

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

**RADIOTEXNIK ZANJIRLAR VA
SIGNALLAR**

*fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun
o'quv-uslubiy qo'llanma*

TOSHKENT – 2018

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT
TEXNIKA UNIVERSITETI**

**RADIOTEXNIK ZANJIRLAR VA
SIGNALLAR**

*fanidan laboratoriya ishlarini bajarish uchun
o'quv-uslubiy qo'llanma*

TOSHKENT – 2018

Tuzuvchilar: Yarmuxamedov A.A., Boymatova N.T., Jabborov A.B.
Radiotexnik zanjirlar va signallar: O'quv-uslubiy qo'llanma. –
Toshkent, ToshDTU, 2018. 52 b.

O'quv-uslubiy qo'llanmada "Radiotexnik zanjirlar va signallar" fanidan laboratoriya ishlarini Multisim dasturi to'plami yordamida bajarish uslublari bayon qilingan, ularni talabalar bajarishi natijasida "Radiotexnik zanjirlar va signallar" fanidan yetarlicha yuqori bilimlarga ega bo'ladilar.

O'quv-uslubiy qo'llanma 5350700 – "Radioelektron qurilmalar va tizimlar" (Radioelektronika) ta'lim yo'nalishida tahsil oluvchi talabalar uchun mo'ljallangan.

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetining
ilmiy-uslubiy kengashi qarori bilan chop etildi*

Taqrizchilar: I.R. Faziljonov –TATU, "Elektronika va radiotexnika"
kafedrasi dotsenti, t.f.n.

X.S. Axrorov – ToshDTU, "Radiotexnik qurilmalar va
tizimlar" kafedrasi dotsenti, t.f.n.

KIRISH

Radiotexnika va radioelektronika sohasi bo'yicha zamonaviy muhandislarni tayyorlashda „Radiotexnik zanjirlar va signallar“ fani asosiy fanlardan biri hisoblanadi. Bu fanning asosiy maqsadi signallarni qanday qilib hosil qilish, ularni aloqa kanallari bo'yicha uzatish, radiotexnik zanjirlarda signallarni qayta ishlash va o'zgartirishlar bilan bog'liq bo'lgan fundamental qonuniyatlarni o'rganishdan iborat. „Matematika“, „Fizika“ va „Elektrotexnika nazariyalari asoslari“ fanlariga tayanuvchi „Radiotexnik zanjirlar va signallar“ fani talabalarni yangi tushunchalar va terminlar doirasiga olib kiradi va ularni chuqur bilish va o'zlashtirish navbatdagi yo'nalish fanlarini o'rganishda katta omil hisoblanadi.

„Radiotexnik zanjirlar va signallar“ fanida keltiriladigan signallarni va radiotexnik zanjirlarni tahlil qilish usullari talabalar uchun asosan avvalgi fanlardan ma'lum bo'lgan matematik apparatlar hisoblanadi. „Radiotexnik zanjirlar va signallar“ fanining asosiy vazifasi talabalarning bajarayotgan ishlarini aniq tasvirlovchi matematik apparatlarni tanlash, radiotexnika sohasi bo'yicha aniq ilmiy va texnik masalalarni yechishda bu tanlangan matematik apparatlar qanday ishlashini ko'rsatishdan iborat. Shu bilan bir qatorda talabalarni matematik ifodalash bilan ko'rilyotgan hodisalarning fizik tomonlarini bog'liqligini ko'rish, o'rganilyotgan jarayonlarga matematik modellar tuzishni o'rganishdan iborat. Barcha laboratoriya ishlari Multisim dasturida bajariladi.

Multisim – bu qisqa vaqt ichida qurilmalarni ishlab chiqishga imkon beradigan sxemalar interaktiv emulyatori. *Multisim* o'z ichiga *Multicap* naqlini kiritgan, bu esa sxemalarni dasturiy tavsiflash va undan keyin darhol sinash uchun ideal vosita bo'ladi. *Multisim* shuningdek, ishlab chiqish va sinash vositalari bilan chuqur integratsiya qilish uchun *National Instruments* tomonidan ishlab chiqilgan *LabVIEW* va *Signal Express* bilan o'zaro moslashtirilgan.

Multisim to'plami *Windows* standart interfeysidan foydalanadi. Interfeysning yuqori sezgirligi va soddaligi uni qo'llash uchun ancha yengillik beradi.

Multisim bitta ishlab chiqish muhitida sxemani ishlab chiqish va uni sinash/emulyatsiya uchun imkoniyat yaratadi.

Odatdagi *SPICE* tahlilidan tashqari *Multisim* foydalanuvchilar uchun sxemaga virtual asboblarni ulashga imkon beradi. Bu real voqealarni imitatsiya yordamida natijalarni soddaga va tezkor ko'rish usuli hisoblanadi.

Zaruriyat bo'lganda yuqori murakkablikda tahlil qilish uchun *Multisim* tahlilning turli funksiyalarini taqdim etadi. *Multisim* tarkibiga Grapher – ko'rish va ma'lumotlarni tahlil qilish uchun kuchli vosita kiritilgan.

O'tkazgichlar rangini o'zgartirish imkoniyati sxemani o'zlashtirish uchun ancha qulaylik yaratadi. Turli ranglar yordamida grafikani ham tasvirlash mumkin, bu esa bir necha bog'liqliklarni bir vaqtda tadqiq qilishda juda qulaydir.

1. MULTISIM DASTURIDA ISHLASH ASOSLARI

Foydalanuvchi interfeysi bir qancha asosiy elementlardan tashkil topgan, ular 1-rasmda ko'rsatilgan.

Ishlab chiqish oynasida (*Design Toolbox*) sxemaning turli elementlarini boshqarish vositalari joylashtirilgan.

Global sozlashlar (2-rasm) Multisim muhitining xususiyatlarini boshqaradi. Ulardan foydalanish huquqi xususiyatlar (*Preferences*) dialogli oynasidan ochiladi. *Options /Global Preferences* bandini tanlagandan so'ng quyidagi o'ratmalar joylashgan *Preferences* oynasi ochiladi:

- *Paths* (Yo'l) – ma'lumotlar bazalari fayllari va boshqa sozlashlarga yo'l ko'rsatadi;

- *Save* (Saqlash) – avtomatik saqlanish davrini sozlash va anjom bilan birga emulyatsiya ma'lumotlarini yozish imkoniyati;

- *Parts* (Komponentlar) – komponentlar joylashish rejimini va simvollar standartini tanlash (*ANSI* yoki *DIN*);

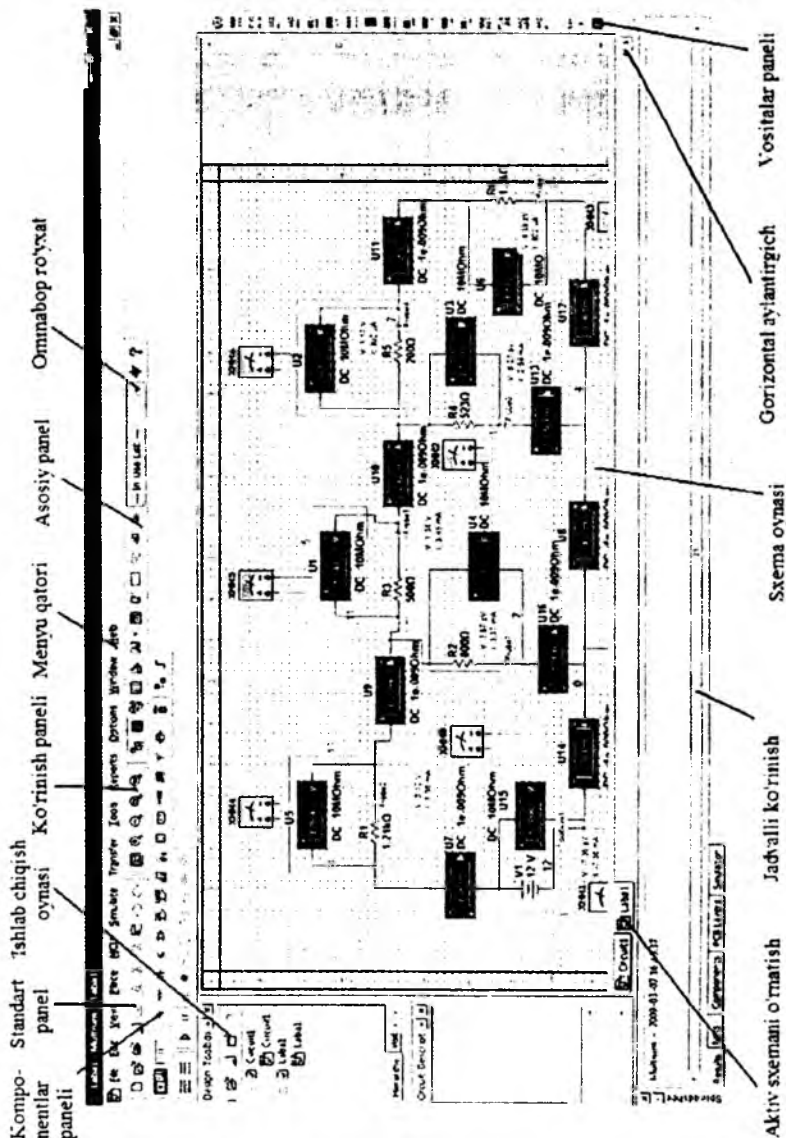
- *ANSI* yoki *DIN* – emulyatsiyaning oldindan o'ratilgan sozlashlari;

- *General* (Umumiy) – tanlash to'g'riburchagi, sichqoncha g'ildiragi va ulanish hamda avtomatik ulanish jihozlari o'zini tutishini o'zgartirish.

1.1. Komponentlarni ko'rib chiqish

Komponentlar – bu istalgan sxemaning asosi, sxemani tashkil etuvchi barcha elementlar. *Multisim* komponentlarning ikki toifasi bilan ishlaydi – real va virtual. Virtual komponentlardan farqli o'laroq real komponentlarda bosma platada aniq, o'zgarmas qiymat va o'ziga xos munosiblik mavjud. Virtual komponentlar faqat emulyatsiya uchun zarur, foydalanuvchi ularga ixtiyoriy parametrlar belgilashi mumkin.

*Multisim*da boshqa komponentlar toifasi ham mavjud: analogli, raqamli, aralash, animatsiyali, interaktiv (komponentlar har bir element ostida ko'rsatilgan tugmachalar yordamida boshqariladi), ko'p tanlovli raqamli, elektromexanik va radiochastotali.



1-rasm. Multisim muhiti



Paths | Save | Parts | General

Place component mode

- ☒ Return to Component Browser after placement
- ☐ Place single component
- ☒ Continuous placement for multi-section part only (ESC to quit)
- ☐ Continuous placement (ESC to quit)

Symbol standard

-  ☒ ANSI
- ☐ DIN

Positive Phase Shift Direction

- ☐ Shift right
- ☒ Shift left



Note: This setting only affects the "Phase" parameter in AC sources.

Digital Simulation Settings

- ☒ Ideal (faster simulation)
- ☐ Real (more accurate simulation - requires power and digital ground)

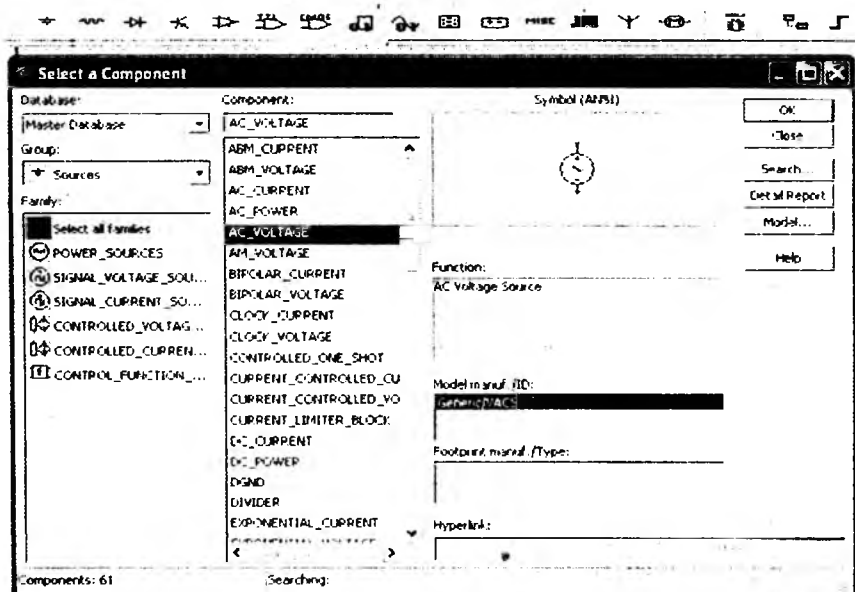
2-rasm. Global sozlashlar

Komponentlar panelida *manbalar* (place source), *asosiy elementlar* (place basic), *diodlar* (place diode), *tranzistorlar* (place transistor), *analogli* (place analog), *indikatorlar* (place indicator) va boshqa maydonlar ko'rsatilgan.

Komponentlar yo'l ko'rsatuvchisi (Component Browser) – bu komponentlarni sxemada joylashtirish uchun tanlanadigan joy. Sichqonchani ikki marta bosgandan so'ng kursor komponent shaklini toki komponent uchun sxemada joy tanlangunicha egallaydi.

Komponentlar yo'l ko'rsatuvchisida aks ettiriluvchi elementlar saqlanadigan joriy ma'lumotlar bazasi aks ettiriladi. Multisimda ular *guruhlar* (groups) va *oilalarga* (families) tashkillashtirilgan. Shuningdek, yo'l ko'rsatkichda komponent (*Mo'ljallanish* – Function maydoni), *model* va *bosma plata* yoki *ishlab chiquvchi* ta'rifi aks ettiriladi.

Manbalar guruhida o'zgarmas va o'zgaruvchan kuchlanish, tok, quvvat manbalari; bog'langan, manbalar (masalan, tok yoki kuchlanish bilan boshqariluvchi kuchlanish va tok manbalari) va boshqalarni tanlash mumkin.



3-rasm. Komponentlar paneli va manbalar guruhidan elementlarni tanlash oynasi

Asosiy elementlar guruhida qayta ulagichlar, transformatorlar, bo'linmalar, rele, o'zgarmas va o'zgaruvchan rezistorlar, kondensatorlar, induktivlik g'altaklar va boshqa elementlari tanlanadi.

Indikatorlar guruhida tekshirgichlar, raqamli indikatorlar, cho'g'lanish lampalari, voltmetrar va ampermetrar joylashgan.

Komponentlarni ma'lumotlar bazasidan tanlab olgach, ular sxemaga joylashtiriladi va o'zaro ulanadi. Bu vaqtda va o'rnatilgandan keyin komponentlarni aylantirish mumkin. Komponentni tanlash uchun unga sichqoncha bilan bosish kifoya. Bir necha komponentlarni tanlash uchun sichqonchani bosib ushlab turib, uni kerakli komponentlar atrofida tanlov to'rtburchakni chizib harakatlantiriladi. Tanlangan komponentlar punktir chiziq bilan belgilanadi.

Komponentlarni boshqalarga almashtirish uchun kontekst menyusi yordamida *Komponentlarni almashtirish (Replace Component(s))* bandidan foydalaniladi. Yangi komponentlar ochilgan komponentlar yo'l ko'rsatuvchisi qo'shimcha oynasida tanlanadi. Almashtirgandan keyin komponentlar ulanishini *Multisim* o'zi tiklaydi.

Ulovchi simni uzaytirish uchun hamda ulashni yakunlash uchun oxirgi bo'linmaga bosiladi. Yo'l ko'rsatkich paydo bo'lgach *Multisim* avtomatik ravishda unga tarmoqdagi raqamni beradi. Raqamlar 1 dan boshlab ketma-ket o'sib boradi. Yerga ulovchi simlar har doim 0 raqamiga ega, bu talab SPICE

yashirin emulyator ishlashi bilan bog'liq. Ulanish raqamini o'zgartirish yoki unga mantiqiy nom berish uchun ulagichga ikki marta bosib yangi nomni kiritish zarur.

1.2. Virtual asboblari

Virtual asboblari – bu real anjomlarga mos keluvchi *Multisim* komponentlari. Masalan, virtual asboblari orasida *Multisim*da ossillograflari, signallar generatorlari, spektr analizatorlari va boshqalar mavjud.

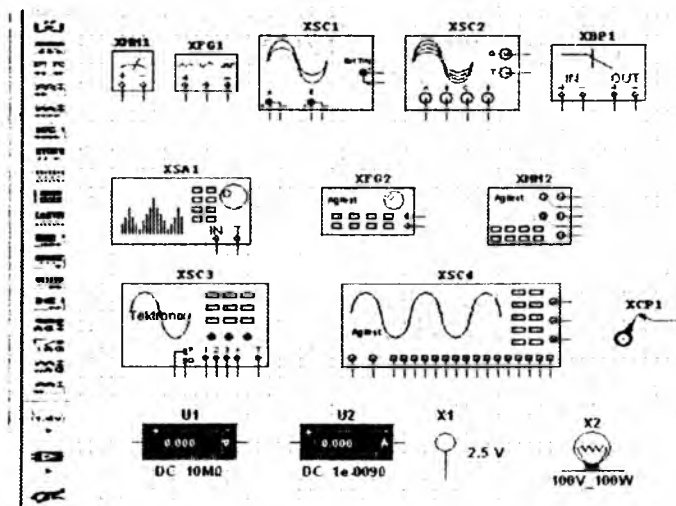
Virtual asbobni kiritish uchun uni *asboblari (Instruments)* panelidan (4-rasm) tanlang. Asbobning ko'rinish panelini ochish uchun uning belgisiga ikki marta bosiladi. Asbob chiqqichlarini sxema elementlari bilan boshqa komponentlarni ulagandek ulanadi.

Shuningdek, *Multisim*da real mavjud emulyatsiyalangan asboblari *Agilent* va *Tektronix* ham bor.

1.3. Signallar generatori

Generator XFG1 sinusoidal, to'g'riburchak yoki uchburchak shakldagi signallarni ishlab beruvchi kuchlanish ideal manbai hisoblanadi.

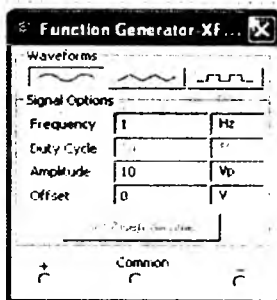
Generatarning o'rtadagi chiqishi sxemaga ulanganda o'zgaruvchan kuchlanish amplitudasini hisoblashda umumiy nuqta vazifasini bajaradi. Kuchlanishni nolga nisbatan hisoblashda umumiy chiqishi yerga ulanadi. Chekkadagi o'ng va chap chiqishlar o'zgaruvchan kuchlanishni sxemaga berish uchun xizmat qiladi. O'ng chiqishdagi kuchlanish umumiy chiqishga nisbatan musbat yo'nalishda, chap chiqishdagi kuchlanish esa manfiy yo'nalishda o'zgaradi.



4-rasm. Asboblari paneli va virtual asboblari tasvirlari:

multimetr XMM1, signallar generatori XFG1, ikki va to'rt kanalli ossilloqraflar XCS1, XCS2, Bode plotteri XBP1, spektr analizatori XSA1; real mavjud emulyatsiyalangan asboblari: funksional generator XFG2, multimetr XMM2, ossilloqraflar XSC3 va XSC4, tekshirgich XCP1; indikatorlar kutubxonasidan ro'yxatga oluvchi asboblari: voltmetr U1, ampermetr U2, kuchlanish tekshirgichi X1, cho'g'lanish lampasi X2.

Kichraytirilgan tasvirga sichqoncha bilan ikki marta bosish orqali generatorning kattalashtirilgan tasviri ochiladi (5-rasm).



5-rasm. XFG1 signallar generatori paneli

Oldi panelda quyidagi parametrlar beriladi:

- Chiqish kuchlanishining chastotasi (*Frequency*),
- Impuls davrining davomiyligiga nisbati (*Duty Cycle*),
- Chiqish kuchlanishining amplitudasi (*Amplitude*),
- Chiqish kuchlanishining doimiy tashkil etuvchisi (*Offset*).

1.4. Ossilloqraf

Ossilloqraf XSC1 ikki nurli xotiraga ega ossilloqrafning analogini namoyon qiladi. Ossilloqrafni ishga tushirilgan sxemaga yoki sxemaning ishlash jarayonida chiqqichlarni boshqa nuqtalarga qayta ulash mumkin va bunda ossilloqraf ekranida tasvir avtomatik o'zgaradi.

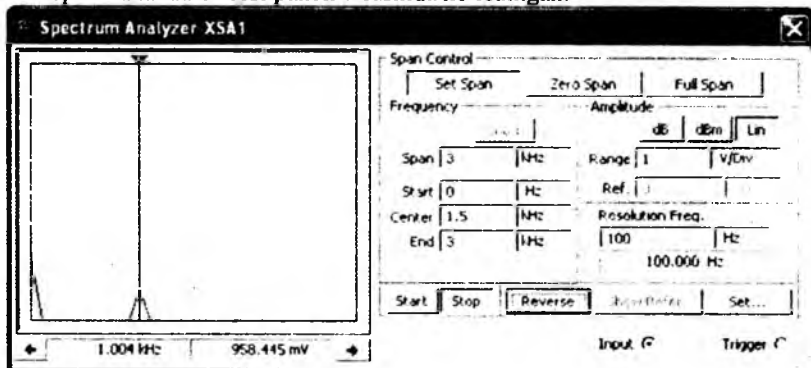
Sxema parametrlari va tavsifnomalarini hisoblash jarayonini vaqtning ixtiyoriy momentida F9 tugmani bosish yo'li bilan yoki *Circuit* menyusida *Pause* bandini tanlash bilan to'xtatish mumkin. Hisoblashni F9 tugmani qayta bosish orqali yoki *Circuit* menyusida *Resume* bandini tanlash orqali davom ettirish mumkin. Ekranning yuqori burchagida "On-Off" tugmachani bosish orqali sxema parametrlarini hisoblash boshlanadi yoki tugaydi.

chop etish uchun tasvirni Reverse tugmachasini bosib oq fonda olish qulay bo'ladi.

1.5. Spektr analizatori

Spektr analizatori XSA1 radiotexnik zanjimning ixtiyoriy nuqtasida signal spektrini aniqlash uchun mo'ljallangan. Spektr analizatorini ishga tushirilgan sxemaga yoki sxemaning ishlash jarayonida chiqqichlarni boshqa nuqtalarga qayta ulash mumkin va bunda spektr analizatori ekranida tasvir avtomatik o'zgaradi.

$S(t)=1+\sin(2\pi 1000t)$ musbat garmonik signal amplitudaviy spektri tasviri bilan spektr analizator oldi paneli 7-rasmda ko'rsatilgan.



7-rasm. XSA1 spektr analizatori oldi paneli tasviri

Spektrni aniq tasvirlash uchun chastotalar diapazonini tanlash zarur. Buning uchun diapazon boshlang'ich qiymatini *Start* oynasida, ohirgi qiymatini *End* oynasida belgilash va sozlashlarni *Enterni* bosib saqlash kerak. Markerni surib, ishchi oyna pastki qismida tanlangan garmonikaning chastota va amplituda qiymatlari olinadi.

2. ZANJIR CHASTOTA TAVSIFNOMALARI TAHLILINING FUNKSIYASI

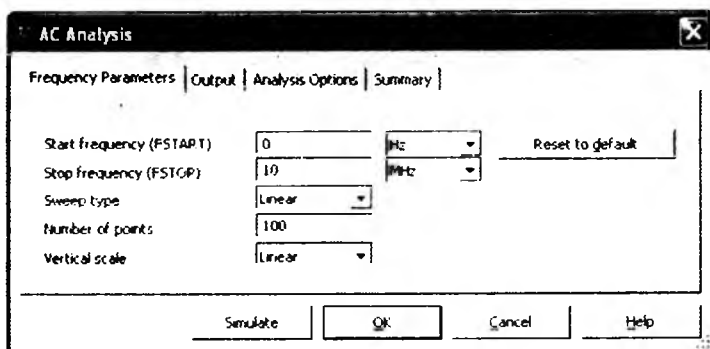
Analyses menyusida *AC Analysis* buyrug'i yo'riqnomalar menyusida *Simulate/Analyses/ AC Analysis...* tanlash orqali chastotaviy tavsifnomalarni hisoblash rejimini ishga tushiradi. Buyruqni bajarish parametrlar dialogli oynasida (*Frequency Parameters*) topshiriqni berish bilan boshlanadi (8-rasm):

– *Fstart*, *Fstop* – chastotaviy diapazon chegaralari (mos ravishda chastotaning minimal va maksimal qiymatlari);

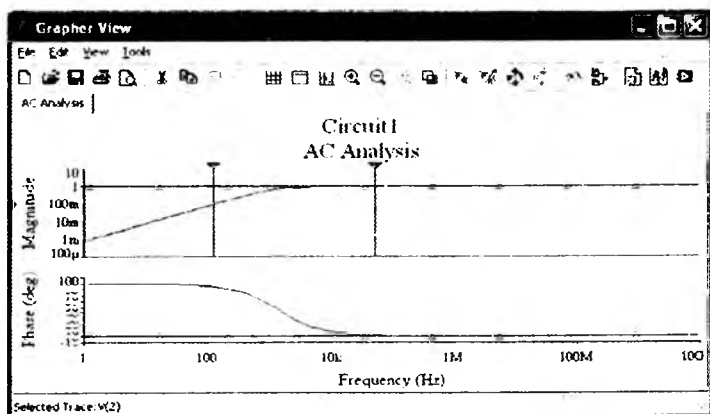
- *Sweep type* – gorizontaal bo'yicha masshtab: dekadali (*Decade*), chiziqli (*Linear*) va oktavali (*Octave*);
- *Number of points* – hisoblash nuqtalari soni;
- *Vertical scale* – vertikal bo'yicha masshtab: chiziqli (*Linear*), logarifmik (*Log*) va detsibellarda (*Decibel*).

Output ilovasida tadqiq qilish uchun zanjirning tugun nuqtalari ko'rsatilsin. Bunday tugunlar ro'yxati *Add* (qo'shish) va *Remove* (yo'q qilish) tugmalarni bosish orqali tuziladi.

Radiotexnik zanjirning amplituda-chastota tavsifnomasi va faza-chastota tavsifnomasini modellashtirish rejimini ishga tushirish *Simulate* tugmasini bosish orqali bajariladi.



8-rasm. Chastotaviy tavsifnomalarni hisoblash parametrlarini kiritish oynasi



9-rasm. AChT va FChT hisoblashga misol

Modellashtirishga misol 9-rasmda amplituda-chastota (AChT – yuqori egrilik) va faza-chastota tavsifnomalari (FChT – pastki egrilik) ko‘rinishida keltirilgan.

Olingan grafiklar haqida yanada to‘liq ma‘lumotni olish uchun quyidagi mo‘ljallanishlarga ega tugmalarni qo‘llash mumkin:



– kataklarni kiritish (*Toggle Grid*);



– sonli ma‘lumotlarni chiqarish (*Toggle Cursor*);



– invers rasmni hosil qilish.

1 – LABORATORIYA ISHI

DAVRIY SIGNALLARNI TADQIQ QILISH

Ishtidan maqsad: radiotexnikada garmonik tebranishning analitik, vaqtli va spektral tasvirlashni tadqiq qilish.

Qisqacha nazariy tushunchalar

“Signal” atamasi lotincha “signum” – belgi so‘zidan kelib chiqqan va vaqt birligi ichida uzatilayotgan ma‘lumot qonuniyati bo‘yicha o‘zgarayotgan fizik jarayon hisoblanadi.

Signallarni nazariy o‘rganish va hisoblash uchun tadqiq qilinayotgan signalning matematik modeli (MM) ishlab chiqiladi, bu esa signallarni o‘zaro taqqoslash, ularning asosiy xususiyatlarini ajratish, sinflarga bo‘lish imkoniyatlarini beradi.

Determinik signal deb, vaqtning ixtiyoriy momentida oniy qiymatini 1 ga teng ehtimollik bilan bashorat qilish mumkin bo‘lgan signalga aytiladi.

Determinik signalga misol qilib impulslar ketma-ketligini (shakli, amplitudasi va vaqt birligi ichida holati ma‘lum bo‘lgan), berilgan amplituda-faza nisbatli uzluksiz signallarni keltirish mumkin.

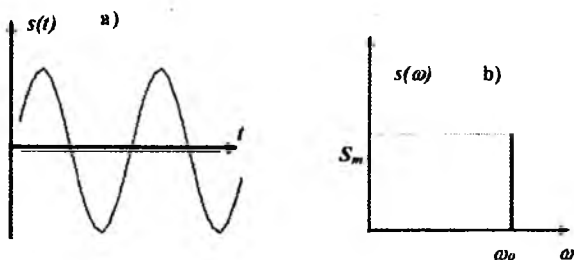
Signal MMini berish usullari: analitik ifoda (formula), ossillogramma, spektral tasvirlash.

Determinik signal MMiga misol (10-rasm):

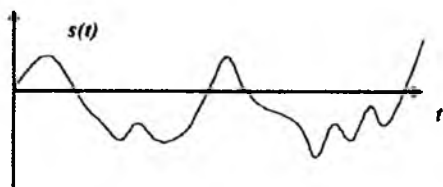
$$s(t) = S_m \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Tasodifiy signal deb, vaqtning ixtiyoriy momentida oldindan ma‘lum bo‘lmagan, oniy qiymati 1 dan kichik qanchadir ehtimollik bilan bashorat qilinishi mumkin bo‘lgan signalga aytiladi.

Tasodifiy signalga quyidagilarni misol qilish mumkin: inson nutqiga, musiqaga mos keluvchi kuchlanish; radiolokatsion qabul qilgich kirishidagi radioimpulslar ketma-ketligi; xalaqitlar, shovqinlar (11-rasm).

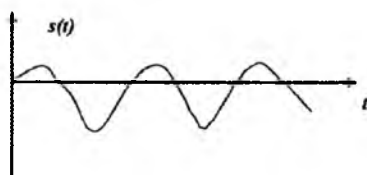


10-rasm. Determik (garmonik) sinusoidal signal (tebranish) (a) va uning spektri (b)



11-rasm. Tasodifiy jarayon

Radioelektronikada qo'llaniladigan signallar. *Kattalik (daraja) bo'yicha uzluksiz va vaqt bo'yicha uzluksiz (uzluksiz yoki analogli) signallar* $s(t)$ ning ixtiyoriy qiymatini qabul qiladi va berilgan vaqt oralig'ida ixtiyoriy momentda mavjud bo'ladi (12-rasm).



12-rasm. Analogli (uzluksiz) signal

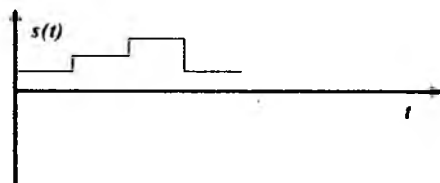
Kattalik bo'yicha uzluksiz va vaqt bo'yicha diskret signallar vaqtning diskret qiymatlarida berilgan (hisobli nuqtalar ko'pligida) bo'ladi va $s(t)$ signal kattaligi bu nuqtalarda ordinatalar o'qi bo'ylab ma'lum oraliqda ixtiyoriy qiymatni qabul qiladi (13-rasm).

"Diskret" atamasi signalni vaqt o'qida berilish usulini tavsiflaydi.



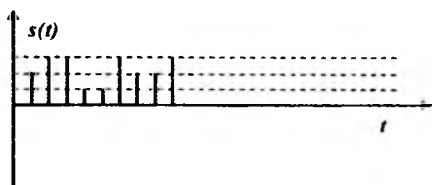
13-rasm. Kattalik bo'yicha uzluksiz va vaqt bo'yicha diskret signal

Kattalik bo'yicha kvantlangan va vaqt bo'yicha uzluksiz signallar vaqt o'qida uzluksiz berilgan, lekin $s(t)$ kattalik faqat diskret (kvantlangan) qiymatlarni qabul qilishi mumkin (14-rasm).



14-rasm. Kattalik bo'yicha kvantlangan va vaqt bo'yicha uzluksiz signal

Kattalik bo'yicha kvantlangan va vaqt bo'yicha diskret (raqamli) signallar – bu raqamli shaklda signal darajalari qiymatlarining uzatilishidir (15-rasm).



15-rasm. Raqamli signal

Signallarni tasvirlash usullari. Radiotexnika va matematik analizning rivojlanishi natijasida funksional analiz asosida signallar nazariyasi yaratilgan edi, unda signal maxsus cheksiz o'lchamli chiziqli fazoda vektor sifatida tasvirlanadi. Bu esa signal kattaligi, signallarni taqqoslash analizini o'tkazish va h.k. haqida gapirishga imkoniyat berdi. Signallarning chiziqli to'plami maxsus

tuzilishga ega, holbuki bu tuzilishni tanlash fizik fikrlashlar orqali ta'kidlanadi (masalan, elektr signallar qo'shiladi, ko'paytiriladi va h.k.).

- Signallarning **chiziqli fazosida koordinatali bazis** (koordinata o'qlari) kiritiladi. Koordinatali bazis vektorlari e_i chiziqli bog'liq emas, ya'ni quyidagi munosabat bajariladi:

$$\sum_i c_i \cdot e_i = 0 \quad (1)$$

Agar $S(t)$ signalning yoyilishi

$$S(t) = \sum_i c_i \cdot e_i \quad (2)$$

ko'rinishda berilsa, u holda C_i sonlari $S(t)$ signalning tanlangan bazisga nisbatan proyeksiyasi hisoblanadi.

- **Norma.** Signallarni chiziqli fazoda miqdoriy baholash uchun norma tushunchasi signal uzunligi sifatida kiritiladi:

haqiqiy analogli signallar uchun norma:

$$\|S(t)\| = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} S^2(t) dt} \quad (3)$$

kompleks signallar uchun:

$$\|S(t)\| = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} S(t) S^*(t) dt} \quad (4)$$

diskret signallar uchun:

$$\|S(t)\| = \sqrt{\sum_{-x}^x S^2(t)} \quad (5)$$

Chiziqli fazo normallashtgan bo'ladi.

- **Signal energiyasi** – bu norma kvadrati:

$$E_s = \|S\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S^2(t) dt \quad (6)$$

- **Metrika.** Normallashtgan chiziqli fazoda signallar orasidagi masofa metrika deb ataladi. Odatda metrikaning ikki signal farqining normasi kabi aniqlanadi:

$$\rho(u, v) = \|u - v\| \quad (7)$$

Metrikani bilgan holda signallardan biri ikkinchisini naqadar yaxshi approksimatsiyalashi haqida fikrlash mumkin. Chiziqli normallashtgan fazo skalar bo'ladi.

- Metrik normallashtgan chiziqli fazoning **ikki signali orasidagi burchak** ularning skalar ko'paytmasidan aniqlanadi:

$$(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot v(t) dt \quad (8)$$

Signallar orasidagi burchak kosinusi quyidagicha aniqlanadi:

$$\cos \Psi = \frac{(u, v)}{\|u\| \cdot \|v\|} \quad (9)$$

Bunday skalar ko'paytmali chiziqli fazo Gilbert fazosi deb ataladi.

- **Ortogonal signallar.** Ikki signal ortogonal deyiladi, agar ularning skalyar ko'paytmasi (shuningdek o'zaro energiyasi ham) nolga teng bo'lsa:

$$(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t) \cdot v(t) dt = 0 \quad (10)$$

Gilbert fazosida ortonormallashtgan bazis beriladi, buning uchun quyidagi munosabat aniqlanadi:

$$(u_i, u_j) = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases} \quad (11)$$

Ortonormallashtgan bazis misolida doimiy signal bilan to'ldirilgan chastotalari karrali trigonometrik funksiyalar tizimi hizmat qilishi mumkin.

- **Furye umumlashgan qatori.** Ixtiyoriy $S(t)$ signalni Gilbert fazosida tanlangan bazisda umumlashgan Furye qatoriga yoyish mumkin:

$$S(t) = \sum_{i=0}^{\infty} C_i u_i(t) \quad (12)$$

bunda C_i - qator koeffitsiyentlari bo'lib, ular tanlangan bazis ortonormallashtganligini hisobga olgan holda ($i=k$ bo'lganda) aniqlanadi:

$$C_k = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) \cdot u_k(t) dt \quad (13)$$

Geometrik interpretatsiya: C_k – vektorning bazis yo'nalishiga proyeksiyasi.

Signallarni spektral tasvirlash. Radiotexnikada ortogonal funksiyalar bazisi sifatida garmonik funksiyalar tanlanadi, bu ularni generatsiyalash osonligi va shuningdek bu signallar standart elektr zanjirlarida o'zgartirishlarga nisbatan invariantligi bilan bog'liq.

Signalning spektral yoyilishi – bu signalni turli chastotali garmonik tebranishlar yig'indisi ko'rinishida tasvirlanishi.

Chastotaviy spektr (spektr) – bu signalning alohida garmonik tashkil etuvchilari to'plami.

Furye qatori. Davriy signal uchun Furye qatori (garmonik funksiyalar ortonormallashgan bazisida (12),(13) larni hisobga olganda) quyidagicha bo'ladi:

$$S(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_1 t + b_n \sin n\omega_1 t) \quad (14)$$

Koeffitsiyentlari bilan esa:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) dt \quad (15)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \cos n\omega_1 t dt \quad (16)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) \sin n\omega_1 t dt \quad (17)$$

Umumiy holda davriy signal doimiy tashkil etuvchidan va asosiy ω_1 chastotaga karrali bo'lgan $\omega_n = n\omega_1$, $n=0, 1, \dots$ chastotali cheksiz garmonik tebranishlar ketma-ketligi to'plamidan iborat. Juft signal faqat kosinusoidal tashkil etuvchilardan, toq signal esa sinusoidal tashkil etuvchilardan iborat bo'ladi.

Har bir garmonikaning amplitudasi A_n va boshlang'ich fazasi φ_n orqali ifodalash mumkin. U holda Furye qatori koeffitsiyentlari quyidagicha aniqlanadi:

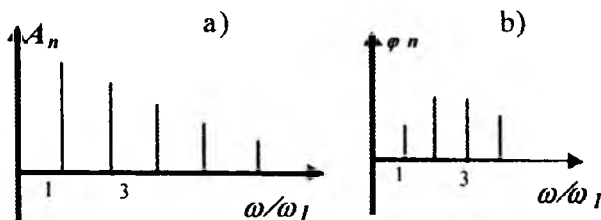
$$\begin{aligned}
 a_n &= A_n \cos \varphi_n \\
 b_n &= A_n \sin \varphi_n \\
 A_n &= \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \\
 \operatorname{tg} \varphi_n &= \frac{b_n}{a_n}
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

va Fyurje qatorining ekvivalent shakli quyidagicha bo'ladi:

$$S(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos(n\omega_1 t - \varphi_n)) \tag{19}$$

Davriy signal **spektral diagrammasi** – bu konkret signal uchun Fyurje qatori koeffitsiyentlarining chizma tasviri.

Spektral diagrammalar amplitudali va fazali bo'ladi. Diagramma gorizontal o'qi bo'ylab masshtabda garmonikalar chastotalari belgilanadi, vertikal o'q bo'ylab ularning amplitudalari yoki boshlang'ich fazalari belgilanadi (16, a, b-rasm).



16-rasm. Davriy signalning amplituda (a) va faza diagrammalari (b)

Fyurje qatorining kompleks shakli. Davriy signalning spektral yoyilishini mavhum ko'rsatkichli eksponentialardan iborat bazisli funksiyalar tizimida bajarish mumkin. Bu bazisning funksiyalari T davr bilan davrli va $[-T/2, T/2]$ vaqt oralig'ida ortonormallashtirilgan. U holda Fyurje kompleks qatori kompleks signal normasini hisobga olgan holda quyidagicha aniqlanadi:

$$S(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega_1 t} \quad (20)$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} S(t) e^{-jn\omega_1 t} dt$$

Hisoblashlarda eksponensial funksiyalarning trigonometrik funksiyalar bilan bog'liqligini hisobga olish zarur:

$$e^{-jn\omega_1 t} = \cos n\omega_1 t - j \sin n\omega_1 t \quad (21)$$

$$\cos n\omega_1 t = \frac{e^{jn\omega_1 t} + e^{-jn\omega_1 t}}{2} \quad (22)$$

$$j \sin n\omega_1 t = \frac{e^{jn\omega_1 t} - e^{-jn\omega_1 t}}{2} \quad (23)$$

Eksponensial tasvirlagan vaziyatda signal spektri chastotalar o'qining manfiy mintaqasida harmonikalardan tashkil topadi. Bunda manfiy chastota fizik emas, balki kompleks sonlar orqali ifodalanib aniqlanadigan matematik tushuncha ekanligini hisobga olish lozim.

Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. *Garmonik signalning matematik modelini (MM) nazariy tadqiq qilinsin.*

1. Garmonik signalning MM yozilsin (analitik ifoda).
2. 14-17 formulalar yordamida nazariy hisoblangan signal amplituda spektri va ossillogrammasi (masshtabli o'qlarda) qurilsin. Agar N sizning variant raqamingiz bo'lsa, u holda signal chastotasi $F=N$ kHz, amplitudasi N V olinadi.

2-topshiriq. *Garmonik signal ossillogrammasini kompyuterda modellashtirilsin.*

1. **Multisim** dasturida tadqiq qilish sxemasi yig'ilsin (17-rasm).
2. Generatordan rezistiv yuklamaga ($R_{yuk}=10\Omega$) garmonik (sinusoidal) signal berilsin.
3. Signal ossillogrammasi virtual ossillografdan masshtabli o'qlarda ko'rsatilib qog'ozga chop etilsin (chizib olinsin). Generatorda tadqiq qilinayotgan signallar chastotasi $F=N$ kHz, amplitudasi N Volt olinsin.

3-topshiriq. *Garmonik signal MM spektral tasvirini kompyuterda modellashtirilsin.*

1. **Analysis\Fourier** menyusidan foydalanib (18-rasm), tadqiq qilinayotgan signal spektri olinsin (17-rasmdagi sxema uchun). Furiye tahlili parametrlarini

o'rnatish dialog panelida asosiy garmonika chastotasi (**Fundamental frequency**) N kHz olinsin.

Tadqiq qilinadigan garmonikalar soni 9....20 ta, chiziqli (**Linear**) masshtabda vertikal o'qi bo'ylab joylashtirilsin (**Result** mintaqasi, **Vertical scale** maydoni).

2. Tadqiq qilinayotgan signal amplituda spektri qog'ozga chop etilsin (chizib olinsin).

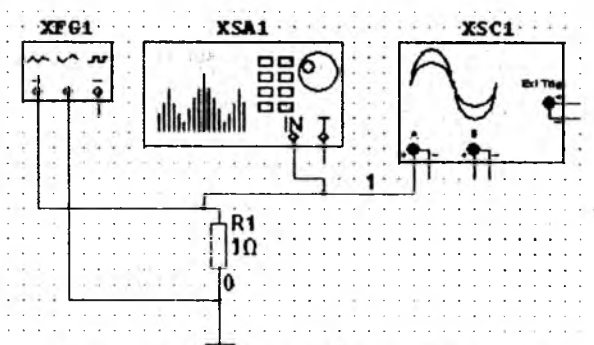
4-topshiriq. Garmonik signal MMning nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellash tirish natijalari solishtirilib tahlil qilinsin.

1. Nazariy hisoblashlar va **Multisim** dasturi yordamida modellash tirish natijalari solishtirilib tahlil o'tkazilsin.

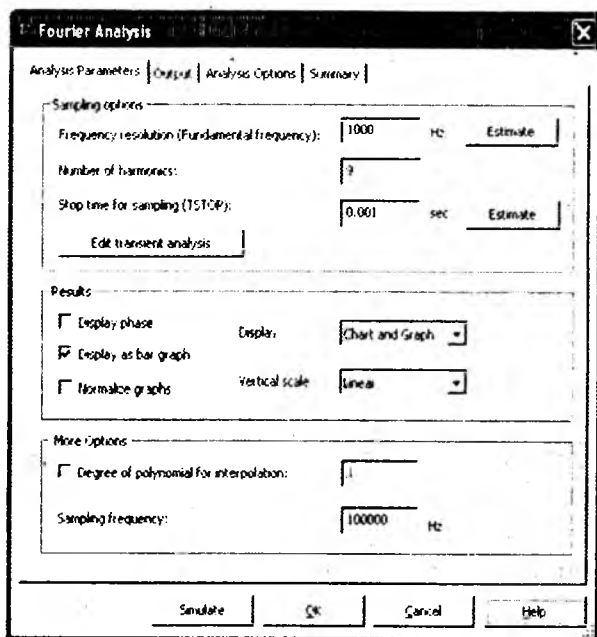
2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar keltirilsin.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirish uchun o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi. Hisobot mazmuni quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.
2. Ishdan maqsad.
3. Birinchi topshiriq bo'yicha nazariy hisoblashlar va natijalar.
4. Modellash tirish natijalari.
5. Natijalarni solishtirish tahlili.
6. Xulosalar.



17-rasm. Davriy signallarni tadqiq qilish sxemasi



18-rasm. Furiye tahlili menyusi
Nazorat savollari

1. Signal, signalning matematik modeli, signalning chastota spektri atamalarini tushuntirib bering.
2. Ixtiyoriy davriy signalni garmonik tebranishlar cheksiz qatori ko'rinishida tasvirlash mumkinligini isbotlab bering.
3. Determik signallar matematik modellarini tadqiq qilish uslubi-yatini bayon qilib bering.

2 – LABORATORIYA ISHI

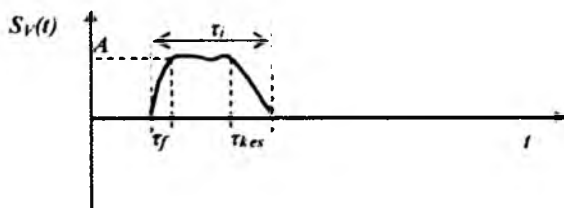
VIDEOIMPULSLAR KETMA-KETLIGINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad: radiotexnikada videoimpulslarni analitik, vaqtli va spektral tasvirlashni o'rganish.

Qisqacha nazariy tushunchalar

Vaqtning chekli bo'lagi oralig'ida mavjud bo'luvchi tebranish *impuls* deb ataladi.

Videoimpulsga misol (19-rasm):



19-rasm. Videoimpuls

Trapetsiya shaklidagi videoimpuls uchun quyidagi parametrlar kiritiladi:

A – amplituda;

τ_i – videoimpuls davomiyligi;

τ_f – front davomiyligi;

τ_{kes} – kesilish davomiyligi.

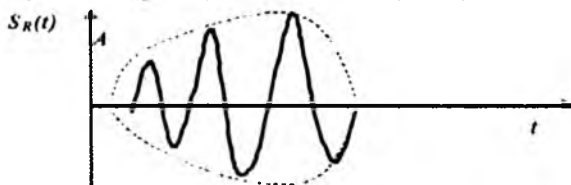
Radioimpulsga misol (20-rasm):

$$S_R(t) = S_V(t) \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Bunda $S_V(t)$ – videoimpuls – radioimpuls og‘uvchisi;

$\sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ – radioimpuls to‘ldirilishi.

Ulanish funksiyasi (birlik funksiyasi yoki Xevisayd funksiyasi).



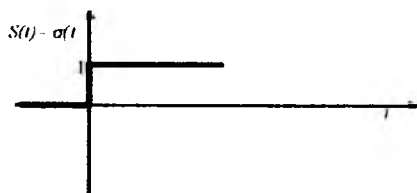
20-rasm. Radioimpuls

Mazkur funksiya (21-rasm) qandaydir fizik obyektni “nollik” holatdan “birlik” holatiga o‘tish jarayonini tasvirlaydi va bu jarayon oniy sodir bo‘ladi.

Maxsus signallar – ulanish funksiyasi va delta funksiya:

$$\sigma(t) = I(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ 0.5, t = 0 \\ 1, t > 0 \end{cases} \quad (24)$$

Ulanish funksiyasi yordamida elektr zanjirlaridagi kommutatsiyaning turli jarayonlarini ifodalash qulaydir.



21-rasm. Ulanish funksiyasi

Delta funksiya (Dirak funksiyasi).

Davomiyligi nol qiymatiga intiluvchi impulsga delta-impuls deyiladi va bu holda impuls balandligi cheksiz ortib boradi. Shuningdek, impuls shu nuqtada jamlangan deb aytish qabul qilingan:

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty, t = 0 \\ 0, t \neq 0 \end{cases} \quad (25)$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = 1 \quad (26)$$

Ishni bajarish tartibi

Musbat to'g'riburchakli videoimpulslar ketma-ketligini tadqiq qilish. Topshiriqlarni bajarish uslublari quyidagi tavsiyalarni hisobga olgan holda 1-laboratoriya ishidagi bilan mos bajariladi:

1-topshiriq. Ketma-ketlikda videoimpulslar o'tish chastotasi $F = N$ kHzga teng, impuls davomiyligi qaytarilish davri davomiyligining 50% ini tashkil etadi. Signal amplitudasi N Voltga teng (22-rasm).

2-topshiriq. Generatorda to'g'riburchakli impuls davomiyligini davr davomiyligining 50% iga teng deb olinsin (**Duty cycle = 50**).

Siljish parametri tanlansin (**Offset = N**).

3-topshiriq. To'g'riburchakli videoimpuls MMning spektral ifodasini kompyuterda modellashtirilsin.

1. **Analysis\Fourier** (18-rasm) menyusini qo'llab, tadqiq qilinayotgan signal spektri olinsin (17-rasmdagi sxema uchun). Furye tahlili parametrlarini o'rnatish dialog panelida asosiy garmonika (**Fundamental frequency**) chastotasi N kHz o'rnatilsin.

Tadqiq qilinadigan garmonikalar soni 9....20 ta olinsin, chiziqli (**Linear**) masshtabda vertikal o'q bo'ylab joylashtirilsin (**Result** mintaqasi, **Vertical scale** maydoni).

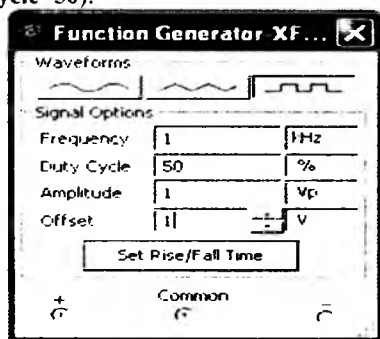
2. Tadqiq qilinayotgan signal amplituda spektri qog'ozga chop etilsin (chizib olinsin).

4-topshiriq. *To'g'riburchakli videoimpuls MM nazariy hisoblashlar va kompyuterda modelashtirish natijalari solishtirilib tahlil qilinsin.*

1. **Multisim** dasturi yordamida olingan modelashtirish natijalari nazariy hisoblashlar bilan solishtirilib, tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar keltirilsin.

Musbat uchburchaksimon videoimpulslar ketma-ketligini tadqiq qilish. Topshiriqlarni bajarish tartibi oldingi banddagi uslublarda o'tkaziladi, faqat uchburchaksimon impuls davomiyligi generatorda davr davomiyligidan 50% ini olib o'atiladi (**Duty cycle=50**).



22-rasm. Tadqiq qilinadigan signal parametrlarini tanlash oynasi

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirish uchun o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.
2. Ishdan maqsad.
3. Birinchi topshiriq bo'yicha nazariy hisoblashlar va natijalar.
4. Modelashtirish natijalari.
5. Natijalarni solishtirish tahlili.
6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1.Signal, signal matematik modeli, signal chastota spektri atamalarini tushuntirib bering.

2. Ixtiyoriy davriy signalni garmonik tebranishlar cheksiz qatori ko'rinishida tasvirlash mumkinligini isbotlab bering.

3. Signal spektri amplitudaga, chastota o'zgarishiga va to'g'riburchak impuls davomiyligiga bog'liqligining ta'sirini ko'rsating.

3 – LABORATORIYA ISHI

TO'G'RIBURCHAKLI VIDEOIMPULSLAR KETMA-KETLIGINI TAHLILLASH

Ishtan maqsad: to'g'riburchakli musbat videoimpulslar ketma-ketligini Fure qatoridagi bir necha birinchi garmonikalarini qo'shib tahlillash.

Qisqacha nazariy tushunchalar

Chekli davomiylikka ega bo'lgan yakka impuls signal $S(t)$ mavjud bo'lsin. Fikran uni vaqtning qandaydir T oraliqlarida davriy o'tuvchi xuddi shunday signallar bilan to'ldiramiz. Natijada Fure qatori (20) ko'rinishida tasvirlash mumkin bo'lgan davriy $S_{dvr}(t)$ ketma-ketlikni olamiz.

Yakka impulsga o'tish uchun impuls qaytarilish T davrini cheksizlikkacha oshiramiz. Bunda:

1) $n\omega_1$ va $(n+1)\omega_1$ chastotalari istalgancha yaqin bo'ladi va $n\omega_1$ diskret o'zgaruvchini joriy chastota ω – uzluksiz o'zgaruvchiga almashtirish mumkin.

2) amplituda C_n koeffitsiyentlari maxrajda $T \rightarrow \infty$ mavjud bo'lganligi sabab cheksiz kichik (nolga intiluvchi) bo'lib qoladi.

3) qandaydir ω_0 chastota atrofida $\Delta\omega \rightarrow 0$ chastotalar oralig'ini ko'rib chiqaylik. Bu oraliq chegaralarida spektral tashkil etuvchilarning N alohida juftliklari mavjud bo'ladi va ularning chastotalari bir-biridan istalgancha kam farq qiladi ($N = \Delta\omega' \omega_1 = \Delta\omega T / 2\pi$).

4) ko'rsatilgan taxminlar natijasida spektral tashkil etuvchilarni shunday qo'shish mumkinki, xuddi ular bir xil chastotaga ega bo'ladi va bir xil kompleks amplitudalar bilan tavsiflanadi. Garmonik signalning $\Delta\omega$ oraliq ichida kompleks amplitudasi quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta A \omega_0 = \frac{2N}{T} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j\omega_0 t} dt = \frac{\Delta\omega}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) e^{-j\omega_0 t} dt \quad (27)$$

Quyidagi kattalik

$$\int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt = S(\omega) \quad (28)$$

$S(t)$ signal spektral zichligi deb ataladi (spektral funksiya yoki berilgan signalni Fyurje o'zgartirishi).

Fizik ma'nosi nuqtai nazardan spektral zichlik $S(\omega_0) = S(2\pi f_0)$ – masshtabli ko'paytiruvchi bo'lib, u chastotalar Δf oralig'ining kichik uzunligini va unga javob beruvchi markaziy f_0 chastotadagi kompleks ΔA_m amplitudani bog'laydi.

Teskari masalani yechishda, ya'ni signalni uning spektral zichligidan aniqlaganda, signal $S(t)$ uchun Fyurje teskari o'zgartirishidan foydalanish lozim:

$$S(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} s(\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (29)$$

Signal spektral zichligining mavjud bo'lish sharti: $S(t)$ signal bilan uning spektral $S(\omega)$ zichligini solishtirish mumkin bo'lishi uchun signal mutlaq integrallanuvchi bo'lishi zarur, ya'ni integral mavjud bo'lishi kerak:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |s(t)| dt < +\infty \quad (30)$$

Signallar spektral tahlili nazariyasining qisqa ta'rifi signallarni radiotexnik zanjirlar, qurilmalar, tizimlar orqali o'tishini tahlil qilishga imkon beradi.

Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. Musbat videoimpulslar ketma-ketligi matematik modelini nazariy tadqiq qilinsin.

1. Signalning matematik modeli yozilsin (analitik ifodasi).

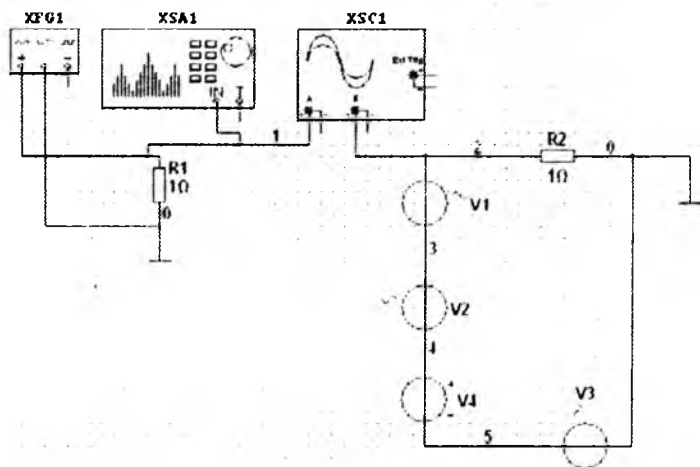
2. Ossillogramma qurilsin, uni (14–17) formulalar yordamida hisoblansin va tadqiq qilinadigan signal spektri qurilsin. Videoimpulslarning ketma-ketlikda o'tish chastotasi $F = N$ kHz, impuls davomiyligi takrorlanish davri davomiyligidan 50% olinadi. Signal amplitudasi N Voltga teng.

2-topshiriq. Musbat videoimpulslar ketma-ketligini Fyurje qatori garmonikalari bilan tahlillashni kompyuterda modellashtirilsin.

1. Tadqiq qilish sxemasi yig'ilsin (23-rasm).

2. Fyurje qatorining bir necha birinchi garmonikalarini qo'shib, to'g'riburchakli videoimpulslar tahlillansin. Buning uchun tadqiq qilinadigan sxemaga qarshiligi $R = 1$ Om bo'lgan qo'shimcha rezistor va u bilan ketma-ket doimiy kuchlanish generatori hamda qatorning turli amplitudali va boshlang'ich

fazali birinchi va bir necha yuqori garmonikalarini ishlab beruvchi 3ta generator ulansin. Garmonik tebranish fazasi generator xususiyatlari **Deg** maydonida beriladi. Generatsiyalanuvchi tebranishlar amplitudasi va chastotasi bajarilgan nazariy hisoblashlar asosida generatorlarda mustaqil o'rnatiladi.



23-rasm. Musbat to'g'riburchakli videoimpulslar ketma-ketligini tahlillash sxemasi

3. Olingan ossillogrammalar o'qlarda masshtablari ko'rsatilib chizilsin (chop etilsin).

4. Sxemada generatorlar soni 5taga yetkazilsin, generatsiyalanuvchi tebranishlar parametrlari shuningdek, Furye qatorining nazariy hisoblashlaridan olinsin. Ossillogrammalar chizilsin.

5. Ossillogrammalarni taqqoslash tahlili o'tkazilsin va xulosalar keltirilsin.

3-topshiriq. To'g'riburchakli musbat videoimpulslar davriy ketma-ketligini Furye qatori garmonikalarini qo'shib tahlillashning nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellashtirish natijalarini taqqoslab tahlil qilish.

1. Nazariy hisoblashlar va **Multisim** dasturi yordamida modellashtirish natijalarini taqqoslab tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar keltirilsin.

3. Hisobot o'qituvchiga topshirilsin.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirilish uchun yozma ko'rinishda o'qituvchiga topshiriladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.

2. Ishdan maqsad.
3. Nazariy hisoblash va birinchi topshiriq bo'yicha natijalar.
4. Modellash natijalari.
5. Natijalarni taqqoslash tahlili.
6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1. Videoimpulsning matematik modeli radioimpulsnikidan farq qilishi ko'rsatilsin.
2. Videoimpulslarning davriy ketma-ketligini turli parametrlari (amplituda, chastota, boshlang'ich faza) bir necha garmonik tebranishlar yig'indisi sifatida tasvirlash mumkinligi isbotlansin.
3. Tahlillangan tebranishlar shakliga garmonikalar sonining ta'sir qilishi ko'rsatilsin (garmonikalar sonining ortishi impuls to'g'riburchakliligiga qanday ta'sir qiladi?).

4 – LABORATORIYA ISHI

AMPLITUDA BO'YICHA MODULYATSIYALANGAN SIGNALLAR SPEKTRINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad: amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan (AM) signallar matematik modelining analitik, vaqt va spektral tasvirlanishini tadqiq qilish.

Qisqacha nazariy tushunchalar

Xabar manbasidan kelayotgan signallar (mikrofondan, uzatuvchi televizion kameradan va h.k.) qoida bo'yicha radiokanal orqali uzoq masofalarga yetkazib berilishi mumkin emas. Mazkur holat bu signallar past chastotali va kichik quvvatli ekanligi bilan bog'liq.

Radiokanal orqali uzatilganda bu signallarning spektrlarini past chastotalar mintaqasidan ancha yuqori bo'lgan chastotalar mintaqasiga (radiochastotalar) o'tkazish zarur. Bunday jarayon radiotexnikada *modulyatsiya* deb nomlangan.

Tashuvchi tebranish tushunchasini batafsilroq ko'rib chiqaylik. Tashuvchi yoki yuqori chastotali tebranish uzatuvchi qurilmada yuzaga keltiriladi. Radiotexnikada tashuvchi sifatida oddiy garmonik $s(t) = S_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$ tebranishdan foydalanuvchi modulyatsiya tizimlari keng qo'llaniladi. Uzatiladigan xabar qonuniyati bo'yicha tashuvchi tebranishning parametrlaridan birini (amplituda, chastota, faza) vaqt oralig'ida o'zgartirilishi natijasida tashuvchi tebranish yangi xususiyatga ega bo'ladi – xabarda joylashtirilgan boshlang'ich axborotni o'z ichida tashiydi.

Shunday qilib, *modulyatsiya* – boshqaruvchi past chastotali tebranish qonuniyati bo'yicha yuqori chastotali (tashuvchi) tebranishning parametrlaridan (amplituda, chastota, faza) birini o'zgartirish jarayonidir.

Vaqt oralig'ida tashuvchi tebranishning amplitudasini o'zgarmas chastota va fazada boshqaruvchi tebranish qonuniyati bo'yicha o'zgartirish jarayoni tashuvchi tebranishni amplitudasi bo'yicha modulyatsiyalash deyiladi.

Amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan signalning analitik ifodasi:

$$S_{AM}(t) = S(t)\cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (31)$$

Boshqacha aytganda, AM signal – bu og'uvchi $S(t)$ va garmonik $\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$ to'ldiruvchining ko'paytmasi, amaliyotda esa og'uvchi vaqt davomida to'ldiruvchiga qaraganda ancha sekin o'zgaradi.

AM signal ossillogrammasi gorizontal o'qqa nisbatan simmetrik.

AM signalda tashuvchi va og'uvchi orasidagi bog'lanish umumiy ko'rinishda quyidagicha aniqlanadi:

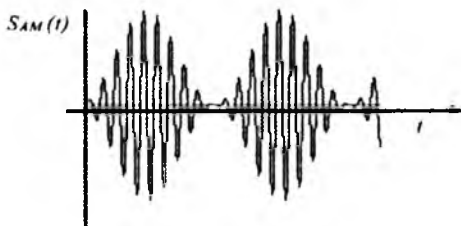
$$S_{AM}(t) = S(t)[1 + MS_{bosh}(t)] \quad (32)$$

bunda $S(t)$ – tashuvchi tebranishning modulyatsiya bo'lmagandagi amplitudasi, M – modulyatsiya koeffitsiyenti, $S_{bosh}(t)$ – boshqaruvchi tebranish.

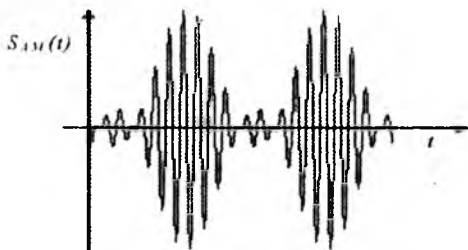
M kattalik amplituda modulatsiasining chuqurligini aniqlaydi. Kichik chuqurlikda og'uvchi kattaligining nisbiy o'zgarishi unchalik katta emas: $MS_{bosh}(t) \ll 1$. AM signallarning modulyatsiyaning kichik chuqurligi bilan qo'llanilishi uzatgichning quvvatidan to'liq foydalana olmaslik sababli maqsadga muvofiq emas.

Modulyatsiya chuqurligini $MS_{bosh}(t) > 1$ gacha oshirilsa, qayta modulyatsiya sodir bo'ladi, ya'ni modulyatsiyalovchi signal shakli buziladi.

Bir tonli amplituda modulyatsiyasi – bu AMning xususiy xoli bo'lib, unda boshqaruvchi sifatida ham $\Omega \ll \omega$ chastotali garmonik tebranish ishtirok etadi. Bir tonli AM tebranish ossillogrammasiga $MS_{bosh}(t) = 1$ (24-rasm) va $MS_{bosh}(t) > 1$ (25-rasm) bo'lganda misollar:



24-rasm. $MS_{bosh}(t) = 1$ bo'lganda bir tonli AM tebranish ossillogrammasi



25-rasm. $MS_{bosh}(t)=1.4$ bo'lganda bir tonli AM tebranish ossillogrammasi

Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. *AM signallar matematik modelini nazariy tadqiq qilinsin.*

1. Signal matematik modeli yozilsin.

2. Ossillogramma qurilsin, spektr (14-17) formulalar bo'yicha hisoblansin va qurilsin. Tashuvchi tebranish amplitudasi 2 Vga teng. Tashuvchi tebranish chastotasi $F = 10\text{N kHz}$. Modulyatsiya chastotasi $F = 2\text{N kHz}$ deb olinsin.

2-topshiriq. *AM signallar matematik modelini kompyuterda modellashtirilsin.*

1. Sxema yig'ilsin (26-rasm): rezistiv yuklamaga AM signal manbai ulansin.

2. Tashuvchi tebranish amplitudasi – (Carrier Amplitude) 1 Vga teng qilib o'ratilsin (27-rasm), shu tebranishning tashuvchi chastotasi (Carrier frequency) $F = 10\text{N kHz}$ ga teng qilib olinsin. Modulyatsiya chastotasi (Modulation frequency) $F/5$ ga teng qilib o'ratilsin, AM koeffitsiyenti (Modulation index) = 1 deb olinsin.

3. Signal shakli ossillograf yordamida nazorat qilib borilsin. AM signal ossillogrammasi o'qlar bo'ylab masshtabi ko'rsatilib chizilsin (chop etilsin).

4. Analysis\Fourier menyusini qo'llab, AM signal spektri olinsin.

5. Furye tahlili parametrlarini o'rnatish dialog panelida asosiy garmonika chastotasi (Fundamental Frequency) modulyatsiya chastotasiga teng qilib o'ratilsin ($F/5$), tadqiq qilinadigan garmonikalar soni: 20 – 40, vertikal o'q bo'ylab chiziqli (Linear) masshtab tanlanadi.

6. Tadqiq qilinayotgan signal amplituda spektri chizilsin (chop etilsin).

3-topshiriq. *Modulyatsiya koeffitsiyenti va chastotasi signal ossillogrammasi va spektriga ta'sir qilishi tadqiq qilinsin.*

1. 2-topshiriq quyidagi shartlarda bajarilsin:

- Modulyatsiya koeffitsiyenti kamaytirilganda va ko'paytirilganda,
- Modulyatsiya chastotasi oshirilganda va pasaytirilganda.

2. 4-5 holat tadqiq qilinsin (ossillogrammalar va spektr chizib olinsin).

3. Ko'rsatilgan parametrlar ossillogramma va spektrga ta'sir qilishi haqida xulosalar qilinsin.

4-topshiriq. *Amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan signallar nazariy hisoblash va kompyuterda modellashtirish natijalarini taqqoslash tahlili.*

1. Nazariy hisoblash va **Multisim** dasturi yordamida modellastirish natijalarini taqqoslash tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar chiqarilsin.

3. Hisobot o'qituvchiga topshirilsin.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot o'qituvchiga tekshirilishi uchun yozma ko'rinishda taqdim etiladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'ladi:

1. Ishning mavzusi.

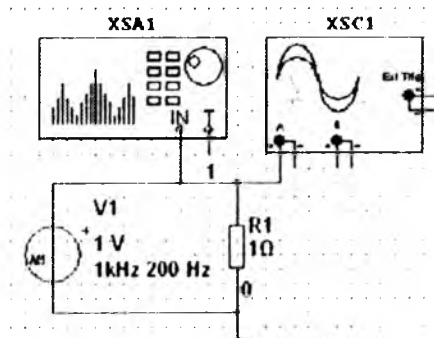
2. Ishdan maqsad.

3. Nazariy hisoblashlar va birinchi topshiriq bo'yicha natijalar.

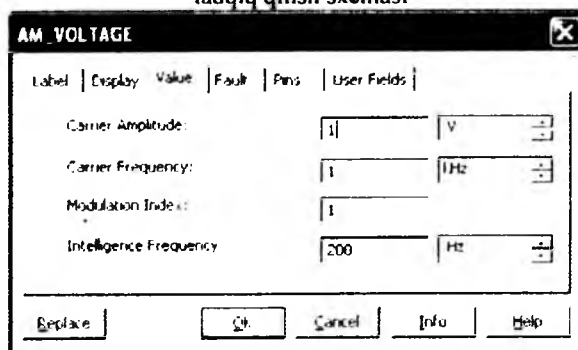
4. Modellastirish natijalari.

5. Natijalar taqqoslash tahlili.

6. Xulosalar.



26-rasm. Amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan tebranishlarni tadqiq qilish sxemasi



27-rasm. AM tebranishlar manbasi parametrlarini tanlash oynasi

1. Amplituda modulyatsiyasi, bir tonli modulyatsiya tushunchalarini izohlab bering.
2. Tashuvchi va boshqaruvchi tebranishlar chastotasi va amplitudasi o'zgarishining AM signal spektriga ta'sirini ko'rsating.
3. Modulyatsiya koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
4. Modulyatsiya koeffitsiyentining AM signal ossillogrammasiga va spektriga ta'sirini ko'rsating. Qayta modulyatsiya holatida AM signal ossillogrammasi chizilsin (modulyatsiya koeffitsiyenti 1 dan yuqori bo'lganda).
5. AM signal matematik modelini tadqiq qilish uslubiyatini bayon qilib bering.

5 – LABORATORIYA ISHI

CHASTOTA BO'YICHA MODULYATSIYALANGAN SIGNALLAR SPEKTRINI TADQIQ QILISH

Ishtdan maqsad: chastota bo'yicha modulyatsiyalangan (ChM) signallar matematik modelining analitik, vaqt va spektral tasvirlanishini tadqiq qilish.

Qisqacha nazariy tushunchalar

Burchak modulyatsiyasi – bunda boshqaruvchi tebranish qonuniyati bo'yicha tashuvchining chastotasi yoki fazasi o'zgaradi, amplitudasi esa o'zgarmasdan qoladi.

$s(t) = S_m \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = S_m \sin \psi(t)$ garmonik tebranish uchun vaqtning $t = t_1$ dan $t = t_2$ gacha qandaydir chekli oralig'ida fazaning qo'qqisidan o'zgarishi $\psi(t_2) - \psi(t_1) = (\omega_0 t_2 + \varphi_0) - (\omega_0 t_1 + \varphi_0) = \omega_0(t_2 - t_1)$. O'zgarmas burchak chastotada vaqtning qandaydir oralig'ida fazaning qo'qqisidan o'zgarishi shu oraliqning davomiyligiga proporsional.

Burchak modulyatsiyasini $\omega_0 = \{\psi(t_2) - \psi(t_1)\} / \{t_2 - t_1\}$ sifatida aniqlash mumkin, ya'ni burchak modulyatsiyasi – bu tebranish fazasining o'zgarish tezligi.

Vaqt davomida chastotasi o'zgarishi mumkin bo'lgan murakkab tebranishga o'tganda, differensial va integral nisbatlarga o'tish zarur:

$$\psi(t_2) - \psi(t_1) = \int_{t_1}^{t_2} \omega(t) dt \quad (33)$$

$$\omega(t) = \frac{d\psi(t)}{dt} \quad (34)$$

(33), (34) dan kelib chiqqan holda t momentida yuqori chastotali tebranish fazasi quyidagicha bo'ladi:

$$\psi(t) = \int_0^t \omega(t) dt + \varphi_0 \quad (35)$$

Shunday qilib, amplitudasi doimiy va $\psi(t)$ argumenti modulyatsiyalangan yuqori chastotali tebranish uchun ifodaning umumiy ko'rinisi:

$$S(t) = S_0 \sin(\omega_0 t + \psi(t) + \psi_0) \quad (36)$$

(34), (35) nisbatlar chastota va faza o'zgarishlari orasidagi bog'liqlikni o'rnatib, burchak modulyatsiyasining ikki turi o'rtasidagi umumiylikni ko'rsatadi.

Oddiy garmonik ChM misolini oniy chastota quyidagicha aniqlanganda ko'rib chiqaylik:

$$\omega(t) = \omega_0 + \omega_D \cos \Omega t \quad (37)$$

bunda $\omega_D = 2\pi f_D$ – chastotaviy chetlanish amplitudasi yoki chastota devitsiyasi (devitsiya); ω_0 – tashuvchi, Ω – modulyatsiyalovchi chastota.

(37) ni (35) ga qo'yamiz:

$$\psi(t) = \int_0^t (\omega_0 + \omega_D \cos \Omega t) dt + \varphi_0 \quad (38)$$

Integrallab, (36) ga qo'yamiz:

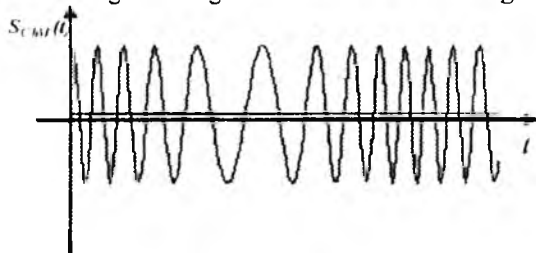
$$S(t) = S_0 \sin(\omega_0 t + (\frac{\omega_D}{\Omega} \sin \Omega t) + \psi_0) \quad (39)$$

Olingan modulyatsiyalangan tebranishni faza bo'yicha modulyatsiyalangan deb ham qarash mumkin, bu modulyatsiyaning qonuniyati chastota o'zgarishi qonuniyatiga nisbatan integralli bo'ladi.

Shunday qilib, $\omega_D \cos \Omega t$ qonuniyati bo'yicha tashuvchi tebranish chastotasini modulyatsiyalash fazani $(\omega_D / \Omega) \sin \Omega t$ qonuniyat bo'yicha modulyatsiyalashga olib keladi. Fazaning o'zgarish amplitudasi burchak modulyatsiyasi indeksi deyiladi (40).

$$m = \frac{\omega_D}{\Omega} \quad (40)$$

Bir tonli ChM ossillogrammasiga misol 28-rasmda ko'rsatilgan.



28-rasm. Bir tonli ChM tebranish ossillogrammasi

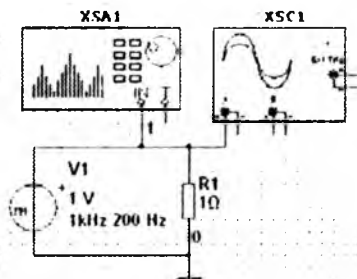
Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. ChM signallar matematik modelining nazariy tadqiqoti o'tkazilsin.

1. Signalning matematik modeli yozilsin.
2. Ossillogramma qurilsin, spektr (14-17) formulalar bo'yicha hisoblansin va qurilsin. Tashuvchi tebranish amplitudasi 1 Voltga teng. Tashuvchi tebranish chastotasi $F=10\text{N kHz}$. Modulyatsiya chastotasi $F=2\text{N kHz}$ deb olinsin.

2-topshiriq. ChM signallarni kompyuterli modellash tirish o'tkazilsin.

1. 29-rasmdagi sxema yig'ilsin. Tashuvchi tebranish amplitudasi – (Carrier Amplitude) 1 V qilib o'rnatilsin, shu tebranishning tashuvchi chastotasini (Carrier frequency) $F = 10\text{N kHz}$ deb olinsin. Modulyatsiya chastotasi (Modulation frequency) $F/5$ ga teng, ChM koeffitsiyenti esa (Modulation index) = 0,1 deb olinsin.
2. Signal shakli ossillograf yordamida nazorat qilinsin. ChM signal ossillogrammasi o'qlar bo'yicha masshtabi ko'rsatilib chizilsin (chop etilsin).
3. Analysis\Fourier menyusini qo'llab, ChM signal spektri olinsin.
4. Furiye tahlili parametrlarini o'rnatish dialog panelida asosiy garmonika chastotasini (Fundamental Frequency) modulyatsiya chastotasiga teng ($F/5$) deb o'rnatilsin, tadqiq qilinadigan garmonikalar soni: 20–40, vertikal o'q bo'yicha masshtab chiziqli (Linear).
5. Tadqiq qilinayotgan signal spektri chizilsin (chop etilsin).



29-rasm. Chastota bo'yicha modulyatsiyalangan tebranishlarni tadqiq qilish sxemasi

3-topshiriq. *Modulyatsiya indeksi va chastotasining signal ossillogrammasi va spektriga ta'sirini tadqiq qilish.*

1. 2-topshiriq quyidagi shartlar bilan bajarilsin:

- modulyatsiya indeksi kamaytirilganda va ko'paytirilganda,
- modulyatsiya chastotasi ko'tarilganda va pasaytirilganda.

2. 4-5 holat tadqiq qilinsin (ossillogrammalar va spektrlar chizib olinsin).

3. Ko'rsatilgan parametrlarning ossillogramma va spektrga ta'sir etishi haqida xulosalar qilinsin.

4-topshiriq. *Chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signallarni nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellashirish natijalarini taqqoslash tahlili.*

1. Nazariy hisoblashlar va **Multisim** dasturi yordamida modellashirish natijalarini taqqoslash tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar berilsin.

3. Hisobot o'qituvchiga topshirilsin.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirish uchun o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.
2. Ishdan maqsad.
3. Birinchi topshiriq bo'yicha nazariy hisoblashlar va natijalar.
4. Modellashirish natijalari.
5. Natijalarni solishtirish tahlili.
6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1. Chastota modulyatsiyasini tushuntirib bering.
2. Tashuvchi va boshqaruvchi tebranishlar chastotasi va amplitudasining o'zgarishi ChM signal spektriga ta'sir qilishi ko'rsatilsin.
3. AM va ChM signallarni solishtirib tahlil qiling.
4. AM va ChM signallar afzalliklari va kamchiliklarini ko'rsating.

CHIZIQLI STATSIONAR ZANJIRLARDAN (RC VA LR) SIGNALLAR O'TISHINI TADQIQ QILISH

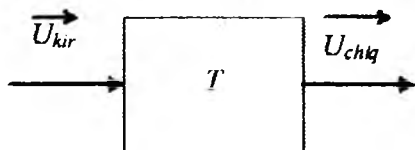
Ishdan maqsad: chiziqli statsionar zanjirlardan radiotexnik signallar o'tish jarayonlarini o'rganish. Past chastotalar filtrining davriy kirish signaliga aks ta'sirini tadqiq qilish.

Qisqacha nazariy tushunchalar

Ixtiyoriy radiotexnik qurilmani tizim, ya'ni bir-biri bilan o'zaro ma'lum bir ta'sirlanish mavjud bo'lgan fizik obyektlar majmui deb qarash mumkin.

Tizimda birlamchi signal beriluvchi *kirishni* va o'zgartirilgan signal olinuvchi *chiqishni* ajratib ko'rsatish mumkin.

Agar faqat kirishdagi va chiqishdagi signallar orasidagi munosabat qiziqтираsa va tizimdagi ichki jarayonlar ko'rilmasa, u holda tizimni "*Qora quti*" sifatida ko'rish mumkin (30-rasm).



30-rasm. Tizimni "Qora quti" sifatida tasvirlanishi

Kirish signali $U_{kir}(t)$ va chiqish signali (tizimning aks ta'siri, reaksiyasi) $U_{chiq}(t)$ orasidagi qonuniyat tizim operatori T orqali beriladi:

$$U_{kir}(t) = T U_{chiq}(t) \quad (41)$$

Tadqiq qilishda mumkin bo'lgan kirish D_{kir} va chiqish D_{chiq} ta'sirlari mintaqalarini ham ko'rsatish zarur, ular signallar (uzluksiz, diskret, deterministik, tasodifiy va h.k.) tavsifini ifodalaydi.

Tizimning **matematik modeli** deb, tizim operatori T va ruxsat etilgan signallar D_{kir} , D_{chiq} mintaqalari majmuiga aytiladi.

Matematik model xususiyatlariga asoslanib tizimlar sinflanishini o'tkazish mumkin.

Tizim statsionar bo'ladi, agar uning chiqishdagi aks javobi t_0 ning ixtiyoriy qiymatida kirish signali vaqtning qaysi momentida uzatilishiga bog'liq bo'lmasa:

$$U_{\text{chiq}}(t \pm t_0) = TU_{\text{kir}}(t \pm t_0) \quad (42)$$

Agar tizim vaqt hisobini boshlash tanloviga ((41, 42) tengliklar bajarilmasa) nisbatan invariant bo'lsa, u holda bunday tizim *nostatsionar* (parametrlari vaqt bo'yicha o'zgaruvchi yoki *parametrik* tizim) deyiladi.

Sinflashning mazkur tamoyili tizimni murakkab yig'indi signalga turli aks ta'siri bilan asoslangan.

Agar tizim operatori quyidagicha berilsa,

$$T(U_{\text{kir}1}(t) + U_{\text{kir}2}(t)) = TU_{\text{kir}1}(t) + TU_{\text{kir}2}(t) \quad (43)$$

$$T(\alpha U_{\text{kir}}) = \alpha TU_{\text{kir}} \quad (44)$$

bunda α – ixtiyoriy son, u holda bunday tizim chiziqli deb ataladi.

Tizim *chiziqli* hisoblanadi, agar (43, 44) shartlar bajarilsa, ya'ni superpozitsiya (ustma-ust qo'yish) fundamental tamoyil bajarilsa.

Agar superpozitsiya tamoyili bajarilmasa, u holda tizim *nochiziqli* bo'ladi.

Sinflanish tizimning fizik o'lchamlari va to'liqning ish uzunligini taqqoslashga asoslangan.

Agar tizimning tavsifli o'lchami (zanjiri ulovchi o'tkazgichlarning eng katta uzunligi) to'liq uzunligidan ancha kichik bo'lsa, bunday radiotexnik tizim *jamlangan parametrlil* tizim hisoblanadi. Bunday tizimda elektr (kondensator) va magnit (induktiv g'altakda) maydonlari lokalizatsiyasi (aniq bir joy bilan bog'liqlik) fizik mintaqalarini ajratib ko'rsatish mumkin. Bu kabi tizimlarni ta'riflash uchun matematik model – prinsipial sxemalari qo'llaniladi. Jamlangan parametrlil tizimlar qo'llanilish mintaqasi bir necha yuz MHzni tashkil etadi.

O'ta yuqori chastotalar diapazonida tizim o'lchamlari uzatiladigan tebranishlarning to'liq uzunligi bilan o'lchamlidir, shuning uchun signal tarqalish vaqtini hisobga olish zarur bo'ladi va bunday tizimlar *taqsimlangan parametrlil* tizimlar deb ataladi.

Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. a) Davriy signal matematik modelini nazariy tadqiq qilinsin.

1. Signalning matematik modeli (analitik tasvirlanishi) yozilsin.
2. Signalning ossillogrammasi va nazariy hisoblangan amplituda spektri qurilsin (o'qlar bo'ylab masshtabda). Videoimpulslar ketma-ketlikda o'tish chastotasi $F = N$ kHz, impuls davomiyligi qaytarilish davri davomiyligining

50% ini tashkil etadi. Signal amplitudasi N Voltga teng. Bunda N – variantingiz raqami.

b) Zanjirning chastota uzatish koeffitsiyenti analitik aniqlansin.

1. Tadqiqlanayotgan RC zanjirda chastota uzatish $K(j\omega)$ koeffitsiyentining qiymati aniqlansin.

2. Zanjirning quyidagi parametrlari berilsin: $R = N \text{ Om}$, $N < 4$ bo'lganda $C = 100 N \text{ mkF}$ yoki $N \geq 4$ bo'lganda $C = 100 N \text{ nF}$. Zanjir amplituda-chastota xarakteristikasi masshtabda qurilsin.

c) Zanjirning aks javobi aniqlansin (kirish signaliga reaksiyasi).

Bir grafikda masshtabda kirish signali spektri va zanjir amplituda-chastota xarakteristikasi tasvirlansin. Grafik sifatli tahlil qilinsin va zanjir aks ta'siri haqida xulosa berilsin (signalni zanjir orqali buzilishsiz o'tishi haqida). Yozma ravishda xulosa qilinsin.

2-topshiriq. Signalning zanjir orqali o'tish jarayonini kompyuterda modellashtirilsin.

1. **Multisim** dasturida tadqiq qilish sxemasi (31-rasm) yig'ilsin.

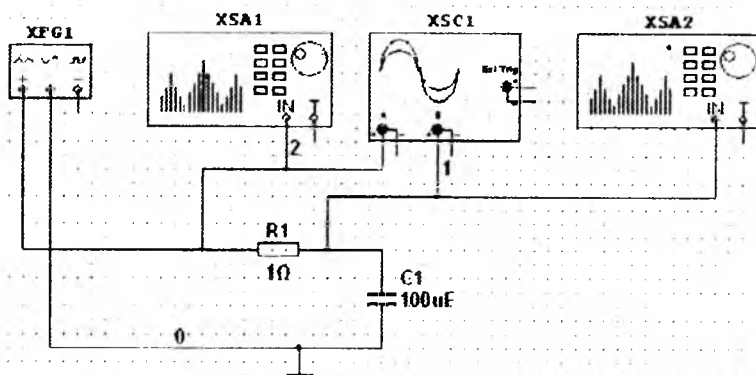
Generatordan zanjirga musbat videoimpulslar davriy ketma-ketligi 1-topshiriqdagi parametrlar bo'yicha berilsin (sxemada 1-variant uchun misol $R = N \text{ Om}$, $C = 100N \text{ mkF}$ yoki $C = 100N \text{ nF}$).

Signal parametrlari generatorda o'rnatiladi (musbat videoimpulslar uchun generator xususiyatlarida **Offset = Amplitude = N** tanlansin).

2. Kirish signalining matematik modeli tadqiq qilinsin.

2.1. Zanjirning 2 nuqtasida (generator chiqishida) signal spektri olinsin (signalni Fyurje qatoriga yoyish). Buning uchun **Analysis** menyusi, **Fourier** maydoni, **Output node** mintaqasida tadqiq qilish nuqtasi 2 tanlansin va albatta **Fundamental Frequency** maydonida ketma-ketlikdagi impulslar o'tishi chastotasiga teng bo'lgan chastota o'rnatilsin ($F = N \text{ kHz}$). Olingan spektr masshtab bo'yicha chop etilsin yoki chizilsin.

2.2. Ossillogrammada kirish signali ossillogrammasi olinsin, masshtabda chop etilsin yoki chizilsin.



31-rasm. Chiziqli statsionar zanjirdan (past chastotalar filtri) davriy signallar o'tishini tadqiq qilish sxemasi

3. Zanjir chastota uzatish koeffitsiyenti tadqiq qilinsin.

3.1. Zanjir chastota koeffitsiyentini aniqlash uchun kirish va chiqish signallarining (kuchlanishlarning) chastotaga bog'liqligini aniqlash zarur. Buning uchun **Analysis** menyusi, **AC Frequency** maydoni, **Nodes for analysis** mintaqasida 1, 2 nuqtalar tanlansin. Tizim chiqishidagi aks javobining tahlili asosida (kirish va chiqish kuchlanishlari hamda fazaning chastotaga bog'liqligi) amplituda – chastota va faza – chastota tavsifnomalari masshtabda mustaqil ravishda qurilsin.

4. Zanjir aks ta'siri (chiqish reaksiyasi) tadqiq qilinsin.

Sxemaning 1 nuqtasida zanjir aks ta'siri tadqiq qilinsin. Aks ta'sirini tadqiq qilish uslubi 2-topshiriqning 2-bandiga mos keladi.

Zanjirning amplituda – chastota tavsifnomasi va aks ta'siri tahlil qilinsin, yozma ravishda kirish signalning quyidagi imkoniyatlarni beruvchi parametrlarga talablar ko'rsatilsin:

- a) signalni zanjirdan buzilishlarsiz uzatish,
- b) signalni to'liq filtrlash.

Tahlil natijalarini kompyuterda modellashtirish orqali tasdiqlansin (kirish signal va aks ta'siri spektrlarining chop etilgan grafiklari ko'rinishida topshirilsin). Kompyuterli modellashtirish natijalariga asosan yozma xulosalar keltirilsin.

3-topshiriq. *Signal zanjirdan o'tish jarayonining nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellashtirish natijalarini taqqoslash tahlili.*

1. Nazariy hisoblashlar va **Multisim** dasturi yordamida modellashtirish natijalarini solishtirish tahlili o'tkazilsin. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar qilinsin.

4-topshiriq. *LR zanjiri misolida past chastotalar filtri aks ta'siri tadqiq qilish.*

L va R elementlarida yig'ilgan past chastotalar filtrining mos kirish signaliga aks ta'sirini mustaqil ravishda tadqiq qiling (signal parametrlari 1-topshiriqdan olinsin). Tadqiqot uslubi 1–3-topshiriqlarda keltirilgan.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirish uchun o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.
2. Ishdan maqsad.
3. Birinchi topshiriq bo'yicha nazariy hisoblashlar va natijalar.
4. Modellastirish natijalari.
5. Natijalarni solishtirish tahlili.
6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1. Jamlangan parametrli chiziqli statsionar zanjiri ta'riflab bering.
2. Chastota uzatish koeffitsiyenti, amplituda – chastota tavsifnomasi, faza – chastota tavsifnomasi deb nimaga aytiladi?
3. Signalni zanjirdan buzilishlarsiz uzatish uchun talablarni tushuntirib bering.
4. Past chastotalar filtri uchun ideallashtirilgan tavsifnomalarni ko'rsatib bering.
5. Determik signalning radiotexnik zanjir – past chastotalar filtri orqali o'tish jarayonini tadqiq qilish uslubini bayon qilib bering.

7 – LABORATORIYA ISHI

CHIZIQLI STATSIONAR ZANJIRLARDAN (RL VA CR) SIGNALLAR O'TISHINI TADQIQ QILISH

Ishdan maqsad: chiziqli statsionar zanjirlardan radiotexnik signallar o'tish jarayonlarini o'rganish. Yuqori chastotalar filtrining davriy kirish signaliga aks ta'sirini tadqiq qilish.

Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. a) 6-laboratoriya ishidan signal matematik modelini keltiring (analitik, vaqt, spektral tasvirlash ko'rsatilsin).

b) *Zanjir chastota uzatish koeffitsiyenti analitik aniqlansin.*

1. Tadqiq qilinadigan RL zanjirda chastota uzatish koeffitsiyenti $K(j\omega)$ ifodalanishi aniqlansin.

2. Zanjirning quyidagi parametrlari berilsin: $R=N$ Om, $L=10N$ mkGn. Zanjirning amplituda – chastota tavsifnomasi masshtabda qurilsin.

c) *Zanjirning aks ta'siri (kirish signaliga reaksiyasi) aniqlansin*

Bitta grafikda masshtab bo'yicha kirish signali spektri va zanjirning amplituda – chastota tavsifnomasi tasvirlansin. Grafik sifatli tahlil qilinsin va zanjirning aks ta'siri haqida xulosa berilsin (signalni zanjirdan buzilishlarsiz uzatish mumkinligi haqida). Xulosa yozma ravishda berilsin.

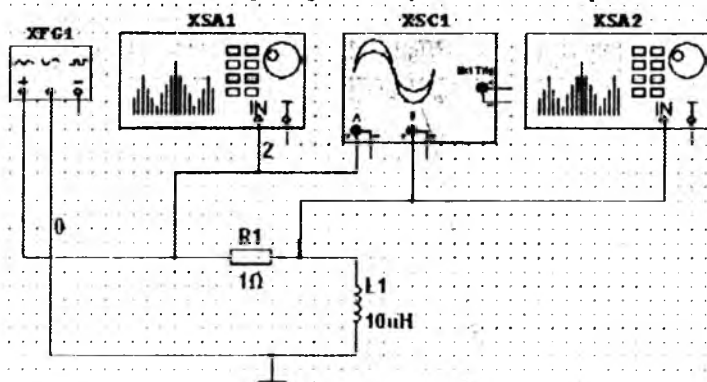
2-topshiriq. *Signalning zanjir orqali o'tish jarayonini kompyuterda modellashtirilsin (32-rasm).*

Kompyuterda modellashtirish uslubi 6-laboratoriya ishidagi 2-topshiriq uslubiga mos keladi.

Zanjirning amplituda – chastota tavsifnomasi va aks ta'siri tahlil qilinsin, yozma ravishda kirish signalning quyidagi imkoniyatlarni beruvchi parametrlariga talablar ko'rsatilsin:

- signalni zanjirdan buzilishlarsiz uzatish,
- signalni to'liq filtrlash.

Tahlil natijalari kompyuterda modellashtirish orqali tasdiqlansin (kirish signal va aks ta'siri spektrlarining chop etilgan grafiklari ko'rinishida topshirilsin). Kompyuterli modellashtirish natijalariga asosan yozma xulosalar qilinsin.



32-rasm. Chiziqli statsionar zanjirdan (yuqori chastotalar filtri) davriy signallar o'tishini tadqiq qilish sxemasi

3-topshiriq. *Signal zanjirdan o'tish jarayonining nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellashtirish natijalarini taqqoslash tahlili.*

1. Nazariy hisoblashlar va **Multisim** dasturi yordamida modellashtirish natijalarini solishtirish tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar qilinsin.

4-topshiriq. *CR zanjiri misolida yuqori chastotalar filtri aks ta'sirini tadqiq qilish.*

C va R elementlarida yig'ilgan past chastotalar filtrining mos kirish signaliga aks ta'sirini mustaqil ravishda tadqiq qiling (signal parametrlari 1-topshiriqdan

olinsin). Tadqiqotning to'liq uslubi 6-laboratoriya ishining 1–3-topshiriqlarida keltirilgan.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirish uchun o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.
2. Ishdan maqsad.
3. Birinchi topshiriq bo'yicha nazariy hisoblashlar va natijalar.
4. Modellastirish natijalari.
5. Natijalarni solishtirish tahlili.
6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1. Jamlangan parametrlri chiziqli statsionar zanjirni ta'riflab bering.
2. Chastota uzatish ko'effitsiyenti, amplituda – chastota tavsifnomasi, faza – chastota tavsifnomasi deb nimaga aytiladi?
3. Signalni zanjirdan buzilishlarsiz uzatish uchun talablarni tushuntirib bering.
4. Yuqori chastotalar filtri uchun ideallashtirilgan tavsifnomalarni ko'rsatib bering.

8 – LABORATORIYA ISHI

CHIZIQLI CHASTOTA TANLOVCHI TIZIMLARDAN RADIOIGNALLAR O'TISHINI TADQIQ QILISH. KETMA-KET RLC - KONTUR

Ishdan maqsad: chiziqli statsionar zanjirlardan radiosignallar o'tish jarayonlarini o'rganish. Kirish davriy signaliga ketma-ket RLC konturning aks ta'sirini tadqiq qilish.

Qisqacha nazariy tushunchalar

Chastota uzatish ko'effitsiyenti $K(j\omega)$ quyidagi izohlashga ega:

agar tizim kirishiga ma'lum ω chastotali va kompleks U_{kr} amplitudali garmonik signal berilsa, u holda chiqish signalining kompleks amplitudasi (zanjir aks ta'siri) quyidagicha bo'ladi:

$$U_{chiq} = K(j\omega)U_{kr} \quad (45)$$

$K(j\omega)$ namunali shaklda tasvirlanishi:

$$K(j\omega) = |K(j\omega)|e^{j\varphi_k(\omega)} \quad (46)$$

$$\varphi_k(\omega) = \arctg \frac{\operatorname{Im} K(j\omega)}{\operatorname{Re} K(j\omega)} \quad (47)$$

Amplituda – chastota tavsifnomasi (AChT): $|K(j\omega)| = f(\omega)$,

Faza – chastota tavsifnomasi (FChT): $\varphi(\omega) = f(\omega)$.

Agar qaysidir chiziqli tizimning kirishida Furiye teskari o'zgartirishi mavjud bo'lgan U_{kir} deterministik signal ta'sir qilsa:

$$U_{kir}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U_{kir}(\omega) d\omega, \quad (48)$$

u holda tizim $K(j\omega)$ koeffitsiyentini ma'lum deb faraz qilib, chiqish signalini quyidagicha tasvirlash mumkin:

$$U_{chiq}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K(j\omega) U_{kir}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (49)$$

Tizim operatori T – signallar chiziqli fazosi $U_{kir}(t)$ vektoridan yangi $U_{chiq}(t)$ vektorga o'tish qoidasidir.

Energiya spektral zichligi (tizim chiqishida signal energetik spektri):

$$W_{chiq}(\omega) = U_{chiq}(\omega) \cdot U_{chiq}^*(\omega) = |U_{chiq}(\omega)|^2$$

Chiqishdagi kompleks signal $U_{chiq}(t)$ energiyasi:

$$E_{chiq}(\omega) = \|U_{chiq}\|^2 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U_{chiq}(\omega) U_{chiq}^*(\omega) d\omega \quad (50)$$

bunda $U_{chiq}(\omega) = |K(j\omega)| \cdot U_{kir}(\omega);$

$$\begin{aligned} W_{chiq}(\omega) &= |K(j\omega)| \cdot U_{kir}(\omega) \cdot |K(j\omega)| \cdot U_{kir}^*(\omega) = \\ &= |K(j\omega)|^2 \cdot W_{kir}(\omega), \end{aligned}$$

u holda

$$E_{chq}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |K(j\omega)|^2 W_{kr}(\omega) d\omega \quad (51)$$

$K_p(\omega) = |K(j\omega)|^2$ kattalik – berilgan chastotada tizim quvvati uzatilish chastotaviy koeffitsiyenti.

Zanjir chastota uzatish koeffitsiyenti zanjirlar nazariyasi standart usullari bilan aniqlanadi.

Ishni bajarish tartibi

1-topshiriq. a) *Ketma-ket RLC konturning chastota uzatish koeffitsiyenti analitik aniqlansin*

1. Tadqiq qilinayotgan **RLC** konturda ($R=10m$, $L=NmGn$, $C=10NnF$, bunda N – variantingiz raqami) chastota uzatish $K(j\omega)$ koeffitsiyenti ifodasi aniqlansin.

2. $K(j\omega)$ koeffitsiyentni kontur R, L, C, Q parametrlariga bog'liqligi sifatli tadqiq qilinsin.

3. Zanjir AChT masshtabda qurilsin.

b) *Amplituda modulyatsiyalangan signal matematik modeli tuzilsin (analitik, vaqt, spektral tasvirlanishi ko'rsatilsin)*. Tashuvchi tebranish amplitudasi 1 V, tashuvchi tebranish chastotasi kontur rezonans chastotasiga (1 kHz aniqlikgacha) teng, modulyatsiya chastotasi signalni konturdan buzilishlarsiz o'tish shartidan kelib chiqqan holda aniqlanadi.

c) *Zanjir aks ta'siri aniqlansin (kirish signaliga reaksiyasi)*.

Bitta grafikda masshtab bo'yicha kirish signali spektri va zanjir AChTda aks ettirilsin. Grafik sifatli tahlil qilinsin va zanjirning aks ta'siri haqida xulosa berilsin (signalni kontur orqali buzilishlarsiz o'tishi, kontur parametrlari haqida). Yozma ravishda xulosa keltirilsin.

2-topshiriq. *Signalni zanjirdan o'tish jarayonini kompyuterda modelashtirilsin*

1. 1-topshiriqda hisoblash natijasida olingan parametrlar bilan **Multisim** dastur to'plamida tadqiq qilinadigan sxema yig'ilsin (33-rasm). Generatoridan konturga 1-topshiriqdan olingan parametrlar bilan AM signal berilsin (konturga AM-generator ulansin).

2. *Kirish signali matematik modeli tadqiq qilinsin.*

2.1. Zanjirning 7 nuqtasida (AM-generator chiqishida) signal spektri olinsin (signalni Fyurje qatoriga yoyilishi). Buning uchun *Analysis* menyusida, *Fourier* maydonida. *Output node* mintaqasida tadqiq qilinadigan 7 nuqtasi tanlansin va albatta *Fundamental Frequency* maydonida modulyatsiya chastotasiga teng bo'lgan chastota o'rnatilsin. Olingan spektr masshtab bo'yicha chop etilsin yoki chizilsin.

2.2. Ossilloqrafda kirish signali ossilloqrammasi olinsin va masshtab bo'yicha chop etilsin yoki chizilsin.

3 Ketma-ket kontur chastota uzatish koeffitsiyenti tadqiq qilinsin.

3.1. Chastota uzatish koeffitsiyenti aniqlansin, buning uchun kirish va chiqish signallarining (kuchlanishlar) chastotaga bog'liqliklarini topish zarur. Buning uchun *Analysis* menyusida, *AC Frequency* maydonida, *Nodes for analysis* mintaqasida 6, 3 nuqtalar tanlansin (tizim chastotaviy xususiyatlarini aniqlashda konturga garmonik tebranishlar generator ulansin). Tizimning chiqishdagi reaksiyasini tahlil qilish asosida (kirish va chiqish kuchlanishlari hamda fazaning chastotaga bog'liqligi) AChT va FChT masshtabda qurilsin.

3.2. Kontur parametrlari o'zgartirilsin, AChT olinsin va masshtabda chizilsin.

4. Chastota tanlovchi tizim aks ta'siri (chiqishdagi reaksiyasi) tadqiq qilinsin.

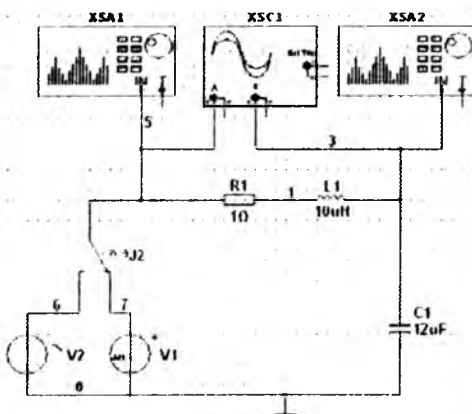
Konturga AM generator ulansin.

Sxemaning 3 nuqtasida tizimning aks ta'siri tadqiq qilinsin. Chiqish signali ossilloqrammasi va spektri olinsin (masshtab bo'yicha chizilsin).

Tizimning AChT va aks ta'siri tahlil qilinsin, yozma ravishda quyidagi imkoniyatlarni beruvchi kontur parametrlariga bo'lgan talablar ko'rsatilsin:

a) signalni buzilishlarsiz uzatish,

b) signalni to'liq filtrlash.



33-rasm. Ketma-ket RLC kontur aks ta'siri tadqiq qilish sxemasi

Tahlil natijalarini kompyuterda modellashtirish orqali tasdiqlansin (kirish signali va aks ta'siri spektrlari grafiklarining chizmalari ko'rinishida). Kompyuterda modellashtirish natijalari asosida yozma xulosalar keltirilsin.

3-tophiriq. Signalni chastota tanlovchi tizimdan o'tish jarayonining nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellashtirish natijalarini taqqoslash tahlili.

1. Nazariy hisoblashlar va *Multisim* dastur to'plami yordamida modellashirish natijalarini taqqoslash tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar keltirilsin.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi.
Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi zarur:

1. Ishning nomi.
2. Ishdan maqsad.
3. Nazariy hisoblashlar va birinchi topshiriq bo'yicha natijalar.
4. Modellashirish natijalari.
5. Natijalarni taqqoslash tahlili.
6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1. Signalni zanjirdan buzilishlarsiz o'tishi uchun talablarni tushuntirib bering.
2. Radiotexnik tizim chastota uzatish koeffitsiyenti, uzatish koeffitsiyentining chastotaga grafik bog'liqligi tushunchalarini aniqlashtirib bering.
3. Tebranish tizimining aslligi, tavsifiy qarshiligi tushunchalarini aniqlashtirib bering va bu parametrlarning tizim tanlovchanlik xususiyatlariga ta'sirini ko'rsating.
4. Ketma-ket *RLC* konturdagi rezonans shartlari ko'rsatilsin, rezonansda kontur xususiyatlari ko'rsatilsin.
5. Radiotexnik chastota tanlovchi tizim – ketma-ket *RLC* konturdan determinik signal o'tish jarayonini tadqiq qilish uslubini izohlab bering.

9 – LABORATORIYA ISHI

CHIZIQLI CHASTOTA TANLOVCHI TIZIMLARDAN RADIOIGNALLAR O'TISHINI TADDIQ QILISH. PARALLEL *RLC* - KONTUR

Ishdan maqsad: chiziqli statsionar zanjirlardan radiosignallar o'tish jarayonlarini o'rganish. Kirish davriy signaliga parallel *RLC* konturning aks ta'sirini tadqiq qilish.

1-topshiriq. a) *Parallel RLC* konturning chastota uzatish koeffitsiyenti analitik aniqlansin.

1. Tadqiq qilinadigan *RLC* konturda tok bo'yicha chastota uzatish koeffitsiyenti $K(j\omega)$ ifodalanishini aniqlang.

2. Kontur parametrlari $R=1\text{ Om}$, $L=100\text{N mkGn}$, $C=N\text{ nF}$ berilsin. $K(j\omega)$ koeffitsiyentni kontur R , L , C , Q parametrlariga bog'liqligi sifatli tadqiq qilinsin.

Zanjir AChT masshtab bo'yicha qurilsin.

b) *Amplituda modulyatsiyalangan signalning matematik modeli tuzilsin (analitik, vaqt, spektral tasvirlanishi ko'rsatilsin).* Tashuvchi tebranish amplitudasi 1 V, tashuvchi tebranish chastotasi *kontur rezonans chastotasiga* (1 kHz aniqlikgacha) teng, modulyatsiya chastotasi signalni konturdan buzilishlarsiz o'tish shartidan kelib chiqqan holda aniqlanadi.

C) *Zanjirning aks javobi aniqlansin (kirish signaliga reaksiyasi).*

Bitta grafikda masshtab bo'yicha kirish signali spektri va zanjir AChT aks ettirilsin. Grafik sifatli tahlil qilinsin va zanjir aks ta'siri haqida xulosa berilsin (signalni kontur orqali buzilishlarsiz o'tishi, kontur parametrlari haqida). Yozma ravishda xulosa keltirilsin.

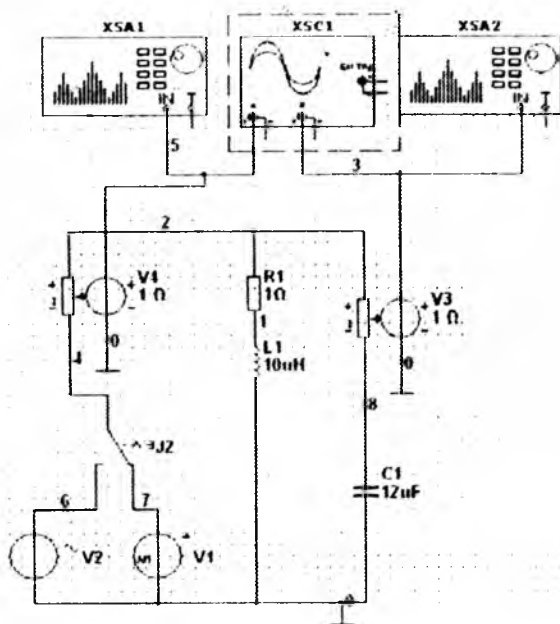
2-topshiriq. *Signalni zanjirdan o'tish jarayonini kompyuterda modellashdirilsin.*

1. 1-topshiriqda hisoblash natijasida olingan parametrlar bilan *Multisim* dastur to'plamida tadqiq qilinadigan sxema yig'ilsin (34-rasm). Generatoridan konturga 1-topshiriqdan olingan parametrlar bilan AM signal berilsin (konturga AM generator ulansin).

Parallel konturda toklar rezonansi kuzatiladi, shuning uchun ossillografda vaqt diagrammalarini olish uchun tadqiq qilinayotgan sxemada tok bilan boshqariladigan (V_3 , V_4) kuchlanish manbalari qo'llanilishi zarur. Mazkur manbalarda kuchlanish o'zgarishi tok o'zgarishiga to'g'ri proporsional.

2. *Kirish signalining matematik modeli tadqiq qilinsin.*

2.1. Zanjirning 2 nuqtasida kontur kirishidagi signal spektri olinsin (signalni Furre qatoriga yoyilishi). Buning uchun *Analysis* menyusida, *Fourier* maydonida, *Output node* mintaqasida tadqiq qilinadigan 2 nuqtasi tanlansin va albatta *Fundamental Frequency* maydonida modulyatsiya chastotasiga teng bo'lgan chastota o'rnatilsin. Olingan spektr masshtab bo'yicha chop etilsin yoki chizilsin.



34-rasm. Parallel RLC kontur aks ta'sirini tadqiq qilish sxemasi

2.2. Ossillografda kirish signali ossillogrammasi olinsin va masshtab bo'yicha chop etilsin yoki chizilsin.

3. Parallel kontur chastota uzatish koeffitsiyenti tadqiq qilinsin.

3.1. Chastota uzatish koeffitsiyenti aniqlansin, buning uchun kirish va chiqish signallarining (toklarning) chastotaga bog'liqliklarini topish zarur. Buning uchun *Analysis* menyusida, *AC Frequency* maydonida, *Nodes for analysis* mintaqasida 2, 8 nuqtalar tanlansin (tizim chastotaviy xususiyatlarini aniqlashda konturga I_1 tok garmonik tebranishlar generatori ulansin). Tizimning chiqishdagi reaksiyasini tahlil qilish asosida (kirish va chiqish signallar hamda fazaning chastotaga bog'liqligi) AChT va FChT masshtabda qurilsin.

3.2. Kontur parametrlari o'zgartirilsin, AChT olinsin va masshtabda chizilsin.

4 Chastota tanlovchi tizim aks ta'siri (chiqishdagi reaksiyasi) tadqiq qilinsin.

Konturga AM generator ulansin. Sxemaning 2 nuqtasida tizimning aks ta'siri tadqiq qilinsin. Chiqish signali ossillogrammasi va spektri olinsin (masshtab bo'yicha chizilsin).

Tizimning AChT va aks ta'siri tahlil qilinsin, yozma ravishda quyidagi imkoniyatlarni beruvchi kontur parametrlariga bo'lgan talablar ko'rsatilsin:

a) signalni buzilishlarsiz uzatish,

b) signalni to'liq filtrlash.

Tahlil natijalarini kompyuterda modellashtirish orqali tasdiqlansin (kirish signali va aks ta'siri spektrlari grafiklarining chizmalari ko'rinishida).

Kompyuterda modellashtirish natijalari asosida yozma xulosalar keltirilsin.

3-tophiriq. *Signalni chastota tanlovchi tizimdan o'tish jarayonining nazariy hisoblashlar va kompyuterda modellashtirish natijalarini taqqoslash tahlili.*

1. Nazariy hisoblashlar va *Multisim* dastur to'plami yordamida modellashtirish natijalarini taqqoslash tahlili o'tkazilsin.

2. Tahlil asosida yozma ravishda xulosalar ifodalansin.

Bajarilgan ish bo'yicha hisobot tekshirish uchun o'qituvchiga yozma ravishda topshiriladi. Hisobot quyidagilardan iborat bo'lishi kerak:

1. Ish mavzusi.

2. Ishdan maqsad.

3. Birinchi topshiriq bo'yicha nazariy hisoblashlar va natijalar.

4. Modellashtirish natijalari.

5. Natijalarni solishtirish tahlili.

6. Xulosalar.

Nazorat savollari

1. Signalni zanjirdan buzilishlarsiz o'tishi uchun talablarni tushuntirib bering.

2. Radiotexnik tizim chastota uzatish koeffitsiyenti, uzatish koeffitsiyentining chastotaga grafik bog'liqligi tushunchalarini aniqlashtirib bering.

3. Tebranish tizimi aslligi, tavsifiy qarshiligi tushunchalarini aniqlashtirib bering va bu parametrlarning tizim tanlovchanlik xususiyatlariga ta'sirini ko'rsating.

4. Parallel *RLC* konturdagi rezonans shartlari ko'rsatilsin, rezonansda kontur xususiyatlari ko'rsatilsin.

5. Radiotexnik chastota tanlovchi tizim – parallel *RLC* konturdan determinik signal o'tish jarayonini tadqiq qilish uslubini izohlab bering.

1.Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Компьютеризированный курс: Учебное пособие. – М.: Высшее образование, 2010.

2.Каганов В.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Лабораторный компьютеризированный практикум: Учебное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004.

3.Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М.: Высш. Школа, 2002.

4.Гордяскина Т.В., Лебедева С.В. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО "ВГАВТ", 2010.

5.Кучеров А.И. Электроника и схемотехника: Учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2002.

6.Плющаев В.И. Компьютерное схемотехническое моделирование: Методические указания. – Н. Новгород: Издательство ВГАВТ, 2002.

7. <http://www.radio.ru/>

8. <http://www.twirpx.com>

9. www.radiolab.ru

10. <http://www.toehelp.ru/>

11. <http://fismat.ru/elect/ozonov/>

12. <http://electrofaq.com/TOE.htm>

13. <http://electcsys.chat.ru/>

MUNDARIJA

	bet
KIRISH.....	3
1. Multisim dasturida ishlash asoslari.....	4
1.1. Komponentlarni ko'rib chiqish.....	4
1.2. Virtual asboblari.....	8
1.3. Signallar generatori.....	8
1.4. Ossilloqraf.....	9
1.5. Spektr analizatori.....	11
2. Zanjir chastota tavsifnomalari tahlilining funksiyasi.....	11
1-laboratoriya ishi. Davriy signallarni tadqiq qilish.....	13
2-laboratoriya ishi. Videoimpulslar ketma-ketligini tadqiq qilish.....	22
3-laboratoriya ishi. To'g'ri burchakli videoimpulslar ketma-ketligini tahlillash.....	26
4-laboratoriya ishi. Amplituda bo'yicha modulyatsiyalangan signallar spektrini tadqiq qilish.....	29
5-laboratoriya ishi. Chastota bo'yicha modulyatsiyalangan signallar spektrini tadqiq qilish.....	33
6-laboratoriya ishi. Chiziqli statsionar zanjirlardan (RC va LR) signallar o'tishini tadqiq qilish.....	37
7-laboratoriya ishi. Chiziqli statsionar zanjirlardan (RL va CR) signallar o'tishini tadqiq qilish.....	41
8-laboratoriya ishi. Chiziqli chastota tanlovchi tizimlardan radiosignallar o'tishini tadqiq qilish. Ketma-ket RLC – kontur.....	43
9-laboratoriya ishi. Chiziqli chastota tanlovchi tizimlardan radiosignallar o'tishini tadqiq qilish. Parallel RLC – kontur.....	47
ADABIYOTLAR.....	51

Dastlabki tahlil etildi 28.08.2018 y. Bichimi 60x84 1/16.
Shartli bosma tabog'i 3,25. Nuxsasi 50 dona. Buyurtma № 121.

TDTU bosmaxonasida chop etildi. Toshkent sh. Talabalar ko'chasi 54.