

QARSHI MUHANDISLIK - IQTISODIYOT INSTITUTI



**TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH VA BOSHQARISH
KAFEDRASI**

Raqamli boshqarish tizimlari
fanidan
o‘quv - uslubiy majmua

Bilim sohasi:	300 000 – Ishlab chiqarish texnik soha
Ta’lim sohasi:	310 000 – Muhandislik ishi
Ta’lim yo’nalishi:	5 311 000 – Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish (kimyo, neft-kimyo va oziq – ovqat sanoati)

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

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI

MUHANDISLIK TEXNOLOGIYASI FAKULTETI

TEXNOLOGIK JARAYONLARNI AVTOMATLASHTIRISH VA BOSHQARUV KAFEDRASI

«Ro‘yxatga olindi»

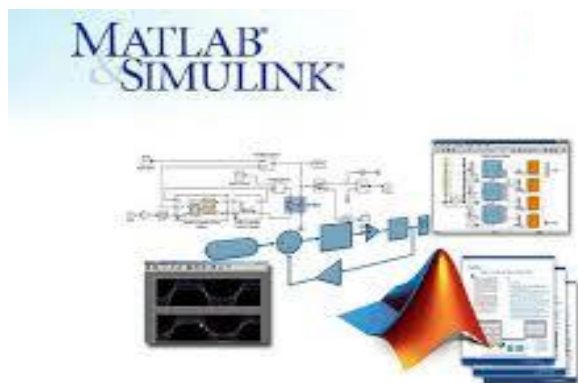
№ _____
2021 yil «____» _____

«TASDIQLAYMAN»

O‘quv ishlari bo‘yicha
prorektor

2021 yil «____» _____
O.N.Bozorov

Raqamli boshqarish tizimlari fanidan O‘QUV – USLUBIY MAJMUA



Qarshi - 2021

O‘quv – uslubiy majmua “Raqamli boshqarish tizimlari” fani o‘quv dasturi asosida ishlab chiqilgan.

Tuzuvchilar: F.D.Jo'rayev – TJAvB kafedrası katta o'qituvchisi
J.Begqulov – TJAvB kafedrası assistenti
Taqrizchilar: B.S.Maxmadiyev – TJAvB kafedrası dotsenti
L.N.Xudoyorov – TATU Qarshi filiali Axborot texnologiyalari
kafedrası mudiri

O'quv-uslubiy majmua "Texnologik jarayonlarni avtomatlashtish va boshqarish" kafedrası yig'ilishida muhokama qilingan va tasdiqlangan (№__ Bayonnoma, "___" _____ 2021 y.).

Kafedra mudiri: _____

O'quv-uslubiy majmua Muhandislik texnologiyasi fakulteti uslubiy kengashida muhokama qilingan va tasdiqlangan (№__ Bayonnoma, "___" _____ 2021 y.).

Fakultet Uslubiy Kengashi raisi: _____

O'quv-uslubiy majmua QarMII o'quv-uslubiy kengashida muhokama qilingan va tasdiqlangan (№__ Bayonnoma, "___" _____).

O'quv-uslubiy boshqarma boshlig'i: _____

O'QUV – USLUBIY MAJMUA TARKIBI

KIRISH

MA'RUZA MASHG'ULOTI MATERIALLARI

AMALIY MASHG'ULOT MATERIALLARI

LABORATORIYA MASHG'ULOTI MATERIALLARI

MUSTAQIL TA'LIM

GLOSSARIY

ILOVALAR

Fanning o'quv dasturi

Fanning ishchi o'quv dasturi

Nazorat savollari

Nazorat uchun testlar to'plami

Tarqatma materiallar

O'UM ning elektron varianti

MUNDARIJA

Kirish	
O'quv materiallari	
Ma'ruza mashg'uloti materiallari	
Amaliy mashg'uloti materiallari	
Laboratoriya mashg'uloti materiallari	
Mustaqil ta'lim materiallari	
Glossariy	
Ilovalar	

QARSHI MUHANDISLIK – IQTISODIYOT INSTITUTI



RAQAMLI BOSHQARISH TIZIMLARI

fanidan

O'QUV MATERIALLARI

Qarshi – 2019



1-ma'ruza. Fanga kirish. Texnologik jarayonlarni boshqarishda hisoblash texnikasining roli

Reja

- Raqamli boshqarish tizimlarifanining maqsadi va vazifasi.
- Inson mexnatini avtomatlashtirishning jamiyatni rivojlanishidagi o'rni.
- Fanning asoschilari va uni rivojlanishida xissasini qo'shgan olimlar.

§ 1. Raqamli boshqarish tizimlarifanining maqsadi va vazifasi

Hozirgi vaqtda Raqamli rostlash, boshqarish va nazorat qilish tizimlari va elementlari xalq xo'jaligida keng qo'llanilib kelinmoqda. Ayniqsa, elektr energetikasi sanoatining rivojlanishi bilan ko'plab elektr mashinalari, transformatorlar, kabellar, turli xil apparatlar, o'lchov va radiotexnika asboblari hamda boshqa elektr qurilma va uskunalar bunyodga keldi. Bular esa o'z navbatida, xar xil sanoat tarmoqlarini avtomatlashtirish uchun asos bo'ldi.

Boshqarish haqidagi fan sifatida tashkil topgan Raqamli rostlash va boshqarish nazariyasi fani ilmiy fanlar qatoriga kiradi va u elektrotexnika nazariyasi asoslari, xisoblash texnikasi, elektr mashinalari, elektr o'lchashlari, sanoat elektronikasi va shu kabi Raqamli elementlari va energetikaga ta'luqli fanlar bilan uzviy bog'liq.

Elektroenergetika yunalishi talabalariga rostlash va boshqarish nazariyasi kursini o'qitishdan maqsad Raqamli rostlash va boshqarish tizimi (ART va ABT) ning qurilish prinsiplari bilan, ushbu tizimlarni tadqiq qilish usullari va jarayonlari bilan tanishtirish. Bo'lajak muhandis-texnik xodimlar boshqaruv to'g'risidagi fanlarni tashkil etuvchi ilmiy fanlar qatoriga kiruvchi rostlash va boshqarish nazariyasi, uning elementlari va qurilmalarini ishlash prinsiplarini o'rgatuvchi va shunga oid boshqa fanlarni yaxshi bilishlari kerak.

Raqamli rostlash va boshqarish nazariyasi har qanday texnik muhitda berk sikl bo'yicha ishlaydigan Raqamli tizimlarini boshqarish jarayonlarini, ularni tadqiq qilish usullari va loyخالash asoslarini o'rganadigan fan.

Raqamli rostlash va boshqarish nazariyasi ishlab chiqarishda, energetikada, transportda, iqtisodiyotda, biologiya va tibbiyotda, shuningdek boshqa texnik va texnik bo'lmagan obyektlarda bo'ladigan jarayonlarni statik va dinamik xolatini va xususiyatlarini o'rganishda xamda boshqarishda keng qo'llanilib kelinmoqda.

Rostlash va boshqarish nazariyasi ilmiy soha sifatida texnik qurilmalarni boshqarish jarayonini o'rganishga asoslangan mustaqil fan sifatida yuzaga kelganligi uchun, boshqarish tizimlarini qurilishi va tadqiq qilish prinsiplarini bu kursda xar xil texnik qurilmalarni boshqarish prinsiplari asosida o'rganiladi. Bu prinsiplar umumiy bo'lganligi uchun, ularni texnik bo'lmagan (biologiya, iqtisodiyot va boshqa shu kabi) tizimlarni tadqiq qilish va o'rganish jarayonida qo'llash mumkin.

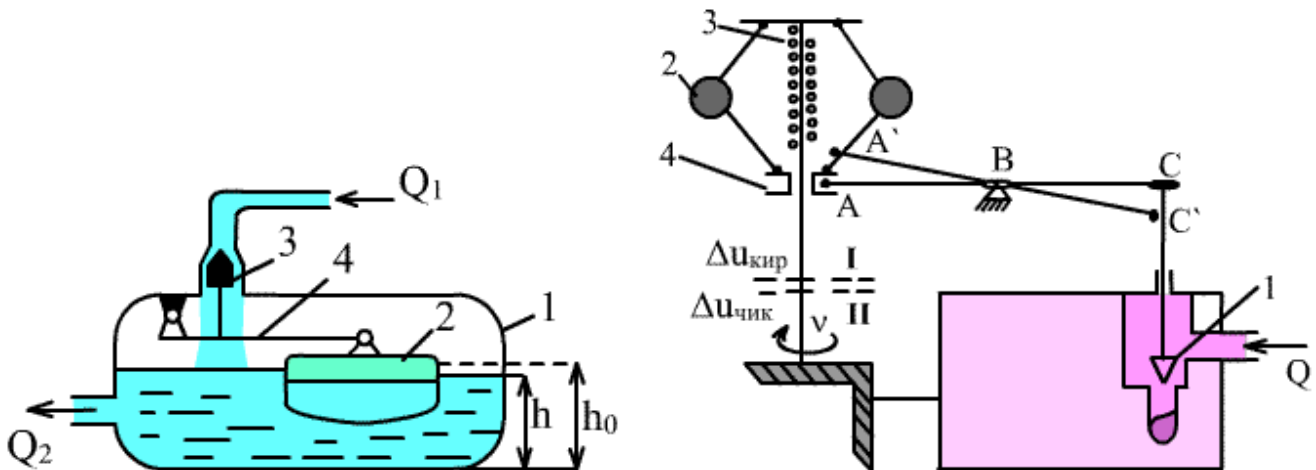
§ 2. Inson mexnatini avtomatlashtirishning jamiyatni rivojlanishidagi o‘rni

Tarixdan ma’lumki, inson hamma vaqt og‘ir jismoniy mexnat turlaridan ozod bo‘lish maqsadida yaratuvchanlik bilan shug‘ullangan. Bu o‘rinda u tabiiy (suv, shamol va h.k.) energiya manbalaridan foydalangan. Keyinchalik bug‘ va elektr mashinalarining yaratilishi (XVIII-asr) natijasida ishlab chiqarish jarayonlarini mexanizatsiyalash davri boshlanadi. Bunda, odam xar bir texnologik jarayonni kuzatadi (nazorat qiladi) va boshqarib turadi, ya’ni odam bu yerda ishlab chiqarish jarayonining boshqaruv elementi sifatida faoliyat ko‘rsatadi. Ishlab chiqarishni mashinalashtirish katta quvvatli mexanizmlar katta tezlik va aniqlikda uzluksiz boshqarishni taqozo qiladi. Mashina va mexanizmlarning turlari ko‘payib, murakkablashib boradi. Natijada odam kuchi bilan ularni boshqarish murakkablashadi. Shu sababli odam ishtirokisiz ishlaydigan (Raqamli) yordamchi texnik vositalarni yaratish zarurati tug‘iladi.

Texnik jarayonlarni Raqamli boshqarishni amalga oshirish uchun boshqarilayotgan obyekt va u bilan bog‘liq bo‘lgan boshqarish qurilmasidan iborat tizim tashkil etiladi. Barcha texnik qurilmalar kabi ushbu tizim konstruktiv va dinamik mustaxkam bo‘lishi kerak, ya’ni tizim o‘ziga yuklatilgan vazifani yuqori aniqlikda va tezlikda bajarishi lozim.

Boshqarish obyekti yetarli darajada qattqlik va dinamik mustahkamlikka ega bo‘lsa Raqamli rostlash qurilmalariga extiyoj sezilmaydi. Rostlash qurilmalariga extiyoj birinchi marta yuqori aniqlikdagi mexanizmlarni yaratuvchilarda paydo bo‘lgan. To‘planib boruvchi uzluksiz tashqi muxit ta’siri hisobiga mexanizmlarni normal xolatdan og‘ishiga (xatoliklar paydo bo‘lishiga) sabab bo‘ladi. Mexanizmlarni konstruksiyasiga o‘zgartirish kiritish orqali xatoliklarni bartaraf etish imkoni bo‘lmaganda, aniqlikni oshirish maqsadida regulyatorlardan foydalanish yo‘lga qo‘yilgan. Bu soxada soatsozlar birinchi shunday yechimga kelganlar. Masalan, arablar suvli soatlarni po‘kakli sath regulyatorlari bilan jixozlaganlar, 1675 yilda X. Gyuygens soatga mayatnikli yurish regulyatori o‘rnatgan.

Shuningdek, tashqi ta’sir natijasida nafaqat aniqligi, balkim normal ishlash qobiliyatini yo‘qotgan jarayonlarni boshqarish extiyojidan kelib chiqib regulyatorlardan foydalanilgan. Bu yunalishda XVIII va XIX asrlarda Yevropada juda katta ishlar amalga oshirilgan. I.I. Polzunov tomonidan 1765 yilda Barnaulda yaratilgan bug‘ mashinalari qozonining suv ta’minotini rostlovchi Raqamli pukaklik regulyator (1.1-rasm), 1784 yilda ingliz olimi Dj. Uatt (James Watt, 1736-1819) tomonidan yaratilgan bug‘ mashinalari tezligini rostlovchi markazdan qochma regulyator (1.2-rasm), 1808 yilda J. Jakkar tomonidan yaratilgan gilamlarga naqsh chizishga mo‘ljallangan perfokartali to‘qimachilik stanoklarni boshqarishni dasturli qurilmasi bu davrning birinchi sanoat regulyatori va boshqarish qurilmalari xisoblanadi.



1.1-rasm. Suv sathi regulyatorining prinsipial sxemasi: 1 – boshqarish obyekti; 2 – po‘kak – o‘lchash elementi; 3 – igna – ijro elementi; 4- richag

1.2-rasm. Markazdan qochma aylanishlar tezligi regulatori sxemasi: 1– igna – ijro elementi; 2-yuk - o‘lchash elementi; 3-prujina-sezgir element; 4- mufta

Ushbu paytlarda yaratilgan regulyatorlar o‘zining soddaligi va oddiyligi bilan zamonaviy regulyatordan farq qilsada, ulardan xozirgi kunda xam keng foydalanilmoqda. Raqamli qurilmalar nazariyasi to‘la yaratilmagan bo‘lsada, bu ixtirolar texnika taraqqiyotining keyingi boskichi - ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish bosqichining boshlanishi bo‘ldi.

Bug‘ mashinalari dastlabki rostdlash texnikasi va nazariyasi joriy etilgan obyekt xisoblanadi. Bug‘ mashinalari boshqarish obyekti sifatida o‘z – o‘zidan turg‘un ishlash va “o‘zi to‘g‘irlanish” xususiyatiga ega emas obyekt bo‘lgan. Bug‘ mashinalariga qo‘llanilgan regulyatorlar hamma vaqt xam kutilgan natija bermagan. Boshqarish sifatini va aniqligini oshirish uchun nazariy tadqiqotlar o‘tkazish lozim edi. Regulyatorlarga yordamchi qurilma sifatida qaralib, ular obyektidan ajralgan xolda o‘rganilgan.

§ 3. Fanning asoschilari va uni rivojlanishida xissasini qo‘shgan olimlar

Dj. Maksvellning “Regulyatorlar haqida” (1866 y.), I.A. Vishnegradskiyning “Regulyatorlarning umumiy nazariyasi haqida” (1876 y.) va “To‘g‘ri ta’sir etuvchi regulyatorlar haqida” (1877 y.) kabi kitoblari boshqarish nazariyasining muammolariga yondoshish va tadqiqot metodologiyasiga katta ta’sir ko‘rsatdi. Bu olimlar obyekt va regulyatorni yagona dinamik tizim sifatida qarab, muammoga tizimli yondoshdilar.

I.A. Vishnegradskiyning ilmiy ishlari muammoga injenerlik nuqtai nazardan yondoshilishi va amaliy takliflar xamda rostdlash sifatini oshirishga qaratilgan (turg‘unlik diagrammasi va polinom ildizlarini taqsimlanishi, turg‘unlik xududini ajratib olish va monotonlik va shu kabi boshqalar) zamonaviy tadqiqot usullari bilan ajralib turar edi. Shuning uchun uni Raqamli rostdlash nazariyasi asoschisi deb xisoblashgan.

1877 yilda angliyalik matematik Raus va 1895 yilda shvetsariyalik matematik A. Gurvits tomonidan boshqarish tizimlarining turg‘unlikka tekshirishning algebraik mezonini taklif etildi. Boshqarish tizimlarining turg‘unligi haqidagi birinchi qat’iy ta’rif A.M. Lyapunov (1892 y.) tomonidan berildi.

Dj. Maksvell tavsiyalariga binoan Raus xarakteristik tenglamalarni ildizlarini joylashishini va turg‘unlikni baxolash algoritmi ishlab chiqdi. A. Stodolining taklifiga binoan Gurvits turg‘unlikning determinant mezonini kiritdi.

XX asr boshlariga kelib boshqarish nazariyasini rivojlantirishda N.YE. Jukovskiy (“Xarakatning mustahkamligi haqida”, “Mashinalar yurishining boshqarish nazariyasi” 1909 y.) o‘z darsliklari bilan katta hissa qo‘shdi.

X.Naykvist (1932 y.), A.V. Mixaylov (1938) lar tomonidan berk va ochiq tizimlarni xarakteristik tenglamalari orqali turg‘unlikni aniqlashning chastotali mezonlarini ishlab chiqildi. X. Naykvista aks aloqali radiotexnik kuchaytirgichlarni ochiq tizimning chastotali xarakteristikalarini xususiyatlariga asoslangan turg‘unlik mezonini ishlab chiqdi. A. Mixaylov rostdlash nazariyasida chastotali usullarni qo‘llashni maqsadga muvofiqligini asosladi va berk rostdlash zanjirini uzmasdan turg‘unlikni aniqlashning yangi chastotali mezonini ishlab chiqdi.

XX asrning 40-50 yillarida nochiziqli tizimlar nazariyasi asoslari ishlab chiqildi. Bu yunalishda A.A. Andronov va uning shogirdlari ilmiy izlanishlar olib borganlar. S.V.

Yemelyanov (parametrlari o'zgaruvchi tizimlar), Y.Z. Sipkin (releli va impulsli tizimlar) va boshqalar nochiqli tizimlar nazariyasi rivojlanitirishda o'z xissalarini qo'shganlar.

Tebranuvchi tizimlarda avtotebranish parametrlarini aniqlash bo'yicha N.M. Krilov va N.N. Bogolyubovlar tomonidan garmonik balans usuli ishlab chiqildi (1934 y.), L.S. Goldfarb va YE.P. Popovlar avtotebranish parametrlarini aniqlash usullarini rivojlanishiga o'z xissani qo'shganlar.

Raqamli rostlash va boshqarish nazariyasi va uni amaliyotda tadbiqi yo'nalishida respublikamizda akad. V.Q. Qobulov, M.M. Komilov, prof. M. Xomudxonov, N. Yusufbekov, A.A. Qodirov, B. Zoxidov, T.F. Bekmuratov va boshqa olimlar va ularning shogirdlari ilmiy ishlar olib borganlar va davom ettirmoqdalar.

Sinov savollari

1. Fanning maqsadi va vazifasi nimadan iborat?
2. Polzunov tomonidan yaratilgan regulyatordan nima maisadda foydalanilgan?
3. Xozirgi kunda Polzunov regulyatoridan qayerlarda foydalaniladi?
4. Dj. Uatt tomonidan yaratilgan markazdan qochma regulyator qanday elementlardan tashkil topgan?
5. Fanning rivojlanishiga qanday olimlar o'z xissasini qo'shgan?

2-ma'ruza. Texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida boshqarish

Reja.

1. Asosiy tushuncha va ta'riflar
2. Boshqarish obyektining tashqi ta'sirlari.
3. RBT ning turkumlanishi

§ 1. Asosiy tushuncha va ta'riflar

Raqamli rostlash va boshqarish nazariyasi fani boshqaruv haqidagi fan bo'lib, Raqamli rostlash (boshqarish) tizimlarining qurishning umumiy qonunlarini, ularni taxlil va sintez qilish usullarini o'rganadi.

Raqamli rostlash va boshqarish nazariyasining asosi kibernetika xisoblanadi. Kibernetika – boshqarish jarayonlarining umumiy qonuniyatlari haqidagi fan bo'lib, boshqarish obyektini tashqi ta'sir ostida o'rganishga, bu obyektlarda jarayonlarning o'tishi haqida axborotni olishga va obyekt xolatini biron bir aniq berilgan maqsad asosida optimalligi (qulayligini) ta'minlovchi boshqarish ta'sirini ishlab chiqarishga asoslangan.

Biron bir jarayonni oldinga quyilgan maqsadga yunaltirishga boshqarish deb ataladi. Boshqarish ta'siri (boshqaruv) - bu boshqariladigan jarayonlarga istalgan o'zgarishni kiritadigan har qanday maqsadli yo'naltirilgan harakatdir. Boshqarish jarayonini quyidagi bosqichlarga bo'lish mumkin;

- boshqarish maqsadi;
- boshqarish natijasi haqida axborot;
- solishtirish, taxlil va qaror qabul qilish;
- qarorni bajarish.

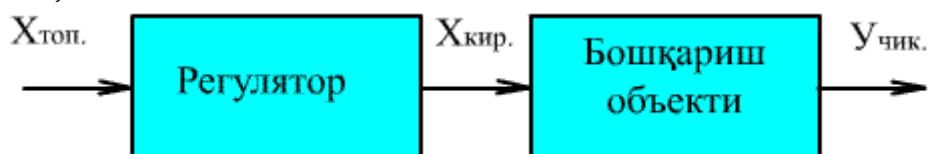
Boshqarishi amalga oshirilayotgan jarayonga (texnik jixozlar majmuyi – mexanizmlar, mexnat qurollari va boshqa jarayonni amalga oshirish uchun qo'llanilgan jixozlar) boshqarish obyekti deyiladi. Agar boshqarish Raqamli qurilmalar orqali amalga oshirilsa, u xolda boshqarish obyektiga Raqamli boshqarish obyekti deyiladi.

Biron bir jarayonni odam ishtirokisiz texnik jixozlar (boshqarish qurilmalari) yordamida amalga oshirilishiga Raqamli boshqarish (rostlash) deyiladi.

Boshqarish (rostlash) ni amalga oshirishda qo'llanilgan texnik qurilmalarga Raqamli qurilmalar deyiladi. Boshqarish jarayoni bosqichlarining bajarilishini ta'minlovchi qurilmalar to'plamiga boshqarish tizimi deyiladi.

Barcha ishchi va boshqarish vazifalarini Raqamli qurilmalar amalga oshirayotgan tizimga Raqamli tizim deyiladi.

Har qanday Raqamli tizimni shartli ravishda ikki qasmga ajratish mumkin: boshqarish qurilmasi - regulyator va boshqarish amalga oshirilayotgan jarayon -boshqarish obyekti (1.3-rasm).



1.3-rasm. Raqamli tizimning funksional sxemasi:

X_{top} -topshiriq, X_{kir} -kirish signali, Y_{chik} -chiqish signali

Bu yerda boshqarish obyekti (BO) – tirik organizm (o'simlik, xayvonlar, kishilik guruxlar), ishlab chiqarish korxonalari, sex, aloxida olingan bir stanok yoki elektr mashinasi va shu kabi boshqalar bo'lishi mumkin. Obyekt va boshqarish maqsadiga qarab boshqarish tizmi xar xil bo'lishi mumkin, texnologik jarayonni xarakterlovchi biron – bir

kattalik qiymatini (masalann, kuchlanish, temperatura yoki bosimni) o'zgartirmay ushlab turishga mo'ljallangan eng sodda Raqamli rostdash tizimidan, to o'nlab xisoblash mashinalaridan tashkil topgan va obyektlar to'plamini optimal boshqarish masalasini yechishga mo'ljallangan Raqamli boshqarish tizimlarigacha bo'lishi mumkin.

Bundan shu narsa kurinadiki Raqamli rostdash va Raqamli boshqarish bir maqsadga, ya'ni obyektzni boshqarishga qaratilgan. Chunki, Raqamli rostdash tizimi (ART) Raqamli boshqarish tizimi (ABT) asosida yotadi va uning ko'rinishlaridan biri hisoblanadi.

Raqamli boshqarish (rostdash) tizimi (ABT va ART) deb boshqarish jarayonining xamma bosqichlarini Raqamli tarzda bajaradigan texnik qurilmalar to'plamiga aytiladi. Agar Raqamli boshqarish boshqarilayotgan qiymatni berilgan tartib (qonun) bo'yicha o'gartirib (bir meyorda ushlab) turishga qaratilgan bo'lsa, u xolda bunday Raqamli boshqarishga Raqamli rostdash deyiladi.

Raqamli rostdash tizimlari obyekt xolatini yoki tashqi ta'sirni o'lchash yordamida amalga oshiriladigan jarayonni ifodalovchi biron bir nazorat qilinishi kerak bo'lgan kattalikni qiymatini bir meyorda saqlab turadi yoki belgilangan algoritm (qonun) asosida shu qiymatni o'zgartirib turadi va obyektzni rostdash organiga ta'sir qiladi.

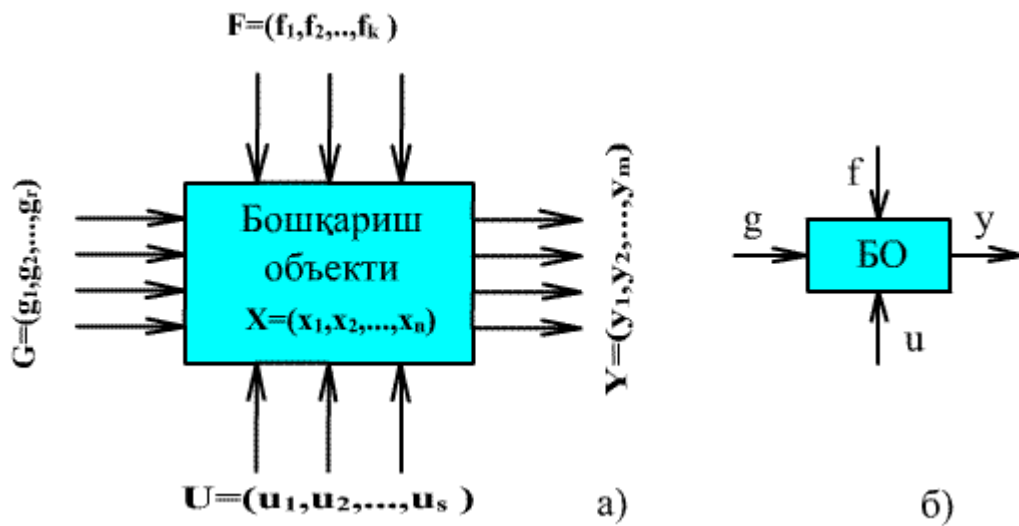
Raqamli boshqarish tizimlari aniqlangan va to'plangan axborotlar asosida barcha mumkin bo'lgan ta'sirlar orasidan tanlangan va boshqarish maqsadiga mos keladigan boshqarish ta'sirlari (yechimlar) orqali boshqarilayotgan obyektzni ish rejimini bir meyorda saqlab turadi yoki boshqarilayotgan obyektzni ish rejimini yaxshilashga qaratilgan boshqarish ta'sirlar to'plamini Raqamli tarzda ishlab chiqadi.

§2. Boshqarish obyektining tashqi ta'sirlari

Xar qanday boshqarish obyekt tashqi muhit ta'siri ostida bo'ladi va bu ta'sirlar to'plamiga tashqi ta'sir deyiladi. Obyekt holatini yaxshilashga va boshqarishga qaratilgan boshqarish qurilmasi ishlab chiqqan ta'sirlar to'plamiga boshqaruvchi ta'sirlar deyiladi. Boshqaruvchi ta'sirlar obyektning rostdash organiga qaratilgan bo'ladi va bu ta'sirlarni boshqarish obyektiga nisbatan kirish qiymatlari xam deyiladi. Boshqaruvchi ta'sirlar obyektning ba'zi bir ko'rsatgichlarining qiymatini o'zgartiradi va bu ko'rsatgichlar boshqarilayotgan qiymatlar deyiladi. Boshqarish obyektiga nisbatan boshqarilayotgan qiymatlar chiqish qiymatlari bo'ladi.

Har qanday obyekt xolati unga tashqi muxit va boshqarish qurilmasi ta'siri, hamda shu obyektzni ichki jarayonlarini kechishini ifodalovchi bir qancha qiymatlar bilan aniqlanadi. Bu qiymatlar ish jarayonida foydalanishga qarab nazorat qilinadigan va nazorat qilinmaydigan qiymatlarga bo'linadi. Shunday qilib, texnologik jarayonlar fizik kattaliklar to'plami bilan xarakterlanib, bu kattaliklarga tenologik jarayon ko'rsatgichlari yoki parametrlari deyiladi.

Tashqi ta'sir ostida bo'lgan boshqarish obyektini sxematik quyidagicha ifodalash mumkin (1.4-rasm).



1.4-rasm. Tashqi ta'sir ostida bo'lgan boshqarish obyekti

Bu yerda:

$G = \{g_1, g_2, \dots, g_r\}$ - nazorat qilinadigan ta'sirlarning qiymatlari vektori;

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ - nazorat qilinmaydigan ta'sirlarning qiymatlari vektori;

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_s\}$ - boshqaruvchi ta'sirlarning qiymatlari vektori;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ - boshqarilayotgan qiymatlari vektori;

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ - boshqarish obyektining xolatini qiymatlari vektori.

Boshqarish obyektini taxlil qilishda yuqorida keltirilgan vektor koordinatalari quyidagicha guruxlanadi: U va Y vektor koordinatalari boshqaruvchi va boshqariladigan koordinatalar, G va F vektor koordinatalari tashqi ta'sir koordinatalari; X – vektor koordinatasi obyektning xolat koordinatasi.

Tashqi ta'sirlar boshqarish obyektining parametrlarini o'rnatilgan qiymatdan og'ishga olib keladi. Boshqarish tizimiga bog'lik bo'lmagan ta'sirlarga og'diruvchi ta'sirlar deyiladi. Boshqarish obyektini parametrlari qiymatini o'rnatilgan qiymatdan og'ishga olib keluvchi ta'sirlar ikki xil bo'lishi mumkin. Ular boshqarish obyektining yuki va to'siqlar. Masalan, elektroenergetika tizimlarida boshqarish obyekti (generator, transformator) ning yuki vaqt bo'yicha doimiy o'zgarib turuvchi elektroenergiya iste'molchilaridir.

Boshlang'ich shartlar aniq bo'lganda, barcha tashqi ta'sirlar (U , G , F) to'plami orqali obyekt holatini ifodalovchi X vektor va boshqarilayotgan Y chiqish qiymatini aniqlash mumkin.

3-ma'ruza. Raqamli boshqarish tizimlarining o'ziga xos jihatlari

Reja

1. RBT ning turkumlanishi
2. Raqamli boshqarish tizimlarining o'ziga xos jihatlari

§ 3. ART ning turkumlanishi

AR va BT lari asosan quyidagi tasnifiy belgilarga bo'yicha turkumlanishi mumkin:

1. Tizim va boshqarish jarayoni haqidagi axborotga bog'liq xolda;
2. Tizimning ichki dinamik xususiyatiga asoslangan xolda.

Zamonaviy ARTlari quyidagicha turkumlanishi mumkin.

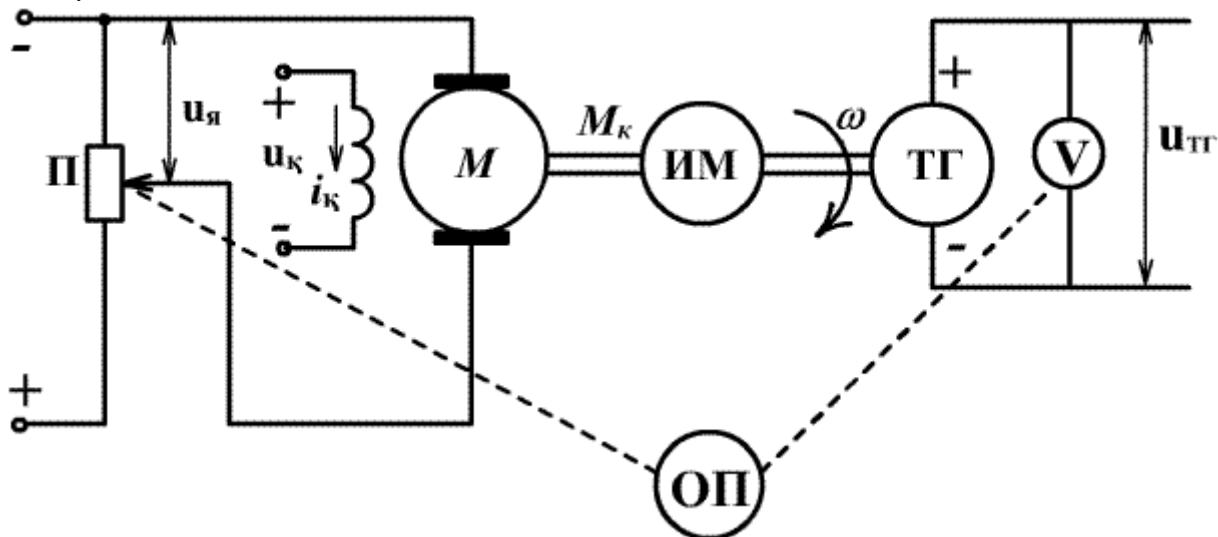
1. Signallarni uzatish zanjiriga nisbatan rostdlash (boshqarish) tizimlari ochiq va berk tizimlarga bo'linadi.

Rostlanayotgan qiymat (tizim chiqishidagi signal)ning o'zgarishi tizimning kirishiga uzatilmasa va u rostlovchi (boshqaruvchi) ta'sirning qiymatini o'zgartirmasa, bunday tizimga ochiq tizim va rostdlash usuliga ochiq sikl bo'yicha rostdlash deyiladi.

Ochiq tizimlarda boshqarish obyektining chiqishi bilan boshqarish qurilmasining kirish orasida aks aloqa bo'lmaydi. Bunday tizimlarda boshqariladigan qiymat Raqamli nazorat qilinmaydi.

Ochiq tizimlarda boshqarish ta'siri boshqariladigan kattalikning haqiqiy qiymatini xisobga olmagan xolda, boshqarish maqsadi, obyekt xarakteristikasi va ma'lum tashqi ta'sirlar asosida beriladi. Bunday boshqarishga qat'iy boshqarish deyiladi.

Ochiq tizimlarda rostdlash operator (Op) ishtirokida amalga oshiriladi. Operator rostdlanayotgan qiymatni o'zgarishini kuzatib boradi va tizimni belgilangan ish rejimini ta'minlash uchun mos ravishda rostlovchi (boshqaruvchi) ta'sirning qiymatini o'rnatadi (1.5-rasm).



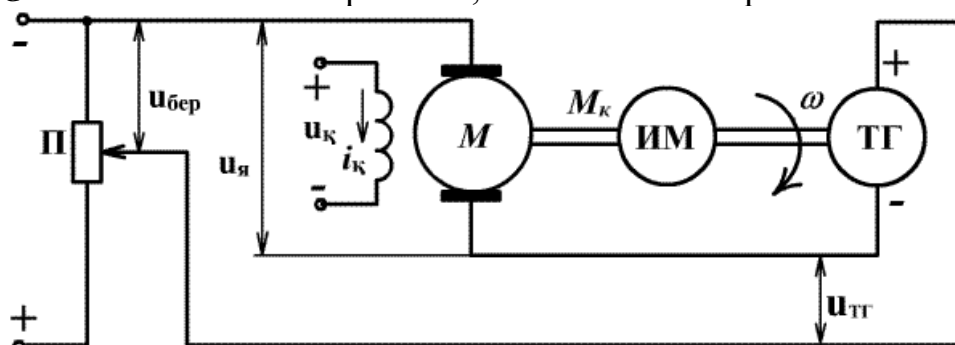
1.5-rasm. O'zgarmas tok motori aylanishlar chastotasini ochiq sikl bo'yicha rostdlash tizimi.

Ochiq sikl bo'yicha rostdlashda boshqarish sifati yuqori bo'lmasligi mumkin, chunki, boshqarish Raqamli amalga oshirilmaydi va boshqarish tezligi va sifati operatorga bog'liq.

Raqamli rostdlashni amalga oshirish va rostdlash sifatini ta'minlash uchun rostdlanayotgan qiymatni o'zgarishiga nisbatan rostlovchi ta'sir qiymatini tanlash lozim. Buning uchun tizimning chiqishi bilan kirishi ulanadi, ya'ni tizimga aks aloqa kanali kiritiladi. Aks aloqa kanali qurilmalari rostdlanayotgan qiymatni o'zgarishlarini o'lchaydi

va o'lash natijalarini tizimning kirishiga uzatib turadi. Aks aloqali tizimlarga berk tizimlar deyiladi va rostlash berk sikl bo'yicha amalga oshiriladi.

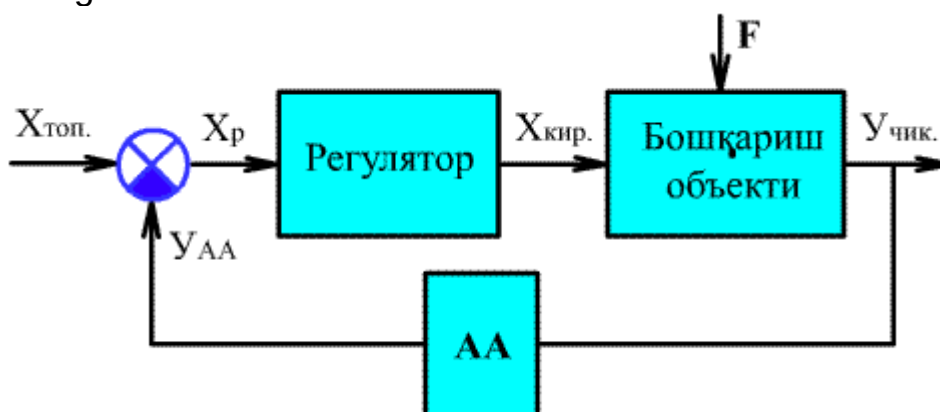
Yuqorida keltirilgan (1.5-rasm) ochiq rostlash tizimiga P-M-TG-P zanjir orqali $U_y = U_{ber} - U_{TG}$ ta'minlovchi aks aloqa kiritib, berk tizim xosil qilish mumkin (1.6-rasm).



1.6-rasm. O'zgaras tok motori aylanishlar chastotasini berk sikl bo'yicha rostlash tizimi.

Berk tizim, ya'ni aks aloqali tizim Raqamli rostlashni ta'minlaydi. Agar M elektromotor validagi qarshilik momenti M_q o'zgarsa, masalan, ortsa, ijro mexanizmi IM ning chiqishidagi aylanishlar chastotasi ω kamayadi. Natijada taxogenerator (TG) kuchlanishi U_{TG} kamayadi va $U_y = U_{ber} - U_{TG}$ formulaga asosan U_y kuchlanish Raqamli ravishda oshadi. Bu esa o'z navbatida aylanishlar chastotasi ω ni ortishiga sabab bo'ladi.

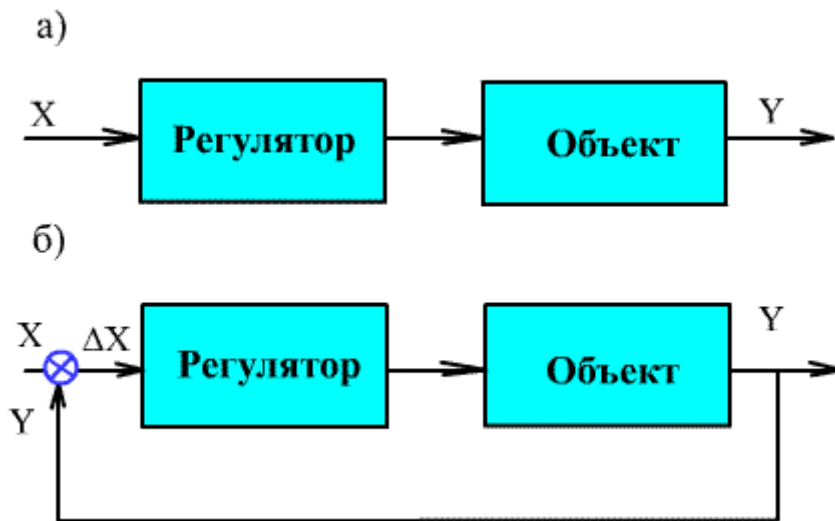
Umumiy xolda berk sikl bo'yicha Raqamli rostlash tizimi sxemasi 1.7-rasmda tasvirlangan.



1.7-rasm. Berk sikl bo'yicha Raqamli rostlash tizimi sxemasi

Berk tizim boshqarish obyekti, regulyator, aks aloqa kanali, taqqoslash elementi (summator) dan tashkil topadi. Tizimning chiqishidagi signal Y_{chik} aks aloqa kanali uchun kirish signali hisoblanadi. Regulyatorning kirishiga $X_r = X_{top} \pm Y_{AA}$ signal uzatiladi. Agar aks aloqa manfiy bo'lsa, regulyator kirishiga uzatilayotgan rostlovchi qiymat $X_r = X_{top} - Y_{AA}$ bo'ladi, aksincha, ya'ni aks aloqa musbat bo'lsa $X_r = X_{top} + Y_{AA}$ bo'ladi. Signallarni algebraik ayirmasi (yig'indisi)ni xisoblovchi qurilmaga taqqoslash elementi deyiladi va aks aloqa manfiy bo'lsa taqqoslash elementining quyi qismi bo'yab qo'yiladi.

Sodda qilib ochiq va berk tizimlarning funksional sxemasini quyidagicha tasvirlash mumkin (1.8-rasm).



1.8-Rasm. a) ochiq va b) berk ARTning funksional sxemasi.

Berk ARTlarida boshqarish jarayoni uzluksiz davom etadi va rostlanayotgan parametr qiymati haqidagi axborot aks aloqa orqali taqqoslash elementiga uzatib turiladi, ochiq tizimda esa rostlanayotgan parametr qiymati haqida axborot Raqamli nazorat qilinmaydi.

Ochiq tizimlardan xam sanoatda foydalaniladi. Masalan, yaxna ichimliklar sotish avtomati, tashqi muxit ob-xavo temperaturasiga nisbatan xona issiqligini Raqamli rostlash tizimi va shu kabi boshqalar.

2. Boshqarish ta'siri xarakteriga nisbatan ART quyidagicha turkumlanadi:

- Raqamli stabillovchi tizim;
- dasturli boshqarish tizimi;
- taqlidiy tizimlar.

Raqamli stabillovchi tizimlarda boshqaruvchi (kirish) ta'sir vaqt bo'yicha o'zgarmaydi, ya'ni $x_{kir} = \text{const}$. Bunday tizimlar rostlanayotgan parametrlarni belgilangan qiymatdan og'ishini bartaraf etishga va uni doimiylikini saqlashga mo'ljallangan. ART aynan shu maqsadda loyixalanadi. Elektromotorlarni rotorni aylanishlar tezligini, bosim, temperatura va shu kabi boshqa parametrlarni doimiylikini ta'minlashga mo'ljallangan ART stabillash tizimlariga misol bo'ladi.

Dasturli boshqarish tizimlarida boshqaruvchi (kirish) ta'sir belgilangan algoritm (qonun) asosida vaqt bo'yicha o'zgarib turadi. Bunday tizimlar bajarilish ketma-ketligi oldindan ma'lum bo'lgan jarayonlarni boshqarish uchun qo'llaniladi. Bunday tizimlarga masalan, detallarga termik ishlov berish uchun mo'ljallangan pechlarni temperaturasini ART misol bo'laoladi.

Taqlidiy tizimlarda boshqarish ta'sirining o'zgarish xarakteri tizimdan tashqarida bo'lgan jarayonlarga bog'liq bo'ladi. Taqlidiy tizimlar tashqi ta'sirning o'zgarishi oldindan ma'lum bo'lmagan jarayonlarni nazorat qilishda qo'llaniladi. Taqlidiy tizimlar rostlanayotgan parametрни o'zgaruvchi topshiriqqa (berilgan qiymatga) nisbatan doimiy tengligini ta'minlaydi. Topshiriq (berilgan qiymat) oldindan ma'lum bo'lmagan qonun bo'yicha o'zgaradi. Taqlidiy tizimlar xarbiy sanoatda (masalan, radiolokotsiyada, aviatsiyada), nusxa oluvchi stanok konstruksiyalarida qo'llaniladi.

3. Tizimlar xolatining vaqtga bog'liqligiga qarab statik va dinamik tizimlarga bo'linadi.

Statik tizimlarda tashqi boshqarilmaydigan g , f ta'sirlar va boshqaruvchi u ta'sir vaqtga bog'liq bo'lmagan xolda doimiy deb qaraladi: $y = \psi(u, g, f)$.

Tizimni boshqariluvchi (chiqish) qiymati $y(t)$ t - vaqtning biron daqiqasida boshqarayotgan (kirish) $g(t)$ ta'sirni t - vaqtning shu daqiqadagi qiymati bilan aniqlansa va $g(t)$ ta'sir bundan oldingi daqiqada qanday qiymat qabul qilinganligi bilan bog'liq bo'lmasa, ya'ni $y(t) = \psi[g(t), t]$, bunday tizimlarga statik tizim deyiladi.

Dinamik tizimlarida boshqarilayotgan $y(t)$ kattalikni t - vaqtning biron bir daqiqasidagi qiymati $g(t)$ tashqi ta'sirning faqat shu daqiqadagi qiymati bilan aniqlanmay balki barcha oldingi daqiqadagi qiymatlar bilan aniqlanadi, ya'ni

$$y(t) = \Lambda[g(t_1), g(t_2), \dots, g(t_n), t].$$

Dinamik tizimda $g(t)$, $u(t)$, $f(t)$ va $y(t)$ kattaliklar vaqt funksiyasi bo'lib, ularning xar bir daqiqadagi qiymatlari (boshlang'ich shartlari) aniq bo'lishi kerak. Dinamik tizimlar uchun ushbu kattaliklarning funksional bog'liqligi quyidagicha yoziladi:

$$y = \Lambda\{u, g, f\}.$$

Obyekt xolatini ifodalovchi X qo'shimcha vektordan foydalanib, obyekt dinamikasini matematik bayonini odatdagi ko'rinishdagi Koshi tenglamasi bilan ifodalash mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \dot{X} &= \Psi_{\dot{X}}\{u, g, f, x\} \\ Y &= \Psi_Y\{u, g, f, x\} \end{aligned} \right\}$$

Bu yerda $\dot{X} = \frac{dx}{dt}$. Bu tenglamalar sistemasini yechish uchun $X(0)$ vektorning boshlang'ich qiymatlari (boshlang'ich shartlari) aniq bo'lishi kerak. Yuqorida keltirilgan tenglamalar sistemasini chiziqli differensial tenglamalar sistemasiga keltirish mumkin bo'lsa, bunday obyektlarga (tizimlarga) chiziqli obyektlar deyiladi.

Statik va dinamik rejimlarning matematik ifodasi bo'yicha ARTlari chiziqli va nochiziqli tizimlarga bo'linadi.

Chiziqli ART statikada chiziqli algebraik tenglamalar bilan, dinamikada chiziqli differensial tenglamalar bilan ifodalanadi.

Chiziqli ARTlarining xarakterli belgilaridan biri superpozitsiya prinsipi, ya'ni chiziqli tizimning bir qator tashqi ta'sirlarga reaksiyasi xar bir aloxida ta'sirlarning reaksiyalari yig'indisiga teng.

Chiziqli bo'lmagan differensial tenglamalar bilan bayon etilgan obyektlarga chiziqli bo'lmagan obyektlar (yoki tizimlar) deyiladi.

4. Obyekt parametrlarining vaqt bo'yicha o'zarishiga qarab tizimlar parametrlari statsionar va statsionar bo'lmagan tizimlarga bo'linadi.

Parametrlari vaqt davomida o'zgarmay qoladigan tizimlarga statsionar tizimlar deyiladi va aksincha parametrlari vaqt davomida o'zgarib turuvchi tizimlarga statsionar bo'lmagan tizimlar deyiladi.

Matematik nuqtai nazardan statsionar tizimlar o'zgarmas koeffitsientli tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$a_1 \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + a_2 \frac{dx(t)}{dt} + a_3 x(t) = y(t).$$

Statsionar bo'lmagan tizimlar koeffitsiyentlari vaqt davomida o'zgaruvchi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$a_1(t)\frac{d^2x(t)}{dt^2} + a_2(t)\frac{dx(t)}{dt} + a_3(t)x(t) = y(t).$$

5. ARTning barqarorlashgan xolatidagi rostdash xatoligining mavjudligiga nisbatan tizim statik va astatik tizimlarga bo'linadi.

Statik ART da rostdash jarayoni tugugandan so'ng rostdanayotgan qiymat berilgan qiymatdan farq qiladi, ya'ni xatolik mavjud bo'ladi.

Rostlashni statik xatosiz amalga oshirish imkonini beruvchi tizimlarga astatik ART deyiladi.

6. Boshqarish tizimi turg'un, turg'un emas va neytral (turg'unlik chegarasida) bo'lishi mumkin.

Qisqa vaqtli tashqi ta'sirdan so'ng obyekt ma'lum vaqt davomida o'z xolatiga qaytsa, bunday obyektlarga turg'un obyektlar deyiladi va aksincha obyekt o'z xolatiga qaytmasa, ya'ni tashqi ta'sir kuchi olingandan so'ng o'zgarish trayektoriyasini davom ettirsa bunday obyektlar turg'un emas obyektlar deyiladi. Qisqa vaqtli tashqi ta'sirdan so'ng obyekt xolati o'zgarsa, lekin muvozanati saqlanib qolsa, bunday obyektlarga neytral (turg'unlik chegarasidagi) obyektlar deyiladi.

7. ARTning kirishi va chiqishidagi qiymatlar orasidagi aloqaning xarakteriga nisbatan uzliksiz va uzlikli (releli va diskret) ishlovchi ARTlariga bo'linadi.

8. Bir o'lchovli va ko'p o'lchovli ART.

Boshqarish obyektlari boshqaruvchi $u(t)$ va boshqariladigan $y(t)$ qiymatlar soniga nisbatan ART lari bir o'lchamli yoki ko'p o'lchamli tizimlarga bo'linadi.

9. Bir konturli va ko'p konturli ART.

Aks aloqa va rostdash konturi soniga nisbatan ARTlari bir konturli va ko'p konturli ARTlariga bo'linadi.

Bir konturli ART bitta, tizimni kirishidan chiqishigacha qamrab olgan manfiy aks aloqaga ega bo'ladi.

Ko'p konturli ART da asosiy qat'iy manfiy aks aloqadan tashqari yana bir yoki bir nechta manfiy yoki musbat, tizimni to'liq yoki qisman qamrab olgan maxalliy aks aloqalar xam bo'ladi.

10. Energiya manbaiga nisbatan:

- elektrik;
- pnevmatik;
- gidravlik.

11. Tizimning vazifasiga ko'ra:

- - sifat ko'rsatgichlari ekstrimumini qidiruvchi tizimlar;
- - optimal boshqaruvchi tizimlar;
- - adaptiv (moslanuvchi) tizimlar;

12. Rostlash prinsipi bo'yicha:

- - toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostdash prinsipli ART;
- - rostdanayotgan parametrning og'ishi bo'yicha rostdash prinsipli ART;
- - kombinatsiyali rostdash prinsipli ART;

13. O'lchash elementining rostdash organiga ta'sir shakliga nisbatan:

- bevosita ta'sir qiluvchi ART;
- vositali ta'sir qiluvchi ART;

ART ning yuqorida keltirilgan turkumlanish belgilaridan tashqari boshqa belilari xam bo'lishi mumkin.

Sinov savollari.

6. Boshqarish nima?
7. Raqamli rostlash va boshqarish nima?
8. Boshqarish obyekti qanaqa tashqi ta'sirlar ostida bo'lishi mumkin?
9. ART ning boshqarish qurilmasi qanday elementlardan tashkil topishi mumkin?
10. ARTda aks aloqaning vazifasi nimadan iborat?
11. Ochiq va berk sikl bo'yicha boshqarish tizimlarining farqi nimada?
12. ART lari qanday belgilar asosida turkumlanadi?
13. Qanday obyektlarga turg'un obyekt deyiladi?
14. Statik va dinamik tizimlar bilan statsionar va statsionar bo'lmagan tizimlarning farqi nimada?
15. Uzlukli tizimlarning qanday ko'rinishlari bor?

4-ma`ruza. Texnologik jarayon va boshqaruvchi kompyuter o`rtasidagi interfeysning komponentalari

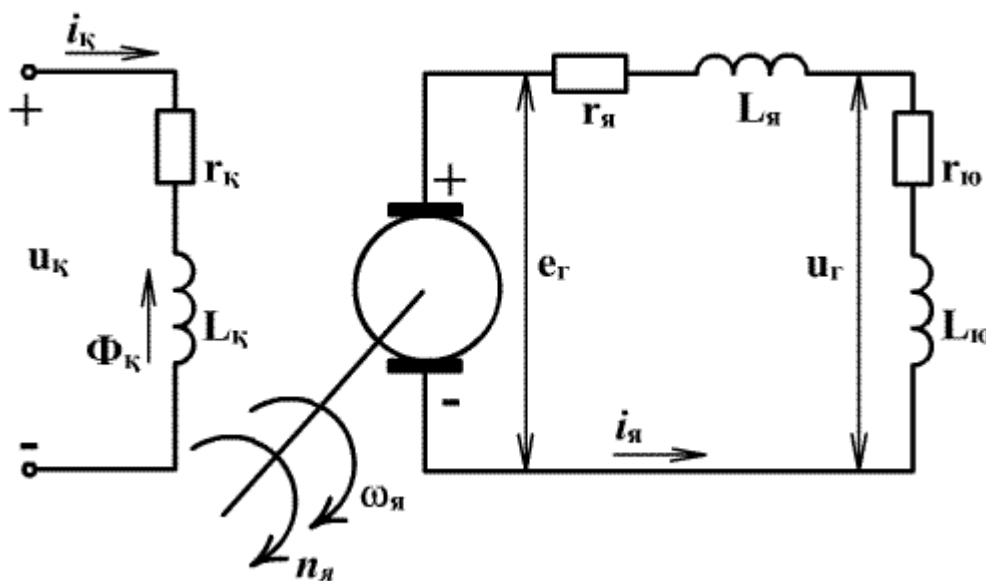
Reja.

1. O'zgarmas tok generatori boshqarish ob'yekti sifatida.
2. O'zgarmas tok motori boshqarish ob'yekti sifatida.
3. Qizdirish pechlari boshqarish ob'yekti sifatida.
4. ABT ning ifodalanish sxemalari.

Elektr energetikasi bilan bog'lik bo'lgan ko'p sohalarda qo'llaniladigan o'zgarmas tok generatori va motori, qizitish pechlari misolida sodda boshqarish obyektlarini ko'rib chikamiz.

§ 1. O'zgarmas tok generatori boshqarish obyekti sifatida

Boshqarish obyekti sifatida o'zgarmas tok generatori (O'TG)ning rostdash parametrlari generatorning chiqishidagi tok, kuchlanish yoki quvvat qiymatlari bo'lishi mumkin. Ko'pincha generatorning chiqishidagi kuchlanishni yukka mos ravishda bir xil qiymatda ushlab turish talab etiladi. Bunda rostlanuvchi qiymat yukning kuchlanishi $y_1 = u_y$ bo'ladi. Mustaqil qo'zatish cho'lg'amli aktiv – induktiv yukli O'TG ning prinsipal sxemasi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Mustaqil qo'zatish cho'lg'amli aktiv – induktiv yukli O'TG ning prinsipal sxemasi

Generator kuchlanishining qiymati u_y qo'zg'atish cho'lg'amida xosil bo'ladigan magnit oqimi $\hat{O}_q$ ning qiymatiga bog'liq. Shuning uchun generator kuchlanishi u_y ni boshqaruvchi qiymat qo'zg'atish toki $u_1 = i_q$ yoki qo'zg'atish cho'lg'amining kuchlanishi $u_1 = u_q$ bo'lishi mumkin. Generatorga tashqi ta'sir qiluvchi signallar- generator valining burchak tezligi ω_y , yukning qarshiligi Z_y (yoki r_y), yukning tok kuchi qiymati i_y va boshqa shu kabi elektrik va elektrik bo'lmagan kattaliklar.

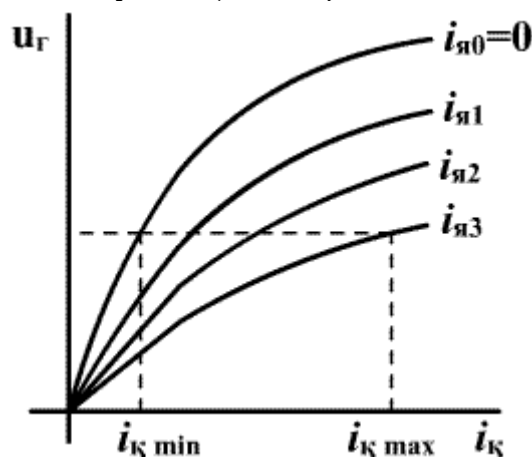
Agar yukning toki i_y o'lchansa va aksincha valning burchak tezligi ω_y o'lchanmasa (nazorat qilinmasa), u xolda boshqarilayotgan obyekt uchun: nazorat qilinadigan ta'sir $g_1 = r_y \cdot i_y$, nazorat qilinmaydigan ta'sir $f_1 = \omega_y$, boshqariladigan qiymat $y_1 = u_g = u_y$.

Generator kuchlanishi u_y ni u_q ; i_y ; ω_y ga bog'liqligini obyektning quyidagi matematik modeli orqali ifodalash mumkin:

$$\begin{cases} u_q = r_q \cdot i_q + w_q \frac{d\hat{O}_q}{dt} \\ \hat{O}_q = f(i_q) \\ e_g = u_g + r_y \cdot i_y = \tilde{n}_a \cdot n_y \cdot \hat{O}_q \end{cases}$$

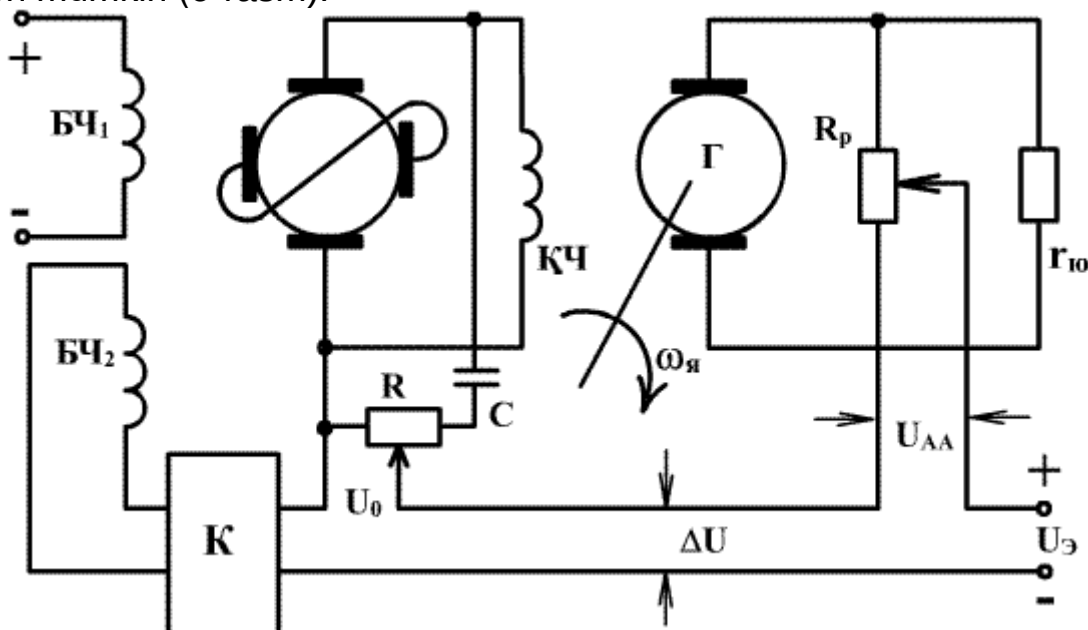
Bu yerda w_q - qo'zg'atish cho'lg'aming o'ramlar soni, $\hat{O}_q(i_q)$ - generatorning qo'zg'atish cho'lg'amidagi magnit oqimini qo'zg'atish tokiga bog'liqligi, e_g - generator yakorining EYK.

Qo'zg'atish cho'lg'ami toki bilan generator kuchlanishining o'zaro bog'liqligi O'TGning yukli xarakteristikasi deyiladi (2-rasm).



2-rasm. Mustaqil qo'zatish cho'lg'amli O'TG ning yukli xarakteristikasi

O'TG kuchlanishini Raqamli boshqarishni quyidagi prinsipial sxema orqali ko'rsatish mumkin (3-rasm).



3-rasm. O'TG kuchlanishini Raqamli boshqarishning prinsipial sxemasi

Tizimning ishlash prinsipi quyidagicha:

Boshqariladigan kattalik u_q ga proporsional bo'lgan aks aloqa zanjiridagi kuchlanish

u_{AA} etalon kuchlanish u_E bilan solishtiriladi. Ular orasidagi farq $\Delta u = u_E - u_{AA}$ maxsus kuchaytirgich K orqali elektr mashinali kuchaytirgich (EMK) ning ikkinchi boshqarish cho'lg'ami BCh₂ ga beriladi. EMKning chiqish signalini O'TG ning qo'zg'atish cho'lg'amiga uzatiladi. Agar $u_g < u_{gnom}$ bo'lsa, Δu kuchlanish EMK ning ikkinchi boshqarish cho'lg'ami BCh₂ da birinchi boshqarish cho'lg'ami BCh₁ ning magnit maydoni yo'nalishiga mos yo'nalishli magnit maydoni hosil qiladi. Natija ikkala boshqarish cho'lg'amidagi magnit maydoni qo'shib, generatorning qo'zg'atish cho'lg'amiga uzatiladi, natijada u_g ning qiymati ortadi.

Agar $u_g > u_{gnom}$ bo'lsa, manfiy ishorali Δu kuchlanish ta'sirida BCh₂ da BCh₁ ning magnit maydoni yo'nalishiga teskari yo'nalishda magnit maydoni hosil bo'ladi va natijaviy magnit maydoni kamayadi. Kamaygan magnit oqimi EMK orqali generatorning cho'lg'amiga uzatiladi va u_g ning qiymati kamayadi. $\Delta u = 0$ bo'lganda EMK ning BCh₂ dagi magnit oqimi ham nolga teng bo'ladi va EMK orqali faqat BCh₁ ning magnit oqimi generatorning qo'zg'atish cho'lg'amiga uzatiladi. Muvozanatning buzilishiga sabab r_y ning o'zgarishidir.

§ 2. O'zgarmas tok motori boshqarish obyekti sifatida

O'zgarmas tok motori (O'TM) valini aylanishlar tezligini yakor yoki qo'zg'atish cho'lg'amini ta'minlash zanjiri orqali boshqarish mumkin. Boshqariladigan qiymat valning burilish burchagi $y_1 = \varphi$ yoki uning aylanishlar tezligi $y_1 = n$ bo'lishi mumkin.

Boshkaruvchi ta'sir yakor cho'lg'aming kuchlanishi u_y bo'lsa, u holda yakor toki i_y ni nazorat qilinadigan tashqi ta'sir sifatida qarash mumkin.

Nazorat qilinmaydigan parametrlar sifatida valni aylanishiga ta'sir qiluvchi mexanik ta'sirlar, motorning cho'lg'ami va boshqa qismlarini qizishi, xamda shu kabi boshqa parametrlarni qarash mumkin. O'TM ning matematik modelini yakor reaksiyasini hisobga olgan xolda quyidagi differensial tenglamalar sistemasi orqali ifodalash mumkin.

$$\begin{cases} \dot{O}_q = f(i_q) \\ u_m = r_y \cdot i_y + e_i \\ e_m = \tilde{n}_a \cdot \dot{O}_q \cdot n \\ \dot{I} = \tilde{n}_m \cdot \dot{O}_q \cdot i_y \end{cases}$$

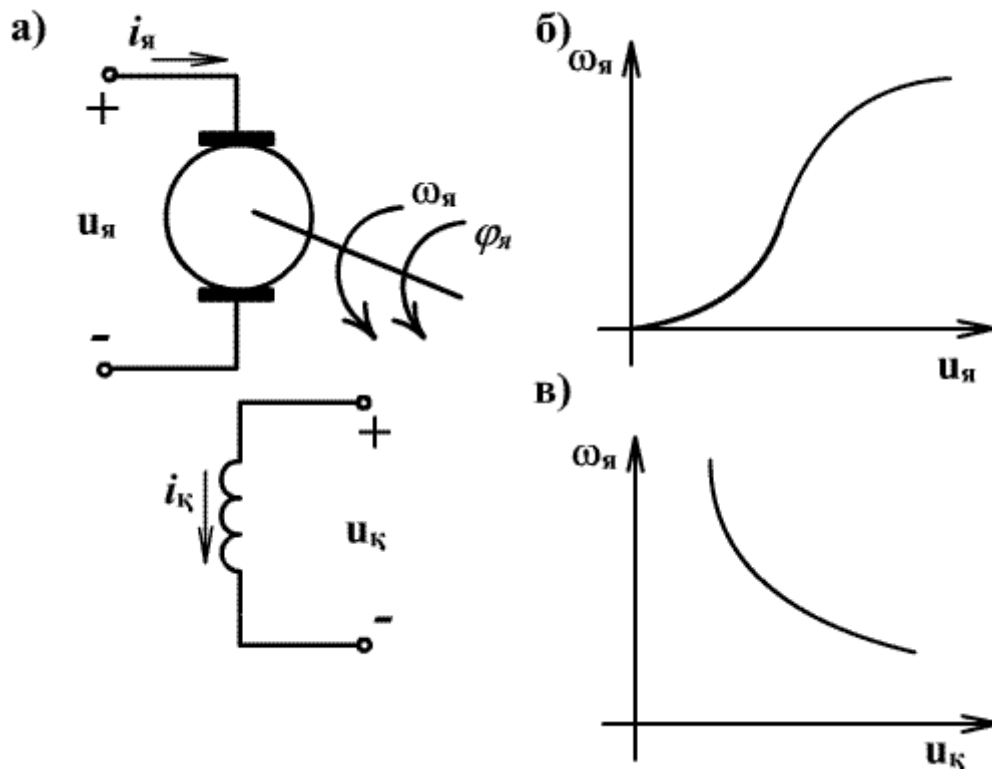
Bu yerda e_m - motorning EYK, r_y - yakor zanjirining qarshiligi, M-moment, $\dot{O}_q$ - qo'zg'atish cho'lg'aming magnit maydoni oqimi, c_e , $\tilde{n}_m$ - konstruktiv doimiylar.

Yuqorida keltirilgan tenglamalar sistemasidan O'TM ning elektromexanik va mexanik xarakteristikasini formulalari keltirib chiqariladi.

$$n = \frac{u_m}{\tilde{n}_a \cdot \dot{O}_q} - \frac{r_y \cdot i_y}{\tilde{n}_a \cdot \dot{O}_q};$$

yoki

$$n = \frac{u_m}{\tilde{n}_a \cdot \hat{O}_q} - \frac{r_y \cdot \dot{I}}{\tilde{n}_a \cdot \tilde{n}_m \cdot \hat{O}_q^2}$$

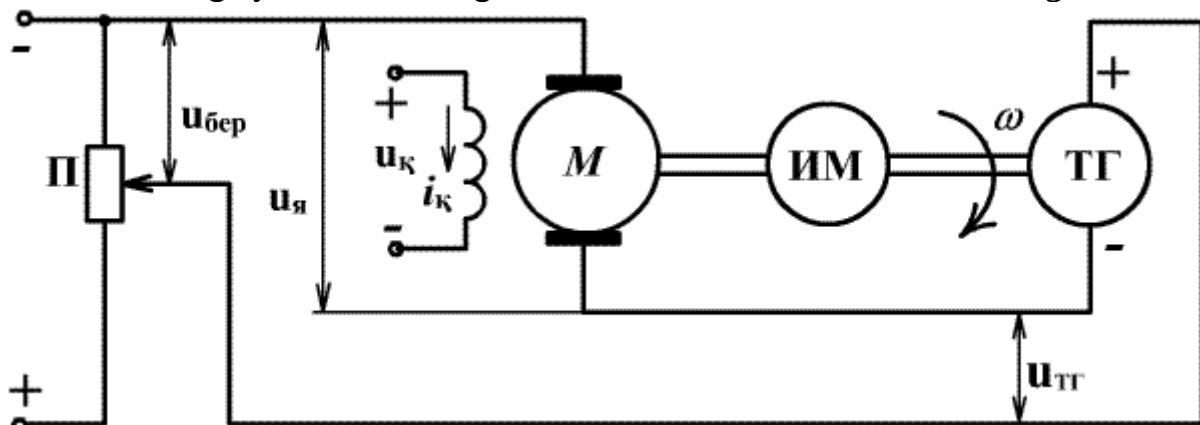


4-rasm. O'TM ning prinsipial sxemasi va elektromexanik xarakteristikalari

O'TM ning prinsipial sxemasi va elektromexanik xarakteristikasi 4-rasmda keltirilgan. Elektromexanik xarakteristikalaridan shu narsa ko'rinadiki, yakor zanjirining va qo'zg'atish cho'lg'aming kuchlanishi yakorning aylanishlar tezligiga ta'sir qiladi. Yakor zanjiri kuchlanishi u_y ortishi valning aylanishlar tezligini oshiradi (4b-rasm), xuddi shuningdek kuzatish cho'lg'aming kuchlanishi u_q xam valning tezligiga ta'sir qiladi, lekin u_q ning ortishi valning aylanishlar tezligini monoton kamaytiradi (4v-rasm).

O'TM ning statik xarakteristikasidan valning aylanishlar tezligiga mos keladigan yakor kuchlanishning o'zgarish diapozonini aniqlash mumkin.

O'TM valining aylanishlar tezligini rostlash sxemasi 5-rasmda keltirilgan.



5-rasm. O'TM valining aylanishlar tezligini Raqamli rostlashning prinsipial sxemasi.

Yakor zanjiri kuchlanishi u_m - ning o'zgarishi valning aylanishlar tezligi n_y ga to'g'ri proporsional. Yakor zanjiri kuchlanishi u_m - ning qiymati P- potensiometr orqali

o'zgartiriladi. Aylanishlar tezligi u_m ni nazorat qilish uchun uni taxogenerator orqali elektrik kattalik u_{TG} ga aylantiriladi. Texogeneratorning kuchlanish qiymati: $u_{TG} = k_{TG} \cdot \omega_y$. Yakor zanjiriga uzatiladigan kuchlanish manbadan beriladigan u_{ber} kuchlanish bilan taxogenerator kuchlanishi u_{TG} farqiga teng: $u_m = u_{ber} - u_{TG}$. Bu tenglamaga muvozanat tenglamasi deyiladi.

Agar valdagi qarshilik momenti M_r oshsa ishchi mexanizm (IM) ning chiqishidagi aylanishlar tezligi n_{im} kamayadi, mos ravishda u_{TG} xam kamayadi. Natijada manbaadan beriladigan u_{ber} kuchlanish bilan taxogenerator kuchlanishi u_{TG} o'rtasidagi farq kattalashadi, ya'ni u_m ortadi va aksincha u_{TG} ni ortishi u_m ni kamayishiga olib keladi.

P- potensiometr holatini biron bir m holatga qo'yib u_{ber} kuchlanish qiymati aniqlab olinsa, muvozanat tenglamasiga asoslanib O'TM valining aylanishlar tezligi ω_y ni Raqamli rostlab turish mumkin.

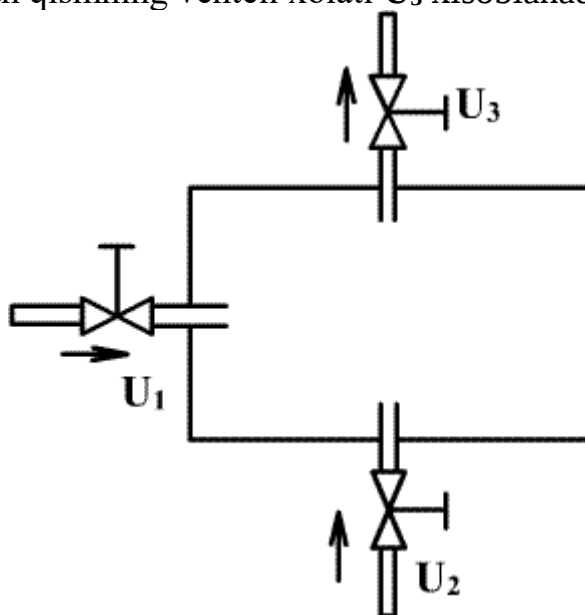
5-ma`ruza. Datchiklarning tavsiflari

Reja.

1.RBT ning ifodalanish sxemalari.

3. Datchiklarning tavsiflari

Elektrotexnologik qurilma sifatida pechlardan keng foydalaniladi. Bu boshqarish obyektida pech yoqilg'ini yoqish orqali yoki elektr energiyasi yordamida isitiladi va pech kamerasidagi issiqlik nazorat qilinadi, ya'ni pech uchun rostlanadigan parametr uning ma'lum bir nuqtasidagi v_p teperaturasidir. Boshqarish ta'siri U yoqilg'ini uzatish venteli xolati yoki elektr bilan ta'minlash zanjirining kuchlanishi U_1 , havo uzatish venteli xolati yoki sovutish venteliyatorining tezligi U_2 va kameradan gazni yoki ortiqcha xaroratni chiqarishiga mo'ljallangan qismning venteli xolati U_3 xisoblanadi (6-rasm).



6-rasm. Qizdirish pechining prinsipial sxemasi

Tashqi ta'sirlar – kameradagi xavo bosimi, pechdan foydalanish vaqtidagi issiqlik parametrlari, yoqilg'ining tarkibi, isrofi va shu kabi boshqalar.

Pechning issiqligini boshqarish yoqilgini uzatish tezligini yoki elektr energiyasi quvvatini nazorat qilish orqali amalga oshiriladi va taqribiy xisoblar uchun birinchi darajali differinsial tenglamalar orqali obyektning matematik modeli ifodalanadi.

Agar Q - bir birlik vaqt davomida pechdan ajralib chiqqan issiqlik miqdori va $v_{o'rt}$ - pechning o'rtacha temperaturasi bo'lsa, u holda issiqlik balans tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$Q = g(v_{o'rt} - v_{tashqi}) + \tilde{N} \frac{dv_{o'rt}}{dt},$$

bu yerda g - «pech - tashqi muxit» tizimining issiqlik o'tkazuvchanligi, v_{tashqi} - tashqi muxit temperaturasi, C - pechning issiqlik sig'imi. Tizimining issiqlik o'tkazuvchanligi g va pechning issiqlik sig'imi C temperaturaga bog'liq bo'lib, faqat taqribiy xisoblar uchun doimiy deb qarash mumkin. Nazorat qilinmaydigan ta'sirlar sifatida tashqi muxit xarorati v_{tashqi} , pechning issiqlik sig'imi C va issiqlik almashinish shartlarini qarash mumkin.

Yoqilgi bilan qizitiladigan pechlarning xarorati yoqilg'ini uzatishni nazorat qilish bilan rostlansa, elektr pechlari elektr parametrlarni nazorat qilish orqali rostlanadi.

Elektr pechlarini temperaturasini ikki xil usul bilan rostlash mumkin:

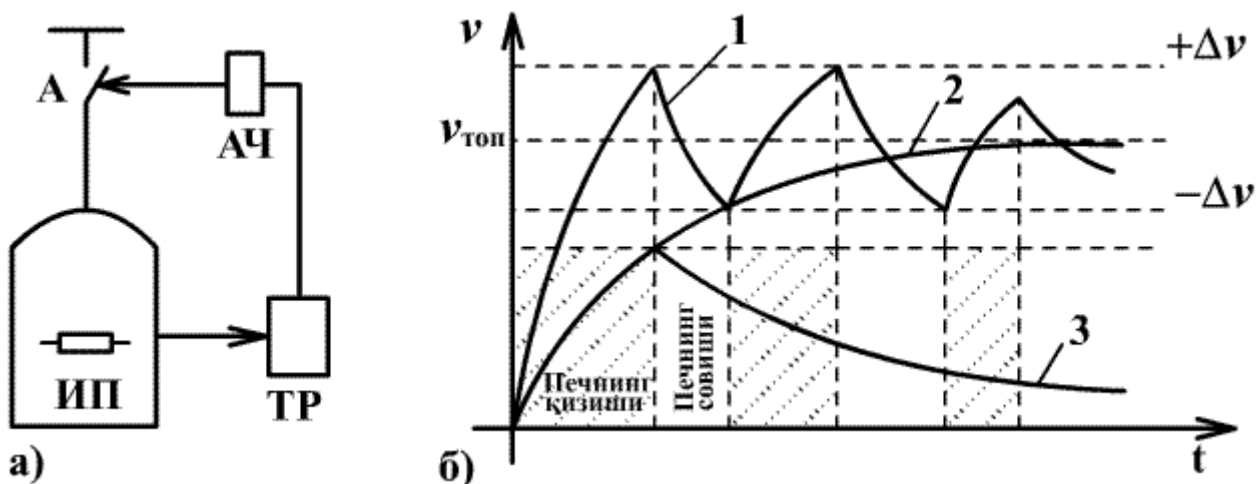
- pechni ta'minlash tarmog'iga davriy ulab – uzib turish;
- pechni isitish elementlarini “yulduz” ulanish sxemasida “uchburchak” ulanish sxemasiga yoki ketma-ket ulanishdan parallel ulanish sxemasiga almashtirish.

Birinchi usulda pechning temperaturasi termopara, qarshilik termometri, fotoelement bilan nazorat qilinadi.

Pechni tarmoqqa ulab – uzish temperatura regulyatori (TR) orqali amalga oshiriladi. Buning uchun TR dan ajratish cho'lg'ami (ACH) ga mos signalni uzatadi. Pechning temperaturasi $v_{top} + \Delta v$ gacha o'zgaradi va TR pechni tarmoqdan uzadi. Bu yerda Δv temperaturani berilgan qiymatdan og'ishi, xatolik.

Issqlikni qizdirilayotgan jismga singishi va atrof muhitga tarqashi xisobiga pech kamerasidagi issiqlik ma'lum vaqtdan keyin $v_{top} - \Delta v$ gacha kamayadi va TR yana pechni tarmoqqa ulaydi. Temperaturani og'ish qiymati Δv ning miqdori TR ning aniqligiga, pechning inersiyasiga va temperatura datchigining sezgirligiga bog'liq.

Bunday rostlashga ikki pozitsiyali rostlash deyiladi [A.V.Bolotov, G.A.Shepel Elektrotexnicheskie ustanovki M.1988 yil 336 s). Pechning funksional sxemasi va temperatura hamda quvvatning o'zgarish grafiqi (o'tkinchi jarayoni) 7-rasmda ko'rsatilgan.



7-rasm. Pechning funksional sxemasi (a) va temperatura hamda quvvatning vaqt bo'yicha o'zgarish grafiqi (b). 1 - pechning temperaturasini o'zgarishi, 2 - pechning o'rtacha temperaturasini o'zgarishi, 3 - pechning o'rtacha iste'mol quvvati.

Pechni tarmoqdan iste'mol qiladigan kuvvatini qizitish elementlarini yulduz ulanish sxemasidan uchburchak ulanish sxemasiga almashtirish usuli bilan kamaytirish temperaturani rostlash energetik nuqtai nazardan samarali xisoblanadi. Pech quvvatini avtotransformator, qo'shimcha drosel, reostat yoki tiristorli rostlagich orqali xam rostlash mumkin.

§ 4. RBT ning ifodalanish sxemalari

§ 4.1. ART sxemalarini tuzishga doir umumiy ma'lumotlar

Har qanday texnik obyekt va boshqarish qurilmalarining ishlash prinsiplari, uning elementlarining bir-biri bilan bog'langanligi va o'zaro ta'sirilari sxemalar orqali ifodalanadi.

ARTning elementlari va ularning aloqasiga nisbatan Raqamli rostdash va boshqarish qurilmalari elektrik, gidravlik, pnevmatik va kinematik sxemalarda ifodalanishi mumkin.

Sxemalar vazifasiga nisbatan quyidagilarga bo'linadi:

prinsipial sxema;

ulanish va montaj sxemasi;

funksional sxema;

strukturali sxema.

Sxemalar ko'rinishi va tipi bo'yicha farqlanadi. Masalan, elektrik prinsipial sxema, gidravlik ulanish sxemasi va boshqa shu kabi. Har qanday sxema tizim haqida aniq va to'liq ma'lumot berishi kerak, unda ifodalanyotgan barcha elementlar standart asosida kompakt ifodalanishi lozim. Bog'lovchi liniyalar bir-biri bilan qo'shib ketmasligi, kesishuvchi va siniq chiziqlarni kam bo'lishi erishish lozim. Murakkab va katta sxemalar bir nechta listlarga bo'linib chizilishi mumkin. Bunda uzilgan va boshqa listga davom etadigan bog'lovchi liniyalar ikkala listda xam bir xil xarf yoki raqamlar bilan belgilanadi.

Prinsipial elektrik sxemalarda tizimning alohida elementlarini o'zaro bog'lanish tartibi tasvirlanadi. Bu sxemada tizimning kirish va chiqish zanjirlarini ko'rsatuvchi barcha elementlar va ular orasidagi bog'lanishlar to'liq ko'rsatiladi. Sxemani o'qish qulay bo'lishi uchun tizimning kirish va chiqish zanjirlarining elementlari chapdan o'nga yoki yuqoridan pastga qilib joylashtiriladi, mos ravishda elementlarning grafik tasviri gorizontaal yoki vertikal, ba'zi hollarda 45° burchakka karrali burilgan holda ifodalanadi. Tizim elementlari xarfli belgilar (Tr-transformator), xarf va raqam (R1,R2 – 1 va 2 rezistorlar) yoki raqamlar bilan ajratiladi va ularga alohida izox beriladi.

Tizimni tashqi tarmoqqa ulanishini va elementlarini o'zaro bog'lanishini ifodalashda ulanish va montaj sxemalaridan foydalaniladi. Ulanish sxemasi orqali tizimni tashqi tarmoqqa ulanishi tasvirlanadi. Montaj sxemasi orqali tizim elementlari va qurilmalarining uzaro bog'lanishi tasvirlanadi va bu sxema orqali tizim butlanadi yoki ta'mirlanadi. Montaj jarayonida simlarni to'g'ri ulanishini ta'minlash va qulaylik yaratish uchun sxemada barcha elementlar kirish va chiqish zajimlari bilan tasvirlanadi. Sxemani soddalashtirish uchun bitta yo'nalishda ketayotgan simlar umumiy liniyaga birlashtiriladi va bog'lanish zajimiga kelganda aloxida ajratib ko'rsatiladi. Sxemada elementlar to'g'ri to'rtburchak, shartli grafik belgi yoki qurilmaning tashqi formasi orqali ifodalanib, uning ichki yoki tashqi qismiga elementning nomi, tipi va shu kabi boshqa belgilari ko'rsatiladi, hamda kirish va chiqish klemmalar harf yoki raqamlar bilan belgilanadi.

§ 4.2. ART funksional va strukturali sxemasi

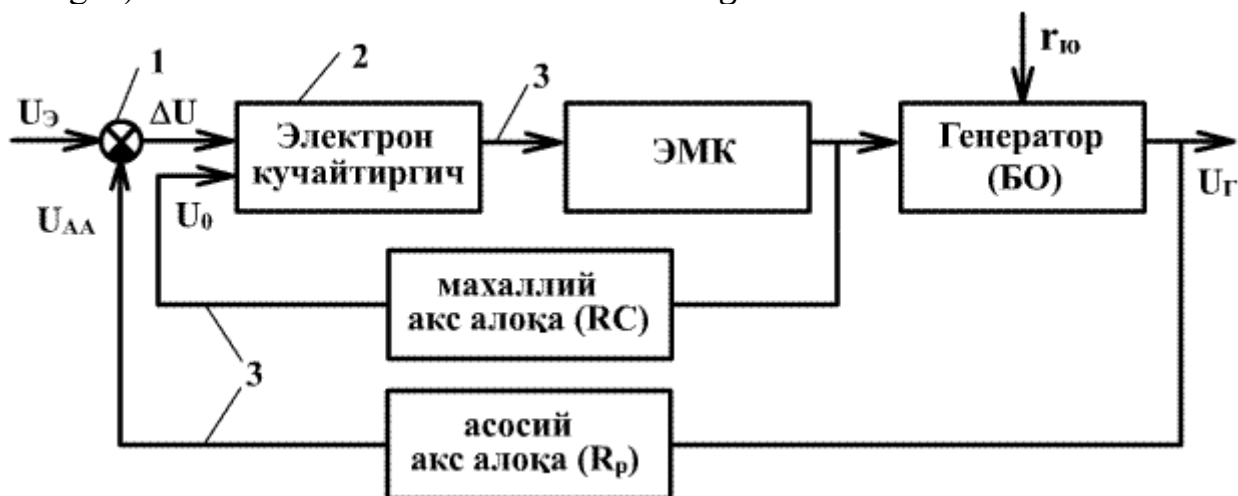
Raqamli rostdash va boshqarish tizimlarini ifodalashda va ishlash prinsiplarini yoritishda ikki xil - funksional va strukturali prinsipda yondoshiladi. Ba'zida to'la ma'lumot berish zarur bo'lganda (masalan qurilmani montaj qilish, ishga tushirish talab etilganda) tizimning prinsipial sxemadan foydalaniladi.

Funksional sxemada tizim elementlarining funksiyasi aks ettiriladi. Sxemada elementlar, bloklar va aloxida qismlarning ish jarayonida o'zaro bog'liqligi tasvirlanadi va funksiyasi bo'yicha ajratilgan qism tizimning ma'lum bir zvenosi xisoblanadi.

Raqamli rostdash tizimini aloxida elementlarga bo'lib o'rganish tizimni sintez va taxlil qilishda qulayliklar yaratadi, hamda uni aloxida elementlarini funksional mazmunini aniqlash va tizimning funksional sxemasini tuzish imkoniyatlarini beradi.

Sxemada elementlari, ya'ni zvenolari to'g'ri to'rtburchak orqali ifodalanadi va unga odatda elementlarni nomi yoki ular bajaradigan funksiyasi yozib qo'yiladi. Zvenolar o'rtasidagi bog'liqlik signalni o'tishiga mos yo'nalishdagi strelkalar bilan ko'rsatiladi.

O'TG kuchlanishini Raqamli boshqarish tizimining (prinsipial sxemasi 3-rasmda ko'rsatilgan) funksional sxemasi 8-rasmda tasvirlangan.



8-rasm. O'TG kuchlanishini Raqamli boshqarish tizimining funksional sxemasi.

Bu yerda: 1-taqqoslovchi element (summator), bo'yalgan qismi aks aloqani manfiyligini bildiradi, ya'ni $\Delta U = U_E - U_{AA}$; 2-to'g'ri to'rt burchak-tizim element (qurilma)lari; 3-strelkalar - zvenolarni o'zaro bog'lanish ketma-ketligi.

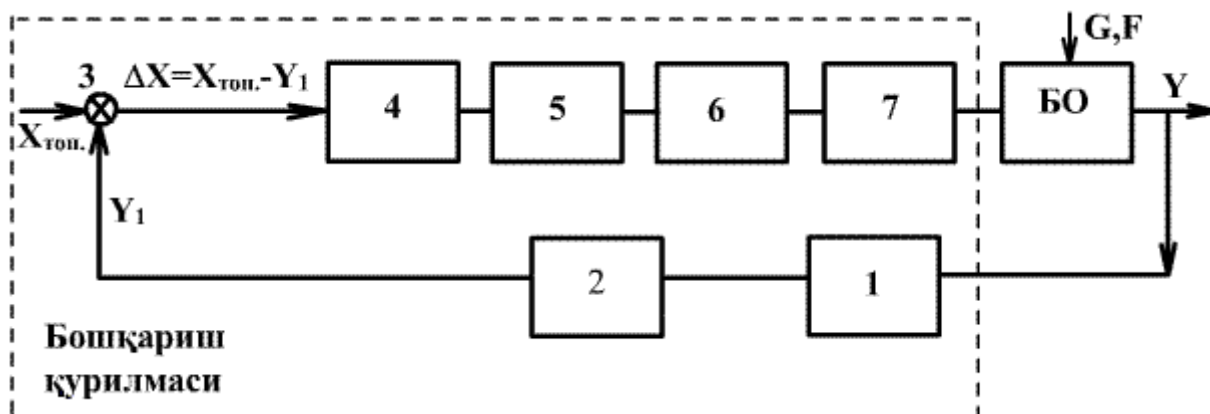
Ba'zi xollarda tizim tarkibidagi qurilma (element)lar to'g'ri turtburchaklar bilan ifodalanib, ular raqamlanadi va sxemaning ostki qismida raqamlar bilan qaysi elementlar belgilanganligi izoxlanadi.

Boshqarish qurilmasi obyekt xolatini talab etilgan xolatda saqlash uchun quyidagi

funksiyalarni bajaradi:

datchiklar orqali nazorat qilanadigan parametrlar qiymatlarini o'lchash;
o'lchash natijalarini kuchaytirib va siganl turini o'zgartirish;
o'lchash natijalarini topshiriq bilan taqqoslash;
taqqoslash natijalarini aniqlash, ko'rsatish, signalni kuchaytirish;
qaror qabul qilish va uni ijrosini ta'minlash;

Boshqarish tizimining bu funksiyalaridan kelib chiqib ART ning quyidagi funksional sxemasini xosil qilish mumkin (9-rasm).



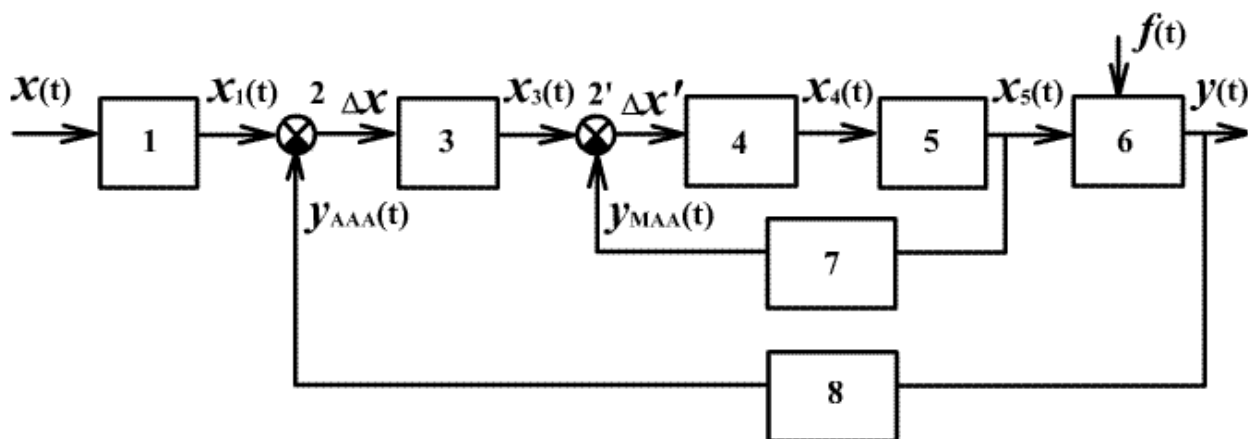
9-rasm. ART ning funksional sxemasi

1-o'lchash elementi (datchik); 2-signalni kuchaytiruvchi va turini o'zgartiruvchi qurilma; 3-taqqoslash elementi; 4- kuchaytirgich; 5- signalni kuchaytiruvchi va turini o'zgartiruvchi qurilma; 6-ijro mexanizmi; 7-rostlash elementi.

Sxemada boshqarish qurilmasi elementlari va boshqarish obyektining o'zaro bog'liqligi ko'rsatilgan. BO ning nazorat qilinadigan parametrlari qiymati datchiklar yordamida o'lchanadi va zaruratga qarab bu signal kuchaytiriladi va turi o'zgartiriladi (masalan, noelektrik signal elektrik signalga almashtiriladi). Natija Y_1 o'rnatilgan topshiriq X_{top} bilan taqqoslanadi. Agar ular orasida farq bo'lsa, $\pm\Delta X = X_{top} - Y_1$ signal boshqarish ta'siri sifatida keyingi elementga uzatiladi. Hosil bo'lgan farq $\pm\Delta X$ kuchsiz signal bo'lishi mumkin. Shuning uchun bu signal kuchaytiriladi, zaruriyatga qarab turi o'zgartiriladi va bu signal ijro mexanizmiga uzatiladi. Ijro mexanizmi signalni qayta ishlab boshqarish obyektini rostdash elementiga ta'sir qiladi. Ba'zida boshqarish ta'sirini xosil qilishda og'ish $\pm\Delta X$ ning xosilasi va integralini xam hisoblash kerak bo'ladi.

ARTning funksional sxemasiga zaruratga qarab tizimning aloxida elementlarini bir biri bilan moslovchi maxsus elementlar (reduktor, rementli uzatgich, taxogenerator va boshqalar), boshqarish qurilmasini ishlash algoritmini ishlab chiqish uchun EHM va boshqa shu kabi qurilmalar qo'shilishi mumkin.

Boshqarish tizimlarida asosiy aks aloqadan tashqari boshqarishni sifatini va aniqligini oishirish maqsadida korrektlovchi qurilmalardan foydalanilishi mumkin. Bu qurilmalar tizimda maxalliy aks aloqa zanjirlarini tashkil etadi. Quyida bir o'lchamli ABT ning funksional sxemasining umumiy ko'rinishi keltirilgan (10- rasm).

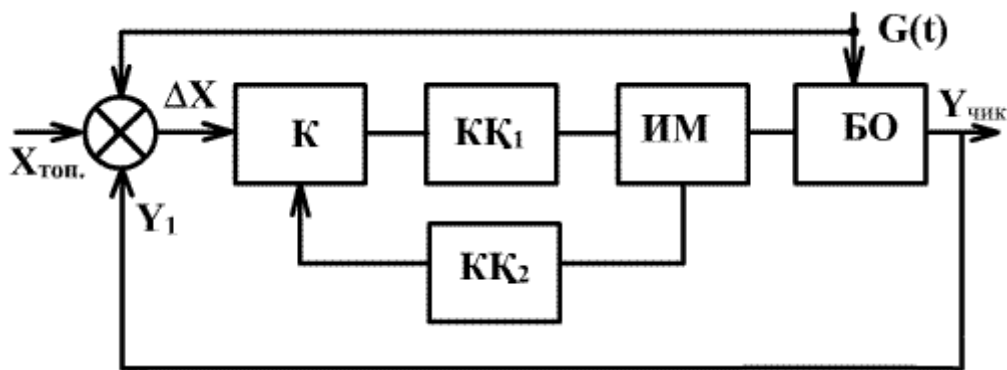


10-rasm. Asosiy va maxalliy aks aloqali ABT ning funksional sxemasi.

Sxemada keltirilgan elementlarning funksiyalari quyidagicha:

- 1- boshqarish signali ishlab chiqaruvchi qurilma;
- 2;2'- taqqoslovchi qurilmalar;
- 3;4- o'lchash, signalni kuchaytirish, signal turini o'zgartirishga mo'ljallangan elementlardan birontasi;
- 5- ijro elementi;
- 6- boshqarish obyekti;
- 7- maxalliy aks aloqa elementi (korrektlovchi element);
- 8- asosiy aks aloqa elementi (signal turini o'zgartiruvchi qurilma, xar xil datchiklar va h.k.).

Obyektning talab qilinayotgan statik va dinamik xarakteristikalarini ta'minlash tizimga xam ketma – ket (KQ_1), ham parallel (KQ_2) korrektlovchi qurilmalar kiritilishi mumkin (11-rasm).



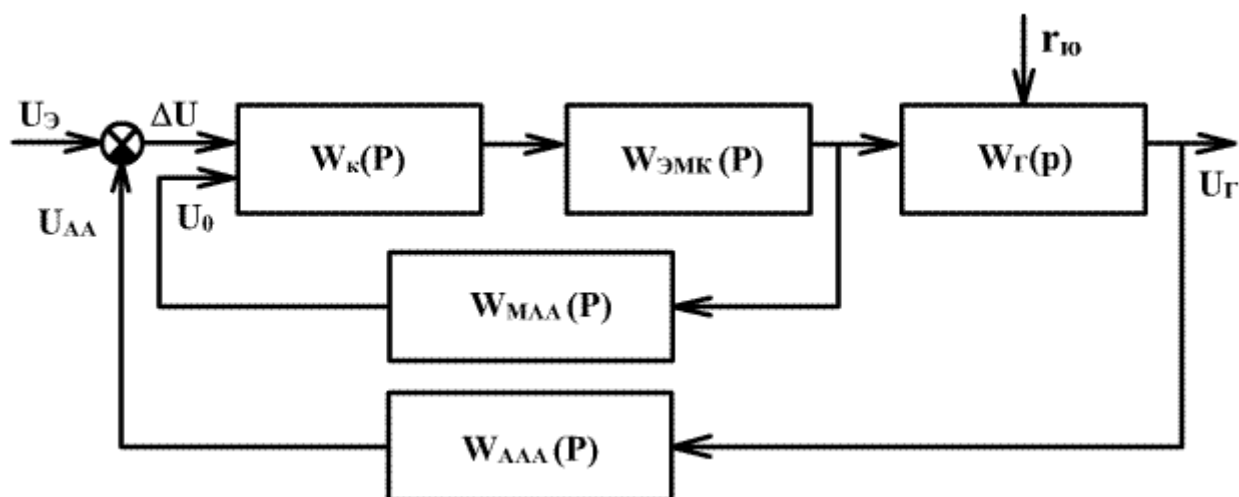
11-rasm. Tarkibida korrektlovchi qurilmalar kiritilgan
ART ning funksional sxemasi

Dinamik strukturali sxema –tizimning elementlaridagi jarayonning yoki bajarilayotgan funksiyaning matematik ifodasini aks ettiradi. Matematik ifoda differensial tenglama, integral tenglama, uzatish funksiyasi yoki boshqa ko‘rinishdagi tenglamalar bo‘lishi mumkin. Bir so‘z bilan aytganda tizimning strukturali sxemasi uning matematik modelini ifodalaydi.

Strukturali va funksional sxemalar umumiylikka ega: ikkala sxema xam berk boshqarish tizimlarida signallarni o‘zgarishi va uzatilishi jarayonini aks ettiradi. Lekin ular orasida farq bor, funksional sxemada tizimni tashkil etuvchi qismlari funksional vazifasi orqali ifodalanadi, strukturali sxema tizimning dinamik xususiyatlarini ifodalovchi matematik modellardan tashkil topadi.

Tizimning barcha zvenolari chiqishidagi qiymatlarni uning kirishidagi ta’sirlarga matematik bog‘liqligi strukturali sxemalarda uzatish funksiyasi- $W(p)$ ko‘rinishida ifodalanadi. Uzatish funksiyasi operator shaklida yozilib, differensial tenglamani tasviri xisoblanadi. Strukturali sxema tizimning prinsipial yoki funksional sxemasi asosida tuziladi.

Tizim elementlarining uzatish funksiyasi orqali 3-rasmda keltirilgan tizimni strukturali sxemasini xosil qilash uchun xar bir element to‘g‘ri to‘rt burchaklar bilan, ularni o‘zaro bog‘lanish ketma –ketligi strelkalar orqali tasvirlanadi (12-rasm).



12-rasm. O‘TG kuchlanishini Raqamli boshqarish tizimining strukturali sxemasi.

Bu yerda: $W_k(P)$ – elektron kuchaytirgichning uzatish funksiyasi;

$W_{эмк}(P)$ – elektr mashinali kuchaytirgichning uzatish funksiyasi;

$W_r(P)$ – generatorning uzatish funksiyasi;

$W_{маа}(P)$ – maxalliy aks aloqadagi zvenoning uzatish funksiyasi;

$W_{ааа}(P)$ – asosiy aks aloqadagi zvenoning uzatish funksiyasi.

Sinov savollari.

1. Boshqarish obyekti sifatida O‘TGning qaysi parametri Raqamli rostlanadi?

2. O'TGda rostlovchi qiymat nima?
3. Qanday kattaliklar generatorning tashqi ta'sirlar hisoblanadi?
4. Generatorning aks aloqa zanjiridagi kuchlanish u_{AA} bilan etalon kuchlanish u_E orasidagi farq $\Delta u = u_E - u_{AA}$ nolga teng bo'lsa, BCh₂ boshqarish cho'lg'amidagi magnit maydon nimaga teng bo'ladi?
5. Boshqarish obyekti sifatida O'TMning qaysi parametri Raqamli rostlanadi?
6. O'TMda rostlovchi qiymat nima?
7. O'TM valining aylanishlar chastotasini oshirish uchun qaysi parametрни o'zgartirish kerak bo'ladi?
8. O'TM valining aylanishlar chastotasi Raqamli rostlash tizimi ochiq tizimmi yoki berk tizimmi?
9. Elektr issiqlik pechlarining temperaturasi qaysi parametr orqali rostlanadi?
10. Nima uchun issiqlik pecheni temperaturasini o'zgarishi (o'tkinchi jarayoni) arrasimon?
11. Raqamli rostlash va boshqarish qurilmalari qanday sxemalarda ifodalanishi mumkin?
12. ART ning sxemalari vazifasiga nisbatan qanday farqlanadi?
13. Qanday xolatlarda sxemalar bir nechta listlarga bo'linib chiziladi?
14. Prinsipial elektrik sxemalarda ART elementlari qanday tartibda ifodalanadi?
15. Montaj sxemalaridan nima maqsadda foydalaniladi?
16. Funktsional sxemada ART elementlari qanday ifodalanadi?
17. Funktsional sxema elementlarini ifodalashda raqamlardan foydalanish mumkinmi?
18. ART tizimining strukturali sxemasida ART elementlari qanday ifodalanadi?
19. ART tizimining funksional sxemasi bilan strukturali sxemasi o'rtasida qanday umumiylik va farq bor?
20. Korrektlovchi qurilmalardan nima maqsadda foydalaniladi?

6-ma`ruza Binar va raqamli datchiklar

Reja.

1. Ochiq sikl bo'yicha rostlash.
2. Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostlash prinsipi.
3. Rostlanayotgan parametrlarning og'ishi bo'yicha rostlash prinsipi.

§ 1. Ochiq sikl bo'yicha rostlash

ART (ABT) ni loyixalash bir qator rostlash (boshqarish) prinsiplari asosida amalga oshiriladi. Rostlash (boshqarish) prinsiplari boshqarilayotgan kattalikni berilgan qiymatdan og'ishini bartaraf etish usuli bilan farqlanadi va ARTlarida boshqarish ta'sirini tashkil etish usulini aniqlaydi.

Eng sodda xolda rostlash (boshqarish) oldindan belgilangan boshqarish algoritmi asosida amalga oshiriladi. Bu rostlash prinsipiga ochiq sikl bo'yicha rostlash prinsipi deyiladi.

Rostlashning bu prinsipida boshqarish algoritmi oldindan belgilangan tizimni ishlash algoritmi asosida amalga oshiriladi va boshqarish ta'sirini bajarilish darajasi nazorat qilinmaydi (4.1-rasm).



4.1-rasm. Ochiq sikl bo'yicha ART ning funksional sxemasi

Ochiq tizimda boshqarish ta'siri tizimning kirish elementidan (boshqarish algoritmini ishlab chiqarish qurilmasi va boshqarish qurilmasi) chiqish elementi (boshqarish obyekt) ga uzatiladi.

Ochiq tizimlarda tizimning chiqishidagi signal Y bilan kirishidagi signal X_{top} orasidagi farqni kam bo'lishiga tizimning konstruksiyasi va tizim elementlarining o'zaro mosligini ta'minlash orqali erishiladi.

Og'diruvchi (G, F) ta'sirlar katta bo'lganda, ochiq tizim yetarli darajada ishlash algoritmini aniqligini ta'minlay olmaydi. Kamchiliklariga qaramasdan ochiq sikl bo'yicha rostlash prinsipli tizimlar keng qo'llaniladi, lekin xamma vaqt xam aloxida rostlash (boshqarish) prinsipi sifatda ajratib ko'rsatilmaydi.

§ 2. Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostlash prinsipi

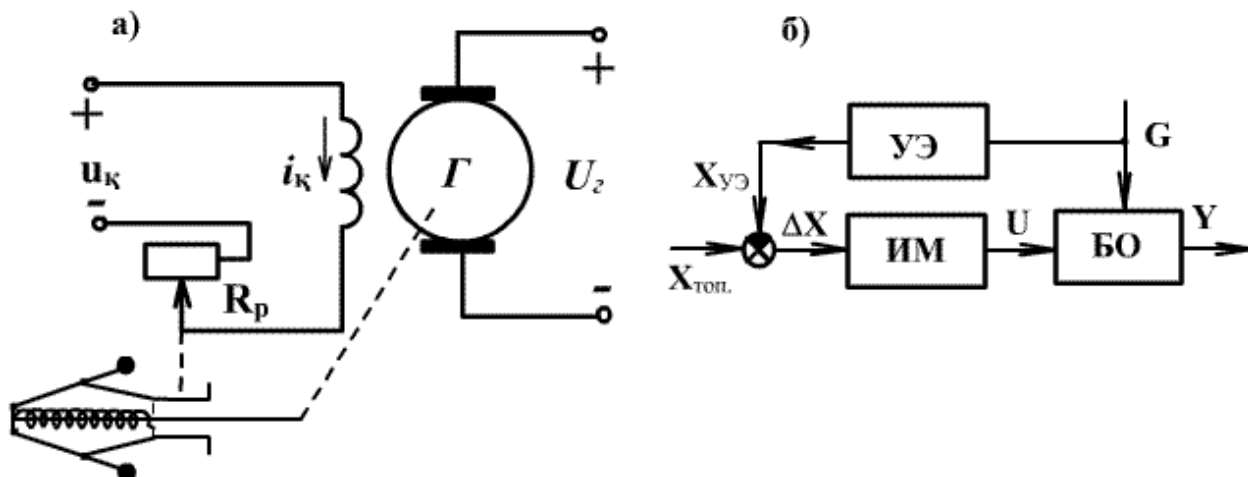
Agar tashqi toydiruvchi ta'sir katta bo'lsa, ochiq sikl bo'yicha rostlash boshqarish aniqligini ta'minlay olmaydi. Boshqarish aniqligini oshirish uchun tashqi ta'sirni nazorat qilish va nazorat natijasiga nisbatan yuzaga kelgan og'ishni kompensatsiyalash maqsadida boshqarish algoritmiga qo'shimcha (korrektirovka) qilish zarurati tug'iladi.

Toydiruvchi ta'sir (yuk) buyicha rostlashda ta'sir (yuk)ni qiymati yoki sarfi o'lchanadi va u berilgan yoki shartlashilgan qiymatdan og'ganda boshqarish ta'siri xosil bo'ladi. Bunday tizimlarda boshqarish ochiq kontur orqali amalga oshiriladi,

ya'ni boshqarish ta'siriga nisbatan rostlanayotgan kattalikning o'zgarishi nazorat qilinmaydi. Toydiruvchi ta'sirning qiymatini nazorat qilish uchun maxsus kompensatsiyalovchi kanal bo'lib, bu kanal orqali tashqi ta'sir (yukni qiymati) nazorat qilinadi.

Misol sifatida generator kuchlanishini Raqamli rostlash tizimini ko'rib chiqamiz (4.2-rasm). O'zgarmas tok generatori kuchlanishi:

$$U_2 = E_2 - I_{\text{я}} r_{\text{я}}; \text{ bu yerda } E_2 = c_e \cdot n_{\text{я}} \cdot \Phi_K.$$



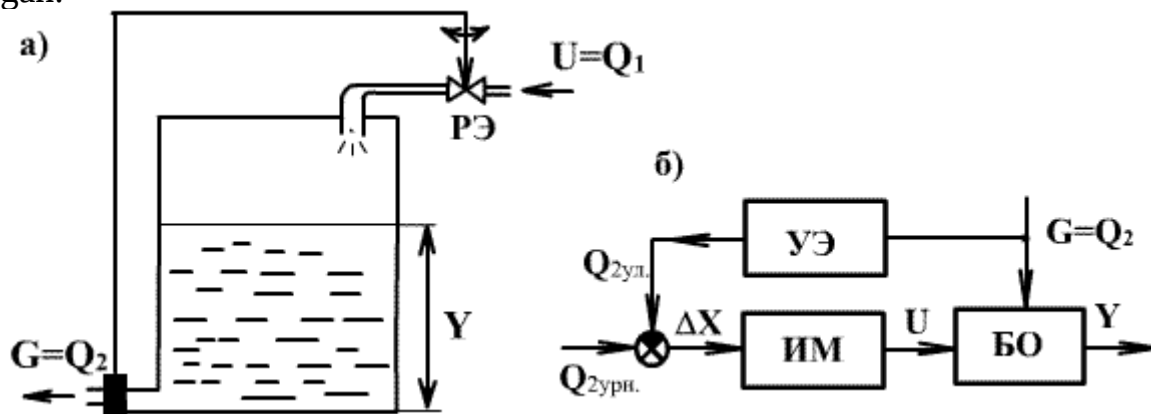
4.2-rasm. O'zgarmas tok generatori kuchlanishini toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostlash tizimi:

a-prinsipial sxemasi; b-funksional sxemasi; R_r – rostlovchi reostat; u_q , i_q – qo'zg'atish cho'lg'ami kuchlanishi va tok kuchi; UE – o'lchash elementi – markazdan qochma regulyator; IM – ijro mexanizmi - genartorning qo'zg'atish cho'lg'ami zanjiri; $X_{top.}$ - generator rotorining belgilangan aylanishlar tezligi - n_{nom} ; X_{UE} - generator rotorining o'lchash orqali aniqlangan aylanishlar tezligi - n_{ya} ; ΔX - toydiruvchi ta'sir xisobiga xosil bo'lgan farq – qo'zg'atish cho'lg'ami toki I_q ; U – boshqaruvchi ta'sir – qo'zg'atish cho'lg'ami magnit oqimi F_q ; Y - boshqarilayotgan kattalik – genartorning kuchlanishi U_g .

Agar generator rotorining aylanishlar tezligi $n_{\text{я}}$ ni o'zgarishini toydiruvchi ta'sir sifatida qarasak, yuqorida keltirilgan formula bo'yicha qo'zg'atish cho'lg'ami magnit oqimi F_q ni rotorning aylanishlar tezligi $n_{\text{я}}$ ning o'zgarishiga mos ravishda shunday o'zgartirish lozimki, generator chiqishidagi kuchlanish U_2 qiymati o'zgarmasligi kerak. Buning uchun qo'zg'atish cho'lg'ami zanjiriga qo'shimcha markazdan qochma regulyatorga bog'langan rostlovchi reostat R_p kiritiladi. Rotorining aylanishlar tezligi $n_{\text{я}}$ ni ortishi EYUK E_2 ni ortishiga olib kelishi kerak, lekin tezlikni ortishi qo'zg'atish cho'lg'ami magnit maydoni Φ_K ni kamayishi bilan kompensatsiyalanadi. Chunki, $n_{\text{я}}$ ni ortishi rostlovchi reostat R_p qarshiligini ortishiga sabab bo'ladi va buning xisobiga qo'zg'atish cho'lg'ami toki kamayadi va natijada magnit maydoni oqimi ham kamayadi. SHunday qilib, markazdan qochma regulyator genertor rotorining aylanishlar tezligiga mos ravishda rostlovchi reostat R_p qarshiligini avtomatik o'zgartirib turadi.

Agar, generator kuchlanishi yuk (istemolchi qarshiligi)ning o'zgarishi sababli berilgan qiymatdan og'sa markazdan qochma regulyator ishlamaydi va generator kuchlanishini doimiyligini saqlamaydi. Buning asosiy sababi, toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostlash prinsipi asosida loyixalangan tizim faqat nazorat qilinayotgan toydiruvchi ta'sirga nisbatan boshqarish ta'siri ishlab chiqadi.

Boshqarish ob'ekti yukini nazorat qilish orqali xam rostlashni amalga oshirish mumkin. Masalan, idishdagi suyuqlik satxi balandligini bir me'yorda ($h_{o'm.}$) ushlab turish talab qilinsin. Bu erda boshqarish ob'ekti idishdagi suyuqlik, boshqariladigan kiymat - suyuqlik balandligi $Y=h$, toydiruvchi ta'siri, ya'ni yuk – idishdagi suyuqlik sarfi ($G=Q_2$), boshqaruvchi kiymat idishga quyiladigan suyuqlik xajmi ($U=Q_1$), boshqarish elementi ventel. Ob'ekt yukni og'ishi bo'yicha boshqarilayotganligi uchun suyuqlik sarfini o'lchash amalga oshiriladi. Tizimning prinsipial (a) va funksional (b) sxemasi 4.3-rasmda keltirilgan.



4.3-rasm. YUk bo'yicha ART ning prinsipial (a) va funksional (b) sxemasi:

$Q_{2o'l.}$ -o'lchash natijasi; $Q_{2o'm.}$ -idishdagi suyuqlik sarfining o'rnatilgan qiymati;
 $\Delta X = Q_{2o'm.} - Q_{2o'l.}$ idishdagi suyuqlik sarfining o'rnatilgan qiymatdan og'ishi.

Boshqarish ta'siri suyuqlik sarfiga nisbatan ishlab chiqiladi, ya'ni boshqaruvchi qiymat toydiruvchi ta'sir (yuk)ning funksiyasi bo'lib, $U=U(G)$, boshqarish masalasi ushbu funksiyani topish orqali echiladi. Bunda $Y=Y_t=const$ sharti bajarilishi kerak. Bu erda $Y_t=h_{o'm.}$ talab qilinayotgan suv satxi.

Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostlash prinsipi asosida loyixalangan tizimlarning afzalligi yukni o'zgarishiga tizim reaksiyasini tezkorligi, hamda boshqarish tizimi xarakteristikalarining aniqligini uning turg'unlik xolatiga ta'sir kilmasdan turib yaxshilash mumkin.

Tizimning kamchiligi quyidagilar:

- rostlash jarayoni faqat nazorat qilinayotgan toydiruvchi ta'sir o'zgargandagina yuz beradi (masalan, idishdagi suyuqlik bug'lanishi yoki idishni boshqa qismidan suyuqlik chiqib ketishi natijasida suyuqlik satxi pasayib ketganda xam rostlash amalga oshmaydi);
- toydiruvchi ta'sir (yuk) ni xar doim xam o'lchash (nazorat qilish) imkoni bo'lavermaydi, xamda bu jarayon juda murakkab va qimmat.

§ 3. Rostlanayotgan parametrning og'ishi bo'yicha rostlash prinsipi

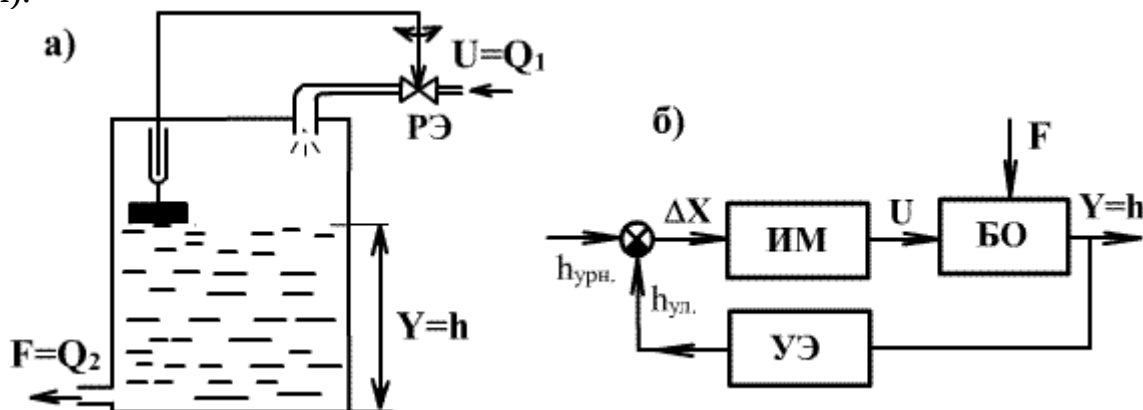
Rostlanayotgan parametrning og'ishi bo'yicha rostlash prinsipi rostlash va boshqarish nazariyasida **Polzunov-Uatt kompensatsiyalash prinsipi** nomi bilan ishlatiladi.

Rostlanayotgan parametrning og'ishi bo'yicha rostlashda boshqarish ta'siri boshqarilayotgan kattalikni berilgan qiymatidan og'ishi xisobiga xosil bo'ladi. Tizimning chiqishidagi signalni kirishga uzatish uchun tizimga qo'shimcha zanjir (aloqa liniyasi) kiritiladi. Kiritilgan qo'shimcha zanjirga **aks aloqa zanjiri** deyiladi. Aks aloqa zanjiri berk konturni xosil qiladi. Boshqarish ta'siri berk zanjir (aks aloqa) orqali uzatiladi, shuning uchun bunday tizimlarda boshqarish berk kontur orqali amalga oshiriladi.

Og'ish bo'yicha rostlash prinsipli tizimlarida to'g'ridan-to'g'ri rostlanayotgan kattalik nazorat qilinadi va rostlash nazorat qilinayotgan kattalikning qiymati bo'yicha

emas, rostlanayotgan kattalikning berilgan qiymatdan og'ishi, ya'ni yuzaga kelgan xatolik bo'yicha amalga oshiriladi.

I.I. Polzunovning bug' mashinalari qozonxonasida suyuqlik satxi balandligini avtomatik rostlash regulyatori misolida og'ish prinsipi buyicha rostlashni ko'ramiz (4.4-rasm).



4.4-rasm. Og'ish bo'yicha ART ning prinsipial (a) va funksional (b) sxemasi.

$h_{o'l}$ - o'lchash natijasi; $h_{o'm}$ - idishdagi suyuqlik satxining o'rnatilgan qiymati; $\Delta X = h_{o'm} - h_{o'l}$ - idishdagi suyuqlik satxining o'rnatilgan qiymatdan og'ishi (rostlash xatoligi).

Bu erda toydiruvchi ta'sirni, ya'ni idishdagi suyuqlik sarfi (Q_2) ni nazorat qilmasa xam bo'ladi, o'ning o'rniga suyuqlik balandligi h ni talab qilinayotgan qiymat $h_{o'm}$ bilan solishtirib turiladi. Buning uchun idishdagi suyuqlik satxi h o'lchash elementi (O'E) – pukak yordamida o'lchanadi. Idishdagi suyuqlik satxi balandligining o'rnatilgan qiymatdan og'ishi (xosil bo'lgan rostlash xatoligi kattaligi) ga nisbatan O'E ijro mexanizm – ventelga ta'sir qiladi.

Tizimning boshqarish ta'siri qiymati U suyuqlik satxini talab qilinayotgan qiymatdan farqiga bog'liq: $\Delta X = h_{o'm} - h_{o'l} \rightarrow \min$.

Og'ish prinsipi bo'yicha rostlashga asoslangan ABT ning afzalliklari shundan iboratki, boshqarish jarayoni boshqarilayotgan kattalik qiymatini o'zgarishining sababiga bog'liq emas. Chunki xar qanday toydiruvchi ta'sir oxir-oqibat boshqarilayotgan kattalikni berilgan qiymatdan og'ishga olib keladi. Bu tizimning ishlash ketma-ketligi rostlanayotgan parametрни o'lchash, uni berilgan qiymat bilan taqqoslash va xosil bo'lgan farqqa nisbatan boshqarish ta'siri ishlab chiqib ob'ektning rostlash elementiga ta'sir qilishdan iborat. Bunday rostlash prinsipi universal bo'lib, rostlanayotgan parametрни og'diruvchi barcha ta'sirlarni kompensatsiyalash imkonini beradi.

Og'ish prinsipi bo'yicha rostlashga asoslangan tizimlarga misol qilib O'TG kuchlanishini ART (2.3-rasm), O'TM valining aylanishlar tezligini ART (2.5-rasm) keltirish mumkin.

Og'ish prinsipi bo'yicha rostlashga asoslangan tizimlarning kamchiligi – boshqarish jarayonining inersionligidir, chunki tizimga toydiruvchi signal ta'sir qilgan vaqtdan to rostlanadigan qiymatni regulyatorga ta'sir qilish darajasigacha yig'ilgunga qadar ma'lum vaqt o'tadi; $\Delta X = h_{o'm} - h_{o'l}$ – og'ishni kamaytirish uchun tizimni kuchaytirish koeffitsientini oshirish kerak yoki tizimga integrallovchi (astatik) zveno kiritish kerak bo'ladi. Ikkala usul xam tizimning turg'unlik zaxirasini kamaytiradi.

7-ma`ruza Anologli signallarni diskretlashtirish

Reja.

1. Kombinatiysali rostlash prinsipi.

2. RBT boshqarish qonunlari.

§1. Kombinatsiyali rostdash prinsipi

Tizimning aniqligi va tezkorligini oshirish maqsadida ABT lari kombinatsiyali rostdash prinsipidan foydalanib xam loyixalanadi. Bunday ABTlarida xam toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostdash prinsipi, xam rostdanayotgan parametrning og'ishi bo'yicha rostdash prinsipi qo'llaniladi. Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostdash regulyatori yuqori tezlikka ega bo'lib, asosiy toydiruvchi ta'sirni (yukni og'ishini) kompensatsiyalaydi, rostdanayotgan parametrning og'ishini rostdlovchi regulyator asosiy bo'lmagan toydiruvchi ta'sirlarni kompensatsiyalaydi va rostdash aniqligini ta'minlash uchun xizmat qiladi.

Kombinatsiyali rostdash prinsipli tizimlarda boshqarish ochiq va berk konturlar orqali amalga oshiriladi.

Generator kuchlanishini avtomatik rostdash tizimini ko'rib chiqamiz

Bu tizimda asosiy toydiruvchi ta'sirni (ushbu xolatda rotorni aylanishlar tezligi) kompensatsiyalash markazdan qochma regulyator yordamida amalga oshiriladi. Asosiy bo'lmagan toydiruvchi ta'sirlarni (ushbu tizimda yakor zanjirining toki) kompensatsiyalash rostdanayotgan parametrni qiymatini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi. Bu maqsadda o'lchash elementi – Rd potensiometr, kuchaytiruvchi qurilma – elektron kuchaytirgich, rostdash elementi – generatorning qo'zg'atish cho'lg'ami kabi elementlardan tashkil topgan regulyatordan foydalanilgan.

Kombinatsiyali rostdash prinsipli tizimlar ikkala prinsip afzalliklarini o'zida aks ettiradi, ya'ni toyish ta'sirini o'zgarishiga reaksiyani tezkorligi va qanday tashqi ta'sir tizimni og'ishiga sabab bo'lishidan qat'iy nazar rostdashning yuqori aniqliligi.

§ 4. RBT boshqarish qonunlari

Boshqariladigan kattalikni yoki yukni og'ishini kompensatsiyalashga qratilgan boshqarish ta'sirlari xar xil matematik qoidalar bo'yicha o'zgarishi mumkin. Rostdash prinsiplarining matematik ifodasi boshqarish qonunlarini aks ettiradi.

Boshqarish qonunlari regulyatorni rostdlovchi organga ta'siri- bilan rostdash prinsipini aniqlovchi o'zgaruvchining qiymati orasidagi funksional bog'liqlikni o'rnatadi:

$$u = F(\varepsilon, \varepsilon', \dots, \int \varepsilon dt, \dots, g, g', \dots, \int g dt),$$

bu yerda ε – boshqarilayotgan qiymatni berilgan qiymatdan farqi (og'ish), g – yukni og'ishi yoki sarfi.

Shunday qilib, rostdanayotgan parametrning og'ishi va toydiruvchi ta'sir (yuk) bo'yicha rostdash prinsiplariga asoslanib boshqarish qonunlari to'plamini ishlab chiqish mumkin.

Texnik tizimlarda turli xil boshqarish qonunlaridan foydalaniladi. Boshqarish qonunlari boshqarish qurilmalari konstruksiyasiga bog'liq. Ular tizim xossalariga katta ta'sir qiladi. Boshqarish qonunlari chiziqli regulyatorlar nomi bilan nomlanadi (P, I, D, PI, PD, PID).

Quyida uzluksiz parametrlarni og'ishini rostdlovchi chiziqli regulyatorlarning ta'sir xarakterini ifodalovchi keng tarqalgan boshqarish qonunlarini ko'rib chiqamiz.

Bu boshqarish qonunlarida boshqarish ta'sirlari og'ishga, uning integraliga va vaqt bo'yicha birinchi tartibli xosilasiga chiziqli bog'liq.

Proporsional (P) boshqarish qonuni:

Rostlanayotgan qiymatni berilgan qiymatdan og'ishi rostlash organi xolatini shu og'ishga proporsional qiymatda o'zgarishiga olib keluvchi regulyatorlarga proporsional (statik – statos) regulyatorlar deyiladi.

Ushbu regulyatorlarda rostlanayotgan parametrning xar bir qiymatiga rostlash organining aniq bir xolati to'g'ri keladi. Bunday proporsional bog'liqlikni aks aloqa ta'minlaydi. Bu regulyatorlarda rostlash organi xolatini o'zgarish tezligi rostlanayotgan qiymatning o'zgarish tezligiga proporsional.

Proporsional (P) regulyatorlar proporsional boshqarish qonuni amalga oshiradi. P regulyator avtomatik tizimni og'ish kattaligiga proporsional bo'lgan boshqarish ta'siri bilan ta'minlaydi:

$$u = k_p \cdot \varepsilon ,$$

bu yerda k_p - regulyatorni uzatish (kuchaytirish) koeffitsiyenti.

P boshqarish qonunida rostlash intensivligi xato (og'ish) ning qiymatiga bog'liq. Real avtomatik qurilmalarda sezmaslik zonaning mavjudligini xisobga olsak, P regulyatorlar bilan kichik og'ishlarni bartaraf qilish qiyin bo'ladi. Shuning uchun xam P regulyatorni statik regulyator deyiladi.

Integral (I) boshqarish qonuni:

Rostlanayotgan parametrning bitta qiymatiga rostlash organining xar xil xolatlari to'g'ri keladigan avtomatik regulyatorlarga integral (astatik – astatos, ya'ni turg'un emas) regulyatorlar deyiladi. Bu regulyatorlarda boshqarish ta'siri natijasida rostlash organi

xolatining o'zgarish tezligi rostlanuvchi parametrning og'ishiga proporsional $\frac{du}{dt} = \frac{1}{T_u} \varepsilon$.

Bu yerda T_i -integrallashning doimiy vaqti. Rostlanayotgan parametrning og'ish qiymati qanchalik katta bo'lsa rostlash organi xolatining o'zgarish tezligi xam mos ravishda shuncha katta bo'ladi.

Integral (I) regulyatorlar integral boshqarish qonuni amalga oshiradi. I boshqarish qonuni matematik ifodasi quyidagicha:

$$u = \frac{1}{T_u} \int_0^t \varepsilon dt .$$

I qonun bo'yicha tizim rostlanayotganda boshqarish ta'siri vaqt o'tishi bilan uzluksiz o'sib boradi. Bu xatto kichik og'ishlarda xam yuz beradi. Shu sababli I regulyatorlar boshqarishda yuqori aniqlikni ta'minlaydi. I regulyatorlarda xato (og'ish) bartaraf qilmaguncha rostlash organini xolatini o'zgarishi davom etaveradi, shuning uchun xam bu regulyatorlar astatik regulyator deyiladi.

Differensial (D) boshqarish qonuni:

P va I – regulyatorlar faqat mavjud xatoliklar uchun boshqarish ta'siri ishlab chiqadi, lekin bu regulyatorlar xatolikdan oldin keta olmaydi. Boshqarilayotgan kattalik berilgan qiymatdan og'ishining tezligi kata bo'lganda boshqarish ta'sirini og'ish tezligiga proporsional ishlab chiqadigan regulyator kerak bo'ladi. Bu vazifasi differensial regulyatorlar yordamida amalga oshirish mumkin. Differensial regulyatorlar differensial boshqarish qonuni amalga oshiradi. Differensial regulyatorlarning matematik ifodasi quyidagicha:

$$u = T_d \frac{d\varepsilon}{dt} ,$$

bu erda T_d – differensiallash doimiyligi. D – regulyatorli tizimda og‘ish tezligi qancha kata bo‘lsa, boshqarish ta’siri xam shuncha salobatli bo‘ladi. Real D - regulyatorlar formulasi quyidagicha:

$$T_d \frac{du}{dt} + u = k_p T_d \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

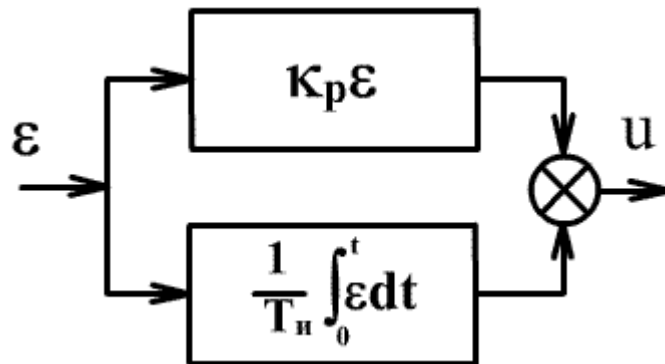
Proporsionalno-integral (PI) boshqarish qonuni:

Bir vaqtning o‘zida xam P, xam I regulyator afzalliklaridan foydalanish maqsadida P va I regulyator qonunlarini ishlab chiquvchi PI – regulyatoridan foydalaniladi. P va I regulyatorlar birgalikda PI regulyatorni xosil qiladi. P regulyator dinamik xususiyati bilan, I regulyator statik xatosi yo‘qligi bilan ajralib turadi. Shuning uchun boshqarish obyekti xolatini bexato va tez rostlashni amalga oshirish uchun PI regulyatordan foydalaniladi.

PI regulyator obyektni rostlash organiga boshqarilayotgan kattalikning og‘ishiga proporsional va shu og‘ishning integrali bo‘yicha ta’sir kiladi:

$$u = k_p \cdot \varepsilon + \frac{1}{T_u} \int_0^t \varepsilon dt$$

Strukturasi bo‘yicha PI regulyator P va I regulyatorlarning parallel ulanishiga mos keladi (4.6- rasm).



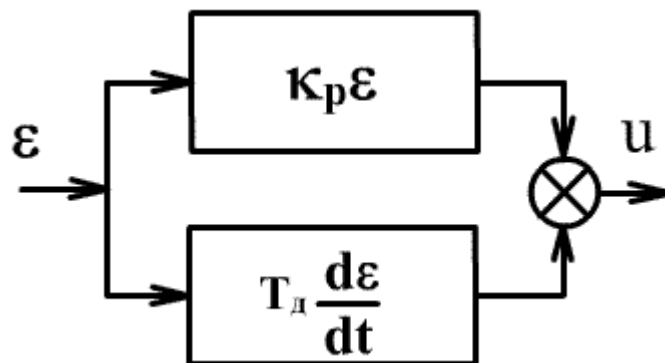
4.6-rasm. PI regulyatorning strukturali sxemasi PI regulyator astatik rostlashni ta’minlaydi.

Proporsional-differensial (PD) boshqarish qonuni:

PD qonunini amalga oshiruvchi regulyator boshqarish obyektiga boshqarilayotgan kattalikning og‘ishi va boshqarilayotgan kattalikning o‘zgarish tezligiga proporsional ta’sir kiladi:

$$u = k_p \cdot \varepsilon + T_d \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

Strukturasi bo‘yicha PD regulyator P va D regulyatorlarning parallel ulanishiga mos keladi (4.7- rasm).



4.7-rasm. PD regulyatorning strukturali sxemasi

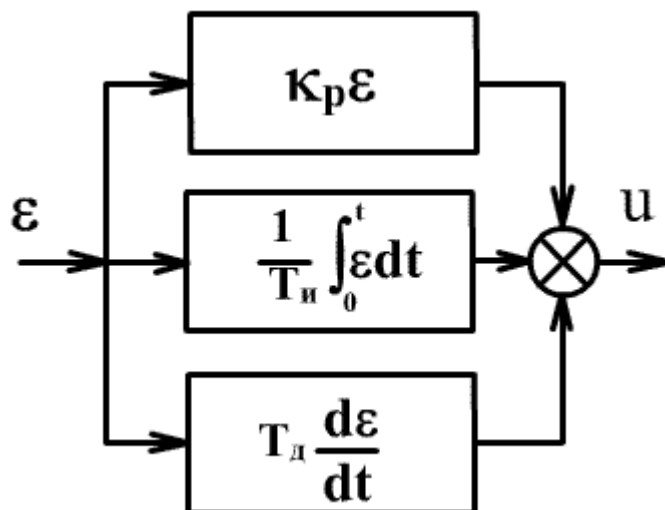
Proporsional-integral-differensial (PID) boshqarish qonuni:

PID regulyator bir vaqtning o'zida obyektga boshqarilayotgan kattalikni og'ishiga, shu og'ishning integraliga va boshqarilayotgan kattalikning o'zgarish tezligiga proporsional ta'sir qiladi:

$$u = k_p \varepsilon + \frac{1}{T_u} \int_0^t \varepsilon dt + T_d \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

T_i va T_d doimiylar mos ravishda integrallash va differensiallashning doimiy vaqti. PID regulyatorlar xam astatik rostdashni ta'minlaydi.

PID regulyator P, I va D regulyatorlarning parallel ulanishi orqali xosil qilinadi (4.8-rasm).



4.8-rasm. PID regulyatorning strukturali sxemasi

Ko'rib chiqilgan qonunlar, ideal avtomatik regulyatorning andozali rostdash qonunlaridir. Lekin real avtomatik regulyatorlarni qurishda andozali boshqarish konunlariga aynan mos keladigan regulyatorga erishish qiyin. Aniq tizimlarni loyxlash talab qilingandagina murakkab boshqarish konunlarini ishlab chiqa oladigan EXMli ABT lar katta afzalliklarga ega.

Sinov savollari

Rostlash prinsipi deb nimaga aytiladi?

Rostlash prinsiplari nimaga asosan farqlanadi?

Ochiq sikl bo'yicha rostdash prinsipli ARTda rostdash qanday amalga oshiriladi?

Ochiq sikl bo'yicha rostdash prinsipining kamchiliklari nimadan iborat?

Tashqi toydiruvchi ta'sir nima?

Toydiruvchi ta'sir yoki yuk bo'yicha rostdashda boshqarish obyektining qaysi parametrlari nazorat qilinadi?

Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostdash prinsipida qaysi parametrlar kompensatsiyalanadi?

Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostdashda aks aloqa bo'ladimi?

Toydiruvchi ta'sir bo'yicha rostdash prinsipining afzalligi va kamchiliklari nimadan iborat?

Polzunov-Uatt kompensatsiyalash prinsipida boshqarish ta'siri nima xisobiga xosil bo'ladi?

Og'ish prinsipi bo'yicha rostdashda boshqarish obyektining qaysi parametrlari nazorat qilinadi?

Og'ish bo'yicha rostdash prinsipining afzalligi va kamchiliklari nimadan iborat?

Kombinatsiyali rostdash prinsipida qaysi rostdash prinsiplaridan foydalaniladi?
Kombinatsiyali rostdash prinsipida boshqarish ochiq kontur buyicha amalga oshiriladimi yoki berk kontur buyicha?

Kombinatsiyali rostdash prinsipining afzalligi nimadan iborat?

Boshqarish qonunlari deb nimaga aytiladi?

Nima uchun P regulyator statik, I regulyator astatik regulyator deyiladi?

D boshqarish qonunining boshqa qonunlardan farqi nimada?

PI regulyator qanday xosil qilinadi va uning afzalligi nimadan iborat?

PD va PID boshqarish qonunlarining matematik ifodasi qanday yoziladi?

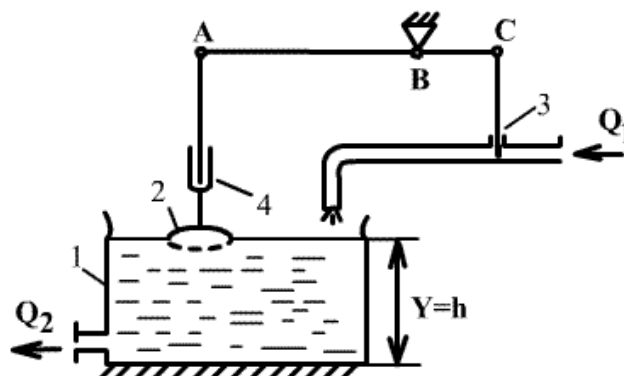
8,9-ma'ruza. Anolog va raqamli signallarga ishlov berish

1. Reja.
2. Bevosita va vositali ta'sir qiluvchi ART.
3. Uzliksiz va uzlikli ART.
4. Statik va astatik ART.

§ 1. Bevosita va vositali ta'sir qiluvchi ART

Bevosita ta'sir qiluvchi ART larida o'lchash elementi rostdash organiga qo'shimcha energiya manbaisiz to'g'ridan –to'g'ri ta'sir qiladi.

5.1-rasmda bevosita ta'sir qiluvchi idishdagi suv satxini ART keltirilgan. Bu tizimda o'lchash elementi (2) AVS richag orqali to'g'ridan –to'g'ri rostdash elementi (3)ga ta'sir qiladi. Bevosita ta'sir qiluvchi ART larida rostdash jarayoni uchun kerakli energiya rostdanayotgan parametrning og'ishi xisobiga xosil bo'ladi. Bevosita ta'sir qiluvchi tizimlardan faqat o'lchash elementi xosil qilgan signal rostdash elementiga ta'sir qilish uchun yetarli bo'lganda qo'llaniladi.

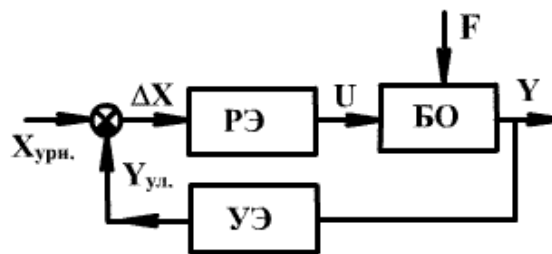


5.1-rasm. Bevosita ta'sirli idishdagi suv satxini ART

1-bak (rostdash ob'ekti); 2-po'kak (o'lchash elementi); 3-tiqin (rostdash elementi); 4-topshiriqni o'rnatish qurilmasi; h-suv satxi balandligi (rostdanayotgan parametr); Q_1 - bakka quyilayotgan suv miqdori; Q_2 -bakdagi suv sarfi miqdori.

Ushbu tizimning afzalligi konstruksiyasining soddaligi, ishonchliligi, qo'shimcha energiya manbai talab qilmasligida. Kamchiligi tizimning sezgirligi pastligi, rostdash aniqligi kichik, kuchaytirish koeffitsiyenti katta emas va chiqishda quvvati cheklangan.

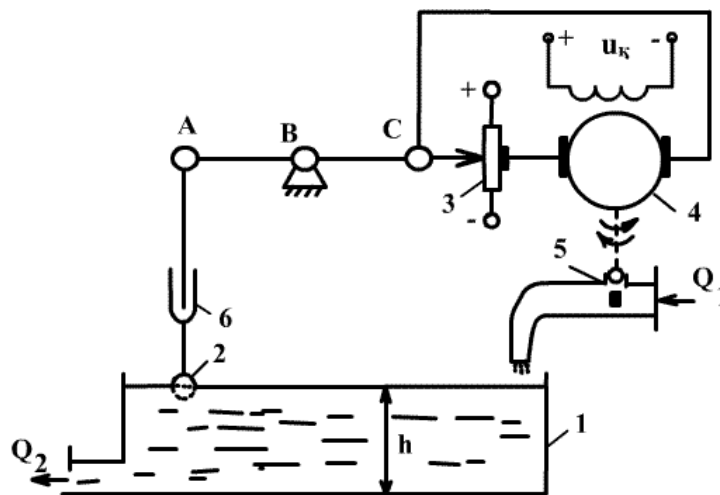
Bevosita ta'sir qiluvchi ART ning funksional sxemasini quyidagicha tasvirlash mumkin (5.2-rasm).



5.2-rasm. Bevosita ta'sir qiluvchi ART funksional sxemasi RE-rostlovchi element; BO-boshqarish obyekti; O'E-o'lchash elementi

Vositali ta'sir qiluvchi ART larida o'lchash elementi rostlash organiga qo'shimcha energiya manbaidan ta'minlanayotgan kuchaytirish qurilmasi orqali ta'sir qiladi. Bu elementlar o'lchash elementi xosil qilgan signalni tashqi energiya manbai xisobiga rostlash elementiga kuchaytirib berish uchun qo'llaniladi. Vositali ta'sir qiluvchi ART larida rostlash jaryoni uchun energiya faqat rostlanayotgan parametrning og'ishi xisobiga emas, qo'shimcha ta'minot manbaidan xam keladi.

5.3-rasmida vositali ta'sir qiluvchi idishdagi suv satxini ART keltirilgan. Bu yerda qo'shimcha energiya sifatida o'zgarmas tok motori ta'minot manbaidan foydalanilgan.



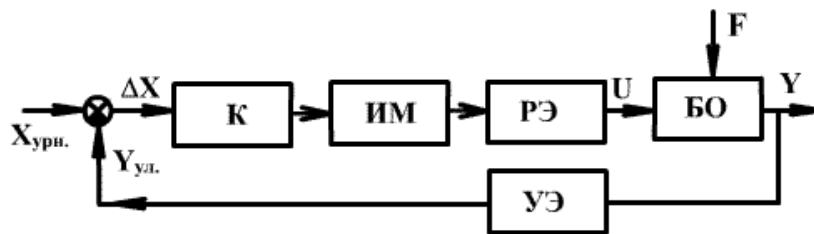
5.3-rasm. Vositali ta'sir qiluvchi idishdagi suv satxini ART

1-bak (rostlash obekti); 2-po'kak (o'lchash elementi); 3-potensiometr (almashtirish elementi); 4-elektr motor (ijro elementi); 5-tiqin (rostlash elementi); 6- topshiriqni o'rnatish qurilmasi; Q1- bakka quyilayotgan suv miqdori; Q2-bakdagi suv sarfi miqdori.

Ushbu tizimda o'lchash elementi (2) AVS richag orqali potensiometr (3)ning xarakatlanuvchi qismining xolatini o'zgartiradi. Natijada ijro elementi (4)ga uzatilgan elektr energiya ishorasiga mos ravishda o'zgarmas tok motori yakori soat strelkasi yoki unga teskari yunalishda aylanib rostlash elementi xolatini o'zgartiradi. Rostlash elementi og'ishni bartaraf etish uchun rostlash obyektiga ta'sir qiladi.

Tizimning afzalligi - kuchaytirish koeffitsiyenti katta, sezgirligi va rostlash aniqligi yuqori. Tizimning kamchiligiga konstruksiyasining murakabligini aytish mumkin.

Vositali ta'sir qiluvchi ART ning funksional sxemasini quyidagicha tasvirlash mumkin (5.4-rasm).



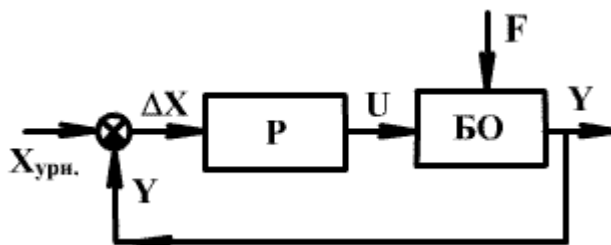
5.4-rasm. Vositali ta'sir qiluvchi ART funksional sxemasi K-kuchaytirgich; ИМ-ijro mexanizmi; РЕ-rostlovchi element; БО-boshqarish obyekti; О'Е-o'lchash elementi

§ 2. Uzliksiz va uzlikli ART.

Boshqarish obyektiga beriladigan signal turiga nisbatan tizimlar uzliksiz va uzlikli tizimlarga bo'linadi. Rostlanayotgan parametrlarning uzliksiz o'zgarishiga tizimning barcha elementlaridagi mexanik, elektrik va boshqa signallarni uzliksiz o'zgarishi mos keladigan ART lari uzliksiz tizim deyiladi.

Uzliksiz ARTning kirishi va chiqishidagi qiymatlari oralig'idagi funksional bog'liqlik uzliksiz bo'ladi.

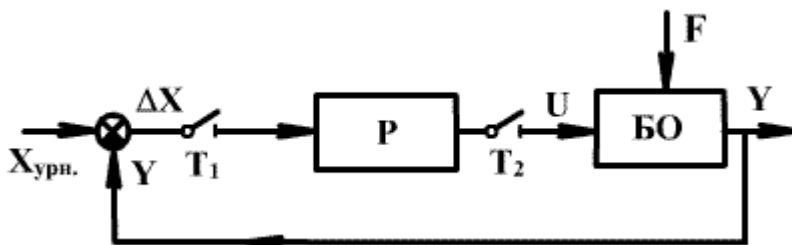
Uzliksiz tizimni quyidagi funksional sxema orqali ifodalash mumkin(5.5-rasm).



5.5-rasm. Uzliksiz ART ning funksional sxemasi.

Uzliksiz tizimlarda chiqish va kirish kattaliklari orasida uzliksiz funksional bog'liqlik mavjud va bunday tizimlarda boshqarish jarayoni uzliksiz xarakterga ega bo'ladi.

Masalan, idishdagi suv satxini ARTda suv satxining balandligi o'zgarishi o'lchash elementi – pukakning xolatini o'zgarishiga sabab bo'ladi. O'z vaqtida po'kak rostlovchi element – tiqinga ta'sir qiladi. Suv satxi balandligining uzliksiz o'zgarishi rostlovchi element (tiqin)ning uzliksiz rostlash obyekti (idish)ga ta'sir qilishiga sabab bo'ladi, chunki suv satxining balandligi doimiy bir xil saqlanib turishi kerak. Ko'pchilik uzliksiz ARTlari chiziqli tizim bo'ladi. Rostlanayotgan parametrlarning uzliksiz o'zgarishiga tizimning birorta elementlaridagi mexanik, elektrik va boshqa signallari uzlikli o'zgaradigan ART lariga uzlikli tizim deyiladi. Uzliksiz signallar tizim tarkibida rele yoki impulsli qurilmalar borligi sababli boshqarish obyektiga uzoq signallar ko'rinishida uzatiladi. Bunday tizimlarni quyidagi funksional sxema orqali ifodalash mumkin(5.6-rasm).



5.6-rasm. Uzlikli ART ning funksional sxemasi.

Uzlikli tizimlarda chiqish kattaligi impulslar ketma-ketligi ko'rinishida bo'lib, bu impulsni takrorlanish chastotasi kirish signalining qiymatiga bog'liq bo'ladi.

Uzlikli tizimlar tarkibidagi elementlarga nisbatan releli va diskret (impulsli va raqamli) tizimlarga bo'linadi.

Diskret tizimlar quyidagicha bo'ladi:

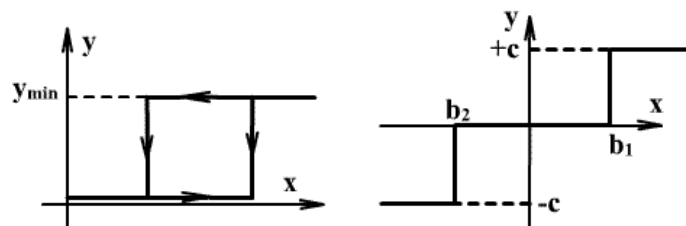
- impulslar ketma-ketligida ishlovchi ART (AM, FM, CHM, SHIM, CHIM,...);
- raqamli ART (01001011110101100010101).

Uzlikli ARTlarida rostanayotgan parametrlarning uzliksiz o'zgarishiga uning chiqishidagi signallar quyidagicha o'zgarishi mumkin:

- Pog'onali (sakrab o'zgaradigan) signal: tizimning kirishidagi signalning ma'lum bir qiymatlarida paydo bo'ladi.
- Impulsdar ketma-ketligida: impulsning amplitudasi, davomiyligi va takrorlanish chastotasi tizimning kirishidagi signalning qiymatiga va impulsli elementning xarakteriga bog'liq;
- Raqamlar kombinatsiyasining o'zgarishi ko'rinishida.

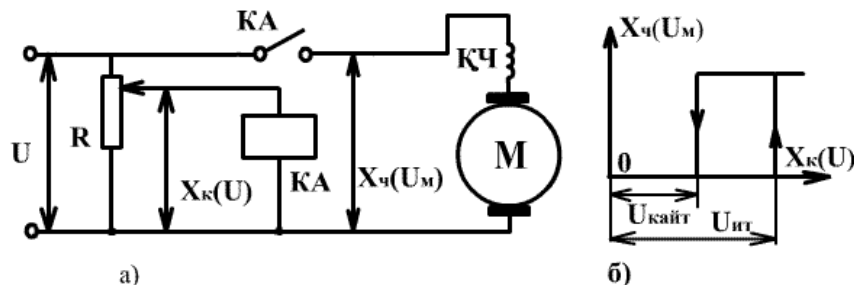
Releli tizimlar. Asosiy elementlaridan birortasi rele bo'lgan xar qanday tizimga releli ART deyiladi. Kirish parametri uzliksiz o'zgarganda uning ma'lum bir qiymatlarida chiqish parametri pog'onali (sakrab) o'zgaradigan elementga tizimning releli elementi deyiladi.

Releli elementlarning statik xarakteristikalarini namunalari 5.7-rasmda ko'rsatilgan.



5.7 –rasm. Relelarning statik xarakteristikalaridan namunalari

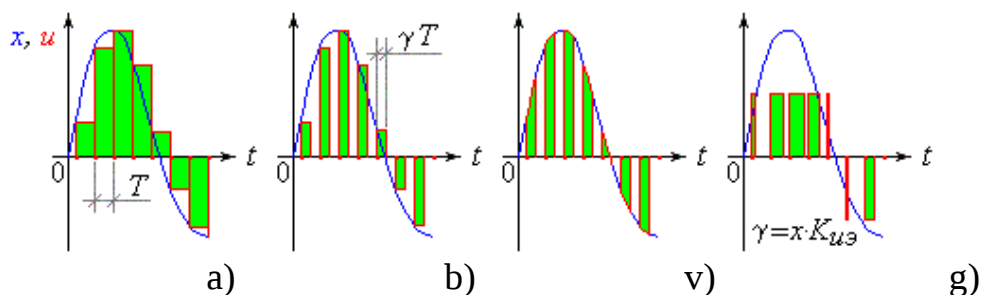
5.8a-rasmda elektromotorni elektromagnit rele orqali ishga tushirish sxemasi keltirilgan. Bu yerda kirish signali X_k , rele cho'lg'amidagi kuchlanish, chiqish signali X_{ch} , elektromotor cho'lg'amiga uzatilayotgan kuchlanish. X_k kirish signali R qarshilik orqali rele chulg'amiga uzatiladi. Agar R ning qarshiligi o'zgarsa (kamaysa), mos ravishda X_k ning qiymati xam o'zgaradi (ko'payadi) va $X_k = U_{it}$ bo'lganda rele ishga tushadi va uning kontakti KA ulanadi. Natijada motorning qo'zg'atish cho'lg'amiga uzatiladigan signal X_{ch} sakrab o'zgaradi va nominal qiymatiga tenglashadi.



5.8-rasm. Elektromotorni ishga tushirish sxemasi (a) va elektromagnit relening statik xarakteristikasi (b).

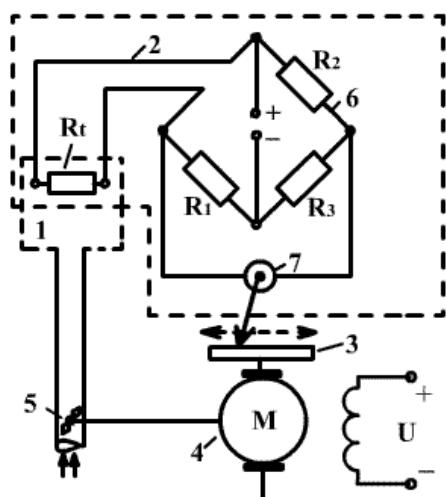
Agar R ning qarshiligi ortib borsa, kirishdagi signal X_k ning qiymati kamayadi. Kirish signali relening qaytish kuchlanishidan katta bo'lsa $X_k > U_{qayt}$ chiqish signali X_{ch} ning qiymati saqlanib turadi va qachonki $X_k \leq U_{qayt}$ bo'lganda relening KA kontakti uziladi. Natijada rele chiqishidagi kuchlanish nolga teng bo'ladi ($X_{ch} = 0$). Relening statik xarakteristikasidan (5.8b-rasm) shu narsa ko'rinadiki kirish signalining uzliksiz o'zgarishiga chiqish signalining sakrab o'zgarishi to'g'ri keladi.

Impulsli tizimlar. Asosiy elementlaridan birortasi impulsli bo'lgan xar qanday tizimga impulsli ART deyiladi. Impulsli element uzliksiz kirish signalini qisqa vaqtlarda davriy ketma-ketlikda takrorlanuvchi bir qator impulsdarga o'zgartirib beradi (5.9-rasm).



5.9-rasm. Impulsi elementlarning chiqishidagi signallarni ko‘rinishlari: a) nolinch darajali ekstrapolyatsiya; b) 1-tipli amplitudali modulyatsiya (AM); v) 2-tipli AM; g) keng impulsi modulyatsiya (SHIM).

5.10-rasmda issiqlik motori temperaturasi impulsi ART ko‘rsatilgan.



5.10-rasm. Issiqlik motori temperaturasi impulsi ART .

1-rostlash obyekti (issiqlik motori); 2-o‘lchash elementi (elektrik ko‘prik); 3-signal turini almashtiruvchi impulsi element; 4-ijro elementi (elektromotor); 5-rostlovchi element (radiator vinteli); 6-elektrik ko‘prik; 7-galvanometr

Rostlanayotgan parametr – temperatura o‘zgarsa, termoqarshilik R_t ning qarshiligi xam o‘zgaradi. Natijada elektrik ko‘prigining muvozanati buziladi va elektrik ko‘prik (6) ning diagonaliga ulangan galvanometr (7) orqali tok oqib o‘ta boshlashi natijasida uning strelkasining xolati o‘zgaradi. Strelka impulsi element (3) ga ta’sir qiladi va bu elementdan chiqayotgan impulsar elektromotor (4) ta’minotiga uzatiladi. Natijada rostlash elementi xaraktga keladi. Signalning uzliksizligini impulsi element buzadi. Galvanometr strelkasini og‘ishi elektrik ko‘prik diagonalidan o‘tayotgan tok kuchiga proporsional bo‘lib, chiqishda toklar impulsini xosil qiladi.

Raqamli tizimlar. Dinamik xossalari va aniqligi yuqori ART larini loyixalash talab etilganda, bu tizimlar tarkibiga EHM kiritiladi. Tarkibida xisoblash qurilmalari bo‘lgan tizimlarda kirishidagi uzliksiz signallarni diskret signallarga (raqamlarga) va raqamli signallarni uzliksiz signallarga almashtirish talab etiladi. Tizimdagi EHMlar katta xajmdagi raqamli signallarni qayta ishlaydi, ular asosida boshqarish ta’siri ishlab chiqib boshqarish obyektni tez va aniq boshqarish imkonini beradi. Raqamli tizimlarning funksional sxemasi 5.11-rasmida keltirilgan.

§ 3. Statik va astatik ART.

Stabillashtirish (barqarorlashtirish) tizimlarida boshqarilayotgan qiymat xamma vaqt xam talab etilayotgan qiymatiga teng bo‘lavermaydi, ya’ni ular orasida qandaydir farq $\Delta x = x_{mon} - y$ mavjud bo‘ladi va bu farqqa tizim xatoligi deyiladi.

Bu xatoliklar xisoblanishiga nisbatan statik va dinamik xatoliklarga bo‘linadi.

Berilayotgan va qo‘zg‘atuvchi ta’sirning doimiy qiymatida boshqarilayotgan parametrlarning berilgan va oxirgi qiymatlari orasidagi farqning barqarorlashgan qiymatiga statik xatolik deyiladi.

Boshqarilayotgan parametrlarning berilgan va ayni paytdagi qiymatlari orasidagi farqqa dinamik xatolik deyiladi.

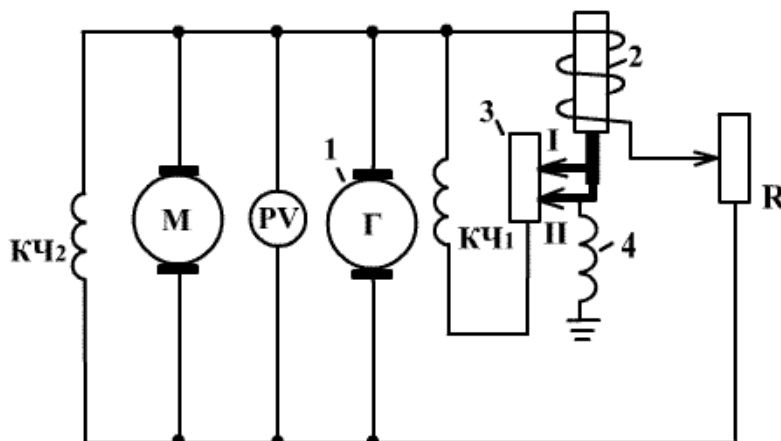
Tizimlar rostdash jarayoni tugagandan so'ng xatolikning mavjudligiga qarab ikkiga bo'linadi.

Tizimning statik xatosi nolga teng bo'lsa bunday tizimlarga astatik tizim deyiladi va aksincha, statik xato noldan farqli bo'lgan tizimlarga statik tizim deyiladi.

Mos ravishda boshqarish (rostlash) xam statik va astatik boshqarish deyiladi.

Yukning xar qanday muvozanat qiymatida rostlanuvchi kattalikning yangi muvozanat qiymati to'g'ri kelsa, bunday boshqarishga statik boshqarish deyiladi.

Statik ART ga 5.1-rasmda keltirilgan idishdagi suv satxini ART ni misol qilish mumkin. Suv sarfi Q_2 idishga quyilayotgan suv miqdori Q_1 ga teng va xamda idishdagi suv sarfi Q_2 miqdori vaqt birligida doimiy bo'lsa po'kak (2) va tiqin (3) xolati o'zgarmaydi. Suv sarfi Q_2 oshganda idishdagi suv satxi balandligi pasaya boshlaydi, pukak pastga tushadi va tiqin yuqoriga ko'tarilib, idishga quyilayotgan suv miqdori Q_1 oshadi. Idishga quyilayotgan suv miqdori Q_1 ni ortishi natijasida idishdagi suv satxi balandligi ko'tariladi. Qachonki idishga quyilayotgan suv miqdori Q_1 suv sarfining yangi miqdori Q_2 ga tenglashganda tizim muvozanatlashadi. Idishdan chiqib ketayotgan suv sarfi miqdori qancha ko'p bo'lsa tiqin shuncha ko'p ochiladi va pukakning muvozanat xolati shuncha pastda bo'ladi. Idishdan chiqib ketayotgan suv sarfi miqdori kamayganda suv satxi ko'tarilishi xisobiga tiqin pastga tushadi va pukakning muvozanat xolati suv sarfi miqdori Q_2 kamaygungacha bo'lgan xolatidan yuqorida bo'ladi.



5.12-rasm. O'zgarmas tok generatori kuchlanishining ART

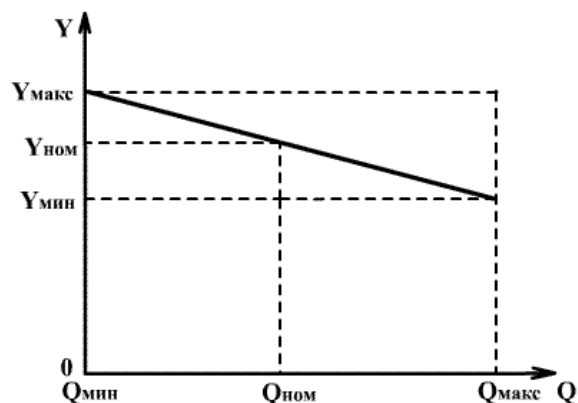
Statik ART misolida o'zgarmas tok generatori kuchlanishini ART ko'rib chiqamiz (5.12-rasm).

Generator (1) ning chiqishidagi kuchlanish belgilangan qiymatda bo'lganda reostat (3) ning g'ildiragi I xolatda bo'lsin. Generatorning chiqishiga elektromagnit (2) ulangan bo'lib, uning cho'lg'amlaridan stator toki o'tadi va elektromagnitda tortuvchi kuch xosil qiladi. Elektromotor bilan yuklangan generatorning chiqishidagi kuchlanish kamayganda, unga ulangan elektromagnit (2) ning tortuvchi kuchi xam kamayadi. Prujina (4) ning tortish kuchi ta'sirida elektromagnit yakori pastga tortilib reostat g'ildiragini II xolatga o'zgartiradi. Natijada generatorning qo'zg'atish cho'lg'ami (QCH1) zanjirining qarshiligi kamayadi va qo'zg'atish tokining ortishi xisobiga magnit oqimi ortadi va generatorning kuchlanishi tiklanadi.

Ko'rinib turibdiki, yukning tok kuchini xar-xil barqarorlashgan qiymatlarida reostatning g'ildiragi xolatini o'zgartirish orqali ta'minlanayotgan qo'zg'atish cho'lg'ami tok kuchining xar-xil barqarorlashgan qiymatlari to'g'ri kelmoqda.

Lekin, reostat g'ildiragi xar xil barqarorlashgan xolatlarni egallashi uchun tizimda xar xil barqarorlashgan qiymatda elektromagnit yakorini tortish kuchi kerak bo'ladi. O'z navbatida elektromagnit yakorini tortish kuchi uning cho'lg'amidagi tok kuchiga to'g'ri proporsional. Demak, yukning tok kuchini xar bir barqarorlashgan qiymatiga generator kuchlanishining ma'lum bir barqarorlashgan qiymati mos keladi, ya'ni, yukning tok kuchini xar xil barqarorlashgan qiymatlarida genarator kuchlanishi xar xil bo'ladi.

Shunday qilib, statik boshqarish tizimlarida rostlash obyektining tashqi ta'sirlarini xar xil barqarorlashgan qiymatlariga rotslanayotgan parametrlarning xar xil barqarorlashgan qiymati to'g'ri keladi, yoki, boshqacha aytganda, **statik rostlashda tizimning muvozanati rostlanayotgan parametrlarning ma'lum bir belgilangan oralig'ida o'zgaruvchi xar xil qiymatlari orqali ta'minlanadi.**



5.13-rasm. Statik rostlashning xarakteristikasi

Statik rostlashning xarakteristikasi $x = x_0 + KQ$ (5.13-rasm).

Statik rostlashning xarakteristikasi deb xar xil barqarorlashgan rejimlarda rostlanayotgan parametr ni yuk (toydiruvchi ta'sir) Q ga bog'liqligini ko'rsatuvchi xarakteristikaga aytiladi.

Rostlanayotgan parametrlarning birona barqarorlashgan qiymati bilan uning nominal qiymati o'rtasidagi farqqa **absolyut statik xatolik** deyiladi:

$$\Delta Y = Y - Y_{\text{НОМ}}$$

Absolyut xatolikni rostlanayotgan parametrlarning nominal qiymatiga nisbati **nisbiy statik xatolik** deyiladi:

$$\frac{\Delta Y}{Y_{\text{НОМ}}} = \frac{Y - Y_{\text{НОМ}}}{Y_{\text{НОМ}}}$$

Zonaning nisbiy kengligiga $\frac{Y_{\text{макс}} - Y_{\text{мин}}}{Y_{\text{НОМ}}}$ **rostlash tizimining notekistligi** deyiladi:

$$\delta = \frac{Y_{\text{макс}} - Y_{\text{мин}}}{Y_{\text{НОМ}}}$$

Statik xatolikni ifodalovchi tushunchaga statizm deyiladi:

$$\delta_{\text{ст.}} = \frac{Y_{\text{макс}} - Y_{\text{мин}}}{Y_{\text{мин}}}$$

Boshqarish statizmi (st. yuk nominal qiymatgacha o'zgarganda, rostlanayotgan kattalikning og'ish darajasini xarakterlaydi.

Ba'zi tizimlarda statik xatolikka yo'l qo'ymaslik talab qilinadi.

Yukning har kandy muvozanat qiymatida rostlanuvchi kattalikning bir xil qiymati to'g'ri kelsa, bunday boshqarish astatik boshqarish deyiladi.

Astatik boshqarish tizimlarida rostlash jarayoni tugagandan so'ng rostlanuvchi kattalikning berilgan qiymatdan og'ishi nolga teng bo'ladi. Demak, rostlanuvchi kattalikning qiymati rostlash obyekti yukining o'zgarishiga bog'liq emas. Tizimning xatoligi regulyator xatoligi xisobiga nolga teng bo'lmasligi mumkin, lekin bu yuzaga kelgan xatolik yukka bog'liq emas.

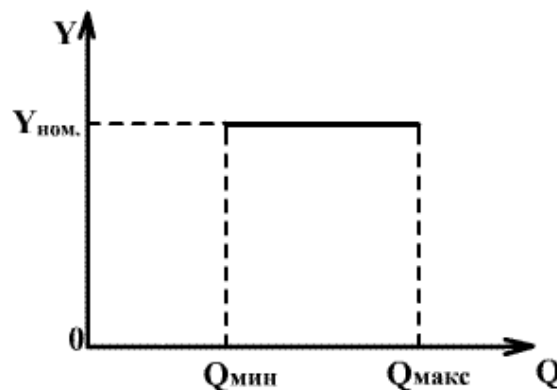
Astatik boshqarishga erishish uchun rostlanuvchi kattalik bilan, rostlash organi o'rtasidagi qat'iy bog'liqlikni yo'qotish kerak bo'ladi. Buning uchun boshqarish zanjiriga qo'shimcha integrallash vazifasini bajaruvchi astatik zveno kiritish kerak.

Astatik ART ga 5.3-rasmda keltirilgan idishdagi suv satxini ART ni misol qilish mumkin.

Suv sarfi Q_2 idishga quyilayotgan suv miqdori Q_1 ga teng va xamda idishdagi suv sarfi Q_2 miqdori vaqt birligida doimiy bo'lsa po'kak (2) va tiqin (3) xolati o'zgarmaydi, elektromotorga (4) elektr energiyasi uzatilmaydi.

Suv sarfi Q_2 oshganda idishdagi suv satxi balandligi pasaya boshlaydi, pukak pastga tushadi va potensiometr (3) g'ildiragi yuqoriga ko'tarildi va elektromotorga elektr energiyasi uzatiladi. Elektromotor yakori vintelni (5) ochadi. Natijada idishga quyilayotgan suv miqdori Q_1 ortadi. Elektromotor (5) potensiometr (3) g'ildiragi neytral xolatga kelmaguncha vintelni ochadi. Po'kak (2) suv satxini belgilangan qiymatigacha ko'tarilganda potensiometr (3) g'ildiragi neytral xolatga to'g'ri keladi va elektrmotorga elektr energiya uzatish to'xtaydi.

Shunday qilib, muvozanatlashgan rejimda idishdagi suvning xar xil sarf Q_2 larida pukak suv satxini o'rnatilgan balandligiga mos keladigan bitta aniq xolatda bo'ladi, vintel (5) esa idishdagi suv sarfini xar xil muvozanatlashgan qiymatlariga mos ravishda xar xil xolatlarda bo'ladi.



5.14-rasm. Astatik rostlashning xarakteristikasi

Astatik boshqarish tizimlarida rostlash obyekti tashqi ta'sirlarining xar xil muvozanatlashgan qiymatlarida rostlanayotgan parametrning bir xil, berilgan qiymatga teng qiymati to'g'ri keladi, yoki, boshqacha aytganda, **astatik rostlashda tizimning muvozanati rostlanayotgan parametrning aniq bir qiymatida ta'minlanadi** (5.14-rasm).

Rostlash elementi rostlash jarayoni tugugandan so'ng tizim muvozanatini ta'minlaydigan ixtiyoriy xolatda bo'lishi mumkin.

Astatik boshqarish tizimlari rostlanayotgan parametrning berilgan qiymatini aniq ta'minlaydi, lekin konstruksiyasi statik boshqarish tizimlariga nisbatan murakkab.

Sinov savollari.

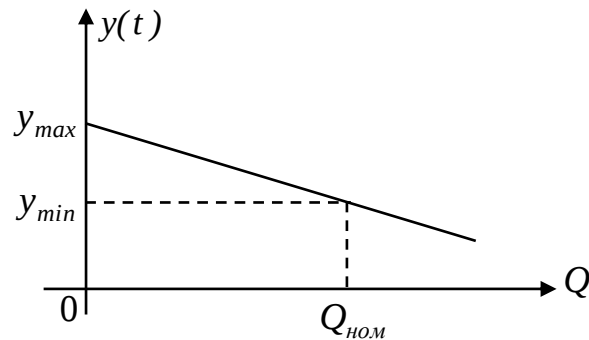
1. Qanday tizimlarga bevosita ta'sir qiluvchi ART deyiladi?

2. Bevosita ta'sir qiluvchi ART larida o'lchash elementi signalni qaysi elementga uzatadi?
3. Qanday tizimlarga vositali ta'sir qiluvchi ART deyiladi?
4. Vositali ART larida ijro mexanizmining vazifasi nimadan iborat?
5. Vositali ta'sir qiluvchi ARTlarining afzalligi nimadan iborat?
6. Qanday tizimlarga uzlikli tizimlar deyiladi?
7. Uzlikli tizimlarda tizim tarkibidagi qanday elemenlar signalni uzilishiga sababchi bo'ladi?
8. Uzlikli tizimlarning qanday ko'rinishlari mavjud?
9. Impulsli tizimda axborotni uzatishda qanday signallardan foydalaniladi?
10. Raqamli tizim tarkibidagi qaysi qurilma raqamli signallarda ishlaydi?
11. Nimaga asoslanib tizimlar statik va astatik tizimlarga bo'linadi?
12. Statik boshqarish deb nimaga aytiladi?
13. Qanday statik xatoliklar bor?
14. Rostlash tizimining notekisligi nima?
15. Statik tizimlarda rostlanayotgan kattalikning og'ish darajasi qanday aniqlanadi?
16. Astatik boshqarish deb nimaga aytiladi?
17. Astatik tizimni statik tizimdan farqi nimada?

10-ma'ruza. Raqamli filtrlash.

Statik va astatik rostlash

Yuklamaning har qanday muvozanat qiymatiga boshqariluvchi kattalikning yangi muvozanat qiymati to'g'ri kelsa, bunday rostlashga statik rostlash deyiladi.



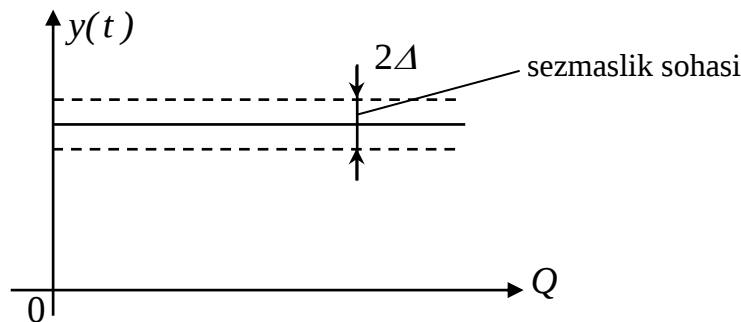
3.1-rasm. Statik rostlash.

$$\delta_{cm} \% = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{y_{\min}} \cdot 100\% - \text{statizm, } Q - \text{yuklama.}$$

Yuklamaning har qanday muvozanat qiymatiga boshqariluvchi kattalikning bir xil qiymati to'g'ri kelsa, bunday boshqarishga astatik boshqarish deyiladi.

Astatik sistemalarda boshqariluvchi kattalik bilan boshqariluvchi organ o'rtasidagi bog'liqlik yo'qotilgan bo'lib, bu bog'lanish sistemaga quyidagicha astatik zveno kiritilishi bilan amalga oshiriladi.

Integrallash amalini bajaruvchi elementga astatik zveno deyiladi.



3.2-rasm. Astatik rostlash.

Laplas o'zgartirishi

Quyidagi integral yordamida haqiqiy o'zgaruvchi «t» ga ega bo'lgan $f(t)$ funksiyasini kompleks o'zgaruvchi «p» ga ega bo'lgan $\varphi(p)$ funksiyaga almashtirishga Laplas almashtirishi deyiladi.

$$\varphi(p) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-pt} dp = L\{f(t)\},$$

bu yerda L – Laplas to'g'ri o'zgartirishining belgisi; $\varphi(p)$ – funksiya Laplas o'zgartirishi bo'yicha tasviri, $f(t) \div \varphi(p)$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\alpha-j\infty}^{\alpha+j\infty} \varphi(p)e^{pt} dp = L^{-1}\{\varphi(p)\},$$

bu yerda L^{-1} – Laplas teskari almashtirishi.

ABSlarning dinamik va statik tenglamalari

ABSlar asosan ikkita rejimda ishlaydi: statik (barqaror) va dinamik.

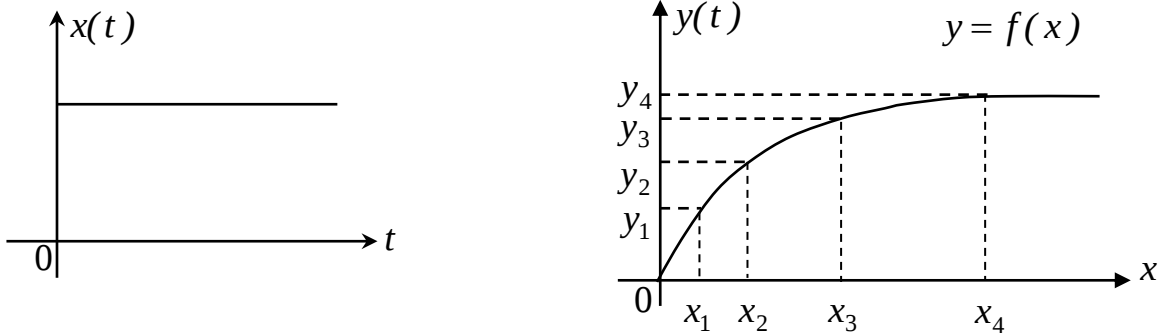
ABSlari statik (barqaror) rejimda ishlaganda:

a) Obyektga kiruvchi moda yoki energiya miqdori, undan chiqadigan moda yoki energiya miqdoriga teng bo'lgishi kerak, $x=y$.

b) Rostlanuvchi yoki boshqaruvchi parametr vaqt davomida o'zgarmas bo'lishi kerak ya'ni $y(t)=\text{const}$.

v) ABSsining rostdash organi harakatsiz turishi kerak.

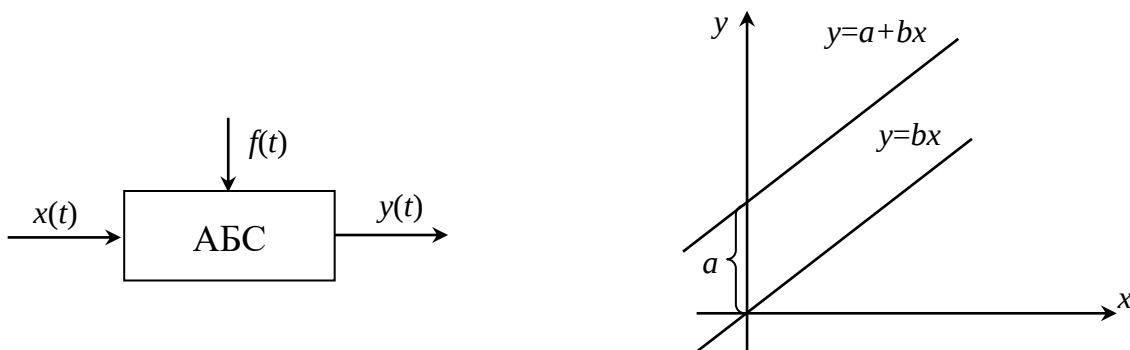
Statik rejimda kirish kattaligi bilan chiqish kattaligi grafik ko'rinishda yoki ma'lum algebraik tenglama ko'rinishida berilishi mumkin. Agar chiqish kattaligi kirish kattaligi bilan chiziqli bog'langan bo'lsa, shu bog'danishni ifodalovchi tenglama to'g'ri chiziqli tenglama deyiladi, ya'ni $y=b+ax$, $y=ax$. Sistemaning turg'un holatini ifodalovchi sistemaga statik tenglama deyiladi.



3.3-rasm.

Sistemaning asosiy ish rejimi bu dinamik rejim hisoblanadi. Chunki bu rejimda sistemaga har xil signallar ta'sir etib, sistema harakatda bo'ladi va bu harakat differensial tenglama orqali ifodalanadi.

Sistemaning dinamik holatini ya'ni (o'tkinchi jarayon) holatini ifodalovchi tenglamaga dinamik tenglama deyiladi.



3.4-rasm.

Demak dinamik rejimni ifoda etuvchi differensial tenglama shu holatning o'zini, harakat tezligini hamda harakatning tezlanishini ifoda etadi.

$$F(y, \dot{y}, \ddot{y}, x, \dot{x}) + f = 0, \quad (3.1)$$

bunda x , f – kirish kattaligi; y – chiqish kattaligi. (3.1) tenglama dinamik rejimning tenglamasi.

Statik rejimda esa, $y=\text{const}$; $x=\text{const}$;

$$F(y;0;0;x;0)+f=0. \quad (3.2)$$

Chiziqlantirish

Chiziqlantirish ikki xil bo'ladi:

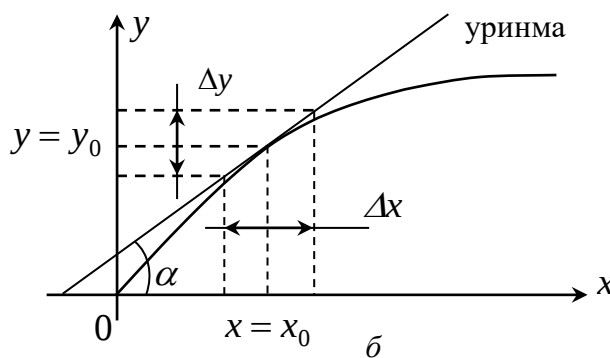
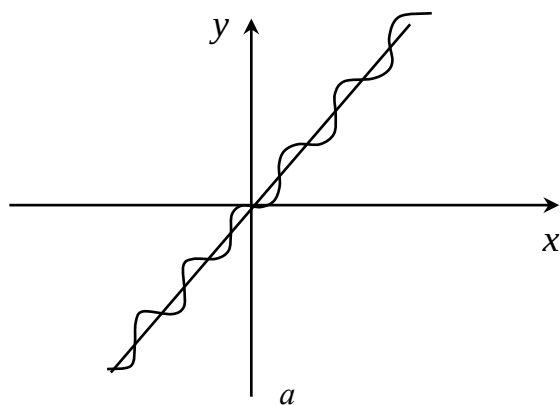
o'rtacha qiymatni olish usuli;

kichik og'ish usuli.

Real sharoitlarda ABSlarni elementlari egri chiziqli xarakterga ega. Demak u elementlardagi jarayonlar nochiziqli differensial tenglama bilan ifodalaniladi. Nochiziqli differensial tenglamalarning umumiy yechimi bo'lmaganligi sababli bu elementlarning xarakteristikalarini chiziqli differensial tenglamalar bilan almashtiriladi.

Nochiziqli differensial tenglamani chiziqli differensial tenglama bilan almashtirish chiziqlantirish deyiladi.

1. Agar egri chiziqli shunday ko'rinishda bo'lsa, o'rtacha qiymatni olish usuli qo'llaniladi (3.5a-rasm).



3.5-rasm. O'rtacha qiymatni olish usuli (a) va kichik og'ish usuli (b) tavsiflari.

2. *Kichik og'ish usuli.* Bu usulda elementning statik xarakteristikasi $y=f(x)$ kirish signalining ma'lum x_0 qiymatida Teylor qatoriga yoyiladi (b-rasm).

$$y = y_0 + \frac{dy}{dx} \Delta x + \frac{d^2y}{dx^2} \Delta x^2 + \frac{d^3y}{dx^3} \Delta x^3 + \dots$$

Agar $\Delta x \rightarrow 0$ ikkinchi va uchinchi tartibli tenglamalar nolga teng bo'lib tenglama $y = y_0 + \frac{dy}{dx} \Delta x$ bo'lib qoladi, u holda $\Delta y = y - y_0 = \frac{dy}{dx} \Delta x$; $\Delta y = \alpha \cdot \Delta x$.

Chiziqlantirishning bu usullarini qo'llash shartlari:

1. $\Delta x, \Delta y$ - juda kichik bo'lishi kerak;

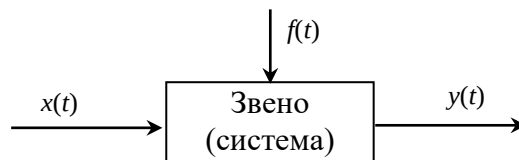
2. $y = f(x)$ - funksiya uzluksiz funksiya bo'lishi kerak.

11-ma'ruza. O'lchash axborotlariga ishlov berish asoslari.

Tipik kirish signallari

Sistemada bo'layotgan jarayonni o'rganish uchun uni ifoda etuvchi differensial tenglamaning yechimini yoki bu tenglamani qandaydir yo'l bilan topish kerak.

Buning uchun kirish signali vaqtga bog'liq bo'lishi shart. ABSlarida $x(t)$ va $f(t)$ signallarini kirish signallari deyiladi, $y(t)$ ni chiqish signali yoki kirish signalidan olingan reaksiya deb ataladi.



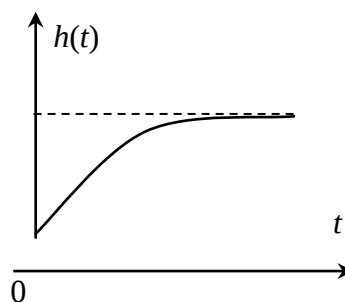
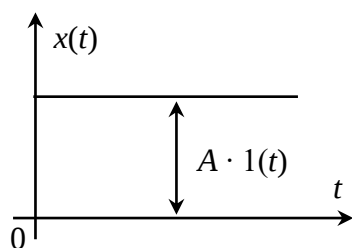
4.1 – rasm.

1. Sistemaning dinamik xususiyatlarini aniqlashtirishda quyidagi tipik kirish signallaridan foydalaniladi:

2. Birlik pog'onali signal yoki pog'onali funksiya.

$x(t) = A \cdot 1(t)$ bilan ifodalanib, $A = \text{const}$

$1(t) = \begin{cases} 1 & \text{azap } t \geq 0 \\ 0 & \text{azap } t < 0 \end{cases}$ birlik pog'onali funksiya



4.2 – rasm.

$x(t) = \begin{cases} A \cdot 1(t) & \text{azap } t \geq 0 \\ 0 & \text{azap } t < 0 \end{cases}$ bu degani o'zgarmas kuchlanish ulash deganidir.

Misol sifatida o'zgarmas tokni ulashni keltirish mumkin.

Sistemaga yoki zvenoning pog'onali signaldan olingan reaksiyasiga o'tkinchi xarakteristika deb ataladi va $h(t)$ bilan belgilanadi.

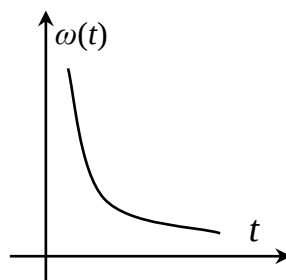
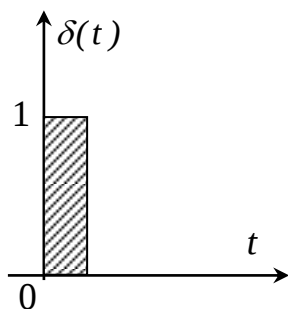
Pog'onali signal Laplas tasviri $L\{A \cdot 1(t)\} = A \frac{1}{p}$;

3. Impul'sli signal (funksiya).

$$x(t) = A \cdot \delta(t), \quad A = \text{const}.$$

$\delta(t)$ ning amplitudasi 0 da ∞ ga teng bo'lib, davomiyligi cheksiz kichik bo'lgan funksiya aytiladi.

$$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{azap } t = 0; \\ 0 & \text{azap } t \neq 0. \end{cases} \quad \int_0^{\infty} \delta(t) dt = 1$$



4.3 – rasm.

$\delta(t)$ ning Laplas tasviri birga teng, ya'ni $L\{\delta(t)\}=1$.

Sistema yoki zvenoning birlik impulsli funksiyadan olingan reyaksiyaga impulsli o'tkinchi xarakteristika yoki vazn funksiyasi deyiladi va bilan belgilanadi.

4. Garmonik (sinusoidal) signal (funksiya).

Bu signal haqiqiy yoki kompleks ko'rinishda bo'lishi mumkin

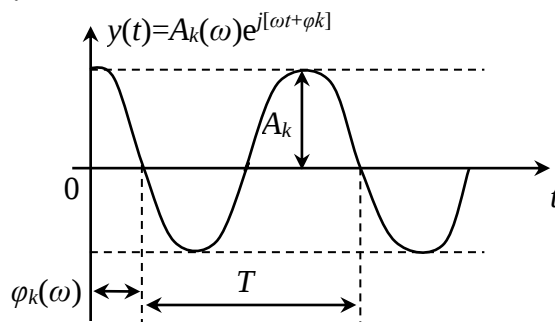
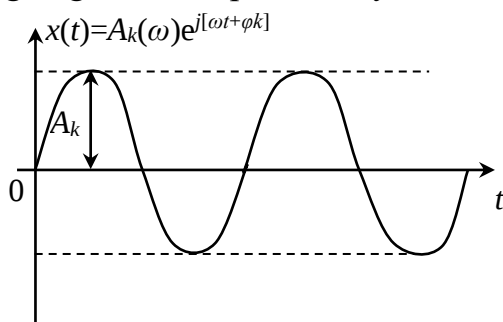
$$x(t) = A_k(\omega) \sin(\omega t + \varphi_k(\omega));$$

$$x(t) = A_k(\omega) \cos(\omega t + \varphi_k(\omega)).$$

$$\dot{x}(t) = A_k(\omega) [\cos(\omega t + \varphi_k) + j \sin(\omega t + \varphi_k)] = A_k(\omega) e^{j(\omega t + \varphi_k)} - \text{kompleks ko'rinishi.}$$

$A_k(\omega) = 1$ - kirish signallarining amplitudasi; $\varphi_k(\omega) = 0$ - kirish signalining fazasi; ω - chastotasi, $\omega = \frac{2\pi}{T}$; T - davr, $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

Chiziqli statsionar bir o'lchamli sistemaning kirishiga $x(t) = A_k(\omega) e^{j(\omega t + \varphi_k(\omega))}$ signal ta'siri berilganda uning chiqishidagi majburiy tebranishlari kirish signalining tebranishlari chastotasiga teng chastota bilan tebranish hosil qiladi. Lekin chiqish tebranishlari amplitudasi $A_k(\omega)$ va fazasi $\varphi_k(\omega)$ kirish tebranishlari amplitudasi va fazasidan farqli bo'lgan garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi.



4.4 – rasm.

Sistema yoki zvenoning garmonik signaldan olingan reaksiyasiga chastotaviy xarakteristika deyiladi.

4) $x(t) = A * t$ – chiziqli signallar.

5) $x(t) = A * t^2$ – kvadrat signallar.

6) $x(t) = A * t^3$ – kub signallar.

Uzatish funksiyalari

Bir o'lchamli uzluksiz statsionar chiziqli sistemaning differensial tenglamasini umumiy ko'rinishda quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\left[a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) \right] = \left[b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_m x(t) \right]. \quad (4.1)$$

Sistema yoki zvenoning uzatish funktsiyasi deb – boshlang‘ich shartlari nol bo‘lganida chiqish signalining Laplas tasvirini kirish signalining Laplas tasviri signali nisbatiga aytiladi. (4.1)-tenglamani Laplas tasviri bo‘yicha o‘zgartiramiz, buning uchun differensial tenglamada $\frac{d}{dt}$ operatorni « p » kompleks o‘zgaruvchi bilan almashtiramiz

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n) y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m) x(p). \quad (4.2)$$

Uzatish funktsiyasining ta’rifiga muvofiq $W(p)$ ni quyidagi ko‘rinishda ifodalash mumkin

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} \Big|_{t=0} = \frac{(b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m)}{(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n)}. \quad (4.3)$$

yoki

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$$

bunda $P(p) = b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m$ - m darajali ko‘phad;

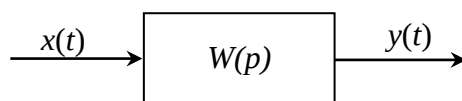
$Q(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n$ - n darajali ko‘phad.

Sistamani amalga oshirish uchun shart bajarilishi kerak. Shundagini sistema ishlashi mumkin.

(4.3) tenglamaga muvofiq zveno yoki sistemaning chiqish signalining Laplas tasviri

$$y(p) = W(p) \cdot x(p). \quad (4.4)$$

Endi zveno yoki sistemaning uzatish $W(p)$ funktsiyasi bilan o‘tkinchi funktsiyasi $h(t)$ hamda impulsli o‘tkinchi funktsiyasi $((t))$ orasidagi bog‘lanishni ko‘rib chiqamiz (4.5-rasm).



4.5 – rasm

a) Agar kirish signali $x(t)=1(t)$ bo‘lsa, unda uning Laplas tasviri $x(p)=\frac{1}{p}$ bo‘ladi. (4)

formulaga muvofiq chiqish signalining Laplas tasviri $y(p)=W(p) \cdot \frac{1}{p}$ ga teng bo‘ladi.

Bundan original funktsiyaga o‘tsak $y(t)=h(t)=L^{-1}\left\{W(p) \cdot \frac{1}{p}\right\}$ bo‘ladi.

Demak, o‘tkinchi funktsiya $h(t)$ bilan uzatish funktsiyasi $W(p)$ bir ma’noli bog‘langan ekan.

b) Agar $x(t)=\delta(t)$ bo‘lsa, unda $x(p)=1$ bo‘ladi. (4.4) formulaga muvofiq chiqish signalining Laplas tasviri $y(p)=W(p)$ bo‘lib, uning originali impulsli o‘tkinchi funktsiya bo‘ladi, ya’ni $y(t)=\omega(t)=L^{-1}\{W(p)\}$.

Demak, impulsli o‘tkinchi funktsiya $((t))$ uzatish funktsiyasining originali ekan.

Endi uzatish funktsiyasining mohiyatini aniq misolda ko‘rib chiqamiz.

1-misol. RC zanjiri berilgan bo‘lsin (4.6-rasm). Shu zanjirining uzatish funktsiyasi $W(p)$ ni topish kerak.

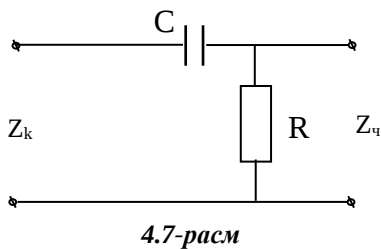
$$Z_k(p) = R + \frac{1}{pC};$$

$$Z_u(p) = \frac{1}{pC};$$

$$W(p) = \frac{Z_q}{Z_k} = \frac{\frac{1}{pC}}{R + \frac{1}{pC}} = \frac{1}{RCp + 1} = \frac{1}{Tp + 1}.$$

Bunda $T = RC$ – vaqt doimiyliigi.

2-misol. SR zanjiri berilgan bo'lsin (4.7-rasm). Shu zanjirning uzatish funksiyasi $W(p)$ ni topish kerak.



$$Z_k(p) = R + \frac{1}{pC} + R;$$

$$Z_q(p) = R;$$

$$W(p) = \frac{Z_q}{Z_k} = \frac{R}{\frac{1}{pC} + R} = \frac{RCp}{1 + RCp} = \frac{Tp}{1 + Tp}.$$

Bu yerda $T = RC$ – vaqt doimiyliigi.

ABS larning chastotaviy xarakteristikalar

Chiziqli statsionar sistemalarni tasvirlashda chastotali xarakteristikalar juda muhim rol o'ynaydi. Bir o'lchamli chiziqli statsionar sistemaning umumiy ko'rinishdagi operator tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$(a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n) y(p) = (b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m) x(p).$$

Uzatish funksiyasining ta'rifiga ko'ra

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + b_2 p^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_n} = \frac{P(p)}{Q(p)}.$$

$W(j\omega)$ funksiyaning uzatish funksiyasi $W(p)$ dan $p = j\omega$ bilan almashtirish orqali olinadi va chastotaviy uzatish funksiyasi deyiladi

$$W(j\omega) = \frac{b_0 (j\omega)^m + b_1 (j\omega)^{m-1} + b_2 (j\omega)^{m-2} + \dots + b_m}{a_0 (j\omega)^n + a_1 (j\omega)^{n-1} + a_2 (j\omega)^{n-2} + \dots + a_n}.$$

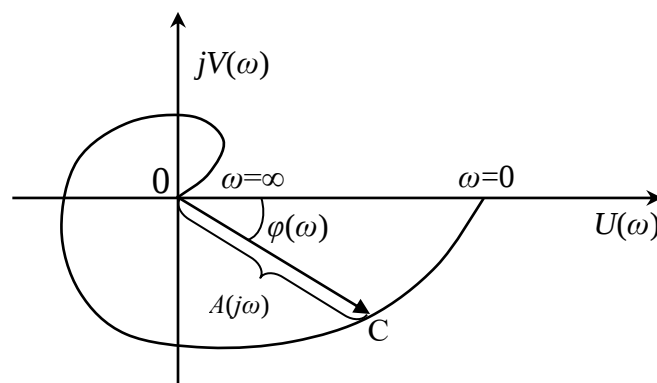
Chastotaviy uzatish funksiya $W(j\omega)$ chatota deb ataluvchi haqiqiy o'zgaruvchi « ω » ga bog'liq bo'lgan kompleks funksiyadir.

$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ - algebraik ko'rinishi;

$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$ - darajali ko'rinishi,

bu yerda $U(\omega)$ - haqiqiy qism; $V(\omega)$ - mavhum qism; $A(\omega)$ - amplituda; $\varphi(\omega)$ - faza.

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} ; \varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)}$$



4.8 – rasm.

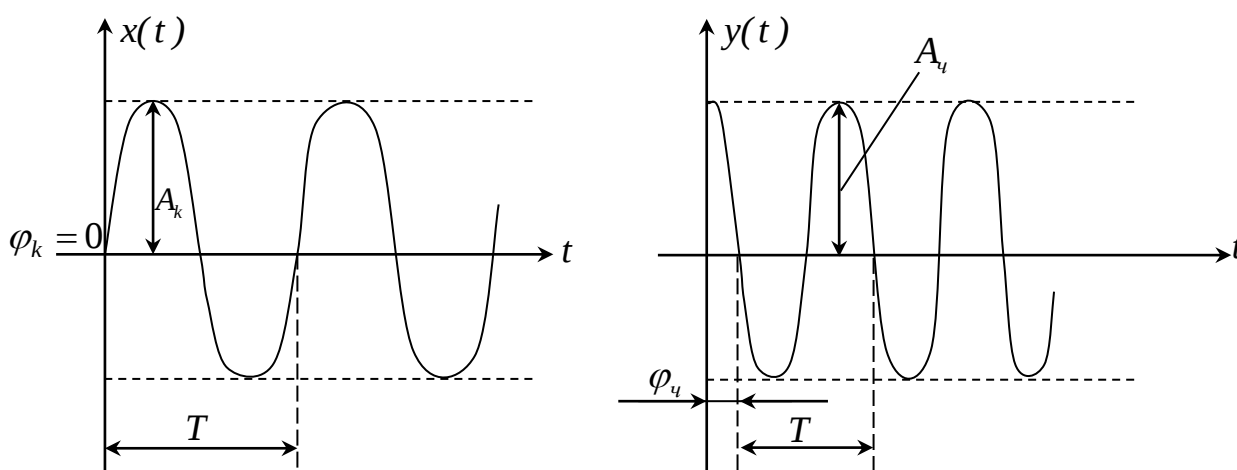
Kompleks tekisligida $W(j\omega)$ funksiyasini $\overrightarrow{OC}$ vektor orqali ifodalash mumkin. Bu vektorning uzunligi chastotali uzatish funksiyasining amplitudasi «A»ga vektorning haqiqiy musbat o'q bilan xosil qilgan burchagi fazasi « φ »ga teng bo'ladi (1-rasm).

Chastota noldan chiksiz ($0 < \omega < \infty$) oraliqda o'zgarganda $\overrightarrow{OC}$ vektorning kompleks tekisligida chizgan egri chizig'iga amplituda-fazali xarakteristika (AFX) deyiladi, yoki boshqa qilib aytganda AFX deb kompleks tekisligida chastotaning o'zgarishiga qarab amplituda va fazaning o'zgarishiga aytish mumkin.

Chastotali uzatish funksiyasining amplitudasi chiqish signalining amplitudasini kirish signalining amplitudasiga nisbatan necha marotaba kattaligini ko'rsatadi. Chastotali uzatish funksiyasining moduli amplitudasini beradi, ya'ni $A(\omega) = \text{mod } W(j\omega) = \frac{A_q(\omega)}{A_k(\omega)}$;

chastotali uzatish funksiyasining argumenti chiqish va kirish signallari orasidagi burchak siljishini ko'rsatadi, ya'ni $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$;

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{A_q(\omega)e^{j[\omega t + \varphi_q]}}{A_k(\omega)e^{j[\omega t + \varphi_k]}} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$



4.9 – rasm.

$A(\omega)$ - kuchaytirishning amplitudasi

$$A(\omega) = \frac{A_{\text{chik}}(\omega)}{A_{\text{kir}}(\omega)}; \quad \varphi(\omega) = \varphi_{\text{chik}} - \varphi_{\text{kir}}.$$

$W(j\omega)$ - amplituda fazaviy xarakteristika (AFX);

$U(\omega)$ - haqiqiy chastotaviy xarakteristika (HCHX);

$V(\omega)$ - mavhum chastotaviy xarakteristika (MCHX);

$A(\omega)$ - amplituda chastotaviy xarakteristika (ACHX);

$\varphi(\omega)$ - faza chastotaviy xarakteristika (FCHX).

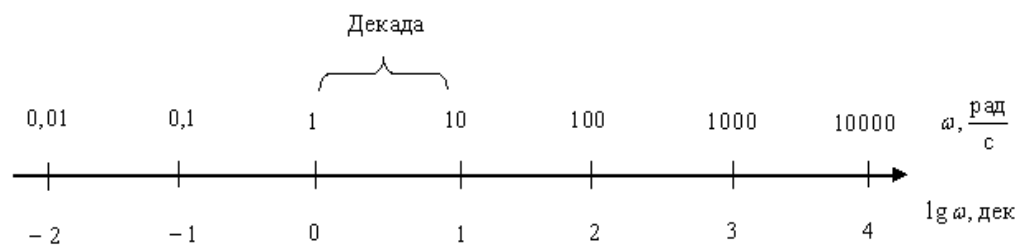
Bu xarakteristikakalarning hammasi oddiy chiziqli masshtabda chiziladi. Yuqoridagi xarakteristikalaridan tashqari quyidagi ikkita logarifmik xarakteristika ham mavjuddir.

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$ funksiya - logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika (LACHX) deyiladi. Amplitudaning ga nisbatan chizilgan grafigiga logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristika (LACHX) deyiladi. $\varphi(\omega)$ ni $\lg \omega$ ga nisbatan chizilgan grafigiga logarifmik fazo-chastotaviy xarakteristika (LFCHX) deyiladi.

$\lg \omega$ ning o'lchov birligi «dakada», bir dekada chastotaning o'n marta oshishini bildiradi.

$L(\omega)$ ning o'lchov birligi «detsibell» quvvatni o'n marta ko'paytirish bir bellni beradi, ya'ni $10\text{дБ} = \frac{1}{10} \text{бел}$.

$$L(\omega) = 10 \lg P(\omega) = 10 \lg U \cdot I = 10 \lg A^2(\omega) = 20 \lg A(\omega).$$



Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalar

ABSLarining zvenolari har xil fizikaviy tabiatga, ishlash prinsipiga, konstruktiv formaga hamda sxemalarga bo'linishi mumkin. Lekin bu zvenolarning dinamik xususiyatlarini o'rganishda, tadqiq qilishda uning chiqishidagi hamda kirishidagi kattaliklarni bog'lovchi tenglama muhim rol o'ynaydi.

Matematik ifodasi differensial tenglama bilan ifodalanadigan zvenolarga dinamik zveno deyiladi.

Tipik dinamik zveno deb, tartibi ikkidan yuqori bo'lmagan differensial tenglama bilan ifodalanadigan zvenolarga aytiladi. Ularga asosan quyidagi zvenolar kiradi:

Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno.

Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.

Ideal integrallovchi zveno.

Ideal differensiallovchi zveno.

Tebranuvchi zveno.

Birinchi tartibli tezlatuvchi zveno.

Ikkinchi tartibli tezlatuvchi zveno.

Quyida shu zvenolarning vaqt hamda chastotali xarakteristikalarini ko'rib chiqamiz.

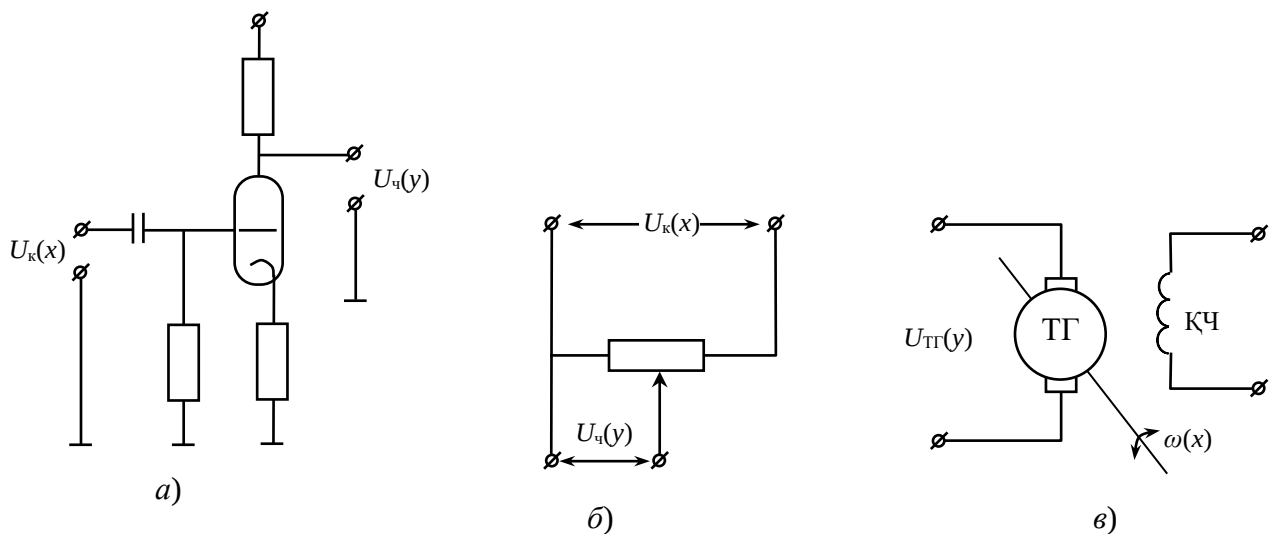
1. Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno. Bu zvenoning umumiy tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$y(t) = K \cdot x(t), \quad (5.1)$$

bu yerda K – uzatish koeffitsiyenti.

Bunday zvenoning chiqishidagi kattalik kirishidagi kattalikka nisbatan proporsional ravishda o'zgaradi.

Bu zvenoga elektron kuchaytirgich, potensiometr, taxogenerator kabi elementlar misol bo'la oladi (1-rasm.)



5.1-rasm. Elektron kuchaytirgich (a); potensiometr (b); taxogenerator (v),
bu yerda « ω » o'qning aylanish tezligi.

(5.1) tenglamaga Laplas almashtirishlarini kiritamiz

$$y(p) = K \cdot x(p), \quad (5.2)$$

bundan

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K. \quad (5.3)$$

Shunday qilib, proporsional zvenoning uzatish funksiyasi kuchaytirish koeffitsiyenti « K » ga teng bo'ladi.

Uzatish funksiyasi orqali zveno yoki sistemaning vaqt xarakteristikalarini aniqlash mumkin

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ K \frac{1}{p} \right\} = K \cdot 1(t). \quad (5.4)$$

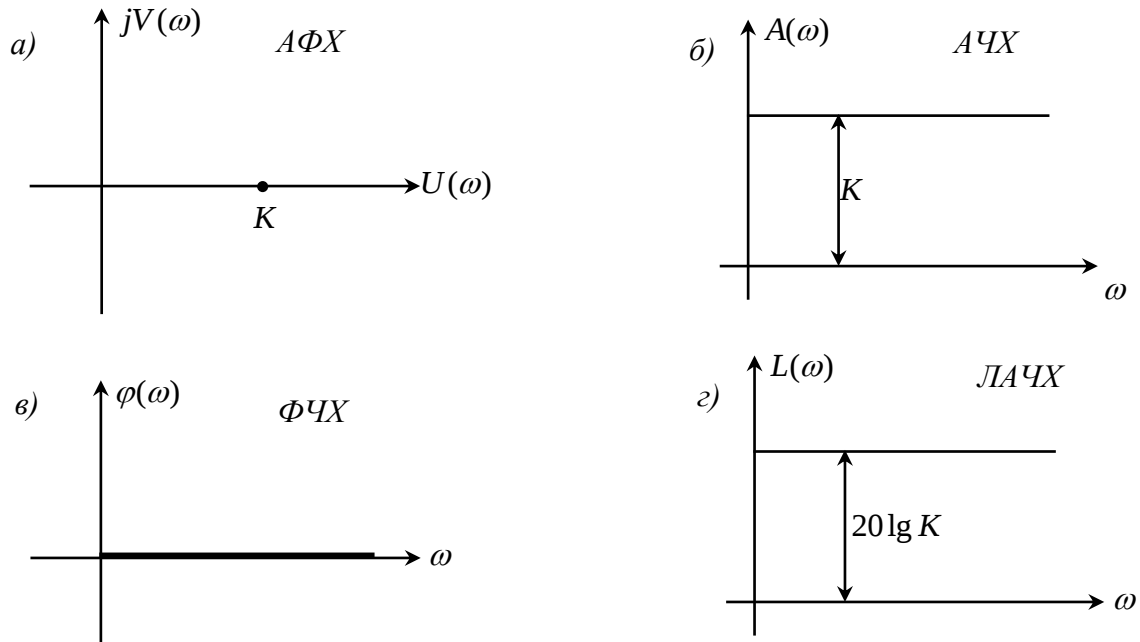


Chastotaviy uzatish funksiyasini aniqlash uchun uzatish funksiyasi $W(p)$ da « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiriladi

$$W(j\omega) = K; \quad A(\omega); \quad \varphi(\omega) = 0,$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K.$$

Bu zvenolarning chastotali xarakteristikalarini 5.2-rasmda keltirilgan.



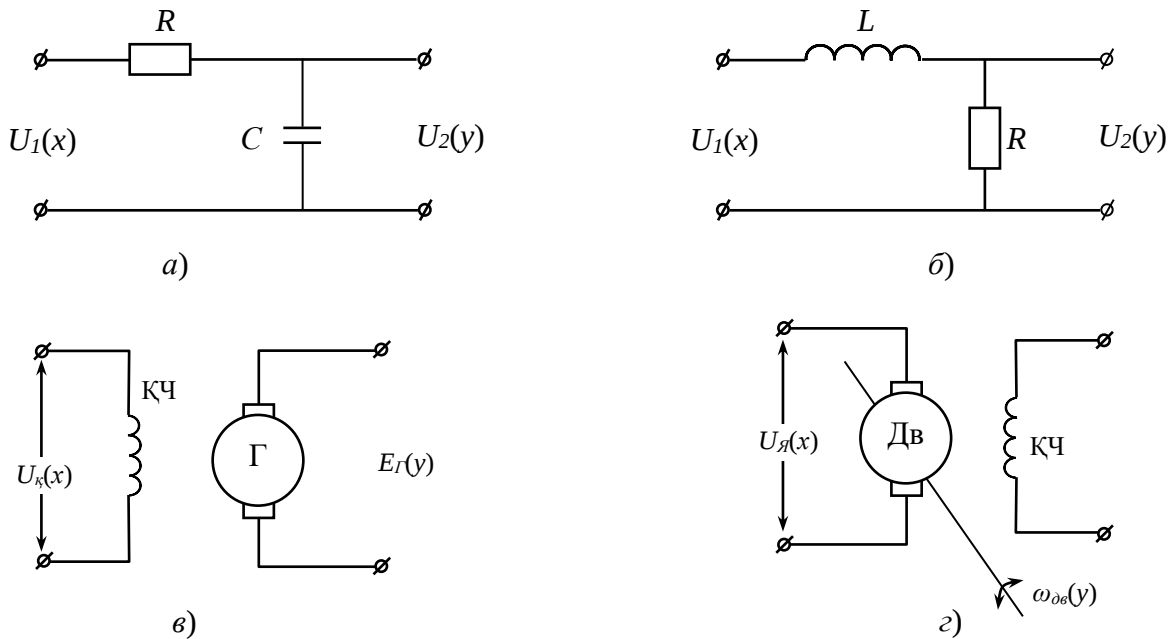
5.2-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v); logarifmik amplituda chastotali (g) xarakteristikalar.

2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno. Bu zvenoning tenglamasi qo'yidagi ko'rinishga ega.

$$y(t) + T \frac{dy(t)}{dt} = K \cdot x(t) \quad (5.5)$$

bu yerda K – uzatish koeffitsiyenti; T – vaqt doimiyligi.

RC, RL – zanjirlari, o'zgarmas tok generator iiva dvigatellari bu zvenoga misol bo'la oladi (5.3-rasm).



5.3-rasm. RC zanjiri (a); LR zanjiri (b); o'zgaras tok generatori (v); o'zgaras tok dvigateli (g).

(5.5) tenglamaga Laplas o'zgartirishini kiritib, bu zvenoning uzatish funksiyasini aniqlaymiz

$$y(p) + Tp \cdot y(p) = Kx(p),$$

bundan

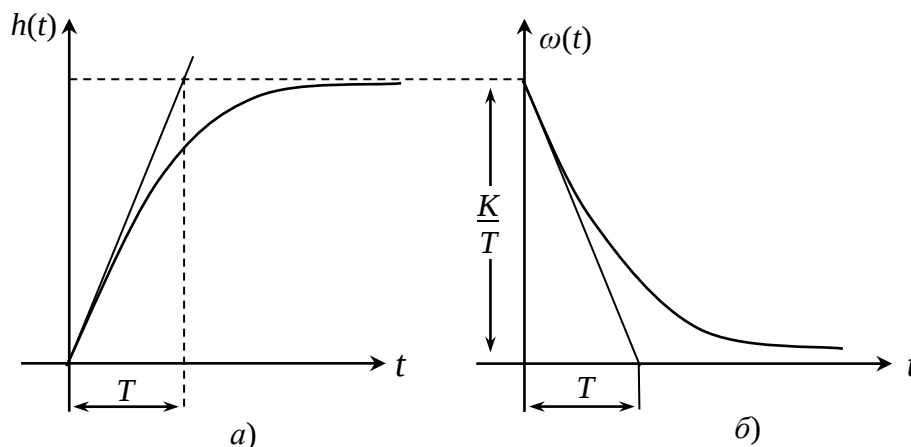
$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{1 + Tp}. \quad (5.6)$$

Inersial zvenoning o'tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{1 + Tp} \cdot \frac{1}{p} \right\} = K(1 - e^{-\frac{t}{T}})1(t) \quad (5.7)$$

eksponenta qonuni bo'yicha o'zgaradi (5.4-rasm). Impulsli o'tkinchi funksiyani quyidagicha aniqlash mumkin (5.4b-rasm).

$$\omega(t) = h'(t) = L^{-1} \{ W(p) \} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{1 + pT} \right\} = \frac{K}{T} e^{-\frac{t}{T}} 1(t) \quad (5.8)$$



4-rasm. O'tkinchi xarakteristika (a); impulsli o'tkinchi xarakteristika (b).

Zvenoning chastotali uzatish funksiyasini hamda uning chastotali xarakteristikalarini aniqlash uchun uzatish funksiyasi $W(p)$ da «p»ni «j ω » bilan almashtirish kerak (5.5-rasm).

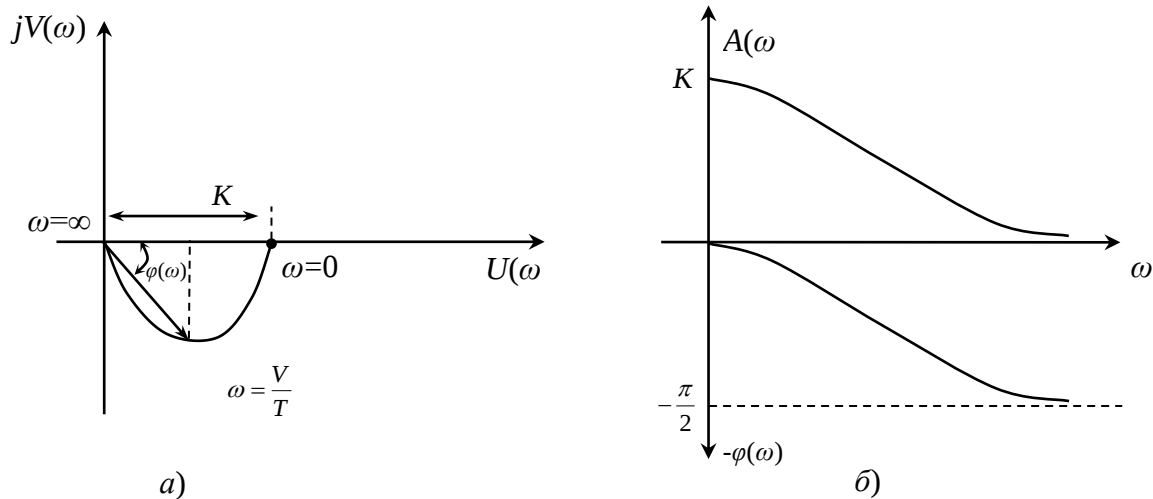
$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + j\omega T} = \frac{K(1 - j\omega T)}{(1 + j\omega T)(1 - j\omega T)} = \frac{K}{(1 - \omega^2 T^2)} - j \frac{K\omega T}{(1 + \omega^2 T^2)} = U(\omega) + jV(\omega)$$

$$U(\omega) = \frac{K}{(1 - \omega^2 T^2)} - \text{haqiqiy qism};$$

$$V(\omega) = \frac{K\omega T}{(1 + \omega^2 T^2)} - \text{mavhum qism}.$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\arctg \omega T;$$



5.5-rasm. Amplituda-fazali xarakteristika (a); amplituda-chastotali va faza-chastotali xarakteristika (b).

Zvenoning logarifmik amplituda chastotali xarakteristikasi (LACHX) quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

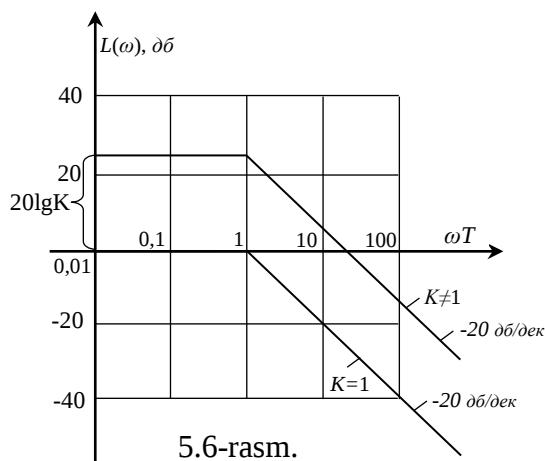
$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \left[\frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \right] = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2}.$$

Bu zvenoning asimptotik LACHXni

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K, & 0 < \omega < 1 \text{ ёки } 0 < \omega < \frac{1}{T} \text{ булганда,} \\ 20 \lg K - 20 \lg \omega T, & \omega T > 1 \text{ ёки } \omega > \frac{1}{T} \text{ булганда,} \end{cases}$$

tenglama bilan ifodalanadi.

Shunday qilib, chastotaning $0 < \omega < \frac{1}{T}$ oralig'idagi qiymatlarida $K=1$ bo'lganda $L(\omega)$ xarakteristikasi abssissa o'qi bilan mos tushadi, chunki $L(\omega) = 20 \lg 1 = 0$. Agar $K \neq 1$ bo'lsa, unda shu chastota oralig'ida $L(\omega)$ xarakteristikasi $20 \lg K$ balandlikda abssissa o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq bo'ladi. $\omega T > 1$ yoki $\omega > \frac{1}{T}$ bo'lganda $L_a(\omega) = -20 \lg \omega T$ ga teng bo'ladi (5.6-rasm).



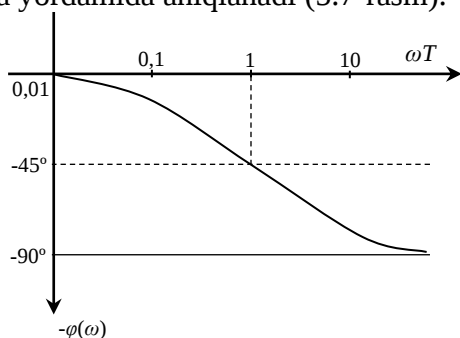
$$\begin{aligned}\omega T = 1, \quad L(\omega) &= 0 \text{ dB}; \\ \omega T = 10, \quad L(\omega) &= -20 \text{ dB}; \\ \omega T = 100, \quad L(\omega) &= -40 \text{ dB}.\end{aligned}$$

5.6-rasm.

Shunday qilib, inersial zvenoning LACHX si tutash chastota $\omega = \frac{1}{T}$ yoki $\omega T = 1$ gacha hech qanday o'zgarishsiz qoladi vash u chastotadan keyin -20 db/dek og'ish bo'yicha o'zgaradi.

Haqiqiy LACHX $L(\omega)$ asimptotik $L_a(\omega)$ xarakteristikadan birmuncha farq qiladi va bu farq faqat tutash chastota $\omega = \frac{1}{T}$ yoki $\omega T = 1$ da eng kata qiymatga ega bo'lib, u taxminan - 3,03 db ga teng, ya'ni $L(\omega) = L(1) = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{1+(1)^2}} = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{2}} = -3,03 \text{ dB}$.

Amaliyotda LACHX ni aniq ko'rish talab qilinmaydi. Shuning uchun uni ikkita bir-biri bilan tutushgan to'g'ri chiziq ko'rinishida quriladi. Logarifmik faza-chastotali xarakteristika $\varphi(\omega) = -\arctg \omega T$ ifoda yordamida aniqlanadi (5.7-rasm).



5.7 – rasm.

$$\begin{aligned}\omega T = 0, \quad \varphi(\omega) &= 0^\circ; \\ \omega T = 1, \quad \varphi(\omega) &= -45^\circ; \\ \omega T = \infty, \quad \varphi(\omega) &= -90^\circ.\end{aligned}$$

Tutash $\omega = \frac{1}{T}$ yoki $\omega T = 1$ chastotada $\varphi(\omega) = -\arctg 1 = -45^\circ$ ga teng bo'lib, shu chastotaga nisbatan LFCHX ning simmetriyaligi uning o'ziga xos xarakterli fazilati hisoblanadi.

3. Ideal integrallovchi zveno. Bu zveno

$$y(t) = K \int_0^t x(t) dt, \quad (5.9)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu yerda K – uzatish ko'effitsiyenti. Unga elektr sig'im, induktivlik, aylanma o'q va x.k. misol bo'la oladi.

(5.9) tenglamani Laplas bo'yicha tasviri qo'yidagi ko'rinishga ega:

$$y(p) = \frac{K}{p} x(p), \quad (5.10)$$

zvenoning uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{p}. \quad (5.11)$$

Bu zvenoni yana astatik zveno deb ham yuritiladi.

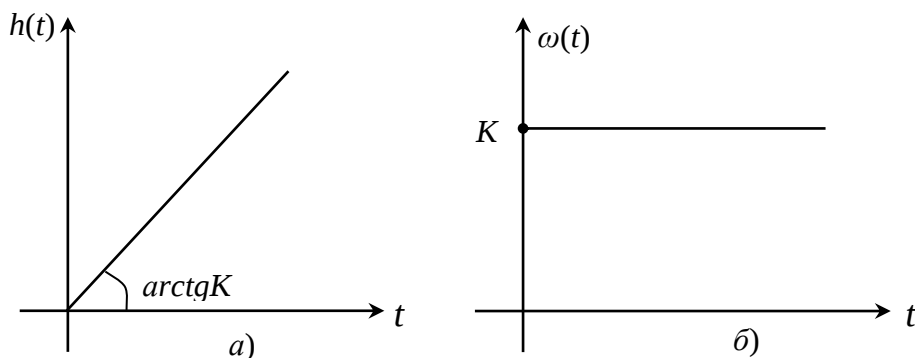
Integral zvenoning o'tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p)\frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{\frac{K}{p} \cdot \frac{1}{p}\right\} = K \cdot t \cdot 1(t) \quad (5.12)$$

va impulsli o'tkinchi funksiyasi (vazn funksiyasi)

$$\omega(t) = h'(t) = K \quad (5.13)$$

5.8b-rasmda keltirilgan.

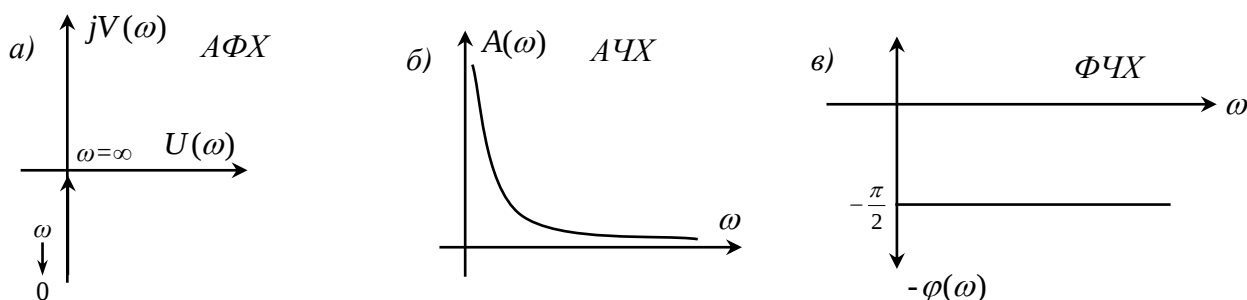


5.8-rasm. O'tkinchi xarakteristika (a); impulsli o'tkinchi xarakteristika (b).

Integral zvenoning chastotali uzatish funksiyasi

$$W(j\omega) = \frac{K}{j\omega} = \frac{K}{\omega} e^{-j\frac{\pi}{2}} \quad (5.14)$$

bo'lib, unda $A(\omega) = \frac{K}{\omega}$ – amplituda chastotali funksiya; $\varphi(\omega) = -\frac{\pi}{2}$ – faza chastotali funksiyalar (5.9-rasm).

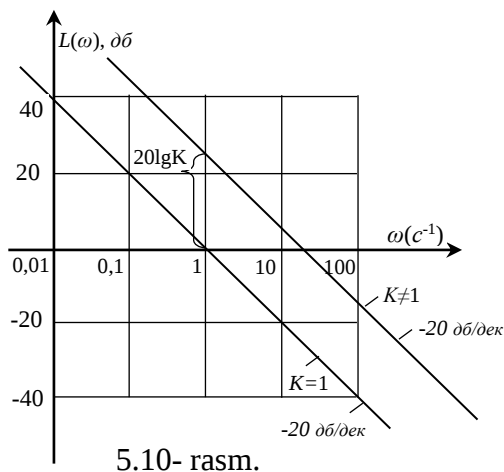


5.9-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v) xarakteristikalar.

Zvenoning AFX si (5.14) ifodaga muvofiq kompleks tekisligining manfiy mavhum o'qi bilan mos tushadi va chastota bo'lganda koordinata o'qi boshiga tomon yo'nalgan bo'ladi.

Logarifmik amplituda chastotali xarakteristika (LACHX)

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\omega} = 20 \lg K - 20 \lg \omega \text{ ifoda yordamida aniqlanadi (5.10-rasm).}$$



5.10- rasm.

$$\begin{aligned} \omega = 1, & \quad L(\omega) = 0 \text{ dB}; \\ \omega = 10, & \quad L(\omega) = -20 \text{ dB}; \\ \omega = 100, & \quad L(\omega) = -40 \text{ dB}; \\ \omega = 0,1, & \quad L(\omega) = 20 \text{ dB}; \\ \omega = 0,01, & \quad L(\omega) = 40 \text{ dB}. \end{aligned}$$

Demak, bu zvenoning $L(\omega)$ xarakteristikasi koordinatalari $\omega=1$ va $20\lg K$ bo'lgan nuqtadan o'tgan og'ma to'g'ri chiziq bo'lib, chastota bir dekadaga ko'payganda $L(\omega)$ ordinatasi 20 db ga kamayadi. Shuning uchun $L(\omega)$ xarakteristikasining og'ishi -20 db/dek (minus 20 detsebell bir dekadaga deb o'qiladi).

14,15-ma'ruza. PID – rostlagichlarning qo'llanilish chegaralari.

4. Ideal differensiallovchi zveno. Bu zveno

$$y(t) = K \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (15)$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bunda K – uzatish koeffitsiyenti. Unga elektr sig'im, induktivlik, taxogenerator (agar kirish kattaliga o'qning aylanish tezligi emas, burchak burilishi bo'lsa) misol bo'la oladi.

(15) tenglamani Laplas bo'yicha o'zgartirib, zvenoning uzatish funksiyasini aniqlaymiz

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = Kp. \quad (16)$$

Bunda o'tkinchi $h(t)$ va impulsli o'tkinchi $\omega(t)$ funksiyalarni aniqlaymiz

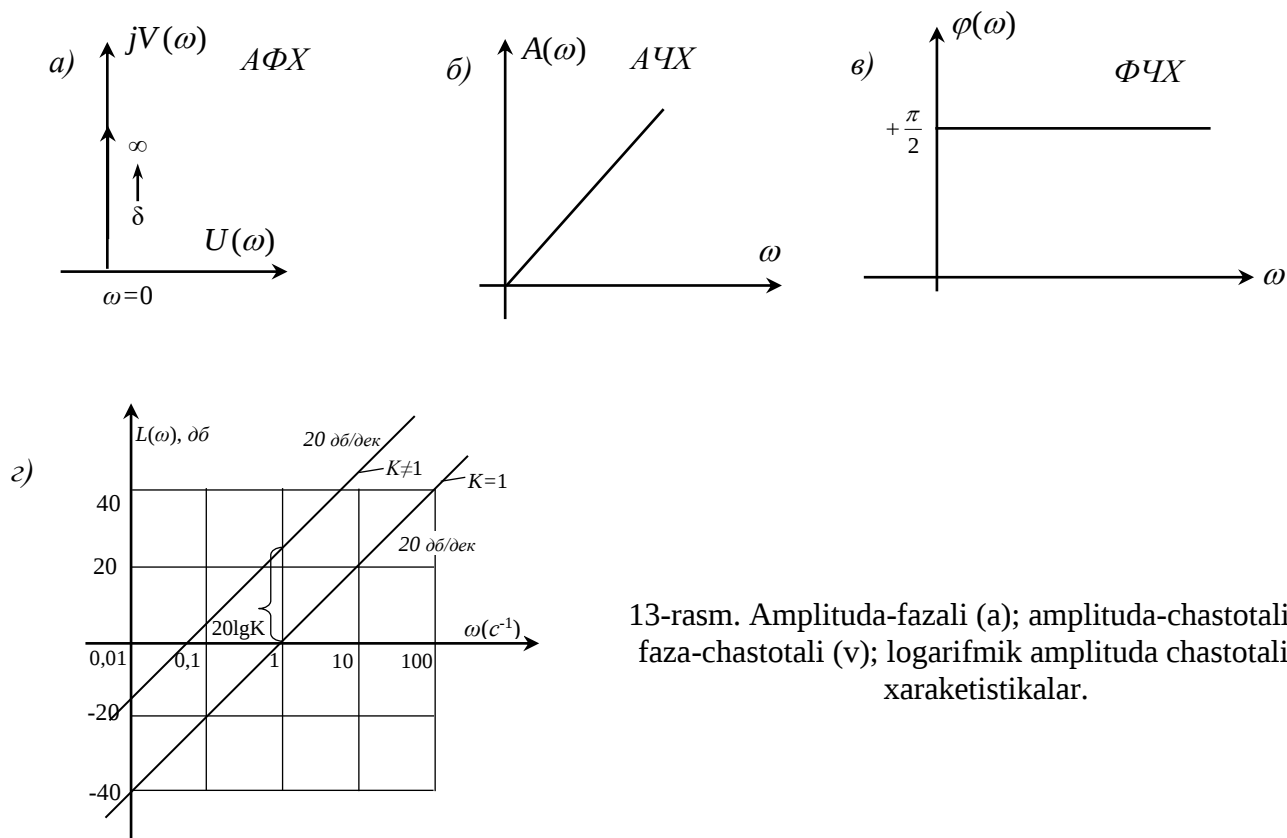
$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p) \frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{Kp \cdot \frac{1}{p}\right\} = K \cdot \delta(t) \quad (17)$$

$$\omega(t) = h'(t) = K \cdot \delta(t) \quad (18)$$

(16) ifodada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtirib chastotali uzatish funksiyasini

$$W(j\omega) = K \cdot j\omega = K \cdot \omega e^{j\frac{\pi}{2}} \quad (14)$$

hamda chastotali xarakteristikalarini aniqlaymiz (13-rasm). Unda $A(\omega) = K\omega$ – amplituda chastotali funksiya; $\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}$ – faza chastotali funksiya; $L(\omega) = 20\lg A(\omega) = 20\lg K + 20\lg \omega$ – logarifmik amplituda chastotali funksiya.



13-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v); logarifmik amplituda chastotali (g) xarakteristikalar.

Shunday qilib, bu zvenoning AFX si kompleks tekisligining musbat mavhum o'qi bilan mos tushib, chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda yuqoriga qarab yo'naladi. LACHXsi esa koordinatalari $\omega=1$ va $L(\omega) = 20 \lg K$ bo'lgan nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziqdır. Shuning uchun $L(\omega)$ xarakteristikasining og'ishi $+20 \text{ dB/dek}$ (plyus 20 detsebell bir dekadaga deb o'qiladi).

5. Tebranuvchi zveno. Bu zveno ikkinchi tartibli tenglama bilan ifodalanadi.

$$y(t) + 2\xi T \frac{dy}{dt} + T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} = K \cdot x(t) \quad (20)$$

bunda $0 < \xi < 1$ oralig'idagi qiymatga ega bo'lib, so'nish darajasi (koeffitsiyenti) deyiladi.

Bu holda $1 + 2\xi pT + p^2 T^2 = 0$ xarakteristik tenglama kompleks ildizlarga ega bo'ladi. Zvenoning vaqt doimiyligi rezonans chastota ω_0 bilan $T = \frac{1}{\omega_0}$ ifoda bilan bog'langan

bo'lib, rezonans tebranish davri « T_0 » dan « 2π » marta kichikdir

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \cdot T.$$

Elektr tebranuvchi zanjir, elastik mexanik sistema bu zvenoga misol bo'la oladi.

(20) tenglamani Laplas tasviri bo'yicha

$$y(p) + 2p\xi Ty(p) + T^2 p^2 y(p) = Kx(p) \quad (21)$$

zvenoning funksiyasi aniqlanadi.

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{1 + 2\xi pT + p^2 T^2} \quad (22)$$

CHastotali uzatish funksiyasini aniqlash uchun (22) ifodada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiramiz.

$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + 2\xi j\omega T + (j\omega)^2 T^2} = \frac{K[(1 - \omega^2 T^2) - j\omega 2\xi T]}{[(1 - \omega^2 T^2) + j\omega 2\xi T][(1 - \omega^2 T^2) - j\omega 2\xi T]};$$

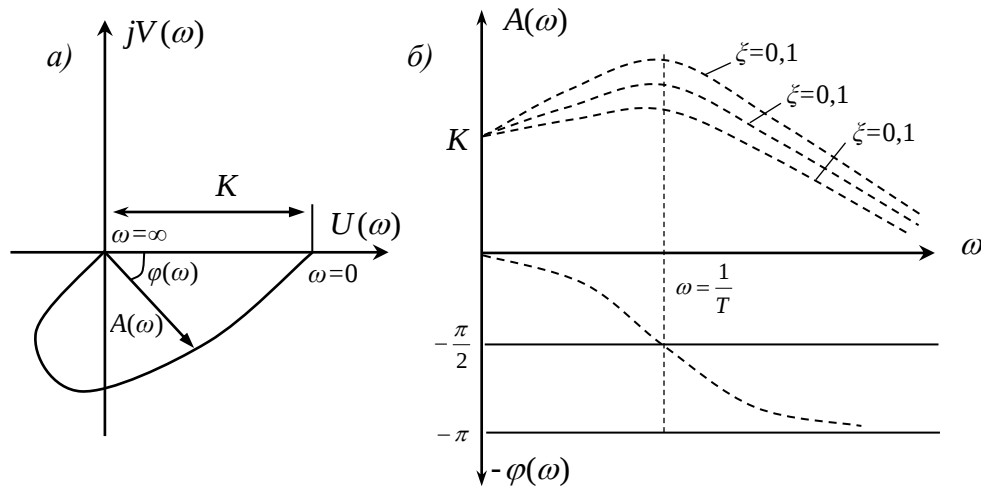
$$U(\omega) = \frac{K(1 - \omega^2 T^2)}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2} \quad - \text{haqiqiy qism};$$

$$V(\omega) = -\frac{K\xi\omega T}{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2} \quad - \text{mavhum qism};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{K}{\sqrt{(1 - \omega^2 T^2)^2 + 4\xi^2 \omega^2 T^2}} \quad - \text{amplituda chastotali funktsiya};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = -\arctg \frac{2\xi\omega T}{1 - \omega^2 T^2} \quad - \text{faza chastotali funktsiya}.$$

15-rasmda tebranuvchi zvenoning chastotali xarakteristikalarini keltirilgan.

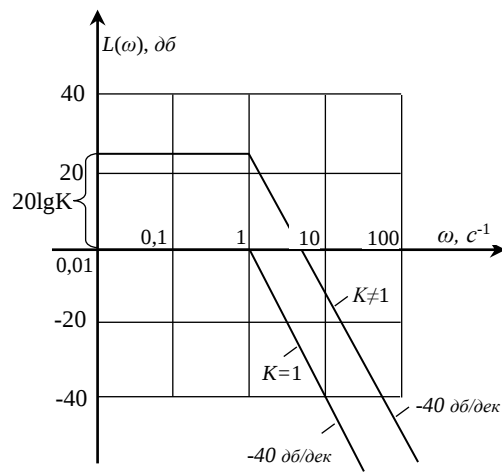


15-rasm. a) Amplituda fazali; b) amplituda chastotali va faza chastotali xarakteristikalar

Bu zvenolarning LACHX si ko'rilayotganda quyidagi asimtotik tenglamadan foydalaniladi:

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K, & \omega T \leq 1 \text{ ёки } \omega \leq \frac{1}{T} \text{ булганда}; \\ 20 \lg K - 40 \lg \omega T, & \omega T > 1 \text{ ёки } \omega > \frac{1}{T} \text{ булганда}. \end{cases}$$

tutash chastota $\omega = \frac{1}{T}$ gacha bu zvenoning LACHX si abssissa o'qi bilan mos tushadi, undan keyin -40 db/dek og'ishga ega bo'ladi (16-rsam).



16-rasm.

Tebranuvchi zvenoning LAFX si $\varphi(\omega) = -\arctg \frac{2\xi\omega T}{1 - \omega^2 T^2}$ ga teng bo'lib, bu xarakteristikaning 0° dan -180° gacha o'zgaradi (15b-rasm).

$$\omega T = 0; \quad \varphi(\omega) = 0$$

$$\omega T = 0; \quad \varphi(\omega) = -90^\circ$$

$$\omega T = \infty; \quad \varphi(\omega) = -\pi$$

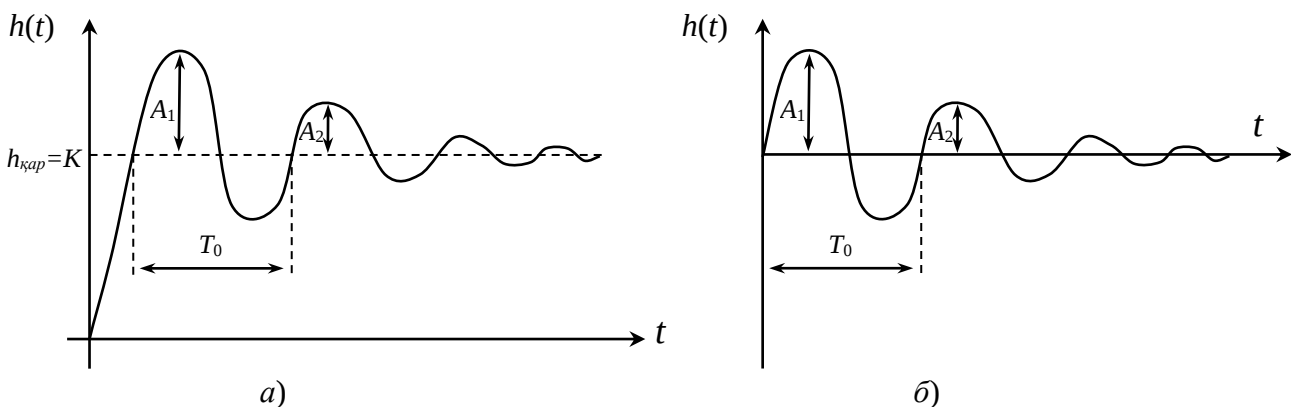
tebranuvchi zvenoning o'tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \cdot \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{p^2 T^2 + 2\xi p T + 1} \cdot \frac{1}{p} \right\} = K \left[1 - \frac{\sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{\beta} e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta t + \varphi_0) \right].$$

bu erda $\alpha = \frac{\xi}{T}$; $\beta = \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{T}$; $\varphi_0 = \arctg \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{d}$; impulsli o'tkinchi (vazn) xarakteristikasi

$$\omega(t) = h'(t) = \frac{K(\alpha^2 + \beta^2)}{\beta} e^{-\alpha t} \sin \beta t \text{ ga teng.}$$

17-rasmda tebranuvchi zvenoning vaqt xarakteristikalari keltirilgan.



17-rasm. a) o'tkinchi xarakteristika; b) impulsli o'tkinchi (vazn) xarakteristika.

Tebranuvchi zvenoning uzatish funksiyasi $W(p)$ dan so'nish koeffitsienti « ξ » ning qiymatiga qarab quyidagi ikkita tipik bo'lmagan zvenolarning uzatish funksiyasini olish mumkin:

a) Konservativ zveno ($\xi = 0$). Uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{K}{1 + p^2 T^2} \quad (23)$$

CHastotali xarakteristikalari quyidagicha ifodalanadi (18-rasm).

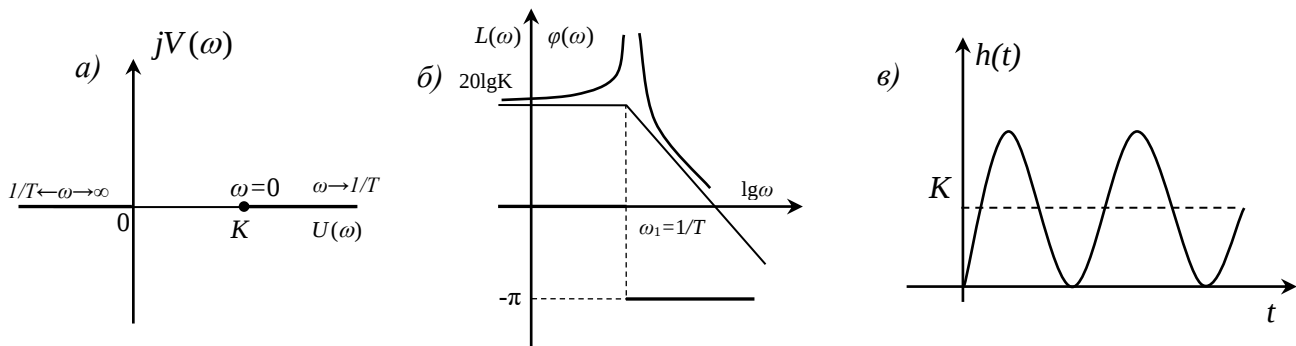
$W(j\omega) = \frac{K}{1 - \omega^2 T^2}$ – amplituda faza chastotali funksiyasi;

$A(j\omega) = \frac{K}{1 - \omega^2 T^2}$ – amplituda chastotali funksiya;

$\varphi(\omega) = \begin{cases} 0; & \omega < \frac{1}{T} \text{ булганда;} \\ -\pi; & \omega \geq \frac{1}{T} \text{ булганда.} \end{cases}$ – faza chastotali funksiya;

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 40 \lg \omega T$ – logarifmik amplituda chastotali funksiya.

Konservativ zvenoning o'tkinchi funksiyasi $h(t) = K(1 - \cos \omega_1 t)$; $\omega_1 = \frac{1}{T}$ bo'lib, amplitudasi «K» ga teng bo'lgan ω_1 chastotali so'nuvchi bo'lmagan garmonik tebranishlarni ifodalaydi (18v-rasm).



18-rasm. a) AFX; b) LACHX va LFCHX; v) o'tkinchi xarakteristika.

b) Ikkinchi tartibli inersial zveno ($\xi \geq 1$). Bunda xarakteristik tenglamaning ildizlari faqat haqiqiy qismga ega bo'ladi va bu zvenoni ketma-ket ulangan ikkita birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno sifatida ko'rsatish mumkin, ya'ni

$$W(p) = \frac{K}{(1 + pT_1)(1 + pT_2)}, \quad (24)$$

bunda $T_{1,2} = \frac{T}{\xi \pm \sqrt{\xi^2 - 1}}.$

6. Birinchi tartibli tezlatuvchi (tezlatgich) zveno. Bu zveno quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$y(t) = K \left[x(t) + T \frac{dx}{dt} \right]. \quad (25)$$

Uni proporsional va differensiallagich zvenolarning parallel ulanishi yordamida hosil qilish mumkin.

(25) tenglamaning Laplas tasviri

$$y(p) = K[x(p) + Tp x(p)]$$

orqali bu zvenoning uzatish funksiyasi aniqlanadi

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K(1 + pT). \quad (26)$$

CHastotali uzatish funksiyasi

$$W(j\omega) = K(1 + j\omega T) = K + jK\omega T$$

ko'rinishga ega.

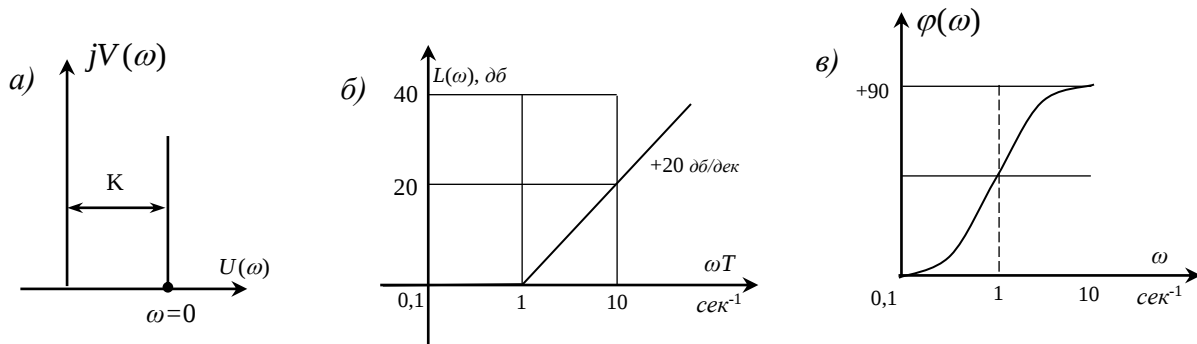
Bunda

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = K\sqrt{1+(\omega T)^2} \quad - \text{ACHX};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} = \arctg \omega T \quad - \text{FCHX};$$

$$L_a(\omega) = \begin{cases} 20 \lg K, & 0 < \omega < \frac{1}{T} \text{ булганда,} \\ 20 \lg K + 20 \lg \omega T, & \omega > \frac{1}{T} \text{ булганда.} \end{cases} \quad - \text{LACHX}.$$

Bu xarakteristikalar 20-rasmda keltirilgan.



20-rasm. a)AFX; b) LCHX; v) LFCHX.

Vaqt xarakteristikalari $h(t)$ va $\omega(t)$ quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi.

$$h(t) = L^{-1} \left\{ K(1 + pT) \cdot \frac{1}{p} \right\} = K_0 \cdot 1(t) + KT\delta(t); \quad \omega(t) = h'(t) = K[T\delta(t) + \delta(t)].$$

Differensiallagich zvenolar kabi tezlatgich zvenolarni ideal ko‘rinishda amalga oshirish mumkin emas, chunki real qurilmalarda, sistemalar tarkibida kichik parametrga ega bo‘lgan inersialliklar albatta bo‘ladi. Ular uzatish funksiyasi $W(p)$ ning maxrajidagi polinomlar orqali xarakterlanadi. Odatda $W(p)$ maxrajidagi polinomlarning tartibi uning suratidagi polinomlar tartibidan ancha yuqori bo‘ladi.

Noturg‘un yoki nominal fazali zvenolar

Uzatish funksiyasi $W(p)$ ning hamma nollari va qutblarining haqiqiy qismi manfiy yoki nollga teng bo‘lgan zvenolarni *minimal fazali yoki noturg‘un zvenolar* deyiladi.

Uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ da $P(p) = 0$ tenglamaning ildizlariga, ya’ni $W(p)$ ni nolga aylantiruvchi «P» ning har qanday qiymatlariga uzatish funksiyasining nollari deyiladi.

Xarakteristik tenglama $Q(p) = 0$ ning ildizlariga, ya’ni $W(p)$ ni ∞ qiymatga aylantiruvchi «P» ning har qanday qiymatlariga uzatish funksiyasining qutblari deyiladi.

Yuqorida ko‘rib o‘tilgan zvenolar tipik zvenolarning hammasi turg‘un, ya’ni minimal fazali zvenolarga taalluqlidir. Bu tipdagi zvenolarni yana o‘zi tekislanuvchi ham deb ataladi.

Ularning asosiy xususiyati shundan iboratki, bunday zvenolarning kirishiga cheklangan ta’sir ko‘rsatilganda, chiqish koordinatasi o‘tkinchi jarayon tamom bo‘lgandan keyin, ma’lum bir qaror qiymatga intiladi. Nominal fazali (noturg‘un) zvenolarga quyidagi zvenolar misol bo‘la oladi.

a) Noturg‘un inersial zveno. Zvenoning uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{K}{pT - 1} \quad (27)$$

chastotali uzatish funksiyasi

$$W(j\omega) = \frac{K}{j\omega T - 1} = \frac{K(-j\omega T - 1)}{(j\omega T - 1)(-j\omega T - 1)} = -\frac{K(j\omega T + 1)}{\omega^2 T^2 + 1}$$

$$U(\omega) = -\frac{K}{\omega^2 T^2 + 1} \quad - \text{haqiqiy qism};$$

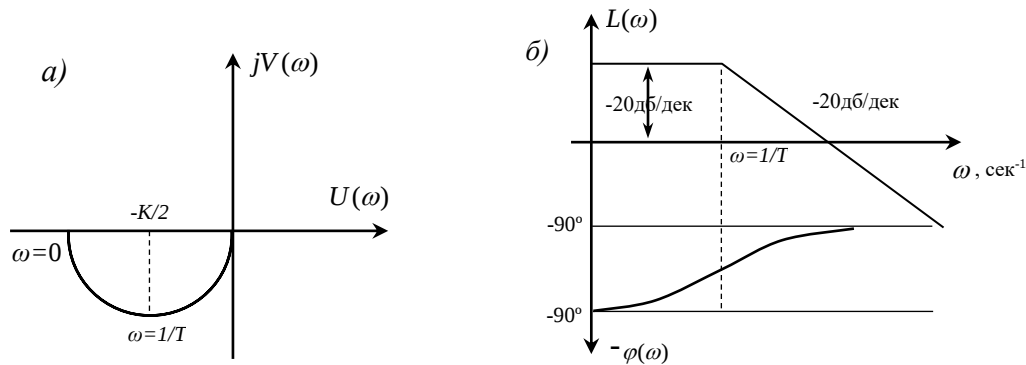
$$V(\omega) = -\frac{K}{\omega^2 T^2 + 1} \quad - \text{mavhum qism};$$

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} = \frac{K}{\sqrt{\omega^2 T^2 + 1}} \quad - \text{ACHX};$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \omega T - \pi \quad - \text{FCHX};$$

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg K - 20 \lg \omega T \quad - \text{LCHX}.$$

21-rasmda zvenoning chastotali xarakteristikalar keltirilgan.



21-rasm. a) AFX; b) LACHX; LFCHX

a) Noturg'un inersial zveno. Zvenoning uzatish funksiyasi

$$W(p) = pT - 1$$

(28)

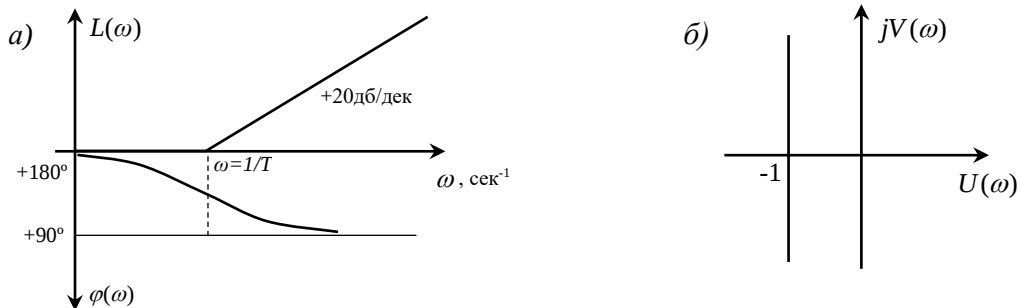
CHastotali uzatish funksiyasi $W(j\omega) = j\omega T - 1$

$$A(\omega) = \sqrt{\omega^2 T^2 + 1} \quad - \text{ACHX};$$

$$\varphi(\omega) = \pi - \arctg \omega T \quad - \text{FCHX};$$

$$L(\omega) = 20 \lg \sqrt{\omega^2 T^2 + 1} \quad - \text{LACHX}.$$

CHastotali xarakteristikalar 22-rasmda keltirilgan.



22-rasm. a) LACHX va LFCHX; b) AFX.

Minimal fazali zvenolarning $L(\omega)$ va $\varphi(\omega)$ xarakteristikalari orasidagi bir xil ma'noga ega bo'lgan o'zaro bog'lanish bo'lganligi uchun, faqat turg'un zvenolardan iborat tashkil topgan sistemalarni tadqiq etayotganda dastlabki hisoblash bosqichi faqat $L(\omega)$ xarakteristikasidan foydalanish mumkin. Nominal fazali zvenolarda bunday bog'lanish yo'q. SHuning uchun bunday sistemalarni hisoblashda $L(\omega)$ hamda $\varphi(\omega)$ xarakteristikalarni qurish talab etiladi.

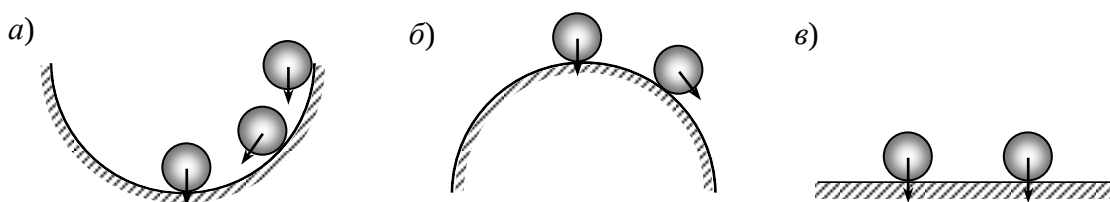
16,17-ma'ruza. Umumlashgan diskret rostlagichlarni amalga oshirish.

Turg'unlik to'g'risida tushuncha.

ABSlarni ishlash qobiliyatiga qo'yilgan talab, ularning turli xil tashqi qo'zg'atuvchi ta'siriga nosezgir bo'lishiga mo'ljallangan bo'lishidir.

Agarda sistema turg'un bo'lsa, unda u tashqi qo'zg'atuvchi ta'sirlarga bordosh bera oladi va o'zining muvozanat holatidan chiqarilganda yana ma'lum aniqlikda shu holatiga qaytib keladi. Agarda sistema noturg'un bo'lsa, unda u tashqi qo'zg'atuvchi ta'sir natijasida muvozanat holati atrofida cheksiz katta amplitudaga ega bo'lgan tebranishlar hosil qiladi yoki muvozanat holatidan cheksiz uzoqlashadi.

Agarda har qanday cheklangan kirish kattaligining absolyut qiymatida chiqish kattaligi ham cheklangan qiymatga ega bo'lsa, bunday sistema *turg'un* deb yuritiladi (1-rasm.).

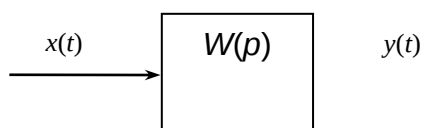


1-rasm. a, v turg'un xolatlar; b noturg'un xolat.

A.M.Lyapunov bo'yicha turg'unlik masalasining umumiy qo'yilishi. Birinchi yaqinlashish bo'yicha turg'unlik harakati haqidagi A.M.Lyapunov teoremasi.

CHiziqli avtomatik boshqarish sistemasining turg'unlik sharoitlari.

Kirish kattaligi $x(t)$ va chiqish kattaligi $y(t)$ bo'lgan sistemani ko'rib chiqamiz (2-rasm).



→

2-rasm.

Sistemaning xarakat tenglamasini umumiy ko‘rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = b_0 \frac{d^m x}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \dots + b_m x(t). \quad (1)$$

Sistemaning turg‘un yoki noturg‘unligini ko‘rish uchun (1) tenglamaning echimini aniqlash kerak bo‘ladi.

$$y(t) = y_o(t) + y_m(t), \quad (2)$$

bu erda $y_m(t)$ – (1) tenglamaning xususiy echim bo‘lib (majburiy tashkil etuvchi), sistemada muvozanat rejimini ifodalaydi; $y_o(t)$ – (1) tenglamaning o‘ng tomoni nolga teng bo‘lgandagi umumiy echimi bo‘lib (erkin tashkil etuvchisi), u tenglamaning o‘tkinchi rejimini ifodalaydi.

$$t \rightarrow \infty \text{ bo‘lganda } y_o(t) \rightarrow 0 \quad (3)$$

bo‘lishi sistemaning turg‘unligini ifodalaydi.

Agar (3) shart bajarilsa, unda sistema turg‘o‘n bo‘ladi. (1) tenglamaning o‘tkinchi (erkin) tashkil etuvchisi $y_o(t)$

$$a_0 \frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y(t) = 0 \quad (4)$$

tenglamaning echimini ifodalaydi.

Bu tenglamadan ko‘rinib turibdiki, uning echimi (1) tenglamaning o‘ng tomonidagi b_i koeffitsientga va $x(t)$ funksiyaning o‘zgarish xarakteriga bog‘liq emas ekan. (3) shartga ko‘ra, sistemaning turg‘unligi yoki noturg‘unligi koeffitsientlar b_i va kirish kattaligi $x(t)$ funksiyaga bog‘liq emas ekan.

Demak, sistemaning turg‘unligi uning ichki xususiyati bo‘lib, unga ta’sir etuvchi signallarga bog‘liq emas.

(4) tenglamaning echimini aniqlash uchun xarakteristik tenglamani olamiz:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0, \quad (5)$$

bu erda $p_1, p_2, \dots, p_n$ – (5) xarakteristik tenglamaning ildizlari bo‘lib, ular xar xil bo‘lsin, unda (4) tenglamaning echimini quyidagi ko‘rinishda ko‘rsatish mumkin:

$$y_o(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{p_i t} \quad (6)$$

s_i – sistemaga quyilgan boshlang‘ich shartlar bo‘ytcha aniqlanadigan ixtiyoriy o‘zgarmas son.

SHunday qilib, chiziqli sistemaning turg‘o‘nligini xarakteristik tenglamaning ildizlari aniqlar ekan. Ildizlar esa haqiqiy, kompleks va mavhum bo‘lishi mumkin.

CHiziqli sistema uzatish funksiyasi $W(p)$ ning hamma qutblari haqiqiy qismining manfiy ishoraga ega bo‘lishi uning turg‘un bo‘lishining zarur va etarli sharti hisoblanadi.

Uzatish funksiyasining maxrajidagi polinom ildizlarini uzatish funksiyasining qutblari suratidagi polinom ildizlarini uzatish funksiyasining nollari deyiladi.

Ochiq sistema uchun

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}. \quad (7)$$

Ochiq sistema uzatish funksiyasining xarakteristik tenglamasi $Q(p)=0$ ning ildizlari haqiqiy qismining manfiy bo'lishi ochiq sistemaning turg'o'n bo'lishining etarli va zarur shartidir.

Berk sistema uchun

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)} = \frac{B(p)}{A(p)}, \quad (8)$$

$A(p)=1+W(p)=0$ – berk sistemaning xarakteristik tenglamasi.

Berk sistema xarakteristik tenglamasi $A(p)=0$ ildizlari haqiqiy qismining manfiy bo'lishi uning turg'un bo'lishining etarli va zaruriy shartidir.

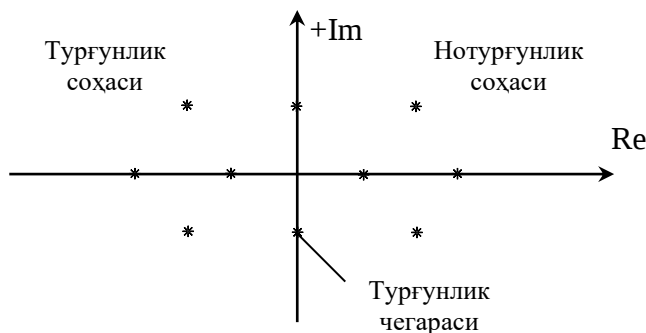
Turg'unlikning bu sharti A.M.Lyapunov tomonidan nochiziqli sistemalarning chiziqlantirilgan tenglamalari uchun isbotlandi va qo'llanildi. Quyida bu teoremani isbotsiz keltiramiz:

1 – teorema: Agar chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasi hamma ildizlarining haqiqiy qismi manfiy bo'lsa, unda real sistema xam turg'un bo'ladi, ya'ni juda kichik nochiziqli hadlari sistemaning turg'unlik xolatiga ta'sir ko'rsata olmaydi.

2 – teorema: Agarda chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasining birorta ildizi musbat haqiqiy qismga ega bo'lsa, unda real sistema noturg'un bo'ladi, ya'ni juda kichik nochiziqli hadlari sistemani turg'un qila olmaydi.

3 – teorema: Agar chiziqlantirilgan sistema xarakteristik tenglamasining ildizlari mavhum yoki nolga teng bo'lsa, unda real sistema turg'unlik chegarasida bo'ladi, bunda juda kichik nochiziqli xadlar o'tkinchi jarayon ko'rinishini tubdan o'zgartirib yuborishi, hamda real sistemani turg'un yoki noturg'un holatga keltirishi mumkin.

SHunday qilib, sistema turg'unligini tadqiq etish uining xarakteristik tenglamasi ildizlarining ishorasini aniqlashdan, ya'ni xarakteristik tenglama ildizlarini kompleks tekisligida mavhum o'qqa nisbatan qanday joylashganligini aniqlashdan iborat ekan.



Kompleks tekisligida xarakteristik tenglama ildizlarining mavhum o'qqa nisbatan joylashganligini aniqlaydigan qoidalarga *turg'unlik me'zonlari* deyiladi.

Sistemaning turg'unlik masalalarini echishda quyidagi turg'unlik mezonlaridan foydalaniladi:

1) Turg'unlikning algebraik mezonlari:

- a) Gurvits mezoni;
- b) Rauss mezoni.

2) Turg'unlikning chastotaviy mezonlari:

- a) Mixaylov mezoni;
- b) Naykvist mezoni;

v) Turgʻunlikning logarifmik mezoni.

3) D – boʻlinish usuli.

18,19-ma'ruza. Raqamli boshqarish tizimlarida axborot va kommunikasiya

Sistemaning turg'unligi xarakteristik tenglamalarning ildizlarini hisobga olmasdan turib aniqlaydigan qoidalar turg'unlik mezonlari ekanini bildiradi.

Turg'unlikning algebraik mezonni xarakteristik tenglamaning koeffitsientlari orqali sistemaning turg'unligi haqida fikr yuritish imkonini beradi.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

Xarakteristik tenglamaning hamma koeffitsientlarini musbat bo'lishi sistemaning turg'un bo'lishi uchun zaruriy shartdir.

$$a_0 > 0, a_1 > 0, \dots, a_n > 0 \quad (2)$$

Turg'unlikning algebraik mezonni mezonni 1877 yilda ingliz olimi Rauss va 1893 yilda nemis matematigi Gurvits tomonidan ta'riflangan. Raus va Gurvits mezonlari matematik jihatdan ekvivalentdir.

Raus turg'unlik mezonni.

Rausning turg'unlik mezonni 1887 yil ingliz matematigi E.Raus tomonidan taklif qilingan. Bu mezonni quyidagi jadval orqali tushuntirish mumkin.

r_i koef-ti	i qator	Ustun			
		1	2	3	4
—	1	$a_0 = c_{11}$	$a_2 = c_{21}$	$a_4 = c_{31}$	
—	2	$a_1 = c_{12}$	$a_3 = c_{22}$	$a_5 = c_{32}$	
$r_3 = \frac{a_0}{a_1}$	3	$s_{13} = a_2 - r_3 a_3$	$s_{23} = a_4 - r_3 a_5$	$s_{33} = a_6 - r_3 a_7$	
$r_4 = \frac{a_1}{c_{13}}$	4	$s_{14} = a_3 - r_4 a_{23}$	$s_{24} = a_5 - r_4 a_{33}$	$s_{34} = a_7 - r_4 a_{43}$	
$r_5 = \frac{c_{13}}{c_{14}}$	5	$s_{15} = c_{23} - r_5 s_{24}$	$s_{25} = c_{33} - r_5 s_{34}$	$s_{35} = c_{43} - r_5 s_{44}$	
.....	...				
$r_i = \frac{c_{1,i-2}}{c_{1,i-1}}$	i	$s_{1,i} = c_{2,i-2} - r_i s_{2,i-1}$	$s_{2,i} = c_{3,i-2} - r_i s_{3,i-1}$	$s_{3,i} = c_{4,i-2} - r_i s_{4,i-1}$	

Jadvalning birinchi qatoriga xarakteristik tenglama koeffitsientlari indeksli oshib borish tartibida juft indeksli $a_0, a_2, a_4, a_6, \dots$ ikkinchi qatoriga esa toq indeksli $a_1, a_3, a_5, a_7, \dots$ koeffitsientlar joylashtiriladi.

Jadvalning qolgan har bir koeffitsientlari quyidagicha topiladi.

$$c_{n,i} c_{n+1,i-2} - r_i c_{k+1,i-1}, \quad (3)$$

bu erda

$$r_i = c_{1,i-2} / c_{1,i-1}. \quad (4)$$

(3) va (4) tenglamalarda n – indeks tablitsadagi ustunni nomerini i – indeksli esa qator nomerini bildiradi.

Raus jadvalini qatorlar soni xarakteristik tenglamasi darajasi $n+1$ ga teng.

Raus jadvalini to'ldirgandan so'ng u sistema turg'un yoki noturg'unligini aniqlash mumkin. Rausning turg'unligi mezonini quyidagicha ifodalanadi: ABS turg'un bo'lishi uchun Raus jadvalining birinchi ustuni koeffitsientlari bir xil ishorali bo'lishi ya'ni $a > 0$ bulganda

$$c_{11} = a_0 > 0; c_{12} = a_1 > 0; \dots; a_{i,n+1} > 0, \quad (5)$$

shart va etarlidir.

Agar birinchi ustun koefitsientlarining hammasi musbat bo'lsa, sistema noturg'un bo'ladi hamda xarakteristik tenglamaning o'ng ildizlar soni Raus jadvali birinchi ustunidagi ishoralar o'zgarish soniga teng. Xarakteristik tenglama koefitsientlarining son qiymati berilgan bo'lsa, Raus mezonidan foydalanish juda oson.

Gurvits turg'unlik mezon.

n -tartibli chiziqli tizimning turg'un bo'lishi uchun berilgan tizimning xarakteristik tenglamasida koefitsientlardan tashkil topgan n ta aniqllovchilar musbat bo'lishi zarur va etarli:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_{n-1} p + a_n = 0 \quad (9)$$

Bunda quyidagi qoidalarga asosan koefitsient $a_0 > 0$ bo'lishi ke-rak:

1) bosh diogonal bo'yicha « a_1 » dan to « a_n » gacha o'sish tartibi bilan yozib chiqiladi;

2) bosh diogonalga nisbatan qatorlarning pastga tomon indeksleri kamayuvchi, yuqoriga tomon indeksleri o'sib boruvchi koefitsientlar bilan to'ldiriladi;

3) indeksleri noldan kichik hamda « n » dan katta bo'lgan koefitsientlar o'rniga nollar yoziladi;

4) Gurvits aniqllovchisining yuqori tartibi xarakteristik tenglamaning darajasiga teng bo'ladi;

5) Gurvits aniqllovchisining oxirgi tartibi $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}$ ga tengdir.

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \cdot & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \cdot & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \cdot & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & a_n \end{vmatrix}$$

Gurvits mezonining ta'rifi:

Agarda $a_0 > 0$ bo'lib, Gurvitsning hamma aniqllovchilari noldan katta bo'lsa, u holda sistema turg'un bo'ladi, ya'ni $a_0 > 0$ bo'lganda $\Delta_1 > 0$; $\Delta_2 > 0$; $\Delta_3 > 0 \dots \Delta_n > 0$ bo'lishi kerak. $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}$ bo'lishi Gurvits aniqllovchisining tuzilish strukturasidan kelib chiqadi. SHunga ko'ra, agar $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1} = 0$ bo'lsa, sistema turg'unlik chegarasida bo'ladi. Bu tenglik esa ikki holda, ya'ni $a_n = 0$ yoki $\Delta_{n-1} = 0$ bo'lganda bajarilishi mumkin.

Agarda $a_n = 0$ bo'lsa, unda tekshirilayotgan sistema turg'unlik holatining aperiodik chegarasida bo'ladi (ya'ni xarakteristik tenglamaning bitta ildizi nolga teng bo'ladi).

Agarda $\Delta_{n-1} = 0$ bo'lsa, unda tekshirilayotgan sistema turg'unlik holatining tebranma chegarasida bo'ladi (ya'ni xarakteristik tenglama juft mavhum ildizga ega bo'ladi).

Endi $n=1,2,3,4$ ga teng bo'lgan tenglamalar bilan ifodalangan sistemalar uchun Gurvits mezonining shartlarini ko'rib chiqamiz.

a) $n=1$, $a_0 p + a_1 = 0$.

Bunda $a_0 > 0$; $\Delta_1 = a_1 > 0$ turg'unlik sharti bo'ladi. Demak, birinchi tartibli sistemalar turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koefitsientlarining musbat bo'lishi etarlidir.

b) $n=2$, $a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0$.

Bunda turg'unlik shartlari quyidagicha bo'ladi:

$$a_0 > 0; \Delta_1 = a_1 > 0; \Delta_2 = a_1 \cdot a_2 > 0; \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & 0 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 \cdot 0 = a_1 a_2 > 0$$

Demak, ikkinchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistemalarning turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsientlarining musbat bo'lishi etarli shart hisoblanadi.

$$\text{B) } n=3, \quad a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$$

Turg'unlikning zaruriy shartlari:

$$a_0 > 0; \Delta_1 = a_1 > 0; \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0; \Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 > 0$$

SHunday qilib, uchunchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistema turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsientlarining musbat bo'lishi etarli bo'lmay, bunda $(a_1 a_2 - a_0 a_3) > 0$ tengsizlikning bajarilishi zarur shart hisoblanadi.

$$\text{g) } n=4, \quad a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$$

Turg'unlik shartlari:

$$a_0 > 0; \Delta_1 = a_1 > 0; \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0;$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_1 a_2 a_3 + 0 + 0 - 0 - a_0 a_3^2 - a_1^2 a_4 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0;$$

$$\Delta_4 = a_4 \cdot \Delta_3.$$

To'rtinchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistemalar turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsientlarining musbat bo'lishidan tashqari yana ikki $(a_1 a_2 - a_0 a_3) > 0, \quad a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 > 0$ shartlar bajarilishi kerak.

Xarakteristik tenglamaning darajasi «n» ortgan sari yuqoridagi kabi bajarilishi kerak bo'lgan shartlar ham ko'payib boradi. SHuning uchun turg'unlikning Gurvits mezonining $n \leq 4$ bo'lgan sistemalar uchun qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Misollar:

1. $12p^3 + 10p^2 + 8p + 10 = 0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda $a_0 = 12 > 0, \quad a_2 = 8 > 0,$

$$a_3 = 10 > 0, \quad a_4 = 10 > 0$$

Gurvits mezonining etarli sharti bajarilgan. Endi zarur shartini aniqlaymiz. Buning uchun

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = a_1 a_2 - a_0 a_3 = 10 \cdot 8 - 12 \cdot 10 = -40 > 0$$

Noldan kichik bo'lganligi sababli sistema noturg'un bo'ladi.

$$\Delta_3 = a_3 \cdot \Delta_2 = 10 \cdot (-40) = -400 < 0.$$

2. $0.1p^4 + 6p^3 + 4p^2 + p + 4 = 0$ tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda $a_0 = 0.1 > 0, \quad a_1 = 6 > 0, \quad a_2 = 4 > 0,$

$$a_3 = 1 > 0, \quad a_4 = 4 > 0.$$

$$\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 = 6 \cdot 4 - 0.1 \cdot 1 = 24 - 0.1 = 23.9 > 0;$$

$$\Delta_3 = a_3(a_1 a_2 - a_0 a_3) - a_1^2 a_4 = 1 \cdot 23.9 - 2^2 \cdot 4 = 23.9 - 16 = 7.9 > 0.$$

$$\Delta_4 = a_4 \Delta_3 = 4 \cdot 7.9 = 31.6 > 0.$$

Gurvits mezonining etarli va zaruriy sharti bajarilganligi sababli sistema turg'un.

3. $3p^5+10p^4+5p^3-7p^2+p+100=0$ tenglama berilgan bo'lsin.

Bunda $a_0=3>0$, $a_1=10>0$, $a_2=5>0$,
 $a_3=-7<0$, $a_4=1>0$, $a_5=100>0$.

$a_3=-7$ manfiy ishorali bo'lganligi sababli Gurvits mezonining zaruriy sharti bajarilmayapti. SHuning uchun bu sistema noturg'un.

Lenar-SHipar turg'unlik mezon

Bu mezon 1919 yil P.Lenar va R.SHipar tomonidan taklif qilingan.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (8)$$

bu xarakteristik tenglama n ning qiymatlari katta bo'lganda Gurvits mezonining o'rniga Lenar-SHiparning turg'unlik mezonini qo'llash qulay.

Xarakteristik tenglamaning hamma koeffitsientlari musbat bo'lganda $\Delta_1, \Delta_3, \dots$ toq indeksli aniqlovchilar musbat ekanligi va Gurvitsning $\Delta_2, \Delta_4, \dots$ juft indeksli aniqlovchilari ham musbat va aksincha ekanligi isbotlangan.

SHuning uchun turg'unlikning zarur sharti bajarilgan holda ya'ni xarakteristik tenglamaning hamma koeffitsientlari musbat bo'lganda turg'unlik sharti Gurvits koeffitsientlari orasida

$$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5$$

hamma juft indeksli yoki hamma toq indeksli aniqlovchilar musbat bo'lishi zarur va etarlidir.

Sistema turg'un bo'lishi uchun quyidagi tengsizlik bajarilishi zarur va etarlidir:

$$a_0 > 0, a_1 > 0, \dots, a_n > 0$$

$$\Delta_1 > 0, \Delta_3 > 0, \Delta_5 > 0 \text{ yoki } \Delta_2 > 0, \Delta_4 > 0, \Delta_6 > 0$$

bo'lganda

$$\Delta_0 > 0, \Delta_1 > 0, \Delta_2 > 0, \dots, \Delta_n > 0$$

Gurvits mezoniga nisbatan Lenar-SHipar turg'unlik mezonida kamroq sonli aniqlovchi topiladi.

20-ma'ruza. Turg'unlikning chastotaviy mezonlari. Argumentlar prinsipi. Mixaylov turg'unlik mezon.

Turg'unlikning chastotaviy mezonlari

Turg'unlikning chastotaviy mezonlari avtomatik sistemalarning chastotaviy xarakteristiklari ko'rinishiga qarab ularning turg'unlik xolatlarini tekshirish imkonini beradi.

Turg'unlikning chastotaviy mezonlari grafoanalitik mezon bo'lib, sistemalarning turg'unligini tekshirishda juda keng qo'llaniladi. Chunki bu mezonlar yordamida yuqori darajali avtomatik sistemalarning turg'unlik holatini tekshirish ancha oson hamda ular sodda geometrik tasvirga egadirlar.

Argumentlar prinsipi

Turg'unlikning chastotaviy mezonlari asosida kompleks o'zgaruvchi funksiya nazariyasidan ma'lum bo'lgan argumentlar prinsipi yotadi.

Quyida argumentlar prinsipining qiskacha bayonini keltiramiz

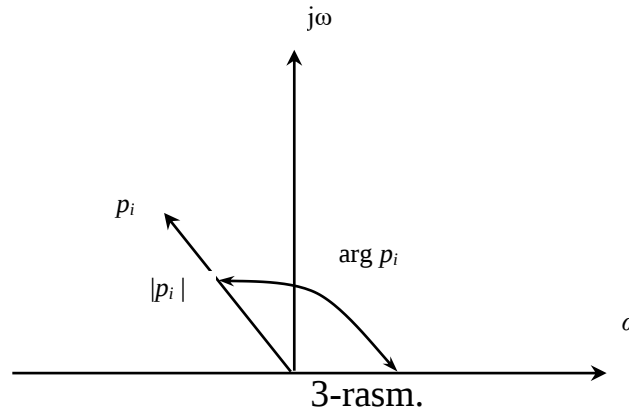
$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0. \quad (1)$$

« n » - darajali polinom berilgan bo'lsin. Bu polinomni Bezu teoremasiga asosan quyidagicha ifodalash mumkin

$$D(p) = a_0 (p - p_1)(p - p_2)(p - p_3) \dots (p - p_n), \quad (2)$$

bu erda $r_1, r_2, \dots, r_n - D(p)=0$ xarakteristik tenglamaning ildizlari.

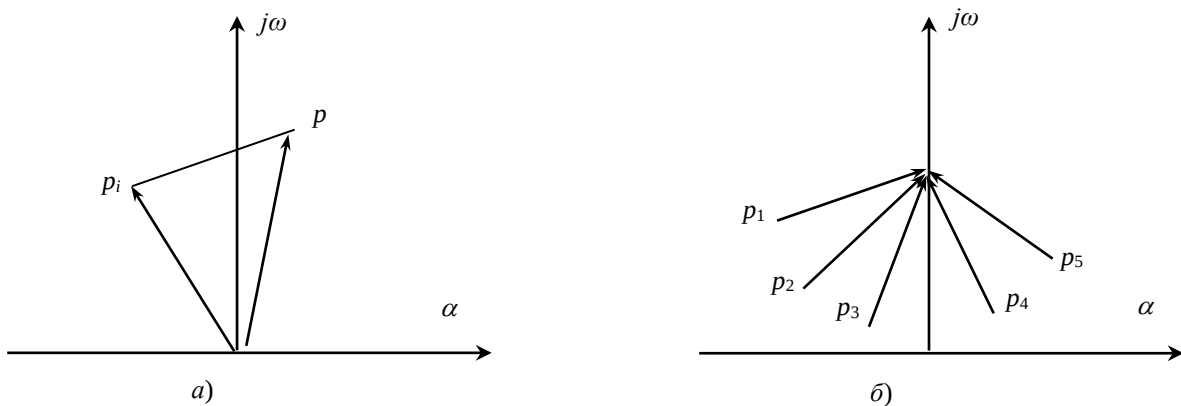
« r » kompleks tekisligida har qaysi ildizni koordinata o'qi boshidan « r_i » nuqttagacha o'tkazilgan vektor orqali ifodalash mumkin (3-rasm).



Bu vektorning uzunligi kompleks sonning $p_i = \alpha_i + j\omega_i$ ning moduli $|p_i|$ ga shu vektorning musbat haqiqiy o'q bilan xosil qilgan burchagi esa p_i kompleks sonining argumentiga yoki fazasi ($\arg p_i$) ga teng bo'ladi. $(p - p_i)$ miqdorning geometrik o'rni p_i nuqtadan ixtiyoriy « r » nuqtasiga o'tkazilgan vektor orqali ifodalanadi. Xususiyl holda $r = j\omega$ bo'lganda (2) ifodani

$$D(j\omega) = a_0 (j\omega - p_1)(j\omega - p_2)(j\omega - p_3) \dots (j\omega - p_n) \quad (3)$$

ko'rinishida ifodalash mumkin. (3) ifodaning geometrik tasviri 4-rasmida keltirilgan.



4-rasm.

$D(j\omega)$ vektorning moduli $(j\omega - p_i)$ elementar vektorning va a_0 koeffitsientining ko'paytmasiga

$$|D(j\omega)| = a_0 |j\omega - p_1| \cdot |j\omega - p_2| \cdot |j\omega - p_3| \cdot \dots \cdot |j\omega - p_n| \cdot \dots \quad (4)$$

argumenti esa elementar vektorlar argumentining yig'indisiga teng bo'ladi

$$\arg D(j\omega) = \sum_{i=1}^n \arg (j\omega - p_i). \quad (5)$$

CHastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda $D(j\omega)$ vektor argumentining o'zgarishi

$$\Delta \arg D(j\omega) = \sum_{i=1}^n \Delta \arg (j\omega - p_i) \quad (-\infty < \omega < \infty) \quad (6)$$

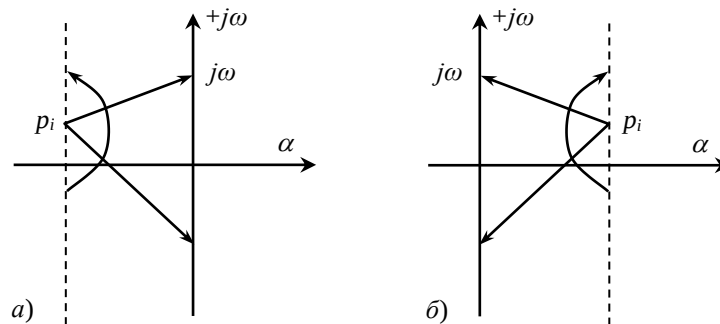
ga teng bo'ladi.

(6) ifodaga ko'ra $D(j\omega)$ vektor argumentining uzgarishini hisoblash uchun $(j\omega - p_i)$ vektorlar argumenti o'zgarishining yig'indisini hisoblash zarur. Argumentning bu o'zgarishi esa p_i ildizning kompleks tekisligining qaysi tomonida joylashganligiga bog'liq.

1. p_i ildiz kompleks tekisligining chap tomonida joylashgan bo'lsin (5a-rasm).

$-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda $(j\omega - p_i)$ vektorning uchi mavhum o'q bo'yicha pastdan yuqoriga soat strelkasiga teskari (qarshi) yo'nalishda 180° burchakka buriladi, ya'ni

$$\Delta \arg (j\omega - p_i) = \pm \pi. \quad (-\infty < \omega < \infty) \quad (7)$$



5-rasm.

2. p_i ildiz kompleks tekisligining o'ng tomonida joylashgan bo'lsin (5b-rasm).

Bu holda yuqoridagi kabi fikr yuritganimizda $(j\omega - p_i)$ vektori chastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha (manfiy) $-\pi$ burchakka buriladi, ya'ni

$$\Delta \arg (j\omega - p_i) = -\pi. \quad (-\infty < \omega < \infty) \quad (8)$$

$D(p)=0$ tenglamaning «l» ildizlari kompleks tekisligining o'ng tomonida, $(n-l)$ ta ildizlari chap tomonida joylashgan deb faraz qilaylik. Unda (7) va (8) ifodalarga asoslanib, $D(j\omega)$ vektor argumentining o'zgarishi

$$\Delta \arg D(j\omega) = (n-l)\pi - l\pi = (n-2l)\pi \quad (-\infty < \omega < \infty) \quad (9)$$

ga teng bo'lishini ko'ramiz.

(9) tenglik argumentlar prinsipining ifodasini bildiradi va uni qo'yidagicha ta'riflash mumkin.

CHastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda $D(j\omega)$ vektor argumentining o'zgarishi chap va o'ng ildizlar ayirmasining « π » soniga ko'paytirilganiga teng bo'ladi.

Agarda $0 < \omega < \pi/2$ o'zgarsa, unda

$$\Delta \arg D(j\omega) = (n-2l)\frac{\pi}{2} \quad (0 < \omega < \infty) \quad (10)$$

bo'ladi.

Turg'unlikning Mixaylov mezoni

Mixaylovning turg'unlik mezoni o'zining mohiyati jixatdan argumentlar prinsipining geometrik tasviridir.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n = 0 \quad (1)$$

harakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Bu erda $D(p)$ polinomni xarakteristik polinom deb ataladi.

Sistema turg'un bo'lishi uchun xarakteristik tenglamaning hamma ildizlari kompleks tekisligining chap yarim tekisligida joylashishi, ya'ni o'ng ildizlar soni $l=0$ bo'lishi kerak. U holda argumentlar prinsipiga muvofiq $\Delta_{0<\omega<\infty} \arg D(j\omega) = n \frac{\pi}{2}$ yoki $\Delta_{-\infty<\omega<\infty} \arg D(j\omega) = n\pi$ shart bajarilishi kerak.

Chastota $-\infty < \omega < \infty$ o'zgarganda $D(j\omega)$ vektorining kompleks tekisligidagi geometrik o'rni Mixaylov gadografi deyiladi.

$$D(j\omega) = a_0(j\omega)^n + a_1(j\omega)^{n-1} + \dots + a_n = U(\omega) + jV(\omega),$$

bunda $U(\omega) = (a_n - a_{n-2}\omega^2 + a_{n-4}\omega^4 - \dots)$ haqiqiy qism bo'lib, u chastotaga nisbatan juft funksiyadir, ya'ni $U(\omega) = U(-\omega)$.

Mavhum qism esa chastotaga nisbatan toq funksiya bo'ladi.

$$V(\omega) = \omega(a_{n-1} + a_{n-3}\omega^2 - a_{n-5}\omega^4 + \dots),$$

$$V(-\omega) = -V(\omega).$$

SHunday qilib,

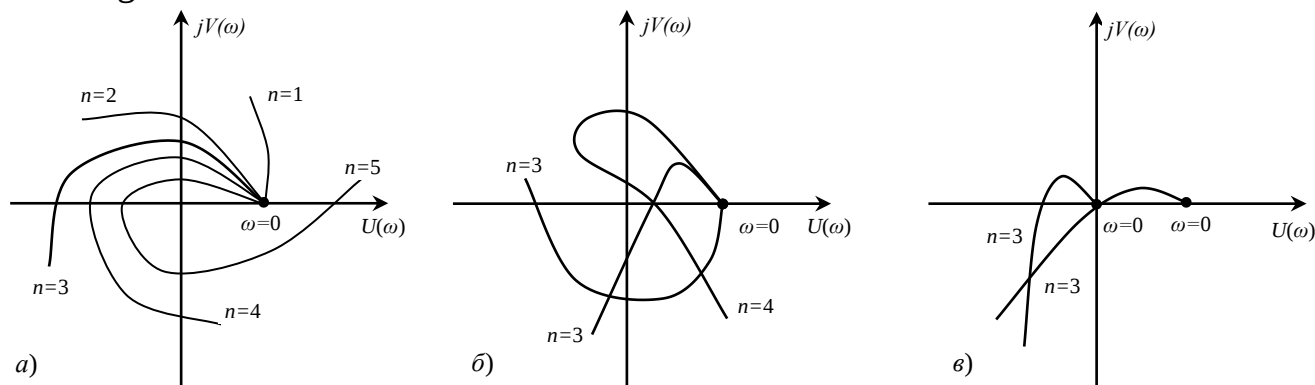
$$D(\omega) = U(\omega) - jV(\omega)$$

bo'ladi.

Mixaylov mezonining ta'rifi:

Agar chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda Mixaylov gadografi haqiqiy musbat o'qdan boshlab koordinata boshi atrofida musbat (soat strelkasiga qarshi) yo'nalishda $n \frac{\pi}{2}$ burchakka burilsa, u holda sistema turg'un bo'ladi (bu erda «n» xarakteristik tenglamaning darajasi).

6a-rasmda turg'unlik shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko'rinishlari keltirilgan.



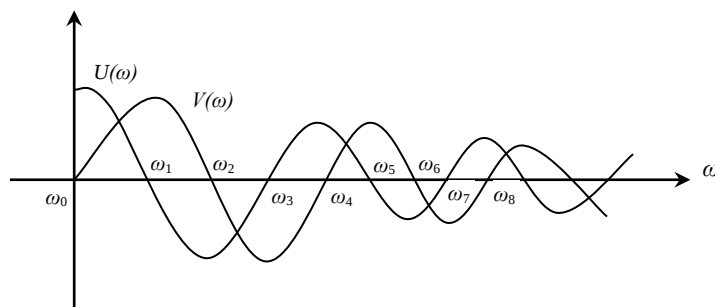
6-rasm. a) sistemaning turg'unlik shartlari; b) sistemaning noturg'unlik shartlari; v) sistemaning turg'unlik chegaralari shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko'rinishlari.

Mixaylov gadografi taxlil etilganda, unda quyidagi natija kelib chiqadi.

Mixaylov gadografi koordinata tekisligida kvadratlarni ketma-ket kesib o'tganda, u haqiqiy va mavhum o'qlarni birin-ketin kesib o'tadi.

Mixaylov gadografi haqiqiy o'qni kesib o'tganda, uning mavhum funksiyasi $V(\omega)$ nolga aylanadi, mavhum o'qni kesib o'tganda esa Mixaylovning haqiqiy funksiyasi $U(\omega)$ nolga aylanadi.

SHuning uchun gadografning haqiqiy va mavhum o'qlarni kesib o'tgan nuqtalaridagi chastotaning qiymati $U(\omega) = 0$ (a), $V(\omega) = 0$ (b) tenglamalarining ildizlari bo'lishi kerak. 7-rasmda bu funksiyalarning grafigi keltirilgan.



7-rasm.

Bu egri chiziqlarning absissa o'qi bilan kesishgan nuqtalari (a) va (b) tenglamalarning ildizlarini bildiradi.

Agar $\omega_0, \omega_2, \omega_4, \dots$ (b) tenglamaning ildizlari $\omega_1, \omega_3, \omega_5, \dots$ esa (a) tenglamaning ildizlari bo'lib, shu bilan birga $\omega_0 < \omega_2 < \omega_4$ va $\omega_1 < \omega_3 < \omega_5$ bo'lsa, unda sistema turg'un bo'lishi uchun $\omega_0 < \omega_1 < \omega_2 < \omega_3 < \omega_4 < \omega_5$ tengsizlik bajarilishi kerak.

Misol 1: $2p^3 + 6p^2 + 10p + 15 = 0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Mixaylov mezonini yordamida sistemaning turg'unligini tekshiring.

Buning uchun xarakteristik tenglamada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiramiz va haqiqiy hamda mavho'm qismlarga ajratamiz.

$$2(j\omega)^3 + 6(j\omega)^2 + 10(j\omega) + 15 = 0$$

$$j2\omega^3 - 6\omega^2 + j10\omega + 15 = 0$$

$$U(\omega) = 15 - 6\omega^2$$

$$V(\omega) = \omega(10 - 2\omega^2)$$

$$a) \omega = 0 \text{ bo'lsa } U(\omega) = 15; \quad V(0) = 0;$$

$$b) U(\omega) = 0; \quad 15 - 6\omega^2 = 0 \quad \omega^2 = 15/6 = 2.5; \omega = 1.58$$

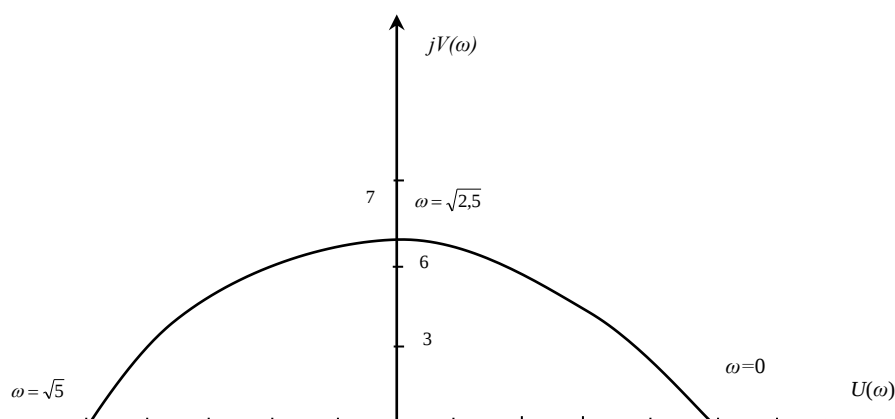
$$V(\sqrt{2.5}) = \sqrt{2.5} \cdot (10 - 2 \cdot 2.5) = \sqrt{2.5} \cdot 5 = 7.9;$$

$$v) V(\omega) = 0; \quad \omega = 0 \quad (10 - 2\omega^2) = 0$$

$$\omega^2 = 10/2 = 5; \omega = 2.24$$

$$U(\sqrt{5}) = 15 - 6 \cdot 5 = -15.$$

SHu qiymatlar asosida Mixaylov gadografini chizamiz (8-rasm).



8 – rasm.

Mixaylov gadografi uchta kvadratni ketma-ket kesib o'tyapti, ya'ni I, II va III – choraklarni. SHuning uchun sistema turg'un, chunki xarakteristik tenglamaning darajasi $n=3$ teng.

Misol 2: $12p^3 + 10p^2 + 8p + 10 = 0$ xarakteristik tenglama berilgan bo'lsin. Mixaylov mezoni yordamida sistemaning turg'unligini tekshiring.

Buning uchun xarakteristik tenglamada « p » ni « $j\omega$ » bilan almashtiramiz va haqiqiy hamda mavho'm qismlarga ajratamiz.

$$12(j\omega)^3 + 10(j\omega)^2 + 8(j\omega) + 10 = 0$$

$$-j12\omega^3 - 10\omega^2 + j8\omega + 10 = 0$$

$$U(\omega) = 10 - 10\omega^2$$

$$V(\omega) = \omega(8 - 12\omega^2)$$

$$a) \omega = 0 \text{ bo'lsa } U(\omega) = 10; \quad V(0) = 0;$$

$$b) U(\omega) = 0; \quad 10 - 10\omega^2 = 0 \quad \omega^2 = 10/10 = 1;$$

$$V(1) = 1 \cdot (8 - 12 \cdot 1) = -4;$$

$$v) V(\omega) = 0; \quad \omega = 0 \quad (8 - 12\omega^2) = 0$$

$$\omega^2 = 8/12 = 0.67; \omega = 0.82$$

$$U(\sqrt{0.67}) = 10 - 10 \cdot 0.67 = 3.3.$$

Mixaylov gadografi uchta kvadratni ketma-ket kesib o'tmapti. SHuning uchun sistema turg'un emas.

21-ma'ruza. Naykvist turg'unlik mezoni

Turg'unlikning Naykvist mezoni ochiq sistemaning amplituda faza xarakteristikasi (AFX) bo'yicha berk sisiemaning turg'unligini tekshirish imkoniyatini beradi. Ochiq sistemaning AFXsini esa ham analitik ham tajriba yo'li bilan olish mumkin.

Turg'unlikning bu mezoni aniq ravshan fizik ma'noga ega, ya'ni bu mezon ochiq sistemaning statsionar chastotali xususiyatlarini berk sistemaning nostatsionar xususiyatlari bilan bog'laydi.

Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ berilgan bo'lsin. Bu erda $Q(p) = 0$ – ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi. Berk sistemaning uzatish funksiyasi:

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)},$$

$$A(p) = 1+W(p) = 1+\frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{Q(p)+P(p)}{Q(p)} \quad (1)$$

Berk sistemaning xarakteristik tenglamasi:

$Q(p)+P(p)$ – berk sistemaning xarakteristik polinomini ifodalaydi.

$Q(p)$ – polinomi « n » darajaga ega;

$P(p)$ – polinom « m » darajaga ega.

Sistemani ishga tushirish uchun doimo $m < n$ bo'lishi kerak. SHuning uchun $Q(p)+P(p)$ polinom « n » darajaga ega bo'ladi.

Ochiq sistemaning o'zi turg'o'n va noturg'un holarda bo'lishi mumkin. Biz mana shu ikki holatda berk sistemaning turg'o'nligini tekshirib ko'ramiz.

a) Ochiq sistema turg'un holatda.

Xarakteristik tenglamaning o'ng ildizlari soni $l=0$. Mixaylov mezoniga muvofiq ochiq sistema xarakteristik tenglamasi argumentining o'zgarishi:

$$\Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} \cdot$$

$0 < \omega < \infty$

Endi berk sistema turg'un bo'lishini talab etamiz. Unda quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2} \cdot \quad (2)$$

$0 < \omega < \infty$

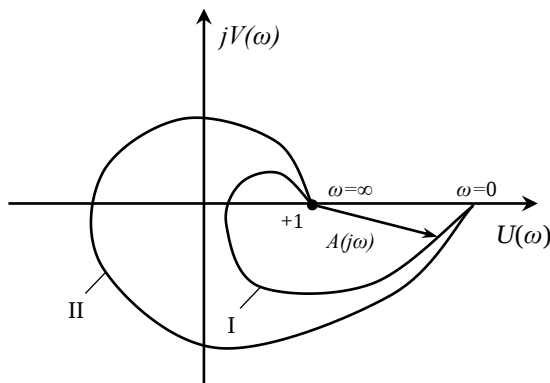
(1) ifodaga muvofiq berk sistemaning xarakteristik tenglamasining argument o'zgarishi:

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - n \frac{\pi}{2} = 0 \cdot \quad (3)$$

$0 < \omega < \infty$ $0 < \omega < \infty$ $0 < \omega < \infty$

SHunday qilib, berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'qi atrofidagi burchak burilishi (argument o'zgarishi) nolga teng bo'lishi kerak yoki chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda berk sistema AFXsi $A(j\omega)$ koordinata boshini, ya'ni $(0; 0)$ nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak.

$A(j\omega) = 1+W(j\omega)$ gazografining ko'rinishi 10-rasmda ko'rsatilgan.



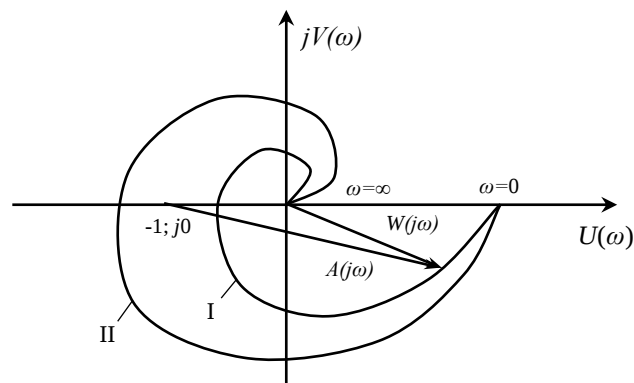
10 – rasm. I – berk sistema turg'un;

II – berk sistema noturg'un.

Lekin sistemaning AFX $A(j\omega) = 1+W(j\omega)$ si ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ sidan faqat «+1» gagina.

SHuning uchun yuqorida keltirilgan Naykvist mezonining ta'rifini ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ ga tadbiq etganimizda Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $(-1; j0)$ kritik nuqtani o'z ichiga olmasaligi kerak (11-rasm).



11 – rasm. I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.

b) Ochiq sistema noturg'un.

Bunda ochiq sistema xarakteristik tenglamasi « l » o'ng ildizga ega, ya'ni $l \neq 0$, unda argumentlar prinsipiga muvofiq

$$\Delta \arg Q(j\omega) = (n-2l) \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

bo'ladi.

Agar sistemaning turg'un bo'lishi talab etilsa, unda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

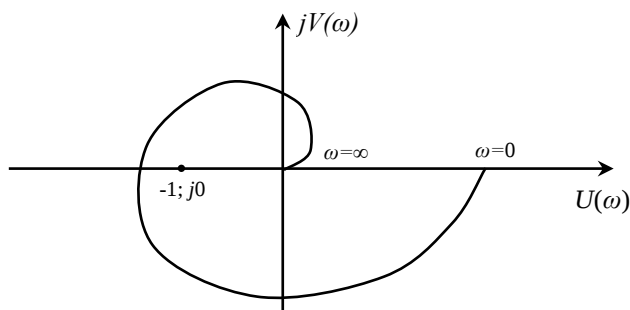
U holda $A(j\omega) = 1 + W(j\omega)$ vektorining argument o'zgarishi

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - (n-2l) \frac{\pi}{2} = l\pi \quad (6)$$

bo'ladi. YA'ni $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'qining boshi atrofida yig'indi burchak burilishi turg'un berk sistema uchun « $l\pi$ » ga teng bo'lishi lozim.

Bundan Naykvist mezonining quyidagi ta'rifi kelib chiqadi:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si kritik nuqta $(-1; j0)$ ni $l/2$ marta o'z ichiga olishi kerak; bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni (12-rasm).

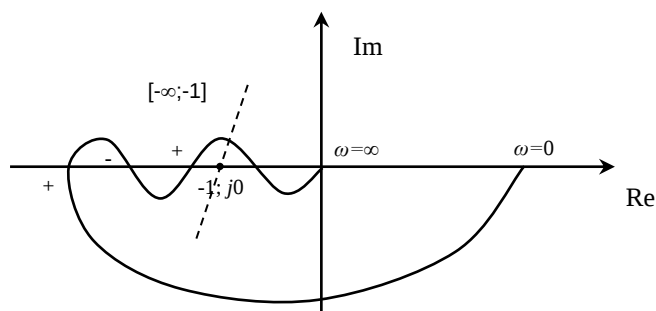


12-rasm.

$W(j\omega)$ gadografi $(-1; j0)$ nuqtani bir marta o'z ichiga olyapti. SHuning uchun bunda ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l = 2$, chunki $l/2 = 1 \Rightarrow l = 2$. Demak ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l = 2$ bo'lsa, berk sistema ham noturg'un bo'ladi.

Amaliy masalalarni echishda YA.Z.Sypkin taklif etgan «o'tish qoidasini» qo'llash maqsadga muvofiqdir.

$W(j\omega)$ xarakteristikani o'tishi deganda shu xarakteristikaning kompleks tekisligida manfiy haqiqiy o'qni $(-1; j0)$ nuqtaning chap tomonini, ya'ni $[-\infty; -1]$ kesmani chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda pastdan yuqoriga kesib o'tsa, musbat o'tish yuqoridan pastga kesib o'tsa, manfiy o'tish deyiladi (13-rasm).

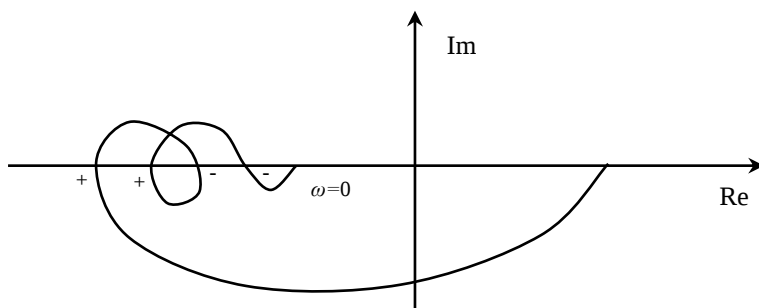


13 – rasm.

YUqorida aytilganlarni e'tiborga olgan holda Naykvist mezonini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFXsining chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat va manfiy o'tishlarning ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lishi kerak. Bunda l - ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

Agar ochiq sistemaning AFXsi $\omega = 0$ bo'lganda $[-\infty; -1]$ kesmada boshlansa yoki $\omega = \infty$ bo'lganda shu kesmada tugasa, unda bunday o'tishni yarim o'tish deyiladi (14-rasm).



14 – rasm.

Statik ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristikalarini chastota o'zgarganda yopiq kontur hosil qiladi.

Ideal integrallagich zvenosi bo'lgan astatik ochiq sistemalarning $W(j\omega)$ xarakteristikalarini chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda yopiq kontur hosil qilmaydi.

v) Astatik sistema uchun Naykvist mezonini qo'llash.

Astatik sistemaning AFX

$$W(j\omega) = \frac{P(j\omega)}{(j\omega)^\nu Q(j\omega)}, \quad (7)$$

ko'rinishga ega bo'lib, yopiq kontur hosil qilmaydi.

Bunday sistemalar uchun ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi nol ildizga ega bo'lib, quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin.

$$Q(p) = p^\nu Q_1(p), \quad (8)$$

bu erda ν - astatizm darajasi, ya'ni sistemadagi ideal integral zvenolar soni; $Q(p)$ - nol ildizga ega bo'lmagan polinom.

Astatik sistemaalarning AFXsi (5) ifodaga ko'ra $\omega = 0$ bo'lganda ∞ bo'ladi. SHuning uchun kritik $(-1; j0)$ nuqtani «kontur ichida» yoki «kontur tashqarisida» ekanligini aniqlash qiyinlashadi, ya'ni $W(j\omega)$ xarakteristikasi $(-1; j0)$ kritik nuqtani o'z

ichiga oladimi yoki yo'qmi ekanligini aytish mumkin bo'lmay qoladi. O'z navbatida berk sistemaning turg'unlik masalalarini echish qiyinlashadi.

Sistema tarkibidagi ideal integrallovchi zvenolar chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda $-\nu \frac{\pi}{2}$ burchak o'zgarishini beradi. Bunda ν – ketma-ket ulangan idal integrallovchi zvenolar soni.

SHuning uchun $\Delta \arg A(j\omega)$ ni hisoblash uchun $W(j\omega)$ gadografi cheksiz katta radiusga ega bo'lgan aylananing yoyi bilan musbat haqiqiy yarim o'qqa qadar to'ldiriladi ($l=0$ yoki juft son bo'lganda). Unda Naykvist mezoni quyidagicha ta'riflash mumkin:

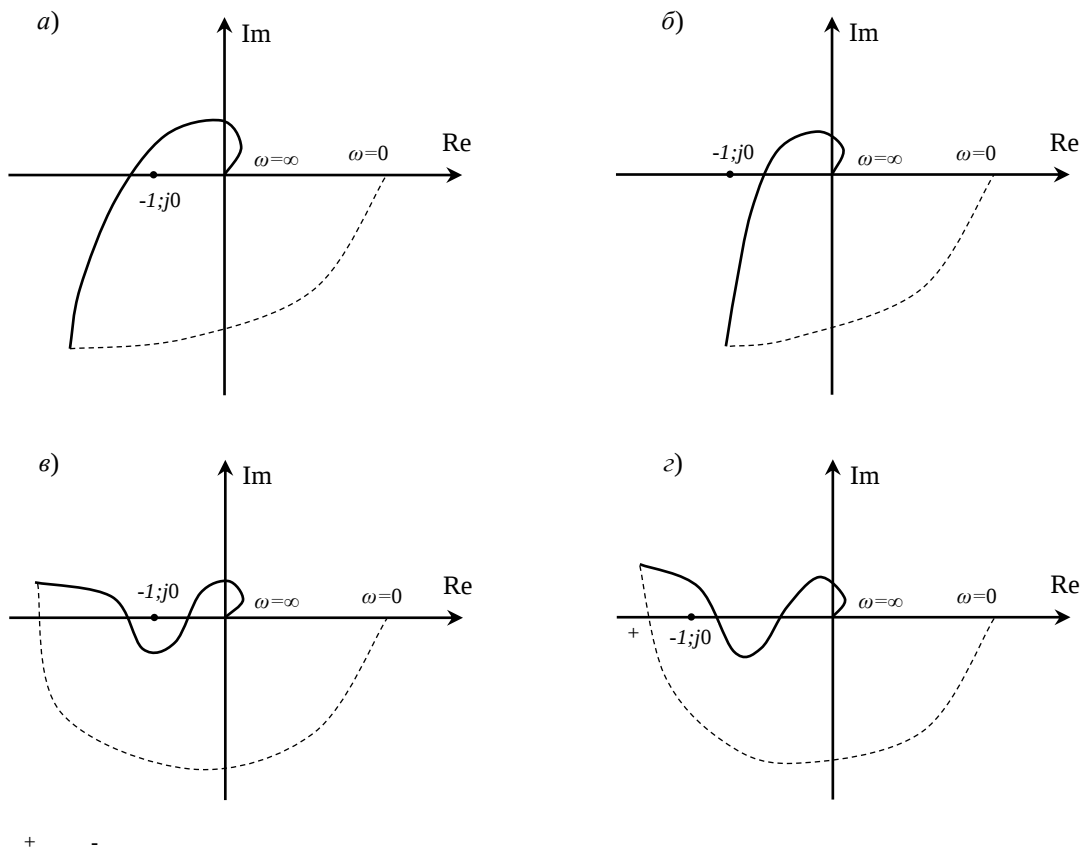
Agar ochiq sistemaning « ∞ » radiusga ega bo'lgan aylaning yoyi bilan to'ldirilgan ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristikasi chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda kritik $(-1; j0)$ nuqtani $l/2$ marta o'z ichiga olsa, berk astatik sistema turg'un bo'ladi. Bunda l - ochiq sistema tarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni.

15-rasmda ochiq sistema turg'un bo'lgan ($l=0$) xolda berk sistemaning turg'unligini aniqlashga misollar keltirilgan.

15-rasmda keltirilgan gadograflardan ko'rinib turibdiki, agar sistema turg'un bo'lsa, u holda kritik $(-1; j0)$ nuqta « ∞ » radiusga ega bo'lgan aylananing yoyi bilan to'ldirilgan ochiq sistema AFX ning tashqarisida yotadi. Agar bu nuqta shu xarakteristikaning ichida bo'lsa, unda sistema noturg'un bo'ladi.

Agar ochiq sistema turg'un bo'lsa, ($l=0$), unda AFX manfiy haqiqiy yarim o'qni $[-\infty; -1]$ kesmada kesib o'tadi yoki bu kesmani juft marta kesib o'tadi. Agar $[-\infty; -1]$ kesmani kesib o'tishlar soni toq bo'lsa, unda berk sistema noturg'un bo'ladi.

Ochiq sistema yoki uning tarkibidagi birorta zvenoning tenglamasi noma'lum bo'lsa-yu, lekin ochiq sistemaning $W(j\omega)$ AFX si tajriba yo'li bilan oligan bo'lsa, unda bunday sistemaning turg'unligini tekshirish uchun faqatgina Naykvist mezonini qo'llash mumkin. Bu esa Naykvist turg'unlik mezonining boshqa turg'unlik mezonlaridan afzalligini ko'rsatadi. Bundan tashqari kechikuvchi sistemalarning turg'unligini tekshirishda faqatgini Naykvist mezoni qo'llash mumkin.



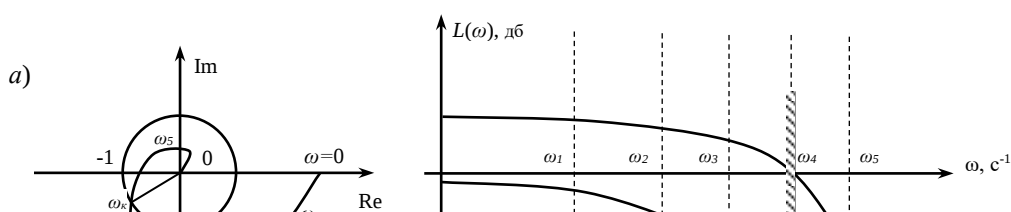
15-rasm. a) $\nu=1$ berk sistema noturg'un; b) $\nu=1$ berk sistema turg'un;
 v) $\nu=2$ berk sistema turg'un; g) $\nu=2$ berk sistema noturg'un;

22-ma'ruza. Logarifmik chastotaviy xarakteristika bo'yicha turg'unlikning tahlili (Turg'unlikning logarifmik mezoni)

Muxandislik amaliyotida ABS larning turg'unligini tahlil etishda ochiq sistemaning logarifmik chastotaviy xarakteristikasi (LCHX) dan keng foydalaniladi. Chunki ochiq sistemaning asimptotik LACHXsini qurish AFXni qurishdan ancha oson va qulaydir.

Sistemaning turg'unligi ochiq sistema $W(j\omega)$ AFXsining $[-\infty; -1]$ kesmada manfiy haqiqiy yarim o'qni kesib o'tishlar soni bilan bog'liqdir. SHuning uchun ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ bilan LCHXsi orasidagi bog'liqlikni aniqlab olamiz.

Ochiq sistemaning AFXsi $W(j\omega)$ manfiy haqiqiy o'qni kesib o'tganda, LFCHX $-\pi(2l+1)$ chiziqlarining birini kesib o'tadi. $i=0,1,2,3,\dots$ sistemaning turg'unligi nuqtai nazaridan olganda, bu o'tishlar soni kritik $(-1; j0)$ nuqtaning o'ng tomonida, $|W(j\omega)| < 1$ AFX ning moduli birdan kichik bo'lganda, ya'ni LACHX ordinatalari manfiy $L(\omega) = 20\lg|W(j\omega)| < 0$ bo'lganda sodir etilsa, unda bu o'tishlar sistemaning turg'unligiga hech qanday xavf tug'dirmaydi.



16-rasm.

SHu sababli $L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| < 0$ bo'lagi sistemaning turg'unligini tekshirilayotganda unchalik ahamiyat kasb etmaydi.

$W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali musbat o'tishiga (pastdan yuqoriga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni yuqoridan pastga (musbat o'tish) kesib o'tishi $W(j\omega)$ xarakteristikaning $[-\infty; -1]$ kesma orqali manfiy o'tishiga (yuqoridan pastga) LFCHX ning $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chiziqni pastdan yuqoriga (manfiy) o'tishi to'g'ri keladi.

YUqorida aytilganlarni hisobga olib, turg'o'nlikning logarifmik mezonini qo'yidagicha ta'riflash mumkin:

Agar ochiq sistemaning LFCHX $L(\omega) > 0$ bo'lagida $-\pi(2l+1)$ to'g'ri chizig'idan o'tgan musbat va manfiy o'tishlari ayirmasi $l/2$ ga teng bo'lsa, berk sistema turg'un bo'ladi. Bunda l – ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlari soni.

16-rasmda ochiq sistema turg'un bo'lgan holda, berk sistema turg'un yoki noturg'un holatlariga to'g'ri keladigan logarifmik xarakteristikalaridan misollar keltirilgan.

Berk sistemaning turg'o'nligini tekshirish LACHX ning musbat ordinatasiga to'g'ri kelgan bo'lagida tekshirilgan, rasmda u shixlangan chiziq bilan ko'rsatilgan. Logarifmik

xarakteristikalar bilan birga ularga mos tushadigan ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ xarakteristikolari ham keltirilgan.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining radiusi birga teng bo'lgan aylana bilan kesishiga LACHX ning absissa o'qi bilan kesishi to'g'ri keladi va bu chastotani kesish chastotasi deyiladi va ω_κ bilan belgilanadi.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining manfiy haqiqiy o'q bilan kesishgan nuqtasiga LFCHX ning π to'g'ri chizig'ini kesib o'tishi to'g'ri keladi va bu chastotani ω_y o'tish chastotasi deyiladi.

Agar ochiq sistema turg'un ($l=2$) bo'lsa, unda berk sistema turg'un bo'lishi uchun $\omega_\kappa < \omega_y$ sharti bajarilishi kerak. Aks xolda berk sistema noturg'un bo'ladi.

16a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar berk sistemaning turg'un holatiga to'g'ri keladi, 16a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar esa berk sistemaning noturg'un holatiga to'g'ri keladi.

23-ma'ruza. Tizimning parametrlari tekisligida turg'unlik soxasi qurish.

D –bo'linish usuli

Turg'unlik mezonlari, tizim parametrlarining qiymatlari aniq bo'lganda, uning tug'unligini aniqlash imkoniyatini beradi. Parametrlarning qiymatlari tashqi ta'sir natijasida yoki boshqa sabablarga ko'ra o'zgarganda tizimning turg'unligini qayta taxlil qilish kerak bo'ladi. SHuning uchun tizimni xarakterlovchi parametrlarning shunday optimal qiymatlarini tanlash kerakki, bunda tizim turg'unligi saqlanib qolsin va boshqarishning eng yaxshi dinamik ko'rsatkichlarini ta'minlasin.

Bu masala, tizimning parametrlari tekisligida turg'unlik soxasi (doirasi)ni qurish orqali echiladi. Turg'unlik soxasi tizimni xarakterlovchi parametr qiymatlarining to'plamida tizimni turg'unligini aniqlaydi.

Agar tizim o'zining barcha parametrlarining qiymatlari to'plamida turg'unlik doirasiga ega bo'linsa, bu tizim *strukturali-noturg'un* bo'ladi. Strukturali-noturg'un tizimlarni uning barcha parametrlarini qiymatini o'zgartirish orqali turg'un qilib bo'lmaydi. Buning uchun tizimning strukturasini o'zgartirish kerak, masalan korrektlovchi qurilmalar kiritish orqali.

I.V. Vyshnegradskiy birinchi bo'lib bug' mashinalarini avtomatik rostlash tizimlarini tadqiq qilishda turg'unlik soxasini qurishni qo'llagan.

I.V. Vyshnegradskiy mezoni bo'yicha faqat uchinchi darajali xarakteristik tenglama bilan ifodalangan tizimlar uchun turg'unlik doirasini belgilash mumkin. Tizimning xarakteristik tenglamasi berilgan bo'lsin:

$$a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0.$$

Bu tenglamani quyidagicha ifodalash xam mumkin

$$b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + 1 = 0,$$

bu erda $b_0 = \frac{a_0}{a_3}; \quad b_1 = \frac{a_1}{a_3}; \quad b_2 = \frac{a_2}{a_3}.$

Xosil bo'lgan xarakteristik tenglamani quyidagicha belgilab olamiz:

$$Z^3 + AZ^2 + BZ + 1 = 0,$$

bu erda $p = \frac{Z}{\sqrt[3]{b_0}}; \quad A = \frac{b_1}{\sqrt[3]{b_0^2}}; \quad B = \frac{b_2}{\sqrt[3]{b_0}}.$

Gurvits mezoni bo'yicha tizim turg'un bo'lishi uchun quydagi shartlar bajarilishi kerak:

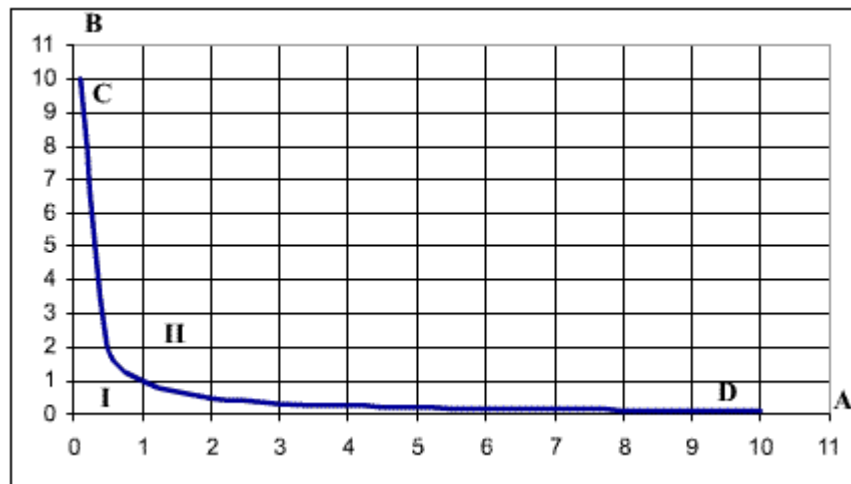
$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} A & 1 & 0 \\ 1 & B & 0 \\ 0 & A & 1 \end{vmatrix}$$

$$A > 0, B > 0, \Delta_1 = A > 0, \Delta_2 = AB - 1 > 0, \Delta_3 = AB \cdot 1 + 0 + 0 - 0 - 0 - 1 = AB - 1 > 0.$$

Natijada $A > 0, B > 0$ va $AB - 1 > 0$.

SHartdan ko‘rinadiki, $AV=1$ bo‘lganda tizim turg‘unlik chegarasida bo‘ladi (masalan, $AV=1,1$ bo‘lsa $1,1-1>0$ yoki $AV=0,9$ bo‘lsa $0,9-1<0$).

Agar koordinatalar o‘qining ordinata o‘qiga V parametrning qiymatlarini, absissa o‘qiga A parametrlarning qiymatlarini qo‘yib chiqilsa, $AV=1$ tenglama orqali xisoblab topiladigan CD giperbola egri chizig‘ini qurish mumkin (1-rasm).



1-rasm. Vyshnegradskiy mezoni bo‘yicha turg‘unlik doirasini belgilash grafigi

SD giperbola izlanayotgan A va V parametrlar tekisligini ikkita, I va II-soxalarga bo‘ladi. I-soxa $AV<1$ shartga to‘g‘ri keladi va tizim bu soxadagi parametrlarda turg‘un emas, II-soxa $AV>1$ shartga to‘g‘ri keladi va tizim bu soxadagi parametrlarda turg‘un.

SHunday qilib, II- turg‘un soxadan tizim uchun A va V parametrlarning optimal qiymatlarini tanlab olish mumkin.

Xarakteristik tenglamalarning darajasi uchdan katta bo‘lganda tizimning parametrlari tekisligida turg‘unlik doirasi (soxasi)ni qurish uchun D –bo‘linish usulidan foydalaniladi. Bu usulni YU.I. Neymark va A.A.Sokolovlar taklif qilishgan. D –bo‘linish usulining mazmuni quyidagilardan iborat.

Masalan, taxlil qilinayotgan tizimning xarakteristik tenglamasi quyidagicha bo‘lsin

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} p^1 + a_n = 0.$$

D –bo‘linish usuli, xar qanday parametrning o‘zgarishini tizimning turg‘unligiga ta’sirini aniqlash imkonini beradi va sifat ko‘rsatgichlarni aniqlashni ta’minlaydi.

Qandaydir τ parametrning o‘zgarishi tizimning turg‘unligiga ta’sir qiladi. τ parametrning xar bir yangi qiymatida xarakteristik tenglamaning $a_0, a_1, \dots, a_{n-1}, a_n$ koeffitsientlarining yangi qiymatlari mos keladi, natijada, kompleks tekisligida xarakteristik tenglamaning ildizlarini joylashish o‘rni xam o‘zgaradi.

Parametrlar tekisligida ildizlarning joylashishiga qarab sohalarga ajratuvchi egri chiziqlar to‘plamiga parametrlar tekisligining D -bo‘linishi deyiladi. Turg‘unlik sohalari bir parametr tekisligida va ikki parametr tekisligida quriladi.

Tizim- nol ildizga $a_n=0$; juft mavhum ildizga; cheksiz (∞) ildizga $a_0=0$ ega bo‘lganda turg‘unlik chegarasida bo‘ladi. τ parametrda xarakteristik tenglamaning ildizi

turg'unlik chegarasida bo'lsin. Xarakteristik tenglamadan τ parametr bilan bog'liq bo'lgan barcha bo'laklarini ajratamiz, natijada:

$$X(p) + \tau Y(p) = 0,$$

bu erda $X(p)$ -xarakteristik tenglamaning τ parametr bilan bog'liq bo'lmagan bo'lagi. Operator belgisini $p = j\omega$ ga almashtirishdan so'ng D-bo'linish chegarasi

$$X(j\omega) + \tau Y(j\omega) = 0.$$

ko'rinishga keladi. Bundan

$$\tau = -\frac{X(j\omega)}{Y(j\omega)} = C(\omega) + jB(\omega),$$

bu erda $C(\omega)$ - τ parametrga nisbatan yozilgan xarakteristik tenglamaning haqiqiy qismi; $B(\omega)$ - τ parametrga nisbatan yozilgan xarakteristik tenglamaning mavhum qismi.

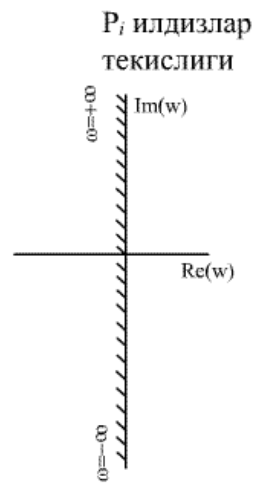
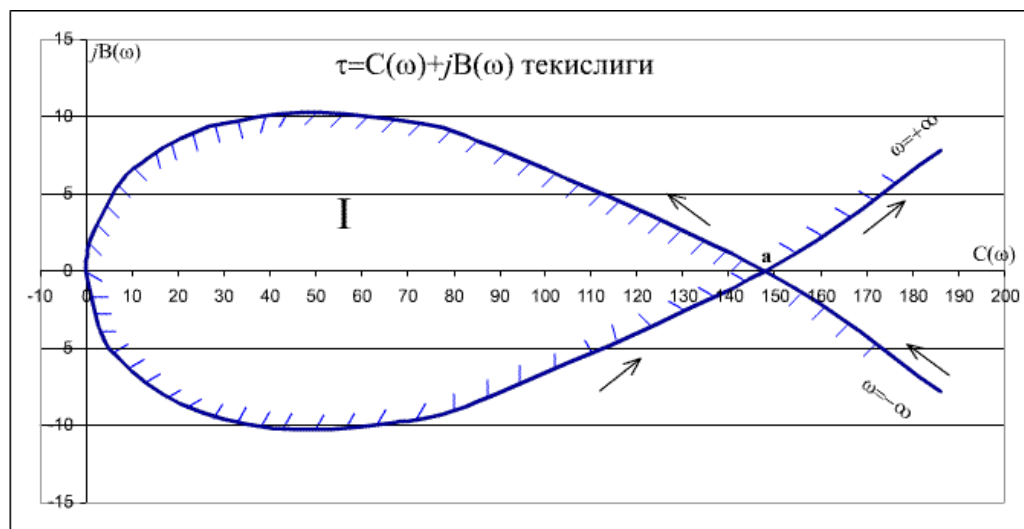
CHastotaning $-\infty < \omega < +\infty$ oralig'idagi qiymatlarida $\tau = C(\omega) + jB(\omega)$ ifodaning xarakteristikasi quriladi. Bu xarakteristika simmetrik bo'lganligi uchun D-bo'linish chegarasini aniqlanayotganda chastotaning musbat qiymatlariga (ya'ni $0 < \omega < \infty$) nisbatan xarakteristikani qurib, chastotaning manfiy qiymatlariga to'g'ri keladigan qismni haqiqiy o'qqa nisbatan simmetrik ravishda chizib quyish mumkin. Xosil bo'lgan egri chiziqqa D-bo'linish chegarasi deyiladi (2-rasm).

D-bo'linish chegarasi bo'ylab chastotaning $\omega = -\infty$ nuqtasidan $\omega = +\infty$ nuqtasiga tomon yo'nalish bo'ylab egri chiziqning chap tomoni shtrixlanadi, chunki chastota $-\infty < \omega < +\infty$ gacha o'zgarganda ildizlarning kompleks tekisligida tizimning turg'unlik soxasi mavhum o'qning chap tomonida bo'ladi. SHtrixlanishga teskari bo'lgan D-bo'linishning chegarasidan o'tish tizimning xarakteristik tenglamasining ildizlaridan bittasi ildizlarning kompleks tekisligining o'ng tarafiga o'tganligini bildiradi. Parametrlarning shtrixlangan zonadagi qiymatlari ildizlar kompleks tekisligining chap tarafida joylashganligini bildiradi (2-rasm).

Berk tizimning uzatish funksiyasi berilgan bo'lsin:

$$W(p) = \frac{k}{k + p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}.$$

Bu erda $T_1 = 0.007 \text{cek}$, $T_2 = 0.2 \text{cek}$. Kuchaytirish koeffitsienti k ning qanday qiymatlarida tizimning turg'unligi saqlanib qolishini aniqlash talab qilingan bo'lsin.



2-rasm. τ parametr tekisligida D-bo'linishning chegarasi

Berk tizimning uzatish funksiyasi ifodasidan tizimning xarakteristik tenglamasini aniqlab olamiz

$$k + p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1) = 0$$

va bu xarakteristik tenglamani $\tau = k$ parametrga nisbatan echamiz. Xarakteristik tenglamadan k ni topsak:

$$k = -p^3 T_1 T_2 - p^2 (T_1 + T_2) - p.$$

Operator belgisi p ni $j\omega$ ga almashtiramiz va xosil bo'lgan ifodani haqiqiy va mavxum qismlarga ajratib, quyidagilarni olamiz

$$k = (T_1 + T_2)\omega^2 + j(T_1 T_2 \omega^3 - \omega) = 0.207\omega^2 + j(0.0014\omega^3 - \omega).$$

CHastotani $-\infty < \omega < \infty$ (yoki $0 < \omega < \infty$) oraliq'ida o'zgartirib haqiqiy va mavxum qismlarni qiymatlarini topamiz. Xisob natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

ω	$\text{Re}(\omega)$	$\text{Im}(\omega)$
-30	86,3	-7,8
-26,73	147,9	-0,00775
-26,72	147,7894	0,0122 4
-20	82,8	8,8
-18	67,068	9,8352
-14	40,572	10,1584
-1	29,808	9,5808
-10	20,7	8,6
-8	13,248	7,2832
-6	7,452	5,6976
-2	0,828	1,9888
0	0	0
2	0,828	-1,9888
6	7,452	-5,6976
8	13,248	-7,2832
10	20,7	-8,6
12	29,808	-9,5808
14	40,572	-10,1584
18	67,068	-9,8352
20	82,8	-8,8
26,72	147,7894	-0,01224
26,73	147,9	0,007753

$\tau = k$ parametrga nisbatan D-bo'linish chegarasini $\tau = k$ parametr tekisligida quramiz (2-rasm). Keltirilgan misolda turg'unlik soxasi I-soxa. k parametrning qiymatini **0a** oraliqda bo'lgan haqiqiy sonlar oraliq'ida o'zgartirish mumkin. Jadvaldan ko'rinadiki, chastota $\omega = 26.72$ dan $\omega = 26.73$ ga oshganda (yoki $\omega = -26.73$ dan $\omega = -26.72$ ga oshganda) xarakteristik tenglamaning mavxum qismi $\text{Im}(\omega)$ ning ishorasi manfiydan musbatga o'zgarayapti, ya'ni D-bo'linish chegarasi absissa o'qini $\text{Re}(\omega) = 147.8$ nuqtasida kesib o'tayapti. SHunday qilib, k kuchaytirish koefi-sienti 0 dan 147.8 gacha bo'lgan oraliqda o'zgarganda tizimning turg'unligi saqlanib qoladi.

30	186,3	7,8
----	-------	-----

24-ma'ruza. Kechikishli va irratsional zvenoli sistemalarning turg'unligi.

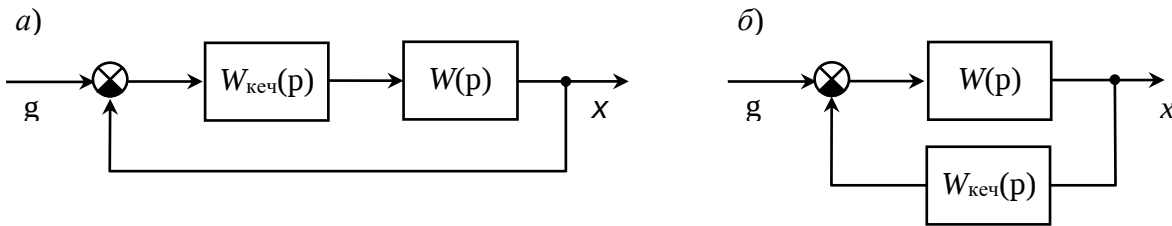
Avtomatik boshqarish sistemalari kirish kattaligi $u(t)$ va chiqish kattaligi $y(t)$ larining o'rtasidagi bog'liq quyidagi ko'rinishga ega bo'lgan zvenolardan tizilishi mumkin:

$$y(t) = u(t - \tau), \quad (13.1)$$

bu erda τ – doimiy kattalik (miqdor) bo'lib, *kechikish vaqti* deyiladi. Bunday zvenolar kechikuvchi zvenolar deb ataladi va ular kirish kattaligining o'zgarishini yo'qotishlarsiz (buzilishlarsiz), lekin bir qancha τ kechikish vaqti bilan amalga oshiradi.

Kechikuvchi zvenolarning uzatish funksiyasi

$$W_{\text{kech}}(p) = e^{-p\tau}. \quad (13.2)$$



13.1 – rasm.

Sof kechikish zvenolarini ko'pincha materillar bir nuqtadan boshqasiga tasmasi transporterlar orqali ko'chiruvchi texnologik jarayonlarda; magnitli zahira tizimlarida va boshqa tizimlarda uchratish mumkin.

Tarkibida hech bo'lmaganda bitta kechikuvchi zveno bo'lgan avtomatik boshqaruv sistemalari *kechikuvchi sistemalar* deyiladi. Kechishli sistemalardagi jarayonlar differensial-ayirma tenglamalar yordamida tavsiflanadi.

Bitta kechikuvchi zvenodan tashkil topgan bir konturli avtomatik boshqaruv sistemasining strukturaviy sxemasi agar kechikuvchi zveno to'g'ri zanjirda bo'lsa, 13.1,a – rasmdagidek keltiriladi, agar kechikuvchi zveno teskari zanjirda bo'lsa, 13.1,b – rasmdagidek keltiriladi.

Kechikishli boshqarish sistemasining uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W_{\tau}(p) = W_{\text{kech}}(p)W(p) = \frac{R(p)}{Q(p)}e^{-s\tau}, \quad (13.3)$$

bu erda $W(p) = \frac{R(p)}{Q(p)}$ – kechikishi hisobga olinmagan ochiq sistemaning o'zida p operatorning ratsional-kasrli funksiyasini nomoyon etuvchi uzatish funksiyasi.

Agar kechikuvchi zveno to'g'ri zanjirda bo'lsa, unda yopiq sistemaning uzatish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W_{gx}(p) = \frac{W_{\tau}(p)}{1 + W_{\tau}(p)} = \frac{R(p)e^{-p\tau}}{Q(p) + R(p)e^{-p\tau}} = \frac{R_{\tau}(p)}{D_{\tau}(p)}. \quad (13.4)$$

Agar ushbu kechikuvchi zveno teskari aloqa zanjirida bo'lsa, unda yopiq sistemaning uzatish funksiyasi quyidagicha bo'ladi:

$$W_{gx}(p) = \frac{W(p)}{1 + W_{\tau}(p)} = \frac{R(p)}{Q(p) + R(p)e^{-p\tau}} = \frac{R(p)}{D_{\tau}(p)}. \quad (13.5)$$

(13.4) va (13.5) lardan ko'rinib turibdiki, kechikuvchi zvenoning ulanish joyiga bog'liq bo'lmagan holda kechikishli sistemaning xarakteristik tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$D_{\tau}(p) = Q(p) + R(p)e^{-p\tau} = 0. \quad (13.6)$$

Bu xarakteristik tenglama tarkibida $e^{-p\tau}$ borligi uchun u polinom hisoblanmaydi va p operatorning transsendent funksiyasi deyiladi hamda odatdagi algebraik tenglamalardan farq qilgan holda cheksiz ildizlar to'plamiga ega bo'ladi.

Doimiy kechikishli chiziqli sistema turg'un bo'lishi uchun (13.6) tenglamaning barcha ildizlari chap ildizlar bo'lishi zaruriy va etarlidir. (13.6) tenglamaning ildizlarini topish mushkul, shuning uchun kechikishli sistemaning turg'unligini tadqiq qilishda turg'unlik mezonlaridan foydalaniladi.

Kechikishli berk sistemaning turg'unligi haqidagi xulosa kechikishli ochiq sistema AFX si $W_\tau(j\omega)$ ni $(-1; j0)$ nuqtaga nisbatan tadqiq qilinishiga asoslanib amalga oshiriladi. Kechikishli sistemalar uchun Naykvist turg'unlik mezonining ifodalanishi ratsional-kasrli uzatish funksiyasiga ega oddiy tizimlar uchun ifodalanishiga o'xshashdir.

Kechikishli ochiq sistemaning chastotali uzatish funksiyasi $W_\tau(j\omega)$ ga (13.3) ga $p \rightarrow j\omega$ almashtirib hosil qilinadi:

$$W_\tau(j\omega) = W(j\omega)e^{-j\omega\tau} = A(\omega)e^{-j\varphi(\omega)}e^{-j\omega\tau} = A(\omega)e^{-j\varphi_\tau(\omega)}, \quad (13.8)$$

bu erda $W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ – kechikish hisobga olinmagan ochiq sistemaning AFX si;

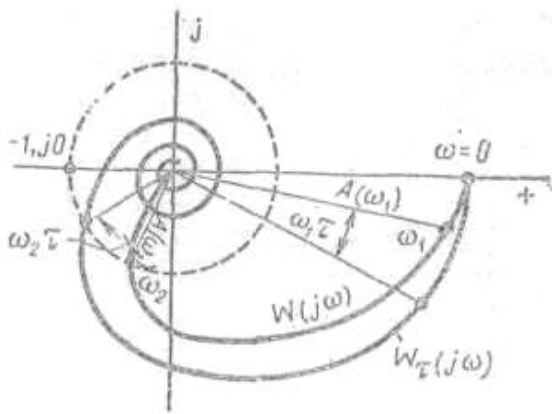
$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)} \quad - \text{ACHX}; \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{V(\omega)}{U(\omega)} \quad - \text{FCHX};$$

$$\varphi_\tau(\omega) = \varphi(\omega) - \omega\tau \quad (13.9)$$

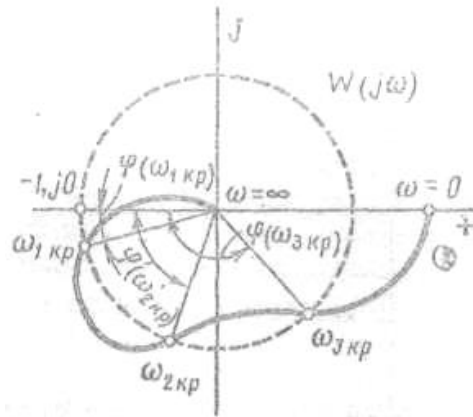
kechikishli ochiq sistemaning FCHX si.

(13.8) va (13.9) lardan ko'rinib turibdiki, kechikuvchi zvenoning mavjudligi ochiq sistemaning AFX si moduli $A(\omega)$ ni o'zgartirmaydi, faqatgina chastota proporsional ravishda proporsional koeffitsienti kechikish vaqti τ hisoblanuvchi manfiy $\omega\tau$ fazoviy siljish hosil qiladi.

Kechikishi bo'lmagan ochiq sistemaning AFX si $W(j\omega)$ ni bilgan holda kechikishli berk sistemaning AFX si $W_\tau(j\omega)$ ni oson qurish mumkin. Buning uchun $W(j\omega)$ AFX ning modul vektori $A(\omega)$ ni soat strelkasi yo'nalishi bo'yicha $\omega_i\tau$ burchakka burish kerak. Ω chastotani oshishi bilan $\omega\tau$ burchak tez oshib boradi, $A(\omega)$ esa odatda kamayadi, shuning uchun ham kechikishli berk sistemalarning AFX si $W_\tau(j\omega)$ koordinata boshini o'rab oluvchi spiral ko'rinishiga ega bo'ladi (13.2-rasm). AFXning «o'rab olish» da $\omega\tau$ fazaviy siljishning borligi, umuman aytganda, turg'unlikni yomonlashtiradi, chunki AFX kiritik nuqta $(-1; j0)$ ga yaqinlashib keladi. Biroq, ba'zida $W(j\omega)$ AFX ning murakkab formasiga kechikish doimiysini kiritish turg'unlik shartlarini yaxshilashi mumkin.



13.2-rasm.



13.3-rasm.

Kechikish vaqti τ ni keng chegaralarda o'zgartirib, uning shunday qiymatini topish mumkinki, bunda berk sistema turg'unlik chegarasiga tushib qoladi. Bunday hollarda $W_\tau(j\omega)$ xarakteristika $(-1; j0)$ nuqta orqali o'tadi.

Kechikish vaqti τ_{kr} va unga mos keluvchi chastota qiymati ω_{kr} kritik deb ataladi.

Agar $W(j\omega)$ gadografning birlik radiusli aylana bilan bir nechta nuqtalarda kesishishga ega bo'lsa, masalan, ω_{1kr} , ω_{2kr} va ω_{3kr} (13.3-rasm) larda, unda sistema bir qancha kritik chastotaviy kechikish vaqtlariga ega bo'ladi:

$$\tau_{1kp} = \varphi(\omega_{1kp}) / \omega_{1kp}; \tau_{2kp} = \varphi(\omega_{2kp}) / \omega_{2kp}; \tau_{3kp} = \varphi(\omega_{3kp}) / \omega_{3kp},$$

chunki minimal kechikish vaqti $\tau_{kp \min} = \tau_{1kp}$. Sistema $\tau < \tau_{1kp}$ da, shuningdek, $\tau_{2kp} < \tau < \tau_{3kp}$ da turg'un bo'ladi. Sistema $\tau_{1kp} < \tau < \tau_{2kp}$ da, shuningdek, $\tau < \tau_{3kp}$ larda noturg'un bo'ladi.

Sistemaning noturg'unlik va turg'unlik uchastkalari τ ning uzluksiz o'zgarishida (shuningdek, sistemaning boshqa parametrlarida ham) almashish holati doimiy kechikishli ko'pgina sistemalarning xarakterli xususiyati hisoblanadi. Odatda tezkorlik va aniqlikni oshirish maqsadida sistemalarning kechikish vaqti τ ni kechiktirishga intiladi, shuning uchun ham turg'unlik mezonlari faqatgina minimal kechikish vaqtlari uchun ifodalanadi.

Agar kechikish vaqti τ minimal kritik kechikish vaqti $\tau_{kr \min}$ dan kichik bo'lsa, avtomatik boshqaruv sistemasi turg'un bo'ladi:

$$\tau < \tau_{kp \min}.$$

25-ma'ruza. CHiziqli tizimlarni rostdlashning sifatini baholash usullari

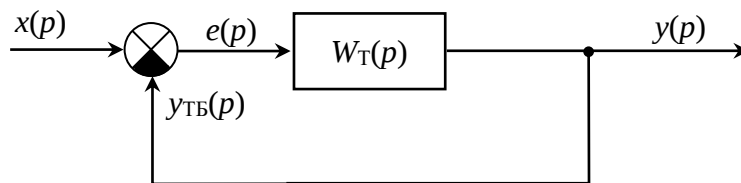
Umumiy tushunchalar.

Pog'onali signallar ta'siri orqali o'tish jarayoni sifatini baholash.

ABTning ishga yaroqligining asosiy sharti tizimning turg'unligi hisoblanadi. Tizim turg'un bo'lishi shart, lekin tizimning texnik yaroqliligi uchun bu etarli emas. Turg'unlik tushunchasi tizimning o'tish jarayonida tebranishlarni so'nishi bor yoki yo'qligini bildiradi. O'tish jarayonida tebranishlarning so'nishi tez yoki sekin; rostlanayotgan parametrlarni berilgan qiymatdan og'ishi katta yoki kichik; o'tish jarayoni aperiodik yoki tebranuvchi bo'lishi mumkin. Bu ko'rsatkichlar *boshqarish jarayonining sifatini* belgilaydi.

Boshqarish jarayonining sifat ko'rsatkichlari deganda, avtomatik regulyatorlarning rostlanayotgan parametrlarni qiymatini berilgan qonun bo'yicha o'zgarishini etarli darajada aniqlik va tezlik bilan ta'minlash qobiliyati tushiniladi. Boshqarish jarayonining sifati qancha yuqori bo'lsa, rostlanayotgan parametrlarning berilgan qiymatdan og'ishi shuncha kichik bo'ladi va berilgan rejim shuncha tez o'rnatiladi, ya'ni tizim shuncha tez barqarorlashadi. SHunday qilib, boshqarish jarayonining sifati rostlanayotgan parametrlarni berilgan qiymatga qaytish (tenglashish) xarakterini belgilaydi.

O'zgarmas koeffitsientli chiziqli differensial tenglama bilan ifodalangan chiziqli sistema berilgan bo'lsin.



1-rasm.

Kirish kattaligi $x(t)$ o'zgarganda tizimning chiqishidagi $y(t)$ kattalikni o'zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin

$$y(t) = y_s(t) + y_m(t), \quad (1)$$

bunda $y(t)$ - tizimni ifodalovchi tenglamaning umumiy echimi; $y_s(t)$ - shu echimning erkin tashkil etuvchisi; $y_m(t)$ - kirish signali $x(t)$ ning o'zgarish qonuniga bog'liq bo'lgan o'tkinchi jarayonni barqaror rejimini ifodalovchi majburiy tashkil etuvchidir.

Agar $y_s(t)$ karrali ildizga ega bo'lmasa, unda

$$y_s(t) = \sum_{i=1}^n C_i e^{p_i t}$$

bunda C_i - tizimning parametrlari va boshlang'ich shartlarga bog'liq bo'lgan o'zgarmas son; p_i - $A(p) = 0$ berk tizimning xarakteristik tenglamasining ildizlari.

(1) tenglamadan ko'rinib turibdiki, o'tkinchi jarayonning sifatini uning $y_s(t)$ va $y_m(t)$ tashkil etuvchilari yordamida aniqlash mumkin. SHu nuqtai nazardan qaraganda rostdlash jarayonining sifatini aniqlash yoki baholash ikki guruhga bo'linadi.

Birinchi guruh. O'tkinchi jarayon $y_s(t)$ ning sifat ko'rsatkichi.

Ikkinchi guruh. Sistemaning aniqligini belgilovchi o'tkinchi jarayonning majburiy tashkil etuvchisi $y_m(t)$ ni xarakterlovchi ko'rsatkichlari.

O'tish jarayoni egri chizig'i orqali aniqlangan sifat ko'rsatkichlari tizimning sifatini *bevosita baholash usuli* deyiladi. O'tish jarayon egri chizig'ini aniqlamasdan turib, jarayonning sifatini baholashga imkon beruvchi usulni sifat ko'rsatkichlarini baholashning *vositali usuli* deyiladi.

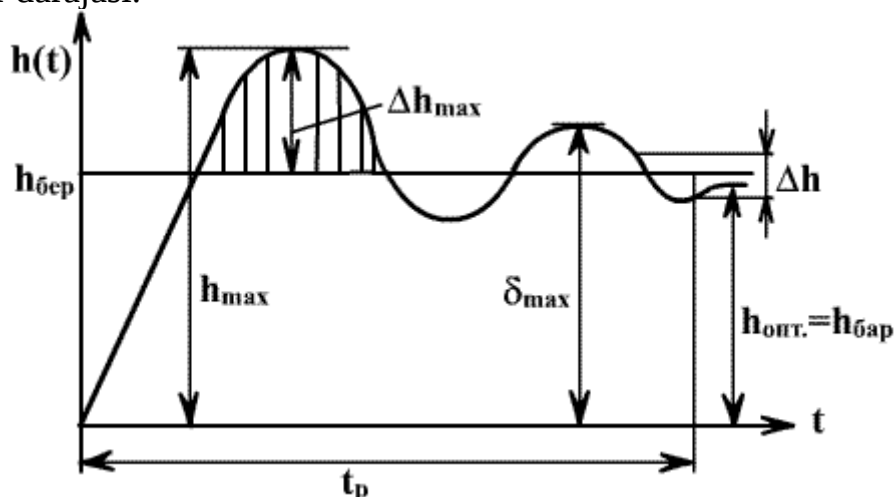
Boshqarishni sifat ko'rsatkichlari quyidagi mezonlar bilan baholanadi: *rostlashni statik va dinamik xatoligi, rostlash vaqti, tebranish darajasi, integral mezonlar, chastotali mezonlar.*

Pog'onali signallar ta'siri orqali o'tish jarayonini sifatini baholash

Tizimning pog'onali signalga reaksiyasi o'tish jarayoni xarakteristikasi deyiladi.

Tizimning o'tish jarayoni xarakteristikasidan quyidagi sifat ko'rsatkichlarini aniqlash mumkin:

- o'tish jarayoni tugagandan keyingi xatolik;
- qaytarostlash (pereregulirovanie);
- rostlash vaqti;
- berilgan vaqtda rostlanayotgan parametрни tebranishlar soni;
- tebranishlar darajasi.



1) *O'tish jarayoni tugagandan keyingi xatolik*, ya'ni tizim barqarorlashgandan keyingi xatolik. Bu xatolik ikkita tashkil etuvchidan iborat bo'ladi.

Xatolikni birinchi tashkil etuvchisi, tizimning tarkibidagi zvenolarga bexato ishlashi bilan bog'liq. Zvenolardagi ishqalanish, lyuft, tirqishlar (zazor) va shu kabilar xisobiga xatolik yuzaga kelishi mumkin. Xatolikni bu tashkil qiluvchilari ABTning sezmaslik zonasini belgilaydi. Natijada, tizimning barqarorlashgan ish rejimida rostlanayotgan parametрning qiymati $h(t)$ vaqt bo'yicha qat'iy bir xil bo'lmaydi. Texnik tizimlarda rostlanayotgan parametрning qiymati optimal qiymat $h_{opt.}$ dan $\pm 5\%$ gacha farq (Δh) qilishi mumkin.

Xatolikni ikkinchi tashkil etuvchisi – maksimal ruxsat berilgan statik xatolik δ_{maks} va δ (rostlashning tengsizligi). Bu tashkil etuvchilar statik boshqarish tizimining yukiga bog'liq va astatik tizimlarda nolga teng. Tizimning *statik xatoligi* δ rostlanayotgan parametрning barqarorlashgan qiymati bilan uning berilgan qiymatining farqiga teng:

$$\delta = h_{bar.} - h_{ber.}$$

Agar statik xatolik δ va maksimal ruxsat berilgan statik xatolik δ_{maks} nolga teng bo'lsa, u holda rostlash va tizim astatik bo'ladi.

2) *Qaytarostlash* – rostlanayotgan parametrning qiymatini maksimal ruxsat berilgan qiymatdan eng katta og‘ishi, ya’ni $\Delta h_{\text{maks}} \leq \Delta h_{\text{ber}}$. Natijada o‘tish jarayonidagi rostlanayotgan parametrning qiymati $h(t)$ ruxsat berilgan qiymatdan h_{ber} oshib ketadi, ya’ni tizimning parametrini qayta rostlash kerak bo‘ladi. Qaytarostlashning maksimal qiymati $\Delta h_{\text{maks}} = h_{\text{maks}} - h_{\text{bar}}$, yoki

$$\frac{h_{\text{maks}} - h_{\text{bar}}}{h_{\text{bar}}} 100,$$

bu erda h_{maks} – rostlanayotgan parametrning maksimal qiymati.

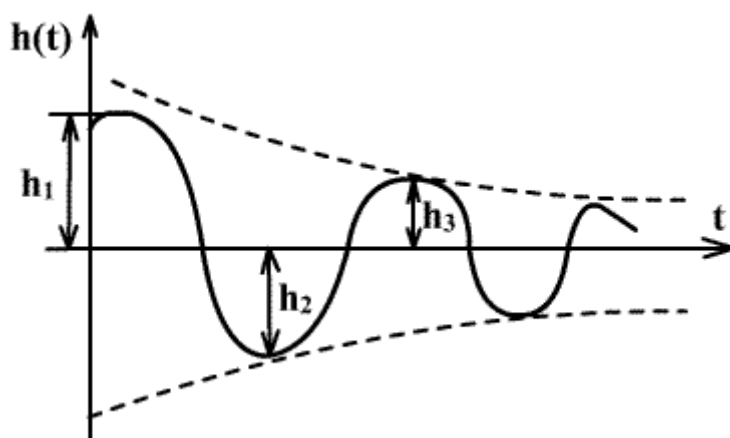
O‘tish jarayonida rostlanayotgan parametrning qiymatini uning barqarorlashgan qiymatidan og‘ishi tizimning *dinamik xatoligi* $\Delta h_{\text{maks}} = h_{\text{din}}$ deyiladi

3) *Rostlash vaqti* t_r – bu $|h(t) - h_{\text{bar}}|$ absolyut qiymat sezmaslik zonasi Δh dan katta bo‘lmagan qiymatga teng bo‘lgungacha ketgan vaqt. Rostlash vaqti o‘tish jarayonining boshidan to shu jarayon barqarorlashgungacha ketgan vaqt hisoblanadi. O‘tish jarayoni $h(t)$ ning qiymati ruxsat berilgan og‘ishdan (texnik tizimlar uchun rostlanayotgan parametrning qiymatiga nisbatan ruxsat berilgan og‘ish $\Delta h = 2 \div 5\%$ ga teng) kichik bo‘lsa rostlash jarayoni tugadi va tizim barqarorlashdi deb hisoblanadi. Rostlash vaqti yoki tizimning tezligi shu tizimni tashkil qilgan zvenolarning soniga, ularning dinamik xususiyatlarga bog‘liq.

4) *Berilgan vaqtda rostlanayotgan parametrni tebranishlar soni*. Bu ko‘rsatkich ma’lum bir qiymatdan oshib ketmasligi kerak. Ba’zi bir tizimlarda qisqa vaqt davomida o‘tish jarayoni monoton (aperiodik) bo‘lishi talab qilinadi yoki qayta rostlashsiz, ya’ni $\Delta h_{\text{maks}} \leq \Delta h$, tebranuvchi o‘tish jarayonini ta’minlash maqsadga muvofiq bo‘ladi.

5) *Tebranishlar darajasi* – eng sekin so‘nayotgan tebranuvchi jarayonlarning so‘nish tezligi (intinsivligi) ni ifodalovchi ko‘rsatkich (2-rasm). Tebranishlar darajasining son qiymati quyidagicha xisoblab topiladi:

$$\psi = \frac{h_1 - h_3}{h_1} \quad (\text{optimal qiymati } \psi = 0,75 - 0,9).$$



2-rasm. Tebranuvchi jarayonlarning so‘nish darajasini ifodalovchi grafik

Talab qilinadigan rostlash sifatini ta’minlash uchun statik aniqlikni ta’minlash kerak. Regulyatorning umumiy kuchaytirish koeffitsientini oshirish yo‘li bilan statik xatolikni kamaytirish mumkin. SHuningdek rostlash ob’ektini yoki regulyatorni parametrlarini o‘zgartirish orqali xam rostlash sifatini oshirish mumkin. Agar ob’ektning parametrlarini o‘zgartirish imkoniyati bo‘lmasa, u xolda regulyatorning strukturali sxemasiga qo‘shimcha zvenolar qo‘shish orqali o‘zgartirish kiritish mumkin. Bu qo‘shimcha kiritilgan qurilmalarga *korrektlovchi qurilmalar* deyiladi.

Rostlash sifatini tizimning uzatish funksiyalarini taxlil qilish orqali, ya'ni vositali usullardan foydalanib xam baxolash mumkin. Bu usullar Rostlash sifatining ko'rsatgichlarini taxminiy aniqlash imkonini beradi, masalan, o'tish jarayonining xarakteristikasini qurmasdan turib turg'unlik darajasi, o'tish jarayoni vaqti, qayta rostlash kaba ko'rsatgichlarni aniqlash mumkin.

Rostlash jarayoni sifatini baxolashning *ildizli*, *integrallash* va *chastotali* kabi vositali usullari ABN da keng joriy qilingan.

Rostlash jarayoni sifatini *ildizli* baxolash usuli ART da kechadigan jarayonlarning xarakteri bilan tizimning differensial tenglamalarining ildizlarini kompleks tekisligida taqsimlanish xarakteri o'rtasidagi bog'liqlikka asoslangan.

Rostlash jarayoni sifatini *ildizli* baxolash usulini uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{K}{[H(p)]}$$

ko'rinishda berilgan tizimlarda qo'llash ancha qulay. Bu erda uzatish funksiyasining surati ko'pxad (polinom) ko'rinishida emas, ya'ni suratning ildizlari nol bo'lmaydi (uzatish funksiyasining suratidagi polinom $K(p)=0$). Bunday xolda ildizlarni kompleks tekisligida taqsimlanishini taxlil qilish uchun uzatish funksiyasining qutublari (uzatish funksiyasining maxrajidagi polinom $H(p)=0$ ning ildizlari) taxlil qilinadi.

Rostlash jarayoni sifatini baxolashning *integrallash* usuli differensial tenglamani echmasdan tizimning koordinatalaridagi bir qator funksiyalarni vaqt bo'yicha integralini aniqlashga asoslangan.

Rostlash jarayoni sifatini baxolashning *chastotali* usuli ART ning o'tish jarayonlari xarakteristikasi bilan uzatish funksiyasining xaqiqiy qism $P(\omega)$ -ni chastotali xarakterisikasi formasi o'rtasidagi bog'liqlikka asoslangan. $P(\omega)$ funksiya berk tizimning uzatish funksiyasidan aniqlanadi

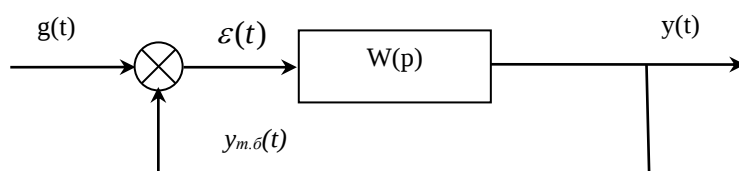
$$W(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega).$$

O'tish jarayoni xarakteristikasi va uzatish funksiyasining xaqiqiy qism $P(\omega)$ -ni chastotali xarakterisikasi o'rtasida quyidagi funksional bog'liqlik mavjud:

$$X(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{p(\varpi)}{\varpi} \sin \varpi t d\varpi.$$

Amaliyotda ART larini taxlil qilishda V.V. Solodovnikov tomonidan taklif qilingan o'tish jarayoni egri chizig'ini trapetsiyalar bilan almashtirish usuli xam keng qo'llaniladi.

Barqaror rejimda rostlash sifatini baholash. Quyidagi blok-sxemani ko'rib chiqamiz:



$$\varepsilon(t) = g(t) - y_{m.\delta.}(t)$$

$$y_{m.\delta.}(t) = W(p) \cdot \varepsilon(t)$$

$$\varepsilon(t) = g(t) - y_{m.\delta.}(t) = g(t) - W(p)\varepsilon(t)$$

$$\varepsilon(t)[(1 + W(p))] = g(t)$$

Tasvirlarga o'tib yozamiz

$$\varepsilon(p)[1+W(p)] = g(p)$$

$$W_{xamo}(p) = \frac{\varepsilon(p)}{g(p)} = \frac{1}{1+W(p)}$$

$W_{xamo}(p)$ – xatolik bo'yicha uzatish funksiyasi.

Agar $g(t), 0 \leq t \leq \infty$ oraliqda differensiallovchi bo'lsa, tizimning xatoligi $\varepsilon(t)$ ni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\varepsilon(t) = C_0 g(t) + C_1 g'(t) + \frac{C_2}{2!} g''(t) + \dots + \frac{C_m}{m!} g^{(m)}(t). \quad (2)$$

Bu erda $S_0, S_1, S_2, \dots, S_m$ – xatolik koeffitsientlari deb ataladi. Xatolik koeffitsienti xatolik bo'yicha uzatish funksiyasi asosida quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$C_0 = [W_{xamo}(p)]_{p=0}$$

$$C_1 = \left[\frac{dW_{xamo}(p)}{dp} \right]_{p=0}$$

.....

$$C_m = \left[\frac{d^m W_{xamo}(p)}{dp^m} \right]_{p=0}$$

Agar $g(t)=1(t)$ bo'lsa, $S_0=[W_{xato}(p)]_{p=0}$, $C_1=C_2=\dots=C_m=0$.

Agar $g(t) = t$ bo'lsa, $S_0=[W_{xato}(p)]_{p=0}$, $C_1 = \left[\frac{dW_{xamo}(p)}{dp} \right]$

$S_2=S_3=\dots=C_m$ va hokazo.

S_0 – statik xatolik koeffitsienti deyiladi.

S_1 – xatolikning tezlik koeffitsienti.

S_2 – xatolikning tezlanish koeffitsienti.

Statik tizimlarda S_0 koeffitsienti noldan farqli.

1 – tartibli astatizmli tizimlarda $C_0 = 0$; $C_1 \neq 0$.

2 – tartibli astatizmli tizimlarda $C_0 = 0$; $C_1 = 0$; $C_2 \neq 0$.

Integral zvenolarning soni oshishi bilan tizimning aniqligi oshadi, lekin bu holda tizimning turg'unligi jiddiy ravishda kamayadi.

Nisbatan sekin o'zgaruvchi ta'sirlarda odatda xatolar koeffitsienti usuli qo'llaniladi.

1) Rostlanish vaqti yoki o'tkinchi jarayon vaqti – t_p . Bu rostlanuvchi qiymat o'zining qaror qiymatiga ma'lum Δ darajada aniq bo'lishi kerak, ya'ni

$$|h_{\max} - h_{kap}| \leq \Delta, \quad \Delta = (2 \div 5)\% h_{kap}$$

bu texnik qiymatda beriladi.

2) O'ta rostlash – $\sigma\%$

$$\sigma\% = \frac{h_{\max} - h_{kap}}{h_{kap}} \cdot 100\%$$

O'tkinchi xarakteristikani qaror qiymatdan qanchaga o'zgarganligini (og'lanligini) bildiradi. Odatda σ o'rta va kichik quvvatlar uchun $\sigma = (10 \div 20)\%$, katta quvvatli sistemalar uchun $\sigma = (30 \div 40)\%$.

3) Tebranishlar soni – μ .

$h(t)$ xarakteristikani tebranishlar soni odatda $\mu \leq (1 \div 2)$ gacha, ayrim hollarda $\mu \leq (3 \div 4)$ gacha bo'lishi mumkin.

4) Oshish vaqti (vremya vyrastaniya) – t_n , bu $h(t)$ xarakteristikani $h_{\kappa ap}$ qiymatining birinchi uchrashgan nuqtasidir.

5) Maksimal vaqt – t_{max} . $h(t)$ xarakteristikaning maksimal qiymatga erishishga ketgan vaqt.

6) Tebranish chastotasi (davri) – $\omega = \frac{2\pi}{T}$ yoki $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

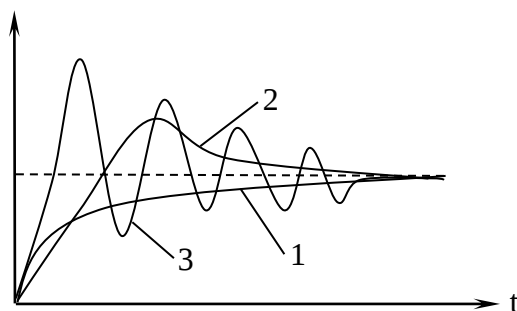
7) Soʻnish dekrementi – χ ,

$$\chi = \left| \frac{h_{\max} - h_{\kappa ap}}{h_{\min} - h_{\kappa ap}} \right| \cdot 100\%,$$

fizik maʼnosi oʻtkinchi xarakteristikaning soʻnish tezligini bildiradi.

Pogʻonali signalda sistema uchta koʻrinish boʻlishi mumkin:

- 1) monoton jarayon;
- 2) aperiodik jarayon;
- 3) tebranuvchi jarayon.



$h(t)$ ni nazariy tomondan topadigan boʻlsak, $h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\}$ orqali bajaramiz.

ABSlarning muvozanat rejimidagi xatoliklari.

CHiziqli ABSlarining sifatini baholashdagi baholashning toʻgʻri usullaridan biri bu sistemaning muvozanat rejimidagi xatoligidir. Quyidagi sistema berilgan boʻlsin

Berk sistemaning muvozanat rejimidagi xatoligini aniqlash uchun uning xatolik boʻyicha uzatish funksiyasini topamiz.

$$\Delta x(p) = x(p) - y(p) \quad (1)$$

bunda $\Delta x(p)$ - xatolikning Laplas tasviri

$x(p)$ - kirish signalining Laplas tasviri

$y(p)$ - chiqish signalining Laplas tasviri

$$y(p) = W(p) \cdot \Delta x(p) \quad (2)$$

(2) tenglamani (1) tenglamaga qoʻyamiz va quyidagini hosil qilamiz

$$\Delta x(p) = x(p) - W(p) \cdot \Delta x(p) \quad (3)$$

$$\Delta x(p)[1 + W(p)] = x(p)$$

$$\Delta x(p) = \frac{1}{1 + W(p)} \cdot x(p) \quad (4)$$

$$\Phi_{\Delta}(p) = \frac{\Delta x(p)}{x(p)} = \frac{1}{1 + W(p)} \quad (5)$$

(5) formula berk sistemaning xatolik boʻyicha uzatish funksiiyasi $W(p)$ - ochiq sistemning uzatish funksiyasi ikki polinomning nisbati koʻrinishida berilgan boʻlsin.

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_mp^m)}{p^\nu(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+\dots+a_np^n)}; \quad (6)$$

(6)-tenglamani (4)-tenglamaga qo'yamiz

$$\begin{aligned} \Delta x(p) &= \frac{x(p)}{1+W(p)} = \frac{x(p)}{1+\frac{k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_mp^m)}{p^\nu(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+\dots+a_np^n)}} = \\ &= \frac{x(p)p^\nu(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+\dots+a_np^n)}{p^\nu(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+\dots+a_np^n)+k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_mp^m)} \\ \Phi_\Delta &= \frac{p^\nu(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+\dots+a_np^n)}{p^\nu(1+a_1p+a_2p^2+a_3p^3+\dots+a_np^n)+k(1+b_1p+b_2p^2+b_3p^3+\dots+b_mp^m)} \quad (7) \end{aligned}$$

(7)-ifodani Teylor qatoriga yoyamiz.

$$\Phi_\Delta = C_0 + C_1p + \frac{C_2}{2!}p^2 + \frac{C_3}{3!}p^3 + \dots + \frac{C_n}{n!}p^n \quad (8)$$

(8)- va (4)- ifodaga ko'ra berk sistemaning xatoligini Laplas tasviri kuyidagicha

$$\Delta x(p) = (C_0 + C_1p + \frac{C_2}{2!}p^2 + \frac{C_3}{3!}p^3 + \dots + \frac{C_n}{n!}p^n)x(p) \quad (9)$$

(9) ifodada originalni topsak

$$\Delta x(t) = C_0x(t) + C_1x'(t) + \frac{C_2}{2!}x''(t) + \dots + \frac{C_n}{n!}x^{(n)}(t) \quad (10)$$

$\Delta x(t)$ - berk sistemaning muvozanat rejimidagi xatoligi.

$C_0, C_1, C_2, \dots, C_n$ - xatolik koeffitsientlari deyiladi va ular quyidagicha aniqlaniladi.

$$C_0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Phi_\Delta(p);$$

$$C_1 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} [\Phi_\Delta(p) - C_0];$$

$$C_2 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} [\Phi_\Delta(p) - C_0 - C_1p];$$

.....

$$C_n = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^n} [\Phi_\Delta(p) - C_0 - C_1p - \dots - C_{n-1}p^{n-1}];$$

C_0 - statik xatolik;

C_1 - tezlik bo'yicha xatolik;

C_2 - tezlanish bo'yicha xatolik;

a) statik sistemadagi muvozanat rejimidagi xatoligi

$$\Phi_\Delta = \frac{1}{1+pT} = \frac{1+pT}{1+pT+k}$$

$$C_0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Phi_\Delta(p) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1+pT}{1+pT+k} = \frac{1}{1+k};$$

$$C_1 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} [\Phi_\Delta - C_0] = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left[\frac{1+pT}{1+pT+k} - \frac{1}{1+k} \right] =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left[\frac{1+pT+k+kpT-1-pT-k}{(1+pT+k)(1+k)} \right] = \frac{kT}{(1+k)^2}$$

$$\Delta x(t) = C_0 x(t) + C_1 x'(t) = \frac{1}{1+k} \cdot x(t) + \frac{kT}{(1+k)^2} \cdot x'(t) \quad - \quad \text{astatik sistemaning muvozanat}$$

rejimidagi xatoligidir.

1) sistemaning kirishiga pog'onali signal bergandagi xatoligi $x(t) = A$

$$\Delta x(t) = \frac{1}{1+k} \cdot A + \frac{kT}{(1+k)^2} \cdot 0;$$

2) sistemaning kirishiga $x(t) = A \cdot t$ ko'rinishdagi signal beramiz u holda sistemaning xatoligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\Delta x(t) = \frac{1}{1+k} \cdot At + \frac{kT}{(1+k)^2} \cdot A;$$

$$t \rightarrow \infty, \Delta x(t) \rightarrow \infty;$$

demak statik sistemalar pog'onali signallar ta'sirida ishlashi kerak ekan.

b) astatik sistemadagi muvozanat rejimidagi xatoligi

Astatik sistema dab tarkibida ideal integrallovchi zveno bo'lgan sistemaga aytiladi.

$$\Phi_{\Delta}(p) = \frac{1}{1+W(p)} = \frac{1}{1+\frac{k}{p(1+pT)}} = \frac{p(1+pT)}{p(1+pT)+k};$$

$$C_0 = \lim_{p \rightarrow 0} \Phi_{\Delta}(p) = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{p(1+pT)}{p(1+pT)+k} = 0$$

$$C_1 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} [\Phi_{\Delta} - C_0] = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p} \left[\frac{p(1+pT)}{p(1+pT)+k} - 0 \right] = \frac{1}{k};$$

$$C_2 = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} [\Phi_{\Delta}(p) - C_0 - C_1 p] = \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} \left[\frac{p(1+pT) - p^2(1+pT) - kp}{[p(1+pT)+k] \cdot k} \right] =$$

$$= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{1}{p^2} \left[\frac{kp + kp^2T - p^2(1+p^2T) - kp}{[p(1+pT)+k] \cdot k} \right] = \lim_{p \rightarrow 0} \left[\frac{kT - 1 - pT}{kp + p^2Tk + k^2} \right] = \frac{kT - 1}{k^2};$$

$$\Delta x(t) = C_0 x(t) + C_1 x'(t) + C_2 x''(t) = 0 \cdot x(t) + \frac{1}{k} \cdot x'(t) + \frac{kT-1}{2!k^2} x''(t);$$

muvozanat rejimidagi xatoligi

1) sistemaning kirishiga pog'onali signal bergandagi xatoligi $x(t) = A$

$$\Delta x(t) = 0 \cdot A + \frac{1}{k} \cdot 0 + \frac{kT-1}{2!k^2} \cdot 0 = 0;$$

demak astatik sistemalardagi pog'onali signal ta'sirida muvozanat rejimida xatolik yo'q ekan.

2) sistemaning kirishiga $x(t) = A \cdot t$ ko'rinishdagi signal beramiz u holda sistemaning xatoligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\Delta x(t) = 0 \cdot A + \frac{1}{k} \cdot A + \frac{kT-1}{2!k^2} \cdot 0 = \frac{A}{k};$$

3) sistemaning kirishiga $x(t) = A \cdot t^2$ ko'rinishdagi signal beramiz u holda sistemaning xatoligi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi.

$$\Delta x(t) = 0 \cdot A \cdot t^2 + \frac{1}{k} \cdot A \cdot t^2 + \frac{kT-1}{2!k^2} \cdot A;$$

$$\Delta x(t) \Rightarrow \infty;$$

demak sistemaga ideal integrallovchi zvenolarni kiritish bilan $x(t) = A \cdot t^n$ ko'rinishdagi signal ta'siridagi sistemalarning muvozanat rejimidagi xatoligini yo'qotish mumkin ekan.

Lekin har bir ideal integrallovchi zvenoni kiritilishi sistemaning turg'unlik holatini yomonlashtiradi. SHuning uchun avtomatik sistemalarni loyihalashda sistemaning aniqlik va turg'unlik masalalarini echishda kompromiss echim qidirish kerak bo'ladi. Sistemaning aniqligini uning kuchaytirish koeffitsientini oshirish bilan ham ko'paytirish mumkin.

26-ma'ruza. Rostlash sifatini baholashning ildizli usullari.

Bu usul xarakteristik tenglamaning chegaralarini aniqlashga va o'tish jarayonining sifati bilan ko'rsatilgan chegaralar orasidagi bog'liqlikni aniqlashga asoslangan.

Bu usul o'tish jarayonining tebranuvchanligini va rostdash vaqtini etarli darajada tez aniqlashga imkon beradi.

Qo'yidagi xarakteristik tenglamani ko'rib chiqamiz

$$C_0 p^n + C_1 p^{n-1} + \dots + C_n = 0$$

Agar o'zgaruvchi x rostlanuvchi kattalik bo'lsa, quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

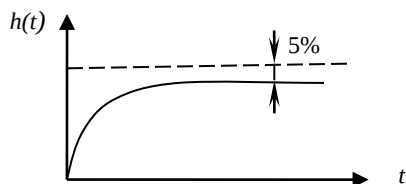
$$x(t) = \sum_{i=1}^n A_i e^{p_i t}$$

bu erda p_i — $\varepsilon(t) = C_0 g(t) + C_1 g'(t) + \frac{C_2}{2!} g''(t) + \dots + \frac{C_m}{m!} g^{(m)}(t)$ -xarakteristik tenglamani ifodalaydi. $i=1,2,3,\dots,n$ — ildizlar.

Rostlash vaqti t_p ichida o'zgaruvchi $x/t_p=1/m$ bo'lganda o'zining boshlang'ich qiymatiga tenglik shartini yozish talab qilinadi.

Bu erda m birorta butun musbat son. m — ko'pincha 20 ga teng qilib olinadi, shunda $1/m=1/20=5\%$ bo'ladi.

Bu holda xarakteristik tenglama turg'unlik shartlarinigina qanoatlantirib qolmaydi.



Tizimning o'tish grafigi

Bu tenglamaning ildizlari mavhum o'qdan α - kattaligidan kichik masofada bo'lmisligi kerak.

α - kattaligi t_p va $1/m$ lar bilan quyidagicha bog'langan.

$$1/m = e^{-\alpha t_p}$$

Bu ifodani logarifmlaymiz - $\ln m = -\alpha t_p$, $\alpha = \frac{\ln m}{t_p}$

SHunday qilib, mavhum o'q bilan unga yaqin joylashgan ildizlar orasidagi masofa $\frac{\ln m}{t_p}$ rostdash vaqtidan katta bo'lmisligi zarur.

Tekshirish uchun yangi o'zgaruvchi kiritamiz: $z = p + \frac{\ln m}{t_p}$ va quyidagi shart bajarilishini ko'rib chiqamiz. $1/m = e^{-\alpha t}$

YAngi o'zgaruvchi z – uchun mavhum o'q P – tekisligida $\ln m / t_p$ kattalikda chapga surilgan bo'ladi, u holda xarakteristik tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi.

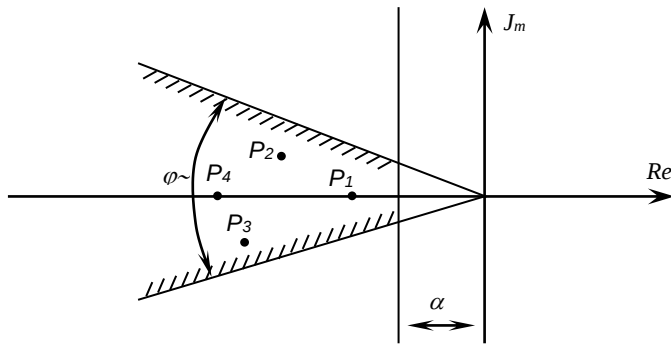
$$C_0(z - \frac{\ln m}{t_p})^n + C_1(z - \frac{\ln m}{t_p})^{n-1} + \dots + C_n = 0. \quad (1.12)$$

Oxirgi tenglamadagi har bir ayirmaning darajasi darajali qatorga yoyilishi mumkin:

$$\begin{aligned} \left(z - \frac{\ln m}{t_p}\right)^n = & z^n - n z^{n-1} \frac{\ln m}{t_p} + \frac{n(n-1)}{2!} z^{n-2} \left(\frac{\ln m}{t_p}\right)^2 - \\ & - \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} z^{n-3} \left(\frac{\ln m}{t_p}\right)^3 + \dots + (-1)^n \left(\frac{\ln m}{t_p}\right)^n \end{aligned} \quad (1.13)$$

Agar (1.12) – tenglama uchun (1.13) – qatorga yoyish shartini hisobga olgan holda turg'unlik sharti bajarilsa, tizimning rostlash vaqti t_p dan katta bo'lmaydi.

Bu usulning geometrik sharhi quyidagicha.



$\cos \varphi$ kattaligi tizimning so'nish koeffitsienti deyiladi. Bu kattalik qancha kichik bo'lsa, tizim shunchalik tebranishlarga moyil bo'ladi. α kattaligi esa turg'unlik darajasini aniqlaydi.

27-ma'ruza. O'tish jarayoni sifatining integral baholari

Bu usul asosida ideal tizimga nisbatan real tizimlarda o'tayotgan o'tish jarayonining chetlanishini tavsiflovchi integral ko'rsatkichlar yotadi.

Ideallashtirilgan o'tish jarayoni sifatida pog'onali yoki eksponensial o'tish jarayonlari olinadi.

Integral ko'rsatkichlar yoki integral baholash rostlanayotgan kattaliklarning berilgan qiymatidan olingan xususiy integralni aniqlaydi.

Quyidagi 3 ta integral baholash ko'p qo'llaniladi:

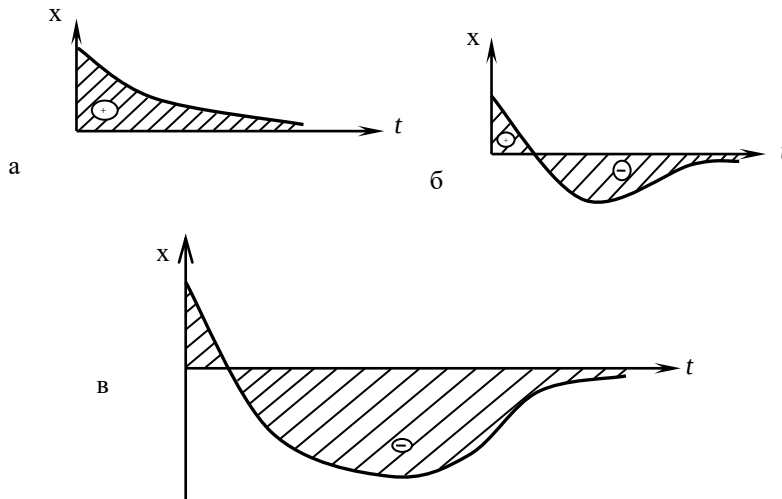
$$J_1 = \int_0^{\infty} x dt, \quad J_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt, \quad J_3 = \int_0^{\infty} [x^2 + \tau^2 (x')^2] dt$$

$x=x(t)$ – rostlanayotgan kattalikning berilgan qiymatdan chetlanish funksiyasi. τ – vaqt o'lchoviga ega bo'lgan kattalik.

Quyida keltirilgan integral baholashni tahlil qilamiz:

O'tish jarayoni monoton xarakterga ega bo'lganda J_1 baholash qo'llaniladi (a-rasm). J_1 – qanchalik kichik bo'lsa, jarayon shuncha yaxshi bo'ladi.

J_1 baholash tebranma o'tish jarayonlari uchun qo'llanilsa, noto'g'ri natija beradi (b-rasm).



Tebranma o'tish jarayonlarining sifatini baholash uchun J_2 baholashdan foydalanish kerak (b-rasm).

J_2 ni qo'llashda juda ham ehtiyot bo'lish kerak, chunki aniq doimiy vaqtli o'tish jarayonlariga nisbatan kuchli tebranma o'tish jarayonlari hollari bo'lishi mumkin, u holda sifatni J_2 orqali ifodalash mumkin.

J_2 o'tish jarayonining ravonligini aks ettirmaydi, shuning uchun J_2 baholashda o'tish jarayonining ravon o'tishini hisobga oluvchi ba'zi bir parametrlarni qo'shish zarurati tug'iladi. J_3 baholash o'tish jarayonining ravon o'tishini hisobga oladi.

J_3 baholashga muvofiq ideallashtirilgan o'tish jarayoni qilib pog'onali funksiya emas, balki eksponensial funksiya olinadi.

Rostlash sifatini baholashning chastotali usuli

Avtomatik tizimlarning sifatini tahlil qilishda bu usul keng qo'llaniladi.

Bizga o'ng va nol qutblari bo'lmagan tizimning uzatish funksiyasi $W(p)$ berilgan bo'lsin. Bu tizimning vazn funksiyasini aniqlash uchun Furening teskari almashtirishidan foydalanish mumkin.

$$\omega(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} W(j\omega) (\cos \omega t + j \sin \omega t) d\omega \quad (1.14)$$

(1.14)– tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\omega(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega - \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} J_m W(j\omega) \sin \omega t d\omega \quad (1.15)$$

$t < 0$ bo'lganda, vazn funksiyasi nolga teng bo'lishini va $\sin \omega t$ toq funksiya ekanligini hisobga olib, (1.15) tenglamani quyidagicha yozish mumkin:

$$\omega(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} J_m \sin \omega t d\omega = 0 \quad (1.16)$$

(1.14)– tenglamadan

$$\operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t = -J_m W(j\omega) \sin \omega t \quad (1.17)$$

(1.14)va (1.17) – tenglamalar asosida yozishimiz mumkin.

$$\left. \begin{aligned} \omega(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega \\ \omega(t) &= -\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} J_m W(j\omega) \sin \omega t d\omega \end{aligned} \right\} \quad (1.18)$$

Agar tizimning kirishiga birlik pog'onali funksiya ta'sir qilayotgan bo'lsa, o'tish funksiyasi $h(t)$ ni quyidagicha ifodalash mumkin:

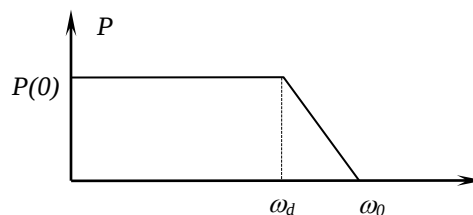
$$\begin{aligned} h(t) &= \int_0^t \omega(t) dt = \int_0^t \left[\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \operatorname{Re} W(j\omega) \cos \omega t d\omega \right] dt = \\ &= \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{P(\omega) \sin \omega t}{\omega} d\omega \end{aligned} \quad (1.19)$$

$P(\omega)$ – tutash tizimning haqiqiy chastota tavsifi.

(1.19) – tenglama avtomatik tizimlarning sifat tahlilida asos qilib olinadi. (1.19) – tenglama asosida o'tish jarayonini qurishning trapetsiya usuli yoki V.V.Solodovnikovning h funksiya usulini ko'rib chiqamiz.

Bu usulga asosan boshlang'ich haqiqiy chastota tavsifi tipik trapetsiyalarga bo'linadi va Solodovnikovning h – funksiya jadvali bo'yicha har bir trapetsiya uchun o'tish jarayoni quriladi va tipik o'tish funksiyalarini algebraik qo'shish yo'li bilan izlanayotgan o'tish jarayoni hosil qilinadi.

Faraz qilamiz, tutash tizimning haqiqiy chastota tavsifi quyidagicha:



bu erda ω_0 – tizimning o'tkazish yo'li, ω_d – tizimning bir tekis o'tkazish yo'li.

O'tish funksiyasi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$h(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\omega_d} \frac{P_0 \sin \omega t}{\omega} d\omega + \frac{2}{\pi} \int_{\omega_d}^{\omega_0} \frac{a - b\omega}{\omega} \sin t d\omega$$

Oxirgi tenglamada a va b ni quyidagicha aniqlash mumkin:

$$a = P(0) \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega_1} = P(0) \frac{1}{1 - \lambda}; \quad \lambda = \frac{\omega_d}{\omega_0}$$

$$b = \frac{P(0)}{\omega} \cdot \frac{\omega_0}{\omega_0 - \omega_1} = \frac{P(0)}{\omega} \cdot \frac{1}{1 - \lambda}; \quad 0 \leq \lambda \leq 1$$

Qabul qilingan belgilashni hisobga olib, $P(0)=1$ uchun oxirgi ifodani integrallaymiz

$$h_\lambda(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{1}{1 - \lambda} \left[\sin \tau - \lambda \sin \tau + \frac{\cos \tau - \cos \tau}{\tau} \right]$$

bu erda

$$\sin \tau = \int_0^\infty \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega \quad - \text{integral sinus}$$

$$\tau = \omega_0 \cdot t$$

Oxirgi ifoda birlik trapetsiya uchun o'tish funksiyasini tasvirlaydi va u vaqtga nisbatan o'lchamsizdir. Quyidagi tenglamalar orqali o'lchamli vaqt va modulga o'tish mumkin:

$$h(t) = h_\lambda(\tau) \cdot P(0); \quad t = \frac{\tau}{\omega_0}$$

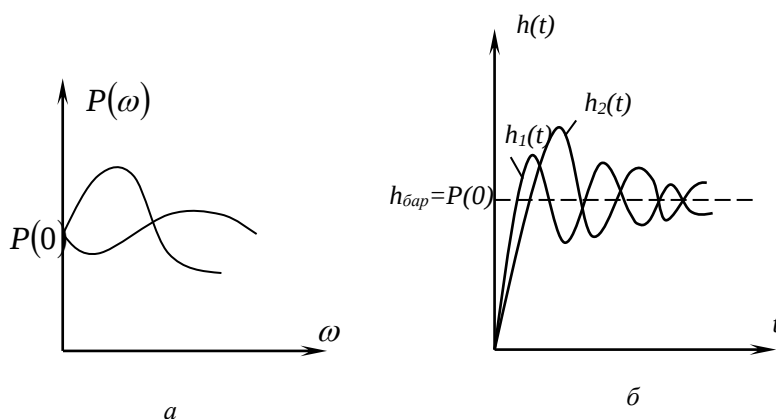
Haqiqiy chastota tavsifining va ularga mos keladigan o'tish jarayonining asosiy xossalarini ko'rib chiqamiz:

1) CHiziqli xossasi: agar haqiqiy chastota tavsifini yig'indi holda ifodalash mumkin bo'lsa, u holda

$$\left. \begin{aligned} P(\omega) &= \sum_{i=1}^n P_i(\omega) \\ h_i(t) &= \frac{2}{\pi} \int_0^\infty \frac{P_i(\omega)}{\omega} \sin \omega t d\omega \end{aligned} \right\} \quad (1.20)$$

O'tish jarayonini ham yig'indi holda ifodalash mumkin:

$$h(t) = \sum_{i=1}^n R_i(t) \quad (1.21)$$



1.16-rasm.

2) ordinata o'qi bo'yicha $P(\omega)$ va $h(t)$ masshtabining mos kelishi. Agar $P(\omega)$ ni doimiy ko'paytuvchi a ga ko'paytirilsa, $h(t)$ ning mos qiymatlari ham a ko'paytuvchiga ko'payadi.

3) $P(\omega)$ va $h(t)$ ning absissa o'qi bo'yicha masshtablarining mos kelishi.

Agar argument ω chastota tavsifining mos ifodasi doimiy songa ko'paytirilsa, u holda argument o'tish jarayoniga mos keladigan ifodada shu songa bo'linadi (1.16-rasm a va b).

4) Haqiqiy chastota tavsifining boshlang'ich qiymati o'tish tavsifining oxirgi qiymatiga teng:

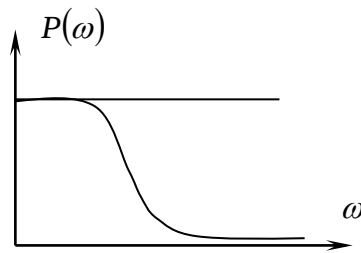
$$\lim_{\omega \rightarrow 0} P(\omega) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{\omega \rightarrow 0} h(t)$$

Mavhum chastota tavsifining boshlang'ich qiymati
 $Q(0)=0$

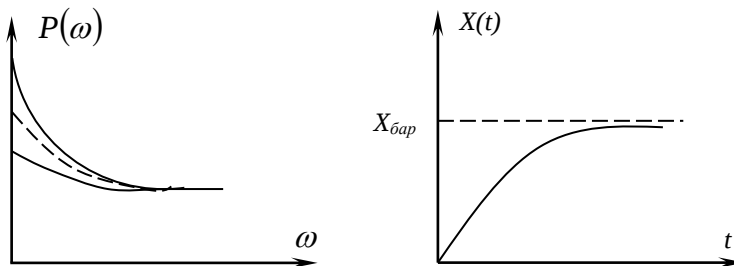
5) Haqiqiy chastota tavsifining oxirgi qiymati o'tish tavsifi originalining boshlang'ich qiymatiga teng:

$$\lim_{t \rightarrow 0} P(0) = \lim_{t \rightarrow \infty} x(t) = \lim_{t \rightarrow 0} h(t)$$

6) Tizim o'tish tavsifining o'ta rostlanishi 18% dan oshmasligi uchun ($\sigma \leq 18\%$) haqiqiy chastota tavsifi chastotaning musbat o'sib bormaydigan funksiyasi bo'lishi kerak, ya'ni $t(\omega) > 0$ da $\frac{dP(\omega)}{d\omega} \leq 0$ bo'lishi kerak



7) O'tish jarayonining monoton bo'lish sharti.



$$P(\omega) > 0 \text{ da } \left| \frac{dP}{d\omega} \right| < 0$$

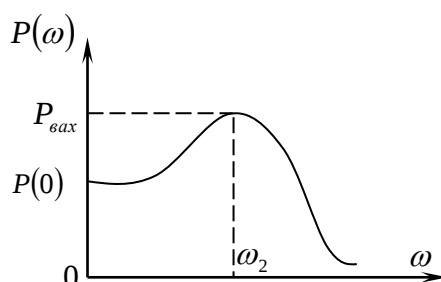
O'tish jarayoni monoton xarakterga ega bo'lishi uchun, unga mos keladigan haqiqiy chastota tavsifi musbat va chastotaning funksiyasi bo'lishi hamda uning hosilasi manfiy va absolyut qiymati kamayib boruvchi bo'lishi kerak, ya'ni

$$P(\omega) > 0 \quad \left| \frac{dP(\omega)}{d\omega} \right| < 0$$

8) O'tish jarayonining o'ta rostlanishini eng katta qiymatini haqiqiy chastota tavsifining maksimumi bo'yicha topish

$$\sigma_{\max} = [1.18P_{\max} - P(0)]/P(0)$$

bu erda $P_{\max} - P(\omega)$ ning maksimal qiymati, $P(0) - P(\omega)$ ning boshlang'ich qiymati;



9) Agar haqiqiy chastota tavsifi trapetsiya ko‘rinishiga yaqin bo‘lsa, uni chastotalar doirasi ω_2 va nishablik koeffitsienti $\chi = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ orqali approksimatsiya qilish mumkin.

Bunda $\frac{\pi}{\omega_2} < t_p \frac{4\pi}{\omega_2}$ agar $P(\omega)$ maksimumga ega bo‘lsa, $\frac{3\pi}{\omega_2} < t_p \frac{8\pi}{\omega_2}$ bo‘ladi.

