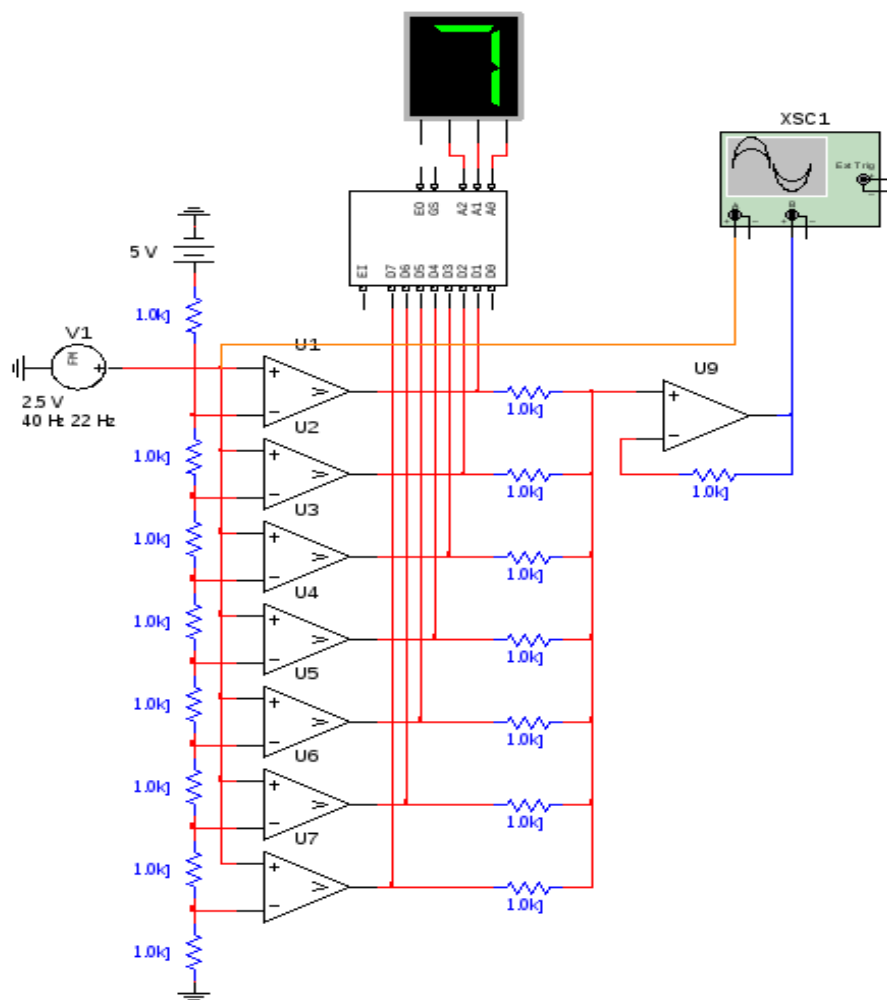
$$- Z_0 < h_{\text{RAO}'}. \quad (10.4)$$

(10.4) dan koʻrinib turibdiki, muvozanatlash jarayoni m ta takt bilan bajariladi va U_{kirish} ning kattaligiga bogʻliq boʻlmaydi, biroq kvantlash xatoligi va AROʻ ning tezkorligi AROʻ ning tarkibiga kiradigan RAOʻ ning parametrlariga bogʻliq boʻladi.

Hozirgi kunda boshqarish qurilmasi yoki hatto butun razryadma-razryad muvozanatlaydigan AROʻ lar bitta integral mikrosxema koʻrinishida ishlanmoqda (masalan, 155ИР17 va 1113ПБ1).

10.5 Parallel AROʻ

Parallel AROʻ ning ishlash prinsipini 10.4-rasmda koʻrsatilgan uch razryadli qurilma ($m=3$) misolida tushuntiramiz [3].



10.4-rasm. Uch razryadli parallel ARO‘ ning sxemasi

O‘zgartirgich 8 ta rezistordan tashkil topgan rezistiv bo‘lgichni (rezistiv to‘r) o‘z ichiga oladi, ular $K_1 \dots K_7$ ettita komparatorlarning har birining kirishiga tayanch kuchlanishlarni beradi, ularning kirishlariga parallel tarzda U_{kirish} kiruvchi signal ham beriladi. Komparatorlarning chiqishlari RG stroblaydigan registrga ulangan, u U_{boshq} boshqaruvchi signalning fronti bo‘ylab komparatorlarning mantiqiy holatini qayd qiladi. RG ning chiqish signallari shifrador yordamida natural ikkilik kodga aylantiriladi.

$U_{\text{kirish}} = 4h$ (bu yerda h – berilgan ARO‘ ning kvanti) deb taxmin qilamiz, shunda kiruvchi kuchlanish sxema bo‘yicha to‘rtta pastki komparatorlarning tayanch kuchlanishidan oshiq bo‘ladi. U_{boshq} fronti bo‘ylab registrga 0001111 unitar kod yoziladi, u shifratorida 100_2 yoki 4_{10} ga aylantiriladi. Shunday qilib, analog-raqamli o‘zgartirish jarayoni bir taktda bajariladi. U_{kirish} analog kuchlanish go‘yo registrda unitar kod ko‘rinishida sanaladi. Parallel ARO‘ lar ko‘proq tezkor harakat qiladigan

qurilmalar bo‘lib hisoblanadi, buning ustiga, ular tez o‘zgaradigan signallarni qayta o‘zgartirish uchun tanlash saqlash qurilmasi (TSQ) ni qo‘llashni talab qilmaydi. Mazkur ARO‘ da TSQ funksiyasini RG registr bajaradi, u analog kattalikning oniy holatini emas (TSQ dagi kabi), balki unitar kodlarning oniy qiymatlarini qayd qiladi. Biroq parallel ARO‘ lar kattagina kamchilikka ham ega: ular razryadlarning soni oshirilganda ko‘p sonli radioelementlarni (rezistorlar, komparatorlar, triggerlar va boshqalar) talab qiladi. Masalan, 8 razryadli 1107ΠB2 ARO‘ rezistiv to‘rdan 255 ta chiqishlarni, 255 ta komparatorlar va triggerlarni, shuningdek 255 ta kirishli shifratorni o‘z ichiga oladi.

10.6. ARO‘ ning asosiy parametrlari

10.6.1. Statik parametrlar:

- ✓ m – razryadlarning soni, ular ARO‘ ning $N_{\max}=2^m$ maksimal kvantlar sonini belgilaydi;
- ✓ U_{tayanch} – tayanch kuchlanish;
- ✓ h – ARO‘ ning kvanti, $h=U_{\text{tayanch}}/N_{\max}$ ga teng;
- ✓ δ_d – AT ning statik differensial noxiziqiligi, xuddi RAO‘ dagi kabi aniqlanadi.

10.6.2. Dinamik parametrlar:

- ✓ $t_{o'}$ – ARO‘ ning o‘zgartirish vaqti, analog signalni qo‘shni tanlashlar o‘rtasidagi minimal vaqt bilan tavsiflanadi;
- ✓ t_a – apertura noaniqligi, u ARO‘ ning dinamik og‘ishlarini tavsiflaydi, bu og‘ishlar komparatorlarning ishga tushishining oxirgi vaqti va ularning ishga tushish momentining noaniqligi hisobiga ARO‘ tomonidan chiquvchi kodga olib kiriladi. t_a hisobiga keladigan δ_a apertura xatoligi kiruvchi signalning dU_{kirish}/dt o‘zgarish tezligiga bog‘liq bo‘ladi:

$$\delta_a = t_a \cdot dU_{\text{kirish}}/dt. \quad (10.5)$$

Sinusoidal signal uchun

$$\delta_a = t_a \cdot U_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_c, \quad (10.6)$$

bu yerda U_m – sinusoidal signalning amplitudasi,
 f_c – uning chastotasi.

(10.6) dan δ_a dinamik xatolik ARO‘ ning kvantidan kichik bo‘ladi degan shartda kiruvchi signalning yo‘l qo‘yiluvchi chastotasini aniqlash mumkin:

$$f_c = 1/2^m \cdot \pi \cdot t_a. \quad (10.7)$$

Bittalab oshiradigan va razryadma-razryad muvozanatlaydigan ARO‘ lar uchun $t_a = t_0$, va bu ARO‘ larning kirishida f_c ni oshirish uchun t_a ning anchagina kichik (ikki-uch martaga) qiymatiga ega bo‘lgan TSQ o‘rnatiladi.

10.7. ARO‘ ning asosiy parametrlarini o‘lchash

10.7.1. Statik amplituda tavsifini o‘lchash

AT ni o‘lchash uchun kiruvchi kuchlanish rostlanadigan E.Yu.K manбайдan 0 dan $U_{\text{kirish max}}$ gacha oraliqda beriladi va o‘rganiladigan ARO‘ ga qaraganda kichikroq xatolikka ega bo‘lgan voltmetr bilan nazorat qilinadi. AT ning zinapoyalarini ARO‘ ning chiqish kodlarining almashinish momenti bo‘yicha yoki kodlarni qayta tiklaydigan sxemadan foydalanilsa – RAO‘ ning chiquvchi kuchlanishining sapchishlari bo‘yicha qayd qilish mumkin.

10.7.2. Differensial nochiziqlikni o‘lchash

δ_d ni o‘lchash uchun h_i ni hisoblash zarur bo‘ladi, buning uchun ARO‘ ning butun AT bo‘yicha kvantlar o‘rtachalashtiriladi. So‘ngra h_p eng katta kvant topiladi va differensial nochiziqlik (10.1) ifoda bo‘yicha aniqlanadi.

10.7.3. Integral xatolikni o‘lchash

Xatolikning bu turi odatda uning amplitudasi berilgan ARO‘ ning maksimal kirish darajasiga mos keladigan sinusoidal kiruvchi signal yordamida o‘lchanadi.

Ideal ARO‘ kvantlashining o‘rtacha kvadratik integral xatoligi (ARO‘ ning butun shkalasi bo‘yicha) (10.2) ifoda bilan aniqlanadi. Amaliyotda bu xatolik real AT ning deformatsiyasi va dinamik og‘ishlar hisobiga kattaroq bo‘ladi.

Kelgusida integral xatolik deganda sinusoidal signalning K_g garmonik og‘ishlar koefitsiyenti nazarda tutiladi. Bu koefitsiyent ARO‘ ning chiquvchi kodlari bo‘yicha qayta tiklangan barcha garmonikalarning

(birinchi garmonikadan tashqari) R_g quvvatlarining ARO‘ ning chiquvchi signalining birinchi garmonikasining R_1 quvvatiga nisbati bilan aniqlanadi:

$$K_g = R_g / R_1 \quad (10.8)$$

K_g ni quyidagicha o‘lchash mumkin. ARO‘ ning qayta tiklangan kiruvchi signali birinchi garmonikaga shaylangan to‘sovchi filtrga beriladi. To‘sovchi filtr sifatida ko‘pincha 2T-ko‘prikdan foydalaniladi. Filtrning chiqishida R_g amal qiladi, uning kirishida mavjud bo‘lgan quvvatni esa R_1 sifatida qabul qilish mumkin, chunki ARO‘ ning razryadlari soni uchtdan oshiq bo‘lganda $R_1 \gg R_g$ bo‘ladi.

Dinamik og‘ishlarni o‘z ichiga oladigan integral xatolikni baholashda T_c davrga ega bo‘lgan yuqori chastotali, ARO‘ ning T_d diskretlash vaqti bilan taqqoslasa bo‘ladigan f_s sinusoidal signalni berish zarur bo‘ladi. T_c va T_d ning tasodifiy nisbatlarida ARO‘ ning chiqish signali garmonik bo‘lmaydi. Shu sababli stroboskopik uslub qo‘llaniladi, uning mohiyati shundan iboratki, bunda har bir signal tanlanmasi T_c davrli chiquvchi signalning T_d intervalidan keyin emas, balki quyidagi intervaldan keyin olinadi:

$$T_d = k T_c + T_c/L, \quad (10.9)$$

bu yerda L – qayta tiklangan stroboskopik signal paytida beriladigan tanlanmalar soni, k – butun son.

ARO‘ ning kiruvchi signalining (10.9) bo‘yicha aniqlangan chastotasi chiqishda past chastotali garmonik signalni olish imkonini beradi, bu signal yuqori chastotali kiruvchi signalning barcha xatoliklarini o‘z ichiga oladi.

10.8. ARO‘ larning prinsipial sxemalarining tavsiflanishi

10.8.1. Bittalab oshiradigan ARO‘

Bu qurilmada kiruvchi signal 26 moduldan olinadi va 49 komparatorning kirishlaridan biriga beriladi. Komparatorning ikkinchi kirishiga 12 (2 dona), 65 va 70 modullardan yig‘ilgan RAO‘ dan keladigan signal kelib tushadi. Bu RAO‘ 12 hisoblagichlar bilan birgalikda o‘zida bosqichli o‘sadigan signal generatorini taqdim qiladi.

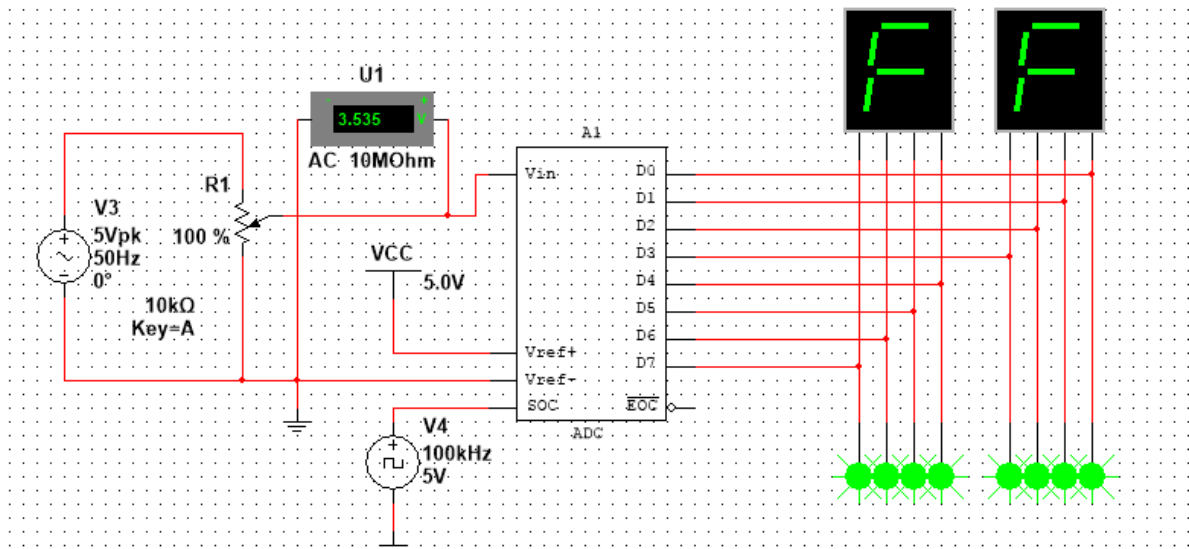
Natijalar schetchigi 20 modullarda (2 dona) amalga oshirilgan.

Qayta o'zgartirish tugagandan keyin ARO' ning chiquvchi kodi 11 registrda (2 dona) saqlanadi va stendning indikator qurilmasiga chiqariladi.

32 (3 dona.), 21, 35 va 40 modullar ARO' ning barcha tarmoqlarini ishlashini sinxronlashtiradigan zaruriy vaqt diagrammasini ta'minlaydi.

100 kGs li taktli impulslar generatori va 1 kGs li ishga tushiruvchi impulslar generatori laboratoriya stendiga o'rnatilgan.

10.8.2. Bittalab oshiradigan logarifmik ARO' (10.6-rasm)



10.6-rasm. Bittalab oshiradigan logarifmik ARO'

Bu qurilmaning komparatorining kirishiga integratsiyalaydigan RC-zanjir ulangan (29 va 28 modullar), unga 14 kalit va 69 takrorlagich yordamida davriy ravishda U_x kiruvchi signal beriladi (26 modul).

Integratsiyalaydigan zanjirning C kondensatori $U_c=U_x$ gacha zaryadlanadi va kalit ajralganda R rezistor orqali razryadlana boshlaydi.

$$U_c = U_x \cdot \exp(-t_x/\tau)$$

Bu yerda τ - RC.

$U_c > U_{\min}$ bo'lib turgan paytda komparatorning chiqishi mantiqiy bir holatida bo'ladi va 20 modullarda (2 dona) taktli impulslarning hisoblagichga o'tishiga ruxsat beradi. t_x impulslarni sanash vaqtini quyidagi ifodalardan osongina topish mumkin:

$$U_c = U_x \cdot \exp(-t_x/\tau) = U_{\min},$$

$$t_x = -\tau \ln(U_{\min}/U_x) = N_x \cdot T_g, \quad (10.10)$$

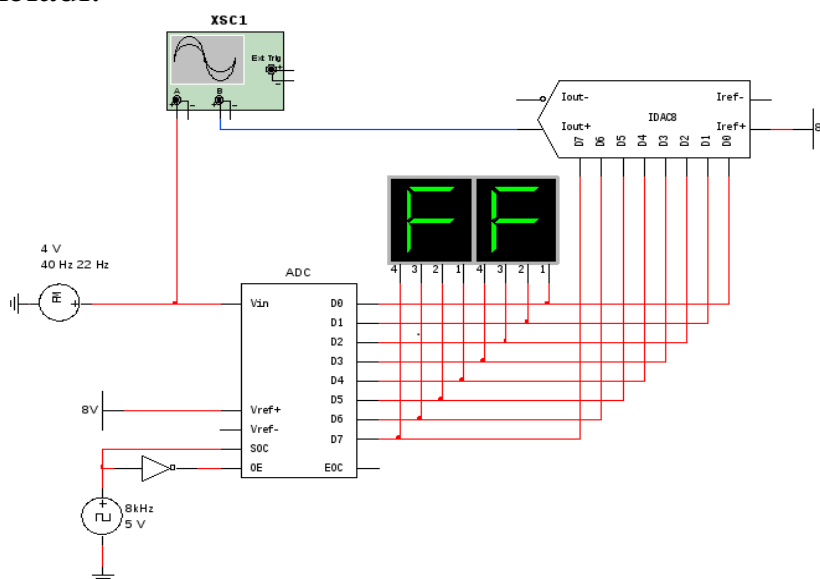
bu yerda N_x – hisoblagich tomonidan sanalgan impulslar soni,
 T_g – TIG ning davri.

(12) dan shu narsa kelib chiqadiki, N_x raqamli kod kiruvchi signal bilan logarifmik bog‘lanish orqali bog‘lanadi.

Sxemada 32 va 2 modullar vaqt diagrammasini shakllantirish uchun zarur.

10.8.3. Razryadma-razryad muvozanatlaydigan ARO‘ (10.7-rasm)

Tadqiq qilinadigan ARO‘ quyidagi mikrosxemalarda ishlangan: 17 razryadma-razryad muvozanatlash registri, 65 va 70 RAO‘, 49 komparator va 38 TSQ. Chiquvchi kod qisqa impulslar yordamida (2 va 21 modullar) 12 registrga (2 dona) qayd qilinadi va analog signal 65 va 22 modullarda yig‘ilgan RAO‘ da qayta tiklanadi. 32 trigger, 27 chastotani bo‘lgich va 2 ventillar $f_d = 50$ kGs chastotali diskretlash signalini (stroblaydigan) ta‘minlaydi. TSQ uchun stroblangan impulslar ketma-ket yaqinlashishlar generatoridan keladi.



10.7-rasm. Razryadma-razryad muvozanatlaydigan ARO‘

10.9. Laboratoriya ishini bajarishga uslubiy ko‘rsatmalar

10.9.1. Analog-raqamli o‘zgartirgich murakkab radioelektron o‘lchash qurilmasi bo‘lib hisoblanadi, Shu sababli qabul qilsa bo‘ladigan natijalarni olish uchun talabalardan sxemani yig‘ishda o‘ta diqqat-e‘tiborli bo‘lish va eksperimentni o‘tkazish paytida o‘ta ehtiyotkor bo‘lish talab qilinadi. Zanjirning analog signallarning toklari oqib o‘tadigan uchastkalarida tutashtiruvchi simlarning uzunligini kamaytirishga alohida e‘tibor qaratish

lozim bo‘ladi. “Yer” deb ataluvchi simni imkon qadar kichik qilib olish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

10.9.2. ARO‘ ning sxemasini yig‘ishdan oldin ishning mazkur sxemaga tegishli bo‘lgan nazariy qismini o‘rganing, uning ishlash algoritmini tushunib oling, maketga kiradigan modullarning ishlashini tekshirib ko‘ring.

10.9.3. Sxemani yig‘ishda butun qurilmani birdaniga yig‘maslik lozim. Uni funksional tarmoqlarga ajratish va bu tarmoqlarni ketma-ket yig‘ish va tekshirish lozim. Bu bilan siz sxemani yig‘ish bilan bog‘lanadigan ko‘pgina noxushliklarning oldini olgan bo‘lasiz. ARO‘ ning tarmoqlari to‘g‘ri ishlayotganligini ossillograf yordamida tekshiring.

10.9.4. Uch razryadli parallel ARO‘ ning sxemasini chizing (10.4-rasm).

10.9.5. Bittalab oshiradigan logarifmik ARO‘ ning sxemasini chizing (10.6-rasm).

10.9.5.1. Xuddi 10.4.1 punktdagi kabi ARO‘ ning statik amplituda tavsifini oling.

10.9.5.2. Qurilmaning harflar bilan belgilangan nuqtalari uchun vaqt diagrammalarini chizing.

10.9.6. Razryadma-razryad muvozanatlaydigan ARO‘ ning sxemasini chizing (10.7-rasm). Qurilma ishlashining vaqt diagrammalarini chizing.

10.9.6.1. 200 Gs chastotali sinusoidal signalning noxiziqli og‘ishlarini o‘lchashdan foydalanadigan uslubi bo‘yicha ARO‘ ning integral xatoligini o‘lchang. Noxiziqli og‘ishlarni o‘lchagichni 200 Gs chastotali signalni rejektorlaydigan qo‘shaloq T-simon ko‘priki 7 modul va B7-27 kvadratik voltmetr yordamida amalga oshiring, voltmetrning ko‘rsatishlari o‘lchanadigan signalning quvvatiga proporsional bo‘ladi. Birinchi garmonikani bostirishning sifati ossillograf bilan nazorat qilinadi.

10.9.6.2. Punkt 10.6.1 bo‘yicha o‘lchashlarni 50 kGs atrofida chastotada ikki marta takrorlang (10.3 punktdagi uslubiga qarang, bunda $k = 2$, $L = 250$): bir marta yoqilgan, bir marta o‘chirilgan TSQ bilan takrorlang. Har ikkala holatda integral xatolikning dinamik tarkib toptiruvchisini aniqlang.

10.10. Nazorat savollari

10.1. Nima uchun nazariy jihatdan analog signalni xatoliksiz diskretlash imkoniyati mavjudligini tushuntirib bering?

10.2. ARO‘ da statik va dinamik xatoliklar vujudga kelishining asosiy sabablari nimada?

10.3. ARO‘ ning dinamik xatoliklarini kamaytirish usullarini taklif qiling.

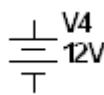
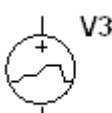
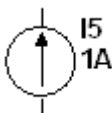
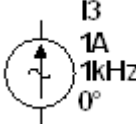



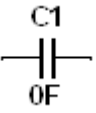
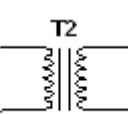

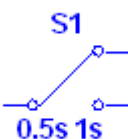
10.4. ARO‘ kvantining kattaligini qanday qilib kamaytirish mumkin?

10.5. Bittalab oshiradigan, razryadma-razryad muvozanatlaydigan va parallel ARO‘ larning ishlash algoritmlari haqida nimalarni bilasiz?

ILOVA

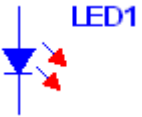
MULTISIM VOSITALARI

Quyida Multisimning ba'zi vositalari keltirilgan. Dastur imkoniyatlarini to'liqroq o'rganish uchun [4, 7] ga yoki dasturning yordamchi tizimiga murojaat qilishingiz mumkin.

	O'zgarmas kuchlanish manbai
	O'zgaruvchan kuchlanish manbai
	O'zgarmas tok manbai
	O'zgaruvchan tok manbai
	Yerga ulash
	Ulagich
	Rezistor
	Kondensator
	Transformator
	Kalit
<p>Key = Space</p> 	Vaqtни kechiktirish kaliti



Diod



LED (Yorug'lik diodi)



Stabilitron

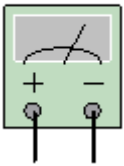


Voltmetr



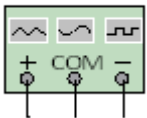
Ampermetr

XMM1



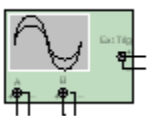
Multimetr

XFG2



Funksional generator

XSC3



Ossillograf

X1



Lampochka

ADABIYOTLAR

1. Бердников А.В., Семко М.В., Широкова Ю.А. Медицинские приборы, аппараты и комплексы. Часть I. Технические методы и

аппараты для экспресс-диагностики: Учебное пособие / Казань: Изд-во Казан. гос. тех. ун-та, 2004. 176 с.

2. Крекрафт Д., Джерджли С. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала. - М.: Техносфера, 2005 - 360 с.

3. Избранные вопросы физики для физиотерапевтов / Д.А. Рогаткин, Н.Ю. Гишинская. - М.: МЕДпресс-информ, 2007. 112 с., ил.

4. Корневский Н.А., Попечителей Е.П., Филист С.А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: Монография/ Курская городская типография. Курск, 1999. 537 .

5. Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика: учеб. пособие. 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ФОРУМ: ИНФА-М, 2007. - 640 с., ил. - (Высшее образование).

6. Кулыгина Л. А.; Боковенко М. В. Диагностические измерения в медико-биологических электронных системах: Методические указания к выполнению лабораторных работ. - СПб.: Изд-во ГУАП, 2007 г. - 56 с., ил.

7. Кучумов А.И. Электроника и схемотехника: Учебное пособие. 3-е изд., - М.: Гелиос АРВ, 2005.

MUNDARIJA

KIRISH	3
<i>1-laboratoriya ishi.</i> Laboratoriya ishlarini bajarishda ichki tartib va texnika xavfsizligi qoidalari.....	7
<i>2-laboratoriya ishi.</i> Elektr zanjirlarining elementlari. Harorat datchiklarining ishlash prinsiplari. Biologik to‘qimalarning impedansini o‘lchash.....	11
<i>3-laboratoriya ishi.</i> Differensial kuchaytirgichni o‘rganish. Signallarni spektral tahlil qilish	22
<i>4-laboratoriya ishi.</i> Invertirlovchi kuchaytirgichni o‘rganish. Invertirlovchi summator. Elektrokardiografning prinsipial sxemasi	29
<i>5-laboratoriya ishi.</i> Aktiv RC-filtrlar.....	36
<i>6-laboratoriya ishi.</i> Kuchaytirgichni o‘rganish. Uning chastota va amplituda tavsiflarini aniqlash.....	48
<i>7-laboratoriya ishi.</i> Garmonik tebranishlar va to‘g‘ri burchakli impulslar generatorlari (multivibrator) ni o‘rganish. Elektroakupunktur stimulyato.....	57
<i>8-laboratoriya ishi.</i> UYuCh-terapiya generatorining ishlashini o‘rganish.....	61
<i>9-laboratoriya ishi.</i> Chiziqli o‘zgaruvchi kuchlanish generatori va analogli multipleksorni tadqiq qilish.....	67
<i>10-laboratoriya ishi.</i> Analog-raqamli o‘zgartirgichlar	73
ILOVA	86
ADABIYOTLAR	88

Muharrir: Miryusupova Z.M.

