

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

**ABU RAYHON BERUNIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI

fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarish uchun

O‘QUV-USLUBIY QO‘LLANMA

Toshkent – 2015

UDK 681.5.011

Tuzuvchilar: Igamberdiev X.Z., Sevinov J.U.

«Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanidan laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarish o‘quv-uslubiy qo‘llanma. Toshkent 2015. – 146 b.

O‘quv-uslubiy qo‘llanma «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fani bo‘yicha laboratoriya mashg‘ulotlarini bajarishga doir ko‘rsatmalar hamda hisobotni rasmiylashtirishga misollar keltirilgan. Chiziqli va nochiziqli boshqarish sistemalarini loyihalash, turg‘uniklarini tekshirish, optimallashtirish, raqamli boshqarish sistemalari hamda tasodigiy jarayonlarni tadqiq qilishga oid ma’lumotlar berilgan. Laboratoriya ishlarni bajarish MATLAB dasturiy paketlaridan foydalaniladi.

Ushbu uslubiy ko‘rsatma oliy o‘quv yurtlarining 5311000 – «Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqarish» yo‘nalishi bakalavr talabalari hamda unga turdosh mutaxassislik talabalari uchun mo‘ljallangan.

ToshDTU ilmiy-uslubiy kengashining qaroriga muvofiq chop etildi

Taqrizchilar:

- G‘ulomov Sh.M. – ToshDTU «IChJA» kafedrası professorı, texnika fanları doktori;
- Sapaev M. – Toshkent axborot texnologiyalari universiteti dotsent, texnika fanları nomzodi.

© Toshkent davlat texnika universiteti

KIRISH

Avtomatika fan va texnikaning avtomatik boshqarish nazariyasi va amaliyoti, avtomatik tizimlarni qurish prinsiplari va texnik jihatlarini o'z ichiga oladi. Avtomatlashtirish – bu texnik jihozlarning qo'llanilishi, matematik usullar va boshqarish tizimlarida, buning natijasida inson qisman yoki butunlay axborot olishda o'zgartirish, uzatish va energiyani ishlatishdan ozod bo'ladi.

Avtomatlashtirishning maqsadi – mehnat unumdorligi va ishlab chiqarishning sifatini oshirish rejalarini avtomatlashtirish, optimallashtirish va boshqarish, insonni zararli sharoitlarda ishlashdan ozod qilishdir.

Evropada sanoatidagi XVIII asrning oxirida bo'lgan birinchi keskin burilish natijasida vujudga kelgan rostlagichlar (1765 yilda I.I.Polzunovning sath rostlagichi, 1784 yilda D.Uattning bug' mashinasi tezligini rostlagichi) tashqi muhit ta'siri ostida ishlovchi texnik qurilmalarning ishini stabillashga mo'ljallangan edi. Eng samarali usul manfiy teskari bog'lanishdan foydalanish edi, XIX asrda poluintuitiv kiritildi va kerakli hisob-kitoblarsiz bu doim ham kerakli samarani bera olmasdi. Manfiy teskari bog'lanishli rostlagichlarni qo'llashda ko'pincha taxmin qilingan afzalliklar o'rniga kutilmagan texnik hodisalarga: noturg'unlik va yangi harakatlar paydo bo'lishiga duch kelishar edi. Bu hodisalarni tadqiq etish uchun mos usullar talab qilindi, bu usullar g'ayrioddiy xususiyatlarni nafaqat tushuntirib berishi, balki rostlagichlar tavsifining umumiy qonuniyatlarini qarab chiqishga imkon berishi lozim edi. Ularning asoslari XIX asrning oxirlarida ingliz matematik-mexanigi D.Maksvellning (1866 y.) hamda rus mexanigi I.A.Vishnegradskiyning (1876, 1877 yy.) «rostlagichlar haqida» gi birinchi asarlarida bayon etib berildi. Yangi

nazariyalarning jadal rivojlanishi elektrotexnik tizimlar, xususan elektromashinalar va radioavtomatika tizimlarining paydo bo'lishi bilan boshlandi. Shu paytgacha, elektr mashinaning tezligini rostdash tizimi avtomatik boshqarishning klassik namunasi hisoblanib keldi. Keyinchalik ma'lum bo'ldiki, avtomatik boshqaruv nazariyasining usullari mexanika, energetika, radio- va elektrotexnikada, ya'ni teskari aloqani qo'llash mumkin bo'lgan hamma sohhadagi turli fizik tabiatli ob'ektlarning ishlashini tushuntirib berishi mumkin ekan. Barcha usullarni bir vazifa birlashtirib turadi: o'tish jarayonlaridagi kerakli aniqlikni va qanoatlantiruvchi sifatni ta'minlab berish. Shunday qilib, avtomatik boshqaruv nazariyasi, mohiyatiga ko'ra, manfiy teskari bog'lanishli tizimlardagi jarayonlar nazariyasi hisoblanadi. Ayni vaqtda, avtomatik boshqaruv nazariyasi o'zining tahliliy apparati bilan ilmiy fanga aylangan.

Avtomatik boshqarish nazariyasining o'rganish predmeti teskari bog'lanishli avtomatik tizimlarni konstruksiyalash, ularning xossalari, hisoblash usullari hisoblanadi. Fan va texnikaning hozirgi taraqqiyotida modellarni tuzish uchun odatda, makroolam fizikasi va mexanikasining asosiy qonunlari shakllangan tildan, ya'ni differensial tenglamalar apparatidan foydalaniladi. Shunday ekan, avtomatik boshqaruv nazariyasining predmeti avtomatik tizim modelining xossalari hisoblanadi, bu xossalar differensial tenglamalar hamda ularning turli o'zgartirishlari va interpretasiyalari ko'rinishida ifodalanadi.

1 – LABORATORIYA ISHI

OCHIQ CHIZIQLI SISTEMALARNI TADQIQ ETISH

Ishning maqsadi

- MATLAB vositasi yordamida bir o'lchamli chiziqli uzluksiz sistemalarni taxlil qilish usullarini o'zlashtirish

Ishning vazifasi

- sistema modelini uzatish funksiyasi shaklida kiriting;
- «nul-qutb» formasi va fazo xolatlarida ekvivalent modelini tuzing;
- o'rnatilgan rejimda kuchaytirish koeffisienti va sistemaning o'tazuvchanlik palasasini aniqlang;
- impulsli va o'tkinchi xarakteristikalarini, nul va qutblarni joylashish xaritasini, chastotali xarakteristikalarini qurishni o'rganish;
- turli xarakteristikalarini qurish uchun **LTIVIEWER** oynasidan foydalanishni o'rganish;
- ixtiyoriy kirish signalida chiziqli sistema chiqishidagi jarayonlarni qurishni o'rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant raqami;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.










Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya




Buyruqlarni asosiy qismi Matlab vositasining buyruqlar oynasida kiritiladi. Buyruqlarni boshqa oynada bajarish uchun mos dasturlar ajratib belgilangan.

Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. MATLAB ni ishchi xolatini tozalash (xotira).	<code>clear all</code>
2. MATLAB oynasini tozalash.	<code>clc</code>
3. tf buyrug'i bo'yicha qisqacha ma'lumot (yordam) olish .	<code>help tf</code>
4. Ushbu buyruqning bajarilishi fayli adresini aniqlash.	<code>which('tf')</code>
5. tf ob'ekti sifatida $F(s) = \frac{n_2 s^2 + n_1 s + n_0}{s^3 + d_2 s^2 + d_1 s + d_0}$ uzatish funksiyasini ¹ kiriting.	<code>n = [n2 n1 n0]</code> <code>d = [1 d2 d1 d0]</code> <code>f = tf (n , d)</code>
6. Shubu ob'ektda uzatish funksiyasi surati va mahrajleri ko'rinishini tekshirib ko'ring.	<code>[n1,d1] = tfdata (f , 'v')</code>
7. Uzatish funksiyasining nul va qutblarini toping.	<code>z = zero (f)</code> <code>p = pole (f)</code>
8. O'rnatilgan rejimda zvenoning kuchaytirish koefitsientini toping.	<code>k = dcgain (f)</code>
9. Sistemaning o'tazuvchanlik palasasini aniqlang (AChX da kichik chastota -3 dB dan kichik qiymatni tashkil etadi).	<code>b = bandwidth (f)</code>
10. Fazo xolatida sistemaning modelini quring.	<code>f_ss = ss (f)</code>
11. Shunday qilingki, to'g'ri uzatish koefitsienti 1 ga teng bo'lsin.	<code>f_ss.d = 1</code>
12. O'rnatilgan rejimda zvenoning yangi kuchaytirish koefitsientini toping.	<code>k1 = dcgain (f_ss)</code>
13. k va k_1 koefitsientlar qanday bog'langan? Nima uchun?	

¹ Barcha koefitsientlarni fayl oxirida keltirilgan jadvaldan olish kerak.

14. «Nul-qutb» formasida berilgan sistemaning modelini quring.	$f_{zp} = zpk (f)$
15. Ishchi fazoda qanday o'zgaruvchilar mavjud, tekshiring.	who yoki whos (farqi nimada?)
16. Sistemaning nul va qutblarini joylashish grafigini quring.	pzmap (f)
17. Barcha elementar zvenolar uchun dempirlash koeffisienti va xususiy chastotalarni aniqlang.	[wc,ksi,p] = damp (f)
18. LTIViewer modulini ishga tushiring.	Ltview
19. f modelini yuklang.	 LTI Viewer File-Import
20. Ushbu sistemaning impul'sli xarakteristikasini (vazn funksiyasini) quring.	 LTI Viewer SO'T-Plot Types-Impulse
21. f_{ss} modelini yuklang.	 LTI Viewer File-Import
22. Ikkinchi sistemaning impul'sli xarakteristikasi qurilgan-mi, tekshiring?	 LTI Viewer SO'T -Systems
23. f sistemani ajrating. Turli sistemalar impul'sli xarakteristikalari nima uchun bir xil?	 LTI Viewer SO'T-Systems
24. Ikkala sistemani ulang.	 LTI Viewer SO'T-Systems
25. Sistemaning o'tkinchi xarakteristikasini quring.	 LTI Viewer SO'T-Plot Types-Step
26. Grafikda ko'zda tuzilgan xar bir funksiyalarni bajaring: <ul style="list-style-type: none"> • maksimum • o'tish jarayoni vaqti² • o'sish vaqti (qaror qiymatning 10% dan 90% gacha) • qaror qiymati 	 LTI Viewer SO'T - Characteristics: <ul style="list-style-type: none"> • Peak Response • Settling Time • Rise Time • Steady State
27. Doira-belgili parametrlarning son qiymatlari bilan ekranda ko'rsatish uchun sichqoncha tugmasini bosing.	
28. Qurilgan grafikni alohida oynada eksport qiling.	 LTI Viewer File - Print to Figure

² MATLAB da o'rnatilgan qiymatdan 2%-ga og'ish qiymati orqali o'tish jarayoni vaqti aniqlanadi.

29. Grafikni vektorli metafile formatida buferga ko'chirib oling.	<code>print -dmeta</code>
30. Hisobotga (<i>Microsoft Word</i>) buferdagi grafikni quyung.	 SO'T - Vstavit`
31. LTViewer oynasini yoping.	
32. Chastotaviy xarakteristikani qurish uchun chastota massivini yarating (logarifmik shkalada teng taqsimlangan 10^{-1} dan 10^2 gacha intervalda 100 nuqta).	<code>w = logspace(-1, 2, 100);</code>
33. Berilgan sistemaning chastotaviy xarakteristikasini hisoblang ³ ...	<code>r = freqresp (f, w); r = r(:);</code>
34. ... va absissa o'qi bo'yicha logarifmik masshtabli o'qda uni quring.	<code>semilogx (w, abs(r))</code>
35. Grafikni vektorli metafile formatida buferga ko'chirib oling.	<code>print -dmeta</code>
36. Hisobotga (<i>Microsoft Word</i>) buferdagi grafikni quyung. Ctatistik rejimda kuchaytirish koeffisientini grafikdan qanday topish mumkinligini va sistemaning o'tkazuvchanlik palasasini qanday aniqlashni tushuntiring.	 SO'T - Vstavit`
37. MATLAB ning buyruqlar oynasidan tashqari oynalarni bekiting.	
38. Davri 4 sekundga (jami 5 ta impuls) teng bo'lgan birlik amplitudali uchburchaksimon impul'sli signalni quring.	<code>[u,t] = gensig('square',4);</code>
39. Modellashtirishni bajaring va kirish ma'lumotlar orqali f sistemaning chiqish signali grafigini quring.	<code>lsim (f, u, t)</code>
40. Grafikni vektorli metafile formatida buferga ko'chirib oling.	<code>print -dmeta</code>
41. Hisobotga (<i>Microsoft Word</i>) buferdagi grafikni quyung.	 SO'T - Vstavit`

³ Chastotali xarakteristikada xar bir element 3 indeksga ega bo'lgan uch o'lchamli massiv ko'rinida qaytadi: qator, ustun (ko'po'lchamli modellar uchun) va chastotaviy xarakteristikaning nuqtalari soni. Bitta kirish va bitta chiqishga ega bo'lgan sistemalar uchun oddiy bir o'lchamli massivda $r = r(:)$; buyrug'i ushbu ma'lumotlarni o'zgartiradi.

Koeffisientlar jadvali

Variant	n_2	n_1	n_0	d_2	d_1	d_0
1.	1.0	1.10	0.100	3.0000	3.1600	1.2000
2.	1.1	1.54	0.495	2.8000	2.9200	1.2000
3.	1.2	1.08	0.096	2.3727	2.2264	0.9091
4.	1.3	1.04	0.091	2.1909	2.0264	0.9091
5.	1.4	-1.54	0.252	1.8333	1.5278	0.6944
6.	1.5	-0.90	-0.240	1.6667	1.3611	0.6944
7.	1.6	0.80	-0.224	1.3286	0.8959	0.4592
8.	1.7	1.36	0.204	1.1857	0.7673	0.4592
9.	1.8	-1.98	0.432	1.2000	0.7644	0.3556
10.	1.9	-0.76	-0.399	1.3333	0.8711	0.3556
11.	2.0	0.60	-0.360	1.2000	0.7406	0.2734
12.	2.1	1.68	0.315	1.3250	0.8281	0.2734
13.	2.2	-2.42	0.616	1.3059	0.7696	0.2076
14.	2.3	-0.46	-0.552	1.4235	0.8401	0.2076
15.	2.4	0.24	-0.480	1.3889	0.7531	0.1543
16.	2.5	2.25	0.500	1.5000	0.8086	0.1543
17.	2.6	0.26	-0.780	1.2421	0.6139	0.1108
18.	2.7	-0.27	-0.810	1.1368	0.5717	0.1108
19.	2.8	0.28	-0.840	0.8000	0.3700	0.0500
20.	2.9	3.19	0.870	0.7000	0.3500	0.0500

Nazorat savollari

1. Quyidagi nazariy savollarga javob bering:

- uzatish funksiyasi deb nimaga aytiladi?
- uzatish funksiyasining noli va qutblari deganda nimani tushunasiz?
- impul'sli xarakteristika (vazn funksiyasi) deb nimaga aytiladi?
- o'tish funksiyasi deb nimaga aytiladi?
- chastotaviy xarakteristika deganda nimani tushunasiz?
- fazoviy holatda modelni tushuntiring?
- «nol – qutb» ko'rinishidagi modelni tushuntiring?
- statistik rejimda kuchaytirish koeffisienti deganda nimani tushunasiz?

- sistemaning o'tkazuvchanlik polosasi nima?
 - o'tish jarayoni vaqti deganda nimani tushunasiz?
 - sistemaning kesishish chastotasini tushuntiring.
 - tebranuvchi zvenoning xususiy chastotasi deganda nimani tushunasiz?
 - tebranuvchi zvenoning dempfirlash (tebranishni kamaytirish) koeffisientini tushuntiring.
2. Quyidagilar qaysi birliklarda o'lchanadi:
 - statistik rejimda kuchaytirish koeffisienti;
 - sistemaning o'tkazuvchanlik polosasi;
 - o'tish jarayoni vaqti;
 - sistemaning kesishish chastotasi;
 - tebranuvchi zvenoning xususiy chastotasi;
 - tebranuvchi zvenoning dempfirlash (tebranishni kamaytirish) koeffisienti.
 3. Tebranuvchi zvenoning doimiy vaqti bilan xususiy chastotasi qanday bog'langan?
 4. Fazoviy holatda sistemaning modeli to'rtlik matrisa

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -1 & -3 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, C = [1 \quad 2], D = 0$$

- ko'rinishida bo'lishi mumkinmi? Nima uchun? Umumiy holda matrisalar orasida qanday munosabatlar bajarilishi kerak?
5. MATLAB ni biror bir buyrug'i to'g'risida qisqa ma'lumotni qanday olish mumkin?
 6. MATLAB ning quyidagi buyruqlari orasida qanday farq bor
who va whos clear all va clc
 7. $F(s) = \frac{2s+3}{s^2+4s+5}$ uzatish funksiyasin qanday kiritiladi?
 8. Statik kuchaytirish koeffisientida to'g'ri uzatish koeffisienti (fazo holatidagi modelda D matrisa) ning o'zgarish ta'siri qanday?
 9. **LTIVIEWER** modulining qanday imkoniyatlari mavjud?
 10. `f_ss` sistemaning impul'sli xarakteristikasi to'g'risida nimalar deyish mumkin? Nima uchun u ishonchli qurilmagan?
 11. O'rnatilgan rejimda AChX bo'yicha kuchaytirish koeffisientini qanday topiladi? Sistemaning o'tazuvchanlik palasasinichi?
 12. MATLAB oynasidan boshqa programmaga grafikni qanday ko'chiriladi?
 13. Logarifmik shkalada teng taqsimlangan 10^{-1} dan 10^2 gacha intervalda 200 nuqutali massivni qanday quriladi ?
 14. AChX grafigida qaysi kattaliklar o'q bo'yicha og'adi?

Avtomatik boshqarish nazariyasi
1 – LABORATORIYA ISHI BO‘YICHA HISOBOT
Ochiq chiziqli sistemalarni tadqiq etish

Bajardi: _____

Tekshirdi: _____

Variant _____

20

1. Sistemaning tavsifi

Matematik modeli

$$F(s) = \frac{2.9s^2 + 3.19s + 0.87}{s^3 + 0.7s^2 + 0.35s + 0.05}$$

ko‘rinishdagi uzatish funktsiya bilan ifodalangan sistemani tadqiq qilinadi.

2. Tadqiqot natijalari

- tf.m fayl adresi:
E:\MAT\LAB\toolbox\control\control\@tf\tf.m
- uzatish funktsiyasi nullari
-0.6000
-0.5000
- uzatish funktsiyasi qutblari
-0.2500 + 0.4330i
-0.2500 - 0.4330i
-0.2000
- o‘rnatilgan rejimda zvenoning kuchaytirish koeffitsienti
k = 17.4000
- sistemaning o‘tazuvchanlik palasasi
b = 0.4808 rad/sek
- fazo xolatida sistemaning modeli

a =	-0.7000	-0.1750	-0.0500
	2.0000	0	0
		0	0.5000
b =	2		
	0		
	0		
c =	1.4500	0.7975	0.4350
d =	0		
- statik kuchaytirish koeffitsientida D matrisaning o‘zgarishi
k1 = 18.4000

k va k_1 koeffitsientlar orasidagi aloqa orqali tushuntiriladi.

- «nol-qutb» formasidagi model

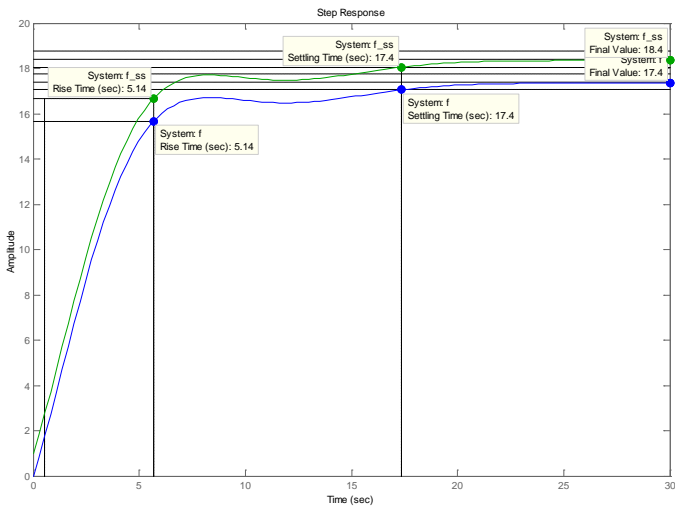
$$2.9 (s+0.6) (s+0.5)$$

$$(s+0.2) (s^2 + 0.5s + 0.25)$$

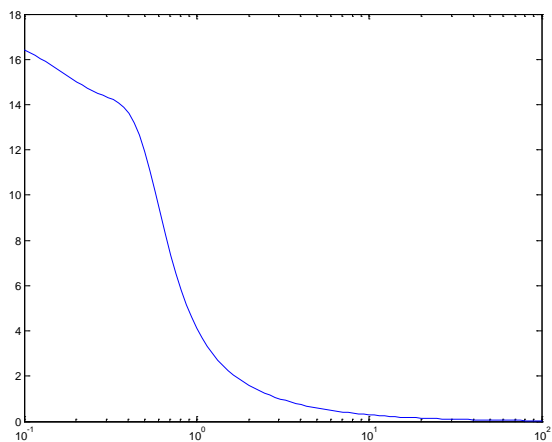
- dempfirlash koeffitsienti va kesishish chastotalari

Uzatish funksiyasi qutblari	Husuriy chastota, rad/sek	Doimiy vaqt, sek	Dempfirmash koeffitsienti
-0.2000	0.2000	5	1.0000
-0.2500 + 0.4330i	0.5000	2	0.5000
-0.2500 - 0.4330i	0.5000	2	0.5000

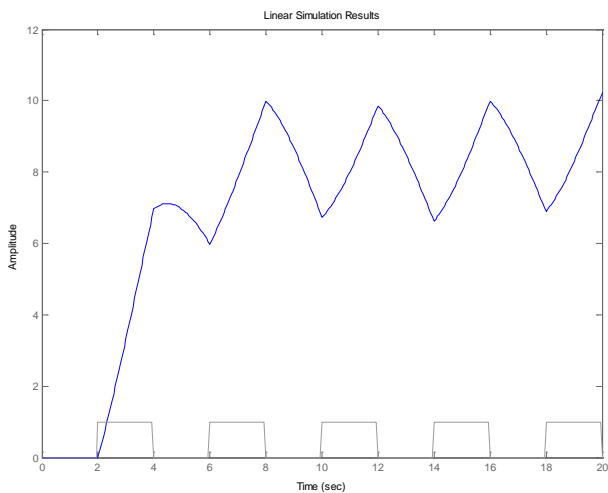
- f va f_{ss} sistemalarning impul'sli xarakteristikalari bir xil chiqdi, chunki ...
- berilgan va shakillangan (modifikasiyalangan) sistemaning o'tish jarayoni



- amplituda chastotali xarakteristikasi



- AChX bo'yicha statistik kuchaytiish koeffitsientini topish uchun
- AChX bo'yicha o'tkazuvchvnlk palasasini topish uchun
- to'g'riburchakli impul'sli xolati signalga ta'siri



2 – LABORATORIYA ISHI

CHIZIQLI SISTEMA UCHUN ROSTLAGICHNI LOYIHALASH

Ishning maqsadi

- MATLAB vositasi yordamida bir o'lichamli chiziqli uzluksiz sistemalar uchun rostlagichni loyihalash usullari o'zlashtirish.

Ishning vazifasi

- chiziqli zvenolarni ulash modellarini tuzishni o'rganish;
- oddiy rostlagichlarni loyihalashda **SISOTool** modulidan foydalanishni o'rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant raqami;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

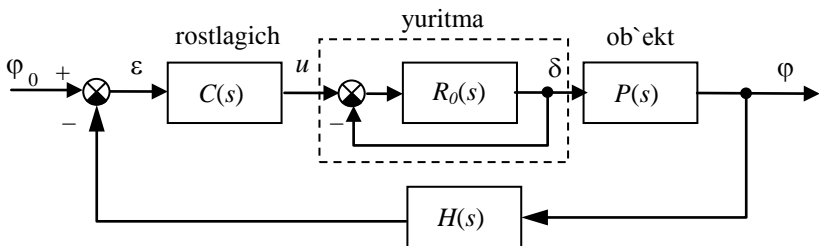
Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Sistema tavsifi

Ishda kema yo'nalishining stabilash sistemasi ko'riladi. Uning struktur sxemasi qo'yidagi 1-rasmda ko'rsatilgan.

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi ko'rinishga ega:

$$\begin{aligned}\dot{\varphi} &= \omega_y, \\ \dot{\omega}_y &= -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta,\end{aligned}$$



O'lchov sistemasi

1-rasm. Kema yo'nalishining stabilash sistemasining struktur sxemasi

bu erda φ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yo'nalishdan og'ish burchagi), ω_y – vertikal o'q atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffitsient, birligi *rad/sek*.

Rul` burilish burchagidan u yoki bu tomonga burilish burchagiga uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}.$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s}$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lchash uchun girokompassdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan⁴ yoziladi.

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1}.$$








⁴ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Buyruqlarni asosiy qismi MATLAB vositasining buyruqlar oynasida kiritiladi. Boshqa programmalarda ishlatish kerak bo'lgan oynalar tegishli dasturlarning ikonkalari ko'rinishida belgilanadi.






Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. Kema modelining uzatish funksiyasini kiriting $P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}$ ob'ekt qilib tf .	<code>P = tf (K, [Ts 1 0])</code>
2. Integrallovchi zvenoning uzatish funksiyasini kiriting $R_0(s) = \frac{1}{T_R s}$.	<code>R0 = tf (1, [TR 0])</code>
3. Birlamchi manfiy teskari bog'lanish integratorini yopib, rul qurilmasining uzatish funksiyasini tuzing	<code>R = feedback (R0, 1)</code>
4. Ob'ektni yuritma bilan ketma-ket ulash uzatish funksiyasini tuzing	<code>G = P * R</code>
5. Hosil bo'lgan modelni uzatish funksiyasini tuzing va bufer orqali hisobotga ko'chirib oling. Funksiyaning cheksiz o'sishishi va tug'ri chiziqqa intilishini nima uchunligini tushuntirib bering. Bu to'g'ri chiziqning qiyalik koeffisienti kanday? Grafik bilan oynani yoping.	<code>step (G)</code>
6. O'lchash qurilmasining uzatish funksiyasini quring $H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1}$.	<code>H = tf (1, [T_TB 1])</code>
7. Ochiq konturning uzatish funksiyasini quring.	<code>L = G * H</code>
8. Ochiq sistemaning LAFChX ni quring ⁵ .	<code>bode (L)</code>

⁵ Chet el adabiyotida LAFChX Bode diagrammasi deb aytiladi.


<p>9. To'g'ri chiziqning 0 dB LAFChX bilan va to'g'ri chiziqning -180⁰ LAFChX bilan kesishishini aniqlovchi nuqtalarni belgilang.</p>	<p> Figure No. 1 SO'T - Characteristics - Stability (Minimum Crossing)</p>
<p>10. Berk sistemasining turg'un ekanligini aniqlang? Amplituda (<i>Gain margin</i>) va faza (<i>Phase margin</i>) buyicha turqunlik zapasi qanday? Bu holatda qaysi rostlagich ishlatilmaydi? LAFChX grafigini hisobotga ko'chirib oling.</p>	<p> Figure No. 1 Doira-belgi ustiga SChT</p>
<p>11. Berk sistemaning maksimal kuchaytirish koefficientini aniqlang. Natijasini tushuntirib bering.</p>	<p> Figure No. 1 SO'T - Characteristics - Peak Response</p>
<p>12. LAFChX oynasini yoping va SI-SOTool.⁶ modulini ishga tushiring</p>	<p>sisotool</p>
<p>13. Uzatish funksiyasini G model ob'ektiday (<i>Plant</i>) va H model datchikiday (<i>Sensor</i>) import qiling. F (fil'troldi) va C (rostlagich) bloklarini uzgarishsiz qoldiring (1 ga teng holda).</p>	<p> SISO Design Tool File - Import</p>
<p>14. Ildizli godograf tasvirini shunday uchiringki, oynada faqat LAFChX qolsin.</p>	<p> SISO Design Tool View - Root Locus (o'chirish)</p>
<p>15. Darhol uzatish funksiyalarining o'zgarishlarini ko'rish uchun oynanig tepa menyusidan SISOTool LTI-Viewer⁷ ni ishga tushiring. Bir birini yopadigan qilib, 2 ta oynani yonma-yon qilib joylashtiring.</p>	<p> SISO Design Tool Analysis - Response to Step Command</p>
<p>16. Boshqarish signali chiqishini o'chirib, faqat chiqishda uzatish funksiyasining grafigini qoldiring</p>	<p> LTI Viewer SO'T - Systems - Closed loop r to u</p>

⁶ SISO = Single Input Single Output, bitta kirish va bitta chiqishli sistema.

⁷ LTI = Linear Time-Invariant, chiziqli stasionar sistema.

<p>17. Qayta sozlash σ va uzatish funksiyasi vaqtini T_p⁸ aniqlang. Grafikni hisobotga ko'chirib oling.</p>	<p> LTI Viewer SO'T - Characteristics -</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peak Response • Settling Time
<p>18. SISOTool oynasini oching. Qayta roslash taxminan 10% ga teng bo'lganda kuchaytirish koeffisientini aniqlang. Uzatish jarayonining vaqti qanday o'zgardi? Bu holda turg'unlik zahirasi qanday bo'ladi? Grafikni hisobotga ko'chirib oling.</p>	<p> SISO Design Tool sichqonchani LChX ga keltiring, <i>Current Compensator</i> maydonida rahirlang</p>
<p>19. MATLAB vositasi oynasiga o'ting va proporsional-differensial (PD) rostlagichning uzatish funksiyasini kiriting</p> $C_{pd}(s) = 1 + \frac{T_s s}{T_v s + 1}, \text{ bu erda } T_v = 1 \text{ sek,}$ <p>T_s esa – kema davri doimiyligi.</p>	<p>$C_{pd} = 1 + tf ([Ts \ 0], [Tv \ 1])$</p>
<p>20. SISOTool oynasiga o'ting. C bloki uchun baza modeliday Cpd rostlagichini import qiling.</p>	<p> SISO Design Tool File - Import, Cpd -> C</p>
<p>21. Qayta roslash taxminan 10% ga teng bo'lganda, qo'shimcha kuchaytirish koeffisientini aniqlang. Uzatish jarayoni vaqtini va turg'unlik zapaslarini aniqlang. proporsional va PD-rostlagichlarini taqqoslang. Uzatish jarayoni grafigini hisobotga ko'chirib oling.</p>	<p> SISO Design Tool sichqonchani LChX ga keltiring, <i>Current Compensator</i> maydonida rahirlang</p>
<p>22. Uzatish jarayoni vaqti minimal bo'lgan holda qo'shimcha kuchaytirish koeffisientini aniqlang. Uzatish jarayoni grafigini hisobotga ko'chirib oling.</p>	<p> SISO Design Tool sichqonchani LChX ga keltiring, <i>Current Compensator</i> maydonida rahirlang</p>

⁸ Matlab da belgilangan qiymatdan 2% og'ishida uzatish jarayoni vaqti aniqlanadi.

<p>23. Hosil bo'lgan roslagichni MATLAB ishchi doirasiga eksport qiling.</p>	<p> SISO Design Tool File - Export Export as ustunidan Cpd nomini Export to workspace tugmasidagi C ga o'zgartiring</p>
<p>24. Hosil bo'lgan berk sistemasining uzatish funksiyasini tuzing. Nima uchun bunday katta ifoda hosil bo'lganini o'ylab ko'ring. Uzatish funksiyasining tartibi qanday bo'lishi kerak?</p>	$W = C * G / (1 + C * G * H)$
<p>25. Uzatish funksiyasini W minimal realizasiyasini.</p>	$W = \text{minreal}(W)$
<p>26. Berk sistema uzatish funksiyasining qutblarni aniqlang. Ba'zi qutblarning mavhum o'qqa yaqinligi nimani anglatadi? Bu holda turg'unlik zapasi kam bo'lishi to'g'rimi?</p>	<p>pole (W)</p>
<p>27. Belgilangan rejimda sistemaning kuchaytirish koeffisientini aniqlang. Natijani tushuntirib bering. Doimiy signal izlanilishida bunday sistemada statik xatolik bormi? Nima uchun? Chiziqli kuchayuvchi signal uchun bunday sistemada statik xatolik bormi?</p>	<p>dcgain (W)</p>
<p>28. Agar datchik modeli $H(s) = \frac{2K_{oc}}{T_{oc} + 1}$ ko'rinishga ega bo'lsa, statik kuchaytiruvchi koeffisient qanday o'zgaradi?</p>	
<p>29. Berk sistemaning kirishdan boshqarish signaliga (rostlagich chiqishiga) uzatish funksiyasining minimal realizasiyasini tuzing.</p>	$W_u = \text{minreal}(C / (1 + C * G * H))$
<p>30. Birlamchi pog'onali kirish signalida boshqarish signalining o'zgarishini tuzing va grafikni hisobotga ko'chirib oling. Nimaga boshqarish signalining nolga intilishini tushuntirib bering.</p>	<p>step (Wu)</p>

Koeffisientlar jadvali

Variant	T_s , sek	K , rad/sek	T_R , sek	T_{TB} , sek
1.	16.0	0.06	1	1
2.	16.2	0.07	2	2
3.	16.4	0.08	1	3
4.	16.6	0.07	2	4
5.	16.8	0.06	1	5
6.	17.0	0.07	2	6
7.	17.2	0.08	1	1
8.	17.4	0.07	2	2
9.	17.6	0.06	1	3
10.	17.8	0.07	2	4
11.	18.0	0.08	1	5
12.	18.2	0.09	2	6
13.	18.4	0.10	1	1
14.	18.6	0.09	2	2
15.	18.8	0.08	1	3
16.	19.0	0.07	2	4
17.	19.2	0.08	1	5
18.	19.4	0.09	2	6
19.	19.6	0.10	1	1
20.	18.2	0.0694	2	6

Himoya uchun nazorat savollari

1. № 1 laboratoriya ishining hamma savollarini ko'rib chiqing.
2. SISO, LTI qisqartmalari nimani anglatadi?
3. Sistemaning chiziqli differensial tenglamalari buyicha uzatish funksiyasini qanday hosil qilsa bo'ladi?
4. MATLAB oynasida qanday uzatish funksiyasini kiritisa bo'ladi?
5. MATLAB da qanday operatsiyalar yordamida parallel va ketma-ket ulash, teskari bog'lanishli sistemalar modellari tuziladi?
6. Berk sistemaning LAFChX si qanday tuziladi?
7. Faza va amplituda buyicha turg'unlik zaxiralari qanday aniqlanadi? Bu kattaliklar nimani anglatadi? Ular qanday birliklarda o'lchanadi?
8. **SISOTool** moduli qanday imkoniyatlarga ega?
9. Quyidagilar nimani anglatadi?
 - ildizli godograf
 - qayta sozlash
 - uzatish jarayonining vaqti
10. Kuchaytirish koeffisientining o'sishi LAFChX ga qanday ta'sir ko'rsatadi?
11. Nima uchun PD-rostlagichning differensial qismida vaqt doimiyligi T_v aperiodik zveno ko'rinishidagi qo'shimcha fil'tr ishlatiladi?
12. P-rostlagich bilan solishtirganda PD-rostlagichini qo'llash qanday afzalliklar beradi?
13. Kuchaytirish koeffisientining oshishi qayta sozlashga va uzatish jarayoni vaqtiga qanday ta'sir qiladi?
14. Blokning barcha tavsiflarini bilgan holda, berk sistemaning uzatish funksiyasi tartibini qanday aniqlasa bo'ladi?
15. Berk sistemasi uzatish funksiyasining kam turg'unlik zaxirali mavhum o'qga qutblar yaqinligi bog'likmi?
16. Berk sistemasi statik kuchaytirish koeffisienti o'lchash qurilmasining tavsiflariga qanday bog'liq?
17. Astatik sistema nima? Astatizm tartibi nima?

Avtomatik boshqarish nazariyasi
2 – LABORATORIYA ISHI BUYICHA HISOBOT
Chiziqli sistema uchun rostlagichni loyihalash

Bajardilar: _____

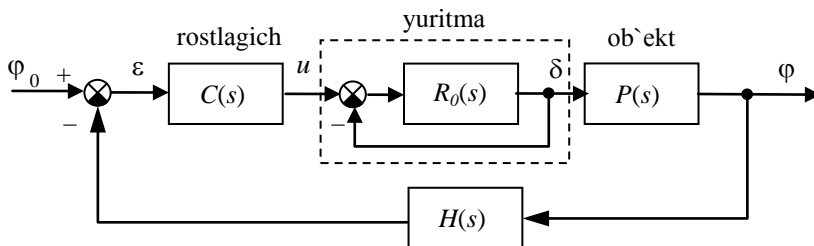
Tekshirdi: _____

Variant

20

1. Sistema tavsifi

Ishda kema yoʻnalishining stabillash sistemasi koʻriladi. Uning struktur sxemasi rasmda koʻrsatilgan.



Oʻlchov sistemasi

Kema yoʻnalishining stabillash sistemasining struktur sxemasi

Kema harakatini taʼriflovchi chiziqli matematik model quyidagi koʻrinishga ega

$$\dot{\varphi} = \omega_y,$$

$$\dot{\omega}_y = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta,$$

bu erda φ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yoʻnalishdan ogʻish burchagi), ω_y – vertikal oʻq atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffitsient, birligi *rad/sek*.

Rul burilish burchagidan u yoki bu tomonga burilish burchagiga uzatish funksiyasi quyidagi koʻrinishda yoziladi

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)} .$$

Yuritma (rul mashinasi) taxminan integrallovchi zvenoday modellashtiriladi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s} ,$$

birlamchi manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan.

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lchash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan⁹ yoziladi.

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1} , T_{TB} = 6 \text{ sek.}$$

2. Ochiq sistemani tadqiq etish

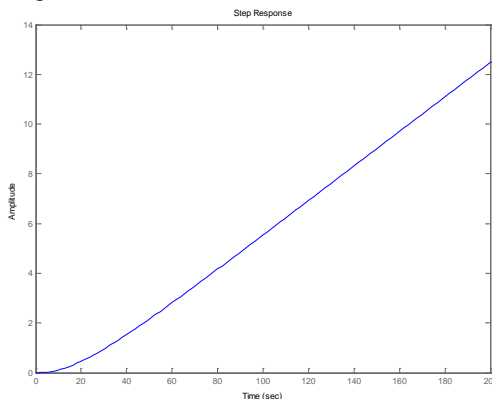
- Rulli qurilmaning uzatish funksiyasi

$$R(s) = \frac{1}{2s + 1} .$$

- Ob'ektni yuritma bilan ketma-ket ulash uzatish funksiyasi

$$G(s) = \frac{0.0694}{36.4s^3 + 20.2s^2 + s} .$$

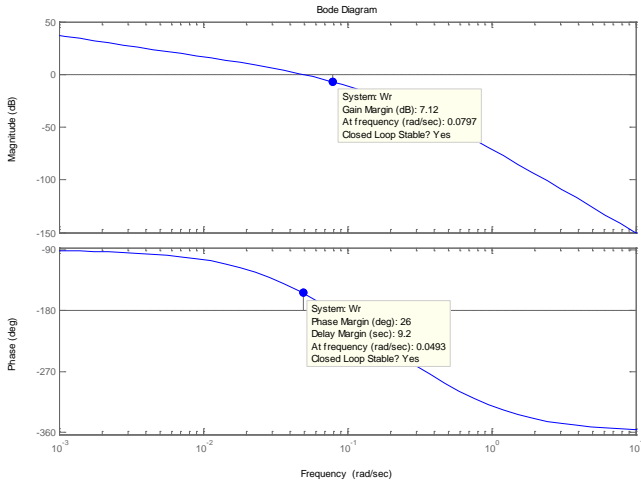
- Bu modelning uzatish tavsifi:



Grafik qiyalik to'g'ri chizig'iga intiladi, chunki ...
Asimptotik qiyaligi ... teng

- Ochiq sistemaning LAFChX si

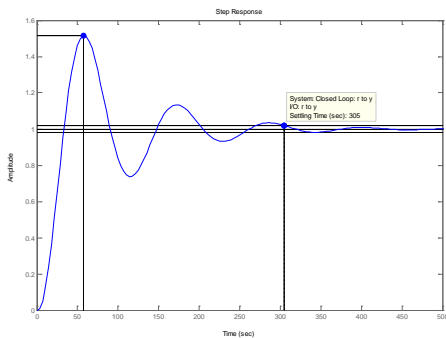
⁹ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.



- Rostlagichli sistema $C(s) = \dots$ turg'un, turgunlik zaxiralari: amplituda bo'yicha $-7,12$ dB, faza bo'yicha -26 gradus.
- Ochiq sistemaning maksimal kuchaytirish \dots teng. Bu shu bilan izohlanadi \dots

3. Proporsional (P) rostlagichli sistemani tadqiq etish

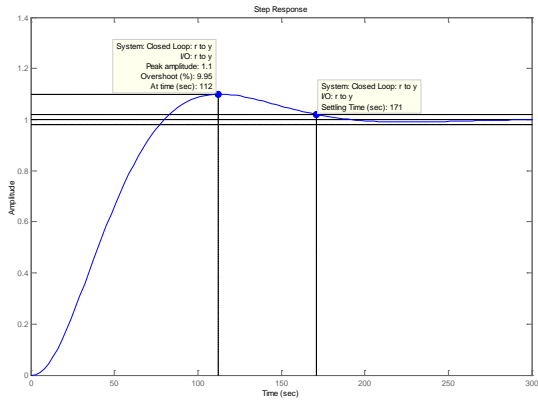
- $C(s) = \dots$ da berk sistemasi uzatish funksiyasi



- Uzatish funksiyasi vakti $T_{mn} = 305$ sek, kayta sozlash $\sigma = 51\%$.
- 10% dan oshmagan xolda kayta sozlashni ta'minlash uchun quyidagi kiyamatgacha regulyator kuchaytirish koeffisientini kamaytirish talab kilinadi

$$C(s) = 0.348$$

- $C(s) = 0.348$ da sozlangan berk sistemaning uzatish funksiyasi



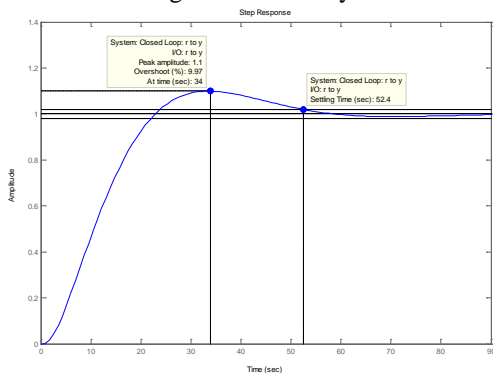
- Uzatish jarayoni vakti $T_{nm} = 171$ sek,
- Turgunlik zaxiralari: amplituda buyicha 16,3 dB, faza buyicha 57.9 gradus.

4. Proporsional`-differensial` (PD-) rostlagichli sistemani tadqiq etish

- Rostlagich uzatish funksiyasining umumiy
- $C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s}{T_v + 1} \right)$, bu erda $T_s = 18.2$ sek, $T_v = 1$ sek, koeffisient K_c esa sistema talblariga asosan loyixalash jarayonida tanlab olinishi kerak.

4.1. 10% qayta sozlashni ta`minlovchi rostlagich

- 10% kayta sozlashni ta`minlash uchun $K_c = 0.942$ ni tanlab olish talab kilinadi
- Sozlangan berk sistemaning uzatish funksiyasi

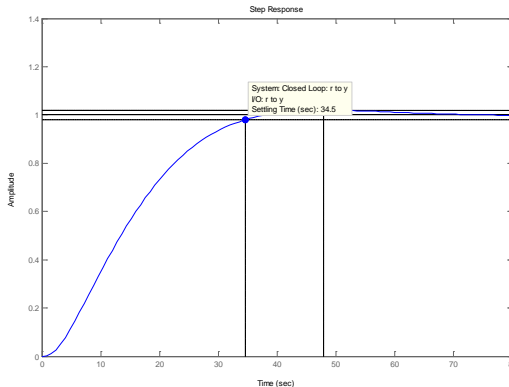


- Uzatish jarayoni vakti $T_{nm} = 52$ sek,

- Turgunlik zaxiralari: amplituda buyicha 15.9 dB, faza buyicha 60.2 gradus.
- P- roslagichi bilan solishtirganda PD-roslagichini kullash imkon beradi
- ...

4.2. Qisqa uzatish jarayonini ta'minlovchi roslagich

- Uzatish funksiyasining minimal vaktini ta'minlash uchun $K_c = 0.704$ ni tanlab olish talab kilinadi.
- Sozlangan berk sistemaning uzatish funksiyasi



- Uzatish jarayoni vakti $T_{nm} = 34$ sek.
- Turgunlik zaxiralari: amplituda buyicha 18.4 dB, faza buyicha 67.3 gradus.
- Berk sistemaning uzatish funksiyasi

$$0.025771 (s+0.05208) (s+0.1667)$$

$$(s+0.9892) (s+0.5459) (s+0.04826) (s^2 + 0.1382s + 0.008584)$$

- Uzatish funksiyasi tartibi 5 ga teng, chunki...
- Uzatish funksiyasining kutblari
 - 0.9892
 - 0.5459
 - 0.0691 + 0.0617i
 - 0.0691 - 0.0617i
 - 0.0483
- Mavxum ukka kutblarning yakinligi, anglatadi ... Bunda turgunlik zaxirasi...
- Belgilangan rejimda sistemaning kuchaytirish koeffisienti teng ... Bush uni anglatadiki...
- Uzgarmas signalda belgilangan xatolik ..., chunki ...
- Tugri chizikli oshuvchi signalda belgilangan xatolik ..., chunki...

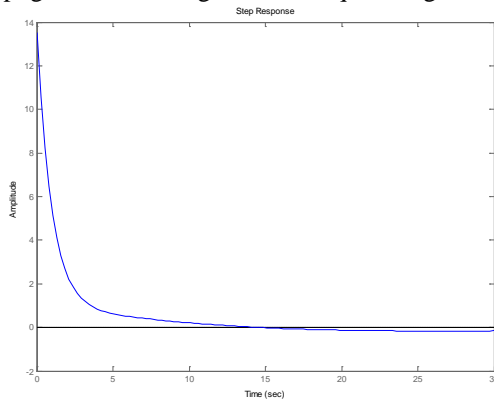
- $H(s) = \frac{2K_{oc}}{T_{oc} + 1}$ model` bilan tavsiflanadigan datchikni kullashda quyidagi

rejimda kuchaytirish koeffisienti ... ga teng, chunki...

- Xosil bo'lgan sistema astatik hisoblanadi, ya'ni, doimiy kirish signalini xatoliksiz kuzatiladi. Bu quyidagi bilan aniqlanadi ...
- To'g'ri chiziqli oshuvchi signalda ...
- Kirishdan boshqarish signaliga berk sistemaning uzatish funksiyasi
 $13.5168 s (s+0.05208) (s+0.05495) (s+0.1667) (s+0.5)$

 $(s+0.9892) (s+0.5459) (s+0.04826) (s^2 + 0.1382s + 0.008584)$

- Birlamchi pog'onali kirish signalida boshqarish signalining o'zgarishi



- Boshqarish signali nolga intiladi, chunki...

3 – LABORATORIYA ISHI

SIMULINK PAKETIDA BOSHQARISH SISTEMALARINI LOYIHALASH

Ishning maqsadi

- SIMULINK paketida chiziqli sistemalarni modellashtirish usullari o‘zlashtirish

Ishning vazifasi

- SIMULINK paketida boshqarish sistemalarining modellarini qurish va tahrir qilishni o‘rganish;
- bloklar parametrlarini o‘zgartirishni o‘rganish;
- o‘tish jarayonini qurishni o‘rganish;
- loyihalash natijalarini rasmiylashtirishni o‘rganish;
- PID-rostlagichi yordamida o‘zgarmas g‘alayonlashlarning kompensasiya usulini o‘rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

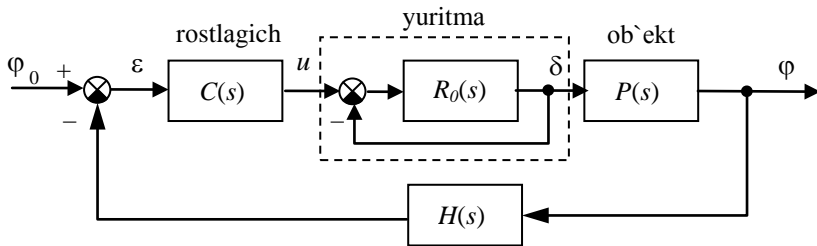
Laboratoriya ishi bo‘yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo‘yicha tekislab 12 pt o‘lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko‘rinishida bajariladi. U o‘zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o‘qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant nomeri;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko‘chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Sistema tavsifi

Ishda kemani yo‘nalish bo‘yicha boshqarish sistemasi ko‘riladi. Uning struktura sxemasi rasmda ko‘rsatilgan.



O'lchov sistemasi

1-rasm. Kema yo'nalishining stabilash sistemasining struktur sxemasi

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi ko'rinishga ega:

$$\dot{\varphi} = \omega_y,$$

$$\dot{\omega}_y = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta,$$

bu erda φ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yo'nalishdan og'ish burchagi), ω_y – vertikal o'q atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffitsient, birligi *rad/sek*.

Rul` burilish burchagidan u yoki bu tomonga burilish burchagiga uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}.$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s}$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lchash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan¹⁰ yoziladi.

¹⁰ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB}s + 1}$$



PD-rostlagichdan foydalanishda sistemaning o'tish jarayonlari tadqiq qilinadi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s}{T_v s + 1} \right),$$

va PID-rostlagichning


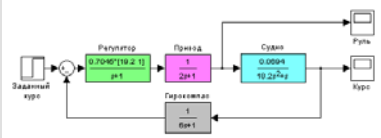










$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s}{T_v s + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}$$




Ishni bajarish bo'yicha instruksiya



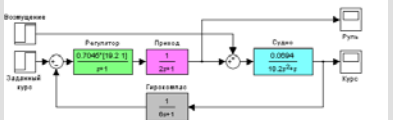



Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. SIMULINK paketini ishga tushirish uchun simulink buyruq qatoriga buyruqni kiriting yoki MATLAB buyruq oynasida  tugmasini bosning.	simulink
2. <i>Simulink Library Browser</i> ochilgan oynasining yuqori menyusi orqali yangi model` yarating.	 Simulink Library Browser File - New - Model
3. <i>Simulink Library Browser</i> (Continuous guruhi) oynasidan Transfer Fcn (uzatish funksiyasi) blokini model oynasiga o'tkazing va kema modeli uzatish funksiyasining surat va mahrajini kiriting.	Blokka ikki marta bosish a. Numerator [K] b. Denominator [Ts 1 0]
4. Blokga Kema nomini bering.	Blok nomiga SChT
5. Shunga o'xshash yana Transfer Fcn tipdagi uchta blok qo'shing, ularni Yuritma , Rostlagich va Girokompas deb nomlang, kerakli parametrlarni kiriting. E'tibor beringki, ichki teskari bog'lanishni hisobga olgan holda yuritmaning uzatish funksiyasi $R(s) = \frac{1}{T_R s + 1}$ ga teng bulishi lozim.	

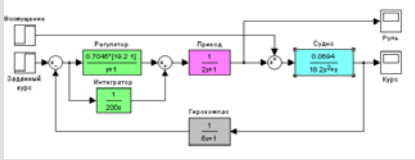

6. lab3.mdl ¹¹ nomi ostida modelni uzingizni papkangizga saqlab quying.	File - Save
7. Girokompas blokini belgilang va uni boshqa tomonga buring.	Ctrl+I bosish yoki Ctrl+R ikki marotaba bosish
8. Kema, Yuritma i Rostlagich bloklari nomlarini bloklar ostiga joylashtiring.	Blokka SO`T, Format - Flip name
9. O`zingizni hohishingizga qarab bloklar rangini tanlang.	Blokka SO`T, Format - Background color
10. Math Operations guruhidan Sum blokini model` oynasiga o`tkazing va uni rostagichning chap tomoniga joylashtiring.	SChT
11. Shunday qilingki, ikkinchi kirishning yig`indisi minus belgisi bilan hisoblansin (manfiy teskari bog`lanish).	Blokka ikki marotaba bosish, List of signs maydonida +- kiritish
12. Sources guruhidan Step blokini model` oynachiga o`tkazing va uni summatorning chap tomoniga joylashtiring. Unga Berilgan yo`nalish nomini bering.	
13. Signal uzatilishining vaqtini 0 va signal kattaligini 10 o`rnatib (10 gradusga burilishni tadqiq qilyapmiz).	Blokka ikki marotaba bosish, Step time maydonida 0 Final value maydonida 10
14. Kerakli usul bilan barcha bloklarni biriktiring.	Bir blokning chiqishiga SChT bosib (ko`rsatkich belgisi plyus ko`rinishini oladi), ikkinchi blokning kirishiga olib boriladi
15. Sinks guruhidan ikkita Scope (ossillograf) blokini model` oynasiga o`tkazing va ularni o`ng tomonga joylashtiring. Ularga Rul` va Yo`nalish deb nom bering.	

¹¹ SIMULINK paketida barcha model fayllari qisqartmasi **.mdl** bo`ladi.

<p>16. Shunday qilingki, birinchi Scope blokiga boshqarish signali uzatilsin (rul` burilish burchagi, Yuritma blokidan so`ng), ikkinchisiga esa – chiqish signali (kema yo`nalishi). Soxranite modelni saqlab quying.</p>	<p>Signal tanlash chizig`ida SO`T bosib, so`ngra SO`T quyib yubormasdan bolk kirishiga olob borish.</p>
<p>17. Barcha elementlar ko`rinib turgan oynani minimal o`lchamgacha kichiklashtiring va almashtirish buferiga model`ni nusxasini ko`chiring. So`ng uni almashtirish buferidan hisobotga quying.</p>	<p> lab3 Edit – Copy model to clipboard</p> 
<p>18. Loyihalash vaqtini 100 soniya qilib o`rnating.</p>	<p> lab3 Simulation – Simulation parameters Stop time maydonida 100</p>
<p>19. Loyihalashni bajaring.</p>	<p> lab3 da  tugmasi bo`yicha SChT</p>
<p>20. Yo`nalish va Rul` bloklari oynalarini ochib, loyihalash natijalarini ko`rib chiqing.</p>	<p> lab3 Boklarga ikki marotaba bosish</p>
<p>21. Bloklar oynalarida o`qlar bo`yicha masshtabni to`g`rilang.</p>	<p> Kypc da  tugama bo`yicha SChT – optimal masshtabni o`rnatish</p>
<p>22. Masshtab parametrlarini saqlang.</p>	<p> Kypc da  tugama bo`yicha SChT</p>
<p>23. Shunday qilingki, loyihalash natijalari ikkala Scope blokidan MATLAB ishchi doirasiga birinchi ustuni –vaqt, ikkinchisi esa – signal (yo`nalish yoki rul`ning burilish burchagi) bo`lgan matrisa ko`rinishida uzatilsin.</p>	<p> Kypc  tugama bo`yicha SChT qo`shimcha Data history <input type="checkbox"/> Limit data points <input checked="" type="checkbox"/> Save data to workspace Variable name: phi (Yo`nalish) yoki delta (Rul`) Format: Array</p>

24. Yana bir marta loyihalashni bajaring.	 da  tugmasi bo'yicha SChT
25. MATLAB buyruqlar oynasiga o'ting va grafik uchun yangi oyna yarating. Bitta oynada turli o'qlarda ikkita egri chiziq chiziladi.	<code>figure(1);</code>
26. Vertikal bo'yicha oynani ikki qismga buling va birinchi grafikni aktiv qiling. subplot buyrug'idagi birinchi raqam vertikal bo'yicha grafiklar bilan katakchalar miqdorini, ikkinchisi – gorizontal buyicha, uchinchisi – aktiv qilish lozim bo'lgan katak raqamini anglatadi..	<code>subplot(2, 1, 1);</code>
27. Yo'nalishning o'zgarish grafigini quring. plot buyrug'ida avval absissa massivi, so'ng – ordinata massivi ko'rsatiladi. Ikki nuqta barcha qatorlar ishlatilayotganini anglatadi.	<code>plot(phi(:,1),phi(:,2));</code>
28. Grafik nomini kiriting.	<code>title('Yo'nalish');</code>
29. Koordinata o'qlari nomlarini kiriting. Grek harflarini kiritish uchun ajratish belgisi quyiladi. LaTeX buyruqlaridan foydalanish ruxsat beriladi. Masalan, « ϕ » - ϕ grek harfini, « δ » esa – δ grek harfini anglatadi..	<code>xlabel('Vaqt, sek');</code> <code>ylabel('\phi, gradus');</code>
30. Shunga o'xshash ikkinchi katakchada loyihalash natijasida olingan delta massivi ma'lumotlarini ishlatib, rul burilish burchagining o'zgarish grafigini quring.	<code>subplot(2, 1, 2);</code> <code>plot(delta(:,1),delta(:,2));</code> <code>title('Rulning burilish burchagi');</code> <code>xlabel('Vaqt, sek');</code> <code>ylabel('\delta, gradus');</code>
31. Qurilgan grafikning nusxasini hisobotga ko'chiring.	<code>print -dmeta</code>
32. Model oynasida yuritma va ob'ekt orasidagi bog'lanishni o'chiring.	 chiziq bo'yicha SChT, Delete bosish.

<p>33. Dobav`te eshe odin blok Sum iz gruppi Math Operations guruhidan yana bir Sum blokini qo`shing va uni bo`shagan joyga joylashtiring. Kirish va chiqishlarning joylashishi shunday to`g`rilangki, birinchi kirish aylananing yuqori qismida joylashishi kerak.</p>	<p> blokka ikki marotaba bosish, List of signs maydonida +- kiritish</p>
<p>34. Sistemaning ob`ekt kirishiga ko`yilgan doimiy signaliga reaksiyasini tadqiq qilamiz. U qandaydir doimiy g`alayonlovchi ta`sirni loyihalashi mumkin, masalan, shamol ta`siri.</p>	
<p>35. Berilgan yo`nalish blokini sichqonchani o`ng tugmasi bilan o`tkazib va u uchun sakrash kattaligini 2 gradusga o`rnatib nusxasini ko`chiring. Unga G`alayonlash nomini bering. Uning chiqishini yangi summatorga ulang. Kerakli birikish chiziqlarini chizib chiqing.</p>	<p> SO`T orqali ko`chirib keling. Blokka ikki marotaba bosish Final Value maydonida 2 nomiga ikki marotaba bosish</p>
<p>36. Olingan model`ning nusxasini hisobotga ko`chiring.</p> 	<p> Edit - Copy model to clipboard</p>
<p>37. Loyihalash vaqtini 500 gacha ko`paytiring va loyihalashni bajaring. 10 gradus berilgan yo`nalishga kema chiqqanligini tekshiring.</p>	<p> Simulation - Simulation parameters - Stop time  tugma bo`yicha SChT</p>
<p>38. PD-rostlagichli yopiq sistemasining g`alayonlash bo`yicha uzatish funksiyasini quring. U yordamida oldingi qadamda olingan natijani tushuntirib bering.</p>	
<p>39. Bu uzatish funksiyasi uchun belgilangan rejimda kuchaytirish koeffitsientini aniqlang. U yordamida 10 gradus berilgan yunalishda va rul`burilishining 2 gradusga ekvivalent doimiy g`alayonlashda chiqish signalining belgilangan qiymatini hisoblang. Bu son loyihalash natijalari bilan mos keladimi?</p>	

<p>40. MATLAB buyruqlar oynasiga va yangi massivlarda loyihalash natijalarini eslab qoling. Ular sistemaning korrektorlangan va boshlang'ich variantlarini farqlash uchun kerak bo'ladi.</p>	<pre>phi0 = phi; delta0 = delta;</pre>
<p>41. Rostlagich galayonlashning doimiy tashkil etuvchisini kompesasiyalashi uchun integral kanali qo'shishi lozim. Shunday qilib PID-rostlagichi hosil bo'ladi. Rostlagichga $\frac{1}{T_i s}$, $T_i = 200$ sek uzatish funksiyali integrallovchi zvenoni parallel' ulang. Model'ni saqlang va nusxasini hisobotga ko'chiring.</p>	
<p>42. Loyihalashni bajaring. Kemaning berilgan 10 gradus yo'nalishiga chiqqanligi tekshiring.</p>	 <p>tugma bo'yicha SChT</p>
<p>43. PID-rostlagichli yopiq sistemasining g'alayonlash bo'yicha uzatish funksiyasini quring. U yordamida oldingi qadamda olingan natijani tushuntirib bering.</p>	
<p>44. Bu uzatish funksiyasi uchun belgilangan rejimda kuchaytirish koeffisientini aniqlang. U yordamida 10 gradus berilgan yunalishda va rul' burilishining 2 gradusga ekvivalent doimiy g'alayonlashda chiqish signalining belgilangan qiymatini hisoblang. Bu son loyihalash natijalari bilan mos keladimi?</p>	

<p>45. PD- va PID- rostlagichlari uchun grafikning yuqori qismida yo'nalish bo'yicha o'tish jarayonlari g^2 ta egri chizig'ini quring. plot buyrug'ida bir nosta massivlar juftliklari hisoblanishi mumkin – birinchi juftlik birinchi grafikga mos keladi, ikkinchisi – ikkinchisiga. Qator oxiridagi uchta nuqta buyruqning keyingi qatorga o'tkazilishi anglatadi. legend buyrug'i legendani – qurilgan har bir grafikni ta'riflovchi simvol qatorlarini chiqarish uchun xizmat qiladi.</p>	<pre>subplot(2, 1, 1); plot(phi0(:,1), phi0(:,2),... phi(:,1), phi(:,2)); title('Yo'nalish); xlabel('Vaqt, sek'); ylabel('\phi, gradus'); legend('PD-rostlagich, ... 'PID- rostlagich');</pre>
<p>46. Shunga o'xshash, grafikning pastki qismida Δ_0 i Δ massivlari ma'lumotlarini qo'llab PD- va PID- rostlagichlari uchun rul'ning burish burchagining o'zgarishining 2 ta egri chizig'i quring.</p>	
<p>47. Almashtirish buferi orqali qurilgan grafikning nusxasini hisobotga ko'chiring. Sistemada o'tish jarayonlariga integral kanallarning ta'siri haqida xulosa chiqaring.</p>	
<p>48. PID-rostlagichli yopiq sistemasining uzatish funksiyasini quring.</p>	
<p>49. PID-rostlagichli sistemaning turg'unlik zaxiralarini aniqlang. Ular etarli darajada deb hisoblanadimi?</p>	<pre>[gm,phim] = margin(W) gm = 20*log10(gm)</pre>

Koeffisientlar jadvali

Variant	T_s , sek	K , rad/sek	T_R , sek	T_{TB} , sek
1.	16.0	0.06	1	1
2.	16.2	0.07	2	2
3.	16.4	0.08	1	3
4.	16.6	0.07	2	4
5.	16.8	0.06	1	5
6.	17.0	0.07	2	6
7.	17.2	0.08	1	1
8.	17.4	0.07	2	2
9.	17.6	0.06	1	3
10.	17.8	0.07	2	4
11.	18.0	0.08	1	5
12.	18.2	0.09	2	6
13.	18.4	0.10	1	1
14.	18.6	0.09	2	2
15.	18.8	0.08	1	3
16.	19.0	0.07	2	4
17.	19.2	0.08	1	5
18.	19.4	0.09	2	6
19.	19.6	0.10	1	1
20.	18.2	0.0694	2	6

Himoya uchun nazorat savollari

1. № 1 i № 2 ishlar bo'yicha barcha savollarga qarang.
2. Teskari bog'lanishli integratorning uzatish funksiyasi qanday aniqlanadi?
3. SIMULINK paketi qanday ishga tushiriladi?
4. *Library Browser* nima?
5. SIMULINK modellari fayllari qanday kengayishlarga ega?
6. Yangi model qanday yaratiladi.
7. Mos ravishda mustaqil chiqish va mustaqil kirishga ega bo'lgan ikkita blok qanday ulanadi?
8. Bitta signal bir nechta bloklarga uzatilishi uchun nima qilinadi?

9. MATLAB ishchi doirasiga loyihalash natijalari qanday uzatiladi? Qanday ko'rinishda ular uzatiladi?
10. Qanday blok yoki blok orasidagi bog'lanishlar o'chiriladi?
11. Qanday **Scope** oynasida koordinata o'qlarining kerakli mashtablari aniqlanadi va saqlanadi?
12. Model` oynasida blokning nusxasi qanday olinadi?
13. Summatorda arifmetik harakatlarning ishoralari qanday o'zgartiriladi?
14. Model` tasviri nusxasi *Microsoft Word* ga qanday ko'chiriladi?
15. Lohiyalash vaqti qanday o'zgartiriladi?
16. Blokning nomi qanday o'zgartiriladi?
17. Blokning nomi boshqa tomonga joylashishi uchun nima qilinadi?
18. Blov fonining rangi qanday o'zgartiriladi? Yozuvning rangi?
19. Kak vvesti parametri bloka **Transfer Fcn** (uzatish funksiyasi) bloki parametrlari qanday kiritiladi?
20. Sistemaning g'alayonlash bo'yicha uzatish funksiyasi fanday aniqlanadi?
21. Nima uchun PD-rostlagich ishlatilishida sistema doimiy g'alayonlashni kompensasiya qilmaydi?
22. G'alayonlash bo'yicha statik kuchaytirish koeffisientini bilgan holda, qanday berilgan yo'nalishdan belgilangan og'ishni aniqlash mumkin?
23. Doimiy g'alayonlash butunligicha kompensasiya qilinishi uchun g'alayonlash bo'yicha uzatish funksiyasi qayday xususiyatlarga ega bo'lishi kerak?
24. Doimiy g'alayonlash butunligicha kompensasiya qilinishi uchun rostlagich qanday xususiyatlarga ega bo'lishi kerak?
25. PID-rostlagichda integral kanalning ko'llanilishi qanday afzalliklar yaratadi?
26. Nima uchun PD-rostlagichli sistemasiga qaraganda, PID-rostlagichli g'alayonlash bo'yicha yopiq sistemasining uzatish funksiyasi 1 tartibga ko'proq?
27. **subplot** buyrug'i qanday parametrdarini qabul qiladi?
28. **phi (:,1)** yozuvdagi ikki nuqta nimani anglatadi?
29. Grafikka sarlavha va uqlar nomi qanday kiritiladi?
30. Qanday bitta oynada ikki turli grafik qurish mumkin?
31. Qanday bitta grafikda bir nechta egri chiziqqlar chizish mumkin?
32. Legenda nima? Grafikka legenda qanday chiqariladi?
33. Qanday grafikka grek alfavit harflari kiritiladi?

Avtomatik boshkarish nazariyasi
3 – LABORATORIYA ISHI BUYICHA HISOBOT
SIMULINK paketida boshqarish sistemalarni loyihalash

Bajardilar: _____

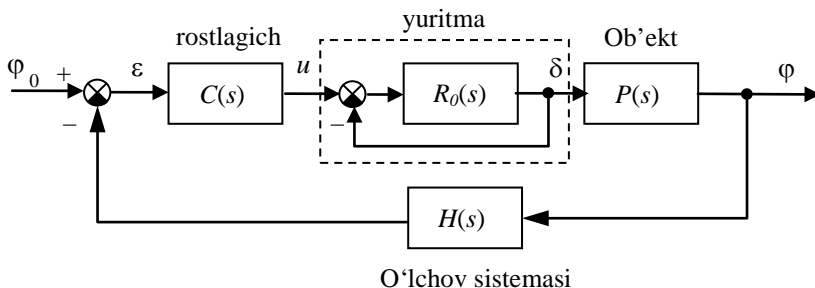
Tekshirdi: _____

Variant

20

Sistema tavsifi

Kemaning yo'nalish bo'yicha boshqarish sistemasi tadqiqot qilinmoqda. Uning struktura sxemasi rasmda ko'rsatilgan



Kemaning harakatlanishi chiziqli matematik model` orqali uzatish funksiyasi ko'rinishida ta'riflanadi

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}, \text{ bu erda } K = 0.0694 \text{ rad/sek}, T_s = 18.2 \text{ sek},$$

Yuritma birlamchi manfiy teskari bog'lanishli integrallovchi zvenoday loyihalangani, shuning uchun uning uzatish funksiyasi teng

$$R(s) = \frac{1}{T_R s + 1}, \quad T_R = 2 \text{ sek},$$

O'lchov kurilma (girokompas) uzatish funksiyasi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1}, \quad T_{TB} = 6 \text{ sek},$$

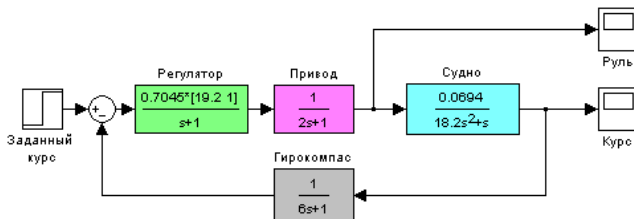
teng bo'lgan aperiodik zvenoday loyihalangani.

5. PD-rostlagichli sistemaning tadqiqoti

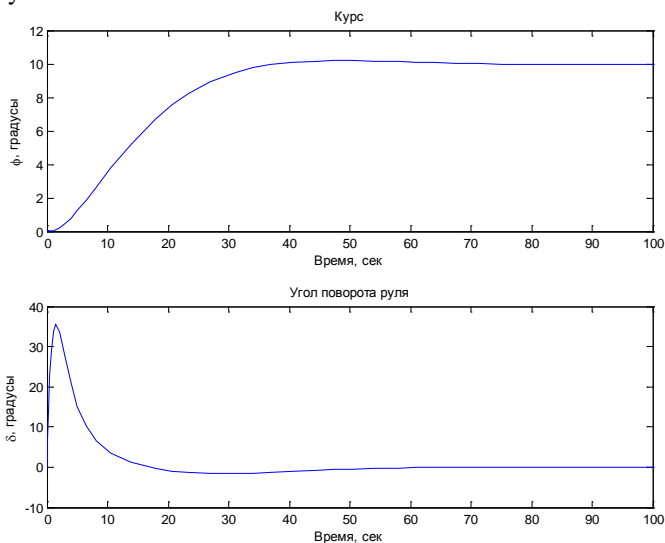
- O'tish jarayonining minimal davomlilikni ta'minlovchi PD-rostlagichning uzatish funksiyasi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s}{T_v s + 1} \right), \quad \text{gde } K_c = 0.7045, T_s = 18.2 \text{ sek}, T_v = 1 \text{ sek},$$

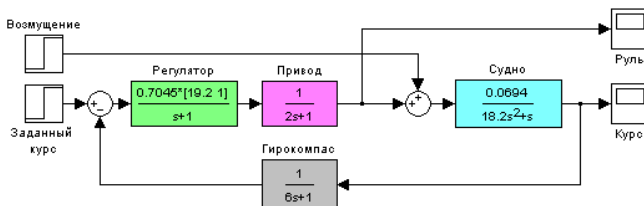
- PD-rostlagichli sistemaning modeli



- PD-rostlagichli sistemaning yoʻnalishning 10 ga oʻzgarishida oʻtish jarayonlari



- Tashqi gʻalayonlashni hisobga olgan holda PD-rostlagichli sistemaning modeli



- PD-rostlagichli sistema uchun g'ayonlash bo'yicha uzatish funksiyasi

$$0.003813 s^3 + 0.006355 s^2 + 0.00286 s + 0.0003178$$

$$s^5 + 1.722 s^4 + 0.8416 s^3 + 0.1245 s^2 + 0.008877 s + 0.0002239$$

- PD-rostlagichli kema berilgan yo'nalish 10 gradusga chiqmadi, chunki...
- Statik kuchaytirish koeffisienti $k_s = 1.419$, chiqish signalining belgilangan qiymati teng bo'lishi kerak $\varphi_\infty = \dots$, chunki...; bu ma'lumotlar loyihalash natijalari bilan mos keladi.

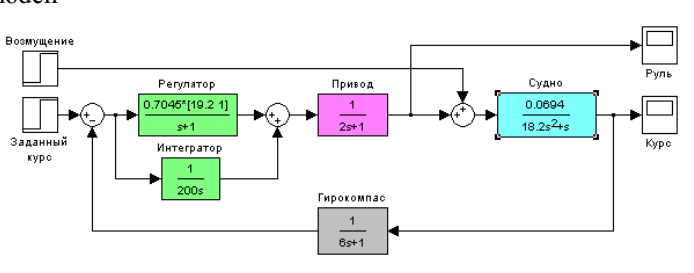
6. PID-rostlagichli sistemaning tadqiqoti

- PID-rostlagichning uzatish funksiyasi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s}{T_v s + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } K_c = 0.7045, T_s = 18.2 \text{ sek,}$$

$$T_v = 1 \text{ sek, } T_I = 200 \text{ sek,}$$

- Tashqi g'ayonlashni hisobga olgan holda PID-rostlagichli sistemaning modeli

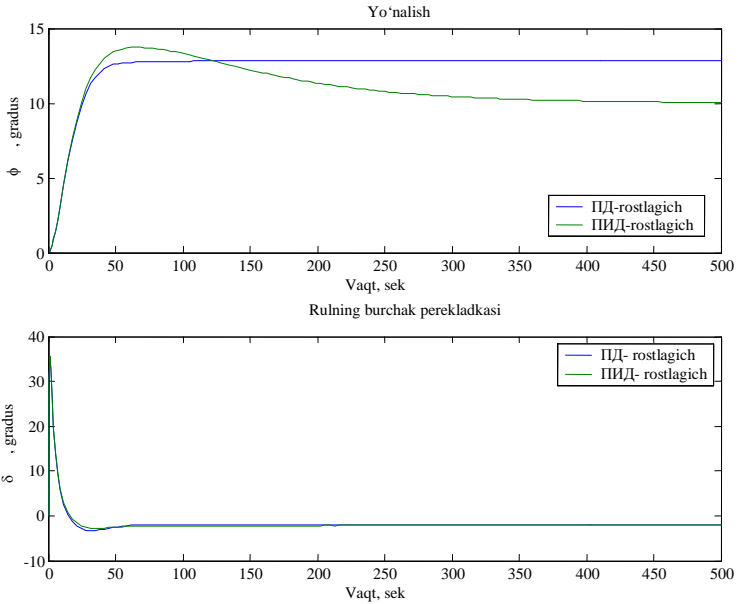


- PID-rostlagichli sistema uchun g'ayonlash bo'yicha uzatish funksiyasi

$$0.003813 s^4 + 0.006355 s^3 + 0.00286 s^2 + 0.0003178 s$$

$$s^6 + 1.722 s^5 + 0.8416 s^4 + 0.1245 s^3 + 0.008877 s^2 + 0.0002255 s + 1.589e-006$$

- PID-rostlagich qo'llanishida kema berilgan yo'nalishga chiqadi, chunki ...
- Statik kuchaytirish koeffisienti $k_s = \dots$, chiqish signalining belgilangan qiymati $\varphi_\infty = \dots$ ga teng bo'lishi lozim, chunki...; bu ma'lumotlar loyihalash natijalari bilan mos keladi.
- PD- va PID- rostlagichli sistemalarda uzatish funksiyalari



- PD- rostlagich o‘rniga PID- rostlagich qo‘llanilishida ... (nima yaxshilandi?)
- Bunda boshqarish signali ... (qanday o‘zgardi?)
- Shu bilan birga bir vaqtda ... (nima yomonlashadi?)
- PID-rostlagichli berk sistemaning uzatish funksiyasi

$$0.004298 s^2 + 0.0002255 s + 1.589e-006$$

$$s^6 + 1.722 s^5 + 0.8416 s^4 + 0.1245 s^3 + 0.004579 s^2$$

- Amplitula turg‘unlik zaxirasi $g_m = 18.4 \text{ dB}$, faza buyicha $\varphi_m = 63^\circ$, zaxiralar keraklicha deb hisoblanadi.

4 – LABORATORIYA ISHI

DINAMIK SISTEMALARNI TURG'UNLIGINI TADQIQ ETISH

4.1. Ishdan maqsad

- o avtomatik boshqarish sistemalarida turg'unlik masalarini echish;
- o turg'unlik shartlari va mezonlarini o'rganish;
- o **MatLAB** dasturi yordamida sistemaning turg'unligini tekshirish.

4.2. Jixozlanish

IBM PC tipidagi shaxsiy EHM va **MatLAB** dasturi.

4.3. Masalaning quyilishi

1. Dinamik sistemalarning turg'unligini aniqlash mezonlari bilan tanishish.
2. Sistemaning turg'unligini Naykvist mezoni bo'yicha aniqlash.

4.4. Nazarish qism

Sistema turg'unligini tadqiq etish uning xarakteristik tenglamasi ildizlarining ishorasini aniqlashdan, ya'ni xarakteristik tenglama ildizlarini kompleks tekisligida mavhum o'qqa nisbatan qanday joylashganligini aniqlashdan iborat. Kompleks tekisligida xarakteristik tenglama ildizlarining mavhum o'qqa nisbatan joylashganligini aniqlaydigan qoidalarga *turg'unlik mezonlari* deyiladi.

Sistemaning turg'unlik masalarini echishda quyidagi turg'unlik mezonlaridan foydalaniladi: Turg'unlikning algebraik mezonlari (Gurvis, Rauss va x.k.) va chastotaviy mezonlari (Mixaylov, Naykvist, turg'unlikning logarifmik mezonlari).

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

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

Turg'unlikning Naykvist mezoni ochiq sistemaning amplituda faza xarakteristikasi (AFX) buyicha berk sistemaning turg'unligini tekshirish imkonini beradi. Ochiq sistemaning AFX sini esa analitik, xamda esperimental yo'l bilan olish mumkin.

Turg'unlikning bu mezoni aniq ravshan fizik ma'noga ega, ya'ni bu mezon ochiq sistemaning stasionar chastotali xususiyatlarini berk sistemaning nostasionar xususiyatlari bilan bog'laydi. Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi $W(p)=P(p)/Q(p)$ berilgan bo'lsin. Bu erda: $Q(r)$ - ochiq sistemaning xarakteristik tenglamasi. Berk sistemaning uzatish funksiyasi:

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

$$A(p) = 1+W(p) = 1 + \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{Q(p)+P(p)}{Q(p)} - \text{berk sistemaning xarakteristik}$$

tenglamasi.

$Q(p)+P(p)$ - berk sistemaning xarakteristik polinomini ifodalaydi, bu erda $Q(p)$ - polinomi « n » darajaga ega, $R(r)$ - polinomi « m » darajaga ega.

Sistemani ishga ishga tushirish uchun esa doimo $m < n$ bo'lishi kerak. Shuning uchun $[Q(r)+R(r)]$ polinomi ham « n » darajaga ega bo'ladi. Ochiq sistemaning o'zi turg'un va noturg'un holatda bo'lishi mumkin:

Ochiq sistema turg'un holatda

Xarakteristik tenglamaning o'ng ildizlar soni $l=0$ Mixaylov mezoniga muvofiq ochiq sistema xarakteristik tenglamasi argumentining o'zgarishi:

$$\Delta \arg Q(j\omega) - n \frac{\pi}{2}$$

$0 < \omega < \infty$

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

$$\Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] = n \frac{\pi}{2}$$

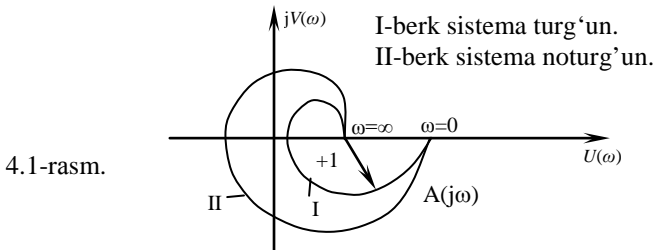
$0 < \omega < \infty$

(4.1) ifodaga muvofiq berk sistema xarakteristik tenglamasining argument o'zgarishi:

$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - n \frac{\pi}{2} = 0$$

$0 < \omega < \infty$ $0 < \omega < \infty$ $0 < \omega < \infty$

Shunday qilib, berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota. $0 < \omega < \infty$ o'zgariganda $A(j\omega)$ vektorning koordinata o'qi atrofidagi burchak burilishi (argument o'zgarishi) nolga teng bo'lish kerak, yoki chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgariganda berk sistema AFX $A(j\omega)$ koordinata boshini, ya'ni (0;0) nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak. $A(j\omega) = 1+W(j\omega)$ godografining ko'rinishi 4.1-rasmda ko'rsatilgan.

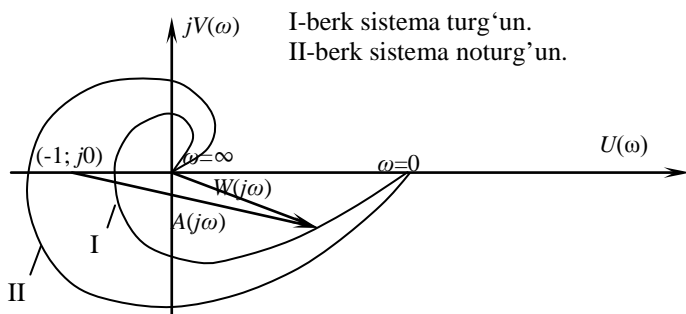


4.1-rasm.

Lekin berk sistemaning AFX $A(j\omega)=1+W(j\omega)$ ochik sistemaning AFX $W(j\omega)$ dan faqat «+1»gagina farq qiladi.

Shuning uchun yuqorida keltirilgan Naykvist mezonining ta'rifini ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ ga tadbiiq etganimizda Naykvist mezonini kuyidagicha. ta'riflash mumkin:

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ si chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgariganda $(-1; j0)$ kritik nuqtani o'z ichiga olmasligi kerak (4.2-rasm).



4.2-rasm.

Ochiq sistema noturg'un holatda

Bunda ochiq sistema xarakteristik tenglamasi l o'ng ildizga ega ya'ni $l \neq 0$, unda argumentlar prinsipiga muvofiq.

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

bo'ladi.

Agar sistemaning turg'un bo'lishini talab etsak, unda quyidagi shart bajarilish kerak:

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

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

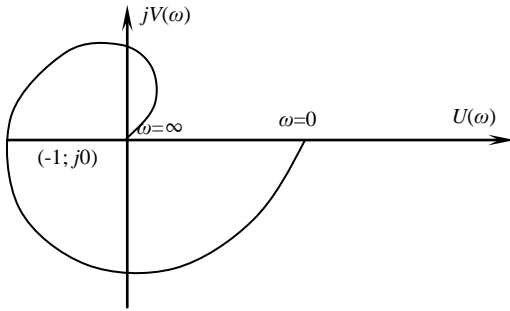
$$\Delta \arg A(j\omega) = \Delta \arg [Q(j\omega) + P(j\omega)] - \Delta \arg Q(j\omega) = n \frac{\pi}{2} - (n - 2l) \frac{\pi}{2} = l\pi \quad 0 < \omega < \infty$$

bo'ladi, ya'ni $A(j\omega)$ vektorining koordinata o'kining boshi atrofidagi summar burchak burilishi turg'un berk sistema uchun « $l\pi$ » ga teng bo'lishi lozim.

Bundan Naykvist mezonining quyidagi ta'rif kelib chiqadi.

Berk sistema turg'un bo'lishi uchun chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgariganda ochiq sistemaning AFX $W(j\omega)$ kritik nuqta $(-1; j0)$ ni $l/2$ marta o'z ichiga

olishi kerak; bunda l -ochiq sistema xarakteristik tenglamasining o'ng ildizlar soni (4.3-rasm).



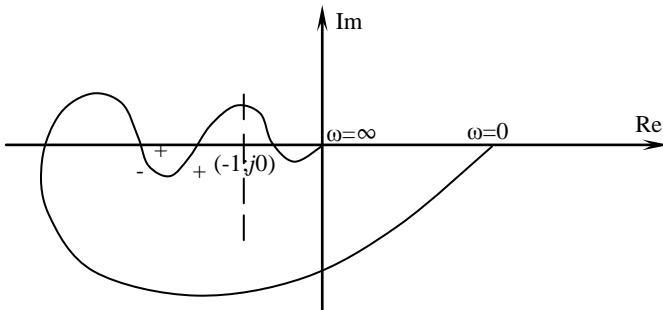
4.3-rasm.

$W(j\omega)$ godografi $(-1; j0)$ nuqtani bir marta o'z ichiga olayпти. Shuning uchun bunda ochiq sistemaning o'ng ildizlar soni $l=2$, chunki $l/2=1 \Rightarrow l=2$. Demak ochiq sistema o'ng ildizlar soni $l=2$ bo'lganda berk sistema turg'un bo'ladi. $l \neq 2$ bo'lsa, berk sistema ham noturg'un bo'ladi.

Amaliy masalalarni echishda Ya. 3. Sipkin taklif etgan "o'tish qoidasini" qo'llash maqsadga muvofiqdir.

$W(j\omega)$ xarakteristikani o'tish deganda shu xarakteristikaning kompleks tekisligida manfiy haqiqiy o'qni $(-1; j0)$ nuqtaning chap toponida, ya'ni $(-\infty; -1)$ kesmada kesib o'tishi nazarda tutiladi.

Agar $W(j\omega)$ xarakteristikasi kritik nuqta $(-1; j0)$ ning chap tomonini, ya'ni $(-\infty; -1)$ kesmani chastota $0 < \omega < \infty$ o'zgarganda pastdan yuqoriga kesib o'tsa, musbat o'tish yuqoridan pasga kesib o'tsa, manfiy o'tish deyiladi (4.4-rasm).

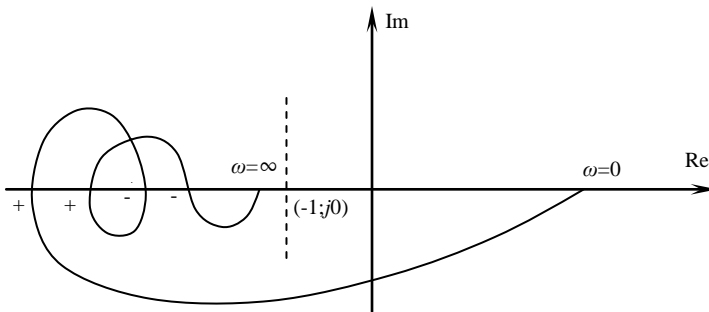


4.4-rasm.

Yuqorida aytilganlarni eʻtiborga olgan xolda Naykvist mezoniii quyidagicha taʻriflash mumkin.

Berk sistema turgʻun boʻlishi uchun ochiq sistema AFX $W(j\omega)$ ning chastota $0 < \omega < \infty$ oʻzgarganda $(-\infty; -1)$ kesma orqali musbat va manfiy oʻtishlarining ayirmasi $l/2$ ga teng boʻlishi kerak. Bunda l -ochiq sistema xarakteristik tenglamasining oʻng ildizlar soni.

Agar $W(j\omega)$ xarakteristikasi $\omega=0$ boʻlganda $(-\infty; -1)$ kesmada boshlansa, yoki $\omega=\infty$ boʻlganda shu kesmada tugasa, unda $W(j\omega)$ xarakteristikaning bu kesmadan oʻtishini yarim oʻtish deyiladi (4.5-rasm).




4.5-rasm.

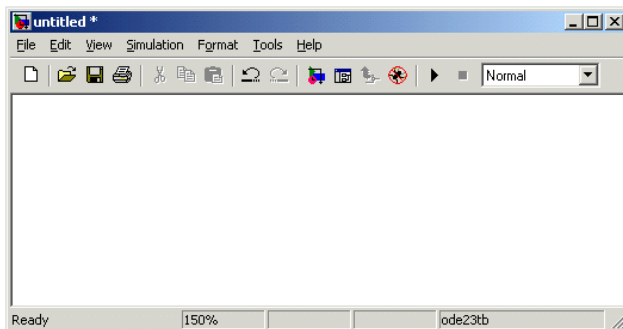
Statik ochiq sistemalarning xarakteristikalari chastota oʻzgarganda berk kontur xosil kiladi.

Ideal integrallovchi zvenosi boʻlgan astatik ochiq sistemalarning $W(j\omega)$ xarakteristikalari chastota $0 < \omega < \infty$ oʻzgarganda yopik kontur hosil qilmaydi.

4.5. Ishni bajarish boʻyicha metodik koʻrsatma

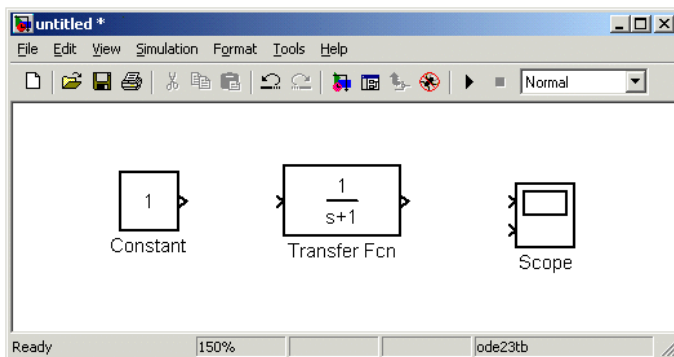
Sistemalarning turgunligini Naykvist mezoni buyicha tekshirganimizda kerakli sistema modeli struktura sxemasi tuziladi.

1. **File/New/Model** buyrugʻi yordamida yoki instrumentlar panelidagi  tugmani qoʻllash yordamida yangi model faylini tuzish (bu erda va keyinchalik, «/» belgisi yordamida ketma-ket bajarish uchun tanlash lozim boʻlgan programma menyusi punktlari koʻrsatiladi) (4.6-rasm)



4.6- rasm. Model tuzish oynasi.

2. Model oynasiga bloklarni qo'yish. Buning uchun mos keluvchi kutubxona bo'limini ochish kerak (Masalan, **Sources** – Istochniki). Keyin esa kursor bilan kerakli blok tanlanadi va sichqonchanning chap tugmachasini bosib quyib yubormagan holda, blokni tuzilgan saxifaga «ko'chirib o'tkaziladi». 4.7-rasmda bloklardan tashkil topgan model oynasi.

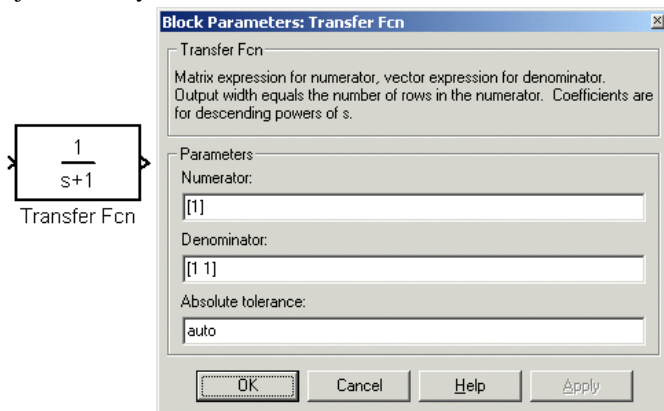


4.7- rasm. Bloklardan tashkil topgan model oynasi.

Blokni o'chirish uchun o'chirilishi lozim bo'lgan blok tanlanadi (kursor bilan uning rasmini ko'rsatish va sichqonchanning chap tugmachasini bosish orqali), so'ngra klaviaturadagi **Delete** klavishi bosiladi.

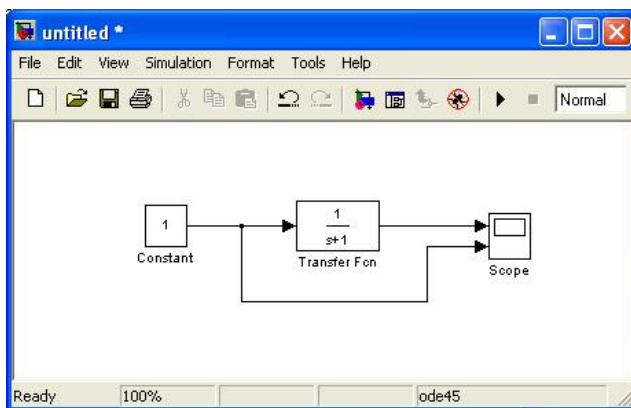
Blok o'lchamlarini o'zgartirish uchun o'zgartirilishi lozim bo'lgan blokni tanlash kerak, sichkoncha bilan blok burchaklaridan biri belgilanadi va chap tugmachasini bosgan xolda blok o'lchamlari o'zgartiriladi (bu holda kursor ikki tomonga qaragan strelka ko'rinishiga ega bo'ladi).

3. Agar extiyoji bo'lsa, dastur tomonidan o'rnatilgan parametrlarni o'zgartirish mumkin. Buning uchun kursor yordamida tanlangan blokda sichqonchanning chap tugmachasini ikki marotaba bosish kerak. Natijada, ushbu blok parametrlarini taxrir qilish saxifasi ochiladi. Sonli parametrlarni kiritish jarayonida butun sonlar vergul bilan emas, balki nuqta bilan ajratilishini inobatga olish zarur. O'zgartirishlar kiritib bo'lgandan so'ng saxifani **OK** tugmachasini bosish orqali yopish kerak.
- 4.8- rasmda misol tariqasida uzatish funksiyasini modellashtiruvchi blok va ushbu blok parametrlarini taxrirlovchi saxifa ko'rinishi keltirilgan. Bu oynadagi **Numerator** qatoriga uzatish funksiyasini suratidagi ko'pxadni koeffisientlar darajalari kamayib borish tartibida kiritiladi. **Denominator** qatoriga uzatish funksiyasini maxrajidagi ko'pxadni koeffisientlar darajalari kamayib borish tartibida kiritiladi.



4.8-rasm. Uzatish funksiyasi bloki va berilgan blok parametrlarini taxrirlash oynasi.

4. Kutubxonadan kerakli barcha bloklarni sxemada joylashtirgandan so'ng sxema elementlarini bog'lashni bajarish zarur. Bloklarni bog'lash uchun kursor bilan blokning «chiqish»ini belgilash, so'ngra sichqonchanning chap tugmachasini bosgan holda chiziqni (liniyani) keyingi blok kirishiga keltirish kerak. Shundan so'nggina klavishani qo'yib yuborish mumkin. Tarmoqlanish nuqtasini xosil qilish uchun kursorni ulanish chizig'ida kerak bo'lgan tugunga olib kelish va sichqonchanning o'ng klavishasini bosgan xolda chiziqni tortish zarur. Chiziqni o'chirish uchun o'chirilishi lozim bo'lgan chiziqni tanlash talab etiladi (bloklar ustida bajarilgani kabi), so'ngra klaviaturadagi **Delete** klavishasini bosish lozim. 4.9-rasmda bloklar o'rtasida bog'lash amali bajarilgan model sxemasi keltilgan.

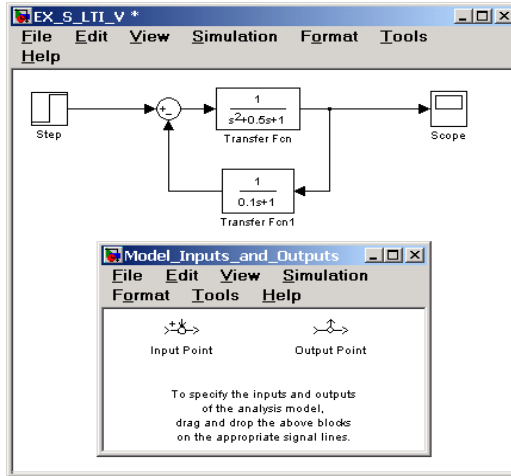


4.9-rasm. Bloklar o‘rtasida bog‘lanish bajarilgan model.

5. Xisoblash sxemasini tuzgandan so‘ng uni oynadagi **File/Save As...** menyu punktini tanlab, xamda fayl nomi va papkani ko‘rsatib, diskda fayl ko‘rinishida saqlash lozim. Shuni inobatga olish kerakki, fayl nomi 32 simvoldan oshmasligi, xarfdan boshlanishi hamda kirill va maxsus simvollaridan tashkil topmagan bo‘lishi kerak. Shu talablar fayl yo‘li uchun ham ahamiyatli (fayl saqlanadigan papkalarga). Sxemani qayta taxrirlash jarayonlarida saqlash uchun **File/Save** menyu punktidan foydalanish etarli. **Simulink** qism dasturini qayta ishga tushirganda sxemani yuklash kutubxona nazorat qiluvchi saxifadagi yoki **MatLAB** asosiy saxifasidagi **File/Open** menyu punkti yordamida amalga oshiriladi.

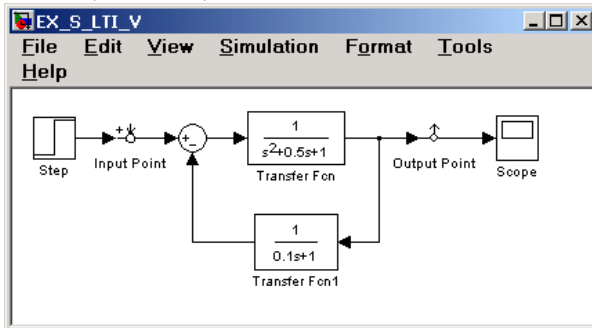
Sistemaning turli xarakteristikalarini olish yoki turg‘unlikka tekshirish uchun **Simulink LTI-Viewer** qism dasturini ishga tushirish lozim. Bu quyidagicha amalga oshiriladi:

1. **Simulink**-modeli sahifasida **Tools/Linear Analysis...** komandasini bajarilganda **Model_Inputs_and_Outputs** sahifasi hamda **Simulink LTI-Viewer** bo‘sh sahifasi ochiladi (4.10-rasm).



4.10-rasm. Simulink LTI-Viewer bo'sh sahifasi.

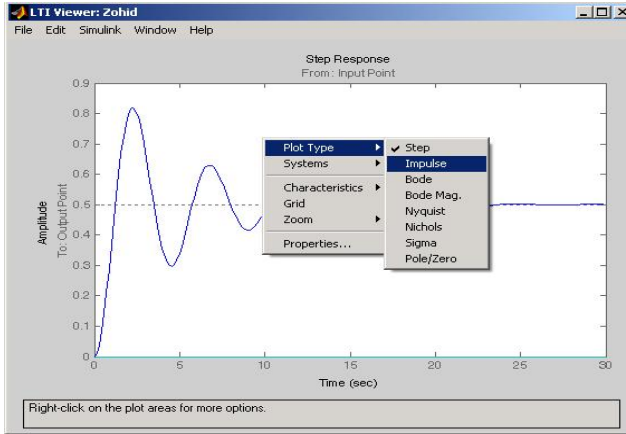
2. Sistema kirishiga **Input Point** bloki va chiqishiga **Output Point** blokini o'rnatiladi (4.11-rasm).



4.11-rasm. **Input Point** bloki va **Output Point** bloki o'rnatilgan model.

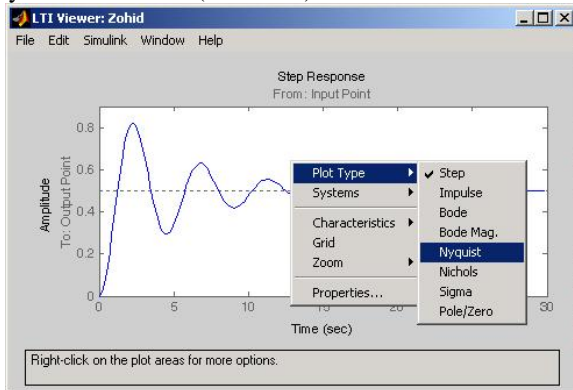
3. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi.

Bunda ekranda sistemaning birlik pogonali signalga bulgan reaksiyasi $h(t)$ -xarakteristika xosil buladi. Sitemaning vazn funksiyasini chikarish uchun **LTI Viewer** saxifasida sichkonchanning o'ng klavishasini bosiladi unda xarakteristikani uzgartirish darchasi paydo buladi. U erdan **Impulse** punkti tanlaniladi (4.12-rasm).



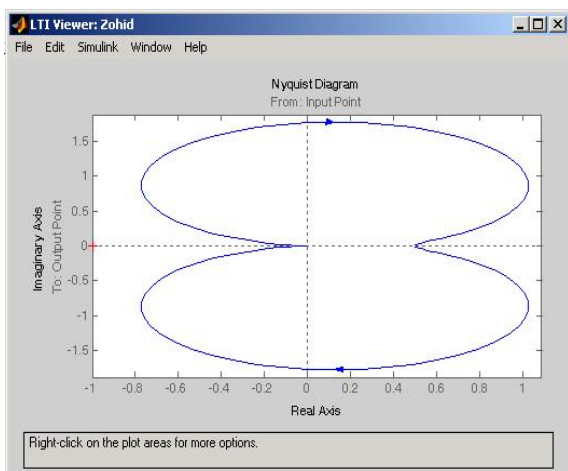
4.12-rasm.. LTI Viewer sahifasi.

Sistemning Naykvist mezonini bo'yicha diagrammasini chiqarish uchun **LTI Viewer** sahifasida sichkonchani chap tugmachasi bosiladi unda xarakteristikani o'zgartirish oynasi hosil bo'ladi (4.13-rasm).



4.13-rasm.

U erdan **nyquist** punktini tanlaniladi va Naykvist diagrammasi olinadi (4.14-rasm).



4.14-rasm.

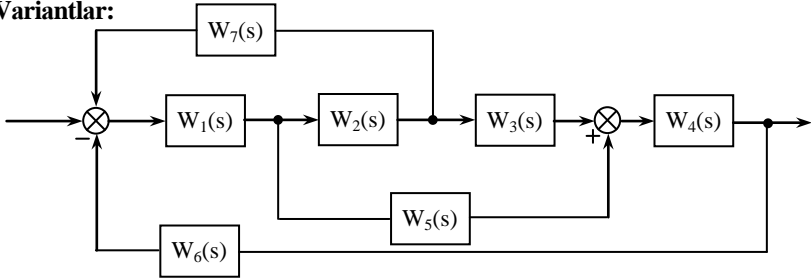
4.6. Ishni bajarish tartibi.

1. **MatLAB** dasturi ishga tushiriladi.
2. **Simulink** qism dasturi ishga tushiriladi.
3. Variant bo'yicha kerakli sistema modeli tuziladi.
4. Sistemaning chastotaviy xarakteristikalarini qurish uchun **Simulink LTI-Viewer** sahifasi ochiladi.
5. Sistema kirishiga **Input Point** bloki va chiqishiga **Output Point** blokini o'rnatiladi.
6. **LTI Viewer** sahifasida **Simulink\Get Linearized Model** komandasi bajariladi.
7. **LTI Viewer** sahifasida sichkonchanning chap tugmachasi bosiladi va undan Naykvist diagrammasi tanlaniladi.
8. Model parametrlarini o'zgartiriladi va o'zgartirilgan modeldan Naykvist diagrammasi olinib avvalgisiga bilan taqqoslanadi.
9. Diagramma bosmaga chiqariladi.
10. Qurilgan diagrammadan sistemaning turg'unligi tekshiriladi.

4.7. Sinov savollari.

1. Dinamik sistemalarning turg'unligi.
2. Turg'unlikning Gurvis mezonlari.
3. Turg'unlikning chastotaviy mezonlari.
4. Turg'unlikning Naykvist mezonlari.
 - Ochiq sistema turg'un holatda.
 - Ochiq sistema noturg'un holatda.

Variantlar:



№	Uzatish funksiyalari										
	1-tartibli inersial zveno		Intergall ovchi zveno	Proporsi o-nal zveno	Tebranuvchi zveno			Differensia 1-lovchi zveno	1-tartibli inersial zveno		Proporsional zveno
	K	T	K	K	K	d	T	K	K	T	K
1	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	1	0,1	1	9	1	0,2	0,3	3	2	10	1
2	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	1	0,1	0	10	2	0,1	0,6	4	22	7	19
3	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	2	0,5	2	0	4	0,8	2	2	18	0,7	3
4	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	14	10	3	11	1	0,01	0,1	1	1	0,2	5
5	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	5	0,9	1	18	3	0,5	1	0	2	0,2	3
6	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	2	1	4	17	5	0,9	2	6	1	0,1	5
7	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	8	0,4	3	22	2	0,7	3	3	8	9	0
8	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	9	5	2	0	4	0,4	0,9	4	7	7	10
9	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	10	8	0	30	6	0,3	1,3	7	9	5	30
10	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	1	0,1	5	1	1	0,6	0,8	2	14	10	26
11	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	22	9	0	2	3	0,1	2,5	6	11	9	22
12	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	24	7	1	0	7	0,55	3	5	15	3	20
13	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	15	6	2	6	2	1,5	0,5	4	19	7	19
14	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	30	4	4	8	6	0,15	2	1	10	5	11
15	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	7	3	5	7	5	0,8	1	2	3	1	0,8
16	W ₇		W ₅	W ₄	W ₆			W ₁	W ₂		W ₃
	9	2	3	9	4	0,65	2,9	7	24	0,8	0

17	W ₆		W ₁	W ₃	W ₂			W ₄	W ₇		W ₅
	3	5	2	14	3	0,3	4	1	26	8	21
18	W ₅		W ₂	W ₆	W ₃			W ₇	W ₁		W ₄
	4	0,2	4	0	8	0,5	2	1	29	8	17
19	W ₁		W ₃	W ₅	W ₇			W ₆	W ₂		W ₄
	26	10	2	11	1	0,63	0,7	5	30	2	12
20	W ₃		W ₇	W ₄	W ₁			W ₅	W ₆		W ₂
	19	0,8	3	15	2	0,7	0,7	4	2	0,1	16

5 - LABORATORIYA ISHI

NOCHIZIQLI BOSHQARISH SISTEMALARINI MODELLASHTIRISH

Ishdan maqsad

- nochiziqli sistemalarni SIMULINK paketida modellashtirish usullarini o'zlashtirish.

Ishning vazifasi

- model va uning ostsistemalarini qurish va taxrir qilishni o'rganish;
- «To'yinish» turdagi nochiziqli zanjirlarni qo'llanishini o'rganish;
- bitta ossillografda bir vaqtning o'zida bir nechta grafiklarni qurishni o'rganish;
- skriptlarni tuzish, taxrir qilish va to'g'irlashni o'rganish;
- grafik elementlarining xususiyatlarini o'zgartirishni o'rganish (shrift, chiziqning qalinligi).

Hisobotni rasmiylashtirish

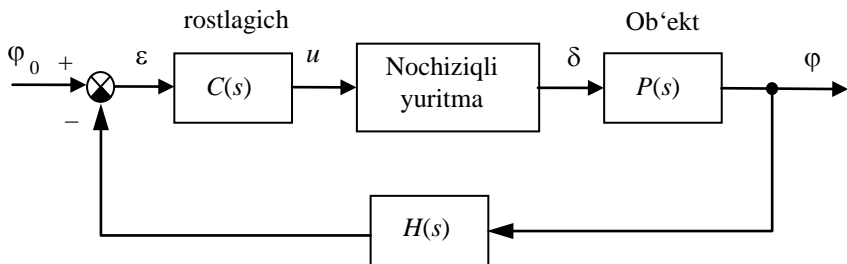
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant raqami;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Sistema tavsifi

Bu ishda kemaning yo'nalishi bo'yicha boshqarish sistemasi ko'rilmogda. Uning struktura sxemasi quyidagi rasmda keltirilgan



O'lchov sistemasi

1-rasm. Kema yo'nalishini stabilash sistemasining struktur sxemasi

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi ko'rinishga ega:

$$\dot{\phi} = \omega_y$$

$$\dot{\omega}_y = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta$$

bu erda ϕ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yo'nalishdan og'ish burchagi), ω_y – vertikal o'q atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffitsient, birligi *rad/sek*.

Rul` burilish burchagidan u yoki bu tomonga burilish burchagiga uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}.$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s},$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

Rul`ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlikning chegarasiga qo'yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$|\dot{\delta}(t)| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek}, \quad |\delta(t)| < 30^\circ.$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan¹² yoziladi




$$H(s) = \frac{1}{T_{TB}s + 1},$$

Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

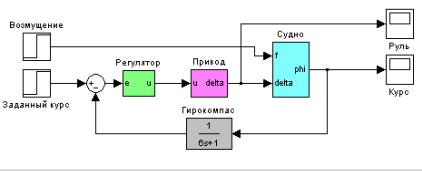

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } T_v = 1 \text{ sek i } T_I = 200 \text{ sek.}$$


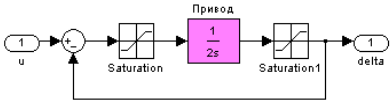
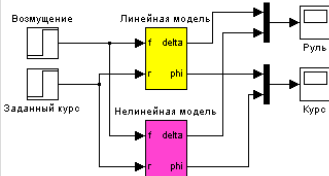
ga teng PID-rostlagichdan foydalaniladi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. O'zingizni papkangizni MATLAB ishchi papkasi qilib yarating	Current Directory maydonidan o'ngga  tugma bo'yicha SChT
2. Ishchi papka oynasini oching	View - Current directory
3. № 3 laboratoriya ishida qurilgan model'ni oching.	lab3.mdl ga ikki marta bosish
4. Model'ni lab5.mdl nomi ostida o'zingizni papkangizga saqlab quying	 File - Save as ...
5. Sichqoncha orqali rostlagich bilan birgalikda integratorni belgilang va ostsistemaga aylantiiring.	 Edit - Create subsystem
6. Ostsistemaga Rostlagich nomini bering, nomini yuqoriga joylashtiring va fon rangini o'zingizni hoxishingizga qarab tanlang.	Blokka ikki marta bosish SO`T - Format - Flip name SO`T - Background color
7. Bu blokning chiqishi va kirishiga mos ravishda e va u nomlarini bering.	Blokka ikki marta bosish Kirish va chiqish nomlariga SChT


¹² Ish oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.

<p>8. Shunga o'xshash, u kirishi va delta chiqishi bilan Yuritgich ostsistemasini va f va delta kirishlari phi chiqishi bilan Kema ostsistemasini quring. Model'ni saqlang va nusxasini almashtirish buferi orqali hisobotga ko'chiring.</p>	
<p>9. Signallar manbai va ossillograflardan tashqari barcha bloklarni sichqoncha bilan belgilang. Kirishi r (berilgan yo'nalish) va f (g'alayonlash) va chiqishlari phi va delta bo'lgan Chiziqli sistema ni yarating.</p>	 <p>Edit - Create subsystem</p>
<p>10. Chiziqli sistema blokining nusxasini olib, uning nomini Nochiziqli sistema deb o'zgartiring. Yangi blok kirishlariga o'sha signallarni (berilgan yo'nalish va g'alayonlash) ulang. Chiziqli sistema uchun sariq fon rangini, nochiziqli uchun esa - binafsha rang fon rangini o'rnatang.</p>	<p>SO'T yordamida o'tkaziladi Format - Background color</p>
<p>11. Nochiziqli sistemada Yuritma ostsistemasini oching. Biz rul' chegaraviy burilish burchagi cheklanmalarini va uning o'zgarish tezligini hisobga olgan holda yuritmaning nochiziqli modelini quramiz.</p>	<p>Blokka ikki marta bosish</p>
<p>12. Birikish chiziqchlarni o'chiring.</p>	<p>elementga SChT, Delete bosish.</p>
<p>13. Uzatish funksiyasini quyidagiga o'zgartiring</p> $R_0(s) = \frac{1}{T_R s}$	<p>• Denominator blokiga ikki marta bosish</p>

14. <i>Library Browser</i> oynasini oching.	 View – Library Browser
15. Model` oynasiga Math Operations guruhidan Sum blokini o`tkazing. Uni shunday o`zgartiringki, manfiy teskari bog`lanish hosil bo`lsin.	Blokka ikki marotaba bosish, List of signs maydonida +- kiritish
16. Model` oynasiga Discontinuities guruhidan Saturation (nasishenie) ikkita blokini o`tkazing. Bitta blokni integrator oldidan (chegaraviy tezligiga cheklanma), ikkinchisini – integratordan so`ng (perekladka burchagiga cheklanma) joylashtiring.	
17. Ruľ ning chegaraviy burilish tezligi 3 gradusdan va chegaraviy burilish burchagi 30 gradusdan oshmaydigan qilib, ruxsat etilgan qiymatlarning chegaralarini kiriting. Hisobotda barcha belgilangan qiymatlarni ko`rsating.	<ul style="list-style-type: none"> • Upper limit • Lower limit bloklariga ikki marta bosish
18. Kerakli usul bilan bloklarni ulang. Yuritma nochiziqi ostsistema sxemasining nusxasini hisobotga ko`chiring.	
19. Ortiqcha oynalarni yoping va model`ning asosiy oynasiga o`ting. Shift klavishasini bosgan holda ikkita ossillografni o`ng tomonga o`tkazib aloqalardan uzing.	
20. Model` oynasiga Signal Routing guruhidan Mux (mul` tipleksor)ni ikkita blokini o`tkazing. Bu bloklar signallarni «jgut» (ko`pjilali kabel`) ga birlashishi uchun xizmat qiladi.	
21. Birinchi blok kirishlarini chiziqli va noziqli sistemaning boqqarish signallari bilan (delta), chiqishini esa – Ruľ ossillografi kirishi bilan ulang.	
22. Shunga o`xshash, ikkinchi mul` tipleksorning kirishlarini chiziqli va nochiziqli sistemalarning chiqish signallari (phi) bilan,chiqish esa - Yo`nalish ossillografi kirishi bilan ulang.	
23. Model`ni saqlab quyuing va nusxasini almashtirish buferi orqali hisobotga ko`chiring.	

24. Berilgan yoʻnalishni 10 gradusga va gʻalayonlashni 0 ga oʻrnatib. Loyihalashni bajarib va natijalarni koʻring. Sariq grafik ossillograflarning birinchi kirishining -(chiziqli sistema), binafsha rang esa – ikkinchisining (nochiziqli sistema) oʻzgarishini koʻrsatadi.	
25. Chiziqli va nochiziqli sistemalarning loyihalash natijalari nima uchun toʻgʻri kelmasligini tushuntirib bering. Qaysi nochiziqli zveno sezilarli darajada natijaga taʼsir koʻrsatadi?	
26. Yangi M-fayl yarating.	File – New – M-file
27. Redaktor oynasida yoʻnalish boʻyicha oʻtish jarayonlarining grafiklarini chiqarish uchun buyruqlar kiriting. Endi massiv phi uchta ustunni tashkil qiladi: vaqt va ossillograf ikki kirishidagi signallar (chiziqli va nochiziqli sistemalarning chiqishlari). % belgidan oʻngidagi barcha matnlar sharh boʻlib hisoblanadi. plot buyrugʻining uchinchi parametri rangni anglatadi: 'b' – koʻk, 'g' – yashil, 'r' – qizil va boshqalar. (bu buyruq boʻyicha spravkaga qarang). Komanda hold on buyrugʻi oldingi grafikni oʻchirilishi kerakmasligini anglatadi, hold off esa – oldingi grafik oʻchirilishi kerakligini anglatadi.	<pre>figure(1); % 1 rasm ochiladi subplot(2,1,1); plot(phi(:,1),phi(:,2),'b'); hold on; plot(phi(:,1),phi(:,3),'g'); hold off; legend('Chiziqli sistema, ... 'Nochiziqli sistema')</pre>
28. Faylni lab5graph.m nomi ostida saqlab quyung.	File – Save
29. Faylni (skript ¹³) bajarishga ishga tushiring. Agar ekranda grafik paydo boʻlmasa, MATLAB buyruq oynasiga xatolar haqidagi xabarlarga qarang.	F5 tugma
30. Bu buyruqni subplot chaqirilganidan soʻng quyib, shrift oʻlchamini kattalashtiring. Bu erda gca koordinata oʻqlarini anglatadi (<i>get current axis</i>). Yana bir bor skriptni ishga tushiring.	<pre>set(gca,'FontSize',16);</pre>

¹³ Skriptom deb MATLAB buyruqlaridan takil topgan faylga aytiladi. Uni yuklaganda buyruqlar birin ketin ketma-ketlikda bajariladi.

31. Skriptga № 3 laboratoriya ishidagiday grafik va koordinata o'qlari nomini ko'shing.	<pre>title('10 gradusga burish) xlabel('Vaqt, sek'); ylabel('\phi, grad');</pre>
32. Chiziqlar qalinligini kattalashtiring. S pomosh`yu funksii get funksiyasi yordamida biz avval barcha ob`ekt chiziq'larga ko'rsatkich massiv (xendlov, <i>handle</i>) larni olamiz. So'ng set funksiyasi yordamida har bir chiziqqa 1,5 punktga teng LineWidth (chiziq qalinligi) xususiyatini o'rnatamiz. Faylni saqlab quyining va uni bajarishga ishga tushiring.	<pre>h = get(gca, 'Children') set(h(1), 'LineWidth', 1.5) set(h(2), 'LineWidth', 1.5)</pre>
33. Skriptga shunday buyruqlar qo'shingki, ular yordamida oynaning pastki yarmida bitta grafikda chiziqli va nochiziqli sistemalarda boshqarish signallarining o'zgarishi egri chizig'i kurilsin. Bu grafik uchun sarlavha kiritmang (U yuqoridagi grafikka xalaqit beradi).	
34. Skriptning to'g'ri ishlaishiga erishing. Skript matnining nusxasirni hisobotga ko'chiring.	
35. Skriptni bajarish uchun ishga tushiring. Olingan grafikning nusxasini hisobotga ko'chiring.	
36. Berilgan yo'nalish kattaligini 90 gradusga o'zgartiring va yana loyihalashni o'tkazing.	 <p>Berilgan yo'nalish blokiga ikki marta bosish Final value maydonida 90 kiriting</p>
37. Redaktor oynasiga o'ting va grafik nomini «90 gradusga burilish» deb o'zgartiring. Yana skriptni ishga tushiring va kurilgan grafik nusxasini hisobotga ko'chiring.	<pre>title('90 gradusga buri- lish') F5 tugma print -dmeta</pre>
38. Chiziqli va nochiziqli modellar orasidagi farqlarning kattaligini tushuntirib bering. Qanday endi nochiziqliklar natijaga ta'sir ko'rsatadi?	

Koeffisientlar jadvali

Variant	T_s , sek	K , rad/sek	T_R , sek	T_{TB} , sek
1.	16.0	0.06	1	1
2.	16.2	0.07	2	2
3.	16.4	0.08	1	3
4.	16.6	0.07	2	4
5.	16.8	0.06	1	5
6.	17.0	0.07	2	6
7.	17.2	0.08	1	1
8.	17.4	0.07	2	2
9.	17.6	0.06	1	3
10.	17.8	0.07	2	4
11.	18.0	0.08	1	5
12.	18.2	0.09	2	6
13.	18.4	0.10	1	1
14.	18.6	0.09	2	2
15.	18.8	0.08	1	3
16.	19.0	0.07	2	4
17.	19.2	0.08	1	5
18.	19.4	0.09	2	6
19.	19.6	0.10	1	1
20.	18.2	0.0694	2	6

Ximoya uchun nazorat savollari

1. № 1, № 2 va № 3 ishlar savollariga qarang
2. Qanday bir nechta mavjud model` bloklaridan ostsistema quriladi?
3. Ostsistema nechta kirish va chiqishlarga ega bo`lishi mumkin?
4. Ostsistema qanday tahrir qilinadi?
5. Ostsistema kirish va chiqishlari nomlari qanday o`zgartiriladi?
6. Mavjud blok yoki ostsistema nusxasi qanday ko`chiriladi?
7. Blok yoki ulash chiziqlari qanday o`chiriladi?
8. Yuritmaning nohiziqli modeli strukturasi tushuntirib bering.
9. Nima uchun nohiziqli modelda yuritma chiziqli modelining umumiy uzatish funksiyasini qo`llash mumkin emas?

$$R(s) = \frac{1}{T_R s + 1} ?$$

10. Integrator kirishida joylashgan blok uchun tuyinish chegaralari qanday tanlanadi?
11. Blokni boshqa blok aloqalaridan qanday ajratsa bo'ladi?
12. **Mux** bloki nimaga mo'ljallanilishini aytib bering.
13. Ossillografning birinchi va ikkinchi kirishiga qaysi signal uzatilishi qanday farqiga boriladi?
14. MATLAB muxitida skript nimani anglatadi?
15. Skript ichidagi % belgi nimani anglatadi?
16. Qanday bir qatorga bir nechta buyruqlar kiritiladi?
17. Uzun buyruqni qanday to'g'ri keyingi qatorga o'tkaziladi?
18. **plot** funksiyasi chaqirilishida uchinchi aparmetr nimani anglatadi?
19. **hold on** va **hold off** buyruqlari nimani anglatadi?
20. Skript bajarilishga qanday ishga tushiriladi?
21. Skriptda faqat ba'zi buyruqlar qanday bajariladi?
22. **gca** nimani anglatadi?
23. **set** va **get** funksiyalari nima uchun mo'ljallangan?
24. Grafikdagi shrift o'lchami qanday bilinadi va o'zgartiriladi?
25. Grafik ob'ektning xendl (*handle*) buyrug'i nimaga kerak?
26. Grafikda chiziq qalinligi qanday o'zgartiriladi?
27. Skripdagi xatolar haqidagi xabarlar qaerda ko'rsatiladi?

Avtomatik boshqarish nazariyasi
5 – LABORATORIYA ISHI BUYICHA HISOBOT
Nochiziqli boshqarish sistemalarini modellashtirish

Bajardilar: _____

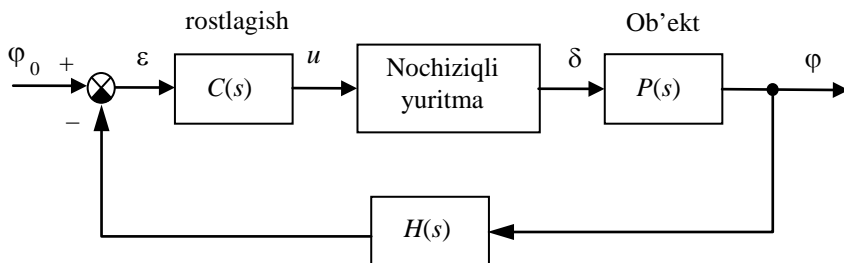
Tekshirdi: _____

Variant _____

20

1. Sistema tavsifi

Strukturali sxemasi rasmda ko'rsatilgan kema yo'nalishining nochiziqli boshqarish sistemasi tadqiq qilinmoqda



O'lchov sistemasi

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi uzatish funksiyasiga ega

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}, \quad \text{bu erda } K = 0.0694 \text{ rad/sek}, \quad T_s = 18.2 \text{ sek},$$

Yuritmaning chiziqli modeli integrallovchi zvenodan iborat bo'lib, uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s}, \quad T_R = 2 \text{ sek},$$

birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan.

Rul'ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlikning chegaraviy burilish qo'yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$|\dot{\delta}(t)| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek}, \quad |\delta(t)| < 30^\circ.$$

O'lchash qurilmasi (girokompas)ning uzatish funksiyasi aperiodik zveno kabi modellashtiriladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB}s + 1}, \quad T_{oc} = 6 \text{ sek,}$$

Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

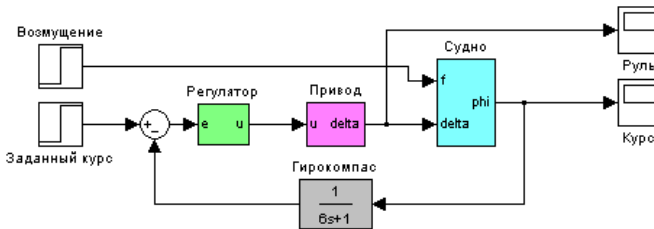
$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \quad \text{bu erda } K_c = 0.7045, \quad T_s = 18.2 \text{ sek,}$$

$$T_v = 1 \text{ sek, } T_I = 200 \text{ sek,}$$

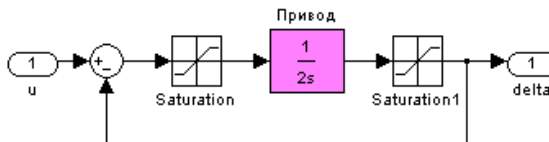
ga teng PID-rostlagichdan foydalaniladi.

7. Nochiziqli modelni qurish

- ostsistemaga ajratilgan boshqarish sistemasi modeli



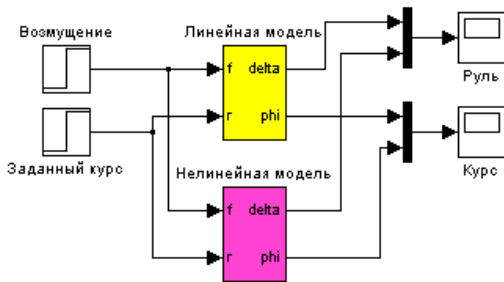
- yuritmaning nochiziqli modeli



- to'yinishning quyi va yuqori chegaralari
Saturation blokidan: -6 dan 6 gacha
Saturation1 blokidan: -30 dan 30 gacha
 bu kattaliklar ... tushuntiradi.

8. Chiziqli va nochiziqli modellarni taqqoslash

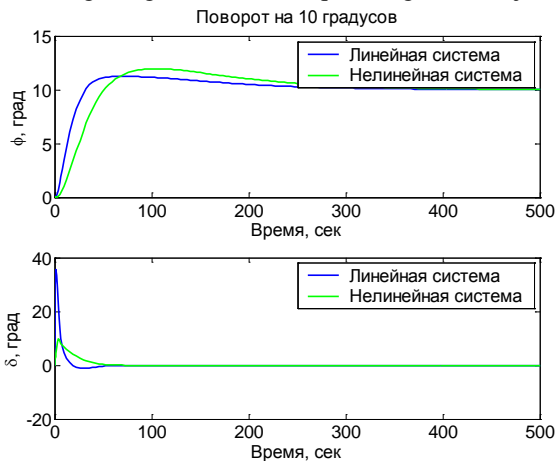
- chiziqli va nochiziqli modellarni taqqoslash uchun sistemalarning strukturali sxemasi



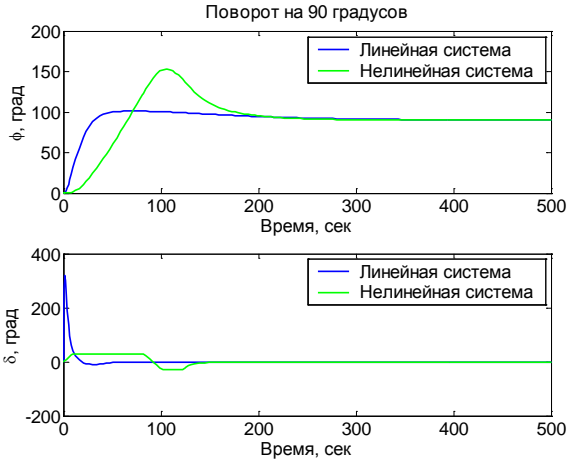
- grafiklarni qurish va rasmiylashtirish uchun skript

```
close(1);
figure(1);
subplot(2,1,1);
...
set(h(1), 'LineWidth', 1.5)
set(h(2), 'LineWidth', 1.5)
```

- yo'nalishna 10 graduga o'zartirish orqali olingan o'tish jarayoni



- chiziqli va nochiziqli sistemalarni modellashtirish natijalarining o'zaro farqi bilan tushuntiriladi.
- eng katta ta'sir bo'lib hisoblanadi (qanday nochiziqlik?), chunki ...
- o'sha vaqtda (ikkinchi nochiziqlik to'g'risida nima deyish mumkin?)
- yo'nalish 90 gradusga o'zartirish orqali olingan o'tish jarayoni



- chiziqli va nochiziqli sistemalarni o‘zaro farqi bilan tushuntiriladi.
- burchak burilishi ortganda chiziqli va nochiziqli sistemalarda o‘zaro jarayonlar farqi katta bo‘lishi kuzatiladi, chunki ...
- ushbu xolatda ... (nochiziqlik qanday ta‘sir ko‘rsatadi?)

6 – LABORATORIYA ISHI

MATLAB MUHITIDA DASTURLASH

Ishdan maqsad

- MATLAB muhitida dasturlash usullarini o'zlashtirish.

Ishning vazifasi

- ma'lumotlarni MATLAB ishchi doirasidan SIMULINK modeliga uzatishni o'rganish;
- MATLAB qo'shimcha funksiyalarini tuzishni o'ranish;
- hisoblash avtomatizatsiyasining ba'zi bir usullarini o'zlashtirish.

Hisobotni rasmiylashtirish

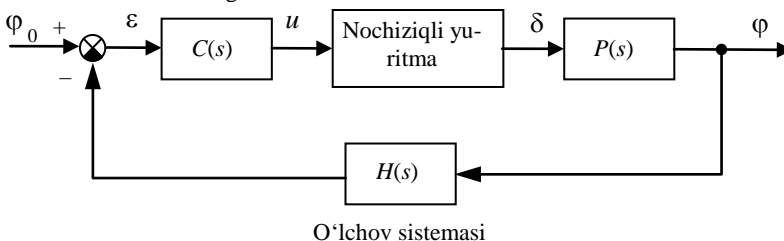
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant raqami;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Sistema tavsifi

Bu ishda kemaning yo'nalishi bo'yicha boshqarish sistemasi ko'rilmogda. Uning struktura sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan



1-rasm. Kema yo'nalishini stabillash sistemasining struktura sxemasi

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi ko'rinishga ega

$$\dot{\varphi} = \omega_y$$

$$\dot{\omega}_y = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta$$

bu erda φ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yo'nalishdan og'ish burchagi), ω_y – vertikal o'q atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffitsient, birligi *rad/sek*.

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}.$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s},$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

Rul`ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlik chegarasiga qo'yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$\left| \dot{\delta}(t) \right| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek}, \quad \left| \delta(t) \right| < 30^\circ.$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lchash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan¹⁴ yoziladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1}.$$



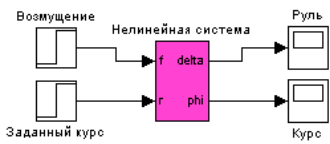

Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi



$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } T_v = 1 \text{ sek i } T_I = 200 \text{ sek.}$$

ga teng PID-rostlagichdan foydalaniladi.

¹⁴ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. O'zingizni papkangizni MATLAB ishchi papkasi qilib yarating.	Current Directory maydonidan o'ngga  tugma bo'yicha SChT
2. Ishchi papka oynasini oching	View - Current directory
3. № 5 laboratoriya ishida qurilgan model'ni oching.	lab5.mdl ga ikki marta bosish
4. Model'ni lab6.mdl nomi ostida o'zingizni papkangizga saqlab quyung	 File - Save as ...
5. Chiziqli sistema modelini, ikkita mul'tipleksor va ortiqcha ulash chiziqlarini o'chiring. Rasmda ko'rsatilgandek sxemani quring.	
6. O'zgarmas g'alayonlashlarning va berilgan yunalishning sonli qiymatlarini simvol orqali ifodalang: mos ravishda fConst va phiZad .	 Final value blokiga ikki marta bosish
7. Nochiziqli sistema blokini oching va barcha sonli qiymatlarini barcha ostisistemalardagi o'zgaruvchan nomlariga almashtiring. deltaMax orqali rul'ning maksimal chegaraviy burilish (perekladka) burchagini (30°), ddMax orqali esa – maksimal chegaraviy burilish (perekladka) tezligini ($3^\circ/\text{сек}$) belgilaymiz.	<p>Kema, Numerator: K Denominator: [Ts 1 0] PD-rostlagich: Numerator: Kc*[Ts+1 1] I-kanal, Denominator: [TI 0] Girokompas, Denominator: [Toc 1] Yuritma, Denominator: [TR 0] Rul'ning chegaraviy burilish (perekladki) tezligi chegarasi: $\pm TR * ddMax$ Rul'ning chegaraviy burilish (perekladki) burchagi chegarasi: $\pm deltaMax$</p>


8. PD-rostlagich va rul` chegaraviy burilish (perekladka) burchagi chegaralari uchun nimaga aynan shu parametrlar kiritilganini tushuntirib bering.	
9. Nochiziqli modelning barcha ostsistemalar sxemasini hisobotga kiriting. Bundan so`ng model` asosiy oynasidan tashqari barcha ostsistemalar oynasini yoping.	
10. MATLAB buyruqlar oynasiga o`ting va yangi M-fayl yarating.	File - New - M-file
11. O`zingizni variantingiz uchun model`ni barcha parametrlarining sonli qiymatlarini kiriting. Berilgan yo`nalishni 30 gradusga o`rnating. Faylni sysdata.m nomi ostida saqlab quying.	<pre>clear all; clc; K = 0.0694; Ts = 18.2; TR = 2; Toc = 6; ddMax = 3; deltaMax = 30; phiZad = 30; fConst = 0; TI = 200; Kc = 0.7045;</pre>
12. Skriptni bajaring, so`ng model`ni ishga tushiring. Loyihalash muvafaqqiyatli bajarilishiga erishing. Agar ruy bermasa, xatolar haqidagi xabarlarni MATLAB buyruqlar oynasida izlash lozim.	<p>F5 tugmasi</p>  <p>da  tugmasiga SChT</p>
13. Skript redaktorida lab5graph.m oching va lab6graph.m nomi ostida saqlab quying.	<pre>lab5graph.m ikki marotaba bosish File - Save as...</pre>
14. Skript boshiga o`ng tomonda ko`rsatilgan qatorni ko`shing. Bunda skript ikki massiv – phi va delta qabul qiluvchi funksiya bo`lib shakllanadi. Bu funksiya xech narsani orqaga qaytarmaydi, faqat alohida oynada grafik quradi. U o`z o`zgaruvchilar fazosiga ega va (maxsus usullarsiz) MATLAB ishchi doirasi o`zgaruvchilarini ko`llay olmaydi.	<pre>function lab6graph (phi, delta)</pre>
15. Endi massivlar faqat phi va delta faqat 2 ta ustunga egaligini hisobga olgan holda, funksiyadan ortiqcha qatorlarni o`chiring. (Faqat nochiziqli sistemada jarayonlar quriladi).	

<p>16. Sarlavhani «Yoʻnalish oʻzgarishida oʻtish jarayonlari» ga oʻzgartiring. Faylni saqlab quyning va funksiya matni nusxasini hisobotga koʻchiring.</p>	<pre>title (...)</pre>
<p>17. Yangi M-fayl yarating, sys-data skripti chaqirilishini birinchi qatorga kiriting. Loyihalashni ishga tushirish (model lab6.mdl) va natijalar ekranga chikarilishi uchun katorlar qoʻshing. Skriptni lab6go.m nomi ostida saqlab quyning va nusxasini hisobotga koʻchiring.</p>	<pre>sysdata; sim ('lab6') lab6graph (phi, delta)</pre>
<p>18. Soʻngra qayta sozlash va oʻtish jarayoni vaqtini hisoblovchi funksiyaning quramini. Redaktorda yangi M-fayl yarating va unga funksiya matnini kiriting¹⁵:</p> <pre>1 function [sigma, Tpp] = overshoot (t, y) 2 yInf = y(end); 3 diff = (y - yInf) / abs (yInf); 4 sigma = max(diff) * 100; 5 i = find(abs(diff) > 0.02); 6 Tpp = t(max(i)+1);</pre> <p>Izoh:</p> <p>1 – ikkita parametr massiv (vaqt t va oʻtish jarayoni y) qabul qiluvchi va ikkita qiymatni tiklovchi (foizlarda qayta sozlash σ va oʻtish jarayonining vaqti T_{pp}) funksiyaning overshoot paydo boʻlishi;</p> <p>2 – belgilangan qiymat sifatida qabul qiladigan massivning y oxirgi qiymatini hisoblash;</p> <p>3 – grafikning har bir nuqtasida nisbiy ogʻishni hisoblash;</p> <p>4 – qayta sozlashni foizlarda hisoblash;</p> <p>5 – i massiviga modul boʻyicha 0.02 dan katta (Oʻtish jarayoni vaqtini aniqlashda 2% ogʻish qoʻllaniladi) diff massivining barcha elementlari raqamlari yoziladi;</p> <p>6 – oʻtish jarayonining vaqti t massivning birinchi elementiday hisoblanadi. Bundan soʻng y massivining barcha elementlari belgilangan qiymatdan 2% dan oshmagan holda ogʻadi.</p>	
<p>19. Faylni overshoot.m i nomi ostida saqlab koʻying va hisobotga nusxasini koʻchiring.</p>	

¹⁵ Qator raqamini kiritish shart emas, ular redaktor oynasi maydonida avtomatik tarzda aks etadi.

<p>20. lab6go.skripti oynasiga o'ring. Oxirgi ikki qatorni faqat boshlang'ich ma'lumotlar yuklanishini qoldirib o'chiring. Faylni lab6go1.m. nomi ostida saqlab qo'ying. Biz ishning so'ngi qismida model` parametrlarining o'tish jarayonlari sifati ko'rsatkichlariga ta'sirini tadqiqot qilamiz. Avval T_s^{16} kema o'zgarish vaqtining ta'sirini ko'rib chiqamiz.</p>	
<p>21. Skript oxiriga dastur matnini qo'shing (qatorlar raqamisiz).</p> <pre> 1 Ts0 = Ts; 2 aTs = linspace(0.8, 1.2, 100) * Ts0; 3 aSi = []; aTpp = []; 4 for Ts=aTs 5 sim ('lab5') 6 [si,Tpp] = overshoot (phi(:,1), phi(:,2)); 7 aSi = [aSi si]; 8 aTpp = [aTpp Tpp]; 9 end;</pre> <p>Izoh:</p> <p>1 – o'zgaruvchanda Ts0 doimiy vaqt nominal qiymatini saqlaymiz; 2 – nominal qiymatdan 80 dan 120% gacha diapazonda o'zgaruvchan 100 ta vaqt doimiylikidan massiv yaratiladi; 3 – bo'sh massivlar aSi (qayta sozlash qiymatlarini saqlash uchun) va aTpp (o'tish jarayoni vaqti qiymatlarini saqlash uchun) yaratiladi; 4 – sikl boshi, Ts o'zgaruvchani prinimaet posledovatel'no vse znacheniya iz massiva aTs massividan birin-ketin barcha qiymatlarini qabul qiladi; 5 – Ts ning yangi qiymatida loyihalash; 6 – qayta sozlash va o'tish jarayoni vaqtini hisoblash; 7 – aSi massivi oxiriga yangi qiymat qo'shiladi; 8 – aTpp massivi oxiriga yangi qiymat qo'shiladi; 9 – sikl tugashi.</p>	
<p>22. Ts o'zgarishida rostlagich o'zgarish uchun, model` suratini Ts ni Ts0 ga uzgartirish lozim.</p>	<p>PD-regulyator: Numerator: Kc*[Ts0+1 1]</p>

¹⁶ Hisoblangan qiymat bilan solishtirganda boshqarish ob'ekti xarakteristikalarini kam o'zgariganda sistemaning turg'unlikni saqlash va mavjud sifat ko'rsatkichlarini saqlash xususiyatlari qo'pollik yoki *robastlik (robustness)* deyiladi. Qo'pol bo'lmagan sistemalarning amaliyotda foydalaniladigan qismi yaroqsiz.

<p>23. Skriptni bajarishga ishga tushiring. Agar Yo‘nalish ossillografi oynasi ochilsa, vaqt doimiyligi o‘zgarishida o‘tish jarayonining o‘zgarishini kuzatish mumkin.</p>	<p>F5 tugmasi</p>
<p>24. Skript oxiriga grafik qurish uchun qatorlar qo‘shing. Yuqori qismida qayta sozlashning o‘zgarish grafigi, pastki qismida – uzatish jarayoni vaqti o‘zgarish grafigini qurish lozim. Bunda mos ravishda o‘zgartirilgan holda lab6graph.m faylining barcha elementlari qo‘llanilishi mumkin.</p>	
<p>25. Skriptni saqlab quyding va faqat yangi qatorlarni bajarishga ishga tushiring. Loyihalashni qaytadan o‘tkazmaslik uchun, ularni redaktorda belgilab F9 tugmasini bosish mumkin. To‘g‘rilangan skriptning nusxasini hisobotga ko‘chiring.</p>	<p>qatorlarni belgilang, F9 tugmasi</p>
<p>26. Agar o‘tish jarayonini vaqtining o‘zgarish grafigi pog‘onali yoki sakrab ruy beradigan xarakterga ega bo‘lsa, unda ruxsat etilgan integrallash qadamini maksimal kamaytirib va loyihalashni takrorlang (Hisobga olingki, skriptning bajarish vaqti oshib boradi).</p>	<p> Simulation - Simulation parameters - Max step size = 0.2</p>
<p>27. Olingan grafik nusxasini hisobotga ko‘chiring.</p>	
<p>28. Skriptni lab6go2.m nomi ostida saqlang. Uni shunday to‘g‘rilangki, 1 gradus qadamda 1 dan 110 gradusgacha kema burilish burchagidan sifat ko‘rsatkichlari bog‘liqliklari tadqiqot qilinsin.</p>	
<p>29. To‘g‘rilangan sikript va olingan grafik nusxasini hisobotga ko‘chiring. Hosil bo‘lgan egri chiziqlarni tushuntirib bering. Chiziqli sistema uchun ular qanday ko‘rinishda bo‘lishi kerak edi?</p>	

Koeffisientlar jadvali

Variant	T_s , sek	K , rad/sek	T_R , sek	T_{TB} , sek
1.	16.0	0.06	1	1
2.	16.2	0.07	2	2

3.	16.4	0.08	1	3
4.	16.6	0.07	2	4
5.	16.8	0.06	1	5
6.	17.0	0.07	2	6
7.	17.2	0.08	1	1
8.	17.4	0.07	2	2
9.	17.6	0.06	1	3
10.	17.8	0.07	2	4
11.	18.0	0.08	1	5
12.	18.2	0.09	2	6
13.	18.4	0.10	1	1
14.	18.6	0.09	2	2
15.	18.8	0.08	1	3
16.	19.0	0.07	2	4
17.	19.2	0.08	1	5
18.	19.4	0.09	2	6
19.	19.6	0.10	1	1
20.	18.2	0.0694	2	6

Himoya uchun nazorat savollari

1. № 1– 5 laboratoriya ishlari savollariga qarang.
2. Model` bloki parametrlarida o`zgaruvchanning nomi ko`rsatilgan.Qanday uning qiymati beriladi?
3. Agar yuritmaning vaqt doimiyligi aniq bo`lsa, ru`perekkladka tezligi chegaralari qanday kiritiladi?
4. M-fayl nima?
5. Yangi M-fayl qanday yaratiladi?
6. Funksiya yoki skript bajarilishida xatolar haqidagi xabarlar qayerda ko`rsatiladi?
7. M-faylda funksiya sarlavhasi qanday quriladi?
8. Funksiya bir nechta kattaliklarni qayta tiklashi mumkinmi?
9. Funksiya ichida MATLAB ishchi doirasi o`zgaruvchanlariga murojaat qilsa bo`ladimi?
10. M-faylga yozilgan funksiya nima deb ataladi??

11. Massivning oxirgi elementi qanday belgilanadi?
12. **A-x** operatsiyasi natijasi nimaga teng? bu erda **A** – massiv, **x esa** – son.
13. **find** funksiyasi qanday ishlaydi?
14. 5% aniqlikda uzatish jarayoni aniqlanishi uchun **overshoot** funksiyasi qanday o'zgartiriladi?
15. Sistemaning dag'alligi (robastlilik) nima?
16. Yozuv nimani anglatadi
 - **x = [];**
 - **x = [x y];**
 - **phi(:,1)**
 - **phi(1,:)**
17. Skriptdan faqat ba'zi qatorlar qanday bajariladi?

Avtomatik boshqarish nazariyasi
6 - LABORATORIYA ISHI BUYICHA HISOBOT
Matlab muhitida dasturlash

Bajardilar: _____

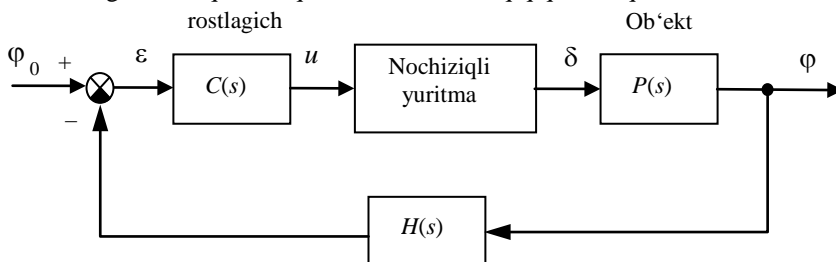
Tekshirdi: _____

Variant

20

1. Sistema tavsifi

Strukturviy sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan yo'nalish bo'yicha kemaaning nochiziqli boshqarish sistemasi tadqiq qilinmoqda



O'lchov sistemasi

Kema yo'nalishini stabilash sistemasining struktura sxemasi

Kema harakatining chiziqli matematik modeli uzatish funksiya ko'rinishida ifodalangan

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}, \text{ bu erda } K = 0.0694 \text{ rad/sek, } T_s = 18.2 \text{ sek.}$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s},$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

Rul'ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlikning chegarasiga qo'yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$\left| \dot{\delta}(t) \right| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek}, \quad \left| \delta(t) \right| < 30^\circ.$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan¹⁷ yoziladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB}s + 1},$$

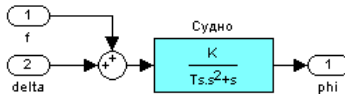
Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } K_c = 0.7045, T_s = 18.2 \text{ sek,}$$

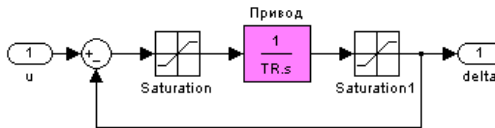
$$T_v = 1 \text{ sek, } T_I = 200 \text{ sek.}$$

2. Modifikatsiyalangan nohiziqli model

- «Kema» ostsistemasi

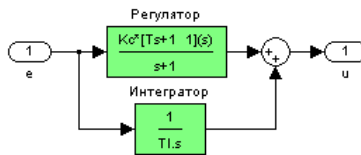


- «Yuritma» ostsistemasi



«Saturation» bloki uchun to'yinish chegaralari rul'ning chegaraviy burilishini cheklovchi tezligi $\pm TR * ddMax$ kabi kiritilishi kerak, chunki

- «Rostlagich» ostsistemasi



1. O'tkinchi jarayon grafigini qurish uchun funksiya

```
function lab5graph ( phi, delta )
figure(1);
subplot(2,1,1);
set(gca, 'FontSize', 16);
...
```

¹⁷ Ish oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.

```

h = get(gca, 'Children');
set(h(1), 'LineWidth', 1.5)

```

2. Berilgan ma'lumotlarni yuklash uchun sysdata.m skripti

```

clear all;
clc;
K = 0.0694;
Ts = 18.2;
...
phiZad = 30;
fConst = 0;

```

3. Modelni ishga tushirish uchun lab5go.m skripti

```

sysdata;
sim('lab5')
lab5graph(phi, delta)

```

4. overshoot funksiyasi

```

function [sigma, Tpp] = overshoot(t, y)
yInf = y(end);
diff = (y - yInf) / abs(yInf);
sigma = max(diff) * 100;
i = find(abs(diff) > 0.02);
Tpp = t(max(i)+1);

```

5. Kemaning doimiy vaqtini sifat ko'rsatkichlariga ta'siri

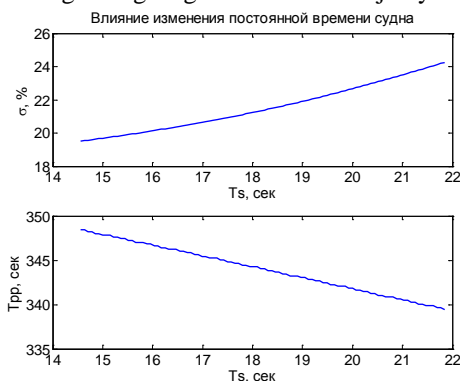
- hisob-kitoblarni o'tkazish uchun lab5go1.m skripti

```

sysdata;
Ts0 = Ts;
aTs = linspace(0.8, 1.2, 100) * Ts0;
...
h = get(gca, 'Children');
set(h(1), 'LineWidth', 1.5)

```

- o'tarostlashni o'zgarish grafigi va va o'tkinchi jarayon vaqti



- o'tarostlash vaqti doimiy kamayganda(qanday o'zgaradi?)
- o'tkinchi jarayon vaqti (qanday o'zgaradi?)

6. Burchak burilishini sifat ko'rsatkichlariga ta'siri

- hisob-kitoblarni o'tkazish uchun **lab5go2.m** skripti

```
sysdata;
```

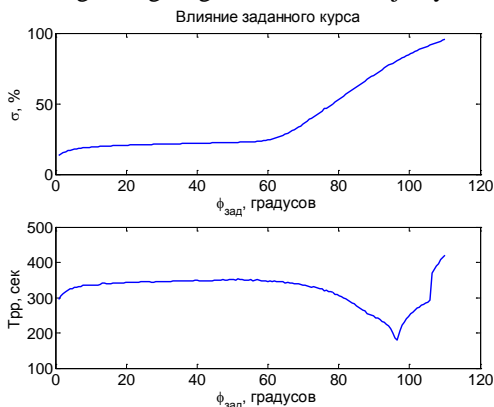
```
    aPhi = linspace(1, 110, 180);
```

```
    ...
```

```
    h = get(gca, 'Children');
```

```
    set(h(1), 'LineWidth', 1.5)
```

- o'tarostlashni o'zgarish grafigi va va o'tkinchi jarayon vaqti



- burchak burilishi 60° gacha ortganda o'tarostlash (qanday o'zgaradi?), o'tkinchi jarayon vaqti (qanday o'zgaradi?)
- burchak burilishi 60° dan yuqori bo'lganda o'tarostlash (qanday o'zgaradi?), o'tkinchi jarayon vaqti (qanday o'zgaradi?); bu bilan tushuntiriladi.
- keyinchalik burchak burilishi ortganda (nima bo'lishi mumkin?)
- chiziqli sistemalar uchun grafik (qanday ko'rinishda bo'lishi kerak?)

7 – LABORATORIYA ISHI

NOCHIZIQLI SISTEMALARNI OPTIMALLASHTIRISH

Ishdan maqsad

- MATLAB muhitida nochiziqli sistemalarni optimallashtirish usullarini o‘zlashtirish

Ishning vazifasi

- bir model`dan ikkinchisiga ostsistemalarning nusxasini ko‘chirishni o‘rganish;
- PID-rostlagichli sistemada «tuyinish» turdagi nochiziqliliklarni qisman kompensasiyalovchi usullarni o‘rganish;
- **NCD** (*Nonlinear Control Design*) paketini qo‘llashni o‘rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

Laboratoriya ishi bo‘yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo‘yicha tekislab 12 pt o‘lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko‘rinishida bajariladi.

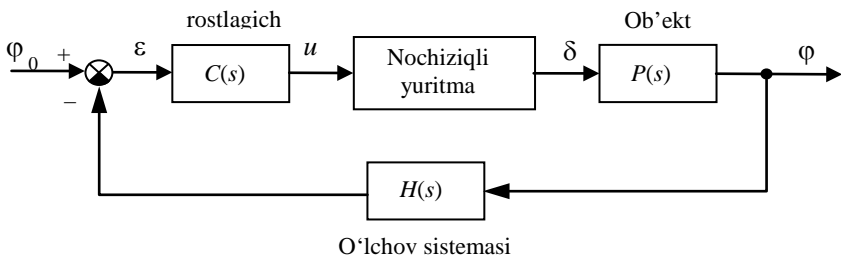
U o‘zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o‘qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant raqami;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko‘chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Sistema tavsifi

Bu ishda kemaning yo‘nalishi bo‘yicha boshqarish sistemasi ko‘rilmogda. Uning struktura sxemasi quyidagi rasmda ko‘rsatilgan



1-rasm. Kema yo‘nalishini stabilash sistemasining struktura sxemasi

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi ko'rinishga ega

$$\dot{\varphi} = \omega_y$$

$$\dot{\omega}_y = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta$$

bu erda φ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yo'nalishdan og'ish burchagi), ω_y – vertikal o'q atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffitsient, birligi *rad/sek*.

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}.$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s},$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

Rul`ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlik chegarasiga qo'yiladigan nohiziqli cheklanmalar

$$|\dot{\delta}(t)| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek}, \quad |\delta(t)| < 30^\circ.$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lchash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan¹⁸ yoziladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1}.$$

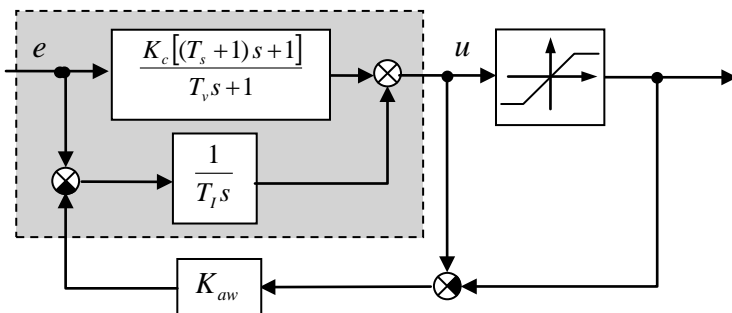
Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } T_v = 1 \text{ sek i } T_I = 200 \text{ sek.}$$

ga teng PID-rostlagichdan foydalaniladi.

Rul`ning chegaralangan chegaraviy burilish burchagidan hosil bo'lgan tuyinish samarasini kompensasiyalash uchun rostlagich tarkibida integratorni qamrab oluvchi ichki nohiziqli teskari bog'lanishli sxema qo'llaniladi

¹⁸ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.





Chiziqli model bo'yicha qurilgan baza rostlagichi kulrang fon bilan belgilangan. u signalining chiqishi rulning kutilgan chegaraviy burilish burchagi hisoblanadi. «Tuyinish» turdagi nochiziqli korreksiya bloki uchun rulning chegaraviy burilish burchagi cheklanishlariga teng chegaralar tanlanadi.

Agar tuyinish bo'lmasa, $u - \bar{u}$ signallar farqi nul'ga teng va teskari bog'lanish ishlamaydi; nochiziqli sistema uchun sintezlangan boshqarish qonuni qo'llaniladi. Agar u signali ruxsat etilgan chegaralardan oshsa $u - \bar{u}$ farqi integrator kirishiga («minus» belgisi bilan) kuchaytirgich orqali uzatiladi. Shunday qilib, tuyinishda ruxsat etilgan va kutilgan chegaraviy burilish burchaklari orasidagi farqlar qancha ko'p bo'lsa, shuncha integrator kirishidagi signal kamayadi. Bunday korreksiyaning usuli adabiyotda *anti-windup* nomini olgan («o'ralishga» qarshi harakat).

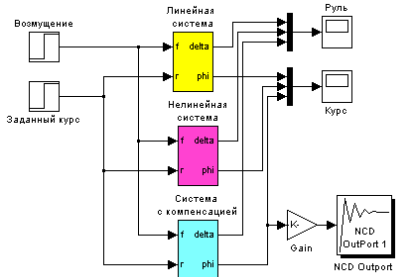
Ishni bajarish jarayonida K_{aw} koeffisienti qiymatini optimal tanlash uchun **NCD Blockset** paketning sonli optimizasiya proseduralari qo'llaniladi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. O'zingizni papakangizni MATLAB ishchi papkasi qilib yarating.	Current Directory maydonidan o'ngga  tugma bo'yicha SChT

<p>2. Yangi M-fayl yarating, dastlabki ma'lumotlarni yuklash uchun birinchi qatorda sysdata skriptiga nom kiriting. Faylni Soxranite fayl s imenem lab7go.m nomi ostida saqlab quyuing va uni bajaring.</p>	<p>File - New - M-file File - Save F5 tugmasi</p>
<p>3. Ishchi papkaning oynasini oching.</p>	<p>View - Current directory</p>
<p>4. № 6 laboratoriya ishida qurilgan model`ni oching.</p>	<p>lab6.mdl ga ikki marta bosish</p>
<p>5. O'zingizni papkangizga lab7.mdl nomi ostida saqlab quyuing</p>	<p> lab6 File - Save as ...</p>
<p>6. Nochiziqli model`-Rostlagich blokini oching. Blok kirishini I-kanali kirishiga ulaydigan chiziqni o'chiring.</p>	<p>SChT belgilang, Delete bosing</p>
<p>7. Summatorni nusxasini oling, integratorni oldidan joylashtiring va ikkinchi kirishining belgisini «minus»ga almashtiring.</p>	<p>CO`T olib o`ting List of signs maydonida +-</p>
<p>8. Summatorni yana nusxasini oling, uni 180 gradusga buring va kirishlarining joylashishlarini o'zgartiring.</p>	<p>CO`T olib o`ting Ctrl+I bosing List of signs maydonida +-</p>
<p>9. Nochiziqli model`-Yuritma blokini oching va Rostlagich oynasiga ikkinchi nochiziqli blokni o'tkazing (rul`ni chegaraviy burilish (perekladka) burchagiga cheklanma). Uni 180 gradusga buring.</p>	<p>CChT olib o`ting Ctrl+I bosing</p>
<p>10. Gain Math Operations guruhidan Gain blokini qo'shing va Kaw ga teng kuchaytirish koeffisientini o`rnating.</p>	<p>Gain maydonida Kaw</p>

<p>11. Rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing. Uning nusxasini hisobotga ko'chiring.</p>	
<p>12. Skriptga Kaw uchun boshlang'ich qiymatni belgilovchi lab6go buyruqni ko'shing. Skriptni saqlab quying va uni bajaring.</p>	<p>$Kaw = 1;$</p>
<p>13. So'ng biz bu sistemadagi o'tish jarayonlarini chiziqli va boshlang'ich nochiziqli sistemalarni loyihalash natijalari bilan taqqoslaymiz. Model'ning asosiy oynasidan tashqari barcha ostsistema oynalarini yoping. Blokka Kompensatsiyali sistema nomini bering va fon rangini ochiq-havo ranga almashtiring (bu rang bilan ossillograflarda mos grafiklar aks ettiriladi).</p>	
<p>14. Yangi model'ga lab5.md1 modelidan Chiziqli model' ostsistemasini nusxasini va lab6.md1 modelidan Nochiziqli model' ostsistemasini nusxasini ko'chiring.</p>	<p>Kerakli modelni ochish, SchT olib o'tish</p>
<p>15. Model'ga mul'tipleksorni qo'shing (Signal Routing guruhidan Mux bloki) va u uchun kirishlar sonini 3 ta qilib o'rning.</p>	<p>SchT ikki marotaba boshish Number of inputs maydonida 3</p>
<p>16. Mul'tipleksor nusxasini yarating va turli modellardan xar bir ossillograflarda 3 tadan signal aks ettirib, rasm bo'yicha sxemani yig'ing. Barcha sistemalarning f kirishlarini G'alayonlash bloki chiqishi bilan ulash lozim, r kirishlarini esa – Berilgan Yo'nalish bloki chiqishi bilan ulash lozim.</p>	

<p>17. Redaktorda lab7go skript oynasiga o‘ting. Modellarash grafiginini ishga tushirish va grafikni chiqarish uchun har bir rasm yarmida 3 ta grafik chiqarilishini hisobga olgan holda qatorlar qo‘shing. Massivlar phi va delta 4 tadan ustunni tashkil etadi lab5graph.m faylidan grafikni rasmiylashtirish uchun buyruqlarga ozgina o‘zgarish kiritish va nusxa olish qulaydir .</p>	<pre>sim ('lab7') figure(1) ...</pre>
<p>18. Skriptni ishga tushiring. Sozlash uchun skriptni diska saqlab quyung va nusxasini hisobotga ko‘chiring. Qurilgan grafik nusxasini hisobotga ko‘chiring. Hosil bo‘lgan effektini ta‘riflab bering.</p>	
<p>19. Model`ning asosiy oynasiga kuchaytirgich qo‘shing (Math Operations guruhidan Gain bloki) va 1/phiZad ga teng kuchaytirish koefitsientini o‘rnatib. Bu blok (normallashtiruvchi) chiqishda belgilangan qiymat 1 tengligini nazorat qilish uchun xizmat qiladi (normirovka).</p>	<p>View – Library Browser SChT olib o‘tish Gain maydonida 1/phiZad bloki bo‘yicha ikki marotaba bosish</p>
<p>20. Model`ga Blockset paketidan NCD Outport blokini qo‘shing va normallashtiruvchi kuchaytirgich orqali tuyuntirish kompensatsiyali sistema phi chiqishi bilan ulang. Sxema nusxasini hisobotga ko‘chiring.</p>	
<p>21. NCD Outport blokini oching. Optimallashtirish maqsadi – sistemaning ba`zi koefitsientlarini shunday tanlangki, o‘tish jarayoni grafiking qora zonasi ichida qolsin. Cheklanmalarning gorizontal va vertikal chegaralarini (qizil chiziqlar) sichqoncha bilan joyini o‘zgartirish mumkin. LKM bosilishi bilan chiziq belgilanadi va oq ranga aylanadi. Split tugmasi belgilangan chiziqni ikkita alohida qismga ajratish imkoniyatini beradi. Qizil chiziqda PKM ni bosib, cheklanmalarni son ko‘rinishida tahrir qilish mumkin.</p>	
<p>22. Yuqori cheklanmani shunday joylashtiringki, qayta sozlash taxminan 10% qiymati bilan cheklansin. Birinchi blokning o‘ng chegarasini taxminan 60 – 65 sek vaqtda suring.</p>	

23. Yuqori menyudan Optimization – Parameters punkitini tanlang va Tunable variables (sozlanadigan parametrlar) maydoniga Kaw ni kiriting. Lower bound (pastki chegara) maydoniga 0 (nul) ni kiriting.	
24. Optimallashtirish prosedurasini ishga tushiring. U bir necha daqiqa vaqtinizni olishi mumkin. Tugashining belgisi MATLAB buyruqlar oynasida <i>Optimization Converged Successfully</i> matnining paydo bo'lishi hisoblanadi.	Start tugmasiga SChT
25. Cheklanmalarni surib va yana optimallashtirish prosedurasini ishga tushirib o'tish jarayonini yaxshilashga harakat qiling.	
26. Topilgan Kaw ning optimal qiymatini aniqlang. Buning uchun MATLAB buyruq oynasiga Kaw kiritilishi lozim. Uni hisobotga yozing va lab7go skriptiga o'tkazing.	Kaw
27. lab7go skriptni bajarishga ishga tushiring va olingan grafikning nusxasini hisobotga ko'chiring.	F5 tugmasi
28. overshoot funksiyasidan foydalanib o'tarostlash va o'tish jarayonining vaqtini aniqlang.	[si, Tpp] = overshoot(phi(:,1), ... phi(:,4));
29. Matlab buyruqlar oynasida berilgan yo'nalish burchagini 30° ga o'zgartiring va modellashtirishni takrorlang. Olingan grafikning nusxasini hisobotga ko'chiring. O'tish jarayonining o'tarostlash va o'tish jarayoni vaqtini aniqlang.	buyruqlar oynasida phiZad = 30; skriptning kerakli qatorini belgilang, F9 bosing
30. Tuvinish kompensatsiyali sxema qo'llanilishi haqida xulosalar chiqaring.	

Koeffisientlar jadvali

Variant	T_s , sek	K , rad/sek	T_R , sek	T_{TB} , sek
1.	16.0	0.06	1	1
2.	16.2	0.07	2	2
3.	16.4	0.08	1	3

4.	16.6	0.07	2	4
5.	16.8	0.06	1	5
6.	17.0	0.07	2	6
7.	17.2	0.08	1	1
8.	17.4	0.07	2	2
9.	17.6	0.06	1	3
10.	17.8	0.07	2	4
11.	18.0	0.08	1	5
12.	18.2	0.09	2	6
13.	18.4	0.10	1	1
14.	18.6	0.09	2	2
15.	18.8	0.08	1	3
16.	19.0	0.07	2	4
17.	19.2	0.08	1	5
18.	19.4	0.09	2	6
19.	19.6	0.10	1	1
20.	18.2	0.0694	2	6

Himoya uchun nazorat savollari

- № 1– 6 laboratoriya ishlari savollariga qarang.
- To'g'ri chiziq holatidagi sistema turg'un bo'lsin. Yuritmaning tuyinishini hisobga olganda sistema noturg'un holatiga kelishi mumkinmi? Qanday rejimlarda bu ayniqsa xavflidir?
- Korreksiyaning qo'llanilgan usuli chiziqli yoki nochiziqlimi? Nima uchun?
- Agar signallar ruxsat etilgan chegaralardan oshmasa rostlagich qanday ishlaydi? Nima uchun (sxema bo'yicha isbotlab bering)?
- anti-windup* nima?
- Gain** blokining ishlashini tushuntirib bering.
- Bir model'dan blokning nusxasi ikkinchi model'ga qanday ko'chiriladi?
- Mul'tipleksorning kirishlar soni qanday o'zgartiriladi?
- Normallashtiruvchi kuchaytirgich nimaga kerak?
- NCD Output** bloki qanday ulanadi?
- O'tish funksiyasiga cheklanmalar qanday o'rnatiladi?
- NCD Output** blokida echimni izlash uchun chegaralar qanday o'rnatiladi?

Avtomatik boshqarish nazariyasi
7 – LABORATORIYA ISHI BUYICHA HISOBOT
Nochiziqli sistemalarni optimallashtirish

Bajardilar: _____

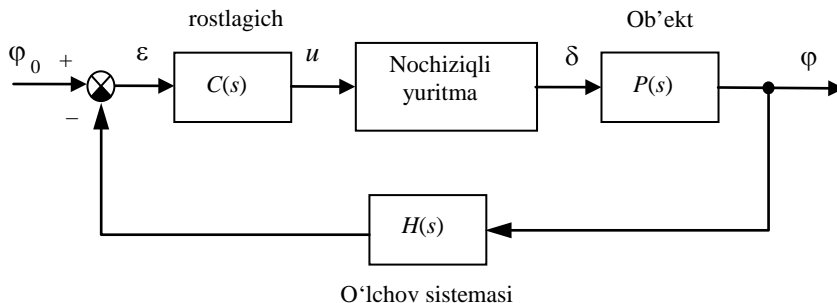
Tekshirdi: _____

Variant _____

20

1. Sistema tavsifi

Strukturviy sxemasi quyidagi rasmda ko‘rsatilgan yo‘nalish bo‘yicha kemaaning nochiziqli boshqarish sistemasi tadqiq qilinmoqda



Kema yo‘nalishini stabil lash sistemasining struktura sxemasi

Kema harakatining chiziqli matematik modeli uzatish funksiya ko‘rinishida ifodalangan

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}, \text{ bu erda } K = 0.0694 \text{ rad/sek, } T_s = 18.2 \text{ sek.}$$

Yuritmaning chiziqli modeli o‘zidan uzatish funksiya

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s}, T_R = 2 \text{ sek,}$$

ga teng bo‘lgan birlik manfiy teskari bog‘lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

Rulning chegaraviy burilish burchagiga va tezlikning chegarasiga qo‘yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$|\dot{\delta}(t)| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek}, \quad |\delta(t)| < 30^\circ.$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'ldash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan¹⁹ yoziladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB}s + 1}, T_{TB} = 6 \text{ sek,}$$

Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

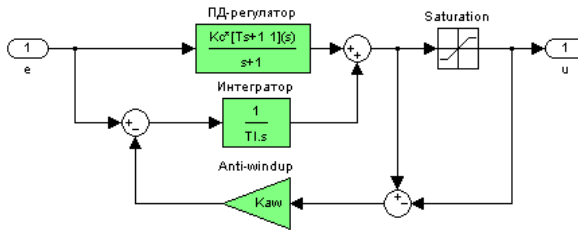
$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } K_c = 0.7045, T_s = 18.2 \text{ sek,}$$

$$T_v = 1 \text{ sek, } T_I = 200 \text{ sek.}$$

Rul'ning chegaralangan chegaraviy burilish (perekladka) burchagidan hosil bo'lgan tuyinish samarasini kompensasiyalash uchun rostlagich tarkibida integratorni qamrab oluvchi ichki nohiziqli teskari bog'lanishli sxema qo'llaniladi. Ishni bajarish jarayonida **NCD Blockset** paketi yordamida teskari bog'lanishda kuchaytirish koeffisientining optimal qiymatini tanlash talab etiladi.

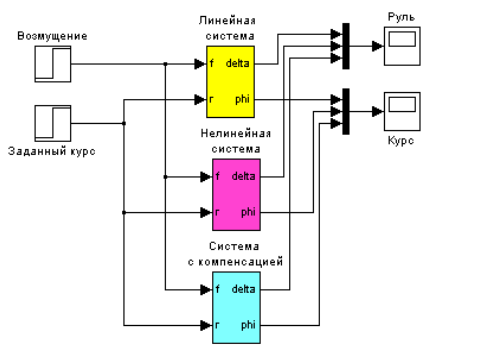
2. Tuyinishni to'ldirish bloki

- «Rostlagich» ostsistemasi

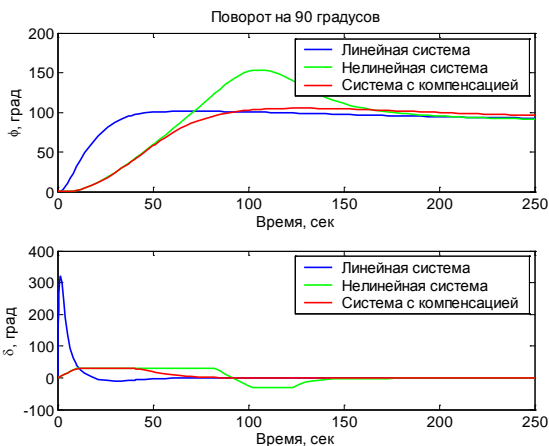


- **Saturation** bloki uchun oraliqlar $\pm 30^\circ$
- nominal` qiymat $K_{aw} = 1$
- sistemaning uchta tipini taqqoslash uchun model`

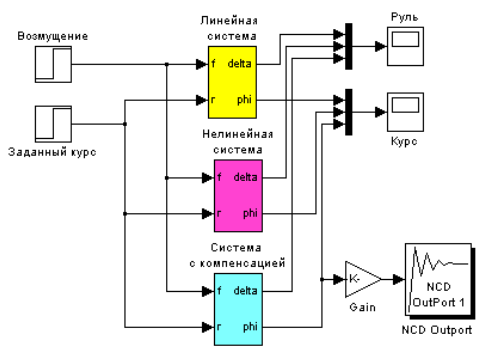
¹⁹ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.



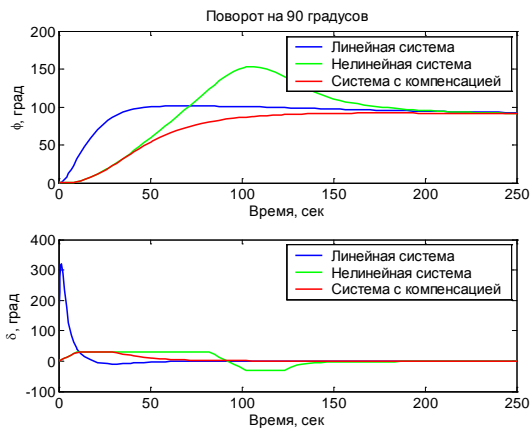
- $K_{aw} = 1$ da o'tkinchi jarayonlar



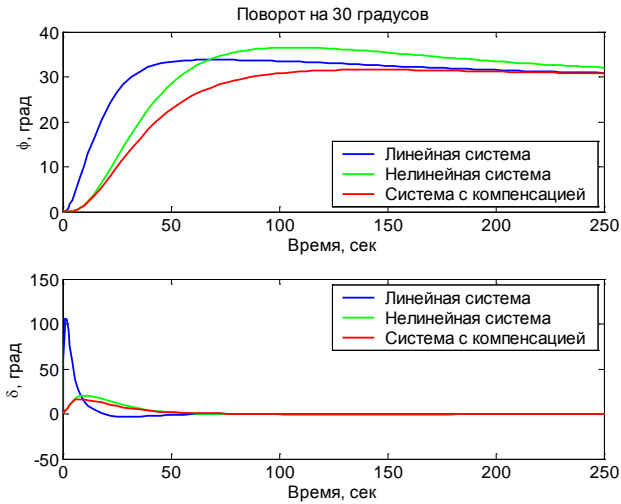
- integrallovchi zveno to'yinishni to'ldirish qiymati kiritilganda (nima kuzatiladi?)
3. K_{aw} optimal tanlash
- optimallashtirish uchun model



- $K_{ав} = 3.084$ da o'tkinchi jarayonlar (90 gradusga burilish)



- o'tarostlash $\sigma = 0,78\%$, o'tkinchi jarayon vaqti $T_{nn} = 118$ sek.
- 30 gradusga burilganda o'tkinchi jarayonlar



- o‘tarostlash $\sigma = 2,82\%$, o‘tkinchi jarayon vaqti $T_m = 182$ sek.
- optimal to‘ldirishni qo‘llash ... (chiziqli va nochiziqli sistemalarni taqqoslash) imkonini beradi.

8 - LABORATORIYA ISHI

UZLUKSIZ ROSTLAGICHNING RAQAMLI REALIZASIYASI

Ishdan maqsad

- Raqamli komp`yuterda realizasiya uchun uzluksiz rostlagichlarni uskunalash usullarni o`rganish.

Ishning vazifasi

- MATLAB da uzluksiz rostlagichlarni uskunalash usullari bilan tanishish;
- raqali rostlagich sistemalarni modellashtirishni o`rganish;
- kvantlash intervalini tanlashni o`rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

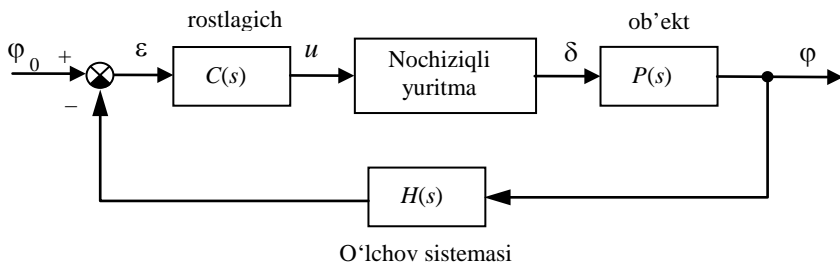
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux nomeri;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant nomeri;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Sistema tavsifi

Bu ishda kemaning yo'nalishi bo'yicha boshqarish sistemasi ko'rilyapti. Uning struktura sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan



1-rasm. Kema yo'nalishini stabillash sistemasining struktur sxemasi

Kema harakatini ta'riflovchi chiziqli matematik model` quyidagi ko'rinishga ega

$$\dot{\varphi} = \omega_y$$

$$\dot{\omega}_y = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta$$

bu erda φ – goh u tomonga goh bu tomonga burilish burchagi (berilgan yo'nalishdan og'ish burchagi), ω_y – vertikal o'q atrofida aylanish burchak tezligi, δ – vertikal rulning muvozanat holatiga nisbatan burilish burchagi, T_s – doimiy vaqt, K – doimiy koeffisient, birligi *rad/sek*.

Rul` burilish burchagidan u yoki bu tomonga burilish burchagiga uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)} .$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s}$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi.

Rul`ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlik chegarasiga qo'yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$|\dot{\delta}(t)| < 3 \text{ } ^\circ / \text{sek} , \quad |\delta(t)| < 30^\circ .$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lchash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan²⁰ yoziladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB} s + 1} ,$$

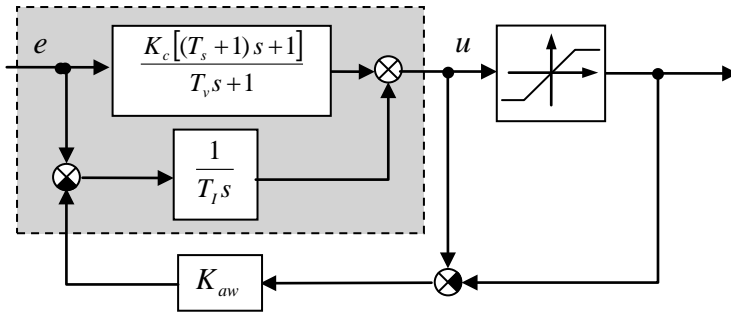
Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s} , \text{ bu erda } T_v = 1 \text{ sek i } T_I = 200 \text{ sek.}$$

²⁰ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{oc} qiymatlarini oling.

ga teng PID-rostlagichi qo‘llaniladi.

Rul`ning chegaralangan chegaraviy burilish burchagidan hosil bo‘lgan tuyinish samarasini kompensasiyalash uchun rostlagich tarkibida integratorni qamrab oluvchi ichki noxiziqli teskari bog‘lanishli sxema qo‘llaniladi

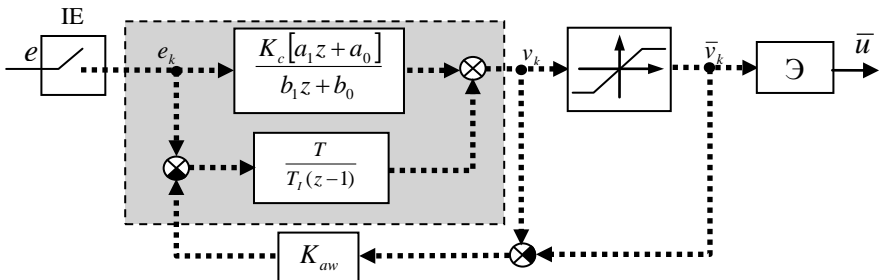


Rostlagich realizatsiyasi uchun kvantlash intervali T bo‘lgan raqamli komp`yuter qo‘llaniladi. Hisoblash sxemasida rostlagich uchta zvenoning ketma-ket ulanilishiga almashtiriladi:

- 1) **impul’s elementi**, u $t_k = kT$ (k ning butun sonlarida) kvantlash momentlarida uzluksiz signaldan $e(t)$ $e_k = e(kT)$ qiymatlarini tanlaydi; impul’s elementi analog-raqamli o‘zgartirgichni (ARO‘) modellashtiradi;
- 2) chiziqli **raqamli fil`trni**, u diskret ketma-ketligini e_k boshqarish ketma-ketligiga v_k o‘zgartiradi; Bu fil`trning uzatish funksiyasi boshqarish qonunini aniqlaydi.
- 3) Tiklovchi qurilma (**ekstrapolyator**), u v_k ketma-ketligidan uzluksiz boshqarish signalini $u(t)$ tiklaydi; ekstrapolyator raqamli-analog o‘zgartirgichni (RAO‘) modellashtiradi. Ko‘pincha nul` tartibli fiksator qo‘llaniladi. U kvantlash intervali davomida $u(t)$ doimiy qiymatni saqlab turadi:

$$u(kT + \varepsilon) = v_k, \quad 0 \leq \varepsilon < T.$$

Raqamli rostlagichning sxemasi quyidagi rasmda ko‘rsatilgan:



IE bloki (ARO) impul's elementni ifodalaydi, **E** bloki – ekstrapolyator (RAO). Nuqtali chiziqlar - diskret signallarni, uzluksiz chiziqlar – uzluksiz signallarni ifodalaydi.

Raqamli rostlagichlar klassiklarga (uzluksiz) nisbatan ko'p ustunliklarga egadir:

- elementlar parametrlari dreyfi mavjud emas;
- raqamli ko'rinishda murakkab boshqarish qonunlarini realizatsiya qilish mumkin;
- raqamli rostlagichlar oson qayta sozlaniladi, sozlash - o'lchash signallarni ishlov berish algoritmini oddiy almashtirilishiga kelib taqaladi.

Shu bilan bir vaqtda kvantlash momentlari orasida (o'lchash signallarini olish va yangi boshqarish ta'sirini uzatish momentlari orasida) sistema o'zini ochiq sistemaday (boshqarilmaydigan) tutadi. Bu turg'unlikning yo'qolishiga (bo'ektning o'zgarmas vaqtiga nisbatan kvantlashning katta intervallarida) va yashirin tebranishlarga (kvantlash momentlarida namoyon bo'lmaydigan uzluksiz signalning tebranishlariga) olib kelishi mumkin.

PD-rostlagichining diskret modelini qurish uchun trapesiya usuli bo'yicha integrallashga mos Tastin o'zgartirilishi qo'llaniladi

$$s \leftarrow \frac{2z-1}{Tz+1},$$

Ko'rilayotgan PD-rostlagichi uchun bu almashtirish quyidagini beradi

$$D_{pd}(z) = \frac{K_c [a_1 z + a_0]}{b_1 z + b_0},$$


bu erda koeffisientlar $a_1 = T + 2(T_s + T_v)$, $a_0 = T - 2(T_s + T_v)$,
 $b_1 = T + 2T_v$, $b_0 = T - 2T_v$ teng.


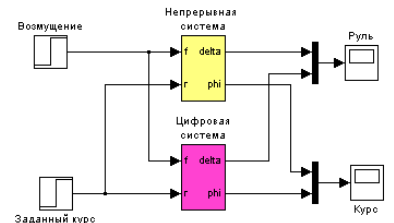
Integral kanalning diskret uzatish funksiyasini qurish uchun Eyley integrallash usuli (to'g'riburchaklar usuli) qo'llaniladi, ya'ni almashtirish

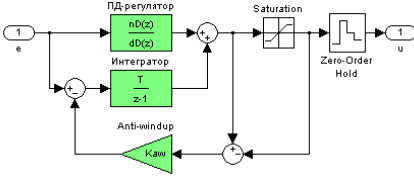
$$s \leftarrow \frac{z-1}{T}$$

Ishni bajarish jarayonida kvantlashning turli intervallarida rostlagichning raqamli realizatsiyasini qurish va uzluksiz raqamli boshqarish sistemasida o'tish jarayonlarini taqqoslash talab qilinadi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. O'zingizni papkangizni MATLAB ishchi papkasi qilib yarating.	Current Directory maydonida  ga bosish
2. Yangi M-fayl yarating, birinchi qatorga dastlabki ma'lumotlarni yuklash uchun sysdata skripti nomini kiriting. Unga oldingi ishda olingan K_{av} qiymatini yuklovchi qator qo'shing.. Faylni lab7go.m nomi ostida saqlab quyung va uni bajaring.	File - New - M-file sysdata; Kaw = ... File - Save
3. Skriptga quyidagi katorlarni qo'shing (tartib raqamisiz) 1 T = 1; 2 Cpd = tf(Kc*[Ts+1 1], [1 1]); 3 Dpd = c2d (Cpd, T, 'tustin'); 4 [nD,dD] = tfdata (Dpd, 'v'); Izoh: 1 – Kvantlash intervali qiymatini 1 s qilib o'rnatish; 2 – PD-rostlagichning uzatish funksiyasini qurish; 3 – Cpd uzatish funksiyasiga Tustin o'zgartirilishini ko'llanilishi; Natijada mos diskret uzatish funksiyasi quriladi. 4 – Dpd diskret uzatish funksiyasining surat va maxraji nD va dD o'zgaruvchanlariga yoziladi/	
4. lab7go.m skriptini bajaring	F5 tugmasi
5. Ishchi papkaning oynasini oching.	View - Current directory

6. Laboratoriya ishi № 6 da qurilgan model`ni oching.	lab6.mdl ga ikki marta bo-sish
7. Moel`ni uzingizni papkangizga lab7.mdl nomi ostida saqlab quying.	 File - Save as ...
8. Chiziqli model` , Nochiziqli model` , Gain va NCD Output bloklarini shuningdek barcha ulash chiziklarini o`chiring.	Delete
9. Ikkala mul`tiplaksozlarining kirish sonini 2 ga o`zgartiring.	Number of inputs
10. Kompensatsiyali sistema ostsistemasining nusxasini ko`chiring. Birinchi ostsistemani - Uzluksiz sistema , ikkinchisini esa - Raqamli sistema deb nomlangan.	SchT ni nomiga bosish
11. Ostsistemalarning fon rangini mos ravishda sariq va binafsha rangga o`zgartiring va rasmda ko`rsatilgan sxemani yig`ing.	SO`T - Background color 
12. Raqamli sistema – Rostlagich ostsistemasini oching. PD – rostlagich va integrator bloklarini o`chiring.	Delete
13. Bloklar kutubxonasining oynasini oching va bo`sh joyga Discrete guruhidan Discrete Transfer Fcn (diskret uzatish funksiyasi) ning 2 ta blok nusxasini ko`chiring.	View - Library browser

<p>14. Yangi bloklarga PD-rostlagich va Integrator nom bering va parametrlarini yuklang.</p>	<p>PD-rostlagich Numerator: nD Denominator: dD Sample time: T Integrator Numerator: $[T]$ Denominator: $TI*[1 \ -1]$ Sample time: T</p>
<p>15. Rostlagich chiqishiga) iz gruppi Discrete guruhidan Zero-order hold (nul' tartibli fiksator) blokini qo'shing kvantlash intervalini T o'rning.</p>	<p>Library browser oynasidan olish Sample time: T</p>
<p>16. Rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing. Uning nusxasini hisobotga ko'chiring.</p>	
<p>17. Modellashtirishni 250 s o'rning.</p>	<p>Simulation - Simulation parameters - Stop time</p>
<p>18. Modellashtirishni bajaring va uzluksiz va raqamli sistemalarda o'tish jarayonlarini taqqoslang (ular amaliy jihatdan to'g'ri kelishlari lozim).</p>	<p>Kurs va Rul bloklariga SO'Tni ikki marta bosish</p>
<p>19. So'ng biz turli kvantlash intervallarida raqamli sistemalarda o'tish jarayonlarini taqqoslaymiz. Skriptga quyidagi qatorlarni qo'shing (tartib raqamisiz):</p> <pre> 1 close all; 2 figure(1); 3 subplot(2,1,1); 4 set(gca, 'FontSize', 16); 5 subplot(2,1,2); 6 set(gca, 'FontSize', 16); </pre> <p>Izoh: 1 – barcha rasmlar yopilsin; 2 – 1 raqam rasm yaratilsin; 3 – uni vertikal bo'yicha ikki qismga ajratilsin (rul' ning yo'nalishi va perekladka burchagi va birinchi grafikni aktivlashtirish);</p>	

4 - shrif o'lchamini 16 punktga o'rnatilsin;
5, 6 – ikkinchi grafik uchun ham shu operasiyalar.

20. Siklda kvantlash intervalini T o'zgartiriladi, PD- rostlagichning yangi diskret modeli quriladi, modellashtirish amalga oshiriladi va mos grafik o'chirilmagan holda keyingi grafik quriladi. Skriptga quyidagi qatorlarni qo'shing (tartib raqamisiz):

```
1  aT = [2 3 5];
2  col = 'bgr';
3  for i=1:length(aT)
4      T = aT(i);
5      Dpd = c2d ( Cpd, T, 'tustin' );
6      [nD,dD] = tfdata ( Dpd, 'v' );
7      sim('lab7')
8      subplot(2,1,1);
9      plot(phi(:,1),phi(:,3),col(i));
10     hold on;
11     subplot(2,1,2);
12     plot(delta(:,1),delta(:,3),col(i));
13     hold on;
14     end;
```

Izoh:

- 1 – kvantlash intervali massivi yaratiladi;
- 2 – grafiklar ranglari ifodalangan holda ('b' – ko'k, 'g' – yashil, 'r' – qizil) belgisi massiv yaratiladi.
- 3 – sikl sarlavhasi, i – grafik raqami;
- 4 – massivdan kvantlash intervali qiymatini tanlash;
- 5 – tasin o'zgartirilishi PD - rostlagichning diskret modelini qurish;
- 6 – bu modelning surat va maxrajini olish;
- 7 – modellashtirishni bajarish;
- 8 – birinchi grafikka o'tish;
- 9 – yo'nalish burchagining o'zgarishini qurish. Chiziqning rangi `col` massividagi belgidan aniqlanadi;
- 10 – keyingi grafikni quyilishida mavjud egri chiziqlar o'chirilmaydi;
- 11-13 – ikkinchi grafik uchun ham shu operasiyalar (rul'ning perekladka burchagi);
- 14 – sikl tugashi.

21. Uzluksiz sistemada o'tish jarayonlarini (taqqoslash uchun) qurish qoladi (`phi` va `delta` massivlarida ikkinchi ustun). Skriptga quyidagi qatorlarni qo'shing (tartib raqamisiz):

```
1  subplot(2,1,1);
2  plot(phi(:,1),phi(:,2),'k--');
```

```

3 legend('T=2', 'T=3', 'T=5', 'Nepreprivnaya
sistema');
4 h = get(gca, 'Children');
5 for i=1:4
6     set(h(i), 'LineWidth', 1.5);
7 end;

```

Izoh:

- 1 – birinchi grafikka o'tish;
- 2 – uzluksiz sistemada o'tish jarayoni quriladi, ('k')qora rangli ('--') shtrixlangan chiziq;
- 3 – legenda chiqariladi;
- 4 – chiziqda ko'rsatkichlar massivi olinadi;
- 5-7 – chiziqning qalinligini o'zgartirish uchun sikl
- 6 – chiziq qalinligini 1,5 ga o'rnatish.

22. Ikkinchi grafik uchun mustaqil ravishda o'xshasha komandalarni qo'shing (delta massivining ikkinchi ustunidan foydalaning).

23. Skriptni bajaring	klavisha F5
-----------------------	-------------

24. Grafikning nusxasini hisobotga ko'chiring.	print -dmeta PKM - Vstavit`
--	--------------------------------

25. Uzluksiz sistemaning o'tish jarayonlari bilan raqamli sistemada o'tish jarayonlari to'g'ri keluvchi maksimal ruxsat etuvchi kvantlash intervali haqida xulosangizni chiqaring.

Koeffisientlar jadvali

Variant	T_s , sek	K , rad/sek	T_R , sek	T_{TB} , sek
1.	16.0	0.06	1	1
2.	16.2	0.07	2	2
3.	16.4	0.08	1	3
4.	16.6	0.07	2	4
5.	16.8	0.06	1	5
6.	17.0	0.07	2	6
7.	17.2	0.08	1	1
8.	17.4	0.07	2	2
9.	17.6	0.06	1	3
10.	17.8	0.07	2	4
11.	18.0	0.08	1	5
12.	18.2	0.09	2	6
13.	18.4	0.10	1	1

14.	18.6	0.09	2	2
15.	18.8	0.08	1	3
16.	19.0	0.07	2	4
17.	19.2	0.08	1	5
18.	19.4	0.09	2	6
19.	19.6	0.10	1	1
20.	18.2	0.0694	2	6

Himoya uchun nazorat savollari

1. № 1–7 laboratoriya ishlari savollariga qarang.
2. Uskunalash nima?
3. Uzlüksiz va raqamli boshqaruv sistemalarning farqi nimada?
4. Raqamli boshqaruv sistemalarning afzalliklari nimada?
5. Analog va diskret signallari nima?
6. Diskret uzatish funksiyasi nima?
7. Impul's element nima? Qaysi real qurilmaning modeli bo'lib xizmat qiladi?
8. Ekstrapolyator nima? Qaysi real qurilmaning modeli bo'lib xizmat qiladi?
9. Nul' tartibli fiksator nima? Nima uchun murakkab ekstrapolyatorlar kam qo'llaniladi?
10. Raqamli fil'tr nima?
11. Raqamli fil'trning diskret uzatish funksiyasini qurish uchun qaysi operator qo'llaniladi?
12. Turli xil tenglama bilan berilgan fil'trning diskret uzatish funksiyasi qanday topiladi?
13. Uskunalashning qaysi usullarini bilasiz? Ulardan qaysi biri aniqroq hisoblanadi?
14. Eylar usuli bilan uskunalash qanday bajariladi?
15. Tastin o'zgartirishni MATLAB ning qaysi funksiyasi bajaradi? U qanday chaqiriladi?
16. Simpson va Ueddl sonli integrallash formulalari asosidagi uskunalash usullarining kamchiliklari nimada?
17. Nima uchun PD – rostagichni uskunalash uchun Tastin o'zgartirilishi qo'llaniladi, a integral qismi uchun esa – Eylara uchuoi qo'llaniladi?
18. Algebraik sikl nima? Qaysi hollarda algebraik sikl hosil bo'lmaydi?
19. Kvanlash intervali oshganda qanday effektlar kuzatiladi?
20. Uzlüksiz rostagichning uzkunalanilishida kvantlash intervalining tanlanili qanday asoslab beriladi?

Avtomatik boshqarish nazariyasi
8 – LABORATORIYA ISHI BUYICHA HISOBOT
Uzluksiz rostagichning raqamli realizatsiyasi

Bajardilar: _____

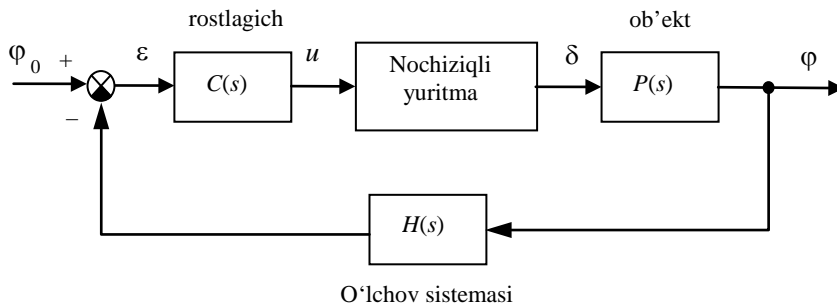
Tekshirdi: _____

Variant

20

1. Sistema tavsifi

Strukturviy sxemasi quyidagi rasmda ko'rsatilgan yo'nalish bo'yicha kemaaning nochiziqli boshqarish sistemasi tadqiq qilinmoqda



Kema harakatining chiziqli matematik modeli uzatish funksiya ko'rinishida ifodalangan

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}, \text{ bu erda } K = 0.0694 \text{ rad/sek}, T_s = 18.2 \text{ sek.}$$

Yuritmaning chiziqli modeli o'zidan uzatish funksiyasi

$$R_0(s) = \frac{1}{T_R s}, \quad T_R = 2 \text{ sek,}$$

ga teng bo'lgan birlik manfiy teskari bog'lanish bilan qamrab olingan integrallovchi zvenoni namoyon qiladi. Rul'ning chegaraviy burilish burchagiga va tezlikning chegarasiga qo'yiladigan nochiziqli cheklanmalar

$$|\dot{\delta}(t)| < 3 \text{ } ^\circ/\text{sek}, \quad |\delta(t)| < 30^\circ.$$

U yoki bu tomonga burilish burchagini o'lash uchun girokompasdan foydalaniladi. Uning matematik modeli birinchi tartibli aperiodik zveno ko'rinishida uzatish funksiyasi bilan²¹ yoziladi

$$H(s) = \frac{1}{T_{TB}s + 1}, \quad T_{TB} = 6 \text{ sek},$$

Boshqarish qurilmasi sifatida uzatish funksiyasi

$$C(s) = K_c \left(1 + \frac{T_s s + 1}{T_v + 1} \right) + \frac{1}{T_I s}, \text{ bu erda } K_c = 0.7045, T_s = 18.2 \text{ sek},$$

$$T_v = 1 \text{ sek}, T_I = 200 \text{ sek}.$$

bo'lgan PID-rostlagichidan foydalaniladi.

2. Uzlaksiz rostlagichni qayta jixozlash

PD-rostlagichining diskret uzatish modelini qurish uchun trapesiya usuli bo'yicha integrallashga mos Tastin o'zgartirilishi qo'llaniladi

$$s \leftarrow \frac{2z-1}{Tz+1},$$

Ko'rilayotgan PD-rostlagichi uchun bu almashtirish quyidagini beradi

$$C_{pd}(s) = \frac{K_c [(T_s + 1)s + 1]}{T_v s + 1} \rightarrow D_{pd}(z) = \frac{K_c [a_1 z + a_0]}{b_1 z + b_0},$$

bu erda koeffitsientlar

$$a_1 = T_s + 1 + \frac{T}{2}, \quad a_0 = \frac{T}{2} - T_s - 1, \quad b_1 = T_v + \frac{T}{2}, \quad b_0 = \frac{T}{2} - T_v.$$

teng.

Integral kanalning diskret uzatish funksiyasini qurish uchun Eyler integrallash usuli (to'g'riburchaklar usuli) qo'llaniladi, ya'ni

$$s \leftarrow \frac{z-1}{T}$$

almashtirganda $C_I(s) = \frac{1}{T_I s} \rightarrow D_I(z) = \frac{T}{T_I(z-1)}$ nima beradi. Berilgan son

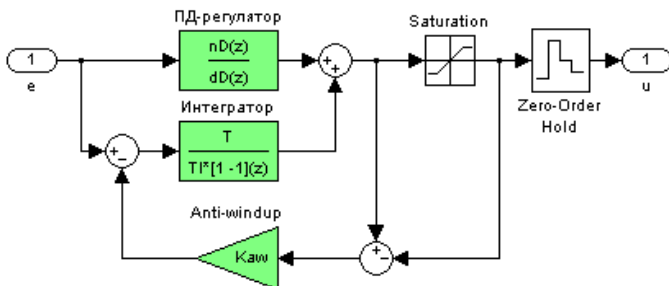
qiymatlarida va $T = 1$

$$D_{pd}(z) = \frac{9,252z - 8,783}{z - 0,333}, \quad D_I(z) = \frac{0,005}{z - 1}$$

ga ega bo'lamiz.

3. Raqamli sistemalarda «Rostlagich» ostsistemesi

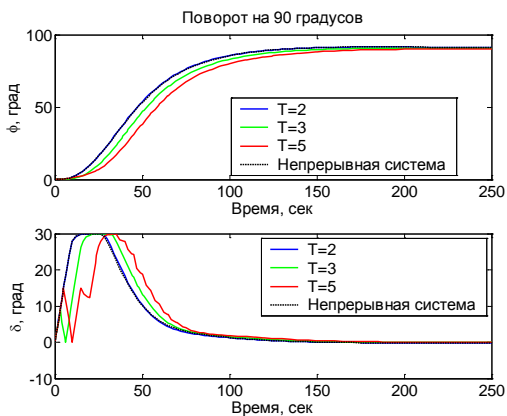
²¹ Fayl oxiridagi jadvaldan K , T_s , T_R va T_{TB} qiymatlarini oling.



- **Saturation** bloki uchun oraliqlar $\pm 30^\circ$
- to'yinishni to'ldirish koeffitsienti $K_{aw} = 3,2084$
- sistemaning uchta tipini taqqoslash uchun model`

4. Kvantlash intervalini tanlash

- $\varphi_0 = 90^\circ$ da o'tkinchi jarayonlar



- ushbu sistema uchun kvantlash intervali dan oshib ketmasiligi tavsiya etiladi.

9 – LABORATORIYA ISHI

KORRELYASION FUNKSIYA VA SIGNALLAR SPEKTRINI TADQIQOT QILISH

Ishdan maqsad

- MATLAB-SIMULINK muhitida *Auto Correlator* va *Power Spectral Density* bloklari yordamida signallar spektrini va korrelyasiya funksiyasini birlamchi tahlil qilish usullarini o'zlashtirish

Ishning vazifasi

- garmonik signallar uchun spektral zichlikni va (avto) korrelyasiya funksiyasini tadqiqot qilish;
- korrelyasiya funksiyasiga va signal spektriga o'lchash pomexalarining ta'sirini o'rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi.



U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

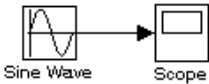
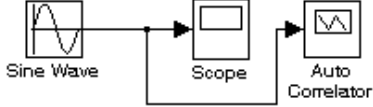
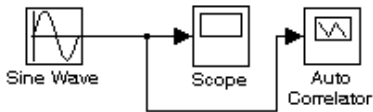
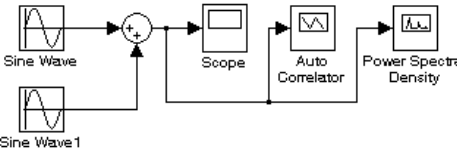
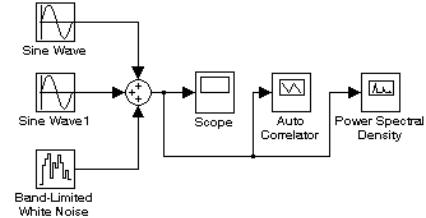
- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant raqami;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Buyruqlarni asosiy qismi MATLAB vositasining buyruqlar oynasida kiritiladi. Boshqa programmalarda ishlatish kerak bo'lgan oynalar tegishli dasturlarning ikonkalari ko'rinishida belgilanadi

Topshiriqni bajarish tartibi	Buyruqlar va illyustrasiyalar
1. <i>Simulink</i> ishga tushirish va yangi model yarating. Modellashtirish vaqtini 100 s o'rnat(menyu <i>Simulation – Simulation Parameters – Stop Time</i>).	 na paneli instrumentov,  v okne <i>Simulink</i>

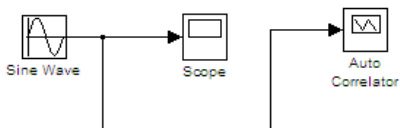
<p>2. Model'ga <i>Sine Wave</i> (garmonik signal, sinus, <i>Sources</i> guruhi) i <i>Scope</i> (ossillograf, <i>Sinks</i> guruhi) bloklarini qo'shing. Sinusoida uchun 10 rad/s (<i>Frequency</i> parametri) chastotasini o'rnatig.</p>	
<p>3. <i>Auto Correlator</i> (avtokorrelyasiya funksiyasi, <i>Simulink Extras – Additional Sinks</i> guruhi) blokini qo'shing. Model'ni ishga tushiring va bu signalning korrelyasion funksiyasiga qarang.</p>	
<p>4. Korrelyasion funksiya grafitinging nusxasini hisobotga ko'chiring. Aktiv oyna tasvirini almashtirish buferiga ko'chirish uchun <i>Alt+PrintScreen</i> klavishalaridan foydalaning. So'ng <i>Ctrl+V</i> klavishasi yordamida rasmni hisobotga yuklang.</p>	
<p>5. Chiqishga <i>Power Spectral Density</i> (spektral zichlik, <i>Simulink Extras – Additional Sinks</i> guruhi) blokini ulang. Model'ni ishga tushiring va signalning spektriga qarang. Spektral zichlik grafitinging nusxasini hisobotga ko'chiring.</p>	
<p>6. Kirish signaliga yana bir 5 rad/s chastotali va 2 (<i>Amplitude</i> parametri) amplitudali sinusoidani qo'shing. Avtokorrelyasiya funksiya va spektral zichlikning o'zgarishiga qarang. Natijani tushuntirib bering.</p>	
<p>7. Signalga tasodifiy pomexa qo'shing. Buning uchun <i>Band-Limited White Noise</i> (cheklangan chizikli oq shovqin, <i>Sources</i> guruhi) blokidan foydalaning. Avtokolleryasion funksiya va spektral zichlikning qanday o'zgarishini qarang. Natijani tushuntirib bering.</p>	
<p>8. Oq shovqin uchun 0.1 ga teng <i>Noise Power</i> parametrini o'rnatig. Model'ni ishga tushiring va korrelyasion funksiya va spektral zichlikning grafiklari nusxasini hisobotga ko'chiring. So'ngra shovqin quvvatini 1 gacha oshiring va modellashtrishni takrorlang. Natijalarni tushuntirib bering.</p>	

Avtomatik boshqarish nazariyasi
9 - LABORATORIYA ISHI BUYICHA XISOBOT
Korrelyasion funksiya va signallar spektrini tadqiqot qilish

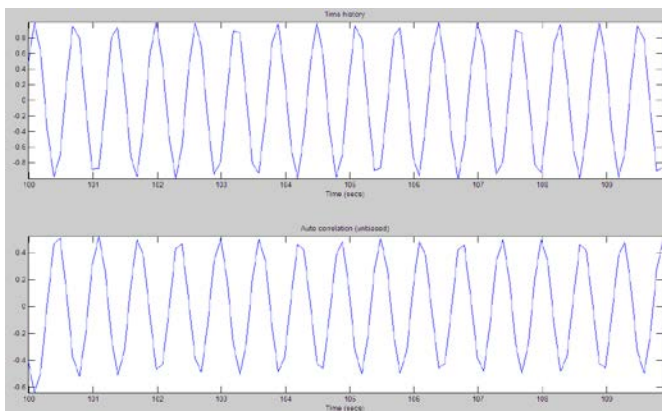
Bajardi: _____

Tekshirdi: _____

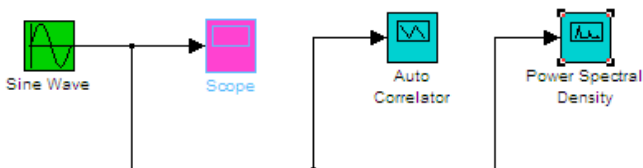
1. Korrelyasion funksiya grafigini olish uchun model



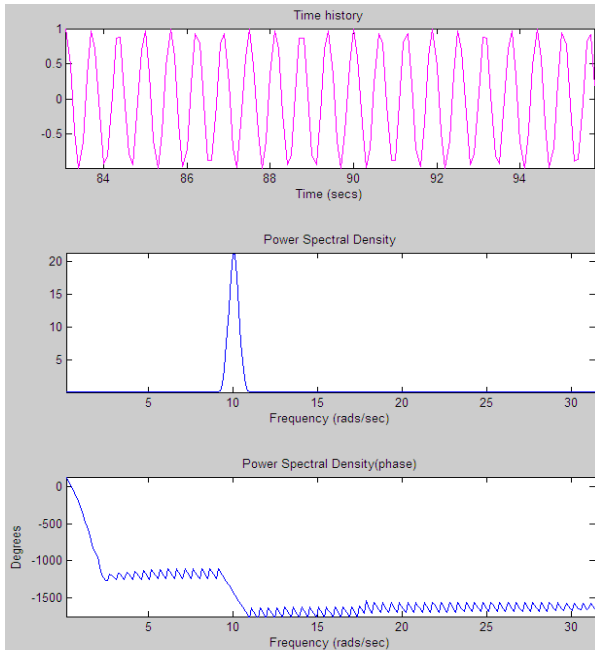
Korrelyasion funksiya grafigi



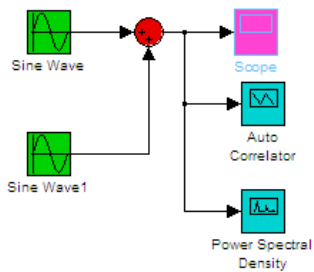
2. Spektral zichlik grafigini olish uchun model



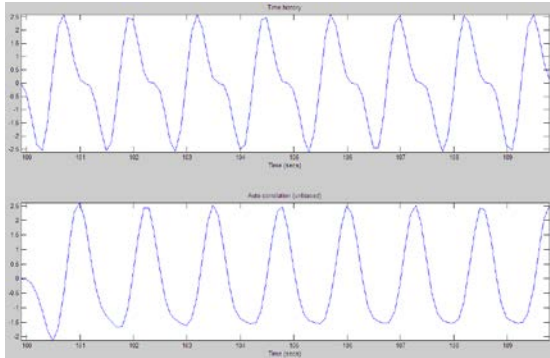
Spektral zichlik grafigi



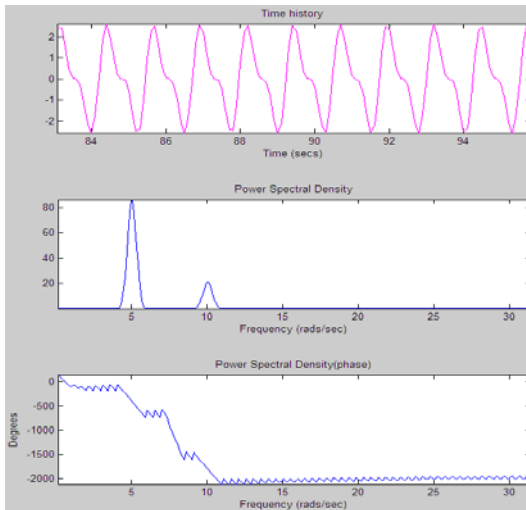
3. Kirish signaliga yana bir 5 rad/s chastotali va 2 (Amplitude parametri) amplitudali sinusoidani qo'shilgandagi model



Korrelyasion funksiya grafigi



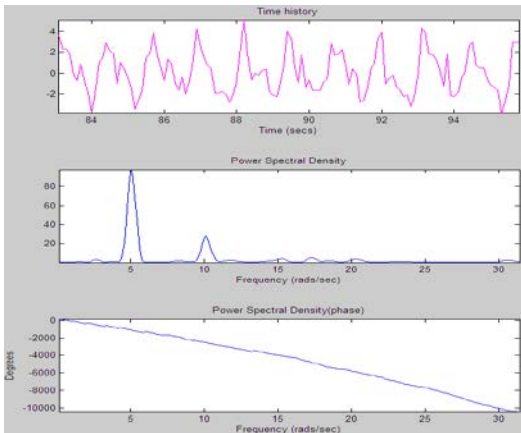
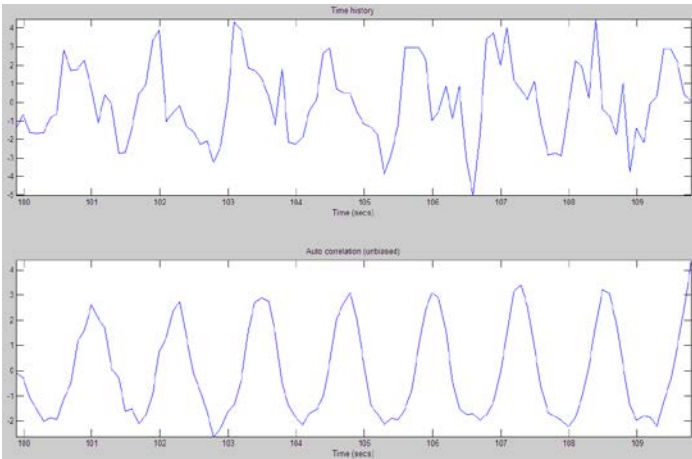
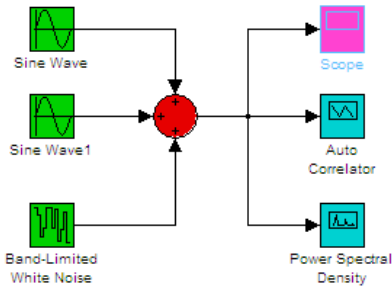
Spektral zichlik grafiği



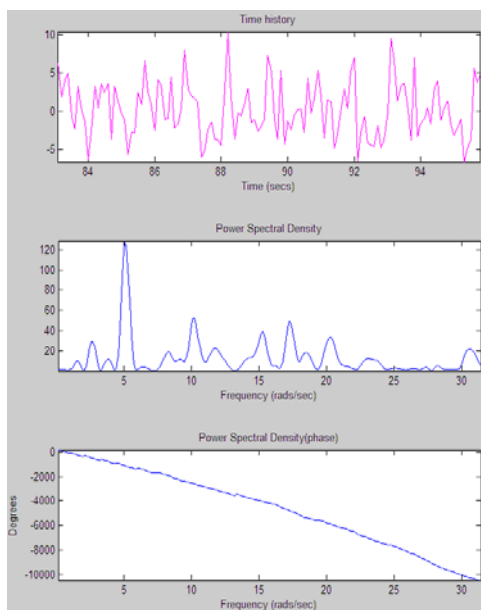
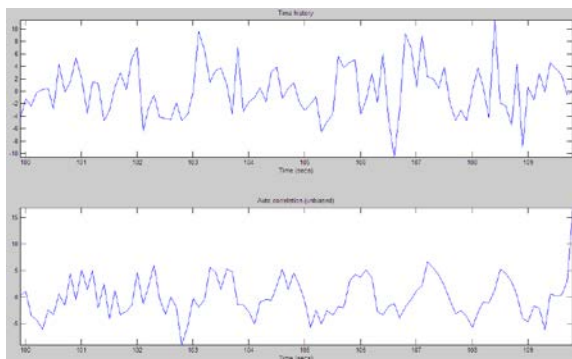
Bu natijalardan qo‘yidagi xulosalarga kelish mumkin:

- Oldingi madelga qaraganda xar hil vaqtlardagi tasodifiy miqdorlarning bog‘liqligi oshgan
- Spektral zichlik diagrammasi esa chastota 5 va 10 bo‘lganda signalning taqsimlanish quvvati eng katta ekanligini ko‘rsatadi. Buning sababi ikkita garmonik signal manbasi mavjudligi bilan tushuntiriladi.

4. Signalga tasodifiy pomexa qo‘shilgandagi madel



Spektral zichlik diagrammasidan ko‘rinib turibdiki quvvati 0,1 bo‘lgan oq shovqin qo‘shilgan sistemada endi faqat ikkita emas balki ko‘proq chastotalarda signalning taqsimlanish quvvati maksimal qiymatga erishgan.



Oq shovqin quvvati 1 bo‘lganda esa signalning taqsimlanish quvvati oldingisiga qaraganda ko‘proq chastotalarda maksimal quvvatga ega bo‘lishini ko‘rishimiz mumkin.

10 - LABORATORIYA ISHI

TASODIFIY TA`SIRLADA OCHIQLI CHIZIQLI SISTEMALARNI TADQIQ QILISH

Ishning maqsadi

- MATLAB vositasi yordamida tasodifiy qarshiliklarda bir o'lchamli chiziqli uzluksiz sistemalar usullarini o'zlashtirish.

Ishning vazifasi

- birlik oq shovqin qo'zg'atishli chiziqli sistemalar kirishida o'rtacha kvadratik og'ish va dispersiyani hisoblashni o'rganish;
- oq shovqinni (cheklangan chiziq bilan) signal manbai sifatida ishlatib, tasodifiy jarayonlarni modellashtirishni o'rganish;
- moddelashtirishda olingan tasodifiy jarayonning o'rtacha kvadratik og'ish va dispersiyasini baholashni o'rganish;
- tasodifiy jarayon avtokorrelyasion funksiyasini hisoblashni o'rganish;
- ma'lum korrelyasion funksiya bo'yicha tasodifiy jarayonlarning spektral zichligini hisoblashni o'rganish;
- tasodifiy jarayonlarning spektral zichligini baxolash uchun Fur'e almashtirishidan tez foydalanishni o'rganish;
- tasodifiy jarayonlarning spektral zichligi baxosini silliqlantirish uchun spektral darchadan foydalanishni o'rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish



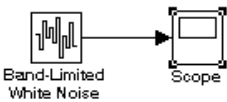
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

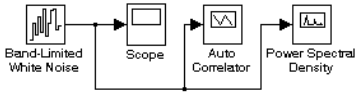
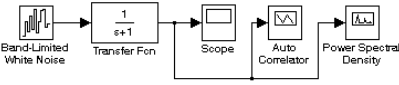

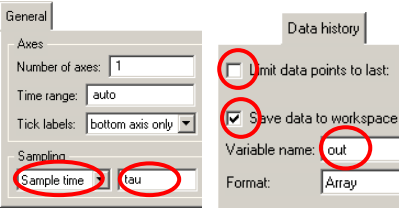
- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, guruh nomeri;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant nomeri;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya (ko'rsatma)

Buyruqlarni asosiy qismi MATLAB vositasining buyruqlar oynasida kiritiladi. Boshqa oynada bajarish kerak bo'lgan buyruqlar mos bo'lgan dastur ikonkalari bilan belgilangan.

Topshiriqni bajarish tartibi	MATLAB buyruqlari
1. MATLAB ni ishchi xolatini tozalash (xotira).	<code>clear all</code>
2. MATLAB oynasini tozalash.	<code>clc</code>
3. $F(s) = \frac{1}{s+1}$ uzatish funksiyasini kiriting.	<code>F = tf(1, [1 1])</code>
4. norm funksiyasidan foydalanib, kirishiga birlik oq shovqin berilganda ushbu sistemaning chiqishida o'rtakvadratik qiymatini hisoblang.	<code>norm (F)</code>
5. Kirishda birlik oq shovqin orqali sistemaning chiqish dispersiyasini hisoblang.	<code>norm (F)^2</code>
6. Bu sistemaning o'tkazuvchanlik palasasini ω_b aniqlang (rad/s).	<code>bw = bandwidth (F)</code>
7. $\tau = \frac{1}{100} \cdot \frac{2\pi}{\omega_b}$ formula bo'yicha modeldashtirish uchun korrelyasiyaning taklif etilgan maksimal intervalini toping.	<code>tau = 2*pi/100/bw</code>
8. <i>Simulink</i> ni yuklang va yangi model yarating. Modellashtrish vaqtini 100 s ga o'rnatib (menyu <i>Simulation – Simulation Parameters – Stop Time</i>).	instrumetlar panelidan  , <i>Simulink</i> oynasida 
9. <i>Band-Limited White Noise</i> (<i>Sources</i> guruxidan cheklangan chiziqdagi oq shovqin) va <i>Scope</i> (<i>Sinks</i> guruxidan ossillograf) bloklarni modelga qo'shing. Oq shovqin uchun <i>Noise Power</i> (quvvat) parametrini 1 ga teng qilib o'ranating. Modelni ishga tushiring va bu signal o'zidan nima hosil qilganini ko'ring.	

<p>10. Oldingi ishdagi kabi <i>Simulink Extras</i> – <i>Additional Sinks</i> guruxidan <i>Auto Correlator</i> (avtokorrelasyon funksiyasi) va <i>Power Spectral Density</i> (spektral zichlik) bloklarini ulang. Bu signallarning xususiyatini ko'ring.</p>	
<p>11. Rasmda ko'rsatilganidek qilib, sxemaga uzatish funksiyasi $F(s) = \frac{1}{s+1}$ zvenoni qo'shing.</p>	
<p>12. <i>Band-Limited White Noise</i> bloki parametrda korrelyasiya vaqtini (<i>Sample Time</i>) 7 punktda hisoblangan qiymatgacha kamaytirib. Buning uchun kerakli maydonga o'zgaruvchan nomi tau ni kiritish mumkin.</p>	
<p>13.  tugmasini bosish orqali ossillograf oynasini oching va rasmda ko'rsatilgani kabi parametrlarni o'rnatib. <i>General</i> bo'limida <i>Sampling</i> ro'yxatidan <i>Sampling time</i> (intervalni qo'lda o'rnatish) variantini tanlang, yon maydonida o'zgaruvchan nomiga tau ni kiritib. <i>Data history</i> bo'limida <i>Limit data points to last</i> dan bayroqchani olib tashlab, <i>Save data to workspace</i> ga bayroqchani o'rnatib, o'zgaruvchan nomiga out ni kiritib va ma'lumotlar formatidan <i>Array</i> ni tanlang. Modellashtirishni ishga tushiring.</p>	
<p>14. MATLAB oynasiga o'ting, zveno chiqishidagi signalning o'rtakvadratik og'ishi (O'KO) va dispersiyasini toping. Ularni nazariy formula bo'yicha 4 va 5 punktlarda olingan qiymatlar bilan solishtiring. Modellashtirish yordamida O'KO ni topish orqali tegishli xatoliklarini hisoblang.</p>	<pre> t = out(:,1); y = out(:,2); std (y) var (y) </pre>
<p>15. <i>Auto Correlator</i> bloki oynasida modellashtirish natijasida olingan jarayonning korrelyasyon funksiyasi qanday ko'rinishda ekanligiga qarang.</p>	

16. MATLAB funksiyasidan foydalanib, chiqishda avtokorrelyasiyon funksiyani hisoblang va uning grafigini quring. Uni nazariy korrelyasiyon funksiyasi $R(\tau) = 0,5 \cdot e^{-\tau}$ bilan solishtiring. Yangi **m**- fayl yaratish va unga bunday buyruqlarni yozib qo'yish qulay (qatorlar raqamlarsiz):

```

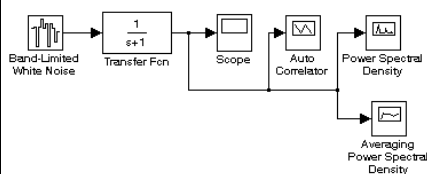
1  R = xcorr(y)/length(y);
2  Rplus = R(floor(length(R)/2):end);
3  M = 200;
4  t = t(1:M); Rplus = Rplus(1:M);
5  R_teor = 0.5*exp(-abs(t));
6  figure(1);
7  plot(t, R, t, R_teor)
8  xlim([0 max(t)]);

```

Sharh:

- 1 – *Signal Processing* paketidan **xcorr** standart funksiyasini ishlatgan holda tajribaviy korrelyasiyon funksiyasini hisoblaymiz;
- 2 – musbat τ lar uchun korrelyasiyon funksiyani ajratamiz;
- 3 – korrelyasiyon funksiyasini baholash uchun nuqtalar soni (signal uzunligiga nisbatan kam);
- 4 – vaqtini hisoblash massiv iva korrelyasiyon funksiyani «qirqib» olamiz;
- 5 – vaqtning xuddi shu ifodalari uchun nazariy korrelyasiyon funksiyasi $R(\tau) = 0,5 \cdot e^{-\tau}$ ni topamiz;
- 6-7 – bir maydonda ikkala grafikni qurilish;
- 8 – absissa o'qi bo'yicha aniq chegaralarni o'rnatish.

17. *Simulink Extras – Additional Sinks* guruxidan *Averaging Power Spectral Density* (o'rtacha qiymatli spektral zichlik) blokini ulang. Modellashtirishni yana bir bor bajaring va ikkita har xil bloklar yordamida olingan spektrlarni taqqoslang. Xulosalar chiqaring.



18. Chastota 0 dan 5 rad/s gacha olingan ma`lumotlar bo'yicha signalning spektral zichligini quring. Uni nazariy spektorli zichlik $S(\omega) = \frac{1}{\omega^2 + 1}$ bilan solishtiring.

```

1  T = t(2) - t(1);
2  w = 0:0.02:5;
3  Sw = []; Sw_teor = [];
4  for i=1:length(w)
5      Sw(i) = sum(Rplus .* cos(w(i)*t));
6      Sw_teor(i) = 1 / (w(i)*w(i) + 1);
7  end;
8  Sw = 2*T*Sw;
9  figure(2);
10 plot ( w, Sw, w, Sw_teor );

```

Sharh:

- 1 – diskretlashtirish intervalini topamiz (u tau ga teng bo'lishi kerak);
- 2 – 0 dan 5 rad/s gacha 0,02 rad/s qadam bilan chastotalar to'rini beramiz;
- 3 – massivlarni bo'shatamiz;
- 4-7 – barcha tanlangan chastotalar bo'yicha sikl;
- 5 – korrelyasion funksiyaning Fur'e almashtirishi kabi spektrni topamiz;
- 6 – nazariy spektr;
- 8 – 2T ga ko'paytiramiz;
- 9 – ikkala spektorning grafigini quramiz.

19. **trapz** (trapesiya usuli bilan sonli integrallash) funksiyasi yordamida

$$v_y = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_y(\omega) d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_y(\omega) d\omega$$

formulani ishlatgan xolda tajribaviy va nazariy spektr orqali dispersiyani baholang. 5 p. da olingan dispersiya qiymatlariga taqqoslab, natijalarni tushintiring.

trapz(w,Sw)/pi
trapz(w,Sw_teor)/pi

20. Xemming darchasi yordamida korrelyasion funksiyani silliqqlangan baxosini quring. Buning uchun (skriptning kerakli joyiga)

```
hamm = 0.54 + 0.46*cos(pi*t/max(t));
```

```
Rhamm = Rplus .* hamm;
```

buyruqlarni qo‘shish kerak va korrelyasion funksiyani qurishda uchinchi chiziqni chiqaring

```
plot(t, Rplus, t, R_teor, t, Rhamm)
```

Olingan grafikni hisobotga ko‘chiring.

21. Silliqlangan korrelyasion funksiyadan foydalanib, spektrl zichlik baxosini quring. Grafikda uchta spektr bo‘lishi kerak (nazariy, silliqqlanirilmagan baho va silliqqlanirilmagan baho). Grafikni hisobotga ko‘chiring.

22. Fur‘e tez almashtirishi (FTA) yordamida quvvatning spektral zichligini baholash uchun buyruqlar skriptiga qo‘shing va uni bajaring.

```
1 N = 2*pi/0.5/T;
```

```
2 N = 2^nextpow2(N);
```

```
3 Fw = T * fft(y, N);
```

```
4 Sw_fft = Fw .* conj(Fw) / N / T;
```

```
5 Sw_fft = Sw_fft(1:N/2+1);
```

```
6 w1 = 2*pi*[0:N/2] / N / T;
```

```
7 plot ( w, Sw_teor, w1, Sw_fft );
```

```
8 xlim([0 max(w)]);
```

Sharh:

1 – FTA da chastota bo‘yicha qadam 0,5 rad/s teng bo‘lishi uchun nuqtalar sonini sanaymiz;

2 – yaqin katta ikkilik darajasini aniqlaymiz;

3 – FTAni bajaramiz;

4 – spektr bahosini hisoblaymiz;

5 – Naykvist chastotasigacha spektrning barinchi yarmini olamiz;

6 – grafikni qurish uchun burchak chastotalari to‘ri;

7 – FTA yordamida nazariy spektr va baholashni quramiz;

8 – absissa o‘qi bo‘yicha chegaralarni o‘rnatamiz.

Olingan natijalarni nazariy qiyalik bilan solishtiring. Xulosalar chiqaring.

23. Masshtablashtirish bilan Xemming darchasidan foydalanib, spektr zichlikni qurishni takrorlang. Buning uchun skriptga quyidagi buyruqlarni qo‘shing:

```
1 scale = 1/sqrt(0.54^2 + 0.46^2/2);
2 hamm = hamming(N) * scale;
3 yHamm = y(1:N) .* hamm;
4 Fw = T * fft(yHamm, N);
5 Sw_fftHamm = Fw .* conj(Fw) / N / T;
6 Sw_fftHamm = Sw_fftHamm(1:N/2+1);
7 plot ( w, Sw_teor, w1, Sw_fft, w1, Sw_fftHamm );
8 xlim([0 max(w)]);
```

Sharh:

1 – Xemming darchasi uchun masshtablashtiruvchi koeffisientni topamiz;

2 – masshtablashtirish bilan Xemming oynasini quramiz;

3 – oynani signalning birinchi N hisobiga qo‘llaymiz;

4 – FTAni bajaramiz;

5 – spektr bahosini hisoblaymiz;

6 – Naykvist chastotasigacha spektrning barinchi yarmini olamiz;

7 – nazariy spektr va baholashni quramiz;

8 – absissa o‘qi bo‘yicha chegaralarni o‘rnatamiz.

Skriptni yuklang. Olingan grafikni hisobotga ko‘chiring. Xulosalar chiqaring.

Avtomatik boshqarish nazariyasi
10 - LABORATORIYA ISHI BUYICHA XISOBOT
Tasodifiy ta'sirlada ochiq chiziqli
sistemalarni tadqiq qilish

Bajardi:

115-10TJA(o') gurux talabasi _____

Tekshirdi:

t.f.n., dosent Sevinov J.U.

1. Ochiq sistemaning uzatish funksiyasi

1

s + 1

- O'rtacha kvadratik qiymat
>> norm (F)

ans =

0.7071

- Dispersiya
>> norm (F)²

ans =

0.5000

- Sistemaning o'rtacha kvadratik palasasi
>> bw = bandwidth (F)

bw =

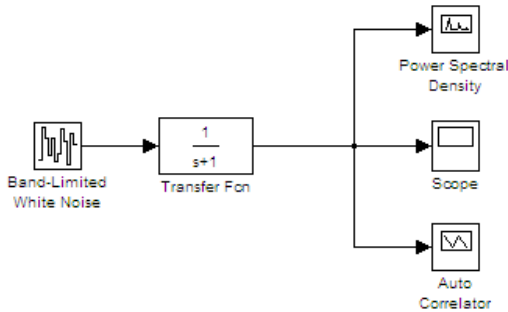
0.9976

- korrelyasiyaning taklif etilgan maksimal intervalini
>> tau = 2*pi/100/bw

tau =

0.0630

2. Kirishiga oq shovqin berilgan ochiq sistema madeli



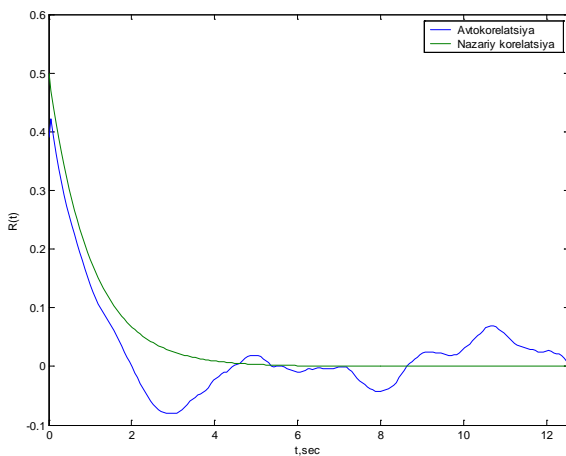
Madeldan olingan natijalar

```
t = out(:,1);
y = out(:,2);
```

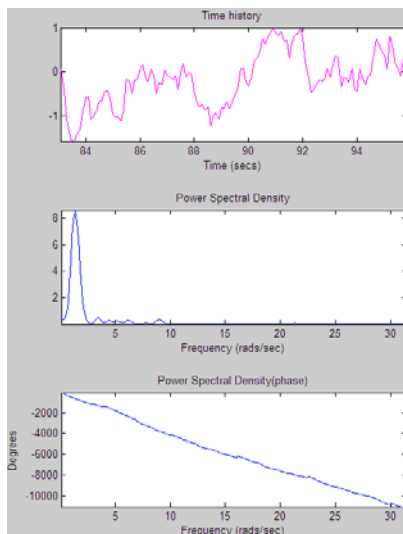
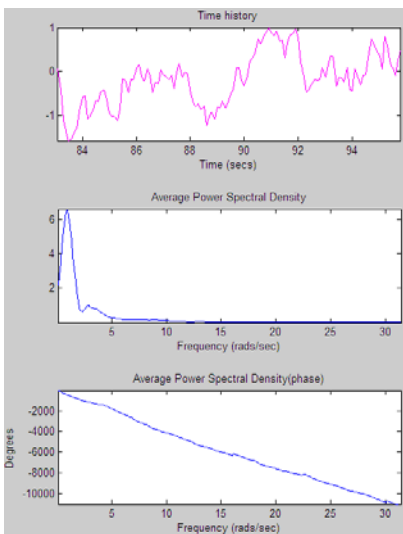
- o'rtacha kvadratik og'ish
std (y)
ans =
0.6495
- dispersiya
var (y)
ans =
0.4218

3. Chiqishdagi avtokorrelyasion funksiyani hisoblash va uning grafigini qurish hamda nazariy korrelyasion funksiyasi $R(\tau) = 0,5 \cdot e^{-\tau}$ grafigini qurish uchun skript

```
R = xcorr(y)/length(y);
Rplus = R(floor(length(R)/2):end);
M = 200;
t = t(1:M); Rplus = Rplus(1:M);
R_teor = 0.5*exp(-abs(t));
figure(1);
plot(t, Rplus, t, R_teor)
xlim([0 max(t)]);
xlabel('t,sec');
ylabel('R(t)');
legend('Avtokorelatsiya', ...
'Nazariy korelatsiya');
print -dmeta;
```



4. Averaging Power Spectral Density (o'rtacha qiymatli spektral zichlik) blokini ulangandagi olingan natijalar:

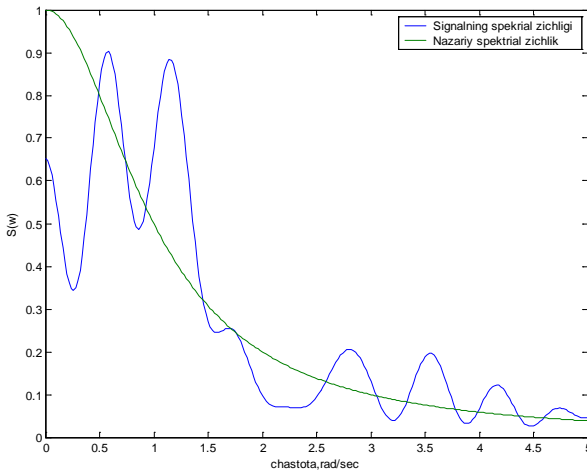


5. Chastota 0 dan 5 rad/s gacha olingan ma'lumotlar bo'yicha signalning spektral zichligini qurish va nazariy spektrli zichlik

$$S(\omega) = \frac{1}{\omega^2 + 1}$$

ni qurish uchun skript

```
T = t(2) - t(1);
w = 0:0.02:5;
Sw = []; Sw_teor = [];
for i=1:length(w)
Sw(i) = sum(Rplus .* cos(w(i)*t));
Sw_teor(i) = 1 / (w(i)*w(i) + 1);
end;
Sw = 2*T*Sw;
figure(2);
plot ( w, Sw, w, Sw_teor );
xlabel('chastota,rad/sec');
ylabel('S(w)');
legend('Signalning spekrial zichligi', ...
'Nazariy spektrial zichlik');
print -dmeta;
Olingan natija:
```



trapz (trapesiya usuli bilan sonli integrallash) funksiyasi yordamida

$$v_y = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_y(\omega) d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_y(\omega) d\omega$$
 formulani ishlatgan xolda

tajribaviy va nazariy spektr orqali dispersiyani baholash

```
trapz(w,Sw)/pi
```

```
ans =
```

```
0.4205
```

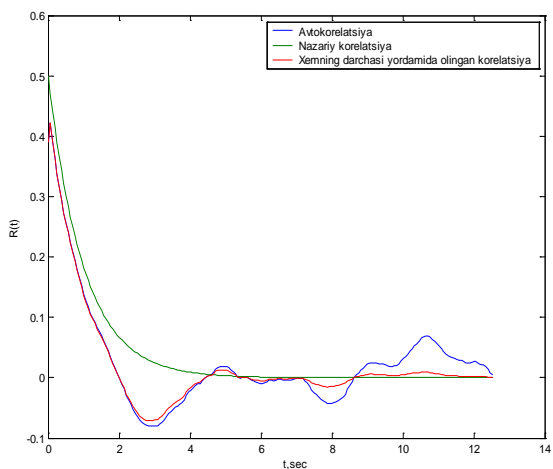
```
trapz(w,Sw_teor)/pi
```

```
ans =
```

```
0.4372
```

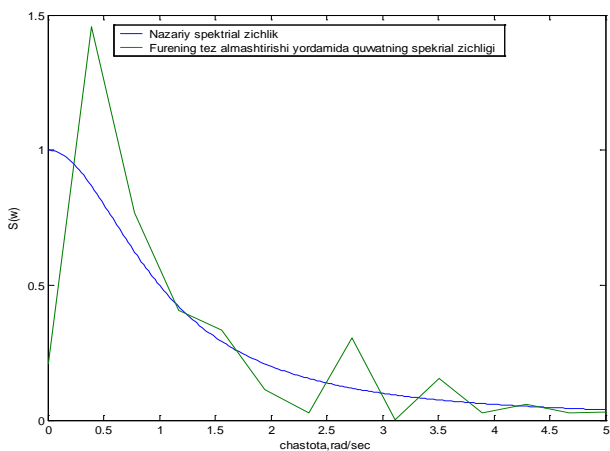
6. Xemning darchasi yordamida korrelyasion funksiyaning silliqlangan baxosini qurish uchun skript:

```
>> hamm = 0.54 + 0.46*cos(pi*t/max(t));  
Rhamm = Rplus .* hamm;  
figure(3);  
plot(t, Rplus, t, R_teor, t, Rhamm)  
>> xlabel('t,sec');  
ylabel('R(t)');  
legend('Avtokorelatsiya', ...  
       'Nazariy korelatsiya',...  
       'Xemning darchasi yordamida olingan korelatsiya');  
>> print -dmeta;
```

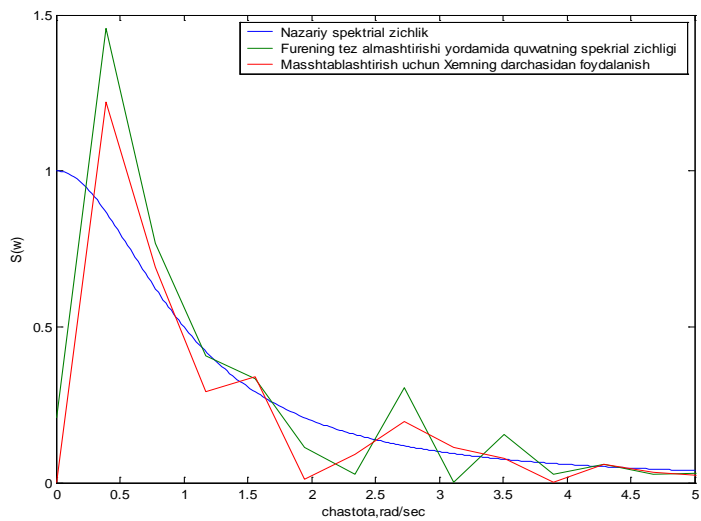


Xemming darchasi yordamida korrelyasion funksiyaning silliqqlangan baxosi nazariy korelatsiyaga yaqin chiqadi.

7. Fur`e tez almashtirishi (FTA) yordamida quvvatning spektral zichligini baholash



8. Masshtablashtirish bilan Xemming darchasidan foydalanib spektr zichlikni baholash.



11 - LABORATORIYA ISHI

OPTIMAL KUZATUVCHI SISTEMALARNING SINTEZI

Ishdan maqsad

- Determinirlangan kirish signallarida optimal kuzatuvchi sistemalar sintezining xususiyatlari va usullari bilan tanishish.

Ishning vazifasi

- optimal chiziqli kuzatuvchi sistemalar sintezi masalasida standar sistemani qurishni o'rganish;
- sintez masalasi xossalari o'rganish.

Hisobotni rasmiylashtirish

Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot *Microsoft Word* formati faylida (asosiy matn 1,5 interval orqali kengligi bo'yicha tekislab 12 pt o'lchamdagi **Times New Roman** shriftida) matnlar ketma-ketligi ko'rinishida bajariladi. U o'zida quyidagilarni qamrab olishi shart:

- fanning nomi, laboratoriya ishining tartibi va nomi;
- muallifning familiya ism-sharifi, gurux raqami;
- o'qituvchining familiya ism-sharifi;
- variant nomeri;
- tadqiq qilinayotgan sistemaning qisqacha tavsifi;
- kulrang fon bilan ajratilgan (pastga qarang) instruksiyaning hamma punktlarini bajarilish natijalari: hisoblash natijalari, grafiklar, savollarga javoblar.

Hisobotni tayyorlashda MATLAB vositasining ishchi stolidan axborotlarni almashtirish buferi orqali ko'chirib olish tavsiya etiladi. Buning uchun barcha belgilarni bir hil kenglikda qilib, **Courier New** shriftidan foydalaniladi.

Ishni bajarish bo'yicha instruksiya

Buyruqlarni asosiy qismi MATLAB vositasining buyruqlar oynasida kiritiladi. Boshqa programmalarda ishlatish kerak bo'lgan oynalar tegishli dasturlarning ikonkalari ko'rinishida belgilanadi.

Topshiriqni bajarish tartibi	Buyruqlar va illyustrasiyalar
1. Ob`ekt va kirish signali modelini quruvchi buyruqlar bilan yangi m-fayl (skript) yarating:	
<code>clear all;</code>	
<code>P = tf (1, [1 1]);</code>	<code>% ob`ekt</code>
<code>R = tf (1, [1 0]);</code>	<code>% kirish signali modeli</code>

2. Standart sistema quring va **h2opt** (**h2opt.m** faylining nusxasini ishchi papakaga ko'chirish lozim) funksiyasi yordamida boshqarishga cheklanmalarsiz optimal rostlagichni toping:

$$\mathbf{sys} = [\mathbf{R} \quad -\mathbf{P} \quad \mathbf{R} \quad \mathbf{0}];$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{h2opt} (\mathbf{sys})$$

(F5) ni bosib, skriptni ishga tushiring.

3. Hosil rostlagichning chastota tasnifini quring va xulosalar chiqaring

$$\mathbf{bode} (\mathbf{C})$$

4. Skriptga boshqarish signalining belgilangan qiymatini u_{∞} va etalon boshqarish signalini $U_0(s)$ Laplas bo'yicha tasvirini aniqlovchi buyruqlar (kerakli joyga) kiriting :

$$\mathbf{uInf} = \mathbf{dcgain} (\mathbf{tf}([1 \ 0],1)*\mathbf{R}/\mathbf{P});$$

$$\mathbf{U0} = \mathbf{uInf}*\mathbf{tf}(1, [1 \ 0]);$$

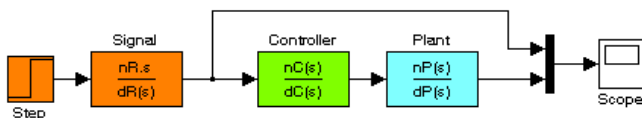
5. Boshqarish signali quvvatining cheklanmalarini hisobga olgan holda standart sistemasini o'zgartiring

$$\mathbf{kU} = 1;$$

$$\mathbf{sys} = [\mathbf{R} \quad -\mathbf{P} \quad \mathbf{kU}*\mathbf{U0} \quad -\mathbf{kU} \quad \mathbf{R} \quad \mathbf{0}];$$

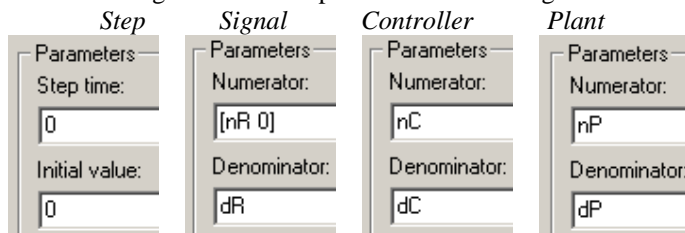
Qaytadan skriptni ishga tushiring (optimal rostlagich quring) va olingan rostlagichning chastota tasnifini quring. Oldingi variant bilan taqqoslang.

6. *Simulink*, ni ishga tushiring, model'ni rasmda ko'rsatilgandek yig'ing va **lab7sim1.mdl** nomi ostida saqlab quying.

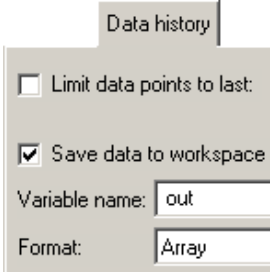


Ossillografga ikkita signalni chiqarish uchun mul'tipleksorni qo'llang (*Mux*, *Singal Routing* guruhi).

7. Rasmda ko'rsatilgandek bloklar parametrlarini kiriting:



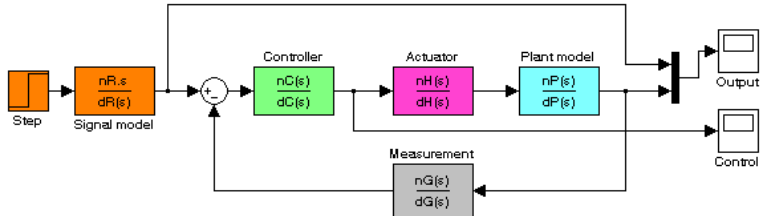
E'tiboringizni qaratingki, *Signal* blokining suratiga s ko'paytuvchi qo'shilgan, chunki kirish funksiyasi del'ta-funksiya emas birlamchi pog'onadir.

<p>8. Ossiolograf parametrlarida <i>Limit data points</i> bayroqchasini oling(xotiralanadigan nuqtalar sonini cheklash) va y) massiv ko'rinishida out nomi ostida (<i>Save data to workspace</i>) ma'lumotlarni saqlash rejimini o'rnatish.</p>	
<p>9. Skript oxiriga bloklarning surat va maxrajini qurish uchun buyruqlar kiriting</p> <pre>[nP,dP] = tfdata(P, 'v'); [nR,dR] = tfdata(R, 'v'); [nC,dC] = tfdata(C, 'v'); Shuningdek modellashtirishni ishga tushirish uchun sim('lab7sim1'); va grafiklarni qurish uchun figure(1); plot(out(:,1), out(:,2), out(:,1), out(:,3));</pre>	
<p>10. Skriptni ishga tushiring va hosil qilingan grafik nusxasini hisobotga ko'chiring.</p>	
<p>11. Povtorite rascheti pri $k_u = 0,1$ va $k_u = 10$ da hisoblarni takrorlang. Xulosalar chiqaring. Fayllarni (skript va model') yoping.</p>	
<p>12. Endi yo'nalish bo'yicha kemani boshqarish yopiq sistemasini tadqiqot qilamiz. Yangi skript yarating va kema, yuritma, o'lchash sistemasi va kirish pog'onali signalning modelini qurish uchun buyruqlar kiriting:</p> <pre>clear all; P = tf (0.0694, [18.2 1 0]); % kema modeli H = tf (1, [2 1]); % privod G = tf (1, [6 1]); % obratnaya svyaz` R = tf (1, [1 0]); % model` signala</pre>	
<p>13. Modellashtirishga ma'lumotlarni tayyorlash uchun buyruqlar kiriting</p> <pre>[nP,dP] = tfdata(P, 'v'); [nR,dR] = tfdata(R, 'v'); [nH,dH] = tfdata(H, 'v'); [nG,dG] = tfdata(G, 'v');</pre>	
<p>14. Boshqarishga cheklanmalarni hisobga olmagan holda optimal rostagichning uzatish funksiyasini toping:</p> <pre>sys = [R -P*H R -P*H*G]; [C,Poles] = h2opt (sys)</pre>	

15. Olingan rostlagichning chastota tavsifini quring va xulosalar chiqaring. **bode (C)**

16. Boshqarishga cheklanishli optimal rostlagich quring (integratorli ob`ekt uchun belgilangan qiymat nol'ga tengligi hisobga olgan holda):
 $kU = 1;$
 $sys = [R \quad -P*H \quad 0 \quad -kU \quad R \quad -P*H*G];$
 $[C,Poles] = h2opt (sys)$
 Uning uzatish funksiyasi va chastota tavchifi nusxasini hisobotga ko'chiring. Xulosalar chiqaring.

17. Simulink ni ishga tushiring, rasmda ko'rsatilgandek model'ni yig'ing va **lab7sim.mdl** nomi ostida saqlab quying.



Ossillografga ikkita signalni chiqarish uchun mul'tipleksorni qo'llang (*Mux, Singal Routing guruhi*).

18. Rasmda ko'rsatilgandek bloklar parametrlarini kiriting:

Step	Signal	Controller	Actuator	Plant	Measurement
Parameters Step time: 0 Initial value: 0	Parameters Numerator: [nR 0] Denominator: dR	Parameters Numerator: nC Denominator: dC	Parameters Numerator: nH Denominator: dH	Parameters Numerator: nP Denominator: dP	Parameters Numerator: nG Denominator: dG

E'tiboringizni qaratingki, *Signal* blokining suratiga *S* ko'paytuvchi qo'shilgan, chunki kirish funksiyasi del'ta-funksiya emas birlamchi pog'onadir.

19. Ossillograf parametrlarida *Limit data points* bayroqchasini oling(xotiralanadigan nuqtalar sonini cheklash) va (*Array*) massiv ko'rinishida **out** nomi ostida (*Save data to workspace*) ma'lumotlarni saqlash rejimini o'rnatish. Shunga o'xshash *Control* ossillografi uchun **u** massivga ma'lumotlar uzatilishini o'rnatish.

Data history

Limit data points to last:

Save data to workspace

Variable name:

Format:

20. Modellashtirishni bajarish uchun skriptga buyruqlar kiriting

```
[nC,dC] = tfdata(C, 'v');
```

```
sim('lab7sim');
```

grafiklar qurilishi (etalon i faktik o'tish jarayonlari):

```
figure(1);
```

```
plot(out(:,1), out(:,2), out(:,1), out(:,3));
```

Chiqish va boshqarish bo'yicha integral kvadrat xatoliklar hisobidan

(trapesiya usuli bilan integrallash, **trapz** funksiyasi):

```
uInf = 0; % boshqarishning belgilangan qiymati  
err2 = (out(:,2)-out(:,3)).^2; % xatolik kvadrati  
errOpt = trapz(out(:,1),err2) % integral kvadrat  
xatolik  
errU2 = (u(:,2) - uInf).^2; % boshqarish bo'yicha  
xatolik kvadrati  
errU = trapz(u(:,1),errU2) % integral kvadrat  
xatolik
```

21. Modellashtirish vaqtini 100 s ga o'rnatish (menyu *Simulation-Simulation parameters-Stop time*). Skriptni ishga tushirish va nusxasini hisobotga ko'chirish.

22. Sistema sifati egri chizig'ini qurish uchun skriptni o'zgartiramiz (Pareto – optimal rostagichlari uchun boshqarish v chiqish bo'yicha integral kvadrat xatoliklar bog'liqligi):

```
kU = [0.2 0.25 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 1.2  
1.5 1.7 2];
```

```
uInf = 0; % boshqarishning belgilangan qiymati
```

```
errOut = []; % massivlarni ozod qilmoq
```

```
errU = [];
```

```
for i=1:length(kU)
```

```
fprintf('\n%g', kU(i)); % kU ni chiqarish
```

```
sys = [ R -P % standart sistema
```

```
0 -kU(i)
```

```
R -P];
```

```
[C,Poles] = h2opt ( sys ); % optimal rostagich
```

```
sintezi [nC,dC] = tfdata(C, 'v');
```

```
sim('lab7sim'); % modellashtirish
```

```
err2 = (out(:,2)-out(:,3)).^2;
```

```
u2 = (u(:,2) - uInf).^2;
```

```
errOut(i) = trapz(out(:,1),err2);
```

```
errU(i) = trapz(u(:,1),u2);
```

```
end;
```

```
23. Sikldan keyin sifat egri chizig'ini qurish uchun buyruqlar kiriting
figure(1);
plot(errOut, errU, '-o');
xlabel('Error');
ylabel('Control error');
```

24. Skriptni bajarishga ishga tushiring. Hosil qilingan sifat egri chizig'i nusxasini hisobotga ko'chiring. Xulosalar chiqaring.

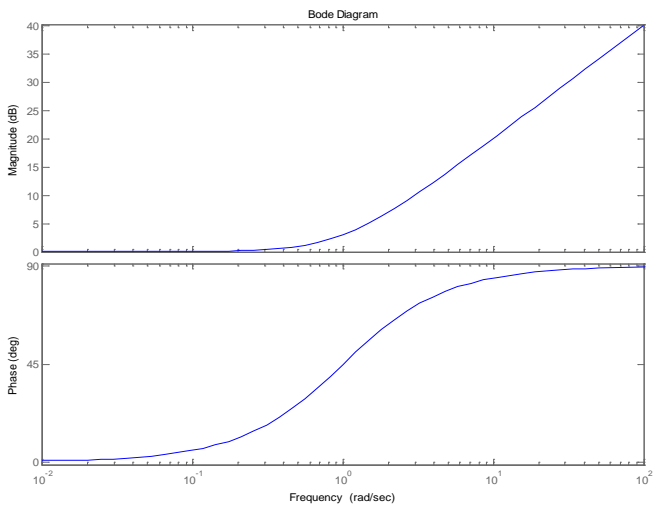
Avtomatik boshqarish nazariyasi 11 - LABORATORIYA ISHI BUYICHA XISOBOT Optimal kuzatuvchi sistemalarning sintezi

Bajardi:

Tekshirdi:

1. Yo'nalish bo'yicha kemani boshqarish ochiq sistemasini tadqiq qilish

- Ob'ekt va kirish signali modelini quruvchi buyruqlar
clear all; clc;
 >> P = tf (1, [1 1]); % ob'ekt
 >> R = tf (1, [1 0]); % kirish signali modeli
- Standart sistema qurish va **h2opt** funksiyasi yordamida boshqarishga cheklanmalarsiz optimal rostagichni topish uchun skript:
 >> sys = [R -P R 0];
 >> C = h2opt(sys)
 Zero/pole/gain:
 (s+1)
- Hosil bo'lgan rostagichning chastota tasnifini qurish:
 >> bode(C)



- Boshqarish signali quvvatining cheklanmalarini hisobga olgan holda standart sistemasi:

```
>> uInf = dcgain( tf([1 0],1)*R/P );
```

```
>> U0 = uInf*tf(1, [1 0]);
```

```
>> kU = 1;
```

```
>> sys = [ R -P
```

```
          kU*U0 -kU
```

```
          R 0];
```

```
>> C = h2opt(sys)
```

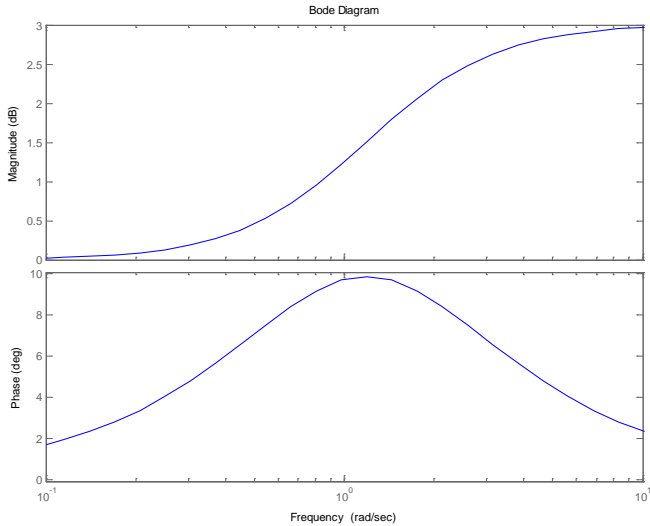
Zero/pole/gain:

1.4142 (s+1)

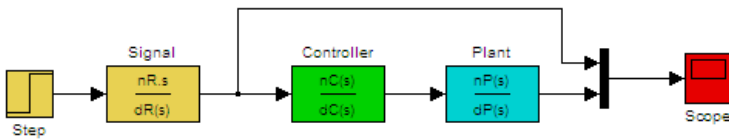
(s+1.414)

- Olingan rostlagichning chastota tasnifi:

```
>> bode(C)
```



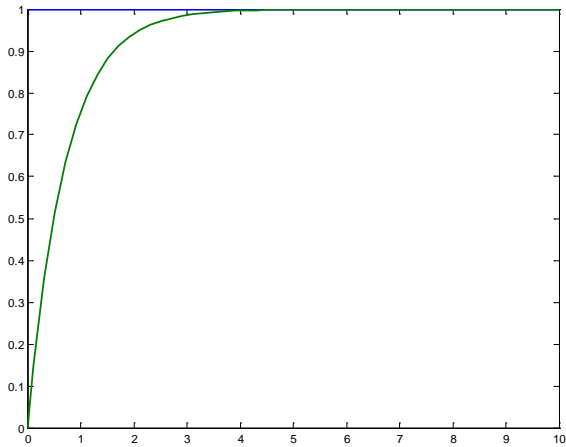
- Kuzatuvchi ochiq sistema modeli:



- bloklarning surat va maxrajini qurish uchun buyruqlar:


```
>> [nP,dP] = tfdata(P, 'v');
>> [nR,dR] = tfdata(R, 'v');
>> [nC,dC] = tfdata(C, 'v');
```
- modellashtirishni ishga tushirish va grafiklarni qurish uchun buyruqlar:


```
>> sim('lab7sim1');
>> figure(1);
>> plot(out(:,1), out(:,2), out(:,1), out(:,3));
```

- $k_u=0,1$ bo 'lganda:

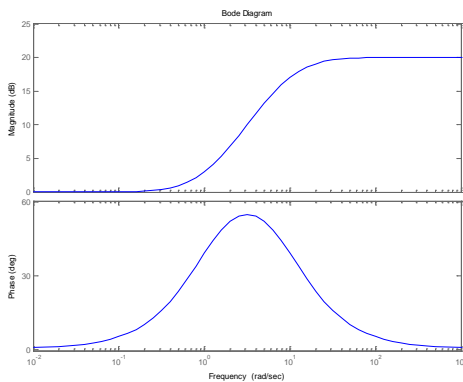
```
>> kU = 0.1;
>> sys = [ R -P
           kU*U0 -kU
           R 0];
>> C = h2opt(sys)
```

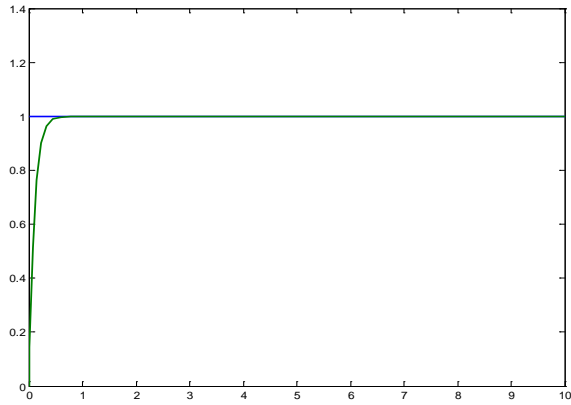
Zero/pole/gain:

10.0499 (s+1)

(s+10.05)

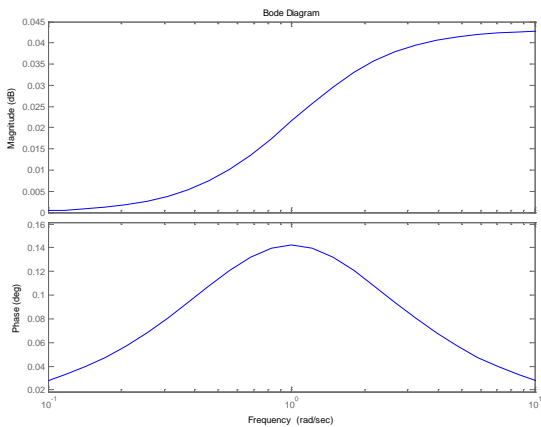
>> bode(C)

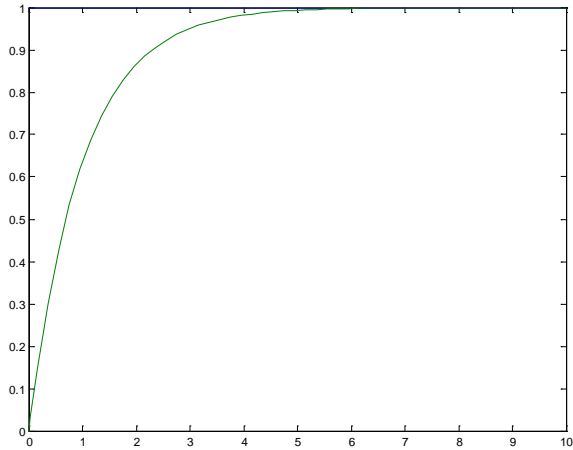




- $k_u=0,1$ bo 'lganda:

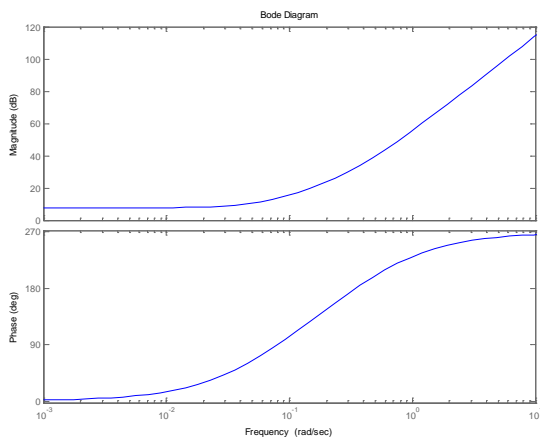
```
>> kU =10;
>> sys = [ R  -P
           kU*U0 -kU
           R  0];
>> C = h2opt(sys)
Zero/pole/gain:
1.005 (s+1)
-----
(s+1.005)
>> bode(C)
```





2. Yoʻnalish boʻyicha kemani boshqarish yopiq sistemasini tadqiq qilish

- Boshqarishga cheklanmalarni hisobga olmagan holda optimal roslagichning chastota tavsifi:



- Boshqarishga cheklanishli optimal roslagichni qurish:
 $\gg kU = 1;$
 $\gg \text{sys} = [R \quad -P*H$
 $0 \quad -kU$

```
R -P*H*G];  
>> [C,Poles] = h2opt ( sys )
```

Zero/pole/gain:
(s+0.1667) (s+0.05495)

(s^2 + 0.265s + 0.02203)

Poles =

-0.4953

-0.1676

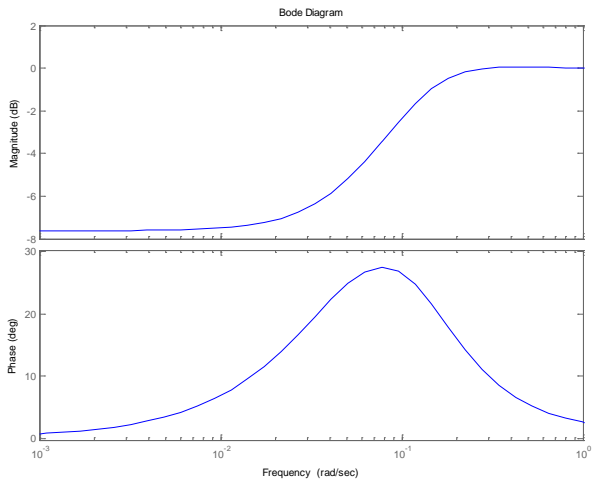
-0.1667

-0.0511 + 0.0349i

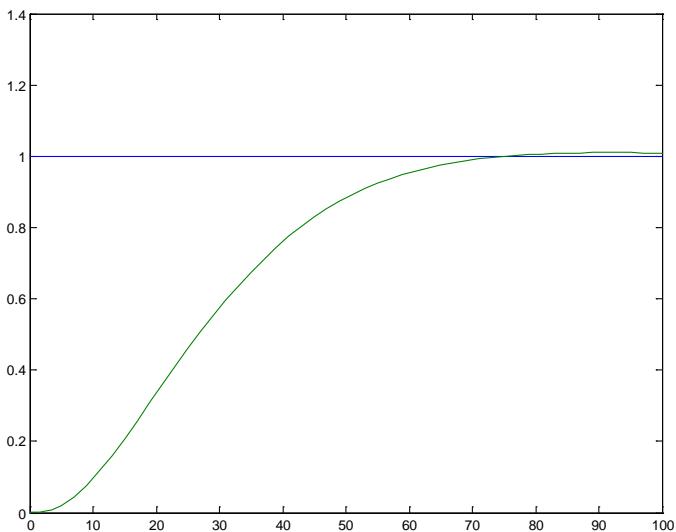
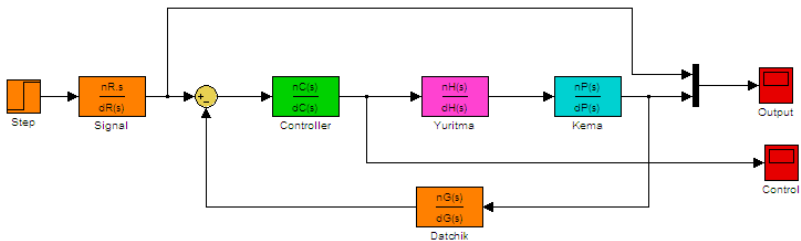
-0.0511 - 0.0349i

-0.0549

- Olingan rostagichning chastota tavsifi:



- Kuzatuvchi yopiq sistema modeli:



- Chiqish va boshqarish bo'lishida integral kvadrat xatoliklar

$$\text{errOpt} = 20.1554$$

$$\text{errU} = 8.8584$$

- **skript**

```
clear all; clc;
```

```
P = tf ( 0.0694, [18.2 1 0] ); % kema modeli
```

```
H = tf ( 1, [2 1] ); % yuritma
```

```
G = tf ( 1, [6 1] ); % teskari bog'lanish
```

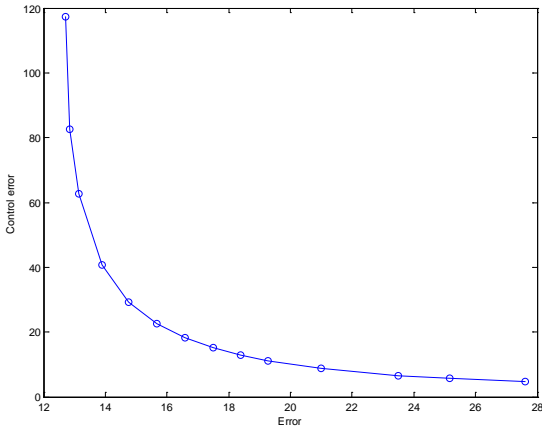
```
R = tf ( 1, [1 0] ); % signal modeli
```

```

[nP,dP] = tfdata(P, 'v');
[nR,dR] = tfdata(R, 'v');
[nH,dH] = tfdata(H, 'v');
[nG,dG] = tfdata(G, 'v');
sys = [ R -P*H
        R -P*H*G];
[C,Poles] = h2opt(sys)
bode(C)
kU = 1;
sys = [ R -P*H
        0 -kU
        R -P*H*G];
[C,Poles] = h2opt ( sys )
figure(2);
bode(C)
[nC,dC] = tfdata(C, 'v');
sim('lab7sim');
figure(3);
plot(out(:,1), out(:,2), out(:,1), out(:,3));
uInf = 0; % boshqarishning belgilangan qiymati
err2 = (out(:,2)-out(:,3)).^2; % xatolik kvadrati
errOpt = trapz(out(:,1),err2) % integral kvadrat xatolik
errU2 = (u(:,2) - uInf).^2; % boshqarish bo'yicha xatolik kvadrati
errU = trapz(u(:,1),errU2) % integral kvadrat xatolik

```

- Sistema sifati egri chizig'ini qurish



Adabiyotlar

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. –СПб.: Профессия, 2004. – 752 с.
2. Воронов А.А., Ким Д.П., Лохин В.М. и др. Теория автоматического управления. Учебник. 1, 2 ч. – М.: Высш.шк., 1986.
3. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
4. Топчеев Ю.И. Атлас по проектированию систем управления. – М: Машиностроение, 1991.
5. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1–4. – М.: МГТУ им. Баумана, 2004.
6. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. М.: Изд-во МЭИ. 2004. – 400 с.
7. Востриков А.С. Теория автоматического регулирования. Учеб. пособие для вузов / А.С.Востриков, Г.А.Французова. – М.: Высш.шк., 2004. – 365 с.
8. Справочное пособие по теории систем автоматического регулирования и управления / Под ред. Санковского Е.А. – Минск.: «Высшая школа», 1973. –с.760.
9. Мэтьюз Дж.Г., Финк К.Д. Численные методы. Использование MATLAB. Пер. с англ. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2001. – 720 с.
10. Yusupbekov N.R., Muxamedov B.E., Gulomov Sh.M. Texnologik jarayonlarni boshqarish sistemalari. «O‘qituvchi», Toshkent, 1997. – 352b.
11. Технологик жараёнларни автоматлаштириш асослари: Ўқув кўлланма. 1,2-қисм. Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. – Тошкент, ТошДТУ, 2007.
12. Miraxmedov D.A. Avtomatik boshqarish nazariyasi. – Т.: O‘zbekiston, 1993.
13. Дьяконов В.П. MATLAB 6. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
14. Дьяконов В. SIMULINK 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

MUNDARIJA

	bet.
Kirish.....	3
1 – LABORATORIYA ISHI	5
Ochiq chiziqli sistemalarni tadqiq etish	5
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	11
2 – LABORATORIYA ISHI	14
Chiziqli sistema uchun rostlagichni loyihalash	14
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	22
3 – LABORATORIYA ISHI	28
SIMULINK paketida boshqarish sistemalarini loyihalash...	28
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	39
4 – LABORATORIYA ISHI	43
Dinamik sistemalarni turg'unligini tadqiq etish	43
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	54
5 – LABORATORIYA ISHI	56
Nochiziqli boshqarish sistemalarini modellashtirish	56
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	65
6 – LABORATORIYA ISHI	69
Matlab muhitida dasturlash	69
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	78
7 – LABORATORIYA ISHI	82
Nochiziqli sistemalarni optimallashtirish	82
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	90
8 – LABORATORIYA ISHI	95
Uzluksiz rostlagichning raqamli realizatsiyasi	95
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	105
9 – LABORATORIYA ISHI	108
Korrelyasion funksiya va signallar spektrini tadqiqot qilish	108
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	110
10 – LABORATORIYA ISHI	115
Tasodifiy ta'sirlada ochiq chiziqli sistemalarni tadqiq qilish	115
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	122

11 – LABORATORIYA ISHI	129
Optimal kuzatuvchi sistemalarning sintezi	129
Laboratoriya ishi bo'yicha hisobot	134
ADABIYOTLAR	144

Muharrir: A.Sa'dullaev

Подписано в печать 15.10. 2015г. Формат 60x90 1/16.
Объем 9,25 п.л. Тираж 50 экз. Заказ № 157
Отпечатано в типографии Ташкентского государственного
технического университета.
100095, г. Ташкент, ул. Университетская, 54