

**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA  
UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG  
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA  
ULARNING MALAKASINI OSHIRISH  
TARMOQ MARKAZI**



**TEXNOLOGIK JARAYONLAR  
VA ISHLAB CHIQRISHNI  
AVTOMATLASHTIRISH VA  
BOSHQARISH**

**ZAMONAVIY BOSHQARISH  
NAZARIYASI**

**Toshkent – 2022**

Mazkur o‘quv –uslubiy majmua Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligining 2021 yil 25-dekabrda №\_ -sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv dastur asosida tayyorlandi.

**Tuzuvchi:** I.Siddiqov ToshDTU, “Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari”  
kafedra professori t.f.d.

**Taqrizchi:** TDTU, t.f.d. professori Sevinov J.U.

O‘quv –uslubiy majmua Toshkent davlat texnika universiteti Kengashining 2021 yil 29-dekabrda 4-sonli yig‘ilishida ko‘rib chiqilib, foydalanishga tavsiya etildi.

## MUNDARIJA

<b><u>I. ISHCHI DASTUR</u></b> .....	<b>4</b>
<b><u>II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA‘LIM METODLARI</u></b> .....	<b>12</b>
<b><u>III. NAZARIY MATERIALLAR</u></b> .....	<b>16</b>
<b><u>IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI</u></b> .....	<b>73</b>
<b><u>V. GLOSSARIY</u></b> .....	<b>107</b>
<b><u>VI. FOYDALANGAN ADABIYOTLAR</u></b> .....	<b>120</b>

## I ISHCHI DASTUR

### Kirish

Dastur O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2015 yil 12 iyundagi “Oliy ta’lim muassasalarining rahbar va pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi PF-4732-sonli, 2017 yil 7 fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-sonli, 2019 yil 27 avgustdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-sonli Farmonlari, shuningdek 2017 yil 20 apreldagi “Oliy ta’lim tizimini yanada rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ–2909-sonli Qarorida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u zamonaviy talablar asosida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarining mazmunini takomillashtirish hamda oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasbiy kompetentligini muntazam oshirib borishni maqsad qiladi.

Ushbu o‘quv-uslubiy-majmua axborot-kommunikatsiya texnologiyalari davrida zamonaviy boshqarish nazariyasi fani dolzarbligi, ishlab chiqarish jarayonida qo‘llanilish muammolari va ularni hal etish yo‘llarini o‘rganish bo‘yicha muammolar bayon etilgan.

### **Modulning maqsadi va vazifalari**

Oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirish kursining **maqsadi** pedagog kadrlarning innovatsion yondoshuvlar asosida o‘quv-tarbiyaviy jarayonlarni yuksak ilmiy-metodik darajada loyihalashtirish, sohadagi ilg‘or tajribalar, zamonaviy bilim va malakalarni o‘zlashtirish va amaliyotga joriy etishlari uchun zarur bo‘ladigan kasbiy bilim, ko‘nikma va malakalarini takomillashtirish, shuningdek ularning ijodiy faolligini rivojlantirishdan iborat.

### **Modulning vazifalari:**

- “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” yo‘nalishida pedagog kadrlarning kasbiy bilim, ko‘nikma, malakalarini takomillashtirish va rivojlantirish;

-pedagoglarning ijodiy-innovatsion faollik darajasini oshirish;

-mutaxassislik fanlarini o‘qitish jarayoniga zamonaviy axborot-kommunikasiya texnologiyalari va xorijiy tillarni samarali tatbiq etilishini ta‘minlash;

-maxsus fanlar sohasidagi o‘qitishning innovasion texnologiyalari va ilg‘or xorijiy tajribalarini o‘zlashtirish;

-“Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” yo‘nalishida qayta tayyorlash va malaka oshirish jarayonlarini fan va ishlab chiqarishdagi innovatsiyalar bilan o‘zaro integrasiyasini ta‘minlash.

### **Modul bo‘yicha tinglovchilarning bilimi, ko‘nikmasi, malakasi va kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar**

“Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” kursini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

#### ***Tinglovchi:***

- avtomatik boshqarish tizimlarning matematik modelini;
- avtomatik boshqarish tizimlarni uzatish vazifalarini;
- avtomatik boshqarish tizimlarning dinamik xarakteristikalarini;
- avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko‘rsatkichlarini;
- tasodifiy ta’sirlarda chiziqli statsionar avtomatik boshqarish tizimlarini;
- nochiziqli tizimlarning ta’rifi va xususiyatlarini;
- identifikatsiyalashda model strukturasi;
- intellektual tizimlarida boshqarish jaryonlarini matematik ifodalash;
- ob’ektlarni boshqarishda qo‘llaniladigan modellar va matematik modellarni qurish usullari;

- axborot tizimlari va tarmoqlarining klassifikatsiyasi, xarakteristikalarini;
- axborot tizimlari va tarmoqlarining texnik va dasturiy vositalari bo'yicha

***bilimlarga ega bo'lishi kerak.***

***Tinglovchi:***

- avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlil qilish;
- chiziqli bo'lmagan tizimlarning barqarorligini o'rganish;
- nazorat ob'ektining statik modelini qurish;
- modellashtirish va identifikatsiyalash haqida asosiy ma'lumotlarni yig'ish ;
- axborot boshqaruv tizimlarining yangi vositalarini yig'ishda, ishga tushirish va foydalanishda, shuningdek, sinash, foydalanish uchun topshirish va texnikaviy xizmat ko'rsatish;

- ishlab chiqarish jarayonlarini xalqaro rejalashtirish standartlari axborot xavfsizligining huquqiy-me'yoriy bazasini;

- nochiziqli avtomatik boshqarish tizimlarini nazorat qilish;
- boshqarish tizimni sintezlash;
- avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko'rsatkichlaridan foydalanish;
- ob'ektlar struktura va parametrlarini indentifikatsiyalash;
- texnologik ob'ektlarni boshqarishning asosiy prinsiplari va sxemalarini; axborot boshqaruv tizimlarining asosiy turlari, ularning matematik ifodasini; boshqarish algoritmlarini sintezlash va real ob'ektlarga tadbiq qilish **ko'nikma va malakalarini egallashi kerak.**

***Tinglovchi:***

- dinamik jarayonlarni matematik ifodalash;
- holat parametrlari fazosi unumidan foydalanish;
- boshqaruv ob'ektlarning dinamik modellarini ko'rish ;
- raqamli boshqaruv algoritmlari;
- neyro-noanik texnologiyalarga asoslangan texnologik ob'ektlarni boshqarish;
- axborot xavfsizligini ta'minlashning asosiy yo'llari;

• axborotni himoyalash konsepsiyasi, axborot himoyasining strategiyasi va arxitekturasi *kompetensiyalariga* ega bo‘lishi lozim.

### **Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar**

“Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish” kursi ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Kursni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma’ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan;
- o‘tkaziladigan amaliy mashg‘ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so‘rovlar, test so‘rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o‘tkazish, va boshqa interaktiv ta’lim usullarini qo‘llash nazarda tutiladi.

### **Modulning o‘quv rejadagi boshqa modullar bilan bog‘liqligi va uzviyligi**

“Zamonaviy boshqarish nazariyasi” moduli o‘quv rejaning maxsus fanlar blokidagi “Boshqarish jarayonlarini intellektuallashtirish” fani bilan uzviy bog‘liqdir. Shu bilan bir qatorda modulni o‘zlashtirishda o‘quv rejaning boshqa bloklari fanlari bilan muayyan bog‘liqlik mavjuddir.

### **Modulning oliy ta’limdagi o‘rni**

O‘zbekiston Respublikasining rivojlanishida Zamonaviy boshqarish nazariyasi fanining o‘rni yuqori darajada bo‘lib, ishlab chiqarishni zamonaviy qurilmalar hisobiga rivojlantirish, avtomatik boshqarish tizimlarni uzatish vazifalari, avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlili o‘ta dolzarb masala hisoblanadi. Ushbu muammoni hal etishda birinchi navbatdagi vazifa zamonaviy talablarga javob beruvchi mutaxassislarni tayyorlash hisoblanadi. Shu sababli bunday mutaxassislarni tayyorlash uchun ushbu soha bo‘yicha ta’lim beruvchi oliy ta’lim tizimi o‘qituvchilarining malakasini oshirishda “Zamonaviy boshqarish nazariyasi” fani alohida o‘rinni egallaydi.

## Modul bo'yicha soatlar taqsimoti

№	Modul mavzulari	Tinglovchining o'quv yuklamasi, soat			
		Jami	Nazariy	Amaliy mashg'ulot	Ko'chma mashg'ulot
1.	Avtomatik boshqarish tizimlarning matematik modeli.	4	2	2	
2.	Avtomatik boshqarish tizimlarni uzatish vazifalari. Avtomatik boshqarish tizimlarning dinamik xarakteristikalari.	4	2	2	
3.	Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlili. Avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko'rsatkichlari.	8	2	2	4
4.	Tasodifiy ta'sirlarda chiziqli va nochiqli statsionar avtomatik boshqarish tizimlari.	2	2		
	<b>Jami:</b>	<b>18</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>



## **NAZARIY MASHG‘ULOT MAZMUNI**

### **1-mavzu: Avtomatik boshqarish tizimlarning matematik modeli.**

Avtomatik boshqarish tizimlari xaqida umumiy ma'lumotlar. Avtomatik boshqarish tizimlarning matematik modeli.

### **2-mavzu: Avtomatik boshqarish tizimlarni uzatish vazifalari. Avtomatik boshqarish tizimlarning dinamik xarakteristikalari.**

Avtomatik boshqarish tizimlarni vazifalari. Avtomatik boshqarish tizimlarini uzatish bosqichlari. Avtomatik boshqarish tizimlarning dinamik xarakteristikalari.

### **3-mavzu: Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlili.**

#### **Avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko'rsatkichlari.**

Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifatini o'rganish tahlil qilish. Avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko'rsatkichlari. O'zbekiston Respublikasida Avtomatik boshqarish tizimlarining rivojlanish muammolari. O'zbekiston Respublikasini rivojlantirish bo'yicha bajarilayotgan va rejalashtirilayotgan asosiy loyihalar.

### **4-mavzu: Tasodifiy ta'sirlarda chiziqli va nochiqli statsionar avtomatik boshqarish tizimlari.**

Tasodifiy ta'sir. Chiziqli statsionar avtomatik boshqarish. Tasodifiy ta'sirlarda chiziqli statsionar avtomatik boshqarishning yutuqlari. Nochiqli avtomatik boshqarish tizimlarining muammolari va afzalliklari.

## **AMALIY MASHG‘ULOT MAZMUNI**

### **1- amaliy mashg‘ulot: Avtomatik boshqarish tizimlari.**

Avtomatik boshqarish tizimlarni uzatish vazifalari. Avtomatik boshqarish tizimlarning dinamik xarakteristikalarini o‘rganish.

### **2- amaliy mashg‘ulot: Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlili.**

Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlil qilish. Avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko‘rsatkichlari bo‘yicha masalalar yechish.

### **3- amaliy mashg‘ulot: Chiziqli bo‘lmagan tizimlar**

Chiziqli bo‘lmagan tizimlarning ta‘rifi va xususiyatlari. Chiziqli bo‘lmagan tizimlarning barqarorligini o‘rganish. Boshqarish tizimni sintezlash.

## **KO‘CHMA MASHG‘ULOT**

**Mavzu: Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlili.**

**Avtomatik boshqaruv tizimlarning boshqaruv ko‘rsatkichlari.**

Ko‘chma mashg‘ulot “Ximavtomatik OJ” tashkil etish ko‘zda to‘tilgan. Karxonada yangi texnika va texnologiyalar bilan tanishish nazarda tutilgan

### **Ta‘limni tashkil etish shakllari**

Ta‘limni tashkil etish shakllari aniq o‘quv materiali mazmuni ustida ishlayotganda o‘qituvchini tinglovchilar bilan o‘zaro harakatini tartiblashtirishni, yo‘lga qo‘yishni, tizimga keltirishni nazarda tutadi.

Modulni o‘qitish jarayonida quyidagi ta‘limning tashkil etish shakllaridan foydalaniladi:

- ma‘ruza;
- amaliy mashg‘ulot;
- mustaqil ta‘lim.

O‘quv ishini tashkil etish usuliga ko‘ra:

- jamoaviy;
- guruhli (kichik guruhlarda, juftlikda);
- yakka tartibda.

**Jamoaviy ishlash** – Bunda o‘qituvchi guruhlarining bilish faoliyatiga rahbarlik qilib, o‘quv maqsadiga erishish uchun o‘zi belgilaydigan didaktik va tarbiyaviy vazifalarga erishish uchun xilma-xil metodlardan foydalanadi.

**Guruhlarda ishlash** – bu o‘quv topshirig‘ini hamkorlikda bajarish uchun tashkil etilgan, o‘quv jarayonida kichik guruxlarda ishlashda (2 tadan – 8 tagacha ishtirokchi) faol rol o‘ynaydigan ishtirokchilarga qaratilgan ta’limni tashkil etish shaklidir. O‘qitish metodiga ko‘ra guruhni kichik guruhlarga, juftliklarga va guruhlarora shaklga bo‘lish mumkin.

*Bir turdagi guruhli ish* o‘quv guruhlari uchun bir turdagi topshiriq bajarishni nazarda tutadi.

*Tabaqalashgan guruhli ish* guruhlarda turli topshiriqlarni bajarishni nazarda tutadi.

**Yakka tartibdagi shaklda** - har bir ta’lim oluvchiga alohida- alohida mustaqil vazifalar beriladi, vazifaning bajarilishi nazorat qilinadi.

## II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI

**“Bilaman /Bilishni xohlayman/ Bilib oldim” metodi** - yangi o‘tiladigan mavzu bo‘yicha talabalarning birlamchi bilimlarini aniqlash yoki o‘tilgan mavzuni qay darajada o‘zlashtirganligini aniqlash uchun ishlatiladi. Metodni amalga oshirish uchun sinf doskasiga yangi o‘tiladigan mavzu bo‘yicha asosiy tushuncha va iboralar yoziladi, talabalar berilgan vazifani o‘zlariga belgilaydi. Yuqorida berilgan tushuncha iboralarni bilish maqsadida quyidagi chizma chiziladi:

Bilaman	Bilimayman	Bilishni hohlayman

Ushbu metodda talabalar o‘qituvchi tomonidan berilgan vazifani yakka tartibda yoki jutlikda jadvalni tuldirdi. Ya’ni taxminan biz nimani bilamiz ustunida ro‘yxat tuzish fikrlarni toifalar bo‘yicha guruhlash. Bilishni xohlayman ustuni uchun savollar olish va savollarni o‘ylab belgilar qo‘yish. Biz nimani bildik ustuniga asosiy fikrlarni yozish.

### **B-B-B metodining afzaligi:**

- ✓ talabalarning faolligini oshiradi
- ✓ yangi utiladigan mavzu buyicha ta’lim oluvchilarning bilimlarini aniqlashga yordam beradi
- ✓ talabalar diqqati bir joyga jamlanadi;

### **B-B-B metodining kamchiligi:**

- barcha talablarning bergan fikrlarini tahlil qilish imkoniyati pastligi;
- talabalar ob’ektiv javob bermasligi;

Bilaman	Bilimayman	Bilishni hohlayman
ABTlarning matematik modeli.		
	ABTlarning uzatish funksiyasi.	Avtomatik tizimlarining dinamikasini hisoblash uchun uzatish va chastota funksiyalari degan tushuncha kiritilib, bu funksiyalar AS lar tahlilida muhim rol o'ynaydi. Ushbu funksiyalar orqali chastotali usullardan foydalanilnb, ularning asosida Laplas va Fure o'zgartirishlari yotadi. Chastotali usullar ham chiziqli va ayrim hollarda egri chiziqli AS lar uchun ham qo'llaniladi.
	<b>Matematik tavsifni tuzish</b>	Echilayotgan masalaga muvofiq tanlangan fizik model asosida matematik tenglamalar tizimi yoziladi. Bu bosqichda, agar imkon bo'lsa, tenglamaning ahamiyatsiz a'zolari olib tashlanib, tenglamalar soddalashtiriladi. Bunda tenglamadan olib tashlanayotgan a'zo masalani echishda hakikatan ahamiyatsiz ekanligiga ishonch hosil qilish kerak.
	<b>Modellovchi algoritmi</b>	ishlab chiqish masalasi matematik tavsifning tenglamalar tizimini echish usulini topishdan iborat. Model qanday mashinada, ya'ni rakamli (RHM), analog (AHM) yoki kombinasiyalashgan (ARHT) mashinada amalga oshirilishiga ko'ra algoritmni ishlab chiqish usuli tanlanadi. Konkret hisoblash
	<b>Model va haqiqiy jarayonning mosligini aniqlash</b>	mashinasining turini tanlash echilayotgan tenglama turi va hisoblash hajmiga bog'liq. bosqichida jarayonni xarakterlovchi kattaliklar solishtiriladi. Aniqlik etarli darajada bulmasa, matematik

		modelga tuzatish kiritish kerak. Modellash bosqichida jarayonning matematik modeli tadqiq qilinadi, olingan ma'lumotlar tahlil qilinadi va natijada konkret amaliy natijalar ishlab chiqiladi
ABTlarning dinamik xarakteristikasi		
O'tish funksiyasini qurish usullari.		
Integral baholash sifati		
	<i>Uzatish funksiyasi</i> -	bu chiqishdagi o'zgaruvchini kirishdagi o'zgaruvchiga boshlang'ich nol shartlardagi nisbati orqali aniqlanib, Laplas tasviri bilan ifodalanadi. Bo'g'in yoki elementlarning ochiq yoki yopiq konturlari uchun uzatish funksiyalari mavjud bo'lib, ular o'zaro farqlidir. Umuman olganda, uzatish funksiyasi operator tenglamaning kirishdagi o'zgaruvchisida turgan ko'pxadning chiqishdagi o'zgaruvchisida turgan ko'phadni nisbatlari orqali aniqlanadi.

### “Keys-stadi” metodi

«**Keys-stadi**»– inglizcha so‘z bo‘lib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – o‘rganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni o‘rganish, tahlil qilish asosida o‘qitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini o‘rganishda foydalanish tartibida qo‘llanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari o‘z ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday/ Qanaqa (How), Nima-natija (What).

### “Keys metodi”ni amalga oshirish bosqichlari

Ish bosqichlari	Faoliyat shakli va mazmuni
<b>1-bosqich:</b> Keys va uning axborot ta'minoti bilan tanishtirish	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish;</li> <li>✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda);</li> <li>✓ axborotni umumlashtirish;</li> <li>✓ axborot tahlili;</li> <li>✓ muammolarni aniqlash</li> </ul>
<b>2-bosqich:</b> Keysni aniqlashtirish va o'quv topshirig'ni belgilash	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ individual va guruhda ishlash;</li> <li>✓ muammolarni dolzarblik ierarxiyasini aniqlash;</li> <li>✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash</li> </ul>
<b>3-bosqich:</b> Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o'quv topshirig'ining yechimini izlash, hal etish yo'llarini ishlab chiqish	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ individual va guruhda ishlash;</li> <li>✓ muqobil yechim yo'llarini ishlab chiqish;</li> <li>✓ har bir yechimning imkoniyatlari va to'siqlarni tahlil qilish;</li> <li>✓ muqobil yechimlarni tanlash</li> </ul>
<b>4-bosqich:</b> Keys yechimini yechimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ yakka va guruhda ishlash;</li> <li>✓ muqobil variantlarni amalda qo'llash imkoniyatlarini asoslash;</li> <li>✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash;</li> <li>✓ yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish</li> </ul>

**Keys.** Tizim sintezining asosiy vazifasi o'rtacha kvadratik xatoning minimal qiymatini keltiradigan tizim parametrlarini aniqlash

### Keysni bajarish bosqichlari va topshiriqlar:

- Keysdagi muammoni keltirib chiqargan asosiy sabablarni belgilang (individual va kichik guruhda).
- Dvigatelning quvvatini pasayish sabablarini muhokama qiling (juftliklardagi ish).

## NAZARIY MATERIALLAR MAZMUNI

### 1-mavzu: Avtomatik boshqarish tizimlarning matematik modeli.

#### Reja:

1. ABTlarning matematik modeli.
2. ABTlarning uzatish funksiyasi.
3. ABTlarning dinamik xarakteristikasi.

#### Tayanch soʻz va iboralar.

Rostlash ob'ekti, matematik model, modellash, ob'ekt, tavsifni, algoritm, avtomatik tizim, uzatish funksiyalari, chiziqli, chastota, yopiq, ochiq, tizimlar, statik, dinamik, xarakteristika.

#### 1. ABTlarning matematik modeli.

Rostlash ob'ekti va ART elementlari xususiyatlarini tavsiflashda matematik modellash usuli qo'llaniladi. **Matematik modellash** – modellarni qurish va o'rganish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Bunda, o'rganilayotgan ob'ekt o'rniga model deb ataluvchi moddiy ob'ekt olinadi. O'rganilayotgan ob'ektga o'xshash modelning jarayonlari boshqa fizik hodisaga mos, lekin bir xil tenglamalar bilan tavsiflanadi. Matematik modellar hisoblash mashinalari yoki to'g'ri analogli qurilmasi orqali amalga oshiriladi. Hisoblash mashinalarida o'rganilayotgan hodisa yoki jarayonning matematik tavsifini bir qator elementar matematik operatsiyalar bajarib tiklanadi. Bu operatsiyalar bir nechta elementlarni bir vaqtda echish yoki bitta elementni ko'p marta echish bilan bajariladi. To'g'ri analogli modellar, hisoblash mashinasidan farqli ravishda alohida elementlarga bulinmaydi. Ular boshlang'ich nisbatlarni qurilmada o'tayotgan hodisa xususiyatlariga ko'ra tiklaydi. Bunda doimo model va haqiqiy jarayon parametrlari o'rtasidagi bir ma'noli moslashuvi (tanlangan analogiya tizimiga ko'ra) ko'rsatish mumkin. O'rganilayotgan ob'ektning kirishi va boshqaruvchi parametrlari o'rtasidagi nisbatan aniqlovchi tenglamalar tizimi *matematik tavsif* deyiladi.

Ob'ektning matematik modelini kurish va uni o'rganish bir qator o'zaro bog'liq bo'lgan bosqichlarni bajarish demakdir.



Modellash vazifasini aniqlash:

- ob'ektni o'rganish va tavsifning shakllanishi;
- matematik tavsifni tuzish;
- modellovchi algoritmnini ishlab chiqish;
- olingan model va haqiqiy jarayonning mosligini aniqlash;
- modellash (ob'ektning matematik modelini tadqiq qilish);
- olingan ma'lumotni tahlil qilish.

**Modellash vazifasini aniqlash** - barcha bosqichlar ichida eng muhimi, chunki matematik modellashning aniq va ravshan ifodalanishidan masalaning echilish yo'llari kelib chiqadi. Modellashning maqsadi turlicha bo'lishi mumkin, lekin ularning negizi uskunalarni optimal loyihalash, loyihalashning o'zini avtomatlashtirish va ob'ektni optimal boshqarishdan iborat. Qo'yilgan bu maqsadga matematik tavsifning uslubini tanlash ham bog'liq.

**Ob'ektni o'rganish va tavsifning shakllanishi** bosqichida masalaning negizidagi hodisalar mexanizmi buysonadigan funksional qonunlar aniqlanadi. Bosqichga kirish va chiqish o'zgaruvchilari; g'alayonlovchi va boshqaruvchi ta'sirlar belgilanadi, kirish va chiqish o'zgaruvchilari o'rtasidagi bog'lanish aniqlanadi, dastlabki tajribalar utkaziladi. Olingan ma'lumotlar asosida jarayonning strukturali sxemasi tuziladi.

**Matematik tavsifni tuzish.** Echilayotgan masalaga muvofiq tanlangan fizik model asosida matematik tenglamalar tizimi yoziladi. Bu bosqichda, agar imkon bo'lsa, tenglamaning ahamiyatsiz a'zolari olib tashlanib, tenglamalar soddalashtiriladi. Bunda tenglamadan olib tashlanayotgan a'zo masalani echishda hakikatan ahamiyatsiz ekanligiga ishonch hosil qilish kerak.

**Modellovchi algoritmnini** ishlab chiqish masalasi matematik tavsifning tenglamalar tizimini echish usulini topishdan iborat. Model qanday mashinada, ya'ni rakamli (RHM), analog (AHM) yoki kombinasiyalashgan (ARHT) mashinada amalga oshirilishiga ko'ra algoritmnini ishlab chiqish usuli tanlanadi. Konkret hisoblash mashinasining turini tanlash echilayotgan tenglama turi va hisoblash hajmiga bog'liq.

**Model va haqiqiy jarayonning mosligini aniqlash** bosqichida jarayonni xarakterlovchi kattaliklar solishtiriladi. Aniqlik etarli darajada bulmasa, matematik modelga tuzatish kiritish kerak.

Modellash bosqichida jarayonning matematik modeli tadqiq qilinadi, olingan ma'lumotlar tahlil qilinadi va natijada konkret amaliy natijalar ishlab chiqiladi.

## **2. ABTlarning uzatish funksiyasi.**

Avtomatik tizimlarining dinamikasini hisoblash uchun uzatish va chastota funksiyalari degan tushuncha kiritilib, bu funksiyalar AS lar tahlilida muhim rol o'ynaydi. Ushbu funksiyalar orqali chastotali usullardan foydalanilnb, ularning asosida Laplas va Fure o'zgartirishlari yotadi. Chastotali usullar ham chiziqli va ayrim hollarda egri chiziqli AS lar uchun ham qo'llaniladi.

Yendi shu o'zgartirishlarni qo'llash orqali uzatish va chastota funksiyalariga ega bo'lishni ko'raylik.

Oldingi paragrafda aytib o'tilganidek Laplasning to'g'ridan-to'g'ri o'zgartirish usulini haqiqiy o'zgaruvchi funksiyasiga tadbiiq etib, boshlang'ich nol shartlarda operator tenglamasiga ega bo'lishi mumkin:

$$A(r)x_{chik}(r)=V(r)x_{kir}(r)+s(r)z(r) \quad (6.1)$$

(2.29) formuladan foydalaygan holda uzatish funksiyasi haqidagi tu-shunchani kiritamiz. Agar chiziqli tizimlar uchun superpozitsiya qonuni-yatini ko'llaydigan bo'lsak, (2.29) dan berilayotgan va qo'zg'atuvchi ta'sirlar uchun uzatish funksiyasini olish mumkin:

$$K(p) = \frac{X_{\text{chik}}(p)}{X_{\text{kir}}(p)} = \frac{B(p)}{A(p)} \quad (6.2)$$

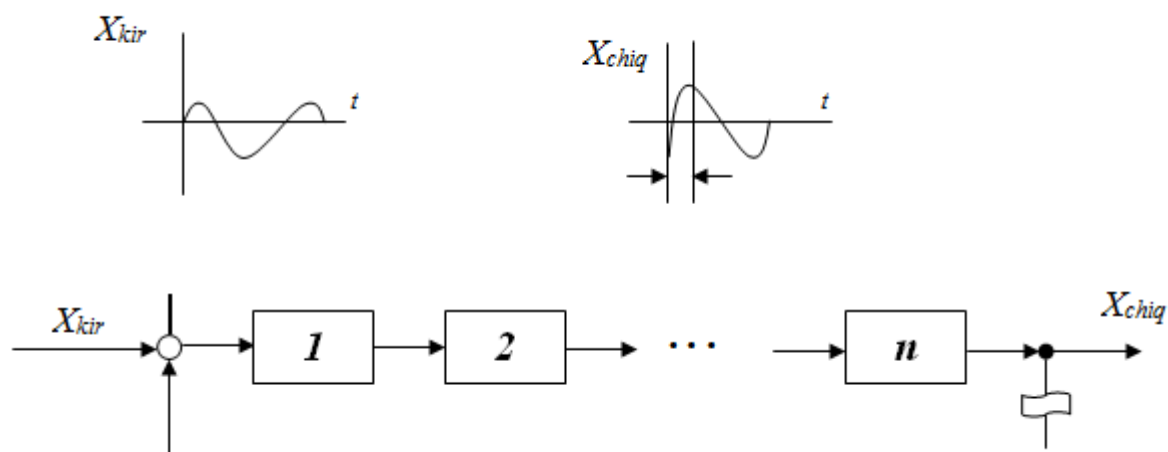
$$K_{,}(p) = \frac{X_{\text{chik}}(p)}{Z(p)} = \frac{C(p)}{A(p)} \quad (6.3)$$

**Uzatish funksiyasi** - bu chiqishdagi o'zgaruvchini kirishdagi o'zgaruvchiga boshlang'ich nol shartlardagi nisbati orqali aniqlanib, Laplas tasviri bilan ifodalanadi. Bo'g'in yoki elementlarning ochiq yoki yopiq konturlari uchun uzatish funksiyalari mavjud bo'lib, ular o'zaro farqlidir. Umuman olganda, uzatish funksiyasi

operator tenglamaning kirishdagi o'zgaruvchisida turgan ko'pxadning chiqishdagi o'zgaruvchisida turgan ko'phadni nisbatlari orqali aniqlanadi.

Bunday aniqlashlilik shuni ko'rsatadiki, avtomatik tizimlarning uzatish funksiyasi berilayotgan yoki qo'zg'atish ta'sirlarining turiga emas, balki funksional elementlarning parametrlariga bog'lik ekan. Uzatish funksiyalari ba'zan ***kuchaytirishning dinamik koeffitsenti*** deb ham ataladi.

AS lar tahlilida chastotali usullar alohida elementlarning (boshqar-ning, ob'ektning, kuchaytirgichning va h.k.) hamda butun tizimning chasto-tasi tavsiflarini ko'rib chiqishga asoslangan. Chiziqli tizimning asosiy teskari bog'lanishini uzib turib va -ppimni kirishiga sinusoida shaklida ta'sir kiritiladigan bo'lsa, u holda turg'unlashgan rejimda, tizimning chiqishdagi xuddi o'shanday chastotaga ega bo'lgan, lekin amplituda va faza jihatidan o'zgacha bo'lgai garmonik funsiyaga ega bo'lamiz:



1.1-rasm

Ochiq tizimlarining kirish va chiqishidagi garmonik signallarni tahlil qiladigan bo'lsak, chastota funkspyasi bilan tavsiflanadigan uning xususiyatlarini aniqlash mumkin:

$$K(j\omega) = \frac{B(j\omega)}{A(j\omega)} = \frac{X_{\text{chik}}(j\omega)}{X_{\text{kir}}(j\omega)} \quad (1.4)$$

$K(j\omega)$  funksiyasi ***kompleks chastota funksiyasi*** yoki soddaroq qilib, ochiq tizimlarining ***chastota funksiyasi*** deb ataladi. U avtomatik tizimlarini tashkil etuvchi elementlarning parametrlariga va chastotasiga bog'liq. ***Chastota***

*funsiyasini* uzatish funsiyasidagi  $p$  ni  $j\omega$  ga almashtirish yo‘li bilan olish mumkin. Bunday almashtirish boshlang‘ich O shartlarda differensial tenglamalarga Furge o‘zgartirishini qo‘llashga o‘xshagandir. Chastota funsiyasi turg‘unlashgan majburiy davriy harakatlar uchun kompleks kuchaytirish koeffitsentini ifodalaydi va (1.4) formula orqali aniqlanadi.

Maxrajdagi mavhum qismini tashlab yuborib quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$K(j\omega) = \frac{B(j\omega)\overline{A(j\omega)}}{A(j\omega)\overline{A(j\omega)}} = P_0(\omega) + jB_0(\omega); \quad (1.5)$$

bu yerda  $\overline{A(\omega)}$  - maxrajning kompleks kattaligi;

$P_0(\omega)$  va  $Q_0(\omega)$  - ochik tizimyaar chastotali funsiyasining haqiqiy va mavhum qismlari. Kompleks kattalikni ko‘rsatgichli shaklda yozadigan bo‘lsak, (1.5) ning o‘rniga quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$K(j\omega) = A_0(\omega)e^{j\varphi_0(\omega)}; \quad (1.6)$$

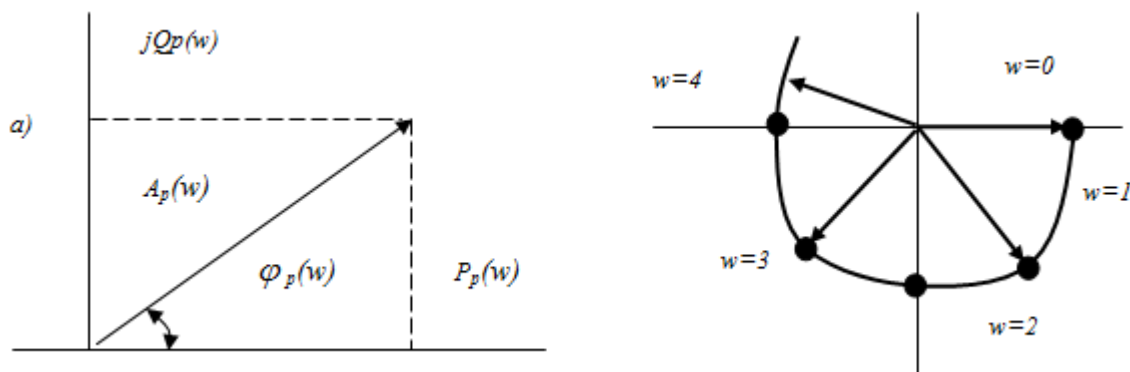
bu yerda

$$A_0(\omega) = |K(j\omega)| = \sqrt{P_0^2(\omega) + Q_0^2(\omega)} \quad (1.7)$$

$$\varphi_0(\omega) = \arctg[Q_0(\omega)/P_0(\omega)] \quad (1.8)$$

(6.7) va (6.8)dagi  $A_0(\omega)$  va  $\varphi_0(\omega)$  lar, mos holda, kompleks kattalikning moduli va argumentidir. Ular  $K(j\omega)$  vektorning kompleks tekislikdagi katgalgini va yo‘nalishini ko‘rsatadi (2.3-rasm). Chastota funsiyasining moduli amplitudalarning kirshi va chiqishidagi qiymatlarini nisbatini bildiradi. Shuning uchun uni berilgan chastotadagi amplituda bo‘yicha kuchaytirish koeffitsenta deb ifodalansa ham bo‘laveradi.

Har bir chastotaga argument va modulning ma‘lum bir qiymatlari, ya‘ni amplituda va fazasi to‘g‘ri keladi. Bunda chiqishdagi o‘zgaruvchini amplitudasi va chastotasi chastota funkspyalari orqli aniqlanadi. U elementlarning va tizimlarining garmonik tebranishlarni kirishdan chiqishgacha uzatish kobilyatini belgilaydi (kirishdagi signalning amplitudasiga va fazasiga nisbatan siljish bor yoki yo‘q bo‘lgan hollarda chiqishdagi amplitudani ortishini yoki kamayishini ko‘rsatadi.



2.3-rasm

Yopiq tizimlarining chastota funsiyalarini ochik tizim chastota funsiyasi kabi ko'rib chiqish mumkin:

$$W(jw) = P(w) + Q(w) = A_0(w)e^{j\varphi(w)} \quad (1.9)$$

Avtomatikada, chastota funsiyalari o'tish jarayonlarini, yoki tizimlarini turg'un yoki noturg'un ekanliklarinn aniqlashda keng qo'llaniladi. Agar, bordiyu kirishdagi o'zgaruvchini chiqishdagi o'zgaruvchiga nisbati olinsa, u holda teskari chastota funsiyasi hosil bo'ladi. Ko'ngina hollarda uning analitik ifodasi keyinchalik o'zgartirishlar uchun qulaydir. Chunki har kandy real bo'g'inda suratdagi ko'phad darajasi V(r) mahrajdagi ko'phad darajasi A(r) dan kichikdir. Teskari chastota funsiyasi

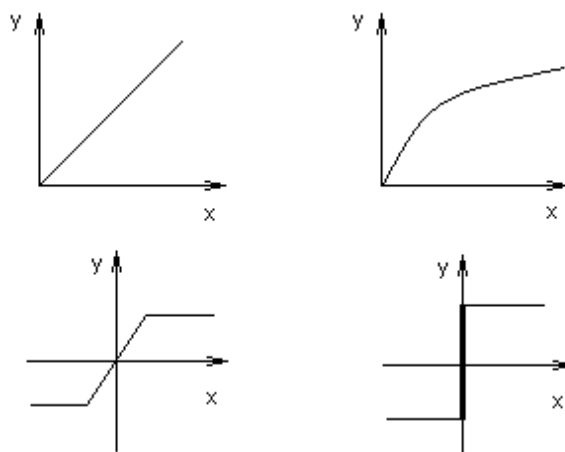
$$K^{-1}(jw) = A(jw) / B(jw) = 1 / K(jw) \quad (1.10)$$

### ABTlarning dinamik xarakteristikasi.

**Statik xarakteristika** – bu chiquvchi *Y kattalikning kiruvchi kattalik X dan urnatilgan tartibdagi karamliligidir* .

$$y = f(x)$$

Statik xarakteristikaga ko'ra barcha elementlar: chiziqli va nochiziqlilarga ajratiladi.



3.2. rasm. Statik xarakteristika turlari

**Dinamik xarakteristika** – bu chiquvchi kattalik  $Y$  ni kuruvchi kattalik  $X$  dan vakt davomiyligidagi karamliligidir :

$Y = f(x,t)$  , differensial tenglama kurinishida yoziladi.

**Dinamik xarakteristikaning ikki turi mavjud:**

a) *vaqt xarakteristikasi (utuvchi)* – utuvchi rejimda uzatilayotgan bo‘g‘in xarakatini kirishidagi poganali ta’sirini kursatadi,

b) *chastotaviy xarakteristika* – bu bog‘in chiqishida *órnatilayotgan majburiy tebranishlarni garmonik ta’sirlari orqali chakirilgan bo‘g‘in kirishidagi xarakatlarni yoritadi*. Agar  $X$  va  $U$  ni kompleks kurinishda yozilsa va

$\frac{\vec{y}}{y} / \frac{\vec{x}}{x} \rightarrow \frac{\vec{y}}{y} / \frac{\vec{x}}{x}$  munosabatlari olinsa kompleks uzatuvchi bo‘g‘in koefitsenti vujudga

keladi :  $W(j\omega) = \frac{\vec{y}}{y} / \frac{\vec{x}}{x}$

bu yerda  $j\omega$  - kompleks chastota.

$$j = \sqrt{-1}j = \sqrt{-1} \text{ kompleks son}$$

Agar chastotaga  $\omega$  ( 0 dan  $\infty$  gacha ) bulgan turli xil qiymatlar berilsa, unda kompleks tekislikda kuplab nuktalar paydo bo‘ladi, ularni bir-biriga ulashda chastotali xarakteristika *yoki godograf xosil bo‘ladi*.

### Dinamika va statika tenglamalari

Avtomatik boshqarish tizimining ishlash sifatini uni statik va dinamik xarakteristikalarini taxlil qilib baholasa bo‘ladi. Tizimni *statik xarakteristikalari*

deb, oʻrnatilgan xolatda chiqish koordinatalarini kirish taʼsirlariga bogʻliq xarakteristikalariga aytiladi. Bitta kirish va bitta chiqishga ega tizimlarda bitta xarakteristika boʻladi, u tizimning oʻrnatilgan holdagi qiymatini kirishdagiga bogʻliqligini koʻrsatadi:

$$x_{o'm} = \beta u_{o'm},$$

bunda  $\beta$ - kuchaytirish koeffitsenti. Chiziqli tizimlar uchun  $\beta = \text{const}$  boʻlsa, nochiziqliklar uchun  $\beta = f(x)$ . Bir nechta kirishga ega tizimlar statik xarakteristikalar guruhi bilan baholanadi.

*Tizimning dinamik xarakteristikalari* deb, har xil taʼsirlar tufayli hosil boʻladigan oʻtkinchi jarayonlarga aytiladi. Ular tizimni uzatish funksiyasi asosida olinishi mumkin.

Uzatish funksiyasi (UF) deb, chiqish va kirish qiymatlarini operatorli (Laplas boʻyicha) tasvirini (noldan chapda boʻlgan) boshlangʻich shartlari nol boʻlgan xoldagi nisbatlariga aytiladi. Agar tizim bitta kirishga ega boʻlsa, uni uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} \quad (4.1)$$

boʻladi, bu yerda  $y(p)$ ,  $x(p)$ - chapdan boshlangʻich shartlari nolga teng boʻlganda chiqish va kirish qiymatlari orttirmasini operatorli tasvirlari, agarda bir nechta kirishga ega boʻlsa, uni (2.1) ga oʻxshash uzatish funksiyasi har bir kirish taʼsiri boʻyicha olinishi mumkin, boshqa kirishlar boʻyicha kirish taʼsirlarini orttirmasi nolga teng deb faraz kilinadi.

Toʻgʻri rasional kasrning uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_0}{c_n p^n + c_{n-1} p^{n-1} + \dots + c_0}$$

koʻrinishga ega, bunda  $s_j$ ,  $b_j$  tizim parametrlari orqali aniqlanadigan koeffisientlar;  $n \geq m$ . Uzatish funksiyasi nollari va qutblari haqiqiy yoki qoʻshma kompleks sonlar boʻlishi mumkin.

Agarda kirish ta'siri sifatida pog'onali birlik funsiyadan foydalanilsa, bunda olinadigan o'tkinchi jarayonni o'tkinchi funsiya ifodalaydi. Bu funsiya chiqish qiymatini vaqtga bog'liqligini ko'rsatadi va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$h(t) = L^{-1} \left\{ \frac{1}{p} \Phi(p) \right\} = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma-jw}^{\sigma+jw} \frac{1}{p} \Phi(p) e^{pt} dp. \quad (4.2)$$

Umumiy xolda  $h(t) = x_m(t) + x_e(t)$ , bunda  $x_m(t)$  - majburiy tashkil etuvchi, u pog'onali birlik ta'sirida tizimni kuchaytirish koeffitsentiga teng;  $x_e(t)$  - yerkin tashkil etuvchi, tizimni yangi holatga o'tish jarayonini baholaydi. Barqaror tizimlarda  $x_e(t)$  - vaqt o'tishi bilan nolga intiladi.

Agarda kirish ta'siri birlik impuls funsiya bo'lsa, bunda olinadigan jarayon impulsli o'tkinchi funsiya deb ataladi:

$$g(t) = L^{-1} \{ \Phi(p) \} = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma-jw}^{\sigma+jw} \Phi(p) e^{pt} dp \quad (4.3)$$

$$g(t) = h'(t) = \frac{dx_e(t)}{dt}.$$

Oxirgi tenglama impul'sli o'tkinchi funsiyani hosilasi ekanligini anglatadi, teskari nisbat ham to'g'ri bo'ladi:

$$h(t) = \int_0^t g(t) dt.$$

Kirish ta'siri ixtiyoriy  $x(t)$  shaklga ega bo'lsa, unda tizimdagi o'tkinchi jarayon quyidagi tenglama bilan aniqlanishi mumkin:

$$x(t) = L^{-1} \{ X(r) \} = L^{-1} \{ Y(r) F(r) \}.$$

Tizimni dinamik xususiyatlarini baholashda chastotali xarakteristikalaridan keng foydalanish joriy qilingan. Ular tizimni garmonikali  $\omega$  chastotani noldan cheksizgacha o'zgargandagi ta'sirga bo'lgan javobni (reaksiyasini) xarakterlaydi:

$$u(t) = A_k(\omega) y e^{(\omega t + \varphi_k(\omega))}.$$



**Bu tenglama odatda chastotali ABT barqarorligini hamda o'tkinchi jarayonini tadqiqot qilishda ishlatiladi.**

***Amplituda va faza chastota xarakteristikasi (AFChX) kompleksli ifodalarning nisbatidan iborat:***

$$F(j\omega) = \frac{y(t)}{x(t)} \quad (4.4)$$

Bunda  $y(t) = A_y(\omega)e^{j(\omega t + \varphi_y(\omega))}$  – garmonikali chiqish signali, odatda quyidagicha yoziladi:

$$\Phi(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} \quad (4.5)$$

Bundagi  $A(\omega)$ -amplituda chastota xarakteristikasi (AChX)

$$A(\omega) = \frac{A_y(\omega)}{A_x(\omega)} = \frac{|y(t)|}{|x(t)|} \quad (4.6)$$

$\varphi(\omega)$ -fazali chastota xarakteristikasi (FChX):

$$\varphi(\omega) = \varphi_y(\omega) - \varphi_x(\omega) \quad (4.7)$$

Amplituda va faza chastota xarakteristikasi kompleksli o'zgaruvchan qiymat bo'lgani uchun uni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$F(j\omega) = R(\omega) + jQ(\omega) \quad (4.8)$$

bunda:  $R(\omega)$ - tizimni haqiqiy chastota xarakteristikasi,  $Q(\omega)$ -mavhum chastota xarakteristikasi (MChX).

Chastota  $F(j\omega)$ , xarakteristikasi (asosida) tizimni o'tkinchi  $x(t)$  xarakteristikasi Fur`yeni teskari o'zgartirish yordamida olinishi mumkin:

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} y(j\omega)\Phi(j\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (4.9)$$

Avtomat boshqarish nazariyasida dinamik xususiyatlarini tekshirishda, ayniqsa ABT barqarorligini, ko'p xollarda uni logarifimli chastota xarakteristikalaridan (LChX) foydalaniladi. Ular avtomat boshqarish tizimining jarayonini berilgandek shakllantiradigan rostlagichlarni tuzilmasini, hamda parametrlarini aniqlashda keng qo'llaniladi.

AFChX (4.5) tenglmasini chap va o'ng tomonlarini logarifmlab,

$$\ln F(j\omega) = \ln A(\omega) + j\varphi(\omega) \quad (4.10)$$

yerishamiz.

Bunda  $\ln A(\omega)$  va  $\varphi(\omega)$  tegishlicha *logarifimli amplituda* (LAX) va *logarifimli faza* (LFX) xarakteristikasi hisoblanadi.

Ikkita qiymati yoki umumiy raqamlari nisbatini baholash uchun logarifimli birlik qilib desibell (dB) ishlatiladi.  $L$  raqam bilan umumiy tarzli  $A$  raqamli o'rtasidagi bog'lanish quyidagi tenglama

$$L = 20 \lg A, [\text{dB}]$$

bilan beriladi. Misol sifatida  $A=10$  soniga 20 dB to'g'ri keladi. LAX va LFX to'g'ri burchakli koordinatalari tizimida grafiklar ko'rinishida beriladi. Absissa o'qidan logarifimli masshtabda  $\omega$  chastota, ordinata o'qida LFX qiymati desibelda, FChX qiymati gradusda (yoki radianda) bir tekisda qo'yiladi.

Avtomatik boshqarish tizimlarini o'tkinchi jarayonini tadqiqot qilish uchun differensial yoki integral tenglamalardan foydalaniladi. Parametrlari to'plangan tizimlar uchun bu oddiy differensial tenglamalar bo'lsa, parametrlari taqsimlanganlar uchun xususiy hosilali differensial tenglamalar bilan ifodalanadi.

ABT dinamik jarayonlarni o'rganishda odatda rostlanadigan qiymatni va qurilmani muayyan fizikaviy tabiatini chetda koldirib boshqarish jarayonini matematik modeli bilan qiziqishadi. Tizimni matematik modelini yaratishda dinamik zvenolardan tashkil topgan tuzilma sxemasi asos qilib olinadi. Dinamik zvenolarda jarayonlar fizika qonunlari asosida differensial yoki operatorli tenglamalar bilan ifodalanadi. ABT bitta qurilmasi bir yoki bir nechta dinamik zvenolar bilan taqdim etilgan bo'lishi mumkin.

Dinamik zvenolar uchun olingan differensial tenglamalar majmuasi tizimni matematik modeli bo'lib butun tizim differensial tenglamalarini olishga xizmat qiladi.

Umumiy holda elementlarning yoki tizimlarning differensial tenglamalari nochiziqdir. Ammo muvozanat holatida kichik og'ishlarda nochiziq tenglamalarni taxminiy chiziqli tenglamalar bilan almashtirsak bo'ladi. Bunday almashtirish differensial tenglamalarni chiziqshtirish deb ataladi. Nochiziqli ko'p o'zgaruvchan funsiyalarni chiziqshtirishda kichik og'ishlar uslubidan foydalaniladi. Bunda o'rnatilgan holatda o'zgaruvchi qiymatlarga kichik og'ishlar berilib, ular Teylor qatoriga kichik o'zgarishlar darajasiga qarab yoyiladi.

ABT ushbu differensial tenglamalar tizimi bilan ifodalagan matematik modelga ega deb faraz qilaylik:

$$\frac{dx_k}{dt} = X_k(x_1, x_2, \dots, x_n), k = 1, 2, \dots, n \quad (4.11)$$

bundagi  $x_k$  – tizim koordinatalari.

Agar nochiziqli  $x_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$  funsiyalar o'rnatilgan  $x_{k0} = \text{const}$  rejimni qandaydir  $H$  atrofida  $x_{k0}$  uchrashadigan bo'lsa, unda bu tenglamalar Teylor qatoriga yoyilishi mumkin.

Ushbu  $x_k = x_{k0} + \Delta x_k$  shartni qabul etib, (4.11) tenglama quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

$$\frac{d\Delta x_k}{dt} = X_k(x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}) + \left. \frac{\partial X_k}{\partial x_1} \right|_0 \Delta x_1 + \left. \frac{\partial X_k}{\partial x_2} \right|_0 \Delta x_2 + \dots + \left. \frac{\partial X_k}{\partial x_n} \right|_0 \Delta x_n + F_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

bunda  $\Delta x_k$  –  $k$  koordinataning kichik og'ishlari;  $\left. \frac{\partial X_k}{\partial x_i} \right|_0$ ,  $k=1, 2, \dots, n$ ,  $i=1, 2, \dots, n$

– o'rnatilgan rejim nuqtasida hisoblangan xususiy hosilalar;  $F_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$  o'z tarkibida ikkinchi darajali kichiklikdan past bo'lmagan hadlarni olgan funsiyalar.  $x_k(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0$  (2.12) tenglamalardan o'rnatilgan rejim tenglamalar tizimini ayirib, hamda  $F_k(x_1, x_2, \dots, x_n)$  e'tiborga olmasdan qoldirsak, o'zgarmas koeffisientlarga ega og'ishlar bo'yicha chiziqli tenglamalar tizimini olamiz, ular birinchi yaqinlashish tenglamalaridir:

$$\frac{d\Delta_k}{dt} = \sum_{i=1}^n a_{ki} \Delta x_i, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

bunda  $a_{ki} = \left. \frac{\partial X_k}{\partial x_i} \right|_0$

ABT ni taqribiy tadqiq qilishda chiziqli avtomatik boshqarish nazariyasi muhim ahamiyatga egadir. Shu sababli materiallarning kelgusi bayonida asosiy diqqat ABTning chiziqli nazariyasiga beriladi. Nochiziqli va impul'sli ABT jarayonlarining xususiyatlariga kelsak, ular maxsus quriladi, chunki chiziqli nazariya yordamida bu xususiyatlarni ochib bo'lmaydi.

Tizimning ish jarayonida chiqishdagi o'zgaruvchi o'lchanib, belgilangan (berilgan) qiymat bilan solishtiriladi (teskari aloqa qonuniyatidan foydalaniladi). Agar chiqishdagi o'zgaruvchini berilgan qiymatdan og'ganligi aniqlansa, u holda tizimga boshqaruvchi ta'sir  $X$  kiritiladi. Bu ta'sir chiqishdagi o'zgaruvchini berilgan qiymat bilan bir xil bo'lguncha o'zgartiradi.

Avtomatik tizimlarining ish rejimlari berilgan  $X_{kir}$  va qo'zg'atuvchi  $Z$  ta'sirlarga bog'liqdir. Qo'zg'atuvchi ta'sirlar, adatda, boshqarilayotgan kattalikni berilgan qiymatlaridan og'ishiga olib keladi. Dastlabki berilgan signal esa ob'ektning chiqishdagi o'zgaruvchisini belgilangan qiymati vaqt bo'yicha yoki bir xil o'zgarimas bo'ladi yoki o'zgaruvchan bo'ladi.

Boshqarishning **chiziqli** qonuniyatlari sozlagichning chiziqli tenglamasi bilan xarakteristikalanadi; chiziqli qonuniyatda sozlagich kirishdagi o'zgaruvchi qiymatiga proporsional bo'lgan signal ishlab chiqaradi, ayrim hollarda esa kirishdagi o'zgaruvchining hosilasiga va integraliga proporsional bo'lgan signal chiqaradi. Shuning uchun xususiy hollarda boshqarishning chiziqli qonuniyati yoki proporsional (P-sozlagich) yoki integrallovchi (I-sozlagich) bo'lishi mumkin. Undan tashqari chiziqli qonuniyat proporsional-differensiallovchi (PD-sozlagich) yoki proporsional-differensiallovchi (PID-sozlagich) bo'lishi mumkin, odatda, differensiallovchi boshqarish qonuniyati proporsional yoki integrallovchi qonuniyatlar bilan qo'llaniladi.

Boshqarishning egri chiziqli qonuniyatlari, qator hollarda, maxsus holda hosil qilinadi (optimal, o'z-o'zini rostdash va boshqa tizimlar). Bu bilan avtomatik

tizimlar belgilangan sifat darajasiga yetkaziladi. Bu qonuniyatlar sozlagichlar xarakteristikasining egri chiziqiligi bilan yoki logik elementlarning mavjudligi bilan xarakterlarishi mumkin.

Chunki ular sozlagich tuzilishini o'zgartiradilar. Egri chizikli boshqarish qonuniyatlari avtomatik tizimlarga alohida xususiyatlar kiritadi.

### **Nazorat savollari**

1. Tizimlarining dinamik tenglamalari deganda nimani tushunasiz?
2. Boshqarish jarayonlarining tenglamasi deb nimaga aytiladi?
3. Tipik kirish signallariga nimalar kiradi?
4. Statistik va dinamik xarakteristikalar xakida nimalarni bilasiz?
5. Uzatish funsiyalari xakida nimani bilasiz?
6. Laplas va Fure o'zgartirishlari nimalardan iborat?
7. Kuchaytirishning dinamik koeffitsenti deb nimaga aytildi?
8. Ochik tizimlarining chastota funsiyasi deb ataladi?
9. Teskari chastota funsiyasi kanday ko'rinishga ega?
10. Matematik modellash nima?

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. [Norman S. Nise](#). Control Systems Engineering. New York, John Wiley, 7 edition, 2015. – 944 p.
2. Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering. Pearson Higher Ed USA, 5 edition 2009. -912 p.
3. Yusupbekov N.R., Muxammedov B.I., Gulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni nazorat kilish va avtomatlashtirish: texnika oliy o'kuv yurtlari talabalari uchun darslik. - T.: O'qituvchi, 2011.-576 b.
4. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari: O'quv qo'llanma. 1,2-qism. Yusupbekov N.R., Igamberdiev X.Z., Malikov A.V. - Toshkent: ToshDTU, 2007.
5. Sevinov J.U. Avtomatik boshqarish nazariyasi. O'quv ko'llanma.- Toshkent:Fan va texnologiyalar, 2017. -248b.

## 2- mavzu: Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalarini.

### Reja:

- 1.Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalarini.
2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.

### 2.1.Elementar zvenolar va ularning xarakteristikalarini.

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

Matematik ifodasi differensial tenglama bilan ifodalanadigan zvenolarga *dinamik zveno* deyiladi.

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

1. Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno.
2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.
3. Ideal integrallovchi zveno.
4. Ideal differensiallovchi zveno.
5. Tebranuvchi zveno.
6. Birinchi tartibli tezlatuvchi zveno.
7. Ikkinchi tartibli tezlatuvchi zveno.

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

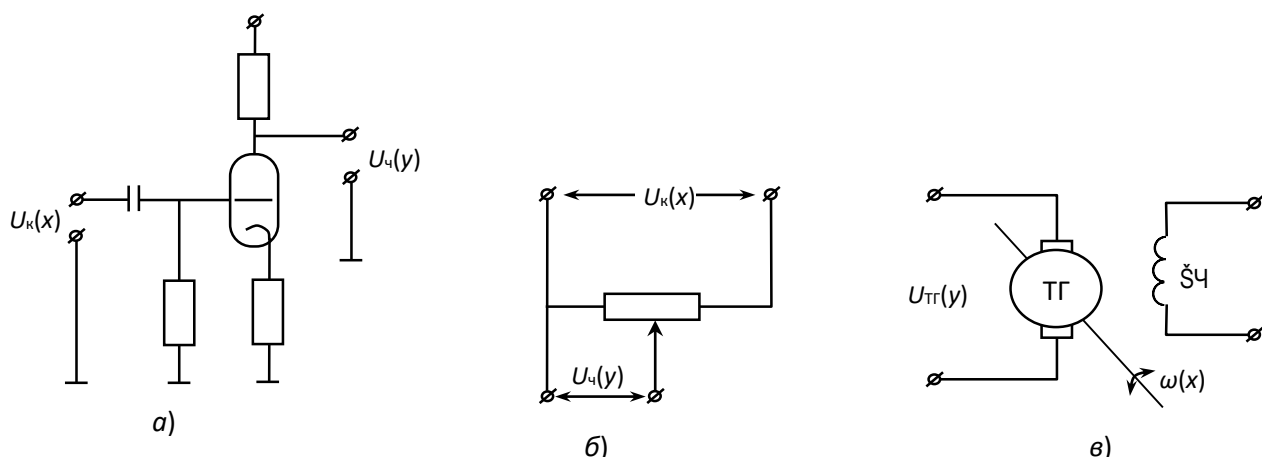
**1. Inersiyasiz (proporsional, kuchaytiruvchi) zveno.** Bu zvenoning umumiy tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$y(t) = K \cdot x(t), \quad (1)$$

bu yerda  $K$  – uzatish koeffitsienti.

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

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



5.1-rasm. Elektron kuchaytirgich (a); potensiometr (b); taxogenerator (v), bu yerda « $\omega$ » o‘qning aylanish tezligi.

(5.1) tenglamaga Laplas almashtirishlarini kiritamiz

$$y(p) = K \cdot x(p), \quad (2)$$

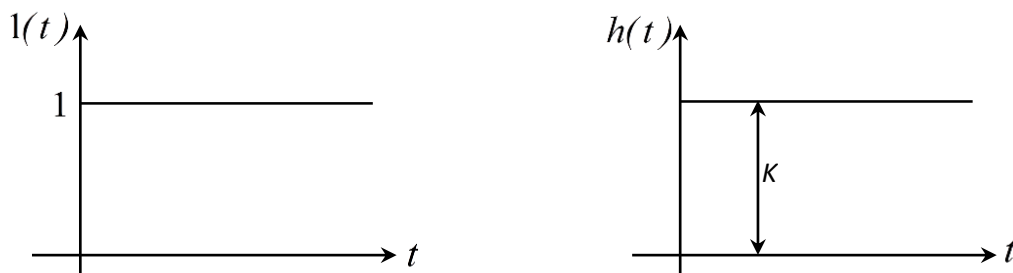
bundan

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = K. \quad (3)$$

Shunday qilib, proporsional zvenoning uzatish funksiyasi kuchaytirish koeffitsienti « $K$ » ga teng bo‘ladi.

Uzatish funksiyasi orqali zveno yoki sistemaning vaqt xarakteristikalarini aniqlash mumkin

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ K \frac{1}{p} \right\} = K \cdot 1(t). \quad (4)$$

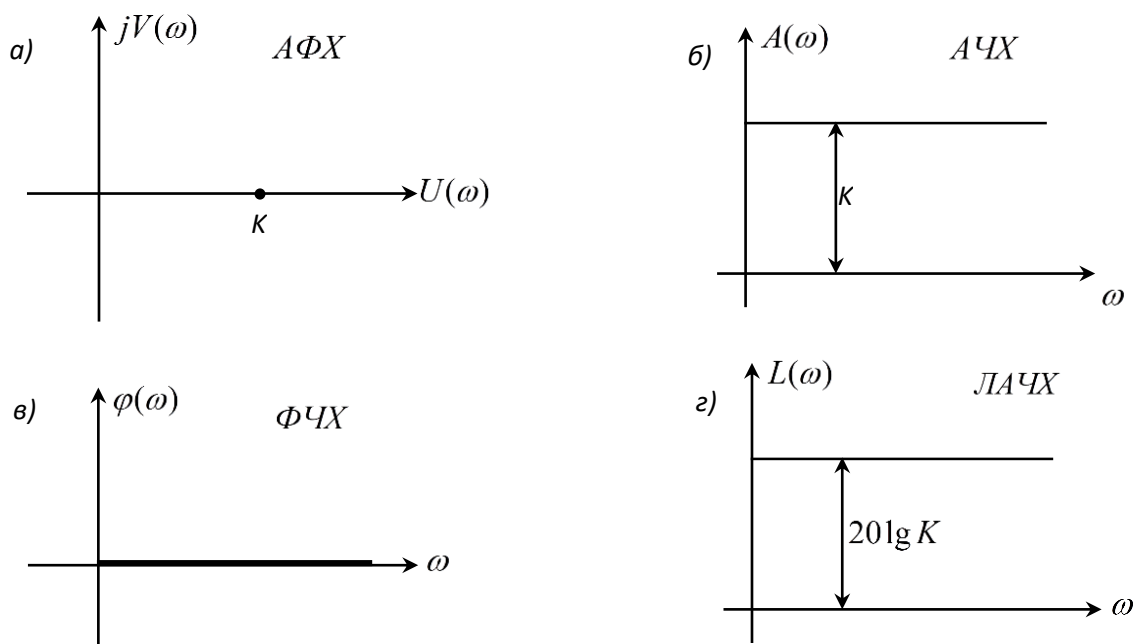


Chastotaviy uzatish funksiyasini aniqlash uchun uzatish funksiyasi  $W(p)$  da « $p$ » ni « $j\omega$ » bilan almashtiriladi

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

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

Bu zvenolarning chastotali xarakteristikalari 2-rasmda keltirilgan.



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

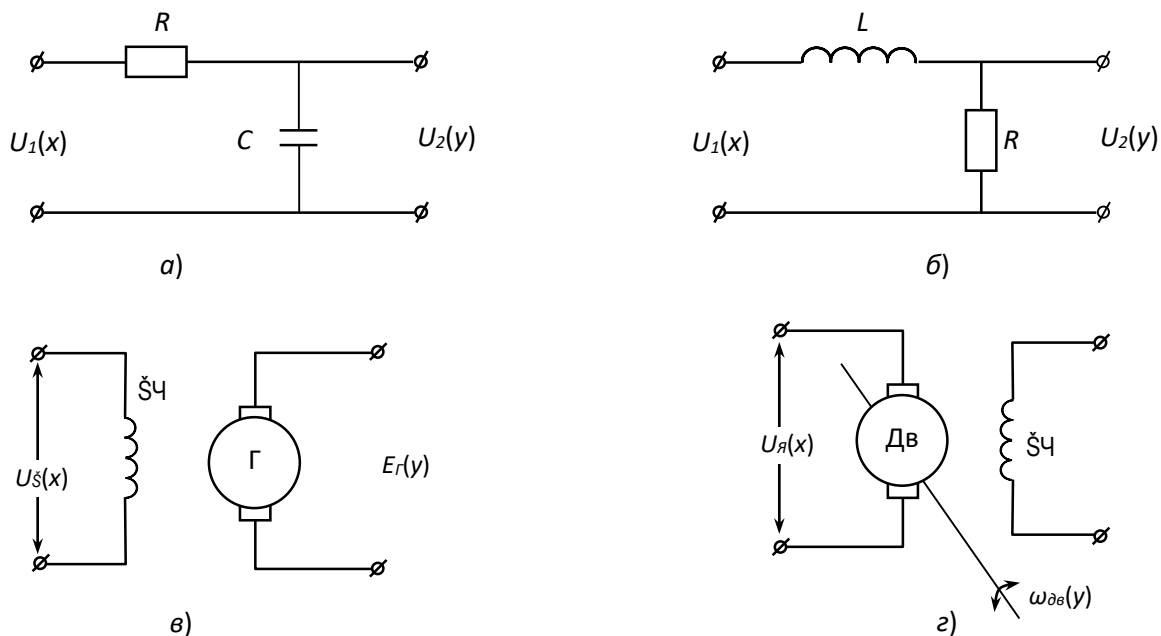
**2. Birinchi tartibli inersial (aperiodik) zveno.** Bu zvenoning tenglamasi qo‘yidagi ko‘rinishga ega.

$$y(t) + T \frac{dy(t)}{dt} = K \cdot x(t) \quad (5)$$

bu yerda  $K$  – uzatish ko‘effitsienti;  $T$  – vaqt doimiyligi.

RC, RL – zanjirlari, o‘zgarmas tok generator iiva dvigatellari bu zvenoga misol bo‘la oladi (3-rasm).





**3-rasm. RC zanjiri (a); LR zanjiri (b); o'zarmas tok generatori (v); o'zarmas tok dvigateli (g).**

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

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

bundan

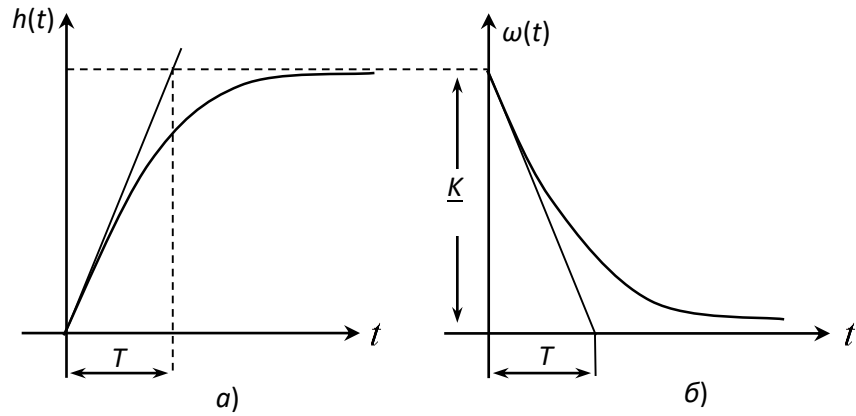
$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{1 + Tp}. \quad (6)$$

Inersial zvenoning o'tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1} \left\{ W(p) \frac{1}{p} \right\} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{1 + Tp} \cdot \frac{1}{p} \right\} = K(1 - e^{-\frac{t}{T}})1(t) \quad (7)$$

eksponenta qonuni bo'yicha o'zgaradi (4-rasm). Impulsi o'tkinchi funksiyani quyidagicha aniqlash mumkin (4b-rasm).

$$\omega(t) = h'(t) = L^{-1} \{ W(p) \} = L^{-1} \left\{ \frac{K}{1 + pT} \right\} = \frac{K}{p} e^{-\frac{t}{T}} 1(t) \quad (8)$$



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

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

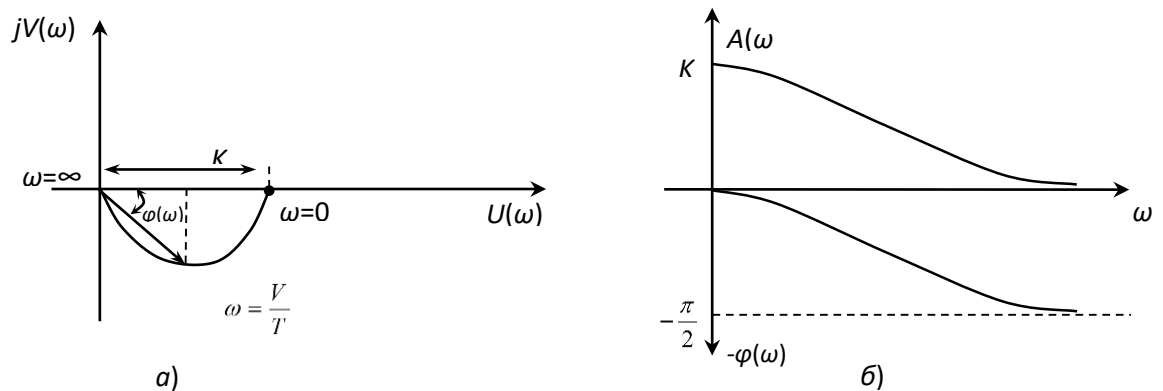
$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + j\omega T} = \frac{K(1 - j\omega T)}{(1 + j\omega T)(1 - j\omega T)} = \frac{K}{1 - \omega^2 T^2} - j \frac{K\omega T}{1 + \omega^2 T^2} = U(\omega) + jV(\omega)$$

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

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

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

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



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

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

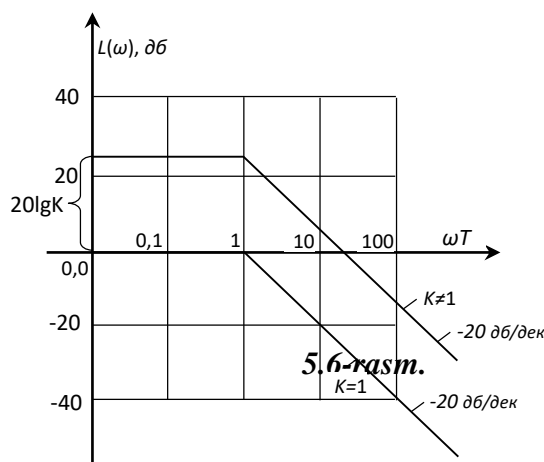
$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \left[ \frac{K}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} \right] = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \omega^2 T^2} .$$

Bu zvenoning asimptotik LACHXni

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

tenglama bilan ifodalanadi.

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



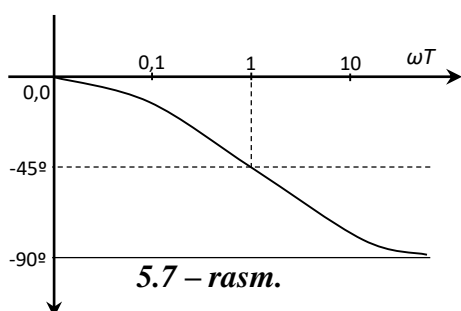
$$\begin{aligned} \omega T = 1, & \quad L(\omega) = 0 \text{ dB}; \\ \omega T = 10, & \quad L(\omega) = -20 \text{ dB}; \\ \omega T = 100, & \quad L(\omega) = -40 \text{ dB}. \end{aligned}$$

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

Haqiqiy LACHX  $L(\omega)$  asimptotik  $L_a(\omega)$  xarakteristikadan birmuncha farq qiladi va bu farq faqat tutash chastota  $\omega = \frac{1}{T}$  yoki  $\omega T = 1$  da eng kata qiymatga ega bo‘lib, u taxminan  $-3,03$  db ga teng, ya’ni

$$L(\omega) = L(1) = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{1+(1)^2}} = -20 \lg \frac{1}{\sqrt{2}} = -3,03 \text{ db} .$$

Amaliyotda LACHX ni aniq ko‘rish talab qilinmaydi. Shuning uchun uni ikkita bir-biri bilan tutushgan to‘g‘ri chiziq ko‘rinishida quriladi. Logarifmik faza-chastotali xarakteristika  $\varphi(\omega) = -\arctg \omega T$  ifoda yordamida aniqlanadi (5.7-rasm).



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

Tutash  $\omega = \frac{1}{T}$  yoki  $\omega T = 1$  chastotada  $\varphi(\omega) = -\arctg 1 = -45^\circ$  ga teng bo‘lib, shu

chastotaga nisbatan LFChX ning simmetriyaligi uning o‘ziga xos xarakterli fazilati hisoblanadi.

### 3. Ideal integrallovchi zveno. Bu zveno

$$y(t) = K \int_0^t x(t) dt , \quad (9)$$

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

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

$$y(p) = \frac{K}{p} x(p) , \quad (10)$$

zvenoning uzatish funksiyasi

$$W(p) = \frac{y(p)}{x(p)} = \frac{K}{p} . \quad (11)$$

Bu zvenoni yana astatik zveno deb ham yuritiladi.

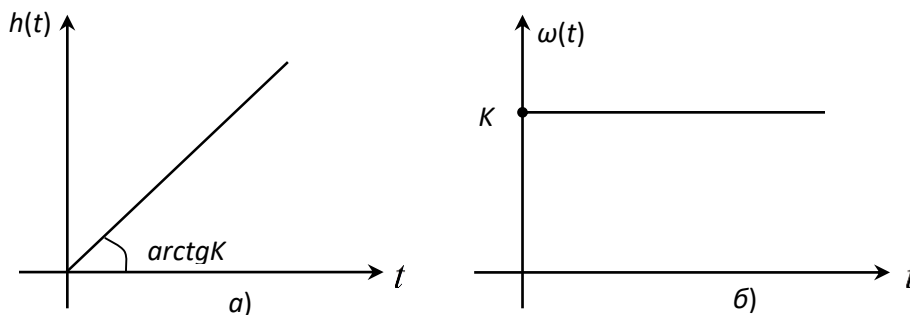
Integral zvenoning o‘tkinchi funksiyasi

$$h(t) = L^{-1}\left\{W(p) \frac{1}{p}\right\} = L^{-1}\left\{\frac{K}{p} \cdot \frac{1}{p}\right\} = K \cdot t \cdot 1(t) \quad (12)$$

va impulsli o'tkinchi funksiyasi (vazn funksiyasi)

$$\omega(t) = h'(t) = K \quad (13)$$

5.8b-rasmda keltirilgan.

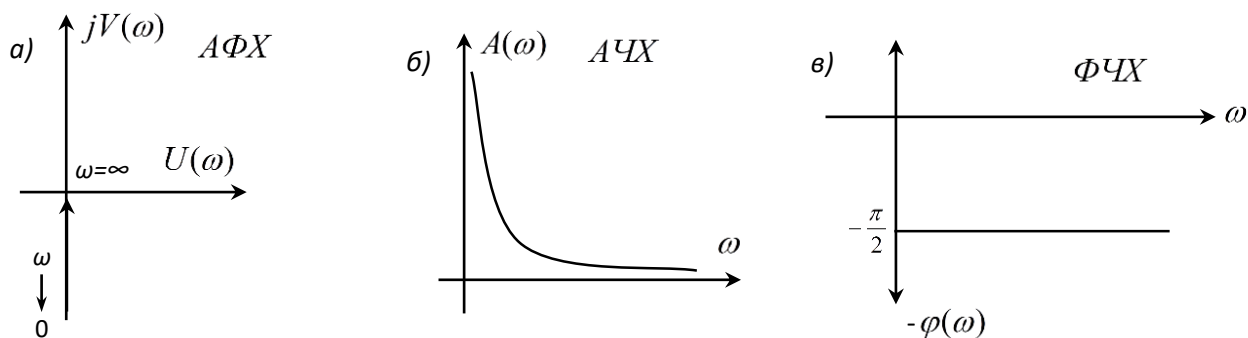


8-rasm. O'tkinchi xarakteristika (a); impulsli o'tkinchi xarakteristika (b).

Integral zvenoning chastotali uzatish funksiyasi

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

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

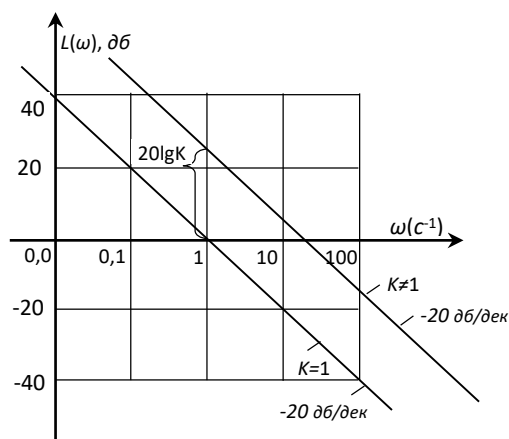


9-rasm. Amplituda-fazali (a); amplituda-chastotali (b); faza-chastotali (v) xarakteristikalar.

Zvenoning AFX si (5.14) ifodaga muvofiq kompleks tekisligining manfiy mavhum o'qi bilan mos tushadi va chastota  $0 < \omega < \infty$  bo'lganda koordinata o'qi boshiga tomon yo'nalgan bo'ladi.

Logarifmik amplituda chastotali xarakteristika (LACHX)

$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\omega} = 20 \lg K - 20 \lg \omega$  ifoda yordamida aniqlanadi (10-rasm).



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

**10- rasm.**

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

### Nazorat savollari

1. Tizimlarining dinamik tenglamalari deganda nimani tushunasiz?
2. Boshqarish jarayonlarining tenglamasi deb nimaga aytiladi.?
3. Tipik kirish signallariga nimalar kiradi?
4. Statistik va dinamik xarakteristikalar xakida nimalarni bilasiz?
5. Uzatish funsiyalari xakida nimani bilasiz?
6. Laplas va Fure o'zgartirishlari nimalardan iborat?
7. Kuchaytirishning dinamik koeffitsenti deb nimaga aytildi?
8. Ochik tizimlarining chastota funsiyasi deb ataladi?
9. Teskari chastota funsiyasi kandy ko'rinishga ega?

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. [Norman S. Nise](#). Control Systems Engineering. New York, John Wiley, 7 edition, 2015. – 944 p.
2. Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering. Pearson Higher Ed USA, 5 edition 2009. -912 p.
3. Yusupbekov N.R., Muxammedov B.I., Gulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish: texnika oliy o'quv yurtlari talabalari uchun darslik. - T.: O'qituvchi, 2011.-576 b.
4. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari: O'quv qo'llanma. 1,2-qism. Yusupbekov N.R., Igamberdiev X.Z., Malikov A.V. - Toshkent: ToshDTU, 2007.
5. Sevinov J.U. Avtomatik boshqarish nazariyasi. O'quv ko'llanma.- Toshkent:Fan va texnologiyalar, 2017. -248b.

### **3-mavzu: Avtomatik boshqarish tizimlarning uzluksiz sifat tahlili.**

#### **Reja:**

1. ABTLarining sifat ko'rsatkichlari.
2. O'tish funksiyasini qurish usullari.
3. Integral baholash sifati.
4. Xatolik koeffitsientlari.

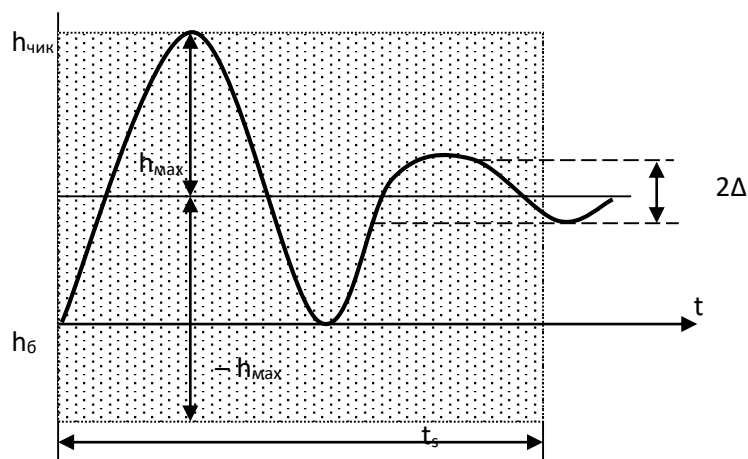
*Tayanch so'zlar va iboralar:* xatolik koeffitsientlari, pog'onali signallar, garmonik ta'sirlar, ildizli usullari, baholash.

#### **3.1.ABTLarining sifat ko'rsatkichlari.**

Boshqarish jarayonining sifatini tahlil qilish usullarini asosan ikki guruhga bo'lsak bo'ladi. Birinchi guruhga o'tish jarayoni egri chizig'i bo'yicha bevosita sifatini baholash (avtomatik tizimlarining differensial tenglamalarini integrallash usullari), ikkinchi guruhga esa bilvosita qo'shimcha usullar (sifat mezonlari) kiradi. Bevosita usullar differensial tenglamalarni yechishni talab qiladi; qo'shimcha usullar esa differensial tenglamalarni yechmasdan turib jarayonning sifatini ayrim ko'rsatkichlarini aniqlash imkoniyatini beradi.

Boshqarish jarayoniga bir necha xil ko'rinishdagi talablar qo'yiladi. Shulardan biri grafik talabdir. Grafik talabda shunday bir oraliq belgilanadiki, undan tashqariga boshqariluvchi o'zgaruvchi tizimga ta'sir qiluvchi har qanday real ta'sirda ham chiqib keta olmaydi. Shu berilgan oraliqning asosiy Parametrlari bo'lib o'tish jarayoni vaqti  $t_s$ , berilgan qiymat  $h_b$ , xatolik  $\Delta$  va boshqarilayotgan o'zgaruvchining maksimal darajada ortib ketishi  $h_{max}$  sanaladilar. Belgilangan, talab qilinayotgan sifat oralig'i yoki berilayotgan ta'sir bo'yicha boshqarilayotgan o'zgaruvchining belgilangan qiymati yon-verida bo'ladi, yoki berilayotgan tahmir bo'yicha xatolikni ko'rsatuvchi chiziqqa nisbatan bo'ladi (1-rasm).





1-rasm

### 3.2.O'tish jarayonini sifat ko'rsatkichlarini aniqlash.

#### O'tish jarayonlari.

Sozlanayotgan ob'ektlar va ularning avtomat sozlagichlari ekspluatatsiya qilish jarayonida ko'pincha nomuvozanat holatlarda bo'lganliklari sababli ularning Parametrlari vaqt davomida o'zgaruvchan bo'lib turishligi bilan tavsiflanadi. Sozlanayotgan ob'ektning yoki sozlagichning nomuvozanat rejimlarda ishlashining davomiyligi ularning dinamik xususiyatlari oqali aniqlanadi, yangi bir rejimdan ikkinchi rejimga o'ta olish qobiliyati, yana berilgan rejimga qayta olishligi, bo'zilgan muvozanatga chiqa olishligi bilan belgilanadi.

Shu sababli ABT elementlarining dinamik xususiyatlari o'tish jarayoni orqali aniqlanadi. O'tish jarayoni qanchali qisqa vaqtlarni egallasa, Parametrlarning berilgan qiymatlardan og'ishi shunchalik kam bo'lib, elementlarning dinamik xossalari shunchalik yaxshi bo'ladi. Shuning uchun dinamik xususiyatlarni baholash uchun yoki o'tish jarayoni tavsifiyatini qurish kerak yoki shu o'tish jarayonini tavsiflovchi yordamchi Parametr-larning qiymatlarini aniqlash kerak bo'ladi. Elementning dinamik xususiyatlari haqida o'tish jarayonining tavsilotini tahlil qilish orqali tasavvurga ega bo'lish mumkin. Buning uchun esa, albatta, differensial tenglamalarni bilish kerak bo'ladi. Shu tenglamani (umumiy integralni) yechimi esa o'tish jarayonining matematik ifodasidir.

Avvallari ham sozlash ob'ektlarining, avtomat sozlagichlarning differensial tenglamalari olingandir. Masalan, ichki yonish dvigateli, sovutish kamerasi, havza, resiver, trubokompresor, qattik teskari bog'la-nishli servodvigatel kabilarning tenglamalari yoki ularning operator ko'rinishlari birinchi darajali dinamik tenglamalarni aks ettirib, o'zgaras koeffitsentlari bo'yicha bir jinsli emasdir. Shu aytib o'tilgan elementlarning dinamik xususiyatlarini baholash uchun esa shulardan birortasini o'tish jarayonini ko'rib chiqish yetarlidir; (masalan dvigatelnikini).

O'tish jarayonining tavsifisini qo'rishda superpozitsiya qoidasidan foydalanish qulayroqdir. Buning mazmuni quyidagidan iborat:  $\varphi = f(t)$  ko'rinishida ifodalanuvchi o'tish jarayoni bir Paytning o'zida qabul qilingan murakkab ta'sir  $K_0^j \alpha + K_0^k \alpha_k - K_0^a \alpha_0$  niit natijasi bo'lish bilan bir qatorda uchta o'tish jarayonining algebraik yig'indisi ko'rinishida olishi mumkin. Bu esa dvigatelga alohidadan ta'sir etayotgan  $K_0^a \alpha$ ,  $-K_0^k \alpha_k$  yoki  $K_0^a \alpha_0$  kabi ta'sirlarning natijasida olingan o'tish jarayonlarning paydo bo'lishidan kelib chiqqan tavsifilardir. Shuning uchun

$$T_0 \frac{d \varphi}{dt} + \varphi = K_0^a \alpha + K_0^k \alpha_k - K_0^a \alpha_0$$

(1) ko'rinishdagi differensial tenglamani yechgandan ko'ra

$$\left. \begin{aligned} T_0 \frac{d \varphi}{dt} + \varphi &= K_n^a \alpha \\ T_0 \frac{d \varphi}{dt} + \varphi &= K_0^k \alpha_k \\ T_0 \frac{d \varphi}{dt} + \varphi &= K_0^a \alpha_0 \end{aligned} \right\}$$

(2) ko'rinishdagi differensial tenglamani  $\varphi_{ac} = f(t); \varphi_k = f(t); \varphi_a = f(t)$  bog'liqliklar ko'rinishida yechgan mahqulroqdir.

Keyin ularni yig'indisi olinadi:

$$\varphi(t) = \varphi_{ac}(t) + \varphi_k(t) + \varphi_a(t)$$

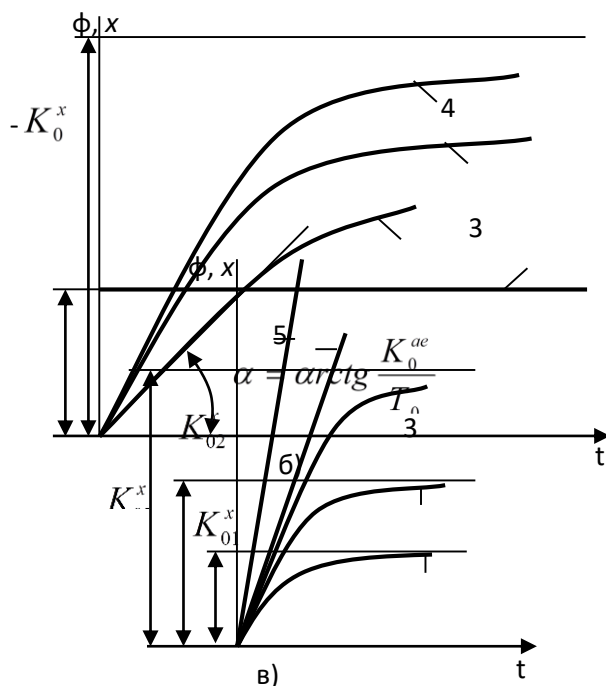
(1) formuladagi o'tish jarayonining xususiyati uni chap tomoni bilan ifodalangani, o'ng tomoni esa faqatgina o'zgatuvchi ta'sirning qiymatini bildirganligi tufayli elementning dinamik xususiyatini baholash uchun tenglamaning umumiy integralini topishning hojati yukdir. Bunda (8.2) ning birorta tenglamasini, masalan birinчисini yechish kifoyadir. Bu tenglamaning operator ko'rinishi quyidagicha:

$$d_0(P) \varphi = K^x_0 \varphi \quad (3)$$

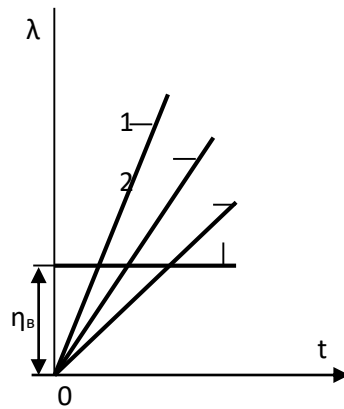
Ko'pchilik elementlarning dinamik xususiyatlari bir jinsli bo'lmagan chizshqli dinamik tenglamalar bilan ifodalanadi. Bularga avtomat sozlagichlarning sezgir elementlari misol bo'yicha oladi. Agar superpozitsiya qonuniyatidan foydalanilsa bunday elementlarning dinamik xususiyatlarini tahlil qilish uchun ma'lum bir tenglamani tanlab

olib, uni shaklda yozib

o'zgartirilgan olish mumkin.



Quyidagi grafiklarda (1-rasm) birinchi darajali tenglamaga ega bo'lgan elementlarning o'tish jarayonlarini tavsifiylari keltirilgandir.



Birinchi darajali tenglamali elementlarning o'tish jarayoni.

a) -pog'onasimon qo'zg'atuvchi ta'sir ostidaga, teskari bog'lanishga ega bo'lmagan gidravlik servodvigatelniki ( $\eta = \eta_b = \text{sonst}$ );

$$1 - \lambda = f(t) \text{ Pri } T_{S1}; 2 - \lambda = f(t) \quad T_{S2} > T_{C1};$$

$$3 - \lambda = f(t). \quad T_{C3} > T_{C2} \quad 4 - \eta = f(t)$$

b)  $T_0$  ning turli qiymatlarida sozlanayotgan ob'ektni  $1 - x = f(t), 2 - \varphi = f(t) \quad T_{01} > T_{0d}$ ;

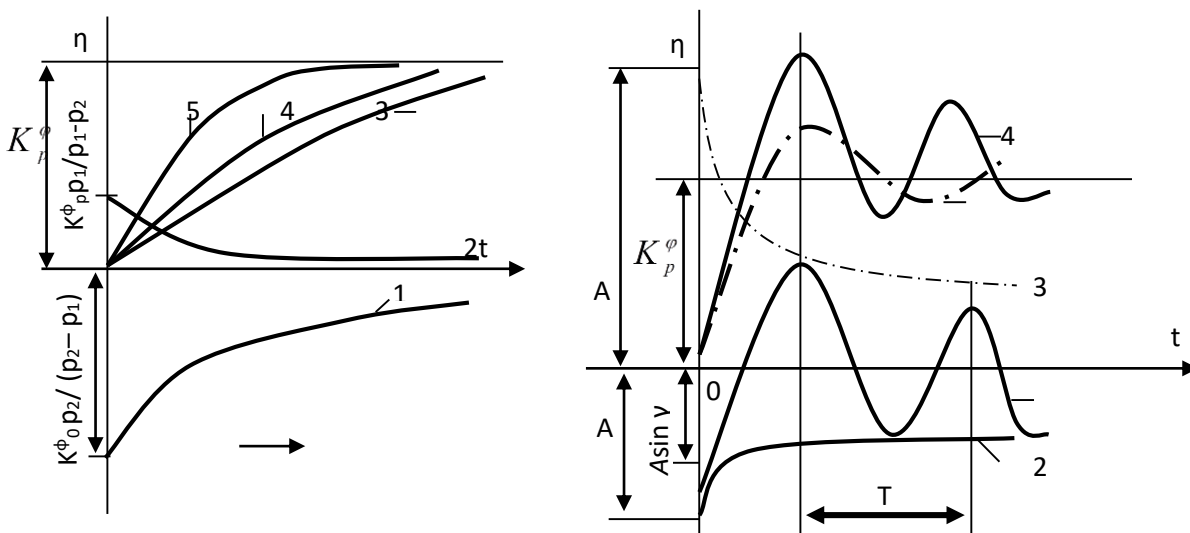
$3 - \varphi = f(t); T_0$  bo'lganda;  $4 - \varphi = f(t) \quad T_{02} > T_{0d}$ ;

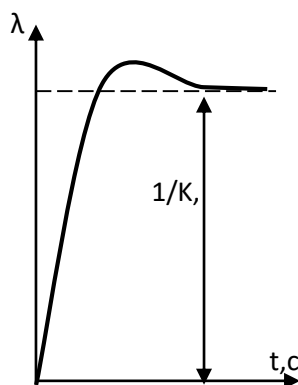
v) kuchaytirish koeffitsent  $K_0^j$  ning turli hil qiymatlarida sozlanayotgan ob'ektniki;

$1 - \varphi = f(t) \quad K_{01}^x < K_{02}^x$  da;  $2 - \varphi = f(t) \quad K_{02}^x$  ga  $4 - \varphi = f(t) \quad K_{03}^x$  ga teng bo'lganda;  $3 -$

$\varphi = f(t) \quad K_{03}^x$  ga teng bo'lganda;  $4 - \varphi = f(t) \quad F=0$  da;  $5 - \varphi = f(t) \quad F_0 > 0$  da.

Ikkinchi darajali tenglamaga ega bo'lgan elementlarning o'tish jarayonlarini tavsifilari quyidagi ko'rinishda (16.2-rasm)





3 –rasm

Ikkinchi darajali tenglamaga ega bo‘lgan elementlarning o‘tish jarayoni tavsifilari

a) a periodi ko‘tish jarayonlari;  $1 - K_p \frac{P_2}{P_2 - P_1} \cdot l^{P_1 t}$  tashkil etuvchi;

2 -  $K_p \frac{P_1}{P_2 - P_1} \cdot l^{P_2 t}$  tashkil etuvchi; 3 -  $T_k > T_{kl}$  bo‘lgandagi o‘tish jarayoni;

4) -  $T_k > T_{kl}$  holdagi o‘tish jarayoni;

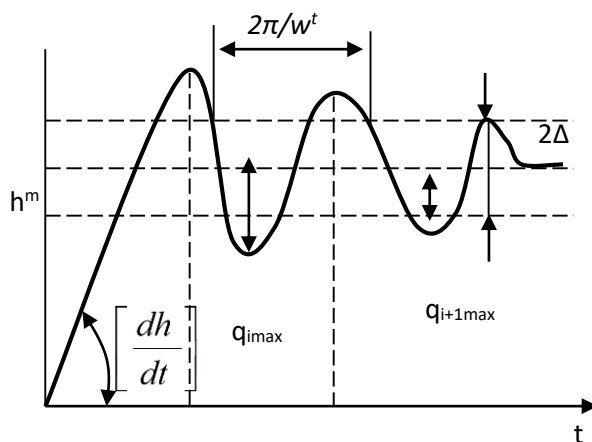
b) tebranuvchi o‘tish jarayoni;  $1 - A e^{-t/T}$  yegiluvchi eksponentalar,

$2 - A e^{-t/T} \sin(t + \gamma)$ , branuvchi tashkil etuvchilar; 4-  $T_k$  dagi tebranuvchi jrayonlar; 5-  $T_{kl} < T_k$  holdagi o‘tish jarayonlari;

v) mujassamlashan teskari bog‘lanishli servo dvigatelarning tavsifisi.

Yuqori darajadagi dinamik tenglamalarga ega bo‘lgan elementlarning o‘tish jarayonlari ham shu tartibda o‘ziga xos xususiyatlarga egadirlar.

### 3.3.O‘tish funksiyasini qurish usullari.



ABT dagi o'tish jarayonlari tizim tezkorligi va barqarorligining ko'lamini haqida xulosa qilishga imkon beradi.

ABT sifati to'g'risida to'la xulosa qilishga Pog'onali ta'sirlardagi o'tish jarayoni imkon beradi. Bunday ta'sirlar tizimlarda ko'proq uchraydi. Xatoliklarni ko'rganimizdek, ARS sifati to'g'risida alohida topshiruvchi va toydiruvchi ta'sirlar ostida hukm chiqarish mumkin. Misol uchun ARS ning namunaviy tuzilishini (8.4rasm) va, unda  $f=0$  bo'lgan holatini ko'ramiz.

Rasmdagi  $h(t)$  funksiya bo'yicha quyidagi sifat ko'rsatkichlari belgilanadi:

**1) barqaror qiymat** —  $h_{\sigma} = \lim_{t \rightarrow \infty} h(t)$  ta'sir tiklanish aniqliligi gini ifodalaydi;

**2) rostlash vaqti  $t_s$**  - quyidagi shartdan aniqlanadi:  $t \geq t_s$  bo'lganda  $|h(t) - h_{\sigma}| \leq \Delta$ : bu yerda  $\Delta$  — tizim tezkorligini ifodalovchi Parametr (odatda,  $\Delta = 5\% h_{\sigma}$ );

**3) chiqish yo'li kattaligining o'sish tezligi nuqtai** nazaridan ABT tezkorligini ifodalovchi ortiqcha rostlashgacha bo'lgan vaqt  $t$ ;

**4) tizim tebranishlarini ifodalovchi maksimal rostlash:**

$$\sigma = \frac{h_{max} - h_{\sigma}}{h_{\sigma}} \cdot 100 \%$$

**5) xususiy tebranish chastotasi**  $w_i = \frac{2\pi}{t}$ : davomitizimning

xususiy tebranish davri.

**6) Tizimni so'nishining logarifmik dekrementi  $d_s$**  tebranish jarayonini so'nish tezligini ifodalaydi:  $d_c = \ln \frac{q_{i \max}}{q_{i+1 \max}}$  bu yerda  $q_{i \max}$  va  $q_{i+1 \max}$  — o'tish jarayoni egri chizig'ining ikkita yonma-yon joylashgan ekstremumning amplitudalari. Logarifmik so'nish dekrementi qancha katta bo'lsa, o'tish jarayonining so'nishi shunchalik tez bo'ladi.

**7) Sozlanayotgan kattalikka ishlov berishning maksimal tezligi.**  $\left[ \frac{dh}{dt} \right]$

Har qanday tebranuvchan jarayonga ega bo'lgan roslash tizimlarini ko'rsatilgan ko'rsatkichlariga qarab turib roslanayotgan kattalikni ruxsat etilgan og'ish oralig'idan qanchalik ortib ketishi mumkinligini aniqlash mumkin.

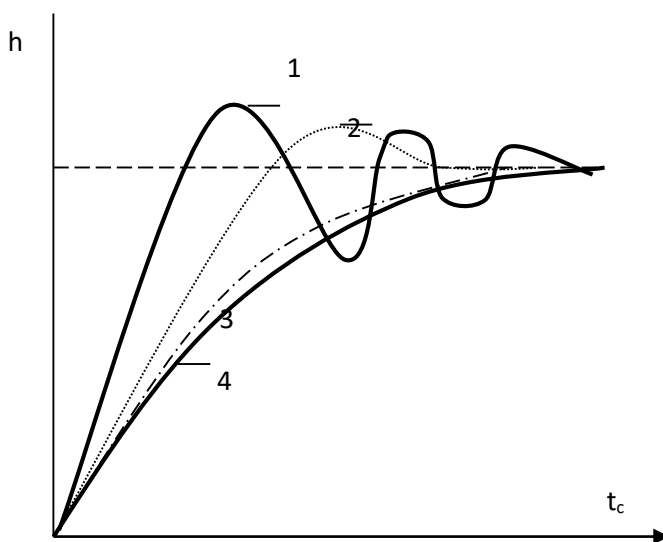
Umuman olib qaralganda, avtomatik boshqarish tizimlarida 16.4-rasmdagidan farqli ravishda, o'tish jarayonlari turlicha ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. O'tish jarayonlarining barcha ko'rinishlarini asosan to'rtta guruhga bo'lsa bo'ladi (16.5-rasm).

**1 guruh.** Tebranuvchi jarayon (8.5-rasmdagi 1-yegri chiziq). Bu jarayon muvozanat holatidan 5% gacha ortib ketishi mumkin bo'lgan qayta sozlash koeffitsenti bilan tavsiflanadi.

**2 guruh.** Bir qayta sozlash amplitudasiga ega bo'lgan o'tish jarayoni (16.5-rasmda 2-yegri chiziq).

**3 guruh.** O'zgarmas jarayon (3-yegri chiziq). Bu jarayonda sozlanayotgan kattalikning o'zgarish tezligi butun sozlash vaqti  $t_s$  ichida bo'lganda bo'ladi.

**4 guruh.** Qayta sozlashsiz jarayon (4-yegri chiziq). Bu holda aniqlilikkacha butun tvaqt ichida bo'ladi.



16.5-rasm. O'tish jarayoni tavsifilarining asosiy ko'rinishlari.

### 3.4. Integral baholash sifati. Xatolik koeffitsientlari.

Avtomatik boshqarish tizimlarida ushbu usul, ya'ni integral usuli bo'yicha baholashda, boshqarish jarayoni davri ichida yo'l qo'yilgan xatoliklarni barchasini yig'indisini aniqlash mumkin. Bu esa boshqarilayotgan o'zgaruvchining qandaydir funksiyalari bo'yicha aniq integralni hisoblash orqali amalga oshiriladi. Integral baholash integral ostidagi funksiya orqali tavsiflanadi. Integral ostidagi funksiya shunday tanlab olinadiki, bunda baholash o'tish jarayoni sifatini yaxshi yoritib berib, tekshirilayotgan avtomatik tizimning tenglamalari koeffitsientlari bilan ifodalanshli kerak.

Agar tashqi ta'sir birlamchi keskin o'zgaruvchi funksiya bo'lsa, u holda tizimning o'tish tavsifisi bilan berilgan qiymat  $x_b$  orasidagi farq boshqarish jarayonida egri chiziq bilan berilgan qiymat orasidagi yuzaga teng bo'lgan integral xatolik bilan xarakterlanishi mumkin (8-7<sub>a</sub>-rasm); yuza qanchalik kichik bo'lsa shunchalik o'tish jarayonining sifati yaxshi bo'ladi. Bu yuzaning kattaligi o'tish jarayoni vaqtiga va o'tish jarayoni tavsifisining shakliga bog'liqdir. Integral baholash usuli yuzani o'tish jarayoni tavsifisini qurmay turib ham hisoblash imkoniyatini beradi; ya'ni o'tish jarayonini bilvosita baholash mumkindir.

Integral baholash jarayoning ikkita muhim tomonlarini: so'nish tezligini va o'tish jarayonidagi boshqarilayotgan o'zgaruvchini og'ish kattaligini ifodalaydi. Integral baholashning turli usullari mavjud bo'lib, ularni ishlab chiqishda L.I. Mendel'shtam, A.A. Xarkevich, B.V. Bulgakov, V.S. Kulebakin, A.A. Krasovskiy, A.A. Felg'dbaumlar o'z hissalarini qo'shishgan. Shulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

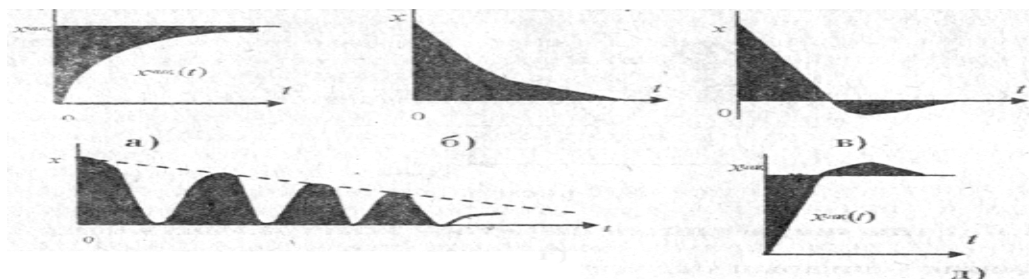
$$I_0 = \int_0^{\infty} \frac{x_0}{t}$$

#### Chiziqli integral baholash.

$I_0$  ko'rinishidagi integralbaholashdan o'tish jarayoni tavsifisi monoton ravishda o'suvchan xarak terga ega bo'lsa, hamda boshlang'ich qiymatlar bunday o'suvchanlik talablarini qondirgan hollarda foydalanish mumkin (6- rasm).



6-rasm



V. S. Kulebakin usuli bo'yicha  $I_0$  ni baholash uchun zarur bo'lgan ifodani topamiz. Bir jinsli differensial tenglamaning ko'rinishi quyidagicha bo'lib,

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

bu yerda  $x=x_n$  va  $x_{chiq}(t)$  orasidagi farqni bildiradi.

Oxirga ifodadan foydalanib, 7.8-rasmda ko'rsatilgan yuzani yoki

$$I_0 = \int_0^{\infty} x dt = -\frac{1}{a_n} \int_0^{\infty} \left[ a_0 \frac{d^n x}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dx}{dt} \right] dt, \quad (5)$$

yoki,

$$I_0 = -\frac{1}{a_n} \left[ a_0 \frac{d^{n-1} x}{dt^{n-1}} + a_1 \frac{d^{n-2} x}{dt^{n-2}} + \dots + a_{n-1} x \right]_0^{\infty} \quad (6)$$

integral orqali aniqlash mumkin.

Faraz qilaylik, umumiy holda boshlang'ich qiymatlar quyidagi qiymatlarga ega bo'lsin:

$$x(0) = x_0, x^1(0) = x_1, x^{11}(0) = x_2, \dots, x^{(n-1)}(0) = x_{n-1} \quad (7)$$

U holda

$$x(\infty) = x^1(\infty) = x''(\infty) = \dots = x^{(n-1)}(\infty) = 0$$

ni hisobga olgan holda muvozanat holatdagi turg'un tizim uchun ( ) ni o'rniga

$$I_0 = \frac{a_0 x_{n-1} + a_1 x_{n-2} + \dots + a_{n-1} x_0}{a_n} \quad (8)$$

ni yozamiz.

Ko'rinib turibdiki, monoton o'sish jarayoni uchun, integral baholash boshlang'ich qiymatlar (16.8) va differensial tenglamalar koeffitsien-tlari bo'yicha bir muncha oson usulda aniqlanar ekan. (16.8) bo'yicha hisob-lang

$I_0$ ning qiymati qancha kichik bo'lsa, shunchalik boshqarish jarayo-nining sifati yaxshi bo'ladi.

Ammo o'tish jarayonlari tebranuvchan yoki nodavriy ko'rinishiga ega bo'lsa (16.6-rasm), ko'rilyotgan yuzalar  $X(t)$  grafikda turli xil ishora-larga ega bo'lib (16.6<sub>g</sub>-rasm)  $I_0$ integral baholash kattaligi o'tish jarayoni sifatining haqiqiy qiymatlarga mos kelmaydi. Bunday hollarda integralidan foydalanib  $|x|$  xatolikning ABTolyut qiymatlaridan aniqlanadigan  $I_1$ integral baholashni qabul qilish maqsadga muvofiqdir. Lekin  $I_1$ ni hisoblash odatda bir muncha qiyindir.

Chizikli integral baholashning boshqa usullari [A2,3] da keltirgan  $I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt$

**Kvadrat integral baholash.** Nodavriy va tebranuvchan jarayonlar uchun ko'rinishidagi kvadrat integral baholashdan foydalanilsa yaxshi natijaga erishish mumkin. Bu  $x^2(t)$  egri chizig'i va absissa o'qi chegaralangan yuzani ifodalaydi (16.8 -rasm). Koordinatalarni dastlabki qiymatlarini hisobga olgan holda xatolik  $x$  ga nisbatan  $I_2$ integral baholashni bir jinsli differensial tenglamalar orqali hisoblash L. I. Mendeleev tomonidan taklif etilgan. Bu uslubning g'oyasi shundan iboratki, differensial tenglama, xatolikka nisbatan, ketma-ket ravishda  $x, x', x''$ , . . .  $x^{n-1}$ ga ko'paytirilib borilaveradi. Olingan  $n$  ta tenglamada barcha o'zgaruvchilar nulgga teng deb olinib (turg'un tizim), boshlang'ich qiymatlarni hisobga olgan holda hadma-had inggegrallanib beriladi.

Misol tariqasida ikkinchi darajali tenglamani ko'rib chiqamiz

$$a_0x'' + a_1x' + a_2x = 0 \quad (9)$$

$|x|$  va  $|x|'$  ga navbatma navbat ko'paytirib olgach, ikkita tenglamaga ega bo'lamiz, so'ngra ularni hadma-had integrallaymiz:

$$a_0 \int_0^{\infty} x'' x dt + a_1 \int_0^{\infty} x' x dt + a_2 \int_0^{\infty} x^2 dt = 0; \quad (10)$$

$$a_0 \int_0^{\infty} x'' x' t dt + a_1 \int_0^{\infty} (x')^2 dt + a_2 \int_0^{\infty} x x' dt = 0; \quad (11)$$

Belgilashlar kiritib

$$\int_0^{\infty} x^2 dt = I_2; \quad (12)$$

$$\int_0^{\infty} (x')^2 dt = I_2; \quad (13)$$

(16.12) va (16.13) larni integrallagach,

$$a_2 I_2 - a_0 I_0 = a_0 x_0 x_1 + \frac{1}{2} a_1 x_0^2; \quad (14)$$

$$a_1 I_a = \frac{1}{2} a_0 x_1^2 + \frac{1}{2} a_2 x_0^2 \quad (15)$$

ga ega bo'lamiz.

$I_a$  ni chiqarib tashlab,  $a_i$  koeffitsentlar, o'zgaruvchan  $X$  ning boshlang'ich qiymatlari va uning hosilasi  $x_i$  bilan aniqlanadigan kvadrat integral baholashni olamiz:

$$I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt = \frac{1}{2a_1 a_2} [(a_0 x_1 + a_1 x_0)^2 + a_0 a_2 x_0^2] \quad (16)$$

$I_2$  tipidagi integral baholash Fur'e o'zgartirishlaridan foydalanilgan holda chastota tavsifilari orqali ham hisoblanishi mumkin (A.A. Xarkevich usuli).

Fur'ening teskari o'zgartirishini yozamiz

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(j\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (17)$$

$t < 0$  bo'lganda  $X(t) = 0$  bo'lganligi uchun Fur'ening to'g'ri o'zgartirishiga ega bo'lamiz

$$X(j\omega) = \int_0^{\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad (18)$$

$X(j\omega)$  ifodani  $X(t)$  ifodadagi  $t$  ni  $j\omega$  ga almashtirish yo'li bilan olinadi. (16.17) ga asosan

$$\int_0^{\infty} x^2 dt = \int_0^{\infty} a(t) dt \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} x(j\omega) e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(j\omega) d\omega \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{j\omega t} dt \quad (19)$$

(16.18) dan foydalanib (16.19) ning o'rniga, chastota ishorasini hisobga olgan holda

$$I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(j\omega) X(-j\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |X(j\omega)|^2 d\omega \quad (20)$$

ga ega bo'lamiz.

(16.20) dan formula bizga mag‘lum bo‘lgan chastota tavsifisi  $x(j\omega)$  dan  $|x(j\omega)|^2$  egri chizig‘i va chastota o‘qi bilan chegaralangan yuzani aniqlash imkoniyatini beradi.

Chastota tavsifisi musbat va manfiy chastotalar uchun xaqiqiy o‘qqa nisbatan simmetrik bo‘lganligi sababli (8.21)ni o‘rniga quyidagini yozish mumkin:

$$I_2 = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |x(j\omega)|^2 d\omega \quad (21)$$

Bu usul  $I_2$  ni chastota tavsifilari bo‘yicha yuqori darajali tizimlar uchun baholashda hisoblashlarni kamaytiradi.

$I_2$  tipidagi kvadrat integral baholash A. A. Krasovskiy tomonidan taklif etilgan, differensial tenglamalarning koeffitsienlaridan foydalanish nuli bilai ham hisoblanishi mumkin [A. 4].

Integral baholashda xatoliklarni kamaytirish. Ko‘rib chiqilgan integral baholashlardan qaysidir integral baholashning qandaydir minimumlariga mos keluvchi tizimning Parametrlarini va tuzilishini aniqlashd foydalanish mumkin. Masalaning bunday qo‘yilishi ko‘shimcha optimal tizimlarini ishlab chiqishda uchrab turadi.

Agar deylik, tizimning qandaydir ikkita Parametrini qiymatini (masalan,  $\alpha$  va  $\beta$  ni) aniqlash kerak bo‘lsin. U holda uni shu Parametr-larning funksiyasi ko‘rinishida yozib, ularni xususiy hosilalarini nolga tenglashtirib

olamiz. Sitema integral baholash minimumi talabini qondiruvchi noma‘lum Parametrlar  $\alpha$  va  $\beta$  ni aniqlash imkoniyatini beradi.

$$\left. \begin{aligned} I &= f(\alpha, \beta) \\ \partial I(\alpha, \beta) / \partial \alpha &= 0 \\ \partial I(\alpha, \beta) / \partial \beta &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Ammo ayrim hollarda ko‘rib chiqilgan integral baholashlar ko‘rilayotgan Parametrlar bo‘yicha minimumga ega emas. Bunday holda o‘zgacha mulohazalarga asoslanib (statik aniqlik, turg‘unlik zahirasi va h.q.) belgilangan daha ichini integral baholash natijasida olingan ko‘pgina hisoblashlarning eng kichik qiymatlarini tanlab olishga to‘g‘ri keladi.

Shuni ham aytib o'tish joizki, ko'rib chiqilgan integral baholashlar kamchiliklardan ham holi emas: integral kattaligini bilib turib o'tish jarayoni ko'rinishi haqida qathiy fikr bildirib bo'lmaydi. Bundan tashqari integral baholash kichik bo'lgan o'tish jarayonini albatta yaxshi bo'ladi, deb ham bo'lmaydi.

Misol uchun 8.7-rasmdan ikki egri chiziqni (uzluksiz va shtrixlangan) solishtirib ko'raylik. Ularning har ikkisini ham o'tish jarayonining vaqti bir xil: egri chiziqlardan biri monoton o'zgarishni, ikkinchisi esa tebranuvchan ifodani bildiradi. Monoton jarayon ayrim hollarda tebranuvchan jarayonga nisbatan qo'llanishga qulay, lekin tebranuvchan jarayon yuzasi monoton jarayon yuzasiga qaraganda kichikdir. Shunga ko'ra  $I_2$  ning minimal qiymatlariga ko'ra Parametrlarini tanlab olish, ushbu holda, tebranuvchan jarayonga asoslanadi.  $I_2$  qiymatlarini minimallashtirish natijasida olingan Parametrlar qo'shimcha tizimda keskin tebranuvchan jarayonlarga o'tishga olib keladi. Shuning uchun  $I_2$  tipidagi kvadrat integral baholash chegaralanib, uning o'rnida A.A. Krasovskiy tomonidan taklif etilgan takomillashtirilgan integral baholash usuli qo'lanila boshladi.

**Takomillashtirilgan kvadrat integral baholash.** Boshqarish sifatiga o'tish jarayoni tezligining ta'sirini hisobga olish uchun, Takomillashtirilgan integral baholashda, hosila  $x' = dx/dt$  ning va koeffitsent  $\tau$  ning qiymatlari kiritilgandir:

$$I_3 = \int_0^{\infty} \left[ x^2 + \tau_1^2 \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 \right] dt = \int_0^{\infty} x^2 dt + \tau_1^2 \int_0^{\infty} \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 dt \quad (24)$$

(16.24) dan birinchi xad, bizga ma'lum bo'lgan kvadrat integral baholash  $I_2$  ni tashkil etadi.

Furg'e o'zgartirishlaridan foydalanib, nolga boshlang'ich shartlarda, qator o'zgartirishlardan so'ng (16.24) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$I_3 = \int_0^{\infty} x^2 dt + \tau_1^2 \int_0^{\infty} \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 dt = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |X(jw)|^2 dw + \\ + \tau_1^2 \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |X(jw)|^2 w^2 dw = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (1 + \tau_1^2 w^2) |X(jw)|^2 dw \quad (25)$$

Takomillashtirilgan integral baholash differensial tenglama koeffitsentlari orqali hisoblanishi mumkin. Bu baholashdan

$$I_3 = \int_0^{\infty} \left[ x^2 + \tau_1^2 \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 \right] dt = \int_0^{\infty} (x + \tau_1 x')^2 dt - 2\tau_1 \int_0^{\infty} x' x dt \quad (26)$$

ko‘rinishida tavsiya etilishi mumkin bilan tizim Parametrlari qiymat-larini  $I_3$  integral minimumi byicha topishda foydalanish mumkin.

(16.26)dagi oxirgi integralni hisoblab turib, hamda turg‘un tizim uchun  $x(\infty) = 0$  va xatolikning boshlang‘ich qiymatlari  $x(0) = x_0$  ekanligini xisobga olgan holda

$$I_3 = \int_0^{\infty} (x + \tau_1 x')^2 dt + \tau_1^2 x_0^2 \quad (27)$$

Integral  $I_3$ ning eng kichik qiymatlari,  $\tau_1 x_0^2$  xad doimiy o‘zgarmas bo‘lganligi sababli, integralning faqat minimal qiymatlari oqali aniq-lanadi

$$I_3 = \int_0^{\infty} (x + \tau_1 x')^2 dt \quad (28)$$

Agar

$$\mathbf{x} + \tau_1 \mathbf{x}' = \mathbf{0}$$

bo‘lsa. Integral  $I_3$  “ nolga teng bo‘ladi.

(16.29) tenglama taqsimlangan o‘zgaruvchilarga ega bo‘lgan tenglamani ifodalaydi; u quyidagi yechimga ega

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{y} e^{-t/\tau_1} \quad (30)$$

Olingan ifoda ushbu holda ekstremal deb ataluvchi eksponentsial egri chiziqqa taalluqlidir.

$I_3$  integrali minimallashtirishning eng yaxshi tomoni shundaki, bu eksponentaga mos tushgan jarayon ideal jarayonni tahminlaydi.

Matematik apparatning o‘zgaruvchan hisoblaridan foydalanilgan hola,  $X_e(t)$  ekstremallni ko‘rmasdan turib ham sistemaning tanlab olingan Parametrlarida  $X(t)$  egri chiziq bilan solishtirish mumkin. Shu maqsadda  $X(t)$  ga taalluqli  $I_3$  integral bilan ekstremal  $X_e(t)$  ga taalluqli  $I_{e3}$  integral orasidagi farq kiritiladi. Bu farq.

Birinchi o'zgaruvchi deb atalib,  $X(1)$  egri chiziq  $X_e(g)$  bilan mos tushib qolgan taqdirda, nolga teng bo'lishi kerak.

Umumiy holda  $I_{3n}$  tipidagi umumlashtirilgan kvadrat integral baholashdan foydalaniladi. Uni kattaligini aniqlashda  $V(t)$  ning kvadrat shakli koordinata  $X$  va uning hosilasi bo'yicha kiritiladi.  $V(t)$  asosida  $W'(t)=-V(t)$  hosila to'zilib u  $I_{3n}$  integral baholashni ifodalaydi:

$$I_{3n} = \int_0^{\infty} V(t) dt = \int_0^{\infty} -\frac{dW(t)}{dt} dt = -\int_0^{\infty} dW(t) = W(0) \quad (31)$$

Bu yerda turg'unlik nuqtai nazaridan shu narsa qabul qilinganki,  $t \rightarrow \infty$  bo'lganda  $W(\infty)=0$ ,  $t=0$  da esa  $W(0)$  bo'ladi.  $V(t)$  kvadrat shakliga mos keluvchi  $W(t)$  shaklni aniqlash A.M. Lyapunov tomonidan isbot qilingan. Bu usul  $I_{3n}$ ni va boshqa har qanday umumlashtirilgan integral  $I_{3n}$ ni hisoblash uchun qo'llanilishi mumkin [A.Z.4.]. Umumlashtirilgan integral baholashni minimallashtirish uchun o'zgaruvchan hisoblashlar usulini qo'llasa bo'ladi. Bu esa  $x_{ep}(t)$  xatolik uchun ekstremalning tenglamasini topish imkoniyatini beradi.

### Nazorat savollari

1. Chizikli sistemalarni rostlashning sifatini baholash usullari qanday?
2. Barqaror rejimlarda rostlash sifatini baholash usullari qanday?
3. Namunaviy trapesioidal xarakteristikasi qanday?
4. O'tkinchi jarayonning sifat ko'rsatkichlari qanday?
5. Nochizikli sistemalarni xususiyatlari.
6. Nochizikli sistemalarning statik xarakteristikalarini.
7. Nochizikli sistemalarda mavjud bo'ladigan muvozanat holatlari.
8. O'tish jarayonlari nima?
9. Xususiy tebranish chastotasi nima?

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. [Norman S. Nise](#). Control Systems Engineering. New York, John Wiley, 7 edition, 2015. – 944 p.

2. Katsuhiko Ogata. Modern Control Engineering. Pearson Higher Ed USA,5 edition 2009. -912 p.
3. Yusupbekov N.R., Muxammedov B.I., Gulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni nazorat kilish va avtomatlashtirish: texnika oliy o'kuv yurtlari talabalari uchun darslik. - T.: O'qituvchi, 2011.-576 b.
4. Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish asoslari: O'quv qo'llanma. 1,2-qism. Yusupbekov N.R., Igamberdiev X.Z., Malikov A.V. - Toshkent: ToshDTU, 2007.
5. Sevinov J.U. Avtomatik boshqarish nazariyasi. O'quv ko'llanma.- Toshkent:Fan va texnologiyalar, 2017. -248b.



## 4-mavzu: Tasodifiy ta'sirlarda chiziqli statsionar avtomatik boshqarish tizimlari (ABT)

### Reja:

1. ABTlarida dinamik aniqlik taxlili.
2. Tasodifiy ta'sirlarda ABT optimal uzatish funksiyasini sintezlash.
3. Tasodifiy jarayonlarning spektral zichligi.

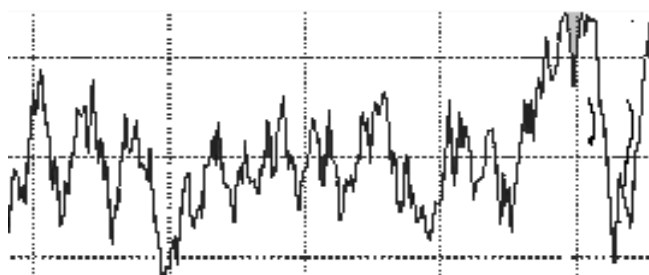
### 4.1.ABTlarida dinamik aniqlik tahlili.

Tasodifiy funksiyalar va jarayonlar bilan tavsiflanadigan tizimlarga tasodifiy signallar yoki stoxastik tizimlar deyiladi.

Tizimlardagi jarayonlar tasodifiy ravishda sodir bo'lganda eng keng tarqalgan bir nechta misollar.

1. Sinxron generatorda elektr kuchlanishini tartibga solish tizimi, uning yuki ko'p jihatdan elektr energiyasini iste'mol qilishga bog'liq (1-rasm).

Shakl 1



2. O'zgaruvchan yuk ko'rinishidagi tasodifiy buzilishlar, temir yo'lining holatidan kelib chiqadigan yo'qotishlar, yomon ob-havo sharoitida shamol shamoli va boshqalar temir yo'llarda harakatlanadigan transport vositalarini boshqarish tizimlari.
3. Shamolning turbulenti va o'zgarishi sharoitida kema harakatini boshqarish tizimlari
4. Kiritish signali o'zboshimchalik bilan yoki tasodifiy bo'lgan va odatda nazorat signallarini o'lchash, harakatlantirish va o'zgartirish orqali tasodifiy aralashuv turiga ega bo'lgan kuzatuvni boshqarish tizimlari.

5. Ichki va tashqi buzilishlar natijasida paydo bo'lgan tasodifiy signallar boshqarish tizimlarining ishlashiga sezilarli darajada ta'sir qilishi mumkin, bu esa ularni boshqarish va signallarni filtrlash orqali ularning ta'sirini minimallashtirishni talab qiladi.

Shunday qilib, signallarning ehtimoliy xususiyatlaridan kelib chiqqan holda o'rtacha kvadratik xatoni minimallashtirish uchun tizimlarni sintez qilish vazifasi yuklanadi.

Ushbu muammoni hal qilish uchun tasodifiy funksiyalar va tasodifiy jarayonlar nazariyasi asoslari bilan tanishish kerak bo'ladi.

### **Tasodifiy jarayonlarning korrelyatsion funsiyalari.**

Agar  $x(t)$  tajriba natijasida u oldindan aytib bo'lmaydigan shaklga o'tishi mumkin bo'lsa, funksiya tasodifiy deb ataladi. Bittadan yaratilgan tasodifiy funksiyalar to'plami va xuddi shu tabiat tasodifiy jarayon deb ataladi.

Tasodifiy jarayon bizga ma'lum bir fizik hodisaning tasodifiy tavsifini beradi.

Tahlil qilish uchun mo'ljallangan bitta yoki ko'pgina tasodifiy tadbiquotlar cheksiz to'plamdan namuna sifatida o'rganiladi (2-rasm). Agar vaqt qiymati sobit bo'lsa  $t = t_1$ , biz qiymatlar to'plamini quyidagiga olamiz  $t = t_1$ . Ushbu to'plam  $x_1, x_2, \dots, x_n|_{t=t_1}$  tasodifiy jarayonning kesimi deb nomlanadi.

Tasodifiy jarayonlarning asosiy xususiyatlari tasodifiy o'zgaruvchilarning xususiyatlariga o'xshashdir, ammo ikkinchisidan farqli o'laroq, bu raqamlar emas, balki funksiyalardir.

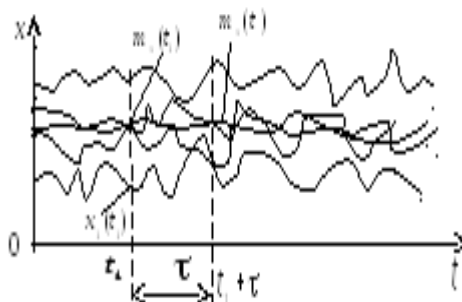


Рис.11.2.

Ular tasodifiy jarayonning  $m_x(t)$  matematik kutilishini bir lahzalik vaqtga to'g'ri keladigan qismning matematik kutishiga teng keladigan funksiya deb ataydilar  $t$  :

$$m_x(t) = M[X(t)].$$

Korrelyatsiya funksiyasi tushunchasi (avtokorrelyatsiya funksiyasi)  $R_x(t, t + \tau)$  har qanday vaqt qiymati uchun tasodifiy jarayonning tegishli bo'limlarining o'zaro bog'liqlik momentiga teng bo'lgan ikkita argumentning funksiyasini anglatadi.

$$R_x(t, t + \tau) = M[\dot{X}(t) + \dot{X}(t + \tau)],$$

bu erda  $\dot{X}(t) = X(t) - m_x(t)$  - tasodifiy funksiyaning markazlashtirilgan qiymati.

Qachon  $\tau = 0$  oto korelatsion vazifasi tegishli bo'limga tasodifiy funksiyasi zid tengdir:  $R_x(t, t + \tau)|_{\tau=0} = M[X^2(t)] = D_x(t)$ .

Ko'pincha amaliyotda kuzatilgan tasodifiy jarayonlar vaqt o'tishi bilan ma'lum bir o'rtacha qiymat atrofida tebranishlarga ega va shu bilan birga vaqt o'zgarishi bilan dalgalanmalarning amplitudasi ham, tabiati ham o'zgarmaydi. Bunday jarayonlar statsionar deb ataladi.

Umuman olganda, jarayon vaqtiga bog'liq bo'lmagan harakatsiz tasodifiy jarayon deb ataladi. Agar biz bunday xususiyatlarni kutish, o'zgaruvchanlik va avtokorrelyatsiya funksiyasini olsak, statsionarlik shartlari quyidagi shaklni oladi:

$$m_x(t) = m_x = const; \quad D_x(t) = D_x = const; \quad R_x(t, t + \tau) = R_x(\tau).$$

Korrelyatsiya funksiyasi  $R_x(\tau)$  masofada joylashgan bo'limlar orasidagi tasodifiy aloqani tavsiflaydi  $\tau$ . Shuni ta'kidlash kerakki, bu vaqt uzunligi qaerda ekanligi muhim emas. Qachon  $\tau = 0$  otokorelasyon vazifasi  $R_x(\tau)$  maksimal va zid teng. Vaqt o'sishi  $\tau$  bilan bo'limlar orasidagi tasodifiy aloqa susayadi. Ushbu  $R_x(\tau)$  funksiyaga bog'liqlik  $\tau$  3-rasmda keltirilgan.

Shaklda 3 rasm. Uch xil statsionar jarayonlarning korrelyatsion funksiyalari bir xil dispersiyaga ega, ammo turli xil ichki xususiyatlarga ega. Korrelyatsiya funksiyalaridagi tebranishlar yashirin davriylikni bildiradi (yegri (1). (2) va (3) egri chiziqlar davriy qismlarga ega emas. va shuning uchun bo'limlar orasidagi aloqa tezroq zaiflashadi.

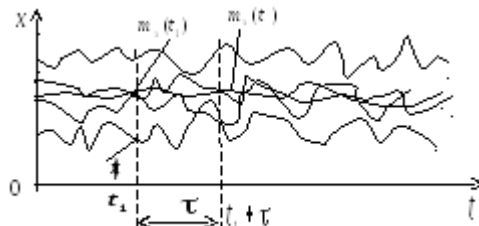


Figure 22.2



Tasodifiy statsionar jarayonlar orasida ergodik jarayonlar ajralib turadi.

Tasodifiy jarayonlarning ergodikligi amaliyot uchun juda muhim xususiyatdir. Ergodiklikning xususiyati bu uzoq davom etadigan tasodifiy funksiyani bitta bajarilishidan tasodifiy jarayonning tasodifiy xususiyatlarini aniqlash qobiliyati.

Yergodiklik xususiyati quyidagicha yoziladi:

$$M[X(t)] = m_x(t) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} x(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} x f(x, t) dx.$$

Bundan kelib chiqadiki, ergodik jarayon uchun tasodifiy funksiyaning o‘rtacha qiymati,  $x(t)$  bitta amalga oshirishdan amalga oshirilgan  $[-T, T]$  при  $T \rightarrow \infty$ , to‘plamdan hisoblangan o‘rtacha qiymatgacha. Bizda bor:  $f(x, t)$  - bo‘limda o‘z vaqtida aniqlangan tasodifiy funksiyani taqsimlash zichligi  $t$ .

Ye’tibor bering, statsionar jarayon uchun  $f(x, t) = f(x)$  и  $m_x(t) = m_x$ .

Statsionar ergodik jarayonning korrelyatsion funksiyasi ifoda bilan

belgilanadi 
$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} \dot{x}(t) x(t + \tau) dt,$$

bu erda  $\dot{x}(t) = x(t) - m_x(t)$  - tasodifiy funksiyaning markazlashtirilgan qiymati.

At  $\tau = 0$  
$$R_x(0) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} \dot{x}^2(t) dt.$$

## 4.2. Tasodifiy jarayonlarning spektral zichligi.

Tasodifiy funksiyaning tarkibiy qismida yuzaga keladigan tebranish chastotalari bo'yicha tasodifiy statsionar funksiyaning dispersiya taqsimlanishi to'g'ridan-to'g'ri Fur'e konvertatsiyasi  $S_x(\omega)$ , orqali korrelyatsiya funksiyasi

bilan bog'liq bo'lgan spektral zichlik deb ataladi  $R_x(\tau)$ :  $S_x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_x(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau$ .

Yuqoridagi iborada korrelyatsiya funksiyasining ifodasini almashtirish, biz olamiz

$$S_x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \dot{x}(t) \dot{x}(t + \tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T \dot{x}(t) e^{-j\omega t} dt \times \int_{-\infty}^{\infty} \dot{x}(t + \tau) \cdot e^{-j\omega(t+\tau)} d\tau = \\ = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} X(-j\omega) X(j\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} |X(j\omega)|^2.$$

Shuning uchun tasodifiy jarayonning spektral zichligi amplituda kvadratiga mutanosibdir (tasodifiy signal spektrining kuchi).

Shuning uchun spektral zichlik ko'pincha energiya chastotasi spektri deb ataladi.

Amaliyotda korrelyatsiya funksiyasini spektral zichlikka qarab aniqlash uchun teskari Fure transformatsiyasi qo'llaniladi.

$$R_x(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega.$$

Bu ifoda, shuningdek, tasodifiy funksiyasi olib varyansni aniqlash uchun xizmat

qiladi  $\tau = 0$  formuladan etib  $R_x(0) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) d\omega$ ,

Parseval ifodasi sifatida tanilgan.

### Amaliy misol

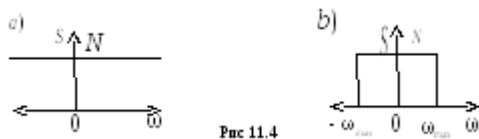
Vazifasi bir statsionar tasodifiy jarayonning spektral zichligi bir egri qurish iborat  $X(t)$  bo'lgan  $R_x(\tau) = N \cdot \delta(\tau)$ .

Biz  $S_x(\omega)$  to'g'ridan-to'g'ri Fure transformatsiyasidan foydalanishni topamiz:

$$S_x(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} N \cdot \delta(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} dt = N.$$

Shuni hisobga oldi  $e^{-j\omega\tau} \Big|_{\tau=0} = 1$ ,  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(\tau) d\tau = 1$ .

Shuning uchun spektral zichlik egri - abtsissa o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq (4-rasm, a).



Bu savolga jarayonning barcha chastotalar o'z ichiga oladi, degan ma'noni anglatadi -  $-\infty$  yuqoriga  $+\infty$  teng intensivligi bilan. Bu jarayon

oq shovqin deb ataladi.

Parseval ifodasi yordamida tasodifiy funksiyaning o'zgarishini aniqlaymiz:

$$R_x(0) = D_x = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_x(\omega) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} N \cdot d\omega = \frac{N \cdot \omega}{2\pi} \Big|_{-\infty}^{+\infty} = \infty.$$

Bundan kelib chiqadiki, "oq shovqin" turidagi signalni olish uchun jismonan imkonsiz bo'lgan cheksiz energiya manbai zarur.

E'tibor bering, avtomatik boshqaruv tizimlarining inertiyasi tufayli barcha yuqori chastotalar kechiktiriladi. Shu sababli, chastota spektri cheklangan tasodifiy jarayonning xususiyatlarini aniqlash qiziq (11.4-rasm, b):

$$S_x(\omega) = \begin{cases} N, & \text{avec } |\omega| \leq \omega_{\max} \\ 0, & \text{avec } |\omega| > \omega_{\max} \end{cases}.$$

Biz yana  $e^{j\omega\tau} = \cos \omega\tau + j \sin \omega\tau$ ; nosimmetrik chegaralardagi funksiyaning nolga teng ekanligini hisobga olib, biz taqdim etadigan iborani ishlatamiz. Nihoyat yozib

oling 
$$R_x(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_{\max}}^{\omega_{\max}} N \cdot \cos \omega\tau d\omega = \frac{N \cdot \sin \omega_{\max} \tau}{\pi\tau}.$$

Tasodifiy jarayonning tarqalishi 
$$D_x = R_x(0) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{N \cdot \sin \omega_{\max} \tau}{\pi\tau} = \frac{N}{\pi} \omega_{\max}.$$

Shuning uchun tasodifiy jarayonning energiya manbai zarur bo'lgan kuch, spektral zichligi sek. , b, chastota bilan cheklangan  $\omega_{\max}$ .

**Chiziqli sistemlarning kirish va chiqishida tasodifiy jarayonlarning korrelyatsion funsiyalari va spektral zichliklari orasidagi aloqa.**

*1. Chiziqli sistemlarning kirish va chiqishida tasodifiy jarayonlarning korrelyatsion funsiyalari va spektral zichliklari orasidagi aloqa.*

Biz transfer funksiyasi bilan tizimining kiritish uchun qo'llaniladi tasodifiy signal orasidagi munosabatlarni aniqlash  $W(s)$  chiqishi va signal  $y(t)$  (rasm 11,5 a).

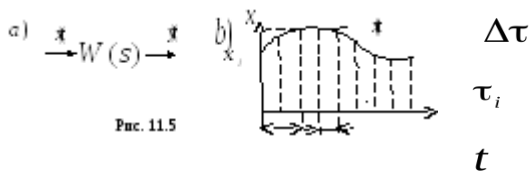


Fig. 11.5

Uzunlik va amplituda to'rtburchaklar ketma-ketligi sifatida eksa  $t$  va egri orasidagi maydonni tasavvur qiling, bu erda (5-rasm, b).  $x(t) \Delta\tau \sum_{i=0}^n x_i \delta(t - \tau_i)$  Kamayishi  $\Delta\tau$  bilan tizimning har bir  $i$  pulsiga javobini tizimning  $\delta$ -funksiyaga maydon bilan javobi bilan almashtirish mumkin. Tizimning  $\delta$ -funksiyaga  $A_i = x_i \Delta\tau_i$  javobi ma'lum, chunki u og'irlik funksiyasi (impulsli javob) deb nomlanadi:  $\varpi(t) = L^{-1}\{W(s)\}$  - puls turi ta'siri reaksiya  $\delta(t - \tau_i)$  maydoni  $A_i = x_i \Delta\tau_i$  teng  $y(t - \tau_i) = \varpi(t - \tau_i) x(\tau_i) \Delta\tau$ .

Bir qator impulslarga javob quyidagicha bo'ladi.

$$y(t) = \sum_{i=0}^n y(t - \tau_i) = \sum_{i=0}^n \varpi(t - \tau_i) x(\tau_i) \Delta\tau.$$

$\Delta\tau \rightarrow 0$  Bizda  $y(t) = \int_0^t \varpi(t - \tau) x(\tau) d\tau$  va almashtirishda bo'lganda chegaraga o'tish

o'zgaruvchilar  $t - \tau = \theta$   $y(t) = \int_0^t \varpi(\theta) x(t - \theta) d\theta$ .

Olingan iboralar Duhamel integralini yozishning ikkita shaklini yoki ikkita funksiyani  $\varpi(t)$  yig'ishni va boshqalarni anglatadi  $x(t)$ .

Yendi  $x(t)$  signal tasodifiy, statsionar va ergodik deb faraz qilaylik. Signallarning chiziqli uzatilishi tufayli, chiqish signali  $y(t)$  ham bo'ladi

tasodifiy statsionar va ergodik  $y(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varpi(\theta) x(t - \theta) d\theta$ . Biz signalning korrelyatsion funksiyasining ifodasini topamiz  $y(t)$  Umuman olganda

$$R_y(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T y(t) \cdot y(t + \tau) dt.$$

Biz bu iborani o'rmini

bosamiz  $y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta) x(t - \theta) d\theta$  va  $y(t + \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) x(t + \tau - \eta) d\eta$ .

Bizda bor  $R_y(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T dt \int_{-\infty}^{+\infty} \varpi(\theta) x(t - \theta) d\theta \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) x(t + \tau - \eta) d\eta$ .

Unda  $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T dt = 1$ . ifodaning qolgan qismi quyidagicha yoziladi:

$$R_y(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta) d\theta \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) \left[ \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t-\theta)x(t+\tau-\eta) dt \right] d\eta.$$

chunki  $\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t-\theta)x(t+\tau-\eta) dt = R_x(\tau+\theta-\eta)$ ,

biz nihoyat:

$$R_y(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta) d\theta \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) R_x(\tau+\theta-\eta) d\eta.$$

Faqatgina yozilgan ibora, chiqish va kirishda signallarning korrelyatsion funksiyalari o'rtasidagi munosabatni o'rnatadi. Ammo bu iborani amaliy hisob-kitoblar uchun ishlatish ancha murakkab. Kirish va chiqishdagi signallarning spektral kuchlari uchun sodda ifoda olinadi. Buning uchun to'g'ridan-to'g'ri Fur'e transformatsiyasini quyidagilar uchun qo'llang  $R_y(\tau)$ :

$$\begin{aligned} S_y(\omega) &= \int_{-\infty}^{+\infty} R_y(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau = \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta) d\theta \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) R_x(\tau+\theta-\eta) d\eta \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta) \cdot e^{j\omega\theta} d\theta \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) e^{-j\omega\eta} d\eta \int_{-\infty}^{+\infty} R_x(\tau+\theta-\eta) e^{-j\omega(\tau+\theta-\eta)} d\tau. \end{aligned}$$

Olingan ifodada  $\int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta) \cdot e^{j\omega\theta} d\theta = W(-j\omega)$ ;  $\int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\eta) e^{-j\omega\eta} d\eta = W(j\omega)$ ;

$$\int_{-\infty}^{+\infty} R_x(\tau+\theta-\eta) e^{-j\omega(\tau+\theta-\eta)} d\tau = S_x(\omega).$$

Nihoyat bizda bor

$$S_y(\omega) = W(-j\omega)W(j\omega)S_x(\omega) = |W(j\omega)|^2 S_x(\omega).$$

Shuning uchun,  $R_x(\tau)$  или  $S_x(\omega)$  boshqarish ob'ektining dinamik xususiyatlarini hisobga olgan holda, tasodifiy chiqish signalining xususiyatlarini aniqlang ob'ekt. Xuddi shu iboralarni ishlatish mumkin.

mos keladigan tizim parametrlarini tanlash uchun shunday qilib, tasodifiy buzilishlarning ta'siri tizimning ishlashini minimallashtirish mumkin.



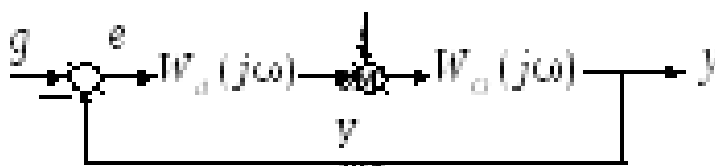
Signallarni chiziqli tizim orqali o'tkazishda juda muhim bo'lgan alohida hollarni ko'rib chiqing.

Aytaylik, uzatish funksiyasi bo'lgan tizim  $W(j\omega) = j\omega$  tasodifiy signalga duch keladi  $S_x(\omega)$ . Keyin chiqish signali uchun bizda  $S_y(\omega) = \omega^2 S_x(\omega)$ . tizim ikki xil farqlash  $S_x(\omega)$  amalga oshirilganda ko'paytiriladi  $\omega^4$ . Shuning uchun, tasodifiy signalni farqlashda yuqori chastotali tarkibiy qismlar tezroq va kuchli ravishda kuchayadi, past chastotali qismlarga qaraganda. Bu shuni anglatadiki, tasodifiy aralashish bo'lsa, farqlovchi xususiyatlarning tuzatish zanjiri tizimga kiritilishi mumkin emas. Aks holda, siz boshqarish tizimining ishlashida sezilarli darajada yomonlashishingiz mumkin.

Tizimning chiqishidagi spektral zichlik boshqaruv tizimining xususiyatlarining ajralmas tabiati bo'lsa, kirish joyidagi spektral zichlikka teng. Bu shuni anglatadiki, yuqori chastotali tarkibiy qismlar pasayadi va tizim chiqishidagi signal tekislanadi.

**Tasodifiy ta'sirlarda bo'lgan chiziqli sistemalarni hisoblash. Minimal o'rtacha kvadratik xatoli chiziqli sistemalarning sintezi.**

Endi tashqi signallar tasodifiy bo'lgan yopiq pastadir boshqaruv tizimini ko'rib chiqamiz (6-rasm).



Shaklda :

- $g(t)$  - tasodifiy boshqarish harakati korrelyatsiya funksiyasi bilan  $R_g(\tau)$ ;
- $f(t)$  ma'lum korrelyatsiya bilan tasodifiy buzilish funksiyasi  $R_f(\tau)$ ;
- $e(t)$  - tizim xatosi;
- $W_o(j\omega)$  - boshqarish ob'ektining uzatish funksiyasi;
- $W_d(j\omega)$  - boshqarish moslamasining uzatish funksiyasi.

Variant 1. Aytaylik: 1)  $g(t)$  - tizimda tasodifiy, statsionar va spektral zichlikka ega bo'lgan bitta signal  $S_g(\omega)$ ;

2)  $f(t) = 0$ .

Mos  $e(t)$  ravishda spektral xato zichligi

umumiy ifoda bilan

$$S_{eg}(\omega) = |W_{eg}(j\omega)|^2 \cdot S_g(\omega),$$

$$W_{eg}(j\omega) = \frac{1}{1 + W_o(j\omega)W_d(j\omega)} \text{ uzatish funksiyasi qarda}$$

xato bilan yopiq tizim.

Xatoning korrelyatsion funksiyasini aniqlash uchun teskari Fure almashtirishidan

foydalanish kerak 
$$R_{eg}(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{eg}(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega.$$

Agar  $\tau = 0$  biz Parseval ifodasiga kelsak, deylik

$$D_{eg} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{eg}(\omega) d\omega.$$

Standart xato  $\beta_{eg} = \sqrt{D_{eg}}$ .

Variant 2. Endi faraz qilaylik  $g(t) = 0$  va  $f(t)$  bu spektral zichlikka ega tasodifiy statsionar signaldir

$$S_f(\omega).$$

Birinchi variantdan bizda  $S_{ef}(\omega) = |W_{ef}(j\omega)|^2 \cdot S_f(\omega)$ ,

$$W_{ef}(j\omega) = \frac{-W_o(j\omega)}{1 + W_o(j\omega)W_d(j\omega)}$$
 boshqaruv ob'ektining kirishida tashqi bezovtalik signalining xatosi tufayli xato tufayli yopiq pastadir boshqaruv tizimining uzatish funksiyasi qarda. Birinchi variantga o'xshash:

$$R_{ef}(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{ef}(\omega) e^{j\omega\tau} d\omega.$$

$$D_{ef} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{ef}(\omega) d\omega.$$

$$\beta_{ef} = \sqrt{D_{ef}}.$$

Variant 3. Biz quyidagi shartlarni qabul qilamiz: ikkita tasodifiy signal  $g(t)$  va boshqalar bir vaqtning o'zida boshqaruv tizimining kirish qismida harakat qilish  $f(t)$ . Bizning tizimimiz chiziqli ekanligini yodda tutgan holda, superpozitsiya printsipi unga mos keladi:

$$D_e = D_{eg} + D_{ef} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \left[ |W_{eg}(j\omega)|^2 \cdot S_g(\omega) + |W_{ef}(j\omega)|^2 \cdot S_f(\omega) \right] d\omega.$$

Agar nazorat signali buzilish signali bilan korrelyatsiya funksiyasi bilan bog'langan bo'lsa, integral belgi ostidagi ifoda quyidagicha

$$S_e(\omega) = |W_{eg}(j\omega)|^2 \cdot S_g(\omega) + |W_{ef}(j\omega)|^2 \cdot S_f(\omega)$$

bo'ladi:  $+W_{eg}(-j\omega)W_{ef}(j\omega)S_{gf}(\omega) + W_{eg}(j\omega)W_{ef}(-j\omega)S_{gf}(\omega)$ ,

$S_{gf}(\omega)$  - nazorat  $g(t)$  signalining va bezovta qiluvchi signalning o'zaro bog'liqlik funksiyasi qaerda  $f(t)$ .

*O'rtacha kvadratik xatolarning minimal miqdorini boshqarish tizimlarini sintez qilish*

Tizimni sintez qilish paytida ikkita signal paydo bo'lishi mumkin bo'lgan vaziyat yuzaga kelishi mumkin: boshqaruv signali va bezovta qiluvchi signallar, ikkalasi ham tasodifiy xarakterga ega. Bunday holda, tizim sintezining asosiy vazifasi o'rtacha kvadratik xatoning minimal qiymatini keltiradigan tizim parametrlarini aniqlashdir, uning qiymati quyidagi ifodadan foydalanib aniqlanadi:

$$\sigma_e^2 = D_e = R_e(0) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} e^2(t) dt = MIN.$$

Siz ushbu minimal miqdorni ikki yo'l bilan ta'minlashingiz mumkin:

1. parametrik sintezni amalga oshirish, ya'ni tizim parametrlarini aniqlash, uning tuzilishini o'zgartirmasdan  $\sigma_e^2$ ;
2. minimal  $\sigma_e^2$  (tizimli-parametrik sintez) ni ta'minlaydigan tizimning tuzilishi va parametrlarini aniqlang .

**Parametrik sintez** quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi.

1. Amaliy eksperimental ma'lumotlardan foydali signal va bezovta qiluvchi signalning korrelyatsion funksiyasini aniqlash. Keyin biz korrelyatsiya funksiyalarini to'g'ridan-to'g'ri Fure o'zgartiramiz va spektral zichlikka

kelamiz:  $S_g(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} R_g(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau.$

Shuni hisobga olgan holda  $R_g(\tau)$  - funksiya bir xil va  $e^{-j\omega\tau} = \cos \omega\tau - j \sin \omega\tau$  biz buni olamiz

$$S_g(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} R_g(\tau) \cos \omega \tau d\tau.$$

2. Biz tasodifiy nazorat signali  $W_{eg}(j\omega)$  va bezovta qiluvchi ta'sir natijasida yuzaga kelgan xato uchun geribildirim tizimining uzatish funksiyalarini hisoblaymiz  $W_{ef}(j\omega)$ .

3. Tegishli iboralarni ishlatib, umumiy xatoning spektral zichligini hisoblaymiz  $S_e(\omega)$ .

4. Xatoning o'zgarishini ifoda bilan aniqlang tizimining parametrlari bir vazifasi sifatida Parseval, koeffitsientlari va elementlar vaqti Sobit -,  $\alpha_i, \alpha_i i = 1, 2, 3, \dots, n$

5. Tenglamalar tizimini echib, parametrlarning sonli qiymatlarini aniqlang  $\partial D_e / \partial \alpha_j, j = 1, 2, \dots, n$ .

6. 5-bandda belgilangan parametrlarning sonli qiymatlarini ifodaga almashtirish

$$D_e(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n), \text{ biz } D_{e \min} \text{ o'rtacha kvadrat xatoni olamiz } \sigma_{e \min} = \sqrt{D_{e \min}}.$$

Agar xato  $\sigma_{e \min} \leq \sigma_{eadm}$ , qaerda bo'lsa  $\sigma_{eadm}$ ,

muammo hal qilinganligini anglatadi. Agar tengsizlik qoniqtirmasa, tizimning tarkibiy-parametrik sintezi uchun zarurdir.

**Tarkibiy va parametrik sintez** optimal filtrlashning Wiener usuli asosida amalga oshiriladi. Usulning taqdimoti 7-rasmda keltirilgan.

Bu erda: I kanal - istalgan kirish signalini  $u(t)$  quyidagi ifoda bo'yicha uzatishni amalga oshiradi :

$$L\{y^*(t)\} = W(s) \cdot L\{u(t)\}.$$

Ikkinchi kanal II - optimallashtirilgan tizim tomonidan amalga oshiriladi  $W_{opt}(s)$ ,  $f(t)$ . shu munosabat bilan tizim xatosi  $\Delta(t) = y^*(t) - y(t)$  mezonga javob berishi kerak

$$\sigma_{\Delta}^2 = D_{\Delta} = R_{\Delta}(0) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} \Delta^2(t) dt = MIN.$$

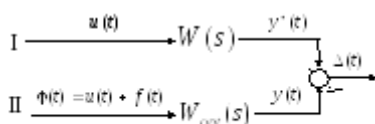


Рис.11.7

Siz tizimni  $W_{opt}(s)$  optimal signal filtri sifatida ko'rib chiqishingiz mumkin  $\Phi(t)$ .

taklif muammoni hal oldin, kiritish va chiqarish bilan signallarining korrelyatsiya funksiyalari o'rtasidagi munosabatni ko'rib  $y(t)$  ko'ndalang korrelyatsiya

$$R_{yx} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} y(t)x(t - \tau) dt$$

funksiyalarni yozish ifoda

Ifodani ishlatib,  $y(t) = \int_0^t \varpi(\theta)x(t - \theta)d\theta$  quyidagi shaklga

$$R_{yx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} x(t - \tau) dt \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta)x(t - \theta)d\theta$$

o'tamiz:

Yoki integratsiya ketma-ketligini o'zgartirib, bizda bor

$$R_{yx}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta)R_x(\tau - \theta)d\theta$$

Olingan ifoda Wiener-Hopf tenglamasi deb nomlanadi.

To'g'ridan-to'g'ri Fure transformatsiyasidan foydalanib, biz ajoyib ifodaga erishamiz

$$S_{yx}(\omega) = W(j\omega)S_x(\omega)$$

Ye'tibor bering, olingan ifoda bizga  $W(j\omega)$  kirish va chiqish signallarini (passiv eksperiment natijalari), ya'ni o'rganilayotgan jarayonga faol aralashmasdan, tizimning chastotali tasvirini aniqlashga imkon beradi :

$$W(j\omega) = S_{yx}(\omega) / S_x(\omega)$$

Xatoning o'zgarishini aniqlang, berilgan  $\Delta(t) = y^*(t) - y(t)$ :

$$D_{\Delta} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T y^*(t) - \int_{-\infty}^{\infty} \varpi(\theta)\phi(t - \theta)d\theta dt$$

Norbert Vier, minimal darajadagi zarur va etarli shart  $D_{\Delta}$  - bu og'irlik funksiyasi ekanligini isbotladi

$\varpi(\eta)$  Wiener-Hopf tenglamasiga yechim bo'lishi kerak:

$$R_{y^*\phi}(\theta) = \int_{-\infty}^{\infty} \varpi_{opt}(\eta)R_{\phi}(\theta - \eta)d\eta$$

Bizda bor  $W_{opt}(j\omega) = S_{y^*\phi}(\omega) / S_{\phi}(\omega)$ .

Ammo  $W_{opt}(j\omega)$  aksariyat hollarda ushbu ifoda bilan aniqlangan chastota xarakteristikalari amalga oshirib bo'lmaydigan xususiyatlarga ega, chunki tizim  $W_{opt}(j\omega)$  barqaror bo'lmaydi.

Shu munosabat  $W_{opt}(j\omega)$  bilan barqarorlik sharoitiga mos keladigan maqbul funksiyani topish uchun  $S_\phi(\omega)$  murakkab omillarga bo'linish qo'llaniladi:

$$S_\phi(\omega) = |\Psi^2(j\omega)| = \Psi(j\omega)\Psi(-j\omega).$$

Shundan kelib chiqadi 
$$W_{opt}(j\omega) = \frac{1}{\Psi(j\omega)} \frac{S_{y^*\phi}}{\Psi(-j\omega)}.$$

Janob Wiener optimal uzatish funksiyasini quyidagicha aniqlash mumkinligini isbotladi:  $W_{opt}(j\omega) = B(j\omega) / \Psi(j\omega)$ ,

qaerda 
$$B(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \beta(t) e^{-j\omega t} dt; \quad \beta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{S_{y^*\phi}}{\Psi(-j\omega)} e^{j\omega t} d\omega.$$

Ta'riflarga misollar keltiring  $W_{opt}(j\omega)$ .

nazorat qilish signali spektral zichligi bo'lsin  $S_u(\omega) = \frac{1}{1+\omega^2}$ ; bunday oq shovqin va shovqin bilan  $S_f(j\omega) = c^2$ . Bundan tashqari, biz, deb bilaman  $u(t)$  u  $f(t)$  bog'liq emas.  $W_{opt}(j\omega)$  Kuzatuv tizimini topishingiz kerak.

hal tomosha qilish tizimi uchun  $W(s) = 1$ . shuning uchun  $y^*(t) = u(t)$ . bu hisobga  $\phi(t) = u(t) + f(t)$  yozish mumkin:

$$S_{y^*\phi}(\omega) = S_u(\omega); \quad S_\phi(\omega) = S_u(\omega) + S_f(\omega);$$

Bu erda  $S_{uf}(\omega) = S_{fu}(\omega) = 0$  o'zaro bog'liq bo'lmagan signallarga nisbatan e'tiborga olinadi. Yuqorida keltirilgan ma'lum bo'lgan spektral zichlik ifodalarini almashtirib, biz holda olamiz

$$S_{y^*\phi} = \frac{1}{1+\omega^2}; \quad S_\phi(\omega) = \frac{1}{1+\omega^2} + c^2 = \frac{1+c^2+c^2\omega^2}{1+\omega^2}. \quad \text{Oxirgi iborani birlashtiruvchi omillarga ajratamiz:}$$

$$S_\phi(\omega) = \Psi(j\omega)\Psi(-j\omega) = \frac{\sqrt{1+c^2} + j\omega c}{1+j\omega} \cdot \frac{\sqrt{1+c^2} - j\omega c}{1-j\omega}.$$

Oldindan yozilgan iboralar bo'yicha hisoblaymiz:

$$\beta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{S_{y^*\phi}(\omega)}{\Psi(-j\omega)} e^{j\omega t} d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(1-j\omega)e^{j\omega t} d\omega}{(1+\omega^2)(\sqrt{1+c^2}-j\omega c)} =$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{j\omega t} d\omega}{(1+j\omega)(\sqrt{1+c^2}-j\omega c)}.$$

Oddiy kasrlarga integral belgisi ostida funksiyani kengaytirish orqali biz olamiz

$$\beta(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{j\omega t}}{(1+j\omega)(\sqrt{1+c^2}-j\omega c)} d\omega$$

Hisoblash  $B(j\omega)$  uchun to'g'ridan-to'g'ri Furier o'zgarishini olish kerak,  $\beta(t)$ , bu esa o'z navbatida kvadrat qavs ichida ifoda teskari Furier o'zgarishi natijasidir. Shuning uchun u  $B(j\omega)$  kvadrat qavs ichida bu ifodaga teng bo'ladi. Amalga oshirish shartlariga asoslanib  $W(s)$ , o'ng yarim sharda ildizga ega bo'lgan integral shartlarini bekor qilamiz. Keyin

$$B(j\omega) = \int_0^{\infty} \beta(t) e^{-j\omega t} dt = \frac{1}{c + \sqrt{1+c^2}} \frac{1}{1+j\omega}.$$

Kerakli uzatish funksiyasi shaklni oladi

$$\text{yoki } W_{opt}(j\omega) = \frac{k_{opt}}{T_{opt}j\omega + 1},$$

$$\text{qaerda } k_{opt} = \frac{1}{(c + \sqrt{1+c^2})(\sqrt{1+c^2})}; \quad T_{opt} = \frac{c}{\sqrt{1+c^2}}.$$

Shunday qilib, bu holda maqbul filtr birinchi darajali aperiodik aloqa hisoblanadi.

Xulosa qilib shuni ta'kidlaymizki, optimal filtrlash muammosi Kalman filtri yordamida ham hal qilinishi mumkin. Ushbu usul nazorat harakatlarining qo'shimcha aralashmasi  $u(t)$  va  $f(t)$  Gaussning "oq" shovqini bo'lgan tasodifiy Markov jarayoni va shovqinlarning tizimga kirishini anglatadi. Signallar  $u(t)$  va  $f(t)$  o'zaro bog'liq emas. Jismoniy jihatdan

Sotish mumkin bo'lgan jarayon  $y(t)$  mezonga muvofiq eng maqbul bo'lgan yopiq tizimning realizatsiya qilinadigan chiziqli operatori

minimal standart xato maxsus ishlab chiqilgan algoritm tomonidan topiladi. Ushbu algoritm ancha qiyin va xususan, differentsial tenglamani yechish bilan bog'liq Riccati, buning uchun, qoida tariqasida, raqamli foydalanish talab etiladi kompyuter texnologiyalaridan foydalangan holda usullar. Oxirida natijada Kalman algoritmi algoritm bilan bir xil natijani beradi  $W_i$  yener, ammo ikkinchisidan farqli o'laroq, siz tasodifiy barqaror bo'lmagan kirish ta'sirlari bilan nafaqat barqaror holat uchun, balki vaqtinchalik rejimlar uchun ham optimal filtrlarni sintez qilishga imkon beradi.

### **Nazorat savollari**

1. Chiziqli sistemalarni rostlashning sifatini baholash usullari qanday?
2. Barqaror rejimlarda rostlash sifatini baholash usullari qanday?
3. Namunaviy trapesioidal xarakteristikasi qanday?
4. O'tkinchi jarayonning sifat ko'rsatkichlari qanday?
5. Avtomatik boshqarishning qanday asosiy ko'rinishlari bor?
6. Kuzatuvchi sistemalarga qanday sistemalar kiradi?
7. Optimal boshqarish nima?
8. Adaptiv sistemalar nimadan iborat?
9. Rostlashning asosiy qonunlari qanday?

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Kenneth Stafford. Alternative Fuels for Automobiles. 2008.
2. Richard Folkson, Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance. Woodhead Publishing Limited, 2015. (12-18 pp.)
3. Hua Zhao. Advanced direct injection combustion engine technologies and development. Volume 1: Gasoline and gas engines. USA. Woodhead Publishing Limited, 2010. (26-32 pp.)
4. Gasoline Engine Management: Systems and Components (Konrad Reif). (str. 29-31, str. 100)
5. Bazarov B.I., Kalauov S.A., Vasidov A.X. Alternativnye motornye topliva. - Tashkent: SHAMS ASA, 2014. -189 s. (18-27 ss.)
6. <http://www.fueleconomy.gov>



## AMALIY MASHG'ULOTLAR MAZMUNI

### 1- amaliy mashg'ulot: Avtomatik boshqarish tizimlarining uzatish funksiyalari.

**Ishdan maqsad:** Avtomatik boshqarish tizimlarida turli xil kattaliklarning uzatish funksiyalarini aniqlash.

#### Bajarish uchun topshiriqlar:

##### 1-masala

Elektr zanjirining (2.1-rasm)  $U_1$  va  $U_2$  kuchlanishga nisbatan uzatish funksiyasi va differensial tenglamasini toping.

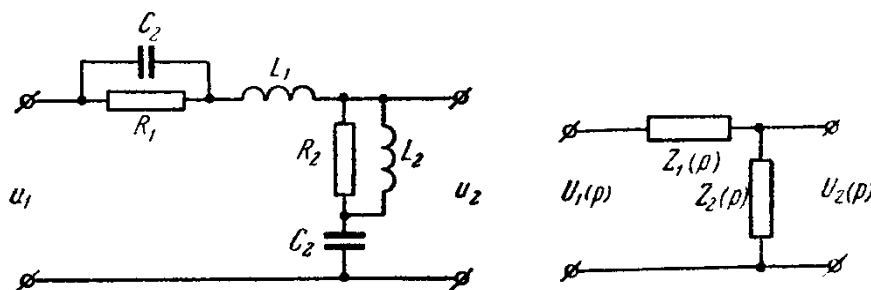
Yechish: 2.1-rasmda keltirilgan elektr zanjirining uzatish funksiyasini topishda qarshilikning operator formasi  $pL$  – induktiv,  $\frac{1}{pC}$  – sig'im,  $R$  – aktiv qarshiliklardan (bu erda,  $p = \frac{d}{dt}$  – differensiallash ramzi yoki operatori) foydalanish qulaydir.

1-rasmdagi yelektr zanjirini ekvivalent sxemaga (1-rasm) aylantiramiz:

$$Z_1(p) = \frac{\frac{1}{pC_1} R_1}{R_1 + \frac{1}{pC_1}} + pL_1 = \frac{R_1(T_1 p^2 + T_{1L} p + 1)}{T_{1C} p + 1}, \quad (1)$$

$$Z_2(p) = \frac{R_2 L_2 p}{R_2 + L_2 p} + \frac{1}{C_2 p} = \frac{R_2(T_2^2 p^2 + T_{2L} p + 1)}{p(T_{2C} + T_2^2 p)}, \quad (2)$$

$$T_1 = \sqrt{C_1 L_1}, \quad T_{2L} = \frac{L_1}{R_1}, \quad T_{1C} = R_1 C_1, \quad T_2 = \sqrt{C_2 L_2}, \quad T_{2L} = \frac{L_2}{R_2}, \quad T_{2C} = R_2 C_2 \quad (\text{sek}) \quad (3)$$



1-rasm. 1-masala uchun sxema    2-rasm. Ekvivalent sxema

Ketma- ket ulangan qarshiliklarda kuchlanish tushuvi qarshilikka proporsional bo'lgani uchun ekvivalent zanjirning uzatish funksiyasi quyidagicha topiladi:

$$W(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{Z_{\text{qur}}(p)}{Z_{\text{kup}}(p)} = \frac{Z_2(p)}{Z_1(p) + Z_2(p)} \quad (4)$$

(2.1), (2.2) ni (2.4) ga qo'yib, elektr zanjirning uzatish funksiyasini topamiz:

$$W(p) = \frac{R_2(b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + b_3)}{R_2(b_0 p^3 + b_1 p^2 + b_2 p + b_3) + R_1(d_0 p^4 + d_1 p^3 + d_2 p^2 + d_3 p)} \quad (5)$$

$$b_0 = T_2^2 T_{1C}, \quad b_1 = T_2^2 + T_{2L} T_{1C}, \quad b_2 = T_{2L} + T_{1C}, \quad b_3 = 1,$$

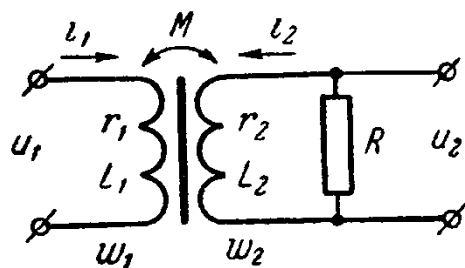
$$d_0 = T_1^2 T_2^2, \quad d_1 = T_1^2 T_{2C} + T_2^2 T_{1L}, \quad d_2 = T_{1L} T_{2C} + T_2^2, \quad d_3 = T_{2C},$$

Ko'rilayotgan elektr sxemaning kuchlanishga nisbatan differensial sxemasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$[R(b_0 p^3 + \dots + b_3) + R_1(d_0 p^4 + \dots + d_3 p)]u_2(t) = R_2(b_0 p^3 + \dots + b_3)u_1(t) \quad (6)$$

## 2-masala

Transformatorning (2.3-rasm)  $u_1$  va  $u_2$  kuchlanishga nisbatan differensial tenglamasi va uzatish funksiyasini toping. Transformatorning elektrik ko'rsatkichlari 2.3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. 2-masala uchun sxema

Yechish: Transformatorning birinchi va ikkinchi chulg'ami zanjiridagi kuchlanish muvozanatining differensial tenglamasi quyidagi ko'rinishga yega:

$$u_1 = r_1 i_1 + L_1 p i_1 + M p i_2 \quad (6)$$

$$0 = r_2 i_2 + L_2 p i_2 + M p i_1 + u_2 \quad (7)$$

Bu yerda,  $r_1, L_1, i_1$  – birlamchi chulg'am qarshiligi, induktivligi, toki;  $r_2, L_2, i_2$  – ikkilamchi chulg'amning qarshiligi, induktivligi, toki;  $R$  – yuklamaning qarshiligi;

$u_1, u_2$  – transformatorning kirish va chiqish kuchlanishlari;  $M$  - chulgʻamlarning oʻzaro induksiyaviy koeffitsenti.

(6) tenglamadan tok ifodasini (7) ifodaga qoʻysak, transformatorning differensial tenglamasini topamiz:

$$\left[ \frac{L_1 L_2 - M^2}{r_1 (R + r_2)} p^2 + \frac{L_2 r_1 + L_1 (R + r_2)}{r_1 (R + r_2)} p + 1 \right] u_2(t) = - \frac{MR}{r_1 (R + r)} p u_1(t) \quad (8)$$

yoki

$$[(T_1 T_2 - T_3^2) p^2 + (T_1 + T_2) p + 1] u_2(t) = -k \tau_1 p u_1(t) \quad (9)$$

Bu erda,

$$T_1 = \frac{L_1}{r_1}, \quad T_2 = \frac{L_2}{R + r_2}, \quad \tau_1 = \frac{M}{r_1}, \quad T_3 = \sqrt{\frac{M^2}{r_1 (R + r_2)}} \text{ (sek)}, \quad k = \frac{R}{R + r_2}.$$

Poʻlat oʻzakli transformatorlarda bogʻlanish koeffitsenti  $\frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$  birga yaqin boʻlgani uchun  $M \approx \sqrt{L_1 L_2}$ ,  $L_1 L_2 - M^2 \approx 0$  yoki  $T_1 T_2 - T_3^2 \approx 0$  boʻladi. Bunda (9) transformatorning tenglamasi soddalashadi:

$$2- \quad [(T_1 + T_2) p + 1] u_2(t) = -k \tau_1 p u_1(t) \quad (10)$$

Salt yurish rejimi uchun quyidagiga ega boʻlamiz:

$$3- \quad (T_1 p + 1) u_2(t) = -\tau_1 p u_1(t)$$

(2.10) differensial tenglama asosida kuchlanish boʻyicha transformatorning uzatish funksiyasini quyidagicha yozish mumkin:

$$W(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = - \frac{k \tau_1 p}{(T_1 + T_2) p + 1}$$

Bu ifodadan koʻrinib turibdiki, transformator inersial differensial boʻgʻin hisoblanadi. Transformatorning differensial tenglamasidagi manfiy ishora chiqish kuchlanishining fazasi kirish kuchlanishidan  $180^\circ$  gafarq qilishini koʻrsatadi.

### **2.3-masala**

Sust RC elektr zanjirining (2.4-rasm)  $u_1$  va  $u_2$  kuchlanishga nisbatan differensial tenglamasi va uzatish funksiyasini toping.

Yechish: Koʻprik yelkatoki

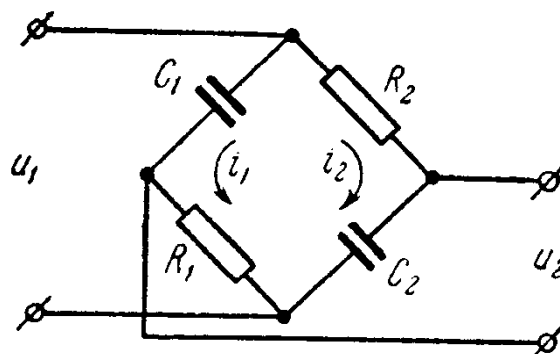
$$i_1 = \frac{u_1 C_1 p}{T_1 p + 1}, \quad i_2 = \frac{u_1 C_2 p}{T_2 p + 1}, \quad T_1 = R_1 C_1, \quad T_2 = R_2 C_2, \quad p = \frac{d}{dt}.$$

Unda,

$$u_2(t) = \frac{1}{C_2 p} i_2(t) - R_1 i_1(t) = \frac{1 - T_1 T_2 p^2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} u_1(t)$$

Bu ifodadan differensial tenglama kelib chiqadi:

$$(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)u_2(t) = (1 - \tau_1^2 p^2)u_1(t) \quad (11)$$



4-rasm. 3-masala uchun sxema

Uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W(p) = \frac{1 - \tau_1^2 p^2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} = \frac{1 - T_1 T_2 p^2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \quad (12)$$

Bu yerda,  $\tau_1^2 = T_1 T_2$ .

#### **4-masala**

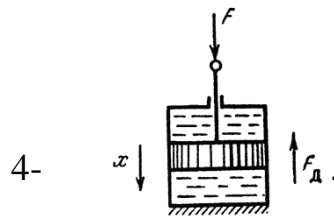
Yelektr zanjirda (2.4-rasm)  $C_1 = C_2$ ,  $R_1 = R_2$  bo'lganda, elektr zanjirning uzatish funksiyasini toping.

#### **5-masala**

Gidravlik dempferning (2.5-rasm) uzatish funksiyasini toping (Harakat qiluvchi massalar ta'siri hisoblanmaydi, kirish kattaligi sifatida  $F$  kuch, chiqish kattaligi sifatida  $x$  porshen siliji olinsin).

Yechish:  $F$  kuchga qarshi  $F_{\text{d}} = c_1 x$  ( $c_1$  – dempferlash koeffitsienti) dempferlash kuchi mavjud. Unda quyidagiga yeg abo'lamiz:  $p x = k F$ , bu yerda  $k = c_1^{-1}$ . Bundan

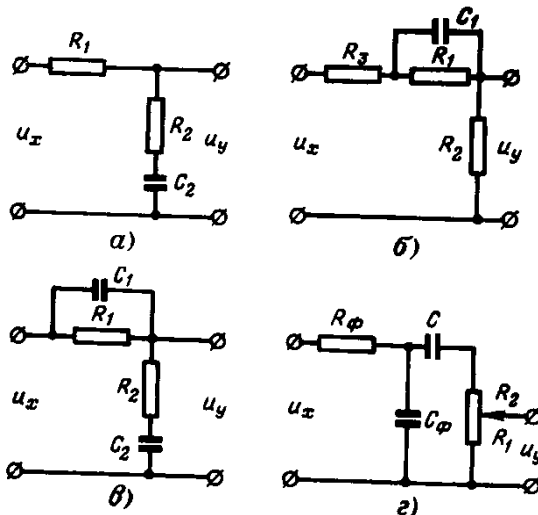
uzatish funksiyasi kelib chiqadi: 
$$W(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = \frac{k}{p}$$



2.5-rasm. silindirli porshen

### 6-masala

6-rasmda keltirilgan tasvir konturlarning differensial tenglamasini toping.



6-rasm. 6-masala uchun rasm

### **Avtomatik boshqarish tizimlarining dinamik xarakteristikalari**

**Ishning maqsadi:** Avtomatik boshqarish tizimlarining (ABT) dinamik xarakteristikalari bilan tanishish va chizikli dinamik modellarni tadqiq qilish ko'nikmalariga ega bo'lish.

### **Masalaning qo'yilishi**

Tadqiq qilish ob'ekti sifatida bitta kirish va bitta chiqishga ega chizikli (chiziklashtirilgan) dinamik statsionar boshqarish tizimlari ko'rib chikiladi. Bunda bir ulchamli ABTning modeli kompleks uzatish funksiyasi bo'lib polinomlar nisbati ko'rinishida quyidagicha yoziladi:

$$W(s) = \frac{b_m s^m + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + \dots + a_1 s + a_0}$$

### **Topshiriq:**

1. Utkazish funksiyasining kutblari va nollarini aniqlang:

$$S_j^0, (i = 1, n), S_j^0, (j = 1, m)$$

2. ABTning ishlashini aniqlovchi differensial tenglamani yozing.

3. Utish va impuls o'tish funksiyalarining grafiklarini ko'ring:

$$h(t), w(t).$$

### Qiskacha nazariy ma'lumotlar

Kuyidagi ko'rinishdagi chiziqli differensial tenglamalar bilan tavsiflanuvchi avtomatik boshqarish tizimini (ABT) kurib chiqaylik:

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) \\ = b_m \frac{d^m u(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} u(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t), \end{aligned} \quad (1.1)$$

Bu yerda  $u(t)$  – kirish jarayoni,  $y(t)$  – chiqish jarayoni,

$a_i, b_j, (i = 1, n, j = 1, m)$  - doimiy koeffitsientlar,  $n, m$  ( $n^3 m$ ) - doimiy sonlar.

Operator kurinishida (1.1) ifodanikuyidagichayozish mumkin:

$$A(D)y(t) = B(D)u(t),$$

bu yer da  $D$  - differensiallash operator ( $D^{def} = \frac{d}{dt}$ ). Tizimning "kirish-chiqish"

$$\text{uzgartirishi: } \frac{y(t)}{u(t)} = \frac{B(D)}{A(D)} = W(D) \quad (1.2)$$

buerdagi  $W(D)$  operator utkazish funksiyasi de bataladi.

Tizimlarni modellash usullaridan biri, "kirish-chiqish" uzgartirishlarini nolga teng bulgan boshlangich shartlarda (1.2) ga Laplas uzgartirishlarini qo'llab olinadigan kompleks uzatish funksiyasi sifatida takdim kilishdir:

$$\frac{y(s)}{u(s)} = \frac{B(s)}{A(s)} = W(s) \quad (1.3)$$

Buerda  $s$ -kompleks uzgaruvchi. Operator (1.2) va kompleks (1.3) uzatish funksiyalari orasidagi bog'lanishni qo'yidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$W(s) = W(D)|_{D=s}$$

$B(s)$  kup xadning ildizlari bo'ulgan kompleks sonlarni uzatish funksiyasining nollari,  $A(s)$  ko'p xadn ingildizlari esa kutblari deb ataladi. Bevosita kirish va chiqish orasidagi bog'lanish qo'yidagi ifodadan aniqlanadi:

$$y(t) = \int_0^t w(t-\tau)v(\tau)d\tau, \quad (1.4)$$

Bu yerda  $w(t)$  – kompleks uzatish funksiyasi  $W(s)$ ning originali (ya'ni, teskari Laplas o'zgartirishlari yordamida olingani). Boshqarish tizimlarining dinamik xossalari maxsus ko'rinishdagi kirish ta'sirlariga reaksiyasi bilan xarakterlanadi, xususan, birlik sakrash va  $\delta$ -funksiya (delta-funksiya) ta'siriga tizim chiqishining reaksiyasi. Aytaylik tizim kirishiga Xevisayd funksiyasi (birlik sakrash)  $u(t) = 1(t)$ , ya'ni

$$1(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0, \\ 1, & t > 0, \end{cases}$$

Berilgan bo'lsin.

Xevisayd funksiyasining grafigi 1, a-rasmda keltirilgan. ABT ning birlik sakrashga reaksiyasi tizimning o'tish funksiyasi deb ataladi va  $h(t)$  bilan belgilanadi.

1-rasm. a) Xevisayd funksiyasi, b) Dirak funksiyasi

Agar  $u(t) = \delta(t)$  balsa, ya'ni tizimning kirishiga quyidagicha aniqlangan Dirak funksiyasi ( $\delta$ -funksiya, impuls funksiya, 1-rasm) "da,  $t=0$  bo'lganda  $0, t > 0$  bo'lganda berilgandagi ABTning reaksiyasit izimning impuls utish funksiyasi deyiladi va  $w(t)$  bilan belgilanadi. Shunday qilib, kompleks impuls ta'siriga reaksiyasi  $1 \quad W \quad G \mid 1 \quad W \quad I \quad W$

Sifatida o'lchash mumkin. Tizimning impuls va o'tish funksiyalari uzoro quyidagicha bog'langan

$$h(t) = \int_0^t w(\tau) d\tau.$$

### Ishni bajarish tartibi

Ishni bajarish uchun Control System Toolbox paketidan foydalaniladi. Control System Toolbox paketi boshqarish tizimlarining LTI-modellari (Linear Time Invariant Models) bilan ishlash uchun muljallangan.

Control System Toolbox paketida dinamik tizimni kompleks uzatish funksiyasi sifatida aniklovchi ma'lumotlar turi mavjud. Bitta kirish va bitta chiqishga ega bo'lgan uzatish funksiyasi ko'rinishida LTI-tizimni hosil qiluvchi komandaning sintaksisi quyidagicha: `tf ([bm, ..., b1,bo], [an, ..., a1,ao])`, bu

yerda  $b_m, b_n$  - (1.3) dagi V polinom koeffitsientlarining qiymatlari,  $a_n, \dots, a_j$  - (1.3) dagi A polinom koeffitsientlarinin gqiymatlari,

Ishni bajarishu chun 2-jadvalda keltirilgan komandalar qo'llanilishi mumkin.

$$*(t) =$$

Sintaksisi	Tavsifi
pole(<LTI-ob'ekt>)	Uzatish funksiyasining qutblarini hisoblash
zero(<LTI-ob'ekt>)	Uzatish funksiyasining nollarini hisoblash
step(<LTI-ob'ekt>)	Uzatish utish funksiyasining grafigini qo'rish
impulse(<LTI-ob'ekt>)	Impulso' funksiyasiningg ravigini qo'rish
bode(<LTI-ob'ekt>)	Logarifmik chastotaviy xarakteristikalarni qo'rish (Bode diagrammasi)
nyquist(<LTI-ob'ekt>)	Naykvistning chastotaviy godo grafini qo'rish

## 2-jadval. Control System Toolbox paketining ayrim komandalari

Darajasi  $k$  bo'lgan polinomning ildizlarini topish uchun MATLAB tizimining roots(P) komandasidan xam foydalanish mumkin, ushbu komandada P argument sifatida polinom koeffitsientlarining matritsasi  $[r_k, \dots, r_0]$  beriladi.

ABT ning dinamik xarakteristikalarini olishning boshqa varianti Control System Toolbox paketining trafik interfeysi - LTIVIEWER dan foydalanishdir. U ltiview komandasi yordamida chaqiriladi.

Shunday qilib, ishini bajarish kuyidagi etaplardan iborat buladi:

1. Nazariy ma'lumotlarni o'rganish;
2. MATLAB tiziminiishga tushurish;
3. Berilgan variant buyicha tf-ob'ekt hosil qilish;
4. ABT ning ishlashini ifolalovchi differensial tenglamani tuzish;



5. Uzatish funksiyasining  $\{1, k\}$  kutblarini rootsyokipole komandalaridan foydalanib
6. Uzatish funksiyasining  $3jV - l_jTiiJ$  nollarini roots yoki zero komandalaridan foydalanib aniqlash;

LTI-vieweryo kimos komandalardan (2-jadval) foydalanib tizimning dinamik xarakteristikalarini, jumladan, utish  $h(t)$  funksiyasi va impuls- utish  $w(t)$  funksiyalarini olish.

Misol.

$$Sh^{-3+g}$$

ABT ning uzatish funksiyasi"  $qjS- + 4q- -f 4 e$  berilgan.

Uning dinamik va chastotaviy xarakteristikalarini olamiz. MATLAB tizimining komandalar rejimida ishlaymiz.

1. Quyidagi komandalarni bajari bw nomli LTI-ob'ektni hosil qilamiz:

```
» u=tf([1 2],[3 4 5 3])
```

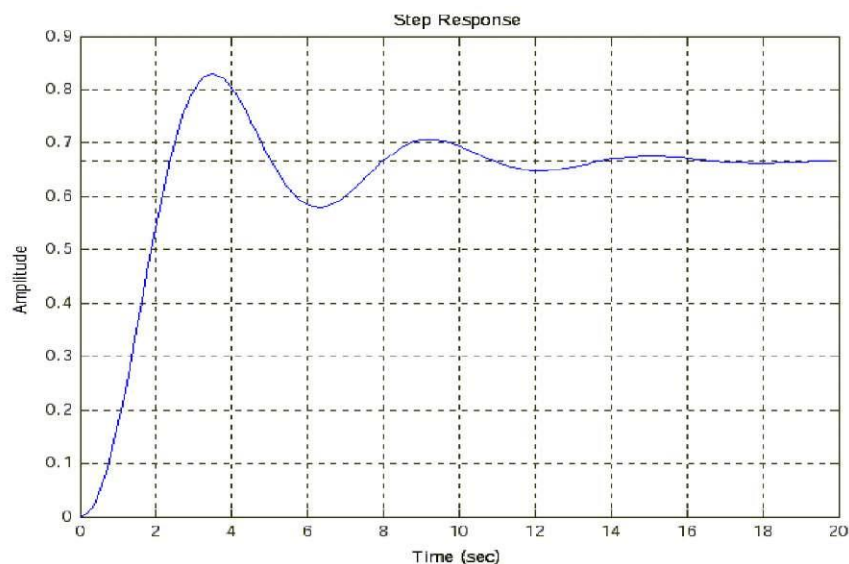
Transfer function:  $3 + 2$

$$3zqZ + 4s^A2 + 5s + 3$$

2. Uzatish funksiyasining qutblari va nollarini pole va zero komandalaridan foydalanib aniqlaymiz.

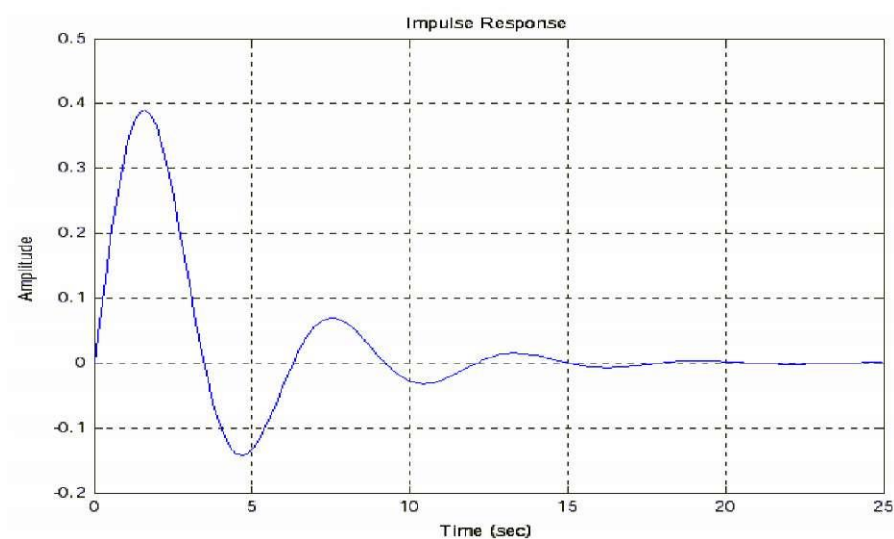
```
» pole Ssh)
ans=
    -0.2639 + 1.0825i
    -0.2639 - 1.0325i
    -0.3055
» zero Sshj
ans=
    -2
```

3. O'tish xarakteristikasini step(w) komandasidan foydalanib ko'ramiz (2-rasm).



2-rasm. Utish funksiyasi  $h(t)$ .

4. Impuls xarakteristikasini  $\text{impulse}(w)$  komandasidan foydalanib qo‘ramiz. Natija 3-rasmدا keltirilgan.



3-rasm. Impuls-utish funksiyasi

**2-amaliy mashg‘ulot: Bo‘g‘inlarning amplituda-faza (xarakteristika) tavsiflari.**

**Ishdan maqsad:** uzatish funksiyasiga ega bo‘g‘inning amplituda-faza tavsifini topish:

**2.1-masala**

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega bo‘g‘inning amplituda-faza tavsifini toping:

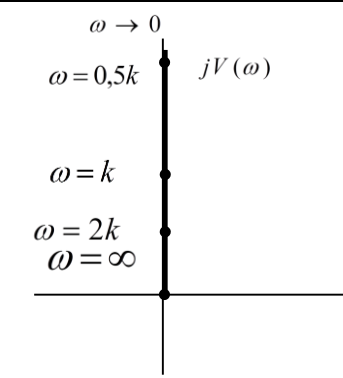
$$W(p) = \frac{k}{p}$$

Yechish: Bo'g'inning amplituda-faza tavsifini topishda  $p$  Laplas operatorini  $j\omega$  bilan almashtiramiz:

$$W(p) = \frac{k}{j\omega}$$

Bo'g'inni aniq va mavhum qismlarga ajratamiz:  $U(\omega) = 0$  – aniq qism,  $V(j\omega) = \frac{k}{\omega}$  – mavhum qism.  $\omega$  ga qiymat berib jadval tuzamiz va jadval asosida tavsif yasaymiz:

$\omega$	$V(j\omega)$	$U(\omega)$
$0,5k$	2	0
$k$	1	0
$2k$	0,5	0
$\infty$	0	0



2.1-rasm. Integral bo'g'inning amplituda-faza tavsifi

### 2.2-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega bo'g'inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{p^2}$$

### 2.3-masala

rasmda keltirilgan RC zanjirining amplituda-faza tavsifini toping ( $R=1$  kOm,  $S=10$  mkF).

Yechish: Zanjirning chastotaviy uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

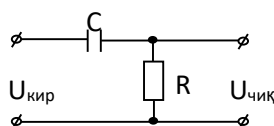
$$W(j\omega) = \frac{j\omega T}{1 + j\omega T} \quad (2.1)$$

Bu yerda,  $T = RC = 10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{-2} \text{ c}$

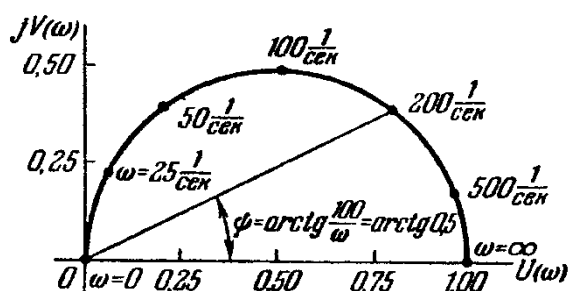
(2.1) ifodani quyidagi ko‘rinishga keltirib olamiz (aniq va mavhum qismlarga ajratamiz):

$$W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega) = \frac{\omega^2 T^2}{1 + \omega^2 T^2} + j \frac{\omega T}{1 + \omega^2 T^2} = \frac{10^{-4} \omega^2}{1 + 10^{-4} \omega^2} + j \frac{10^{-2} \omega}{1 + 10^{-4} \omega^2} \quad (2.2)$$

$\omega$  ga qiymat berib,  $U(\omega)$  aniq va  $V(\omega)$  mavhum qismlarning qiymatlarini aniqlab, amplituda-faza tavsifi quriladi (4.3-rasm).



2.2-rasm. Differensial bo‘g‘in



2.3-rasm. Differensial bo‘g‘in va uning amplituda-faza tavsifi

Kompleks sonning argumenti quyidagiga teng:

$$\psi = \arg W(j\omega) = \arctg \frac{1}{\omega T} = \arctg \frac{100}{\omega} \quad (2.3)$$

## 2.4-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo‘g‘inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{1 + T_1 p} = \frac{5}{1 + 0.1 p}$$

## 2.5-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega ikkinchi tartibli aperiodik bo‘g‘inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}, \quad k = 8, \quad T_1 = 80 \text{ msec}, \quad T_2 = 12 \text{ msec}$$

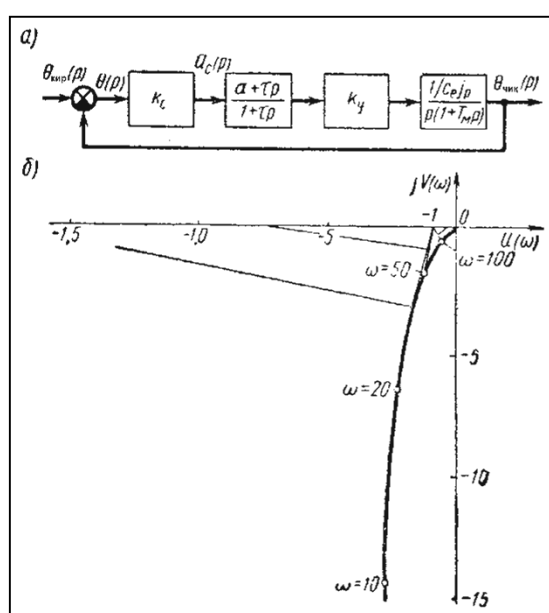
## 2.6-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega tebranma bo'g'inning amplituda-faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{k}{1 + 2\xi Tp + T^2 p^2}, k = 1, \xi = 0,15, T = 0,02 \text{ cek}$$

## 2.7-masala

2.4-rasmda keltirilgan sust differensial konturli kuzatuvchi tizimning amplituda-faza tavsifini quring.



2.4-rasm. Sust differensial konturli kuzatuvchi tizimning amplituda-faza tavsifi

Tizim ko'rsatkichlari:

$$k_c = 28 \text{ v/pad}; k_y = 1158; c_e = 0,18 \frac{\text{v}}{\text{pad/cek}}; j_p = 400; T_m = 0,04 \text{ cek}; \alpha = 0,333; \tau = 0,01 \text{ cek}$$

Tizimning uzatish funksiyasi:

$$W(p) = \frac{k_c k_y \frac{1}{c_e j_p} (\alpha + \tau p)}{p(1 + \tau p)(1 + T_m p)} = \frac{D(\alpha + \tau p)}{p(1 + \tau p)(1 + T_m p)}, D = \frac{k_c k_y}{c_e j_p}$$

## 2.8-masala

Aperiodik bo'g'inning amplituda-chastota, faza-chastota va amplituda-faza tavsiflarini tuzing.

Uzatish koeffitsientini  $k = 1$ , vaqt o'zgarimassini  $T = 2.5; 0.5$  sek deb olamiz.

Aperiodik bo'g'inning uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W(p) = \frac{k}{1 + Tp}$$

$p$  operatorini  $j\omega$  ga almashtirib, amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflariga mos ravishda ega bo'lamiz:

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

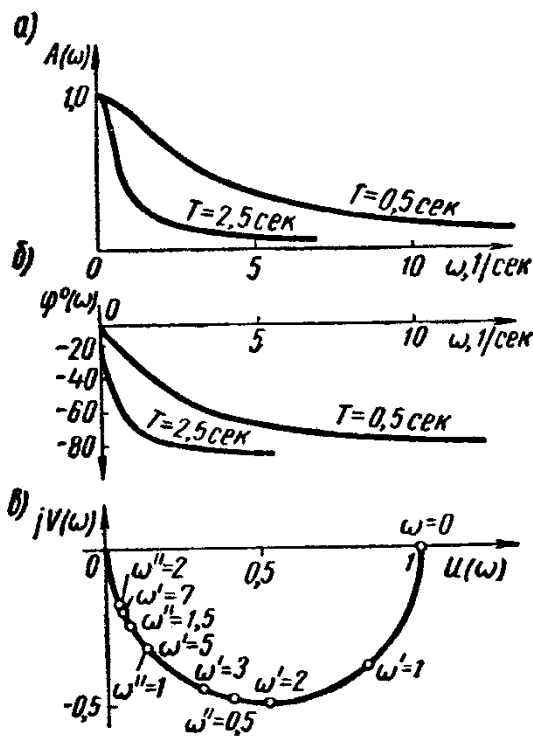
$$\varphi(\omega) = \arg[W(j\omega)] = -\arctg \omega T$$

$\omega$  ga qiymatlar berib,  $A(\omega)$  va  $\varphi(\omega)$ ni topamiz. Hisoblashlarning natijasi 4.1-jadvalda ko'rsatilgan. Bu jadvalga muvofiq  $A(\omega)$  va  $\varphi(\omega)$  tavsiflari quriladi (4.5-rasm).

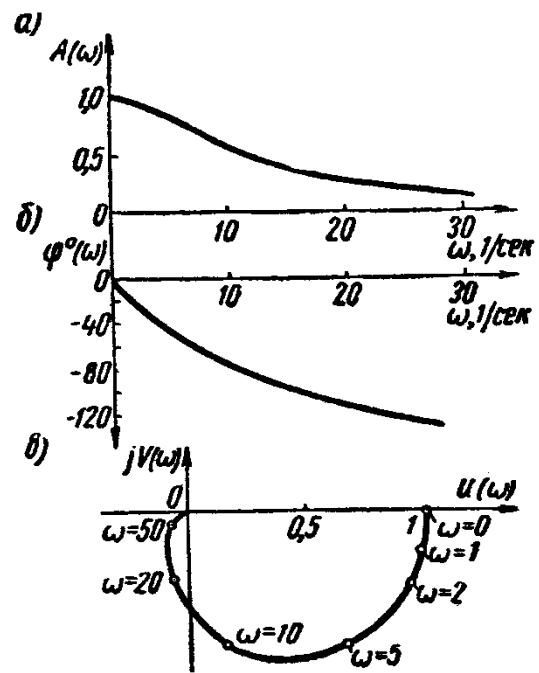
2.1-jadval

$T = 2.5$			$T = 0.5$		
$\omega$	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$	$\omega$	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$
0.5	0.622	-51°6'	1	0.895	-26°36'
1	0.372	-68°24'	2	0.708	-46°
1.5	0.258	-75°6'	3	0.554	-56°18'
2	0.195	-78°48'	5	0.372	-68°12'
2.5	0.158	-81°	7	0.279	-74°
3	0.127	-82°6'	10	0.196	-78°42'
20	0.02	-86°30'	50	0.04	-87°48'

Aperiodik bo'g'inning amplituda-faza tavsifi (2.5-rasm) to'rtinchi kvadrantda joylashgan, diametri  $k$  kesimga teng, haqiqiy o'qda  $(\frac{k}{2}; j0)$  koordinata markazida joylashgan yarim doirani ifoda etadi.



2.5-rasm. Aperiodik bo‘g‘inning chastotaviy tavsiflari: a– amplituda; b– faza; v– amplituda-faza.



2.6-rasm. Ketma-ket ulangan aperiodik bo‘g‘inning chastotaviy tavsiflari: a – amplituda; b – faza; v – amplituda-faza.

### 2.9-masala

Ikkita ketma-ket ulangan aperiodik bo‘g‘inning amplituda-chastota, faza-chastota va amplituda-faza tavsiflarini tuzing.

Umumiy uzatish koeffitsientini  $k = k_1 = k_2 = 1$ , vaqt o‘zgarishini  $T_1 = 0.05$  sek;  $T_2 = 0.12$  sek deb olamiz.

Aperiodik bo‘g‘inning uzatish funksiyasi quyidagiga teng:

$$W(p) = \frac{k}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)}$$

$p$  operatorini  $j\omega$  ga almashtirib, amplituda-chastota va faza-chastota tavsiflariga mos ravishda ega bo‘lamiz:

$$\begin{aligned} A(\omega) = |W(j\omega)| &= \frac{k}{\sqrt{(1 + \omega^2 T_1^2)(1 + T_2^2 \omega^2)}} \\ &= \frac{1}{\sqrt{(1 + 0.05^2 \omega^2)(1 + 0.12^2 \omega^2)}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi(\omega) &= \arg[W(j\omega)] = -(\arctg\omega T_1 + \arctg\omega T_2) \\ &= -(\arctg0.05\omega + \arctg0.12\omega)\end{aligned}$$

$\omega$  ga qiymatlar berib,  $A(\omega)$ ,  $\varphi(\omega)$  va  $W(j\omega)$ ni topamiz. Hisoblashlar natijasi 2.2-jadvalda ko'rsatilgan. Bu jadvalga muvofiq  $A(\omega)$ ,  $\varphi(\omega)$  va  $W(j\omega)$  tavsiflari quriladi (4.6-rasm).

4.2 -jadval

$\omega$	$A(\omega)$	$\varphi(\omega)$
1	0.99	$-10^0$
2	0.968	$-19^0$
5	0.83	$-45^0$
10	0.572	$-76^030'$
20	0.272	$-112^030'$
50	0.061	$-148^030'$
0	1	0

## 2.10 Bo'g'inlarning logarifmik amplituda-faza (xarakteristika) tavsiflari

### 2.10-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo'g'inning logarifmik amplituda faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{100}{1 + 0,05 p} \quad (2.4)$$

Yechish: (1) ifodaga mos keluvchi logarifmik amplituda tavsifi quyidagiga teng:

$$L(\omega) = 20 \lg |W(j\omega)| = 20 \lg \frac{k}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} \quad (2.5)$$

(2.4) ifodaga mos keluvchi asimptotik logarifmik amplituda tavsif 4.6-rasmda ko'rsatilgan. Abssissa o'qi bo'yicha  $\omega T$  kattaligi logarifmik masshtabda, ordinata o'qi bo'yicha  $L(\omega)$  kattaligi desibelda joylashtirilgan.

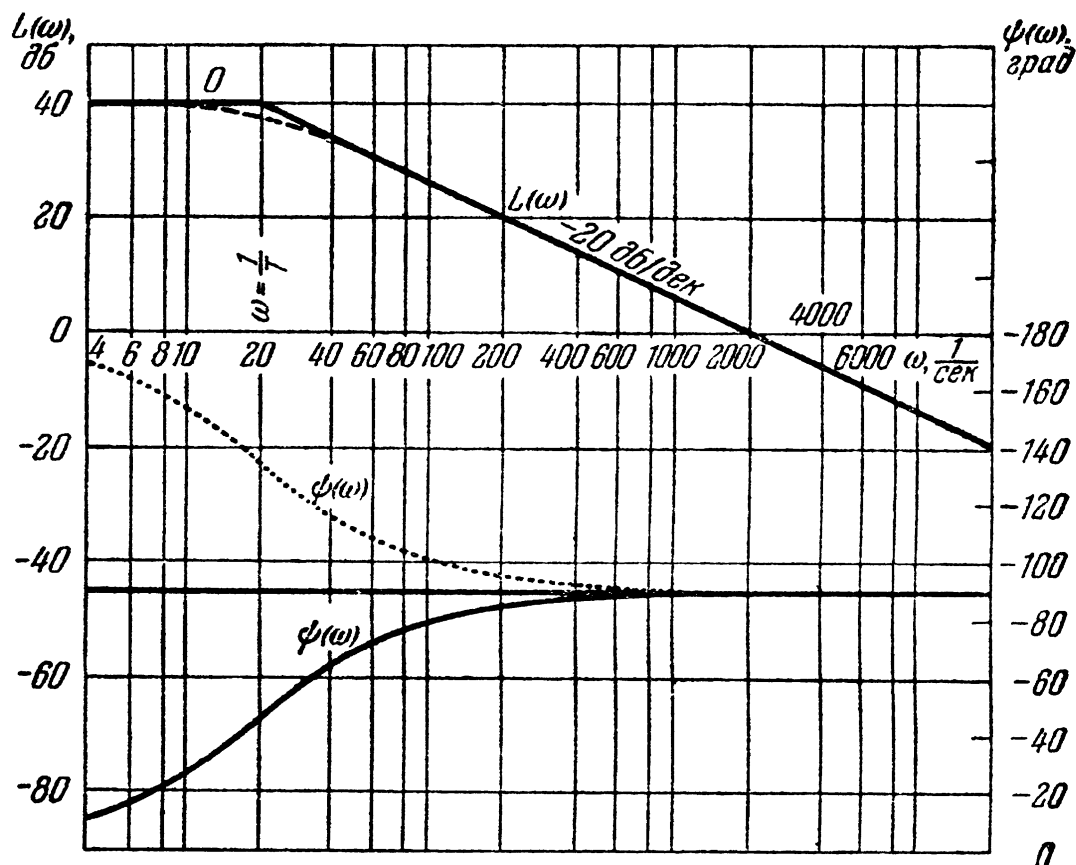
(2.5) ifodaga muvofiq asimptotik L.A.T. (logarifmik amplituda tavsifi)  $\omega T = 1$  nuqtada sinishga ega. Sinishdan chap tarafda tavsif gorizontaal chiziq bo'ladi va  $20 \lg k$  balandlikda joylashadi. Sinishdan o'ng tarafda  $-20 \lg k$  og'ishga ega.



Chastota o'qi bilan tavsifning kesishish nuqtasi, ya'ni  $\omega_k$  kesishish chastotasi quyidagi tenglikdan aniqlanadi:

$$L(\omega_k) \approx 20 \lg \frac{k}{\omega_k T} = 0 \text{ yoki } \omega_k = \frac{k}{T}.$$

Tavsifning eng katta og'ish nuqtasi  $\omega T = 1$  nuqtaga to'g'ri keladi, (2.5) ifodadan hisoblansa, 3 dB ga teng.  $\omega T = 0.5$  va  $\omega T = 2$  da tavsifning qiymati taxminan 1dB ga,  $\omega T = 1 \pm 1$  hududda tavsifning og'ishi juda kichik bo'ladi.



2.7-rasm. Tizimning logarifmik tavsiflari

Bo'g'inning faza tavsifi (4.4) ifodaga muvofiq aniqlanadi:

$$\psi(\omega) = \arg W(j\omega) = -\arctg \omega T \quad (2.6)$$

Kichik chastotalar hududida  $\varphi(\omega) \rightarrow 0$  faza nolga intiladi, katta chastotalar hududida  $\psi(\omega) \rightarrow 90^\circ$  ga intiladi,  $\omega T = 1$  da  $\psi(\omega) = 45^\circ$  ga teng. (2.6) ifodadan faza tavsifi,  $\omega T = 1$ ,  $\psi(\omega) = 45^\circ$  nuqtaga nisbatan simmetrikligi aniqlanadi.

(2.4) ifodada keltirgan aperiodik bo'g'inning faza tavsifi (2.5) ifodaga muvofiq quriladi (2.7-rasm).

Tavsifni qurishda quyidagi jadvaldan foydalanildi:

$\omega T$	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	$\infty$
$\psi(\omega T),$ <i>grad</i>	0	$-2^{\circ}50'$	$5^{\circ}40'$	$11^{\circ}20'$	$26^{\circ}30'$	$-45^{\circ}$	$63^{\circ}30'$	$78^{\circ}40'$	$84^{\circ}20'$	$87^{\circ}10'$	$-90^{\circ}$

### 2.11-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo'g'inning  $L = 20 \lg [W(j\omega)]$

logarifmik amplituda i  $\psi(\omega)$  faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{100}{1 + 0,05 p}$$

### 2.12-masala

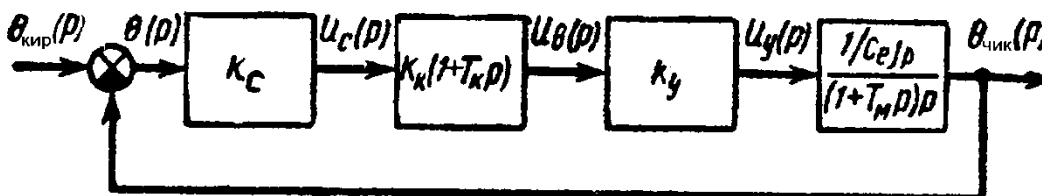
Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo'g'inning  $L = 20 \lg [W(j\omega)]$

logarifmik amplituda i  $\psi(\omega)$  faza tavsifini toping:

$$W(p) = \frac{32}{(1 + 0,01 p)(1 + 0,22 p)}$$

### 2.13-masala

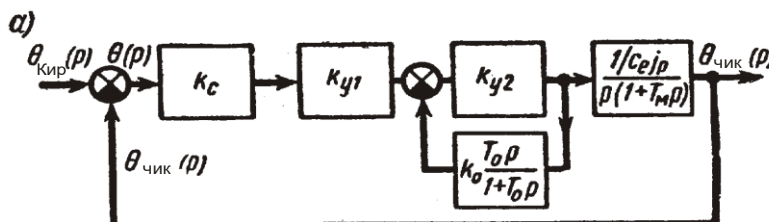
2.8–rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxemaning  $L = 20 \lg [W(j\omega)]$  logarifmik amplituda i  $\psi(\omega)$  faza tavsifini toping.



2.8-rasm. O'zgaruvchan tok rostlagichli kuzatuvchi tizimning tuzilmaviy sxemasi

### 2.14-masala

2.9–rasmda keltirilgan tuzilmaviy sxemaning  $L = 20 \lg [W(j\omega)]$  logarifmik amplituda i  $\psi(\omega)$  faza tavsifini toping.



2.9-rasm. O'zgaruvchan tok rostlagichli kuzatuvchi tizimning tuzilmaviy sxemasi

## 2.15-masala

Quyidagi uzatish funksiyasiga ega aperiodik bo‘g‘inning  $L = 20 \lg [W(j\omega)]$  logarifmik amplituda i  $\psi(\omega)$  faza tavsifini toping

$$W(p) = \frac{100}{1 + 0,05 p}$$

### 3-amaliy mashg‘ulot: Chiziqli uzluksiz Avtomatik boshqarish tizimlarining sifatini taxlil qilish.

**Ishdan maqsad:** Matlab dasturi yordamida bir o‘lchamli chiziqli uzatuvchi tizimlarni tahlil qilish

#### Bajariladigan ishlar:

Tizim modelining uzatuvchi funsiya shaklida kiritildi.

“Qutb-nollari” shaklida va fazo shaklida ekvivalentli model qurildi.

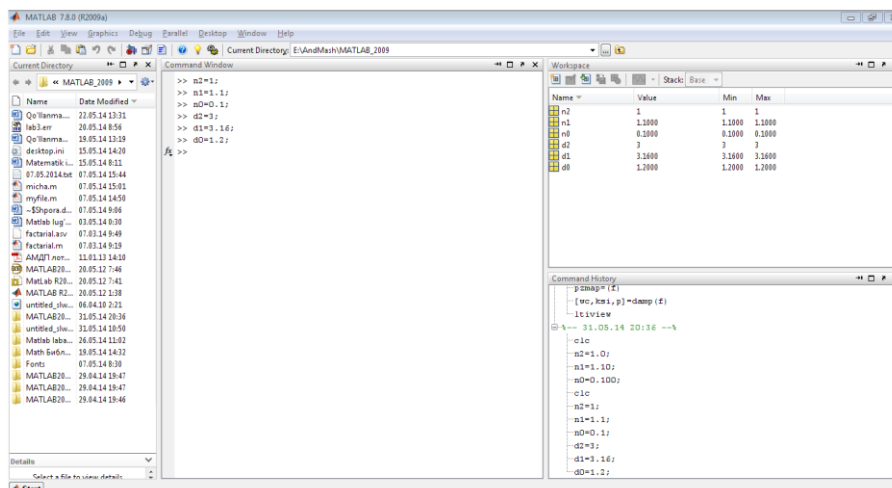
Impuls va o‘tish xarakterini qurish o‘rganildi.

Turli xarakterga ega tizimlarni LTI Viewer oynasida ishlashni o‘rganildi.

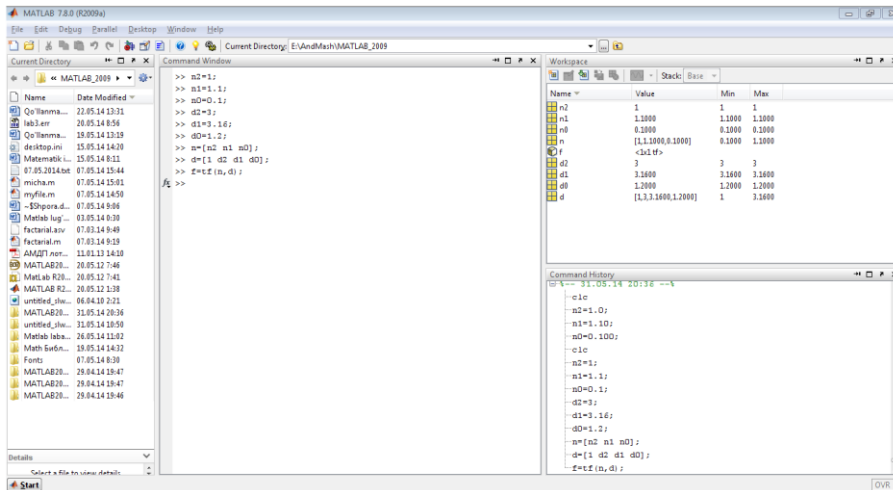
Kiruvchi signallar ishlab chiqish jarayonida chiziqli tizimlarga kirish jarayonlarini qurishni o‘rganildi.

#### Amaliy ishining MATLAB tizimida bajarilishi:

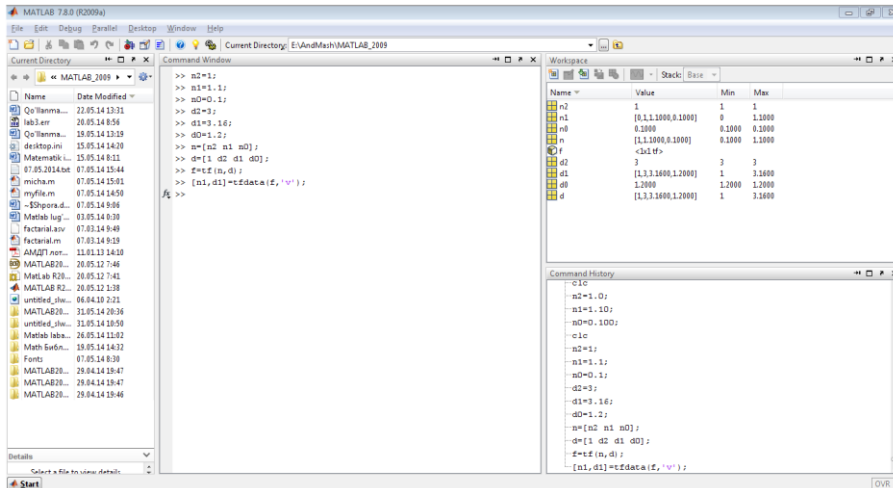
Avval berilgan variant bo‘yicha koeffitsientlarni kiritib olamiz



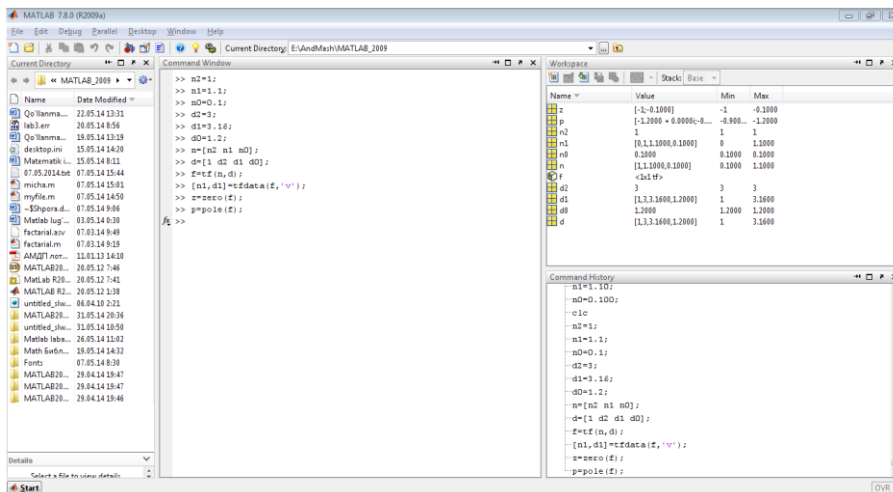
$$F(s) = \frac{n_2 s^2 + n_1 s + n_0}{s^3 + d_2 s^2 + d_1 s + d_0} \text{ funsiyani tfob'ekti sifatida kiritamiz}$$



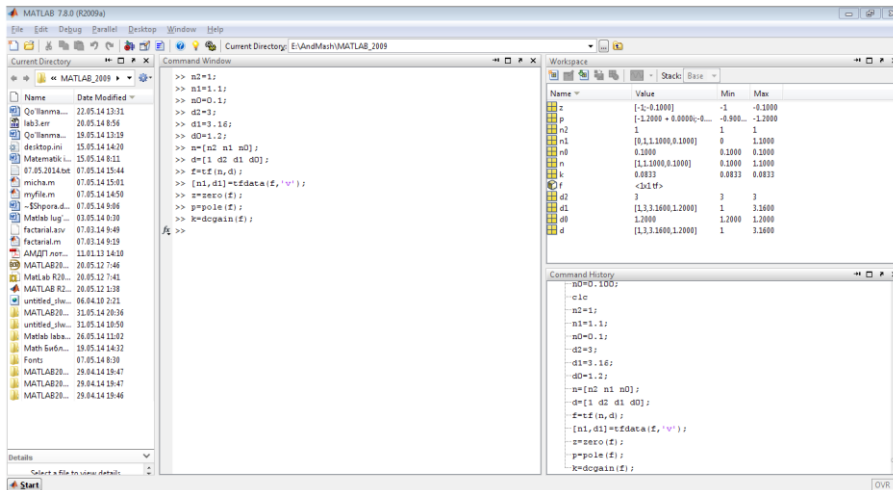
Uzatuvchi funsiyaning surat va mahrajidan olinuvchi ob'ektni tekshiramiz



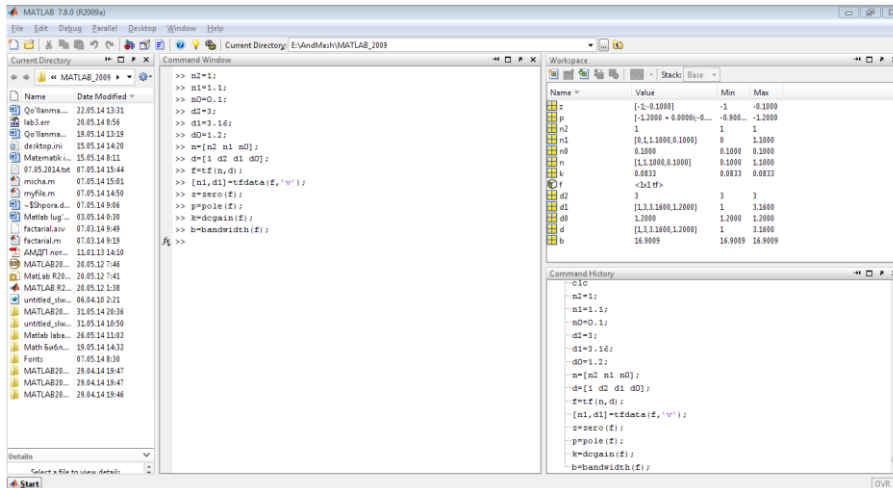
Uzatuvchi funsiyaning nollari va qutbini topamiz



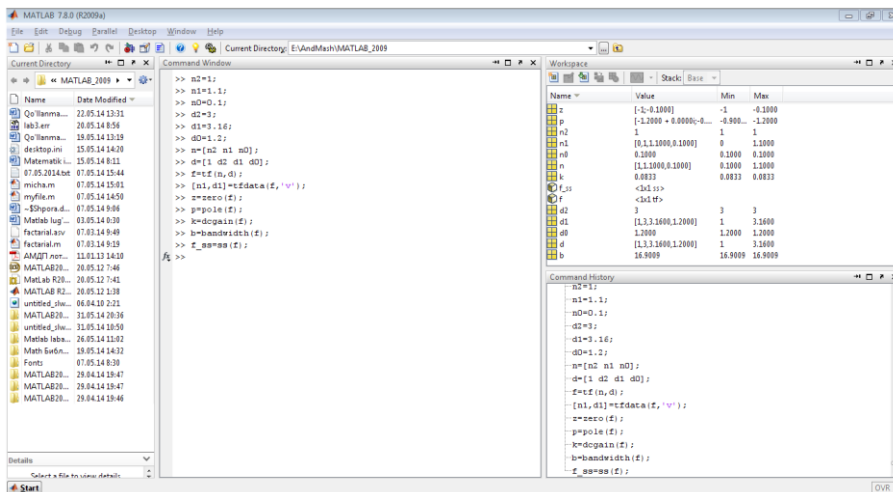
Belgilash rejimida kuchaytirish zonalarining koeffitsentini aniqlaymiz



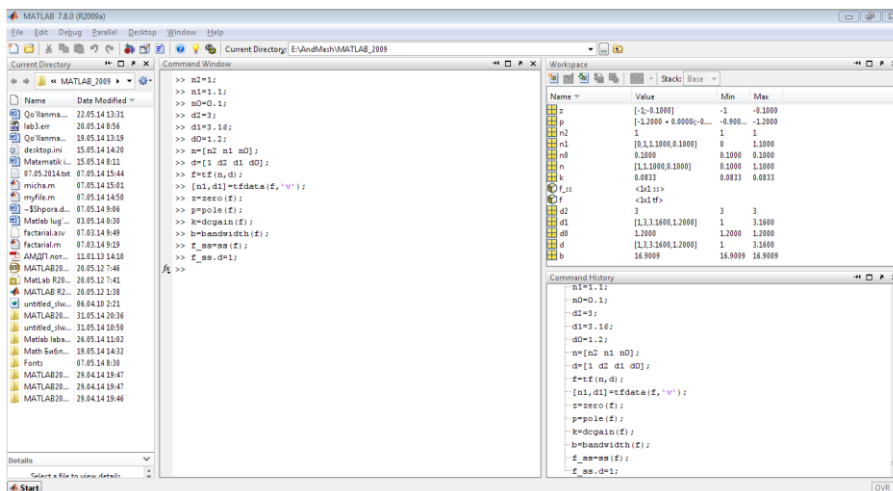
Tizimdagi o'tkazish yo'laklarini aniqlaymiz



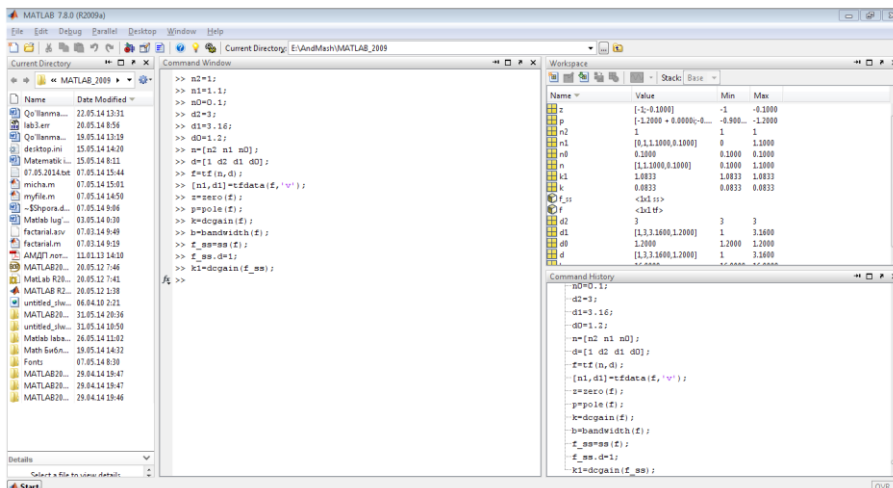
Fazoda tizim modelini quramiz



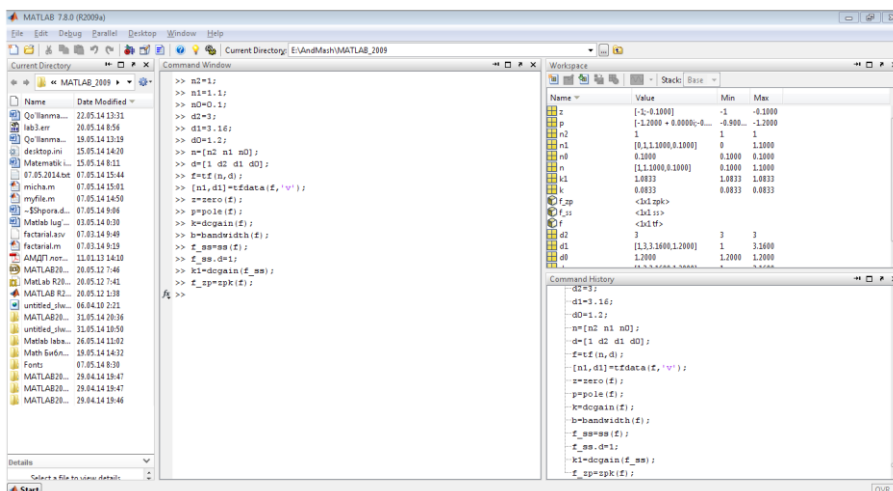
1-darajali zonadan to'g'ridan-to'g'ri koeffisientlarni aniqlaymiz



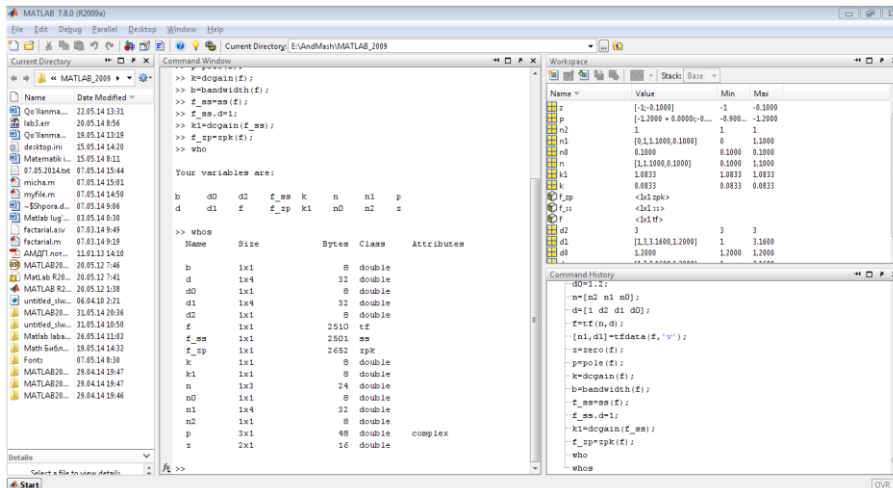
Belgilash rejimidagi kuzatish zonalarini yangi koeffisientlarini aniqlaymiz



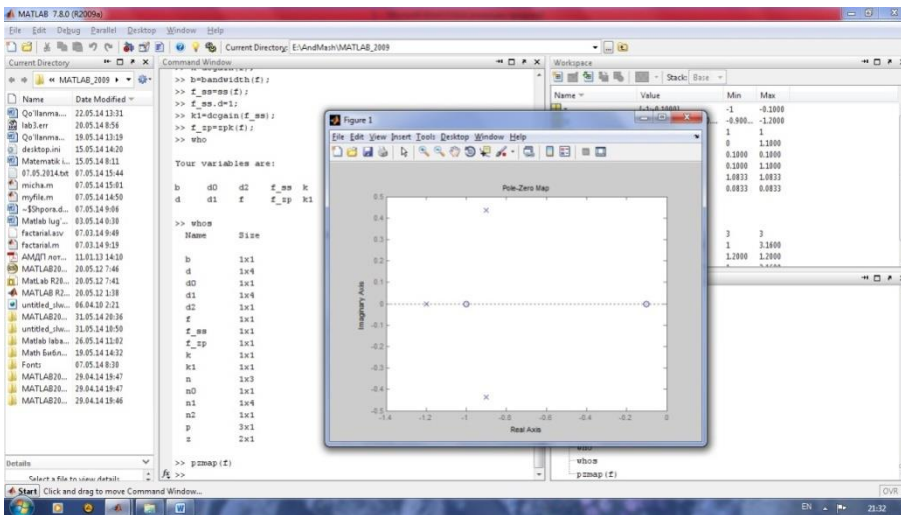
“Qutb-nollari” shaklidagi ishchi tizim modelini quramiz



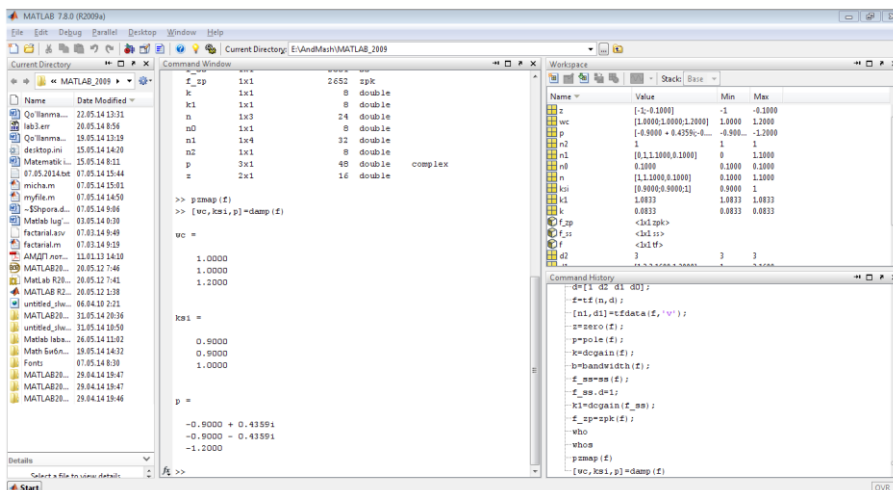
O‘zgaruvchilarni aniqlaymiz



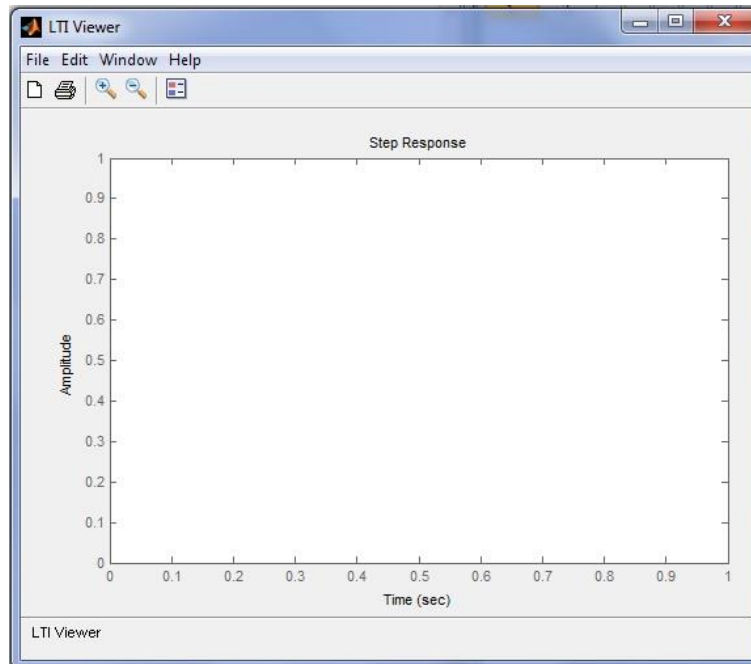
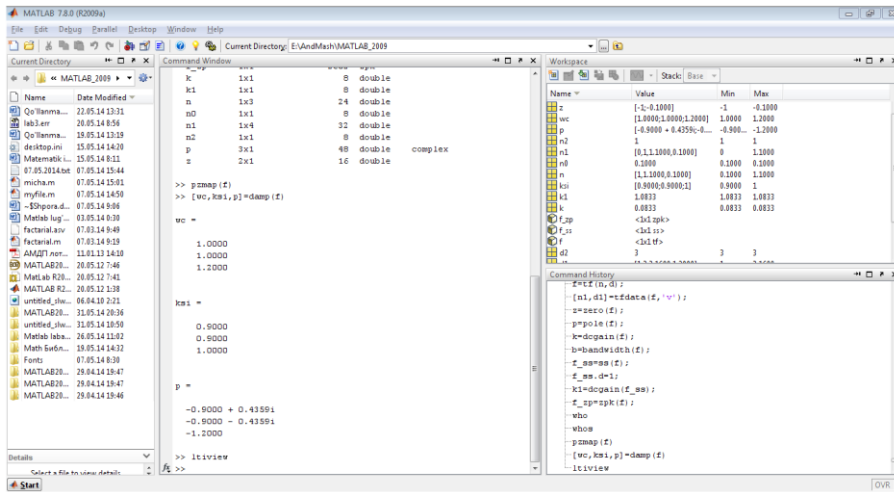
Tizimning nolini va musbat qismini grafikda joylashtiramiz



Barcha elementar zonalar uchun shaxsiy va tebranishni pasaytiruvchi koefitsientlarni aniqlaymiz

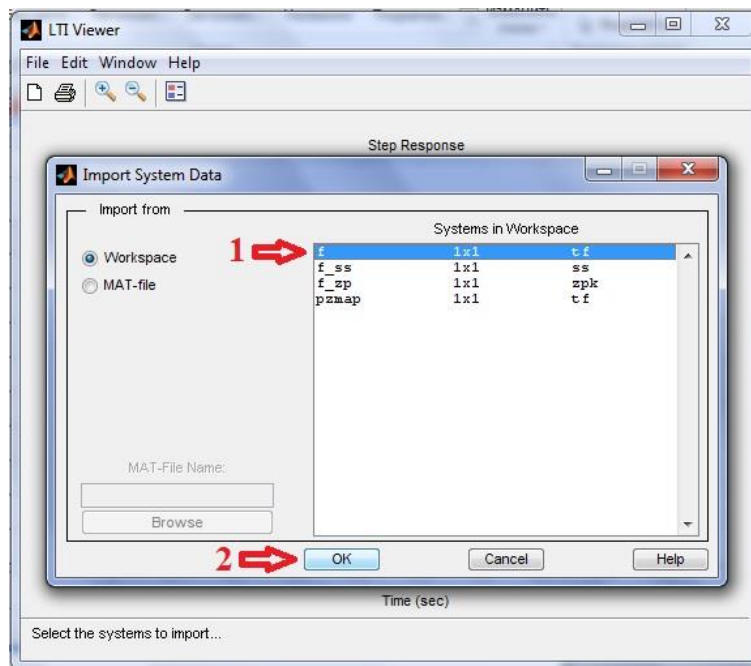


LTI Viewer modelini ishga tushiramiz

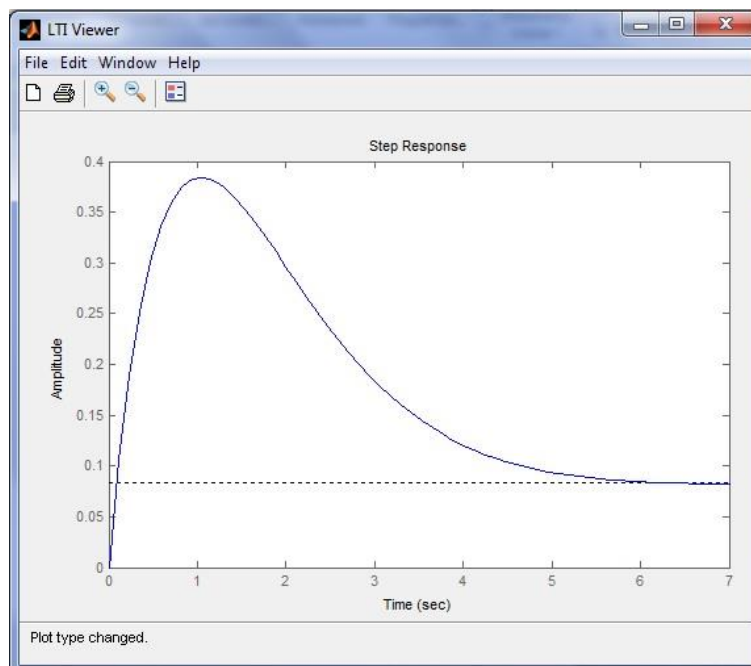


f-modelini yuklaymiz (*File* → *Import*)

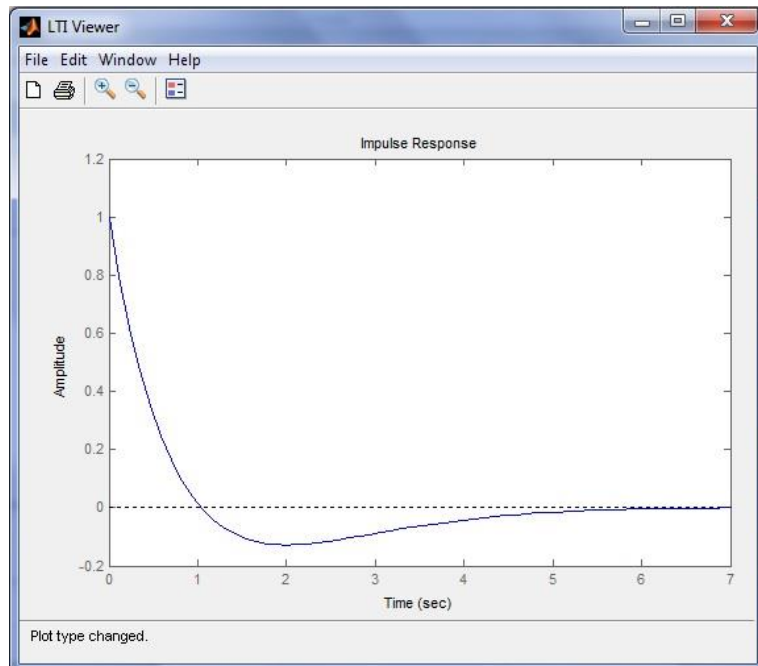




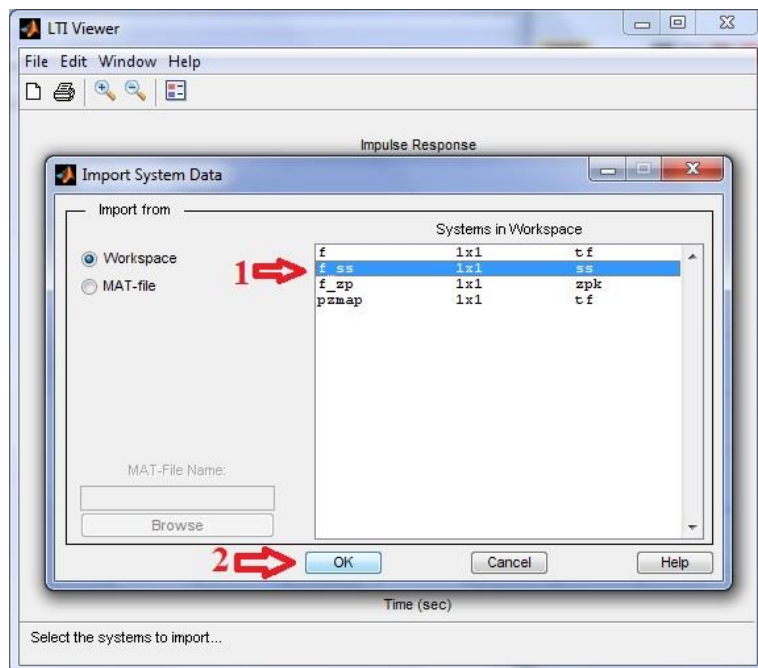
“ f ” niustigasichqonchani chap tugmasinibirmartabosiladiva “OK”



**Tizimdagiimpulsxarakteristikasiniquramiz(PKM→Plot Types→Impulse)**

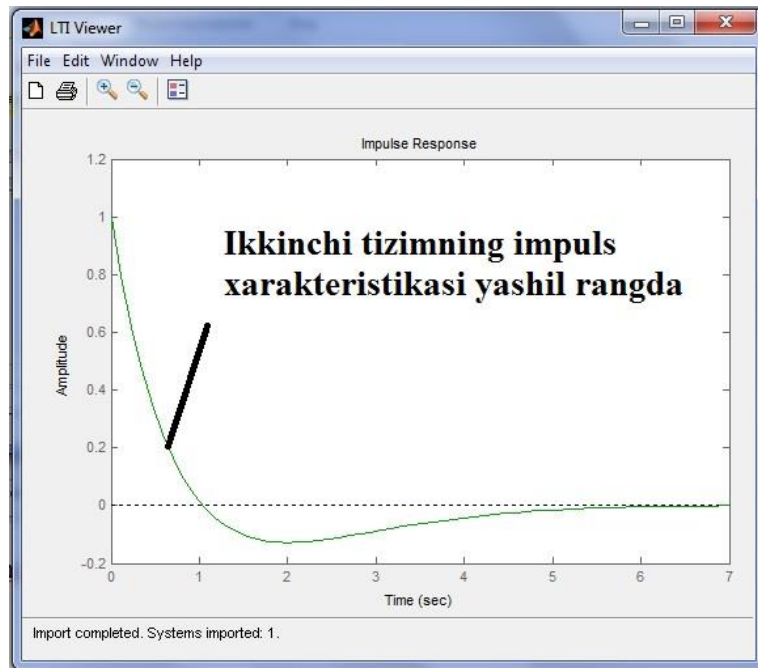


$f_{ss}$ -modelini yuklaymiz (*File* → *Import*)

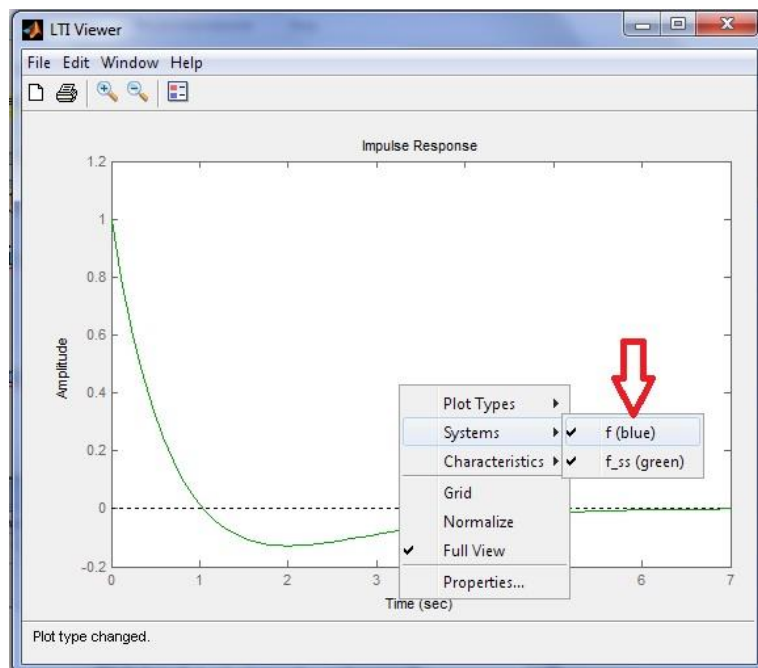


“ $f_{ss}$ ” ni ustigasi chqonchani chap tugmasini birmartabosi ladiva “OK”

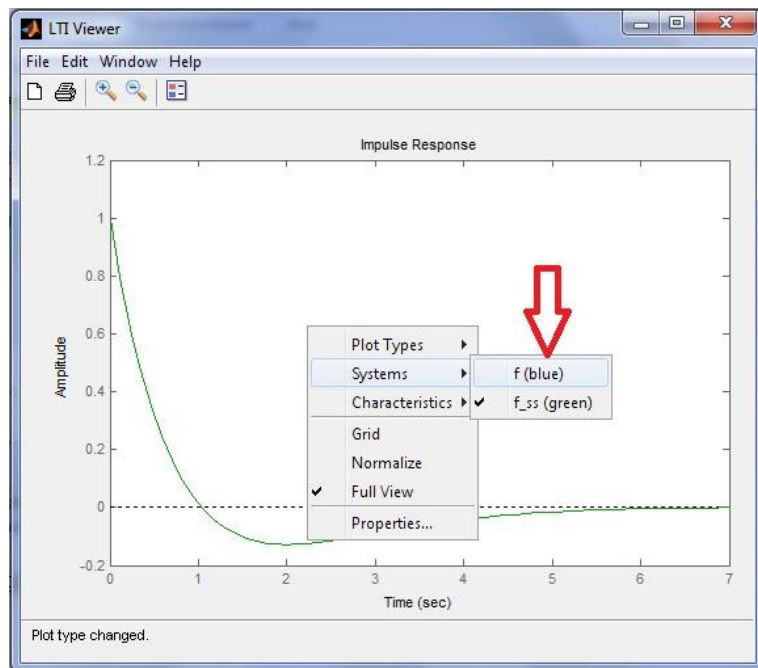
Ikkinchitizimni impuls xarakteristikasini quramiz.



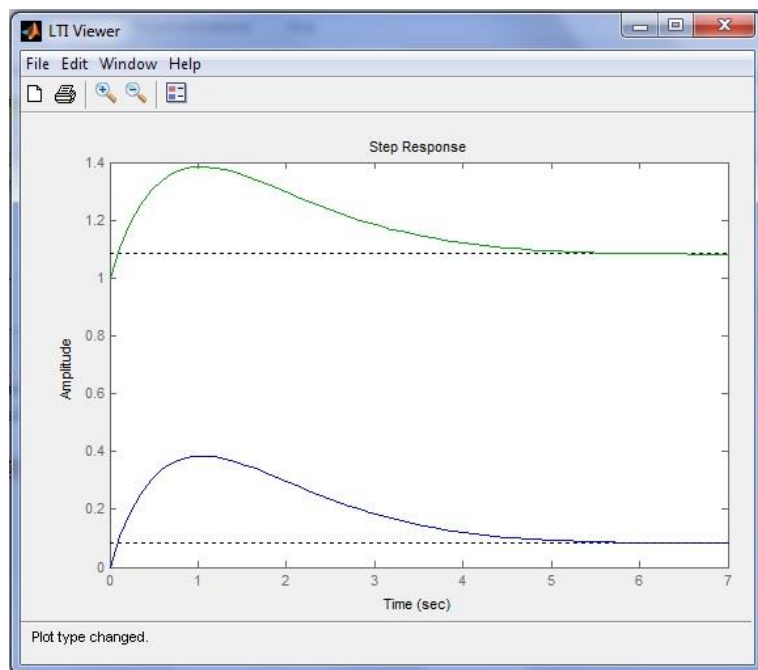
Ftizimini o'chiramiz.



Tizimlarning xarakteristikalaribir-xil. Ikkalatizimniyoqamiz

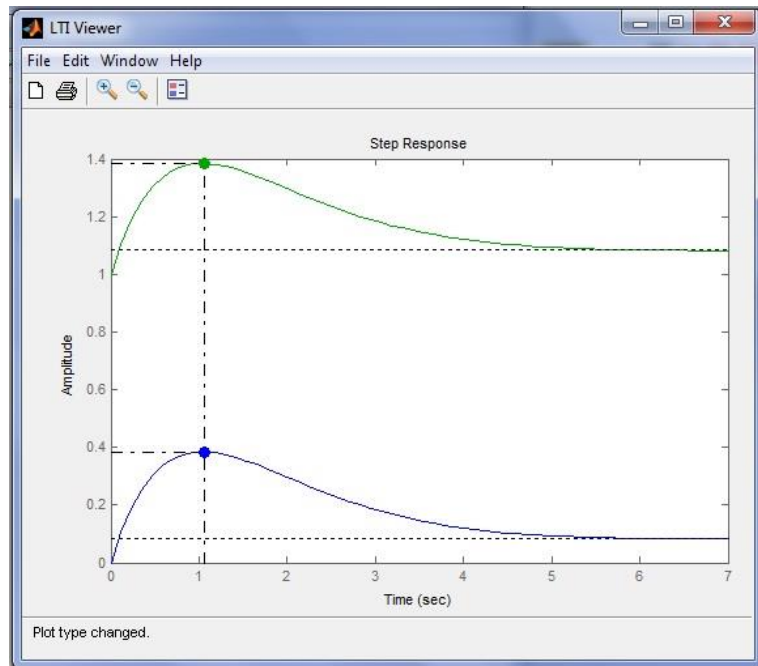


Tizim xarakteristikasini o‘tishni quramiz ( $PKM \rightarrow Plot\ Types \rightarrow Step$ )

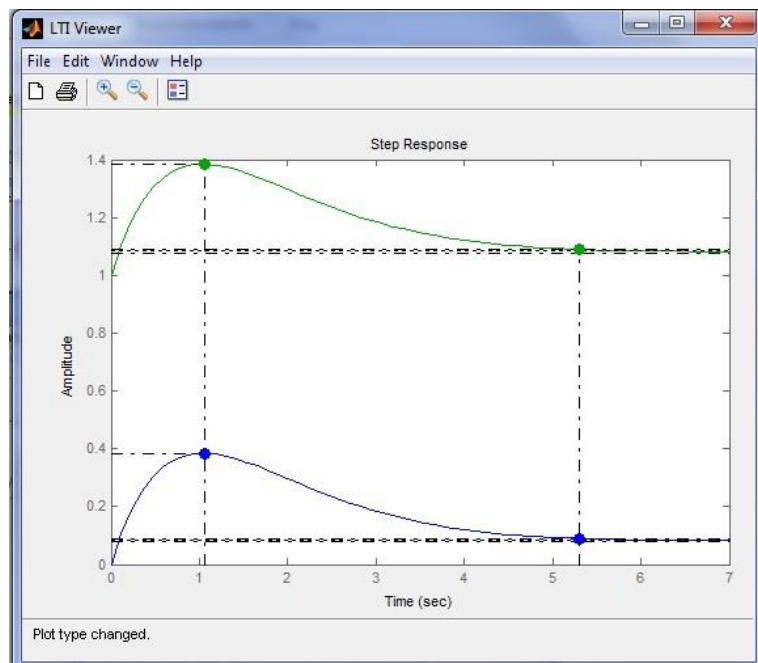


Grafik orqali quyidagilarni aniqlaymiz:

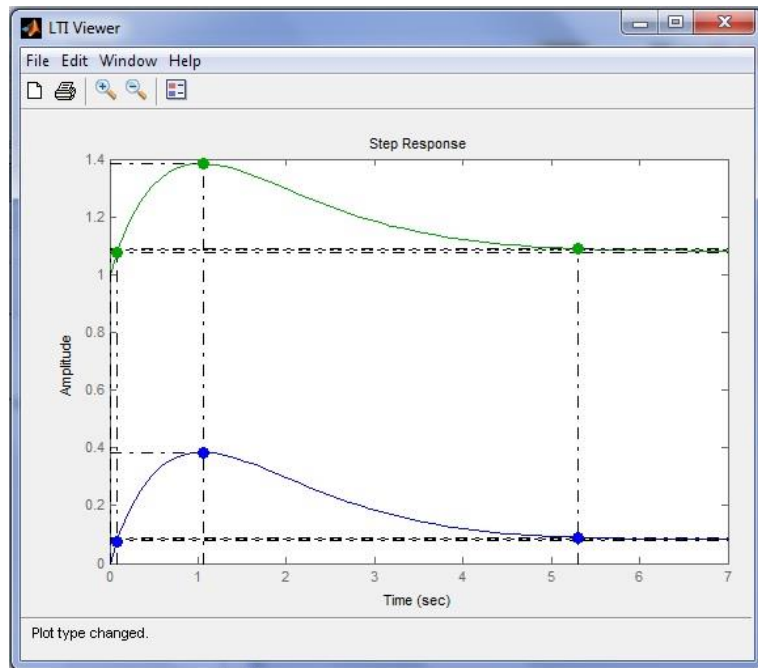
( $PKM \rightarrow Characteristics \rightarrow Peak\ Response$ ) ”maksimum”



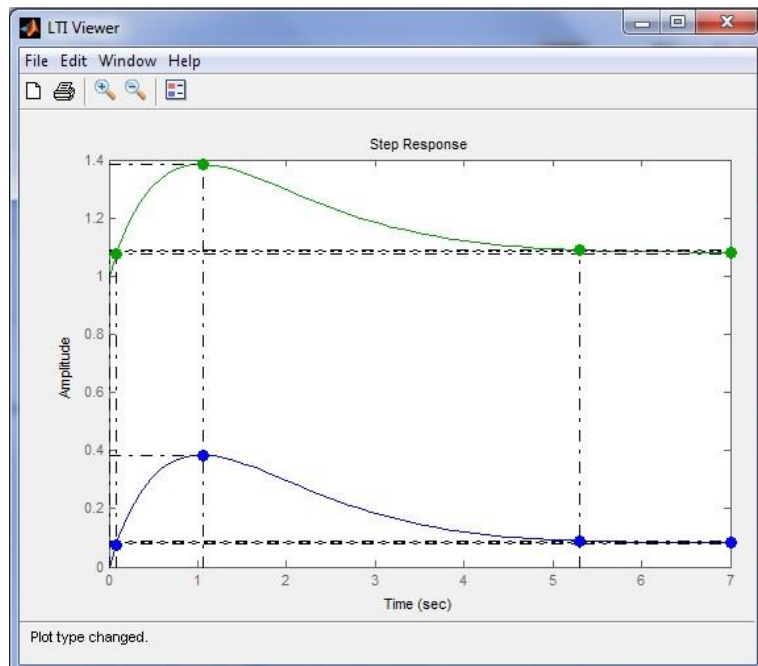
*(PKM→Characteristics→Settling Time) ”o‘tishvaqti”*



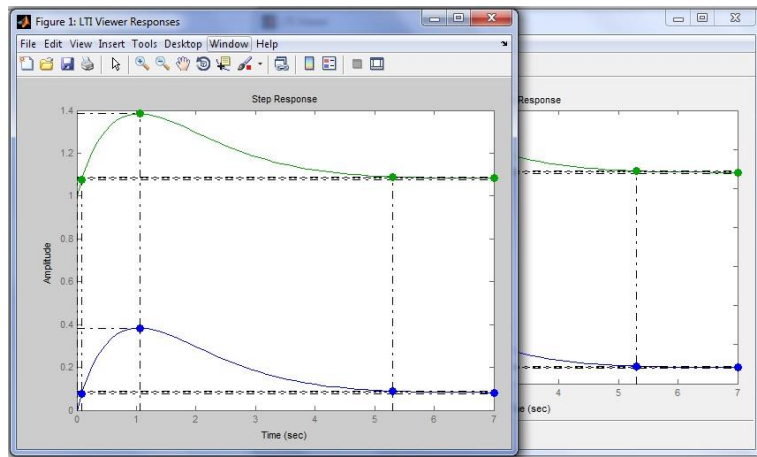
*(PKM→Characteristics→Rise Time) ”ko‘tarilishvaqti”*



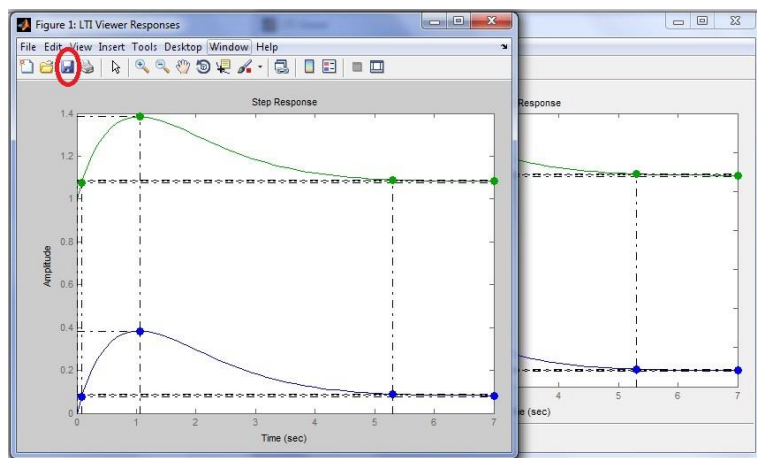
*(PKM→Characteristics→Steady State) "belgilanganqiymat"*



Qurilgan grafiklarni alohida oynaga olamiz (*File→Print to Figure*)

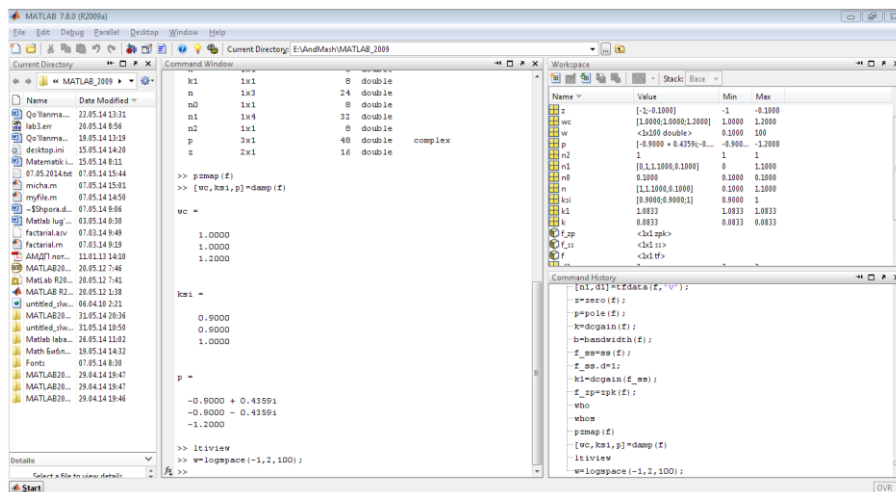


Olingan natijalarni hisobot uchun saqlaymiz

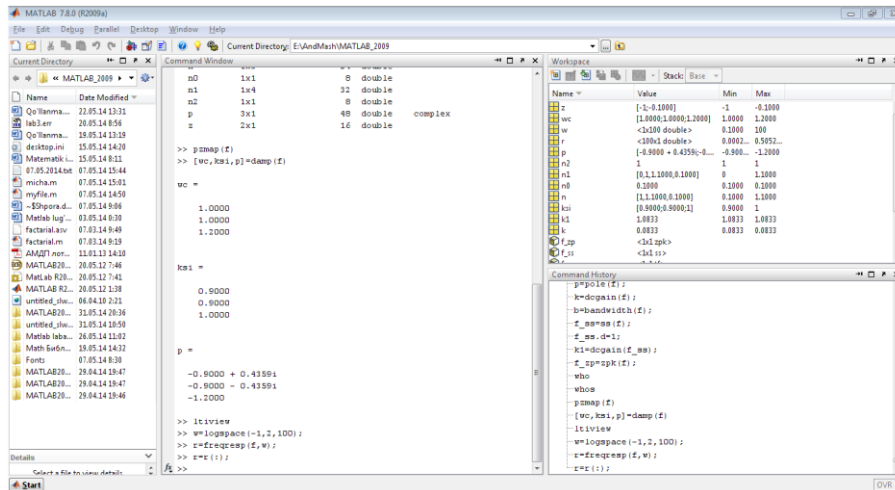


LTI Viewer oynasiniyopamizva MATLAB tizimida ma'lumotlarni kiritishni davom yettiramiz

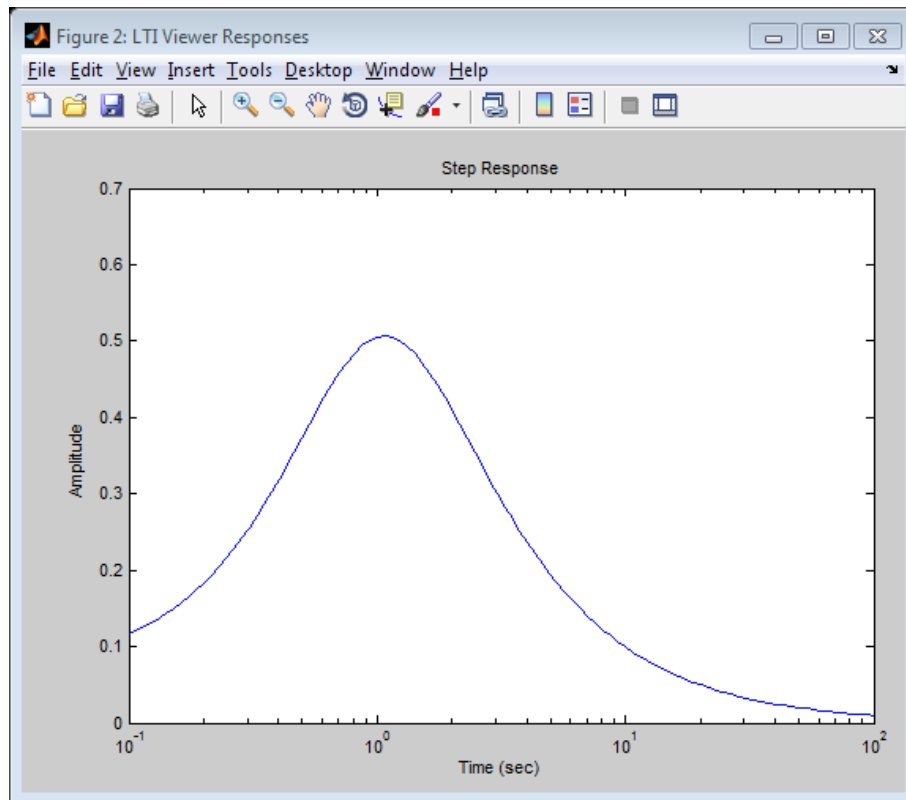
Qurilgan chastota xarakteristikasi uchun chastota massivini xosil qilamiz



Ishchi tizimning chastota xarakteristikasini o'rganib chiqamiz

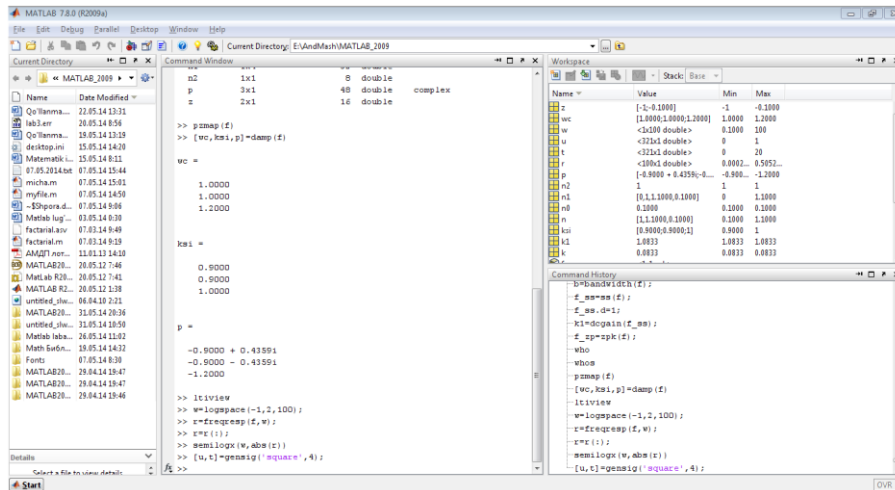


Logorifmik grafik yaratamiz

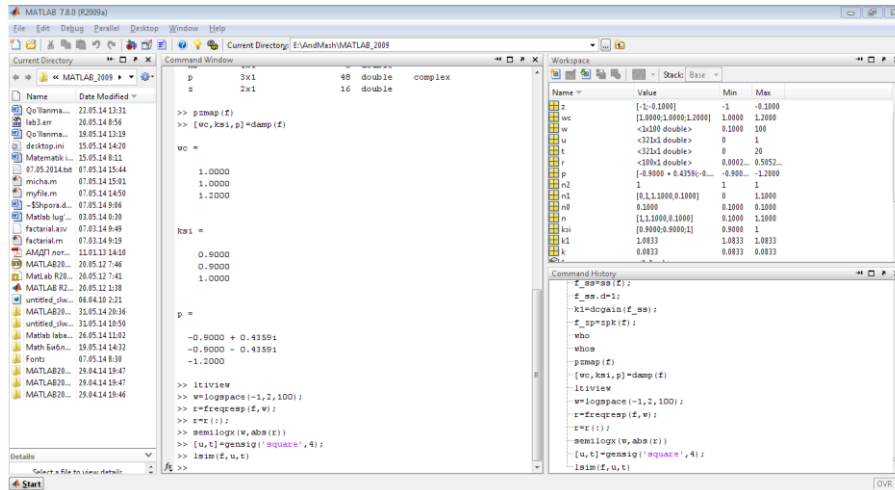


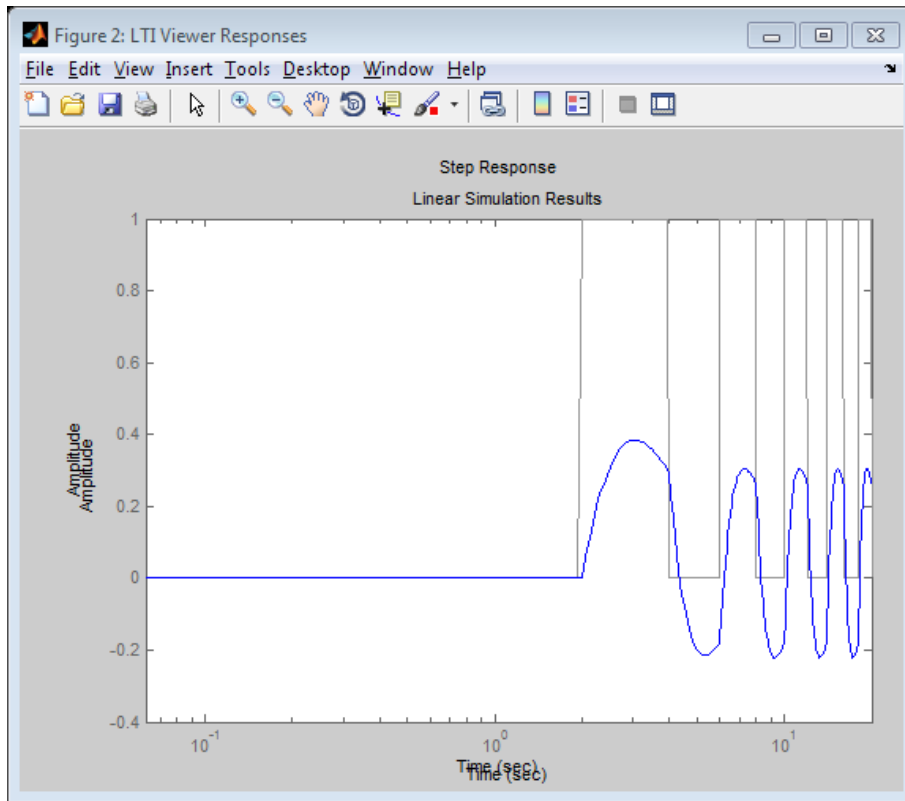
Signalni hosil qilamiz





Modellashtirishni tugatamiz va f tizimining kiruvchi signallar grafigini quramiz





## GLOSSARIY

Ingliz tilidagi sharhi	Rus tilidagi sharhi	O'zbek tilidagi sharhi
<p><b>Control Action, Shared Time</b> Control action in which one controller divides its computation or control time among several control loops rather than acting on all loops simultaneously</p>	<p><b>Контроль деиствий по времени</b></p>	<p>Vaqt bo'yicha ta'sirlar nazorati</p>
<p><b>Control Action, Derivative (Rate)</b> Control action in which the output is proportional to the rate of change of the input</p>	<p><b>Контроль деиствий, Дифференциальное (деиствие)</b> Контроль у которого выход пропорционален скорости изменением входных данных.</p>	<p>Ta'sirlarning differensial nazorati chiqish qiymati kirish qiymatlarining o'zgarish tezligiga proporsional bo'lgan ta'sir nazorati</p>
<p><b>Control Action, Direct Digital</b> Control action in which control is performed by a digital device, which establishes the signal to the final controlling element</p>	<p><b>Контроль деиствий, деиствиya p'ryamogo sifrovogo upravleniya</b> v kotorom upravlenie osushchestvlyatsya s pomoyu sifrovogo ustroystva, kotoe ustanavlivaet signal dlya konechnogo upravlyayushchego elementa</p>	<p>Ta'sirlar nazorati, to'g'ridan to'g'ri raqamli boshqaruv ta'siri bunda boshqaruv raqamli qurilma yordamida amalga oshiriladi va bu qurilma yakuniy boshqaruv elementi uchun signal o'rnatadi.</p>
<p><b>Control Action, Feedback</b> Control action in which a measured variable is compared to its desired value to produce an actuating error signal which is acted upon in such a way as to reduce the magnitude of the error</p>	<p><b>Контроль деиствий</b> Управление с обратной связью, в котором измеряемый параметр сравнивается с его требуемого значения для получения сигнала ошибки, который действует таким образом, чтобы уменьшить величину ошибки.</p>	<p>Ta'sirlar nazorati, teskari aloqali boshqaruv ushbu ta'sirda o'lchanayotgan parametr uning boshlang'ich qiymati bilan solishtiriladi va signal xatoligini aniklashni xamda xatolikning qiymatini kamayishi uchun xizmat kiladi</p>
<p><b>Control Action, Feedforward</b> Control action in which information concerning one or more conditions that can disturb the controlled variable</p>	<p><b>Контроль деиствий,</b> деиствие с прогнозированием управления, в котором информация относительно одного или</p>	<p>Ta'sirlar nazorati, boshqaruvni oldindan ko'ra bilish orqali ta'sir o'tkazish bunda axborot nazorat qilinayotgan</p>

<p>is converted into corrective action to minimize deviations of the controlled variable. Note: Feedforward control action can be combined with other types of control to anticipate and minimize deviations of the controlled variable.</p>	<p>neskol'kix usloviy, kotorye mogut narushit reguliruemoy peremennoy preobrazuetsya v korrektiruyushie deystviya dlya minimizatsii otkloneniy reguliruemoy velichiny. Primechanie: Predupravlenie upravlyayushее vozdeystvie mojet sochetatsya s drugimi vidami kontrolya dlya prognozi-rovaniya i minimizatsii otkloneniy reguliruemoy velichiny.</p>	<p>o'zgaruvchini qiymatini buzuvchi bir yoki bir echa shartlarni uni korrektlovchi ta'sirga aylantirish orqali nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish uchun ishlatiladi. Izoh: boshqaruvchi ta'sirni oldindan boshqarish nazoratning boshqa turlari bilan birgalikda ishlatilishi nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish va oldingan ko'ra olish imkonini beradi</p>
<p><b>Control Action, High Limiting</b> Control action in which the output never exceeds a predetermined high limit value.</p>	<p><b>Kontrol deystviy, vysokie ogranicheniya</b> deystviya upravleniya, v kotorom vykhodnoy signal nikogda ne prevyshaet predvaritelno opredelen-noe vysokoe predelnoe znachenie.</p>	<p>Yuqori chegarali ta'sirlar nazorati bunday boshqaruvda chiqish signali hech kachon ruxsat etilgan eng yuqori chegaraviy qiymatdan oshib ketmaydi</p>
<p><b>Control Action, Integral (Reset)</b> Control action in which the output is proportional to the time integral of the input; i.e., the rate of change of output is proportional to the input</p>	<p><b>Kontrol deystviy, Integralnoe (Sbros)</b> deystviya upravleniya, v kotorom vykhodnoy signal proporsionalen integralu po vremeni ot vxodnogo; t.ye. skorost izmeneniya vykhodnogo signala proporsionalen vxodu.</p>	<p>Ta'sirlar nazorati Integral (reset) bunday boshqaruvda chiqish signali kirish signalining vaqt bo'yicha integraliga proporsional bo'ladi; ya'ni chiqish signalining o'zgarish tezligi kirishga proporsionaldir.</p>
<p><b>Control Action, Low Limiting</b> Control action which the output is never less than a predetermined low limit value</p>	<p><b>Deystvie upravleniya, nizkiy Ogranichenie</b> deystviya upravleniya, kotoryy na vyxode nikogda ne byvaet menshe, chem zadannoe predelnoe znachenie</p>	<p>Boshqarish ta'siri, boshqarish ta'siri chegarasi, boshlang'ich qiymatdan kirishdagi qiymat hech kachon kichik bo'lmaydi.</p>

	nizkoy. Kontrol	
<b>Control Action, Optimizing</b> Control action that automatically seeks and maintains the most advantageous value of a specified variable, rather than maintain it at one set value	Deystvie, optimizatsiya deystviy upravleniya, kotoraya avtomaticheski ishet D podderjivaet naibolee vygodnoe znachenie ukazannoy peremennoy, a ne podderjivat yego na odnom zadannogo znacheniya.	Ta'sir, boshqarish ta'sirini optimizatsiyasi, ko'rsatilgan o'zgaruvchini, avtomatik tarzda D ni topib eng kulay xolatda ushlab turadi, belgilangan qiymatni bir meyorda ushlab turolmaydi,
<b>Control Action, Shared Time</b> Control action in which one controller divides its computation or control time among several control loops rather than acting on all loops simultaneously	<b>Kontrol deystviy po vremeni</b>	Vaqt bo'yicha ta'sirlar nazorati
<b>Control Action, Derivative (Rate)</b> Control action in which the output is proportional to the rate of change of the input	<b>Kontrol deystviy, Differensialnoe (deystvie)</b> Kontrol u kotorogo vyxod proporsionalen skorosti izmeneniyam vkhodnykh dannyx.	Ta'sirlarning differensial nazorati chiqish qiymati kirish qiymatlarining o'zgarish tezligiga proporsional bo'lgan ta'sir nazorati
<b>Control Action, Direct Digital</b> Control action in which control is performed by a digital device, which establishes the signal to the final controlling element	<b>Kontrol deystviy, deystviya pryamogo sifrovogo upravleniya</b> v kotorom upravlenie osustestvlyaetsya s pomoyu sifrovogo ustroystva, kotoe ustanavlivaet signal dlya konechnogo upravlyayushchego elementa	Ta'sirlar nazorati, to'g'ridan to'g'ri raqamli boshqaruv ta'siri bunda boshqaruv rakamli kurilma yordamida amalga oshiriladi va bu qurilma yakuniy boshqaruv elementi uchun signal o'rnatadi.
<b>Control Action, Feedback</b> Control action in which a measured variable is compared to its desired value to produce an actuating error signal which is acted upon in such a way as to reduce the magnitude of the	<b>Kontrol deystviy</b> Upravlenie s obratnoy svyazyu, v kotorom izmeryaemyy parametr sravnivaetsya s yego trebuemogo znacheniya dlya polucheniya	Ta'sirlar nazorati, teskari alokali boshqaruv ushbu ta'sirda o'lchanayotgan parametr uning boshlang'ich qiymati bilan solishtiriladi va

error	privodnuyu signala oshibki, kotoгы deystvuet takim obrazom, chtoby umenshit velichinu oshibki.	sigal xatoligini aniqlashni xamda xatolikning qiymatini kamayishi uchun xizmat kiladi.
<b>Control Action, Feedforward</b> Control action in which information concerning one or more conditions that can disturb the controlled variable is converted into corrective action to minimize deviations of the controlled variable. Note: Feedforward control action can be combined with other types of control to anticipate and minimize deviations of the controlled variable.	<b>Kontrol deystviy,</b> deystvie s prognozirovaniem upravleniya, v kotorom informatsiya otnositelno odnogo ili neskolkix usloviy, kotoгыe mogut narushit reguliruemoy peremennoy preobrazuetsya v korrektruyushie deystviya dlya minimizatsii otkloneniy reguliruemoy velichiny. Primechanie: Predupravlenie upravlyayushее vozdeystvie mojet sochetatsya s drugimi vidami kontrolya dlya prognozirovaniya i minimizatsii otkloneniy reguliruemoy velichiny.	Ta'sirlar nazorati, boshqaruvni oldindan ko'ra bilish orkali ta'sir o'tkazish bunda axborot nazorat kilinayotgan o'zgaruvchini qiymatini buzuvchi bir yoki bir echa shartlarni uni korrektlovchi ta'sirga aylantirish orqali nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish uchun ishlatiladi. Izoh: boshqaruvchi ta'sirni oldindan boshqarish nazoratning boshka turlari bilan birgalikda ishlatilishi nazorat kilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish va oldingan ko'ra olish imkonini beradi
<b>Control Action, High Limiting</b> Control action in which the output never exceeds a predetermined high limit value.	<b>Kontrol deystviy, vysokie ogranicheniya</b> deystviya upravleniya, v kotorom vyxodnoy signal nikogda ne prevyshaet predvaritelno opredelen-noe vysokoe predelnoe znachenie.	Yuqori chegarali ta'sirlar nazorati bunday boshqaruvda chiqish signali xech kachon ruxsat etilgan eng yuqori chegaraviy qiymatdan oshib ketmaydi
<b>Control Action, Integral (Reset)</b> Control action in which the output is proportional to the time integral of the input; i.e., the rate of change of output is proportional to the input	<b>Kontrol deystviy, Integralnoe (Sbros)</b> deystviya upravleniya, v kotorom vyxodnoy signal proporsionalen integralu po vremeni ot vxodnogo; t.ye. skorost	Ta'sirlar nazorati Integral (reset) bunday boshqaruvda chiqish signali kirish signalining vakt bo'yicha integraliga proporsional bo'ladi; ya'ni chiqish

	izmeneniya vыхodnogo signala proporsionalen vxodu.	signalining o'zgarish tezligi kirishga proporsionaldir.
<b>Control Action, Low Limiting</b> Control action which the output is never less than a predetermined low limit value	<b>Deystvie upravleniya, nizkiy</b> Ogranichenie deystviya upravleniya, kotoruyu na vыхode nikogda ne byvaet menshe, chem zadannoe predelnoe znachenie nizkoy. Kontrol	Boshqarish ta'siri, boshqarish ta'siri chegarasi, boshlang'ich qiymatdan kirishdagi qiymat hech kachon kichik bo'lmaydi.
<b>Control Action, Optimizing</b> Control action that automatically seeks a d maintains the most advantageous value of a specified variable, rather than maintain it at one set value	Deystvie, optimizatsiya deystviy upravleniya, kotoraya avtomaticheskii ishet D podderjivaet naibolee vygodnoe znachenie ukazannoy peremennoy, a ne podderjivat yego na odnom zadannogo znacheniya.	Ta'sir, boshqarish ta'sirini optimizatsiyasi, ko'rsatilgan o'zgaruvchini, avtomatik tarzda D ni topib eng kulay xolatda ushlab turadi, belgilangan qiymatni bir meyorda ushlab turolmaydi,
<b>Accuracy</b> Conformity of an indicated value to an accepted standard value, or true value	<b>Tochnost</b> sootvetstviya iz ukazannogo znacheniya k priznannomu, standartnoe znachenie, ili istinnoe znachenie.	Aniqlik. Ko'rsatilgan qiymatni belgilangan qiymatga mosligi, standart qiymat, yoki xaqiqiy qiymat.
<b>Accuracy, Reference</b> A number or quantity which defines the limit that errors will not exceed when the device is used under reference operating conditions. Note: Reference accuracy includes the combined conformity, hysteresis and repeatability errors. The units being used are to be stated explicitly. It is preferred that a + and - sign precede the number or quantity. The absence of a sign infers a + and - sign. Reference accuracy can be expressed in a number of forms. The following examples	<b>Tochnost</b> , sсыlatsya na nomer ili kolichestvo, kotoroe opredelyaet predel, chto oshibki ne budet prevыshat, kogda Pribor ispolзуetsya v usloviyax ekspluatatsii. <i>Primechanie:</i> Sсылka tochnost vklyuchaet v sebya kombinirovannuyu sootvetstviya, gisterезis i povtoryaemost oshibok. Predpochtitelno, stavit znaki + i - pered chislom ili kolichestvo. Otsutstvie znaka + i - delaet vывod. <i>Spravka</i>	Aniqlik, kurilmaning ekspluatatsiya davrida son yoki mikdorga asoslangan xolda chegaralarni aniklash. Izox: Aniqlik belgisi gisterезis va xatolar takrorligining o'zaro kombinirlashgan mutanosibligini o'z ichiga oladi. Odatda + va - ishoralarini son yoki mikdor oldidan koyish maksadga muvofikdir. Ushbu belgilarning yo'kligi xulosa kilish

<p>are typical:</p> <p>1. Reference accuracy expressed in terms of the measured variable. Typical expression: The reference accuracy is <math>+1\sigma</math>.</p> <p>2. Reference accuracy expressed in percent of span. Typical expression: The reference accuracy is <math>+ \frac{1}{2}\%</math> of span.</p> <p>3. Reference accuracy expressed in percent of actual output reading. Typical expression: The reference accuracy is <math>+ 1\%</math> of actual output reading.</p>	<p>Точност может быть выражено в различных формах.</p> <p>Приведенные ниже примеры являясь типичными:</p> <p>1. Ссылка точност выражается в терминах измеренная переменная. Типичное выражение: Ссылка точност <math>+ 1\sigma</math>.</p> <p>2. Основная точност выражена в процентах от диапазона. Типичное выражение: Эталонная точност <math>+ \frac{1}{2}\%</math> от диапазона.</p> <p>3. справочная точност выражается в процентах от фактической</p>	<p>imkonini beradi. Anqlik turli shakllarda tavsiflanishi mumkin. Kuyida keltirilgan shakllar namunaviy xisoblanadi:</p> <p>1. Anqlik belgisi o'lgangan o'zgaruv-chi termini sifatida ko'llaniladi. <math>+1\sigma</math></p> <p>2. Diapazon bo'yicha foizda berilgan anqlik <math>+ \text{?}\%</math>.</p> <p>Fakt bo'yicha foizda berilgan anqlik <math>\text{?}\%</math></p>
<p><b>Auctioneering Device</b> A device which automatically selects either the highest or the lowest input signal from among two or more input signals.</p>	<p><b>Ustroystvo</b> Ustroystvo, kotoroe avtomaticheski vybiraet samym vysokim ili samym nizkim vhodnym signalom iz chisla dvux ili bolee vhodnyx signalov</p>	<p>Kurilma ikki yoki undan ortiq kirish signallari ichidan eng yuqori yoki eng kuyi signalni avtomatik tarzda tanlovchi kurilma.</p>
<p><b>Bode Diagram</b> A plot of log amplitude ratio and phase angle values on a log frequency base for a transfer function.</p>	<p><b>Bode diagramma</b> Grafik otnosheniya amplitud jurnala i fazuyuglovye znacheniya na chastote jurnala bazy dlya peredachi funktsiya.</p>	<p>Bode diagrammasi funsiyani uzatish uchun baza jurnali chastotasida fazaburchak va amplituda orasidagi munosabat grafigi xisoblanadi.</p>
<p><b>Control Action</b> The nature of the change of the output affected by the input of a controller or a controlling system.</p>	<p><b>Kontrol deystviy</b> Karakter izmeneniya vkhodnogo signala vliyaet na vkhod kontrollera ili kontrolnogo paketa sistema.</p>	<p>Ta'sirlar nazorati chiqish signalining o'zgarish xarakteri kontroller kirishi yoki tizim nazorat paketiga ta'sir o'tkazadi.</p>



<p><b>Control Action, Adaptive</b> Control action whereby automatic means are used to change the type or influence (or both) of control parameters in such a way as to improve the performance of the control system</p>	<p><b>Kontrol deystviy,</b> v rezultate chego deystvie Adaptivnoe upravlenie avtomaticheskie sredstva ispolzuyutsya dlya izmeneniya tipa ili vliyanie (Ili oba) iz parametrov upravleniya takim obrazom, dlya povыsheniya proizvoditel-nosti sistemy upravleniya.</p>	<p>Adaptiv ta'sirlar nazorati u boshqaruv tizimining biror bir parametrini turini yoki ta'sirini ba'zida esa ikkalasini xam o'zgartirish va uning natijasida avtomatik tarzda adaptiv boshkarilishini ta'minlash.</p>
<p><b>Control Action, Cascade</b> Control action where the output of one controller is the setpoint for another controller</p>	<p><b>Kontrol deystviy, kaskadnoe</b> Kaskad upravleniya, gde vыхod odnogo kontrollera zadannoe znachenie dlya drugogo kontrollera</p>	<p>Kaskadli ta'sirlar nazorati kaskadli boshqaruv, bu yerda bir kontrollerning chiqish signali ikkinchi kontroller uchun berilgan qiymat hisoblanadi</p>
<p><b>Control Action, Shared Time</b> Control action in which one controller divides its computation or control time among several control loops rather than acting on all loops simultaneously</p>	<p><b>Kontrol deystviy po vremeni</b></p>	<p>Vaqt bo'yicha ta'sirlar nazorati</p>
<p><b>Control Action, Derivative (Rate)</b> Control action in which the output is proportional to the rate of change of the input</p>	<p><b>Kontrol deystviy, Differensialnoe (deystvie)</b> Kontrol u kotorogo vыхod proporsionalen skorosti izmeneniyam vхodных данных.</p>	<p>Ta'sirlarning differensial nazorati chiqish qiymati kirish qiymatlarining o'zgarish tezligiga proporsional bo'lgan ta'sir nazorati</p>
<p><b>Control Action, Direct Digital</b> Control action in which control is performed by a digital device, which establishes the signal to the final controlling element</p>	<p><b>Kontrol deystviy, deystviya pryamogo sifrovogo upravleniya</b> v kotorom upravlenie osushchestvlyaetsya s pomoshчу sifrovogo ustroystva, kotoe ustanavlivaet signal dlya konechnogo upravlyayushchego</p>	<p>Ta'sirlar nazorati, to'g'ridan to'g'ri raqamli boshqaruv ta'siri bunda boshqaruv rakamli qurilma yordamida amalga oshiriladi va bu kurilma yakuniy boshqaruv elementi uchun signal o'rnatadi.</p>

	elementa	
<p><b>Control Action, Feedback</b> Control action in which a measured variable is compared to its desired value to produce an actuating error signal which is acted upon in such a way as to reduce the magnitude of the error</p>	<p><b>Контроль деиствий</b> Управление с обратной связью, в котором измеряемый параметр сравнивается с его требуемого значения для получения сигнала ошибки, который действует таким образом, чтобы уменьшить величину ошибки.</p>	<p>Ta'sirlar nazorati, teskari alokali boshqaruv ushbu ta'sirda o'lganayotgan parametr uning boshlang'ich qiymati bilan solishtiriladi va signal xatoligini aniqlashni xamda xatolikning qiymatini kamayishi uchun xizmat qiladi.</p>
<p><b>Control Action, Feedforward</b> Control action in which information concerning one or more conditions that can disturb the controlled variable is converted into corrective action to minimize deviations of the controlled variable. Note: Feedforward control action can be combined with other types of control to anticipate and minimize deviations of the controlled variable.</p>	<p><b>Контроль деиствий,</b> действие с прогнозированием управления, в котором информация относительно одного или нескольких условий, которые могут нарушить регулируемую переменную преобразуется в корректирующие действия для минимизации отклонений регулируемой величины. Примечание: Предупреждение управления возмещающее действие может сочетаться с другими видами контроля для прогнозирование и минимизации отклонений регулируемой величины.</p>	<p>Ta'sirlar nazorati, boshqaruvni oldindan ko'ra bilish orkali ta'sir o'tkazish bunda axborot nazorat qilinayotgan o'zgaruvchini qiymatini buzuvchi bir yoki bir echa shartlarni uni korrektlovchi ta'sirga aylantirish orqali nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimal-lash uchun ishlatiladi. Izoh: boshqaruvchi ta'sirni oldindan boshqarish nazoratning boshka turlari bilan birgalikda ishlatilishi nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish va oldingan ko'ra olish imkonini beradi.</p>
<p><b>Control Action, High Limiting</b> Control action in which the output never exceeds a predetermined high limit value.</p>	<p><b>Контроль деиствий,</b> <b>высокие ограничения</b> действие управления, в котором выходной сигнал никогда не превышает предварительно</p>	<p>Yuqori chegarali ta'sirlar nazorati bunday boshqaruvda chiqish signali hech qachon ruxsat etilgan eng yuqori chegaraviy</p>

	opredelen-noe vysokoe predelnoe znachenie.	qiymatdan oshib ketmaydi
<b>Control Action, Integral (Reset)</b> Control action in which the output is proportional to the time integral of the input; i.e., the rate of change of output is proportional to the input	<b>Kontrol deystviy, Integralnoe (Sbros)</b> deystviya upravleniya, v kotorom vyhodnoy signal proporsionalen integralu po vremeni ot vxodnogo; t.ye. skorost izmeneniya vyhodnogo signala proporsionalen vxodu.	Ta'sirlar nazorati Integral (reset) bunday boshqaruvda chiqish signali kirish signalining vakt bo'yicha integraliga proporsional bo'ladi; ya'ni chiqish signalining o'zgarish tezligi kirishga proporsionaldir.
<b>Control Action, Low Limiting</b> Control action which the output is never less than a predetermined low limit value	<b>Deystvie upravleniya, nizkiy</b> Ogranichenie deystviya upravleniya, kotoroy na vyxode nikogda ne byvaet menshe, chem zadannoe predelnoe znachenie nizkoy. Kontrol	Boshqarish ta'siri, boshqarish ta'siri chegarasi, boshlang'ich qiymatdan kirishdagi qiymat xech kachon kichik bo'lmaydi.
<b>Control Action, Optimizing</b> Control action that automatically seeks a d maintains the most advantageous value of a specified variable, rather than maintain it at one set value	Deystvie, optimizatsiya deystviy upravleniya, kotoraya avtomaticheski ishet D podderjivaet naibolee vygodnoe znachenie ukazannoy peremennoy, a ne podderjivat yego na odnom zadannogo znacheniya.	Ta'sir, boshqarish ta'sirini optimizatsiyasi, ko'rsatilgan o'zgaruvchini, avtomatik tarzda D ni topib eng kulay xolatda ushlab turadi, belgilangan qiymatni bir meyorda ushlab turolmaydi,
<b>Control Action, Proportional</b> Control action in which there is a continuous linear relation between the output and the input	Kontrol Deystvie, Proporsionalnoe deystvie upravleniya, v kotoroy suщestvuet nepreryvnaya lineynaya zavisimost mejdu vyxodom i vxodom.	Ta'sir nazorat, boshqaruv ta'siri proporsional, kirish va chiqish o'rtasida uzliksiz chiziqli bog'liqlik mavjud.
<b>Accuracy</b> Conformity of an indicated value to an accepted standard value, or true value	<b>Tochnost</b> sootvetstviya iz ukazannogo znacheniya k priznannomu, standartnoe znachenie, ili istinnoe znachenie.	Aniqlik. Ko'rsatilgan qiymatni belgilangan qiymatga mosligi, standart qiymat, yoki xakikiy qiymat.

<p><b>Accuracy, Reference</b> A number or quantity which defines the limit that errors will not exceed when the device is used under reference operating conditions. Note: Reference accuracy includes the combined conformity, hysteresis and repeatability errors. The units being used are to be stated explicitly. It is preferred that a + and - sign precede the number or quantity. The absence of a sign infers a + and - sign. Reference accuracy can be expressed in a number of forms. The following examples are typical:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reference accuracy expressed in terms of the measured variable. Typical expression: The reference accuracy is + 1oF.</li> <li>2. Reference accuracy expressed in percent of span. Typical expression: The reference accuracy is + ½% of span.</li> <li>3. Reference accuracy expressed in percent of actual output reading. Typical expression: The reference accuracy is + 1% of actual output reading.</li> </ol>	<p><b>Tochnost</b>, ссылатся на номер или количество, которое определяет предел, что ошибки не будут превышать, когда прибор используется в условиях эксплуатации.</p> <p><i>Primechanie:</i> Ссылка точноств включается в себя комбинированную соответствия, гистерезис и повороты почти ошибкой. Предпочтительно, ставит знаки + и - перед числом или количеством.</p> <p>Otsutstvie znaka + i - delaet вывод. <i>Spravka</i></p> <p>Tochnost mojet быт выражено в различных формах.</p> <p>Приведенные ниже примеры являются типичными:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ссылка точноств выражается в терминах измеренной переменной. Типичное выражение: Ссылка точноств + 1of.</li> <li>2. Osnovnaya tochnost выражена в процентах от диапазона. Типичное выражение: Etalonnaya tochnost + ½% ot diapazona.</li> <li>3. Spravochnaya tochnost выражается в процентах от фактической</li> </ol>	<p>Aniqlik, qurilmaning ekspluatatsiya davrida son yoki mikdorga asoslangan xolda chegaralarni aniklash.</p> <p>Izoh: Aniqlik belgisi gisterezis va xatolar takrorligining o‘zaro kombinirlashgan mutanosibligini o‘z ichiga oladi.</p> <p>Odatda + va - ishoralarini son yoki miqdor oldidan qoyish maqsadga muvofiqdir.</p> <p>Ushbu belgilarning yo‘kligi xulosa qilish imkonini beradi. Aniqlik turli shakllarda tavsiflanishi mumkin. Kuyida keltirilgan shakllar namunaviy hisoblanadi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aniqlik belgisi o‘lchangan o‘zgaruvchi termini sifatida qo‘llaniladi. +1 Of</li> <li>2. Diapazon bo‘yicha foizda berilgan aniqlik + ?%.</li> </ol> <p>Fakt bo‘yicha foizda berilgan aniqlik ?%</p>
<p><b>Auctioneering Device</b> A device which automatically selects either the highest or the lowest input signal from among two or more input signals.</p>	<p><b>Ustroystvo</b> Ustroystvo, которое автоматически выбирает самым высоким или самым низким входным сигналом из числа двух или более входных</p>	<p>Qurilma ikki yoki undan ortiq kirish signallari ichidan eng yuqori yoki eng quyi signalni avtomatik tarzda tanlovchi kurilma.</p>

	signalov	
<b>Bode Diagram</b> A plot of log amplitude ratio and phase angle values on a log frequency base for a transfer function.	<b>Bode diagramma</b> Grafik otnosheniya amplitud jurnala i fazyuglovye znacheniya na chastote jurnala bazy dlya peredachi funktsiya.	Bode diagrammasi funsiyani uzatish uchun baza jurnali chastotasida fazaburchak va amplituda orasidagi munosabat grafigi hisoblanadi
<b>Control Action, Feedback</b> Control action in which a measured variable is compared to its desired value to produce an actuating error signal which is acted upon in such a way as to reduce the magnitude of the error	<b>Kontrol deystviy</b> Upravlenie s obratnoy svyazyu, v kotorom izmeryaemyy parametr sravnivaetsya s yego trebuemogo znacheniya dlya polucheniya privodnuyu signala oshibki, kotoryy deystvuet takim obrazom, chtoby umenshit velichinu oshibki.	Ta'sirlar nazorati, tesqari aloqali boshqaruv ushbu ta'sirda o'lchanayotgan parametr uning boshlang'ich qiymati bilan solishtiriladi va siganl xatoligini aniklashni xamda xatolikning qiymatini kamayishi uchun xizmat qiladi.
<b>Control Action, Derivative (Rate)</b> Control action in which the output is proportional to the rate of change of the input	<b>Kontrol deystviy, Differensialnoe (deystvie)</b> Kontrol u kotorogo vyход proporsionalen skorosti izmeneniyam vхodных данных.	Ta'sirlarning differensial nazorati chiqish qiymati kirish qiymatlarining o'zgarish tezligiga proporsional bo'lgan ta'sir nazorati
<b>Control Action, Direct Digital</b> Control action in which control is performed by a digital device, which establishes the signal to the final controlling element	<b>Kontrol deystviy, deystviya pryamogo sifrovogo upravleniya</b> v kotorom upravlenie osushchestvlyaetsya s pomoyu sifrovogo ustroystva, kotoe ustanavlivaet signal dlya konechnogo upravlyayushchego elementa	Ta'sirlar nazorati, to'g'ridan to'g'ri raqamli boshqaruv ta'siri bunda boshqaruv raqamli qurilma yordamida amalga oshiriladi va bu qurilma yakuniy boshqaruv elementi uchun signal o'rnatadi.
<b>Control Action, Shared Time</b> Control action in which one controller divides its computation or control time among several control loops	<b>Kontrol deystviy po vremeni</b>	Vaqt bo'yicha ta'sirlar nazorati

rather than acting on all loops simultaneously		
<b>Control Action, Feedforward</b> Control action in which information concerning one or more conditions that can disturb the controlled variable is converted into corrective action to minimize deviations of the controlled variable. Note: Feedforward control action can be combined with other types of control to anticipate and minimize deviations of the controlled variable.	<b>Kontrol deystviy,</b> deystvie s prognozirovaniem upravleniya, v kotorom informatsiya otnositelno odnogo ili neskolkix usloviy, kotorye mogut narushit reguliruemoy peremennoy preobrazuetsya v korrektruyushie deystviya dlya minimizatsii otkloneniy reguliruemoy velichiny. Primechanie: Predupravlenie upravlyayushее vozdeystvie mojet sochetatsya s drugimi vidami kontrolya dlya prognozirovaniya i minimizatsii otkloneniy reguliruemoy velichiny.	Ta'sirlar nazorati, boshqaruvni oldindan ko'ra bilish orkali ta'sir o'tkazish bunda axborot nazorat qilinayotgan o'zgaruvchini qiymatini buzuvchi bir yoki bir echa shartlarni uni korrektlovchi ta'sirga aylantirish orkali nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish uchun ishlatiladi. Izoh: boshqaruvchi ta'sirni oldindan boshqarish nazoratning boshqqa turlari bilan birgalikda ishlatilishi nazorat qilinayotgan kattalik chetlanishlarini minimallashtirish va oldingan ko'ra olish imkonini beradi
<b>Control Action, High Limiting</b> Control action in which the output never exceeds a predetermined high limit value.	<b>Kontrol deystviy, vysokie ogranicheniya</b> deystviya upravleniya, v kotorom vyhodnoy signal nikogda ne prevyshaet predvaritelno opredelen-noe vysokoe predelnoe znachenie.	Yuqori chegarali ta'sirlar nazorati bunday boshqaruvda chiqish signali xech kachon ruxsat etilgan eng yuqori chegaraviy qiymatdan oshib ketmaydi
<b>Control Action, Integral (Reset)</b> Control action in which the output is proportional to the time integral of the input; i.e., the rate of change of output is proportional to the input	<b>Kontrol deystviy, Integralnoe (Sbros)</b> deystviya upravleniya, v kotorom vyhodnoy signal proporsionalen integralu po vremeni ot vxodnogo; t.ye. skorost izmeneniya vyhodnogo signala proporsionalen	Ta'sirlar nazorati Integral (reset) bunday boshqaruvda chiqish signali kirish signalining vakt bo'yicha integraliga proporsional bo'ladi; ya'ni chiqish signalining o'zgarish tezligi kirishga

	vxodu.	proporsionaldir.
<b>Control Action, Low Limiting</b> Control action which the output is never less than a predetermined low limit value	<b>Deystvie upravleniya, nizkiy</b> Ogranichenie deystviya upravleniya, kotoruyu na vyxode nikogda ne byvaet menshe, chem zadannoe predelnoe znachenie nizkoy. Kontrol	Boshqarish ta'siri, boshqarish ta'siri chegarasi, boshlang'ich qiymatdan kirishdagi qiymat hech kachon kichik bo'lmaydi.
<b>Control Action, Optimizing</b> Control action that automatically seeks a d maintains the most advantageous value of a specified variable, rather than maintain it at one set value	Deystvie, optimizatsiya deystviy upravleniya, kotoraya avtomaticheski ishchit D podderjivaet naibolee vygodnoe znachenie ukazannoy peremennoy, a ne podderjivat yego na odnom zadannogo znacheniya.	Ta'sir, boshqarish ta'sirini optimizatsiyasi, ko'rsatilgan o'zgaruvchini, avtomatik tarzda D ni topib eng kulay xolatda ushlab turadi, belgilangan qiymatni bir meyorda ushlab turolmaydi,
<b>Control Action, Proportional</b> Control action in which there is a continuous linear relation between the output and the input	Kontrol Deystvie, Proporsionalnoe deystvie upravleniya, v kotoroy sushchestvuet nepreryvnaya lineynaya zavisimost mejdu vyxodom i vxodom.	Ta'sir nazorat, boshqaruv ta'siri proporsional, kirish va chiqish o'rtasida uzliksiz chizikli bog'liqlik mavjud.

## ADABIYOTLAR RO‘YXATI

### Maxsus adabiyotlar

1. Steve Taylor “Destination” Vocabulary and grammar”, Macmillan 2010.
2. Lindsay Clandfield and Kate Pickering “Global”, B2, Macmillan. 2013. 175.
3. Yusupbekov N.R. va boshqalar. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish. –Toshkent: O‘qituvchi. 2015.
4. Yusupbekov N.R., Gulyamov Sh.M., Muxitdinov D.P., Avazov Yu.Sh. Matematicheskoe modelirovanie protsessov mnogokomponentnyx smesey.- T.: TashGTU, 2017.
5. Yusupbekov N.R., Muxitdinov D.P., Bazarov M.B., Xalilov J.A. Boshqarish sistemalarini kompyuterli modellashtirish asoslari. Oliy o‘quv yurtlari uchun o‘quv qo‘llanma. –N.: Navoiy-Gold-Servis, -2018.
6. Shemelin V.K. Konspekt leksiy po kursu Proektirovanie avtomatizirovannyx sistem. - 2015.

### Internet saytlar

7. <http://edu.uz> – O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi
8. <http://lex.uz> – O‘zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi
9. <http://bimm.uz> – Oliy ta’lim tizimi pedagog va rahbar kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etish bosh ilmiy-metodik markazi
10. <http://ziyonet.uz> – Ta’lim portali Ziyonet
11. <http://natlib.uz> – Alisher Navoiy nomidagi O‘zbekiston Milliy kutubxonasi
12. [www.infocom.uz](http://www.infocom.uz)- elektron jurnal