

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

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

RADIOO‘LCHOV

**fanidan “5350700-Radioelektron qurilmalar va tizimlar”
ta‘lim yo‘nalishi talabalari uchun**

MA‘RUZALAR MATNI

Toshkent 2017

UDK 621.371

Radioo‘lchov: “5350700-Radioelektron qurilmalar va tizimlar” ta’lim yo‘nalishi uchun ma’ruzalar matni. Tuzuvchilar M.M. Xasanov, S.T. Gulyamova, A.B. Jabborov. – Toshkent: ToshDTU, 2017.–148 b.

Ushbu ma’ruzalar matni “Radioo‘lchov” fani bo‘yicha ma’ruza mashg‘ulotlarini o‘tkazishga mo‘ljallangan bo‘lib, 18ta ma’ruzalardan iborat va ushbu fan o‘quv dasturiga mos keladi.

Ma’ruzalar matni “5350700-Radioelektron qurilmalar va tizimlar” ta’lim yo‘nalishi talabalariga mo‘ljallangan.

Toshkent davlat texnika universiteti ilmiy-uslubiy kengashining qarori asosida nashr qilindi.

Taqrizchilar: Po‘latov Sh.O‘. TATU dots. t.f.n

Kodirova Sh.A. ToshDTU dots. t.f.n.

SO‘Z BOSHI

“Radioo‘lchov” fani bo‘yicha ma’ruzalar matnlarida hayotimizning barcha jabhalarida, xalq xo‘jaligining, sanoatning, ilmiy izlanishlarning barcha tarmoqlari uchun o‘ta zarur bo‘lgan o‘lchash xaqidagi asosiy tushunchalar, ta’riflar, o‘lchov va kattaliklar, har xil o‘lchash vositalari va ular yordamida har xil kattaliklar (elektrik, noelektrik, elektr zanjirlarining parametrlari, texnologik parametrlar va h.k) ni o‘lchash, elektr hodisalarini, vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchan signallarni tekshirish, kuzatish, o‘lchash xatoliklari, o‘lchash natijalarini qayta ishlash, ularni ehtimoliy baholanishi kabi masalalari xususida yetarli va zarur ma’lumotlar keltirilgan.

“Radioo‘lchov” fani uzoq tarixga ega bo‘lishi bilan bir qatorda, ilmiy nuqtai nazardan, xalq xo‘jaligining barcha tarmoqlariga xos bo‘lgan va ayniqsa “Radioelektron qurilmalar va tizimlar” yo‘nalishi bo‘yicha tayyorlanadigan mutaxassislar uchun muhim bo‘lgan, doimiy ravishda va uzluksiz tarzda rivojlanishda bo‘luvchi fanlar qatoriga kiradi.

Mazkur ma’ruza matnlari to‘plami respublikamizdagi ta’lim, fan va texnikaning, ilmiy izlanishlar, iqtisodiy borasidagi rivojlanish va o‘zgarishlari xisobga olingan xolda yaratildi.

Respublikamiz juda boy ilmiy, ko‘xna madaniy va ma’rifiy meroslarga ega.

Ushbu meros G‘arb falsafasini, ilm-fanni shakllanishida, buyuk olimlarni va allomalarni muvaffaqiyat qozonishlarida munosib o‘rin egallagan. Bundan tashqari respublikamiz "Buyuk ipak yo‘li" asosiy tomirida joylashganligi va yirik savdo markazlariga ega bo‘lganligi sababli xalqaro ilmiy, iqtisodiy munosabatlarni rivojlanishida alohida ahamiyat kasb etgan. Vatanimizda ilk ilmlarini shakllantirgan buyuk allomalarning xozirda ham ahamiyatli kashfiyotlari va ilmiy yutuqlari jahon fanlari taraqqiyotida munosib o‘rin egallagan.

G‘arbda Alfraganus nomi bilan tanilgan Axmad Farg‘oniyning Nil daryosining satxini o‘lchash uchun mo‘ljallangan "Miqyosi Nil" qurilmasi, mashxur Ulug‘bekning oddiy va sodda o‘lchash asboblari bilan o‘ta yuqori aniqlikda tuzilgan "Yulduzlar jadvali", Ensiklopedist olim Abu Rayhon Beruniyning moddalar tarkibini aniqlash borasidagi ulkan yutuqlari va hokazolar (ularni sanab tugatishimiz mushkul).

Ma'lumki, respublikamizda, keyingi paytlarda, tub o'zgarishlar, tub iqtisodiy islohotlar ro'y berayaptiki, bular ichida ayniqsa "raqobatbardosh mahsulotlarni ishlab chiqarishni ta'minlash" masalasi ustuvor hisoblanadi.

Bu esa o'z navbatida muxandis-texnik xodimlarga va umuman texnika sohasi bo'yicha mutaxassislarga o'ta murakkab ma'suliyat yuklaydi.

Bugungi kun muhandislari, ilmiy-texnik xodimlari yangi texnika va texnologiyadan foydalanishga, texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish, boshqarish va ularni kompleks yechishga, ishlab chiqarish rezervlarini aniqlash va jadallashtirishga qodir bo'lishlari kerak. Bular esa, o'lchash nazariyasidan, o'lchash vositalari, o'lchash usullari, va ular yordamida har xil kattaliklarni o'lchash, o'lchash natijalarini qayta ishlash va h.k, qator masalalar bo'yicha yetarli bilim va malakaga ega bo'lishlarini taqozo etadi.

1-ma'ruza. Kirish. Asosiy tushuncha va ta'riflar

Reja:

1. Radioo'lchashlar bo'yicha asosiy tushunchalar va ta'riflar.
2. O'lchash haqida tushuncha.
3. Radioo'lchashlar, o'lchash jarayoni, uning strukturasi va elementlari.

"Radioo'lchov" fan sifatida o'lchashlar, o'lchash usullari, o'lchash vositalari va ular yordamida har xil kattaliklarini o'lchash, o'lchash xatoliklari hamda ularga bog'liq va tegishli bo'lgan masalalarni o'z doirasiga oladi.

Inson aql-idroki, zakovati bilan o'rganayotgan, shakllantirayotgan hamda rivojlantirgan qaysi fanni, uning yo'nalishini olmaylik, albatta, o'lchashlarga, ularning usullariga, o'zaro bog'lanishlariga duch kelamiz. Bu o'lchash usullari va vositalari yordamida har hil kattaliklarni o'lchash va ularga bog'liq masalalarni mukammal o'rganish orqaligina amalga oshiriladi. Shu sababdan, xozirgi qaysi bir fan, ilmiy yo'nalish, u hoh tabiiy, hoh ijtimoiy bo'lmasin, albatta u yoki bu darajada o'lchash bilan bog'liq. Inson qo'li yetgan, faoliyati doirasiga kirgan ammo o'lchashlar va ularning vositalari yordamisiz o'rganilgan, izlangan hamda ko'zlangan maqsadlarga erishish mumkin bo'lgan bironta yo'nalish yo'q. Shuning uchun xam Radioo'lchov asoslarini bilish, uni o'z mutaxassisligi doirasida tushunish va amaliy qo'llash "Metrologiya, standartlashtirish va sertifikatsiyalash" yo'nalishi bo'yicha bakalavriat bitiruvchilari uchun muhim omillardan biri bo'lib xisoblanadi.

"Radioo'lchov" fani texnika soxasi yo'nalishidagi bakalavrlar va muxandislar tayyorlashda o'tilishi lozim bo'lgan fanlardan xisoblanadi. Oliy ta'lim yuzasidan kelib chiqib, ushbu fan talabalarda Radioo'lchov bo'yicha zarur va yetarli bo'lgan asosiy tushunchalarni shakllantiradi.

"Radioo'lchov" fanini o'rganishdan maqsad: talabalarda har xil turdagi kattaliklar, parametrlar, modda, materiallarni xarakteristikalarini, texnologik jarayonlar, fizikaviy xodisalar bo'yicha informatsiya hosil qilish va shu maqsadda ishlatiladigan ko'rsatuvchi analog, raqamli va qayd qiluvchi (yozib oluvchi) o'lchash vositalari, o'zgartkichlarining ishlash prinsiplari hamda ularni amalda qo'llash borasida yetarli bilim va malakalarni hosil qilishdir.

Asosiy vazifasi esa talabalarni uzluksiz ta'lim tizimida "Radioo'lchov" bo'yicha tayyorlashdan kelib chiqqan xolda talabalarni maxsus fanlar va shu bilan bir qatorda boshqa umummuhandislik fanlarini ham to'liq o'rganishga undaydi.

Ushbu fanni o'rganish natijasida talabalar o'lchash haqidagi tushuncha, ta'riflar, elektroradioo'lchash usullari, xar xil parametrlar, kattaliklarni bilishi,

elektroradioo'lchash vositalari, ularning ishlanish prinsiplari, xarakteristikalarini bilishi,

elektrik, magnit, noelektrik va h.k kattaliklar bo'yicha informatsiya hosil qilish, vaqt bo'yicha o'zgaruvchan kattaliklarni qayd qilish (yozib olish) usullarini bilishi,

elektroradioo'lchash vositalarini amalda qo'llay bilishi,

O'lchash natijalarini baholay bilishi muxim hisoblanadi.

Bu hozirgi kunda, ayniqsa, ishlab chiqarishni boshqarishda fan va texnikaning rivojlanishida jahon andozalariga mos keluvchi mahsulotlarni ishlab chiqishda, uning raqobatbardoshligini ta'minlashda o'ta muhim masalalardan biri sanaladi.

Fan va texnikaning rivoji (taraqqiyoti) hamma vaqt o'lchashlar bilan chambarchas bog'liq bo'lib keladi va u o'zining rivojlanish tarixiga ega.

XX asrning ikkinchi yarmida xalq xo'jaligining barcha soxalaridagi ilm-fan, madaniyatning gurkirab rivojlanishi bejiz ilmiy-texnikaviy inqilob deb atalmagan. Ilg'or ilmiy yutuqlar fanga, bizning kundalik hayotimizga kirib kelib, shu darajada odatiy bo'lib qolganki, ko'pincha biz ularga e'tibor bermaymiz yoki sezmaymiz.

O'lchashlar xaqidagi fanning tarixi minglab yillarni tashkil etadi. O'lchashlarga bo'lgan extiyoj qadim zamonlarda yuzaga kelgan. Inson kundalik hayotida har xil kattaliklarni: masofalarni, yer maydonlarining yuzalarini, jismlarning o'lchamlarini va massalarini, vaqtini va h.k, bu jarayonlarning yuzaga kelish sabablarini, manbalarini bilmasdan, o'zining sezgisi va tajribasi asosida o'lchay boshlagan.

Eng qadimgi o'lchash birliklari - antropometrik, yani insonning muayyan a'zolariga muvofiqlikka yoki moyillikga asoslangan xolda kelib chiqqan o'lchash birliklari xisoblanadi. Masalan: Ladon - bosh barmoqni hisobga olmaganda qolgan to'rttasining kengligi, fut - oyoq tagining uzunligi, pyad - yozilgan va ko'rsatkich barmoqlar orasidagi masofa, qarich, quloq, qadam va xokazolar.

Asrlar o'ta bizga yetib kelgan ba'zi o'lchov birliklari hozirda ham ishlatiladi. Masalan, qadimgi "janubi-sharqda" "loviya doni", no'xotcha" ma'nosini bildirgan, turli qimmatbaho toshlarning o'lchov birligi sifatida ishlatilgan - karat, dorishunoslikda og'irlik birligi qilib qo'llanilayotgan, ingliz, fransuz, lotin va ispan tillarida "bug'doy doni" ma'nosini bildiruvchi - gran va xokazolar.

Ba'zi bir tabiiy o'lchovlar ham uzoq o'tmishga ega. Ularning dastlabkilaridan biri, hamma yerda ishlatiladigan vaqt o'lchovlaridir. Munajjimlarning ko'p yillik kuzatishlari natijasida qadimgi Vavilonda vaqt birligi sifatida yil, oy, soat tushunchalari ishlatilgan, Keyinchalik yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanishiga ketgan vaqtning $1/86400$ qismi sekund nomini olgan. Qadimgi Vavilonliklar bizning eramizgacha bo'lgan II asrdayoq vaqtni Minalarda o'lchashgan. Mina taxminan ikki astronomik soat vaqt oralig'iga teng bo'lib, bu vaqt mobaynida Vavilonda rasm bo'lgan suv soatidan massasi taxminan 500 grammga teng bo'lgan "mina suv" oqib ketgan. Keyinchalik mina o'zgarib, biz o'rganib qolgan minutga aylandi.

Vaqt o'tishi bilan suv soatlari o'z o'rnini qum soatlariga, ular ham vaqti kelib mayatnikli mexanizmlarga bo'shatib berdilar. Umrining deyarli 40 yilini mayatnikli soatlar yasashga, ularni takomillashtirishga bag'ishlagan Gyugens 1664 yil shunday deb yozgan edi: " ... men soatlarning sozlashning oson va qulay usulini topdim. Bundan tashqari, hamma davr uchun o'rinli hamda doimiy bo'lgan uzunlik o'lchoviga mutlaqo turg'un aniqlash kiritdimki, bu men uchun eng bebaho bo'lgan kashfiyotim tufayli topildi". Bu yerda gap tekis va bir xilda tebranuvchi matematik mayatnik to'g'risida ketayapti. Kichik tebranishlar uchun tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{L/g}.$$

bunda: L - mayatnik uzunligi; g - erkin tushish tezlanishi. Yuqoridagi formula negizida 1824 yili Angliyada uzunlik birligi yard qonuniy qabul qilingan.

Ma'lum bir o'lchashga bo'lgan ehtiyoj kishida ong shakllana boshlagan tosh asrlaridayoq paydo bo'lgan edi va insoniyat taraqqiyotining ilk davrlaridayoq "moddiy" o'lchashlar va o'lchov birliklarining katta ahamiyatini tushunib bilganlar.

Fan va texnikaning rivojlanishi har xil funksiyaviy kattaliklarning o'lchamlarini muayyan o'lchovlarga qiyoslab kiritishni taqozo eta boshladi.

Ishlab chiqari munosabatlarini rivojlanishi o'lchash vositalari va usullarini mukammallashtirishni talab eta boshladi. Bu borada erishilgan texnika yutuqlarining uchta asosiy bosqichlarini ajratib ko'rsatish mumkin:

ishlab chiqarish jarayonida qatnashadigan va stanoklarga biriktirilgan o'lchash vositalarining yaratilishini talab qiluvchi texnologik bosqich (manufaktura va mashina ishlab chiqarishning yuzaga kelishi);

ishlab chikarish jarayonlarini tezlashtirish sharoitida foydalanilayotgan o'lchash vositalarining aniqligi, ishonchliligi va unumdorligini keskin oshirishni talab qiluvchi energetik bosqich (bug' energiyasini ishlatish, ichki yonuv dvigatellarining yuzaga kelishi, elektr energiyasini ishlab chiqarish va ishlatish);

zamonaviy fan yutuqlarining barchasini o'lchash vositalarini tarkibiga kiritishni talab qilgan ilmiy - texnikaviy inqilob (fanni ishlab chiqarish bilan bog'lash va uni bevosita ishlab chiqaruvchi kuchga aylantirish) bosqichi. Bu bosqichning aloxida xususiyatlaridan biri ob'yektlar va jarayonlar holatini muayyan parametrlar yordamida umumiy baxolovchi o'lchash tizimlarini yaratish bo'lib, olingan natijalarni bevosita texnik tizimlarni avtomatik boshqarish uchun foydalanishdan iboratdir.

Amaliyot juda keng ko'lamdagi fizik kattaliklar qiymatini juda tez (sekundning milliarddan bir ulushlarida), yuqori aniqlikda (xatolik o'lchanayotgan qiymatning 10% dan kichik) va nafaqat inson sezgi organlari to'g'ri ilg'ay olmaydigan, balki hayot uchun sharoit bo'lmagan xolatlarda ham aniqlashni talab qiladi.

Hozirgi kunda fan va texnikaning rivojlanishi tufayli ilgari o'lchab bo'lmaydi deb hisoblangan kattaliklarni o'lchash va baholash imkoni yaratilmoqda. Masalan, Sankt -Peterburg aloqa instituti olimlari xidni o'lchash borasida bir muncha yutuqlarni qo'lga kiritganlar. Bu xususda Italiyalik buyuk olim Galileo Galileyning quyidagi so'zlarini eslab o'tish o'rinli bo'ladi: "O'lchash mumkin bo'lganini o'lchang, mumkin bo'lmaganiga esa imkon yarating".

Har xil kattaliklarni, masalan kondensatorning elektr sig'imi, nurlanish oqimi, erigan metalning temperaturasi, atomning magnit maydon kuchlanganligi va hokazolarni maxsus texnik vositalar -

o'lchash o'zgartkichlari, asboblari va tizimlaridan foydalanmasdan o'lchashni amalga oshirish mumkin emas. Bularning hammasi ongimizga, hayotimizga shunchalik singib ketganki, aksariyat hollarda biz ularning atrofimizda mavjud ekanligini sezmaymiz. Hamma joyda: ishlab chiqarishda, ilmiy laboratoriyalarda, uy - ro'zg'orda, dalada, kasalxonada, avtomobilda va h.k ular bizning beg'araz va tengsiz yordamchilarimizdir.

Shu boisdan, to'la ishonch bilan aytish mumkinki, o'lchash inson ongli hayotining asosini tashkil etadi. Bu borada ko'plab olimlar o'lchash texnikasining rivojiga munosib hissa qo'shganlar. Ular ichida birinchi navbatda quyidagilarni: Ahmad Farg'oniy, Abu Nasr Forobiy, Abu Rayhon Beruniy, Ulug'bek, Mixail Lomonosov, Dmitriy Mendeleyev va boshqalarni alohida ko'rsatish o'tish o'rinli bo'ladi. Ahmad Farg'oniyni "Miqyosi Nil", ya'ni Nil daryosining sathini tutash idishlar qonuniyati asosida o'lchash va uning natijasiga ko'ra yilning yog'ingarchiligi va uning ekin hosiliga ta'siri to'g'risidagi ma'lumotlari, Ulug'bekning "Zich jadvallari" da keltirgan, hozirgi kunlarda eng zamonaviy o'lchash qurilmalarida olingan natijalardan juda oz tafovut qiluvchi ma'lumotlari alohida tahsinga sazavordir. Bundan tashqari, Forobiyni astronomik kuzatishlar va o'lchashlar uchun maxsus asbob - usturlob yasash sirlari xususidagi qimmatli ma'lumotlari juda katta ham ilmiy ham falsafiy ahamiyatga egadir.

O'lchash texnikasi ehtimollar nazariyasi, boshqarish nazariyasi va boshqa ilmiy yo'nalishlar bilan birgalikda informatsion - o'lchash, ya'ni o'zida asosiy informatsiya olish imkonini beradigan vositalarni jamlagan (o'lchash, nazorat qilish, hisoblash, tashxis, umumlashtirish va tasvirlarni aniqlash), Radioo'lchov texnikasining rivojiga asos bo'ldi. Qo'yilgan muammolarning, ularni yechish usullari va olingan natijalarning har xilligidan qat'iy nazar, informatsiya olish mobaynida asosiy o'lchash, qayta ishlash, qabul qilish va biror jarayon yoki manba haqidagi ma'lumotni tasavvur amallarini bajarish ko'zda tutiladi.

Bugungi kunda ham olimlarimiz o'lchash nazariyasi, Radioo'lchov, va umuman o'lchash texnikasi rivoji ustida tinimsiz ilmiy izlanishlar olib borishmoqda.

Radioelektron qurilmalar va aloqa tizimlarini tadqiqot qilish, qayta ishlash, ishlab chiqarish va ekspluatatsiya qilishda, muhandislarning ishi radiotexnik kattaliklarni o'lchashlarning ko'p marotaba o'lchashlari bilan bog'liq bo'ladi.

O'lchashlarni qanchalik to'g'ri va tez o'tkazish, qayta ishlash muddatlari sifatli ko'rsatkichlari va qurilmalarning chidamliligi, hamda ularni yaratish va ulardan foydalanish harajatlar bilan bog'liqdir.

1-jadval

Aniqlangan signal	Oniy qiymatlari vaqtning istalgan vaqtda ma'lum bo'lgan signal
Asosiy kattalik	Kattaliklar tizimiga kiruvchi va shu tizimdagi boshqa kattaliklardan shartli ravishda mustaqil deb qabul qilingan kattalik
Bevosita baholash usuli	Kattalikning qiymati bevosita ishlovchi o'lchash asbobining sanash qurilmasi bo'yicha aniqlanadigan usuli
Bevosita baholash	Kattalikning bevosita o'lchovchi o'lchash asbobining sanash qurilmasi bo'yicha aniqlangan qiymati
Bevosita o'lchash	Kattalikning izlanayotgan qiymati bevosita tajriba ma'lumotlidan topiladigan o'lchash
Birtekis shkala	Bo'linmalari o'zgarmas uzunlikdagi shkala, ba'zi hollarda bo'linish qiymati o'zgarmas bo'lgan shkala
Birlamchi o'lchash o'zgartirgichi	O'lchanadigan kattalik berilgan o'lchov zanjiridagi birinchi o'lchash o'zgartkichi
Birlik etaloni	Birlikni uning o'lchamini qiyoslash sxemasi bo'yicha quyi turgan o'lchash vositalariga uzatish maqsadida ifodalash va (yoki) saqlashni ta'minlovchi maxsus spesifikasiya bo'yicha bajarilgan va belgilangan tartibda etalon sifatida rasmiy tasdiqlangan o'lchashlar vositasi (yoki o'lchash vositalari majmui)

Birlik etaloni	Birlikni qiyoslash bo'yicha quyida turgan o'lchash vositalariga uzatish maqsadida tiklash va takrorlash va saqlashni ta'minlovchi etalon sifatida rasmiy tasdiqlangan o'lchashlar vositasi yoki o'lchash vositalari majmuasi
Boshlang'ich namunaviy o'lchash vositasi	Metrologiya xizmati idorasi qiyoslash sxemasining yuqori talabiga mos keluvchi namunaviy o'lchov yoki namunaviy o'lchash asbobi
Daraja (kattalikning)	Fizik kattalik qiymatining tayanch qiymatga yoki shu kattalikni taqqoslash uchun tanlab olingan uzatish liniyasi nuqtasidagi qiymatga nisbatining logorifmi ko'rinishida ifodalangan fizik kattalik o'lchami
Daraja o'lchagichi	Halaqitlar mavjud bo'lgan sharoitda sinusoidal kuchlanishni chastotalarning muayyan tor polosasida o'lchash uchun mo'ljallangan asbob
Etalonlar	Fan va texnikaning eng yuksak saviyasida aniqliq bilan ishlangan namunaviy o'lchovlari
Fizik kattalikning asl qiymati	Bu xatoliklardan xoli bo'lgan qiymatdir. Fizikaviy kattalikning haqiqiy qiymati tajriba yo'li bilan topiladi va u kattalikning asl qiymatiga yaqin bo'lgan son qiymatiga ega
Garmonika	Amplituda va boshlang'ich fazasi mos holda argument ma'lum bir qiymatida davriy signalning amplituda va faza spektri qiymatlariga teng garmonik signal
Garmonikalar koeffitsiyenti	Berilgan davriy signal shaklining garmonika shaklidan farqini ifodalovchi, signalning birinchisidan tashqari barcha garmonikalari yigindisi o'rtacha kvadratik kuchlanishining birinchi garmonikaning o'rtachakvadratik kuchlanish nisbatiga teng koeffitsiyent

Ishchi o'lchash vositasi	Birliklar o'lchamini uzatish bilan bog'liq bo'lmagan o'lchashlar uchun qo'llaniladigan o'lchash vositasi
Metrologiya	O'lchash, usul va vositalarning birligini va talab qilingan aniqlikka erishish yo'llarini ta'minlaydigan fan
Namuna o'lchash vositalari	Ish o'lchash asboblari tekshirish va ularni o'zlari bo'yicha darajalashga xizmat qiladi
O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati	Yo'l qo'yilgan xatoliklar ta'sirida olingan natijalar qiymatidir
O'lchash	Maxsus texnik vositalar yordamida fizik kattaliklar qiymatlarini tajriba yo'li bilan topish demakdir
O'lchash vositasi	Normallashtirilgan metrologik tavsifga ega bo'lgan o'lchash asbobi. O'z navbatida, o'lchov, o'lchash o'zgartirgichlari, o'lchov asboblari, o'lchash axborot tizimi va qurilmalari kabi turkumlarga bo'linadi
O'lchash xatoligi	O'lchash natijasining o'lchanayotgan kattalikning asl qiymatini farqlanishidir
O'lchay aniqligi	O'lchanayotgan kattaligining haqiqiy qiymatlarga o'lchash natijalarining yaqinligini aks ettiruvchi o'lchash sifatidir
O'lchov	Berilgan o'lchamli fizik kattaliklarni qayta tiklash uchun mo'ljallangan o'lchash vositasi
O'lchov birligi	O'lchash natijasi ko'rsatilgan birlikda ifodalangan va o'lchash xatoligi berilgan ehtimollikda ma'lum bo'lgan o'lchash holatidir
O'lchovlar	Bir qiymatli, ko'p qiymatli va o'lchovlar to'plamidan iborat bo'ladi

Nazorat savollari

1. Insoniyat hayotida o'lchashning o'rmini tushuntirib bering.
2. Qadimda o'lchashlarning kelib chiqishiga qanday omillar sabab bo'lgan?
3. Radioo'lchov fani nimani o'rgatadi?
4. Radioo'lchov fani qaysi fanlar bilan bog'liq?
5. Qanday o'lchov kattaliklari va atamalarini bilasiz?

2-ma'ruza. O'lchash turlari, usullari va xatoligi

Reja:

1. Axborot, o'lchash axboroti, signal to'g'risida tushuncha.
2. O'lchash xatoligi va uni baholash.
3. Xatoliklar nazariyasining asosiy holatlari.

Tabiat qonunlari u yoki bu hodisa obyektlarining miqdoriy karakteristiklari orasidagi munosabatlar tarzida ifodalanadi. Bu miqdoriy karakteristikalar fizik kattaliklar deb ataladi.

Barcha fizik kattaliklarni ikki guruhga ajratish mumkin o'lchash mumkin bo'lgan kattaliklar (uzunlik massa) va formulalar asosida hisoblash mumkin bo'lgan fizik kattaliklar (hajm zichlik va hokazo).

Fizik kattaliklarni o'lchash uchun birliklar tanlab olinadi. O'lchash mumkin bo'lgan fizik kattaliklarning birliklari etalonlarga ega. Fizik kattaliklarning qiymati deganda mazkur kattalik etalondan (uning nusxasidan) necha marta farqlanishini ko'rsatadigan son tushuniladi.

Formulalar asosida hisoblash mumkin bo'lgan fizik kattaliklarning birliklari etalonlarga ega emas. Ularni etalonlarga ega bo'lgan birliklari orqali ifodalanadi.

Lekin sobiq Ittifoq Davlat standartlarining 1979 yil 6 apreldagi 113-qaroriga asosan 1980 yilning 1 yanvaridan boshlab ST SEV 1052-78» Metrologiya. Fizik kattaliklarning birliklari» davlat standarti tariqasida qo'llanilishi nazarda tutilgan mazkur standart fizik kattaliklar birliklarining xalqaro sistemasi (SI) dan foydalanishni joriy etdi. SI da 7 ta birlik asosiy birlik sifatida va 2 ta birlik qo'shimcha birlik sifatida qabul qilingan.

Turli kattaliklar orasidagi bog'lanishganishni ifodalovchi tenglamalarga tayangan holda asosiy birliklardan hosilaviy birliklar keltirilib chiqariladi.

ST SEV 1052-78 ga asosan SI birliklardan o'nga karrali tarzda hosil qilingan birliklardan foydalanishga ruxsat etiladi. Bunday birliklarni hosil qilish uchun fizik kattaliklarning SI dagi birligiga quyidagi jadvalda keltirilgan o'nga karrali old qo'shimchalar qo'shilishi kerak.

2-jadval

Nomi	belgisi	karraligisi	Ma'nosi
tera	T	10^{12}	trillion
giga	G	10^9	milliard
mega	M	10^6	million
kilo	K	10^3	Ming
gekto	G	10^2	Yuz
deka	D	10	O'n
desi	D	10^{-1}	o'ndan bir
santi	S	10^{-2}	yuzdan bir
milli	M	10^{-3}	Mingdan bir
mikro	Mk	10^{-6}	milliondan bir
nano	N	10^{-9}	milliarddan bir
piko	P	10^{-12}	trilliondan bir

ST SEV 1052-78 standartda SI birliklari bilan xuquqli ravishda sistemaga kirmagan ba'zi birliklardan foydalanishga ruxsat etilgan.

Bugungi kunda O'zDST 8.012.10. kattaliklar davlat standartibarcha sohalarda keng qo'llanilmoqda.

Fan va texnikaning hamda iqtisodiy aloqalarning rivojlanishi o'lchov birliklarini xalqaro masshtabda yagonaligi bilan ta'minlashga olib keldi.

Amaliyotda qulay va o'lchashning turli sohasini o'z ichiga oluvchi yagona birliklar tizimi talab qilindi. Bundan birliklar tizimining loyihasi o'lchovlar va ogirliq (1960) XI General konferensiyasida tasdiqlandi.

Birliklarning yagona xalqaro tizimi qisqacha SI (SI) – «System international» degan nomni oldi.

GOST 8.417-81 ga muvofiq SI tizimi 7 ta fizikaviy kattalikdan iborat.

Elektr o'lchashlarda tizimga kirmagan logarifmik birliklardan keng foydalaniladi.

Logarifmik birliklardan ko'pincha quvvat, kuchlanish va tok bo'yicha uzatish darajalari aniqlanadi.

Xalqaro sistema (SI)da fizik kattaliklarning o'lchov birliklari

Asosiy birliklar

Kattalik	O'lchov birligi		
	Nomi	Belgisi	Ta'rifi
1	2	3	4
Uzunlik	metr	m	Asosiy birliklar Krypton-86 atomining $2R_{10}$ va $5d_5$ satxlari orasidagi o'tishga mos bo'lgan vakuumdagi nurlanishning 1,650,763,73 to'liq uzunligi 1 metr deb qabul qilingan.
Massa	kilogramm	kg	Xalqaro kilogramm prototipining massasini 1 kilogramm deb qabul qilingan.
Vaqt	sekund	s	Seziy-133 atomi asosiy holatining ikki o'ta nozik sathlari orasidagi o'tishga mos bo'lgan 9,192,631,770 nurlanish davri 1 sekund deb qabul qilingan.
Elektr tokning kuchi	amper	A	Amper-vakuumba bir biridan 1 metr masofada joylashgan ikki parallel cheksiz uzun va kesimi juda kichik to'g'ri o'tkazgichlardan tok o'tganda o'tkazgichning har 1 metr uzunligida $2 \cdot 10^{-7}$ N o'zaro ta'sir kuchi hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchidir.
Termodinamik temperatura	kelvin	K	Suvning uchlanma nuktasini harakterlovchi termodinamik temperaturaning $1/273,16$ ulushi 1 kelvin deb qabul qilingan.
Modda miqdori	mol	mol	Uglerod-12 ning 0,012kg massasidagi atomlar soniga teng element (masalan, atom, molekula, ion,) lardan tashkil topgan sistemadagi modda miqdori 1 mol deb qabul qilingan.
Yorug'lik kuchi	kandela	kd	101325Pabosimostidagi platinaning qotish temperaturasi ga teng temperaturadagi to'lanurlanishning $1/600000$ m ² yuzidan perpendikulyar yo'nalishdagi qari layotgan yorug'lik kuchi 1 kandeladeb qabul qilingan.
Qo'shimcha birliklar			
Yassi	radian	Rad	Uzunligi radiusiga teng yoyga (aylana

burchak			yoyiga) tiraluvchi markaziy burchak 1 radian deb qabul qilingan.
Fazoviy burchak	steradian	Sr	Uchi sfera markazida bo'lgan va shu sfera sirtidan radius kvadratiga teng yuzli sirtini ajratadigan fazoviy burchakni 1 steradian deb qabul qilingan.

Hosilaviy birliklar

Yuza	metr kvadrat	m^2	$1m^2$ -tomonlarining uzunligi 1m dan bo'lgan kvadratning yuzi
Hajm	metr kub	m^3	$1m^3$ kirralarning uzunligi 1 metrdan bo'lgan kubning hajmi
Elektr zaryad miqdori	kulon	Kl	1 Kl-tok kuchi 1 A bo'lgan ko'ndalang kesimdan 1 s davomida o'tgan elektr zaryad miqdori.
Elektr qarshilik	om	Om	1 Om-ikki uchidagi potentsiallar farqi (kuchlanish) 1V bo'lganda 1A tok o'tadigan o'tkazgichning elektr qarshiligi.
Elektr kuchlanish	volt	V	1V-o'zgaras tok kuchi 1A bo'lgan holda elektr zanjirning 1Vt quvvat sarflanadigan qismidagi kuchlanish.
Elektr sig'im	farad	F	1F-1Kl zaryad berilganda potentsiali 1Vga ortadigan o'tkazgichning elektr sig'imidir.
Induktivlik	genri	Gn	1 Gn-shunday o'tkazgich (konturning induktivligiki, undan 1A tok o'tganda vujudga keladigan to'la magnit oqim 1Vb ga teng bo'ladi.
Magnit induksiyasi	tesla	Tl	1 Tl-yuzi $1m^2$ li ko'ndalang kesimdan 1 Vb ga teng magnit oqim o'tadigan holdagi magnit induksiyadir.
Magnit oqim	veber	Vb	1 Vb-shunday magnit oqimki, uning nolgacha kamayib borish jarayonida mazkur magnit oqim bilan tutungan elektr qarshiligi 1 Om bo'lgan elektr zanjirning ko'ndalang kesimidan 1 Kl elektr zaryad o'tadi.
Quvvat	vatt	Vt	1Vt-1s davomida 1J ish bajaradigan mashina (yohud ish bajaruvchi)ning quvvati.
Ish (el.energiya)	joul	J	1J-1N kuch ta'sirida jismni (ta'sir etuvchi kuch yo'nalishida) 1m masofaga ko'chirishda bajarilgan ish.
Issiqlik miqdori	joul taqsim kelvin	J/K	1 J/K –shunday sistemaning issiklik sig'imiki, bu sistemaga 1 J issiklik miqdori berilganda uning temperaturasi 1K ga ortadi.

Tizimdan tashqari bo'lgan birliklar aloqa texnikasida keng qo'llaniladi. Masalan: bu birliklardan to'rtqutblilarning uzatish parametrlari, halaqitlarni miqdoran baholashda, nochiziqli buzilishlar, shovqin, uzatish traktining moslik darajasini aniqlashda va uzatish tizimlarining darajalar diagrammasini qurishda foydalaniladi. 1970 yildan boshlab yagona logarifmik birlik Aleksandr Greyhyem Bell telefon ixtirochisining sharafiga «Bell» kiritildi, amalda boshqa logarifmik birlik «Neper» ham ishlatiladi.(GOST 24204-80)

Ular orasida quyidagi munosabat mavjud:

$$1Np=8,686\text{ dB}$$

$$1dB=0,115Np$$

Uzatish darajasi R bilan belgilanadi va uning yordamida «Nep va «dB» larda kuchlanish, tok va quvvat baholanadi. Simli aloqa texnikasida o'lchashning absolyut, nisbiy va o'lchash darajalari mavjud.

Uzatishning absolyut va nisbiy darajalaridan darajalar diagrammasini qurishda foydalaniladi.

Har qanday o'lchash olib borilganda turli sabablarga ko'ra o'lchanayotgan kattalikning qiymati asl qiymatiga nisbatan cheklanishi mumkin.

O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatidan cheklanishi – **o'lchash xatoligi** deb aytiladi.

O'lchash xatoliklari quyidagicha klassifikatsiyalanadi:

1.Xatoliklar namayon bo'lishi harakteriga ko'ra (muntazam, tasodifiy va ko'pol xatoliklar).

2.Sonli ifodalanish usuliga ko'ra (absolyut, nisbiy va keltirilgan xatoliklar).

3.Kirish kattaligining vaqt bo'yicha o'zgarish harakteriga ko'ra (statik va dinamik).

4.O'lchanayotgan kattalikka bog'liqligiga ko'ra (additiv va multiplikativ).

5.Atrof muhit parametrlarining ta'siriga ko'ra (asosiy va qo'shimcha).

Muntazam xatolik deyilganda, faqat bitta kattalikni qayta-qayta o'lchaganda o'zgarmas bo'lib qoladigan yoki biror qonun bo'yicha o'zgaradigan o'lchash xatoligi tushuniladi. Ular aniq qiymat va

ishoraga ega bo'ladi, ularni tuzatmalar kiritish yo'li bilan yo'qotish mumkin.

Kattalikni o'lchash natijasida olingan qiymatga muntazam xatolikni yo'qotish maqsadida qo'shiladigan qiymat tuzatma deyiladi.

Xatoliklar:

- a) instrumental (o'lchash asboblari);
- b) o'lchash usuli;
- v) subyektiv (noaniq o'qish);
- g) o'rnatish;
- d) uslubiy xatoliklarga bo'linadi.

Instrumental xatolik deyilganda, qo'llanilayotgan o'lchash asboblari xatoliklarga bog'liq bo'lgan o'lchash xatoliklari tushuniladi, bu xatolik tuzatma kiritish usuli bilan yo'qotiladi. Texnik o'lchash asboblarning instrumental xatoliklarini yo'qotib bo'lmaydi, chunki bu asboblarni tuzatmalar bilan ta'minlanadi.

O'lchash usuli xatoligi, deyilganda usulning takomillashmaganligi natijasida kelib chiqadigan xatolik tushuniladi. Bu xatolik o'lchash vositasi, xususan, o'lchash qurilmasi, ba'zida esa, o'lchash natijasi xatoliklarini baholashda e'tiborga olinishi lozim.

Subyektiv xatoliklar – kuzatuvchining shahsiy xususiyatlaridan masalan, biror signal berilgan paytni qayd qilishda kechiqish yoki shoshilishdan, shkala bir bo'lim chegarasida ko'rsatuvni noto'g'ri yozib olishdan, paralaksandan va xokazolardan kelib chiqadi.

O'rnatish xatoligi – o'lchash asbobi ko'rsatkichining shkala boshlang'ich belgisiga noto'g'ri o'rnatilishi natijasida yoki o'lchash vositasini e'tiborsizlik bilan, masalan, vertikal yoki gorizontal bo'yicha o'rnatilmasligi natijasida kelib chiqadi.

O'lchash metodikasixatoliklari - kattaliklarni o'lchash shartlari metodikasi bilan bog'liq bo'lgan va qo'llanayotgan o'lchash asboblari bog'liq bo'lmagan xatoliklardan iborat. Ayniqsa, aniq o'lchashlarni bajarishda o'lchash natijasida muntazam xatoliklar anchagina buzishi mumkin.

Tasodifiy xatolik deyilganda, faqat, bitta kattalikni qayta-qayta o'lchash mobaynida tasodifiy o'zgaruvchi o'lchash xatoligi tushuniladi. Bu xatolik borligini faqat bitta kattalikni bir xil sinchkovlik bilan qayta-qayta o'lchagandagina sezish mumkin.

Agar har bir o'lchash natijasi boshqalaridan farq qilsa, u holda tasodifiy xatolik mavjud bo'ladi. Shu xatoliklarni baholash ehtimollar nazariyasi va matematik statistika nazariyasiga asoslangan bo'lib, ular

o'lchash natijasi o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinlashishi darajasini baholash metodlarini, xatolik ehtimoliy chegarasini baholash imkonini beradi, ya'ni natijani aniqlash, boshqacha aytganda, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga anchagina yaqin qiymatini topish va bir karrali kuzatish natijasini topish imkonini beradi.

O'lchashning qo'pol xatoligi deyilganda, berilgan shartlar bajarilganda kutilgan natijadan tubdan farq qiladigan o'lchash xatoligi tushuniladi.

Yuqorida aytilgandek o'lchash natijasi hech qachon absolyut aniq yoki fizik kattalikning asl qiymatiga teng bo'lmaydi. Bunga ko'p omillar sabab bo'ladi.

2. Agar xatolik o'lchanayotgan kattalikning o'lchov birliklarda ifodalangan bo'lsa, bunday xatolik absolyut yoki mutlaq xatolik deyiladi.

$$\Delta A = A_{o'lch} - A_{haq}; \quad (1)$$

Amalda o'lchashning nisbiy xatoligidan ko'p foydalaniladi. Nisbiy xatolik – absolyut xatolikning o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy yoki o'lchanayotgan qiymatga nisbatidir:

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_{haq}} \cdot 100\% = \frac{A_{o'lch} - A_{haq}}{A_{haq}} \cdot 100\% \quad (2)$$

O'lchash vositalarining xatoliklari quyidagilardir:

1. Absolyut xatolik;
2. Nisbiy xatolik;
3. Kelitirilgan xatolik.

O'lchash asbobining xatoligi deb, asbobning ko'rsatishi bilan o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati orasidagi farqqa aytiladi:

$$\Delta A = A_{o'lch} - A_{haq} = \pm \Delta A \quad (3)$$

Bunda xatolar musbat yoki manfiy ishorasi bilan kattalikning birliklarida ifodalanadi.

Absolyut xatolikning kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbati nisbiy xatolik deb ataladi va % larda ifodalanadi.

Amalda keltirilgan xatolik deb, nomlangan, ya'ni absolyut xatolik asbobining o'lchash chegarasiga (diapazoni) bo'lgan nisbatidan foydalaniladi. Xatolik qiymati o'lchash asbobi aniqligini, demak, o'lchash natijasini ham xarakterlaydi.

$$\delta = \frac{\Delta A}{A_{haq}} \cdot 100\%; \quad \gamma_{kel} = \frac{\Delta A}{A_{max}} \cdot 100\%; \quad [A_{max}] \text{ yoki } [A_{nam}] \quad (4)$$

O'lchashlar aniq bo'lishi uchun xatosi kichik asboblardan foydalaniladi. Ba'zan kattalikning haqiqiy qiymatini topish uchun asbob ko'rsatishi tuzatish koeffitsiyentiga ko'paytiriladi.

$$A_{haq.yoki o'lch} = K_{max} \quad (5)$$

Keltirilgan xatolik γ_{kel} – asbobning aniqlik sinfini $K_{a.c.}$ xarakterlaydi.

DST (22261-82;8,009-84)ga binoan aniqlik sinfining quyidagi qatori mavjuddir: (1.0; 1,5;2.0;2,5;4.0;5.0;6.0)*10ⁿ nk(1.0;-1;-2).

Aniqlik sinfi va keltirilgan xatolik orasidagi ushbu munosabat o'rinli:

$$K_{a.c.} \geq |\gamma_{kel}| \quad (6)$$

Masalan: keltirilgan xatolik $\gamma_{kel} \approx 0,22$ bo'lsa, bu o'lchash vositasiga $K_{a.c.}=0,25$ aniqlik sinfi beriladi.

3. O'lchanayotgan kattalikka bog'liqligi hisobga olingan xolda xatolik additiv (absolyut) va multiplikativ xatoliklarga ajratiladi.

Additiv xatolik o'lchanayotgan kattalikka bog'liq emas, multiplikativ xatolik esa o'lchangan kattalikka proporsionaldir.

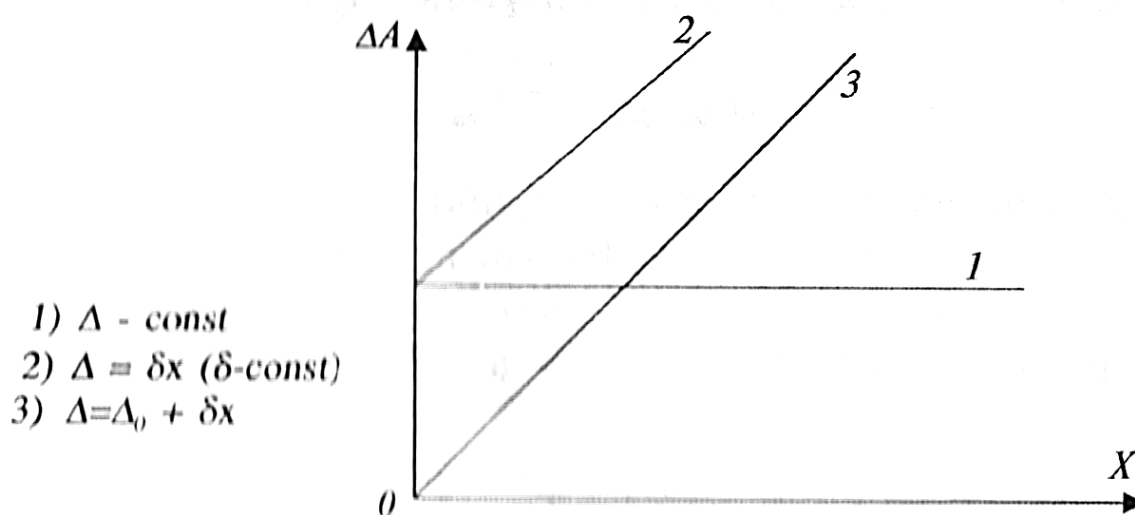
Additiv xatolik «O» ning xatoligi, multiplikativ xatolik esa sezgirlik xatosi deb aytiladi. Amalda o'lchash vositasi ikkala xatolikni o'z ichiga oladi.

Agar xatolikning qiymati diapazon bo'yicha doimiy bo'lsa (1-chiziq), o'lchash vositasining bunday xatosi additiv xatosi deyiladi. Agar o'lchash vositasi faqat additiv xatolikka ega bo'lsa, unda asbobning xatoligi absolyut xatolik bilan normalanadi. Multiplikativ xatolik o'lchanayotgan kattalikka bog'liq holda chiziqli ravishda o'sib boradi, shunga ko'ra, nisbiy qiymat (2-3-to'g'ri chiziq) diapozonda

doimiy bo‘lib qoladi. Shuning uchun bu xatolik nisbiy xatolik tarzida normallashtiriladi (1-rasm).

Multiplikativ xatolik noxiziqli elementli qurilmalarda paydo bo‘ladi. Masalan: AChTning o‘lchashida multiplikativ xatolik paydo bo‘ladi.

Ko‘rsatkichli asboblarda uchun nisbiy xatolik 0,5-0,6% foizni tashkil qiladi.



1-rasm. Xatolikning o‘lchash diapazoni bo‘yicha o‘zgarishi.

4. O‘lchash vositalari statik yoki dinamik ish tartibida ishlatilishi mumkin.

Statik tartibida o‘lchanayotgan kattalik vaqt bo‘yicha o‘zgarmaydi. Dinamik rejimda o‘lchanayotgan kattalik vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Shunga ko‘ra, ular o‘lchash vositalarining statik xatoligi va dinamik tartibidagi xatoligi deb yuritiladi.

5. Asosiy va qo‘shimcha xatoliklar. Asosiy xatoliklar: Harorat, atmosfera bosimi va havoning nisbiy namligi.

Qo‘shimcha xatoliklar: ta‘minlash kuchlanishi, elektr tarmoq kuchlanishi, halaqitlar, magnit maydoni kuchlanganligi. O‘lchash vositasi o‘lchash o‘tkazilayotgan zanjir bilan o‘zaro ta’sirlashadi. O‘lchash vositasi va elektr zanjirining bir-biriga ta’siri usuliy xatoliklarning paydo bo‘lishiga sabab bo‘ladi.

a_1 – asbob shovqini va uning elementlarining eskirishi;

a_2 – ishlab chiqarishda parametrlarning chetlanishi;

a_3 – atrof-muxit parametrlarining ta’siri.

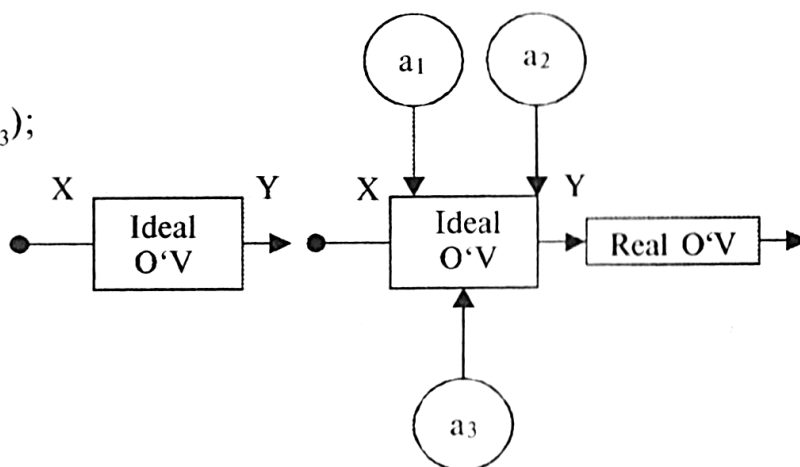
$$Y_{\text{ideal}} = KX$$

$$Y_{\text{real}} = KX + f(a_1, a_2, \dots, a_3);$$

$$\Delta = Y_{\text{real}} - Y_{\text{ideal}}$$

$$\Delta = \pm(a_1, a_2, \dots, a_3);$$

$Y = KX$
O'lchash natijasi



2-rasm. Tashqi omillarning o'lchash vositalariga ta'siri.

Nazorat savollari

1. Axborot va signal deganda nimani tushunasiz?
2. Axborot uzatishda qaysi kattalikdan foydalaniladi?
3. Qahday fizik kattaliklarni bilasiz?
4. Qanday o'lchash xatoliklari mavjud?
5. Additiv va multiplikativ xatoliklar deganda qanday xatoliklar tushuniladi?

3-ma'ruza. O'lchash xatoliklari va ularning klassifikatsiyasi

Reja:

1. O'lchash xatoliklari va ularning klassifikatsiyasi.
2. Asosiy va qo'shimcha xatoliklar, absolyut va nisbiy, sistematik, tasodifiy va qo'pol xatoliklar.
3. Dinamik xatoliklar.

Turkumlash o'lchanadigan turli kattaliklar uchun turlicha bo'lgan umumiy belgilar bo'yicha amalga oshiriladi.

- a) xarakter bo'yicha;
- b) o'lchash usullari bo'yicha;
- c) o'lchash natijalarini ifodalash usullari bo'yicha;
- d) foydalanilgan o'lchash usuli bo'yicha.

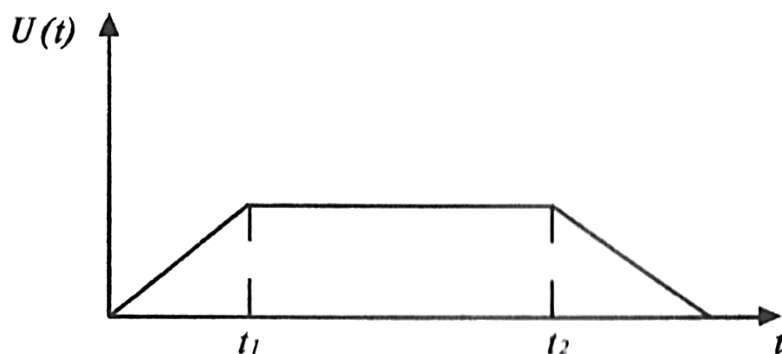
O'lchanayotgan kattalikning vaqtga bog'lanish'liqligi harakteri bo'yicha o'lchashlar statik va dinamik bo'ladi.

Statik o'lchash, bunda o'lchanayotgan kattalik o'zgarmas bo'ladi.
M: termostat.

Dinamik o'lchash, bunda o'lchanayotgan kattalik *vaqtga* bog'liq bo'ladi.

Masalan:

Elektr kuchlanishining vaqtga bog'liqligi.



3-rasm. Kattalikning vaqtga bog'liqligi.

O'lchash turi bo'yicha: bevosita, bilvosita, birgalikda va birlashtirib. O'lchashusullari bo'yicha;

O'lchanayotgan kattalikning son qiymati bevosita, bilvosita, birlashtirib va birgalikda o'lchash turlari yordamida topiladi.

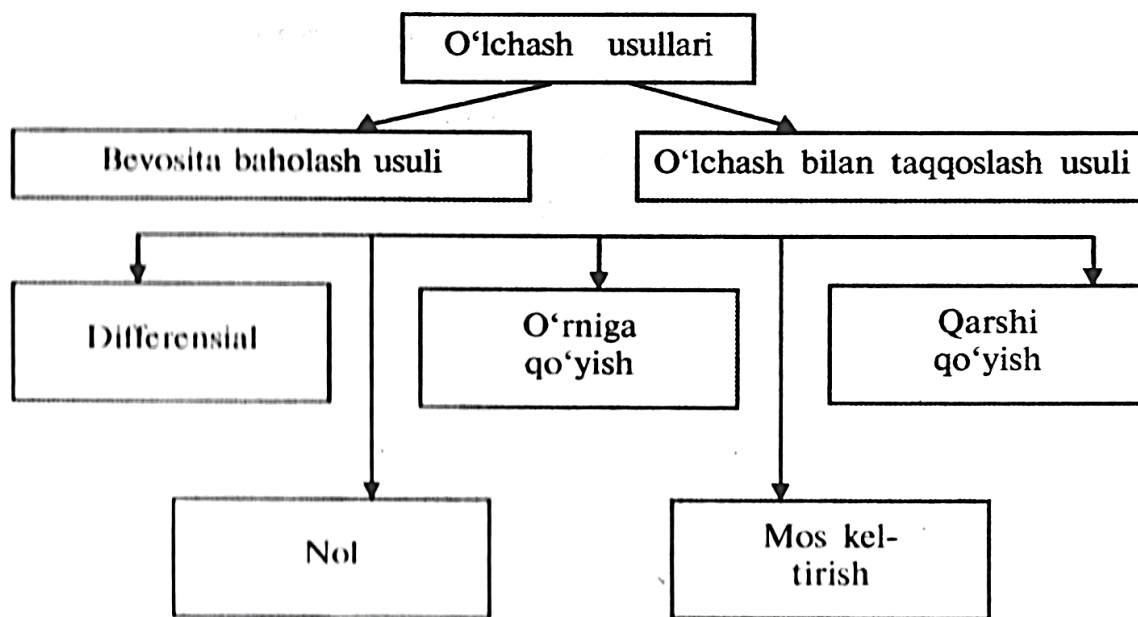
Laboratoriya amaliyotiga va ilmiy tekshirishlarda birlashtirib vabirgalikda o'lchash usullaridan foydalaniladi.

Bevosita o'lchash deb shunday o'lchashga aytiladiki, unda o'lchanayotgan kattalikning izlanayotgan qiymati tajriba ma'lumotlaridan bevosita aniqlanadi.

Masalan: - voltmeter bilan manbaning kuchlanishini vaampermetr bilan tok kuchining kattaligini o'lchash.

Bilvosita o'lchash deb shunday o'lchashga aytiladiki, unda o'lchash natijasi o'lchanayotgan kattalik bilan ma'lum munosabat yordamida bog'lanish'langan kattaliklarni bevosita o'lchashga asoslangan bo'ladi. Bilvosita o'lchashda o'lchanayotgan kattalikning qiymati quyidagi tenglamani yechish yo'li bilan topiladi.

$$X=F(x_1,x_2x_3..... x_n) \quad (7)$$



4-rasm. O'lchash usullarining tavsniifi.

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ - bevosita o'lchash bilan olingan kattaliklar qiymati. Masalan: R-rezistorning qarshiligi ushbu tenglamadan topiladi.

$$R_x = U_x / I_x \quad (8)$$

Unga rezistordagikuchlanishing tushgan qiymati va rezistordan o'tgan tokning qiymati qo'yiladi. Birlashtirilib o'lchash bir nechta bir komli kattaliklarni bir vaqtda o'lchashdan iborat bo'lib, unda izlangan kattaliklarning qiymatlari bevosita o'lchashda xosil qilingan tenglamalar tizimidan topiladi.

Masalan: Uchburchak usulida ulangan rezistorlarning qarshiligini o'lchaganda uchburchakning turli uchlaridagi qarshiliklar o'lchanadi va uch o'lchov natijalari asosida rezistorlarning qarshiliklari aniqlanadi.

Birgalikda o'lchash deb, bir vaqtda ikki yoki bir necha turli nomli kattaliklarni ularning orasidagi funksional bog'lanishlarni, munosabatlarni topish uchun olib borilgan o'lchashlarga aytiladi va bunda tenglamalar sistemasi yechiladi.

$$\begin{aligned}
 F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, x_1', x_2', x_3', \dots, x_m') &= 0 \\
 F(x_1, x_2, x_3, x_n, x_1', x_2', x_3', x_m') &= 0 \\
 F(x_1, x_2, x_3, x_n, x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, x_3^{(n)}, x_m^{(n)}) &= 0
 \end{aligned} \quad (9)$$

x_1, x_2, x_3, x_n - noma'lum kattaliklar

$x_1, x_2, x_3, x_m ; x_1^{(n)}, x_2^{(n)}, x_3^{(n)}, x_m^{(n)}$ – oʻlchangan kattalik qiymati.

Birgallikda oʻlchashga misol: Rezistor qarshiligining haroratga bogʻliqligini aniqlash:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (10)$$

3 ta turli haroratda rezistor qarshiligi oʻlchanadi va uchta tenglamali sistema tuziladi, ulardan R , A va V bogʻlanish parametrlari topiladi.

R - 20°C dagi qarshilik;

A, V -temperatura koeffitsiyenti;

t - atrof muhit harorati.

Oʻlchash prinsipini va vositasini belgilab beradigan usullaroʻlchash usuli deb ataladi. Oʻlchashlarda quyidagi usullardan foydalaniladi.

1-bevosita, yaʼni toʻgʻridan-toʻgʻri baholash usuli.

2-Oʻlchov bilan taqqoslash quyidagi usullarni oʻz ichiga oladi:

a) differensial (ayirmali) usul.

b) nol (kompensasion) usul

v) oʻrniga koʻyish usuli

g) moslashtirish usuli (mos keltirish).

Bevosita baholash usuli - bu usulda kattalikning qiymati oʻlchov asbobining sanoqqurilmasidan bevosita aniqlanadi.

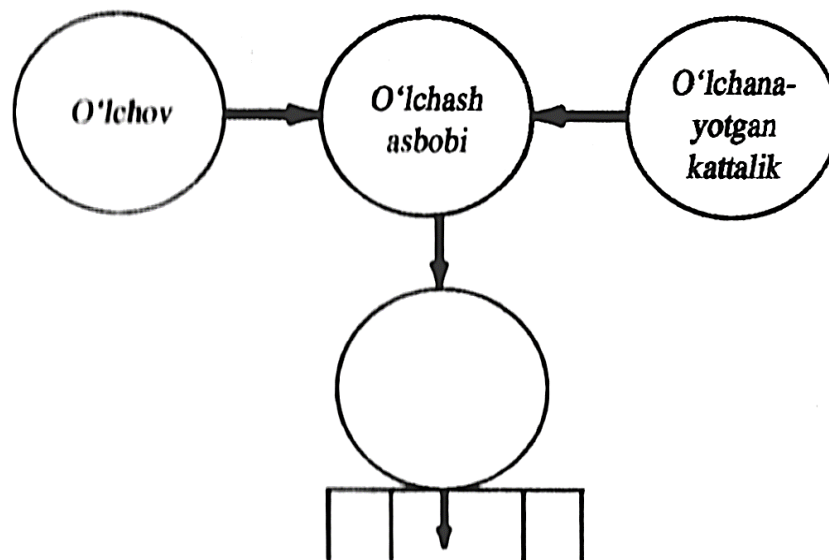
Masalan: Tok kuchi ampermetr bilan, kuchlanish voltmeter bilan oʻlchanadi, lekin aniqligi yuqori emas koʻrsatkichli asboblarda shu usul asosan qurilgan.

Oʻlchov bilan taqqoslash usuli:

a) differensial usul yoki ayirmali usul bu usul oʻlchanayotgan va maʼlum kattaliklarning ayirmasini oʻlchashi harakterlaydi, yaʼni kattaliklar orasidagi farq oʻlchash asbobiga taʼsir koʻrsatadi.

Agar $X = X_0 + \Delta$ va $\Delta = 0$ boʻlsa differensial usul «nol» usulga aylanadi.

Bu usul oʻlchov asboblarini tekshirishda keng qoʻllaniladi. Uncha aniq bulmagan oʻlchash asboblaridan foydalanilganda ham yuqori aniqliqda natijalar olish imkoni mavjud.



5-rasm. Differensial usul chizmasi.

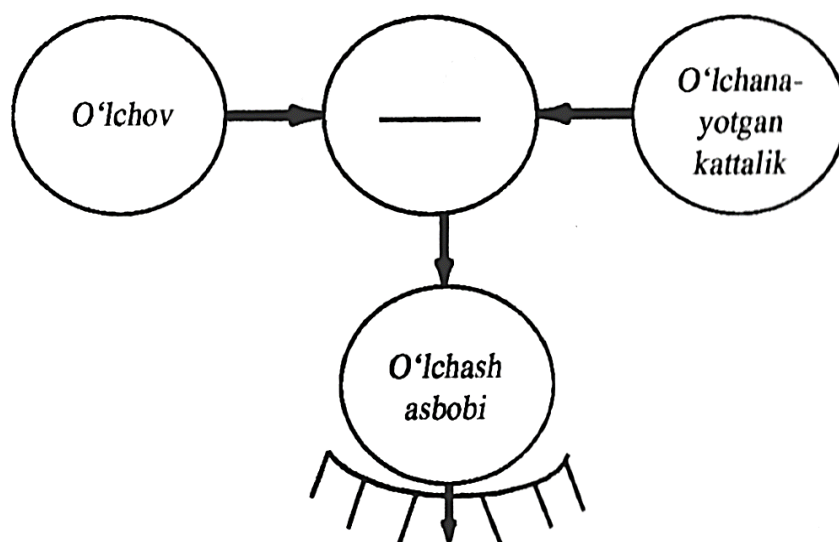
Masalan: Tok va kuchlanish o'lchov transformatorlarida. Elektro'lchov texnikasida keng foydalaniladigan o'zgaruvchan va o'zgarmas tok ko'priklarning ishi shu usulga asoslangandir.

Nol usulida o'lchash yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Masalan: Elektr qarshilikli ko'prik yordamida o'lchash.

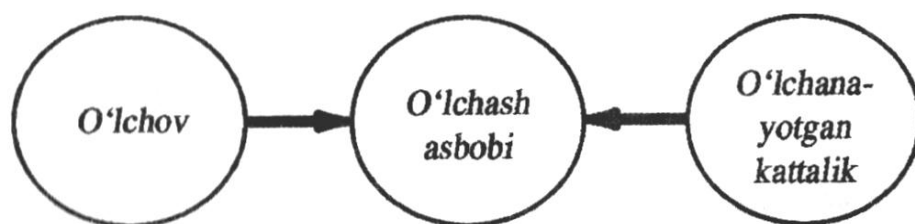
Nol **muvozanatlash** usulda o'lchanayotgan kattalik o'lchov bilan taqqoslanadi, ammo ular orasidagi ayirma qiymati ma'lum bo'lgan kattalikni o'zgartirish usuli bilan nolga keltiriladi.

Qarshi qo'yish usuli. O'lchanayotgan va qiymati ma'lum kattalik bir vaqtda taqqoslash asbobiga ta'sir ko'rsatadi va bu ta'sir yordamida bu kattaliklar orasidagi munosabat tiklanadi.

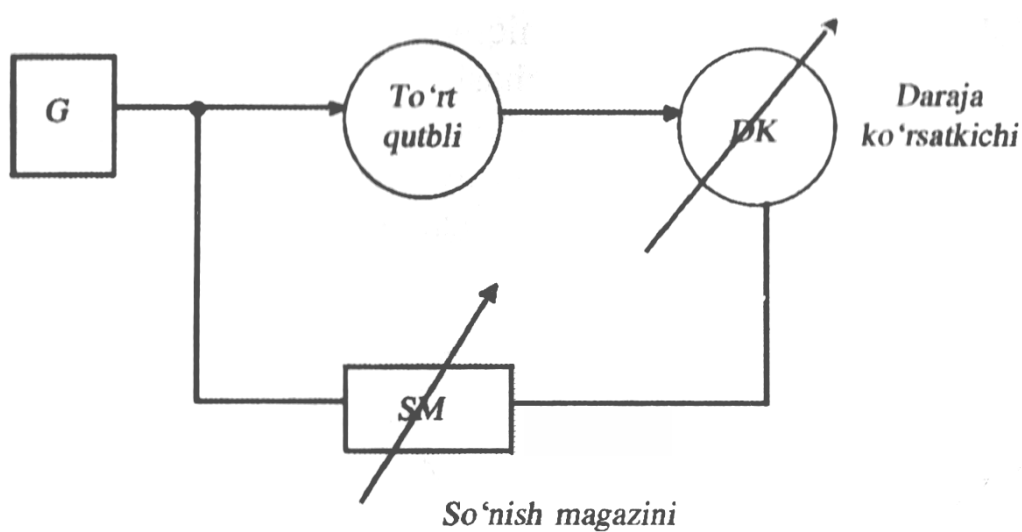
O'rniga qo'yish usuli - dastlab o'lchash qurilmasiga parametri noma'lum bo'lgan o'lchanayotgan element o'lanadi va asbobniig ko'rsatishi yozib olinadi. Keyin esa bu element o'rniga boshqa ma'lum parametrli element ulanadi va uning qiymati o'lchash asbobining dastlabki ko'rsatkichiga tenglashguncha o'zgartiriladi. Bu xolda o'lchangan va ma'lum kattalik qiymatlari bir-biriga teng bo'ladi.



6-rasm. Qarshi qo'yish usuli.



7-rasm. Qarshi qo'yish usuli.



8-rasm. O'rniga qo'yish usuli bilan to'rtqutblining parametrlarini o'lchash chizmasi.

Moslashtirish yoki mos keltirish usulida-o'lchangan kattalikning qiymati signal belgi va boshqa xususiyatlarning mos kelishi bilan aniqlanadi.

Barcha o'lchashlar analog - uzluksiz va uzlukli o'lchashlarga bo'linadi.

Analog - uzluksiz o'lchashda o'lchayotgan kattalikning qiymati uzluksiz ravishda qayd qilinadi.

Uzlukli - diskret o'lchashida esa o'lchashlar natijasi faqat ayrim vaqt momentlarida qayd qilinadi.

Nazorat savollari

1. O'lchash qanday turlarga va usullarga bo'linadi?
2. Differensial usul qanday amalga oshiriladi?
3. Muvozanatlash usuli qanday amalga oshiriladi?
4. Qarshi qo'yish usuli qaysi xolatlarda qo'llaniladi?
5. O'rniga qo'yish usuli qanday parametrlarni o'lchash uchun qulay hisoblanadi?

4-ma'ruza. Bevosita va bilvosita o'lchashlar

Reja:

1. O'lchash xatoligini baholash.
2. Bevosita va bilvosita o'lchashlardagi xatoliklarni hisoblash, ularni kamaytirish yo'llari.

Umuman o'lchash juda xilma-hil yo'sinda o'tkazilishi mumkin. Bu, albatda, o'lchanadigan elektrik va noelektrik kattaliklarning ko'pligiga ularning vaqt bo'yicha xar hil xarakterda o'zgarishiga, o'lchash aniqligiga, qo'yiladigan xar hil talablarga va o'lchash natijalarining xar hil yo'l bilan olinishiga bog'liqdir.

Metodologik nuqtai nazaridan o'lchash natijasi qanday usulda olinishiga qarab, o'lchash quyidagi turlarga bo'linadi:

1. Bevosita
2. Bilvosita
3. Birgalikda

Bevosita o'lchash - qachonki, natija bevosita tajriba orqali olinsa, bunda bevosita o'lchashni quyidagi formula orqali ifodalash mumkin.

$$X = Y$$

X – o'lchanadigan kattalik
 Y - tajriba natijasi

Bilvosita o'lchash. Bunda natija bevosita o'lchashlar asosida topiladi.

$$X = f(Y); \quad X = f(Y_1 Y_2 \dots Y_n)$$

Birgalikda o'lchash. Izlanayotgan kattalik tenglamalar sistemasining yechimidan topilib, bunda tenglamaning parametrlari bevosita va bilvosita o'lchashlar natijasi hisoblanadi.

$$F_1(\acute{O}_1, \acute{O}_2, \acute{O}_3, \dots, \tilde{O}_1', X_2', X_3', \dots) = 0$$

va

$$F_2(\acute{O}_1, \acute{O}_2, \acute{O}_3, \dots, \tilde{O}_1'', X_2'', X_3'', \dots) = 0$$

$\tilde{O}_1, X_2, X_3$ - bilvosita o'lchangan kattaliklar

$\acute{O}_1, \acute{O}_2, \acute{O}_3$ - bevosita o'lchangan kattaliklar

Mutlaq o'lchash - Bir yoki bir necha asosiy kattaliklarni bevosita o'lchanishini va (yoki) fizikaviy doimiylikning qiymatlarini qo'llash asosida o'tkaziladigan o'lchash.

Nisbiy o'lchash - Kattalik bilan birlik o'rnida olingan nomdosh kattalikning nisbatini yoki asos qilib olingan kattalikka nisbatan nomdosh kattalikning o'zgarishini o'lchash.

O'lchash metodlari deganda o'lchash qonun-qoidolari va o'lchash vositalaridan foydalanib, kattalikni uning birligi bilan solishtirish usullarini tushunamiz.

O'lchashning quyidagi metodlari mavjud:

O'lchash metodlari - bular o'lchash eksperimentini o'tkazish algoritmi va o'lchash vositalarining yigilmasi bilan xarakterlanib, 2 metodga bo'linadi: bevosita baholash metodi va solishtirish metodi.

Bevosita baholash metodi - bevosita o'lchash asbobining sanash qurilmasi yordamida to'g'ridan to'g'ri o'lchanayotgan kattalikning qiymatini topish. Masalan, prujinali manometr bilan bosimni o'lchash yoki ampermetr yordamida tok kuchini topish.

O'lchov bilan taqqoslash (solishtirish) metodi - o'lchanayotgan kattalikni o'lchov orqali yaratilgan kattalik bilan taqqoslash (solishtirish) usuli. Masalan tarozi toshi yordamida massani aniqlash. O'lchov bilan taqqoslash usulining o'zini bir nechta turlari mavjud:

Ayirmali o'lchash (differensial) metodi - o'lchov bilan taqqoslash usulining turi hisoblanib, o'lchanayotgan kattalikning va o'lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini (farqini) o'lchash asbobiga ta'sir qilish usuli. Misol qilib uzunlik o'lchovini qiyoslashda uni komparatorida namunaviy o'lchov bilan taqqoslab o'tkaziladigan o'lchash.

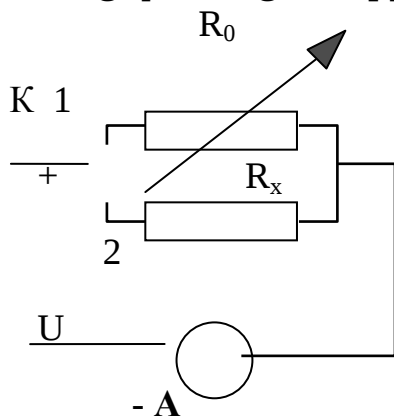
Yoki, voltmetr yordamida ikki kuchlanish orasidagi farqni o'lchash, bunda kuchlanishlardan biri juda yuqori aniqlikda ma'lum, ikkinchisi esa izlanayotgan kattalik hisoblanadi.

$$\Delta U = U_0 - U_x; \quad U_x = U_0 - \Delta U$$

U_x bilan U_0 qanchalik yaqin bo'lsa, o'lchash natijasi ham shunchalik aniq bo'ladi.

Nolga keltirish metodi - bu ham o'lchov bilan taqqoslash usulining bir turi hisoblanadi. Bunda kattalikning taqqoslash asbobiga ta'siri natijasini nolga keltirish lozim bo'ladi. Masalan, elektr qarshiligini qarshiliklar ko'prigi bilan to'la muvozanatlashtirib o'lchash.

O'rindoshlik metodi - o'lchov bilan taqqoslash usulining turi hisoblanib, o'lchanayotgan kattalikning o'lchov orqali yaratilgan ma'lum qiymatli kattalik bilan o'rin almashishiga asoslangan. Misol, o'lchanadigan massa bilan tarozi toshini bir pallaga galma-gal qo'yib o'lchash yoki qarshiliklar magazini yordamida tekshirilayotgan rezistorning qarshiligini topish (9-rasm).



9-rasm. Qarshiliklar magazini yordamida tekshirilayotgan rezistorning qarshiligini topish

Bunda “K”ni ikkala holatda (1,2) qo‘yganda $\alpha_1=\alpha_2$ shart bajarilishi kerak.

$$I_1 = U / R_0 \rightarrow \alpha_1$$

$$I_2 = U / R_K \rightarrow \alpha_2$$

Mos kelish usuli - o‘lchov bilan taqqoslash usulining turi. O‘lchanayotgan kattalik bilan o‘lchov orqali yaratilgan kattalikning ayirmasini shkaladagi belgilar yoki davriy signallarni mos keltirish orqali o‘tkaziladigan o‘lchash. Masalan, kalibr yordamida val diametrini moslash.

Har bir tanlangan usul o‘z usuliyatiga, ya'ni o‘lchashni bajarish usuliyatiga ega bo‘lishi lozim. O‘lchashni bajarish usuliyati deganda, ma'lum usul bo‘yicha o‘lchash natijalarini olish uchun belgilangan tadbir, qoida va sharoitlar tushuniladi.

Bundan tashqari o‘lchanadigan kattalikning vaqt bo‘yicha o‘zgarish jarayoniga qarab o‘lchash quyidagicha turlanadi:

O‘lchash jarayonida vaqt bo‘yicha o‘zgarmaydigan kattalikni o‘lchash - statik (bunga turg‘un, ta'sir etuvchi, amplituda qiymatlarini o‘lchash misol bo‘ladi), vaqt bo‘yicha o‘zgaradigan qiymatlarni o‘lchash esa - dinamik o‘lchash deyiladi. (m-n, aniq qiymatlarni o‘lchash).

Dinamik o‘lchashlarda agar o‘lchash vositasi o‘lchanadigan kattalikning uzluksiz o‘zgarishini qayd qila olsa, bunda uni uzluksiz o‘lchash deyiladi.

Yuqorida ko‘rilgan metodlardan tubdan farq qiluvchi diskret o‘lchash metodi ham mavjud, bu shundayki, bunda vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi kattalikning xamma qiymati (0 - t) emas, balki, ba'zi momentlarga tegishli qiymatigina ma'lum bo‘ladi.

Nazorat savollari

1. Bevosita, bilvosita va birgalikda o‘lchash turlari nima bilan farq qiladi?
2. Mutlaq va nisbiy o‘lchash deb nimaga aytiladi?
3. O‘lchashni baholashning qanday usullari mavjud?
4. O‘lchanadigan kattalikning vaqt bo‘yicha o‘zgarish jarayoniga qarab qanday turlarga bo‘linadi?
5. Mos kelish usuli qanday usul hisoblanadi?

5-ma'ruza. Elektroradioo'lchash vositalarining asosiy metrologik tavsiflari

Reja:

1. O'lchash asboblarning metrologik tavsiflari.
2. O'lchash vositalarining metrologik tekshiruv va nazoratga tortilishi.

Har qanday o'lchash asbobini tanlashda eng avvalo uning metrologik tavsiflariga e'tibor berishimiz lozim bo'ladi.

O'zgartirish funksiyasi - buni analogli o'lchash asboblarda shkala tenglamasidan ham bilishimiz mumkin. Tanlanayotgan asbobda o'zgartirish funksiyasi chiziqli bo'lishi qaydnomalarni olishni osonlashtiradi, sub'yektiv xatoliklarni esa kamaytiradi.

Aniqlik klasslari

Odatda o'lchash asbobi olinadigan natijaga kirituvchi xatoligini oldindan belgilash uchun xatolikning me'yorlangan qiymatidan foydalaniladi. Xatolikning me'yorlangan qiymati deganda berilgan o'lchash vositasiga tegishli bo'lgan xatolikni tushunamiz. Alohida olingan o'lchash vositasining xatoligi har xil, muntazam va tasodifiy xatoliklarining ulushi esa turlicha bo'lishi mumkin. Ammo, yaxlit olib qaralganda o'lchash vositasining umumiy xatoligi me'yorlangan qiymatdan ortib ketmasligi kerak. Har bir o'lchash asbobining xatoliklarini chegarasi va ta'sir etuvchi ko'effitsiyentlar haqidagi ma'lumotlar asbobning pasportida keltirilgan bo'ladi.

O'lchash asboblari ko'pincha yul qo'yilishi mumkin bo'lgan xatoligi bo'yicha klasslarga bo'linadi. Masalan: elektromexanik turidagi ko'rsatuvchi asboblarda standart bo'yicha quyidagi aniqliklar ishlatiladi:

$$\delta_{a,k} \in \{0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4\}$$

Odatda, asboblarning aniqlik klasslari asbobning shkalasida beriladi va ularning keltirilgan xatoligini bildirib, quyidagicha bog'langan bo'ladi

$$\delta_{a,k} = \beta_{k \max} \geq \beta_k; \quad \delta_{a,k} = \beta_{k \max} \geq \beta_k = \Delta/a_{x \max}$$

Agar o'lchash asbobining shkalasidagi aniqlik klassi aylana bilan chegaralangan bo'lsa, masalan 1,5, u holda bu asbobning sezgirligining xatoligi 1,5 % ga tengligini bildiradi.

Agar o'lchash asbobining aniqlik klassi chiziqchasiz bo'lsa, u holda aniqlik klassi raqami keltirilgan xatolikning qiymatini bildiradi. Lekin bir narsani unutmaslik lozim, agar asbob, masalan ampermetr keltirilgan xatolik bo'yicha 0,5 klass aniqligiga ega bo'lsa, uning barcha o'lchash diapazoni oralig'idagi xatoliklari +/- 0,5 % dan ortmaydi deyishlik xato bo'ladi. Chunki, bu turdagi asboblarda shkalaning boshlanishiga yaqinlashgan sari o'lchash xatoligi ortib boraveradi. Shu sababdan bunday asboblarda shkalaning boshlang'ich bo'laklarida o'lchash tavsiya etilmaydi.

Agar asbobning shkalasida aniqlik klassi yonbosh kasr chizig'i bilan berilgan bo'lsa, masalan, 0,02/0,01 u holda asbobning shkalasining oxiridagi xatoligi +/- 0,02 % shkalaning boshida esa +/- 0,01 % ekanligini bildiradi.

Sezgirligi. Umuman sezgirlik - bu o'lchash vositasining tashqi signaliga nisbatan ta'sirchanligi, sezuvchanligidir. Umumiy holda sezgirlik o'lchash vositasining chiqish signali orttirmasini, kirish signali orttirmasiga nisbatidan aniqlanadi:

$$S = \lim \Delta Y / \Delta X \approx \Delta Y / \Delta X ;$$

Bevosita ko'rsatuvchi asboblarda uchun sezgirlik asbob qo'zg'aluvchan qismining og'ish burchagini o'lchanadigan kattalik bo'yicha birinchi hosilasi bo'lib, quyidagicha ifodalanadi:

$$S = d\alpha / dx$$

bu yerda α - asbob qo'zg'aluvchan qismining og'ish burchagi.

Sezgirlik ostonasi - bu o'lchanadigan kattalikning shunday eng kichik (boshlang'ich) qiymatiki, u o'lchash asbobining chiqish signalini sezilarli o'zgarishiga olib keladi.

$$S = X_{\min} / X_{\text{HOM}} * 100 \%$$

bu yerda $X_{\min}$ - o'lchanadigan kattalikning eng kichik (boshlang'ich) qiymatidir.

Asbob ko'rsatkichining variatsiyasi - o'lchanayotgan kattalikning biror qiymatini, o'lchash sharoitini o'zgartirmagan holda, takror o'lchaganda hosil bo'ladigan eng katta farqdir va u quyidagicha aniqlanadi:

$$\gamma = (A_0' - A_0'') / A_{x\max} * 100\%$$

A_0' , A_0'' - o'lchanayotgan kattalikning (namunaviy asbob yordamida) takror o'lchashdagi qiymatlari. Variatsiya asosan qo'zg'aluvchan qismi tayanchga o'rnatilgan asboblarda ishqalanish hisobiga kelib chiqadi.

Asbobning o'lchash xatoligi Bu xatolik sifatida mutlaq xatolik, nisbiy xatolik yoki keltirilgan xatolik berilgan bo'lishi mumkin.

Bu xatoliklar xususida oldingi mavzularda yetarli ma'lumotlar berilgan.

O'lchash diapazoni. Bu asosan ko'p diapazonli asboblarga tegishli. Aksariyat hollarda asbobning har bir o'lchash diapazoniga taalluqli xatoliklari ham beriladi.

Xususiy energiya sarfi. Bu tavsif ham muhim hisoblanib, asbobning o'lchash zanjiriga ulanganidan so'ng kiritishi mumkin bo'lgan xatoliklarni baholashda ahamiyatli sanaladi. Ayniqsa, kichik quvvatli zanjirlarda o'lchashlarni bajarishda bu juda muhimdir.

Xususiy energiya sarfi o'lchash asbobining tizimga va konstruktiv ishlanishiga bog'liq bo'lib, ayniqsa, kichik quvvatli zanjirlarda o'lchashlarni bajarishda juda muhimdir.

Ishonchliligi (chidamliligi) - o'lchash vositasining ma'lum o'lchash sharoitida, belgilangan vaqt mobaynida o'z metrologik xususiyatlarini (ko'rsatkichlarini) saqlashidir. Bu ko'rsatkichlarni chegaradan chiqib ketishi asbobni layoqatligi pasayib ketganligidan dalolat beradi. O'lchash asbobining ishonchliligi, odatda, buzilmasdan ishlash ehtimolligi bilan baholanadi va taxminan quyidagicha topiladi.

$$\tau = n / n_{yM}$$

bu yerda, n - ishonchlilikka sinalgan asboblarning soni;

n_{yM} - umumiy (ko'p seriyali) ishlab chiqarilgan asboblarning soni.

O'lchashlar birliligiga erishishning asosiy mexanizmi bo'lib metrologik tekshiruv va nazorat hisoblanadi. Davlat metrologik tekshiruv va nazorati davlat metrologiya xizmati organlari tomonidan

metrologiya normalari va qoidalariga rioya etilishini tekshirish maqsadida amalga oshiriladi (12-modda).

Davlat metrologik tekshiruvi va nazorati metrologiya sohasidagi qonun hujjatlari talablariga muvofiq amalga oshiriladi. Davlat metrologik tekshiruvi va nazorati asosi “Metrologiya to‘g‘risida” qonun va O‘z RST 8.002:2002. Metrologik tekshiruv va nazorat. Asosiy talablar standart bilan reglament-langan. Ushbu hujjatlar bilan Davlat metrologik tekshiruvi va nazoratining obyektlari, turi va ko‘rinishi o‘rnatilgan metrologik tekshiruvi va nazoratining obyektlari (Qonunning 13-moddasi) hisoblanadi. Quyidagilar davlat metrologiya tekshiruvi va nazoratining obyektlari hisoblanadi:

- etalonlar;
- o‘lchov vositalari;
- moddalar va materiallar tarkibi hamda xossalarining standart namunalari;
- axborot-o‘lchov tizimlari;
- o‘lchovlarni bajarish uslubiylari;
- metrologiya normalari va qoidalarida nazarda tutilgan o‘zga obyektlar.

Davlat metrologiya tekshiruvi va nazorati tatbiq etiladigan doiralar Qonunning 14-moddasida aniqlab berilgan.

Davlat metrologiya tekshiruvi va nazorati:

- sog‘liqni saqlash, veterinariya, atrof-muhitni muhofaza qilish;
- moddiy boyliklarni va energetika resurslarini hisobga olish;
- savdo-tijorat, bojxona, pochta va soliq operatsiyalarini o‘tkazish, telekommunikasiya xizmatlarini ko‘rsatish;
- zaharli, yengil alanganuvchan, portlovchi va radioaktiv moddalarni saqlash, tashish hamda yo‘q qilib tashlash;
- davlat mudofaasini ta‘minlash;
- mehnat xavfsizligini va transport harakati xavfsizligini ta‘minlash;
- sertifikatlanadigan mahsulotning xavfsizligi va sifatini aniqlash;
- geodezik va gidrometeorologik ishlar;
- o‘lchov vositalarini davlat sinovidan, tekshiruvdan, kalibr-lashdan, ta‘mirlash va metrologik attestasiyadan o‘tkazish;
- foydali qazilmalarni qazib olish;
- milliy va xalqaro sport rekordlarini ro‘yxatga olishga nisbatan tatbiq etiladi.

O'zbekiston Respublikasining normativ hujjatlariga binoan davlat metrologiya tekshiruvi va nazorati faoliyatning o'zga doiralariga nisbatan ham tatbiq etilishi mumkin.

Davlat metrologiya tekshiruvi va nazorati turlari 15-moddada keltirilgan.

Davlat metrologiya tekshiruvi quyidagi tarzda amalga oshiriladi:

- o'lchov vositalarining turlarini sinash va tasdiqlash;
- o'lchov vositalarini hamda o'lchovlarning bajarilish uslubiyotlarini metrologik attestasiya qilish;
- o'lchov vositalarini, shu jumladan, etalonlarni tekshiruvdan o'tkazish, kalibrlash;
- o'lchov vositalarini hamda o'lchovlarning bajarilish uslubiyotlarini sinash;
- tekshiruvdan o'tkazish, metrologik attestasiya qilish;
- faoliyatning boshqa muayyan turlarini kalibrlash huquqiga ega bo'lishi uchun metrologiya xizmatlari, markazlari, laborato-riyalarini akkreditasiya qilish;
- yuridik va jismoniy shaxslarning o'lchov vositalarini tayyorlash, realizasiya qilish;
- ularning ijarasi bilan shug'ullanishga doir faoliyati lisenziyalanayotganda mazkur shaxslarning belgilangan metrologiya normalari va qoidalariga rioya etishlarini baholash hamda tasdiqlash;
- o'lchovlarning bajarilish sifatini va metrologiya faoliyati-ning boshqa turlarini baholash.

Davlat metrologiya nazorati quyidagilarga qo'llaniladi:

- o'lchov vositalarini tayyorlash, ta'mirlash, ularning ijarasi bilan shug'ullanish, ularni realizasiya qilish;
- ularning holati va qo'llanilishi (fizik o'lchamlar birliklari etalonlarini, moddalar va materiallar tarkibi hamda xossalari-ning standart namunalarini, o'lchov tizimlarini qo'shgan holda);
- o'lchovlarning bajarilish uslubiyotlarining qo'llanilishi;
- belgilangan metrologiya normalari va qoidalariga rioya etilishi hamda akkreditasiya qilingan metrologiya xizmat-lari, markazlari, laboratoriyalari faoliyati ustidan amalga oshiriladi.

Zarur hollarda «O'zstandart» qaroriga binoan metrologiya tekshiruvi va nazoratning boshqa turlari va shakllari ham belgilanishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Metrologiya tekshiruv turlarini sanab bering.
2. Metrologik nazorat turlarini sanab bering.
3. Metrologiyaning (o'lchovshunoslik) asosiy atamalarini aytib bering.
4. O'lchash vositalarini "qiyoslash" deganda nima tushuniladi?
5. O'lchash vositalarini kalibrlash nima?

6-7-ma'ruzalar. Radioo'lchash vositalari

Reja:

1. Radioo'lchash vositalari to'g'risida umumiy ma'lumotlar.
2. O'lchovlar, o'lchash o'zgartgichlari.
3. O'lchash asboblari, ularning umumlashgan struktura sxemalari.
4. Ishlatish usullari, asosiy metrologik xususiyatlari.

Radiotexnik o'lchash asboblari quyidagicha tavsiflanadi: o'lchash diapazoni, xatoligi, sezgirligi, o'lchanayotgan kattalik manbaidan oladigan quvvati, ko'rsatkichlarning ta'sir etuvchi kattaliklarga bog'liqligi (o'rab turgan muhit harorati, egrining shakli va o'lchanayotgan tok yoki kuchlanish chastotasi va boshqalar).

Asboblarning absolyut xatoligi bu, asbob ko'rsatkichi va o'lchanayotgan kattaliklarning haqiqiy qiymati orasidagi farqdir:

$$\Delta = X_a - X_{\text{haq}}.$$

O'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymati sifatida uning tajriba asosida topilgan qiymati qabul qilinadi va bu qiymat asl qiymatiga shunday yaqinlashadiki, ko'zlangan maqsad uchun bu qiymatdan uning o'rniga foydalanish mumkin.

Asbobning nisbiy xatoligi bu – absolyut xatolikni o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga nisbatidir:

$$\delta = \Delta / X_{\text{haq}}. \quad (11)$$

Shunga ko'ra, xatoliklarning son qiymatlari ikkitadan ortiq bo'lmagan ahamiyatli raqamlar bilan ifodalanadi va ko'pchilik hollarda absolyut xatolikni o'lchash asbobining ko'rsatishi deb qarash mumkin:

$$\delta = \Delta / x_a . \quad (12)$$

Asbobning keltirilgan xatoligi bu absolyut xatolikni me'yorlangan qiymatiga nisbatidir

$$\gamma = \Delta / x_n . \quad (13)$$

Tekis yoki kvadratli shkalaga ega bo'lgan asbob uchun me'yorlangan qiymat odatda shkalaning ishchi qismining oxirgi qiymatida teng deb olinadi (o'lchashning yuqori chegarasiga), agar 0 belgisi shkalaga tashqarisida yoki uning chetida bo'lsa.

Asbobning aniqlik sinfi – asbobning umumlashtirilgan tavsifi bo'lib, yo'l qo'yilgan asosiy xatolik chegaralari bilan aniqlanadigan va ta'sir etuvchi kattaliklar ta'siri ostida asbob ko'rsatkichi o'zgarishi va asbobning boshqa xossalari bilan aniqlanadi.

Asbobning aniqlik sinfini bilgan holda yo'l qo'yilgan asosiy xatoliklar chegarasini topish mumkin. Ushbu qismda qarab chiqilayotgan ampermetr, voltmeter va vattmetrlar uchun aniqlik sinfi asbob keltirilgan xatoligining asosiy yo'l qo'yiladigan chegarasiga son jihatdan teng.

Sezgirlik o'lchash asboblarining asosiy tavsiflaridan biridir. Asbob ko'rsatkichi chiziqli va burchak siljishning shu siljishni hosil qilgan kattalik o'zgarishiga nisbati asbobning sezgirligi deb ataladi:

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta X} , \quad (14)$$

bu yerda: S - asbobning sezgirligi;

ΔL - ko'rsatkich siljishining o'zgarishi;

ΔX - o'lchanayotgan kattalik o'zgarishi.

O'lchash mexanizmi va o'lchash zanjirining xarakteriga ko'ra asbobning sezgirligi, o'lchash diapazoni barcha qismida o'zgarmas yoki o'zgaruvchan bo'lishi mumkin. Masalan, magnitoelektrik

asboblarda ko'rsatkichning shkala bo'ylab siljishi o'lchanayotgan tokka chiziqli bog'langandir, asbobning sezgirligi esa doimiydir.

Elektromagnit asboblarda bu bog'lanish kvadratlidir, shunga ko'ra sezgirlik o'lchash diapazonida bir xil emas.

Bundan tashqari, bu asbobning turli kattaliklarga sezgirligi turlicha bo'lishi ham mumkin. Masalan, elektrodinamik asbob bilan quvvat o'lchanganida sezgirligi doimiydir, ya'ni o'zgarmasdir, tok yoki kuchlanishni o'lchashda esa o'zgaruvchandir.

Shuning uchun o'lchash asbobining sezgirligi deganda uning tok yoki kuchlanish bo'yicha sezgirligi tushuniladi.

Ayrim hollarda nisbiy sezgirlik tushunchasidan foydalanish qulaydir:

$$S = \frac{\Delta L}{\Delta X / X} = \frac{\Delta X}{\Delta L}. \quad (15)$$

Sezgirlikka teskari bo'lgan kattalik asbob doimiysi yoki shkala bo'linmasi qiymati deyiladi. Sezgirligi yuqori bo'lgan asboblarda asosan aniq o'lchashlar uchun ishlatiladi. O'lchanayotgan kattalik qiymatini asbob ko'rsatkichiga ta'sir qila oladigan eng kichik o'zgarishi sezgirlik chegarasi deyiladi.

Radioo'lchash asbobni manbaga ulaganda signal manbaasidan qanchadir quvvat sarflanadi. Bu hol signal manbaasining ishlash tartibining chetlanishiga olib keladi. Bu og'ish uslubiy xatolikni keltirib chiqaradi. Tok va kuchlanishni o'lchashda yuzaga keluvchi uslubiy xatolikni hisoblash uchun ampermetrning ichki qarshiligi R_a va voltmetrning qarshiliklari R_b ekanligini bilish kerak.

Masalan, tokni o'lchash uchun biror zanjirga ampermetr ulansa va bunda ampermetr qisqichlarga nisbatan chiqish qarshiligi R , shu qisqichdagi kuchlanish U bo'lsa, u holda zanjirdagi tokning haqiqiy qiymati ($R_0=0$) $J_{\text{haq}} = U / R$ ga teng bo'lganda, o'lchangan qiymati esa $J/(R + R_0)$ bo'ladi.

Nisbiy uslubiy xatolik:

$$\delta_j = \frac{J - J_{\text{haq}}}{J_{\text{haq}}} = \frac{R_0}{R + R_0}. \quad (16)$$

Qisqichlardagi kuchlanishni o'lchash uchun aktiv ikki qutblikning chiqish qarshiligi R va ichki qarshiligi R_{ich} bo'lgan, U -kuchlanish bo'lsa, kuchlanishni o'lchashda nisbiy uslubiy xatolik:

$$\delta_h = \frac{U_{ich} - U}{U} = \frac{R}{R + R_{ich}}, \quad (17)$$

bu yerda U_{ich} - voltmeter qisqichlaridagi kuchlanish.

Oddiy holda ramka bilan ketma-ket R_1 qarshilikli rezistor ulanadi. Zanjirdagi ramka qarshiligining harorat koeffitsiyenti kamayadi va o'lchagichning nisbiy harorat xatoligi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\delta_t = \beta_0 \cdot \frac{R_0}{R_0 + R_1 + R}, \quad (18)$$

bu yerda, β_0 - zanjirdagi ramka qarshiligining harorat koeffitsiyenti
 R_0 - ramkalar, prujinalar va ulagichlarning chulg'amqarshiligi;

R - shunt qarshiligi;

R_1 - qo'shimcha rezistor qarshiligi.

Muhitning harorati ortganda magnitoelektrik voltmeterning harorat xatoligi

$$\delta_t = \beta_0 \cdot \frac{R_0}{R_0 + R_{haq}}, \quad (19)$$

bu yerda, R_{haq} - qo'shimcha rezistor qarshiligi.

Elektromagnit va elektrodinamik voltmترلarning harorat xatoligi prujina momentining harorat koeffitsiyenti va g'altak qarshiligining harorat koeffitsiyentiga bog'liq bo'ladi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\delta_t = -\frac{1}{2} \cdot \beta_\omega = \frac{R_0}{R_0 + R_1 + R} \cdot \beta_0, \quad (20)$$

bu yerda, β_ω - prujina momentining harorat koeffitsiyenti (u manfiydir va 10° S da 0,2 - 0,3% ni tashkil etadi).

(20) - formulaning ikkinchi hadi asbobning o'lchash chegarasiga bog'liq. Voltmetr kichik o'lchash chegarasida katta xatolikka ega bo'ladi. G'altakni ketma-ket ulash sxemasidagi elektrodinamik ampermetrlarda va elektromagnit ampermetrlarda harorat prujinaning egiluvchan xossalriga ta'sir etadi. Shuning uchun ularning harorat xatoligi 10° S da +0,2% dan oshmaydi va maxsus kompensasiya

usullarini talab qilmaydi. Elektrodinamik va elektromagnit voltmترلarning ko'rsatkichlari o'lchanayotgan kuchlanish chastotasiga bog'liq bo'ladi. O'zgarmas va o'zgaruvchan toklarda ularning ko'rsatkichlarning chetlanishiga sabab, induktiv qarshilik ω burchakka bog'liq.

S ω xatolik o'zgarmas tokdan o'zgaruvchan tokka o'tayotganda quyidagiga teng bo'ladi:

$$S_{\omega} = \frac{U_{\sim} - U_{\approx}}{U_{\approx}} = 1 - \frac{U_{\approx}}{U_{\sim}} = 1 - \sqrt{\frac{\omega^2 L^2 + R^2}{R^2}}, \quad (21)$$

bu yerda, $U_{\sim}$ - o'zgarmas tokdagi asbob ko'rsatishi; $U_{\approx}$ - asbobning ko'rsatishi yuzaga keltirayotgan o'zgaruvchan kuchlanish; $R_{\sim}$ - o'zgarmas tokda voltmeter qarshiligi; $R_{\approx}$ - o'zgaruvchan tokda zanjirdagi aktiv qarshilik.

2000 Gs chastotalarda ishlaydigan bunday asboblarni, $R_{\sim}$ ni $R_{\approx}$ dan farqini ma'lum hollarda kichik deb hisoblash mumkin. Agar $R_{\sim} = R_{\approx}$ bo'lsa:

$$S_{\omega} = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{\omega L}{R_{\approx}}\right)^2}. \quad (22)$$

Yoki

$$S_{\omega} \approx -\frac{1}{2} \left(\frac{\omega L}{R_{\approx}}\right)^2. \quad (23)$$

Bu xatolikni kompensasiyalash uchun voltmetrning qo'shimcha rezistorlari S kondensator bilan shunday shuntlanadiki, ma'lum chastotada voltmetrning zanjirdagi induktiv qarshiligi kichik bo'lishi kerak.

Elektromagnit voltmترلarning chastota xatoligi ko'rilayotganda shuni e'tiborga olish kerakki, burchak og'ishi bilan induktivlik o'zgaradi va har xil ko'rsatkichlarda xatoliklar ham turlicha bo'ladi. Shuning uchun chastotali kompensasiya faqat birgina ko'rsatkich uchun o'rinli, ya'ni kam samaralidir.

Elektrostatik voltmترلarning ko'rsatkichi o'lchanayotgan kuchlanishning chastotasi va shakl egrisiga bog'liq emas; bundan

tashqari bu asboblarning juda katta kirish qarshiligiga ega va quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$X_{kir} = J/W \cdot C_a, \quad (24)$$

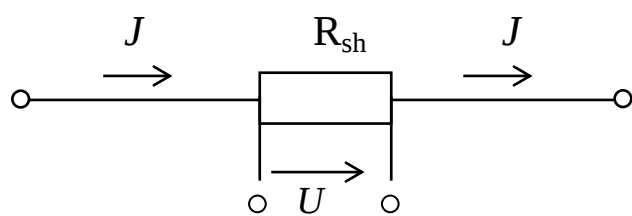
bu yerda, S_a – asbobning kirish sig‘imi.

Agar o‘lchanayotgan kuchlanishning shakl egriligi sinussimon shakldan farq qilsa, uslubiy xatolik kelib chiqadi.

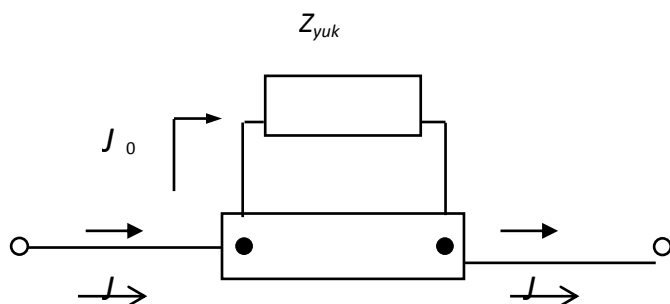
Elektromagnit, elektrodinamik, termoelektrik tizimga mansub voltmetr va ampermetrlar, shuningdek to‘g‘rilagichlari ta‘sir etuvchi qiymatga ega bo‘lgan elektron voltmetrlar va elektrostatik voltmetrlar bilan ishlaganda shuni e‘tiborga olish kerakki, bu asboblarning ko‘rsatishlari shakl egrisiga bog‘liq bo‘lmagan holda o‘lchanayotgan kuchlanishning ta‘sir etuvchi qiymatiga proporsionaldir.

Magnitoelektrik tizimli asboblarning ko‘rsatishi o‘lchanayotgan kuchlanishning yoki tokning doimiy tashkil etuvchisiga bog‘liq (agar o‘zgaruvchan tashkil etuvchining chastotasi yuqori chastotalar sohasida yotsa).

Eng oddiy o‘lchash o‘zgartkichi – bu tokni kuchlanishga o‘zgartirib beruvchi o‘zgarmas tok shuntidir. U to‘rt qisqichli rezistordan iborat. J tok o‘tuvchi kirish qisqichlari “tokli” deyiladi, chiqish qisqichlari esa “potensialli” qisqichlar deyiladi (10.4-rasm).



a)



b)

9-rasm. Shunt: a) o‘zgarmas tok shunti; b) yuklama shunti

Nominal chiqish kuchlanish U_H ni nominal kirish toki J_H ga nisbati nominal shunt qarshiligini bildiradi va o'zgartirish koeffitsiyentiga teng:

$$R_H = \frac{U_H}{J_H} \quad .$$

Doimiy tok shunti uchun xatolik deganda quyidagi tushuniladi:

$$\gamma = \frac{R_H - R}{R_H} \quad .$$

O'zgarmas tok shunti uchun:

$$\gamma = \frac{R_H - \underline{R}}{R_H} = j\varphi \quad .$$

bu yerda, $R = R + jX$ - to'la shunt qarshiligining haqiqiy qiymati;

R – uning aktiv qarshiligi; X – induktiv qarshilik; γ – qarshilik qiymatining xatoligi; φ – fazoviy xatolik.

Shunt ulangan Z_{yuk} nagruzka berilgan tokda chiqish kuchlanishiga ta'sir etadi:

$$\underline{U}_2 = \underline{J} \frac{\underline{R} \underline{Z}_{YUK}}{\underline{R} + \underline{Z}_{YUK}} = \underline{J} \underline{R} \frac{1}{1 + \frac{\underline{R}}{\underline{Z}_{YUK}}}$$

Agar nagruzka qarshiligi shunt qarshiligiga nisbatan katta bo'lsa $|\underline{R} \underline{Z}_{YUK}| \ll 1$ u holda ikkinchi tartibli kichik kattalik-larni hisobga olmagan holda quyidagini yozish mumkin:

$$\underline{U}_2 = \underline{J} \underline{R} \left(1 - \frac{\underline{R}}{\underline{Z}_{YUK}}\right)$$

Ko'p hollarda yuklanmani shuntga tutashtiruvchi potensial simlar yordamida ulanadi, ularni qarshiligini esa hisobga olmay bulmaydi va yuklanma qismlaridagi U_2 kuchlanishni shuntning chiqish kuchlanishi deb atash mumkin.

Tutashtiruvchi simlarni qarshiliklari $R_{SIM} \ll R_{YUK}$ ni hisobga olgan holda, ikkinchi tartibli kichik qiymatli kattaliklarni hisobga olmagan holda, quyidagini yozish mumkin:

$$\underline{U}_2 = \underline{U}_2 \frac{\underline{Z}_{yuk}}{R_{sim} + \underline{Z}_{yuk}} \approx \underline{U}_2 \left(1 - \frac{R_{sim}}{\underline{Z}_{yuk}}\right) .$$

yoki

$$\underline{U}_2 = \underline{J} R_H \left(1 - \lambda - \frac{R_H}{\underline{Z}_{IOK}} - \frac{R_{CHM}}{\underline{Z}_{IOK}}\right) .$$

Shuntlar manganidan tayyorlanadi va magnitoelektrik millivoltmetr yordamida toklarni o'lchash uchun, hamda toklarni boshqa usulda o'lchashda qo'llaniladi. Anik asboblarni uchun shuntlar tayyorlashda asbob qarshiligi va tutashtiruvchi simlar qarshiliklarini ta'siri hisobga olinadi.

Kuchlanishni tokka aylantirishda o'zgartkich bo'lib, kirish kattaligi tok hisoblangan o'lchash mexanizmi orqali ketma-ket ulangan qo'shimcha rezistor hisoblanadi.

O'lchash mexanizmi zanjirida tok quyidagiga teng:

$$\underline{J}_0 = \frac{\underline{U}_{kir}}{\underline{Z}_0 + R_{K.N}} = \underline{U}_{kir} K .$$

bu yerda, $\underline{Z}_0 = R_0 + jX_0$ - o'lchash mexanizmidagi o'ramning to'liq qarshiligi;

$R_{K.H}$ - qo'shimcha rezistorning nominal qarshiligi;

$K = \frac{1}{(\underline{Z}_0 + R_{K.N})}$ - o'zgartirish koeffitsiyenti.

O'zgaruvchan tokda qo'shimcha rezistor xatoligi deganda quyidagi tushuniladi:

$$\lambda = \frac{R_{K.N} - R_K}{R_{K.HN}} = \wp + i\varphi .$$

bu yerda, $R_k = R_k + jX_k$ - qo'shimcha rezistor haqiqiy qiymatining to'la qarshiligi;

R_k - uning aktiv qarshiligi;

X_k - induktiv qarshiligi;

$\wp$ - qarshilik qiymatining xatoligi;

φ - faza xatoligi.

Ikkinchi tartibli kattalikning kichik qiymatini hisobga olmagan holda, o'lchash mexanizmi zanjirida tok uchun ushbu munosabatni yozish mumkin:

$$\underline{J}'_0 = \frac{\underline{U}_{kir}}{Z_0 + R_{K.N}(1 + \underline{\lambda})} = \underline{U}_{kir} \underline{K}' \quad .$$

bu yerda,
$$K' = K \left[\frac{1 + \lambda R_{K.N}}{(Z_0 + R_{K.N})} \right]$$

Qo'shimcha rezistorlar manganidan sim yoki bosma rezistorlar ko'rinishida tayyorlanadi.

Qo'shimcha rezistorlar voltmeter va parallel zanjirlardagi voltmترلar va fazometrlarning yuqori o'lchash chegaralarini kengaytirishda qo'llaniladi.

Kuchlanishni aniq bir songa kamaytirish uchun kuchlanish bo'lgichlaridan foydalaniladi.

Kuchlanish bo'lgichi kuchlanishni kuchlanishga aylantirib beruvchi birdan kichik bo'lgan o'zgartirgichning nominal koeffitsiyentiga ega:

$$K_H = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2}{(Z_1 + Z_2)} \quad .$$

Kuchlanish bo'lgichiga Z_H nagruzkasini ulaganda, o'zgartkich koeffitsiyent o'zgaradi. Shuning uchun nagruzka qarshiligi $|Z_2|$ dan katta qilib olish kerak.

Kuchlanish bo'lgichlari yuqori kirish qarshilikli asboblarni yuqori o'lchash chegaralarini kengaytirishda qo'llaniladi. Bo'lgichlarda ishlatilayotgan elementlarga ko'ra: rezistivli, sig'imli va induktivli bo'lgichlarga bo'linadi.

$$U = U_{YU} \frac{C_{YU} + C_1 + C_2}{C_2} .$$

Sig‘imli bo‘lgichlar ko‘pincha katta kuchlanishlarda qo‘llaniladi. Elektrostatik voltmترلarda o‘lchashlarning yuqori chegarasini kengaytirish uchun kuchlanishning sig‘imli bo‘lgichidan foydalaniladi, bunda:

Sig‘imli bo‘lgich parametrlari shunday tanlanadiki, $C_{YU} \gg S_1$ bo‘lishi kerak.

O‘zgarmas tok va kuchlanishni fazasini saqlagan holda qanchadir marta ko‘paytirish yoki kamaytirish (tok va kuchlanishni) uchun tok va kuchlanish transformatorlaridan foydalaniladi. Tok transformatori tokni tokka o‘zgartiradi kuchlanish transformatori esa kuchlanishni kuchlanishga o‘zgartiradi.

O‘lchash transformatorining transformasiya koeffitsiyenti bu tok transformatorning nominal transformasiya koeffitsiyentidir.

$$K_{JH} = \frac{J_{1H}}{J_{2H}} .$$

Transformator kuchlanishi:

$$K_{UH} = \frac{U_{1H}}{U_{2H}} .$$

Nominal transformasiya koeffitsiyenti transformator shitlarida tok yoki kuchlanishlarni nisbati sifatida beriladi.

Transformasiya koeffitsiyentlarining haqiqiy qiymatlarini mos ravishda:

$$K_J = \frac{J_1}{J_2} \quad \text{va} \quad K_U = \frac{U_1}{U_2} .$$

Birlamchi va ikkilamchi toklar (kuchlanishlar) vektorlari uz ideal qiymatlaridan nafaqat moduli bo‘yicha, balki fazasi bo‘yicha farq qiladi. Transformator aniqligi faqatgina tok (kuchlanish) xatoligi bilan emas, balki burchak (faza) xatoligi bilan ham tavsiflanadi.

Burchak xatoligi S deb, minutiga birlamchi tok (kuchlanish) vektori va 180° ga burilgan ikkilamchi tok (kuchlanish) orasidagi burchakka aytiladi.

Transformatorning kompleks transformasiya koeffitsiyenti deganda quyidagi munosabat tushuniladi:

$$\underline{K}_J = -\frac{\underline{J}_1}{\underline{J}_2} \quad \text{va} \quad \underline{K}_U = -\frac{\underline{U}_1}{\underline{U}_2} \quad .$$

Tok va kuchlanish transformatorining kompleks xatoligi mos ravishda quyidagicha ifodalaniladi:

$$\begin{aligned} \underline{\lambda}_J &= \frac{-\underline{J}_2 \underline{K}_{JH} - \underline{J}_1}{\underline{J}_1} = f_J + j\delta_J \\ \underline{\lambda}_U &= \frac{-\underline{U}_2 \underline{K}_{UH} - \underline{U}_1}{\underline{U}_1} = f_U + j\delta_U \quad . \end{aligned}$$

bu yerda, f_J va f_U -tok xatoligi va kuchlanish xatoligi; δ_J va δ_U -mos ravishda tok va kuchlanish transformatorlarining burchak xatoliklari. Transformator xatoliklari konstruktiv parametrlar, ikkinchi o'ramga ulangan nagruzka qiymati va tavsifi yordamida aniqlanadi va quyidagi formulalar yordamida ifodalanadi:

a) tok transformatori uchun:

$$\lambda_J = j \frac{Z_2 Z_m}{\omega W_2^2} \quad .$$

yoki

$$f = -\frac{R_2 X_m + X_2 R_m}{\omega W_2^2} S_J = \frac{R_2 R_m - X_2 X_m}{\omega W_2^2}$$

bu yerda

$Z_m = R_m + jX_m$ - magnit o'tkazgichning kompleks magnit qarshiligi;

$Z_2 = R_2 + jX_2$ - transformator ikkilamchi zanjirining kompleks qarshiligi;

W_2 - ikkilamchi chulg'am soni;

ω - aylana chastotasi.

b) kuchlanish transformatori uchun:

$$\underline{\lambda}_U = -\underline{Z}'_K \underline{Y}'_{YUK} - \underline{Z}_{K1} \underline{Y}_X$$

bu yerda,

$$Y'_{yuk} = \frac{1}{Z'} - \text{yuklanma o'tkazuvchanligi};$$

Z_K^1 - birlamchi o'ramning kompleks qarshiligi;

Y_X - bo'sh yo'ldagi o'tkazuvchanlik;

Z'_K - transformatorning qisqa tutashuv qarshiligi;

$Z_K'^2$ - ikkilamchi o'ram qarshiligi.

Radiotexnik zanjirlar ikki qutbli, to'rt qutbli va ko'p qutblilar bilan ulash mumkin bo'lgan elementlardan tashkil topgan.

Ikki qutbli (aloxida element yoki murakkab elektr zanjiridan iborat) qutbning 2 chiqishiga ega, to'rt qutbli 2ta kirish va 2ta chiqishidan iborat 4 qutbi bor. Ko'p qutblilik 4 qutblidan kup chiqishga ega bo'ladi.

Qo'shni parametrli chiziqli radiotexnik zanjirlarda fizika kursidan ma'lum bo'lgan quyidagi elementlar keng qo'llaniladi. rezistorlar, induktivlik g'altaklari va kondensatorlar.

Ba'zi xollarda bu elementlarni qanday ideal parametrlar bilan harakterlanuvchi R-qarshilik, L-induktivlik, S-sig'im ba'zi ideal parametrlari bilan harakterlanuvchi chiziqli passiv qutbli sifatida karash mumkin.

O'lchashlarda elementning ideal ko'rinishiga mos keluvchi u yoki bu parametrning qiymatini aniqlash imkoni yo'q.

Aktiv qarshilik rezistorning asosiy parametrlaridan biri hisoblanadi yana induktivlik, induktivlik g'altagi, aktiv quvvat va parazit sig'imga ega.

Reeistorning parazit parametrlarini hisobga olib kondensator yoki g'altakning induktivligi, quvvatning ayrim samarali qiymatini, sig'imni, induktivlik oqib o'tayotgan tokning chastotasi harakterlashdir.

Kompanentalarning samarali parametrlarini o'lchash natijalarining salbiy oqibatlaridan saqlanib, ishchi chastotalarda o'lchash lozim.

Bu elementlarning yana bir qator ikkilamchi parametrlarining, masalan g'altak induktivligining aslligi Q , kondensatorning yo'qolish burchagi b tangensi, r konturni harakterlovchi qarshiligi o'lchanayotgan parametrlarni aniqroq olish imkonini beradi.

Volt-Ampermetr o'lchash usulida zanjirdagi ikki qutblining o'lchanayotgan tok kuchi va kuchlanishi keyinchalik uning parametrlarini Om qonuniga asosan hisoblashga olib keladi.

Bu usul aktiv, to'la qarshilik induktivlik va sig'imni o'lchash uchun qo'llaniladi.

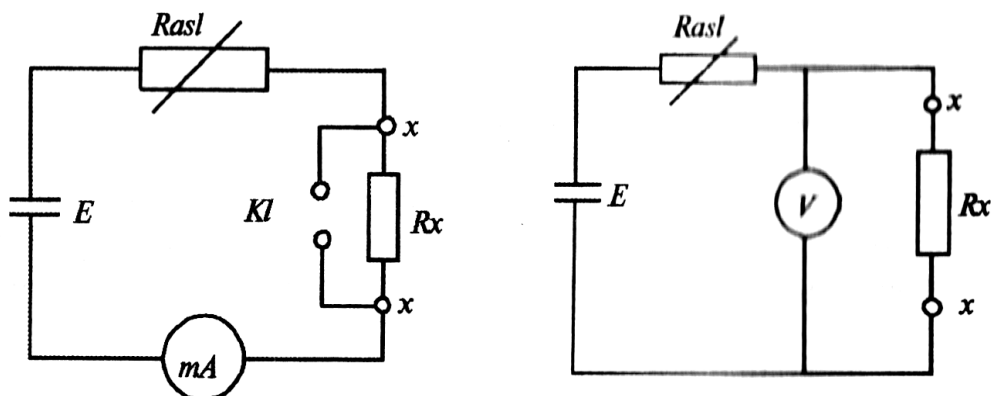
6.1-rasmda aktiv qarshilikni o'lchash usuli chizmasi berilgan.

Aktiv qarshilikni o'lchash doimiy tokda olib boriladi, bunda o'lchanayotgan zanjirga R 2 ta sxema bo'yicha kiritiladi.

10-rasmda milliampermetri ko'rsatishining og'ishi tokka proporsional.

$$I = \frac{E}{R_{asl} + R_x} \quad (25)$$

Bu sxema asosida juda katta qarshiliklarni o'lchash mumkin (10-200mOm)



10-rasm. Qarshilikni o'lchash usuli.

O'lchashdan oldin K kalit orqali qisqichlar tutashtiriladi hamda keltiriladi va Rasl o'zgaruvchan rezistor orqali tok shunday xolatga keltiradiki, bunda ko'rsatgich butun shkala bo'ylab og'ishi kerak, bunda 0 Om nuqtaga mos kelsin.

Kichik qarshiliklarni o'lchash uchun (0, 1...100Om)gacha voltmetrli sxemadan foydalaniladi.

(10, b-rasm) uning ko'rsatishi quyidagiga teng.

$$U = E \frac{R_x}{R_{asl} + R_x} \quad (26)$$

Agar R_{asl} , R_x va $U=E \cdot R/R_{asl}$ ya'ni ko'rsatishi o'lchanayotgan R_{asl} qarshilikka to'g'ri bog'lanishga ega.

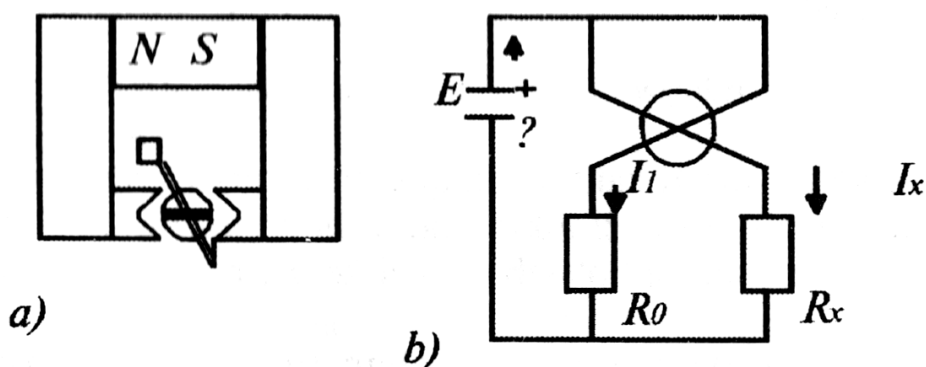
Bu aktiv qarshiliklarni o'lchovchi sxemaning ichki qarshiligiga bog'liq bo'lgan uslubiy xatolik X ni paydo bo'lishiga olib keladi. Ampermetrning ichki qarshiligi qanchalik kichik bo'lsa uslubiy xatolik shuncha kichik bo'ladi. ($R_a=0$, $R_x=0$), (10, a-rasm).

10, b-rasmda voltmetrning R qarshiligi qanchalik katta bo'lsa, xatolik shuncha kam bo'ladi ($R_v \rightarrow \infty$, $R_x=0$). Demak, 10, a-rasmdagi sxema katta qarshiliklarni o'lchashda foydalaniladi. 10, b-rasmdagi sxema kichik qarshiliklarni o'lchashda foydalaniladi.

Volt-Amper usuli bilan zanjir elementlari parametrlarini o'lchashda kichik chastotalarda o'lchash xatoligi 0,5% - 10% gacha va foydalanilayotgan qurilmalarning xatoligi va parametrlari parazitlarining ko'pligi bilan aniqlanadi.

Chastota ortishi bilan xatolik ham ortadi.

Qarshilikni o'lchash aniqligiga erishish uchun E ta'minot manbaini logometr yordamida kamaytirish mumkin. Logometr shunday qurilmaki o'zaro ikkita elektr kattalikni ko'rsatuvchi asosan ikkita toklarni. Logometr ya'ni logo o'lchagichlar magnitoelektrli va elektrodinamikli bo'ladi.



11-rasm. Logoo'lchagich:
a-qurilma; b-ulanish sxemasi.

O'lchamlarda keng tarqalgan logoo'lchagichlar magnitoelektrli sistemalaridir. Logoo'lchagich ikkita qattiq qisilgan ramqadan iborat, ular o'zgaruvchan maydonda joylashtirilgan. Ushbu maydon qutblarning maxsus konfiguratsiyasi orqali yuzaga keladi.

O'zgaruvchan maydon shuning uchun yuzaga keltiradi-ki , ramkada joylashtirilgan aylanayotgan momentlar faqatgina tokka bog'liq bo'libgina qolmay balki, ramqalarning maydonda joylashishiga ham bog'liq bo'lsin.

$$M_1 = \psi_1(\alpha) I_1; M_2 = \psi_2(\alpha) I_2,$$

bu yerda I_1, I_2 - ramkadan oqib o'tuvchi toklar, $\psi_1(\alpha), \psi_2(\alpha)$ -magnit oqimning ramkaga bog'liqligi. $M_1 = M_2$ da qarama-qarshi momentlar nolga teng bo'ladi. $\psi_1(\alpha) I_1 = \psi_2(\alpha) I_2$, demak , siljiydigan sistemaning chetlanish burchagi.

$$\alpha = F(I_1/I_x); \quad (27)$$

Yoqish sxemasi uchun (12, b-rasm)

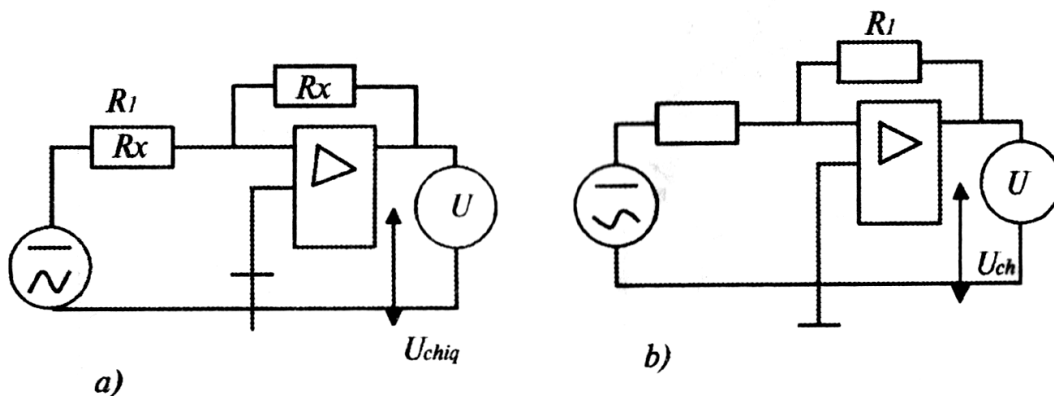
$$I_1 = E/(R_r + R_0) \quad I_x = E/(R_r + R_x) \quad \alpha = F[(R_r + R_x)/(R_r + R_0)]; \quad (28)$$

Bu yerda R_r -ramka qarshiligi; R_0 -namunaviy qarshilik;

Demak, (28)-formulaga asosan logoo'lchagich ko'rsatgichi tebranish kuchlanish manbaiga bog'liq emas. Qarshilik R_x bog'liq bo'lgan ko'rsatgichlar 0.5% chetlanishdan oshmaydigan laborator logoo'lchagichlarni yaratishga imkon beradi.

Ommetr - o'lchaydigan qurilma qarshilikni o'lchash uchun mo'ljallangan . Analogli elektron ommetrni invers kuchaytirgich OU asosida sxemasi yig'iladi. Ommetr chiqishidagi kuchaytirilgan kuchlanish quydagicha aniqlanadi.

$$U_{chi1} = U R_x / R_1 \quad (29)$$

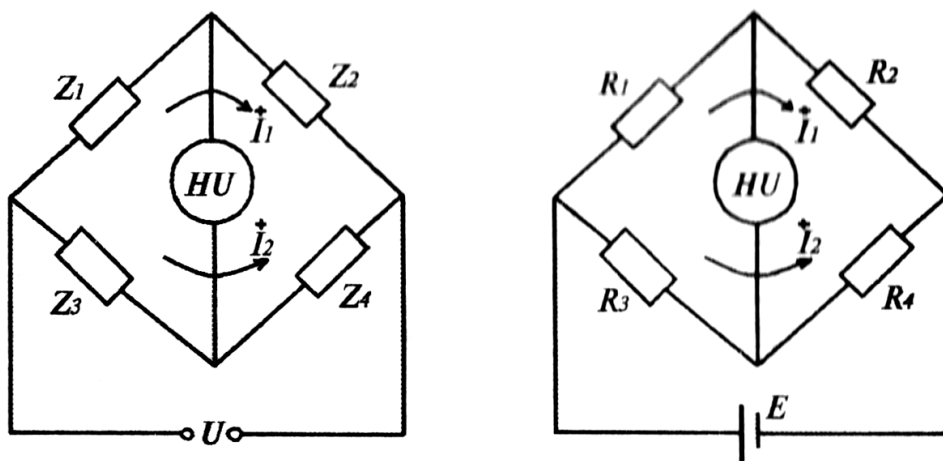


12-rasm. Ommetrni qarshiligini o'lchash sxemasi: a-kichik; b-katta.

Chiqish kuchlanishi R_x qarshilik bilan chiziqli bog‘lanishlanganligi uchun qurilmani shkalasi qarshilik birliklariga ega bo‘lishi mumkin. Keng chegaralarda shkala bir tekisdir. Elektron ommetr qarshiligi 2..4%. Aloxida katta qarshilikni o‘lchashni o‘lchashga mo‘ljallangan qurilmalarni ya’ni, R_x va R_1 ni joylar bilan almashtirish kerak, bunda o‘lchanayotgan qurilma shkalasi teskari bo‘ladi va kuchlanish $U_{chik} = -UR_x/R_1$ ga teng bo‘ladi. Bitta qurilmada ikki xil variantdagi sxemani qo‘llanilishi birligi Omdan bir necha o‘nlab MOm largacha xatoligi 10% tashkil qiladigan o‘lchamlar yaratish imkonini beradi. Qarshilik o‘lchagichlarni ya’ni, keltirilgan sxemalar asosidagilar o‘zgaruvchan toklar xolda ham qarshilikni o‘lchash imkonini beradi.

Parametrlarni o‘lchash uchun ko‘priklarni tenglashtirish usuli qo‘llaniladi. O‘lchash kattaliklarini tenglashtirishni ko‘prik yordamida o‘lchash jarayoni avtomatik yoki to‘g‘ridan – to‘g‘ri amalga oshiriladi, doimiy yoki o‘zgaruvchan toklarda. Ko‘priksimon sxemalar yuqori sezgirlikka, yuqori aniqlikka hamda keng diapozonga egadirlar, ya’ni o‘lchanayotgan element parametrlarida R , L , C elementlarining ko‘priksimon o‘lchash sxemasini bir necha xillari mavjud: to‘rt yelkali, teng og‘irlikli, tengog‘irlikli bo‘lmagan va foizli. Bu ko‘priklarni boshqarish avtomatik va to‘g‘ridan-to‘g‘ri bo‘lishi mumkin.

Keng tarkalgan sxemalardan biri to‘rt yelkali ko‘priksimon tengog‘irlikli sxemadir.



13-rasm. To‘rt yelkali ko‘priksimon sxemalar:
a-umumiy; b-aktiv qarshiliklarni o‘lchash uchun.

Umumiy xolda to‘rt yelkali ko‘prikkompleks harakterga ega:

$$\begin{aligned}Z_1 &= Z_1 e^{j\varphi_1}; \\Z_2 &= Z_2 e^{j\varphi_2}; \\Z_3 &= Z_3 e^{j\varphi_3}; \\Z_4 &= Z_4 e^{j\varphi_4}.\end{aligned}\tag{30}$$

Bu yerda Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 –kompleks qarshiliklarmoduli; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - ularning tegishli fazalari.

Teng ogirlik shartlari quyidagi tengliklar orqali aniqlanadi:

$$Z_1 Z_2 = Z_3 Z_4 \tag{31}$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha_3 + \alpha_4 \tag{32}$$

Teng og'irlikni ta'minlash uchun namunaviy aktiv qarshilikni boshqarishni qo'llash mumkin. Fazalarni teng og'irlik shartini etalon kondensator C_0 bajarish mumkin .

To'rt yelkali tengog'irlikli doimiy tok ko'prigi aktiv qarshilikni o'lchash uchun 13, b-rasmda keltirilgan. Ko'prik dioganaliga aktiv qarshilikni o'lchash vaqtida tok nolga teng deb olinadi. (31) ga binoan, ko'prik tengogirliigi $R_x \cdot R_2 = R_3 \cdot R_4$ shart orqali bajarilishi kerak, bu yerdan noma'lum qarshilik $R_x = R_2 \cdot R_3 / R_4$. Ko'prikni teng ogirligiga erishish uchun aktiv qarshilikni bitta boshqariladigan parametriga ega bo'lsa, yetarli 13-rasmda ko'rsatilgandek. Bu ko'priklar uchun o'lchanayotgan qarshilik chegarasi 10^{-2} dan 10^7 Omgacha bo'ladi. O'lchash xatoligi – juda kichik foizdan bir necha foizgacha bo'ladi, o'lchash diapozoniga bog'liq xolda. 13, b-rasmda ko'rsatilgan ko'prik sxemasi raqamli elementlar asosida bo'lishi mumkin. Buning uchun boshqaruvchi rezistorni qarshiliklar to'plami ko'rinishida yig'iladi, o'zaro ikkilik va o'nlik kodida bajarilgan qarshiliklar navbatma-navbat o'lchanayotgan tok yelkasiga ulanadi, tengog'irlik xosil bo'lguncha.

O'zgaruvchan tok ko'prigi orqali induktivlik, sig'im, asllik va burchak tangenisini o'lchash.

To'rt yelkali ko'prikni o'zgaruvchan tokda induktivlik va asllikni o'lchashi 14-rasmda ko'rsatilgan.

Ularda garmonik tok manbai U kuchlanish va burchak chastotasi ω da qo'llaniladi. Bu to'rt yelkali ko'priklar yaxshi tengog'irlikni ta'minlaydi. Ekvivalent sxemalar ketma-ket va paralel bo'lishi mumkin.

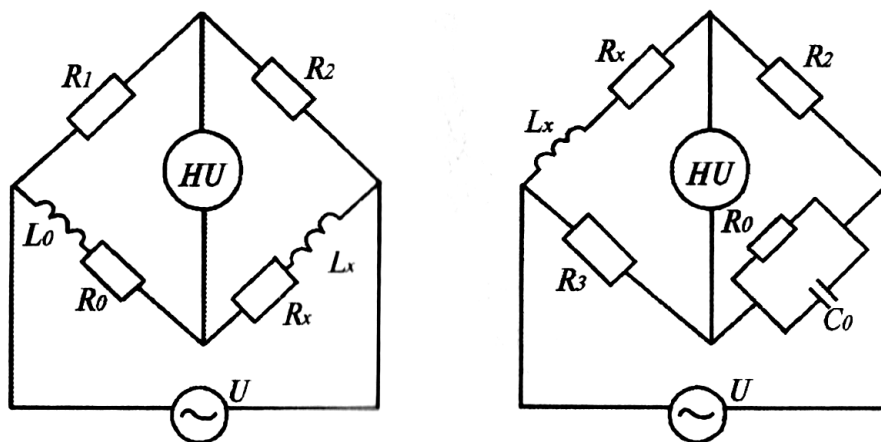
14-rasmda ko'rsatilgan sxemadagi ko'priksimon tenglikni ta'minlash sharti.

$$R_1(R_x + j\omega L_x) = R_2(R_0 + j\omega L_0) \quad (33)$$

Bu yerda R_x va L_x -yo'qotishni qarshilik va induktivligi ;
 R_0 va L_0 –namunaviy qarshilik va induktivlik. (33) orqali

$$R_x = R_2 \cdot R_0 / R_1; \quad (34)$$

$$L_x = L_0 \cdot R_2 / R_1 \quad (35)$$



14-rasm. Induktivlikni o'lchash ko'prik sxemalari:
a-g'altakli; b-sig'imli.

Bu sxema uchun quydagi tenglik to'g'ri bo'ladi.

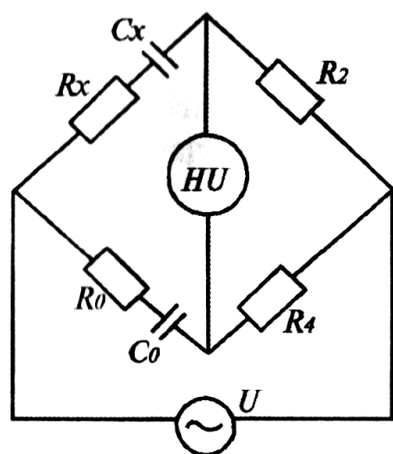
$$R_x + j\omega L_x = R_2 \cdot R_3 (1/R_0 + j\omega S_0) \quad (36)$$

Ba'zi bir o'zgartirishlardan so'ng induktivlik g'altakning parametrik

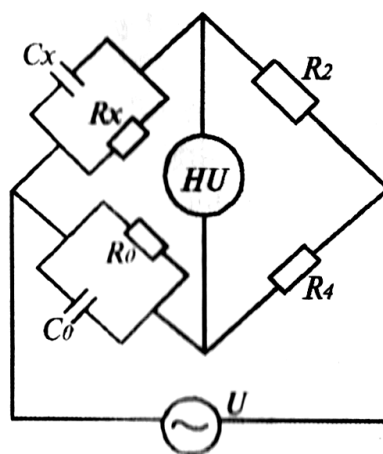
$$R_x = R_2 \cdot R_3 / R_0; \quad L_x = S_0 \cdot R_2 \cdot R_3 \quad (37)$$

G'altak asilligi: $Q = \omega \cdot L_x / R_x = R_0 \cdot \omega \cdot S_0$

Sig'im va tangens burchagini ko'priksimon sxemasi orqali o'lchash, 15, a-rasmda ko'rsatilgan, katta yo'qotishlarda 15, b-rasmda ko'rsatilgan.



a)



b)

15-rasm. Ko'priksimon sxemani sig'im va tangens burchagini o'lchash sxemasi: a) katta; b) kichik.

Tengog'irlik sharti sxemasi 15, a-rasmda ko'rsatilgan.

$$R_4[R_x + 1/(j \cdot \omega \cdot S_x)] = R_2[R_0 + 1/(j \cdot \omega \cdot S_0)] \quad (38)$$

Formulaga o'zgartirish kiritganimizdan so'ng quydagiga ega bo'lmiz:

$$S_x = S_0 \cdot R_4 / R_2 ; \quad R_x = R_2 \cdot R_0 / R_4 ; \quad (39)$$

Yo'qotishlar burchagi tangensi;

$$\operatorname{tg} \delta_x = \omega \cdot S_x \cdot R_x = \omega \cdot S_0 \cdot R_0 \quad (40)$$

Elementlarni parallel ulash mosti uchun S_x va R_x quyidagiga teng;

$$R_4 \cdot R_x \cdot (1 + j \cdot \omega \cdot S_0 \cdot R_0) = R_2 \cdot R_0 \cdot (1 + j \cdot \omega \cdot S_x \cdot R_x); \quad (41)$$

$$\text{Bu yerdan } S_x = S_0 \cdot R_4 / R_2 ; \quad R_x = R_2 \cdot R_0 / R_4 ; \quad (42)$$

Parallel sxemada burchak tangensi

$$\operatorname{tg} \delta_x = 1/(\omega \cdot R_x \cdot S_x) = 1/(\omega \cdot R_0 \cdot S_0) \quad (43)$$

Sxemani tengog'irligini navbatma-navbat karashlik yoki sig'imni o'zgaruvchan namunalarni tanlab beradi. Bu jarayonni qadam deb yuritiladi. Yaxshi kelishuvli ko'prik 5 qadamdan oshmaydi.

O'zgaruvchan tok ko'priklari kichik chastotalarda (500..5000 Hz) ishlatiladi, negakiyuqori chastotalarda xatolik ham oshib ketadi. O'zgaruvchan tokda ko'prik xatoligi ko'priknı tashkil kiluvchi elementlar orqali topiladi. Ko'prik o'zgaruvchan toki, ko'prikdagi o'zgarıas tokka qaraganda ko'proq halaqit va parazitlar aloqaga, ya'ni yelkalar, yelka va yer ostidagi aloqaga egadir.

Nazorat savollari

1. Radioo'lchov vositalari qanday tavsiflanadi?
2. Asbobning aniqlik sinfi deb nimaga aytiladi?
3. Elektr o'zgartirgich qurılma nima vazifalarnı bajaradi?
4. Shunt ishlash tamoyilini tushuntirib bering.
5. O'lchov asboblari ishlash tamoyillariga ko'ra qanday tizimlarga bo'linadi?
6. Jamlangan parametrli elektr zanjirlari nimani anglatadi?
7. Elektr zanjirlar elementlarining qanday parametrlari jamlangan hisoblanadi?
8. Aktiv quvvatni o'lchashning asosiy usullarini sanab o'ting.
9. Aktiv quvvatni o'lchashning usullariga qisqacha ta'rif bering.
10. Doimiy va o'zgaruvchan tokda o'lchashning ko'prik usulini ta'riflang.

8-9-ma'ruzalar. Impulsli va raqamli o'lchash usullari

Reja:

1. Umumiy ma'lumotlar.
2. Impulsli va raqamli o'lchash usullari.
3. Tok va kuchlanishni raqamli o'lchash.
4. Mikroprosessorli raqamli o'lchash asboblari.

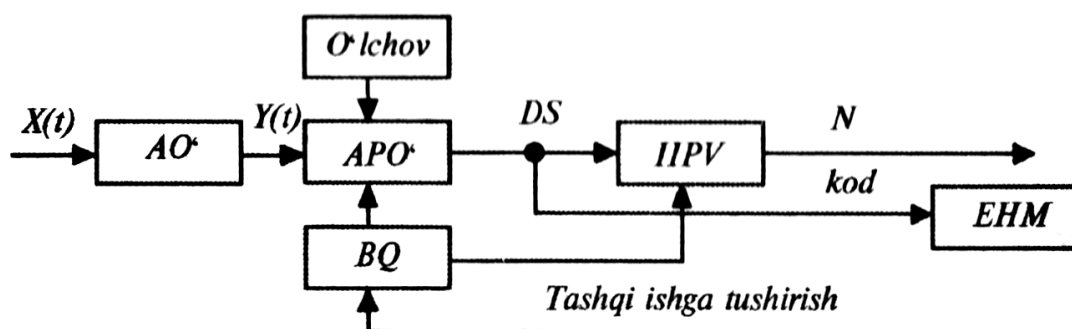
Analog asboblardan farqli xolda raqamli o'lchash asboblari (RO'A) quyidagi operasiyalar avtomatik xolda bajariladi: o'lchanayotgan kattalikning satx bo'yicha kvantlanishi; uning vaqt bo'yicha diskretizasiyalanishi; hamda informasiyaning kodlanishi.

O'lchov informasiyasining kod shaklida berilishi uning qayd qilinishi va ishlovini osonlashtiradi. Raqamli o'lchash asboblardan elektr va ba'zi noelektr kattaliklar o'lchanadi.

Raqamli o'lchash asboblarning afzalliklari:

- o'lchash natijasining yuqori aniqligi;
- tezkorligi va o'lchash jarayonini avtomatlashtirish mumkinligi;
- tashqi mexanik va iqlim ta'sirlariga berilmasligi;
- operator subyektiv xatoligining yo'qligi;
- birgina asbobda turli kattaliklarni: o'zgaruvchan va o'zgarmas kuchlanishni, tok kuchi, chastota va faza siljishini o'lchash mumkinligi;
- o'lchash chegarasi 1 MVdan 2000 V gacha;
- Kamchiligi:
- asbobning murakkabligi sababli tannarxining balandligi;
- ko'rsatkichli asboblarga qaraganda kam chidamliligi.

Raqamli o'lchash asbobining umumlashgan chizmasi quyidagi rasmda keltirilgan.



16-rasm. RO'A tuzilishi chizmasi.

AO - kirish analog o'zgartgichi;

ARO - analog raqamli o'zgartgich;

O'lchov - namuna o'lchov;

BK - boshqarish qurilmasi;

IIRV - informasiyani ifodalovchi raqamli vosita.

AO - analog o'zgartgich o'lchanayotgan $x(t)$ kattalikni u bilan funksional bog'lanishda bo'lgan analog kattalik $y(t)$ ga aylantiradi, bu esa raqamli kodga o'zgartirishni osonlashtiradi.

AO-sifatida kuchaytirgich bo'lgich, filtrlar, noelektrik kattaliklarni elektr kattaliklarga aylantirgichlar va boshqalardan foydalaniladi.

ARO‘ analog kattalikni satx va vaqt bo‘yicha kvantlash, o‘lchov bilan taqqoslash va natijalarni kodlash ishlarini bajaradi. Bunda chiqishda diskret signal (DS) ishlanadi va bu signal IIRVda raqamli hisob N ga kiritiladi.

Raqamli asboblarda ikkilik va o‘nlik sanoq shaklidan foydalaniladi.

Raqamli asboblarning elementlari va qismlari.

1. Ikkilik hisoblagichlar.
2. Registorlar.
3. Deshifratorlar.
4. Vaqt selektorlari.
5. Taqqoslash sxemalari.

Ushbu qismlar asosida quyidagi ko‘rinishdagi o‘zgartirishlar amalga oshiriladi.

Analog kod (ASP)

Kod analog (SAP)

RO‘A qismlari logik sxemalar va triggerlardan tashkil topgan.

Raqamli o‘lchash asboblari bir necha xil bo‘ladi.

Vaqt oraliqlarini o‘lchovchi raqamli o‘lchagichlar: garmonik yoki impulsli signallar davri va impulslar davomiyligini o‘lchaydi.

O‘lchanayotgan signal $U_X(t)$ kuchaytirgich shakllantiruvchiga keladi, chiqqan signal $U_X(t)$ to‘g‘ri burchakli impuls bo‘lib, uning davomiyligi T_x o‘lchanayotgan signal davriga teng bo‘ladi. Bu impuls K-kalitni ochadi va T_0 – davrli impulsar GI dan hisoblagichga kiritiladi. X – hisoblagich T_x vaqt ichidagi impulsar soni quyidagi ifodadan hisoblanadi.

$$N = T_x / T_0 = T_x * f_0 ; \quad (44)$$

F_0 - chastotaning T_0 - davri bu xolda namunaviy kattalikdir va u bilan o‘lchanayotgan vaqt oralig‘i taqqoslanadi.

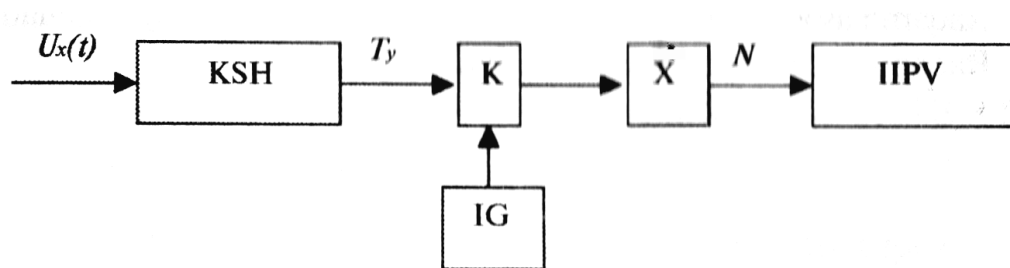
Hisoblagichdan chiqqan kod IIRV da aks etadi.

Raqamli chastotamerlar:

-davriy signal chastotasini va vaqt intervalini o‘lchaydi.

-bu chastotamerning ish prinsipi quyidagicha; -noma‘lum chastotaning davrlar soni T_x - namuna vaqt oralig‘i T_0 - da hisoblanadi, ya‘ni

$$N = T_0 / T_x = T_0 * f_x ; \quad (45)$$



17-rasm. RO‘A da davriy o‘lchashning tuzilishi.

Raqamli fazametrlar:

-bu fazametrlar impulsli qurilmalarni tadqiq qilishda, turli bo‘g‘inlarining faza-chastota tavsiflarini olishda ishlatiladi.

Ular ikkita guruxga bo‘linadi:

1. Fazalar siljishi oniy qiymatini o‘lchovchi;
2. Fazalar siljishi o‘rta qiymatini o‘lchovchi.

Ish prinsipi - ikkita sinusoidal yoki impuls kuchlanishi orasidagi faza siljishi vaqt oralig‘iga aylantiriladi va bu vaqt oralig‘i raqamli usulda o‘lchanadi. Garmonik tebranishlar faza siljishi:

$$\varphi = 2\pi T_x / T_x;$$

$$T_x = 1/f_x$$

T - tebranish davri - tebranishlar orasidagi vaqt siljishi.

Raqamli chastotamer, vaqt oralig‘i o‘lchagichi va fazametrlar bir xil qismlar tashkil topganligi sababli ular yagona universal asbob sifatida ko‘rilgan va elektron-hisob chastotameri deb nomlangan.

Bu chastotamerlar past chastotali - 10 MHz gacha va yuqori chastotali 150 MHz bo‘ladi. O‘lchashlar avtomat xolda va qo‘lda bajariladi.

Masalan: 43-35, 43-38, 43-57 va F5035, F5041, F5080.

O‘lchov ma’lumotlarini uzoq bo‘lmagan masofalarga uzatish uchun o‘zgarmas va o‘zgaruvchan kuchlanish va tok, hamda unifikasiyalangan signaldan foydalaniladi.

Raqamli voltmetr va ARO‘ GOST 14014-82 bilan tasdiqlangan.

Vaqt o‘zgartkichli raqamli voltmetr:

-o‘lchanayotgan kuchlanish dastlab vaqt oralig‘iga aylantiriladi. Keyin esa raqamli kodga o‘zgartiriladi.

O'zgaruvchan kuchlanish va toklarni o'lchovchi raqamli vultmetrlar.

Chastota o'zgartkichli raqamli vultmetrlar ish prinsipi: dastlab o'lchanayotgan kuchlanish impulsli yoki garmonik signal chastotasiga oraliq tarzida aylantiriladi.

Kuchlanishning ta'sir etuvchi va o'rta qiymatini o'lchashda o'zgaruvchan kuchlanish o'zgarmas kuchlanishga aylantiriladi.

Bunday SIP chizmasi quyida keltirilgan.

O'zgaruvchan sinusoidal yoki impulsli kuchlanishning amplituda qiymatini o'lchash uchun amplituda (taxlillagich) analizatorlari va xotirada saqlovchi raqamli vultmetrlar ishlatiladi.

Bu yerda:

MO' - masshtab o'zgartkichi;

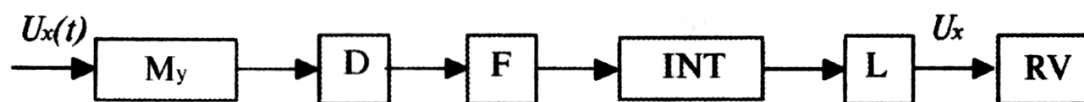
D – detektor;

F – filtr;

Int-integrator;

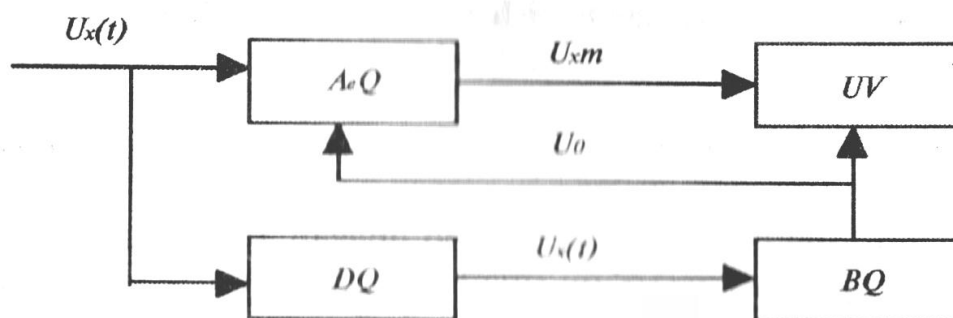
RV-raqamli vultmetr;

L-linearizator.



18-rasm. O'zgaruvchan kuchlanish va toklarni o'lchovchi raqamli vultmetrlar.

Ayniqsa, o'lchanayotgan kuchlanish amplitudasini xotirada saklash usuli soddaligi bilan farqlanadi.



19-rasm. Amplituda qiymatini eslab qoluvchi raqamli vultmetrning tuzilishi.

Bu voltmetr 0,1-0,2% xatolikka ega.

Eslash vaqti t_{es} 10 mks.

AeQ - analog eslash qurilmasi

DK - differensiallovchi qurilma

BQ - boshqarish qurilmasi

Mikroprosessorli raqamli o'lchash asboblari.

O'lchash texnikasida mikroprosessor va mikro EXM ning qo'llanilishi ko'p kanalli o'lchash asboblarning yaratilishiga olib keldi. Ular loggerlar deyiladi. Ular blok-modul prinsipida qurilgan. Asosiy elementlari: kommutatorlar, ASP, MP yoki mikro EXM, operativ (OE+), doimiy (PZU) qayta dasturlanuvchi (PPZU), SSOI, operator pulti, tashqi qurilmadir.

Loggerlar 16-100 o'lchov kanallariga ega.

Davriy signalning chastotasi f_x ni o'lchash uchun ma'lum t_0 vaqt oralig'idagi uning davrlar soni N ni hisoblash yetarlidir.

$$f_x = N / \Delta t_o; \quad (46)$$

f_x - noma'lum chastota; N - davrlar soni.

Noma'lum vaqt intervalini f_x o'lchashda esa signalning T_0 - davrlar sonini ma'lum f_0 chastotada o'lchanayotgan interval t_x da hisoblash yetarli bo'ladi.

O'lchash natijasi quyidagicha ifodalanadi.

$$\Delta t_x = N / f_o = NT_o; \quad (47)$$

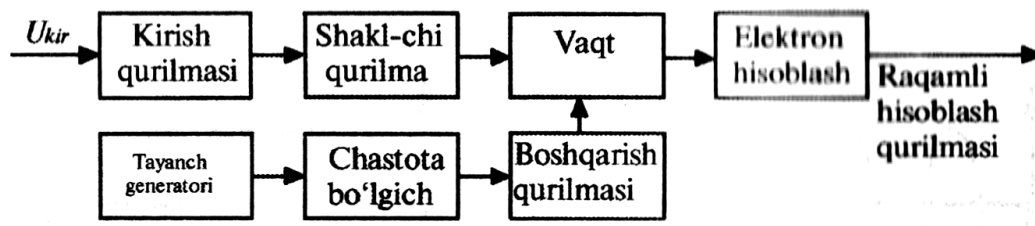
Yuqorida keltirilgan bevosita hisoblash usuli elektr signalining chastota vaqt parametrlarini raqamli o'lchash usullarining asosini tashkil qiladi.

Quyidagi rasmda elektron hisobli chastota o'lchagichning soddalashtirilgan tuzilishi berilgan.

Chastota o'lchash rejimi.

Tekshiriladigan signal U_x kirish qurilmasiga keladi, kuchaytiriladi yoki susaytiriladi, signal filtrlanadi.

Shakllantiruvchi qurilma signalni impulsar ketma-ketligi U_{chik} ga aylantirib beradi, ularning chastotasi tekshirilayotgan signal chastotasiga teng bo'ladi.



20-rasm. Elektron hisobi chastota o'lchagichining tuzilish sxemasi.

Selektor boshqariluvchi elektron kalit bo'lib u elektron hisoblagichga noma'lum chastotasi shakllangan impulslarni boshqaruvchi qurilmada stroblovchi I_{su} impuls bo'lgandagina o'tkazadi, bu impulsning davomiyligini t_0 o'lchash vaqti aniqlaydi.

Boshqarish qurilmasi chastota bo'lgichlar yordamida stroblovchi impulsni yuqoristobil tayanch generatori signalidan ishlab beradi va uning davomiyligi 10^k karrali bo'ladi. k -butun son.

Selektor chiqishida elektron hisoblagich bilan sanalgan N impulslar soni kirish signali chastotasiga proporsional bo'ladi va raqamli hisob qurilmada qayd qilinadi. $\Delta t_0 = 10^k c$ bo'lganligi uchun chastota

$$f_x = N \cdot 10^k \text{ Hz} \quad (48)$$

Keltirilgan diagrammalar asosida chastotani bevosita o'lchashda xatolikning 2 ta tashkil etuvchisini ajratish va ular qiymatini hisoblash qiyin emas.

Birinchidan, bu xatolik - namuna vaqt intervali xatoligidir. Bu xatolik tayanch kvars generatori boshlangich chastotasi asosida paydo bo'ladi.

Raqamli chastotamerlarda asosan termostatlangan kvars generatorlardan foydalaniladi va $f_0 = 0.1 \div 10 \text{ MHz}$ chastota diapazonida bo'ladi, chastotasining maksimal nisbiy xatoligi $10^{-7} \dots 10^{-9}$ tashkil etadi. Bu xatolikni ikkinchi tashkil etuvchi diskret xatolikka nisbatan hisobga olmasa ham bo'ladi.

$$N_x = f_x \Delta t_0. \quad (49)$$

Tekshiriluvchi signal va stroblovchi impuls vaqt bo'yicha o'zaro bog'lanishlanganligi sababli impulslarni sanash xatoligi impulsni tashkil etadi.

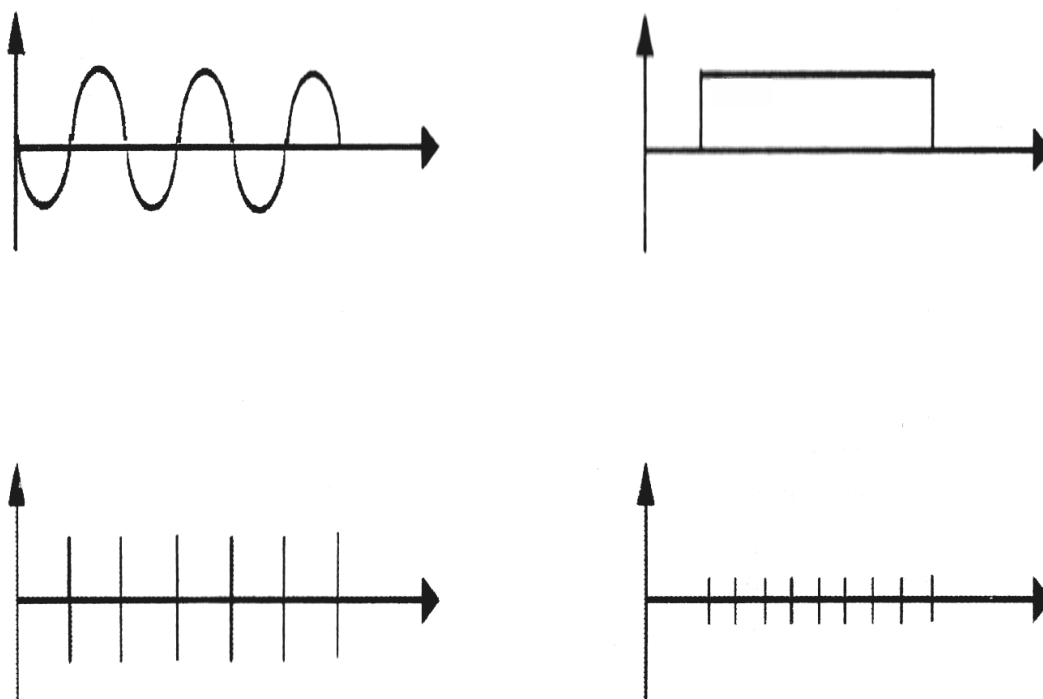
Shunga ko'ra, chastotani o'lchashda diskretlikning maksimal nisbiy xatoligi

$$\delta_g = \pm 1/N = \pm 1/f_x \Delta t_o. \quad (50)$$

Diskretlik xatoligini kamaytirish mumkin, buning uchun o'lchash boshida stroblashgan impuls tekshirilayotgan signal bilan sinxronlashtiriladi. Bunda diskretlik bo'yicha xatolik doimo musbat bo'ladi:

$$\delta_g = 1/f_x \Delta t_o. \quad (51)$$

Yuqoridagilardan ko'rinib turibdiki, diskretlash xatoligi o'lchanayotgan chastotani va o'lchash vaqtini oshirish hisobiga kamaytiriladi. Yuqori chastotalarni o'lchashda diskretlikning nisbiy xatoligi kamayadi va tayanch generatorining xatoligi - bilan teng bo'ladi. O'lchanayotgan chastota va o'lchash vaqti ortgan sari diskretlikning nisbiy xatoligi kamayadi.



21-rasm. Elektron hisoblagich qurilmalarida signalning vaqt bo'yicha diagrammalari.

Ushbu kattaliklarning istalgan ikkitasi berilgan bo'lsa, uchinchi kattalikni hisoblash mumkin bo'ladi.

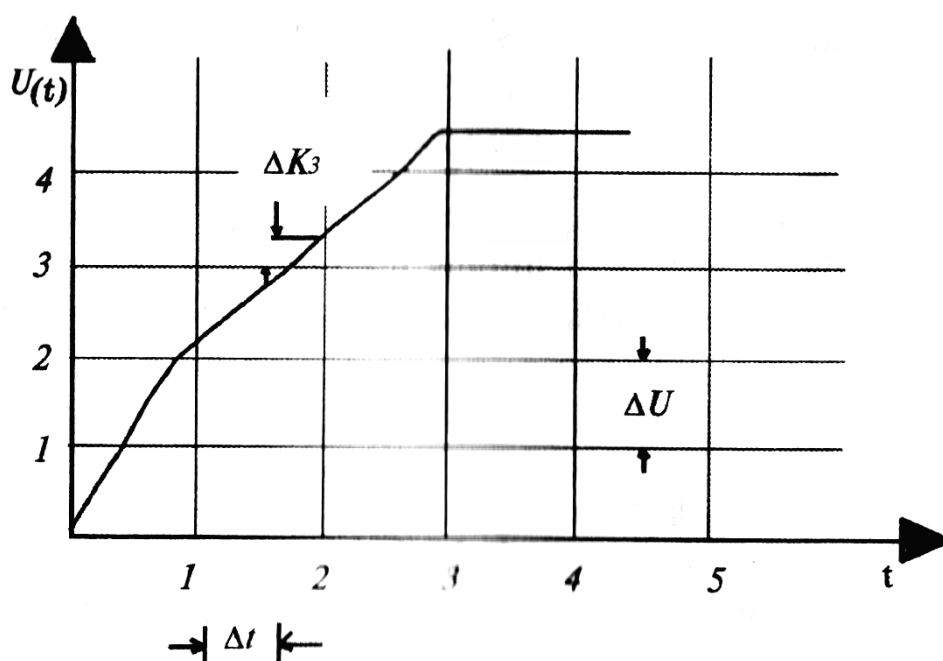
Xozirgi paytda analog - diskretli o'lchash asboblari (ADO'A) ishlatilmoqda. RO'A dan farqli xolda bu asboblarda kvazianalog hisoblash qurilmasidan foydalaniladi. Bu qurilmada ko'rsatkich vazifasini yorug' nuqta / polosa bajaradi, u o'z uzunligini diskret ravishda o'zgartiradi.

Kvazianalog hisoblash qurilmasi kod bilan boshqariladi. RO'A, AO'A va ADO'A uchun umumiy bo'lgan raqamli hisoblash qurilmasi (RXK) foydalaniladi.

«Kod» xosil qilish uchun RO'A da o'lchanayotgan uzluksiz kattalik vaqt bo'yicha diskretlanadi va satx bo'yicha kvantlanadi. Vaqt bo'yicha uzluksiz bo'lgan $x(t)$ kattalikni diskretlash deb, kattalikni vaqt bo'yicha uzlukli kattalikla aylantirish tushuniladi.

Kattalikning qiymati «0» dan farqli va $x(t)$ ning mos qiymatlari bilan ayrim vaqt momentlarida mos tushadi.

Vaqtning ikkita momenti orasidagi oraliq diskretizasiya qadami deyiladi va bu qadam doimiy va o'zgaruvchan bo'lishi mumkin.



22-rasm. $U(t)$ kattalikning kvantlanishi va diskretlanish grafigi.

Δt – diskretlash odimi

ΔU – pog'ona, kvantlanish odimi

ΔK_3 – 3-sath bo'yicha kvantlanish xatoligi

O'lganayotgan kattalikli qiymati bo'yicha diskretlanish - kvantlanish deyiladi, bunda vaqt bo'yicha uzluksiz bo'lgan kattalik uning vaqt oralig'idagi qiymatlari bilan almashtiriladi. RO'K larda kvantlangan va diskretlangan signal raqamli kodga aylantiriladi, ya'ni turli diskret qurilmalar uchun qulay shaklga keltiriladi.

Kodlashda hisoblashning ikkilik, o'nlik va ixtiyoriy sanoq tizimidan foydalaniladi.

O'nli tizimda har qanday N soni quyidagi ko'rinishda beriladi.

$$N = \sum_{i=-m}^n k_i \cdot 10^{i-1}$$

k_i – razryad ko'effitsiyenti

10^{i-1} – vazn ko'effitsiyenti

-m dan n gacha bo'lgan butun sonlar razryad raqamini aniqlaydi. Masalan, 930,4 soni sanoqning o'nli tizimida ushbu ko'rinishda beriladi.

$$930,4 = 9 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 0 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1}$$

9,3,0,4 – razryad ko'effitsiyenti

RO'A da o'nli tizimda o'lchash natijalarini ifodalash uchun foydalaniladi. Bunda kodlash ikkita turg'un xolatga ega bo'lgan «trigger» deb nomlangan elementlardan foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Vaqt oraliqlarining o'lchovi raqamli o'lchagichlar nimalarni o'lchaydi?
2. Raqamli o'lchagichlarning qanday turlarini bilaiz?
3. Raqamli o'lchash asboblari afsalliklarini ayting?
4. Raqamli asboblarning elementlari va qisimlarini aytib bering?
5. Raqamli faza o'lchagichlarining qaysi turlarini bilasiz?
6. Raqamli o'lchash asboblari qaysi tizimlarda foydalaniladi?

10-ma'ruza. Radiotexnik zanjirlar tavsifi parametrlarini o'lchash

Reja:

1. Element parametrlarini rezonansli o'lchagichlar.
2. Apmplituda-chastota xarakteristikasi o'lchagichi.

Rezonansli o'lchash metodi tebranish konturini rezonans chastotasi va uning element L va C parametrlari asosidadir. Quyidagi fomula orqali bog'liq:

$$f=1/2\pi\sqrt{L\cdot C}$$

O'lchashning rezonansli metodi yuqori chastotalarda induktivlik va sig'imni o'lchashda juda qulaydir. Rezonansli sxemalar orqali almashinish metodi orqali o'lchashlar olib borish qulaydir. Bunda bitta effekt ikki marta takrorlanadi: birlamchimartasida – o'lchanayotgan element orqali ,ikkinchi martasida –tabiiy fizik usuli orqali. Rezonansli sxemalar kichik qarshiliklar , sig'im, burchak tangensida kondensatorni yo'qotishlarni aniq o'lchashda qulaydir. O'lchashlar yuqori chastotalarda olib borilayotgani uchun rezonans sxemalari radioelement parametrlarini o'lchashda qo'llash maqsadga muvofiqdir. Rezonansli usul orqali zanjir parametrlarini universal qurilma kumetr orqali o'lchashdir, unda asosiy o'lchanayotgan zanjir bo'lib, ketma –ket rezonansli kontur xizmat qiladi. Kumetrni umumiy funksional sxemasi 6.7-rasmda keltirilgan. Ketma-ket rezonansli konturga sinusoidal signallarni yuboruvchi manba tok generatori G hisoblanadi, ya'ni kichik aktiv qarshilikka yuklangan $R_0=0,05\text{Om}$. Generatorni chiqishidagi tebranish chastotasi kichik chastotalarda o'zgarishi mumkin. Kirish signalini darajasini doimiy ushlash kerak.

L_x ni o'lchashda ko'rilayotgan g'altakni 1,2 – qisqichlariga ulanadi. Bu g'altak, ya'ni o'lchanayotgan induktivlik L_x aktiv qarshilik R_x va sig'im S_{LX} shuningdek, Se etalon kondensatoriga bog'liqdir. Konturdagi rezonans Se etalon kondensatoriga bog'liqdir. Konturdagi rezonans Se etalon kondensatorini o'zgarishini boshqaradi. L_x induktivligini S_{LX} sig'imorqali ikki xil rezonans chastotalarda o'lchanadi, ya'ni:

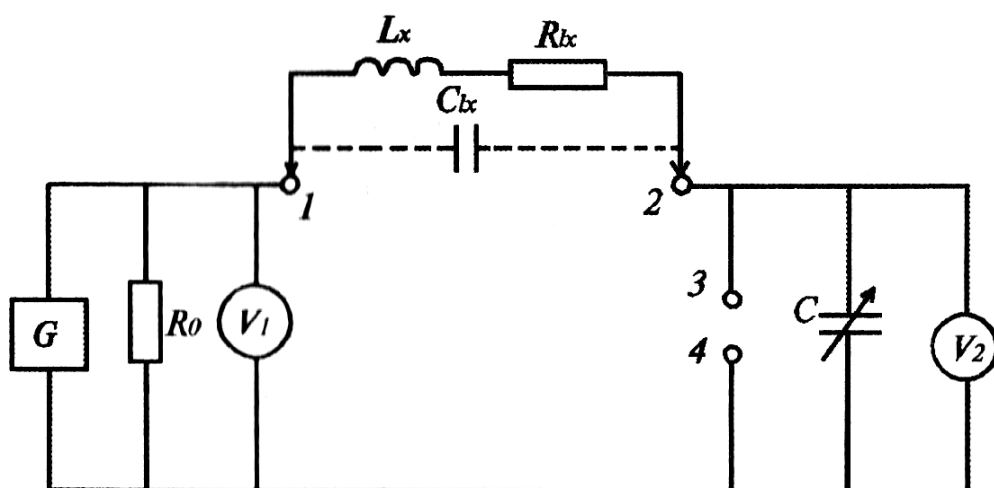
$$fr_1=1/(2\pi\sqrt{L_x\cdot(Ce_1+S_{LX})}); \quad fr_2=1/(2\pi\sqrt{L_x\cdot(Ce_2+S_{LX})}); \quad (52).$$

bu yerda C_{e1} va C_{e2} – etalon sig‘im f_{r1} va f_{r2} chastotalarda.

Telekommunikatsiya sistemalarida odatda chiziqli to‘rt qutublagichdan foydalaniladi (chiziqli zanjirlar), uning eng asosiy harakteristikalaridan biri, uzatishni chastota harakteristikasidir (uzatish koeffitsiyenti). Zanjirni uzatish koeffitsiyenti amplituda kompleks kuchlanishi, ya‘ni $U_{chiq}(j\omega)=U_{chiq}$, kirish $U_{kir}(j\omega)=U_{kir}$, bu o‘zaro aloqadorlik katta chastotani ω garmonik kuchlanganligi orqali amalga oshiriladi.

$$K(j\omega)=K(\omega)=U_{chiq}/U_{kir}=K(\omega)\cdot e^{j\alpha(\omega)}$$

Eslatma: koeffitsiyent moduli $|K(\omega)|=K(\omega)$ AChX deb nomlanadi $\alpha(\omega)$ argument esa to‘rtqutublik faza chastota harakteristikasi deyiladi (FChX).



23-rasm. Kumetrning umumiy funksional sxemasi.

Ayrim chastota polosalarida (otlik) chiziqli to‘rtkutublagichga kirishga ta‘siri natijasida u kamaya boshlaydi. Buning natijasida «o‘tkazuvchanlik polosasi» tushunchadan foydalaniladi (ishchi polosa), bunda uzatish modul koeffitsiyenti $K(\omega)$ o‘zining maksimal qiymatiga $1/\sqrt{2}$ ga erishadi.

Chiziqli to‘rtkutublagichni utkazish polasasi muxitning pastdan ω_p to ω_{yu} chastotalariga ega bo‘ladi shuning hisobiga uning qalinligi $\Delta\omega=\omega_{yu}-\omega_p$ ga teng bo‘ladi. Amaliy hisobda aylana chastota ω emas siklik chastota f dan foydalaniladi. Shuning uchun chiziqli to‘rtkutublagichni o‘tkazish polasasi:

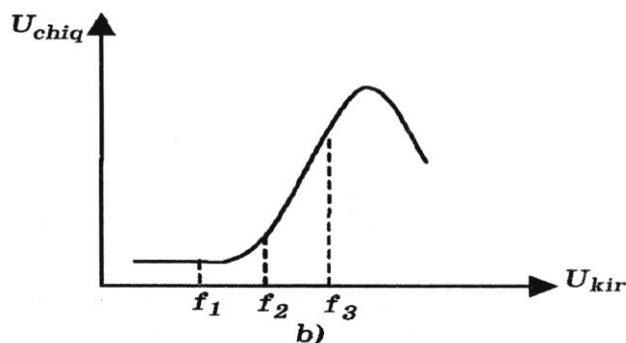
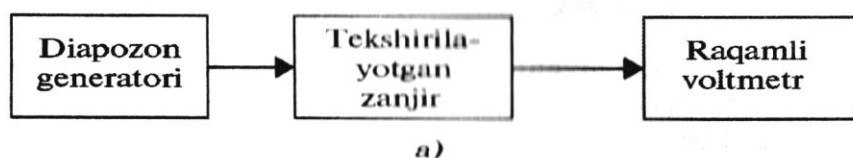
$\Delta f=f_{yu}-f_p$; bunda f_{yu} – yuqori va f_p – past chegaraviy siklik chastota.

AChX aniqlanishi uchun mo'ljallangan qurilma zanjirini chiqishidagi kuchlanish egri chiziqli aniqlashga mo'ljallangan bo'lib uning sinusoidal chastota kuchlanganligini kirishdagi doimiy amplitudaga bog'liqdir.

FChXni aniqlash davomida shuni aniqlash mumkinki, chastota fazalar o'zgarishiga bog'liqligi amaliyot o'tkazilayotgan qurilmani kirish va chiqish sinusoidal kuchlanish paydo bo'ladi.

AChXni chiziqli zanjirda o'lchashga mo'ljallangan o'lchash asboblari – AChXni o'lchovchi qurilma deyiladi. Ular odatda sozlashda va radioappaturalarni nazorat qilishda qo'llaniladi, shuningdek ularni kuchaytirgich va radio qabulqilgichlarda qo'llash mumkin.

AChX o'lchagichining struktura sxemasi 24, a-rasmda keltirilgan. Garmonik tebranishni generator diapozoni u aniqlashi kerak bo'lgan dinamik diapozon chastotalariga mos qilib sozlanadi. AChX larni raqamli voltmetr yordamida olish juda onson, undagi nuqtalar ketma-ket sozlangan generator chastotalari f_1, f_2, f_3 bo'ladi. Olingan natijalar asosida AChX chiziqlidir. Bu usul o'ziga yarasha qiyindir. Bundan tashqari unda AChX nuqtalar oralig'ida o'zgarishlar tushib qolishi mumkin. Usulni kamchiligi radiotexnik sxemalar sozlanganda ko'zga tashlanadi va undagi sxemalarning har bir elementidagi o'zgarishni aniqlash uchun uni qayta-qayta takrorlash lozim (AChX topilganda).

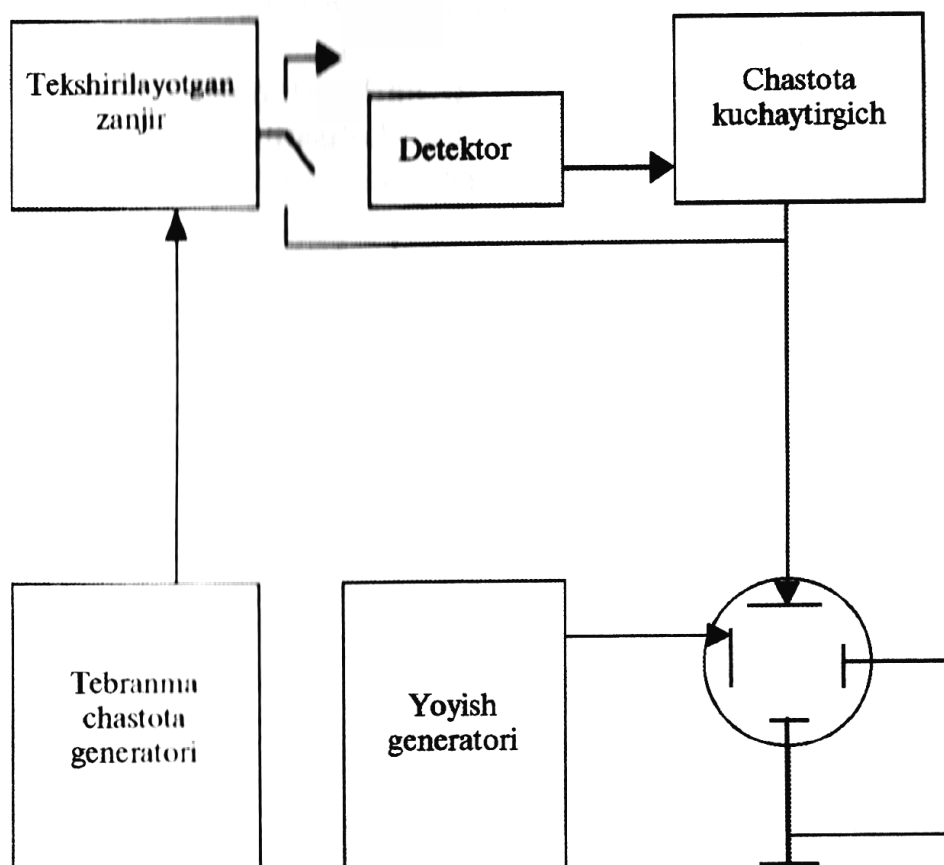


24-rasm. Nuqtalar bo'yicha AChX olish:
a-o'lchagichning tuzilish sxemasi, b-AChXning grafik qurilishi.

AChX ni ponaram o'lchash yuqori qo'llanishga ega bo'lib, u elektron yoki zamonaviy displey ega bo'lib, u chastota tebranish generatoriva boshqarish yoki sozlanish raqamli sxemalari asosida tashkil topgan. Ponoram o'lchagichlari geterodin analizator spetoriga yaqin. Lekin bu qurilmalar orasidagi farq: anlizator spektor signalni parametorini aniqlasa, AChX o'lchagichni zanjir yoki qurilmani harakteristikalarini o'lchashga asoslanadi.

Yuqoridagi sxema AChX panorama o'lchagichi keltirilgan (25-rasm). Qurilmani asosini TChG tashkil qiladi, periodik o'zgaruvchan chastotada yuqori chastotali kuchlanishni xosil qiladi. Chastotalar o'zgarish qonuniyati modulyatsiyalaniladigan kuchlanish bilan aniqlanadi, unda arrasimon kuchlanish razvyortkasi ishlatiladi.

Chetlanuvchi - qiymatlovchi kuchlanish zanjirni chiqishida AChXni shaklini takrorlaydi. Agar kuchlanishni vertikal chetlaniuvchi plastina ELTga berilsa unda ekranda AChXni tasviri paydo bo'ladi.



25-rasm. AChXni panorama o'lchagichni struktura sxemasi

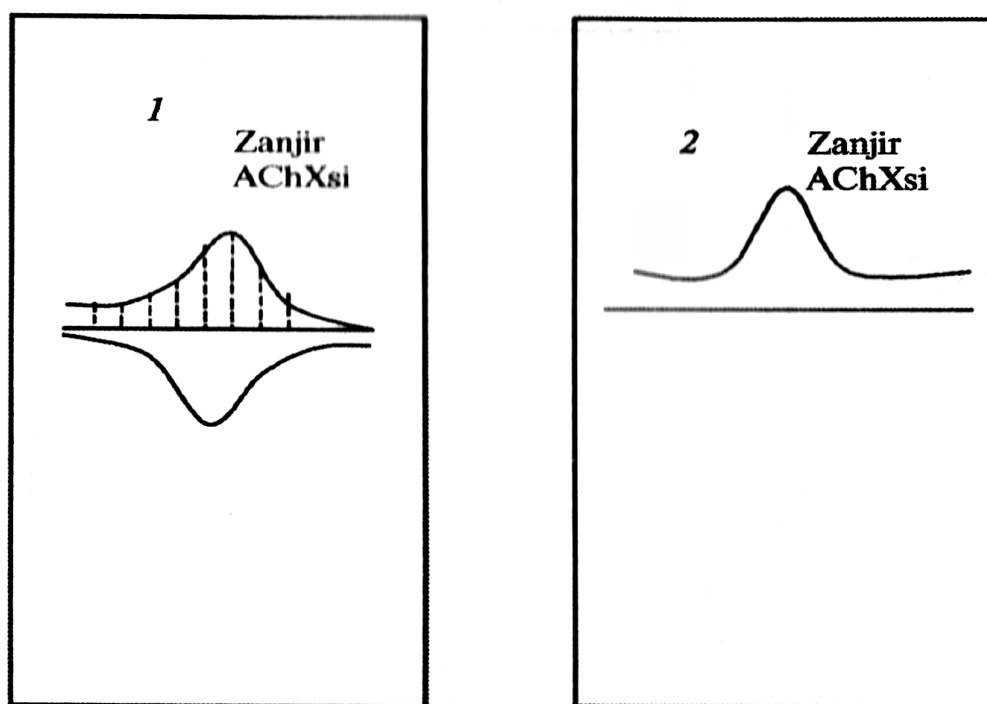
Indeqatorga kuchlanish zanjirini chiqishidan bersa bo‘ladi- bu rejim birinchi yoki detektordan keyinga va past chastotali kuchaytirgich – ikkinchi rejim deyiladi (26-rasm).

Ekranida paydo bo‘luvchi tasvirlar keltirilgan. Birinchi rejim chiziqli zanjirning chiqishida yuqori amplituda bo‘lganda qo‘llaniladi. Bunda xatolar bartaraf qilinib, ular detektor harakteristikasining nochiziqliligi va AChX kuchaytirgichning past chastota notekisligidan kelib chiqadi.

26-rasmda nurlarning teskari nurlanishining indekator ekranidagi gorizontal chiziqqa ega bo‘lishi ko‘rsatilgan. Bunda chastota generatori kuchlanishi bilan razvyortka generatorlarini berkitib ko‘yadi.

27-rasmda keltirilgan AChXni chiziqli zanjiri elementidan tashqari qo‘llaniladigan o‘lchagichlar keltirilgan, unda qo‘shimcha qurilmalar bor bo‘lib, displey ekranida AChX aniqlikka erishishni ta‘minlaydi. Bu qurilmalarning ta‘sis etish qiyin tushuntirmasdan, misol qilib struktura sxemasini keltiramiz.

AChXni ishlash prinsopi bo‘yicha elektron nurning og‘ishi natijasida displey ekranida gorizontal chiziqlar chastotaga proporsional bo‘lishi kerak, ya‘ni sxemada razvyortka kuchlanishi qiymati va chastota TChG orasida bog‘liqlik bo‘lishi kerak.



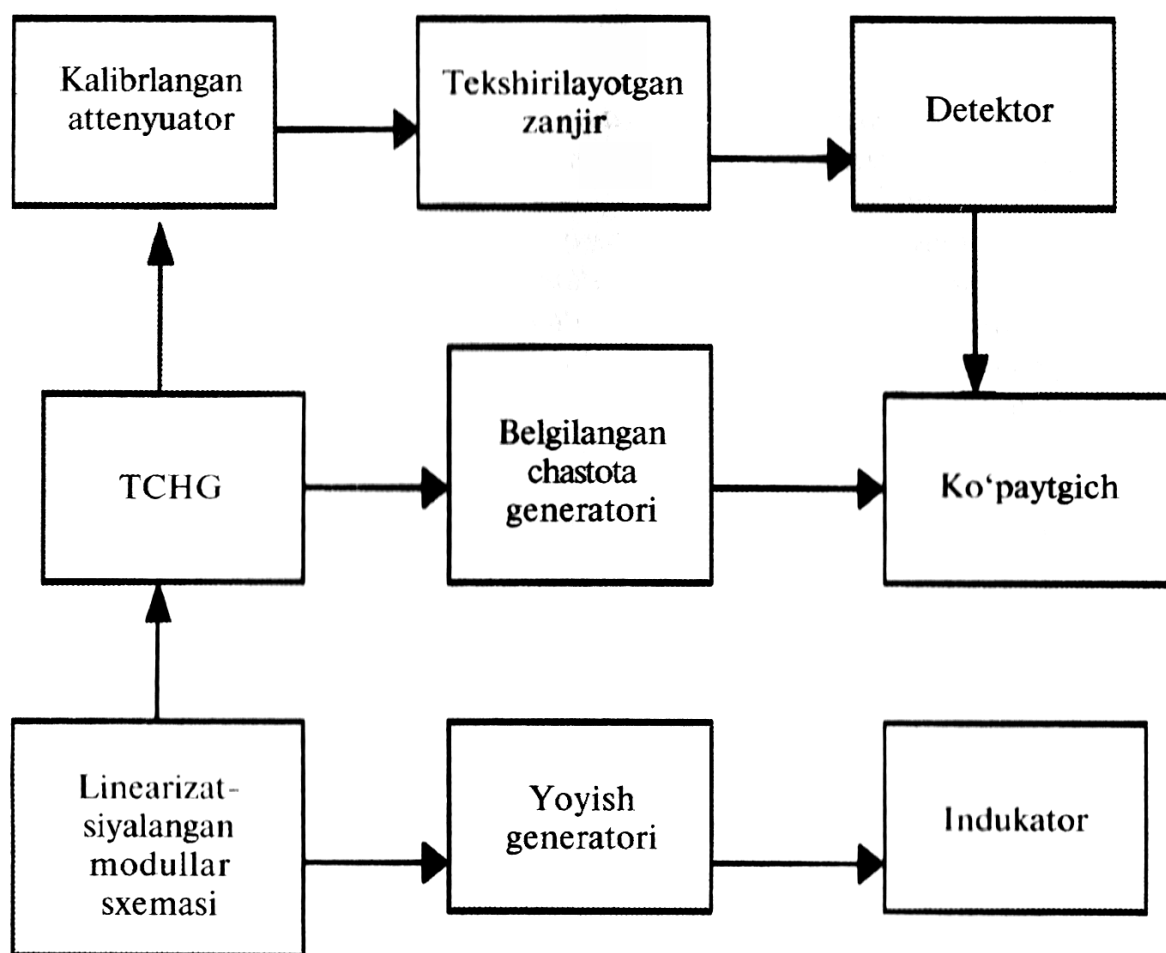
26-rasm.Nurlarning teskari nurlanishining indikator ekranidagi tasviri.

Bu parametrlarning yo'qolishi noxiziq chastota masshtabini keltirib, u ekranda AChXni ko'rsatishi jarayonida buzilishlarni xosil qiladi.

Kamchiliklarni bartaraf etishda, AChX o'lchagichiga modulyasion minearizasiya harakteristikasi TChG kiritiladi.

Shuning uchun bu o'lchash asbobida avtomatik amplituda boshqarish kiritilishi lozim bo'lib, uning chiqishida TChG kuchlanishining muvozanatlashtiradi.

Kuchlanishni o'zgartirish uchun o'lchanayotgan zanjirda TChG chiqishida o'zgaruvchan kalibrlangan attenyuator o'rnatiladi. Chastota o'lchagichi AChXning aniqlashda generator chastotalar orqali amalga oshiriladi. Bunda aniq qiymatlar nolinchii urishlarda shakllanadi. Buning uzi TChG dagi aralash kuchlanish orqali paydo bo'ladi, undagi spektr kalibrlangan chastotalarda xosil bo'ladi. Kuchaytirilgan kuchlanish qiymatlari displeyga uzatilib, unda chastota shkalalari asbob ekranida gavdalanadi va xosil bo'ladi.



27-rasm. AChX panorama o'lchagichning tuzilish sxemasi.

Nazorat savollari

1. Q-metrning soddalashtirilgan funksional chizmasi asosida ishlash tamoyillarini aytib bering.
2. Raqamli qurilmalarda parametrlarni o'lchashning qaysi usullari qo'llaniladi?
3. Zanjir liniyalari AChX tadqiq qilishi qanday amalga oshiriladi?

11-12-13-ma'ruzalar. O'lchov generatorlari

Reja:

1. Generatorlarning turlari va vazifasi.
2. Impulslı signal generatorlari.
3. Garmonik to'liqin generatorlari.
4. O'ta yuqori chastotali generatorlar.
5. Maxsus shaklli signallar generatorlari.
6. Shovqin generatorlari.

Turli radiotexnik elementlar, sxemalar, qurilmalar va tizimlarni tadqiq qilish, signali va parametrlarini o'lchashda turli- tuman shakllar, chastotalar va quvvatlarga ega bo'lgan sinov va aniq signallar manbai talab qilinadi. Mazkur signallarni tadqiq etilayotgan apparaturaga berib, manbani o'lchovlar sifatida qo'llab elektr signallarning qator parametrlari (garmonik tebranish chastotasi, impulslarning davomiyligi va kuzatish davri, modulyasiya koeffitsiyenti va sh.k) o'lchaydi: elektr zanjirlarning amplituda – chastotaviy va o'tish tavsiflarini oladi, shuningdek shovqin koeffitsiyenti va radioqabul qilgich qurilmalar sezgirligini aniqlaydi, o'lchov asboblari graduiraydi yoki testlaydi; yuguruvchi va tingch to'liqlar koeffitsiyentlarini, O'YuCh qurilmalar yuklanishini akslantirishi va to'la qarshiligi koeffitsiyentlarini aniqlashda o'lchov liniyalarini ta'minlaydi. Turli tebranishlarning bunday manbalari signallarning o'lchov generatorlari (avtogeneratorlar) deb ataladi.

O'lchash signali generatori – bu jalb qilinadigan metrologik tavsiflarga muvofik berilgan chegaralarda me'yorlashtiriladigan chastota, vaqtli va amplitudaviy parametrlarining ma'lum shakldagi radiotexnik signallari manbaidir.

O'lchov generatorlari elektr tebranishlar, modulyasiya quvvati va darajasi ma'lum chegaralarda qayd etiladigan yoki sozlanadigan ekranli manbadir. Ular oddiy generatorlardan qator prinsipiga farqlarga ega: keng diapazonlarda tebranishning chiqish parametrlarini kuchlanish yoki quvvatning chastotasi, shakli, davomiyligi va darajasi aniq o'rnatish va sozlash imkoniyatiga ega, signallarni o'rnatish va sozlashni nazorat qilishga imkon beruvchi yuqori barqaror parametrlar o'rnatilgan o'lchov asboblariga ega, o'lchash va dasturli boshqarishning boshqa vositalari bilan hamkorlikda ishlashi mumkin.

O'lchov generatorlarining quyidagi turlari farqlanadi:

- past chastotali signallar generatori – infratovush (lot UNFRA – past; elastik too'lqinlar 16Gs dan past, ularni kishi a'zosi eshitmaydi) chastotali (0,01g..20 Gs), past chastotali yoki past tovushli va ultratovush chastotalar (20g.300000 Gs) ning garmonik.

Modulanmagan yoki modulashgan signallar manbai;

- yuqori chastotali signallar generatorlari – yuqori (0,3g..300 MGs) va o'ta yuqori chastotalar (O'YuCh, 300 MGs) ning garmonik modullanmagan yoki moddulanmagan signallar manbai;

- tebranuvchan chastotali (cbun- generatorlar) belgilangan chastota polosasi chegaralarida chastota avtomatik o'zgaradigan garmonik signallar generatori;

- impulsar generatorlari yoki relaksion generatorlar turli shakldagi bir (yagona) yoki davriy video impuls- signallar manbai;

- shovqin va shovqinsimon signallar generatorlari- chiqish kuchlanish statistik tavsiflar bilan nazorat qilinadigan tasodifiy jarayonlarni amalga oshirishga mo'ljallangan elektr shovqini va shovqinsimon signallar manbai.

Chiziqli – o'zgaruvchan kuchlanishlar generatorlarini (ChO'KG) ajratib ko'rsatish lozim, ular relaksasion generatorlarga oid bo'lib, o'lchov hamda yoyilmalar generatorlari sifatida ishlatish mumkin.

Ta'kidlab o'tish kerakki, garmonik tebranishlar generatori chiqish signali spektrida bir yoki bir necha garmonikalar mavjud. Relaksion generatorlarning chiqish tebranishlari o'lchanadigan amplitudali ko'plab garmonikalarga ega.

O'lchov generatorlarida real signalni imitatsiyalash uchun garmonik tebranishlarni modulyasiyalash imkoniyati ko'zda tutilgan. Modulyatsiya ko'rinishiga ko'ra generatorlar amplitudali (bir polosali amplitudali), chastotali va fazoviy sinusoidal amplitudali, chastotali va impulsli modulyasiyasi, shuningdek impulsli kodli va shovqinsimon

(psevdotasodifiy, psevdogrek psevdos –yolgo‘on, yolgo‘ondan, sotxa) modulyatsiyali uskunalarga bo‘linadi.

O‘lchov generatorlar kuchlanishi (quvvati) ning chiqish darajasi kalibrlangan va kalibrlanmagan bo‘lishi mumkin. Kuchlanishning kalibrlangan darajasi mikrovoltning 100 biridan to 10 dan biri va volt birligigacha, quvvati esa 10^{-15} Vt dan bir va o‘nlab mikrovattgacha o‘zgaradi. Kalibrlanmagan darajali generatorning chiqish quvvati bir necha vattgacha yetadi. Garmonik signallar generatorlarning asosiy metrologik tavsiflari chastotasi va chiqish darajasiga belgilash xatoligi, chastota nobarqarorligi, chiqish signalining modulyasiyalashdagi parametrlari, moslashgan yuklamada maksimal chiqish quvvatidir.

Impulsli signallar generatorlari yagona yoki juft impuls, gersning bir qismidan to yuzlab megagersgacha takrorlanadigan chastotali to‘g‘riburchakli impuls, ularning davomiyligi nakosekundning bir bo‘lagidan to bir necha sekundgacha va amplitudaga millivolt dan to o‘nlab voltgacha, pachkasini va davriy ketma-ketligini shakllantiradi.

Maxsus shaklli signallar generatorlari kuchlanishning uchburchakli va boshqa shakllarni vujudga keltiradi.

Vazifasi, harakat prinsipi va sxemotexnik bajarilishidan qat’i nazar sanab o‘tilgan barcha tebranishlar generatori (generasiyaning parametrik sxemasidan tashqari) nochiqli kuchaytirgich, teskari aloqali musbat zanjir va o‘zgaras tok manbaidan iborat. Chiqish tebranishlarining shakli va chastotasi generatorning faqat o‘z parametrlari bilan aniqlanadi.

Garmonik tebranishlar generatori tarkibida tor polosali tebranish tizimi bo‘lishi kerak. Relaksion generatorning harakat prinsipi teskari aloqali keng polosali energo sigo‘imi musbat zanjirlarda oqadigan zaryad- razryad yoki to‘plovchi – yutuvchi xodisalarga asoslangan.

Garmonik tebranishlar generatorining o‘z- o‘zini qo‘zgo‘alishi shartlarini ko‘rib chiqamiz. Tebranishlar qo‘zgo‘alishi va generatsiyasi uchun ular kuchlanishini bir qismi kuchaytirgich chiqishidan (aniqrogi, tebranuvchi tizimdan) aloxida kiritilgan musbat teskari aloqali zanjir bo‘yicha uning kirishiga beriladi (TA). Boshqacha aytganda, bunday qurilma «o‘z- o‘zini qo‘zgo‘atadi» va shunig uchun o‘z- o‘zini qo‘zgo‘atuvchi generator deb ataladi.

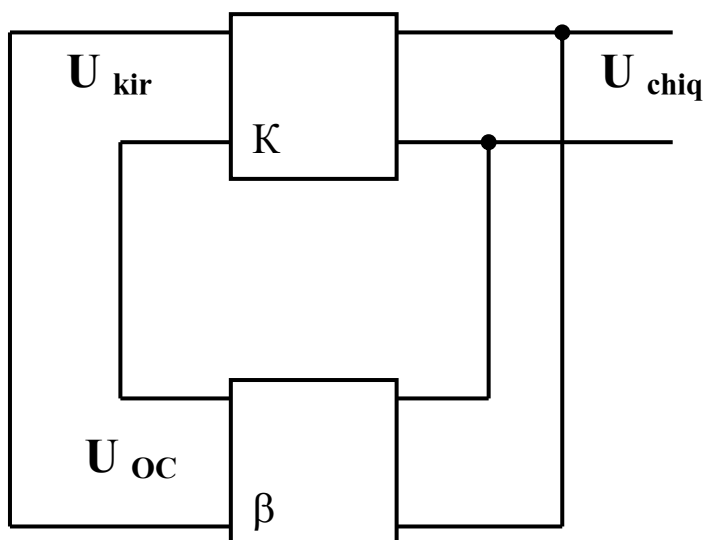
Generatorda vujudga keladigan soddalashtirilgan mexanizm quyidagicha harakat qiladi. Ishga tushirganda tebranuvchi tizimda

ta'minot manbani ulash, kuchaytirgich asbobida tok sakrashlari va kuchlanishlardan vujudga kelgan kuchsiz erkin tebranishlar xosil bo'ladi. TA li mustab zanjir kiritilishi tufayli tebranishning bir qismi kuchaytirgich chiqishida uning kirishga tushadi. Tor polosali tebranish tizimi mavjudligi uchun yuqorida ta'riflangan jarayonlar birgina ma'lum chastota ω da vujudga keladi va boshqa chastotalarda keskin so'nadi.

Avvalda, generator manbai ulangandan keyin signalning tebranish tizimida vujudga kelgan kuchayishi chiziqli rejimda yuz beradi, so'ngra tebranishlar amplitudasi usishiga bogo'liq xolda kuchaytirgich elementini nochiziqli xossasi sezilarli rol o'ynay boshlaydi. Natijada generatorning chiqish tebranishlari amplitudasi bir qator belgilangan darajaga yetadi, keyin deyarli o'zgaras bo'lib qoladi. Tebranishning bir davrida o'zgaras tok manбайдan kuchaytirgich oladigan energiya yuklamada xuddi shu vaqtda sarflanadigan energiyaga teng bo'ladi. Bu xolatda generator ishining stasionar rejimi xaqida gap boradi.

Garmonik tebranishlar generatorini umumlashtirilgan sxemada ko'rish mumkin (28-rasm) u kuchlanish bo'yicha kuchayishning kompleks koeffitsiyentiga $K = K(j\omega)$ ega bo'lgan nochiziqli rezonans kuchaytirgich va uzatishning kompleks koeffitsiyentiga ega bo'lgan TA musbat zanjirdan iborat. $\beta = \beta(j\omega)$

Mazkur generator quyidagi kuchlanishlarning kompleks amplitudasi belgilangan: kirish- $U_{kir} = U_{kir}(j\omega)$; chiqish $U_{chiq} = U_{chiq}(j\omega)$ va teskari aloqa $U_{TA} = U_{TA}(j\omega)$



28-rasm. Generatorning umumlashtirilgan tuzilish

Generatsiya ω ning istalgan chastotasida teskari aloqa kuchlanishi

$$U_{TA} = U_{kir} = \beta V_{kir} \quad (54)$$

Bu vaqtda chiqish kuchlanish

$$U_{chiq} = K V_{kir} \quad (55)$$

yoki formulani hisobga olib aniqlanadi.

Bundan $K\beta = 1$ bo'lsa, generator stansionar rejimda ishlashi kelib chiqadi.

Agar $K\beta = 1$ bo'lsa, chiqish tebranishlari amplitudasi o'sib boradi, bu generatorning o'z-o'zini qo'zg'otishning zaruriy shartini aniqlaydi.

Formulani quyidagicha tasavvur qilamiz:

$$K(\omega)e^{j\gamma_k(\omega)}\beta(\omega)e^{j\gamma_\beta(\omega)} = K\beta T^{j(\gamma_k+\gamma_\beta)} = 1 \quad (56)$$

bu yerda: $K(\omega) = K$ va $\beta(\omega) = \beta$ ko'rsatkichlari – kuchlanishning xususiy kuchayishi (TA zanjirsiz) ko'effitsiyenti va TA li musbat zanjirning uzatish ko'effitsiyentining haqiqiy qiymati; $\gamma_k(\omega) = \gamma_k$ va $\gamma_\beta(\omega) = \gamma_\beta$ kuchaytirgich va joriy chastota ω da TA li musbat zanjirning muvofik kiritadigan fazoviy siljishlardir.

Ifodani 2 ta tenglik sifatida taqdim etish qabul qilingan:

$$K\beta = K_{TA} = 1; \quad (57)$$

$$\gamma_k + \gamma_\beta = 2_{\beta n} \quad (58)$$

bu yerda: K_{TA} - teskari tarmoq musbat zanjirli kuchaytirgichning kuchayishi ko'effitsiyenti: $n=0,1,2,3...$

Formula generatorda amplituda balansi shartini belgilaydi. Bunda stasionar rejimida generasialanadigan chastotada TA li kuchaytirgichning ko'payish ko'effitsiyenti $K_{TA}=1$ kelib chiqadi. Tenglik esa faza balansi shartini tavsiflaydi. U stasionar rejimda generatsiyallanadigan chastotada kuchaytirgich va TA li musbat zanjir

vujudga keltiradigan signalning summa fazaviy siljishi 0 ga teng yoki 2β ga karrali bo'lish kerakligini ko'rsatadi.

Garmonik tebranishlar generatorlarida tebranuvchi tizim sifatida rezonansli LC kontur (O'YuCh generatorlarda bu maqsadda O'YuCh – qurilma yoki rezonatorlardan foydalaniladi) va chastota- bogo'liqli (fazalovchi) RC - zanjirlar xizmat qiladi.

LC – konturli garmonik tebranishlar generatorlari LC – generatorlar, fazalovchi RC – zanjirligi esa RC – generatorlari deb ataladi. LC- generatorlari yetarlicha yuqori chastotada (100 kGs da ko'p) tebranishlar RC- generatorlar esa past chastotali garmonik tebranishlar (gersning bir qismida to o'nglab kilogersgacha) ishlab chiqari.

Past chastotali va yuqori chastotali diapazonlarli garmonik tebranishlar generatorlari o'lchov vositasi uchun 2 ko'rinishda – signallar generatorlari (SG) –past chastotali generatorlar va standart signallar generatorlari (SSG) – yuqori chastotali tebranishlar generatorlari sifatida bajariladi. SSG ancha yuqori barqaror chastotalar va shakllarga ega, lekin SG ga nisbatan chiqish signali darajasi past.

Past chastotali diapazonlarda LC – generatorlarning texnik tavsiflari tebranuvchi konturlarning induktivligi va sigo'mi va ularga mos keluvchi go'altak va kondensatorlar razmerlarining kattaligi birdan olib borishi bilan sezilarli yomonlashadi. Shuningdek ularni keng chegaralardan chastotalarda sozlash qiyin. Shuning uchun past chastotali garmonik tebranishlarning o'lchov generatorlarida tebranuvchi tizim va TA musbat zanjir sifatida chastota-tanlovchi RC-zanjirida foydalaniladi. Bunday tebranishlar manbai RC-generatorlar deb ataladi.

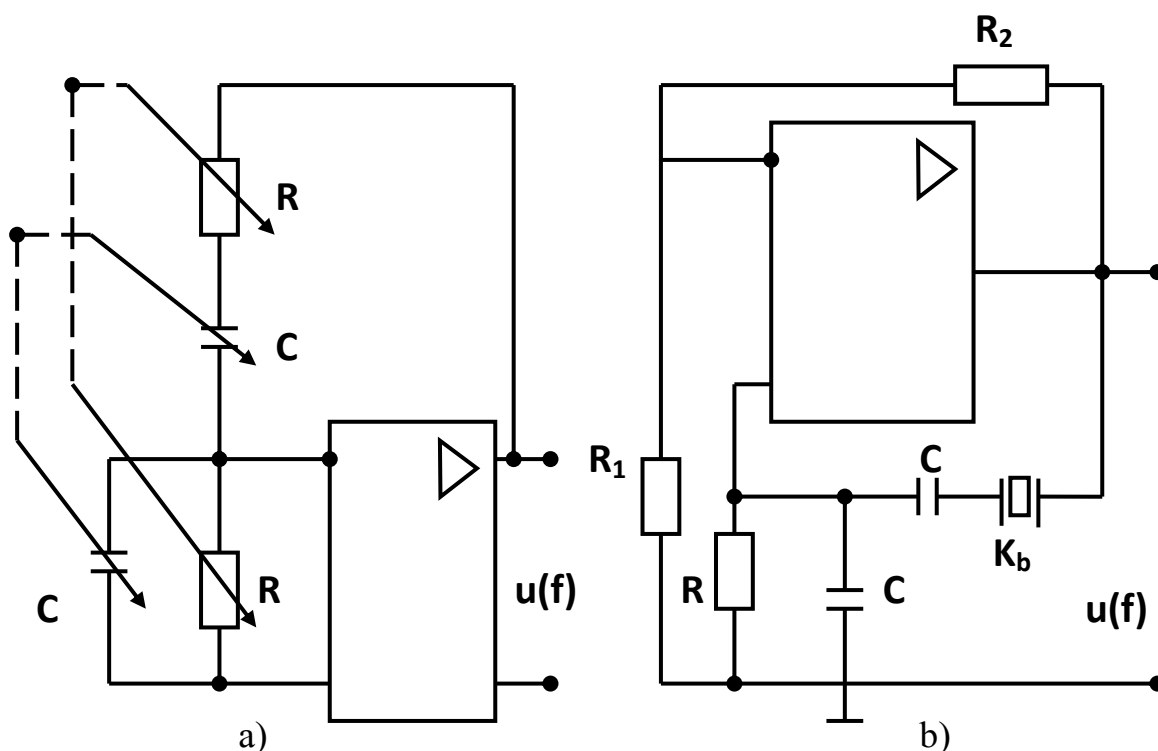
RC-generator sxemasida, istalgan boshqa generatorda bo'lgani kabi, TA musbat zanjir kiritilishi kerak.

Bunga faza siljituvchi RC zanjir ulanishi bilan erishiladi. Odatda, RC-generatorlarga Vinn ko'prigi (29, a- rasm) o'lanadi, u TA signali fazasini 180^0 ga siljishini amalga oshiradi. Bunday generator kuchaytirgich asosida quriladi, unda keng chastota diapazonida uzatish ko'effitsiyenti moddiy kattalik, $\gamma = 2\pi$ fazaviy siljish esa Vinn ko'prigi bilan operasion kuchaytirgichda signal inversiyasini ta'minlaydi.

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (59)$$

29, b-rasmda Vin koʻpriqli RC generatorining oddiy sxemasi tasvirlangan, unda rezonatorlarning biri oʻrniga kuchlanish rezonansi rejimida ishlaydigan kvarsli rezonator K_g ulangan SG tizimdagi tovush diapazoni generatorining umumlashtirilgan tuzilish sxemasi (yuqori chastotasi 50Gs gacha boʻlgan past chastotali generator) belgilovchi (jamlovchi) generator, quvvat kuchaytirgichi, chiqish qurilmasi va raqamli (yoki istalgan elektron) voltmetrni oʻz ichiga oladi.

Tovush signali generatori tuzilish sxemasining asosiy tuguni jamlovchi generatordir.



29-rasm. Vin koʻpriqli RC generatori sxemasi:

a) oddiy; b) kvarsli barqarorlashtirilgan

Jamlovchi generator - garmonik tebranishlarning boshlangich manbai. Jamlovchi generator sxemasi chastotani oʻrnatishda keng chegaralar va yuqori aniqlilik, garmonik tebranishlar parametrlarining yuqori barqarorlik va nochiziqli buzilishlarni kichik koeffitsiyentini taʼminlash kerak.

Quvvat kuchaytirgich - turli tipdagi oʻlchov generatorlarining tarkibiy qismi hisoblanadi va jamlovchi generatorning yuqori omli chiqish qurilmasini keyingi qurilmalarning past omli kirish

qarshiliklari bilan moslashtirishga xizmat qiladi. Sxemada koʻzda tutilgan kuchayish koʻeffitsiyentini sozlovchi kuchaytirgich raqamli voltmetr koʻrsatkichlari boʻyicha generator chiqishida kuchlanishning talab qilingan darajasini belgilashga imkon beradi. Kuchaytirgich sxemaga kirililayotgan manfiy TA kuchlantirgich tavsiflari barqarorligini oshirish va kuchaytirilayotgan kuchlanishning noxiziqli buzilishlar darajasini kamaytirishga yordam beradi. Qator holatlarda quvvat kuchaytirgichi jamlovchi generator sxemasi bilan birlashtirilgan.

Chiqish qurilmasi - kuchaytirgichda kelayotgan kuchlanishini kuchsizlashtirishni nazorat qilishni amalga oshiradi, shuningdek oʻlchov generatorini tashqi yuklama bilan muvofiklashtirishni taʼminlaydi. Chiqish qurilmasi disiballarda boʻlingan pogonasimon attenyuatorlardan iborat.

Tovush chastotali generatorlar odatda 5g..10 Vt da chiqish signali quvvatini qiymat darajasiga ega. Lekin bunday quvvat moslangan yuklamadagina ajralib chiqish mumkin, shuning uchun generator chiqishda koʻpincha moslashtiruvchi transformator ulanadi, masalan, 60, 600, 6000 Om kuchlanishga. Chiqish kuchlanishining raqamli voltmetrli koʻrsatkichi ham generatorning moslangan yuklamasidagina toʻgʻri boʻladi.

Generator chastota qurilmasi xatoligini bir foizdan kancha pasaytirish, uning bekarorligini – xuddi shunday qiymatda pasaytirish mumkin. Chastota barqarorligini presizion tashqi elementlar (kondensatorlar, induktivlik va rezistorlar) ishlatish bilan oshirish mumkin.

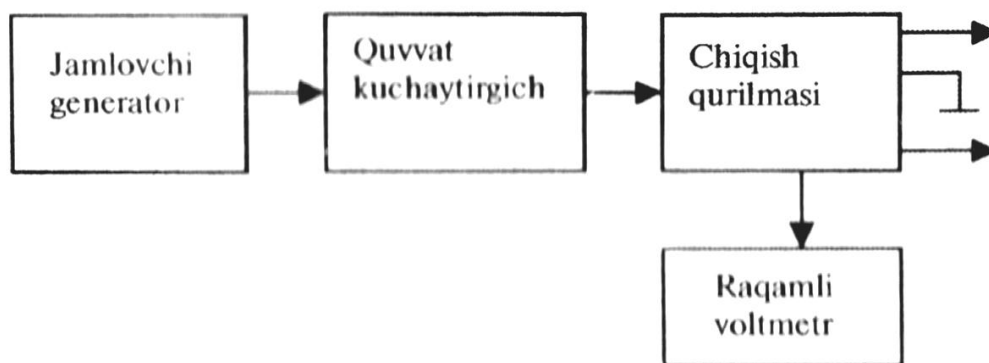
Tovush chastotali tebranishlar generasiasining 3 ta: toʻgʻri, tepkili usuli va elektron modellashtirish usullari qoʻllanadi.

Toʻgʻri usuldan foydalanuvchi jamlovchi generator asosida teskari aloqali aralash sirtmoq bilan oʻralgan operasion kuchaytirgich tashkil qiladi. Jamlovchi generatorlarda – tovush generatorlari chastotasining barqarorligini koʻtarish uchun tez- tez tepkili jamlovchi generatorlar qoʻllanadi. Jamlovchi generatorning tuzilish sxemasi 2 ta boshlangoʻich yuqori chastotali generatordan, f_1, f_2 qayd qilingan chastotalar aralashtirgichi va oraliq chastotalar filtri (3 - rasm). Tepkili usulda tovush chastotasi tebranishlari aralashtirgichning garmonik tebranishlar f_1, f_2 chastota boʻyicha 2 ta yaqin noxiziqli elementiga taʼsiri natijasida paydo boʻladi.

Bunda f_2 dan $f_1 + f$ gacha chegaralarda o'zgarish mumkin. Bu yerda f ishchi diapazoning eng katta chastotasi. Aralashtirgich chiqishidan aralash chastotalar olinadi, shu jumladan oraliq chastota deb nomlangan $F_{och} = f_2 - f_1$ chastota olinadi.

Oraliq chastota F_{och} tebranish filtr orqali oraliq chastota ajratadi.

Tepkili tebranishli o'lchov generatorlari yaratishda elektr tebranishlar boshlango'ich generatorlari chastotalarining yuqori barqarorligini ta'minlashga yo'naltirilgan choralar qabul qilinadi. Qoidaga ko'ra, tepkili generatorda chastotalarni davriy kalibrovkalash imkoniyati e'tiborga olinadi. Tebranishlar generatsiyalanadigan nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti odatda foizning 1/10 qismini tashkil qiladi va asosan oraliq chastotalar filtrning sifati bilan aniqlanadi.



30-rasm. Tovush diapazonli generatorning umumlashtirilgan tuzilish sxemasi.

Elektron modellashtirish usuli infrapast chastotali garmonik tebranishlar generatorlari yaratishda ishlatiladi.

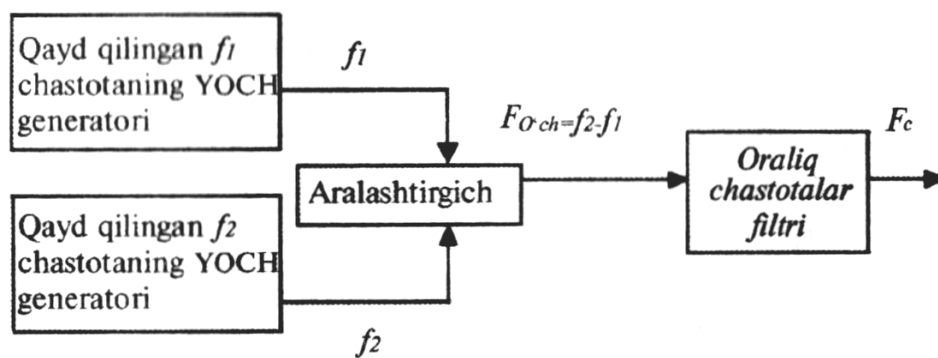
Elektron modellashtirish usuli bo'yicha koo'rilgan infrapast chastota generatorini umumlashtirilgan tuzilish sxemasi orqali tasvirlash mumkin (31-rasm). Jamlovchi generator tebranish zvenosining elektron modeli sifatida ko'rinadi. Tebranish zvenosi elektron modelining asosiy elementi o'zgarmas tok kuchaytirgichi-operasion kuchaytirgichga kurilgan integratordir. Ma'lumki, integrator eslab qoluvchi zveno hisoblanadi. 32, a-rasmda infrapast chastotali generator TA li musbat zanjiriga ulangan tebranish zvenosi elektron modelining tuzilish sxemasi ko'rsatilgan. Elektron model ikkita

ketma-ket ulangan integrator va kuchaytirgich ko‘rinishidagi invertorni o‘z ichiga oladi.

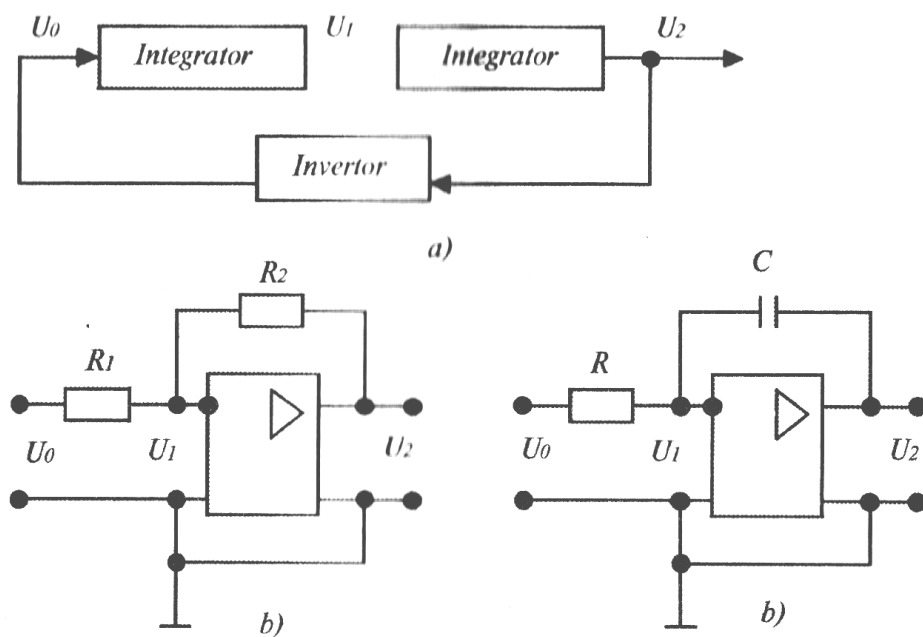
Generatorning kuchaytiruvchi va integrallovchi zvenolari 32, b va d-rasmlarda ko‘rsatilgan.

Bunday generatorning chiqish chastotalari tebranishlari integrallovchi zvenolarning parametrlari bilan aniqlanadi: ularning $\omega \approx \frac{\alpha}{(RC)}$ bilan tengigida, bu yerda α - butun zanjirning uzatish koeffitsiyenti.

Infrapast chastotali generatorni chastotali elektron boshqarishli sxema bo‘yicha qurish mumkin. Bunday qurilma funksional generatorlar deb nomlanadi.



31-rasm. Tepkili oo‘lchov generatorining tuzilish sxemasi.



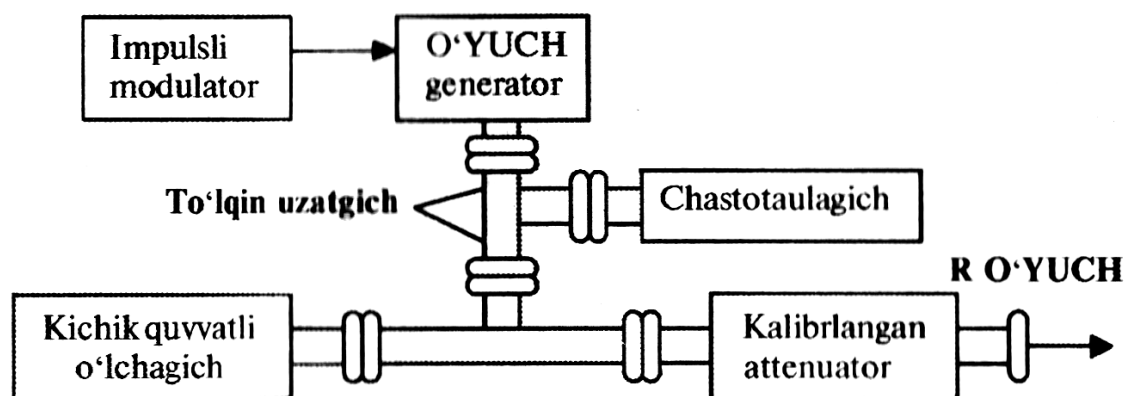
32-rasm. Tebranish zvenosining tuzilish sxemasi:

a) elektron model; b) kuchaytiruvchi; d) integrallovchi

O'ta yuqori chastotali generator (O'YuCh) 1...40 GHz chastota diapazonida ishlash uchun mo'ljallangan. Tadqiq qilinayotgan sxemadagi chiqish ulovchilarning tipi bo'yicha koaksial va too'lqin o'tkazgich O'YuCh – generatorlar farq qilinadi, bunda ikkinchi tipi ancha yuqori chastotalidir. O'YuCh – generatorlar uchun chastota bo'yicha kichik yopiqli (oktavaga yaqin - 2 marta) bir diapazonli qurilish harakterlidir. O'lchaydigan O'YuCh – generatorning kalibranmagan chizish quvvati YuVT ga yetadi, kalibrlanganligi esa bir necha mikrovattni tashkil etadi. O'YuCh – generatorning kalibrlangan attenyuatorlari shkalalari disibellarda, GSS esa desibellar va mikrovattlarda graduirlanadi.

O'YuCh – generatorlar radiolokasion va radionavigasion stansiyallari optik aloqa va yo'ldosh aloqali tizimlari radio qabul qilgich uskunalarining turli antennalar parametrlarini va boshqalarni sozlash uchun ishlatiladi.

To'lqin uzatgich chiqishli O'YuCh - generator. Uning tuzilish sxemasi 33-rasmda ko'rsatilgan. Mazkur tipli o'lchov generatorlarining o'ziga xos xususiyatlari sxema elektron qismini nisbatan soddaligi va uskunalar mexanik tizimlarning murakkabligidir. Elektron sxema shaxsiy O'YuCh - generator, impulsli modulyator, kichik quvvatli o'lchagich, chastotalar va kalibrlangan attenyuatorni o'z ichiga oladi. Generatorning barcha yuqori chastotali tugunlari to'lqin uzatgich bilan ulangan.



33-rasm. Too'lqin uzatgich chiqishli Oo'YuCh generatorining tuzilish sxemasi.

Santimetrli va millimetrli diapazonlarning qisqa too'lqinli qismida diodli generatorlar qo'llanadi. Mazkur generatorlardagi diodlar ishchi

chastotalarda manfiy qarshilikka ega. Bunday diodlarga tushuvchi uchastkali volt-amper harakteristikaga ega bo'lgan tunel diodlar (TD), shuningdek lavina-uchuvchi diodlar (LUD) va elektron o'tuvchi oraliq diodlar (EUD) Gann diodlari deb ataluvchi diodlar kiradi.

Past chastotali raqamli generatorlar o'xshash generatorlardan ancha samarali metrologik tavsiflar bilan farqlanadi: yuqori aniqlilik qurilmasi va chastota barqarorligi, nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenta (kat'iy sinusoidal shakl), chizish signalining doimiy darajasi. Raqamli generatorlar o'xshash generatorlarga nisbatan yuqori tez harakatliligi, talab qilinayotgan chastotani o'rnatishning osonligi, yanada ko'rgozmali indikasiya, oldindan berilgan dastur asosida chastotalarni avtomatik qayta qurish imkoniyati bilan qulaydir.

Past chastotali raqamli generatorlarning harakati raqamli kodni keyinchalik garmonik signalga aylantirishni shakllantirish prinsipiga asoslangan. Bunda chiqish tebranishlari shakllarini approksimasiyalash (approximolat yaqinlashaman) metodidan foydalaniladi.

O'lchov texnikasida chastotasi berilgan spektral polosa chegarasida avtomatik o'zgaradigan (tebranadigan) garmonik signallar generatorlaridan tez-tez foydalaniladi.

Tebranuvchi chastotali generatorlar (TChG eski nomi «svip-generator», ya'ni o'zgaruvchan chastotali generator) tebranishning berilgan polosasi chegaralarida chastotaning avtomatik o'zgarishining maxsus qonuniga (chiziqli, logarifmik va sh.k) ega bo'lgan garmonik tebranishlar manbai hisoblanadi. Tebranish polosasi Δf oxirgi f_k va boshlangich f_n chastotalarning farqi kabi aniqlanadi, ya'ni $\Delta f = f_k - f_n$.

Uning qiymatiga bogo'liq xolda TChG tor polosali (Δf ishchi diapazoning yoki poddnepozonning maksimal chastotasi 1% dan ko'p emas), keng polosali ($\Delta f > 1\%$) va aralash turlarga ajratiladi.

TChG ning tuzilish sxemasi kuchlanishni modullaydigan manba, jamlovchi generator, chastota belgilarining shakllanish sxemasi, chiqish bloki va chiqish tebranishlarini qayd etuvchi raqamlidan daraja indikatorining tashkil topgan.

Mazkur generatorlarning asosiy ko'rsatkichlariga chastotaviy va amplitudaviy parametrlar kiradi.

Birinchisiga ishchi chastotasi diapazoni, tebrarish polosasi, chastotalar avtomatik tebranishining davomiyligi va boshqalar kiradi.

Ikkinchisiga berilgan yuklamada ishlayotganda chiqish quvvatning (kuchlanishning) darajasi, chastota takrorlanishida bu darajaning teng

bo'lmisligi va boshqalar kiradi. Tebranuvchi chastotali generatorlarda modulyasiyalashtirish tavsifi chiziqliligi, quvvatning chiqish darajasi doimiyligi va yondosh modulyasiyaning qiymati bo'yicha yetarlicha qattiq talablar qo'yiladi.

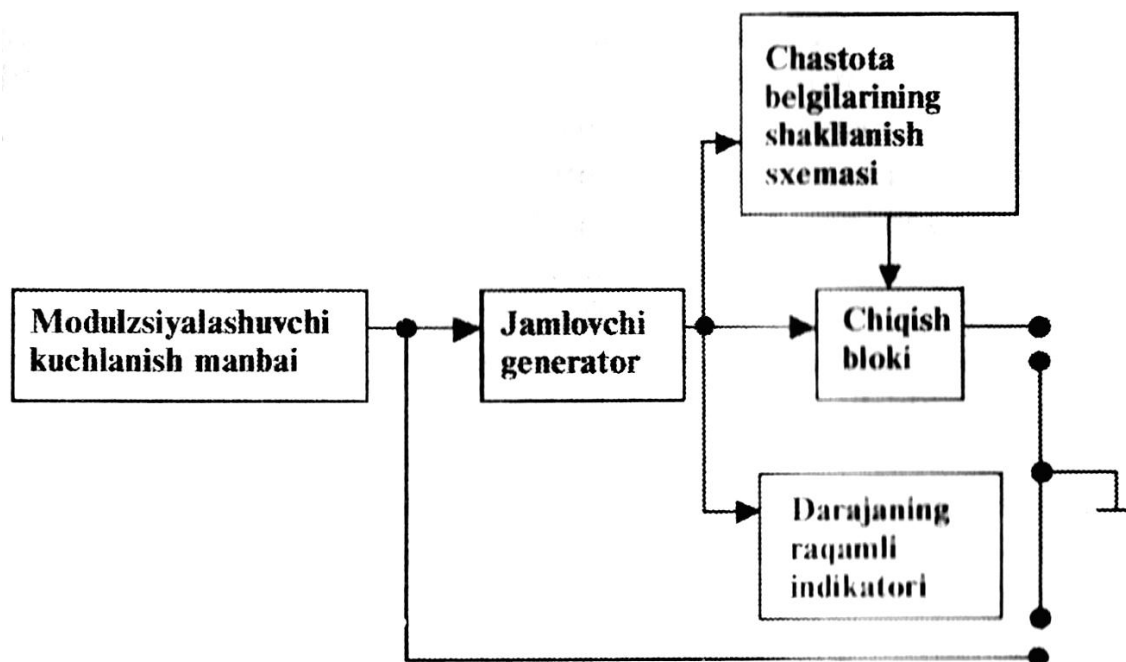
Telekommunikatsiya tizimlari qurilmalari va radiotexnik sxemalarda yuqori chastotali LC generatorlari chastotalarini boshqarishning bir nechta usullari ma'lum. Generator tebranuvchi konturi zanjiriga ulanadigan p-n o'tishli yarim o'tkazgichli diod-varikap baryer sig'o'imi kattaligi o'zgartirish yo'li bilan chastotalarni qayta tiklash usuli o'z amaliy qo'llanishini topgan. Modulyatsiyalanadigan kuchlanish varikapning p-n o'tishga ta'sir qilib, uning sig'o'imini o'zgartiradi, demak, tebranuvchi kontur parametrlari va generatsiyalanuvchi tebranishlarning chastotasini ham o'zgartiradi.

Maxsus shaklli signallar generatorlari deb, to'g'ri burchakli yoki boshqa shaklga ega bo'ladigan bir yoki davriy impulsli signallar manbaiga aytiladi. Maxsus shakli generatorlar qatorida impulsli (relaksasion) generatorlar aloxida o'rin egallaydi. Ular davriy ketma-ketlik impuls generatorlari va impuls (raqamlar) ning kodli guruh generatorlariga bo'linadi.

Barqaror davomiylikli va kuzatish chastotali, aylana frontli va tekis cho'qqili to'g'ri burchakli impulsni shakllantirish uchun avtomatik tebranish va kutish rejimida ishlovchi multivibratorlardan foydalaniladi. Multivibratorlarda, odatda, chastotani kvarsli mo'tadilash ishlatiladi. Impulsli generatorning tuzish sxemasi va uning ishning vaqtli diagrammasi 34-rasmda ko'rsatilgan. Jamlovchi (taktli) generator – JG ichdan ishga tushirish rejimida ishlashni ta'minlaydi va asosiy impulsning takrorlanishi chastotasini (T davr) belgilaydi.

Vaqtli parametrlarni shakllantirgich yordamchi impuls U_{ϕ} ishlab chiqaradi va jamlovchi generatoridan ishga tushirish (kalitning xolati) yoki tashqi ishga tushirish rejimida (kalitning xolati 2) ishlashi mumkin. Kechiqish sxemasi yordamchi impulsning vaqtni siljishini U_{κ} tekis o'zgaruvchan intervalda t_{κ} vujudga keltiradi, shuning uchun asosiy impuls shakllantirgichi tomonidan ishlab chiqariladigan asosiy impulsni davomiylik $t_n = t_{\kappa}$ tarzida aniqlanadi. Qator xolatlarda impuls signallarini tashqi ishga tushirish impulslari bilan sinxron generatsiyalash zarurligi kelib chiqadi. Bunda xolatlarda impulsli generator, JG o'chirilib, tashqi ishga tushirish rejimiga

o'tkaziladi (kalitning 2-holati). Bu rejimda bir marotabali (qo'lda) ishga tushirish imkoniyati mavjud, u K_H tugmachisini tutashtirish bilan amalga oshiriladi.



34-rasm. TChG ning soddalashtirilgan tuzilish sxemasi.

Shovqin generatorlarining ish tamoyillari tahlilini boshlashdan oldin, dastlab ushbu generatorlarni qurish xususiyatlari va ularga qanday texnik talablar qo'yilishiga oid ma'lumotlarni keltirib o'tamiz. Odatda, shovqin generatoriga quyidagi texnik talablar qo'yiladi:

- ishchi chastotalar diapazoni (u tadqiq qilinayotgan sistemalarning chastota diapazoni bilan mos kelishi kerak);
- shovqin quvvatining spektral zichligi;
- shovqin oniy qiymatlarining taqsimot qonuni;
- shovqin generatorining yoqilgan va o'chirilgan holatlaridagi chiqish qarshiligi (odatda, ularning teng bo'lishi talab qilinadi, masalan, shovqin ko'effitsiyentini o'lchashda);
- chiqish qarshiligini o'rnatilgan chegaralarda rostlash imkoniyati, chunki, bu talab, ko'paytirgich shovqinining va boshqa to'rtqutblilarning minimal ko'effitsiyentini o'lchash uchun belgilangan;
- shovqin darajasini rostlash chegaralari;
- atrof-muhit sharoitlarining (harorat, namlik va b.q) o'zgarishidagi shovqin darajasining barqarorlik normasi.
- o'rnatilgan chiqish qarshiligidagi shovqin darajasining kalibrlash xatoligining normasi.

Yuqorida keltirilgan texnik talablarning bajarilishiga oid qisqacha ma'lumotlarni keltiramiz. Shovqinning zaruriy darajasini har doim ham olish mumkin, masalan chiziqli kuchaytirgich bilan. Amaliyotda uch yoki besh kaskadli kuchaytirgichlar o'lchash texnikasining talablarini ta'minlaydi. Ko'plab manbalar oniy qiymatlarning normal taqsimot qonunlari asosida shovqinlar beradi, ular undan tashqari (ish rejimiga bog'liq holda) kuchli buzilishlarga ega bo'lgan gauss shovqinini (cheklangan o'rta qiymatga nisbatan nosimmetrik va boshqalar) yoki vaqt holati puasson qonuniga yaqin bo'lgan impulslarning xaotik ketma-ketligini generasiyalashi mumkin. Shovqin oniy qiymatlarining boshqa taqsimot qonunlariga ega bo'lish uchun nochiziqli o'zgartirishlariga murojaat qilinishini taqozo etadi.

Shovqin darajasini rostlash oddiy usulda amalga oshiriladi – ba'zan, kuchaytirgich kirishida, yoki, bevosita birlamchi shovqin manbasida, shovqin darajasining barqarorligiga qat'iy talablar qo'yilganda, kuchayishni avtomatik rostlash zanjirlarini kiritish va birlamchi shovqin manbaini barqarorlashtirish zarur bo'ladi. O'rnatilgan chiqish qarshiliklarida shovqin darajasini kalibrlash xatoliklarining xatoliklariga bo'lgan normalar metrologik masala bo'lib hisoblanadi.

Quyida shovqin generatorining funksional sxemasi asosida uning ish tamoyilini qarab chiqamiz. Shovqin generatori turli elementlarga egaligi bilan ajralib turadi, ularga ko'plab talablar o'rnatiladi. Umuman olganda, shovqin generatorlari berilgan chastota diapazonida tekis spektral zichlikda keng sohali shovqin ishlab berishi va shovqinning chiqish parametrlarining o'zgarmasligini (o'rta quvvatni va oniy qiymatlarining taqsimot qonunlari) chiqish quvvatini rostlash va nazorat qilish imkoniyatining mavjudligi talab qilinadi. Sxematik jihatdan qaralsa, shovqin generatorlari 35-rasmda keltirilgan blok sxemaga mos keladi. Shovqinning birlamchi manbalari bo'lib turli gazorazryadli elementlar bo'lib hisoblanadi, chunki ular chastotalarning yetarlicha keng sohasida shovqinning yuqori darajasiga ega bo'ladi. Shakllantiruvchi qurilma yordamida zaruriy chastotalar spektri ajratib olinadi yoki shovqinning bir turi boshqa shovqin turiga o'zgartirish amalga oshiriladi masalan, tor sohali normal shovqin releyev shovqiniga almashtiriladi. Ushbu maqsadlarda filtrlardan, nochiziqli asboblardan va boshqa qurilmalardan foydalaniladi. Agar, shovqin generatori o'lchash maqsadlariga mo'ljallangan bo'lsa, shovqinni chiqish darajasining o'lchagichiga ega bo'lgan kalibrlangan

bo'lgich zarur bo'ladi. Shovqin generatoridan oddiy sharoitlarda foydalanilganida ham imitatsiya maqsadlarida uning tarkibida shovqinning chiqishi darajasini rostlovchi qurilma bo'lishi kerak. Ma'lumki, shovqin koeffitsiyenti signal manbaining to'liq chiqish qarshiligiga bog'liq. Bu qarshilikning ayrim qiymatlarida shovqin koeffitsiyenti minimal qiymatga ega bo'ladi. Kuchaytirgichlar, chastota o'zgartkichlar va boshqa qurilmalarni shovqinning minimal koeffitsiyenti bo'yicha solishtirish uchun signal manbaining chiqish qarshiligining o'zgartirish imkoniyati bo'lishi zarur.

Shovqin generatorlarining tasniflanishidan kelib chiqqan holda videochastotali va yuqorichastotali shovqin generatorlarining ish tamoyilini tahlil qilamiz. Videoshovqin generatorlari 5-10 Hz dan 6-10 MHz diapazonda ishlaydi. Ular ko'pincha birlamchi manbaining shovqinini bevosita kuchaytirish sxemasi asosida qurilib, turli, qo'shimcha quyi va yuqori chastotalarni o'tkazuvchi filtrlar va zanjirlar bilan to'ldirilgan bo'ladi. Generatorning funksional sxemasi 3.2-rasmda tasvirlangan. Shakllantiruvchi filtrlar chastotaviy xarakteristikalarining shakli, birlamchi manba (uning notekisligini korrektsiyalash maqsadlarida) shovqin quvvati spektral zichligining taqsimotini hisobga olgan holda tanlash kerak.

Spektr eltuvchili videoshovqin generatori bajarilishi bo'yicha qiziqarlidir. Ushbu holda, birlamchi manba sifatida shovqin diodi xizmat qiladi, u yuqori chastotali shovqin beradi, masalan, 60-70 MHz soxada; geterodinlash orqali ushbu soha nolinchii chastotalar sohasiga o'tkaziladi, keyin, filtrlar va kuchaytirgichlar tizimlari bilan berilgan videoshovqin spektri shakllantiriladi. Tasniflanishiga ko'ra pastchastota va infrapast chastotali normal shovqin generatorlari texnikada keng qo'llaniladi. Ko'pincha, generator, noldan 10-20 Hz bo'lgan chastota diapazonida tekis spektr bo'lishi kerak. Infra va pastchastotali shovqinlarni olishning quyidagi usullari ma'lum:

- Shovqinlarni elektroakustik usul bilan bevosita olish.
- Fonogramma usulida spektrni o'tkazish.
- Geterodinlash usuli bilan shovqin spektrini past chastotalar sohasiga o'tkazish.
- Kengsohali shovqinni nochiziqli o'zgartirish usuli bilan shovqin spektrini o'zgartirish.
- Shovqinning boshqa turlarini kombinatsiyalash.

Ko'proq tarqalgan usul geterodinlash usulidir. Ish mohiyati 9.8-rasmda tushuntirilgan. Shovqinning kengsohali manbasi tekis spektral

zichlikka ega bo'lgan generodinlashtiriladigan signalni olish uchun zarur bo'ladi. Bunday manbaa bo'lib rezistor yoki shovqin diodi hisoblanadi.

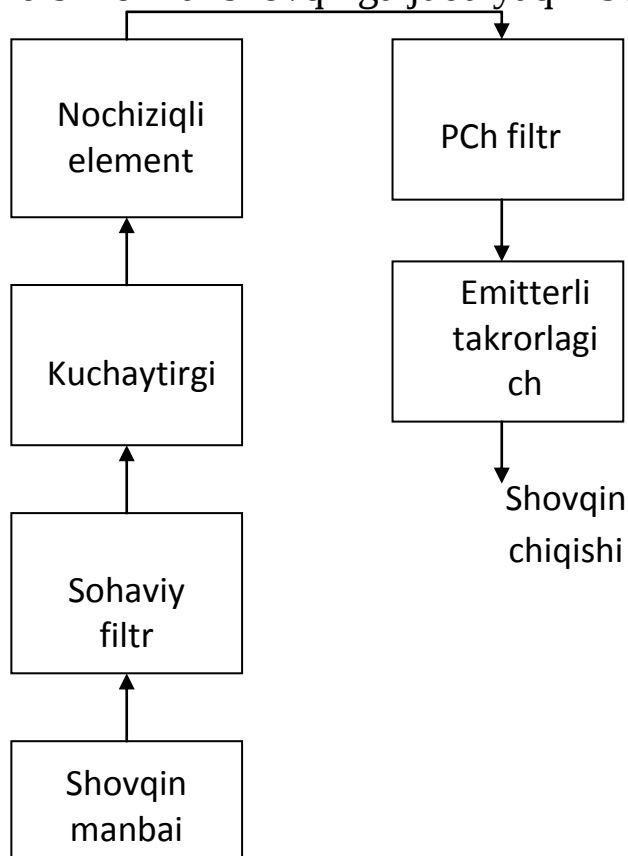
Sohaviy kuchaytirgich, chastota o'zgartkichning normal ishlashini ta'minlash uchun, shovqinni yetarli darajada kuchaytirish uchug xizmat qiladi. Buning uchun uning kirishidagi kuchlanish 0.3-0.6 V chegarasida bo'lishi kerak. Undan tashqari, sohaviy kuchaytirgich, kuchaytirgichning soha o'tkazmaydigan qismida yotgan tashkil etuvchilarni filtrlash uchun zarur. Bunda, kuchaytiriladigan shovqinlarning spektral xarakteristikasi tekis bo'lishi kerak. Geterodin chastotasi shunday tanlanadiki, ushbu holda, shovqin spektri nolga yaqin bo'lgan chastotalar sohasiga o'tkazish ta'minlanishi kerakligi 9.10-rasmda ko'rsatilgan. Chastota o'zgartkichi nochiziqli qurilma bo'lib hisoblanadi va uning chiqishida ko'plab kombinasion chastotalar shakllanadi. Kirish shovqini spektrining o'zgartirilishi natijasida o'zgartirilgan chastotalarning zichlashish qatoriga ega bo'linadi. Sohalaridan birining tashkil etuvchilari nolinchi chastota yaqinida, qolganlari esa markaziy chastotaga karrali. Nolinchi chastotalar sohasiga tushib qolgan shovqinning tashkil etuvchilarini ajratish maqsad bo'lib hisoblanadi. Buning uchun chastota o'zgartkichning chiqishidagi shovqin pastchastota filtriga beriladi. Ushbu filtr, alohida chegaraviy chastotalardan yuqori bo'lgan barcha chastotalarni ushlab qoladi va past chastotalarni o'tkazib yuboradi. Geterodin chastotasi barqaror bo'lishi kerak aks holda, filtr chiqishidagi shovqin vaqt bo'yicha stasionar bo'lmaydi.

Pastchastotali shovqinni generasiyalash uchun chastota o'zgartgichidan tashqari boshqa shovqin spektrini o'zgartiruvchi qurilmalarni qo'llash mumkin. Bunday qurilma bo'lib cheklagich bo'lishi mumkin. Shovqin, juda ko'p sonli turli chastotali va tasodifiy, fazali kichik sinusoidal tebranishlar summasi sifatida qaraladi. Shovqin chegaralanganda cheklagich chiqishida spektr boyiydi, natijada, spektri nolinchi chastotalar sohasida va kirish chastotasi va spektriga karrali bo'lgan sohalarida shovqinlar paydo bo'ladi. Pastchastotali shovqin olish uchun nolinchi chastota atrofidagi spektral sohadan foydalaniladi.

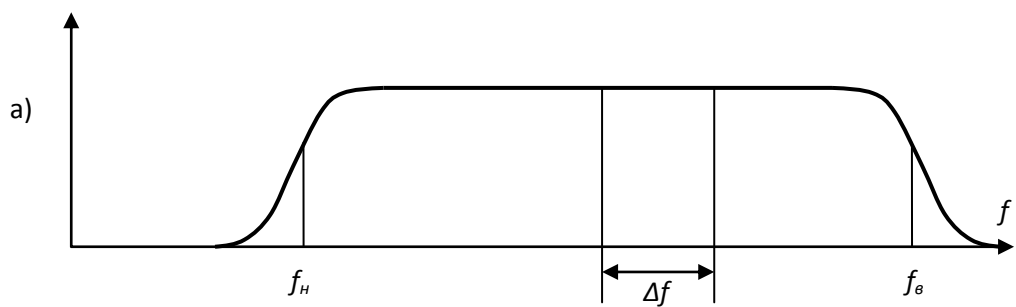
Shovqin quvvatining spektral zichligi berilgan chastotalar sohasida tekis bo'lgani uchun tepkilar quvvatining spektral zichligi chastotalarning nolinligacha bo'lgan keng sohasida xuddi shunday tekis bo'ladi. Spektrini nochiziqlilik bilan o'zgartiruvchi shovqin

generatorining sxemasi 36-rasmda, mos diagrammalar 37-rasmda keltirilgan. Oxirgi rasmdan ko‘rinib turibdiki, cheklagich chiqishidagi spektr $f/f_0 < 10^{-1}$ dan past bo‘lgan barcha chastotalarda deyarli tekis bo‘ladi. Shunga ko‘ra, agar, 0-30 Hz sohada tekis spektr olinishi zarur bo‘lsa, u holda, nochiziqli elementga soha filtridan o‘tgan va o‘zining tarkibida 200-350 Hz diapazonda tashkil etuvchilariga ega bo‘lgan shovqin kuchlanishi beriladi.

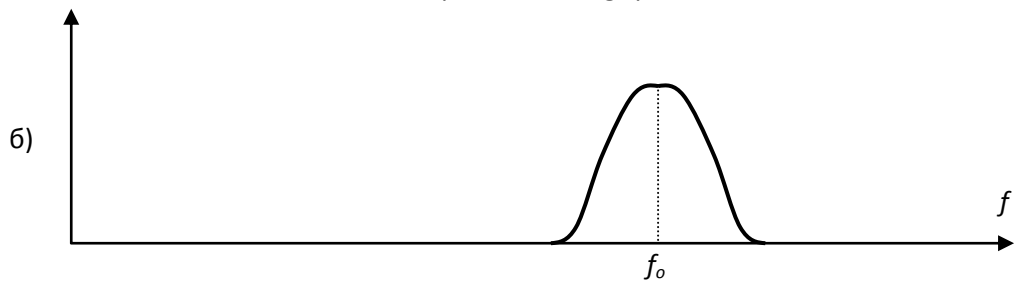
Past chastotalar filtrining chiqishida 0-30 Hz sohada normal spektral zichlikka ega bo‘lgan shovqin kuchlanishi olinadi. Agarda ushbu holda, cheklagichga shunday kattalikdagi kuchlanish berilsaki uning o‘rtakvadratik qiymati o‘rnatilgan cheklanish ostonasidan bir necha marta ortib ketsa, unda, torsohali shovqin quvvati o‘zgarmaydi, ya’ni, shovqinning olingan kuchlanishi, agar, kirishdagi shovqin darajasi katta bo‘lmagan chegaralarda o‘zgarsa ham stasionar bo‘ladi. Amaliyotda, tavsiflangan shovqin generatori kuchaytirgichlarning soni va sozlanishi bo‘yicha spektrni geterodinlashtiruvchi shovqin manbai kabi bo‘ladi. Past va infraqizil chastotalar sohasidagi normal shovqinni undan tashqari shovqin kuchlanishini boshqa taqsimot qonunlari bilan kombinasiyalab olish mumkin. Masalan, ikkita releyev shovqinining yig‘indisi normal shovqinga juda yaqin bo‘ladi.



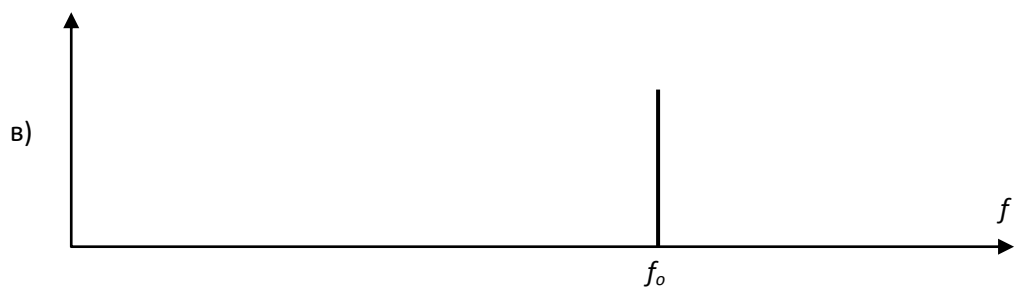
35-rasm. Shovqin generatorining funksional sxemasi.



Shovqin manbaining spektri



Soha kuchaytirgichining spektri



Geterodin spektr

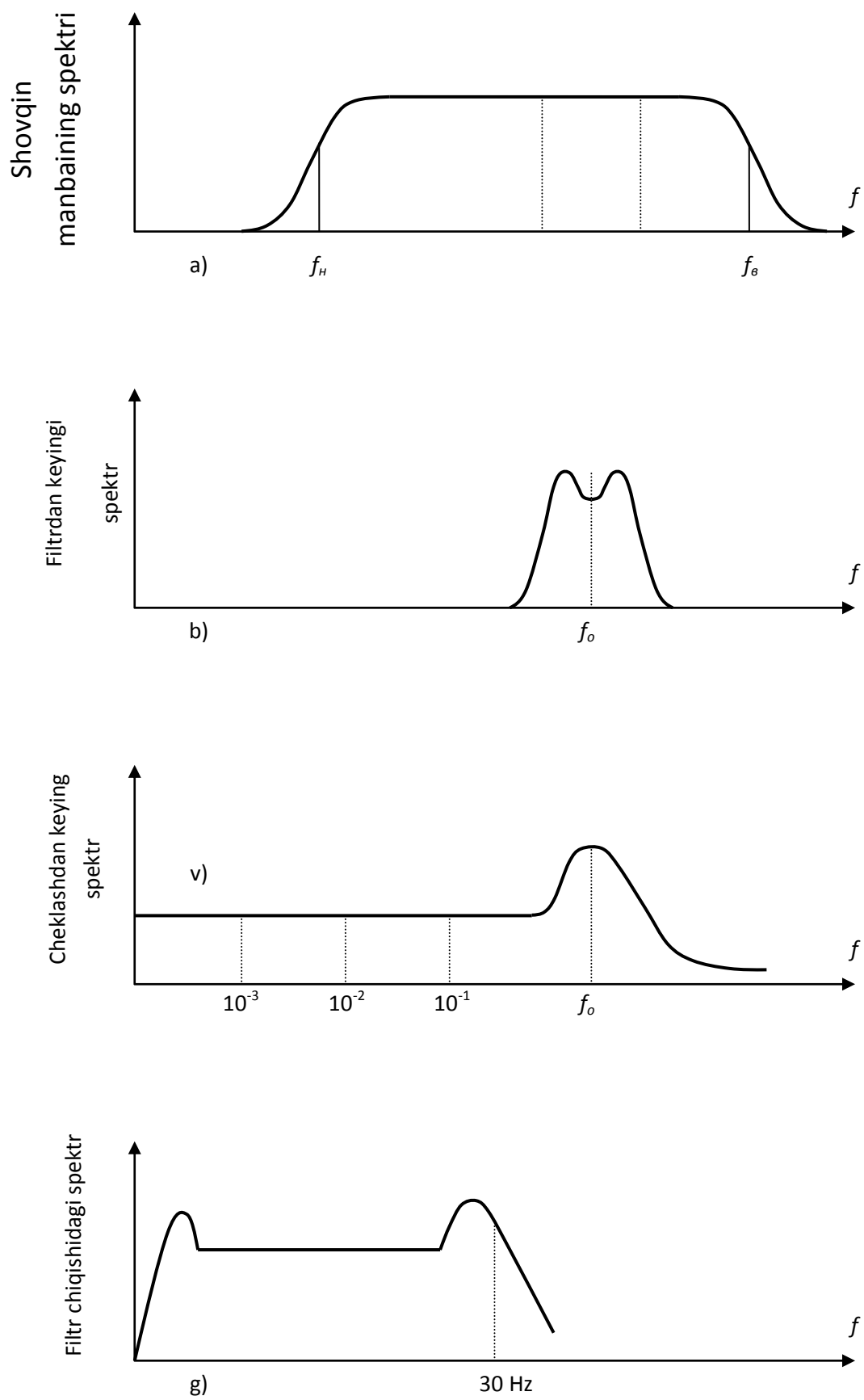


O`zgartirishdan keying spektr



Filtr chiqishidagi spektr

36-rasm. Past va infrapast chastotali shovqin generatorlari qurilmalarining spektrlari



37-rasm. Shovqin generatorining spektral diagrammalari.

Nazorat savollari.

1. O'lchov signallari generatorlari xaqida ma'lumot bering.
2. O'lchov signallari generatorlarining qanday turlarini bilasiz?
3. Garmonik tebranishlar generatorini umumlashgan chizmasi asosida ish tamoyilini tushuntiring.
4. Garmonik tebranishlarni o'lchov RC generatorlarining ish tamoyillarini aytib bering.
5. Vin ko'prigi asosida RC generatorini ishlashini tushuntirib bering.
6. O'ta yuqori chastotali generatorlar qaysi diapazonlarda ishlaydi?
7. Maxsus shaklli signallar generatorlar qanaqa signallarni shakllantiradi?
8. Maxsus shaklli signallargeneratorlari nima maqsadda qo'llaniladi?
9. Shovqin generatorlari nima uchun kerak?
10. Shovqin spektri qanday tashkil etuvchilardan iborat?

14-ma'ruza. Signal shaklini va parametrini tekshirish

Reja:

1. Umumiy ma'lumotlar.
2. Elektron ossillograf va uning tuzilishi. Ossillograf yordamida chastotani va amplitudani o'lchash.
3. Chastotani raqamli o'lchash usuli.

Vaqt bo'yicha tez o'zgaradigan elektr jarayonlarni kuzatish, o'lchash va yozib olish uchun mo'ljallangan asboblardan ossillograflar deyiladi.

Aloqa texnikasida asosan elektron ossillograflardan (EO) keng ko'lamda foydalaniladi.

EO da o'lchash qurilmasi elektron nurli trubka bo'lib, u bir va ikki nurli bo'lishi mumkin.

EO yordamida yuqori chastota jarayonlari tadqiq qilinadi. Elektr tebranishlarining oniy qiymati ossillograf ekranida kuzatiladi va har bir vaqt momenti uchun bu qiymat ossillogrammadan aniqlanadi.

EO yordamida uzluksiz va impulsli davriy jarayonlarni, elektr tebranishlarining amplituda va davriyligini, kuchlanish va tok egrisi taktini tekshirish tebranishlar chastotasini, fazalar farqini o'lchash, undan tashqari, turli qurilmalarning amplituda, faza, volt-amper tavsiflarini o'rganish mumkin.

EO universal o'lchash asbobidir.

Ba'zan, kamroq hollarda elektr jarayonlarni magnit tashuvchiga yozib olish talab etiladi va bu ishni amalga oshiruvchi asbob va qurilmalar o'lchov magnitofonlari yoki magnitograf deyiladi.

EO - quyidagi umumiy bo'lgan texnik ma'lumotlar bilan tavsiflanadi.

- ekran o'lchami;
- kanallar sezgirligi;
- tekshirilayotgan signalning maksimal kuchlanishi;
- kirish qarshiligi va kirish sig.,imi;
- tekshirilayotgan signallarning buzilishi;
- yoyma turlari;
- amplituda o'lchash xatoligi;
- vaqt intervalini o'lchash xatoligi.
- quyidagi asosiy talablar qo'yiladi:
- ravshanligi va tasvir aniqligi yaxshi bo'lishi va ossillogrammalar turg'un bo'lishi kerak.

O'lchashlar texnikasida asosan EO larning 4 xil turidan foydalaniladi:

- C1 - universal;
- C7 - tezkor va stroboskopik;
- C8 - eslab qoluvchi;
- C9 - maxsus ossillograflar.

C1 – tipdagi EO dan amaliyotda keng foydalaniladi, uning ishlash diapazoni 300-500 MGs. Ko'p funksiyali EO lar ham universal ossillograflar turiga kiradi.

C7-tipdagi EO da signal tasviri S1 kabi olinadi va maxsus kuchaytirish qurilmalari va tezkor elektron nur trubkalarining qo'llanilishi sababli ularning chastota diapazoni 2 GGs gacha kengaygan.

Stroboskopik ossillograflarda signal tasviri diskret tashkil etuvchilarning birlashuvi asosida olinadi. Stroboskopik o'zgarishlar natijasida ekranda davriy ravishda takrorlanuvchi signal shakli keng

vaqt masshtabida ko‘rinadi. Bu turdagi elektron nur ossillograflarda 8-26 GGs masshtablar diapazonida bo‘lgan signallar kuzatiladi.

C8 turdagi eslab qoluvchi EO ning maxsus elektron nur trubkasi ekranida ma‘lum vaqt intervalida yozib olingan signal qayta ko‘rinadi.

C9 turdagi EO da elektron nur trubka o‘rnida maxsus diskret matritsali ekranlardan foydalaniladi.

EO foydalanish ko‘lamiga ko‘ra quyidagilarga bo‘linadi.

1. Ko‘p funksiyali: C1-70; C1-74; C1-91;
2. Keng sohali: C1-75; C1-92; C1-97;
3. Ikki nurli: C1-55; C1-69; C1-74.

EOda tekshirilayotgan jarayon ossillograf ekranida to‘g‘ri chiziq yoki shakl ko‘rinishda chiziladi va ular ikkita kattalik orasidagi funksional bog‘lanishni ifodalaydi.

Ma‘lumki, vaqtga bog‘liqlik eng ko‘p tarqalgan bog‘lanishdir. EO asosan bir xil bloklardan tashkil topgan har handay ossillograf elektron nur trubkasidan, ikkita elektr kanalidan iborat bo‘lib, ularga nurni gorizonta va vertikal bo‘yicha og‘diruvchi kuchlanish beriladi. Vertikal bo‘yicha og‘diruvchi kanal va uning elementlari «U» bilan, gorizonta og‘diruvchi kanal esa «X» orqali belgilanadi.

Masalan, «Vxod U», «Usilitel X», «Plastina U» va x.k.

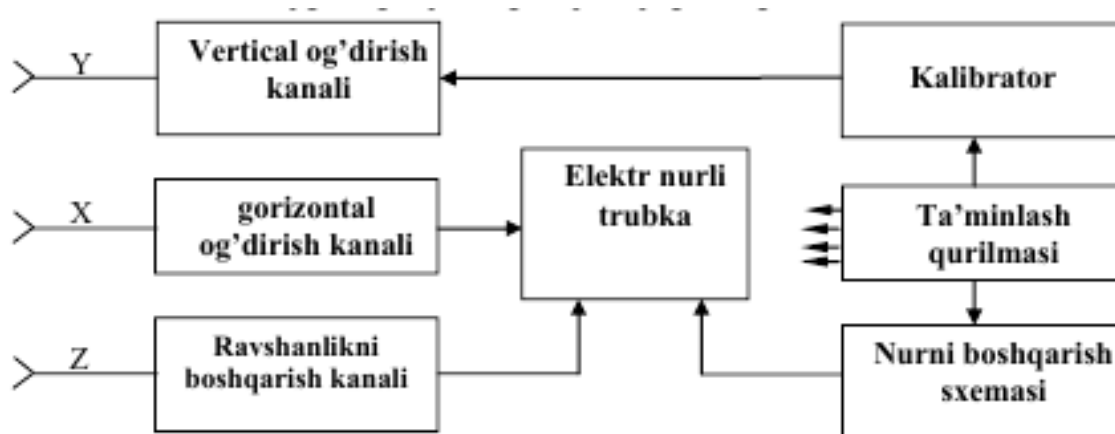
Ikki nurli ossillograflarda har xil nur uchun alohida vertikal og‘dirish kanali va bitta gorizonta og‘dirish umumiy kanalga ega bo‘ladi.

Quyida EO umumlashtirilgan chizmasini qaraymiz.

EO asosan bir xil bloklardan tashkil topgan har handay ossillograf elektron nur trubkasidan, ikkita elektr kanalidan iborat bo‘lib, ularga nurni gorizonta va vertikal bo‘yicha og‘diruvchi kuchlanish beriladi. Vertikal bo‘yicha og‘diruvchi kanal va uning elementlari «U» bilan, gorizonta og‘diruvchi kanal esa «X» orqali belgilanadi.

Masalan, «Vxod U», «Usilitel X», «Plastina U» va x.k.

Ikki nurli ossillograflarda har xil nur uchun alohida vertikal og‘dirish kanali va bitta gorizonta og‘dirish umumiy kanalga ega bo‘ladi.



38-rasm. Elektron ossillografning umumlashtirilgan chizmasi

Elektron nur trubkasida (ENT) nur elektrostatik usulda ogʻdiriladi. U shishali ballon boʻlib, yuqori vakuumli boʻladi, ichida elektron projektorlar, tezlashtiruvchi linzalar va ikkita oʻzaro perpendikulyar joylashgan plastinalar jufti joylashgan. Ossillografik trubka ekranida kuchlanishning tasvirini olish quyidagicha boʻladi: tekshirilayotgan signal vaqtning funksiyasi boʻlib

$$U = f(t)$$

grafik bilan toʻgʻri burchakli koordinatalarda aks ettiriladi.

ENTsi plastinalar jufti elektron nurni ikki oʻzaro perpendikulyar yoʻnalish boʻyicha ogʻdiradi, ularni koordinata oʻqi sifatida qarash mumkin. Shunga koʻra, ENTsi ekranida tekshirilayotgan kuchlanishni kuzatish uchun nur gorizontal oʻq boʻyicha vaqtga proporsional ravishda, vertikal oʻq boʻyicha esa vaqtning har bir momenti uchun tekshirilayotgan kuchlanishga proporsional holda ogʻdiriladi. Ushbu maqsadni amalga oshirish uchun gorizontal ogʻdirish plastinalariga arrasimon kuchlanish keltiriladi. Arrasimon kuchlanish nurni gorizontal oʻq boʻyicha doimiy tezlik bilan chapdan oʻngga koʻchiradi va zudlik bilan orqaga qaytadi.

Nurning gorizontal oʻq boʻyicha bosib oʻtgan masofasi vaqtga proporsional boʻladi.

Tekshirilayotgan signal vertikal ogʻdirish plastinalariga beriladi. Nurning har bir vaqt momenti uchun boʻlgan holati tadqiq qilinayotgan signalning shu momentdagi qiymatiga mos tushadi. Ekranida kuzatiladigan tasvir ossillogramma deyiladi.

Ossillograf ekranida tasvir olish jarayonini qarab chiqamiz. Tadqiq qilinayotgan I_s – signal kuchlanishi «U» og.,diruvchi plastinalarga uzatiladi. «X» va «U» plastinalararo o‘tuvchi fokuslangan nur I_yo va I_s – kuchlanishlar ta‘sirida qo‘yilgan kuchlanish shaklini takrorlaydi.

Quyidagi rasmda sinusoidal shakldagi I_s – kuchlanish tasvirini olish ko‘rsatilgan.

Agar T_s – signal davri T_{y0} – yoyma davridan n marta katta bo‘lsa, ekranda tekshirilayotgan signalning n ta davri akslanadi.

Lissaju shakllari – bir vaqtning o‘zida ikkita o‘zaro perpendikulyar yo‘nalishda ikkita garmonik tebranishni amalga oshiruvchi nuqta ustidan chizilgan yopiq egri chiziqlardir. Ilk bor fransuz olimi J. Lissaju tomonidan o‘rganilgan. Lissaju shakllarining ko‘rinishi ikki tebranish davri (chastotasi), fazasi va amplitudasi orasidagi munosabatga bog‘liq. Eng sodda holatda, Lissaju shaklining davrlari teng bo‘lganda ellipslar yuzaga keladi, fazalar farqi 0 yoki π bo‘lganda to‘g‘ri chiziq shaklida bo‘lib, fazalar farqi $\pi/2$ va amplitudalar teng bo‘lganda doiraga aylanadi. Agar ikki tebranish davrlari mos kelmasa, fazalar farqi doim o‘zgarib turadi va natijada ellips shakli o‘zgaraveradi.

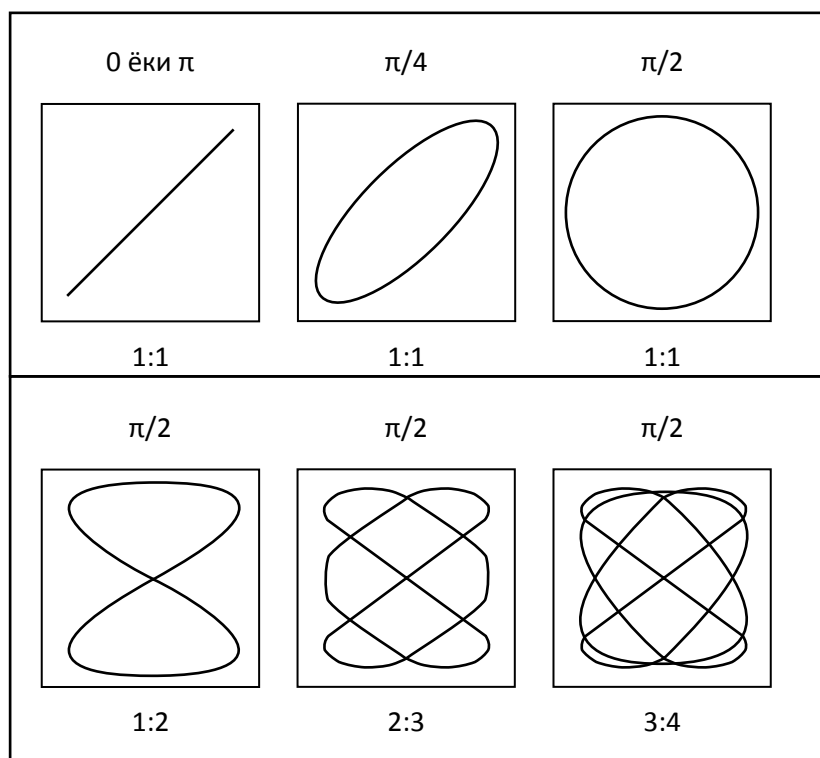
Ikki signal davrlarida farq katta bo‘lsa, Lissaju shakllari kuzatilmaydi. Biroq agar davrlar nisbati butun son bo‘lsa, ikkala davrning eng kichik karralisiga teng vaqt intervalidan so‘ng harakatdagi nuqta o‘z holatiga yana qaytadi – murakkabroq ko‘rinishdagi Lissaju shakllari yuzaga keladi.

O‘lchashlarda noma‘lum f_y chastotani ma‘lum f_0 chastota bilan taqqoslanadi. O‘lchanayotgan chastota ossillograf kirish yo‘liga uzatilib, namumaviy generatorning ma‘lum chastotasi ma‘lum chastotasi shunday rostlanadiki, ossillograf ekranida oddiy shakl paydo bo‘ladi. Misolni 39-rasmda ko‘rish mumkin. Lissaju shakllarining ko‘rinishi chastotalar m/n nisbati va taqqoslana-yotgan tebranishlar boshlang‘ich fazalariga bog‘liq.

Ikki garmonik tebranish chastotalari nisbati Lissaju shaklining vertikal bo‘yicha kesishuv nuqtalari m sonining gorizont al kesishuv nuqtalar n soniga nisbati sifatida ifodalash mumkin. Misol uchun, 40-rasmdagi ossillogrammalarda bu nisbat $f_0/f_y = m/n = 2/4 = 1/2$ tengligini ko‘rish mumkin. Bundan o‘lchanayotgan chastota $f_y = 2f_0$ ekanligi kelib chiqadi.

Bu usulning aniqligi nisbatan yuqori bo'lib, namunaviy generatorning barqarorligi bilan aniqlanadi, lekin bu kabi shakllarni olish va kuzatish qiyin vazifadir.

Chastota doiraviy yoyma usulida o'lchashda usulni qo'llash uchun, o'lchanayotgan noma'lum f_x chastota namunaviy f_0 dan bir necha marta katta bo'lishi kerak.



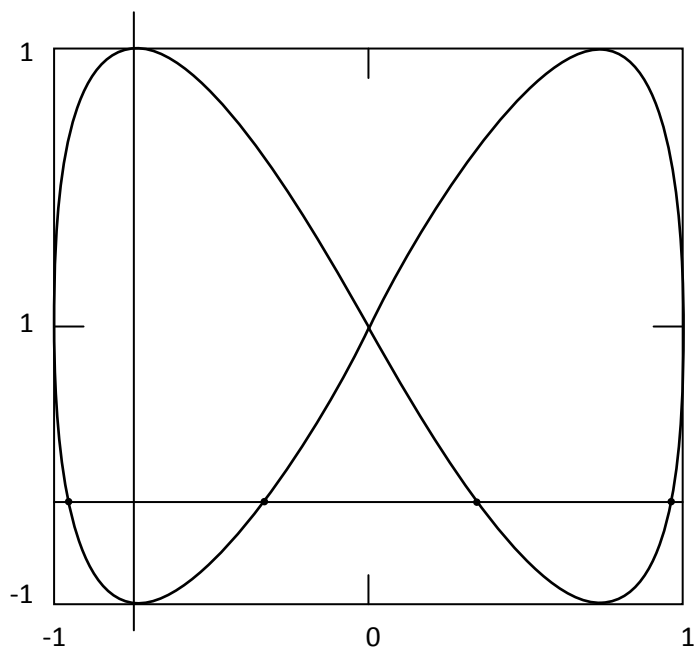
39 - rasm. Lissaju ayrim shakllarining ko'rinishlari.

Ossillografning Y va X kirish yo'liga f_0 namunaviy chastotaning garmonik signallari faza bo'yicha 90° ga siljirilgan holda kirib keladi.

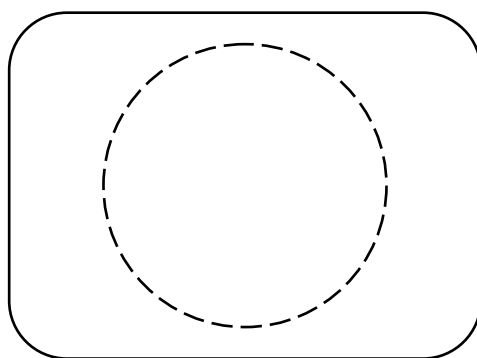
Ossillografning nur ravshanligi modulyasiyasining Z kirish yo'liga o'lchanadigan f_x chastotali garmonik signal uzatilsa va muayyan chegaralarda f_0 namunaviy chastota rostlab turilsa, ravshanlik bo'yicha modullangan deyarli harakatsiz doiraviy yoyilma hosil qilish mumkin (41-rasm).

Agar T doiraviy yoyilmadagi ravshan yo'ylar (yoki yo'ylar orasidagi qorong'i oraliqlar) soni bo'lsa, unda chastota $f_x = N f_0$.

Ossillografik metodlarda aniqlik yuqori emas (o'lchashlar nisbiy xatoligi 0,1-0,5). O'lchanadigan chastotalar diapazonining yuqori chegarasi ossillograf parametrlariga bog'liq bo'lib, odatda, 500 MGsdan oshmaydi.



40 - rasm. Ikkita signal chastotalarining nisbatini aniqlash.



41- rasm. Ravshanlik bo'yicha modulyasiyalanuvchi doiraviy yoyma.

Raqamli chastotomerning ishlash tamoyili chastotaning ta'rifidan kelib chiqadi, ya'ni vaqt oralig'ida impulsar sonini sanashdan iborat. Bu asboblarni ishlatishga qulay, keng diapazondagi chastotalarni o'lchaydi (birnecha Gersdan yuzlab megagersgacha) va yuqori aniqlikdagi natijalar oladi (nisbiy xatoligi 10^{-6} - 10^{-9}).

Raqamli chastotomerlar ko'p funksiyali o'lchash asboblari bo'lganligi sababli, ularning ishlash tartibiga qarab, faqatgina chastota yoki ikki chastota nisbatini emas, balki vaqt intervallarini (davriy signallar ketma-ketlik davri va ikki impulsning vaqtdagi holatida belgilangan interval) ham o'lchash mumkin.

Garmonik signal chastotasini raqamli usulda o'lchash prinsipi 42-rasmida keltirilgan. Kirish qurilmasi KQ kelgan signalni kerakli qiymatga kuchaytiradi yoki susaytiradi (42, a-rasm). KQdan chiqqan

garmonik u_1 signal (42, b-rasm) impuls shakllantirgich IShga keladi. ISh uni birqutbli qisqa impulslar u_1 ketma-ketligiga aylantiradi, ketma-ketlik davri $T_x=1/f_x$ bo'lib, sanoqli deb ataladi. Bu impulslarning oldingi frontlari u_1 signalning vaqt o'qida nolinch qiyamatdan o'tish momentlariga deyarli mos tushadi. Impuls shakllantirgich kuchaytirgich-cheklangich va komparator (Shmitt trigger) dan iborat.

u_2 sanoq impulslari VS vaqt selektorining kirish yo'llaridan biriga kirib keladi. Uning ikkinchi kirish yo'liga ShBQ shakllantirish va boshqarish qurilmasidan keladigan to'g'ri burchak shaklidagi va kalibrlangan $T_0 > T_x$ davomiylikdagi u_3 strob-impuls kiradi. T_0 vaqt intervali sanoq vaqti deb ataladi. Vaqt selektori u_3 strob-impulsi bilan ochiladi va butun muddati davomida HS hisoblagichning kirish yo'liga birnecha u_2 impulslar guruhi (paketi) ni o'tkazadi. Natijada, vaqt selektoridan hisoblagichga N_x ta u_4 impulslarning paketi kelib tushadi. T_0 strob-impulsning vaqt darvozalariga keladigan birinchi u_2 sanoq impulsi ularning frontiga nisbatan Δt_n vaqtga kechikadi, darvozalar kesimi va ungacha paydo bo'lgan oxirgi sanoq impulsini Δt_k intervali ajratib turadi.

42, b-rasmdan kelib chiqadiki,

$$T_0 = N_x T_x - \Delta t_n + \Delta t_k = N_x T_x - \Delta t_d, \quad (56)$$

bu yerda, Δt_n va $\Delta t_k - T_0$ intervali boshi va oxirining tasodifiy metodik diskretlash absolyut xatoliklaridir. Ular strob-impulsning u_2 sanoq impulslariga nisbatan tasodifiy joylashuvidan kelib chiqadi, chunki strob-impuls va sanoq impulslari sinxronlanmagan; $\Delta t_d = \Delta t_n - \Delta t_k$ – diskretlashning umumiy absolyut xatoligi.

(56) formuladan bilish mumkinki, paketdagi impulslar soni $N_x = T_0 / T_x = T_0 f_x$ va natijada o'lchanayotgan chastota hisoblagichga kelayotgan sanoq impulslar soniga proporsionaldir

$$f_x = N_x / T_0. \quad (57)$$

Strob-impulsni shakllantirish uchun ShBQga sxemadan T_0 davrli qisqa impulslar keladi. Sxema tarkibiga namunaviy chastotaning kvarsli generatori va impulslar ketma-ketligining DChB dekadli chastota bo'lgichi kiradi (42-rasmda ko'rsatilmagan).

DChB chiqishidagi impulslar davri va strob-impuls muddati teng: $T_0 = K_d / f_{kv}$. Shu sababli (57) formulani quyidagicha yozish qulayroq:

$$f_x = N_x f_{kv} / K_d . \quad (58)$$

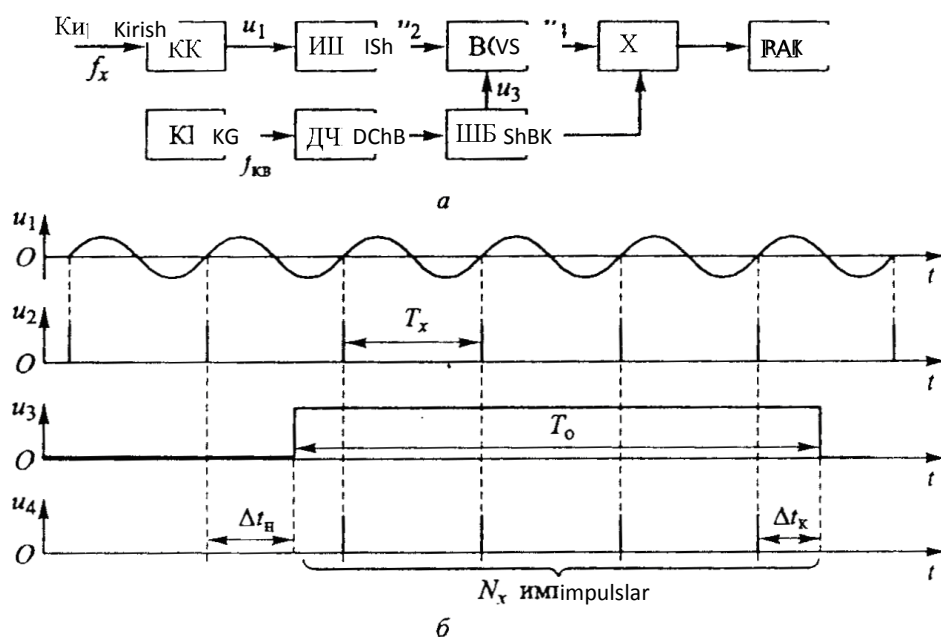
Diskretli tarzda f_{kv}/K_d nisbatini o'zgartirish uchun K_d ni variatsiyalash, ya'ni DChB dekadalar sonini o'zgartirish mumkin.

Hisoblagich N_x impulslar sonini sanaydi va tegishli kodni RSQ raqamli sanoq qurilmasiga beradi. f_{kv}/K_d nisbati 10^n GS ga teng qilib olinadi, bu yerda, n – butun son. Bunda RSQ o'lchanayotgan f_x chastotaga mos keluvchi N_x sonni tanlangan birlikda ko'rsatadi. Masalan: K_d ni o'zgartirish hisobiga $n=6$ koeffitsiyent tanlansa, RSQda ko'rinadigan N_x soni megagersda ifodalangan f_x chastotasiga mos keladi. O'lchash boshlanishidan oldin ShBQ hisoblash ko'rsatkichlarini nol qilib qo'yadi.

O'lchash xatoligining sistematik tashkil etuvchisi hosil bo'lishiga asosiy sabab kvarsli generator f_{kv} chastotasining uzoq muddat nostabil bo'lishidir. Uni kamaytirish uchun kvars termostatlanadi yoki kvarsli generatorda termokompensatsiyali elementlar qo'llanadi. Bunda chastotaning nisbiy o'zgarishi (nisbiy xatolik) sutkada $\delta_{kv} = 5 \cdot 10^{-9}$ dan oshmaydi. f_{kv} chastotaning nominal qiymati noto'g'ri qo'yilganidan kelib chiqadigan xato-likni kamaytirish uchun chastota etalon qiymatlarining radiodan uzatiladigan signallariga qarab kvarsli generator kalibrlanadi.

Kvarsli generator kalibrovkasining nisbiy xatoligi $(1-5)10^{-10}$ dan oshmaydi. Ko'pincha chastotani kerakli barqarorlikka keltirish uchun kvarsli generator sxemasiga chastotani fazali avtoto'g'rilash (ChFAT) sistemasi kiritiladi.

O'lchash xatoligining tasodifiy tashkil etuvchisi diskret-lash Δt_d xatoligi bilan aniqlanadi. Strob-impuls va sanoq impulsleri o'zaro sinxronlanmaydi. Shu sababli, 42,b-rasmda strob-impuls boshi va oxirining ikki qo'shni sanoq impulsleri orasidagi joylashuvini aniqlovchi Δt_n va Δt_k xatoliklar bir xil ehtimolli vaqtda noldan T_x gacha qiymat qabul qilishi mumkin. Shuning uchun Δt_n va Δt_k xatoliklar tasodifiy bo'lib, qonuniyat bo'yicha tekis taqsimlangan. Bu xatoliklar mustaqil bo'lganligi uchun, diskretlash umumiy Δt_d xatoligi $\pm T_0$ chegaraviy qiymatlar bilan uchburchaklik qonuniga ko'ra taqsimlangan.



42-rasm. Raqamli chastotomer:

a – tuzilmaviy sxemasi; b – vaqt diagrammalari.

Hisoblash vaqti intervalining boshi va oxirini diskretlashning maksimal $\Delta t_d = \pm T_0$ xatoligini sanoq impulslari N_x sonini ± 1 impulsiga ekvivalent tasodifiy o'zgartirish orqali hisobga olish qulayroq.

Raqamli chastotomerning chastota o'lchash yig'indi nisbiy xatoligi foizlarda normalanadi va ushbu formula bilan aniqlanadi:

$$\delta_{f_x} = \pm 100 \left(\delta_{kv} + \frac{1}{T_0 f_x} \right). \quad (59)$$

Bu formulaga ko'ra, o'lchanayotgan chastota kamaygan sari xatolik oshadi. Chastota juda kam bo'lsa, hatto hisoblash maksimal T_0 vaqtida ham xatolik yo'l qo'yiladigan qiymatdan oshib ketishi mumkin. Maksimal vaqt raqamli chastotomerlarda 1 yoki 10 sekunddan oshmaydi. Bunday holda oldin T_0 davrni o'lchab, keyin chastotani $f_x = 1/T_x$ formulasi bilan hisoblab chiqarish maqsadga muvofiq.

Raqamli chastotomerlar o'lchaydigan chastotalar diapazoni pastdan diskretlash xatoligi, yuqoridan hisoblagichlar va chastota bo'lgichlarning ishlash tizimi bilan chegaralangan. Yuqori chegara 500 MGsgacha boradi va uni past chastotalar sohasiga geterodin o'zgartirish usuli orqali kengaytiriladi.

Zamonaviy raqamli chastotomerlarda chastotalar kvarsli sintezatori keng qo'llanadi, ular chastotalar diskretli to'ridan iborat signallar yaratadi. Dasturiy boshqariladigan chastota sintezatorlari va mikroprosessorga ega raqamli chastotomerlar yuqori aniqligi, o'lchaydigan chastotalar diapazoni kengligi, ishonchliligi va avtomatlashgan o'lchash tizimlariga qo'shish qulay-ligi tufayli istiqbolli o'lchash asboblari bo'lib hisoblanadi.

Elektron-hisobli chastotomer davriy tebranishlarning chastotasini va takrorlanuvchi signallarning xarakterli oniy qiymatlari orasidagi intervallarni o'lchaydi. Ular ikkita taqqoslanuvchi chastotalar nisbatini o'lchashi impulslar hisoblagichi rolini bajarishi, chastota bo'lgich va barqaror chastotali kuchlanish manbai sifatida qo'llanilishi mumkin. Elektron-hisobli chastotomerlar qo'shimcha qurilmalar bilan ishlatilganda ularning imkoniyatlari ortadi. Keng sohali kuchaytirgichlar bilan ishlatilganda asbobning sezgirligi ortadi. Kuchlanishni chastotaga o'zgartkichlar esa elektron-hisobli chastoto-merni raqamli voltmetrga, chastota o'zgartkichlar esa uning chastota diapazonini kengaytiradi. Elektron-hisobli chastoto-merlarning universalligi va o'lchashning yuqori aniqligi bu o'lchagichlarning istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

Elektron-hisobli chastotomerning ish tamoyili vaqt intervalidagi impulslar sonini sanashga asoslangan. Chastotasi o'lchanishi kerak bo'lgan f_x o'zgaruvchan kuchlanish chastotasi f_x teng bo'lgan qisqa impulslar ketma-ketligiga aylantiriladi.

Agar T_x vaqt intervalidagi N impulslar soni hisoblansa, unda chastota

$$f_x = N / T_x . \quad (60)$$

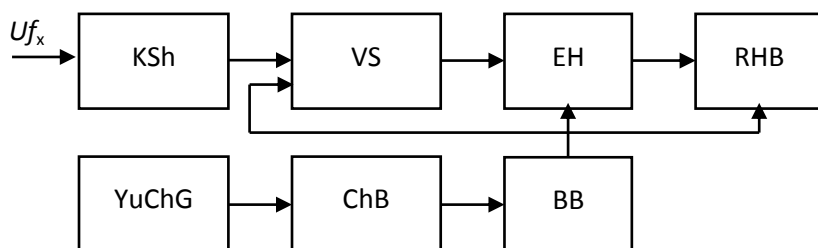
Elektron-hisobli chastotomerning struktura chizmasi 43-rasmda keltirilgan.

f_x chastotali signal kuchaytirgich-shakllantirgichga kiradi va chastotasi o'lchanayotgan sinussimon kuchlanish bir qutbli impulslar ketma-ketligiga aylantiriladi. Bu impulslar ketma-ketligining chastotasi impulslar vaqt selektorining 1-kirishiga uzatiladi. Selektorning 2-kirishiga qat'iy aniq davomiylikdagi T_x impulsi kiradi. Bu impulsning davomiyligi bo'lish koeffitsiyenti 10^n chastota bo'lgichli yuqori chastota generatoridan beriladi.

Kvars stabilizatsiyali generatorning chastotasi T_{kv} 1 yoki 0,3 mks ga teng. Hisob vaqtining bunday davomiyligida f_{kv} teng yoki kichik bo'lgan chastotani o'lchash mumkin emas. Shunga ko'ra, kvars generatoridan keyin chastotani dekadlash bo'lgichlari ulanadi. Ularning chiqishida 10^n ($n = 1, 2, 3, \dots 7$) marta generator chastotasidan past bo'lgan chastotalar hosil qilinadi, ya'ni 100, 10 va 1 kHz, 100, 10, 1 va 0,1 Hz. Shunga ko'ra, hisob vaqtini aniqlovchi impulsning davomiyligini 10^{-5} dan 10 s pog'onada o'rnatish mumkin. Bunda o'lchanayotgan chastota ifodadan aniqlanadi:

$$f_x = N \cdot 10^{-n} \cdot f_{kv}. \quad (61)$$

Davomiyligi $T_x = 10^n / f_{kv}$ (61) bo'lgan impuls boshqarish blokida shakllantiriladi.



43-rasm. Elektron-hisobli chastotomerningstruktura chizmasi:

- 1 – kuchaytirgich shakllantirgich (KSh);
- 2 – vaqt selektori (VS);
- 3 – elektron hisoblagich (EH);
- 4 – raqamli hisoblash qurilmasi (RHQ);
- 5 – yuqori chastota generatori (YuChG);
- 6 – chastota bo'lgich (ChB);
- 7 – boshqarish bloki (BB).

O'lchanayotgan chastotali impulsar elektron hisoblagichga selektorning 2-kirishiga T_{his} davomiylikli impuls qo'yilganda-gina o'tadi. Hisoblagich chiqishidan N impulsar soni to'g'risidagi axborot, ikkilik kod ko'rinishida deshifrator orqali raqamli hisob qurilmasi (tablo)ga uzatiladi va o'lchash natija-lari chastotaning o'lchov birliklarida raqamli ko'rinishda qayd qilinadi. O'lchashlar boshqarish bloki o'rnatgan takrorlanuvchi sikllar bilan amalga oshiriladi.

Bir vaqtning o'zida boshqaruvchi qurilma vaqt selektoriga ta'sir ko'rsatib, raqamli indikator ko'rsatishlarini avtomatik holda tashlab

yuborish uchun hamda deshifrator va chastota bo'lgichni boshlang'ich holatga keltirish uchun impulslar uzatiladi.

Operator raqamli tablo bo'yicha ko'rsatishlar hisobini amalga oshira olishi uchun boshqaruvchi qurilmada vaqt selektorini ayrim vaqt intervaliga blokirovkalash orqali ushbu vaqt intervalida tablo ko'rsatishlarning saqlanishi nazarda tutilgan. Bu vaqt oralig'i indikasiya vaqti deyiladi va operator tomonidan bir necha sekund chegarasida rostlanishi mumkin.

Chastota o'lchagichda o'lchashning avtomatik va qo'l rejimi mavjud. Avtomatik rejimda har safar impulslar sanog'i o'rnatilgan vaqt indikasiyasi tugashi bilan takrorlanadi. Qo'l bilan boshqarish rejimida tugmaga bosilganda hisob bir marta bajariladi va bunda indikasiya vaqti cheklanmaydi. Elektron-hisobli chastota o'lchagichning nisbiy xatoligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\delta = \delta_0 + \delta_{\text{nob}} + 1 / f_x T_{\text{his}} , \quad (62)$$

bu yerda,

δ_0 – kvars generatori chastota o'rnatilishining nisbiy xatoligi;

δ_{nob} – kvars generatorining nobarqarorligi yuzaga keltirgan nisbiy xatolik;

$1 / f_x T_{\text{his}}$ – bu T_x – davr va T_{his} – hisob vaqtining nobarqarorligidan paydo bo'lgan nisbiy xatolik.

Xatolikni bu oxirgi tashkil etuvchisi shunday baholanadiki, T_x davr va T_{his} - hisob vaqtidan impulslar sanog'i ± 1 impuls aniqligi bilan amalga oshirilishi mumkin. Lekin unda $1/N = 1/f_x T_{\text{his}}$.

Hozirgi zamon elektron-hisobli chastota o'lchagichlarida δ_0 va δ_{nob} taxminan $1 \cdot 10^{-8}$ va undan kamroq va texnik o'lchashlarda hisobga olinmasligi mumkin. Xatolikning tashkil etuvchilari $1/f_x T_{\text{his}}$ o'lchanayotgan chastotaga va hisob vaqtiga bog'liq. 3-jadvalda bu tashkil etuvchi qiymatining turli chastotalar uchun vaqtga bog'liqligi keltirilgan.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, elektron-hisobli chastoto-merlarning past chastotalarni o'lchash uchun qo'llanilishi maqsadga muvofiq emas. Chunki o'lchash xatoliklari juda yuqori. Past chastotalarni o'lchash xatoligi me'yor darajasida bo'lishligi uchun davrni o'lchashga o'tish zarur.

O'lchash vaqti T_{his} s	Xatolik $1 / f_x T_{\text{his}}$		
	0,1 Hz	100 Hz	100 kHz
10^{-3}	10^3	1	10^{-3}
10^{-1}	10^3	10^{-1}	10^{-4}
1	10	10^{-3}	10^{-3}

Nazorat savollari

1. Elektron ossillograf signalning qaysi parametrlarini o'lchashda ishlatiladi?
2. Raqamli chastotomerning ishi va o'lchash aniqligi qanday?
3. Elektron hisobli chastotomerning ishini tavsiflang.
4. Chastotani o'lchash usullarini sanab bering.
5. Chastotani o'lchashning ossillografik usullari va uslubiy xatoliklar hisobini keltiring.

15-ma'ruza. Faza siljishini o'lchash

Reja:

1. Fazametrilar va ularning turlari. Bevosita ko'rsatuvchi fazametrilar.
2. Ossillograf yordamida faza siljishi burchagini o'lchash.
3. Raqamli fazametrilar.

Aloqa, liniya va traktlarning elementlari va apparatura bog'lamalarining fazaviy parametrlari muhim ahamiyatga ega, chunki signallarni aniq takrorlash uchun barcha uzatilayotgan chastotalar teng vaqt oralig'ida tarqatilishi zarur. Bu ayniqsa, diskret ma'lumot va televizion signallarni uzatishda, bundan tashqari, turidan qat'i nazar barcha signallarni uzoq masofaga uzatishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Sinussimon signalning zanjir bo'ylab tarqalish vaqti t_{tar} ga teng bo'lsa, bu vaqt ichida faza signali o'zgaradigan φ_a absolyut faza

burchagi $\varphi_a = \omega t_{tar}$ ga teng. *Nisbiy fazaviy siljish* deb $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ ga teng bo'lgan kattalikka aytiladi, bu yerda φ_2 – sinussimon signalning o'lchanayotgan sistema chiqishidagi fazasidir. φ_1 – sistema kirishidagi faza (bu signal odatda tayanch signali deb ataladi va $\varphi_1 = 0$ deb olinadi).

Ko'p chastotali signallarning fazaviy buzilishlari odatda kechikishning absolyut guruhviy vaqtiga chastotaviy bog'liqdir. Bu vaqt $\omega : t_{a.gr} = d\varphi / d\omega = t_{tar} + \omega(dt_{tar}/d\omega)$ doiraviy chastota bo'ylab φ fazaviy siljishning hosilasi orqali aniqlanadi. Bundan kelib chiqadiki, kechikishning absolyut guruhviy vaqti t_{tar} bilan ma'lum kattalikning yig'indisiga teng. Bu kattalik fazaning chastota bilan kechikishi o'zgarishini hisobga oladi. Agar t_{tar} chastotaga bog'liq bo'lmasa, unda $\tau_{a.gr} = t_{tar}$. Kechikishning guruhviy vaqtini o'lchash amaliyotida chastota va fazaning cheksiz orttirmalari nisbatan kichik yakuniy orttirmalarga almashinadi: $t_{gr} = \Delta\varphi / \Delta\omega = (\varphi'' - \varphi') / (\omega'' - \omega')$. (bu yerda φ'' va φ' - ω'' va ω' chastotalardagi faza siljishlari). t_{gr} kattaligi kechikishning nisbiy guruhviy vaqti deb ataladi. U haqiqiy (absolyut) $t_{a.gr}$ kattalikdan $2\pi/\omega$ kattalikka farq qilishi mumkin. t_{gr} ning chastota o'zgarishi bilan beqarorligi (faza siljishi chastotaviy xarakteristikasining chiziqlilikdan og'ishi)ni t_{gr} xarakteristikasining buzilishi yoki fazaviy buzilish deb ataladi.

To'rtqutblilar, aloqa qurilmalarining bog'lama va elementlari, elektron sxemalar va boshqalarni o'rganishda odatda fazaviy siljishlar va ularning chastota xarakteristikalari o'lchanadi. Kuchlanish va tok orasidagi fazaviy siljishni o'lchash orqali kuch zanjirlaridagi quvvat koeffitsiyentini baholash mumkin. Ishlab turgan magistrallarda va aloqa qurilmalarini sinashda odatda kechikishning guruhviy vaqti va qurilmaning chastotaviy xarakteristikalari o'lchanadi. Tonal chastotali kanallarda t_{gr} ning 1000 Gs chastotaga nisbatan notekislik qiymati normalanadi, keng polosali kanallarda esa kanalning o'rtacha chastotasiga nisbatan normalanadi. Shu tarzda, aloqa qurilmalarida qaysidir ω chastotada signalning ω_0 tayanch chastotaga nisbatan kechikishi o'lchanadi. Shu sababli tarqalishning nisbiy vaqti bo'lgan t_{gr} ni haqli ravishda kechikishning guruhviy vaqti deb ataladi.

Fazaviy siljishni o'lchashning quyidagi usullari mavjud: ossillografik usul, yig'indi va ayirmali kuchlanishlarni o'lchash usuli, fazaviy siljishni impulslar oralig'idagi vaqt intervaliga almashtirish usuli, taqqoslash va kompensasiya usullari, chastotani almashtirish usuli va kirish qarshiliklarini o'lchashga asoslangan usullar mavjud.

Amaliyotda asosiy chastota bo‘ylab ikki davriy impulsli kuchlanish orasidagi “faza siljishi” tushunchasiga duch kelish mumkin. Bu farq o‘rganilayotgan kuchlanishlar impulsleri orasidagi nisbiy vaqtinchalik siljish bilan aniqlanadi: $\varphi=360^{\circ}\Delta t/T$ (T – impulsli kuchlanish davri).

Kechikishning guruhiiy vaqti quyidagi usullar bilan o‘lchanadi: “nuqtalar bo‘ylab”, ossillografik, guruhiiy signallar-ni uzatish orqali va panoramali usullar (oldingi usulning bir turi) bilan. Fazaviy siljishni o‘lchashning barcha usullari yordamida kechikishning nisbiy vaqtini ham bilvosita aniqlash mumkin.

Diskret (raqamli) hisob usulini amalga oshiradigan raqamli fazametrning tuzilmaviy sxemasi, izlanayotgan $\Delta\varphi$ -faza farqini Δt -vaqt intervaliga o‘zgartirgich ($\Delta\varphi\rightarrow\Delta t$), VS – vaqt sektori, sanoq impulslerinin shakllantirgichi (f/nf), H – hisoblagich va RSQ – raqamli sanoq qurilmasidan tashkil topgan (15.1 a-rasm). Vaqt selektori kalitli logik sxema ko‘rinishida bajarilgan. Sanoq impulslerinin shakllantirgichi esa kirish signalining chastotasini impulsli ko‘paytirgichi bazasida va chiqish impulslerini shakllantirish sxemasida qurilgan. Raqamli fazametr quyidagi tartibda ishlaydi. O‘zgartkich $\Delta\varphi\rightarrow\Delta t$ uning kirishiga uzatiladigan fazalar farqi $\Delta\varphi$ bo‘lgan u_1 va u_2 sinussimon signallardan to‘g‘ri burchakli impulsleri u_3 (15.1b-rasm) shakllantiradi, bu impulslerinin davomiyligi Δt va takrorlanish davri T , u_1 , u_2 signallar davri hamda vaqt bo‘yicha siljishiga mos holda teng bo‘ladi. u_3 -impulsler hamda sanoq impulsleri shakllantirgichi ishlab beruvchi takrorlanish davri T_0 ga teng bo‘lgan u_4 sanoq impulsleri vaqt selektori kirishlariga beriladi.

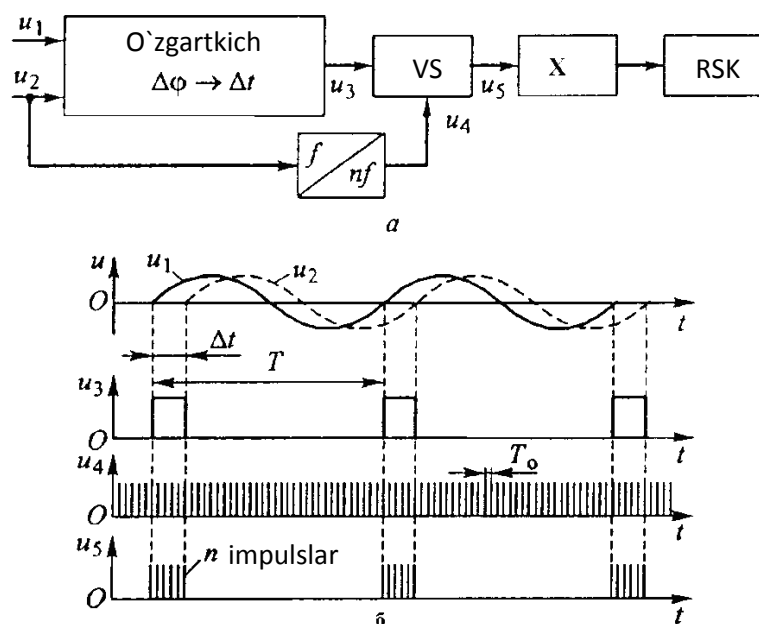
Vaqt selektori u_3 impulslerinin Δt davomiyligiga teng bo‘lgan vaqtga ochiladi va ushbu interval davomida u_4 impulsleri hisoblagich kirishiga o‘tkazadi. Selektorning chiqishida T davr bilan takrorlanadigan u_5 impulsler paketi shakllanadi.

O‘lchashlar u_1 va u_2 signallar kelishining T bitta davri davomida bajariladi (bunday rejimni ta‘minlovchi boshqarish sxemasi 5.2a-rasmida soddalashtirish uchun ko‘rsatilmagan). Bunda, hisoblagichga selektor chiqishidan bitta paketda saqlanuvchi impulslerinin quyidagi soni kirib keladi:

$$n = \Delta t / T_0 . \quad (63)$$

Raqamli fazametrlarda uning qismlarini sxemaviy amalga oshirish uchun shakllantirgich sanoq impulslerinin ketma-ketlik davri quyidagi ko‘rinishda beriladi:

$$T_c = T / (36 \cdot 10^m), \quad m = 1, 2, 3 \dots$$



44-rasm. Fazalar siljishini raqamli o'lchash usuli.

(63) ifodaga Δt uchun munosabatni 64 ifodadan qo'yamiz va $T_0 = T(36 \cdot 10^m)$ ekanligini hisobga olib, u_1 va u_2 signallarning o'lchanayotgan fazalar farqi uchun quyidagi ifodaga erishamiz:

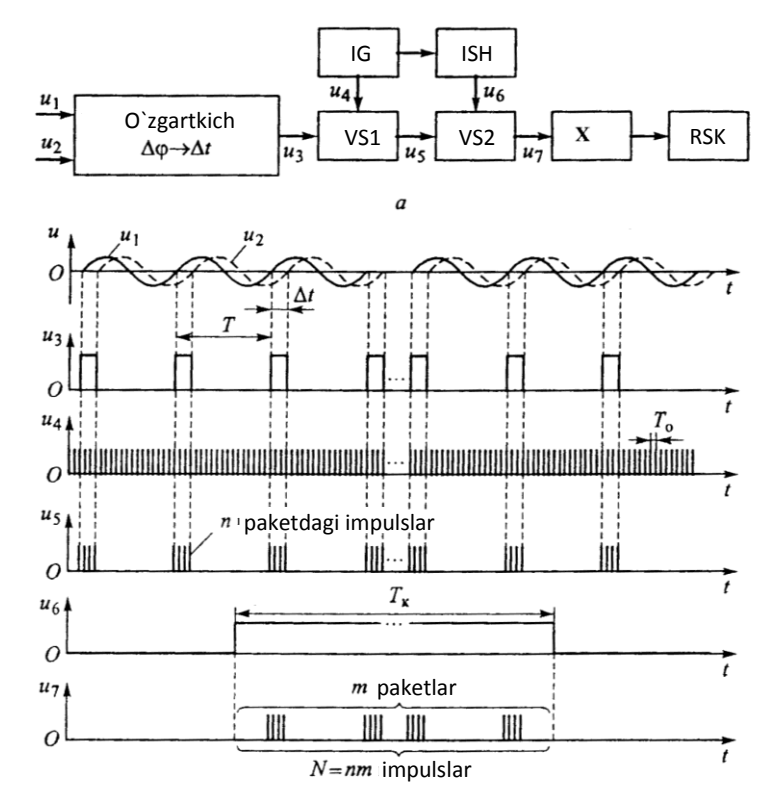
$$\Delta\varphi = \frac{n}{10^{m-1}}. \quad (64)$$

(64) ifodadan $\Delta\varphi$ – fazalar siljishi, hisoblagichga kelgan n -sanoq impulslari soniga proporsional ekanligi kelib chiqadi. Fazalar siljishi $\Delta\varphi$ ga proporsional bo'lgan kodli signal hisoblagichdan ko'rsatishi graduslarda berilgan raqamli sanoq qurilmasi (RSQ) ga uzatiladi, bunda, gradusning n -li ulushlari ham hisobga olinadi ($m=2$ va b.q. bo'lganda).

Ushbu fazametrning xatoligi apparaturaning diskretlik xatoliklari bilan aniqlanadi. Diskretlik xatoligi vaqt intervali Δt ni sanoq impulslarining bitta davrigacha aniqlik bilan o'lchanishiga bog'liq. Apparaturaviy xatolik davomiylikni Δt dan chetlanishi, $\Delta\varphi \rightarrow \Delta t$ va boshqalar orqali aniqlanadi. Xatoliklarni kamaytirish uchun fazalar siljishining o'rta qiymatini o'lchovchi raqamli fazametrlardan foydalaniladi, bunda, o'lchash natijasi bo'lib, tahlil qilinayotgan

garmonik tebranishning T ko'p sonli tebranishlaridagi o'lchanayotgan fazalar farqining o'rta qiymati hisoblanadi. Bunday raqamli fazametrning tushuntiruvchi epyuralarli tuzilmaviy sxemasi 45-rasmda ko'rsatilgan.

Bu sxema 45, a-rasmdagi sxemadan ikkinchi vaqt selektori VS-2, impulslar generatori IG va impulslar shakllantirgichi ISh mavjudligi bilan farqlanadi. Fazametrning ish tamoyilini undagi funksional tugallangan qurilmalarni ajratib tahlillash qulayroqdir. Ular qatoriga Δt vaqt intervaliga ikkita u_1 va u_2 sinussimon signallarning izlanayotgan $\Delta\phi$ fazalar farqining o'zgartkichi $\Delta\phi \rightarrow \Delta t$, impulslar signalni shakllantiruvchi u_3 (45, b-rasm), hamda Δt intervalni mos sonli (paket) n -impulslariga $\Delta t \rightarrow n$ o'zgartkichni kiritish mumkin. O'zgartkich $\Delta t \rightarrow n$, u_5 impulslar paketini shakllantirib, IG impulslar generatori va VS1 vaqt selektoridan tashkil topgan. Bitta paketdagi n impulslarning nominal soni (64)-ifoda bilan aniqlanadi. O'lchash natijalarini o'rtachalash uchun u_5 impulslar paketi $T_k \gg T$ (T – u_1 va u_2 tadqiq qilinayotgan signallarning takrorlanish davri) kalibrlangan vaqt bo'lagida shunday m ta paketlarni beradigan qurilmaga uzatiladi.



45-rasm. O'rta qiymat fazametri bilan faza siljishini o'lchash:
a – sxema; b – sxemalarga epyurlar.

Qurilma tarkibiga davomiyligi T_k bo'lgan ISh impulslar shakllantirgichi va V2 vaqt selektori kiradi. ISh sxemasi bo'lish koefitsienti K_b bo'lgan chastota bo'lgich bazasida qurilgan. Uning kirishiga IG impulslar generatoridan takrorlanish davri T_0 bo'lgan u_4 kuchlanish impulsleri uzatiladi. (45, b-rasm). Bunda ISh chiqishida vaqt selektori VS2ni ochuvchi davomiyligi $T_k=K_bS$ bo'lgan g_6 impulsni shakllantiradi. Buning natijasida VS2 chiqishiga soni $m=T_k/T=K_b \cdot T_0/T$ (65) bo'lgan u_5 impulsler paketining qatori o'tadi. VS2 vaqt selektoridan signal (15.2b-rasm) u_7 signal RSQ bilan bog'liq bo'lgan H hisoblagichga keladi. H hisoblagichga (63), (65) ifodalar va asosiy ifoda $\Delta\varphi = \frac{360^\circ \Delta t}{T}$ hisobga olingan holda kirib kelgan impulsler umumiy soni T:

$$N = nm = \frac{\Delta t}{T_0} \frac{K\sigma T_c}{T} = K\sigma \frac{\Delta t}{T} = K\sigma \frac{\Delta\varphi}{360^\circ}. \quad (65)$$

(65) ifodadan u_1 va u_2 garmonik kuchlanishlar orasidagi o'lchanayotgan fazalar siljishini topamiz:

$$\Delta\varphi = N \frac{360^\circ}{K\sigma} = \frac{N}{k}. \quad (66)$$

(66) ifodada k koefitsient ushbu asbob uchun doimiy hisoblanadi; $k=10^a$, bu yerda a – butun son.

Bunda, RSQ shkalasida fazalar siljishi gradusda ifodalanadi. Agar a qanchalik katta bo'lsa, fazametrning k koefitsient bilan aniqlanuvchi o'tkazuvchanlik qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi. Fazametrda (45, a-rasm) IG impulsleri u_1 va u_2 tadqiq qilinayotgan impulsler o'zaro sinxronlashishga ega emas. Shunga ko'ra, bitta paketdagi impulslerining nominal soni ± 1 impulsiga o'zgarishi (diskretlik xatoligi) mumkin. Lekin, T_k o'lchash vaqtida natijaviy xatolik kamayadi, chunki, hisoblagichga m paketlardan impulsler kirib kelib, ularda n impulsler soni-ning bitta impulsiga ko'payishi yoki kamayishi teng ehtimollidir.

Fazametr ko'rsatishlarining xatoliklariga yana o'zgartkichning ($\Delta\varphi \rightarrow \Delta t$) u_1 va u_2 signallarining nolinci sathdan o'tish momentlarini noaniq fiksasiyalanishi ham ta'sir qiladi. Ammo, ushbu asboblarning xatoliklari, xuddi diskretlanish xatoligi kabi tadqiq qilinayotgan signallari davridan sezilarli katta bo'lgan T_k vaqt intervalidagi o'lchash natijalarini o'rtachalashda kamayadi.

Fazametrlarning funksional imkoniyatlarini va ularning ishonchliligining oshirilishi, ularning o'lchash o'zgarkichlari bilan birga ishlaydigan mikroprosessor asosida qurilishini ta'minlaydi. Bunday fazametrlar ixtiyoriy tanlangan davrda ikkita davriy signal orasidagi fazalar siljishini o'lchash, o'xshash siljishlarning fluktuasiyasini kuzatish va ularning statistik xarakteristikalarini matematik kutilma, dispersiya, o'rtakvadratik chetlanishni hamda yuqorida qarab chiqilgan fazametrlar kabi fazalar siljishining o'rta qiymatini o'lchash imkonini beradi. Mikroprosessorli fazametrning tuzilmaviy sxemasi 45, a-rasmda keltirilgan. Sinussimon u_1 va u_2 signallarning, ularning T bitta davridagi fazalar farqini o'lchash tamoyilini 45, b-rasmda ko'rsatilgan vaqt diagrammalari orqali tushunib olish mumkin. Mikroprosessorli raqamli fazametrning IO-impulsli o'zgartgich sxemasida u_1 va u_2 signallar mos holda u_1 va u_2 qisqa impulslarga o'zgartiriladi. Sh1 shakllantirgich ushbu impulslarning birinchi jufti yordamida davomiyligi Δt bo'lgan u_1 va u_2 signallarga vaqt bo'yicha siljishiga teng bo'lgan u_3 impuls ishlab beradi. Ushbu u_3 impuls bilan VS1 vaqt selektori ochiladi va $u \Delta t$ vaqt intervali davomida MPS mikroprosessorli sistema ishlab chiqadigan T_0 davri bilan keluvchi sanoq impulslarini H1 hisoblagich kirishiga o'tkazib yuboradi. H1 hisoblagichga kirib kelayotgan sanoq impulslarining pachkasi 45-rasmda u_4 orqali belgilangan. Paketdagi impulslar soni (63) formula orqali aniqlanadi va bunga teng:

$$n = \Delta t / T_0 .$$

Sh₂ shakllantirgich u_5 impulsni ishlab chiqadi, uning davomiyligi u_1 va u_2 tadqiq qilinayotgan signallarning davriga teng.

Ushbu u_5 impuls ma'lum vaqtga VS2 vaqt selektorini ochadi va ushbu selektor MPSdan H2 hisoblagichga u_6 impulslar paketini o'tkazib yuboradi. Paketdagi impulslar davri T_0 ga teng bo'lib, ular soni

$$N = T / T_0 ; \quad (67)$$

Tanlangan davr uchun izlanayotgan fazaviy siljish $\Delta \phi$ ning qiymatini baholash uchun (63) va (67) ifodalar bilan hisoblanuvchi va

$$n / N = \Delta t / T$$

teng bo'lgan kattaliklar nisbatini topish talab etiladi. Keyin esa, fazalar siljishini hisoblashning asosiy ifodasini e'tiborga olib, bu qiymatni 360° ga ko'paytirib qo'yish kerak.

$$\Delta\varphi = 360^\circ n/N . \quad (68)$$

Fazalar siljishini (68) ifoda bo'yicha hisoblashni MPS bajaradi, unga H1 va H3 hisoblagichlar ishlab beradigan n va N sonlardan olingan kodlar uzatilgan bo'ladi. MPSning mos dasturiga binoan RSQ raqamli sanoq qurilmasida ixtiyoriy T davr uchun fazalar siljishi $\Delta\varphi$ ning qiymati belgilanadi. Turli davrlardagi siljishlarni taqqoslash hisobiga turli davrlarda $\Delta\varphi$ ning fluktuasiyasini kuzatish va ularning statistik parametrlarini baholash imkoniyati paydo bo'ladi.

Fazametning ikkita sinussimon signallar orasidagi $\Delta\varphi$ farqning o'rta qiymatini baholash rejimida (berilgan r sonli T davrlar uchun) H1 va H2 hisoblagichlarda ularning kirishiga r-davrlar davomida kirib kelgan impulsar sonidan kodlarning g'ujlanib qolishi ro'y beradi, ya'ni, mos holda nr va Nr sonlarning kodi, keyinchalik ular avtomatik holda MPSga uzatiladi.

Faza siljishlarini o'lchash ikki yoki bir nurli ossilloqraflarda amalga oshiriladi. Birinchi xolatda o'rganilayotgan $I_1(t)$ va $I_2(t)$ kuchlanishlar vertikal U_1 va U_2 og'dirish kanallariga beriladi. Yoyuvchi generator gorizonta X og'dirish kanaliga ulanadi (45, a-rasm). Bu xolatda ekranda xosil bo'ladigan tasvir 45, b-rasmida ko'rsatilgan.

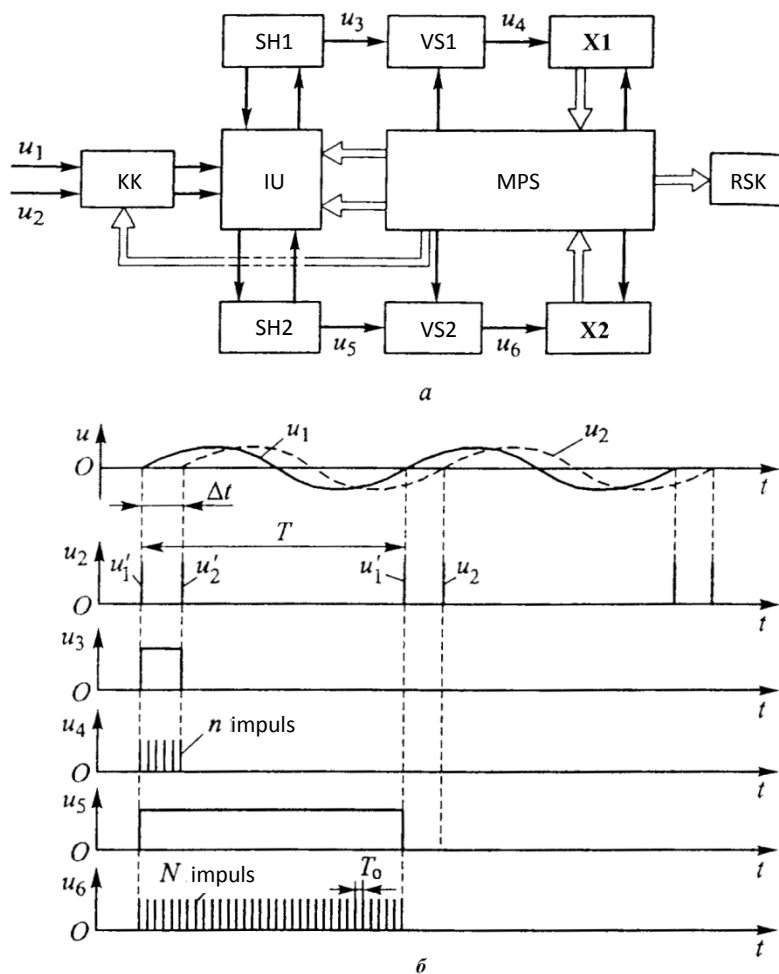
L va l uzunliklar o'lchanib, kuchlanishlar orasidagi faza siljishi quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$\varphi = \frac{360^\circ \cdot \ell}{L} \quad (69)$$

Ikkinchi xolda o'lchanayotgan $I_1(t)$ va $I_2(t)$ kuchlanishlar ossilloqrafning U va X kanallariga beriladi. Ossilloqrafning yoyuvchi generatori o'chiriladi (46-rasm). X_0 va X_m yoki X_0 va U_m oraliqlari o'lchanadi va kuchlanishlar orasidagi faza siljishi quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi:

$$\varphi = \pm \arcsin \frac{X_0}{X_m} \quad (70)$$

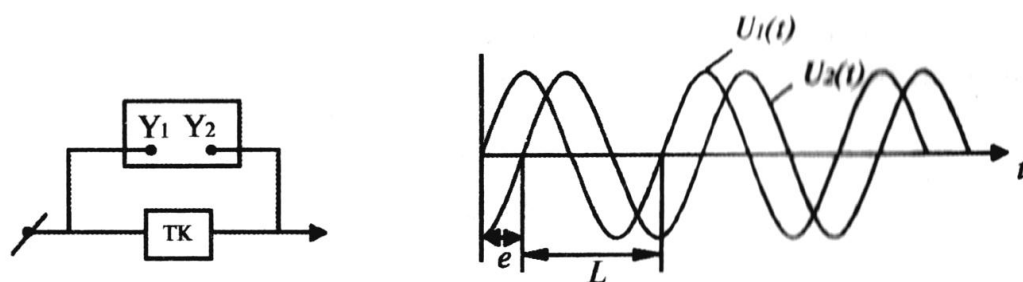
Bu usul faza siljishini 0 dan 180° gacha bo'lgan oraliqda o'lchash imkonini beradi. Bu usulning xatoligini kamaytirish elektron nurni markazlashtirish va fokuslash orqali amalga oshiriladi hamda X_0 va X_m uzunliklarni o'lchashdagi xatolik orqali belgilanadi. O'lchash xatoligi bir xil emas. Kichik faza siljishi o'lchanganda, xatolik $2-3^\circ$ ni tashkil qiladi. Xatolik faza siljishi 90° ga yaqinlashganida eng katta bo'lib, $10-15^\circ$ ni tashkil qiladi. Bu xolda ekranda doiraga yaqin tasvir xosil bo'ladi ($U_0=U_m$ va $X_0=X_m$).



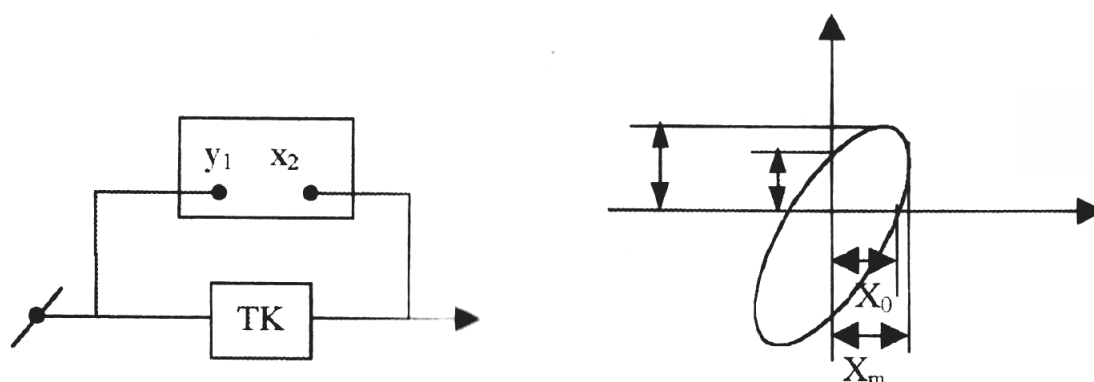
46-rasm. Mikroprosessorli raqamli fazametr:
a – tuzilmaviy sxemasi;
b – vaqt diagrammalari.

Diod VD1ga berilgan kuchlanishni topamiz:

$$U_1 + U_2 = U_m [\sin \omega t + \sin(\omega t + \varphi)] = 2U_m \cos(-\frac{\varphi}{2}) \sin(\omega t + \frac{\varphi}{2}) \quad (71)$$

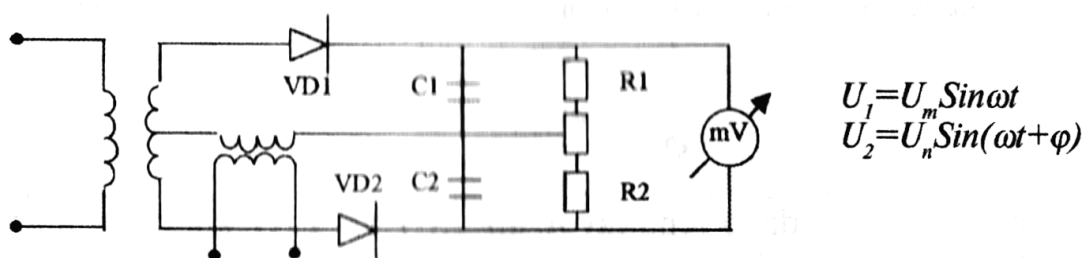


47-rasm. To'rt qutblining faza siljishing ossillograf yordamida o'lchash usuli.



48-rasm. To'rt qutblining faza siljishini ossillograf yordamida o'lchashning ikkinchi usuli.

Faza detektorining sxemasi 49-rasmida keltirilgan.



49-rasm. Faza detektorining sxemasi.

Diod VD2ga berilgan kuchlanishni topamiz:

$$U_1 - U_2 = U_m [\sin \omega t - \sin(\omega t + \varphi)] = 2U_m \sin\left(-\frac{\varphi}{2}\right) \cos\left(\omega t + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (72)$$

Qarshiliklar va sig'imler R_1 va S_1 , R_2 va S_2 larning ko'paytmalari o'zaro teng va tebranish davridan katta, ya'ni $R_1 C_1 k R_2 C_2 \gg T$ bo'lishi zarur.

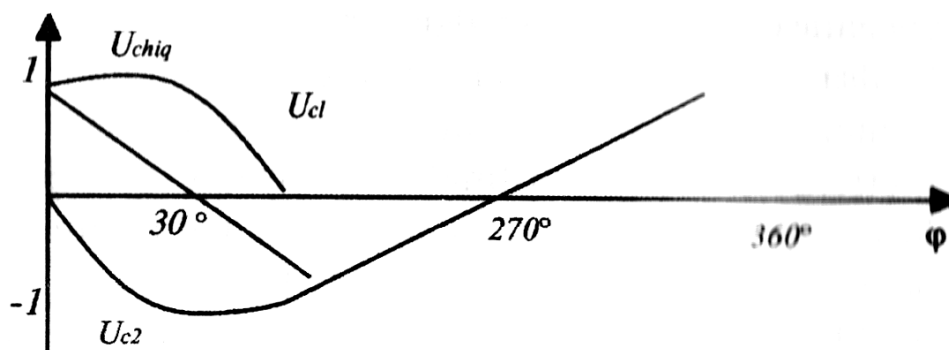
Kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanishni topamiz:

$$\begin{aligned} U_{C_1} &= 2U_m |\cos(-\varphi/2)| \\ U_{C_2} &= 2U_m |\sin(-\varphi/2)| \end{aligned} \quad (73)$$

Millivoltmetrdagi kuchlanishni topmiz:

$$U_{mv} = 2Um(|\cos \varphi/2| - |\sin \varphi/2|) \quad (74)$$

Faza detektorining statik harakteristikasi 50-rasmda ko'rsatilgan.



50-rasm. Faza detektorining statik tavsifi.

Faza detektorining ishlash prinsipi T-simon sxemada (R_1 , R_2 , R_3) ikki garmonik $I_1(t)$ va $I_2(t)$ kuchlanishlari qo'shish va ayirishga asoslangan. Bu kuchlanishlarning yig'indisi I_1+I_2 va farqi I_1-I_2 amplituda bo'yicha detektorlash bilan ajratib olinadi. Bu detektorning magnitoelektrik asbobda o'lchanadigan chiqish kuchlanishi amalda bir tekis bo'lib, kirish signallarining amplitudasi o'zgarmas xolatida faza siljishiga bog'liq. Statik tavsifi 0° bilan 180° orasidagi diapazonda bir qiymatli bo'ladi va shu diapazonda faza siljishini o'lchashda ishlatiladi.

Nazorat savollari

1. Faza tushinchasiga ta'rif bering?

2. Fazalar orasidagi farq deganda nimani tushinasiz?
3. Fazalar siljishining o'lchashning osilografik usuli qanday amalga oshiriladi?
4. Fazalar farqini faza detektori yordamida o'lchash usulini tushintirib bering?
5. Fazalar siljishini o'lchovchi vositalarining tasnifini keltiring?
6. Raqamli fazametrlarning qo'llanilishi.
7. Mikroprosessorli fazametrlar qanday ish tamoyiliga ega?

16-ma'ruza. Radiotexnik shovqin turlari, parametrlari va xarakteristikalarini analiz qilish

Reja:

1. Radiotexnik shovqin turlari.
2. Shovqinning parametrlari va xarakteristikalarini.

Radiotexnik shovqin turlari quyidagilarga tasniflanadi:

- Tor sohali va keng sohali shovqinlar;
- Normal yoki gauss shovqini;
- Releyev shovqini;
- Logorifmik normal shovqin;
- Impulsli xaotik yoki puasson shovqinlar;
- Amplitudalar taqsimotining teng ehtimolli qonunili shovqinlar;
- Simsiz rezistorlarning tokli shovqinlari;
- Issiqlik shovqinlari.

Quyida ularning tavsilotini keltiramiz.

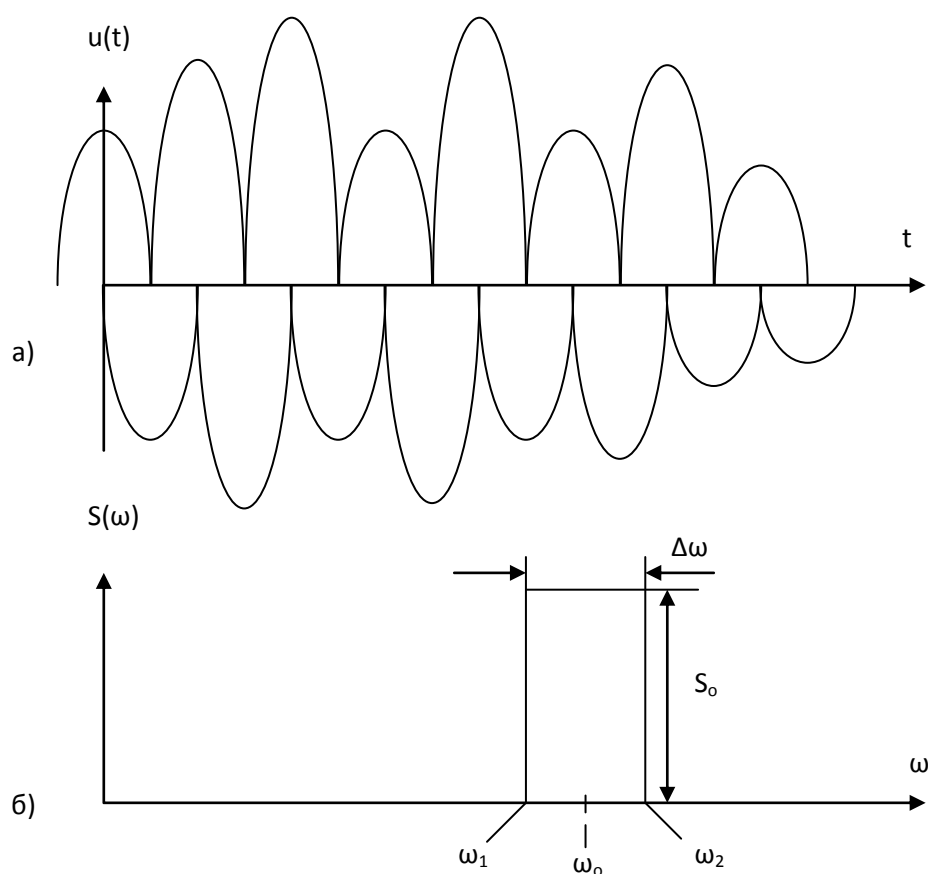
Agar, shovqinning quvvat spektri nisbatan chastotalarning tor sohasida

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$$

ya'ni, markaziy chastota sohasining yonida jamlangan bo'lsa,

$$\omega_0 = (\omega_2 - \omega_1)/2; \quad \text{va bunda} \\ \Delta\omega/\omega_0 \ll 1 \quad \text{bo'lsa}$$

bunday shovqinga tor sohali shovqin deyiladi (51-rasm).



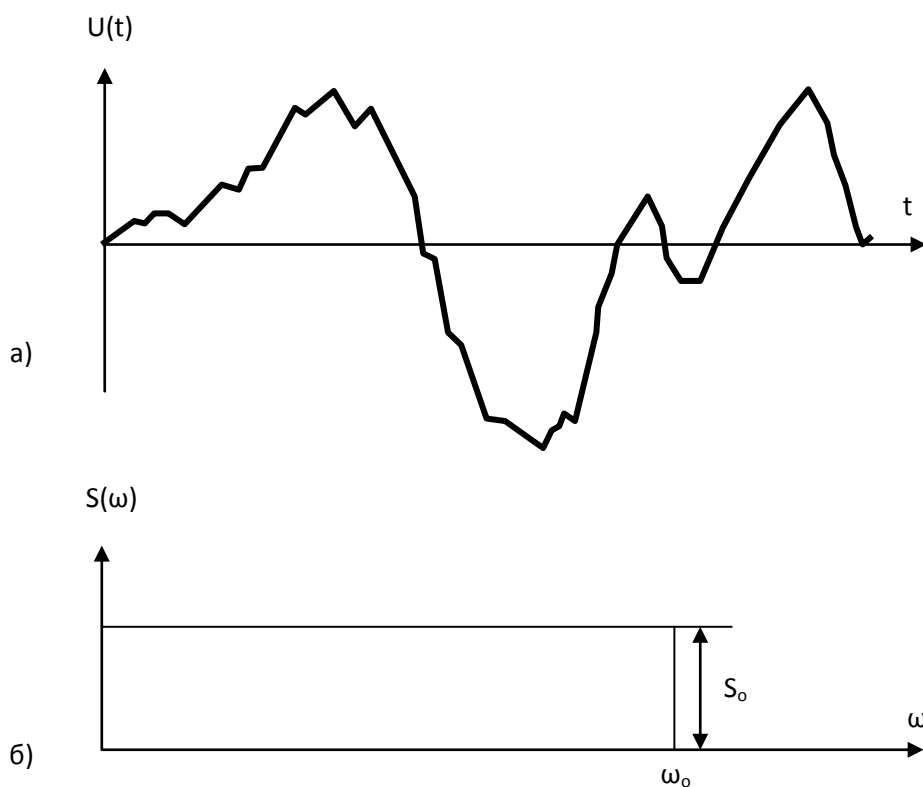
51-rasm. Tor sohali shovqin va quvvatining spektral zichligi

Shovqin quvvatining spektral zichligi $\Delta\omega$ sohada tekis va S_0 -ga teng deb faraz qilamiz. Agar, tor sohali shovqin “xotirali” ossilloqrafga berilsa va $\Delta\omega$ -dan kichik chastotali birkarrali yoyma ulansa, u hoda ekranda $\omega=\omega_0$ bo‘lgan sinussimon tebranishlar chastotasini kuzatish mumkin va uning eguvchisi sekin fluktasiyalanadi. Soha qancha tor bo‘lsa, eguvchi shuncha sekinroq fluktasiyalanadi. Soha 2-5 Gs bo‘lganda shovqin emas “davriy” tebranish kuzatilgandek taassurot uyg‘otadi, 51,a-rasmda ko‘rsatilganidek. Bunday ko‘rinishga shovqin kuchlanishi ega bo‘ladi, masalan, yuqori asllikdagi tebranish konturida. Tebranish konturi qisqa shovqin impulslarining alohida xaotik turtkilar tomonidan silkitiladi. Bunda, uning soha o‘tkazuvchanligi qancha tor bo‘lsa, o‘tish prosessi shuncha uzoq davom etadi. Bir-biriga tartibsiz (vaqt bo‘yicha) o‘tuvchan jarayonlarning tebranish konturida qo‘yilishi natijasida kuchlanish tasodifiy amplituda va fazali tebranishli ko‘rinishlarga ega bo‘ladi.

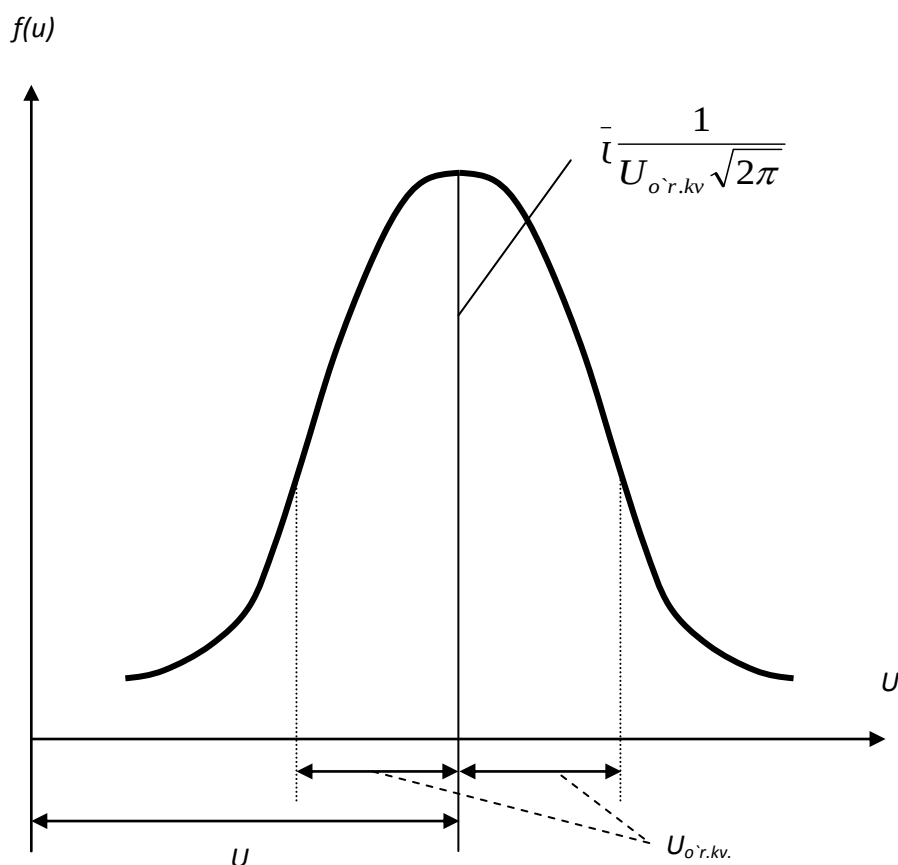
Amaliyotda keng sohali shovqin bilan ish ko‘rishga to‘g‘ri keladi. Uning quvvatining spektral zichligi (52-rasm) chastotalarning keng

sohasida doimiy bo‘ladi. Bu yerda eguvchi tezroq fluktuasiyalanadi. Keng sohali shovqinlar deb shunday shovqinlarga aytiladiki, ularda quvvat spektrining kengligi, spektrning markaziy chastotasiga yaqin bo‘ladi. Keng sohali shovqinning ideal misoli bo‘lib “oq shovqin” hisoblanadi, uning quvvatining spektral zichligi “0” dan “ ∞ ” gacha bo‘lgan barcha chastotalarida bir xil. Oq shovqinning zaruriy xususiyati bo‘lib uning qancha bo‘lsa ham vaqtning ikkita yaqin momenti korrelyasiyalanmagan bo‘ladi. Oq shovqin – bu shovqin funksiyalarining chetki ideallashtirilishidir. Amaliyotda uni amalga oshirib bo‘lmaydi.

Navbatdagi shovqin turi normal yoki gauss shovqinidir. Normal yoki gauss shovqini deb fluktuasiyalanuvchi elektr tebranishlarga aytiladi. Uning vaqti o‘qidagi ixtiyoriy nuqtadan olingan oniy qiymati, ehtimoliyat zichligi bilan xarakterlanadi.



52-rasm. Keng sohali shovqin (a) va uning quvvatining spektral zichligi (b)



53-rasm. Normal yoki gauss shovqini normal taqsimot egrisining tasviri

$$f(u) = \frac{1}{U_{o`r.kv} \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(u - \bar{U})^2}{2U_{o`r.kv}^2}\right) \quad (75)$$

Ushbu ifodada

$$\bar{U} = M[u] = \int_{-\infty}^{\infty} u f(u) du \quad \text{va} \quad D[u] = - \int_{-\infty}^{\infty} (u - \bar{U})^2 f(u) du = \sigma^2 = U_{o`r.kv}^2 \quad (76)$$

Normal taqsimot egrisi 53-rasmda tasvirlangan. U oʻrta qiymatga nisbatan simmetrik. Oʻrta qiymatning oʻzgarishida egri faqat suriladi, dispersiyaning ortishida, aksincha; egri uchliroq boʻladi. Dispersiyaning, tebranishlar amplitudasining mumkin boʻlgan qiymatlarining oʻrta qiymat atrofidagi tarqoqligini xarakterlaydi. Normal shovqinning $\pm E$ interval chegaralaridagi oniy qiymatlarini

topish ehtimolligi berilgan chegaralardagi taqsimot funksiyasini integrallash bilan aniqlanadi.

Integrallash quyidagini beradi:

$$\begin{aligned} P[\bar{U} - U_{o'r.kv} < U(t) < \bar{U} + U_{o'r.kv}] &\approx 0,68 \\ P[\bar{U} - 2U_{o'r.kv} < U(t) < \bar{U} + 2U_{o'r.kv}] &\approx 0,95 \\ P[\bar{U} - 3U_{o'r.kv} < U(t) < \bar{U} + 3U_{o'r.kv}] &\approx 0,997 \end{aligned}$$

Shunday qilib, shovqin oniy qiymatlarining 95% foyizi $\pm U_{o'r.kv}$ intervalda o'rta qiymatning ikkala tomonida mujassamlangan, $\pm 3U_{o'r.kv}$ intervalda esa 99,7% foizda mujassamlangan. Normal shovqin xozirgi zamon radiotexnikasi va aloqa texnikasida katta ahamiyatga ega. U radiotexnik qurilmalarning ko'p elementlari tomonidan generasialanadi: rezistorlar, tranzistorlar, diodlar va boshqa shunga o'xshash elementlar. Undan tashqari boshqa taqsimot qonuniga ega bo'lgan shovqinlar chiziqli nisbatan torsohali zanjirlardan o'tganidan so'ng, masalan, filrlar va kuchaytirgichlardan, normal shovqinga aylanadi.

Navbatdagi releyev shovqiniga doir tushunchalar ustida to'xtalib o'tamiz. Releyev shovqini deb, har bir vaqt momentidagi oniy qiymatlari Reley taqsimot qonuniga bo'ysunadigan stansionar shovqinga aytiladi. Ko'pgina amaliy masalalarda Releyev shovqini uchraydi. Ushbu qonunga ko'ra, torsohali ajratish tizimining chiqishida, normal shovqin egrisining oniy qiymatlari taqsimlangan. Ushbu egri, chiziqli yoki kvadratli detektorning yuklanmasida ajratib olinishi mumkin. Radiolokatsiyada, nishondan qaytgan signal amplitudasi tebranishlarini tavsiflaydi. Radioaloqada esa, ionosfera yoki troposferadan sochilish asnosida qabul qilinadigan signal maydonining kuchlanganligi ham Reley qonuni bo'yicha tebranadi, ushbu qonun bilan signalning radioreleli liniyalaridagi yo'qotilishini ham tavsiflash mumkin (54-rasm).

Tor sohali tasodifiy jarayon egrisining ehtimoliyat zichligi ifoda bilan aniqlanadi.

$$f\left(\frac{U}{U_{o'r.kv}}\right) = \frac{U}{U_{o'r.kv}} \exp\left(-\frac{U^2}{2U_{o'r.kv}^2}\right) \quad (77)$$

Ushbu ifodada U-signalning oniy qiymati,

$U_{o'r.kv}$ – oʻrta kvadratik qiymat.

Logorifmik normal shovqin tavsilini yoritamiz. Logorifmik normal qonun bilan baʼzan atmosfera xalaqitlari maydon kuchlanganligi egrisi oniy qiymatlarining oʻzgarish xarakteri tavsiflanadi. Xalaqitlar U-kuchlanishi uchun ehtimoliyat zichligi, ushbu holda quyidagi bogʻliqlik bilan ifodalanadi:

$$f(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 U^2}} \exp - \left[\frac{(\log U - \log U_m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (78)$$

bu yerda U_m - oʻrtachalangan qiymat,

$f(U)$ - ehtimoliyat zichligi,

$\sigma - \log U$ ning standart chetlanishi boʻlib u normal taqsimlangan.

Endi, impulsli xaotik yoki puasson shovqinlari toʻgʻrisidagi tushunchalarni qarab chiqamiz.

Shovqinning shunday manbaalari mavjudki, ular uzlukli, yaʼni vaqt boʻyicha diskret ishlaydi. Masalan, avtomobilning yondirish tizimidan radiopriyomnik chiqishiga oʻtgan xalaqitlar shular jumlasidandir. Agar shovqin impulsleri bir-biriga bogʻliq boʻlmasligidan tashqari, shu bilan birgalikda, qancha boʻlmasin vaqtning kichik boʻlgan intervalida paydo boʻlish momenti boʻyicha kesishmaydi, ularning m-soni T-vaqt oraligʻining ixtiyoriy fiksasiyalangan oraligʻida Puasson ehtimollik taqsimotini qanoatlantiradi. Ushbu taqsimot matematik jihatdan ifodalanadi:

$$F(m; T) = \frac{nT^m}{m!} e^{-nT} \quad (79)$$

Bu yerda $F(m; T)$ – T vaqt ichida aniq m impulsurning paydo boʻlish ehtimolligi. n-vaqt birligida paydo boʻladigan impulsurning oʻrtacha soni. Puasson shovqinlarining ajralib turadigan xususiyati boʻlib, ularni namoyon qiluvchi impulsler paydo boʻlishi boʻyicha tasodifiydir, shu bilan bir vaqtda impulsler kuchlanishi va impulsler davomiyligi doimiy kattaliklar boʻlishi mumkin.

Paydo boʻlish momentiga koʻra tasodifiy boʻlgan impulsler kuchlanishining effektiv qiymati oʻrta quvvatdan olingan kvadrat ildizga proporsional. Vaqt birligidagi impulslerining katta miqdorida Puasson taqsimoti normal taqsimotga yaqin boʻladi. Puasson impulsli

jarayonlari, impulsli aloqa tizimlarining xalaqitdan himoyalanganligini tadqiq qilishda qo'llaniladi.

Shovqinnning yozilgan namunalari 56-rasmda keltirilgan. Elektr tebranishlarning namunalari $u_1(t), u_2(t) \dots u_k(t)$ T-davomiylikka teng bo'lib ularning vaqt bo'yicha yurishi T-intervalda ham bir namunadan ikkinchisiga takrorlanmaydi. Bir-biriga bog'liq bo'lmagan shovqin tebranishlarining namunalari tanlanuvchan funksiyalar deyiladi. Shovqin generatorlari misolida qaralganda bunday tasodifiy funksiyalar bo'lib shovqin kuchlanishi va toklar hisoblanadi. Shovqin kuchlanishining parametrlaridan biri bo'lib uning o'rta qiymati hisoblanadi va quyidagi munosabatdan aniqlanishi mumkin.

$$U(t) = M[u(t)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt, \quad (80)$$

O'rta qiymatni xuddi shunday realizasiyalar bo'yicha o'rtachalab topish mumkin. Buning uchun T-intervalni teng davomiyligi qator uchastkalarga bo'lamiz. 56-rasmda – $t_1, t_2, t_3, \dots t_m$.

Kvantlanish nuqtalaridagi ordinatalar qiymatlari birinchi realizasiya uchun mos holda:

$$u_1(t_1), u_1(t_2), u_1(t_3) \dots u_1(t_m)$$

Ikkinchi realizasiya uchun:

$$u_2(t_1), u_2(t_2), u_2(t_3) \dots u_2(t_m)$$

k-chi realizasiya uchun:

$$u_k(t_1), u_k(t_2), u_k(t_3) \dots u_k(t_m)$$

Ansamblning barcha realizasiyalari uchun o'rtacha teng:

$$U(t_1) = M[u_k(t_1)_{k_{buy}}] = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n u_k / t_1,$$

o'rta qiymat k-ga bog'liq emas, chunki, o'rtachalash k-bo'yicha $t=t_1$ vaqt momenti uchun bajariladi. Xuddi shunday qilib $t_2, t_3, \dots t_m$ uchun yozish mumkin. Umumiy holda $U(t_i)$ tanlangan t_i – vaqt momentining funksiyasi bo'lib hisoblanadi. Ammo, ko'pchilik hollarda, masalan zaryad eltuvchilarning issiqlik xarakatida, o'rtacha qiymat vaqtga bog'liq emas. Bunday tasodifiy funksiyalar stasionar funksiyalar deyiladi. Amalda shovqinni stasionar deb hisoblanishi uchun shovqin paydo qiluvchi xodisani amalga oshirishdagi tashqi

sharoitlar kuzatishning $u(t)$ barcha vaqti davomida o'zgarmas bo'lib qolishi o'tish jarayonining so'nishi uchun yetarli bo'lgan vaqt oralig'ini unga qo'shish yetarli bo'ladi. Stasionar shovqinning vaqt bo'yicha statistik birjinsligi realizatsiyalar bo'yicha o'rtachalash ham vaqt bo'yicha o'rtachalash natijasidek natija beradi deyilishiga imkon beradi. Shovqin tokining vaqtning yetarlicha davomli intervalidagi o'rta qiymati:

$$I_o = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = \text{const} \quad (81)$$

$T \rightarrow \infty$ bo'lganda, baho yoki statistik o'rtacha ehtimollik bo'yicha shovqin funksiyasining o'rta qiymatiga mos keladi. Shunday qilib, shovqin toki $i(t)$ yoki kuchlanish $U(t)$ bo'yicha bitta realizasiya bo'yicha o'rta qiymat bahosi mos holda teng bo'ladi:

$$\tilde{I}_o = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt, \quad (82)$$

$$\tilde{U}_o = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt. \quad (83)$$

Shovqin funksiyasining o'rta qiymati – o'zgarmas doimiy son bo'lib, uning doimiy tashkil etuvchisini xarakterlaydi. Shovqin funksiyasining o'rta qiymati odatda tok bo'yicha, ampermetr bilan, kuchlanish bo'yicha-o'zgarmas tok voltmetri bilan o'lchanishi mumkin.

Navbatdagi zarur o'rta qiymat – bu shovqin funksiyasining o'rta kvadrati bo'lib, tok uchun teng:

$$\bar{I}^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt, \quad (84)$$

Kuchlanish uchun

$$\bar{U}^2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt. \quad (85)$$

Shovqinning oʻrta kvadrati – bu doimiy son. Agar, tokning oʻrta kvadratini zanjirning (R) qarshiligiga koʻpaytirilsa; koʻpaytma shovqinning toʻliq oʻrta kvadratini beradi:

$$P_t = I^2 R$$

Agar shovqinning toʻliq oʻrta quvvatidan R_0 -doimiy tashkil etuvchining quvvatini ayirib tashlansa, qoldiq $\tilde{P}$ - shovqin funksiyasining oʻzgaruvchan tashkil etuvchilarining quvvatiga teng boʻladi:

$$\tilde{P} = P_T - P_o$$

Soddalashtirish maqsadlarida shovqin funksiyasi, doimiy tashkil etuvchiga ega emas, deb hisoblanadi.

Shovqinning oʻzgaruvchan tashkil etuvchilari tokning oʻrta kvadratik qiymati bilan oʻlchanadi:

$$I_{o.r.kv} = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}. \quad (86)$$

Kuchlanishning oʻrta kvadratik qiymati:

$$U_{o.r.kv} = \sqrt{\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}. \quad (87)$$

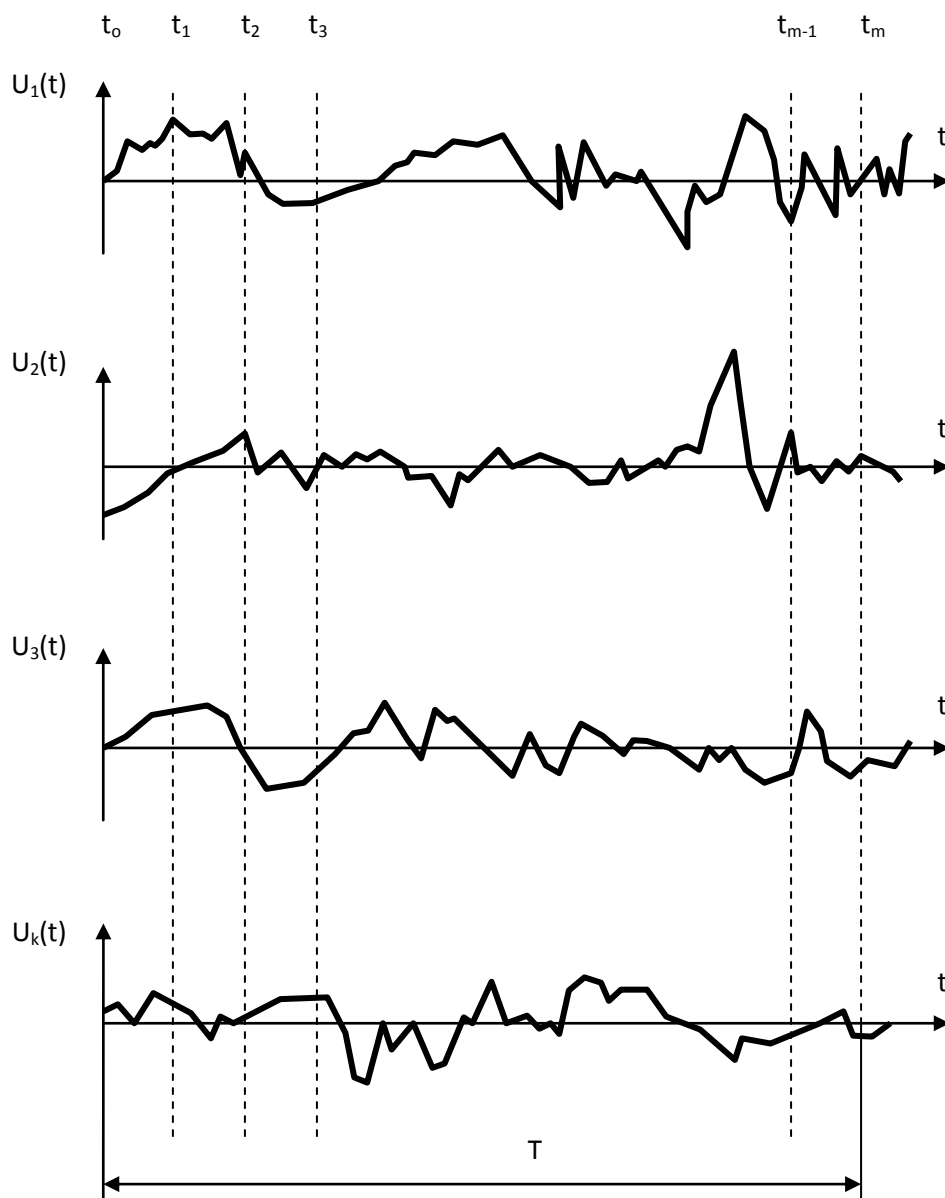
Chastotani oʻtkazish sohasi oʻzgarmas boʻlgan chiziqli toʻrtqutbli uchun shovqin koeffitsiyenti (K_{sh}) quyidagicha aniqlanadi:

$$K_{sh} = \frac{P_{s.kir} / P_{sh.kir}}{P_{s.chiq} / P_{sh.chiq}} = \frac{P_{s.kir}}{P_{s.chiq}} \cdot \frac{P_{sh.chiq}}{P_{sh.kir}} = \frac{1}{G} \cdot \frac{P_{sh.chiq}}{P_{sh.kir}} \quad (88)$$

bu yerda, R_s/R_{sh} – signal quvvatining shovqin quvvatiga nisbati;

$G=R_{s.chiq}/R_{s.kir}$ – toʻrtqutblining quvvat boʻyicha uzatish koeffitsiyenti.

Kirishi shovqinning rezistiv manbaiga ulangan toʻrtqutbli uchun (88) ifodani



54-rasm. Shovqin tebranishlarining namunalari

$$P_{sh} = \frac{U_{sh}^2}{4R} = kT\Delta f$$

ushbu ifoda hisobga olingan holda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$K_{sh} = (1/G)(P_{sh.chiq} / kT_o\Delta f),$$

bunda: $T_o = 290^\circ \text{ K}$ (17° C) – normal harorat. Bundan chiqishdagi shovqinning umumiy quvvatini aniqlash mumkin:

$$P_{sh.chiq} = K_{sh} G k T_o \Delta f, \quad (89)$$

u ikkita qo‘shiluvchidan tashkil topgan.

$R_{sh.xus}$ – to‘rtqutbli xususiy shovqinlarning quvvati va $R_{sh.m}$ – shovqin manbai hisobidagi quvvat.

Shunga ko‘ra to‘rtqutblining xususiy shovqini $R_{sh.xus}$ – ushbu farq bilan aniqlanadi:

$$P_{sh.x} = P_{sh.chiq} - P_{sh.m} = K_{sh} G k T_o \Delta f - G k T_o \Delta f = (K_{sh} - 1) G k T_o \Delta f .$$

Agar, to‘rtqutbli kirishiga R_s berilsa, unda R_{chiq} – chiqishdagi umumiy quvvat signal va shovqin quvvatlariga teng bo‘ladi va ifodadan aniqlanadi.

$$P_{chiq} = G P_s + K_{sh} G k T_o \Delta f . \quad (90)$$

Signal ulanganda chiqish quvvati ikkilanadi, deb hisoblaydigan bo‘lsak, unda (90) ifodadagi qo‘shiluvchilar bir-biriga teng bo‘lib qoladi.

$$G P_s = K_{sh} G k T_o \Delta f$$

va shovqin koeffisiyenti

$$K_{sh} = \frac{P_s}{k T_o \Delta f} .$$

Ushbu ifoda $T_o=290^\circ K$ bo‘lgan normal haroratda chiziqli to‘rtqutblilarning shovqin koeffisiyentini o‘lchashning oddiy usuli uchun asosiy hisoblanadi.

Ushbu usul quvvatni ikkilantirish usuli deyiladi. Shovqin koeffisiyentini ushbu usulda o‘lchash o‘z ichiga yana ikkita usulni oladi:

- sinusoidal signallar generatori yordamida;
- shovqin generatori yordamida o‘lchash.

Nazorat savollari

1. Radiotexnik shovqinlar qanday turlarga bo‘linadi?

2. Shovqinlarning kelib chiqish sabablari nimada?
3. Shovqin parametrlari qaysi usullar orqali baholanadi?
4. Tasodifiy jarayonlar qanday xarakteristikalariga ega?
5. To'rtqutblikda signal/shovqin nisbati qanday aniqlanadi?

17-ma'ruza. Radiosignal spektrini analiz qilish

Reja:

1. Umumiy ma'lumotlar.
2. Signalning asosiy shakllari va parametrlari.

Umuman olganda barcha elektr tebranishlarining asosiy parametrlari tasodifiy qonun bo'yicha o'zgaradi. Shuning uchun ularni biror aniq funksiya orqali ifodalash mumkin emas. Lekin ko'p tebranishlar parametrining tasodifiy o'zgarishi shunday kichik bo'ladiki, ularni hisobga olmaslik mumkin. Bunday tebranishlar vaqt bo'yicha aniq funksiya orqali ifodalanadi va aniqlangan signal hisoblanadi. Ammo ularning matematik ifodasi juda murakkab bo'lishi mumkin. Shuning uchun aniqlangan signallarni o'rganishda ifodalovchi funksiyaning ma'lum darajadagi aniqlik bilan tekshirilayotgan tebranishni aks ettiradigan sodda ifodasini topish talab qilinadi. Boshqacha qilib aytganda, tebranishi $u(t)$ funksiya orqali ifodalansa, biror vaqt oralig'ida unga yaqin bo'lgan taqribiy $f(t)$ funktsiyani tanlash lozim. Bunda $u(t)$ va $f(t)$ funktsiyalarning bir-biriga qanchalik yaqin bo'lishi uni baholash usuli bilan belgilanadi.

Ko'pincha $u(t)$ funktsiyani chiziqli ko'p hadlar yig'indisi deb qaraladi:

$$y(t) = C_0\varphi_0(t) + C_1\varphi_1(t) + C_2\varphi_2(t) + \dots + C_n\varphi_n(t) = \sum_{i=0}^n C_i\varphi_i(t) \quad (91)$$

Bunda $\alpha_i(t)$ funktsiyalar majmuasi bazis (asos) sistema deb ataladi. Agar funktsiyaning bazis sistemasi ma'lum bo'lsa, $u(t)$ tebranish S_i ko'effitsiyentlar orqali to'liq harakterlanadi. U $u(t)$ tebranishning spektri deb ataladi. S_i ko'effitsiyentlarni aniqlash $\alpha_i(t)$ funksiya qanday tanlanganligiga bog'liq. Agar u ixtiyoriy bo'lsa, S_i ni hisoblash juda qiyin bo'ladi. Shuning uchun ko'pincha $\alpha_i(t)$ bazis funksiya sifatida

ortonormal funksiya olinadi. Uning (a,b) oraliqdagi ortonormallik sharti quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$\int_a^b \psi_i(t) \cdot \psi_k(t) dt = \begin{cases} 0 & \text{agar } i \neq k \text{ bo'lsa,} \\ 1 & \text{agar } i = k \text{ bo'lsa} \end{cases} \quad (92)$$

Unda

$$C_i = \int_a^b y(t) \cdot \varphi_i(t) dt \quad (93)$$

bo‘lib, $u(t)$ aniqlangan tebranish

$$y(t) = \sum_{i=0}^n C_i \cdot \varphi_i(t) \quad (94)$$

qator orqali ifodalanadi. Bu qator umumlashgan Fure qatori deb ataladi.

(92) yordamida o‘rganilayotgan signal funksiyasini tashkil etuvchilarga ajratish eng qulay usul bo‘lib hisoblanadi. Lekin ortonormal $\psi_i(t)$ bazis funksiyalarning cheksiz ko‘p bo‘lishi hisoblash ishini qiyinlashtiradi. Shuning uchun amalda masala shartining qo‘yilishiga qarab bazis funksiya sistemasini tanlashda (93) qatorning eng kam sondagi hadlarini olishga harakat qilinadi. Bazis funksiyaning tanlash usullari juda ko‘p. Shulardan eng ko‘p tarqalgani signalni garmonik tebranishlar yig‘indisi deb qarashdir.

Agar aniqlangan signal davriy bo‘lsa, uning funksiyasi garmonik tebranishlar yig‘indisi ko‘rinishida (Fure qatori) quyidagicha ifodalanadi:

$$y(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega_0 t \quad (94)$$

bunda, $n = 1, 2, 3, \dots$ - natural sonlar, $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ - asosiy chastota, T – tebranish davri, a_0 , a_n va b_n – Fure koeffitsiyentlari.

Fure koeffitsiyentlari qatordagi garmonik tashkil etuvchilarning amplitudasini ifodalaydi va quyidagicha aniqlanadi.

$$\begin{cases} \frac{a_0}{2} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) dt \\ a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) \cos n\omega_0 t dt \\ b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) \sin n\omega_0 t dt \end{cases} \quad (95)$$

Ko‘pincha Fure qatorini fazalari jihatdan farq qiladigan bir xil funksiyalar yig‘indisi deb qarash qulay bo‘ladi:

$$y(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cdot \sin(n\omega_0 t + \varphi_n) \quad (96)$$

Bunda

$$\begin{aligned} C_n &= \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad a_n = C_n \sin \varphi_n \\ \varphi_n &= \arctg \frac{b_n}{a_n}; \quad b_n = C_n \cos \varphi_n \end{aligned} \quad (97)$$

Kompleks soxada (96) ifoda quyidagicha ifodalanadi:

$$y(t) = \frac{1}{2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n \cdot e^{jn\omega_0 t} \quad (98)$$

Bu yerda

$$C_n = a_n - jb_n = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} y(t) \cdot e^{-jn\omega_0 t} dt \quad (99)$$

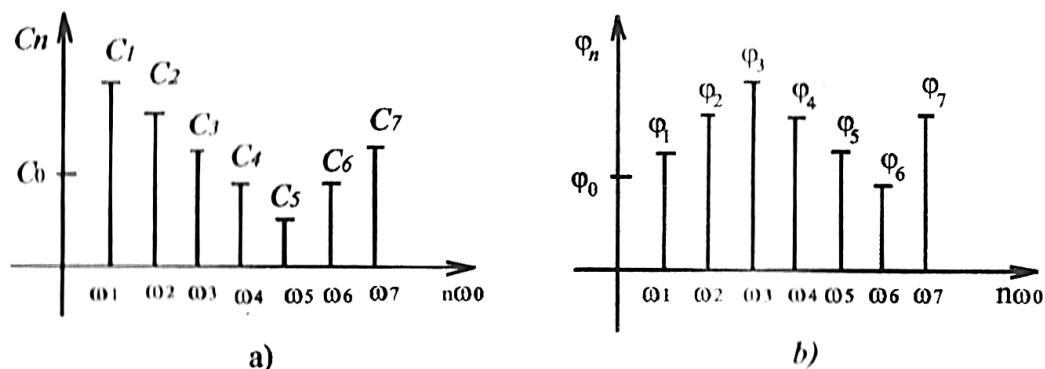
Bundagi manfiy chastotalar ifodani kompleks deb qaralishiga aloqador bo‘lib, u fizik ma’noga ega emas. Demak, $u(t)$ davriy funksiya $n\omega_0$ chastotali garmonik tashkil etuvchilar yig‘indisiga teng. Unnig har bir tashkil etuvchisi signal garmonikasi deyiladi. $n=1$ ga to‘g‘ri keluvchi garmonika asosiy yoki birinchi garmonika, qolganlari yuqori garmonikalar deb yuritiladi. Qatorning o‘zi esa, signal spektri bo‘ladi. a_0 o‘zgarmas tashkil etuvchi $u(t)$ funksiyaning bir davr ichidagi o‘rtacha qiymatini ifodalaydigan kattalikdir.

Signal spektridagi garmonikalarning amplitudasi va boshlangich fazasi tartib nomeri n ga bog‘liq miqdorlar bo‘lgani uchun u ikki xil

spektrga ajratiladi.

1. Amplituda-chastotaviy spektr — $S_n = S_n(n\omega_0)$,
2. Faza-chastotaviy spektr $\alpha_n = \alpha_n(n\omega_0)$.

Ular spektral diagrammalarda ifodalanadi. Buning uchun abssissalar o'qiga tashkil etuvchilar tartib nomeri n yoki chastotasi $n\omega_0$ ordinatalar o'qiga esa, ularning amplitudasi yoki boshlang'ich fazasiga mos qilib tanlangan to'g'ri chiziq kesmalari vertikal holda joylashtiriladi (55-rasm).



55-rasm. Murakkab signalning amplituda-chastotaviy (a) va faza-chastotaviy (b) spektral diagrammasi.

55-rasmdagi spektral diagrammalar shuni ko'rsatadiki, davriy funksiya orqali ifodalanuvchi signalning spektri chiziqli, ya'ni diskret bo'lib, bir-biridan ω_0 miqdorga surilgan bo'ladi. Shuni aytish kerakki, qatordagi ayrim tashkil etuvchilarning amplitudasi nolga teng bo'lib, diagrammada chiziqcha bo'lmasligi mumkin. Lekin bu bilan spektrning chiziqliligi o'zgarmaydi.

Agar signal davriy bo'lmasa, uning spektri Fure integrali orqali ifodalanadi. Matematika kursidan ma'lumki, Fure integralini hosil qilishda davriy bo'lmagan funksiya davri cheksizga teng davriy funksiya deb qaraladi, ya'ni Fure koeffitsiyentlari ifodasini qatorga qo'yib, $T \rightarrow \infty$ hol uchun limit olinadi. Agar u Fure qatorining kompleks ifodasi uchun bajarilsa, quyidagi ifoda hosil bo'ladi.

$$y(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}(\omega) \cdot e^{j\omega t} \cdot d\omega \quad (100)$$

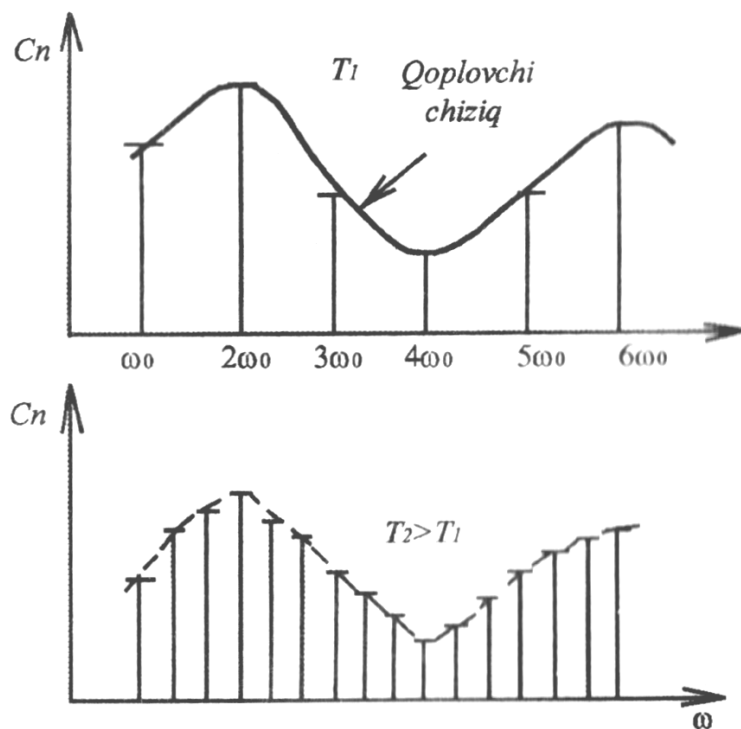
Bu Furening teskari almashtirishi deb ataladi. Undagi

$$\dot{S}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \cdot e^{j\omega t} dt \quad (101)$$

esa, Furening to'g'ri almashtirishi bo'ladi.

$\dot{S}(\omega)$ spektral funksiya yoki amplitudalarning spektral zichligi deb ataladi. U birlik chastota oralig'iga ($\Delta\omega$) to'g'ri keladigan signal spektrini ifodalaydi va spektral diagrammada spektr chiziqlarining uchlarini qoplovchi chiziq deb qaraladi.

Davriy signalning tebranish davri ortishi bilan spektr chiziqlari zichlashib, amplitudalari kichraya boshlaydi. Bunda spektrning zichlashishi boshlang'ich spektr chiziqlari orasida yangi tashkil etuvchilarning hosil bo'lishi bilan bog'liq bo'lgani uchun amplitudalarining kichrayishi ularning qoplovchi chizig'ini o'zgarishsiz qolishini ta'minlaydi. Masalan, tebranish davri to'rt marta ortsa, spektral chiziqlar soni ham to'rt marta ko'payib, amplitudalari to'rt marta kichrayadi. Lekin ularning qoplovchi chizig'i boshlang'ich holatini saqlaydi (56-rasm). Shunga ko'ra davriy bo'lmagan signal davri cheksizga teng davriy tebranish deb qaralgani uchun Fure integralini amplitudalari cheksiz kichik bo'lgan cheksiz sondagi garmonik tebranishlar yig'indisi deb qarash kerak. Uning spektr chiziqlari bir-biridan ajralmagan bo'ladi.



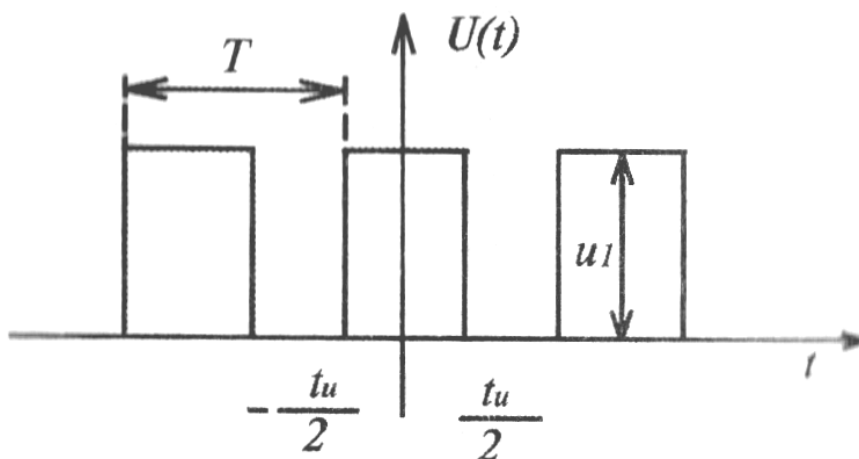
56-rasm. Spektr zichligining ortishi.

Demak, davriy boʻlmagan signal spektri yaxlit boʻladi.

Spektral diagrammalar yordamida signal spektrining kengligini baholash mumkin. Ammo bu maqsadda Fure qatoridan bevosita foydalanish mumkin emas, chunki u cheksizdir. Uning yordamida signalning qisqartirilgan spektrini aniqlash mumkin. Buning uchun qatordagi amplitudalari kichik boʻlgan hadlar, yaʼni koʻrilayotgan holda taʼsiri kichik boʻlgan tashkil etuvchilar hisobga olinmaydi. Shunga koʻra signal spektri kengligi deganda qisqartirilgan qator joylashadigan chastotalar shkalasi qabul qilinadi. Uning quyi va yuqori chastotalar oraligʻi $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ signal spektrining kengligi deyiladi.

Davri T va amplitudasi E ga teng boʻlgai toʻgʻri burchakli impulslar ketma-ketligining spektrini aniqlaylik. Oson boʻlishi uchun ordinatalar oʻqini shunday oʻtkazaylikki, koʻrayotgan signalimiz funksiyasi $U(t)$ juft funksiya boʻlsin (57-rasm). (95) va (95,a) ifodalardan Fure koeffitsiyentlarini aniqlab (94) ifodaga qoʻyamiz. Soʻngra soddalashtirib koʻrayotgan signalimizning Fure qatorini hosil qilamiz:

$$U(t) = E \frac{t_u}{2} + \frac{2E}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{n\pi t_u}{T}}{n} \cos n\omega_0 t \quad (102)$$



57-rasm. Toʻgʻri burchakli davriy impulslar ketma-ketligi.

Unda t_u — impulsning davom etish vaqti.

Demak, koʻrayotgan murakkab signal cheksiz sondagi garmonik tashkil etuvchilarga ega boʻlib, uning spektri cheksiz. Bunda har bir n — tashkil etuvchining amplitudasi $\sin \frac{n\pi t_u}{T}$ kattalikka bogʻliq ravishda oʻzgaradi. Tartib nomerining ortishi bilan ularning amplitudasi

kichrayib boradi, chunki sinusning o'sishi argumentining o'sishidan sust bo'ladi.

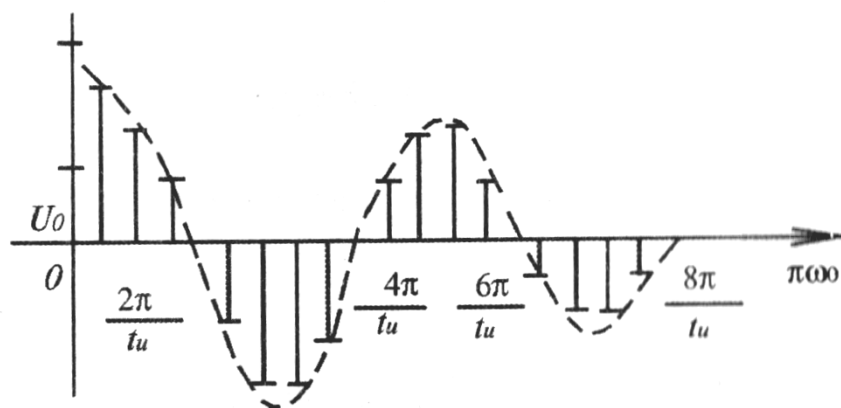
Tashkil etuvchilarning fazalari $\sin \frac{n\pi t_u}{T}$ funksiyaning argumentiga bog'liq. $n \frac{t_u}{T} = 1$ bo'lganda, nolga aylanadi.

Shuning uchun spektrdagi $n\omega_0 = \omega = \frac{2\pi}{T}$ chastotali garmonika nolga teng bo'ladi. Bundan tashqari $1 \leq n \frac{t_u}{T} \leq 2$ tengsizlikni qanoatlantiruvchi n ning qiymatlarida $\sin \frac{n\pi t_u}{T}$ kattalik manfiy qiymatli bo'ladi. Ana shu qiymatlardagi tashkil etuvchilarning fazalari ham manfiy bo'ladi. Ularning amplitudalari avval o'sadi, so'ngra kichrayib, $n = 2 \frac{T}{t_u}$ qiymatda nolga aylanadi. Shundan keyin jarayon takrorlanadi.

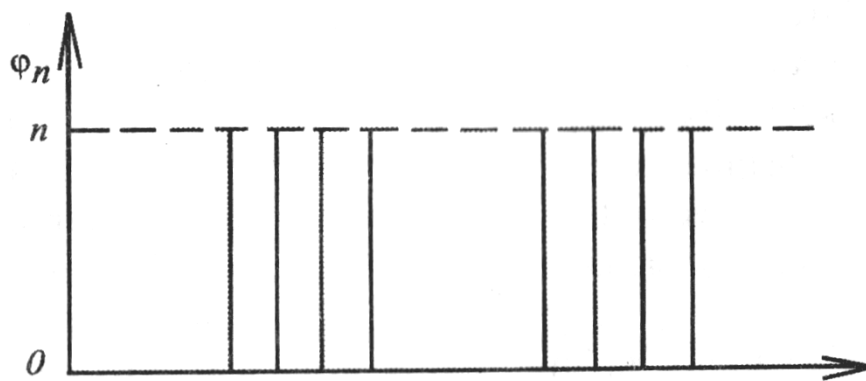
Demak, tashkil etuvchilarning amplitudasi nolga teng nuqtalaridan o'tishda spektrdagi tashkil etuvchilarning fazalari sakrash bilan π miqdorga o'zgaradi. Ikki nol amplitudali tashkil etuvchi orasidagi tashkil etuvchilarning boshlang'ich fazalari o'zgaras bo'lib, son jihatdan nolga tengdir ($\alpha=0$). Ko'rayotgan signalimizning spektral diagrammalari 58-rasmda ko'rsatilgan. Unda ikki nol amplitudali garmonik tashkil etuvchi orasida yotadigan tashkil etuvchilarning soni impulsning to'ldirish koeffitsiyenti ($\gamma = \frac{t_u}{T}$) deb ataladigan kattalikka bog'liq. Uning eng kichik qiymati birga teng bo'lib, to'ldirish koeffitsiyentining $\gamma = 0,5$ qiymatiga to'g'ri keladi.

Impulsning takrorlanish chastotasi o'zgaras bo'lganda to'ldirish koeffitsiyentining kichrayishi bilan spektrning nol amplitudali tashkil etuvchilarining $n\omega_0$ miqdori o'sib boradi. Bunda spektrdagi boshlang'ich tashkil etuvchilar amplitudasining n ning ortishi bilan kichrayishi susayadi va ular tenglasha boshlaydi.

Chunki to'ldirish koeffitsiyenti kichrayganda $\frac{\sin \frac{n\omega_0 t_u}{2}}{n} \approx \frac{\omega_0 t_u}{2}$ deb olish mumkin. Spektrlarning bu xususiyatidan radiolokasiyada keng foydalaniladi.

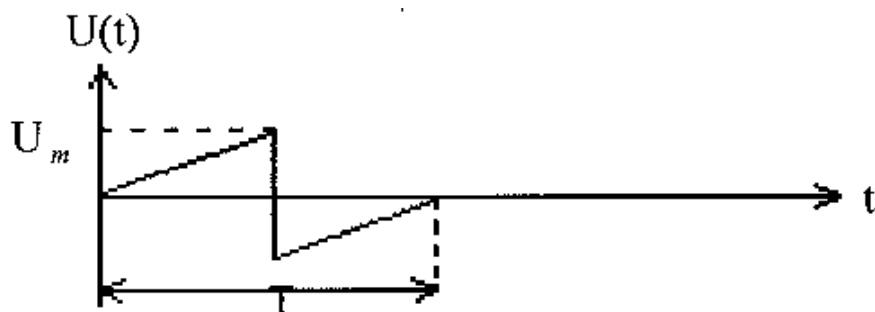


a)

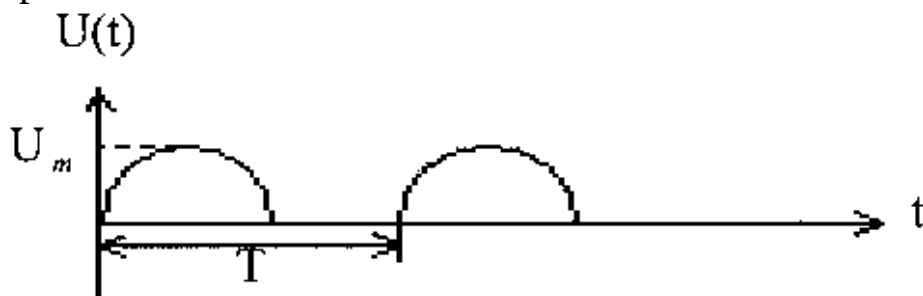


b)

Arrasimon shakli



Impuls shakli



58-rasm. To'g'ri burchakli davriy impulslar ketma-ketligining amplituda-chastotaviy (a) va faza-chastotaviy (b) spektral diagrammalari.

Kuchlanish parametrlari quyidagilardir:

1. Oniy qiymat.
2. O'rta qiymat.
3. O'rta to'g'rilangan qiymat.
4. O'rta kvadratik qiymat.
5. Amplituda qiymati.

Kuchlanish parametrlariga doir ta'rif va tushunchalarni keltirish mumkin:

1. Kuchlanishning oniy qiymati – bu qaralayotgan vaqt momentidagi qiymat bo'lib, elektron va raqamli ossillograflar yordamida o'lchanadi.

$$U_t = U_m \sin \omega t \quad (109)$$

2. Kuchlanishning o'rta qiymati – bu davr davomidagi oniy qiymatlarning o'rta arifmetigidir.

$$U_{o'r} = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) dt$$

3. Kuchlanishning o'rta to'g'rilangan qiymati g' bu davr davomidagi absolyut oniy qiymatlarning o'rta arifmetigiga teng bo'lgan qiymatdir. Bu qiymat chiziqli voltmetr bilan o'lchanadi.

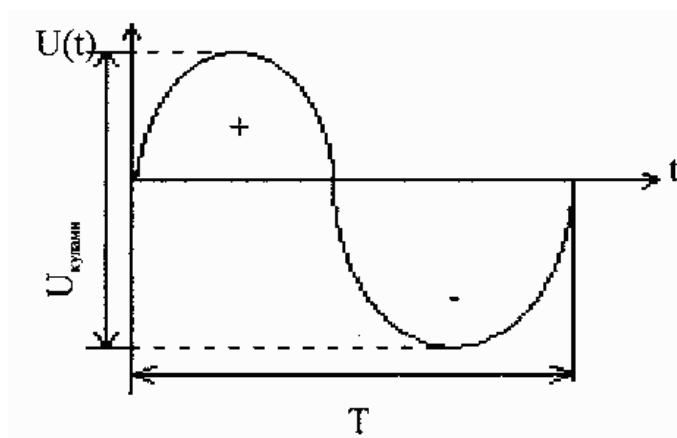
$$U_{o'r,t} = \frac{1}{T} \int_0^T |U(t)| dt \quad (110)$$

4. Kuchlanishning o'rta kvadratik (eski adabiyotlarda ta'sir etuvchi yoki effektiv qiymat deb talqin qilingan) qiymati bu g' o'rta qiymatning davr davomidagi kvadratidan olingan musbat kvadrat ildizdir.

$$U_{o'r,kv} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (111)$$

bu qiymat kvadratlil voltmetr asosida o'lchanadi.

5. Kuchlanishning amplituda (tik) qiymati – bu barcha oniy qiymatlar, ya'ni, tebranishlarning “+” yoki “-” yarim davrlari ichidagi maksimalidir. U kuchlanish ko'lamini deb yuritiladi.



59-rasm. Kuchlanish ko'lam.

Yuqorida keltirilgan parametrlar bir-biri bilan o'zaro uchta koeffitsiyent bilan bog'langan:

1. Amplituda (K_a) koeffitsiyenti;
2. Shakl (K_{sh}) koeffitsiyenti;
3. O'rtachalash ($K_{o'rt}$) koeffitsiyenti;

Masalan: sinussimon signal shakli uchun bu koeffitsiyentlar:

$$K_a = 1.41$$

$$K_{sh} = 1.11$$

$$K_{o'rt} = 1.57$$

Signalning asosiy shakllariga doir ma'lumotlar 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval

Signalning asosiy shakllari, parametrlariva koeffitsiyentlari

Signal shakli	$U_{o'r}$	$U_{o'rt}$	$U_{o'r.kv}$	K_a	K_{sh}	$K_{o'rt}$
Sinusoidal	0	$0,637 U_m$	$0,707 U_m$	1,41	1,11	1,57
Impulslar ketma-ketligi	$\frac{U_m}{Q}$	$\frac{U_m}{Q}$	$\frac{U_m}{\sqrt{Q}}$	$\sqrt{Q}$	$\sqrt{Q}$	Q

Meandr	0	U_m	U_m	1	1	1
Uchburchak	$0,5U_m$	$0,5U_m$	$0,578U_m$	1,73	1,16	2
Arrasimon	$0,5U_m$	$0,5U_m$	$0,578U_m$	1,73	1,16	2
Impulslı	$0,318U_m$	$0,318U_m$	$0,5U_m$	2	1,57	3,14

Nazorat savollari

1. Elektr signali nima?
2. Elektr signali turlarini aytib bering?
3. Signal spektri nima?
4. Spektral diagrammalar nima?
5. Analog va diskret signallarni aytib bering
6. Signalning asosiy parametrlarini sanab bering
7. Signalning asosiy shakllari xaqida nimani bilasiz.

18-ma'ruza. Radiosignal nochiziqli buzilishlarini o'lchash

Reja:

1. Nochiziqli buzilishlarni baholash.
2. Signal shakli buzilishlarini o'lchash usullari.

Bugungi kunda nochiziqli buzilishlarni o'lchash usullarini va o'lchash— nazorat qilish vositalarining metrologik harakteristikalarini aniqlash maqsadida tajriba tadqiqotlari o'tkazish, telekommunikatsiya uzatish tizimini metrologik ta'minlash asosida sifatli aloqani amalga oshirish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Uzatuvchi, kuchaytiruvchi va boshqa aloqa qurilmalarida nochiziqli buzilishlar kam miqdorda bo'lsa ham ularni nochiziqli sistemalar tabaqasiga kiritish mumkin. Kuchaytirgichlar va sinussimon tebranishli generatorlarga qo'yiladigan talablarning ortib borishi nochiziqli buzilishlarni o'lchash zaruratini oshirmoqda. Kuchaytirgichning aktiv elementlari ko'prok nochiziqli xossalarga ega bo'lsa, ferromagnit o'zakli elementlar kamroq, kondensator va rezistorlar esa juda ham kam bunday xossalarga ega bo'ladi, chizma elementlarining nochiziqliligi kuchaytirgich chiqish kuchlanishining kirish kuchlanishiga bog'liqligi ham nochiziqli buzilish bo'lishiga sabab bo'ladi. Buning natijasida kuchaytirgich chiqishida kirish signalida bo'lmagan spektral tashkil etuvchilar paydo bo'ladi.

Sinussimon tebranishlar generatorlari, kuchaytirgichlar va to'rtqutblilarga ko'yilayotgan talablarning ortib borishi nochiziqli buzilishlarni o'lchash va baholashni zaruriy shart qilib qo'yimoqda.

Turli radiotexnik qurilmalar tarkibiga kiruvchi nochiziqli harakteristikaga ega bo'lgan elementlar signal shaklining buzilishlarini yuzaga keltiradi. Bunday buzilishlar nochiziqli buzilishlar deyiladi. Buzilgan signal spektrida yangi garmonik tashkil etuvchilarning paydo bo'lishi nochiziqli buzilishlar uchun xosdir. Spektr parametrlarini taxlil qilishi yo'li bilan namoyon bo'lgan buzilishlar darajasini baholash mumkin. Signalning murakkab shaklida esa bunday buzilishlarni baholash qiyinroq bo'ladi.

Agar o'z spektrida $\omega = 2\pi f$ chastotada yagona tashkil etuvchisi mavjud bo'lgan oddiy garmonik tebranishlar qaralsa, u xolda nochiziqli buzilishlarni baholash masalasi ancha onsonlashadi. Bunday signalning nochiziqli buzilishi natijasida chastotaga $2\omega, 3\omega, 4\omega, \dots$ karrali bo'lgan garmonik tashkil etuvchilar qatori paydo bo'ladi. Bu garmonikalarni tegishli hisobga olish yo'li bilan garmonik tebranish manbalarida (generatorlarda) shakllangan signallarni tavsiflash hamda boshqa xollarda esa nochiziqli buzilishlar ro'y beradigan (masalan: kuchaytirgichlar) zanjir va qurilmalarning xossalarini baholash mumkin.

Ba'zi davriy kuchlanishlarning sinussimon kuchlanish shaklidan farqlanishi (foizlarda) garmonika koeffitsiyenti bilan harakterlanadi.

$$K_{\varepsilon} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{U_1} \quad (112)$$

Bu koeffitsiyent buzilgan signalning ikkinchi garmonikadan boshlab barcha yuqori garmonikalar ta'sir etuvchi kuchlanishlar yigo'indisining birinchi garmonika ta'sir etuvchi kuchlanishi nisbatiga teng.

Garmonika koeffitsiyentini aniqlash, signalning aloxida garmonik tashkil etuvchilarini ajratish va o'lchash zarurati bilan bogo'liqdir. Bu maqsadda spektr analizatori yoki selektiv (tanlovchi) voltmترلardan foydalanish mumkin. O'lchashning talab qilingan aniqligini ta'minlash uchun o'lchov generatorini qo'llash kerak. Generator shakllantiradigan tebranishlarning nochiziqlilik koeffitsiyenti 5% dan ortmasligi kerak. Bu koeffitsiyent me'yorga mos kelmagan xolda generator chiqishiga asosiy chastota garmonikalarini yo'qotuvchi filtrlar ulanadi.

Garmonik signalning nochiziqli buzilishlarini baholash maxsus asboblarda, ya'ni nochiziqli buzilishlar o'lchagichi bilan amalga oshiriladi.

Bu o'lchagichlarda buzilgan signalning asosiy garmonikasini (birinchi garmonika) yo'qotish usuli keng qo'llaniladi. O'lchanayotgan kattalik garmonika koeffitsiyenti emas, balki unga mazmunan yaqin bo'lgan nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti (foizlarda) hisoblanadi.

$$K_{нб} = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}} \quad (113)$$

Bu koeffitsiyent, ikkinchi garmonikadan boshlab, barcha yuqori garmonikalar ta'sir etuvchi kuchlanishlar yigo'indisining signalni jami tashkil etuvchi kuchlanishlarning, (birinchi garmonikani ham hisobga olib) nisbatiga teng. Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchash ancha oddiyroq, chunki bunda aloxida tashkil etuvchilarni, xususan, signalning birinchi garmonikasi ajratish zarurati yo'q.

(113) - ifodadagi munosabatni olish uchun birinchi garmonikani yo'qotish yetarlidir. Garmonikalar va nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti quyidagi ifoda yordamida bogo'langan.

$$K_g = \frac{K_{nb}}{\sqrt{1 - K_{nb}^2}} \quad (114)$$

Kichik nochiziqli buzilishlarda (10-15%) bu koefitsiyentlar bir-biridan kam farqlanadi, bunday hollarda $K=K_{n.b}$ o‘rinli bo‘ladi.

Telekommunikatsiya uzatish tizimlarining chiziqli va guruxiy traktlardagi nochiziqlilikni baholash uchun ikkinchi, uchinchi va h.k. garmonikalar bo‘yicha "nochiziqlilikning so‘nishi" tushunchasidan foydalaniladi.

$$a_2 = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} = 10 \lg \frac{p_1}{p_2} \quad (115)$$

$$a_3 = 20 \lg \frac{U_1}{U_3} = 10 \lg \frac{p_1}{p_3} \quad (116)$$

bu yerda: U_1 - U_2 - to‘rtqutblining chiqishidagi mos kuchlanishlarning amplitudasi.

Nochiziqli buzilishlarni o‘lchash usullari apparaturaviy yechimiga, usuliy va metrologik harakteristikalariga ko‘ra ajratiladi. Nochiziqli buzilishlar koefitsiyentini o‘lchash usullari axborotni ifodalash va ishlov berish uslubiga qarabi ikkita katta guruhga (60-rasm) bo‘linadi: analog va raqamli.

Analog asboblarda o‘lchanayotgan signal hisoblash qurilmasidan axborot olinguncha qadar ishlovdan o‘tadi (kuchaytiriladi, o‘zgartiriladi, solishtiriladi va x.k.) oraliq operasiyalar analog shaklida amalga oshiriladi, shunga ko‘ra signal mumkin bo‘lgan barcha buzilishlar ta’siriga berilishi mumkin (shovqin va fon, AChX ning notekisligi sababli spektral tarkibning o‘zgarishi, kuchaytirish koefitsiyentining dreyfi va b.k). Bu o‘lchagichlarning umumiy xatoliklariga ta’sir ko‘rsatadi.

Ba’zi hollarda nochiziqli buzilishlarni baholash o‘zaro modulyatsiya usulida, ya’ni nochiziqli buzilishlarning kombinasion tashkil etuvchilari bo‘yicha amalga oshiriladi.

Raqamli asboblarda analog signal birdan raqamli shaklga aylantiriladi va natijaga diskret usullar asosida maxsus hisoblash qurilmalari yoki mikroprosessor yordamida birinchi garmonykani hamda nochiziqli buzilishlarning birorta koefitsiyentini hisoblash yo‘li bilan erishiladi.

Metrologiya nuqtai nazaridan qaralganda barcha analog usullar ikkita katta guruxchaga bo‘linadi: **spektrli va kvazispektral**.

Nochiziqli-buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashning spektral usullari selektiv asboblarni qo'llashga asoslangan (spektr analizatorlari, selektiv voltmترلar va boshqalar). Ular yordamida kirish signali garmonik tashkil etuvchilarnig darajasini o'lchash amalga oshiriladi, nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti esa qo'lda hisoblanadi.

Spektrli usullarning afzalligiga quyidagilar kiradi:

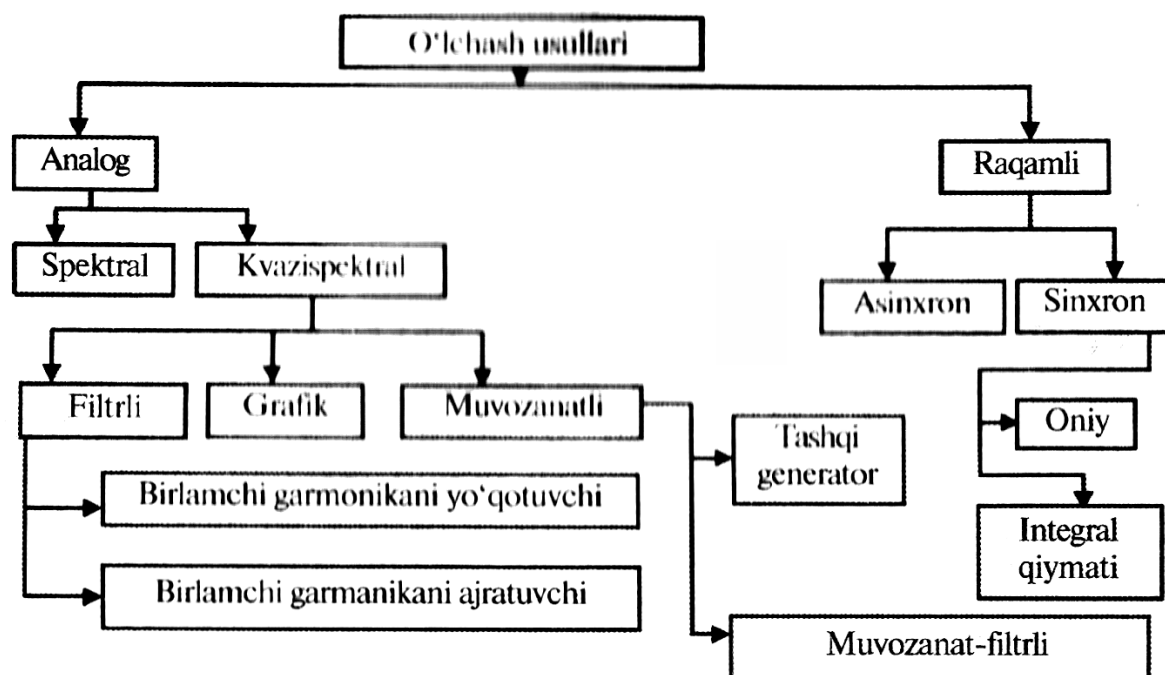
- past darajadagi hamda kuchli halaqitlar ta'siridagi signallarning nochiziqli buzilish koeffitsiyentini o'lchash;
- keng chastota diapozonida o'lchash mumkinligi;
- nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti kichik qiymatlarinnng o'lchanishi

(0.01-0.0001%);

Spektrli usullarining kamchiligi:

O'lchashning qiyinligi va uncha yuqori bo'lmagan o'lchash aniqligi (taxminan 10%).

Kvazispektral usullar esa signalni tashkil etuvchilardan birini, ya'ni birinchi garmonikani ajratish yoki yo'qotish asosida to'liq signal yoki yuqori garmonikalarning ta'sir etuvchi kuchlanishini aniqlashga asoslanadi. Signal ossillogrammasi bo'yicha chiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashning grafoanalitik usullari ham ushbu guruxga kiradi.



60-rasm. Nochiziqli buzilishlarni o'lchash usullari.

Filtrli usullar ikkita mayda guruxga bo'linadi:
birinchi garmonikani yo'qotish va ajratib olish.

Birinchi garmonikani ajratib olish keng tarqalgan usuldir. Bu usul asosida nochiziqli buzilish o'lchagichlarining hamma turlari kurilgan. Filtr turdagi o'lchagichilarning yaxshi namunalari 600 kgs gacha bo'lgan chastota diapazonida uzluksiz ishlaydi va xatolik 3% dan ortmaydi.

Infrakiska chastotalarda maxsus apparaturaning murakkabligi sababli grafik usul kam qo'llaniladi. Bu usulda o'lchash qiyin, xatolik esa 10 % dan kam emas.

Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashning muvozanatli (kompensasion) usuli o'lchanayotgan signal birinchi garmonikasini unga qarama-qarshi fazada bo'lgan hamda o'lchanayotgan signaldan nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti kam qiymatga ega bo'lgan boshqa signal bilan yo'qotishga asoslangan. Muvozanatlovchi kuchlanish yordamchi generatordan olinishi mumkin va unda bu kuchlanish o'lchanayotgan signalga faza bo'yicha bogo'langan bo'ladi yoki bu kuchlanish tekshirilayotgan signaldan yuqori garmonikalarni filtrlab olinadi (muvozanat-filtrli usul). Muvozanatlovchi kuchlanish amplitudasi nobarqaror bo'lgan xolda qoo'shimcha xatolik paydo bo'lishi mumkin.

Chastota diapazoni kengayib borganda va nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentining qiymati kichik bo'lgan xolda barcha analog usullar xatoligi sezilarli darajada ortib boradi, bu esa analog usullar kelajagini cheklab ko'yadi. Keng chastota va dinamik diapozonlarda yuqori aniqliq va tezkorlikka erishishini talab qilmagan xollarda nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashda hamda o'lchash texnikasining boshqa soxalarida o'lchashning raqamli usullari qo'llaniladi.

Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashning raqamli usullari o'lchanayotgan signalning "oniy" qiymatini davrning nolinchi nuqtalarida ajratib olishga asoslanadi, bu ajratib olingan "oniy" qiymat raqamli kodga aylantiriladi va berilgan algoritm bo'yicha ishlov davom ettiriladi.

Apparaturaviy amalga oshirilishiga ko'ra raqamli usullar asinxron va sinxrona bo'linadi. Asinxron usulda o'lchanayotgan ($U_{o'ch}$) signalning "oniy" qiymati tanlovini amalga oshirish uchun strobloviy impuls yordamchi generatoridan foydalaniladi. Bu generatorning chastotasi o'lchanayotgan signal chastotasidan N marta ko'p, lekin unga karrali emas:

$$f_{str} = N(f_{o'ich} \pm \Delta) \quad (117)$$

Bu usulning xatoligi $K_f \geq 0.5\%$ bo'lganda 0,1% dan yaxshi emas.

Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashning sinxron usulida o'lchanayotgan signal chastotasi va strob chastota orasida barqaror sinxronlash o'rnatiladi:

$$f_{str} = Nf_{o'ich} \quad (118)$$

Signalning past bo'lgan darajalarida nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini foizning yuzdan biri bo'lgan ulushlarini o'lchash qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi. Bu maqsadlarni amalga oshirish uchun past chastota garmonikalarining analizatorlaridan foydalaniladi, ammo garmonika analizatori 10-20000Hz chastota diapazonida o'z xususiy nochiziqli buzilishlar darajasiga ega bo'ladi, ya'ni bu buzilishlar 1000 Hz gacha 0.1%, 1000 Hz dan yuqori bo'lgan chastotalarda esa 0.05% yoki o'zining xususiy buzilishshyri nochiziqli buzilishlar koeffitsiyentini o'lchashda taxminan 0.1%, 2000 Hz gacha bo'lgan chastotalarda bu xatolik 10% ni tashkil qiladi.

Bundan tashqari, bu asboblarning asosiy chastotadan, 60 db dan ko'proq farqli bo'lgan (birinchi garmonika) garmonik tashkil etuvchilarning amplitudasini o'lchash imkonini bermaydi. Yuqori garmonikalarni o'lchash uchun asbob sezgirligini oshirish kerak bo'ladi, buni har doim ham amalga oshirib bo'lmaydi.

Mavjud garmonika analizatorlarida qaydlangan chastotali rejimda foydalaniladi. Spektral tashkil etuvchilarning taxlil rezonans filtrlarning chastotasi bo'yicha qayta sozlab qilinadi va ba'zan bunday taxlilda qayta sozlovchi supergeterodinli qabul qilgichdan foydalaniladi. Bunda indikator ekranida chastota o'qi bo'yicha teng turuvchi (amplituda-chastota spektri) signal garmonikasi kuzatiladi. Signalning garmonik tarkibi bo'yicha uning nochiziqli buzilishlari baholanadi (61-rasm).

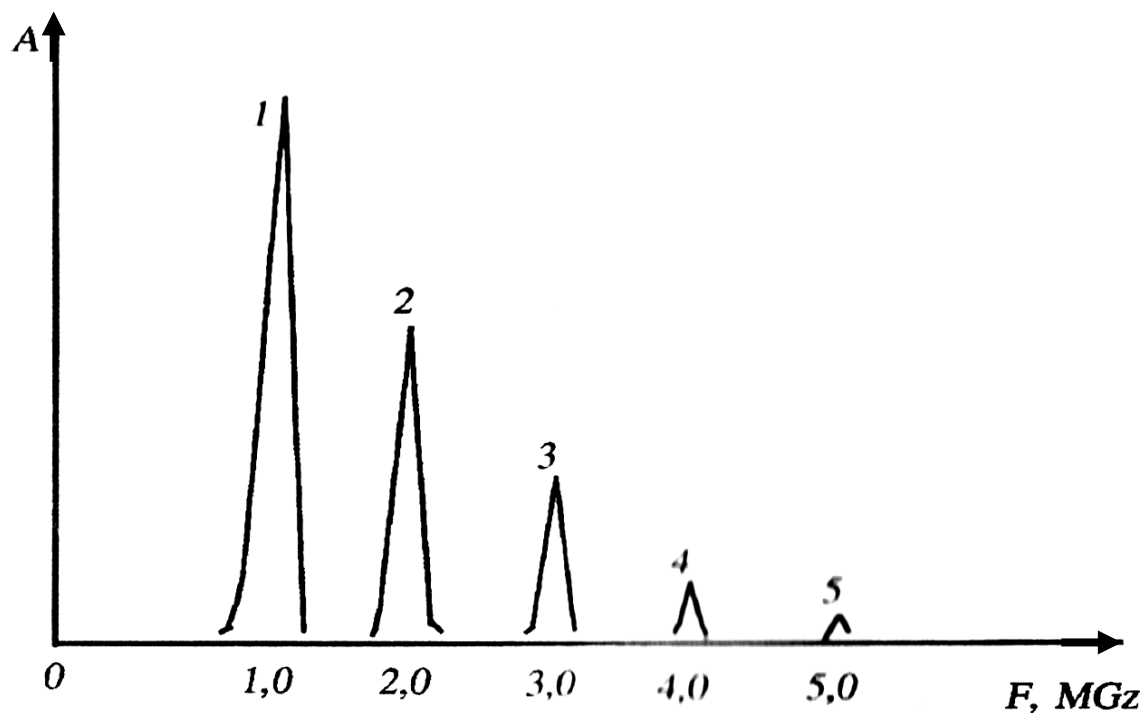
To'rtqutblikning nochiziqli buzilishlarini boshqa usul bilan ham o'lchash mumkin, bunda uning kirishiga vaqt bo'yicha monoton o'zgaruvchi, masalan, chiziqli qonun bo'yicha o'zgaruvchi chastota beriladi. Bu kvazigarmonik signal garmonikasini ajratish uchun sozlanishi chastota bo'yicha qaydlangan filtrdan foydalanish yetarlidir. Signal garmonik tartibining tipik ko'rinishi 62-rasmda keltirilgan.

Rasmda garmonikalar teskari tartibda joylashgani ko‘rinib turibdi va ular orasidagi chastota bo‘yicha bo‘lgan masofa bir xil emas, buni albatta o‘lchash jarayonida e‘tiborga olish kerak. Bu usul chastota harakteristikalari o‘lchagichlarida qo‘llaniladi va bunda tadqiq qilinayotgan to‘rtqutbli va o‘lchagich orasiga filtr ulanishi lozim bo‘ladi.

Signal buzilishlarining sabablari turlichadir:

- aloqa kanali harakteristikalarining nochiziqliligi;
- uning inertligi;
- ichki shovqinlari;
- signalni uzatishdagi turli halaqitlar.

Bu omillar turli fizik tabiatga ega bo‘lgani bilan ularning ta’siri bir xil, shuning uchun yuqoridagi (chiziqli, nochiziqli shovqin) halaqitlarini baholashning yagona usullari qidirilmoqda.

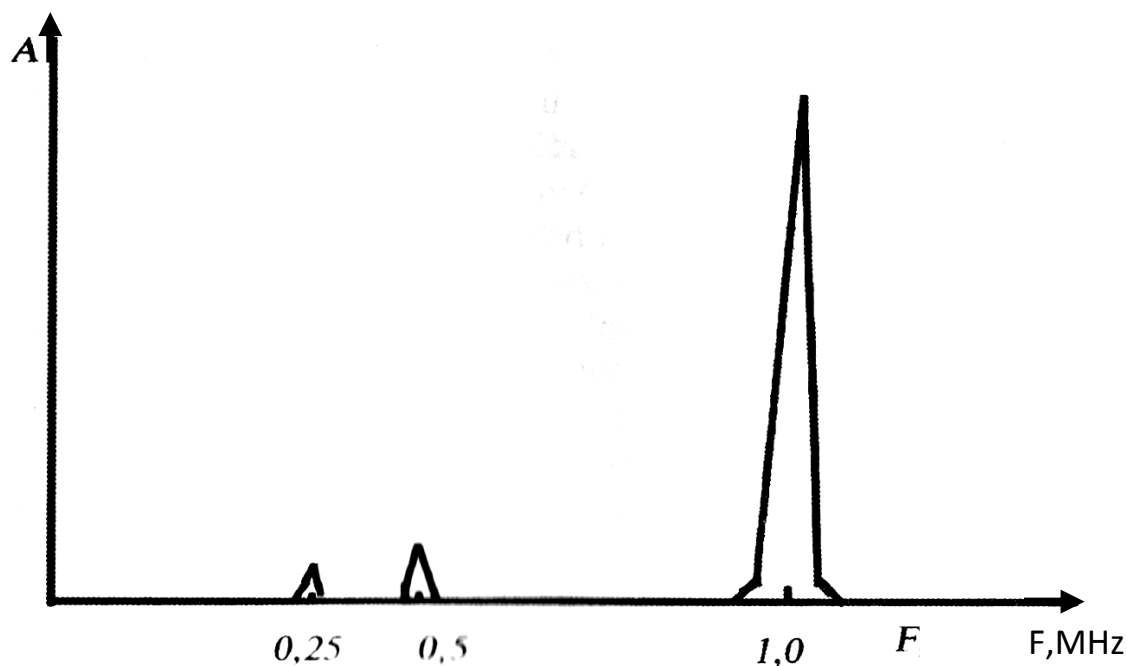


61-rasm. Signalning garmonik tarkibi.

Turli buzilishlarni o‘lchash usullari o‘z yutuq va kamchiliklariga ega. Masalan: arrasimon signaldan foydalanib amalga oshiriladigan usulda ham yuqoridagi usullar uchun umumiy bo‘lgan kamchiliklar bor.

O‘lchashlarda real signal uning modeli bilan almashtiriladi, bu esa uzatilayotgan signalning xossalari to‘lik hisobga olinishini

ta'minlamaydi. Nochiziqli buzilishlarni real signal spektrini hisobga olgan holda baholovchi usul bunday kamchilikdan xolidir, lekin bu usul o'lchash natijalariga qoo'shimcha xatolik kiritadi.



62-rasm. Kvazigarmonik signal garmonik tarkibinig tipik ko'rinishi.

Shovqin buzilishlarini baholovchi usul (signal /shovqin, shovqin koeffitsiyenti va b.q.) statistik usul hisoblanadi, chunki ko'plab shovqinlar fluktuasion harakterga ega.

Ma'lum bo'lgan usullardan faqat korrelyasion usul buzilishlarning hamma turi uchun qo'llanishi mumkin va bunda uzatilayotgan signalning xossalari e'tiborga olinadi. Ammo bu usul chiqish signalidan buzilishlar tashkil etuvchisini ajratib olish imkoniga ega emas va ularni miqdoran baholashni ta'minlay olmaydi.

Radioo'lchashlarda signalning turli buzilishlarini aniqlashda yagona usul sifatida funksiyalarning yaqinlashish usulini qo'llash mumkin va bu asosda buzilishlar kattalik sifatida aniqlanadi. Bu kattalik bir xil kirish signallariga ega bo'lgan real va ideal sistemalardagi chiqish signallari farqining darajasini xarakterlaydi.

Nazorat savollari

1. Signal shaklining buzilishlari xaqida umumiy ma'lumot bering.

2. Nochiziqli buzilishlar qanday baholanadi?
3. Nochiziqli buzilishlarning oo'lchash usullarini aytib bering.
4. Nochiziqli buzilish va garmonik koeffitsiyenti nimaga teng?
5. Nochiziqli buzilishlarni baholash qanday asboblarda amalga oshiriladi?

ADABIYOTLAR

1. Parpiyev M. P. Elektroradioo'lchashlar. O'quv qo'llanma. – T.; Aloqachi, 2012. 184 B.
2. Roberts M. J. Signals and systems. Analysis Using Transform Methods and MATLAB, 2012.
3. Livshits N., Teleshevsky B., Kuznetsov B. Radio Measurements. Publisher: University Press of the Pacific, 2001, 200 p.
4. Abduazizov A. A., Muhitdinov M. M., Yusupov Ya. T. Radiotexnik zanjirlar va signallar. Darslik. – T.; Shams ASA, 2012.
5. Abduvaliyev A. A., Isayev R. I. Aloqa va axborotlashtirish sohasi bo'yicha metrologiyaga oid atamalar lug'ati. – T.; TATU, 2005.
6. Parpiyev M. P. va b. Elektroradioo'lchashlar fanidan ma'ruzalar matni. – T.; TATU, 2003.
7. Сигов А., Нефедов В. Метрология, стандартизация и технические измерения. Учебник. – М.; Высшая Школа, 2008.

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
1-maʼruza. Kirish. Asosiy tushuncha va taʼriflar.....	5
2-maʼruza. Oʻlchash turlari, usullari va xatoligi.....	13
3-maʼruza. Oʻlchash xatoliklari va ularning klassifikatsiyasi.....	22
4-maʼruza. Bevosita va bilvosita oʻlchashlar.....	28
5-maʼruza. Elektrodiooʻlchash vositalarining asosiy metrologik tavsiflari.....	32
6-7-maʼruzalar. Radiooʻlchash vositalari.....	37
8-9-maʼruzalar. Impulsi va raqamli oʻlchash usullari.....	56
10-maʼruza. Radiotexnik zanjirlar tavsifi parametrlarini oʻlchash.....	66
11-12-13-maʼruzalar. Oʻlchov generatorlari.....	72
14-maʼruza. Signal shaklini va parametrini tekshirish.....	92
15-maʼruza. Faza siljishini oʻlchash.....	105
16-maʼruza. Radiotexnik shovqin turlari, parametrlari va xarakteristikalarini analiz qilish.....	116
17-maʼruza. Radiosignal spektrini analiz qilish.....	127
18-maʼruza. Radiosignal noxiziqli buzilishlarini oʻlchash.....	139
Adabiyotlar.....	147

Muharrir Sidikova K. A.