O’ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O’RTA TA’LIM VAZIRLIGI

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

“KIMYOVIY VA OZIQ-OVQAT TEXNOLOGIYASI” fakulteti

“TEXNOLOGIK JARAYONLARNI BOSHQARISHNING AXBOROT-KOMMUNIKATSIYA TIZIMLARI” kafedrasi

“AVTOMATIK BOSHQARISH ASOSLARI”
FANIDAN

MA’RUZALAR MATNI

Buxoro

Tuzuvchilar:
A.U. Usmonov – “TJBAKT” dotsenti, t.f.n..
N.R.SHaripova – “TJBAKT” kafedarsi assistenti
S.K. Uvayzov – “TJBAKT” kafedarsi assistenti

Taqrizchilar:
Narziyev M.S. – BMTI “OOKSMJ” kafedrasi mudiri, dotsent, t.f.n.,
Ubaydullayeva D.R. – TIMQXMMI Buxoro filiali “TJ va IchAB” kafedrasi dotsenti, t.f.n.

Uslubiy ko’rsatma “TJBAKT” kafedrasining “___” __________ 20__ yil _____-sonli majlisida tasdiqlandi.

MUNDARIJA

1-MAVZU
Avtomatik boshqarish to`g`risida tushuncha, uning tarixi va rivojlanishi. Avtomatik boshqarish muammosini mohiyati.

REJA

1. Asosiy tushuncha va ta'riflar
2. Avtomatik bohqarishning rivojlanish va tarixi.
3. Avtomatik boshqarish muammosini mohiyati.

Asosiy tushuncha va ta'riflar. Boshqarish nazariyasi (BN) boshqarish to'g`risida ta'lim beruvchi ilmiy fanlar qatoriga kiradi. Avtomatik boshqarish nazariyasi – bu avtomatik boshqarish tizimi (ABT)da kechuvchi axborot jarayonlari predmetini o'rganuvchi ilmiy fandir.

BN turli fizik tabiatli boshqarish tizimining o'ziga xos umumiy qonuniyatini va bu qonuniyat asosida yuqori sifatli boshqarish tizimlarini qurish prinsiplarini ishlab chiqadi.

BNda boshqarish prinsiplarini o'rganish orqali tizimning fizik va konstruktiv xususiyatlardan abstraktlashtiriladi va real tizimning o'rniga matematik modeli adekvat bo'lgan tizim ko'riladi. BNda asosiy tadqiqot usuli matematik modellashtirish hisoblanadi. Undan tashqari ABNning uslubiyot asoslarini quyidagilar tashkil etadi: odatdagi differensial tenglamalar nazariyasi; operatsion hisoblash; garmonik tahlil; vektor- matritsali algebra.

ABN boshqarish tizimlari elementlarining ishlash nazariyasi (datchik, registr) bilan birgalikda *avtomatikani* tashkil etadi. Avtomatika texnik obyektlarni boshqarish to'g`risidagi fan bo'lib, texnik kibernetikaning bir bo'lagi hisoblanadi. Shuningdek, avtomatika texnik obyektlarni boshqarish uchun kerak bo'lgan axborotlar va ularni qayta ishlash bilan shug`ullanuvchi – *axborotlar nazariyasi* va *BN* fanlariga bo'linadi.

Kibernetika – murakkab tizimlar (texnik obyektlar, texnologik jarayonlar, jonli organizmlar, jamoalar, tashkilotlar va h.k.) ni optimal boshqarish to'g`risidagi fan.

Texnik kibernetika (yoki *avtomatik boshqarish nazariyasi*) – kibernetikaning g`oya va usullari yordamida texnik tizimlarni o'rganuvchi fan sohasi. Texnik obyektlarni boshqarishning asosiy vazifasi – jarayonga qo'yilgan talablarni bajarilishida ayni sharoitda boshqarish algoritmlarini topish va amalga oshirishdir.

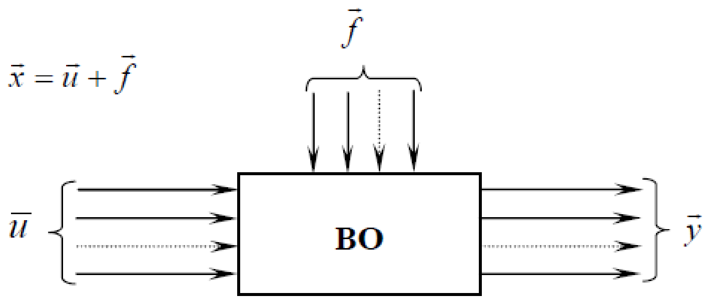
Boshqariluvchi obyekt va avtomatik boshqarish qurilmasi (rostlagich) birgalikda hamda ularni o'zaro ta'siri – *avtomatik bosh- qarish tizimi* deyiladi.

ABT – bu shunday tizimki, unda boshqarilish vazifasi avtomatik bajariladi, ya'ni inson ishtirokisiz.

Avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi – bu tizimda boshqarish vazifasini bir qismi avtomatik boshqarish qurilmasida bajariladi, bir qismi (ayniqsa, muhim va murakkab qismi)ni esa inson bajaradi.

Qurilma (tizim)ning ishlash algoritmi – bu qurilma (tizim)da texnik jarayonni to'g`ri bajarilishi haqida yetakchi buyruqlar majmui.

Boshqarish obyekti (BO) – texnik jarayonni amalga oshiruvchi va ishlash algoritmini amalga oshirish uchun maxsus tashkil etilgan tashqi ta'sirga muhtoj qurilma (qurilmalar majmui), moslama yoki jarayon. Boshqarish obyekti – zaruriy holatni ta'minlashi kerak (1.1-rasm).



1.1-rasm. ***Boshqarish obyekti.***

ABNda *boshqarish obyekti* istalgan texnik obyekt, texnologik jarayon, shuningdek, sodda ABT bo‘lishi mumkin.

Istalgan obyekt tashqi muhitning obyektga ta’siri, rostlagichli boshqarish signalining ta’siri, obyektning o‘zida jarayonlarni belgilovchi *kattaliklar* qatorida tavsiflanadi.

Ta’sir deb tashqaridan obyektga ta’sir etuvchi kattaliklarga aytiladi (1.1-rasm). Ta’sirlarning ikki turi mavjud:

1. *Boshqaruv ta’siri* $\overline{u}$ (boshqaruv signali, boshqaruvchi kirish kattaligi) – bu boshqaruvchi qurilma tomonidan ishlab chiqiluvchi (yoki inson tomonidan beriluvchi) ta’sir.

2. *G`alayon* $\vec{f}$ – boshqarish tizimiga bog`liq bo‘lmagan obyektga ta’sir. G`alayon *yuklamaga* – bu tizimning ishlashiga bog`liq bo‘lgan tashqi ta’sir va *xalaqitga* – obyektda qo‘shimcha ko‘rinishda bog`liq bo‘lgan zararli tashqi ta’sirlarga bo‘linadi.

Ta’sirlar uch jihatdan quyidagilarga bo‘linadi: *energetik* (energiyani o‘zgartirish va uzatish), *metabolik* (kattalikning shakli va tarkibini o‘zgartirish), *axborot* – energetik va metabolik hosil bo‘lgan har bir ta’sirlar bir vaqtni o‘zida axborot bo‘ladi.

Boshqarish obyektining ishlashini tavsiflovchi o‘zgaruvchilarga – *chiqish kattaliklari y* (bular barchasi fizik kattaliklar) deyiladi. Ba’zida ularni tizimning *chiqish koordinatalari* deb nomlanadi (1.1-rasm).

Boshqarish algoritmi – bu ishlash algoritmlarini amalga oshirish maqsadida obyektdagi tashqi ta’sirlar tavsifini aniqlovchi buyruqlar majmui.

Avtomatik boshqarish – bu boshqarish algoritmiga muvofiq ta’sirlarni amalga oshirish jarayoni.

Avtomatik boshqarish qurilmasi (ABQ) – boshqarish algoritmi bilan muvofiq kelishda ta’sirlarni amalga oshiruvchi qurilma.

Boshqarish qurilmasining ishlash algoritmi – bu mavjud boshqarish algoritmi.

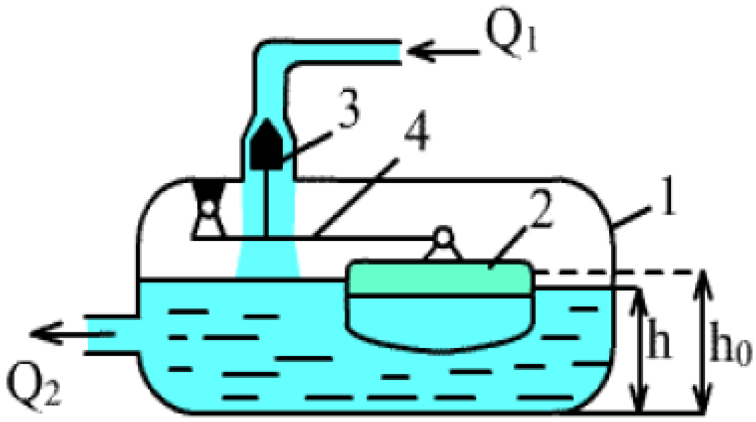
ABTda jarayonlarni o‘rganishda muhim jihatlardan biri bu axborotdir. Bu jarayonlar signal o‘zgartirgichlar hisoblanadi.

Signal – bu muayyan fizik kattaliklarni o‘zgarishi.

Obyektning o‘zida o‘zgarishlarni tavsiflovchi kattaliklarga *ichki kattalik* yoki *obyekt holati* deyiladi.

Ular ichidan obyekt holatini tavsiflovchi va atayin o‘zgartiriluvchi yoki doimiy ushlab turiluvchi – *boshqarish kattaligini* alohida keltirish mumkin.

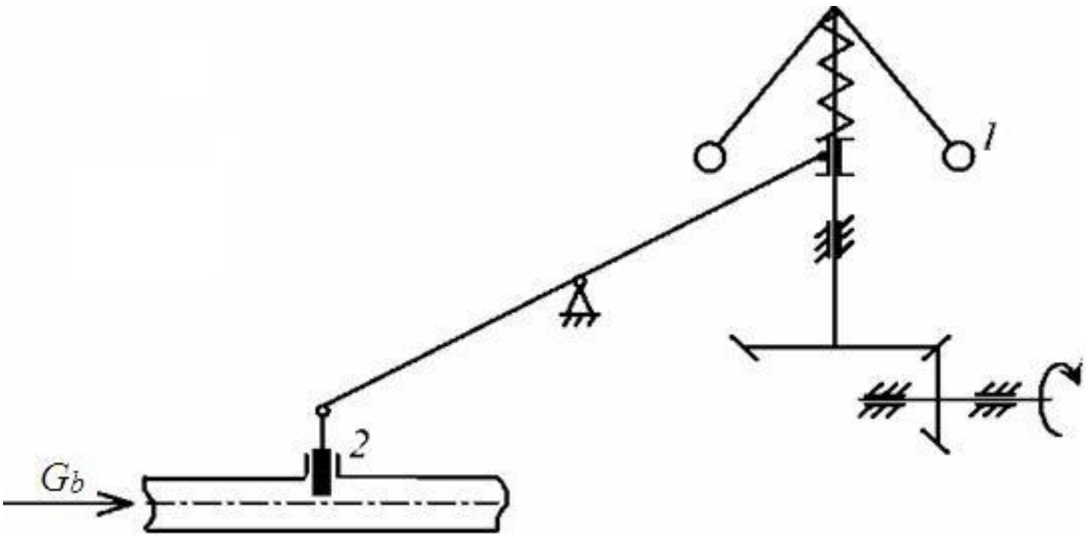
Avtomatik bohqarishning rivojlanishi va tarixi. Sanoatda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan eng birinchi avtomatik rostlagich rus mexanigi I.I.Polzunov tomonidan (1765 y.) yaratilgan. Bu qurilma bug` mashinasi qozonidagi suv sathi balandligini inson ishtirokisiz bir me’yorda ushlab turishga mo‘ljallangan qurilma edi (1.2- rasm). Ma’lumki, qozondagi suv miqdori uning bug`ga aylanishi va sarfi sababli kamayadi, natijada undagi bug` bosimi ham kamayadi. Bu o‘z navbatida bug` mashinasining yomon ishlashiga, uning tezligi o‘zgarib turishiga sabab bo‘ladi. Shu sababli bug` qozonidagi suv sathi balandligi va bug` mashinasining aylanish tezligini saqlab turish o‘sha davrning eng muhim muammolaridan hisoblanardi. Qozondagi 1 chiquvchi suvning sarfi Q_2 oshganda suv sathi h_0 balandlikdan kamayadi. Richak 4 ga mahkamlangan to‘siq *3* qalqovuch 2 pasayishi hisobiga ochiladi va qozonga tushayotgan suv hajmi Q_1 oshadi. Suvning sathi h oshganda qalqovuch 2 ko‘tariladi hamda bu o‘z navbatida qozonga tushayotgan suv hajmi Q_1 ni to‘siq 3 orqali kamaytiradi. Polzunov yaratgan texnik vosita (rostlagich) tufayli, odam qozondagi suv sathi balandligini nazorat qilish, agar undagi suv sathi oldindan belgilab qo‘yilgan suv sathi balandligidan kamaysa – suv quyib, ortib ketganda esa qozonga suv kelishini to‘xtatish jarayonini boshqarib turish funksiyasini bajarishdan ozod bo‘ldi.



1.2-rasm. ***Polzunov rostlagichi.***

1784-yida ingliz mexanigi Jems Uatt ikkinchi muammoni hal qildi – bug` mashinasi valining aylanish tezligini rostlay oladigan avtomatik qurilma – rostlagichni yaratdi (1.3-rasm). Valning aylanish soni o‘zgarsa, markazdan qochma kuchlarning ta’siri ostida yuklar 1 o‘z holatini o‘zgartiradi hamda rostlash organi 2 joyini o‘zgartirish hisobiga bug` uzatilishi o‘zgaradi. Bu o‘z navbatida valning aylanishlar soniga bog`langan, faqat dastlabkiga teskari yo‘nalishda.

Bu ikki texnik qurilma yordamida o‘sha vaqtdagi texnologik mashinalarning ishonchli va o‘zgarmas tezlikda ishlashi birmuncha ta’minlangan. Polzunov va Uattlarning rostlagichlarida avtomatik rostlash tizimlarining asosiy elementlari sifatida obyekt – bug` qozoni va bug` mashinasini, rostlash qurilmasi – rostlovchi qopqoqli po‘kak va markazdan qochma uzatgichlarni ko‘rishimiz mumkin.



1.3-rasm. ***Uatt rostlagichi.***

Boshqarish nazariyasining asoschisi 1876-yilda «Bevosita ta’sir qiluvchi rostlagichlar» to‘g`risidagi ilmiy ishni chop ettirgan rus olimi va muhandisi I.A.Vishnegradskiy hisoblanadi. Ushbu ishda u rostlash obyekti va rostlagichni yagona rostlash tizimda ekanligini va shuning uchun rostlagich va boshqarish obyektidan o‘tuvchi jarayon o‘zaro aloqada bo‘ladi va birgalikda ko‘rib chiqilishi shart ekanligini birinchi bo‘lib isbotlab berdi.

O‘sha vaqtlarda ushbu yo‘nalishda Maksvell ham ishlagan. Keyinchalik mashhur rus olimlari A.M.Lyapunov va N.E.Jukovskiylar avtomatik boshqariladigan mashina va mexanizmlarda kechayotgan jarayonlarning matematik nazariyasi asoslarini yaratgan.

Avtomatik boshqarish muammosini mohiyati. Boshqarish fani obyektga bo`ladigan ta`sir jarayonini shakillantirish haqida izlanishlar olib borib, kibernetika, matematika, hisoblash texnikasi, informatika, huquqshunoslik, psixologiya, sotsiologiya va boshqa fanlarning yutuqlariga asoslanadi.

Texnik tizimlarda boshqarish deganda professor Yu.O.Lyubovichning quidagi ta`limini keltirib o`tish mumkin: «Keng ma`noda, boshqarish harakatda bo`lgan obyekt yoki jarayonga maqsadga muvofiq ta`sir ko`rsatib ma`lum bir miqdorga uning yo`nalishini, tezligini yoki jadalligini hamda harakatning bazi-bir tavsifini yoki parametirini o`zgartirishdir».

Boshqarish sohasida tadqiqotlar olib brogan fransuz olimi A.Fayolning (1841-1925 yillar) bergan tarifiga binoan, «boshqarish-ixtiyorda bo`lgan manbalardan maksimal imkoniyatlar tarzida foydalanib, korxonani boshqarish oldida turgan maqsad sari olib borishdir».

Fayol tadqiqodchilar orasida birinchilar qatorida boshqarishning quyidagi besh funksiyasini ta`riflagan: bashoratlash, rejalashtirish, uyushtirish, muvofiqlashtirish, nazorat. Fayolning fikricha, boshqarish shajarasining har bir sathida keltirilgan funksiyalar mavjud bo`lib, shajaraning sathi yuqori bo`lgan sari boshqarish oldidagi ma`suliyat shuncha yuqori bo`ladi.

Zamonaviy boshqarish nazariyasining rivoji XX chi asrning 20-30- yillarida Minorskiy, Naykvist, Xazenlarning maqolalarini paydo bo‘lishi bilan boshlandi. Nazariy ishlar muhandislar uchun klassik usullardan foydalanib avtomatik rostlash tizimlarini kundalik loyihalash imkonini yaratdi.

So‘nggi vaqtlarda klassik usullar o‘zining mukammalligiga erishganda tadqiqot ishlari optimal usullarni ishlab chiqish yo‘nalishiga qaratilgan edi. A.S.Pontryagin o‘zining «maksimum prinsipi» ni ishlab chiqqan bo‘lsa, R.Bellman va R.Kalmanlar «Avtomatlashtirilgan boshqarishning optimallik prinsiplari» ni yaratganlar. Ushbu fanning rivojiga o‘zbekistonlik olimlardan N.R.Yusupbekov, M.M.Komilov, T.F.Bekmuratov, X.Z.Igamberdiyevlar o‘zlarining ilmiy natijalari bilan hissalarini qo‘shganlar.

Nazorat savollari:

1. ABN qanday fanlar qatoriga kiradi?

2. ABNning uslubiyot asoslarini nimalar tashkil etadi?

3. Sanoatda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan eng birinchi avtomatik rostlagichlar qachon va kimlar tomonidan yaratilgan?

4. Ushbu fanni rivojlanishiga o‘zlarini hissalarini qo‘shgan Yevropa va O‘zbekistonlik olimlardan kimlarni bilasiz?

5. Avtomatik va avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlarini tushuntiring va ular orasidagi farqni ayting.

6. Avtomatik boshqarish tizimi deb nimaga aytiladi?

2-MAVZU
Boshqarishning fundamental printsiplari.
Ochiq, g`alayon bo`yicha boshqarish va teskari aloqa printsipi.

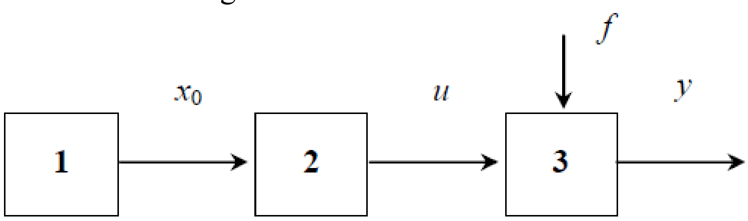
REJA

1. Ochiq boshqarish prinsipi
2. Kompensatsiyalash (g‘alayon bo‘yicha boshqarish) prinsipi
3. Teskari aloqa yoki og‘ish prinsipi

Tizimni boshqarishning statik va dinamik xususiyatlarini bilgan holda, tizimning matematik modelini qurish va aniq ta’sirlarda shu tizimning berilgan ishlash ketma-ketligini ta’minlab beruvchi boshqarish ketma-ketligini topish mumkin. G‘alayonlantiruvchi ta’sirlar oldindan notanish tarzda o‘zgarishi sababli model har doim haqiqiy tizimning xususiyatlarini yaqindan tasvirlab bera olmaydi. Shu sababli, tizimning topilgan boshqarish ketma-ketligida o‘zini tutishi istalgan tizimdan farq qiladi. Tizimni o‘zini tutishini talab qilingan darajaga yaqinlashtirish uchun boshqarish algoritmi nafaqat tizimning xususiyatlari va ishlash algoritmlarini, balki tizimni haqiqiy ishlashi bilan bog‘liq bo‘lishi kerak. ABTlari asosida boshqarishning ayrim umumiy shartlari yotadi.

Hozirgi vaqtda texnikada boshqarishning 3 ta asosiy prinsiplari aniqlangan va ulardan foydalanilmoqda. Ular quyidagilardir: ochiq boshqarish prinsipi, kompensatsiya prinsipi va teskari aloqa yoki og‘ish prinsipi.

Ochiq boshqarish prinsipi. Bu prinsipning ma’nosi shundan iboratki, boshqarish ketma-ketligi faqatgina berilgan ishlash ketma- ketligi asosida ishlab chiqiladi va boshqa omillar – g‘alayonlar yoki jarayonning chiqish kattaliklari bilan nazorat qilinmaydi. Tizimning umumiy funksional sxemasi 2.1-rasmda keltirilgan.



2.1-rasm. ***Ochiq boshqarish prinsipi.***

Ishlash ketma-ketligi topshirig‘i x_0 (t) ni maxsus texnik qurilma – dastur topshiriq beruvchisi tomonidan ishlab chiqilgani kabi, oldindan, tizim loyihalanayotgan vaqtda bajarilishi va undan keyin boshqarish qurilmasini (2) tuzatayotganda bevosita qo‘llanilishi mumkin. So‘nggi holatda sxemada blok 1 yo‘q. Ikkala holatda ham sxema strelkalar bilan ko‘rsatilgani kabi asosiy ta’sirlar kirish elementlaridan chiqish elementlariga (3) uzatiladigan ochiq zanjir ko‘rinishga ega. Ochiq tizimlarida u va x_0 yaqinligi faqatgina hamma elementlaridan kuzatiladigan fizik qonuniyatlaridan tanlash va tuzish bilan ta’minlanadi.

Odatiy kamchiliklariga qaramay, bu prinsip juda keng qo‘llaniladi.

Ochiq zanjirlarda qo‘llaniladigan barcha elementlar istalgan tizim tarkibiga kirganligi, bu prinsip shunchalik sodda bo‘lib tushunilganligi sababli uni har doim ham asosiy prinsiplardan biri kabi ajratmaslik imkonini beradi. Bunga ochiq zanjirlarni qurishning umumiy qonunlarini ajratish ham kiradi. Tuzuvchiga foydali bo‘lgan asosiy qoidalar sezilarli darajada mustaqil qurilmalarning xususiyatlari bilan bog‘liq va asbobsozlik hamda mashinasozlikning amaliy kurslarida maxsus o‘rganiladi.

Yuqorida ta’kidlab o‘tilgan operatsiyalar qo‘shish, ajratish va qayta qo‘shish ko‘p hollarda har qaysisi ochiq zanjirda boshqarish elementi sifatda qaralishi mumkin bo‘lgan turli mantiqiy elementlar va ularning to‘plamlari (uzgich, rele, VA, YOKI, EMAS elementlari va boshqalar) yordamida amalga oshirilishi mumkin.

Bu elementlarning boshqa turi sifatida dasturiy elementni ishga tushiruvchi qurilmalar va dasturiy elementlarning o‘zidan tashkil topgan dastur datchiklari qaralishi mumkin.

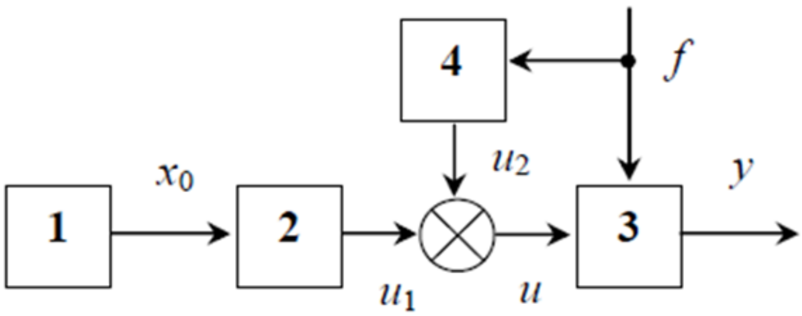
Elementlarning keyingi turi chiziqli o‘zgartirgichlar hisoblanadi. Bunday o‘zgartirgichlarning biri fizik kattalikni boshqa foydalanishga qulay bo‘lgan kattalikka almashtirishni amalga oshiradi. Boshqa bir turi kuchaytirgichlarning kirish va chiqishida son qiymati har xil bo‘lgan bir xil fizik kattaliklarga ega. Shuningdek, nochiziqli funksional o‘zgartirgichlardan ham foydalaniladi.

Kompensatsiyalash (g‘alayon bo‘yicha boshqarish) prinsipi. Agar g‘alayonlantiruvchi ta’sirlar ochiq zanjirda topshirilgan aniqlikda ishlash ketma-ketligini ta’minlab bermaydigan darajada yirik bo‘lsa, aniqlikni oshirish maqsadida ayrim hollarda ta’sirni o‘lchab, o‘lchash natijalariga ko‘ra ishlash algoritmini chetlanishga chiqishiga sabab bo‘layotgan g‘alayonlarni kompensatsiyalash maqsadida zanjir tarkibiga tahrirlovchi elementlarni kiritish mumkin. Boshqarishning bunday prinsipini – *kompensatsiyalash (g‘alayon bo‘yicha boshqarish)* prinsipi deyiladi.

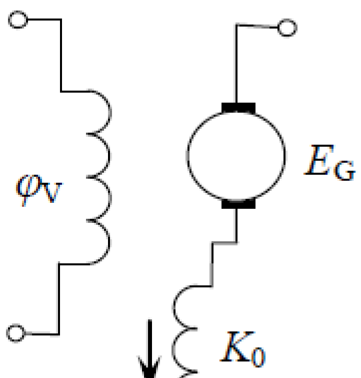
Rostlanayotgan kattalikning chetlanishi faqatgina boshqaruvchi u ta’sirigagina emas, balki g‘alayonlantiruvchi ta’sir f ga bog‘liq bo‘lgani uchun, ya’ni $y = F_1(u_1, f)$, boshqarishni $y = F_2(f)$ shunday tanlash mumkinki, o‘rnatilgan tartibda chetlanish bo‘lmasin, ya’ni

$$\Delta y = x_0 - F_1(u_1, f) = 0.$$

Bu prinsipning funksional sxemasi 2.2-rasmda ko‘rsatilgan. Harorat o‘zgarganda mayatnik uzunligini bir xilda ushlab turishni ta’minlab beruvchi xronometr mayatnigidagi turli issiqlik kengayish koeffitsiyentiga ega bimetallik sterjenlar tizimi bilan tushuntirsh mumkin (2.3-rasm). Agar generator $E_G=k\varphi_V$ elektr yurituvchi kuchi φ_V ga chiziqli bog‘liq bo‘lsa, unda topshirilgan kuchlanish U_G ni bir xilda ushlab turish uchun generator elektr yurituvchi kuchini o‘zgartirish lozim.



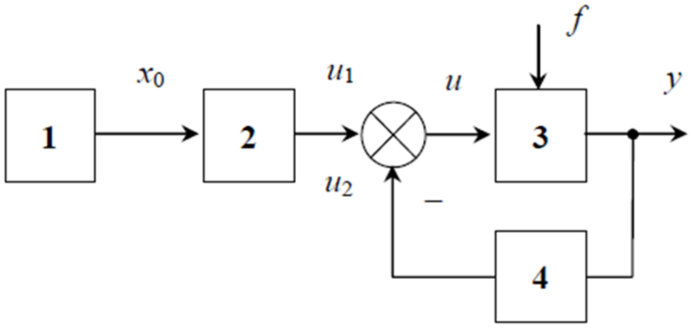
2.2-rasm. ***Kompensatsiyalash (g‘alayon bo‘yicha boshqarish) prinsipi.***



2.3-rasm. ***Bimetallik sterjenlar tizimi.***

1940-yilda G.V.Shipanov boshqarilayotgan kattaliklarni g‘alayon ta’sirlardan invariantlikka erishish prinsipini taklif qildi. Shipanov kompensatsiyani ta’sirlardan o‘lchamasdan, rostlagichni kompensatsi- yaga mos tanlab bunga erishmoqchi edi. U bu tanlashni qanoatlantiruvchi matematik shartlarni oldi, lekin bu shartlarni fizikaviy jihatdan amalga oshirishda qiyinchiliklarga uchradi.

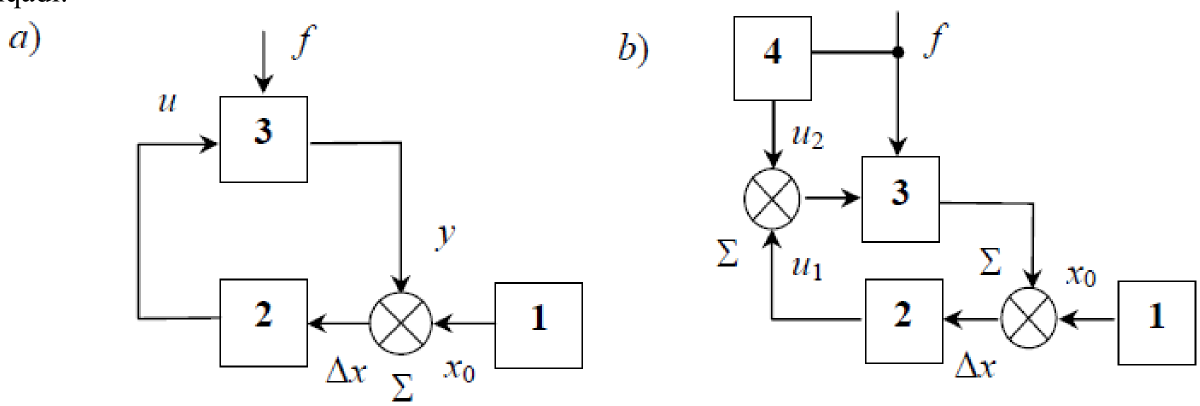
Teskari aloqa yoki og‘ish prinsipi. Tizimni shunday qurish ham mumkinki, ishlash ketma-ketligining aniqligi g‘alayonlarni o‘lchamasdan ham ta’minlansin. 2.4-rasmda korrektlovchi qurilmalar boshqarish ketma-ketligiga 2.1-rasmda keltirilgan koordinatalarning qiymati bo‘yicha kiritilgan. Bu maqsadda tizim tuzilishiga y ni o‘lchashga mo‘ljallangan va boshqarish qurilmasiga korrektlovchi ta’sirlarni ishlab chiqarishga mo‘ljallangan elementlarni oluvchi qo‘shimcha aloqalarni kiritish mumkin. O‘z ichiga sxema berk zanjir ko‘rinishiga ega va shu narsa bu prinsipga nom berishda ustuvor poydevor bo‘lib xizmat qiladi. Kiritilgan qo‘shimcha zanjir *teskari aloqa* zanjiri deb ataladi, bunga asos bo‘lib esa ta’sirlarni qo‘shimcha aloqa orqali qarama-qarshi boshqarish obyektiga uzatilishi sanaladi.



2.4-rasm. ***Teskari aloqa yoki og‘ish prinsipi.***

2.4-rasmda tasvirlangan sxemada umumiy holdagi berk tizim tasvirlangan. Shu sxema asosida ko‘pgina o‘zgartiruvchi va hisoblab- yechuvchi elementlar quriladi. Boshqarishda esa berk tizimning xususiy ko‘rinishi keng tarqalgan. Bu sxemalarda boshqarish ketma-ketligi korreksiyasi bevosita y kattalik qiymatlariga binoan amalga oshiriladi, ularning qiymatlaridan chetlanishi bo‘yicha esa, ishlash ketma-ketligi x_0 aniqlanadi, ya’ni $\Delta u = u_1 - u_2$.

Teskari aloqa bilan turli ko‘rinishli boshqarishni amalga oshiruvchi sxema 2.5,*a* - rasmda keltirilgan: $\mp$ element boshqarish ketma-ketligini topshiradi, solishtirish elementi – $\sum$ summator esa y ni x_0 dan keltirib chiqaradi, ya’ni chetlanish yoki xatolik deb ataluvchi Δx kattalikni ishlab chiqadi.



2.5-rasm. *Teskari aloqa bilan turli ko‘rinishli boshqarishni amalga oshiruvchi sxemalar.*

Ko‘p hollarda funksiya boshqaruvchi ta’sirlarni ishlab chiqishi emas, balki uning vaqt bo‘yicha hosila va integralini ishlab chiqishi maqsadga muvofiq bo‘ladi:

$$u = F\left(\Delta x_1, \Delta x_2 \ldots \int_0^t \Delta x \ldots\right). \qquad (1.1)$$

F funksiya *Δx* funksiya bilan bir xil ishorali bo‘lmasligi va uning “kamayuvchisi” bo‘lmasligi kerak. Boshqa argumentlarga nisbatan uning qiymati tahlil natijalarida aniqlanadi.

Aytib o‘tilgan *F* funksiyaga bo‘lgan shartlarga ko‘ra chetlanish funksiyasidagi boshqarish *rostlash* deb ataladi. Bu holatda boshqaruvchi qurilmalar *avtomatik rostlagich* deb nomlanadi. Obyekt 3 va rostlagich 2 (2.5,*b*-rasm) *avtomatik rostlash tizimi* (ART) deb atalib, berk tizimni tashkil etadi. Boshqarish ta’siri *u* ni ishlab chiqarayotgan rostlagich boshqarish ketma-ketligi (1.1) ifodaga mos ravishda obyekt chiqishiga nisbatan manfiy aloqani paydo qiladi. Rostlagich orqali paydo bo‘ladigan teskari aloqa asosiy teskari aloqa deb ataladi. Bundan tashqari, rostlagich ichida boshqa mahalliy teskari aloqa mavjud bo‘lishi mumkin.

Nazorat savollari

1. Ta’sir, g‘alayon, signal, obyekt, qurilma kabi iboralarni tushuntiring.
2. Boshqarishning qanday fundamental prinsiplarini bilasiz?
3. Kompensatsiyalash (g‘alayon bo‘yicha boshqarish) prinsipi bilan teskari aloqa (og‘ish) prinsiplari orasida qanday farq bor?
4. Avtomatik boshqarish tizimlar asosiy sinfiy belgilariga ko‘ra qanday turlarga bo‘linadi?
5. Ochiq, berk va kombinirlashgan tizimlarning bir-biridan asosiy farqini tushuntiring.

3-MAVZU
Avtomatik boshqarish tizimlarining asosiy ko`rinishlari (klassifikatsiyasi).

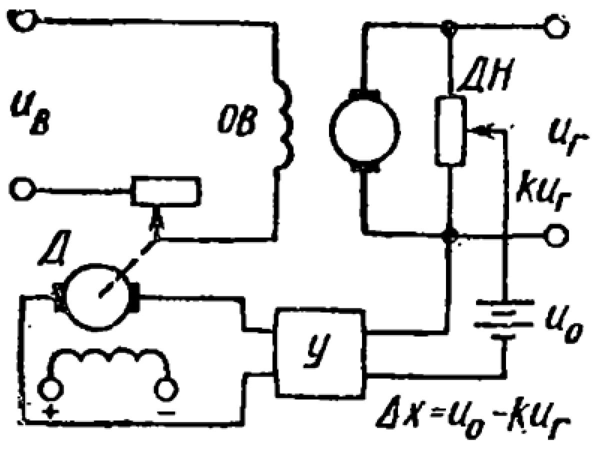
REJA
1. Stabillovchi avtomatik rostlash tizimlari
2. Programmali avtomatik rostlash tizimlari
3. Kuzatuvchi avtomatik rostlash tizimlari

Texnika taraqqiy etishining birinchi bosqichida berilgan rostlanuvchi kattaliklarning o`zgarmas qiymatini avtomatik boshqarishning faqat bittagina ko`rinishi amaliyotda qo`llanar edi. Avtomatik rostlashda uzoq vaqtlar davomida shaxsan shu ko`rinish bor edi. Ularning butunlay esdan chiqmaydigan quyidagi oltita ko`rinishini yo`qotmaydigan faqatgina kelajakda emas bugungi kunda ham mavjud ko`rinishlarining soni keyinchalik ko`paydi.

Stabillovchi avtomatik rostlash tizimlari (stabillashtirish tizimi). Bunda rostlanuvchi kattalikning qiymati doimiy bo‘ladi. Bu tizimlarda avtomatik rostlagichlarning vazifasi rostlanuvchi kattalikning muayyan, mutlaqo doimiy qiymatida saqlash va texnologik jarayonni stabillashdir. Bu holda texnologik reglament talablariga ko‘ra rostlanuvchi kattalikning qiymati doimiy bo‘ladi (3.1-rasm)

$$x(t) \approx x_m(t) = const$$

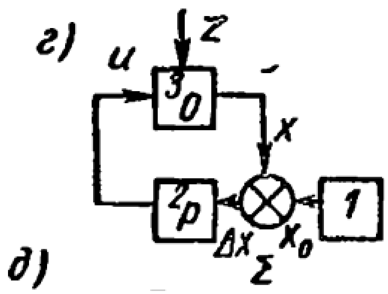
Stabillovchi avtomatik rostlash tizimlariga misol qilib, doimiy tok generatori kuchlanishini me’yorlash jarayonini misol qilish mumkin (3.1-rasm).



3.1-rasm.

Bunday tizim ochik konturli stabillovchi avtomatik rostlash tizimi hisoblanadi. Bugungi kunda ham, yuqori aniqlikli stabillash talab qilinmaydigan jarayonlarda ishlatilib kelinmoqda.

Oddiy elementar bo`g`inlardan tashkil topgan sxemani ko`rib chiqamiz.



3.2-rasm.

Yuqorida keltirilgan tizimning statik tenglamasi quyidagicha ko`rinishga ega bo`ladi:

$$x = k_0 \cdot u - k_z \cdot z;$$
$$u = k_p \cdot \Delta x = k_p \cdot (x_0 - x) \qquad (3.1)$$

bunda, k_0, k_p va k_z – mos holda obyekt, rostlagich va yuklanish elementining uzatish koeffitsientlari.

(3.1) formuladan quyidagi hosil qilamiz:

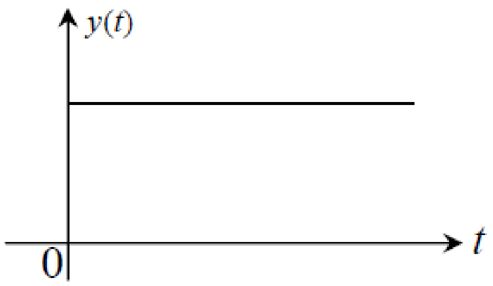
$$x = \frac{k_0 \cdot k_p}{1 + k_0 \cdot k_p} \cdot x_0 - \frac{k_z}{1 + k_0 \cdot k_p} \cdot z$$

ya’ni rostlanayotgan kattalik x yuklanish z ga bo`g`liq bo`lib, yuklanishning ortishi bilan rostlanayotgan kattalik kamayadi.

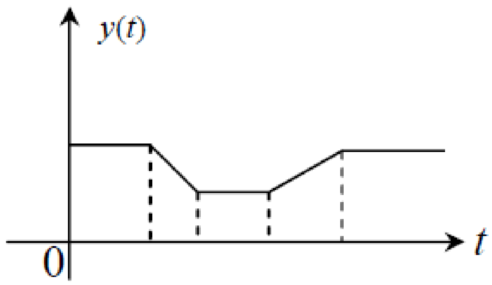
Doimiy berilayotgan kattalik *x0* da belgilangan xatolik yuklanishga bog`liq bo`lgan rotlash – *statik* deyiladi.

Belgilangan statik xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta x_{st} = x_0 - x = \frac{1}{1 + k_0 \cdot k_p} \cdot x + \frac{k_x}{1 + k_0 \cdot k_p} \cdot z \qquad (3.2)$$



3.3-rasm. ***Stabillashgan avtomatik boshqarish tizimi.***



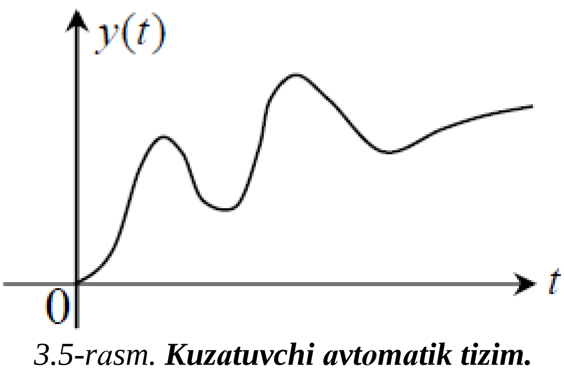
3.4-rasm. ***Programmali avtomatik tizim.***

Programmali avtomatik rostlash tizimlari. Programmali avtomatik rostlash tizimlarida oldindan ma’lum bo‘lgan qonunga ko‘ra o‘zgaradigan qiymatli rostlanuvchi kattalik mavjud bo‘ladi. Bu tizimlarda rostlanuvchi kattalikning belgilangan qiymati rostlagich topshirig‘i orqali ma’lum qonun bo‘yicha ishlab chiqariladi. Bunda ishlash algoritmi boshqariladigan kattalik oldindan berilgan vaqt funksiyasiga *f*(*t*) mos ravishda o‘zgaradi (3.4-rasm):

$$x(t) \approx x_m(t) = f_n(t)$$

Kuzatuvchi avtomatik rostlash tizimlari. Bu tizimlarda boshqarilayotgan kattalikning berilgan qiymati juda keng chegarada ixtiyoriy qonun bo‘yicha o‘zgarishi mumkin (3.5-rasm), masalan, radiolakator antenna

$$x(t) \approx x_m(t) = f_k(t)$$

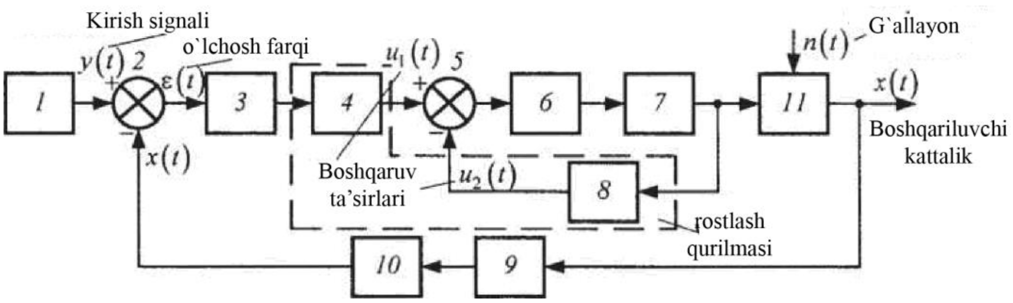


3.5-rasm. ***Kuzatuvchi avtomatik tizim.***

4-MAVZU
Avtomatik boshqarish tizimlarini yaratish jarayoni.

Avtomatik boshqarish tizimlarini yaratish, ayniqsa birinchi marta ishlab chiqilgan va turli xil fizik qonuniyatlarga asoslangan elementlarni (raketa; radar; elektr va pnevmatik qurilmalar va boshqalarni) o'z ichiga olgan tizimlarni yaratish bu katta bilim talab qiladigan murakkab jarayondir. ilm-fanning turli sohalari va katta ish tajribasi (ijodiy qobiliyatlar).

Dizayn vazifalariga o'tishdan oldin, avtomatik boshqaruv tizimining odatdagi funktsional diagrammasini ko'rib chiqamiz. Yuqorida ko'rib chiqilgan ABT misollari odatdagi funktsional diagrammani taqdim etishga imkon beradi (3.1-rasm). Odatda sxemaning har bir elementining funktsional maqsadi quyidagicha.



3.1-rasm. Oddiy ABT funktsional sxemasi:
1 - asosiy qurilma; 2.5 - taqqoslash moslamalari; 3 - konvertor qurilmasi;
4.8 - tuzatish moslamalari (regulyator); 6 - kuchaytiruvchi qurilma;
7 - ijro etuvchi qurilma; 9 - sezgir yoki o'lchov elementlari;
10 - asosiy teskari aloqa elementi; 11 - boshqarish ob'ekti; n (r) – shovqin

Drayv harakatni signalga aylantiradi y ((), va taqqoslash moslamasi, signal va boshqariladigan o'zgaruvchini x (f) bilan taqqoslab (9 va 10 signallari x (f) buzilmaydi deb taxmin qilinadi), e (r) xato signalini hosil qiladi. Ushbu qurilma xato, og'ish yoki mos kelmaslik sensori deb nomlanadi.

Transformatsiya moslamasi 3 bir fizik miqdorni boshqasiga aylantirishga xizmat qiladi, boshqarish jarayonida foydalanish uchun qulayroq (ko'p tizimlarda transformator moslamasi mavjud emas).

Yopiq tizimning belgilangan dinamik xususiyatlarini ta'minlash uchun regulyator 4, 8 ishlatiladi. Masalan, u yuqori tebranish moslamalari (masalan, samolyot) uchun tebranishlarni susaytirgan holda, barqaror holatda ishlashning yuqori aniqligini ta'minlaydi. Bundan tashqari, tizimga regulyatorning kiritilishi boshqariladigan qiymatning doimiy yoki ortib boruvchi tebranishlarini yo'q qilishga imkon beradi. Ba'zan regulyatorlar bezovta qiluvchi ta'sirlarga qarab boshqaruv signallarini (buyruqlarini) ishlab chiqaradi, bu tizimlarning sifatini sezilarli darajada yaxshilaydi, ularning aniqligini oshiradi.

ABT diagrammasidan ko'rinib turibdiki, yaxshi ishlab chiqilgan tizimda e (f) xatosi kichik bo'lishi kerak. Shu bilan birga, ob'ekt etarlicha kuchli ta'sirlarni qabul qilishi kerak. Signal quvvati f (r) kichik dvigatelni ham quvvatlantirish uchun to'liq etarli emas. Shu nuqtai nazardan, ABT ning muhim elementi - bu e (r) xato signalining kuchini kuchaytirish uchun mo'ljallangan kuchaytiruvchi moslama. Kuchaytirgich energiyani tashqi manbadan boshqaradi. Amalda elektron, magnit, gidravlik, pnevmatik kuchaytirgichlar keng qo'llaniladi.

ABTning navbatdagi muhim elementi bu boshqaruv organiga ta'sir o'tkazish uchun mo'ljallangan ijro etuvchi qurilmadir. Boshqarish tizimlarida quyidagi turdagi aktuatorlar qo'llaniladi: pnevmatik, gidravlik va elektr, o'z navbatida, elektromotor va elektromagnitga bo'linadi.

Pnevmatik aktuatorlar nisbatan kichik o'lchamlarga va vaznga ega, ammo siqilgan gazning katta oqimini talab qiladi.

Shlangi aktuatorlar og'ir yuklarni ko'tarishga qodir va deyarli inersiyasiz. Kamchilik - katta massa. Elektr aktuatorlari juda ko'p qirrali bo'lib, ularga etkazib beriladigan energiyani yo'naltirishning soddaligi bilan ajralib turadi. Biroq, ulardan foydalanish etarli darajada kuchli oqim manbasini talab qiladi. Ba'zi ABT-larda ijro etuvchi mexanizm mavjud emas va ob'ektga ta'sir mexanik qurilmalarning yordamisiz har qanday miqdordagi (oqim, kuchlanish) holatini o'zgartirish orqali amalga oshiriladi.

Nazorat qilinadigan o'zgaruvchilarni boshqarish signallariga aylantirish uchun sezgir yoki o'lchov elementlari (datchiklar) kerak (masalan, "burchakli kuchlanish" turini konvertatsiya qilish).

Boshqariladigan element boshqaruv ob'ekti deb ataladi. Tizimlarni loyihalashda boshqaruv ob'ekti tizimning butun o'zgarmas qismi hisoblanadi (regulyatordan tashqari barcha elementlar). Bu elektrni metallni qattiqlashtiradigan pechka, samolyot, raketa, kosmik kemasi, dvigatel, yadro reaktori, metallga ishlov beradigan dastgoh va boshqalar bo'lishi mumkin. Boshqarish ob'ektlarining xilma-xilligi tufayli boshqariladigan o'zgaruvchilar ham har xil bo'lishi mumkin: kuchlanish, tezlik, burchak holati, yo'nalish, quvvat va boshqalar. Ob'ektlarning tuzilmalarini o'rganishda maxsus fanlar qatnashadi: elektrotexnika, aviatsiya va astronavtika, samolyotsozlik, energetika, yadro texnologiyasi, turbo qurilish, dvigatel konstruktsiyasi va boshqalar.

Shaklni hisobga olgan holda. 3.1 xulosa qilish mumkinki, ABT - bu bir yo'nalishli xususiyatga ega va e (/) xato signaliga javob beradigan yopiq tizim. Xulosa qilish mumkinki, tizim funktsional zarur elementlarni (tizimning o'zgarmas qismi) o'z ichiga oladi, ya'ni. ABT ishlashi tubdan imkonsiz bo'lgan elementlar (boshqaruv ob'ekti, ijro etuvchi element, kuchaytirgich, o'lchash moslamasi) va tizimning texnik spetsifikatsiyasi (tizim regulyatori) tomonidan aniqlangan boshqarish sifatini ta'minlaydigan kerakli xususiyatlarni berish uchun kiritilgan o'zgaruvchan qism.

Avtomatik boshqaruv tizimlarini (ABT) hisoblash va loyihalashning birinchi bosqichida ular tizimlarning sifat tavsifi bilan cheklanadi va shu munosabat bilan ularning funktsional diagrammalari ko'rib chiqiladi. Bunday tavsif mazmunli yoki norasmiy deb nomlanadi. ABTning norasmiy tavsifi bu uning ishlashi uchun haqiqiy algoritmni yaratish uchun etarli bo'lgan barcha mavjud ma'lumotlar to'plamidir. Tizimning norasmiy tavsifida uning funktsional diagrammasini tuzish uchun etarli bo'lgan ma'lumotlar mavjud. Ikkinchisi tizimning rasmiy (matematik) tavsifini ishlab chiqish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Tizimlarning mazmunli yoki norasmiy tavsifining etishmasligi shundaki, bunday yondashuv miqdoriy xususiyatlar bilan ishlamaydi va shuning uchun norasmiy tavsifga asoslangan fan aniq fan emas. Tizimlarni tadqiq qilish va loyihalash muammolarini hal qilish uchun uning ish sifatini belgilaydigan miqdoriy xususiyatlar bilan ishlash kerak. Shu munosabat bilan tizim nazariyasining markaziy tushunchasi matematik model yoki tizim operatoridir.

ABT ning matematik modeli o'rganilayotgan tizim haqidagi mavhum fikrlarning miqdoriy rasmiylashtirilishi sifatida tushuniladi. Matematik model - bu matematik vositalardan foydalangan holda tizimning rasmiy tavsifi: differentsial, integral, farq, algebraik tenglamalar, shuningdek tengsizliklar, to'plamlar va boshqalar.

Tizim operatori kontseptsiyasidan foydalangan holda avtomatik boshqaruv tizimining matematik modeli kontseptsiyasini yagona asosda ko'rib chiqish mumkin.

V va X SA Y ning kirish va chiqish signallari to'plami bo'lsin. Agar har bir y e Y element ma'lum bir x e X element bilan bog'langan bo'lsa, u holda ular tizim operatori A deyishadi.

Tizimning kirish va chiqishi o'rtasidagi bog'liqlik A tizim operatori yordamida o'rnatiladi:

$$Ax = y \text{ и } x = A^{-1}y = A_c y \text{ .}$$

Operator tenglamasi (yoki A operatori bilan tenglama) Ax = y ni SA Y ning matematik modeli deb hisoblash kerak, chunki u tizimning kirish y (/) va x (?) Chiqishi o'rtasida miqdoriy munosabatlarni o'rnatadi.

Savolga javob berish tubdan muhimdir: tizim operatorini qanday qurish va shu bilan uning matematik modelini aniqlash. Qabul qilingan savolga javob quyidagicha: matematik modellarni turli xil matematik vositalar bilan ifodalash mumkin, ammo eng muhim rolni mexanik, elektr, gidravlik, termodinamik tizimlarning ishlashiga asos bo'lgan asosiy fizik qonunlar asosida olingan differentsial va integral tenglamalar o'ynaydi. ...

Umuman tizimning differentsial tenglamasini olish uchun odatda uning alohida elementlarining tavsifi beriladi, ya'ni. tizimga kiritilgan har bir element uchun differentsial tenglamalarni tuzing (masalan, ABT uchun (3.1-rasm), kuchaytirgich, qo'zg'aysan, reostat, elektr pechka, termojuft va taqqoslash elementining differentsial tenglamalari tuzilgan).

Elementlarning barcha tenglamalari kombinatsiyasi butun tizim tenglamasini beradi.

Tizimning tenglamalari uning matematik modelini belgilaydi, xuddi shu tizim uchun o'rganish maqsadiga qarab har xil bo'lishi mumkin.

Turli xil matematik modellarni yaratish uchun turli xil bosqichlarda bir xil masalani echishda foydalidir: oddiy model bilan loyihalashtirishni boshlashingiz mumkin, so'ngra dastlabki bosqichda mavjud bo'lmaganligi sababli hisobga olinmagan qo'shimcha jismoniy hodisalar va aloqalarni hisobga olish uchun uni asta-sekin murakkablashtirishingiz mumkin ...

Ushbu bobda biz operatorlari chiziqli differentsial va integral operatorlar bo'lgan tizimlarni o'rganamiz.

ABTni qanday differentsial tenglamalar sinflari tavsiflashiga qarab, ularni rasmda ko'rsatilgandek yig'ishtirib tasniflash mumkin. 3.2.

Lineer - bu chiziqli operator * tenglamalari bilan tavsiflangan tizimlar klassi (masalan, chiziqli differentsial tenglamalar yoki ularning tizimlari), aks holda tizim chiziqli bo'lmagan tizimlar sinfiga kiradi.

Lineer yoki nonlineer diskret tizimlar, mos ravishda, chiziqli yoki chiziqli bo'lmagan farq tenglamalari yoki farq tenglamalari tizimlari bilan tavsiflanadigan tizimlardir.

Lineer yoki chiziqli bo'lmagan statsionar tizimlar - bu differentsial tenglamalar yoki doimiy koeffitsientli tenglamalar tizimlari bilan tavsiflangan tizimlar.

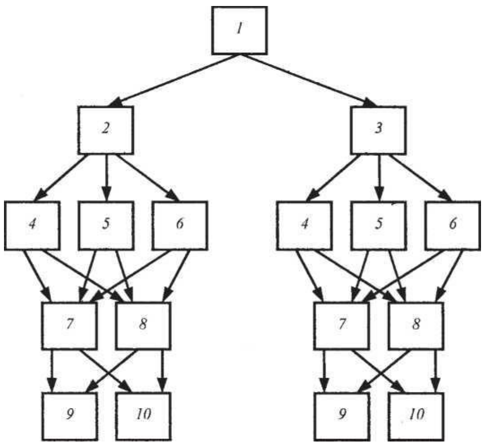
Statsionar bo'lmagan tizimlar (chiziqli yoki chiziqli bo'lmagan) avtomatik boshqarish tizimlari deb ataladi, ularning harakati differentsial tenglamalar yoki o'zgaruvchan koeffitsientli tenglamalar tizimlari bilan tavsiflanadi.

Lumped yoki birlashtirilgan parametrlarga ega tizimlar xatti-harakatlari oddiy q / fferentsial tenglamalar bilan tavsiflangan tizimlar deb ataladi.

Tarqatilgan tizimlar - bu qisman differentsial tenglamalar bilan tavsiflangan tizimlar.

Yuqoridagi tasnifga ko'ra, ABTni loyihalashtirish vazifasining murakkabligi darajasini baholash mumkin.

Texnologiya, iqtisodiyot va yovvoyi tabiat va jamiyatdagi tizimlarni o'rganishning turli sohalarida ABTni loyihalashning nazariy asoslari avtomatik boshqarish nazariyasi (TAU) hisoblanadi.



3.2-rasm. ABT tasnifi:
1 - avtomatik boshqaruv tizimi (ABT); 2 - chiziqli ABT;
3 - nochiziqli ABT; 4 - doimiy ABT; 5 - diskret ABT;
6 - uzluksiz diskretli ABT; 7 - statsionar tizimlar; 5 - statsionar bo'lmagan tizimlar;
9 - birlashtirilgan parametrlarga ega tizimlar (birlashtirilgan tizimlar);
10 - taqsimlangan parametrlarga ega tizimlar (taqsimlangan tizimlar)

Tizim dizayni, yuqorida aytib o'tilganidek, yuqori intellektual faoliyat, har xil bilimlarni qo'llashni talab qiladigan ijodkorlik. Loyihalash jarayoni va natijasiga cheklovlar qo'yiladi, ularning asosiylari jismoniy va dizayn vaqti. Mavjud kompyuter texnologiyalari, laboratoriya (tajriba bazasi) va ishlab chiqarish uskunalari, materiallar va butlovchi qismlarning texnik darajasi, shuningdek dizaynerlar va ishlab chiqarish xodimlarining malakalari juda muhimdir.

Loyihalash vaqti alohida o'rin tutadi. Ilmiy-texnika taraqqiyotining hozirgi tezlashib borayotgan sur'atlari bilan loyihalash vaqtini qisqartirish asosiy talablardan biriga aylanmoqda. Darhaqiqat, dizayn vaqtining oshishi bilan loyihada ishlatiladigan echimlarning yangiligi va o'ziga xosligi yo'qoladi. Hali ham amalga oshirilmay, loyiha eskirishi va ma'nosini yo'qotishi mumkin, shuning uchun dizayn jarayonining vaqtinchalikligi uning eng muhim xususiyatlaridan biridir.

Avtomatik tizimlarni loyihalashda yuzaga keladigan asosiy vazifalarni shakllantiraylik:

• qanday jarayonlarni boshqarish kerakligi, menejmentning qanday maqsadlari va qanday sharoitlarda boshqaruvni amalga oshirish kerakligini ko'rsatadigan TK formulasi;

• boshqariladigan jarayonlarga ta'sir o'tkazish va tashqi buzilishlarni bashorat qilish imkoniyatlarini aniqlash;

• ijro etuvchi qurilmalarning (IU) kerakli quvvatini baholash, IU turini va quvvat manbalarini tanlash;

• dolzarb ma'lumotlarni olish va datchiklarni tanlash imkoniyatlarini baholash;

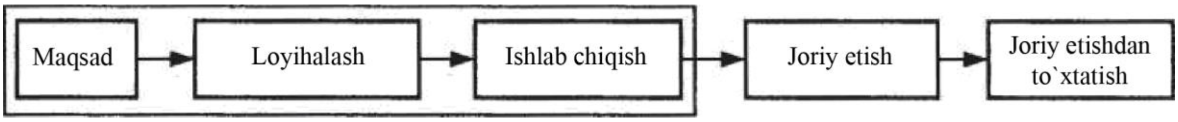
• nazorat qonunlarini qurish (regulyatorning tuzilishini tanlash va uning parametrlarini hisoblash);

• nazorat qonunlarini amalga oshirish (apparat yoki dasturlash yordamida);

• umuman tizimning joylashuvi.

ABT ishlab chiquvchilarining asosiy vazifasi - texnik vositalarning o'zaro bog'lanishini ta'minlash (texnik vositalar sotuvda mavjud bo'lgan sanoat birliklari) va tizimni umumiy maqsadlarga bo'ysundirishdir.

Agar biron bir tizimning hayot aylanishi strukturaviy diagramma bilan tasvirlangan bo'lsa (3.3-rasm) va ko'rib chiqilayotgan tizimlarning har birining o'ta murakkabligini hisobga olgan holda, bu juda ko'p kichik tizimlarni, shuningdek qurilmalarni, bloklarni (tugunlarni), kichik birliklarni (elektron platalarni), mikrosxemalar modullarini va boshqalarni o'z ichiga oladi. tizimlarni yaratish muammosining o'ta murakkabligini tasavvur qilish oson.



3.3-rasm. ABTning hayot davri.

Shakl. 3.4 ABT dizaynining asosiy bosqichlarini taqdim etadi.

Shakl. 3.5 tizimni loyihalash jarayonining asosiy bosqichlarini o'z ichiga olgan kattalashtirilgan diagrammasini ko'rsatadi: loyihalash vazifasini shakllantirish (maqsadlar), ilmiy tadqiqot ishlari (ilmiy-tadqiqot ishlari), dastlabki loyihalash (EP), texnik dizayn (TP).

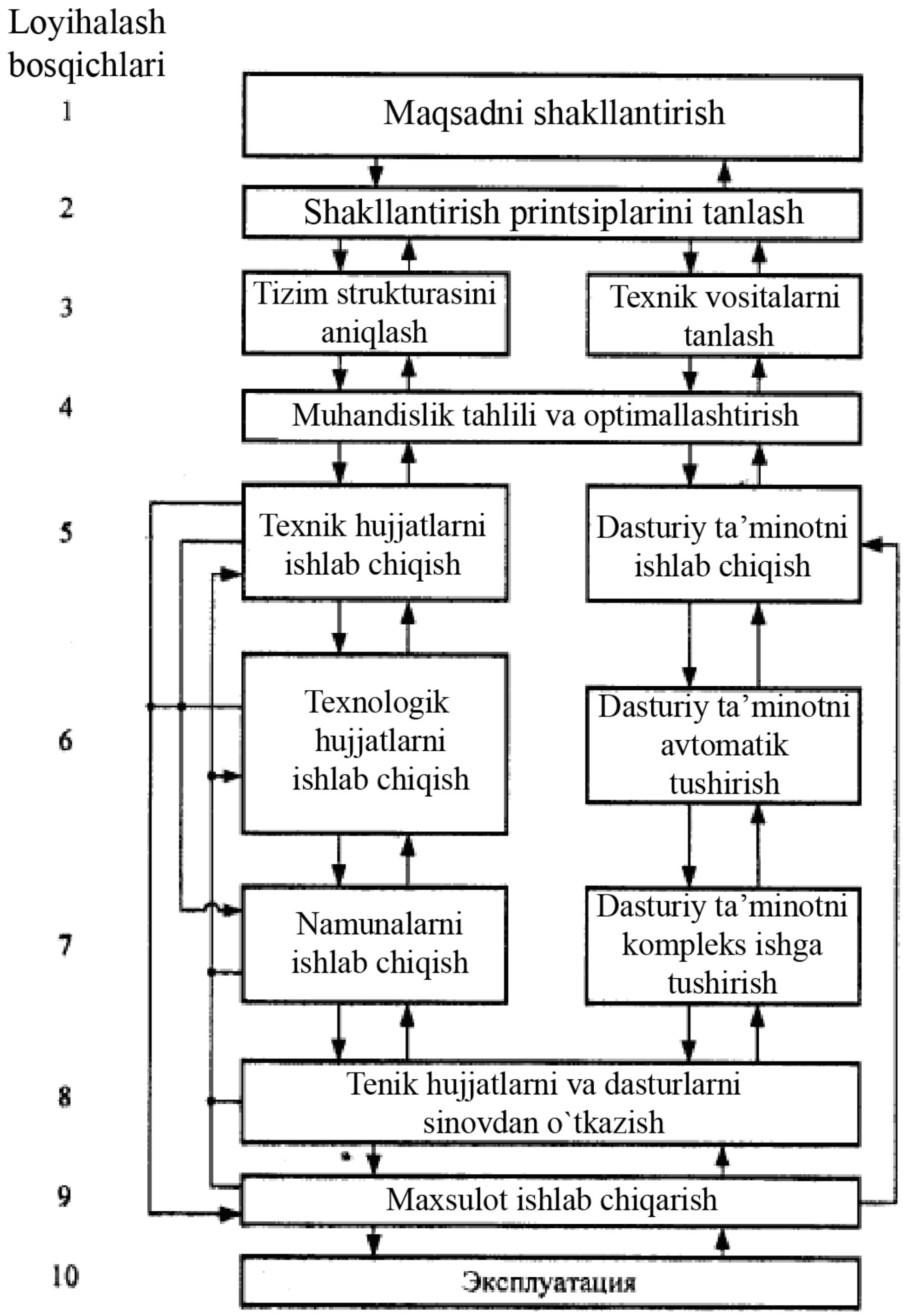
Bosqichdan bosqichga o'tishda modellar takomillashtirilib, tahlil chuqurlashtirilishi va natijada tizim texnik spetsifikatsiyada ko'rsatilgan xususiyatlarga yaqinlashishi juda muhimdir.

Dastlabki loyihalash tizimni qurish tamoyillarini aniqlash, texnik shartlarga javob beradigan yangi tamoyillar, tuzilmalar va texnik vositalarni topish maqsadida amalga oshiriladi. Dastlabki loyihalash odatda tadqiqot va rivojlantirish (AR-GE) bosqichi deb nomlanadi.

Loyihani loyihalash va undan keyingi bosqichlar eksperimental dizaynni ishlab chiqish bosqichlari (R&D). Loyihalash natijasi - belgilangan talablarga javob beradigan tizimni yaratish imkoniyatlarini batafsil o'rganish.

Texnik dizayn bosqichida sxema, dizayn, dasturiy ta'minot va texnologik echimlar batafsil ishlab chiqilgan. U, ayniqsa, ishlab chiqilgan boshqaruv tizimining dasturiy ta'minotining (SW) nihoyatda mashaqqatli dizayniga to'xtalishi kerak. Odatda, dasturiy ta'minotni ishlab chiqish texnik hujjatlarni ishlab chiqish bilan bir vaqtda boshlanadi va keyingi barcha dizayn bosqichlariga hamroh bo'ladi.

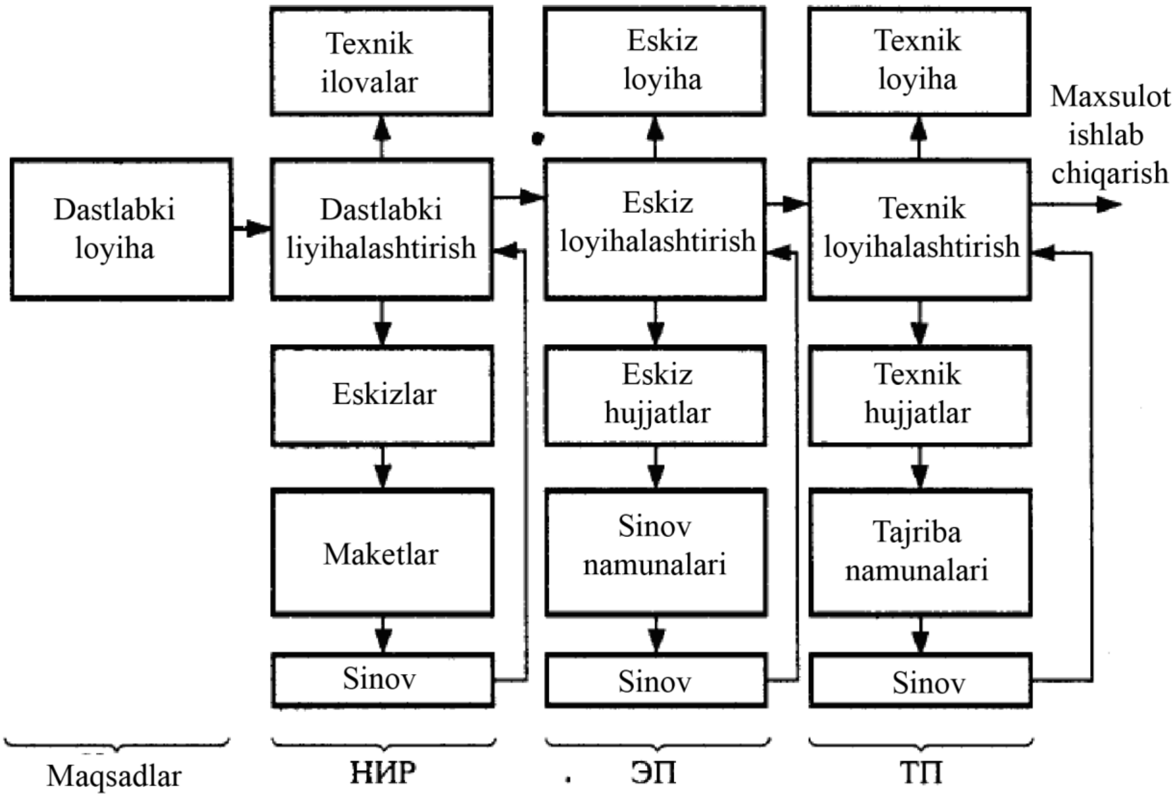
Seriyali ishlab chiqarish jarayonida qabul qilingan texnik echimlarni, dasturiy ta'minotni yakuniy sozlash va ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish, seriyali ishlab chiqarishning o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olgan holda amalga oshiriladi. Ishlash jarayonida tizimni ishlab chiquvchi tizim parametrlarini ko'rsatilgan parametrlarga etkazish uchun kerakli o'zgarishlarni amalga oshirishga imkon beradigan ma'lumot oladi.



3.4-rasm. Boshqarish tizimlarini loyihalash jarayonining asosiy bosqichlari.

Xulosa qilib aytganda, ABTni yaratishning barcha bosqichlarida kompyuter texnologiyalari muhim rol o'ynaydi,

ABT maqsadini hisobga olgan holda (masalan, mudofaa maqsadida), ularning sinovlari juda ehtiyotkorlik bilan amalga oshiriladi. 137 eskiz, texnik loyihalash, uchuvchi partiyani va seriyali mahsulotlarni ishlab chiqarish bosqichlarida sinovlarni o'tkazish uchun taxminiy sxemani ko'rsatadi, Teskari aloqa natijasida tizim parametrlari doimiy ravishda takomillashtiriladi va optimal qiymatlarga yaqinlashtiriladi.Yuqoridagi diagramma sinovlarning loyihalash jarayoni bilan organik aloqasini va tizim parametrlarini optimallashtirish jarayonida hal qiluvchi rolini aniq tasdiqlaydi, Bu erda yaratilishida kompyuter texnologiyalari muhim rol o'ynagan ABT-ga bir nechta misollar keltirilgan.



3.5-rasm. Boshqarish tizimini loyihalash bosqichlari

5-MAVZU

Chiziqli statsionar tizimlarning matematik ifodasi. Uzatish funktsiyasi.

REJA:

1. Dinamika va statika tenglamalari

2. CHiziqlantirish.

3. Laplas almashtirishi va uning asosiy xossalari.

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

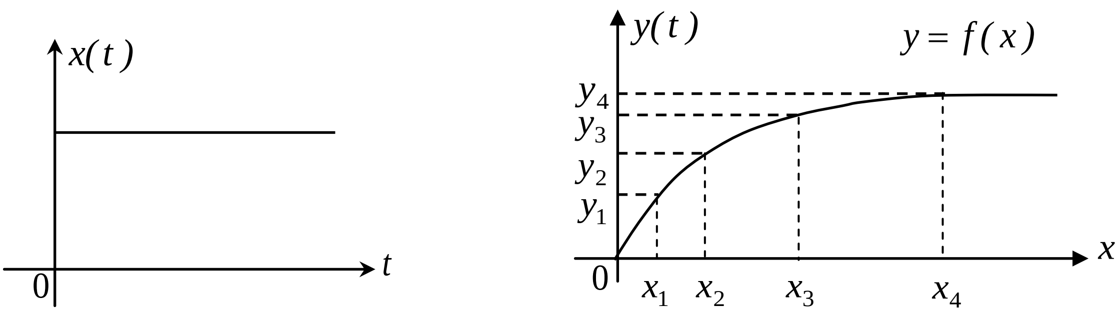
ABSlari statik (barqaror) rejimda ishlaganda:

a) Ob`ektga kiruvchi moda yoki energiya miqdori, undan chiqadigan moda yoki energiya miqdiqdoriga teng bo`gishi kerak, x=y.

b) Rostlanuvchi yoki boshqaruvchi parametr vaqt davomida o`zgarmas bo`lishi kerak ya`ni $y(t)$=const.

v) ABSsining rostlash organi harakatsiz turishi kerak.

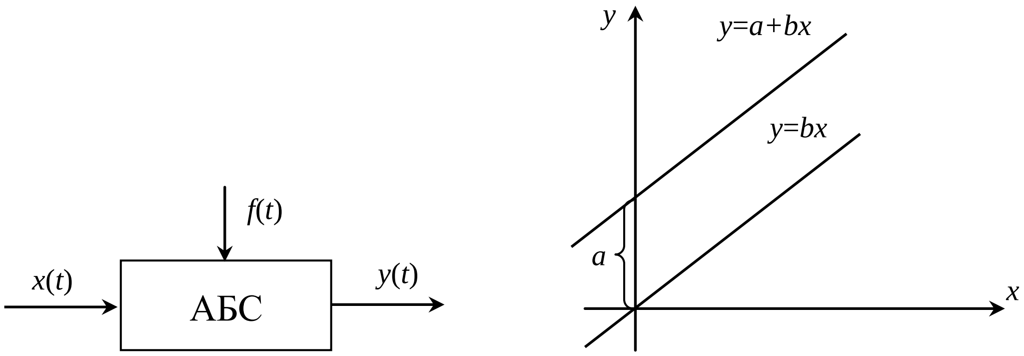
Statik rejimda kirish kattaligi bilan chiqish kattaligi grafik ko`rinishda yoki ma`lum algebraik tenglama ko`rinishida berilishi mumkin. Agar chiqish kattaligi kirish kattaligi bilan chiziqli boqlangan bo`lsa, shu boqdanishni ifodalovchi tenglama *to`g'ri chiziqli tenglama* deyiladi, ya`ni y=b+ax, y=ax.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



5.1-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 differentsial tenglama orqali ifodalanadi.

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



5.2-rasm.

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

$$F(y, \dot{y}, \ddot{y}, x, \dot{x}) + f = 0, \qquad (5.1)$$

bunda *x*, *f* – kirish kattaligi; *y* – chiqish kattaligi. (8.1) tenglama dinamik rejimning tenglamasi.

Statik rejimda esa, *y*=const; *x*= const;

$$F(y;0;0;x;0)+f=0. \qquad (5.2)$$

CHiziqlantirish

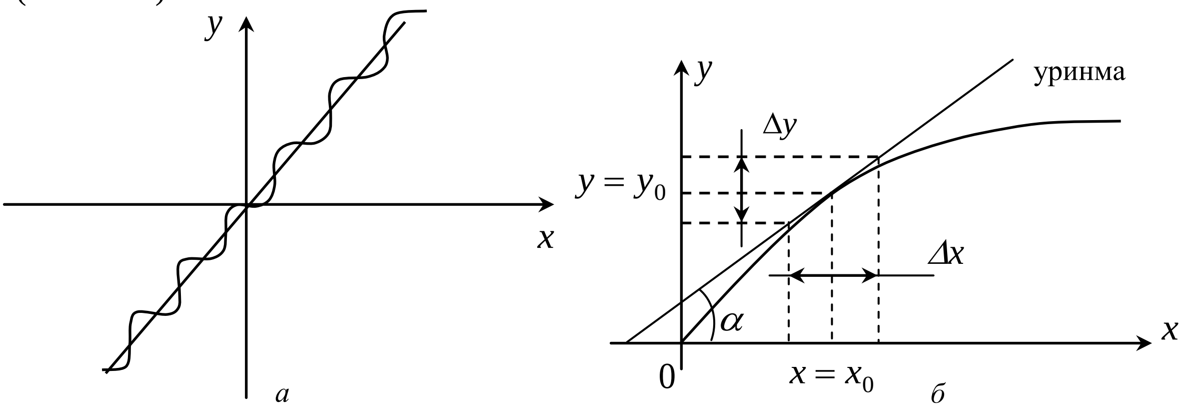
CHiziqlantirish ikki xil bo`ladi:

1. o`rtacha qiymatni olish usuli;
2. kichik oqish usuli.

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

Nochiziqli differentsial tenglamani chiziqli differentsial tenglama bilan almashtirish chiziqlantirish deyiladi.

1. Agar egri chiziqli shunday ko`rinishda bo`lsa, *o`rtacha qiymatni olish usuli* qo`llanil(5.3*a*-rasm).



*5.3-rasm.**O`rtacha qiymatni olish usuli (a) va kichik oqish usuli (b) tavsiflari.***

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

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

Agar $\Delta x\to 0$ ikkinchi va uchinchi tartibli tenglamalar nolga teng bo`lib tenglama $y=y_0+\frac{dy}{dx}\Delta x$ bo`li 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. $y=f(x)$ - funktsiya uzluksiz funktsiya bo`lishi kerak.

Laplas almashtirishi va uning asosiy xossalari

Quyidagi integral yordamida haqiqiy o`zgaruvchi «*t*» ga ega bo`lgan *f*(*t*) funktsiyasini kompleks o`zgaruvchi «*p*» ga ega bo`lgan *φ*(*p*) funktsiyaga almashtirishga *Laplas almashtirishi* deyiladi.

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

buerda*L* – Laplasto`g'rio`zgartirishiningbelgisi; *φ*(*p*) – funktsiyaLaplaso`zgartirishibo`yichatasviri, $f(t)\div\varphi(p)$

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

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

ABTlarni kirish va chiqish kattaliklari orasida o‘zaro o‘rnatilgan aloqasini quyidagi differensial tenglama ko‘rinishida ifodalash mumkin:

$$\begin{gathered}a_0\frac{d^n y(t)}{dt^n}+a_1\frac{d^{n-1}y(t)}{dt^{n-1}}+\ldots+a_n y(t)=\\=b_0\frac{d^m x(t)}{dt^m}+b_1\frac{d^{m-1}x(t)}{dt^{m-1}}+\ldots+b_m x(t)+c_0 f(t),\end{gathered}\tag{2.3}$$

bu yerda $x(t)$, $f(t)$ – elementning kirish kattaliklari; $y(t)$ – elementning chiqish kattaligi; a_i, b_i – tenglamaning koeffitsiyentlari.

(2.3) tenglamani operator formada yozishimiz mumkin. Ushbu formada yozish uchun differensiallash operatsiyasini o‘rniga qisqartirilgan shartli belgilash kiritamiz: $\frac{d}{dt}=p$. Mos ravishda k-chi tartibli hosila $\frac{d^k}{dt^k}=p^k$ belgilanadi. Unda (2.3) tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozishimiz mumkin [12,14,18]:

$$\begin{gathered}a_0p^n y(t)+a_1p^{n-1}y(t)+\ldots+a_n y(t)=\\=b_0p^m x(t)+b_1p^{m-1}x(t)+\ldots+b_m x(t)+c_0 f(t)\end{gathered}\tag{2.4}$$

yoki

$$\begin{gathered}(a_0p^n+a_1p^{n-1}+\ldots+a_n)y(t)=\\=(b_0p^m+b_1p^{m-1}+\ldots+b_m)x(t)+c_0 f(t).\end{gathered}\tag{2.5}$$

(2.5) tenglamaga quyidagicha belgilash kiritamiz:

$$D(p)=a_0p^n+a_1p^{n-1}+...+a_n. \quad (2.6)$$

(2.6) tenglama chiqish kattaligining differensiallash operatori *xususiy* yoki *xarakteristik operator* deb nomlanadi. Elementning xususiy harakati, ya'ni tashqi ta'sirlar bo'lmagandagi harakati ko'phadni tavsiflagani uchun uni shartli nomlanadi [12,18].

$$K_1(p)=b_0p^m+b_1p^{m-1}+...+b_m,\ K_2(p)=c_0. \quad (2.7)$$

(2.7) tenglama kirish kattaligining differensiallash operatorlari *kirish, g'alayon operatorlari* deb nomlanadi.

Unda (2.5) tenglama quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$D(p)y(t)=K_1(p)x(t)+K_2(p)f(t). \quad (2.8)$$

Differensial tenglamani boshqacha tatbiq qilingan formada yozish Laplas almashtirishini qo'llashga asoslangan. Differensial tenglamaga Laplas almashtirishini qo'llashda tashqi ta'sir bo'lgunga qadar tizim tinch holatda deb hisoblanadi va barcha boshlang'ich shartlar nolga teng bo'ladi,

$$(a_0p^n+a_1p^{n-1}+...+a_n)y(p)=(b_0p^m+b_1p^{m-1}+...+b_m)x(p).$$

Uzatish funksiyasi W(p) deb – boshlang'ich shartlari nol bo'lganida chiqish signalining Laplas tasvirini kirish signalining Laplas tasviri signali nisbatiga aytiladi.

$$W(p)=\left.\frac{y(p)}{x(p)}\right|_{t=0}=\frac{b_0p^m+b_1p^{m-1}+...+b_{m-1}p+b_m}{a_0p^n+a_1p^{n-1}+...+a_{n-1}p+a_n}. \quad (2.9)$$

yoki

$$W(p)=\frac{K(p)}{D(p)},$$

bu yerda $K(p)=b_0p^m+b_1p^{m-1}+...+b_{m-1}p+b_m$ - m darajali ko'phad;

$D(p)=a_0p^n+a_1p^{n-1}+...+a_{n-1}p+a_n$ - n darajali ko'phad.

Odatdagi differensial tenglamalar bilan yoziluvchi real elementlar uchun (2.9) tenglama suratidagi ko'phad darajasi maxrajidagi ko'phad darajasidan kichik yoki teng bo'lishi kerak, ya'ni $m \le n$ shart bajarilishi kerak. Uzatish funksiyasining barcha koeffitsiyentlari – element parametrlarini tavsiflovchi haqiqiy sonlardir.

Tartibi yuqori bo‘lmagan (n<3) uzatish funksiyasi bilan yoziluvchi elementlar uchun *standart formada* uzatish funksiyasini yozish qabul qilingan. Shuning uchun uzatish funksiyasi shunday yoziladiki, maxrajining erkin hadlari a_n birga teng bo‘lsin [12,18,20]. Suratining erkin hadlari b_m uzatish koeffitsiyentiga teng bo‘ladi va uni qovusdan tashqariga chiqaziladi

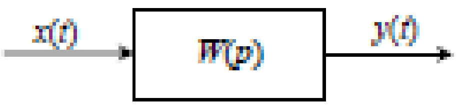
$$W(p)=\frac{k(b_0^{*}p^{m}+b_1^{*}p^{m-1}+\ldots+b_{m-1}^{*}p+1)}{a_0^{*}p^{n}+a_1^{*}p^{n-1}+\ldots+a_{n-1}^{*}p+1},\ \text{bu yerda}\ k=\frac{b_m}{a_n}.$$

Uzatish funksiyasi bir necha kompleks o‘zgaruvchi $p=\alpha\pm j\beta$ funksiya hisoblanadi. O‘zgaruvchi p ning qiymatlari uzatish funksiyasi nolga aylansa, *nollari* deyiladi, cheksizga aylansa uzatish funksiyasining *qutblari* deyiladi. Boshqacha qilib aytganda, uzatish funksiyasining sur’at ildizlari uzatish funksiyasining *nollari*, maxraj ildizlari esa uzatish funksiyasining *qutblari* deyiladi.

(2.9) tenglamaga muvofiq zveno yoki tizimning chiqish signalini quyidagicha yozish mumkin:

$$y(p)=W(p)\cdot x(p). \tag{2.10}$$

Endi zveno yoki tizimning uzatish $W(p)$ funksiyasi bilan o‘tkinchi funksiyasi $h(t)$ hamda impulsli o‘tkinchi funksiyasi $\omega(t)$ orasidagi bog‘lanishni ko‘rib chiqamiz (2.9-rasm).



2.9-rasm.

a) Agar kirish signali $x(t)=1(t)$ bo‘lsa, unda uning Laplas tasviri $x(t)=\frac{1}{p}$ bo‘ladi. (2.10) formulaga muvofiq chiqish signalining Laplas tasviri $y(p)=W(p)\cdot\frac{1}{p}$ ga teng bo‘ladi. Bundan originalga o‘tsak $y(t)=h(t)=L^{-1}\left\{W(p)\cdot\frac{1}{p}\right\}$ bo‘ladi.

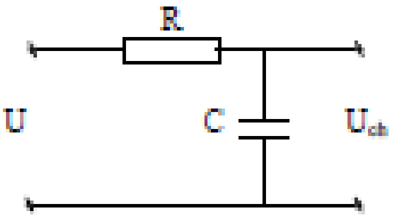
Demak, o‘tkinchi funksiya $h(t)$ bilan uzatish funksiyasi $W(p)$ bir ma’noli bog‘langan ekan.

b) Agar $x(t)=\delta(t)$ bo‘lsa, unda $x(p)=1$ bo‘ladi. (2.10) formulaga muvofiq chiqish signalining Laplas tasviri $y(p)=W(p)$ bo‘lib, uning originali impulsli o‘tkinchi funksiyasi bo‘ladi, ya’ni $y(t)=\omega(t)=L^{-1}\{W(p)\}$.

Demak, impulsli o‘tkinchi funksiya $\omega(t)$ uzatish funksiyasining originali ekan.

Endi uzatish funksiyasining mohiyatini aniq misolda ko‘rib chiqamiz [21-23].

2.1-misol. RC zanjiri berilgan bo‘lsin (2.10-rasm). Ushbu zanjirining uzatish funksiyasi $W(p)$ni toping.



2.10-rasm.

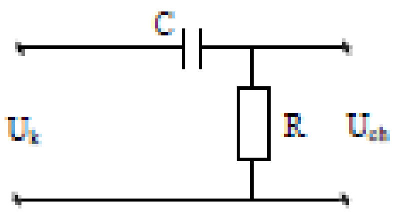
Yechish:

$$U_k(p)=R+\frac{1}{pC};\quad U_{ch}(p)=\frac{1}{pC};$$

$$W(p)=\frac{U_{ch}(p)}{U_k(p)}=\frac{\frac{1}{pC}}{R+\frac{1}{pC}}=\frac{1}{RCp+1}=\frac{1}{Tp+1},$$

bu yerda, $T=RC$ – vaqt doimiyligi.

2.2-misol. RC zanjiri berilgan bo‘lsin (2.11-rasm). Ushbu zanjirning uzatish funksiyasi $W(p)$ni toping.



2.11-rasm.

Yechish:

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

$$U_{ch}(p)=R;$$

$$W(p)=\frac{U_{ch}(p)}{U_k(p)}=\frac{R}{\frac{1}{pC}+R}=\frac{RCp}{1+RCp}=\frac{Tp}{1+Tp},$$

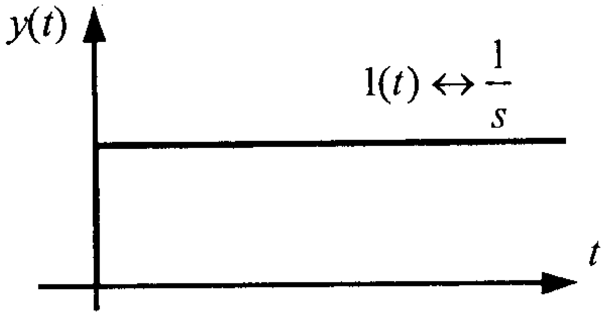
bu yerda, $T=RC$ – vaqt doimiyligi.

Nazorat savollari

1. Statik va dinamik modellarni tushuntiring.
2. Chiziqlantirish deb nimaga aytiladi va qanday usullari mavjud?
3. Avtomatik boshqarish tizimlarida foydalanadigan qanday asosiy (tipik) kirish signallarini bilasiz?
4. O‘tkinchi xarakteristika deb nimaga aytiladi?
5. Impulsli signal (funksiya) ni tushuntiring.

6-MAVZU
Tizimning o`tish xarakeristikasi. O`tish jarayoni.

Biz tizimning barqaror (statik) va noturg'un (dinamik) ishlash rejimlari tushunchalarini amalga oshiramiz, = 1 (r) bo'lgan maxsus holatni ko'rib chiqamiz.



6.1-rasm. Kirish pog`onali ta’sir

Boshqariladigan qiymatning og'ishi ta'sirlarning turiga, ularning qo'llanilish joyiga (boshqacha bo'lishi mumkin) bog'liq bo'lganligi sababli, odatda ma'lum avtomatik tizimlarni ko'rib chiqishda ma'lum bir tizim uchun eng xarakterli y (/) ta'sirlarni o'rnatish kerak.

Boshqacha qilib aytganda, odatda real sharoitda kirish signali qanday bo'lishi oldindan ma'lum bo'lmaganligi sababli, sifatni tahlil qilishda ba'zi bir sinov kirish harakati tanlanadi. Ushbu yondashuv oqlanadi, chunki tizimning odatdagi kirish signaliga bo'lgan munosabati va uning haqiqiy ish sharoitida o'zini tutishi o'rtasida bog'liqlik mavjud. Bundan tashqari, odatdagi ta'sirdan foydalanish ishlab chiquvchiga yaratilayotgan tizimning bir nechta variantlarini solishtirishga imkon beradi. Bundan tashqari, ko'plab boshqaruv tizimlari ish paytida tashqi ta'sirlarga duchor bo'ladi, ular tashqi ko'rinishida sinov signallariga juda yaqin. Odatda, bunday sinov effekti y (/) = 1 (/) sakrash shaklidagi effekt sifatida qabul qilinadi, bu ko'p hollarda eng noqulay hisoblanadi. Agar bu holda chiqish signali ma'lum shartlarni qondiradigan bo'lsa, unda ko'pincha ularni boshqa xarakterli ta'sirlar ostida ularni ko'proq qondiradi deb taxmin qilish mumkin.

Bosqich signallarga misol qilib yukni to'kish yoki ortish, ikki motorli samolyotga yo'naltirilgan avtopilot tizimidagi dvigatelning ishlamay qolishi kiradi.

Odatda 5-funktsiya (delta funktsiyasi) sifatida ko'rsatilishi mumkin. Masalan, samolyot traektoriyasiga perpendikulyar ravishda harakatlanadigan havo oqimiga to'satdan samolyot kirib kelishi.

Servo tizimlarni o'rganayotganda odatdagi boshqarish harakati polinom bo'lishi mumkin:

$$y(t) = y_0 + y_1 t + y_2 t^2 + \ldots + y_l t^l, \quad t > 0.$$

Ba'zi hollarda odatdagi zarba murakkab shaklda bo'lishi mumkin, masalan, radar antennasini nazorat qilish tizimlarini o'rganishda quyidagi funktsiyadan foydalaniladi:

$$X(s) = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \ldots + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \ldots + a_0} \cdot \frac{1}{s} = \frac{A(s)}{s B(s)}.$$

Rasmga (1.63) mos keladigan chiqish signali shaklga ega.

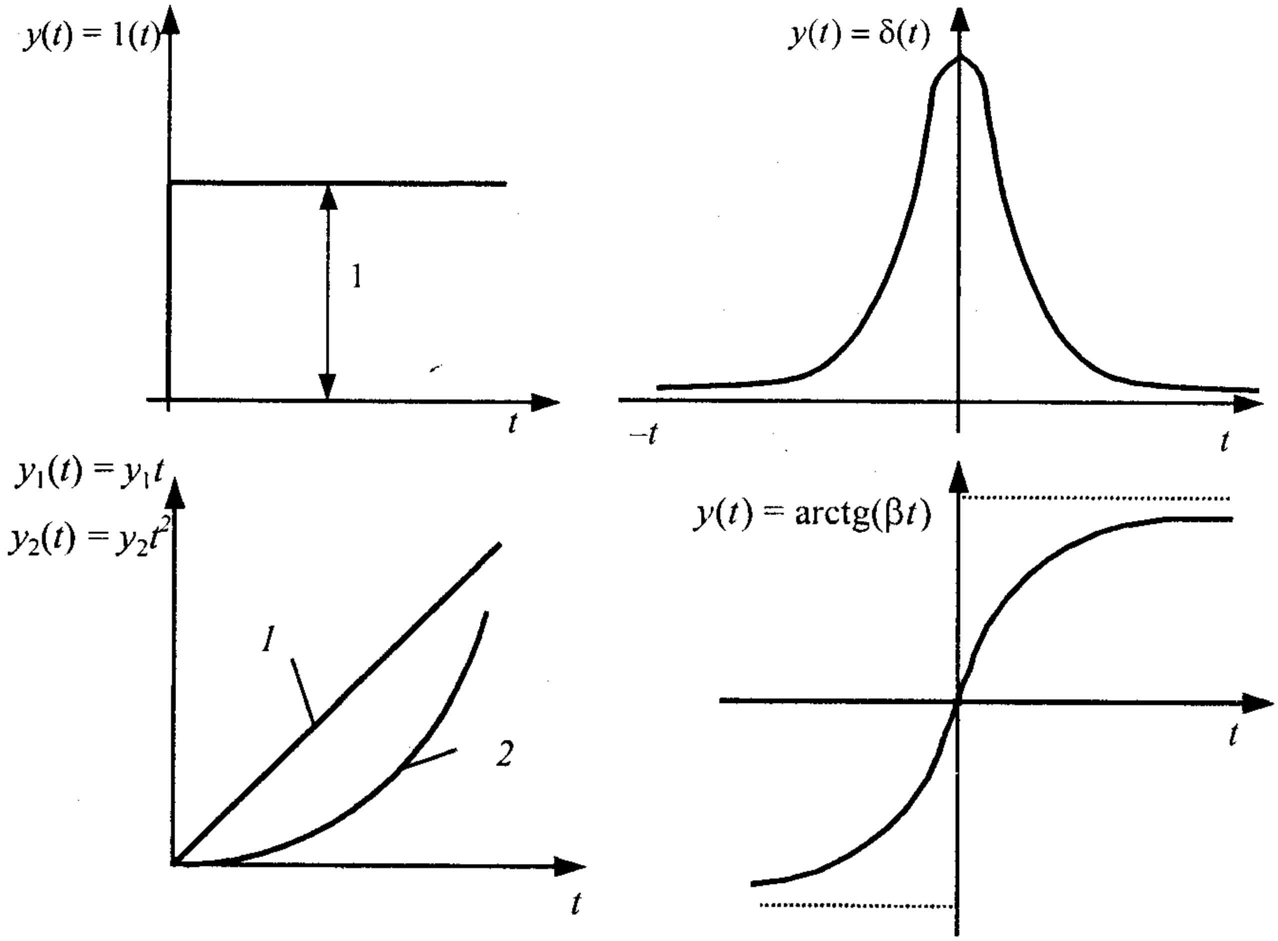
$$x_{\text{в}}(t) = C_0 e^{s_0 t} + C_1 e^{s_1 t} + C_2 e^{s_2 t} + \ldots + C_n e^{s_n t},$$

bu erda 51552, ..., 5 „5 (n) = 0 tenglamaning ildizlari (tizimning qutblari); rao = 0 - y (r) = 1 (r) harakati natijasida hosil bo'lgan nol ildiz.

Keyinchalik, (1.64) bog'liqlik bilan aniqlangan xv (r) chiqish signalining tuzilishini ko'rib chiqing. Biz (1.64) ni qayta yozamiz

$$x_{\text{в}}(t) = C_0^y 1(t) + C_1^w x_1(t) + C_2^w x_2(t) + \ldots + C_n^w x_n(t),$$

bu yerda $\Phi(t) = \left\{ x_k(t) : \; k = \overline{1,n} \right\}$ - yopiq ABT ning asosiy boshqaruv tizimi.



6.2-rasm. Ta’sirlarning grafik ko`rinishi

Agar 8}, 82, ..., 8n xarakterli tenglamaning ildizlari haqiqiy sonlar bo'lsa va ular orasida teng sonlar bo'lmasa, u holda qutblarning har biri xv (f) signalidagi munosabat bilan aniqlangan komponentga mos keladi.

$$x_i(t) = e^{s_i t}, \quad i = \overline{1, n},$$

va natijada

$$x_{\text{в}}(t) = C_0^y 1(t) + \sum_{\nu=1}^{n} C_\nu^w e^{s_\nu t},$$

bu yerda

$$C_0^y = \frac{A(0)}{B(0)}, \quad C_\nu^w = \frac{A(s_\nu)}{s_\nu B'(s_\nu)}, \quad \nu = \overline{1, n}.$$

7-MAVZU
Impulsli o`tish xarakteristikasi.

Misol sifatida o'zgarmas tokni ulashni keltirish mumkin.

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

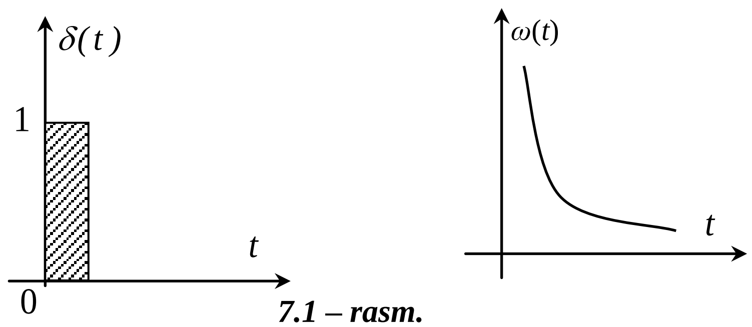
Pog'onali signal Laplas tasviri $L\{A\cdot 1(t)\} = A\dfrac{1}{p}$;

1. *Impul'sli signal (funkciya).*

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

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

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



7.1 – rasm.

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

Sistema yoki zvenoning birlik impulьsli funkciyadan olingan reyakciyaga *impulьsli o'tkinchi xarakteristika* yoki *vazn funkciyasi* deyiladi va $\omega(t)$ bilan belgilanadi.

2. *Garmonik (sinusoidal) signal (funkciya).*

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

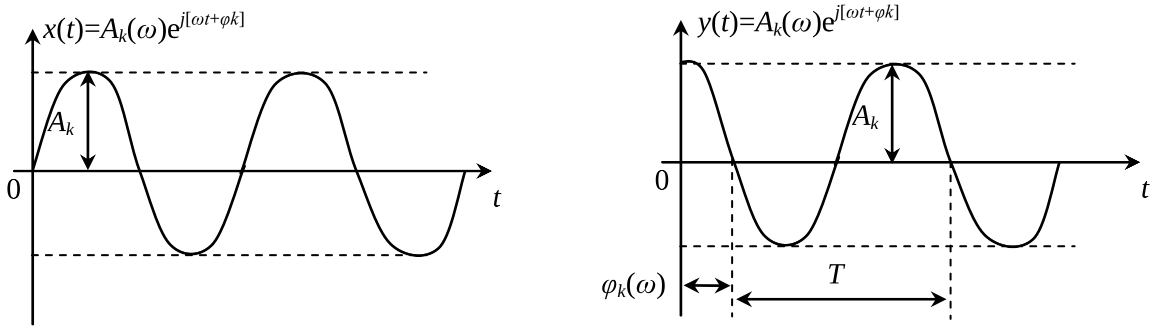
$x(t) = A_k(\omega)\sin(\omega t + \varphi_k(\omega))$;

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

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

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

CHiziqli stacionar 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.



7.2 – rasm.

Sistema yoki zvenoning garmonik signaldan olingan reakciyasiga *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.

8-MAVZU
Chiziqli statsionar tizimlarning chastotali xarakteristikasi.

CHiziqli stacionar sistemalarni tasvirlashda chastotali xarakteristikalar juda muhim rolь œynaydi. Bir o'lchamli chiziqli stacionar sistemaning umumiy ko'rinishdagi operator tenglamasini quyidagicha ifodalash mumkin:

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

Uzatish funkciyasining ta'rifiga ko'ra

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

$W(j\omega)$ funkciyaning uzatish funkciyasi $W(p)$ dan $p = j\omega$ bilan almashtirish orqali olinadi va *chastotaviy uzatish funkciyasi* deyiladi

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

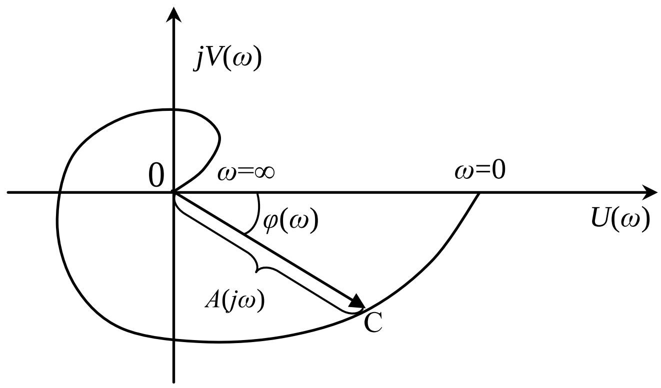
CHastotaviy uzatish funkciya $W(j\omega)$ chatota deb ataluvchi haqiqiy o'zgaruvchi «ω» ga bog'liq bo'lgan kompleks funkciyadir.

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

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

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

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

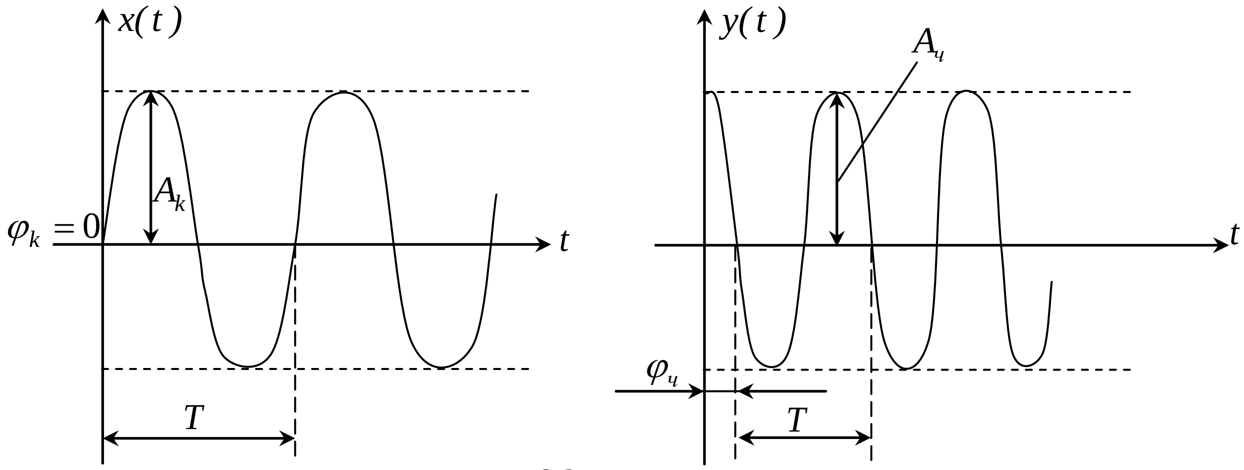


8.1 – rasm.

Kompleks tekisligida $W(j\omega)$ funkciyasini $\overrightarrow{OC}$ vektor orqali ifodalash mumkin. Bu vektorning uzunligi chastotali uzatish funkciyasining amplitudasi «*A*»ga vektorning haqiqiy musbat œq bilan xosil qilgan burchagi fazasi «φ»ga teng bœladi (1-rasm).

CHastota noldan chiksiz (0<ω<∞) oraliqda œzgarganda $\overrightarrow{OC}$ vektorning kompleks tekisligida chizgan egri chizig'iga *amplituda-fazali xarakteristika* (AFX) deyiladi, yoki boshqa qilib aytganda AFX deb kompleks tekisligida chastotaning œzgarishiga qarab amplituda va fazaning œzgarishiga aytish mumkin.

CHastotali uzatish funkciyasining *amplitudasi* chiqish signalining amplitudasini kirish signalining amplitudasiga nisbatan necha marotaba kattaligini kœrsatadi. CHastotali uzatish funkciyasining moduli amplitudasini beradi, ya'ni $A(\omega) = \mathrm{mod} W(j\omega) = \frac{A_ч(\omega)}{A_k(\omega)}$; chastotali uzatish funkciyasining argumenti chiqish va kirish signallari orasidagi burchak siljishini kœrsatadi, ya'ni $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega)$;



8.2 – rasm.

$$W(j\omega) = \frac{y(j\omega)}{x(j\omega)} = \frac{A_ч(\omega)e^{j[\omega t+\varphi_ч]}}{A_к(\omega)e^{j[\omega t+\varphi_к]}} = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

$A(\omega)$ - kuchaytirishning amplitudasi

$$A(\omega) = \frac{A_{чик}(\omega)}{A_{кир}(\omega)};\ \varphi(\omega) = \varphi_{чик} - \varphi_{кир}\,.$$

$W(j\omega)$ - amplituda fazaviy xaraketistika (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).

9-MAVZU
Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalari. Kuchaytiruvchi, integral va apperiodik bo`g`inlar.

REJA:
1. Kuchaytiruvchi (proporsional, inersiyasiz) zveno.
2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.
3. Integrallovchi zveno.

Boshqarish nuqtayi nazaridan avtomatik tizimlar va ularning tarkibiy zvenolari o‘zlarining statik va dinamik xarakteristikalariga ko‘ra sinflanadi. Bunday sinfiy chiqish va kirish kattaliklarining turg‘unlash magan rejimda vaqt funksiyasidagi bog‘lanishiga asoslangan. Tadqiq qilinayotgan avtomatik tizimlarning dinamik xarakteristikalari oldindan ma’lum bo‘lgan va bir-biri bilan bog‘langan elementar (yoki tipik) zvenolar shaklida keltiriladi. Quyidagi uchta talabni qanoatlantiradigan zveno shartli ravishda elementar zveno deyiladi: 1) zvenoning differensial tenglamasi ikkinchi tartibdan yuqori bo‘lmasligi shart; 2) zveno detektorlash qobiliyatiga ega bo‘lib, signallarni bir yo‘nalishda – kirishdan chiqishga tomon o‘tkazishi kerak; 3) zvenoga boshqa zvenolar ulanganda, u o‘zining dinamik xususiyatlarini o‘zgartirmasligi lozim.

Avtomatik boshqarish tizimlarining 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. Elementar zvenolarning xarakteristikalarini tahlil qilish uchun standart shaklda yozilgan dinamik tenglamalar ishlatiladi.

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:
1. Kuchaytiruvchi (proporsional, inersiyasiz) zveno.
2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.
3. Integrallovchi zveno.
4. Differensiallovchi zveno.
5. Tebranuvchi zveno.
6. Tezlatuvchi zveno.
7. Kechikuvchi zveno.

1. Kuchaytiruvchi (proporsional, inersiyasiz) zveno. Agar zveno tizimga kechikish va boshqa xatolar kiritmay faqat kirishga berilgan signalning masshtabini o‘zgartirsa, bu zveno *kuchaytiruvchi* (proporsional, inersiyasiz) zveno deyiladi. U statikaning algebraik tenglamasi orqali ifodalanadi:

$$y = K \cdot x$$

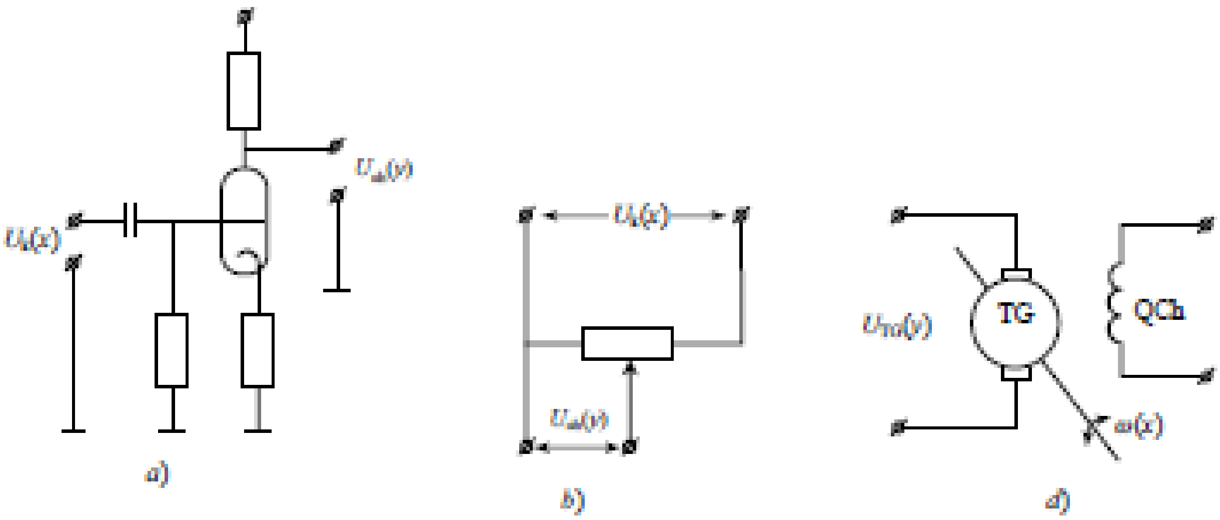
bu yerda, y – zvenoning chiqish kattaligi; K – zvenoning kuchaytirish koeffitsiyenti; x – zvenoning kirish kattaligi.

Kuchaytiruvchi zveno dinamikasining tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$y(t) = K \cdot x(t). \qquad (2.15)$$

Bunday zvenoning chiqishidagi kattalik kirishidagi kattalikka nisbatan proporsional ravishda oʻzgaradi.

Bu zvenoga elektron kuchaytirgich, potensiometr, taxogenerator kabi elementlar misol boʻla oladi (2.17-rasm.)



2.17-rasm. Elektron kuchaytirgich (a); potensiometr (b); taxogenerator (d), bu yerda «ω» oʻqning aylanish tezligi.

(2.15) tenglamaga Laplas almashtirishlarini kiritamiz

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

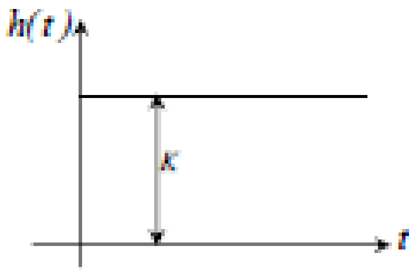
bundan

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

Shunday qilib, proporsional zvenoning uzatish funksiyasi kuchaytirish koeffitsiyenti «K» ga teng boʻladi.

Uzatish funksiyasi orqali zveno yoki tizimning vaqt xarakteristikalarini aniqlash mumkin

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



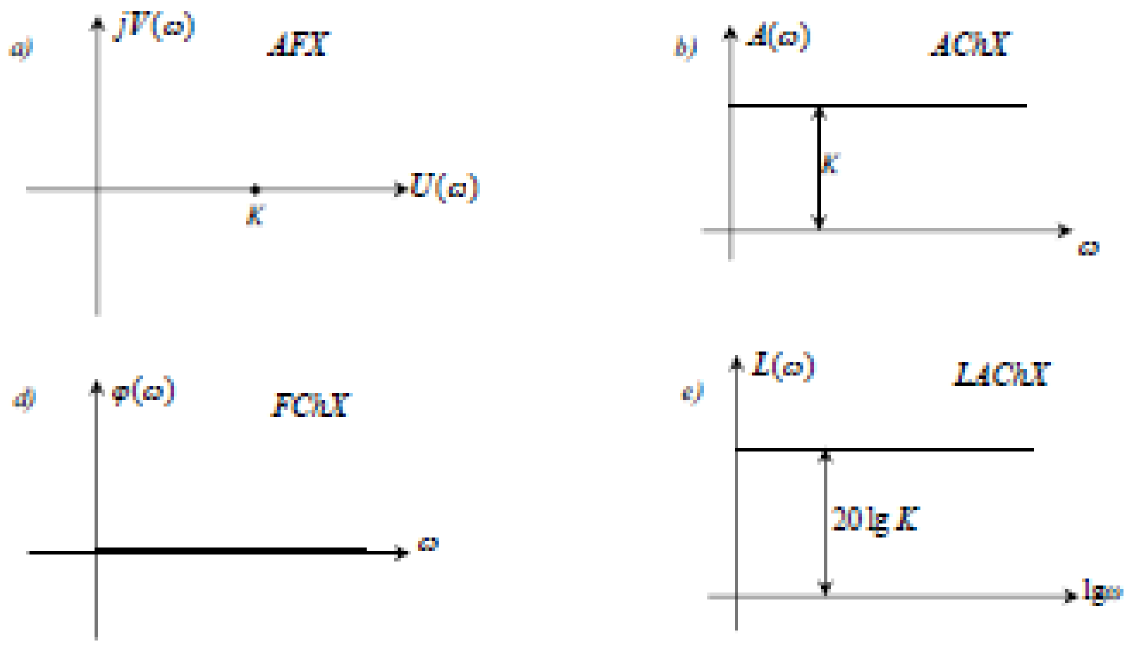
2.18-rasm. Vaqt xarakteristikasi.

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

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

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

Kuchaytiruvchi zveno berilgan signallarga faza siljishlarini kiritmaydi va barcha chastotali signallarni ravon o‘tkazadi. AFX ning gadografi (2.19-rasm) kompleks teksligidagi haqiqiy o‘qda boshlang‘ich koordinatalardan K masofaga kechikkan nuqta bilan ifodalanadi. Zvenoning $A(\omega)$ amplituda-chastota xarakteristikasi – chastotalar o‘qidan $A(\omega)=K$ miqdorga kechikkan to‘g‘ri chiziqdir.



2.19-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (d); logarifmik amplituda chastotali (e) xarakteristikalar.

10-MAVZU

Elementar bo`g`inlar va ularning xarakteristikalari: differentsiallovchi va kechikuvchi bo`g`inlar.

4. Differensiallovchi zveno.
5. Tebranuvchi zveno.
6. Tezlatuvchi zveno.
7. Kechikuvchi zveno.

Ideal differenciallovchi zveno. Bu zveno

$$y(t) = K \cdot \frac{dx}{dt}, \qquad (10.1)$$

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

(10.1) tenglamani Laplas bo'yicha o'zgartirib, zvenoning uzatish funkciyasini aniqlaymiz

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = Kp. \qquad (10.2)$$

Bunda o'tkinchi $h(t)$ va impulьsli o'tkinchi $\omega(t)$ funkciyalarni aniqlaymiz

$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p)\frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{Kp \cdot \frac{1}{p}\right\} = K \cdot \delta(t) \qquad (10.3)$$

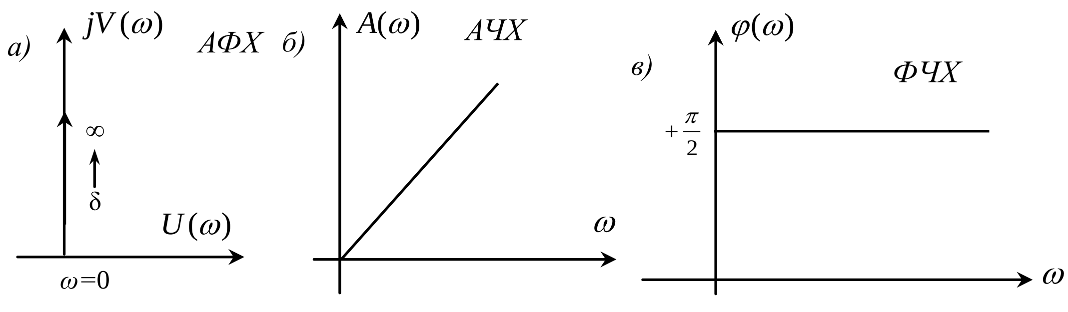
$$\omega(t) = h'(t) = K \cdot \delta(t) \qquad (10.4)$$

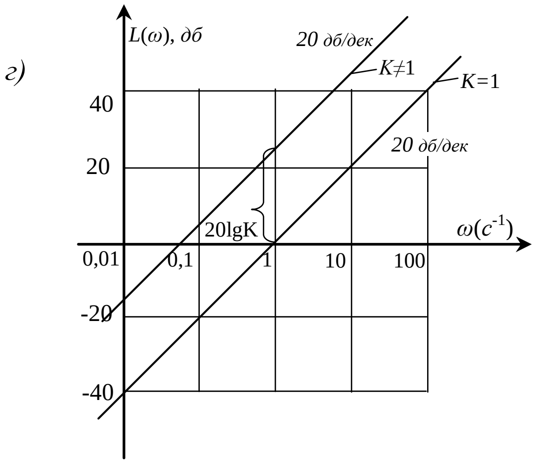
(10.2) ifodada «p» ni «$j\omega$» bilan almashtirib chastotali uzatish funciyasini

$$W(j\omega) = K \cdot j\omega = K \cdot \omega e^{j\frac{\pi}{2}} \qquad (10.5)$$

hamda chastotali xarakteristikalarini aniqlaymiz (10.1-rasm). Unda $A(\omega) = K\omega$ – amplituda chastotali funkciya; $\varphi(\omega) = \frac{\pi}{2}$ – faza chastotali funkciya; $L(\omega) = 20\lg A(\omega) = 20\lg K + 20\lg \omega$ – logarifmik amplituda chastotali funktsiya.

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 ω=1 va $L(\omega) = 20\lg K$ bo'lgan nuqtadan o'tgan to'g'ri chiziqdir. SHuning uchun $L(\omega)$ xarakteristikasining og'ishi +20db/dek (plyus 20decebell bir dekadaga deb o'qiladi).





10.1-rasm. ***Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v); logarifmik amplituda chastotali (g) xaraketistikalar.***

Tebranuvchi zveno. Bu zveno ikkinchi tartibli tenglama bilan ifodalanadi.

$$y(t) + 2\xi T\frac{dy}{dt} + T^2\frac{d^2y}{dt^2} = K\cdot x(t) \qquad (10.6)$$

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

Bu holda $1 + 2\xi pT + p^2T^2 = 0$ 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, renonans 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.

(10.6) tenglamani Laplas tasviri bo'yicha

$$y(p) + 2p\xi Ty(p) + T^2p^2y(p) = Kx(p) \qquad (10.7)$$

zvenoning funkciyasi aniqlanadi.

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{1 + 2\xi pT + p^2T^2} \qquad (10.8)$$

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

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

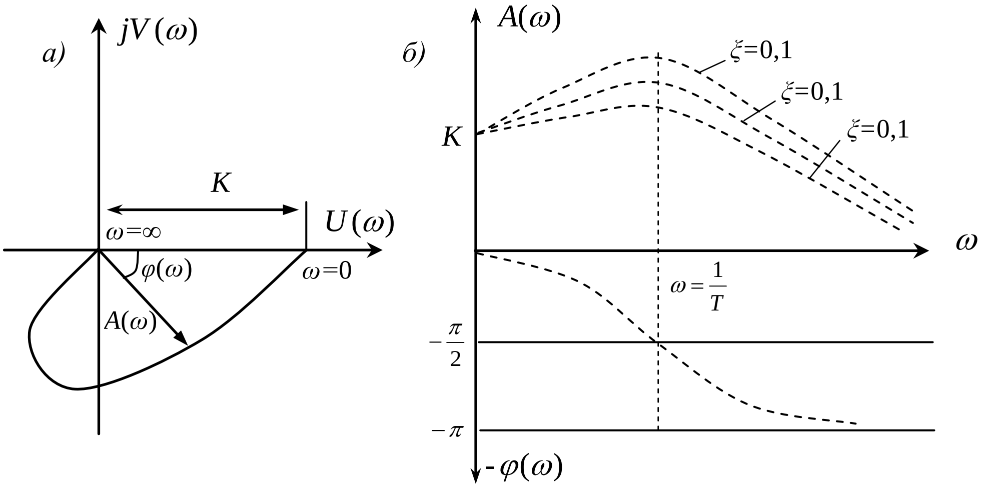
$$U(\omega) = \frac{K(1-\omega^2T^2)}{(1-\omega^2T^2)^2 + 4\xi^2\omega^2T^2}$$ – haqiqiy qism;

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

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

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

10.2-rasmda tebranuvchi zvenoning chastotali xarakteristikalari keltirilgan.

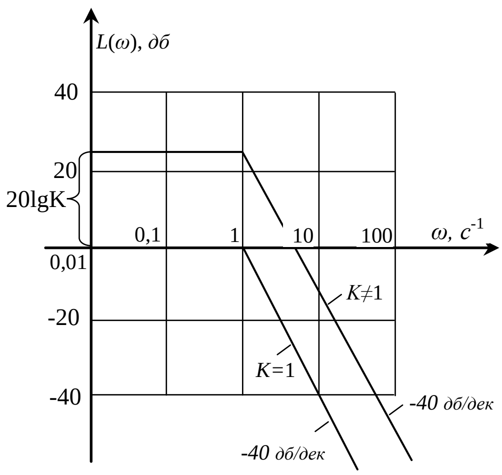


10.2-rasm. ***a) Amplituda fazali; b) amplituda chastotali va faza chastotali xaraktristikalar***

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

$$L_a(\omega)=\begin{cases}20\lg K, & \omega T\le 1 \;\; \text{ёки} \;\; \omega\le\dfrac{1}{T} \;\; \text{булганда;}\\[2mm] 20\lg K-40\lg\omega T, & \omega T>1 \;\; \text{ёки} \;\; \omega>\dfrac{1}{T} \;\; \text{булганда.}\end{cases}$$

tutash chastota $\omega=\dfrac{1}{T}$ gacha bu zvenoning LACHX si abscissa o'qi bilan mos tushadi, undan keyin -40 db/dek og'ishga ega bo'ladi (10.3-rsam).



10.3-rasm.

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

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

$$\omega T=1; \qquad \varphi(\omega)=-90^0$$

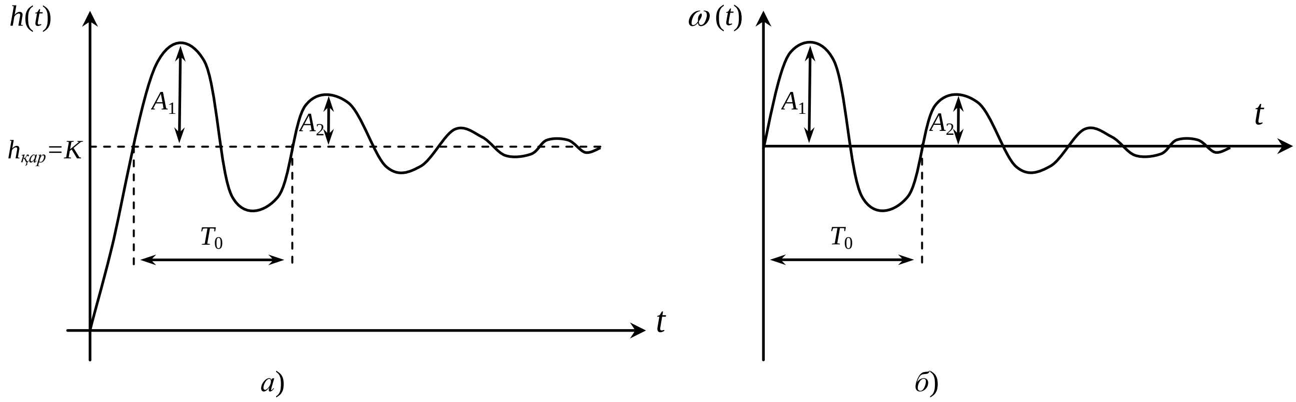
$$\omega T=\infty; \qquad \varphi(\omega)=-\pi$$

tebranuvchi zvenoning o'tkinchi funkciyasi

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

bu erda $\alpha = \dfrac{\xi}{T}$; $\beta = \dfrac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}$; $\varphi_0 = arctg\dfrac{\sqrt{1-\xi^2}}{d}$; impulьsli o'tkinchi (vazn) xarakteristikasi $\omega(t) = h'(t) = \dfrac{K(\alpha^2+\beta^2)}{\beta}e^{-\alpha t}\sin\beta t$ ga teng.

10.4-rasmda tebranuvchi zvenoning vaqt xarakteristikalari keltirilgan.



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

11-MAVZU

Turg`unlik tushunchasi. A.M.Lyapunov bo`yicha turg`unlik masalasining umumiy qo`yilishi.

Reja:

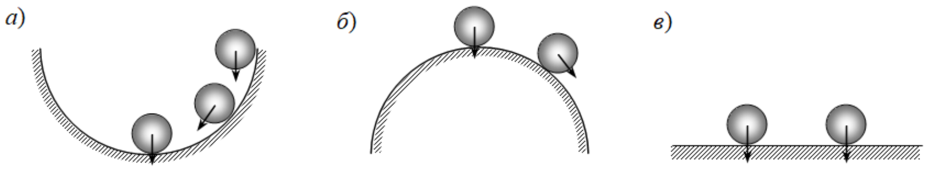
1. Turg'unlik tushunchasi. A.M.Lyapunov bo`yicha turg'unlik masalasining umumiy qo`yilishi.
2. Birinchi yaqinlashish bo`yicha turg'unlik harakatihaqidagi A.M.Lyapunov teoremasi.
3. CHiziqli avtomatik boshqarish sistemasining turg'unlik sharoitlari.

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.

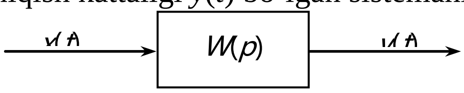
Agarda har qanday cheklangan kirish kattaligining absolyut qiymatida chiqish kattaligi ham cheklangan qiymatga ega bo`lsa, bunday sistema *turg'un* deb yuritiladi (14.1-rasm.).



11.1-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 harakatihaqidagi 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 (11.2-rasm).



11.2-rasm.

Sistemaning xarakat tenglamasini umumiy ko`rinishda quyidagicha yozish mumkin:

$$a_0\frac{d^n y}{dt^n}+a_1\frac{d^{n-1}y}{dt^{n-1}}+...+a_n y(t)=b_0\frac{d^m x}{dt^m}+b_1\frac{d^{m-1}x}{dt^{m-1}}+...+b_m x(t)\,. \qquad (11.1)$$

Sistemaningturg'un yoki noturg'unligini ko`rish uchun (1) tenglamaning echimini aniqlash kerak bo`ladi.

$$y(t)=y_э(t)+y_м(t)\,, \qquad (11.2)$$

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

$t\to\infty$ bo`lganda $y_э(t)\to 0$ (11.3)

bo`lishi sistemaning turg'unligini ifodalaydi.

Agar (11.3) shart bajarilsa, unda sistema turg'o`n bo`ladi. (11.1) tenglamaning o`tkinchi (erkin) tashkil etuvchisi $y_e(t)$

$$a_0\frac{d^n y}{dt^n}+a_1\frac{d^{n-1}y}{dt^{n-1}}+...+a_n y(t)=0 \qquad (11.4)$$

tenglamaning echimini ifodalaydi.

Bu tenglamadan ko`rinib turibdiki, uning echimi (11.1) tenglamaning o`ng tomonidagi b_i koeffitsientga va $x(t)$ funktsiyaning o`zgarish xarakteriga bog'liqemas ekan. (11.3) shartga ko`ra, sistemaning turg'unligi yoki noturg'unligi koeffitsientlar $b_i$va kirish kattaligi $x(t)$ funktsiyaga bog'liqemas ekan

Demak, istsemaning turg'unligi uning ichki xususiyati bo`lib, unga ta`sir etuvchi signallarga bog'liqemas.

(11.4) tenglamaning echimini aniqlash uchun xarakteristik tenglamani olamiz:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + ... + a_n = 0, \qquad (11.5)$$

bu erda p_1, p_2, …, p_n – (14.5) xarakteristik tenglamaning ildizlari bo`lib, ular xar xil bo`lsin, unda (11.4) tenglamaning echimini quyidagi ko`rinishda ko`rsatish mumkin:

$$y_э(t) = \sum_{i=1}^{n} c_i e^{p_i t} \qquad (11.6)$$

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 funktsiyasi $W(p)$ ning hamma qutblari haqiqiy qismining manfiy ishoraga ega bo`lishi uning turg'un bo`lishining zarur va etarli sharti hisoblanadi.

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

Ochiqsistema uchun

$$W(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}. \qquad (11.7)$$

Ochiqsistema uzatish funktsiyasining xarakteristik tenglamasi $Q(p)$=0 ning ildizlari haqiqiy qismining manfiy bo`lishi ochiqsistemaning turg'o`n bo`lishining etarli va zarur shartidir.

Berk sistema uchun

$$\Phi(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)} = \frac{\frac{P(p)}{Q(p)}}{1+\frac{P(p)}{Q(p)}} = \frac{P(p)}{Q(p)+P(p)} = \frac{B(p)}{A(p)}, \qquad (11.8)$$

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

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

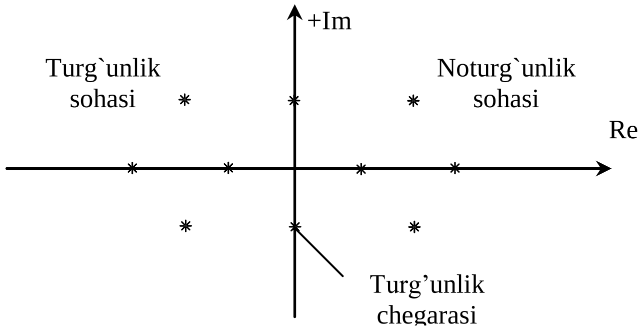
Turg'unlikning bu sharti A.M.Lyapunov tomonidan nochiziqli sistemalarning chiziqlantirilgan tenglamalari uchun isbotlandi va qo`llanildi. Quyida bu teoremani isbotsiz keltiramiz:

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 tadqiqetish uining xarakteristik tenglamasi ildizlarining ishorasini aniqlashdan, ya`ni xarakteristik tenglama ildizlarini kompleks tekisligida mavhumo`qqa nisbatan qanday joylashganligini aniqlashdan iborat ekan.



Kompleks tekisligida xarakteristik tenglama ildizlarining mavhumo`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) Turg’unlikning logarifmik mezoni.

3) D – bo`linish usuli.

Nazorat savollari

1. ABTning turg‘unligi deganda nimani tushunasiz?

2. Chiziqli ABTning turg‘unligini yetarli va zaruriy shartlarini tushuntiring.

3. Chiziqli ABTning turg‘unligi to‘g‘risidagi Lyapunov teoremasini ayting?

4. Turg‘unlik mezonlari deb nimaga aytiladi?

12-MAVZU
Turg`unlikning algebraik mezonlari. Raus turg`unlik mezoni.

Reja:
1. CHiziqli avtomatik boshqarish sistemasining turg`unlik sharoitlari.
2. Turg`unlikning algebraik mezonlari. Raus turg`unlik mezoni.

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

Turg’unlikning algebraik mezoni xarakteristik tenglamanin g koeffitsientlari orqali sistemaning turg’unligi haqida fikr yuritish imkonini beradi.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + ... + a_n = 0 \qquad (12.1)$$

Turg’unlikning algebraik mezonidan Raus va Gurvits mezonlari eng ko`p qo`llaniladi.

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

$$a_0 > 0, \;\; a_i > 0, \;\; ..., \; a_n > 0 \qquad (12.2)$$

Raus va Gurvits mezonlari matematik jihatdan ekvivalentdir.

Raus turg’unlik mezoni.

Rausning turg’unlik mezoni 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_3a_3	s_{23}=a_4-r_3a_5	s_{33}=a_6-r_3a_7	……
$r_4 = \frac{a_1}{a_{12}}$	4	s_{14}=a_3-r_4a_{23}	s_{24}=a_5-r_4a_{33}	s_{34}=a_7-r_4a_{43}	……
$r_5 = \frac{a_{13}}{a_{14}}$	5	s_{15}=c_{23}-r_5s_{24}	s_{25}=c_{33}-r_5s_{34}	s_{35}=c_{43}-r_5s_{44}	……
……	…	……	……	……	……
$r_i = \frac{a_{1,i-2}}{a_{1,i-1}}$	i	$s_{1,i}$=$c_{2,i\text{-}2}$-$r_is_{2,\,i\text{-}1}$	$s_{2,i}$=$c_{3,i\text{-}2}$-$r_is_{3,\,i\text{-}1}$	$s_{3,i}$=$c_{4,i\text{-}2}$-$r_is_{4,\,i\text{-}1}$	……

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

Jadvalning qolgan har bir koeffitsientlari quyidagicha topiladi.

$$c_{n,i} c_{n+1,\, i-2} - r_i c_{n+1,\, i-1}\,, \qquad (12.3)$$

bu erda

$$r_i = c_{1,i-2} / c_{1,i-1}\,. \qquad (12.4)$$

(12.3) va (12.4) tenglamalarda n – indeks jadvaldagi ustunni nomerini i – indeksi esa qator nomerini bildiradi.

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

Raus jadvalini to`ldirgandan so`ng usistema 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 $a > o$ bulganda

$$c_{11} = a_0 > 0;\ c_{12} = a_1 > 0;\ \dots;\ a_{i,n+1} > 0\,, \qquad (12.5)$$

shart va etarlidir.

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

Misol. Xarakteristik polinomi

$$D(p) = 0{,}104p^7 + 0{,}33p^6 + 5{,}5p^5 + 15{,}5p^4 + 25p^3 + 25p^2 + 19{,}7p + 9{,}5$$

bo‘lgan tizimning Raus mezoni bo‘yicha turg‘unligini baholang.

Yechish: Raus mezoni bo‘yicha hisoblashda 12.2-jadval ko‘rinishida ifodalash qulaydir.

12.2-jadval

Parametrlar	$c_{11}=a_0$	$c_{21}=a_2$	$c_{31}=a_4$	$c_{41}=a_6$
	$c_{12}=a_1$	$c_{22}=a_3$	$c_{32}=a_5$	$c_{42}=a_7$
$r_1=c_{11}/c_{12}$	$c_{13}=c_{21}-r_1c_{22}$	$c_{23}=c_{31}-r_1c_{32}$	$c_{33}=c_{41}-r_1c_{42}$	$c_{43}=0$
$r_2=c_{12}/c_{13}$	$c_{14}=c_{22}-r_2c_{23}$	$c_{24}=c_{32}-r_2c_{33}$	$c_{34}=c_{42}-r_2c_{43}$	$c_{44}=0$
$r_3=c_{13}/c_{14}$	$c_{15}=c_{23}-r_3c_{24}$	$c_{25}=c_{33}-r_3c_{34}$	$c_{35}=c_{43}-r_3c_{44}$	$c_{45}=0$
…	…	…	…	…

Berilgan tizim uchun Raus jadvali 12.3-jadval ko‘rinishiga ega bo‘ladi

$$D(p) = \overset{a_0}{0{,}104}\,p^7 + \overset{a_1}{0{,}33}\,p^6 + \overset{a_2}{5{,}5}p^5 + \overset{a_3}{15{,}5}\,p^4 + \overset{a_4}{25}\,p^3 + \overset{a_5}{25}\,p^2 + \overset{a_6}{19{,}7}\,p + \overset{a_7}{9{,}5}$$

12.3-jadval

Parametrlar	$c_{11}=a_0=0{,}104$	$c_{21}=a_2=5{,}5$	$c_{31}=a_4=25$	$c_{41}=a_6=19{,}7$
	$c_{12}=a_1=0{,}33$	$c_{22}=a_3=15{,}5$	$c_{32}=a_5=25$	$c_{42}=a_7=9{,}5$
$r_1=0{,}315$	$c_{13}=0{,}6$	$c_{23}=17{,}1$	$c_{33}=16{,}7$	$c_{43}=0$
$r_2=0{,}55$	$c_{14}=6{,}0$	$c_{24}=15{,}8$	$c_{34}=9{,}5$	$c_{44}=0$
$r_3=0{,}1$	$c_{15}=15{,}52$	$c_{25}=15{,}75$	$c_{35}=0$	$c_{45}=0$
$r_4=0{,}386$	$c_{16}=9{,}7$	$c_{26}=9{,}5$	$c_{36}=0$	$c_{46}=0$
$r_5=1{,}6$	$c_{17}=0{,}55$	$c_{27}=0$	$c_{37}=0$	$c_{47}=0$
$r_6=0$	$c_{18}=9{,}5$	$c_{28}=0$	$c_{38}=0$	$c_{48}=0$

To‘ldirilgan Raus jadvalining (12.3-jadval) birinchi ustun koeffitsiyentlari musbat bo‘lgani uchun tizim turg‘undir.

13-MAVZU

Gurvits turg`unlik mezoni. L'enar-SHipar turg`unlik mezoni.

REJA:

1. Gurvits turg`unlik mezoni.

2. L'enar-SHipar turg`unlik mezoni.

Gurvits turg'unlik mezoni.

Bu mezon 1895 yilda nemis matematigi Gurvits tomonidan taklif qiligan.

Gurvits turg'unlik mezoniga muvofiq xarakteristik tenglamaning koeffitsientlaridan Gurvitsning bosh aniqlovchisi tuziladi:

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + ... + a_{n-1} p + a_n = 0 \tag{13.1}$$

Bunda quyidagi qoidalargaasosankoeffitsienta_0> 0 bo'lishike-rak:

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

2) bosh dioganalga nisbatan qatorlarning pastga tomon indekslari kamayuvchi, yuqoriga tomon indekslari o'sib boruvchi koeffitsientlar bilan to`ldiriladi;

3) indekslari noldan kichik qamda «n» dan katta bo`lgan koeffitsientlar o`rniga nollar yoziladi;

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

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

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \cdot & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \cdot & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \cdot & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \cdot & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & a_n \end{vmatrix}. \tag{13.2}$$

<u>Gurvits mezonining ta`rifi:</u>

Agarda $a_0 > 0$ bo`lib, Gurvitsning qamma aniqlovchilari noldan katta bo`lsa, u qolda sistema turg'un bo`ladi, ya`ni $a_0 > 0$ bo`lganda $\Delta_1 > 0$; $\Delta_2 > 0$; $\Delta_3 > 0 \cdots \Delta_n > 0$ bo`lishi kerak. $\Delta_n = a_n \cdot \Delta_{n-1}$ bo`lishi Gurvits aniqlovchisining 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 qolda, 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 qolatining 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 qolatining tebranma chegarasida bo`ladi (ya`ni xarakteristik tenglama juft mavqum 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) $n = 1, \quad a_0 p + a_1 = 0.$

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 koeffitsientlarining musbat bo'lishi etarlidir.

б) $n = 2, \quad a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0$.

Bunda turg'unlik shartlari quyidagicha bo'ladi:

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

Demak, ikkinchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistemalarning turg'un bo`lishi uchun xarakteristik tenglama koffitsentlarining musbat bo'lishi etarli shart qisoblanadi.

в) $n=3,\quad a_0p^3+a_1p^2+a_2p+a_3=0$

Turg'unlikning zaruriy shartlari:

$a_0>0$; $\Delta_1=a_1>0$; $\Delta_2=\begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}=a_1a_2-a_0a_3>0$; $\Delta_3=a_3\cdot\Delta_2>0$

SHunday qilib, uchunchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistema turg'un bo`lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsentlarining musbat bo'lishi etarli bo'lmay, bunda $(a_1a_2-a_0a_3)>0$ tengsizlikning bajarilishi zarur shart qisoblanadi.

g) $n=4,\quad a_0p^4+a_1p^3+a_2p^2+a_3p^2+a_4=0$

Turg'unlik shartlari:

$a_0>0$; $\Delta_1=a_1>0$; $\Delta_2=\begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}=a_1a_2-a_0a_3>0$;

$$\Delta_3=\begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}=a_1a_2a_3+0+0-0-a_0a_3^2-a_1^2a_4=a_3(a_1a_2-a_0a_3)-a_1^2a_4>0;$$

$\Delta_4=a_4\cdot\Delta_3$.

To'rtinchi tartibli tenglama bilan ifodalangan sistemalar turg'un bo`lishi uchun xarakteristik tenglama koeffitsentlarining musbat bo`lishidan tashqari yana ikki $(a_1a_2-a_0a_3)>0$, $a_3(a_1a_2-a_0a_3)-a_1^2a_4>0$ shartlar bajarilishi kerak.

Xarakteristik tenglamaning darajasi «n» ortgan sari yuqoridagi kabi bajarilishi kerak bo`lgan shartlar qam ko`payib boradi. SHuning uchun turg'unlikning Gurvits mezonining n≤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 $a_0=12>0$, $a_2=8>0$,

$a_3=10>0$, $a_3=10>0$

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

$$\Delta_2=\begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix}=a_1a_2-a_0a_3=10\cdot8-12\cdot10=-40>0$$

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$a_0=0.1>0$, $a_1=6>0$, $a_2=4>0$,

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

$\Delta_2=a_1a_2-a_0a_3=6*4-0.1*1=24-0.1=23.9>0$;

$\Delta_3=a_3(a_1a_2-a_0a_3)-a_1^2a_4=1*23.9-2^2*4=23.9-16=7.9>0$.

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

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.

L’enar-SHipar turg’unlik mezoni

Bu mezon 1919 yil P.L’enar va R.SHipar tomonidan taklif qilingan.

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + ... + a_n = 0 \qquad (13.3)$$

Bu xarakteristik tenglama *n*ning qiymatlari kata bo`lganda Gurvits mezonining o`rniga L’enar-SHiparning turg’unlik mezonini qo`llash qulay.

Xarakteristik tenglamaning hamma koeffitsientlari musbat bo`lganda $\Delta_1, \Delta_3, ...$toq indeksli aniqlovchilar musbat ekanligi va Gurvitsning $\Delta_2, \Delta_4, ...$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’o`nlik 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:

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

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

bo`lganda

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

Gurvits mezoniga nisbatan L’enar-SHipar turg’unlik mezonida kamroq sonli aniqlovchi topiladi.

Nazorat savollari

1. Turg‘unlikning algebraik mezonlariga qanday mezonlar kiradi?
2. Tug‘unlikning Raus va Gurvis mezonlarini afzalliklari va kamchiliklari to‘g‘risida aytib bering.
3. Gurvis aniqlovchisi (detirminanti) qanday qoidalarga asosan aniqlanadi?
4. Gurvis mezonining ta’rifini aytib bering.
5. Lenar-Shipar turg‘unlik mezoni qachon va kim tomonidan taklif qilingan?

14-MAVZU
Turg`unlikning chastotaviy mezonlari. Argumentlar printsipi. Mixaylov turg`unlik mezoni.

REJA:
1. Argumentlar printsipi.
2. Mixaylov turg'unlik mezoni.

Turg'unlikning chastotaviy mezonlari avtomatik sistemalarning chastotaviy xarakteristikalari 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 printsipi

Turg'unlikning chastotaviy mezonlari asosida kompleks o`zgaruvchi funktsiya nazariyasidan ma`lum bo`lgan argumentlar printsipi yotadi.

Quyida argumentlar printsipining qiskacha bayonini keltiramiz

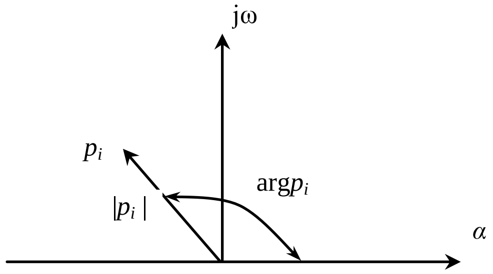
$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \ldots + a_n = 0. \qquad (14.1)$$

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

$$D(p) = a_0 (p - p_1)(p - p_2)(p - p_3)\ldots(p - p_n), \qquad (14.2)$$

bu erda $p_1, p_2, \ldots, p_n$ – $D(p)$=0 xarakteristik tenglamaning ildizlari.

«p» kompleks tekisligida har qaysi ildizni koordinata o`qi boshidan «p_i» nuqtagacha o'tkazilgan vektor orqali ifodalash mumkin (14.1-rasm).

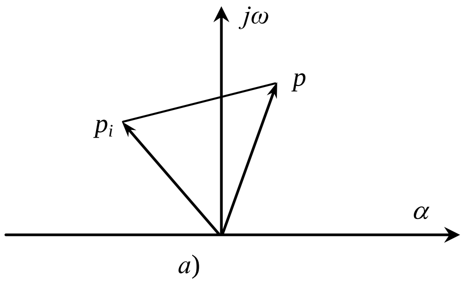


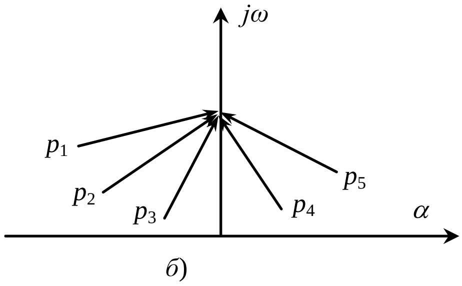
14.1-rasm.

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. Xususiy holda $r=jw$ bo`lganda (2) ifodani

$$D(j\omega) = a_0 (j\omega - p_1)(j\omega - p_2)(j\omega - p_3)\ldots(j\omega - p_n) \qquad (14.3)$$

ko`rinishida ifodalash mumkin. (14.3) ifodaning geometrik tasviri 4-rasmda keltirilgan.





14.2-rasm.

$D(j\omega)$ vektorning moduli $(j\omega\text{-}p_i)$ elementar vektorning va a_0 koeffitsientining ko`paytmasiga

$$\left|D(j\omega)\right| = a_0\left|j\omega - p_1\right|\cdot\left|j\omega - p_2\right|\cdot\left|j\omega - p_3\right|\cdot\ldots\cdot\left|j\omega - p_n\right|\cdot\ldots \qquad (14.4)$$

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

$$\arg D(j\omega) = \sum_{i=1}^{n} \arg\left(j\omega - p_i\right). \qquad (14.5)$$

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

$$\underset{-\infty<\omega<\infty}{\Delta \arg} D(j\omega) = \sum_{i=1}^{n} \underset{-\infty<\omega<\infty}{\Delta \arg}\left(j\omega - p_i\right) \qquad (14.6)$$

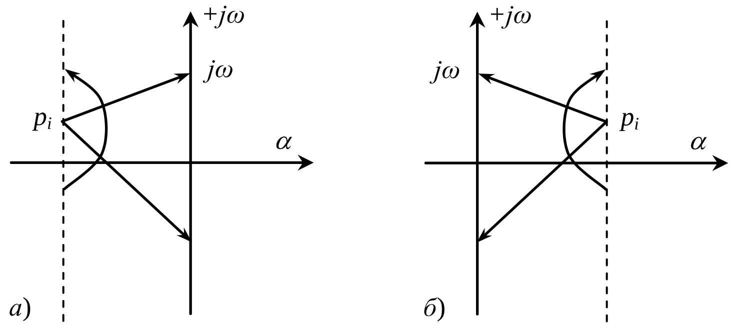
ga teng bo`ladi.

(14.6) ifodaga ko`ra $D(j\omega)$ vektor argumentining uzgarishini hisoblash uchun $(j\omega\text{-}p_i)$ 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 (14.3*a*-rasm).

$-\infty<\omega<\infty$ o`zgarganda $(j\omega\text{-}p_i)$ vektorning uchi mavhum o`q bo`yicha pastdan yuqoriga soat strelkasiga teskari (qarshi) yo`nalishda 180^0 burchakka buriladi, ya`ni

$$\underset{-\infty<\omega<\infty}{\Delta \arg}\left(j\omega - p_i\right) = \pm\pi\,. \qquad (14.7)$$



2. p_i ildiz kompleks tekisligining o`ng tomonida joylashgan bo`lsin (14.3*b*-rasm).

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

$$\underset{-\infty<\omega<\infty}{\Delta \arg}\left(j\omega - p_i\right) = -\pi\,. \qquad (14.8)$$

$D(p)=0$ tenglamaning «l» ildizlari kompleks tekisligining o'ng tomonida, $(n\text{-}l)$ ta ildizlari chap tomonida joylashgan deb faraz qilaylik. Unda (14.7) va (14.8) ifodalarga asoslanib, $D(j\omega)$ vektor argumentining o'zgarishi

$$\underset{-\infty<\omega<\infty}{\Delta \arg} D(j\omega) = (n-l)\pi - l\pi = (n-2l)\pi \qquad (14.9)$$

ga teng bo'lishini ko'ramiz.

(14.9) tenglik argumentlar printsipining ifodasini bildiradi va uni qo'yidagicha ta`riflash mumkin.

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

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

$$\underset{0<\omega<\infty}{\Delta \arg} D(j\omega) = (n-2l)\frac{\pi}{2} \qquad (14.10)$$

bo'ladi.

Turg'unlikning Mixaylov mezoni

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

$$D(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \ldots + a_n = 0 \qquad (14.11)$$

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 printsipiga muvofiq $\Delta \arg_{0<\omega<\infty} D(j\omega) = n\frac{\pi}{2}$ yoki $\Delta \arg_{-\infty<\omega<\infty} D(j\omega) = n\pi$ shart bajarilishi kerak.

CHastota $-\infty < \omega < \infty$ o`zgarganda $D(j\omega)$ vektroning kompleks tekisligidagi geometrik o`rniga Mixaylov gadografi deyiladi.

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

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

Mavhum qism esa chastotaga nisbatan toq funktsiya bo`ladi.

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

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

SHunday qilib,

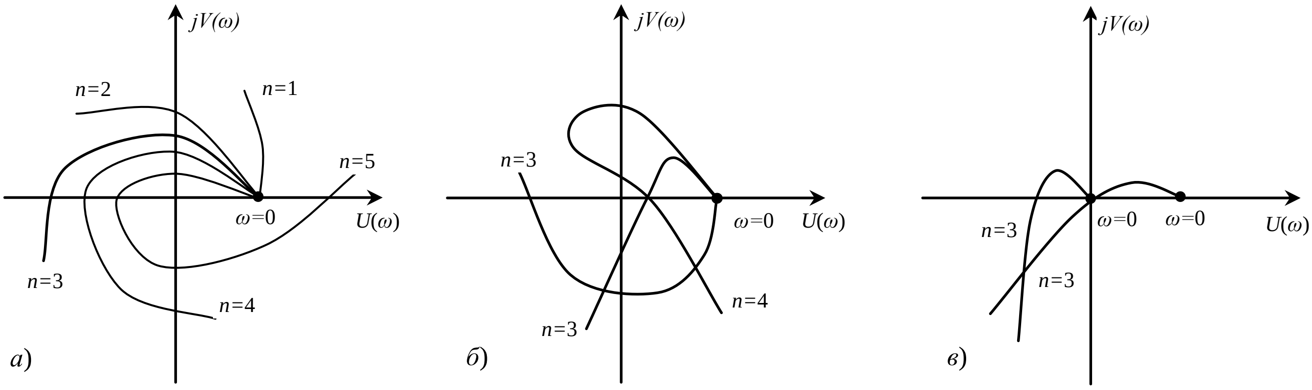
$D(\omega) = U(\omega) - jV(\omega)$

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).

14.4a-rasmda turg'unlik shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko`rinishlari keltirilgan.



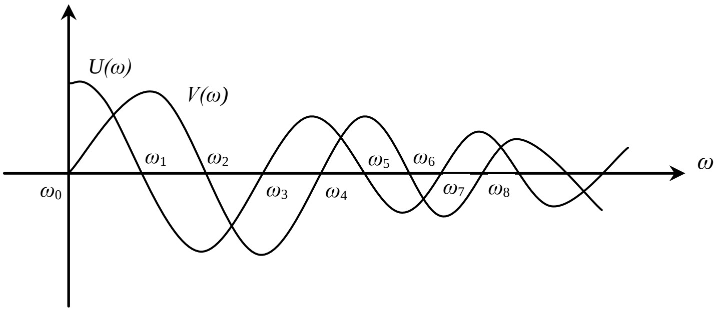
14.4-rasm. a) sistemaning turg'unlik shartlari; b) sistemaning noturg'unlik shartlari; v) sistemaning turg'unlik chegaralari shartlari uchun Mixaylov gadograflarining ko`rinishlari.

Mixaylov godografi taxlil etilganda, unda quyidagi natija kelib chiqadi.

Mixaylov godografi koordinata tekisligida kvadratlarni ketma-ket kesib o`tganda, uhaqiqiy va mavhum o`qlarni birin-ketin kesib o`tadi.

Mixaylov godografi haqiqiy o`qni kesib o`tganda, uning mavhum funktsiyasi $V(\omega)$ nolga aylanadi, mavhum o`qni kesib o`tganda esa Mixaylovning haqiqiy funktsiyasi $U(\omega)$ nolga aylanadi.

SHuning uchun godografning haqiqiy va mavhum o`qlarni kesib o`tgan nuqtalaridagi chastotaning qiymati $U(\omega)$ = 0 (a), $V(\omega)$ = 0 (b) tenglamalarining ildizlari bo`lishi kerak. 14.5-rasmda bu funktsiyalarning grafigi keltirilgan.



14.5-rasm.

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

Agar ω_0, ω_2, ω_4,… (b) tenglamaning ildizlari ω_1, ω_3, ω_5,… esa (a) tenllamaning 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.

<u>Misol 1:</u> $2p^3+6p^2+10p+15=0$ xarakteristik tenglama berilgan bo`lsin. Mixaylov mezoni yordamida sistemaning turg'unligini tekshiring.

Buning uchun xarakteristik tenglamada «*p*» ni «*jω*» bilan almashtiramiz va haqiqiy hamda mavho`m qismlarga ajratamiz.

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

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

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

a) $\omega=0$ bo`lsa $\quad U(\omega)=15$; $\quad V(0)=0$;

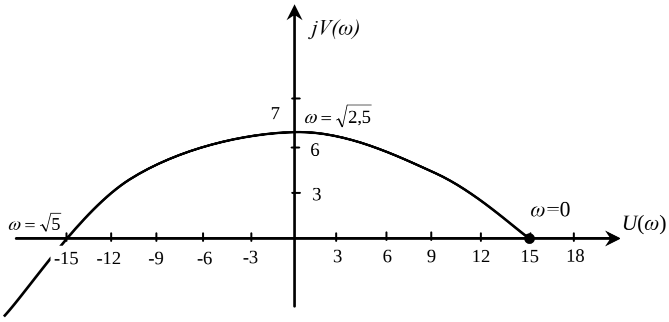
b) $U(\omega)=0$; $\quad 15-6\omega^2=0 \quad \omega^2=15/6=2.5$;

$V(\sqrt{2.5})=\sqrt{2.5}(10-2\cdot 2.5)=\sqrt{2.5}\cdot 5=7$;

v) $V(\omega)=0$; $\quad (10-2\omega^2)=2 \quad \omega^2=5$;

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

SHu qiymatlar asosida Mixaylov gadografini chizamiz (14.6-rasm).



14.6 – 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.

15-MAVZU
Naykvist turg`unlik mezoni.

Reja:
1. Ochiq sistema turg'unligi.
2. Naykvist mezonining mohiyati.
3. Astatik sistema uchun Naykvist mezonini qo`llash.

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 funktsiyasi $W(p)=\dfrac{P(p)}{Q(p)}$ berilgan bo`lsin. Bu erda $Q(p)=0$ – ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi. Berk sistemaning uzatish funktsiyasi:

$$\Phi(p)=\frac{W(p)}{1+W(p)}=\frac{\dfrac{P(p)}{Q(p)}}{1+\dfrac{P(p)}{Q(p)}}=\frac{P(p)}{Q(p)+P(p)},$$

$$A(p)=1+W(p)=1+\frac{P(p)}{Q(p)}=\frac{Q(p)+P(p)}{Q(p)} \qquad (15.1)$$

Berk sistemaning xarakteristik tenglamasi:

$Q(p)+P(p)$ – berk sistemaning xaraktestik 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.

Ochiq sistema turg'un holatda.

Xarakteristik tenglamaning o`ng ildizlari soni $l=0$. Mixaylov mezoniga muvofiq ochiq sistema xarakteristik tenglamasi argumentining o`zgarishi:

$$\underset{0<\omega<\infty}{\Delta\arg}Q(j\omega)=n\frac{\pi}{2}\cdot$$

Endi berk sistema turg'un bo`lishini talab etamiz. Unda quyidagi tenglik bajarilishi lozim:

$$\underset{0<\omega<\infty}{\Delta\arg}[Q(j\omega)+P(j\omega)]=n\frac{\pi}{2}\cdot \qquad (15.2)$$

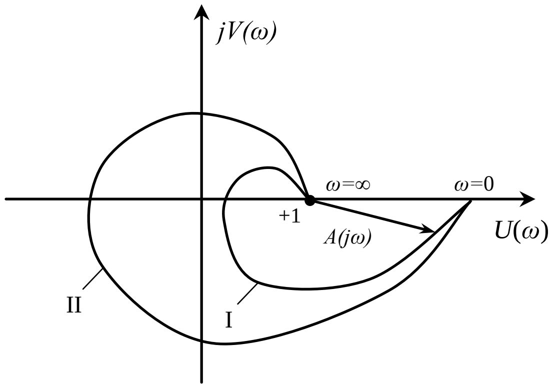
(1) ifodaga muvofiq berk sistemaning xarakteristik tenglamasining argument o`zgarishi:

$$\underset{0<\omega<\infty}{\Delta\arg}A(j\omega)=\underset{0<\omega<\infty}{\Delta\arg}[Q(j\omega)+P(j\omega)]-\underset{0<\omega<\infty}{\Delta\arg}Q(j\omega)=n\frac{\pi}{2}-n\frac{\pi}{2}=0\cdot \qquad (15.3)$$

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 18.1-rasmda ko`rsatilgan.

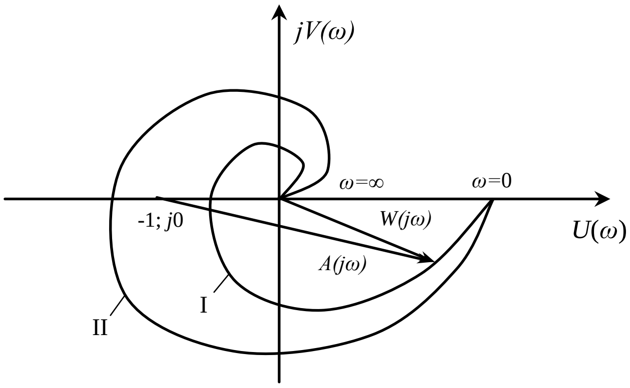


15.1 – rasm. ***I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.***

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 (15.2-rasm).



15.2 – rasm. ***I – berk sistema turg'un; II – berk sistema noturg'un.***

Ochiq sistema noturg'un.

Bunda ochiq sistema xarakteristik tenglamasi «*l*» o`ng ildizga ega, ya`ni $l\neq 0$, unda argumentlar printsipiga muvofiq

$$\Delta\underset{0<\omega<\infty}{\arg} Q(j\omega)=(n-2l)\frac{\pi}{2} \qquad (15.4)$$

bo`ladi.

Agar sistemaning turg'un bo`lishi talab etilsa, unda quyidagi shart bajarilishi kerak:

$$\Delta\underset{0<\omega<\infty}{\arg}[Q(j\omega)+P(j\omega)]=n\frac{\pi}{2}\cdot \qquad (15.5)$$

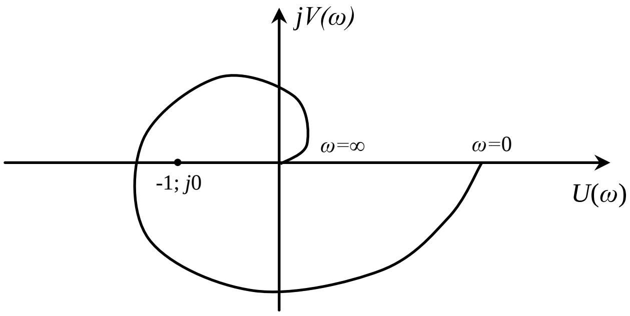
U holda $A(j\omega)=1+W(j\omega)$ vektorining argument o`zgarishi

$$\Delta\underset{0<\omega<\infty}{\arg} A(j\omega)=\Delta\underset{0<\omega<\infty}{\arg}[Q(j\omega)+P(j\omega)]-\Delta\underset{0<\omega<\infty}{\arg} Q(j\omega)=n\frac{\pi}{2}-(n-2l)\frac{\pi}{2}=l\pi \qquad (15.6)$$

bo`ladi. YA`ni $A(j\omega)$ vektorning koordinata o`qining boshi atrofidagi summar 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 (18.3-rasm).

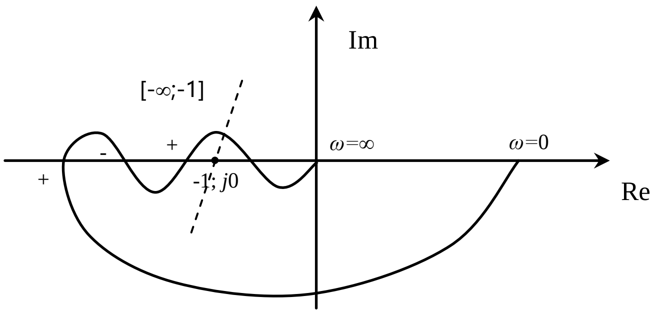


15.3-rasm.

$W(j\omega)$ 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.TSipkin 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 [-∞;-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 (15.4-rasm).

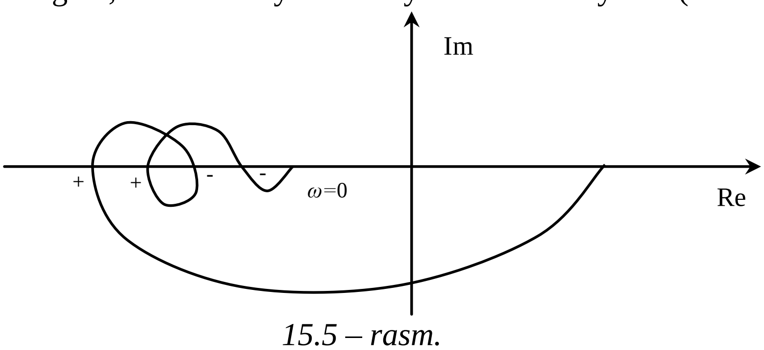


15.4 – rasm.

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 [-∞;-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 [-∞;-1] kesmada boshlansa yoki $\omega=\infty$ bo`lganda shu kesmada tugasa, unda bunday o`tishni yarim o`tish deyiladi (15.5-rasm).



15.5 – rasm.

Statik ochiq sistemaning $W(j\omega)$ xarakteristikalari chastota o`zgarganda yopiq kontur hosil qiladi.

Ideal integrallagich zvenosi bo`lgan astatik ochiq sistemalarning $W(j\omega)$ xarakteristikalari chastota $0<\omega<\infty$ o`zgarganda yopiq kontur hosil qilmaydi.

Astatik sistema uchun Naykvist mezonini qo`llash.

Astatik sistemaning AFX

$$W(j\omega)=\frac{P(j\omega)}{(j\omega)^{\nu}Q(j\omega)}, \qquad (15.7)$$

ko`rinishga ega bo`lib, yopiq kontur hosil qlmaydi.

Bunday sistemalar uchun ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi nol' ildizga ega bo`lib, quyidagi ko`rinishda yozilishi mumkin.

$$Q(p)=p^{\nu}Q_1(p), \qquad (15.8)$$

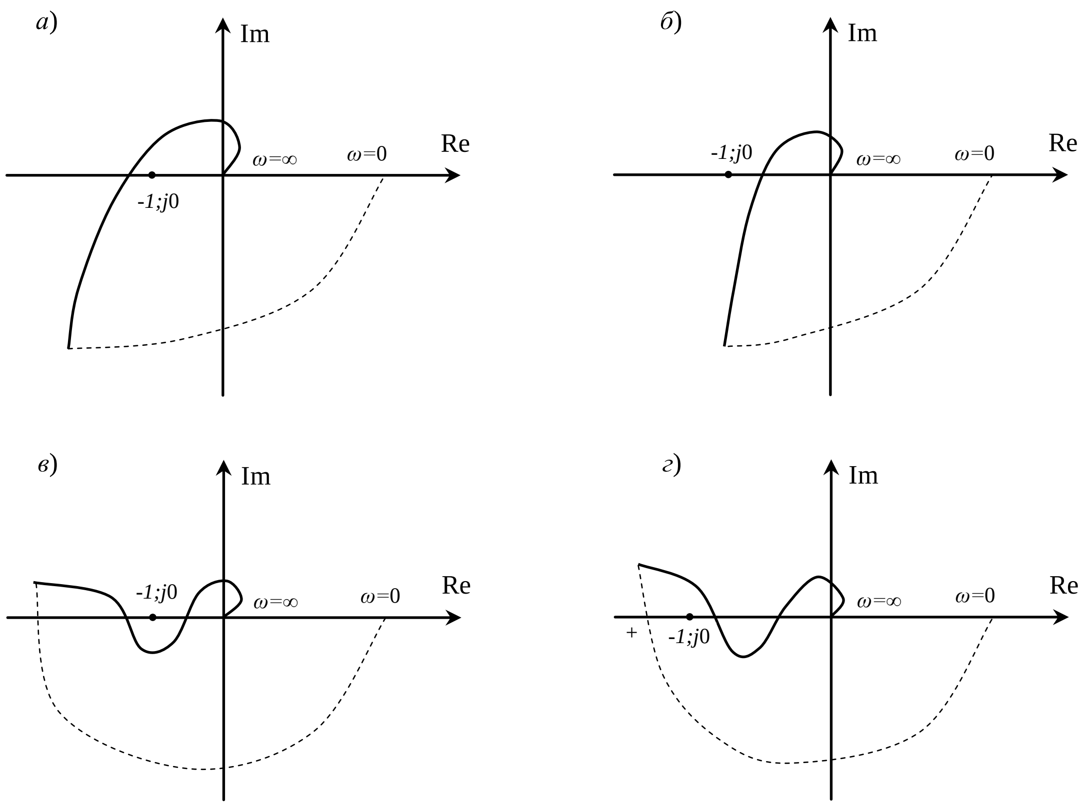
bu erda ν - astatizm darajasi, ya`ni sistemadagi ideal integral zvenolar soni; $Q(p)$ - nol' ildizga ega bo`lmagan polinom.

Astatik sistemaalarning AFXsi (15.5) ifodaga ko`ra $\omega=0$ bo`lganda ∞ bo`ladi. SHuning uchun kritik (-1; $j$0) 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.



15.6-rasm. ***a) ν=1 berk sistema noturg'un; b) ν=1 berk sistema turg'un; v) ν=2 berk sistema turg'un; g) ν=2 berk sistema noturg'un;***

15.6-rasmda ochiq sistema turg’un bo`lgan ($l$=0) xolda berk sistemaning turg’o`nligini aniqlashga misollar keltirilgan.

15.6-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 [-∞; -1] kesmada kesib o`tadi yoki bu kesmani juft marta kesib o`tadi. Agar [-∞; -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 tkrg’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’o`nligini tekshirishda faqatgini Naykvist mezoni qo`llash mumkin.

16-MAVZU
Logarifmik chastotaviy xarakteristika bo`yicha turg`unlikning tahlili.

REJA:
1. Turg’unlikning logarifmik mezoni
2. Logarifmik amplituda chastotaviy xarakteristikalar.
3. Logarifmik fazali chastotaviy xarakteristikalar.

Muxandislik amaliyotida ABS larning turg’unligini tahlil etishda ochiq sistemaning logarifmik chastotaviy xarakteristikasi (LCHX) dan keng foydananiladi. 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 qaqiqiy 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 qaqiqiy o`qni kesib o`tganda, LFCHX $-\pi(2l+1)$ chiziqlarning 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 qech qanday xavf tug’dirmaydi.

SHu sababli $L(\omega)=20\lg|W(j\omega)|<0$ bo`lagi sistemaning turg’unligini tekshirilayotganda unchalik axamiyat 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 xarkteristik tenglamasining o`ng ildizlari soni.

16.1-rasmda ochiq sistema turg’un bo`lgan holda, berk sistema turg’un yoki noturg’un holatlariga to`g’ri keladigan logarifmik xarakteristikalaridan misollar keltirilgan.

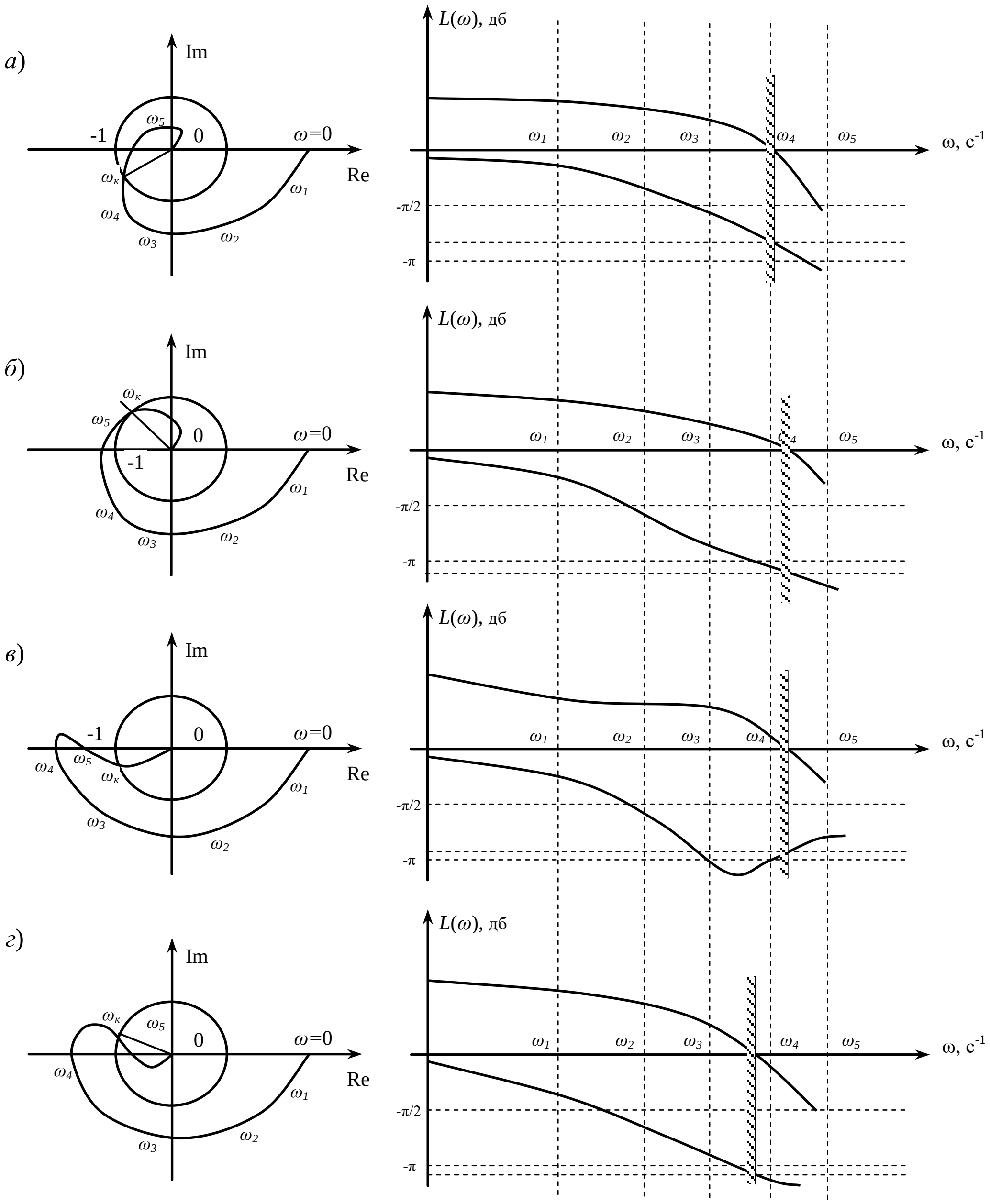
Berk sistemaning turg’o`nligini tekshirish LACHX ning musbat ordinatasiga to`g’ri kelgan bo`lagida tekshirilgan, rasmda u shrixlangan chiziq bilan ko`rsatilgan. Logarifmik xarakteristikalar bilan birga ularga mos tushadigan ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ xarakteristikalari ham keltirilgan.

$W(j\omega)$ xarakteristikasining radiusi birga teng bo`lgan aylana bilan kesishiga LACHX ning abtsissa o`qi bilan kesishi to`g’ri keladi va bu chastotani kesish chastotasi deyiladi va $\omega_к$ bilan belgilanadi.

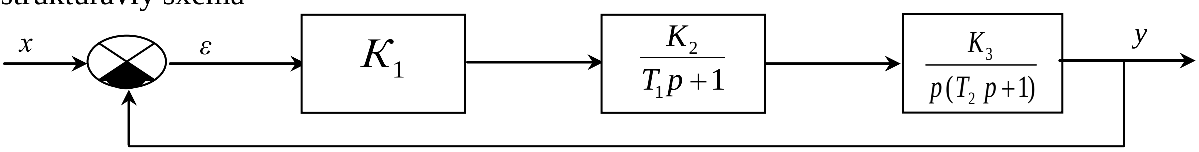
$W(j\omega)$ xarakteristikasining manfiy haqiqiy o`q bilan kesishgan nuqtasiga LFCHX ning $\pi$to`g’ri chizig’ini kesib o`tishi to`g’ri keladi va bu chastotani ω_y o`tish chastotasi deyiladi.

Agar ochiq sistema turg’un (l=2) bo`lsa, unda berk sistema turg’un bo`lishi uchun $\omega_к<\omega_y$ sharti bajarilishi kerak. Aks xolda berk sistema noturg’un bo`ladi.

16.1a,v – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar berk sistemaning turg’un holatiga to`g’ri keladi, 16.1*a,v* – rasmlarda keltirilgan xarakteristikalar esa berk sistemaning noturg’un holatiga to`g’ri keladi.



Misol:
strukturaviy sxema



$$x \rightarrow \bigotimes \xrightarrow{\varepsilon} K_1 \rightarrow \frac{K_2}{T_1 p + 1} \rightarrow \frac{K_3}{p(T_2 p + 1)} \rightarrow y$$

elementlarning uzatish koeffitsientlari:

K_1=1,33; K_2=30; K_3=3,0 grad/s;

elementlarning vaqt doimiyligi:

T_1=0,05 s; T_2=0,35 s;

Echish:

Berilgan sistemaning uzatish funksiyalari quyidagi formulalardan topiladi:

$$W_o(p)=\prod_{i=1}^{n} W_i(p)=\frac{K_1 K_2 K_3}{p(T_1 p+1)(T_2 p+1)}, \qquad (16.1)$$

$$W_b(p)=\frac{W_o(p)}{1+W_o(p)}=\frac{K}{p(T_1 p+1)(T_2 p+1)+K}, \qquad (16.2)$$

bu yerda $K=K_1 K_2 K_3$.

Berilgan sistema ketma-ket ulangan tipik dinamik zvenolardan tashkil topgan. Berilgan ochiq sistemaning LAChXsi $L_{bn}(\omega)$ quyidagicha chiziladi: Koordinatalari $\omega=1$ va $20\lg K=20\lg 120=41{,}6$ db nuqtadan -20 db/dek og‘malikda $\omega_2=1/T_2$ chastotagacha to‘g‘ri chiziq o‘tkazamiz. Keyin ω_2 dan $\omega_1=1/T_1$ gacha $L(\omega)$ ning og‘maligi -40 db/dek, ω_1 dan boshlab -60 db/dek bo‘ladi. Sistemaning LFChXsi $\varphi(\omega)$ alohida zvenolarning $\varphi(\omega)$ lari yig‘indisiga teng bo‘ladi:

$$\varphi_{bn}(\omega)=-90°-arctg\,\omega T_1-arctg\,\omega T_2. \qquad (16.3)$$

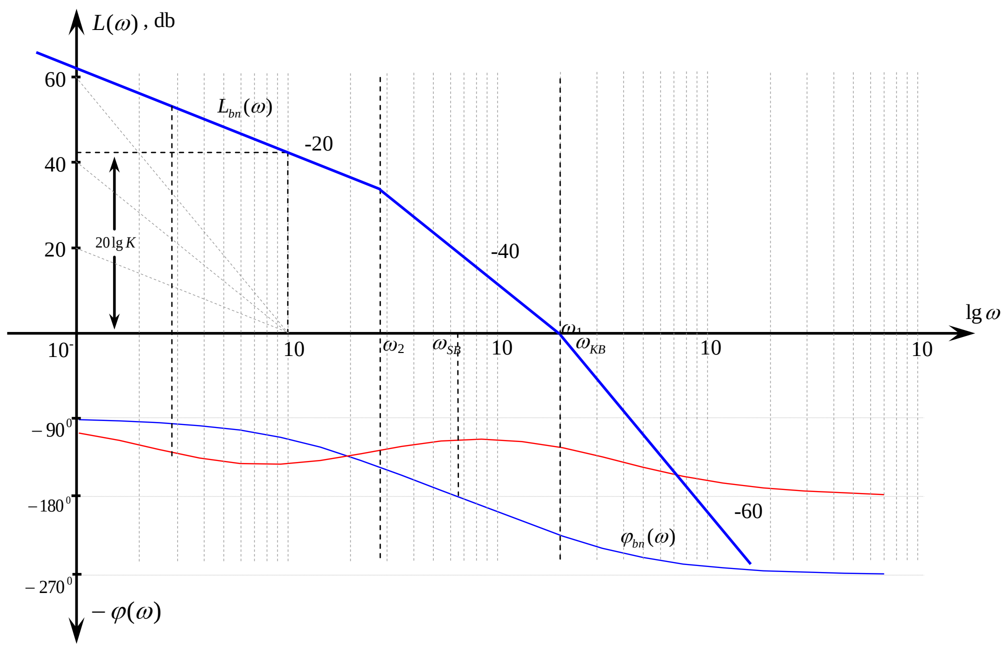
Chastota ω ga 0 dan ∞ gacha qiymatlar berib, $\varphi_{bn}(\omega)$ ni hisoblaymiz (19.1-jadval).

16.1-jadval

Chastotani 0 dan ∞ gacha o‘zgarganda $\varphi_{bn}(\omega)$ ning qiymatlari

Chastota, ω	0,10	0,16	0,25	0,40	0,63	1,00	1,58
$\varphi_{bn}(\omega)$, grad	- 92,3	- 93,6	- 95,7	- 99,1	- 104,3	- 112,2	- 123,6
Chastota, ω	2,51	3,98	6,31	10,00	15,85	25,12	39,81
$\varphi_{bn}(\omega)$, grad	- 138,5	- 155,6	- 173,2	- 190,7	- 208,2	- 225,1	- 239,3
Chastota, ω	63,10	100,00	158,49	251,19	398,11	630,96	1000
$\varphi_{bn}(\omega)$, grad	- 249,9	- 257,1	- 261,9	- 264,9	- 266,8	- 268,0	- 268,8

Turg‘unlik logarifmik mezoniga binoan sistema noturg‘undir, chunki $\omega_{KB}>\omega_{SB}$, bu erda: ω_{KB}, ω_{SB} berilgan sistemaning kesishish va so‘nish chastotalari (16.2-rasm). Logarifmik chastotalar orqali olingan xulosa tekshirilayotgan sistema turg‘unligi haqidagi Naykvist mezoni yordamida olingan xulosani tasdiqlaydi.



17-MAVZU

Tizim parametrlari tekisligida turg‘unlik doirasini qurish. D-bo`linish.

Reja:

1. Sistema parametrlari tekisligida turg’unlik doirasini qurish.

2. D – bo`linish usulida turgunlikni aniklash.

ABS larni hisoblashda va loyihalashda uning ayrim parametrlarini sistema turg’unligiga ta`sirini tekshirish kerak bo`lib qoladi.

Bunday masalani echishda turg’unlik soxalarini qurish, ya`ni sistema turg’un bo`lishi uchun parametr qiymatlarini shunday sohalarini aniqlash zarur bo`ladi.

Sistema a) nol’ ildizga a_n=0; b) juft mavhum ildizga; v) ∞ ildizga a_0=0 ega bo`lganda turg’unlik chegarasida bo`ladi.

Turg’unlik sohalari bir parametr tekisligida va ikki parametr tekisligida quriladi.

Parametrlar tekisligida ildizlarning tartibda joylashishiga qarab sohalarga ajratuvchi egri chiziqlar to`plamiga parametrlar tekisligining D-bo`linishi deyiladi.

Ayrim hollarda qandaydir *v* parametrni sistemaning turg’unligiga bo`lgan ta`sirini aniqlash zarur bo`lib qoladi.

Masalan: shu *v* parametr xarakteristik tenglamaning ichiga chiziqli kirgan bo`lsin, ya`ni

$A(p) = P(p) + VQ(p)$

$p = j\omega$ almashtirishdan so`ng D-bo`linish chegarasini

$A(j\omega) = P(j\omega) + VQ(j\omega)=0$

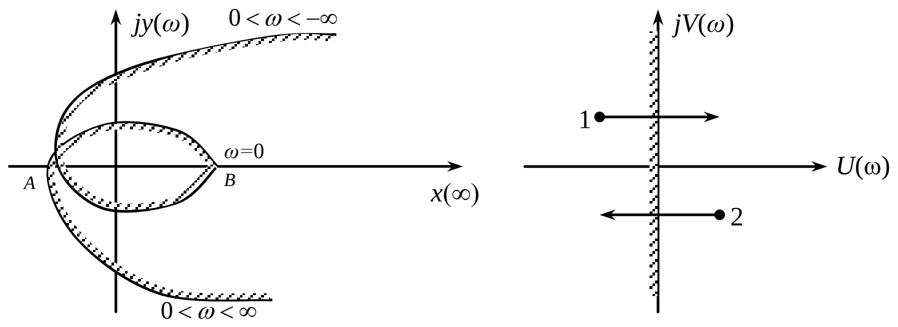
ko`rinishga keltirish mumkin.

Bundan $\nu = -\dfrac{P(j\omega)}{Q(j\omega)} = x(\omega) + jy(\omega)$,

$x(\omega)$U – parametrga nisbatan yozilgan xarakteristik tenglamaning haqiqiy qismi; $y(\omega)$ – esa mavhum qismi bo`ladi.

D – bo`linish chegarasini qurayotganda uni faqat chastotaning musbat qiymatlari uchun qurish etarlidir, (ya`ni $0<\omega<\infty$). Undan keyin esa chastotaning manfiy qiymatlariga to`g’ri keladigan uchastkasini haqiqiy o`qqa nisbatan simmetrik ravishda chizib quyish mumkin. CHastota $0<\omega<\infty$ o`zgarganda R tekisligida pastdan yuqori tomon chap yarim tekisligi (ya`ni turg’unlik sohasi) mavhum o`qning chap tomonida bo`ladi. SHuning uchun o`qning chap tomonini shtrixlaymiz.

Mavhum o`q bo`yicha bunday harakatga *v* tekisligidagi D – bo`linish chegarasining chastota -∞ dan +∞ gacha o`zgarganidagi chap tomonini shtrixlash to`g’ri keladi (17.1-rasm).



17.1-rasm.

Agar *v* tekisligida D – bo`linish chegarasini shtrixlash yo`nalishiga qarab kesib o`tilsa, unda (R tekisligida) ildizlar tekisligida bitta ildiz o`ng yarim tekisligidan chap yarim tekisligiga o`tgan bo`ladi (17.1-rasmdagi 2 nuqta).

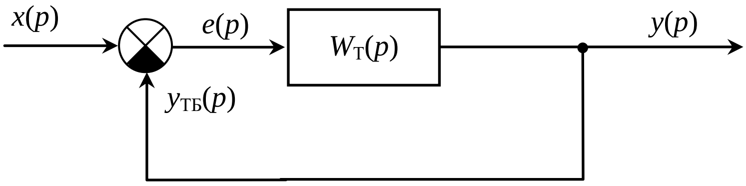
O`zgaruvchi parametr *v* haqiqiy son bo`lgani uchun hosil bo`lgan turg’unlik sohasidan turg’unlik kesmasi ajratib olinadi. YA`ni haqiqiy o`qdagi turg’unlik oblastida yotgan AV kesma ajratib olinadi. Demak AV kesmaga to`g’ri keladigan *v* parametrning har qaysi qiymatida sistema turg’un bo`ladi.

18-MAVZU
Barqaror rejimlarda rostlash sifatini baholash. Xatolik koeffitsientlari usuli.

Reja:
1. Barqaror rejimlarda rostlash sifatini baholash.
2. Xatolik koeffitsientlari usuli.
3. Pog'onali signallar ta`siri orqali o`tish jarayoni sifatini baholash.

Avtomatik sistemani tekshirganda o`tkinchi jarayonning sifatini ta`minlashga doir masalalarni echishga to`g'ri keladi. O`tkinchi jarayonning aniqligini va rostlash bir tekisligini xarakterlovchi sifat ko`rsatkichlarga o`tkinchi jarayon tezkorligi (o`tkinchi jarayon vaqti) tebranishlar soni (o`tkinchi jarayonning tebranishlar soni) hamda o`tarostlash kiradi.

O`zgarmas koeffitsientli chiziqli differentsial tenglama bilan ifodalangan chiziqli sistema berilgan bo`lsin.



18.1-rasm.

Kirish kattaligi $x(t)$ o`zgarganda sistemaning chiqishidagi $y(t)$ kattalikni o`zgarishini quyidagicha ifodalash mumkin

$$y(t) = y_э(t) + y_м(t), \quad (18.1)$$

bunda $y(t)$ - sistemani ifoda etuvchi tenglamaning umumiy echimi; $y_э(t)$ - shu echimning erkin tashkil etuvchisi.

Agar $y_э(t)$ karra ildizga ega bo`lmasa, unda $y_э(t) = \sum_{i=1}^{n} C_i e^{p_i t}$

bunda C_i - sistemaning parametrlari va boshlang'ich shartlarga bog'liq bo`lgan o`zgarmas son; p_i - berk sisitemaning xarakteristik tenglamasi, $A(p) = 0$ ildizlaridir.

$y_м(t)$ - kirish signali $x(t)$ ning o`zgarishiga bog'liq bo`lgan o`tkinchi jarayonni qaror rejimini ifodalovchi majburiy tashkil etuvchidir.

(1) tenglamadan ko`rinib turibdiki, o`tkinchi jarayonning sifatini uning $y_э(t)$ va $y_м(t)$ tashkil etuvchilari yordamida aniqlash mumkin shu nuqtai nazardan qaraganda rostlash jarayonining sifatini aniqlash yoki baholash ikki guruhga bo`linadi.

Birinchi guruh. O`tkinchi jarayon $y_э(t)$ ning sifat ko`rsatkichi.

Ikkinchi guruh. Sistemaning aniqligini belgilovchi o`tkinchi jarayonning majburiy tashkil etuvchi xarakterlovchi ko`rsatkichlari.

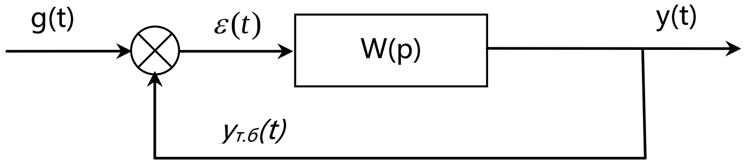
O`tkinchi jarayon egri chizig'i bo`yicha aniqlangan sifat ko`rsatkichlarini sistemaning sifatini *bevosita baholash usuli* deyiladi.

O`tkinchi jarayon egri chizig'ini tajriba hamda nazariy olish mumkin. Ayrim hollarda yuqori tartibli sistemalar uchun o`tkinchi jarayon egri chizig'ini aniqlash ancha qiyinchilik tug'diradi. SHunday hollarda o`tkinchi jarayon egri chizig'ini aniqlamasdan turib shu jarayonning sifatini baholashga imkon beruvchi usulni sifat ko`rsatkichlarini baholashning *bilvosita usuli* deyiladi.

Sifat ko`rsatkichning bilvosita usullari quyidalardir:

1. so`nish usuli;
2. interval usuli;
3. chastotaviy usul.

Barqaror rejimda rostlash sifatini baholash. Quyidagi blok-sxemani ko`rib chiqamiz:



$$\varepsilon(t) = g(t) - y_{т.б.}(t)$$
$$y_{т.б.}(t) = W(p) \cdot \varepsilon(t)$$
$$\varepsilon(t) = g(t) - y_{т.б.}(t) = g(t) - W(p)\varepsilon(t)$$
$$\varepsilon(t)\left[(1 + W(p))\right] = g(t)$$

Tasvirlarga o`tib yozamiz

$$\varepsilon(p)\left[1 + W(p)\right] = g(p)$$
$$W_{xamo}(p) = \frac{\varepsilon(p)}{g(t)} = \frac{1}{1 + W(p)}$$

$W_{xamo}(p)$ – xatolik bo`yicha uzatish funktsiyasi.

Agar $g(t), 0 \le t \le \infty$ oraliqda differentsiallovchi bo`lsa, tizimning xatoligi $\varepsilon(t)$ ni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\varepsilon(t) = C_0 g(t) + C_1 g'(t) + \frac{C_2}{2!} g''(t) + \ldots + \frac{C_m}{m!} g^{(m)}(t) . \qquad (18.2)$$

Bu erda S_0, S_1, S_2, …, S_m – *xatolik koeffitsientlari* deb ataladi. Xatolik koeffitsienti xatolik bo`yicha uzatish funktsiyasi asosida quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$C_0 = \left[W_{xamo}(p)\right]_{p=0}$$
$$C_1 = \left[\frac{dW_{xamo}(p)}{dp}\right]_{p=0}$$
………………………
$$C_m = \left[\frac{d^m W_{xamo}(p)}{dp^m}\right]_{p=0}$$

Agar g(t)=1(t) bo`lsa, $S_0=[W_{xato}(p)]_{p=0}$, $C_1=C_2=\ldots=C_m=0$.

Agar g(t) = t bo`lsa, $S_0=[W_{xato}(p)]_{p=0}$, $C_1 = \left[\frac{dW_{xamo}(p)}{dp}\right]$

$S_2=S_3=\ldots=C_m$ va hokazo.

S_0 – statik xatolik koeffitsienti deyiladi.

S_1 – xatolikning tezlik koeffitsienti.

S_2 – xatolikning tezlanish koeffitsienti.

Statik tizimlarda S_0 koeffitsienti nol'dan farqli.

1 – tartibli astatizmli tizimlarda $C_0 = 0;\ C_1 \ne 0$.

2 – tartibli astatizmli tizimlarda $C_0 = 0;\ C_1 = 0;\ C_2 \ne 0$.

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.

ASOSIY VA QO`SHIMCHA ADABIYOTLAR HAMDA AXBOROT MANBALARI

Asosiy adabiyotlar

1. Р.Дорф, Р.Бишоп, Современные системы управления: Перевод с английского Б.И.Копылова. – Москва. Юнимедистайл. -2002. 832 с.

2. Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering. Pearson Higher Ed USA. 5 edition. 2009. -912 p.

3. Yusupbekov N.R., Muhammedov B.I., G‘ulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish: texnika oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun darslik. – T.: O‘qituvchi, 2011.-576 b.

4. Norman S. Nise. Control Systems Engineering. New York, John Wiley, 7 edition, - 2015. 944 p.

5. Sevinov J.U. Avtomatik boshqarish nazariyasi. O‘quv qo‘llanma. –Toshkent: Fan va texnologiyalar, 2017. -248 b.

Qo`shimcha adabiyotlar

1. Mirziyoev SH.M. Erkin va farovon, demokratik O`zbekiston davlatini birgalikda barpo etamiz. O`zbekiston Respublikasi Prezidentining lavozimiga kirishish tantanali marosimiga bag`ishlangan Oliy Majlis palatalarining qo`shma majlisidagi nutqi. – T.: “O`zbekiston” NMIU, 2016. -56 b.

2. Mirziyoev SH.M. Qonun ustvorligi va inson manfaatlarini ta`minlash yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. O`zbekiston Respublikasi Konstitutsiyasi qabul qilinganining 24 yilligiga bag`ishlangan tantanali marosimdagi ma`ruza. 2016 yil 7 dekabr. – T.: “O`zbekiston” NMIU, 2016. -486 b.

3. Mirziyoev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O`zbekiston” NMIU, 2017. -488 b.

4. O`zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo`yicha Harakatlar strategiyasi to`g`risida. – T.: 2017 yil 7 fevral, PF-4947-sonli farmoni.

5. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. -Тошкент: Ўқитувчи, 1997. - 704 б.

6. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004. – 742 с.

7. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. -СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.

8. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана, 2004. - 742 с.

9. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop, Modern control system solution manual. – Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ 07458. -2008. 730 p.

10. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. –СПб.: Петер, 2005. -336с.

11. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. -М.: Изд-во МЭИ. 2004. -400 с.

12. Метьюз Дж.Г., Финк К.Д. «Численные методы. Использование MATLAB» перевод с анг. -М.: изд. дом Вильямс. 2001. -720 с.

Internet saytlari

1. www.gov.uz – O’zbekiston Respublikasi hukumat portali.
2. www.lex.uz – O’zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi.
3. www.ziyonet.uz
4. www.burnlib.com
5. http://www.chem.msu.su/ru
6. http://www. colibri. ru
7. http://book.vsem.ru/