

БУХОРО МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

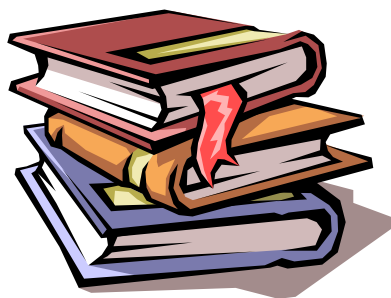
Хафизов И.И.,

Электрoэнергетик тизимлар кафедраси

LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH BO'YICHA

USLUBIY KO'RSATMA

•



Бухоро – 2012

TAJIRIBA ISHLARINI BAJARISHDAGI UMUMIY QOIDALAR

Talabalar nazariy kursning tegishli bo'limini o'rganib bo'lganlaridan keyingina tajriba ishlarini bajarishga kirishadilar va uni 2–3 kishilik brigadalarga bo'linib bajariladi. Brigadadagi har bir a'zo ishga oldindan tayyorlanishi, daftar tayyorlab qo'yishi, bu daftarda elektr sxema va o'lchash jadvallari chizib qo'yishi shart.

Tajriba ishlarini bajarishda xavfsizlik texnikasi qoidalariga qat'iy amal qilishlari zarur. O'quvchilar sim, qarshilik va ampermetrlar bilan ishlaganda oqib o'tayotgan tokning qiymati yo'l qo'yiladiganidan ortmasligiga qarab turishlari lozim. Har qaysi brigada taxometr, sekundomer, galvonometr va boshqa maxsus jihozlarni navbatchi laborantdan oladi va ish tugagach qaytarib topshiradi. Talabalar biror bir elektr jihozining buzilganligini o'qituvchiga ko'rsatishlari lozim.

Talabalar har bir tajriba bo'yicha o'lchash natijalarini daftarga yozib va o'qituvchiga ko'rsatishlari shart. Ish tugagach o'qituvchining ruxsati bilan sxemalarni yig'ishtirib olish, asboblari, jihozlari, simlarni shakfaga joylashtirish stendlarni esa tartibga solib qo'yish kerak.

Navbatdagi mashg'ulotda o'quvchilar oldingi bajarilgan ish to'g'risidagi hisobotni o'qituvchiga ko'rsatishlari kerak, aks holda ular keyingi ishga qo'yilmaydilar. Hisobot sarlavhasida ishning raqami va to'liq nomi ko'rsatiladi. Hisobotni tuzishda ushbu ishdan ko'zlangan maqsadni, ishning mazmuniga qisqacha tavsifni, foydalanilgan jihozlari va asboblarni ko'rsatishi va hisobotga millimetrli kog'ozga chizilgan har bir tajriba ishining elektr sxemalari, jadvallari hamda grafiklarni ko'rsatib qo'yishlari kerak bo'ladi.

TAJIRIBA ISHLARINI BAJARISHDAGI XAVFSIZLIK TEXNIKASI

Tajriba ishlarini bajarishda elektr tokidan shikastlanmaslik uchun texnika xavfsizlik qoidalariga rioya qilish kerak. elektr zanjirlaridagi ochiq simlarga va boshqa qismlarga kuchlanish borligida tegish mumkin emas. Sxemada biron o'lchashni o'tkazish uchun uni elektr energiya manbaidan uzib qo'yish kerak. Yig'ilgan sxemani tajriba mashg'ulotlari rahbari tekshirishi kerak. Sxemani faqatgina o'qituvchining ruxsati bilan elektr energiya manbaiga ulanadi. Sxema yig'ilgandan so'ngra o'qituvchi tekshirmasdan oldin manbaga ulash man qilinadi. Ketma–ket ulangan induktivlik va sig'imdan tashkil topgan o'zgaruvchan tok zanjirlari bilan ishlaganda shuni yodda tutish kerakki, kuchlanish ba'zi xollarda manba kuchlanishidan ko'p marta ortib ketishi mumkin. Tok transformatorning birlamchi chulg'amidan tok oqib turganida ikkilamchi chulg'amni uzish mumkin emas. SHuningdek, o'ramlar soni katta bo'lgan g'altaklarni zanjirlardan ham uzish mumkin emas.

Aylanuvchi agregatlar bilan ishlaganda ayniqsa ularning aylanish tezligini o'lchashda nihoyatda ehtiyot bo'lish kerak. elektr mashinalarining harakatlanib turgan qismlariga tegish mumkin emas. Baxtsiz hodisalar bo'lmasligi uchun kiyilgan kiyimlar yopishib turishi lozim. Tajriba mashg'uloti vaqtida ro'mol o'rash, sharf va galstuklar taqish mumkin emas. Agar baxtsiz hodisalar ro'y bersa zudlik bilan elektr qurilmani tarmoqdan uzish va shikastlangan kishiga birinchi yordam berish kerak. Har bir o'quvchi jihozlarni ishlashda buzilish sezsa va xavfsizlik texnikasi qoidalarini buzilganligini ko'rsa buni rahbarga tezda bildirishi shart. Talabalar bilan xavfsizlik texnikasidan yo'riqnoma o'tkazilganligi jurnalda qayd qilinishi va unga talabalar imzo chekishlari lozim.

«Analogli va rakamli elektronika» fanidan o`tkazilgan laboratoriya ishlari bo`yicha hisobot formasi –

BuxMTI, Elektrotexnika va ISHAKT fakul`tet, «Elektroenergetik tizimlar» kafedrası,
« Analogli va rakamli elektronika » fanidan
laboratoriya ishlari

O`qituvchi

lavozimi, FIO,

imzosi

Talaba

Fakultet _____

Guruh

FIO

Laboratoriya ishi bo`yicha

HISOBOT

Ishning nomi _____

1. Ishning maqsadi.
2. O`lchash sxemalari.
3. Ishlatiladigan asboblari va ularning tavsiflari.
4. O`lchash va hisoblash natijalarining jadvali.
5. Hisoblash formulalari.
6. O`lchangan va hisoblangan kattaliklarning grafiklari.
7. Asbobning eskizi, diagrammalar.
8. Ish bo`yicha qisqacha xulosa.

Talabani imzosi _____

Tajriba qurilmasini va o'lchov asboblari o'rganish.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- qiziqarli namuna bo'la oladigan masala tanlanadi;
- o'quvchilarning bilim olish jarayoni tsiklik, yopiq tarzda tashkil qilinadi;

- masala albatta evristik (savol-javob) tarzda yechiladi va olingan natijalar kompyuterda olingan natijalar varianti bilan taqqoslanadi;
- studentlarning bilim olish faoliyatini aktivlashtirish uchun musobaqa vaziyati vujudga keltiriladi.

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

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

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

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

O'quv jarayonida virtual laboratoriyalardan foydalanish quyidagi afzalliklarga ega:

- mashg'ulotlarda studentlarning aktivligi va mustaqilligini orttirish;
- o'quv materiallarining o'zlashtirilish darajasini ko'tarish;
- har bir studentning o'quv materiallarini o'zlashtirishini to'liq nazorat qilish;
- qaytarish va trening yo'li bilan olingan bilimlarni mustaxkamlash jarayonini yengillashtirish;
- o'quv jarayoniga mustaqil ta'limni kiritish effektivligini orttirish.

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

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

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

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

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

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

Electronics WorkBench dasturi elektr va elektron sxemalarni modellash uchun ishlatiladi. Nisbatan kichik hajmga ega bo'lishiga qaramasdan unda katta miqdordagi real

elementlarning modellari mavjud. U sxemotexnik tahrirlagich va SPICE simulyatorni o'z ichiga olgan integrallashgan paket bo'lib hisoblanadi.

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

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

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

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

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

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

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

MATLAB tizimini Moler (S. V. Moler) ishlab chiqqan va 70-yillarda undan katta EHMlarda keng foydalanilgan. MathWorks Inc firmasining mutaxassisi Djon Litl (John Little) 80-yillarning boshlarida IBM PC, VAX va Macintosh klassidagi kompyuterlar uchun PC MATLAB tizimini tayyorlagan. Keyinchalik MATLAB tizimini kengaytirish uchun matematika, dasturlash va tabiiy fanlar bo'yicha jahondagi

eng yirik ilmiy markazlar jalb qilingan. Hozirgi vaqtda tizimning eng yangi versiyasiyalari MATLAB-6 va MATLAB-7 mavjud.

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

2-bob. Yelectronics Workbench dasturiy kompleksi

2.1. Yelectronics Workbench dasturiy kompleksining qisqacha tavsifi

Zamonaviy elektr va elektron qurilmalarni loyihalash va ishlab chiqish katta aniqlik va chuqur tahlilni talab qiladi. Bundan tashqari, bajariladigan ishlarning katta hajmga egaligi va murakkabligi sababli kompyuter texnologiyalaridan foydalaniladi.

Electronics Workbench dasturiy kompleksi elektr zanjirlarni dasturiy loyihalash va imitatsiya qilish vositalaridan biri bo'lib hisoblanadi. U elektr zanjirlarni va elektron qurilmalarni loyihalovchi korxonalarda va oliy o'quv yurtlarida qo'llanilishi mumkin.

Electronics Workbench bilan ishlash kompyuter texnikasi bo'yicha chuqur bilimlarni talab qilmaydi. Dasturning interfeysini bir necha soat davomida o'zlashtirib olish mumkin.

2.2. Modellash dasturining tarkibi

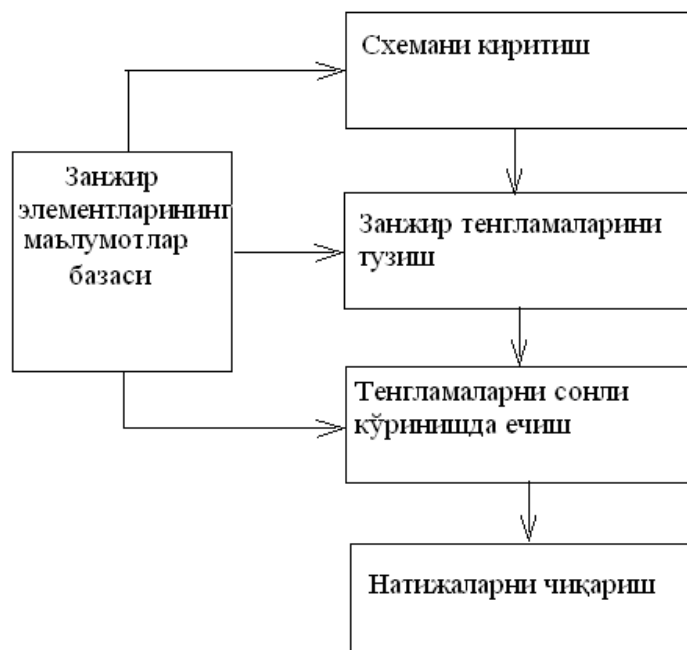
Hozirgi vaqtda jahonda ko'plab kompyuterda modellash dasturlari qo'llanilmoqda. Ular ichida o'quv yurtlarida eng ko'p qo'llaniladigan dasturlardan biri Interactive Image Technologies firmasining Electronics Workbench dasturidir.

Kompyuterda modellash dasturining tarkibiy sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

Zanjir elementlarining ma'lumotlar bazasi ko'plab elementlar - rezistorlar, kondensatorlar, g'altaklar, diodlar, tranzistorlar, mikrosxemalar va boshqa elementar to'g'risidagi ma'lumotlarni o'z ichiga olgan. Ma'lumotlar bazasidagi har bir element o'zining ekvivalent sxemasi va parametrlarining tavsifiga ega.

Qurilmaning sxemasini kiritish uchun ma'lumotlar bazasidan kerakli elementlar olinadi (chaqiriladi). Ekranda elementning shartli belgisi, nomi (turi) va asosiy parametrlari hosil bo'ladi. Elementlar bir-biriga simlar bilan ulanadi. Modellash dasturida sxemaning ichki tavsifi hosil qilinadi. U sxemadagi elementlar, har bir element ulangan tugunlarning tartib raqamlari, har bir elementning parametrlari va boshqa zarur qo'shimcha informatsiyalarni o'z ichiga oladi.

Sxemaning tugunlariga tartib raqamlar avtomatik tarzda berib boriladi. Sxemaning korpusiga, odatda, 0 tartib raqami beriladi.



2.1-rasm. Kompyuterda modellash dasturining tarkibiy sxemasi

Zanjir uchun tenglamalarni tuzish. Elementlarning tenglamalari (Om qonuni) va ulanishlarning tenglamalari (Kirxgof qonunlari)ga asosan amalga oshiriladi. Bunda sxemaning ichki tavsifi va elementlarning ekvivalent sxemalaridan foydalaniladi. Modellash dasturidagi tenglamalar sonini kamaytirish uchun asosan tugun kuchlanishlari usuli va konturlarning toklari usuli ishlatiladi. Zanjir tenglamalarini tuzish algoritmi juda sodda. Masalan, tugun tenglamalarini tuzish jarayoni sxema tugunlari (korpusga ulangan tugundan tashqari) uchun tenglamalar tuzish va har bir tugunga ulangan o'tkazuvchanliklarni hisobga olishdan iborat. Konturlarni ketma-ket ko'rib chiqish kontur tenglamalarni tuzish imkonini beradi. Tenglama tuzish uchun zarur bo'lgan elementlarning parametrlari ma'lumotlar bazasidan olinadi.

Zanjir tenglamalarini yechish sonli usullardan foydalanib amalga oshiriladi. Hisoblashlarni kamaytirish uchun har xil turdagi signallar uchun alohida yechiladi. Ko'pchilik hollarda zanjirlar quyidagi rejimlarda hisoblanadi:

- o'zgarmas tokda (DC rejimi);
- kichik garmonik ta'sirlarda (AS rejimi);
- o'tish rejimida (Transient rejimi).

O'tish rejimida tok va kuchlanishlar murakkab tarzda o'zgarishi va nochiziqli rejim yuzaga keladigan katta qiymatlarga erishishi mumkin. Nochiziqli tenglamalarni yechishda ma'lumotlar bazasidan elementlarning nochiziqli xarakteristikalar ham olinadi.

Natijalarni chiqarish zamonaviy kompyuterlarning modellash dasturlarida grafik (grafiklar, diagrammalar, rasmlar va h.k.) va matn ko'rinishida amalga oshiriladi. Olingan natijalarni monitor ekraniga, printeriga chiqarish yoki faylga yozish mumkin.

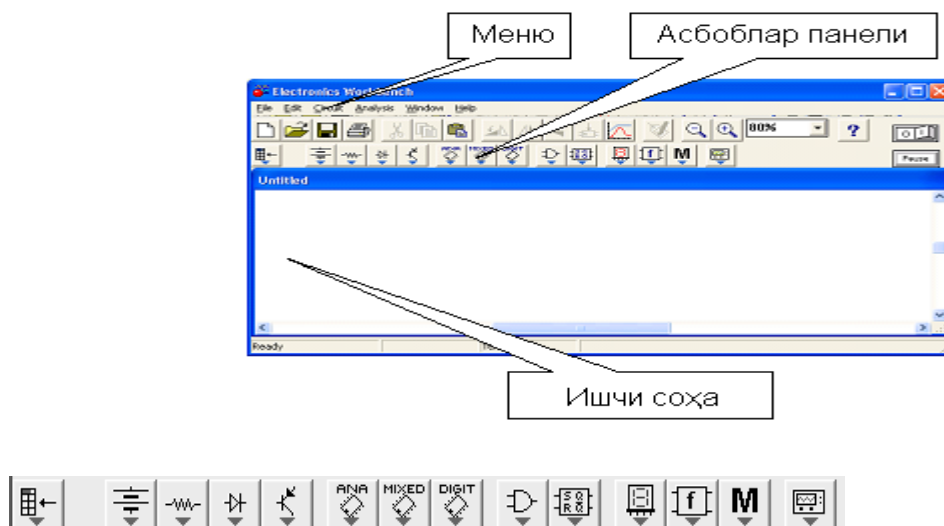
2.3. Electronics Workbench dasturining interfeysi

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

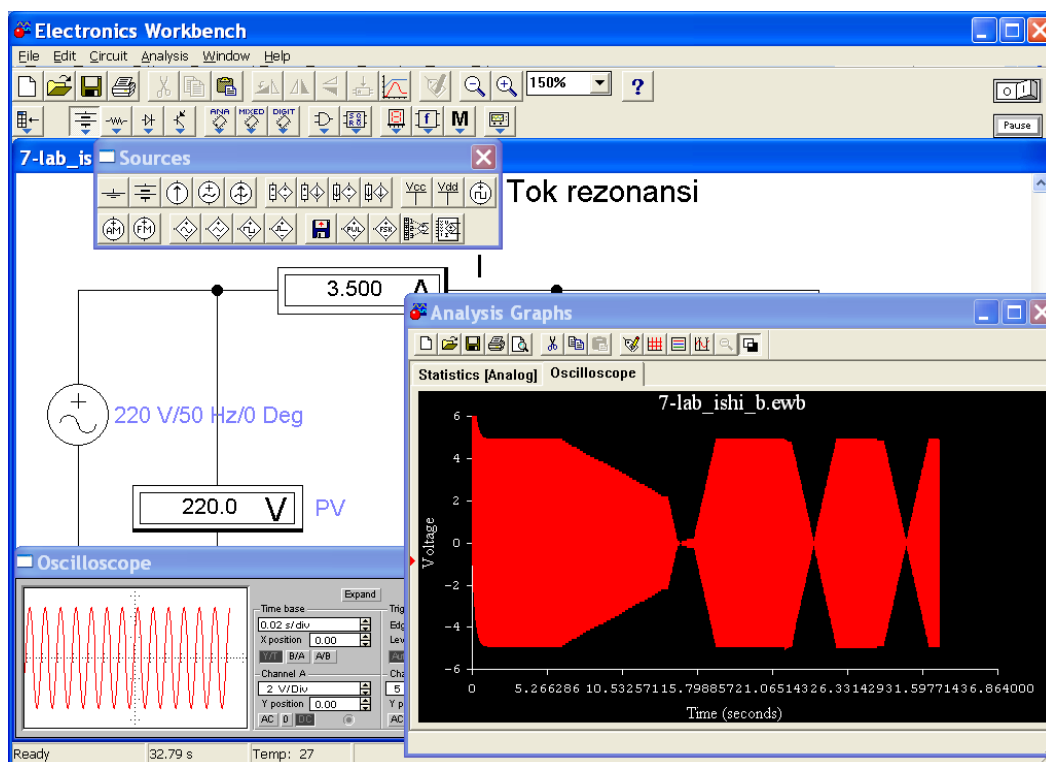
Foydalanuvchining interfeysi menyu, asboblar paneli va ishchi sohadan iborat (2.2-rasm).

Menyu quyidagi komponentlarga ega: fayllar bilan ishlash menyusi (File), tahrirlash menyusi (Edit), zanjirlar bilan ishlash menyusi (Circuit), sxemalarni tahlil qilish menyusi (Analysis), oynalar bilan ishlash menyusi (Window), yordam fayllari bilan ishlash menyusi (Help).

Asboblar panelida radioelektron sxemalar elementlarining tasvirlari bo'lgan knopkalar mavjud (2.2-rasm). Knopkalar bosilganda ularga mos bo'limlar ochiladi, masalan, diodning tasviri bosilsa diodlar bo'limi ochiladi.



2.2-rasm. Electronics Workbench kompleksining interfeysi va asboblar paneli



2.3-rasm. EWB dasturining bosh oynasi

Dasturning bosh oynasi 2-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turganidek, dastur standart interfeysga ega.

Komandalar menyusi oynasi dastur oynasining yuqori qismida joylashgan.

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

Belgilar (ikonalar) oynasi sxema oynasining yuqori qismida joylashgan. Yuqori qatordagi belgilar menyu komandalarini qaytaradi. Keyingi, ya'ni sxema oynasining yuqorisida joylashgan belgilardan zanjirga ulanuvchi elementlar va o'lchash priborlarini tanlash uchun foydalaniladi. Diodlarni (Diodes) va o'lchash priborlarini (Instruments) tanlash oynalari 1-rasmda ko'rsatilgan.

Sxemani hisoblashni aktivlashtirish va to'xtatish (Activate/Stop) hamda *pauza (Resume)* knopkalari dastur oynasining yuqori o'ng burchagida joylashgan. Activate/Stop knopkasi 0 va 1 raqamlariga ega. Ulardan birini bosish yo'li bilan sxemani hisoblashni aktivlashtirish yoki to'xtatish mumkin.

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

- sxemani tuzish;
- sxemaga o'lchov priborlarini ulash;
- sxemani aktivlashtirish, ya'ni tadqiq qilinayotgan qurilmadagi jarayonlarni hisoblash.

File menyusi

File menyu fayllar bilan ishlash uchun mo'ljallangan. File menyusining tashqi ko'rinishi quyidagicha

<u>N</u>ew	Ctrl+N
<u>O</u>pen...	Ctrl+O
<u>S</u>ave	Ctrl+S
Sa<u>v</u>e A<u>s</u>...	
<u>R</u>ever<u>t</u> to S<u>a</u>ved...	
I<u>m</u>port...	
E<u>x</u>port...	
<u>P</u>rint...	Ctrl+P
P<u>r</u>int S<u>e</u>tup...	
P<u>r</u>ogram O<u>p</u>tions...	
E<u>x</u>it	Alt+F4
<u>I</u>nstall...	

File/New

Ushbu amal bajarilganda joriy sxema yopiladi va yangi nomsiz oyna ochiladi. Undan yangi sxema tuzish uchun foydalaniladi. Sukut bo'yicha yangi sxemaning nomi Default.ewb bo'ladi.

File/Open

Mavjud faylni ochadi. Faqat .ca,.sa3, .sd3, .sa4 va .ewb kengaytmali fayllarni ochish mumkin.

File/Save

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

File/Save as

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

File/Revert to Saved (Revert)

Ushbu komanda sxemani oxirgi marta saqlanayotgan vaqtdagi ko'rinishgacha tiklaydi.

File/Import

Komanda sxemalarning nostandart fayllarini (.net yoki .sir kengaytmali) standart Electronics Workbench ko'rinishiga o'tkazadi.

File/Export

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

File/Print

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

File/Print Setup (Windows)

Ushbu amal printerni sozlash uchun mo'ljallangan.

File/Exit

Electronics Workbench paketi bilan ishlashni tugallash.

File/Install (Windows)

Electronics Workbench dasturining qo'shimcha komponentlarini o'rnatish. Buning uchun Electronics Workbench dasturining qo'shimcha komponentlari yozilgan disk zarur bo'ladi.

Edit menyusi

C<u>u</u>t	Ctrl+X
C<u>o</u>py	Ctrl+C
P<u>a</u>ste	Ctrl+V
D<u>e</u>lete	Del
S<u>e</u>lect <u>A</u>ll	Ctrl+A
C<u>o</u>py as B<u>i</u>tmap	
S<u>h</u>ow C<u>l</u>ipboard	

Edit menyusi tahrirlash amallarini bajarish imkoniyatini beradi.

Edit/Cut

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

Edit/Copy

Ajratilgan komponentlarning nusxasini almashtirish buferiga olish.

Edit/Paste

Almashtirish buferiga olingan komponentlarning nusxalarini aktiv oynaga qo'yish.

Edit/Delete

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

Edit/Select All

Aktiv oynadagi hamma elementlarni ajratish. Agar pribor ajratilgan elementlarning bir qismi bo'lsa Edit/Copy va Edit/Paste komandalari ishlamaydi. SHuning uchun bir necha elementdan tashqari hamma elementlarni tanlash kerak bo'lsa avval Select All komandasi bajariladi, keyin CTRL klavishasi bosilgan holda sichqonchanning chap tugmasini bosib ortiqcha elementlardan ajratilish olib tashlanadi.

Edit/Copy as Bitmap

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

Rastrli tasvirning nusxasini olish uchun quyidagi amallar bajariladi:

- a) Edit/Copy as Bitmap tanlanadi (kursor crosshair ga o'zgaradi);
- b) sichqonchanning chap tugmasi bosilgan holda nusxasi olinadigan elementlarning hammasi belgilanadi.
- v) sichqonchanning chap tugmasi qo'yib yuboriladi.

Edit/Show Clipboard

Almashtirish buferini aks ettirish.

Circuit menyusi

R otate	Ctrl+R
F lip Horizontal	
F lip Vertical	
C omponent Properties...	
C reate Subcircuit...	Ctrl+B
Z oom In	Ctrl++
Z oom Out	Ctrl+-
S chematic Options...	
R estrictions...	Ctrl+I

Circuit menyusi zanjirlar ustida amallar bajarish imkoniyatini beradi.

Circuit/Rotate

Tanlangan komponentlarni soat strelkasi bo'yicha 90 gradusga buradi. Komponentga mansub bo'lgan matn burilmaydi. Ampermetr va voltmترلarning faqat terminallari buriladi.

Circuit/Flip Vertical

Tanlangan komponentlarni vertikal bo'yicha 180 gradusga buradi.

Circuit/Flip Horizontal

Tanlangan komponentlarni gorizontal bo'yicha 180 gradusga buradi.

Circuit/Component Properties

Tanlangan komponentning xossalari o'zgartirish. Komponent ustida sichqonchani chap tugmasi ikki marta bosilganda ham xossalarning dialog oynasi chiqadi. Dialog oynasi tanlangan elementga mos bo'ladi va unda quyidagi bo'limlar bo'lishi mumkin:

- Label,
- Value,
- Models,
- Schematic Options,
- Fault,
- Node,
- Display,
- Analysis Setup.

Label (Komponentning xossalari)

Komponentning metkasi yoki identifikatorini o'rnatish yoki o'zgartirish. Komponentning identifikatori yagona bo'lishi kerak, uni o'chirib tashlab bo'lmaydi.

Value

Komponent xossalarining qiymatlari o'rnatiladi.

Models

Komponentning modelini tanlash va uni tahrirlash. Komponentlar sukut bo'yicha ko'pchilik hollarda "ideal" bo'ladi. Natijalarning aniqligini orttirish zarur bo'lsa "real" modellarni tanlash mumkin.

Schematic Options

Sxemaning parametrlarini tanlash.

Fault

Komponent terminaliga nosozliklarni kiritish. Quyidagi nosozliklarni kiritish mumkin:

- Leakage – Komponentga parallel ulanadigan qarshilikning qiymati (komponentga qo'shni zanjirlarning, komponentga parallel ekvivalent qarshiligi);
- Short – komponentning qisqa tutashuv rejimi;
- Open – komponentning ichida uzilish mavjud, ya'ni uning qarshiligi juda katta.

Node

Sxema tugunining xossalarini o'zgartirish, unda quyidagi bo'limlar mavjud:

- Node ID – sistema tomonidan berilgan tugunning nomi;
- Use as Testpoint – tugun test nuqtasi sifatida ko'rilishi kerakligini bildiradi;
- Set Node Color – simlarning rangini o'zgartirish.

Display

Display bo'limidagi Use Schematic Options tanlanmaganda quyidagilarni ko'rsatish/berkitish uchun ishlatiladi:

- Show labels - komponentning nomi;
- Show values - qiymati;
- Show reference ID – identifikatori.

Analysis Setup

Elementning parametrlarini, masalan qarshilik uchun ishchi haroratni rostdash.

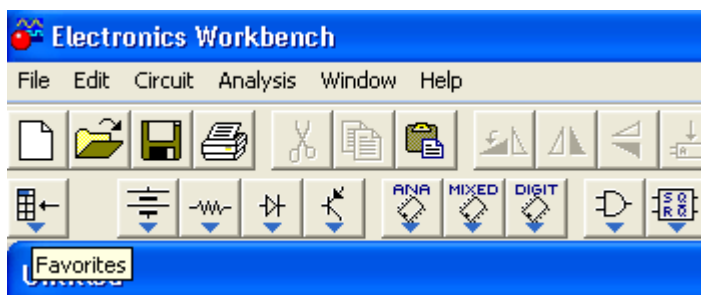
Circuit/Create Subcircuit

Ostsxema hosil qilish (ajratilgan elementlarni ostsxemaga birlashtirish). Ostsxema cheklanmagan miqdordagi komponentlarga ega bo'lishi va uning tarkibiga boshqa ostsxema kirishi ham mumkin. Boshqa elementlarga ketadigan hamma simlar ostsxemaning piktogrammasida terminallarga aylanadi.

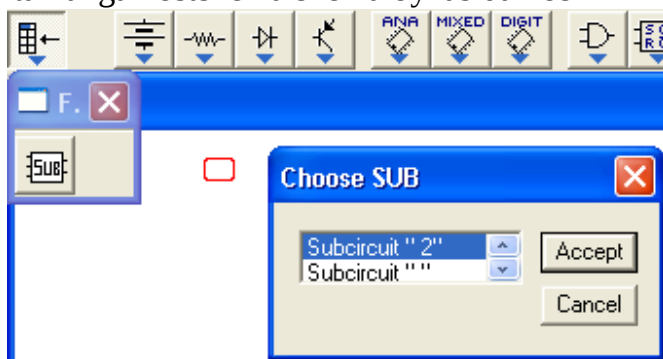
Ostsxemani yaratish uchun:

- a) ostsxemaning tarkibiga kirishi zarur bo'lgan elementlar ajratiladi;

- b) Circuit/Create Subcircuit komandasi tanlanadi va hosil bo'ladigan dialog oynada ostsxemaga nom beriladi va quyidagilardan biri belgilanadi:
- Copy from Circuit – ajratilgan elementlarning faqat nusxalari ostsxemaga joylashtiriladi, ularning o'zlari sxema oynasida qoladi;
 - Move from Circuit - ajratilgan elementlar sxemadan yo'qotilib ostsxemaga joylashtiriladi;
 - Replace in Circuit - ajratilgan elementlarni ostsxemaga joylashtiriladi va sxemada ularning o'rnida ostsxemaning piktogrammasi hosil bo'ladi.
- Yaratilgan ostsxemalar Favorites paneliga joylashadi.



Ularining nomlarini ostsxema belgisini Favorites panelidan sxema oynasiga surilganda hosil bo'ladigan oynadagi ro'yxatdan ko'rish va keraklisini tanlash mumkin. Accept knopkasi bosilsa tanlangan ostsxema sxema oynasida hosil bo'ladi.



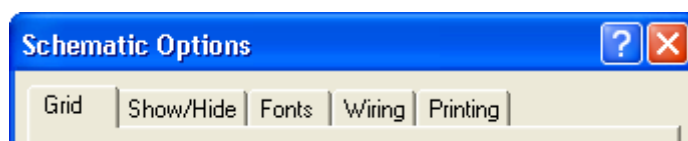
Ostsxemadan faqat joriy sxemada foydalanish mumkin. Lekin uning nusxasini almashtirish buferiga olish va boshqa sxema oynasiga qo'yish mumkin.

Circuit/Zoom

Sxema o'lchamlarini orttirish **Zoom IN** va kamaytirish **Zoom Out**.

Circuit/Schematic Options

Zanjirning umumiy ko'rinishini sozlaydi. O'zgartirishlar faqat joriy zanjirga taalluqli bo'ladi.



Schematic Options dialog oynasida quyidagi bo'limlar mavjud:

- Grid;
- Show/Hide;
- Fonts;
- Wiring;
- Printing.

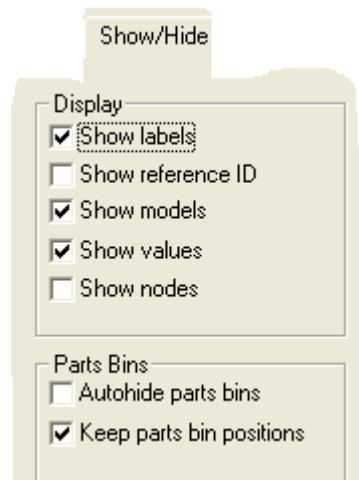
Grid



To'ring ko'rinishini va to'rdan foydalanishni boshqaradi.

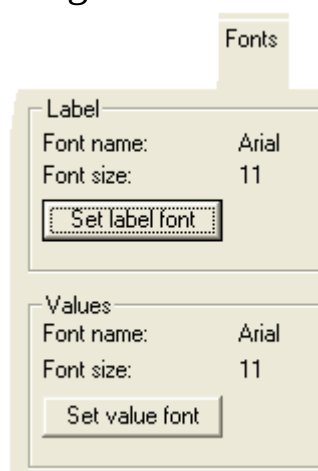
Show/Hide

Zanjir to'g'risidagi ma'lumotlarni ko'rsatish/berkitish. Dialog oynada belgilangan ma'lumotlar ko'rsatiladi.



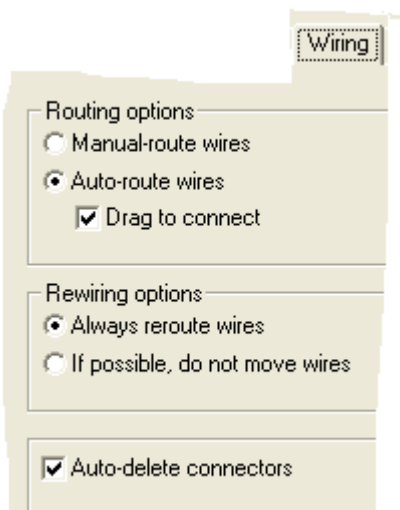
Fonts

Komponentlar metkalari va qiymatlarini ko'rsatish uchun foydalaniladigan shriftlarning nomi va o'lchamlarini o'zgartirish.



Wiring

Sxema komponentlarini o'zaro bog'lash usulini tanlash.



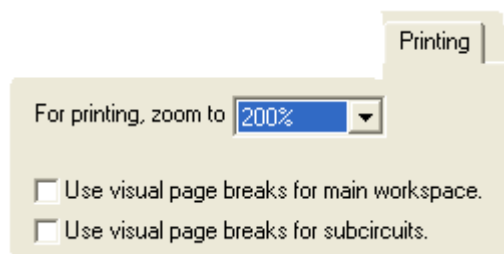
Manual route wires – bog'lovchi chiziqlar qo'lda hosil qilinadi. Sichqonchaning chap tugmasi bosilgan holda kerakli joygacha suriladi va qo'yib yuboriladi. CHiziqning keyingi qismini chizish uchun yuqoridagi harakatlar qaytariladi. Bunda bog'lovchi liniyalarni ixtiyoriy troektoriya bo'yicha chizish mumkin.

Auto-route wires – bog'lovchi liniyalarning troektoriyasini Electronics Workbench dasturining o'zi hosil qiladi.

Printing

Bosmaga chiqarish.

For printing, zoom to – bosmaga chiqarish masshtabini tanlash.



Use visible page breaks for main workspace – bosmaga chiqariladigan sahifalarni bir-biridan ajratib turuvchi chiziqlarni ko'rsatish/berkitish;

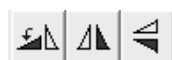
Use visible page breaks for subcircuits - ostsxemalar uchun bosmaga chiqariladigan sahifalarni bir-biridan ajratib turuvchi chiziqlarni ko'rsatish/berkitish.

Bosmaga chiqarish uchun File menyusining Print bo'limidan ham foydalanish mumkin.

Sxemalarni tuzish

Sxemalarni tuzish jarayoni uch bosqichdan iborat.

1- bosqich. Asboblard panelidan elementlarni ishchi sohaga o'tkazish va ularni joylashtirish. Buning uchun element tasvirining ustida sichqonchaning chap tugmasi bosiladi va zarur element ishchi sohaga surib o'tkaziladi. Zarur bo'lsa elementlarni burish knopkalaridan ham foydalaniladi (2.3-rasm).



2.3-Rasm. Elementlarni burish knopkalari

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

- Sichqonchanning kursori elementning chiqishiga kontaktning qora nuqtasi paydo bo'ladigan qilib yaqinlashtiriladi;



- Sichqonchanning chap tugmasi bosiladi va bosilgan holatda bog'lanish hosil qilinishi kerak bo'lgan elementning chiqishida qora nuqta hosil bo'lguncha suriladi;



- Sichqonchanning chap tugmasi qo'yib yuboriladi.



Zarur hollarda qo'shimcha tugunlar hosil qilish mumkin.

Buning uchun  element ishchi sohaning kerakli joyiga joylashtiriladi.

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

Element yoki zanjir uchastkasini yo'qotish uchun u ajratiladi va Delete hamda Enter klavishalari bosiladi.

Sxemalarni loyihalashda ko'pgina amallar sichqonchanning chap tugmasidan foydalanib bajariladi. Sichqonchanning o'ng tugmasi, asosan, elementlar va o'lchash priborlari xossalarining kontekst menyularini chaqirish uchun ishlatiladi.

Zanjir tuzish uchun quyidagi amallar bajariladi:

- kerakli elementlarni topish va tanlash;
- elementlarni sxema oynasining ishchi sohasiga joylashtirish;
- elementlarni bir-biriga simlar yordamida ulash;
- elementlar parametrlarining qiymatlarini o'rnatish.

Kerakli elementlarni topish va tanlash dastur oynasining yuqoridan ikkinchi qatoridagi belgilarning ustida sichqonchanning chap tugmasini bosib va tanlangan elementni sxema oynasiga surish yo'li bilan amalga oshiriladi. Sxema tarkibiga albatta korpus (erlanish) qo'shilishi kerak. Yerlanish bo'lmasa sxemaning to'g'ri ishlashi kafolatlanmaydi.

EWB dasturida o'zgaruvchan rezistorlar, kondensatorlar va g'altaklar mavjud. Ularning parametrlarini belgilarida ko'rsatilgan klavishalarni bosish yo'li bilan o'zgartirish mumkin. Parametrlarni sxema ishlayotgan vaqtda ham o'zgartirish mumkin. Lekin bu holda hisoblashlarning aniqligi kafolatlanmaydi, natijalarni dasturni qaytadan ishga tushirib tekshirib ko'rish kerak.

Sxema oynasidagi elementlarni yangi joyga surish uchun ularning ustida sichqonchanning chap tugmasi bosilgan holatda kerakli joyga siljiriladi.

Elementlar bir-biriga simlar yordamida ulanadi. Simlarni hosil qilish uchun sichqonchanning chap tugmasi element chiqishining ustiga olib kelinadi, doira shaklidagi tugun hosil bo'lishi bilan bosiladi va kerakli tomonga suriladi. Keyingi elementning

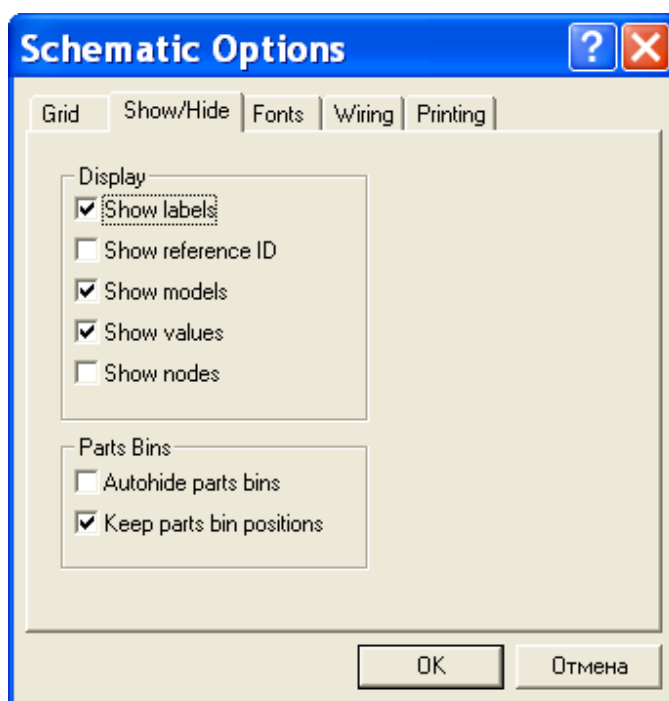
ulanadigan tuguni ko'rinishi bilan qo'yib yuboriladi. Hosil qilingan simlarni sichqoncha yordamida surish ham mumkin.

Sxema oynasida boshqa elementlarga ulanmagan element qolishi mumkin emas.

Elementning parametrlarini o'zgartirish uchun uning ustiga kursor olib kelinadi va sichqonchanning o'ng tugmasi bosilib hosil bo'lgan kontekst menyudan kerakli punkt tanlanadi. Bundan tashqari, elementning ustida sichqonchanning chap tugmasini ikki marta bosib yoki Circuit menyusidan tanlab Component Properties ost menyusini ochish mumkin. Hosil bo'ladigan dialog panelda kerakli parametr o'rnatiladi. Rezistorlar, kondensatorlar va induktivlik g'altaklari uchun paneldagi Value bo'limidan foydalaniladi. Murakkab va aktiv elementlarning, jumladan, diodlar, tranzistorlar va uzun liniyalarning parametrlari Models bo'limidagi Default va Ideal bo'limlarini yoki bibliotekadan elementning tipini tanlash yo'li bilan o'rnatiladi. Buning uchun Edit knopkasidan foydalaniladi.

Elementni sxemadan yo'qotish uchun uning ustida sichqonchanning o'ng tugmasi bosiladi va hosil bo'lgan menyudan Delete punkti tanlanadi.

Sxema ko'rinishining qo'shimcha parametrlarini o'rnatish uchun Circuit menyusining Schematic Option punkti tanlanadi (2.4-rasm). Ushbu punktdan ko'pchilik hollarda tugunlarning tartib raqamlarini ko'rsatish uchun foydalaniladi. Buning uchun Show/Hide bo'limidagi Show nodes punkti belgilanadi.



2.4-rasm. Sxema ko'rinishining qo'shimcha parametrlarini o'rnatish (Circuit menyusining Schematic Option punkti)

Electronics Workbench dasturida katta sxemaning bir qismini ost sxemaga aylantirish mumkin. Buning uchun sxemaning bir qismi sichqonchanning chap tugmasi bosilgan holatda surilib ajratiladi va Circuit menyusining Create Subcircuit punkti tanlanadi. Favorites oynasida yaratilgan ost sxemaning tasviri hosil bo'ladi. Ost sxemalardan foydalanish murakkab qurilmaning kompakt sxemasini olish imkoniyatini beradi.

2.4. Sxemalarni modellash

Sxemalarni modellash quyidagi usullardan biri yordamida amalga oshiriladi.

1-usul. Agar sxemaga o'lchash priborlari ulangan bo'lsa, u ekranning o'ng yuqori burchagida joylashgan  knopka yordamida ishga tushiriladi va to'xtatiladi. O'sha yerda Pause knopkasi ham mavjud bo'lib uning yordamida modellash jarayonining ma'lum holati qayd qilinadi.

2-usul. Ushbu usulda o'lchash priborlari (ostsillograf va boshqalar) sxemaga ulanmaydi. Tugunlarning tartib raqamlarini Circuit/Schematic Options/Show nodes komandasi yordamida ko'rinadigan qilinadi. Keyin Analysis menyusi yordamida tahlil turi belgilanadi. Masalan, ACHX tahlili Analysis/ AC Frequency komandasi, o'tish jarayonlarining tahlili Analysis/ Transient komandasi, o'zgaras tok bo'yicha tahlil Analysis/ DC Operating Point komandasi yordamida bajariladi. Keyin dialog oynasida tahlil parametrlari va modellash natijalari ko'rilishi kerak bo'lgan tugunlar belgilanadi (Nodes for Analysis maydonida). Simulate knopkasini bosib modellash jarayoni ishga tushiriladi. Modellash grafiklari Analysis Graphs oynasida hosil bo'ladi. Ushbu oynani to'liq ekranga ochish mumkin.

Signallarning parametrlarini ikkita vizir chiziq yordamida ko'rish mumkin. Ushbu chiziqlar Toggle Cursors belgisi bosilganda hosil bo'ladi (Toggle Cursors komandasini kontekst menyudan ham bajarish mumkin, grafikning ustida sichqonchaning o'ng tugmasi bosiladi va Toggle Cursors tanlanadi). Vizir chiziqlar sichqoncha yordamida siljiriladi va kerakli joyga olib kelinadi. Signallarning parametrlari dinamik oynada aks etadi.

2.5. Sxemalarni tahlil qilish

EWB dasturida asos qilib olingan o'lchash priborlariga ega bo'lgan elektron laboratoriya kontseptsiyasi elektron qurilmalarga kechadigan jarayonlarni hisoblash ishini keskin soddalashtiradi. Sxema tuzilgandan va unga kerakli o'lchash priborlari ulangandan keyin tahlilni boshlash uchun Activate/Stop knopkasini bosish yetarli. Xuddi real laboratoriyada real o'lchash priborlari bilan ishlagandagidek toklar, kuchlanishlar va qarshiliklarning hisoblangan qiymatlari o'lchash priborlarining ekranlarida ko'rinadi.

Modellashning keyingi etapida sxemani o'zgartirish, elementlarni almashtirish, yangi elementlarni qo'shish, priborlarni boshqa nazorat nuqtalariga ulash va h.k. ishlarni bajarish mumkin. O'zgartirishlar kiritilgandan keyin sxema Activate/Stop knopkasi yoramida qaytadan aktivlashtiriladi.

Sxemaga ulangan priborlarga mos holda EWB dasturi quyidagi tahlilarni bajarish uchun avtomatik ravishda sozlanadi:

— *DC Operating Point* — sxemaning o'zgaras tok rejimini hisoblash (o'zgaras tok va kuchlanishlarni o'lchash uchun mul'timetr, ampermetr yoki vol'tmetrlar ulanganda);

— *AC Frequency* — chastotaviy xarakteristikalarini hisoblash (ACHX va FCHX o'lchagichlari ulanganda yoki garmonik tok va kuchlanishlarni o'lchash uchun mul'timetr, ampermetr yoki vol'tmetrlar ulanganda);

— *Transient* — o'tish jarayonlarini hisoblash (ostsillografdan foydalanilganda).

Yuqorida ko'rsatilgan tahlillarni Analysis menyusining mos komandarini tashlash yo'li bilan ham bajarish mumkin.

EWB dasturida sukut bo'yicha sonli integrallash uchun juda katta qadam o'rnatilgan. O'tish jarayonlari tahlili aniqligini orttirish uchun Analysis\Analysis Option\Transient tanlanadi va EWB dasturining quyidagi parametrlari o'rnatiladi: ITX4 - 100...1000 va TRTOL = 1 ... 0,1.

EWB dasturi yordamida yuqorida keltirilgan uch xil tahlildan tashqari quyidagilarni ham bajarish mumkin:

- spektral tahlil (Fourier), ichki shovqinlar spektrining tahlili (Noise), nochiziqli buzilishlarni hisoblash (Distortion);
- sxema elementi parametrlari variatsiyasi ta'sirini tahlili (Parameter sweep);
- qurilma xarakteristikalariga harorat o'zgarishi ta'sirining tahlili (Temperature sweep);
- modellanayotgan zanjir xarakteristikalarining nollari va qutblarini hisoblash (Pole-Zero);
- o'tkazish xarakteristikasini hisoblash (Transfer Function);
- komponentlar parametrlari o'zgarganda sxemaning sezgirligini va xarakteristikalarining o'zgarishini hisoblash (Sensitivity, Worst Case i Monte Carlo).

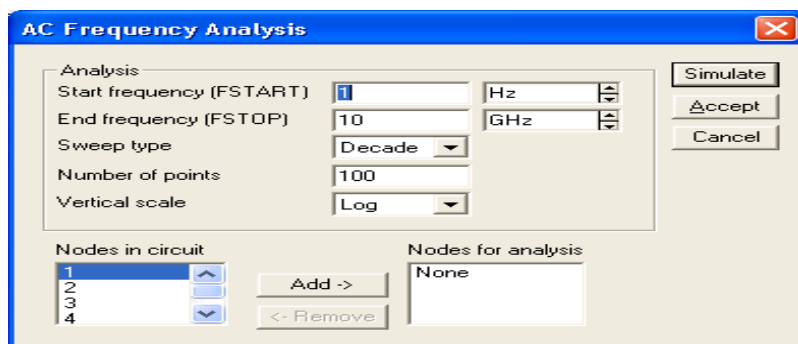
Dasturiy kompleksning Analysis menyusini ko'rib chiqaylik. Undagi birinchi

uchta komandalar (Activate, Pause va Stop)  va  knopkalarga o'xshash.

DC Operating Point — rejimlarni o'zgarmas tok bo'yicha hisoblash. Ushbu rejimda modellanayotgan sxemadan hamma kondensatorlar olib tashlanadi va hamma induktivliklar qisqa tutashtiriladi.

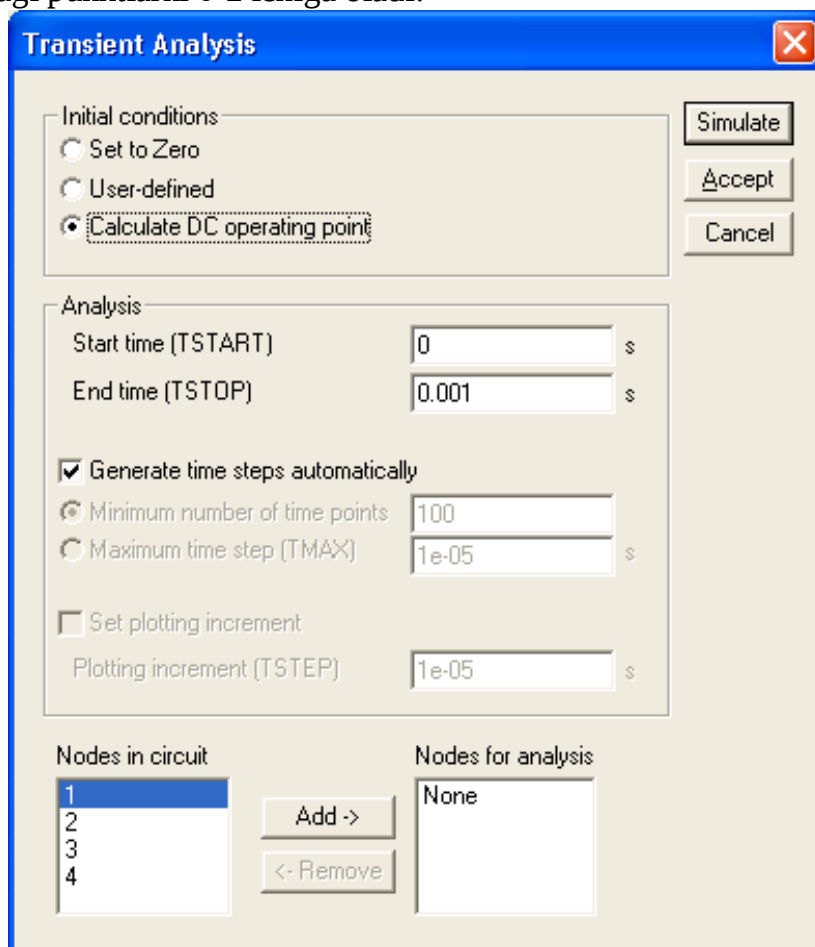
AC Frequency... — chastotaviy xarakteristikalarini hisoblash. Komanda bajarilishidan oldin dialog oynasida (2.5-rasm) quyidagi parametrlarni o'rnatish kerak:

- FSTART, FSTOP — chastotaviy diapazonning chegaralari;
- Sweep type — gorizontal bo'yicha masshtab (dekadaviy, chiziqli yoki oktavali);
- Number of point — hisoblanadigan nuqtalar soni;
- Vertical scale — vertikal bo'yicha masshtab (chiziqli, logarifmik yoki detsibellarda);
- Nodes in circuit — zanjir tugunlarining (nazorat nuqtalari) ro'yxati;
- Nodes for analysis — xarakteristikalari hisoblanadigan nuqtalarning tartib raqamlari.



2.5-rasm. CHastotaviy xarakteristikalarini hisoblash oynasi

Transient... — o'tish jarayonlarini hisoblash. Ushbu komandaning dialog oynasi (2.6-rasm) quyidagi punktlarni o'z ichiga oladi:



2.6-rasm. O'tish jarayonlarini hisoblash oynasi

Initial conditions — modellashning boshlang'ich shartlarini o'rnatish (Set to Zero — nolli boshlang'ich holat; User-defined — boshlang'ich shartlarini foydalanuvchi boshqaradi (o'rnatadi); Calculate DC operating point — boshlang'ich shartlar o'zgarmas tok rejimini hisoblash natijalaridan olinadi.

TSTART i TSTOP — o'tish jarayonlarini tahlil qilishning boshlanish va tugallanish vaqtlari.

Generate time steps automatically — O'tish jarayonlarini avtomatik ravishda tanlanadigan o'zgaruvchi qadam bilan hisoblash.

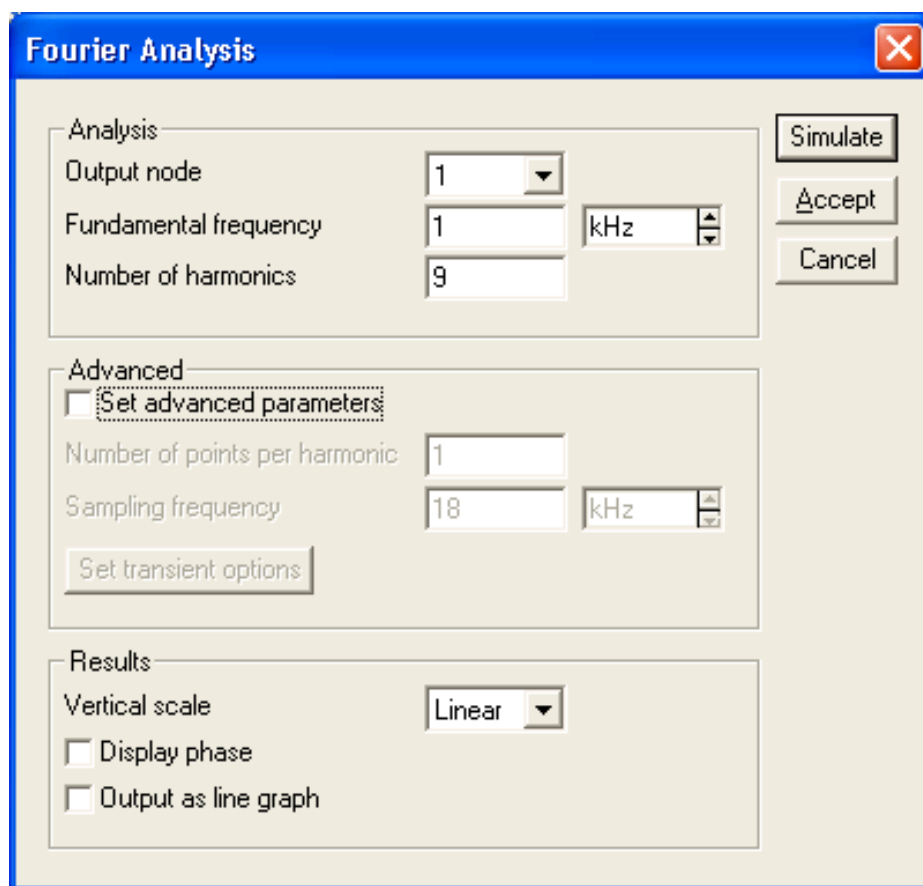
Tsteps — modellash natijalarini ekranga chiqarish uchun vaqt bo'yicha qadam.

Fourier... — spektral tahlil.

Signallarning spektrlarini tahlil qilish uchun Analysis menyusining Fourier punkti tanlanadi. Dialog oynada Furxe bo'yicha tahlil qilish opsiyalarini o'rnatish 2.7-rasmda ko'rsatilgan. Analysis parametrlar blokining yuqoridan birinchi oynasida sxemaning tahlili amalga oshirilishi kerak bo'lgan tugunining nomeri ko'rsatiladi. Yuqoridan ikkinchi oynachada esa asosiy garmonikaning chastotasi o'rnatiladi va uchinchi oynachada hisoblanishi kerak bo'lgan garmonikalar soni ko'rsatiladi. Result blokida vertikal o'q bo'yicha masshtab tanlanadi, faza spektrini aks ettirish uchun blokning

Display phase punkti yoki amplituda spektrini uzluksiz chiziq ko'rinishida aks ettirish uchun Output as line graph punkti belgilanadi.

Modellash parametrlari 2.7-rasmda ko'rsatilgan dialog oynasida beriladi, unda quyidagi opsiyalar mavjud:



2.7-rasm. Fourier Analysis oynasi

Output node — signalning spektri tahlil qilinishi kerak bo'lgan nazorat nuqtasining tartib raqami;

Fundamental frequency — tebranishlarning asosiy chastotasi (birinchi garmonikaning chastotasi);

Number harmonic — tahlil qilinadigan garmonikalar soni;

Vertical scale — U o'qi bo'yicha masshtab.

Advanced — blok opsiyalarining to'plami.

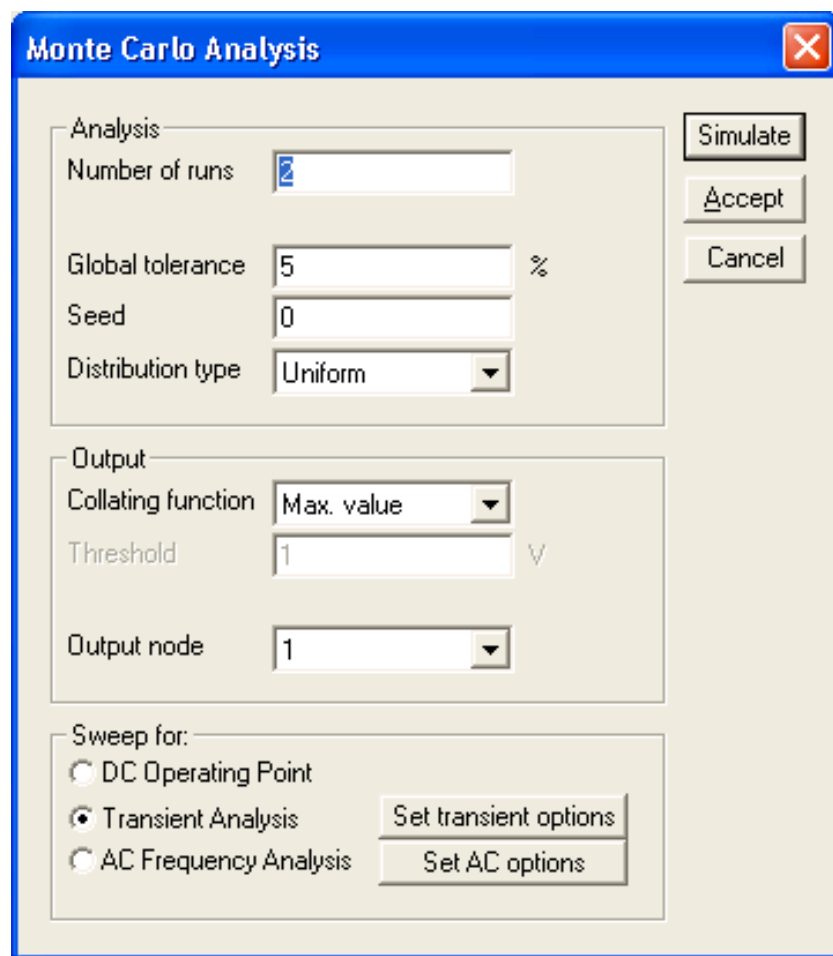
Number of points per harmonic — bitta garmonika uchun sanashlar soni;

Sampling frequency — tanlovlarning diskretlik chastotasi.

Display phase — hamma tashkil etuvchilar fazalarining taqsimlanishini uzluksiz funktsiya ko'rinishida ekranga chiqarish (sukut bo'yicha faqat amplitudalar grafigi chiqariladi);

Output as line graph — garmonikalar amplitudalarining taqsimlanishini ekranga uzluksiz funktsiya ko'rinishida chiqarish (sukut bo'yicha chiziqli spektr ko'rinishida chiqariladi).

Monte Carlo ... — Monte-Karlo usuli bilan statistik tahlil. Dialog oynasida (2.8-rasm) quyidagi parametrlar beriladi:



2.8-rasm. Monte-Karlo usuli bilan statistik tahlilning dialog oynasi

Number of runs —statistik sinashlar soni;

Global Tolerance —rezistorlar, kondensatorlar, induktivliklar, o'zgaruvchan va o'zgarmas tok va kuchlanish manbalari parametrlarining nominal parametrlarga nisbatan og'ishi (xatoliklari);

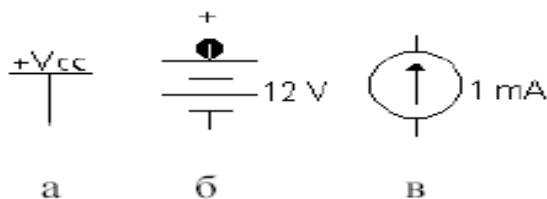
Speed — ehtimoliy kattalikning boshlang'ich qiymati (0...32767);

Distribution type — ehtimoliy sonlarning taqsimlanish qonuni.

2.6. Elementlar bazasi

Dasturiy kompleks katta elementlar bazasiga ega. Ulardan eng ko'p ishlatiladiganlarini ko'rib chiqamiz.

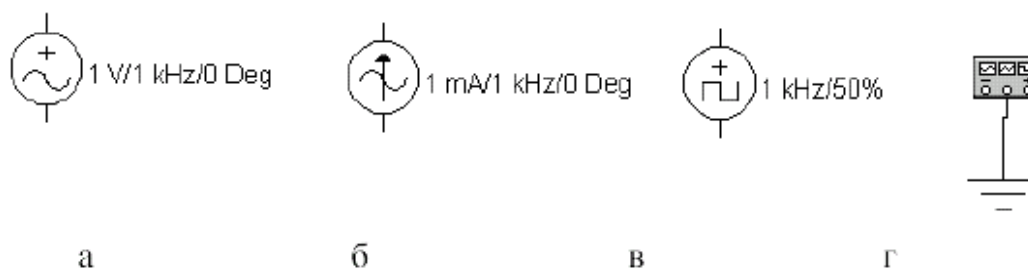
O'zgarmas tok va kuchlanish manbalari 2.9-rasmدا keltirilgan. Ular Sources asboblari panelida joylashgan va sxemalarni ta'minlash uchun xizmat qiladi.



2.9-rasm. O'zgarmas tok va kuchlanish manbalari

O'zgarmas kuchlanish manbasi V_{CC} (2.9-rasm, a) raqamli sxemalarga +5V kuchlanish (mantiqiy 1) berish uchun ishlatiladi. Batareyadan (2.9-rasm, b) raqamli va analog sxemalarni ta'minlash uchun foydalaniladi. O'zgarmas tok manbasi 2.9-rasm, v da ko'rsatilgan.

O'zgaruvchan kuchlanish va tok manbalari elektron sxemalarning kirish signallari sifatida ishlatiladi (2.10-rasm).



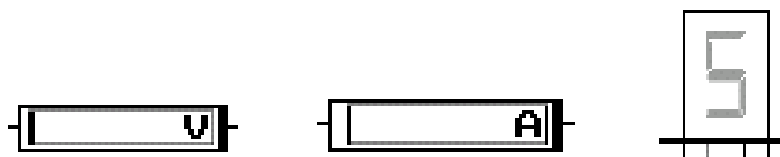
2.10-rasm. O'zgaruvchan kuchlanish va tok manbalari

O'zgaruvchan kuchlanish manbasida (2.10-rasm, a) kuchlanishning effektiv qiymati, fazasi va chastotasi beriladi. O'zgaruvchan tok manbasida (2.10-rasm, b) tokning effektiv qiymati, fazasi va chastotasi o'rnatiladi. To'g'ri burchakli impuls manbasida (2.10-rasm, v) impulsning amplitudasi, chastotasi va to'ldirish ko'effitsienti ko'rsatiladi.

To'ldirish ko'effitsienti $\frac{\tau_u}{T} 100\%$ ga teng, bu yerda τ_u – kirish impulsining davomiyligi, T – tebranishlar davri. To'ldirish ko'effitsienti element xossalari oynasining Duty Cycle satrida ko'rsatiladi.

Funksional generator (2.10-rasm, g) Instruments panelida joylashgan, ikkita qarama-qarshi fazali chiqishga ega va sinusoidal, uch burchak, to'g'ri burchak shakldagi signallarni hosil qilishi mumkin.

Electronics Workbench dasturida qator **o'lchov priborlari** mavjud.

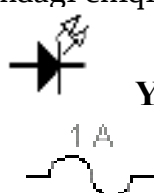


2.11-rasm. O'lchov priborlari: voltmetr, ampermetr va raqamli indikator

Vol'tmetr DC rejimida o'zgarmas va AS rejimida o'zgaruvchan kuchlanishni o'lchaydi. CHiqishidagi qalinroq chiziq manfiy potentsialga mos.

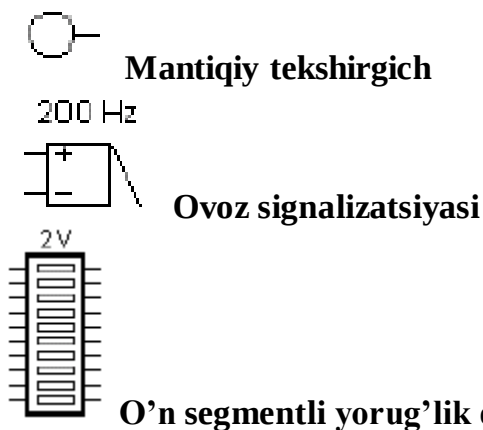
Ampermetr ham AC va DC rejimlariga ega.

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

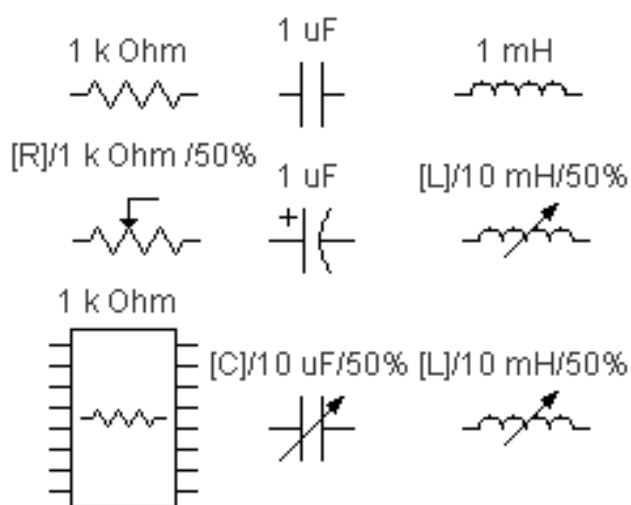


Yorug'lik diodi.

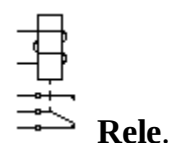
Suyuqlanuvchi saqlagich.



Basic asboblarda panelida **passiv komponentlar** (2.12-rasm) va **kommutatsion elementlar** joylashgan.



2.12-rasm. Passiv komponentlar

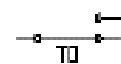


[Space]

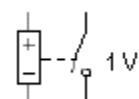


Bir qutbli tumbler. «Probel» (Space) klavishasi yordamida ulab-uziladi (xossalar oynasida boshqa klavishaga almashtirish ham mumkin).

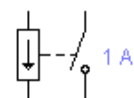
0.5 s



Ulanib uzilish vaqti dasturlanuvchi **vaqt rele**si.



Viklyuchatel (rele), kirish kuchlanishining berilgan diapazonida ishlaydi.



Viklyuchatel (rele), kirish tokining berilgan diapazonida ishlaydi.

Aktiv priborlar diskret komponentlar sifatida kiritilgan:

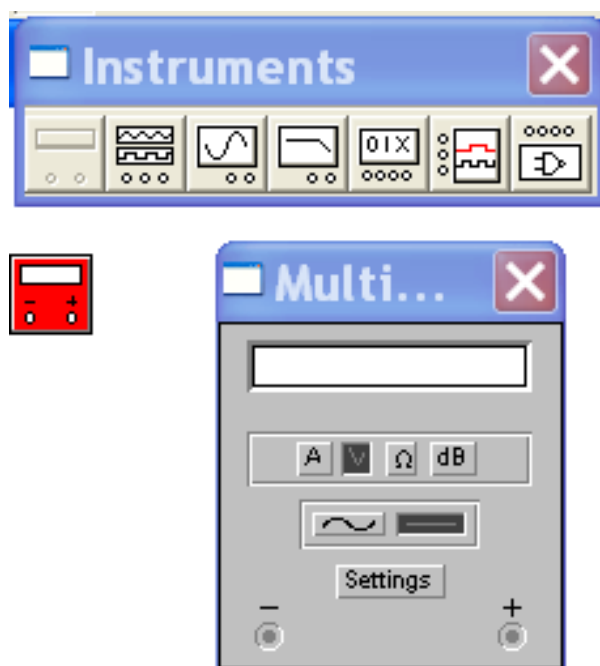
- diodlar (Diodes paneli);
- bipolyar, maydonli, MDP tranzistorlar (Transistors paneli);
- analog (Analog ICs paneli) ;
- raqamli (Digital ICs, Logic Gates, Digital panellari);
- analog-raqamli va raqamli-analog o'zgartkichlar (Mixed ICs paneli).

2.7. Nazorat –o'lchov priborlari

Nazorat-o'lchov priborlari Electronics Workbench dasturiy kompleksining Instruments panelida quyidagi yettita priborni o'z ichiga oladi:

- 1) multimetr;
- 2) ostsillograf;
- 3) funktsional generator;
- 4) ACHX va FCHXlarning o'lchagichi;
- 5) mantiqiy signallar generatori;
- 6) 16-kanalli mantiqiy signallarning analizatori;
- 7) mantiqiy o'zgartkich.

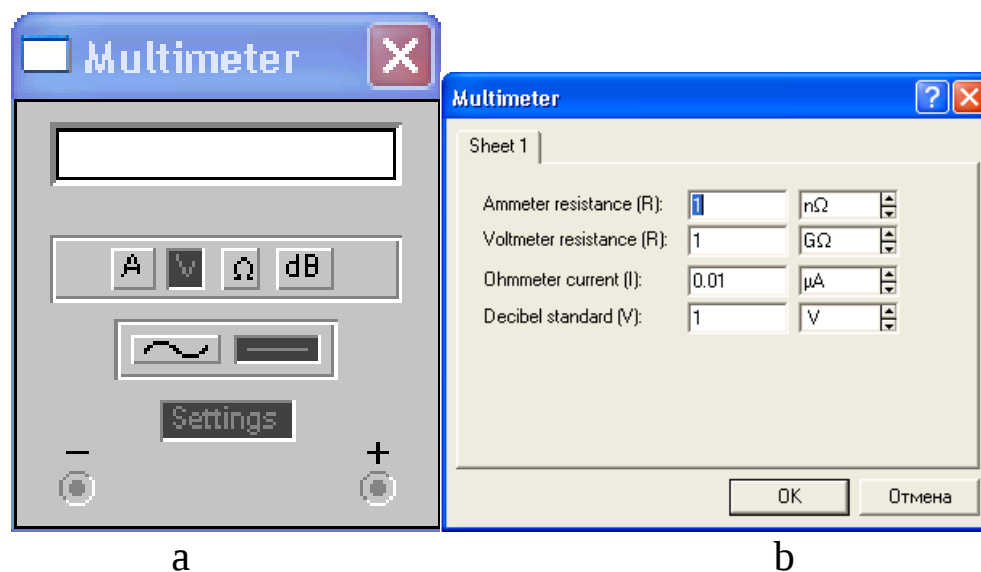
Priborning tasvirida sichqonchani chap tugmasini to'xtovsiz ikki marta bosib priborning kattalashtirilgan oynasi hosil qilinadi. Unda priborning parametrlari sozlanadi.



2.13-rasm. Multimetr (Multimeter)

Multimetr (Multimeter) (2.13-rasm) tok va kuchlanishning o'rtacha kvadratik (ta'sir qiluvchi yoki effektiv) qiymatlarini va qarshiliklarni o'lchash uchun mo'ljallangan. O'lchash rejimi mos knopkani bosish yo'li bilan tanlanadi. Kuchlanishni detsibellarda o'lchash uchun dV knopkasi bosiladi. Bunda multimetr $\alpha = 20 \lg(|X|)$ formula bilan aniqlanuvchi (X-o'lchanayotgan kattalik) α koeffitsientni ko'rsatadi.

Multimetrning oldingi panelida (2.14-rasm) o'lchash natijalarini aks ettiruvchi display, sxemaga ulash uchun klemmlar va boshqarish knopkalari joylashgan.



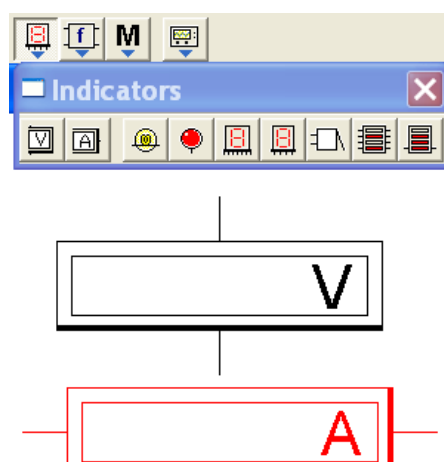
2.14-rasm. Multimetrlarning paneli

Setting knopkasi bosilsa multimetr panelida dialog oynasi ochiladi (2.14-rasm, b), unda quyidagi belgilanishlar mavjud:

- Ammeter resistance — ampermetrning ichki qarshiligi;
- Voltmeter resistance — voltmetrning kirish qarshiligi;
- Ohmmeter current — nazorat qilinayotgan ob'ektdan o'tayotgan tok;
- Decibel standard — kuchaytirish va pasaytirishni detsibellarda o'lchash uchun V1etalon kuchlanishni o'rnatish (sukut bo'yicha V1=1V). Bunda uzatish koeffitsienti uchun

$$K[\text{dB}] = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

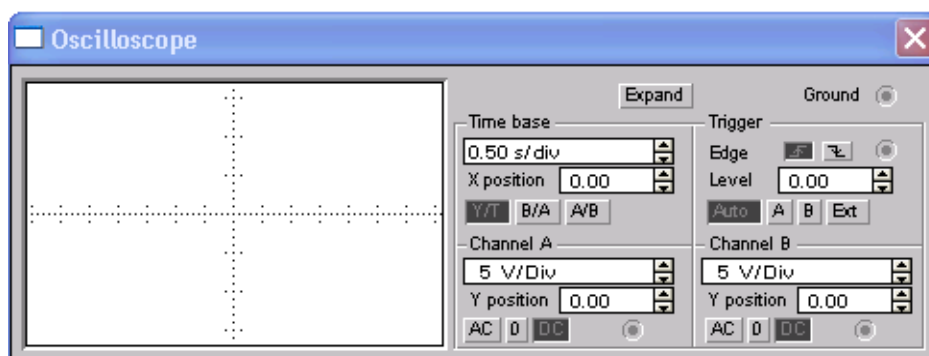
formuladan foydalaniladi, formulada V2 — nazorat qilinayotgan nuqtadagi kuchlanish.



2.15-rasm. Voltmetr va ampermetr

O'zgarmas va garmonik tok va kuchlanishlarni o'lchash uchun multimetrdan tashqari *vol'tmetr* va *ampermetrlardan* (2.15-rasm) foydalanish mumkin. Ular Indicators bo'limida joylashgan.

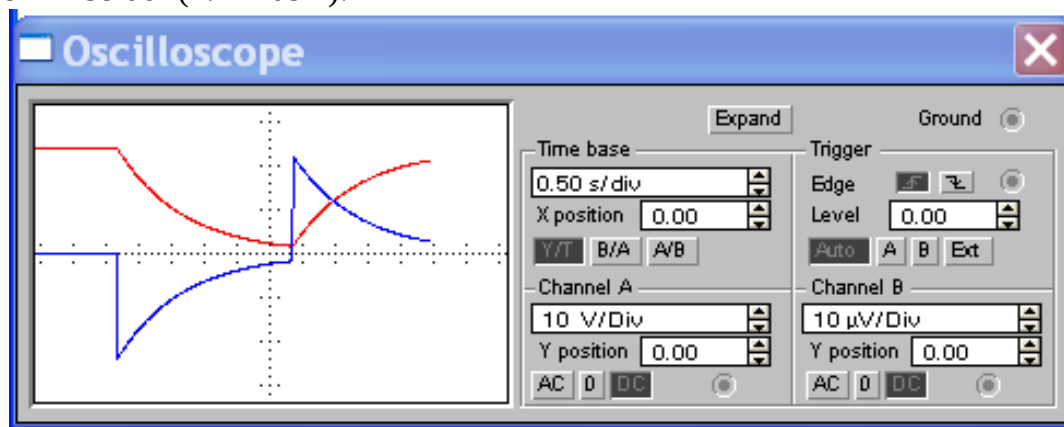
Ostillograf. Ostillografning paneli 2.16-rasmida keltirilgan.

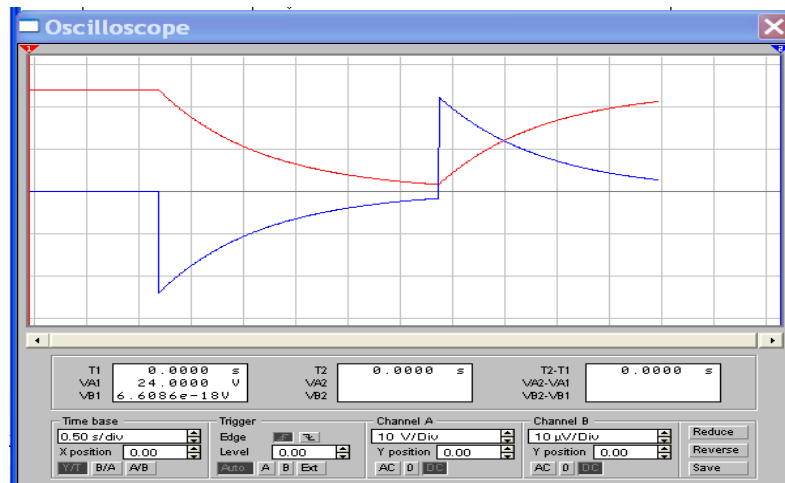


2.16-rasm. Ostillografning paneli

Ostillograf ikkita kanalga ega (CHANNEL A va V). Kanallarning sezgirliklari 10 mV/bo'l. dan 5 kV/bo'l. gacha alohida sozlanishi hamda vertikal bo'yicha (YPOS) va gorizontaal bo'yicha (XPOS) siljishlar o'rnatilishi mumkin. Kirish bo'yicha rejimlar AS (faqat o'zgaruvchan signal kuzatiladi) va DC (o'zgaruvchan va o'zgarmas signal kuzatiladi) tugmalar yordamida tanlanadi. Odatdagi rejim (vertikal bo'yicha-signalning kuchlanishi, gorizontaal bo'yicha-vaqt) Y/T tugmasi yordamida o'rnatiladi. V/A rejimda vertikal bo'yicha V kanalning kuchlanishi, gorizontaal bo'yicha A kanalning kuchlanishi bo'ladi. Y/T rejimda razvertkaning davomiyligini (Time Base) 0,1 ns/bo'l. dan 1s/bo'l. gacha o'rnatish imkoniyati mavjud. Razvyortka kutuvchi rejimda (Trigger) bo'lishi mumkin. Ushbu rejimda ishga tushiruvchi signalning sathi sozlanishi (Level) hamda uning oldingi yoki keyingi frontidan foydalaniladi (Edge). Razverkani ishga tushirish rejimi Auto (A yoki V kanaldan), A kanaldan, V kanaldan yoki tashqi manbadan (Ext) bo'lishi tanlanadi. Expand knopkasi bosilganda ostillografning ekrani kattalashadi, ikkita vizir chizig'i paydo bo'ladi. Ular yordamida kuchlanish, vaqt intervallari va ularning ortishini o'lchash mumkin. Ostillografning avvalgi holatiga qaytish uchun Reduce knopkasi bosiladi.

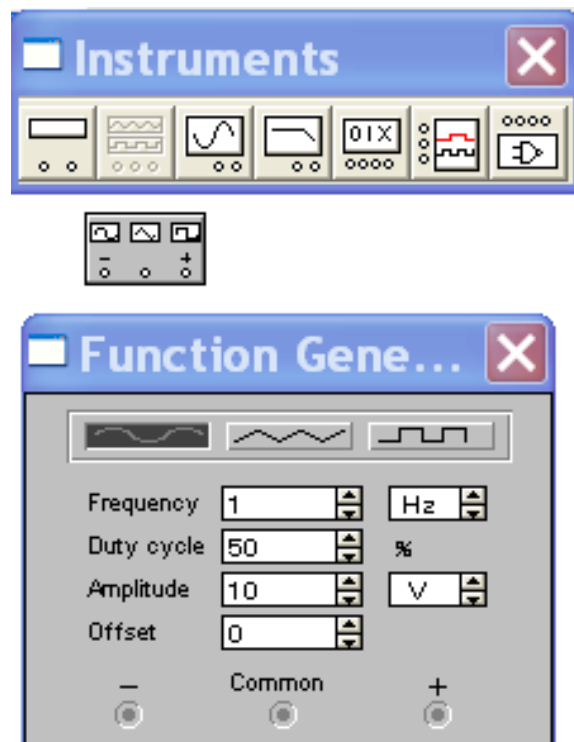
Ostillograf (*Oscilloscope*) A va V kirishlariga keltirilgan ikkita signalni kuzatish imkonini beradi (2.17-rasm).





2.17-rasm. Ostsillograf (Oscilloscope)

AS rejimi tanlanganda faqat o'zgaruvchi signallarni kuzatish mumkin (o'zgarmas signallar uchun yopiq kirish rejimi). Sukut bo'yicha DC (ochiq kirish) rejimidan foydalaniladi. Bu holda ostsillograf ekranida qo'shimcha ravishda signalning o'zgarmas tashkil etuvchisi ham aks ettiriladi. Ostsillografning kirishini korpusga ulash uchun 0 rejimi tanlanadi.



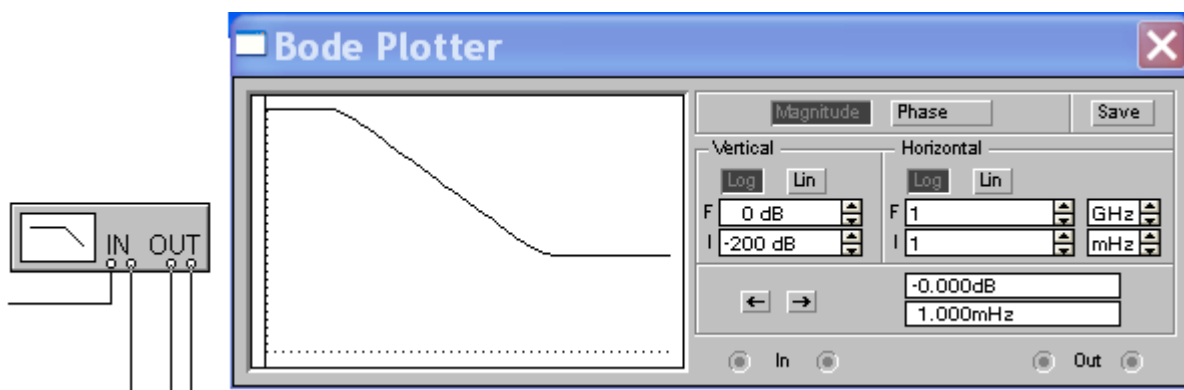
2.18-rasm. Funktsional generator (Function Generator)

Funktsional generator (Function Generator) sinusoidal, uch burchak va to'g'ri burchakli signallarni hosil qiladi (2.18-rasm). Uning dialog panelida signalning chastotasi (Frequency) va amplitudasi (Amplitude) beriladi. Bundan tashqari, Offset bo'limidan foydalanib chiqish kuchlanishiga o'zgarmas kuchlanishni qo'shish mumkin. Impul's

davomiyligining signal davri davomiyligiga nisbatining qiymati foizlarda panelning Duty cycle bo'limida o'rnatiladi.

ACHX va FCHX o'lchagich (Bode Plotter)

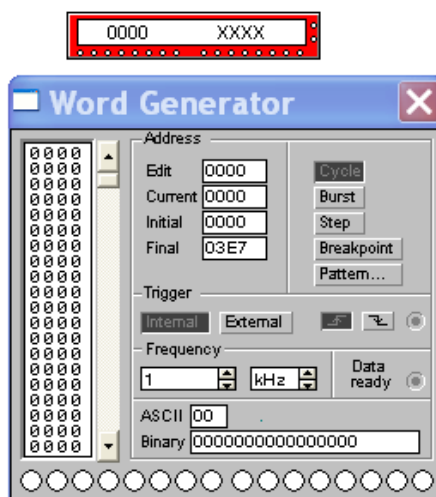
ACHX va FCHX o'lchagich (2.19-rasm) to'rt qutbli sxemalarning amplituda-chastotaviy (Magnitude) va faza-chastotaviy (Phase) xarakteristikalarini olish uchun xizmat qiladi. Sxemaning kirishlari o'lchagichning In klemmalariga, chiqishlari Out klemmalariga va klemmalarning o'ng kontaktlari korpusga ulanadi. Zanjirning kirishiga garmonik kuchlanish manbasi ham ulanishi kerak.



2.19-rasm. ACHX va FCHX o'lchagich

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

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



2.20-rasm. Mantiqiy signallar generatori (Word Generator)

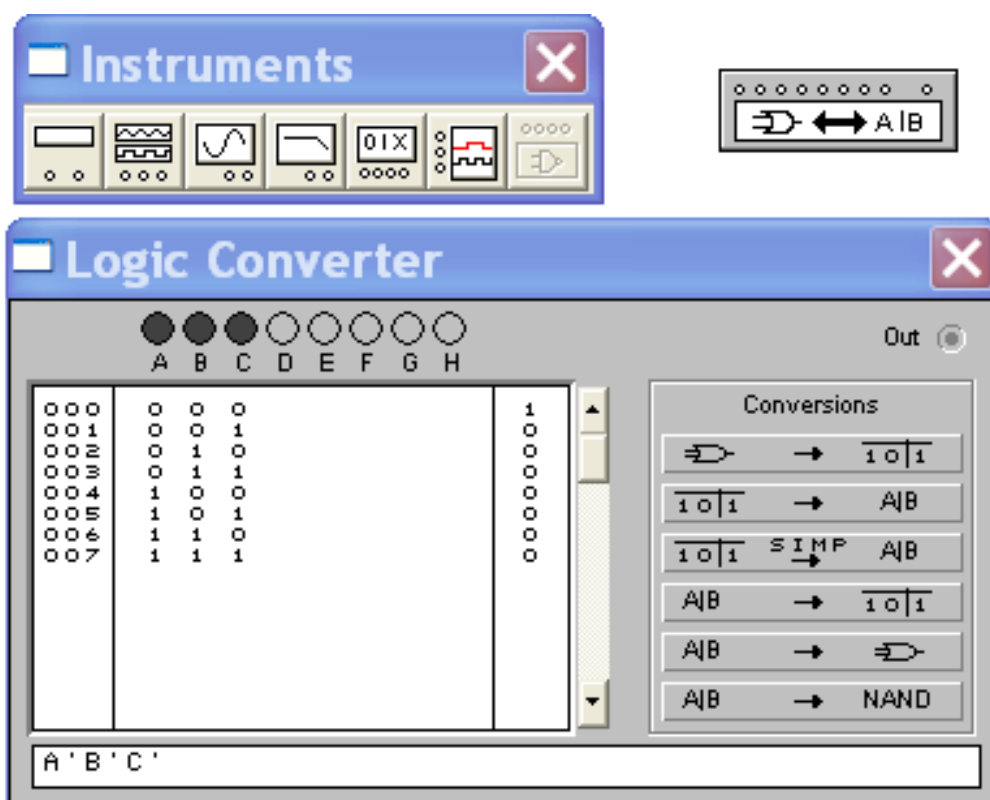
Mantiqiy signallar generatori (Word Generator) (2.20-rasm) chiqishlarida berilgan chastota (Frequency) bilan qaytariluvchi 16 razryadli ikkilik signalni hosil qilish uchun mo'ljallangan. Signallarning o'n oltilik qiymatlari klaviatura yordamida chap katta oynaga yoziladi. O'lchamlari kichikroq bo'lgan boshqa ikkita oynaga signalning ikkilik (Binary) yoki ASCII-kodlardagi qiymatini yozish mumkin.

Masalan, 2.20-rasmda chiqish klemmlarida o'n oltilik 003F songa mos keluvchi ikkilik son o'rnatilgan.

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

Odatda, generatorning oldingi front bo'yicha ichki (Internal) sinxronizatsiyasi (Trigger) va mantiqiy signallarni tsiklik berish rejimidan (Cycle) foydalaniladi. Sinxronizatsiya uchun berilgan (Frequency) chastotali ma'lumotlar tayyorligining mantiqiy (Data ready) signalini ham berish mumkin.

Mantiqiy signallar analizatori (Logic Analyzer) (2.21-rasm) ikkilik kodlarni aks ettirish uchun mo'ljallangan. Mantiqiy signallarni to'g'ri ko'rsatish uchun Set knopkasini bosib priborning ichki chastotasini mantiqiy signallar generatorining chastotasidan yuqoriroq qilib qo'yish va impulsar sonini (Clock per division) 1-3 olish kerak. Priborda kursor yordamida siljiriluvchi ikkita vizir liniya bor.

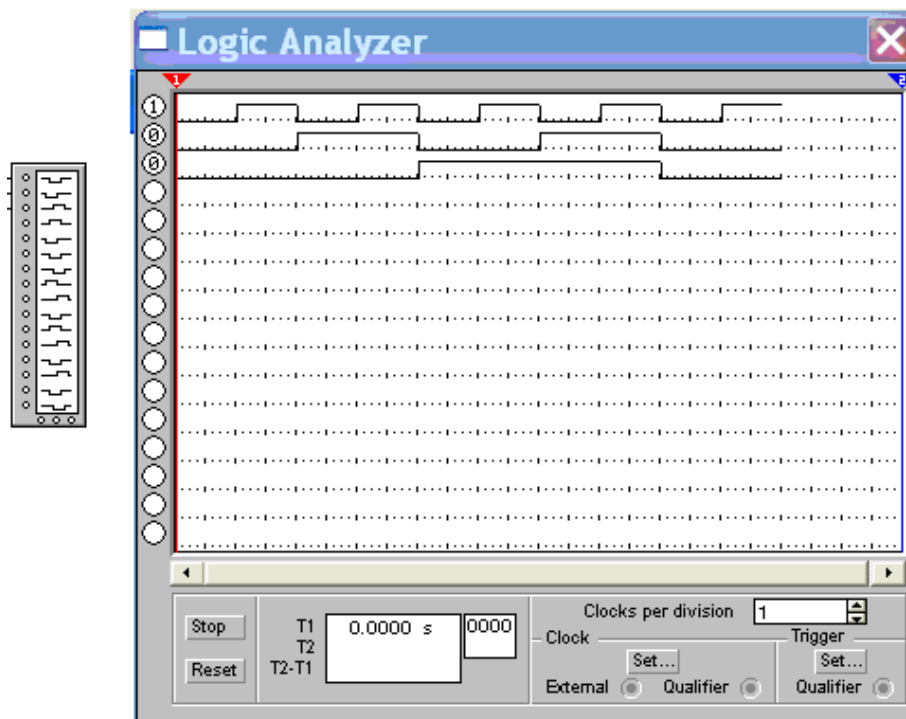


2.21-rasm. Mantiqiy signallar analizatori (Logic Analyzer)

Mantiqiy o'zgartkich (Logic Converter) (2.22-rasm) kombinatsion sxemalar bilan amallar bajarish uchun mo'ljallangan. Uning yordamida quyidagi o'zgartirishlarni amalga oshirish mumkin:

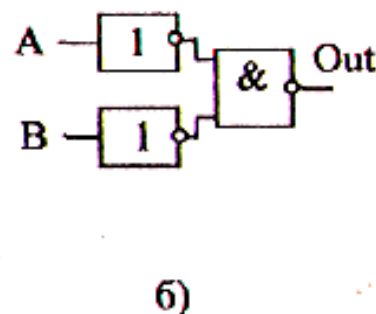
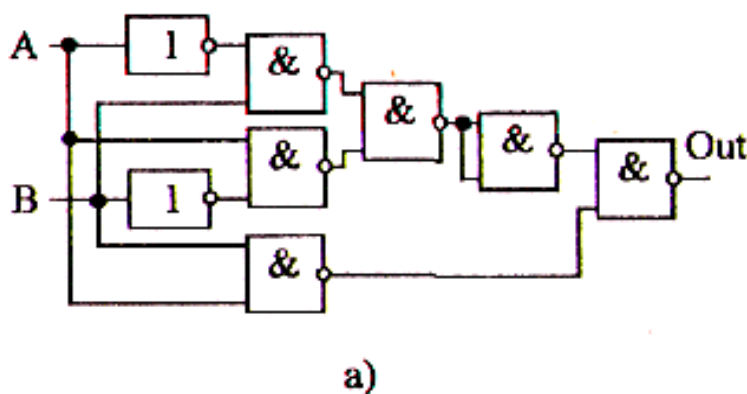
- haqiqiylik jadvalini mantiqiy funktsiyaga;

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



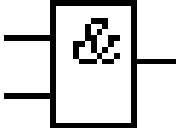
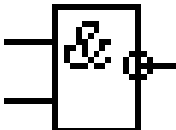
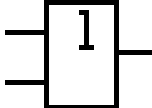
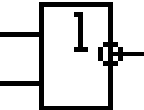
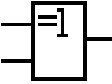
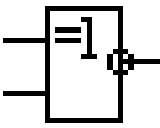
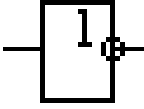
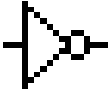
2.22-rasm. Mantiqiy o'zgartkich (Logic Converter)

Masalan, 2.22-rasmda mantiqiy o'zgartkichning oynasida A va V kirishlarga ega bo'lgan kombinatsion qurilmaning haqiqiylik jadvali va hosil qilingan mantiqiy funktsiya ko'rsatilgan. Mantiqiy funktsiyani SIMP yozuviga ega bo'lgan knopkani bosish yo'li bilan soddalashtirish mumkin. Ularga mos keluvchi qurilmalarning sxemalari  yoki  tugmalarni bosish yo'li bilan hosil qilinadi (2.23-rasm, a va b).



2.23-rasm. Mantiqiy o'zgartkich yordamida hosil qilingan sxemalar

Mantiqiy elementlarning belgilanishi

Element va uning belgilanishi		Amerika standartlarida
VA (kon'yunktor)		
VA-EMAS (Sheffer elementi)		
YoKI (diz'yunktor)		
YoKI-EMAS (Pirsa elementi)		
YoKI ni istisno qilish		
YoKI-EMASni istisno qilish		
Invertor		

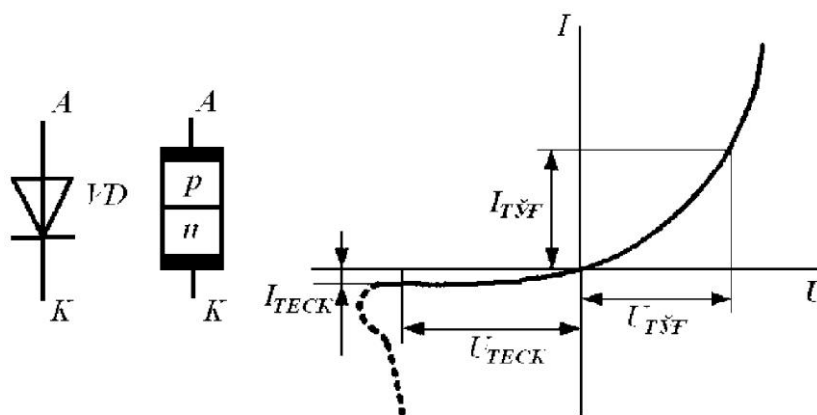
Tajriba-3. Bir fazali, bir yarim davrli to'g'rilagichning elektron modelini tuzish va modelda to'g'rilagichni tekshirish

Ishdan maqsad: bir fazali bir yarim davrli to'g'rilagichning elektron modelini Electronics Workbench (EWB) dasturidan foydalangan holda tuzish va modelda to'g'rilagichni tekshirish.

Nazariy qism.

Yarimo'tkazgich diod deb bir (yoki bir necha) elektr o'tishlarga ega ikki elektrodli elektron asbobga aytiladi. Diodlar radioelektron qurilmalarda ishlatilishi va bajaradigan vazifasiga muvofiq tasniflanadilar.

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



1 - rasm

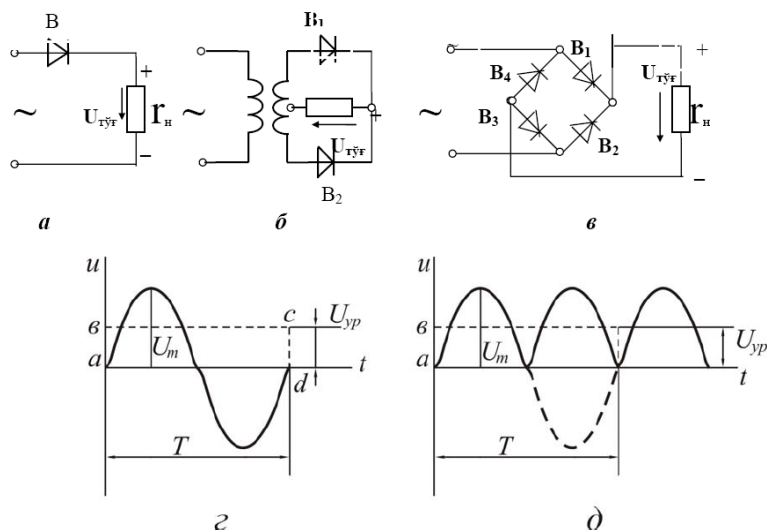
Yarimo'tkazgich diodlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi 1 a - rasmda, uning tuzilmasi ko'rinishi b - rasmda keltirilgan. Rasmlarda diodning chiqishlari A va K ko'rsatilgan bo'lib, ular diodning elektrodleri deb ataladi. Diodning r - tomoniga ulangan elektrod anod deb, n - tomoniga ulangani esa - katod deb ataladi. Diodning statik VAXi 1 - rasmda keltirilgan.

Yarimo'tkazgich diodning to'g'ri va teskari yo'nalishlaridagi qarshiliklari bir - biridan keskin farq qiladi: to'g'ri yo'nalishda siljirilgan diodning qarshiligi qiymati kichik, teskari siljirilgan diodniki esa - katta bo'ladi. SHu sababdan diod bir tomonga elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ikkinchi tomonga esa - yomon o'tkazadi.

To'g'rilagich deb o'zgaruvchan tok kuchlanishini o'zgarmasga aylantiruvchi qurilmaga aytiladi. To'g'rilagichlar transformator, o'zgaruvchan tok kuchlanishini to'g'rilashni amalga oshiruvchi yarim o'tkazgichli diodlar va silliqlovchi fil'trdan iborat bo'ladi.

Bir fazali bir yarim davrli to'g'rilash sxemasining yuklama toki bir necha o'nlab milliampere bo'lgan va to'g'rilangan kuchlanishni yuqori darajada silliqlovchi talab qilinmagan hollarda qo'llaniladi. Bu sxema transformator quvvatidan foydalanish koeffitsientining kichik qiymatlari bilan xarakterlanadi, chunki bunda to'g'rilangan kuchlanishning faqat bir yarim davri ishlatiladi. Sxemaning yana bir kamchiligi shundaki, bunda to'g'rilovchi dioddagi teskari kuchlanishning qiymati manba kuchlanishi amplitudasining ikkilangan qiymatiga yaqin bo'ladi.

Hozirgi zamon texnikasida yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar keng tarqalgan.



2 – rasm

2 – rasmda bir fazali o'zgaruvchan tokni yarim o'tkazgichli to'g'rilagichlar yordamida (V ventillarda) to'g'rilashning bitta yarim davrli (2 – rasm, a), ikkita yarim davrli transformatorning o'rta nuqtasi bilan (2 – rasm, b) va nihoyat ko'priki (2 – rasm, v) sxemalari ko'rsatilgan. Barcha sxemalarda tok ventily orqali faqat bir tomonga (sxemalarda chapdan o'ngga) o'tishi mumkin, chunki yarim o'tkazgichni to'g'ri yo'nalishda ulaganda uning o'tish (ichki) qarshiligi bo'ladi. Teskari yo'nalishda tok o'ta olmaydi, chunki $r_u = \infty$. Masalan, 2 – rasm, a dagi zanjir uchun kuchlanish sinusoidasining bitta davri T davomida (2 – rasm, g) nagruzka qarshiligi r_n da sinusoidaning musbat yarim to'lqiniga teng kuchlanishning pasayuvi hosil bo'ladi. Bunday kuchlanishning o'rtacha qiymati $U_{o'r}$ ana shu musbat yarim to'lqinning yuzasiga teng, ya'ni

$$U_{yp} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} u dt = \frac{1}{T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t dt = \frac{1}{\omega T} \int_0^{\pi} U_m \sin \omega t d(\omega t) =$$

$$= \frac{U_m}{2\pi} |\cos \omega t|_0^{\pi} = \frac{U_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}U}{\pi} = 0.45 U$$

Demak, sinusoidal kuchlanishning o'rtacha yoki to'g'rilangan $U_{o'r}$ qiymati, yuzasi bir davr ichidagi musbat yarim to'lqinning yuzasiga teng bo'lgan abcd to'g'ri to'rtburchakning balandligiga teng.

Bitta yarim davrli to'g'rilagichda to'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymati, zanjirga berilgan o'zgaruvchan kuchlanish ta'sir etuvchi qiymatining 45 % ini tashkil etadi. U holda to'g'rilagichning to'g'rilash koeffitsienti $T_K = 0.45$.

Ikkita yarim davrli to'g'rilash sxemalarida esa ventillar B_1 va B_2 (2 – rasm, b) hamda $B_1 - B_3$ va $B_2 - B_4$ (2 – rasm, v) navbatma – navbat ishlab, sinusoidaning ikkala yarim to'lqinini bitta yo'nalishda o'tishini (2 – rasm, d) ta'minlaydi. Bu holda kuchlanishning o'rtacha yoki to'g'rilangan qiymati:

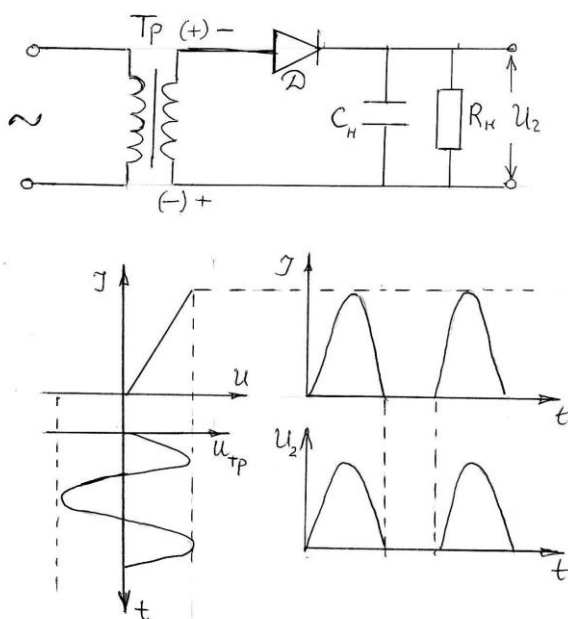
$$U_{yp} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} u dt = \frac{2\sqrt{2}U}{\pi} = 0.9 U$$

To'g'rilagichning to'g'rilash koeffitsienti $= 0.9 T_K$.

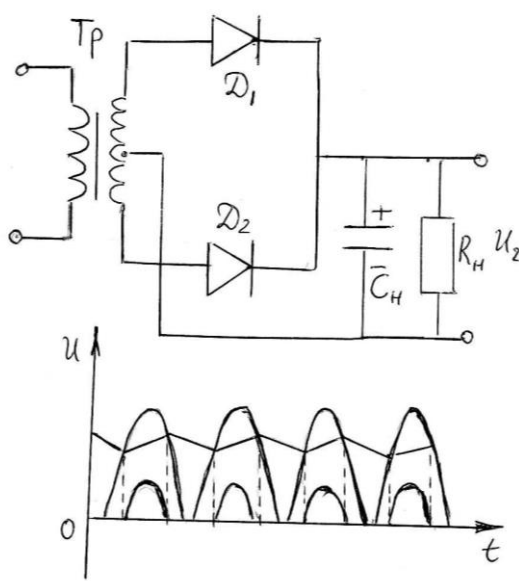
Bir fazali o'zgaruvchan tokni to'g'rilash uchun asosan ko'prik sxema (2– rasm, v) qo'llaniladi. Masalan, radiopriyomniklarda va televizorlarda ana shunday sxemalardan foydalaniladi.

Radio qurilmalarda pul'slanuvchi tok yoki kuchlanishdan foydalanib bo'lmaydi. Shuning uchun pul'slanishni yo'qotish – tekislash zarur bo'ladi. Bunday jarayonni amalga oshiradigan qurilmalar tekislovchi fil'trlar deb ataladi. Eng soddada tekislovchi fil'tr yuklama (nagruzka) ga paralell qilib ulangan kondensatordan iborat. Ikki yarim davrli to'g'rilash sxemasi asosida tuzilgan to'g'rilagichning sxemasi va undagi yuz beradigan jarayonlarning grafik tasviri 10-rasmda ko'rsatilgan. Sxemaning ishlashi xuddi bitta yarim davrli to'g'rilash sxemasining ishlashiga o'xshash bo'ladi. Bu sxemada kuchlanishning pul'satsiyala-nish chastotasi ikki marta ortiq bo'lib uning amplitudasi kichik bo'ladi.

To'g'rilagich sxemalarining turlari ko'p, lekin shu sxemalar ichida ko'prik sxema deb ataladigan to'g'rilagich amaliyotda keng tarqalgan. Uning sxemasi 11-rasmda keltirilgan. To'g'rilagich sxemasidan ko'rinadiki transformator kuchlanishining birinchi yarim davrida D_1 va D_2 lar ishlasa, ikkinchi yarim davrida D_2 va D_4 lar ishlaydi. Ko'prik sxemaning asosiy afzalliklari shundaki, to'g'rilangan tok amplitudasining pul'slanishi kichik bo'ladi va o'rta nuqtali transformatorga hojat qolmaydi. Ko'pincha to'g'rilagichlar ko'prik sxema asosida yig'iladi.



9-rasm



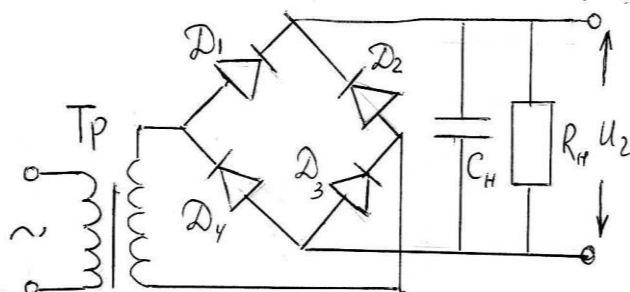
10-rasm

To'g'rilagichlarning asosiy parametrlariga quyidagilar kiradi: to'g'rilangan maksimal tok va kuchlanish kattaliklari, to'g'rilagichning foydali ish ko'effitsienti ($F.I.K$) va x.k.

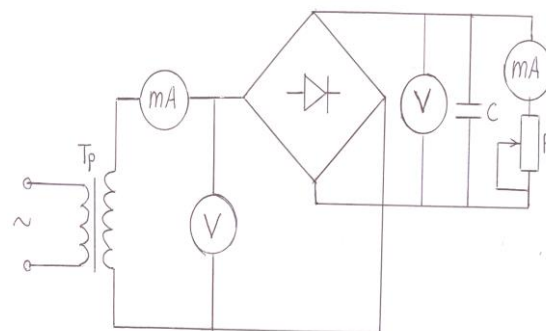
Mazkur ishda ko'prik sxemasida yig'ilgan to'g'rilagichning tuzilishi, ishlash tamoyili o'rganiladi va olingan natijalar asosida to'g'rilagichning foydali ish ko'effitsienti quyidagi formuladan hisoblanadi.

$$\eta = \frac{I_1 U_1}{I_2 U_2} \quad (10)$$

Ko'priq sxemasida ulangan to'g'rilagich maketi maxsus panelga o'rnatilgan bo'lib, uning sxemasi 12-rasmda keltirilgan.



11-rasm



12-rasm

Ishni bajarish tartibi

1. Ishni bajarish uchun zarur bo'lgan o'lchov asboblari bilan tanishing va 12-rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.
2. Transformatorning chiqishiga (transformatorning chiqish kuchlanishi 12-40V oralig'ida bo'lishi kerak) ostsillografni ulang. Ostsillograf ekranidan o'zgaruvchan kuchlanish pul'satsiyasining vaqt davomida o'zgarishi ostsilogram-masini chizib oling.
3. Ostsillografni to'g'rilagichning chiqishiga ulang va to'g'rilangan kuchlanish ostsilogrammasini chizib oling.
4. To'g'rilagichning nagruzka xarakteristikasini aniqlang. Buning uchun reostat yordamida I_0 to'g'rilangan tokni o'zgartirib ampermetr va vol'tmetr ko'rsatishlari yozib olinadi. Olingan natijalar asosida $I_0=f(U)$ bog'lanish grafigi chiziladi.
5. To'g'rilagichning FIKni aniqlang. Qilingan ish yuzasidan hisobot yozing.

Nazorat savollari.

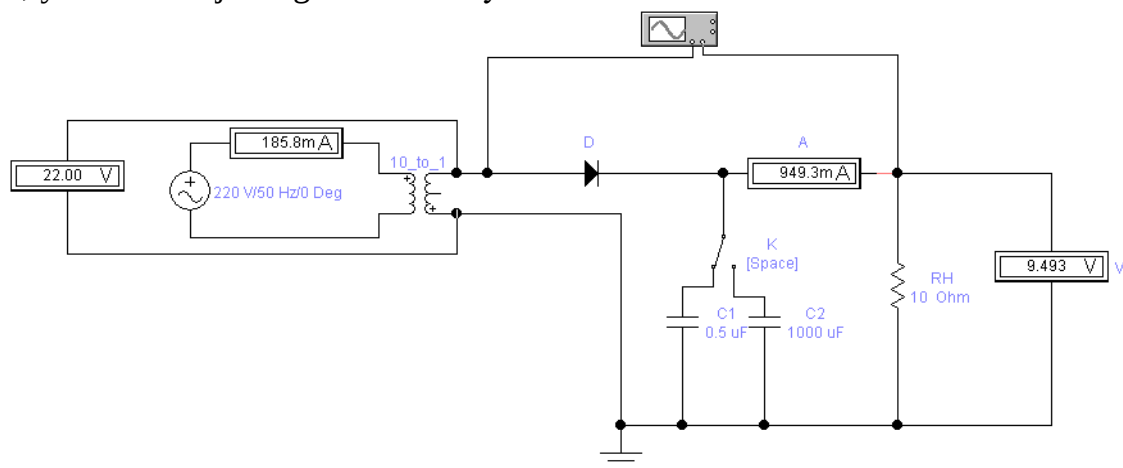
1. To'g'rilagichlarning ishlash tamoyilini tushuntiring?
2. To'g'rilagichlarning ko'priq sxemasi qanday tuzilgan?
3. To'g'rilagichning FIKi qanday aniqlanadi?
4. To'g'rilagichlar qaerlarda qo'llaniladi?

Bir fazali bir yarim davrli to'g'rilagichni virtual modelining sxemasi

Bir yarim davrli to'g'rilagichni ishlashini o'rganish uchun, Electro-nics Workbench (EWB) dasturida ushbu to'g'rilagichni virtual modelining sxemasi (3 - rasm) yig'iladi.

Sxema qiymati 220 V, chastotasi 50 Gts bo'lgan o'zgaruvchan kuchlanish generatori G , to'g'rilovchi diod D , silliqlovchi sig'imli fil'tr kondensatorlari S_1 va S_2 , aktiv yuklama qarshiligi R_n , mul'timetr $MULT$, ostsillograf $OSTS$ va ampermetr A lardan iborat.

O'zgaruvchan kuchlanish (birlamchi kuchlanish u_1) generator G dan transformatorning birinchi cho'lg'amiga beriladi. Transformatorning ikkinchi cho'lg'amida, qiymati transformatsiya koeffitsienti K_t bilan aniqlanadigan kuchlanish (ikkilamchi kuchlanish u_2) hosil bo'ladi. Diod D orqali to'g'rilangan kuchlanish u_0 , aktiv yuklama qarshiligi R_n ga beriladi. Bu holatlarda, ushbu zanjirlar orqali faqat musbat qutblangan yarim davrli kuchlanish impul'slari o'tadi. Manfiy qutblangan yarim davrli kuchlanishlar esa, to'g'rilovchi diod D ning teskari qarshiligi juda katta bo'lganligi uchun, yuklama zanjirlariga o'tkazilmaydi.



3-rasm. Bir fazali bir yarim davrli to'g'rilagichni virtual modelining sxemasi

To'g'rilash sxemasida, ulab - uzgich K orqali sig'imlari o'zgartiriladigan kondensator S_1 va S_2 lardan iborat fil'tr mavjud. Sig'imli fil'tr, o'zining zaryadi paytida kuchlanishni yig'ishi va uni to'g'rilangan kuchlanishning yarim davrlari orasidagi tanaffus (pauza) paytidagi keyingi razryadi hisobiga kuchlanish pul'sa-tsiyasini silliqqlanishini hosil qiladi.

To'g'rilagich ishlashini aktiv yuklamada tekshirish

Bir yarim davrli to'g'rilagichni aktiv yuklamada ishlashini o'rganish uchun, Electronics Workbench (EWB) dasturida ushbu to'g'rilagichning sxemasi (3-rasm) yig'iladi.

Aktiv yuklamada to'g'rilangan kuchlanish impul'sli holatda bo'ladi. O'zgaruvchan $\approx U$ va o'zgarmas $= U$ kuchlanishlar hamda yuklama toki I_n ning qiymatlari, yuklamaning aktiv qarshiligi R 0,5 dan 5,0 kOm gacha o'zgartirilgan holda o'lchanadi. Bunda kondensator ko'rinishidagi silliqlovchi fil'trning sig'imi $S=100$ mkF teng holatda, ya'ni o'zgarmas ushlab turiladi. Olingan natijalar 1.1-jadvalga kiritiladi va pul'satsiya koeffitsientlari K_p hisoblanadi.

Aktiv yuklamali bir yarim davrli to'g'rilagichning pul'satsiya koeffitsienti K_p to'g'rilangan kuchlanish impul'slari amplitudasi-ning to'g'rilangan kuchlanishning o'rtacha qiymatiga nisbati bilan aniqlanadi, ya'ni $K_p = U_m/U$

1.1-jadval

R	kOm	0,5	1,0	2,0	5,0	S=100 mkF
$=U$	V					
$\approx U$	V					
I_n	mA					
K_p	%					

Filtr sig'ining pul'satsiya koeffitsienti qiymatiga ta'sirini o'rganish

Silliqlovchi filtrlarga ega bo'lmagan to'g'rilagichlar juda kam holatlarda, misol uchun, yuklamadagi kuchlanish pul'satsiyasi muhim ahamiyatga ega bo'lmagan holatlarda qo'llaniladi.

Filtrli yoki mo'tadillashtirgichli to'g'rilagichlarning ko'rsatkichi sifatida silliqdash koeffitsienti K_s ishlatiladi:

$$K_s = K_p / K_{p0}$$

bu yerda K_p va K_{p0} – mos ravishda, to'g'rilangan kuchlanishning filtrgacha va filtrdan keyingi pul'satsiya koeffitsienti.

Kondensator ko'rinishidagi filtr (sig'imli filtr) ga ega to'g'rilagichlar (3-rasm) to'g'rilangan kuchlanish va quvvatlarning keng diapazonida qo'llaniladi. Bunday filtrli to'g'rilagichlarning kamchiliklari sifatida manba ulangan paytda to'g'rilovchi diod orqali katta amplitudali tokning paydo bo'lishini hamda induktiv filtrli to'g'rilagichlarga nisbatan katta quvvatli transformatorlarning kerakligini ko'rsatish mumkin.

Sig'imli filtrga ega bo'lgan to'g'rilagichning pul'satsiya koeffitsienti quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$K_p = (1/2\pi f C R_n) 100\%$$

Filtrning sig'imi C ni 0,5 dan 1000,0 mkF gacha o'zgartirilib, o'zgaruvchan $\approx U$ va o'zgarmas $=U$ kuchlanishlar hamda yuklama toki I_n ning qiymatlari o'lchanadi. Bunda aktiv yuklama qarshiligi $R_n=0,5$ kOm teng holatda o'zgarmas ushlab turiladi. Olingan natijalar 1.2-jadvalga kiritiladi va pul'satsiya koeffitsientlari K_p hisoblanadi.

1.2-jadval

C_2	mkF	0,5	10,0	100,0	1000,0	$R_n=0,5$ kOm
$=U$	V					
$\approx U$	V					
I_n	mA					
K_p	%					

Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriqlar

1. O'qituvchi bergan topshiriq bo'yicha model sxemasini (1-rasm) yig'ish va komponentlar ko'rsatkichlarini tanlash.
2. O'lchashlarni amalga oshirish va uning natijalarini 1.1, va 1.2 -jadvallarga kiritish.

4. Har bir o'tkazilgan tajribada ostsillograf yordamida olingan ko'rinishlarga izoh bering.
5. Turli rejimlar uchun pul'satsiya koeffitsienti K_p ning qiymatini hisoblash.

Nazorat savollari

1. Diod qanday tuzilgan va uning ishlash printsipini tushintiring.
2. Yarim davrni to'g'rilash sxemasini tushintiring.
3. To'g'rilagichdagi transformator qanday vazifani bajaradi?
4. Tadqiq etilgan to'g'rilagichlarni ijobiy va salbiy tomonlariga izoh bering.
5. To'g'rilagichlarning asosiy tavsiflariga izoh bering?
6. Kondansatorli fil'trning moxiyatini tushintiring va nima uchun kondensator ulanganda to'g'rilangan kuchlanish ko'payadi.
7. Pul'satsiya koeffitsienti K_p ning qiymati qanday aniqlanadi?
8. Tadqiq etilgan sxemalarning kirish va chiqishida kuchlanishlarning o'zgaruvchan tashkil etuvchilari qanday farqlanadi?

Tajriba-4 Bipolyar tranzistorni tadqiq etish

Ishning maqsadi: Bipolyar tranzistorlarning asosiy statik xarakteristikalarini va parametrlarini tadqiq etish, xarakteristikalarni o'lchash va tajriba natijalarini qayta ishlash uslubi bilan tanishish.

Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik:

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

$$\begin{cases} u_{\mathcal{EB}} = f(i_B, u_{K\mathcal{E}}) \\ i_K = f(i_B, u_{K\mathcal{E}}) \end{cases} \quad (2.1)$$

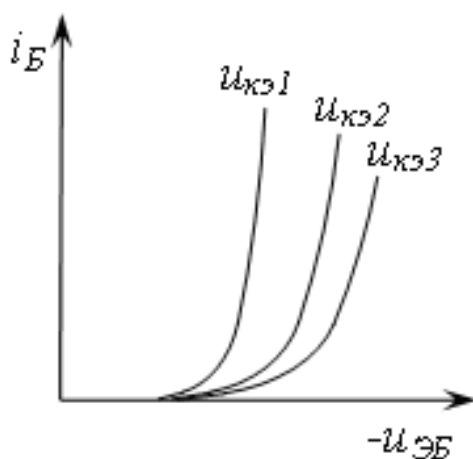
Ikki o'zgaruvchili funktsiya grafik ko'rinishda xarakteristikalar oilasi kabi tasvirlanadi.

BT kirish xarakteristikalarini oilasi 2.1- rasmda keltirilgan. Xarakteristikalarning har biri quyidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi:

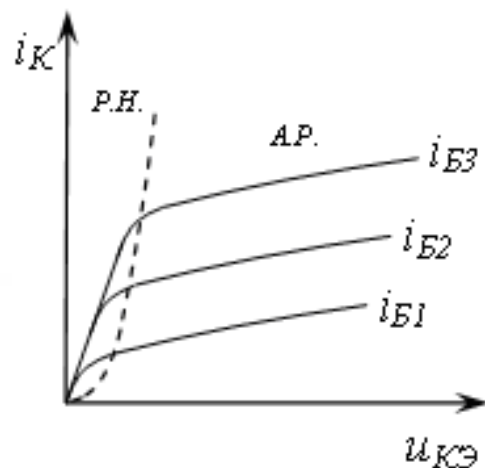
$$u_{\mathcal{EB}} = f(i_B), \quad u_{K\mathcal{E}} = \text{const} \text{ bo'lganda} \quad (2.2)$$

(abstsissa o'qi bo'ylab u_{EB} , ordinata o'qi bo'ylab esa i_B qo'yiladi).

Xarakteristikalar oilasidagi har bir xarakteristika kollektor – emitter kuchlanishining o'zgarmas qiymatida o'lchanadi (2.1- rasmda $u_{K\mathcal{E}1} < u_{K\mathcal{E}2} < u_{K\mathcal{E}3}$).



2.1 – rasm.



2.2 – rasm.

CHiqish xarakteristikalari oilasi

$$i_K = f(u_{KЭ}), i_E = \text{const} \text{ bo'lganda} \quad (2.3)$$

2.2- rasmda keltirilgan ($i_{E3} > i_{E2} > i_{E1}$).

Punktir chizig'idan chaproqda joylashgann soha BT to'yinish rejimiga, o'ngda joylashgan soha – aktiv rejimga mos keladi.

Kichik amplitudali signallar bilan ishlanganda $I_{Em}, U_{EЭm}, I_{Km}, U_{KЭm}$ $i_E(0)$ va $U_{KЭ}(0)$ qiymatlar bilan beriladigan ixtiyoriy ishchi nuqta atrofidagi nochiziqli bog'liqliklar (2.1-2.3), chiziqli tenglamalar bilan almashtirilishi mumkin, masalan tranzistorning h- parametrlar tizimidan foydalanib.

$$\begin{cases} U_{EЭm} = h_{11} I_{Em} + h_{12} U_{KЭm} \\ I_{Km} = h_{21} I_{Em} + h_{22} U_{KЭm} \end{cases} \quad (2.4)$$

yozish mumkin, bu yerda $h_{11} = \frac{\Delta u_{EЭ}}{\Delta i_E}, u_{KЭ} = \text{const}$ bo'lganda

$$h_{21} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_E}, u_{KЭ} = \text{const} \text{ bo'lganda}$$

$$h_{12} = \frac{\Delta u_{EЭ}}{\Delta u_{KЭ}}, i_E = \text{const} \text{ bo'lganda} \quad (2.5)$$

$$h_{22} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KЭ}}, i_E = \text{const} \text{ bo'lganda}$$

h - parametrlar (2.5) formulalari yordamida xarakteristikalar oilasidan aniqlanishi mumkin (h_{11} va h_{12} – kirish xarakteristikalar oilasidan, h_{21} va h_{22} – chiqish xarakteristikalar oilasidan).

Аппроксимированные входные характеристики для

$$\begin{cases} u_{БЭ} < U_{БЭC} \text{ бўлганда } - i_B = 0 \\ u_{БЭ} > U_{БЭC} \text{ бўлганда } - i_B = \frac{u_{БЭ} - U_{БЭC}}{r_{КИП}} \end{cases} \quad (2.6)$$

га egamiz.

СЧiqish xarakteristikalari uchun esa

$$i_K = \begin{cases} \frac{u_{КЭ}}{r_{К.ТҮЙ}}, & U_{КЭ} < U_{КЭ.ТҮЙ}, \quad (тҮй.- режим) \\ \beta i_B + \frac{u_{КЭ}}{r_K^*}, & (актив режим) \end{cases} \quad (2.7)$$

2.6 va 2.7 formulalarda

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

$\bar{r}_{КИП}$ - tranzistor kirish qarshiligining o'rta qiymati ($\bar{r}_{КИП} \approx r'_B$),

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

$$r_{К.ТҮЙ} = \frac{\Delta u_{КЭ}}{\Delta i_K}, \quad i_B = const \quad \text{va} \quad u_{КЭ} < U_{КЭ.ТҮЙ} \quad (2.8)$$

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

$$r_K^* = \left. \frac{\Delta u_{КЭ}}{\Delta i_K} \right|_{i_B = const \quad \text{va} \quad u_{КЭ} > U_{КЭ.ТҮЙ} \text{ bo'lganda}} \quad (2.9)$$

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. Tajriba o'tkazishga tayyorgarlik ko'rish:

Транзистор tuzilishi va chegaraviy parametrlari bilan tanishib chiqing, tranzistor haqidagi ma'lumotlarni yozib oling, o'lchash uchun jadval tayyorlang.

2.1 - jadval

Кириш va boshqarish xarakteristikalari

E_B	V	
u_{BE}	V	
i_B	mkA	
i_K	mA	

2.2 - jadval

Tranzistor chiqish xarakteristiklari

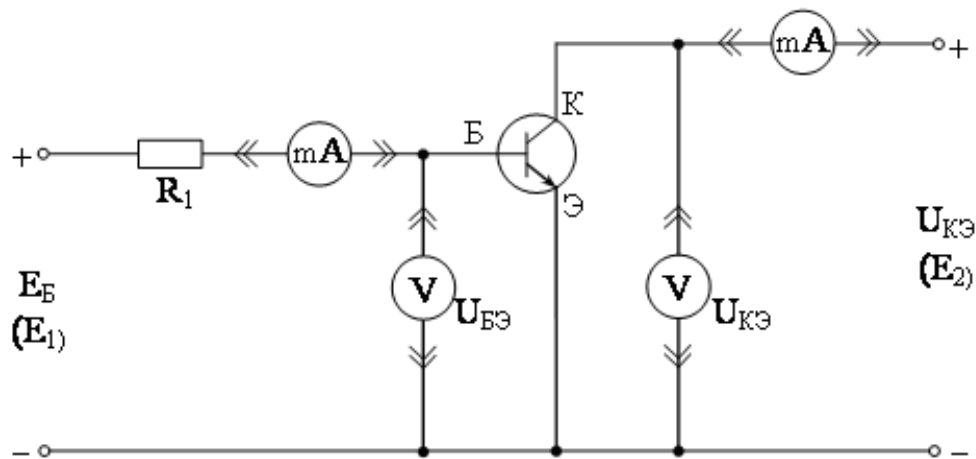
$i_B,$
 mkA
 u_{KE} V
 i_K mA
 u_{KE} V
 i_K mA
 u_{KE} V
 i_K mA

va

x.z.

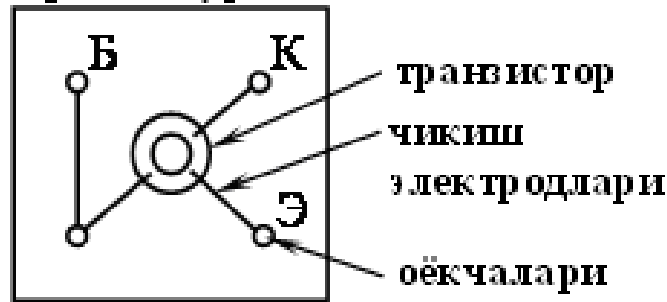
2.4 – rasmda keltirilgan o'lchash sxemasini yig'ing. Tranzistor tsokolining sxemasi 2.5 – rasmda keltirilgan. Rezistor qarshiligi $R_1 = (5-10) k\Omega$.

2.2. $u_{K\Theta} = 5B$ o'zgarmas kuchlanish qiymatida tranzistorning kirish va boshqarish xarakteristiklarini o'lchang. O'lchash natijalari va hisoblarni 2.1 - jadvalga kiriting.



2.4 – rasm.

Юкорида кўриниши



2.5 – rasm.

2.3. CHiqish xarakteristikalar oilasini o'lchang:

CHiqish xarakteristikalar oilasini baza tokining $i_B = 50 \text{ mA}$ qiymatidan boshlab har 50 mA qiymatlari uchun o'lchang. Kollektor toki bu vaqtda ko'rsatilgan chegaraviy qiymatlardan oshmasligi kerak;

u_{ke} kuchlanish qiymatining o'zgarish oralig'i shunday tanlanishi kerakki, aktiv va to'yinish rejimlarida 3-5 ta nuqta olish mumkin bo'lsin.

3. O'lchash natijalarini ishlash:

3.1. Kirish, boshqaruv va chiqish xarakteristikalar oilasi grafigini quring. $u_{ke} = 5 \text{ V}$, $i_B = 100 \text{ mA}$ nuqtada tranzistor parametrlarini aniqlang

$$h_{11\varnothing} = \frac{\Delta u_{B\varnothing}}{\Delta i_B}, \quad h_{21\varnothing} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B}, \quad h_{22\varnothing} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{K\varnothing}}$$

3.2. Baza toki 100 mA bo'lganda chiqish xarakteristikasini quring. CHiziqli – bo'lak approksimatsiyani amalga oshirib $U_{K\varnothing.T\ddot{y}\ddot{y}}$, $I_{K.T\ddot{y}\ddot{y}}$, $r_{K.T\ddot{y}\ddot{y}}$, r_K larni hisoblang.

4. Hisobot mazmuni:

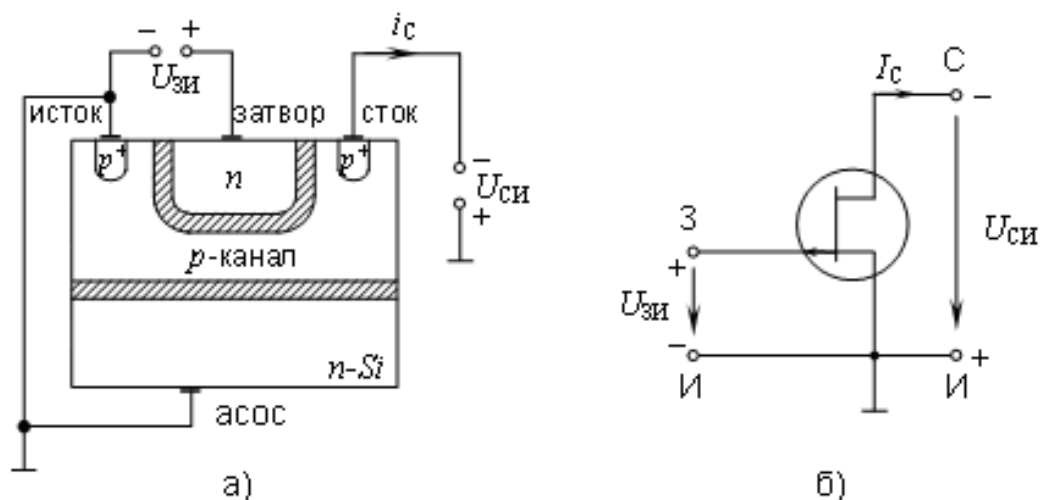
- 1) o'lchash sxemalari;
- 2) olingan bog'liqliklar jadvallari va grafiklari;
- 3) o'lchash va hisob natijalarining tahlili.

Tajriba-5. Maydonli tranzistorni tadqiq etish.

Ishning maqsadi: Maydoniy tranzistor statik xarakteristikalarini va differentsial parametrlarini o'rganish, tranzistor ishiga temperaturaning ta'sirini tadqiq etish.

1. Laboratoriya ishini bajarishga tayyorgarlik ko'rish:

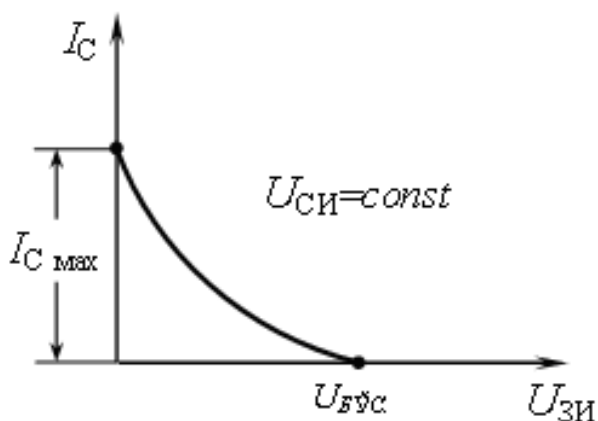
Laboratoriya ishida tuzilishi va sxemalarda shartli belgilanishi 3.1- rasmda keltirilgani kanali r- turli maydoniy tranzistor tadqiq etiladi.



3.1 – rasm.

Stok toki zatvorga kuchlanish berish orqali boshqariladi, ya'ni boshqarilayotgan r-n o'tishga teskari kuchlanish $U_{ZI} > 0$ beriladi. U_{ZI} dagi berkitish kuchlanishi ortgan sari hajmiy zaryad sohasining kengligi ortib boradi. Natijada berilgan U_{SI} kuchlanish qiymatida kanal kengligi kichrayadi, uning qarshiligi R_K ortadi, demak stok bilan istok oralig'idagi stok toki I_S kamayadi. 3.2- rasmda boshqarish xarakteristikasi $I_C = f(U_{ZI})$ keltirilgan.

Boshqaruvchi r-n o'tishning hajmiy zaryad sohasi va asos bilan kanal orasidagi r-n o'tish birikkandagi (stok toki I_C nolga teng bo'ladigan) zatvor kuchlanishi qiymati bo'sag'aviy kuchlanish $U_{BO'S}$ deb ataladi.



3.2 – rasm.

To'yinish rejimida ishlayotgan maydoniy tranzistor boshqaruv xarakteristikasini quyidagi bog'liqlik bilan approksimatsiyalash qulay.

$$I_C = I_{C \max} \left(\frac{1 - U_{3H}}{U_{B\check{Y}C}} \right)^2, \quad (3.1)$$

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

Boshqaruv xarakteristikasidan (3.2- rasm) xarakteristika tikligi aniqlanishi mumkin.

$$S = \left. \frac{dI_C}{dU_{3H}} \right|_{U_{cu} = \text{const}}.$$

(4.1) approksimatsiyadan foydalanilganda tiklik quyidagicha aniqlanadi:

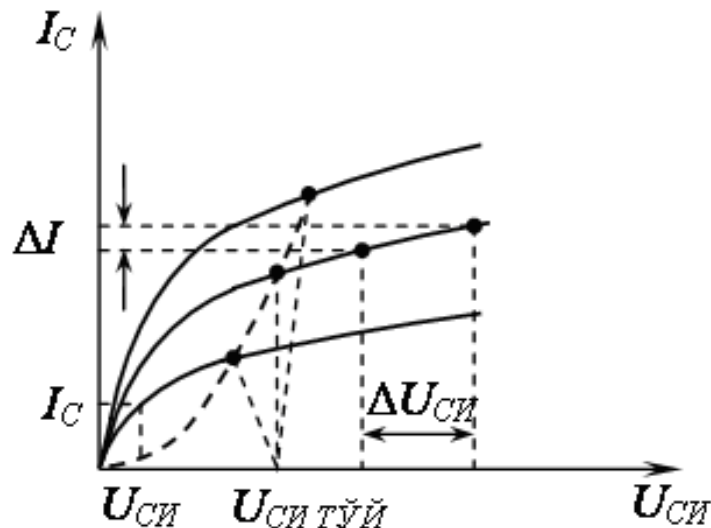
$$S = \frac{2I_{C \max}}{U_{B\check{Y}C}} \left(1 - \frac{U_{3H}}{U_{B\check{Y}C}} \right), \quad (4.2)$$

Maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasi 3.3 – rasmda keltirilgan. Xarakteristikaning boshlang'ich sohasi ($U_{SI} < U_{SI \text{ TO'Y}}$) chiziqli rejimga mos keladi. Bu rejimda kanal butun istok-stok oralig'ida mavjud bo'ladi, shuning uchun U_{SI}

ortgan sari, chiziqli qonunga mos ravishda stok toki $I_C = \frac{U_{CH}}{R_K}$ ham ortadi.

$U_{SI} < U_{SI \text{ TO'Y}}$ da tranzistor to'yinish rejimiga o'tadi, bu sohada stok toki I_S stok kuchlanishi U_{SI} ga kuchli bog'liq bo'lmaydi. Ikki rejim chegarasi hisoblangan to'yinish kuchlanishi $U_{SI \text{ TO'Y}}$ zatvordagi kuchlanish U_{ZI} ga bog'liq bo'ladi va quyidagi formuladan aniqlanadi: $U_{SI \text{ TO'Y}} = U_{ZI} - U_{BO'S.}$. CHiqish xarakteristikasidan (3.3 - rasm) chiqish qarshiligi aniqlanishi mumkin

$$r_{\text{ЧЛК}} = \left. \frac{\Delta U_{CH}}{\Delta I_C} \right|_{U_{3u} = \text{const}}$$



3.3 – rasm.

Bu kattalik to'yinish rejimida hisoblansa, katta qiymatga ega bo'ladi, shuning uchun tranzistor kuchaytirgich sifatida ishlatilayotganda sxemaning sokinlik nuqtasi shu rejimda tanlanadi. CHiziqli rejimda tranzistor chiqish qarshiligi zatvordagi kuchlanish U_{ZI} ga bog'liq va taxminan tanlangan ishchi nuqtada U_{SI} kuchlanishini I_S tokka nisbati ko'rinishida yoki 3.3 – formuladan aniqlanishi mumkin.

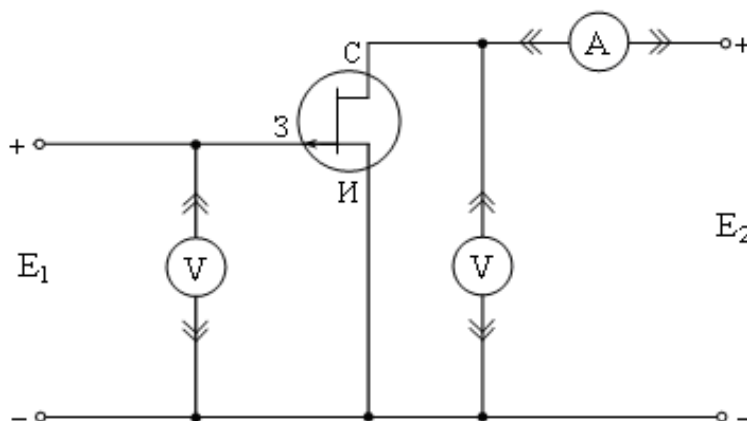
$$R_K = \frac{R_{K0}}{1 - \sqrt{\frac{U_{3H}}{U_{B\check{Y}C}}}}, \quad (3.3)$$

bu yerda $R_{K0} = \frac{U_{B\check{Y}C}}{3I_{C\max}}$.

2. Laboratoriya ishini bajarish uchun topshiriq:

2.1. 3.4- rasmda keltirilgan sxema, o'lchash asboblari o'lchanadigan KP103 maydoniy tranzistor pasport ko'rsatmalari bilan tanishib chiqing. (5- ilovaga qarang)

TSokolb rasmini chizib oling va tadqiq etilayotgan tranzistorning chegaraviy parametrlari $U_{SI\text{ CHEG}}$, $I_{S\text{ CHEG}}$, P_{CHEG} qiymatlarini yozib oling. 3.4 – rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.



3.4 – rasm.

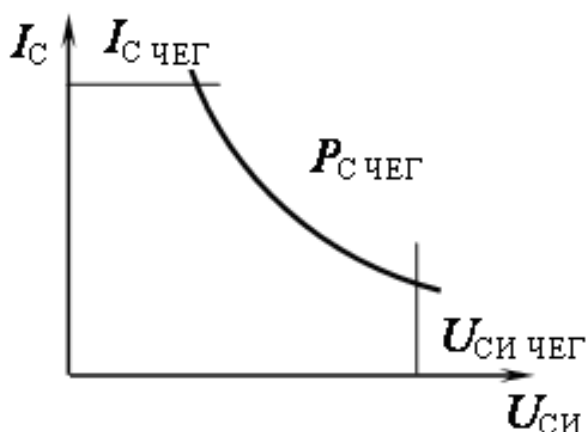
2.2. Stok kuchlanishining $U_{SI}=1/3U_{SI\text{ CHEG}}$ va $2/3U_{SI\text{ CHEG}}$ qiymatlari uchun ikkita boshqaruv xarakteristikasini o'lchang ($U_{SI\text{ CHEG}}$ qiymati pasport ko'rsatmalaridan olinadi). O'lchash natijalarini 3.1 – jadvalga kiriting va undan foydalanib boshqaruv xarakteristikasini quring. Tajribada U_{ZI} kuchlanish qiymatini 0 dan bo'sag'aviy kuchlanish $U_{BO'S}$ gacha o'zgartiring.

U_{ZI}, V	I_S, mA	
	$U_{SI}=1/3U_{SI\ CHEG}$	$U_{SI}=2/3U_{SI\ CHEG}$

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

Tajriba o'tkazishdan avval $I_S - U_{SI}$ koordinatalar tizimida tranzistorning ruxsat etilgan ishchi rejimi sohalarini belgilab oling. (3.5 - rasm)

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



3.5 – rasm.

Tajribada olingan nuqtalarni 3.2 – jadvalga kiriting va tayyorlangan grafikda ularni belgilang (3.5 - rasm). Bunda tranzistor uchun ishlash ruxsat etilgan sohadan chiqib ketmaslikka e'tibor bering.

3.2 – jadval

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

2.4. Tranzistor stok tokiga temperaturaning ta'sirini tadqiq etish. Tadqiq etilayotgan tranzistorni termostatga joylashtiring va tegishli temperatura qiymatini o'rnatib, stok kuchlanishining $U_{SI}=1/3U_{SI\ CHEG}$ qiymatida va $T=40\ ^\circ S$ va $80\ ^\circ S$ temperaturalarda ikkita boshqaruv xarakteristikasi $I_S=f(U_{ZI})$ ni o'lchang.

O'lchash natijalarini 3.3 – jadvalga kiriting va ulardan foydalanib $T=40\ ^\circ S$ va $80\ ^\circ S$ temperaturalardagi ikkita boshqaruv xarakteristikasi $I_S=f(U_{ZI})$ ni quring.

3.3 - jadval

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

3. Tajribada olingan natijalarni ishlash.

3.1. 2.2. bandda o'lchangan boshqaruv xarakteriskalarini 3.1 – ifoda yordamida approksimatsiyalang. Approksimatsiya natijalarini qurilgan $I_S=f(U_{ZI})$ grafigida aks ettiring.

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

$$S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{3H}} \bigg|_{U_{cu} = const}$$

S qiymatini xuddi shu nuqta uchun 3.2 – formula yordamida ham aniqlang.

3.3. 2.3 – bandda o'lchangan chiqish xarakteristikalar oilasida $U_{SI\ TO'Y}=U_{ZI} - U_{BO'S}$ oraliqqa mos keluvchi, chiziqli rejim bilan to'yinish rejimi orasidagi chegarani ko'rsating.

3.4. CHiqish xarakteristikalar oilasidan foydalanib, quyidagi ishchi nuqtalar uchun tranzistor chiqish qarshiligini aniqlang:

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

Hisoblashlar natijalarini 3.4 – jadvalga kiriting va ulardan foydalanib chiziqli rejim uchun r_{CHIQ} ning U_{ZI} ga bog'liqlik grafigini quring.

3.4 – jadval

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

3.5. 2.4 – bandda o'lchangan boshqaruv xarakteristikalarida, turli temperaturalarda o'lchangan boshqaruv xarakteristikalari kesishadigan termo barqaror nuqtaning I_{ST} va U_{ZIT} koordinatalarini aniqlang.

4. Hisobot mazmuni.

- tadqiq etilayotgan tranzistor pasport ko'rsatmalari;
- o'lchash sxemasi;
- o'lchangan bog'liqliklar jadval va grafiklari;
- boshqaruv xarakteristikasining approksimatsiyasi, hisoblangan tranzistor xarakteristikasining tikligi S va chiqish xarakteristikalari r_{CHI} natijalari.

6-Tajriba ishi

Maydonli tranzistorlarda yasalgan kalit sxemalarini tadqiq etish

Ishni bajarishdan maqsad: maydonli tranzistorlarning ishlashi va xarakteristikalarini olishni o'rganish.

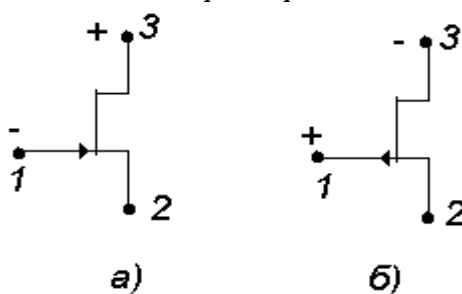
Boshlang'ich ma'lumotlar

Maydonli tranzistorlar dastlab unipolyar tranzistorlar deb atalgan, chunki ularda faqat bir xil turdagi asosiy tashuvchilar — elektronlar yoki teshiklar bo'ladi. Bunday tranzistorlarda injeksiya va diffuziya jarayonlari amalda yo'q, bo'lsa ham asosiy rolni o'ynamaydi. Ularda tashuvchilarning asosiy harakatlanish usuli elektr maydonidagi dreyfdir.

O'zgarasiz elektr maydonida yarim o'tkazgichdagi tokni boshqarish uchun yarim o'tkazgichli qatlamning solishtirma qarshiligi yoki maydonini o'zgartirish kerak. Amalda ikkala usul ham qo'llaniladi, ular maydon effektiga (zatvordagi kuchlanish bilan boshqarish) asoslangan. SHuning uchun unipolyar tranzistorlar odatda maydonli tranzistorlar deb ataladi. Ulardagi tok o'tkazuvchi qatlam kanal deb ataladi. Bundan unipolyar tranzistorlarning yana bir nomi — kanalli tranzistorlar kelib chiqqan.

Kanallar yuzaviy (sirtida joylashgan) yoki hajmiy bo'lishi mumkin. Yuzaviy kanallar dielektrikdagi donor kiritmalarning mavjudligi bilan belgilanuvchi to'yintirilgan qatlamlar yoki tashqi maydon ta'sirida hosil bo'luvchi inversion qatlam ko'rinishida bo'lishi mumkin. Hajmiy kanallar Hajmiy kanallar bir jinsli uchastkalar bo'lib yarim o'tkazgichning yuzasidan kambag'allashtirilgan qatlam bilan ajratilgan bo'ladi.

Hajmiy kanalli tranzistorlarda kambag'allashtirilgan qatlam p-n o'tish yordamida hosil qilinadi. SHuning uchun ularni p-n o'tishli maydonli tranzistorlar yoki qisqacha maydonli tranzistorlar deb ataydilar. Bunday tranzistorlarning tavsifini birinchi marta SHokli 1952 yilda bergan. EWB dasturida ularning p-kanalli va r-kanalli namunalari berilgan (1-rasm, a va b). Rasmda 1 — zatvor (gate) — boshqaruvchi elektrod; 2 — istok (source) — asosiy tashuvchilarning harakatlanishi boshlanadigan elektrod (p-kanalida — elektronlar, r-kanalida — g'ovaklar); 3 — stok (drain) — tashuvchilarni qabul qiluvchi elektrod.

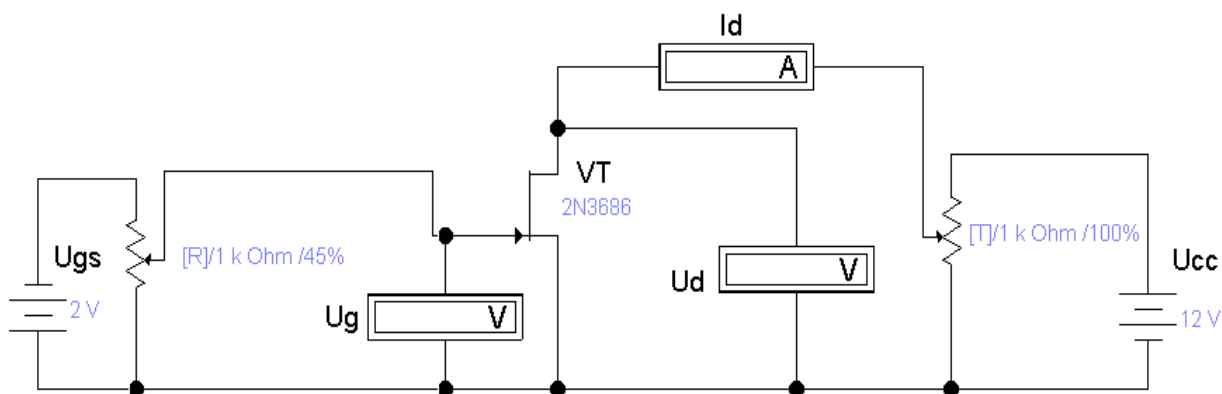


1-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli p-kanalli (a) va r-kanalli (b) maydonli tranzistorlar

Bipolyar tranzistorlarga o'xshash tarzda maydonli tranzistorlarning ham uch turdagi ulanish sxemalarini ajratib ko'rsatish mumkin: umumiy zatvorli (U3), umumiy istokli (UI) va umumiy stokli (US).

Ishni bajarish tartibi

1. Umumiy istokli maydonli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini olish uchun 2-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing. Unda zatvor-istok kuchlanishining manbasi U_g , tadqiq qilinayotgan tranzistor VT, ta'minlash manbasi U_{cc} , stok-istok kuchlanishini nazorat qilish uchun vol'tmetr U_d va stok tokini o'lchash uchun ampermetr I_d mavjud.



2-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli maydonli tranzistorning xarakteristikalarini olish uchun sxema

2. CHiqish vol't-ampér xarakteristikalarini U_g ning ma'lum o'zgarmas qiymatlarida U_d ni o'zgartirib stok toki I_d ni o'lchash yo'li bilan oling.
3. Maydonli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini quring.
4. Zatvor kuchlanishi U_g ning stok toki I_d nolga yaqin bo'ladigan qiymatini aniqlang. Bunday kuchlanish otsechka (kesish) kuchlanishi deb ataladi.
5. Maydonli tranzistorning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lgan tikligini $S=dI_d/dU_g$ chiqish xarakteristikalarini $I_d=f(U_d)$ yordamida aniqlang.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi:

1. Ishni bajarishdan maqsad.
2. Tajribalarni o'tkazishda foydalanilgan sxemalar.
3. Olingan natijalar jadval va grafiklar ko'rinishida.
4. Olingan natijalarning tahlili.
4. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

7-tajriba ishi

Operasion kuchaytirgichlarda bajarilgan relakcasion generatorni tadqiq qilish

Ishni bajarishdan maqsad: operatsion kuchaytirgichda bajarilgan klassik relaksatsion generatorni tadqiq qilish.

Nazariy qism. Generator

Elektron signal generatorlari o'zgarmas tashqi kuchlanish manbai yordamida ma'lum chastota va formadagi elektr tebranishlarni ishlab chiqaruvchi qurilmadir. Avtogeneratorlar esa doimiy elektr tokini tebranishlar energiyasiga o'zgartirib beradi. Elektron signal generatorlari teskari aloqa zanjiri bilan qamrab olingan kuchaytirgichlar asosida tashkil etiladi.

Generatorlarning asosiy xarakteristikalarini bo'lib signalning formasi, amplitudasi va chastotasi hisoblanadi. SHu ko'rsatkichlarga qarab signal generatoriga baho beriladi va tanlanadi.

Tebranishlar formasi (ko'rinishiga) qarab generatorlar sinusoidal tebranishlar va nosinusoidal tebranishlar generatorlariga bo'linadi.

CHiqarilayotgan signallar chastotasiga qarab generatorlar **infra past** (*Gertsning bir necha ulushidan 10 Gts.gacha*), **past** (*10-100 kGts*), **yuqori** (*100 kGts – 10 mGts*) va **o'ta yuqori** (*10 mGts dan yuqori*) chastotali generatorlar turlariga bo'linadi.

Har xil tashqi (quvvat manbaining harorati, kuchlanish va boshqa) ta'sirlarga chidamliligi, barqaror, stabil chastotalar chiqara olishi generatorlarning muhim xususiyati hisoblanadi.

Sinusoidal tebranish signallari generatorlarida chiqish kuchlanishining formasi sinusoidal ko'rinishda buladi. Ko'p hollarda bu ko'rinish yopiq zanjirga filtrlash xususiyati bo'lgan LC-konturi yoki fazalarni siljituvchi RS-zanjirini ulash orqali ta'minlanadi.

Tebranishlar generatorlari ko'plab elektron qurilmalarning tarkibiy qismidir. Masalan, ular davriy ishlaydigan o'lchov priborlarida (raqamli mul'timetrlar, ostsilloqraflar), texnologik jarayonlarni o'lchashda, kompyuter va uning tashqi qurilmalarida, har qanday raqamli priborda (hisoblagich, taymer, kal'kulyator) va boshqalarda ishlatiladi.

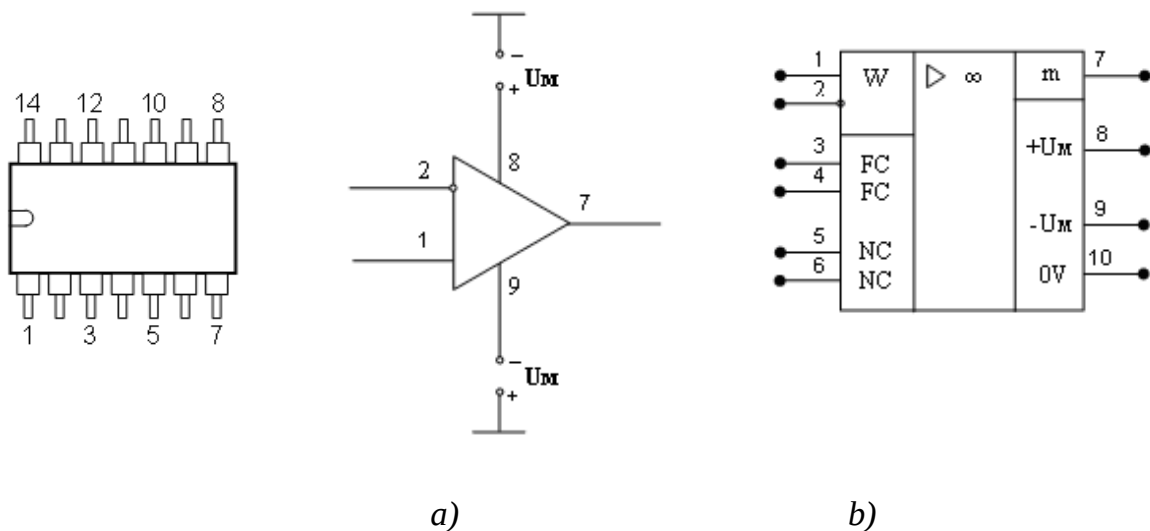
Konkret qo'llanilishi bo'yicha tebranishlar generatorlaridan muntazam impulslar manbasi (raqamli tizimlarda "soat"), tayanch vaqt intervali (chastota o'lchagichlarda), rostanuvchi generator (tarqatgich va qabul qilgichlarning geterodinlarida), ma'lum shakldagi tebranishlar generatori (ostsilloqraflarda) va boshqalar sifatida foydalaniladi.

Analog integral mikrosxemalardan hozirgi kunda eng ko'p foydalaniladigan operatsion kuchaytirgichlar (OK) hisoblanadi. CHunki OKlar asosida turli chiziqli, nochiziqli analog va raqamli elektron qurilmalar yasaladi.

Operatsion kuchaytirgich

Umumiy ma'lumotlar. Operatsion kuchaytirgich (OK) – bu kuchlanish bo'yicha yuqori kuchaytirish koeffitsienti ($10^4 \div 10^6$), yuqori kirish ($10^4 \div 10^7$ Om) va kichik chiqish ($0,1 \div 1$ kOm) qarshiliklariga ega bo'lgan o'zgarmas tok kuchaytirgichi. OK ikkita kirish va bitta chiqishga ega. CHiqish va kirishdagi signallarning qutbiga ko'ra kirishlarning biri **inverslaydigan** ("–" ishorasi bilan belgilanadi), ikkinchisi – **inverslamaydigan** ("+" ishorasi bilan belgilanadi) deb ataladi.

OKning shartli belgisi 1 *a*, *b* - rasmda keltirilgan. Manba qiymatlari bir – biriga teng, lekin umumiy shinaga nisbatan ishoralari teskari bo'lgan ikkita manbadan ta'minlanadi. Bu bilan kirish signali mavjud bo'lmaganda chiqishda nol potentsial ta'minlanadi va chiqishda ham musbat, ham manfiy signal olish imkoniyati yuzaga keladi. Real OKlarda kuchlanish manbai qiymati $\pm 3 \text{ V} \div \pm 18 \text{ V}$ oralig'ida yotadi. Signal umumiy shinaga ulangan simmetrik signal manbaidan 1 va 2 kirishlarga, yoki ikkita alohida manbalardan uzatilishi mumkin. Bu kirishlardan biri inverslaydigan kirish va umumiy shinaga, ikkinchisi esa – inverslamaydigan kirish va umumiy shinaga ulanadi.



1 – rasm.

OK doim teskari aloqa zanjirlari bilan qamrab olingan bo'ladi. Teskari aloqa zanjiri turiga ko'ra OK analog signallar ustidan turli amallarni (operatsiyalarni) bajarishi mumkin. Bunday amallarga yig'indi olish, integrallash, differentsiallashtirish, solishtirish, logarifmlash va boshqalar kiradi. SHuning uchun bunday kuchaytirgichlar – **operatsion** deb ataladi.

Operatsion kuchaytirgich (OK) kuchlanish bo'yicha sezilarli katta kuchaytirish koeffitsientini to'g'ridan-to'g'ri kuchaytirish ko'p kaskadli o'zgarmas tok kuchaytirgich hisoblanadi.

OKning avfzalliklari OKga nisbatan turli funktsional qurilmalarning ko'rsatkichlari faqat OK tarkibiga kiritilgan va OK ning o'ziga bog'liq bo'lmagan teskari aloqa zanjirlari elementlari parametrlari orqali aniqlanishidir.

Dastlab OK analog hisoblash mashinalarida qo'shish, ayirish, masshtablash, differentsiyalash va boshqa matematik amallarni bajarish uchun mo'ljallangan. Zamonaviy OKlar sxemotexnik bajarilishi, parametrlari va qo'llanish maqsadi bo'yicha ajratiladi.

Sxemotexnik bajarilishi bo'yicha kuchaytirgichlar differentsial va invers kirishlarli OKlarga bo'linadi, bunda OKlar signallarni ham qayta o'zgartirishli, ham qayta o'zgartirishsiz bo'lishi mumkin. OKda signallarni qayta o'zgartirish turli modulyatsiya turlari (bir karrali, ikki karrali, boshqaruvchi generatorlar orqali) yordamida amalga oshiriladi.

OKning barcha parametrlari bir necha sinflarga bo'linadi va har bir OK turi faqat bir sinfga taaluqli bo'lgan parametrlarga ega bo'ladi, ya'ni OKlar mavjud parametrlari orqali maxsuslashtirilgan.

Qo'llanilish sohalari bo'yicha OKlar umumiy qo'llaniladigan, maxsus, pretsizion, o'lchash, tezkor, keng oraliqli va boshqa turlarga ajratiladi. Integral OKlar ham kuchlanish orqali boshqariladigan stabil kuchlanish va o'zgarmas tok manbalari sifatida, ham kuchlanish qaytargichlari sifatida qo'llaniladi. Ular asosida turli integratorlar, differentsiatorlar va summatorlar quriladi. Ko'paytirish, bo'lish, logarifmlash, antilogarifmlash, ayirish sxemalari ham integral OKlar asosida quriladi. Turli funktsional

o'zgartirgichlar, signallarni siqish sxemalari, turli detektorlar, komparatorlar, garmonik va relaksatsion generatorlar, giratorlar, aktiv filtrlar integral OKlar asosida bajariladi.

Elektron apparaturani integral asosida qurishda integral OKlar xossalaridan samarali foydalanish uchun ularning ichki tuzilishini, parametrlarini va xarakteristikalarini bilish zarur bo'ladi.

Operatsion kuchaytirgichning asosiy xarakteristikalarini

OKning asosiy xarakteristikalariga quyidagilar kiradi:

- chiqish kuchlanishini teskari aloqasiz OK differentsial kirish kuchlanishiga nisbatiga teng bo'lgan K_u kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti;
- sinfaz signalning so'ndirish ko'effitsienti: $K_{s.s.s} = K_u / K_{us}$, bu yerda K_{us} – sinfaz kirish kuchlanishiga nisbatan kuchlanish bo'yicha kuchaytirish ko'effitsienti;
- $U_{chiq} = 0$, (0,5 ... 15 mV) bo'lishi uchun OKning kirishlaridan biriga yoki differentsial kirishiga berilishi lozim bo'lgan kuchlanishiga teng bo'lgan U_{silj} nolni siljitish kirish kuchlanishi;
- $U_{chiq} = 0$ da OK kirish zanjiridan oqib o'tadigan o'rtacha tokka teng bo'lgan I_{silj} siljitish kirish toki:

$$I_{silj} = (I_{silj}^+ + I_{silj}^-) / 2$$

- $\Delta U_{silj} / \Delta t$ (mkV/C°) nolni siljitish kuchlanishi temperaturaviy dreyfi;
- kirish siljitish toklarining farqi:
$$\Delta I_{silj} = |I_{silj}^+ - I_{silj}^-|, U_{chiq} = 0 \text{ bo'lganida.}$$
- $S_{s.sh}$ chiqishdagi o'z shovqini kuchlanishining spektral zichligi;
- differentsial va sinfaz signal uchun kirish qarshiligi (0,01 ... 1000 MOm);
- f_t birlik kuchaytirish chastotasi, bu chastotada OK kuchaytirish ko'effitsienti modulini birga teng bo'ladi. Masalan, $|K(f)| = 1$ $f_t = 1000$ MGts bo'lganida.
- to'g'ri burchakli shakldagi maksimal kirish kuchlanish impul'si ta'sir qilganida OKning chiqish kuchlanish eng katta o'zgarishi tezligiga teng bo'lgan V_{vmaks} chiqish kuchlanishining ortishi tezligi;
- chiqish kuchlanishining o'rnatilish vaqti:

$$t_{o'rn} = t_{0,9} - t_{0,1}$$

- chiqish kuchlanishi o'zgarishni chiqish toki o'zgarishining aktiv tashkil etuvchisiga nisbatiga teng bo'lgan R_{chiq} chiqish qarshiligi, (1...500 OM), (yuklamaning minimal qarshiligi);

- iste'mol toki va quvvati. OKlar ruxsat etiladigan maksimal parametrlariga quyidagilar kiradi:

- $U_{chiq.maks}$ signalni maksimal (buzilishlarsiz) mumkin bo'lgan chiqish kuchlanishi;
- ruxsat etiladigan maksimal quvvat tarqalishi;
- ishchi chastota diapazoni;
- maksimal ta'minot kuchlanishi;
- maksimal kirish differentsial kuchlanishi.

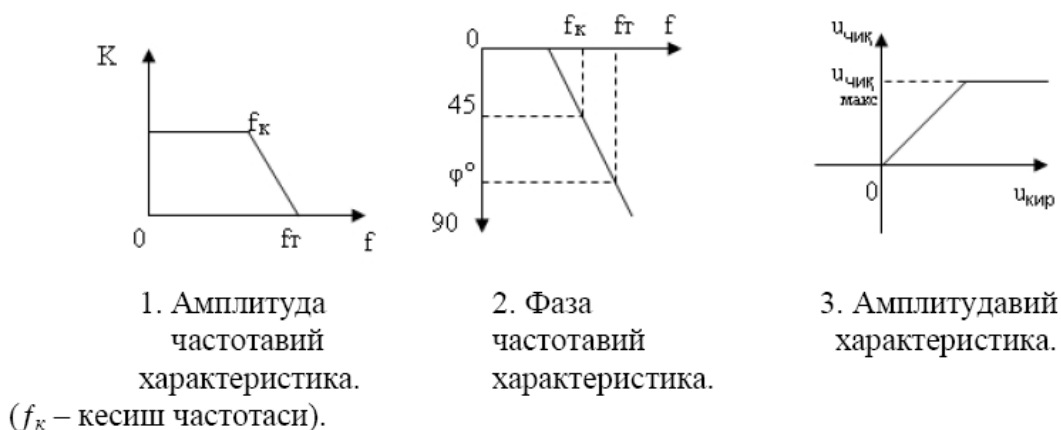
OK ta'minot kuchlanishi sifatida ikki qutbli ta'minot manbai ishlatiladi. Bu ta'minot manbaining o'rta chiqishi, qoidaga ko'ra kirish va chiqish signallari uchun umumiy shina hisoblanadi ($E_t = \pm 3 \dots \pm 18$ V).

OKda quyidagi chiqishlarga ega:

- 1 – inverslamaydigan kirish;
- 2 – inverslaydigan kirish;
- 3 – chiqish.

SHuningdek, kuchaytirgich ACHXsining talab qilinadigan ko'rinishini shakllantiradigan chastotaviy korrektsiya tashqi zanjirlarini ulash uchun chiqishlarga ega bo'ladi.

OKning xarakteristikalari 2- rasmda keltirilgan.



2-rasm.

Turli funktsional qurilmalarni qurish uchun operatsion kuchaytirgich quyidagi talablarni qoniqtirishi kerak:

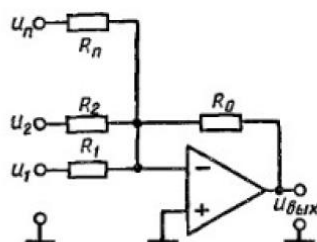
- kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti K_u cheksizlikka intilishi kerak ($K_u \rightarrow \infty$);
- kirish qarshiligi cheksizlikka intilishi kerak ($R_{kir} \rightarrow \infty$);
- chiqish qarshiligi nolga intilishi kerak ($R_{chiq} \rightarrow 0$);
- agar $U_{kir} = 0$ bo'lsa, u holda $U_{chiq} = 0$ bo'lishi kerak;
- kuchaytiriladigan chastotalar oralig'i cheksiz bo'lishi kerak ($f_k \rightarrow \infty$).

Operatsion kuchaytirgichlarning sinflarga bo'linishi.

1. **Tezkor keng oraliqli** OKlar tez o'zgaradigan signallarni o'zgartirish uchun foydalaniladi. Oldingi frontning ortish tezligining maksimal qiymati V_{vmaks} , minimal o'rnatish vaqti $t_{o'rn}$, maksimal chastota f_t orqali xarakterlanadi.
2. **Pretsizion** (yuqori aniq) OKlar yuqori darajali shovqinli kichik elektr signallarni kuchaytirish uchun foydalaniladi. Kichik siljitish kuchlanish U_{silj} , yuqori kuchaytirish koeffitsienti K_u , sinfaz signali so'ndirish, yuqori kirish qarshiligi R_{kir} , past sathli shovqin orqali xarakterlanadi va kichik tezkorlikka ega.
3. **Umumiy qo'llaniladigan** OKlar parametrlarning o'rtacha darajasiga, yuqori bo'lmagan tannarxga va 1% keltirilgan yig'indi xatolikka ega.
4. **Kichik kirish tokini** OKlarda kirish kaskadi maydoniy tranzistorlarda yig'iladi ($I_{kir} \leq 100 \text{ mA}$).

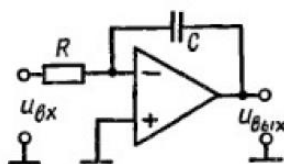
5. **Ko'p kanalli** OKlar umumiy qo'llaniladigan OKlardagi parametrlarga ega bo'ladi.
6. **Yuqori quvvatli** OKlarda chiqish kaskadlari yuqori kuchlanishli elementlarda yig'iladi ($U_{chiq} \geq 15 V$, $I_{chiq} = 100 mA$).
7. **Kichik quvvatli** OKlar minimal iste'mol quvvatlarida ishlatiladi (kutish rejimidagi avtonom ta'minot).

Сумматор напряжения



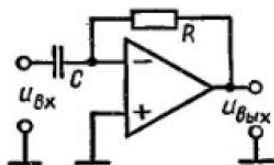
$$u_{\text{вых}} = - \sum_{i=1}^n \frac{R_0}{R_i} u_i$$

Интегратор



$$u_{\text{вых}} = - \frac{1}{RC} \int u_{\text{вх}} dt$$

Дифференцирующий усилитель



$$u_{\text{вых}} = -RC \frac{du_{\text{вх}}}{dt}$$

Relaksatsion generator

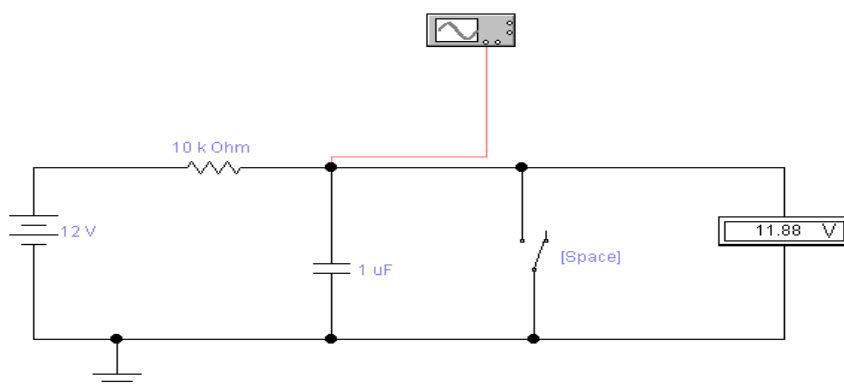
Relaksatsionnyy generator deb keng spektrga ega garmonik bo'lmagan tebranishlar generatoriga aytiladi.

Tebranishlar generatorlari ko'plab elektron qurilmalarning tarkibiy qismidir. Masalan, ular davriy ishlaydigan o'lchov priborlarida (raqamli multimetrlar, ostsillograflar), texnologik jarayonlarni o'lchashda, kompyuter va uning tashqi qurilmalarida, har qanday raqamli priborda (hisoblagich, taymer, kalkulyator) va boshqalarda ishlatiladi.

Konkret qo'llanilishi bo'yicha tebranishlar generatorlaridan muntazam impulslar manbasi (raqamli tizimlarda "soat"), tayanch vaqt intervali (chastota o'lchagichlarda), rostlanuvchi generator (tarqatgich va qabul qilgichlarning geterodinlarida), ma'lum shakldagi tebranishlar generatori (ostsillograflarda) va boshqalar sifatida foydalaniladi.

Eng sodda generatorni quyidagi yo'l bilan hosil qilish mumkin: kondensator rezistor (yoki tok manbasi) orqali zaryadlanadi, kondensatordagi kuchlanish ma'lum qiymatga yetganda razryadlanadi va bunday tsikl davriy ravishda takrorlanadi. Buni

EWB dasturida tekshirib ko'rish mumkin (3-rasm). Sxema yig'ilib ishga tushirilgandan keyin probel klavishasini davriy ravishda bosilsa tebranishlar hosil bo'ladi.



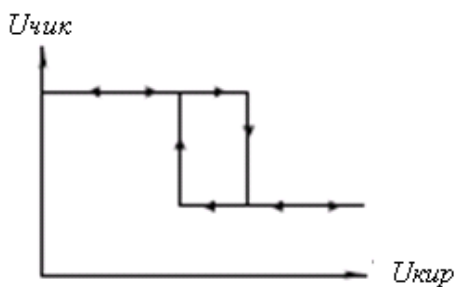
3-rasm. Tebranishlar generatori

Tebranishlarni ta'minlash manbasining qutblarini davriy ravishda almashtirish yo'li bilan ham hosil qilish mumkin. Bunday yo'l bilan bajarilgan generatorlarga «relaksatsion generatorlar» deb ataladi. Ular sodda, arzon va mukammal loyihalanganda chastota bo'yicha qoniqarli stabillikka ega bo'lishi mumkin.

Ilgari relaksatsion generatorlarni tayyorlash uchun manfiy qarshilikka ega bo'lgan priborlardan (masalan, bir o'tishli tranzistorlar va neon lampalar) foydalanilgan, hozirgi vaqtda esa, afzalliklarga ega bo'lganligi uchun, operatsion kuchaytirgichlar yoki maxsus integral sxemalar ishlatiladi.

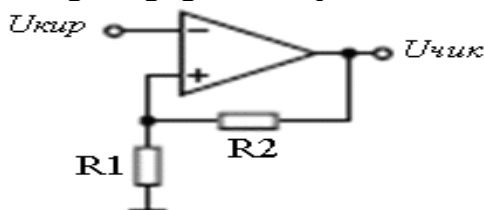
SHmidt triggeri asosida bajarilgan relaksatsion generator

"SHmidt triggerlari" deb ataluvchi elektron sxemalarning o'ziga xos xususiyati ularning uzatish xarakteristikasida (ya'ni chiqish va kirish signallari orasidagi bog'lanishda) gisterezis halqasining mavjudligidir (4-rasm).



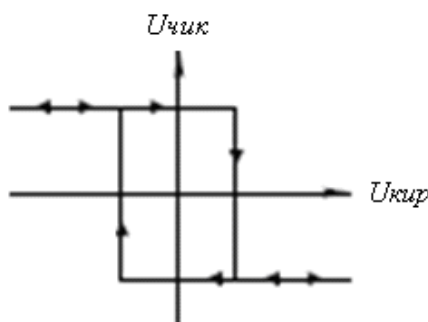
4-rasm. Gisterezis halqasi.

Gisterezis halqasi hosil bo'lishi uchun kuchaytirgich musbat teskari aloqaga ega bo'lishi kerak (5-rasm). Sxemada musbat teskari aloqa R1 va R2 qarshiliklar yordamida hosil qilingan. Gisterezis halqasining kengligi ushbu qarshiliklarning nisbatiga bog'liq.



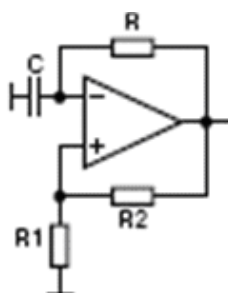
5-rasm. SHmidt triggeri

Agar operatsion kuchaytirgichning musbat va manfiy chiqish kuchlanishlari sohalaridagi to'yinish kuchlanishlari teng bo'lsa (amalda shunday) gistrezis halqasi simmetrik bo'ladi (6-rasm).



6-rasm. Gistrezis halqasi

Operatsion kuchaytirgichda bajarilgan relaksatsion generatorning printsipl sxemasi 7-rasmda keltirilgan. U operatsion kuchaytirgich, R , R_1 , R_2 rezistorlar va S kondensatordan iborat.



7-rasm. Operatsion kuchaytirgichda bajarilgan relaksatsion generatorning printsipl sxemasi

Ushbu sxema yordamida to'g'ri burchakli signallar olinadi. Integrallovchi R-C-zanjir operatsion kuchaytirgichning manfiy teskari aloqa zanjiriga ulangan. Uning yordamida operatsion kuchaytirgichning chiqishidagi to'g'ri burchakli signallar integrallanadi. Natijada operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishida SHmidt Triggerining bo'sag'aviy kuchlanishiga teng bo'lgan arrasimon signallar yuzaga keladi. Ular SHmidt Triggerini gistrezis halqasi bo'yicha ulab-uzadi.

Relaksatsion generatorning generatsiya chastotasini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin

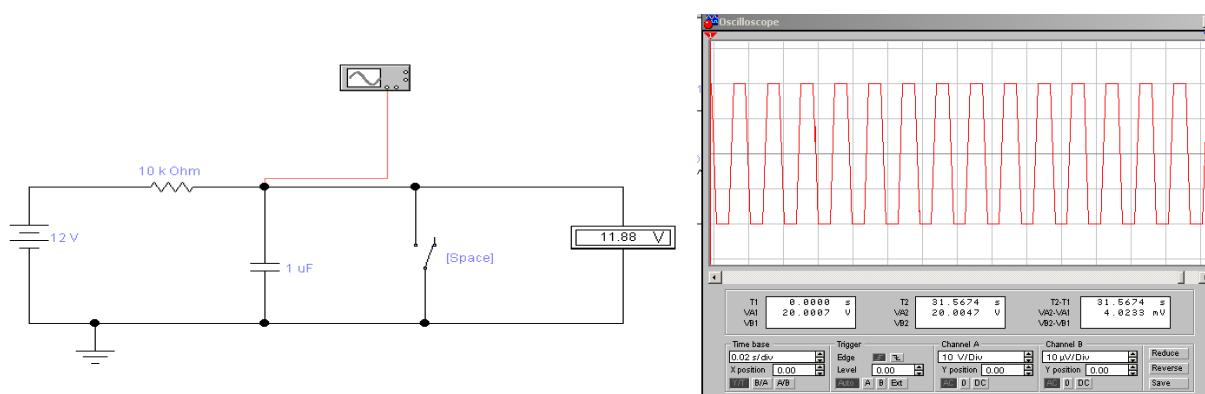
$$f = \frac{1}{2RC \ln(1 + \frac{2R_1}{R_2})}$$

Generatsiya chastotasi operatsion kuchaytirgichning ta'minlash va to'yinish kuchlanishlariga bog'liq bo'lmasligi sababli hosil qilinadigan tebranishlar yuqori barqarorlikka ega bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

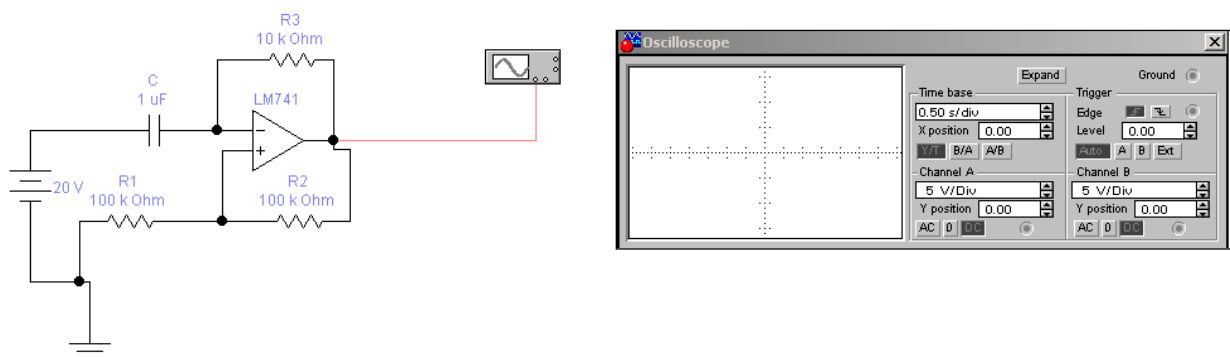
Electronics Workbench dasturini ishga tushiring va unda 7-rasmga asosan relaksatsion generatorning modelini yig'ing va ostsillograf hamda grafik analizator oynalarini oching (8-rasm).

Sxema yig'ib ishga tushirilgandan keyin probel klavishasini davriy ravishda bosilsa tebranishlar hosil bo'ladi.



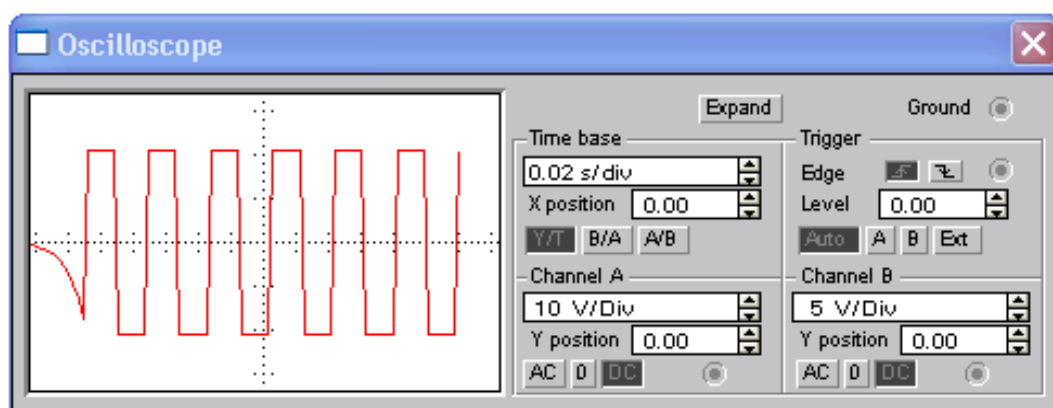
8-rasm. Tebranishlar generatori

2. Electronics Workbench dasturini ishga tushiring va unda 9-rasmga asosan relaksatsion generatorning modelini yig'ing va ostsillograf hamda grafik analizator oynalarini oching (9-rasm).



9-rasm. Relaksatsion generatorning modeli

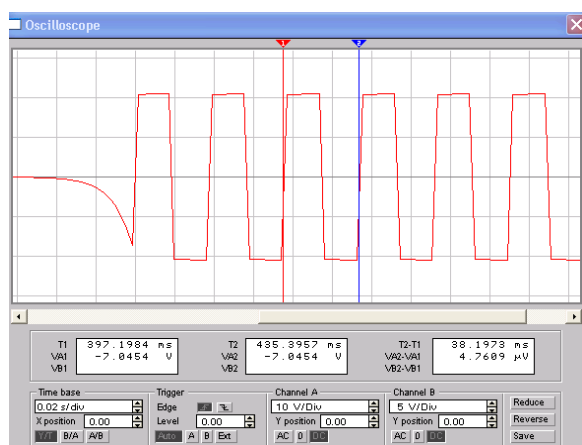
2. Modelni ishga tushiring va tebranishlarning ostsillogrammalarini oling (10-rasm).



10-rasm. Tebranishlarning ostsillogrammalari

3. Qarshiliklar va sig'imning qiymatlarini o'zgartirib generatorning ishlashida qanday o'zgarishlar bo'lishini kuzating.

4. Tebranishlarning chastotasini aniqlang. Ostsillografning asosiy oynasida yoki grafik analizator oynasida chastotani aniqlash ancha qiyin bo'lganligi sababli Expand tugmasini bosib ostsillografning kattalashtirilgan oynasini oching (11-rasm).



11-rasm. Ostsillografning kattalashtirilgan oynasi

Oynadagi qizil va ko'k rangli vizir chiziqlarning yuqori qismidagi uchburchak shaklidagi belgilarni sichqoncha yordamida bosgan holda suring. Ular orasidagi farq ($T_2 - T_1$) tebranishlarning 1 davriga mos kelsin. $f = 1/(T_2 - T_1)$ ifoda yordamida chastotani aniqlang va uni

$$f = \frac{1}{2RC \ln(1 + \frac{2R_1}{R_2})}$$

ifoda yordamida hisoblangan chastota bilan taqqoslang.

5. Operatsion kuchaytirgichning invertirlovchi kirishidagi kuchlanishning ostsillogrammasini oling.

6. Operatsion kuchaytirgichning invertirlamaydigan kirishidagi kuchlanishning ostsillogrammasini oling.

7. Olingan natijalarni tahlil qiling.

8. Tajribalarni qarshiliklar va sig'imning 1-jadvalda ko'rsatilgan qiymatlari uchun qaytadan bajaring.

1-jadval

n/n	R, kOm	R1, kOm	R2, kOm	C, nF	f_A	f_H
1	100	10	51	15		
2	100	10	51	33		
3	100	10	100	15		
4	100	10	200	33		
5	51	100	1000	68		

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi.

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

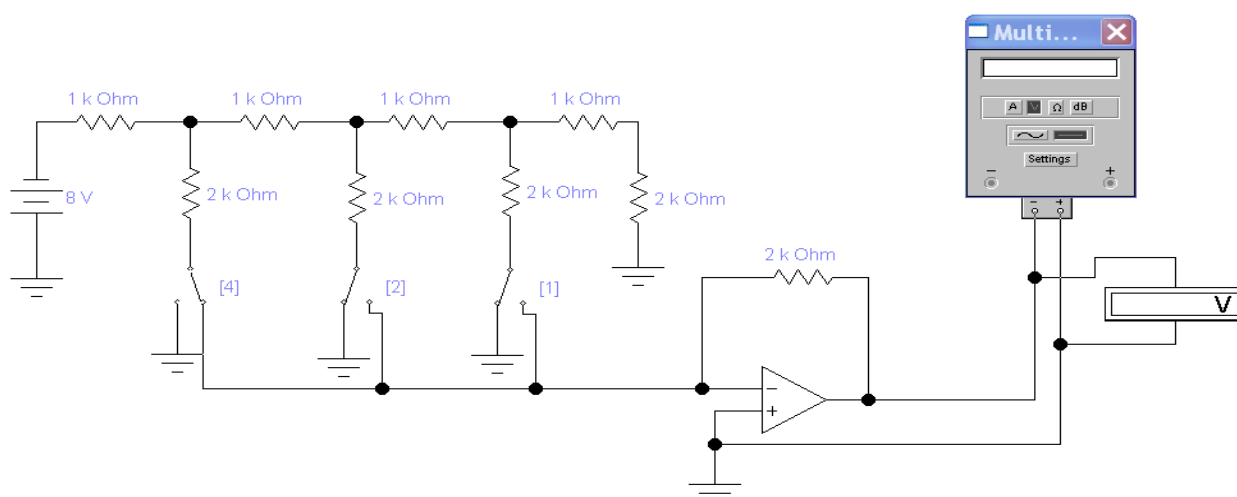
8-tajriba ishi

Raqamli-analog o'zgartirgichlarni tadqiq etish

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

Ishni bajarish tartibi

1. Electronics Workbench dasturini ishga tushiring va uning sxema oynasida uch razryadli raqamli-analog o'zgartkichning (RAO') sxemasini yig'ing (1-rasm). Sxemada uchta kirish ikkilik signallari 1, 2, 4 ulab-uzgichlarni boshqaradi. Operatsion kuchaytirgichning (OK) teskari bog'lanish zanjiridagi qarshilik 2 kOm bo'lib $R-2R$ zanjirning umumiy qarshiligiga teng. SHu sababli OK ning o'tkazish koeffitsienti birga teng bo'ladi. Kvantlash qadamining (Δ) qiymati tayanch kuchlanish Y_{e0} va $R-2R$ zanjirdagi zvenolar soniga bog'liq. Masalan, tayanch kuchlanish $Y_{e0} = 8B$ va $R-2R$ zanjirdagi zvenolar soni uchta bo'lganda kvantlash qadamining qiymati $\Delta = 1V$ bo'ladi.



I-rasm. Uch razryadli raqamli-analog o'zgartkichning sxemasi

2. RAO' ning chiqishiga mul'timetr (yoki vol'tmetr) ulab va ulab-uzgichlarni ishlatib kvantlash qadami ΔE va U_{max} o'lchang.

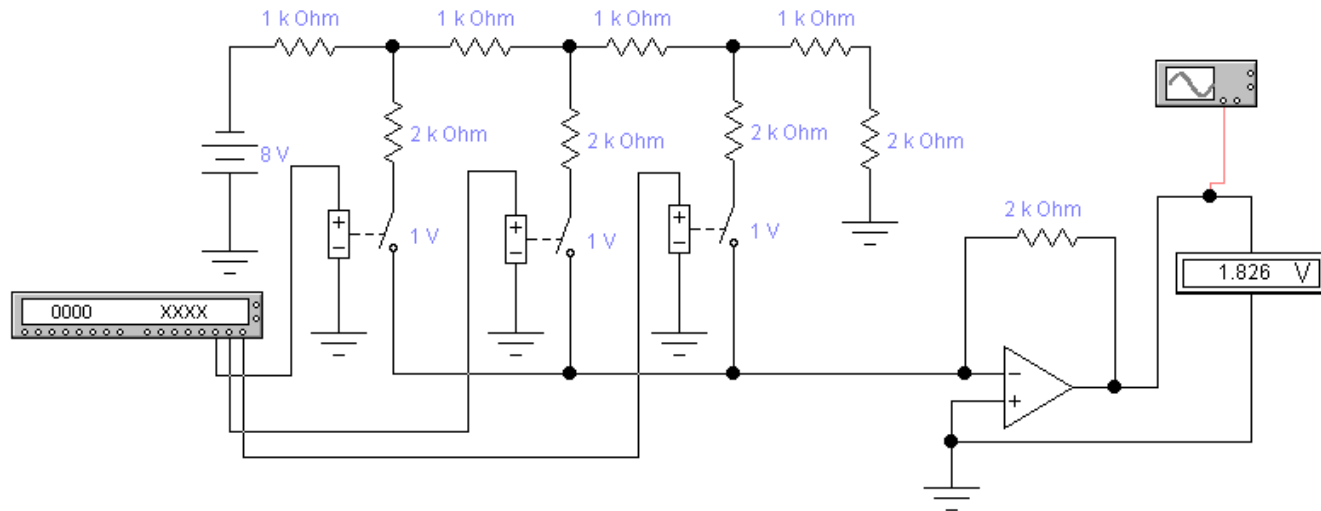
3. O'lchash natijalari bo'yicha $\Delta = \Delta E$, va $U_{max} = (2^3 - 1)\Delta$ tengliklar o'rinli bo'lishi tekshirib ko'ring.

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

1-jadval

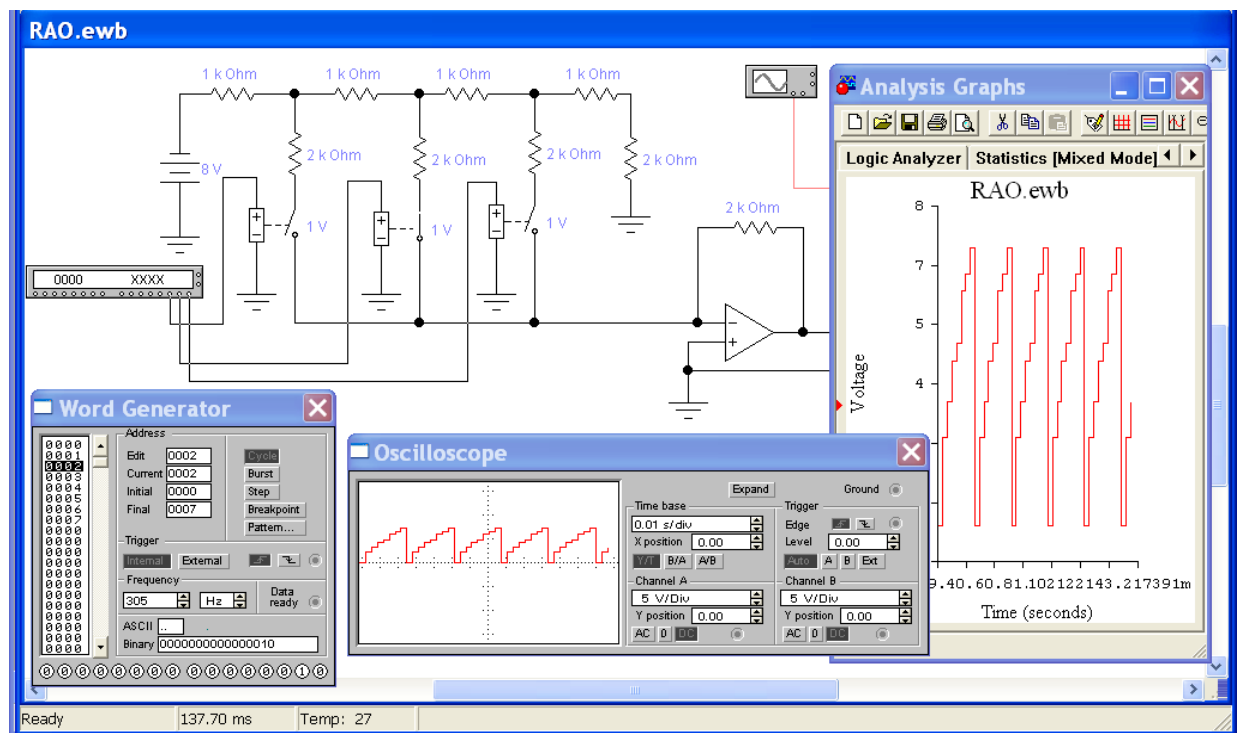
Kirishdagi ikkilik signallar			CHiqishdagi o'nli signal, U_{chiq} , V
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

5. RAO' ning ishlashini ostsillograf yordamida tekshirish uchun sxemaning chiqishiga ostsillograf ulang, ulab-uzgichlar kuchlanish bilan boshqariladigan kalitlarga almashtiring va kirish signallarning mantiqiy signallar generatori (Word Generator) orqali bering (2-rasm).



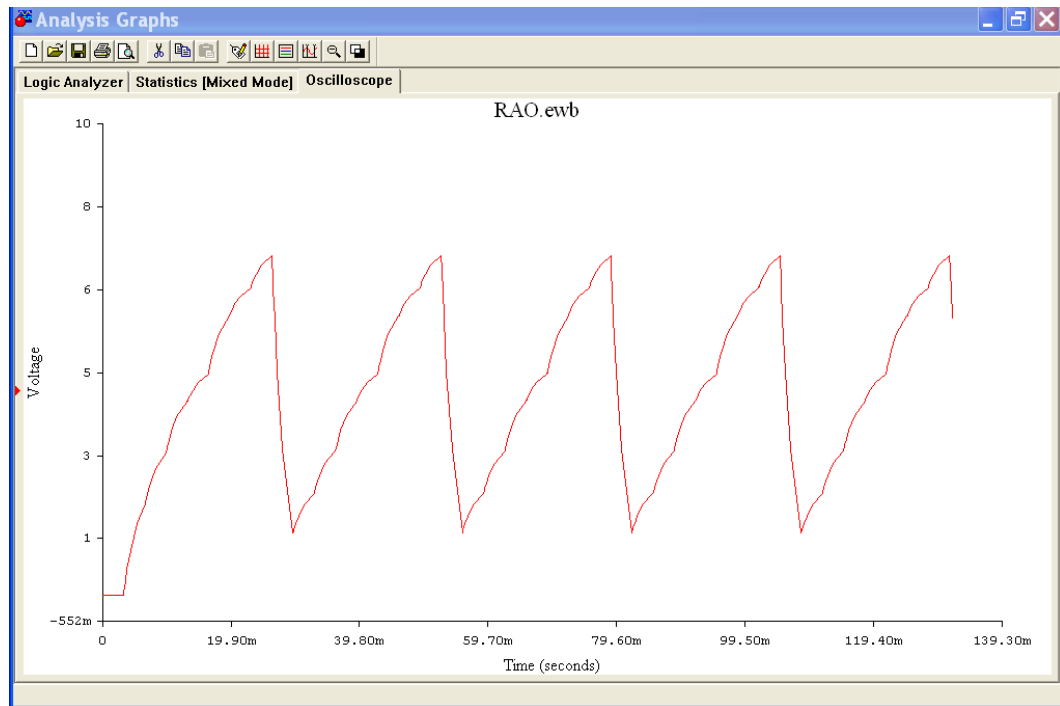
2-rasm. Kirish signallaring mantiqiy signallar generatori (Word Generator) orqali berish

6. Sxemani ishga tushirib natijalarni ostsillograf va grafik analizatorning ekranida ko'ring (3-rasm).



3-rasm. Modellash natijalari

7. OK ning teskari bog'lanish zanjiridagi rezistorga parallel kondensator ulab past chastotalarning aktiv fil'trini hosil qiling. Kondensatorning sig'imini o'zgartirish yo'li bilan uning chiqish kuchlanishida pog'onalar bo'lmaydigan qiymatini aniqlang (4-rasm).



4-rasm

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi.

1. Ishni bajarishdan maqsad.
2. Tajribalarni o'tkazishda foydalanilgan sxemalar.
3. Olingan natijalar jadval va grafiklar ko'rinishida.
4. Olingan natijalarning tahlili.
4. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.