

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

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA FAKULTETI

«FIZIKA» kafedrası

OLIY TA'LIMNING

310 000 - “Muhandislik ishi” sohasi

**5311000 – “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni
avtomatlashtirish va boshqarish” bakalavr yo`nalishining**

«AVTOMATIK BOSHQARISH NAZARIYASI»

fani bo'yicha

LABORATORIYA ISHLARI VA ULARNI
BAJARISH UCHUN USLUBIY
KO'RSATMALAR

NAMANGAN-2016

Ushbu uslubiy ko'rsatma «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanining dasturiga muvofiq yozildi.

Uslubiy ko'rsatma «Avtomatik boshqarish nazariyasi» fanining chiziqli avtomatik boshqarish sistemalarini tekshirishga bag'ishlangan bo'lib, **uchta** ishni o'z ichiga olgan. Har bir ishda ishning maqsadi, ishga tegishli nazariy ma'lumotlar, ishning topshiriqlari, topshiriqlarni MATLAB dasturi muhitida bajarish uchun uslubiy ko'rsatmalar berilgan.

Bu uslubiy ko'rsatma talabalar tajriba ishlarini mustaqil holda sifatli bajarishlari, hisobot tayyorlashlarida foydalanishlari uchun mo'ljallangan.

Tuzuvchi: dots. H.O.Abdullayev

Taqrizchilar: dots. A.S.Boymirzayev, dots. R.G'.Ikromov.

NMTI ilmiy – uslubiy kengashida tasdiqlangan

Bayonnoma № 6 « 24 » fevral 2016 y.

NamMTI kseroksida «50» nusxada ko'paytirilgan.

1-laboratoriya ishi

CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING VAQTLI VA CHASTOTALI XARAKTERISTIKALARINI TADQIQ ETISH

Ishning maqsadi: Chiziqli avtomatik boshqarish sistema (ABS) larining asosiy xarakteristikalarini va parametrlarini o'rganish.

Nazariy qism.

Chiziqli ABS deb, vaqt bo'yicha xususiyati n - tartibli diffrentsial tenglama (DT) bilan tavsiflanadigan dinamik sistemaga aytiladi:

$$a_n \cdot y^{(n)} + a_{(n-1)} \cdot y^{(n-1)} + \dots + a_1 \cdot y^{(1)} + a_0 \cdot y = b_m \cdot x^{(m)} + b_{(m-1)} \cdot x^{(m-1)} + \dots + b_1 \cdot x^{(1)} + b_0 \cdot x,$$

yoki,

$$a_n \frac{d^{(n)}y}{dt^n} + a_{(n-1)} \frac{d^{(n-1)}y}{dt^{(n-1)}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y(t) = b_m \frac{d^{(m)}x}{dt^m} + b_{(m-1)} \frac{d^{(m-1)}x}{dt^{(m-1)}} + \dots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x,$$

bu yerda:

$a_0, b_0, \dots, a_n, b_m$ – tenglamaning mos o'zgaruvchilar oldidagi doimiy, o'zgarmas koeffitsientlari;

$y(t)$ – chiqish signalining vaqtli funktsiyasi (rostlanadigan kattalik, ABS ning chiqish funktsiyasi);

$x(t)$ – kirish signalining vaqtli funktsiyasi (ABS ning kirish funktsiyasi);

$y^{(i)}(t)$ – $y(t)$ funktsiyaning i -nchi hosilasi ($i = 1, \dots, n$);

$x^{(j)}(t)$ – $x(t)$ funktsiyaning j -nchi hosilasi ($j = 1, \dots, m$).

Misol uchun, qaraylik, tadqiq etiladigan ikkita chiziqli ABS lar quyidagi mos holda ikkinchi va uchinchi tartibli DT lar bilan tavsiflansin :

$$1) a_2 \cdot y^{(2)} + a_1 \cdot y^{(1)} = b_0 \cdot x;$$

$$2) a_3 \cdot y^{(3)} + a_2 \cdot y^{(2)} = b_0 \cdot x.$$

Yuqorida ko'rsatilgan DT larni bu tenglamalrning standart shaklidagi yozuvida yozamiz:

$$1) T_2^2 \cdot y^{(2)} + T_1 \cdot y^{(1)} = K \cdot x;$$

$$2) T_3^3 \cdot y^{(3)} + T_2^2 \cdot y^{(2)} = K \cdot x,$$

bu yerda:

$K = b_0$ – ABS ning statik kuchaytirish koeffitsienti;

$T_3^3 = a_3, T_2^2 = a_2, T_1 = a_1$ – ABS ning vaqt doimiylari bo'lib, ular uning dinamik xossalarini tavsiflaydilar.

DT larni ulardagi d/dt hosila belgisini Laplas operatori p bilan almashtirib operator shaklida ko'rsatish mumkin:

$$T_2^2 \cdot p^2 \cdot Y(p) + T_1 \cdot p \cdot Y(p) = [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p] \cdot Y(p) = K \cdot X(p);$$

$$1) T_3^3 \cdot p^3 \cdot Y(p) + T_2^2 \cdot p^2 \cdot Y(p) = [(T_3 \cdot p)^3 + (T_2 \cdot p)^2] \cdot Y(p) = K \cdot X(p).$$

Operator shaklidagi chiqish kattaligi $Y(p)$ ning operator shaklidagi kirish kattaligi $X(p)$ ga nisbati ABS ning uzatish funktsiyasi (UF) dan iborat $W(p)$:

$$1) W(p) = Y(p) / X(p) = K / [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p];$$

$$2) W(p) = Y(p) / X(p) = K / [(T_3 \cdot p)^3 + (T_2 \cdot p)^2].$$

ABS larning dinamik xossalarini DT va UF lar yordamida formal (shaklan) tavsiflash bilan bir qatorda quyidagi usullardan ham foydalaniladi:

vaqt funktsiyalari, ular ma'lun shakldagi chiqish signallarining vaqt bo'yicha o'zgarishlarini xarakterlaydilar;

chastotaviy xarakteristikalar, ular kirish signalining chastotasi o'zgarganida kirish va chiqish garmonik signallarining amplituda va fazalari orasidagi bog'lanishni ko'rsatadilar.

Dinamik bo'g'inlarning vaqt xarakteristikalariga o'tish va vazn funktsiyalari kiradi.

O'tish funktsiyasi $h(t)$, agar kirish signali birlik pog'onali signal $x(t) = 1(t)$ bo'lganida, bo'g'inning chiqish signalini vaqt bo'yicha o'zgarishini xarakterlaydi: $y(t) = h(t) \cdot 1(t) = h(t)$.

Vazn funktsiyasi $g(t)$ (impulsli o'tish funktsiyasi), agar kirish signali impulsli funktsiya $x(t) = \delta(t)$ bo'lganida bo'g'inning chiqish signalini vaqt bo'yicha o'zgarishini xarakterlaydi. Birlik pog'onali signal $1(t)$ ning hosilasi impulsli funktsiya $\delta(t)$ ga teng: $x(t) = \delta(t) = 1'(t)$, yani uning tekislikdagi egri chizig'i 1 ga teng yuzani qamraydi:

$$y(t) = g(t) \cdot \delta(t) = g(t) \cdot 1'(t)$$

Dinamik bo'g'inlarning vaqtli xarakteristikalarini topish uchun bo'g'inlarning DT larini boshlang'ich nolli shartlar $[y(x = 0)]$ da va mos holdagi $1(t)$ yoki $\delta(t)$ kirish signallarida yechish zarur.

Vazn funktsiya o'tish funktsiyasidan olingan hosila hisoblanadi. Binobarin, vaznli funktsiya $g(t)$ ni o'tish funktsiyasi $h(t)$ ni analitik va grafikanalitikli differentsiallash yo'li bilan aniqlash mumkin:

$$g(t) = dh(t)/dt;$$

O'tish funktsiyasi $h(t)$ ni esa, vaznli funktsiya $g(t)$ ni analitik va grafikanalitikli integrallash yo'li bilan aniqlash mumkin:

$$h(t) = \int g(t)dt.$$

Vaznli funktsiya $g(t)$ ning Laplas tasviri $L\{g(t)\}$ esa $W(p)$ UF ga teng: $L\{g(t)\}=W(p)$.

Biz ko'rayotgan hol uchun:

- 1) $L[g(t)] = W(p) = K / [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p];$
- 2) $L[g(t)] = W(p) = K / [(T_3 \cdot p)^3 + (T_2 \cdot p)^2].$

Vazn funktsiyaning tasviri $L\{g(t)\}$ dan uning originaliga o'tilsa, vazn funktsiyani o'zini $g(t)$ ni topiladi: $g(t) = L^{-1}\{W(t)\}$. Buni bajarishni soddalashtirish uchun, yani, operator ko'rinish $L^{-1}[W(p)]$ da ko'rsatilgan original $g(t)$ funktsiyani topish uchun, nisbatan murakkab $W(p)$ tasvirni ABS ning alohida bo'g'inlarini uzatish funktsiyalariga mos keluvchi elementar kasrlarga yoyamiz va bu bo'g'inlarni noma'lum statik kuchaytirish koeffitsientlarini (elementar kasrlar su'ratlaridagi A va B koeffitsientlar) topish uchun noaniq koeffitsientlar metodidan foydalanamiz:

- 1) $\frac{K}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p} = \frac{K}{(T_2^2 \cdot p + T_1) \cdot p} = \frac{A}{p} + \frac{B}{T_2^2 \cdot p + T_1};$
- 2) $\frac{K}{T_3^3 \cdot p^3 + T_2^2 \cdot p^2} = \frac{K}{(T_3^3 \cdot p + T_2^2) \cdot p^2} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p^2} + \frac{C}{T_3^3 \cdot p + T_2^2}.$

Olingan ifodalarning o'ng tomonlarini umumiy maxrajga keltirgandan so'ng, quyidagilarni olamiz:

$$1) \frac{K}{(T_2^2 \cdot p + T_1) \cdot p} = \frac{A \cdot (T_2^2 \cdot p + T_1) + B \cdot p}{(T_2^2 \cdot p + T_1) \cdot p};$$

$$2) \frac{K}{(T_3^3 \cdot p + T_2^2) \cdot p^2} = \frac{A \cdot p \cdot (T_3^3 \cdot p + T_2^2) + B \cdot (T_3^3 \cdot p + T_2^2) + C \cdot p^2}{(T_3^3 \cdot p + T_2^2) \cdot p^2}$$

Olingan tenglamalarning chap va o'ng tomonlaridagi maxrajlar teng bo'lganliklari sababli, bu tenglamalarning su'ratlarini ham tenglashtirish mumkin:

$$1) K = A \cdot (T_2^2 \cdot p + T_1) + B \cdot p = (A \cdot T_2^2 + B) \cdot p + A \cdot T_1;$$

$$2) K = A \cdot p \cdot (T_3^3 \cdot p + T_2^2) + B \cdot (T_3^3 \cdot p + T_2^2) + C \cdot p^2 =$$

$$= (A \cdot T_3^3 + C) \cdot p^2 + (A \cdot T_2^2 + B \cdot T_3^3) \cdot p + B \cdot T_2^2.$$

Olingan tenglamaning chap va o'ng tomonlaridagi bir xil darajadagi p ning oldidagi koeffitsientlarni tenglab, har bir ABS uchun ikki noma'lumli ikkita tenglamalardan iborat sistemani olamiz:

$$1) K = A \cdot T_1; \quad 0 = A \cdot T_2^2 + B;$$

$$2) K = B \cdot T_2^2; \quad 0 = A \cdot T_2^2 + B \cdot T_3^3; \quad 0 = A \cdot T_3^3 + C.$$

Tenglamalar sistemasi (1) va (2) ni yechib, ushbuni olamiz:

$$1) A = K / T_1; \quad B = -A \cdot T_2^2 = -K \cdot T_2^2 / T_1;$$

$$2) B = K / T_2^2; \quad A = -B \cdot T_3^3 / T_2^2 = -K \cdot T_3^3 / (T_2^2)^2;$$

$$C = -A \cdot T_3^3 = K \cdot (T_3^3 / T_2^2)^2.$$

A , B va C koeffitsientlarning hisoblangan qiymatlarini boshdagi formulalarga mos holda qo'yib, ushbuni olamiz:

$$1) L[g(t)] = W(p) = \frac{K}{(T_2^2 \cdot p + T_1) \cdot p} = \frac{K/T_1}{p} - \frac{K \cdot T_2^2 / T_1}{T_2^2 \cdot p + T_1} = \frac{K/T_1}{p} - \frac{K/T_1}{p + T_1/T_2^2} =$$

$$= K/T_1 \cdot \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p + T_1/T_2^2} \right);$$

$$2) L[g(t)] = W(p) = \frac{K}{(T_3^3 \cdot p + T_2^2) \cdot p^2} = -\frac{K \cdot T_3^3 / (T_2^2)^2}{p} + \frac{K/T_2^2}{p^2} + \frac{K \cdot (T_3^3 / T_2^2)^2}{T_3^3 \cdot p + T_2^2} =$$

$$= \frac{K/T_2^2}{p^2} - \frac{K \cdot T_3^3}{(T_2^2)^2} \cdot \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p + T_2^2/T_3^3} \right) = \frac{K}{T_2^2} \cdot \left[\frac{1}{p^2} - T_3^3 \cdot \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{p + T_2^2/T_3^3} \right) \right].$$

Operator shaklda yozilgan elementar funktsiya $f(p)$ ning tasviridan (biz ko'rayotgan misolda $W(p)$) vaqt funktsiyasi sifatidagi $f(t)$ asliga (originalga) (biz ko'rayotgan misolda $g(t)$) o'tish matematikaga oid ma'lumotnomali adabiyotlarda keltirilgan tasvirlarning standart jadvallaridan foydalanib amalga oshiriladi. Shunga ko'ra, elementar funktsiyalar tasvirlarining originallari ushbu ko'rinishga egalar:

$$L^{-1}(1/p) = 1; \quad L^{-1}(1/p^2) = t; \quad L^{-1}\left(\frac{1}{p+a}\right) = e^{-a \cdot t}.$$

1) va 2) tenglamalarni o'ng tomonlaridagi elementar funktsiyalarning tasvirlarini ularning asliga almashtirib, cizikli ABS larni vazn funktsiyalari uchun izlanayotgan ifodalarni olamiz:

$$1) \ g(t) = \frac{K}{T_1} \cdot (1 - e^{-(T_1/T_2^2) \cdot t}); \quad 2) \ g(t) = \frac{K}{T_2^2} \cdot [t - T_3^3 \cdot (1 - e^{-(T_2^2/T_3^3) \cdot t})].$$

Ma'lum vaznli funktsiya $g(t)$ dan $h(t)$ o'tish funktsiyani $h(t) = \int g(t) \cdot dt$ ekanligini e'tiborga olib topish mumkin, yoki, bu natijani yanabir boshqa yo'l bilan ham olish mumkin. O'tish funktsiya $h(t)$ ning $L[h(t)]$ tasvirini dastlabki ABS ning uzatish funktsiyasi $W(p)$ ni statik kuchaytirish ko'effitsienti 1 ga teng bo'lgan ideal integrallovchi bo'g'inining uzatish funktsiyasi $1/p$ ga ko'paytirish yo'li bilan olish mumkin, bu ABS bilan integrallovchi bo'g'inni ketma-ket ulashga mos keladi.

Misol sifatida $W(p) = K / [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p]$ uzatish funktsiyali ABS ni qarab chiqamiz:

$$L[h(t)] = W(p) \cdot \frac{1}{\delta} = \frac{K}{[(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p]} \cdot \frac{1}{p} = \frac{K/T_1}{\frac{T_2^2}{T_1} \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{p^2}.$$

O'tish funktsiyaning asli $h(t)$ ni topish uchun uning tasviri $L[h(t)] = W(p) \cdot \frac{1}{\delta}$ ni nisbatan sodda, elementar kasrlar ko'rinishidagi funktsiyalar tasvirlarining yig'indisiga yoyamiz, bunda yuqorida qaralgan misolga o'xshatib noma'lum ko'effitsientlar usulidan foydalanamiz:

$$L[h(t)] = \frac{K/T_1}{\frac{T_2^2}{T_1} \cdot p + 1} \cdot \frac{1}{p^2} = \frac{A}{p} + \frac{B}{p^2} + \frac{C}{\frac{T_2^2}{T_1} \cdot p + 1}.$$

A, B va C koeffitsientlarning qiymatlarini topamiz:

$$B = \frac{K}{T_1}; \quad A = -K \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2}; \quad C = K \cdot \frac{T_2^4}{T_1^3}.$$

Elementar funktsiyalarning originallarini topamiz:

$$L^{-1}(1/p) = 1; \quad L^{-1}(1/p^2) = t; \quad L^{-1}[(T_1/T_2^2) / (p + T_1/T_2^2)] = [(T_1/T_2^2) \cdot e^{-\frac{T_1}{T_2^2}t}].$$

Olingan ifodalardan foydalanib, izlanayotgan o'tish funktsiyasining aslini topamiz:

$$h(t) = -K \cdot \frac{T_2^2}{T_1} + \frac{K}{T_1} \cdot t + K \cdot \frac{T_2^2}{T_1^2} \cdot e^{-\frac{T_1}{T_2^2}t} = \frac{K}{T_1} \cdot [t - \frac{T_2^2}{T_1} \cdot (1 - e^{-\frac{T_1}{T_2^2}t})].$$

ABS larning chastotali xarakteristikalarini qaror topgan (o'rnatilgan) rejimda sinusoidal kirish ta'siriga sistemaning reaksiyasini (javobini) tavsiflaydi.

ABS larning chastotali xarakteristikalarini bo'lib quyidagilar hisoblanadilar:

AFChX – amplitudali-fazali chastotaviy xarakteristika;

AChX – amplitudali-chastotaviy xarakteristika;

FChX – fazali-chastotaviy xarakteristika;

LACHX – logarifmik AChX;

LFChX – logarifmik FChX.

AFChX chastotali uzatish funktsiyasi $W(j\omega)$ hisoblanib, uni uzatish funktsiyasi $W(p)$ dagi Laplas operatori p ni kompleks o'zgaruvchi $j\omega$ ga almashtirish yo'li bilan olinadi. AFChX $W(j\omega)$ ni kompleks tekislikda $[M(\omega), N(\omega)]$ koordinatali vektor ko'rinishida yoki, mos holda AChX va FChX hisoblangan qutb koordinatalar $H(\omega)$ va $\varphi(\omega)$ da ko'rsatilishi mumkin:

$$W(j\omega) = N(\omega) + jM(\omega) = H(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}. \quad (1)$$

Bu yerda $H(\omega)$ – AChX, vektor $W(j\omega)$ ning moduli qiymatini tsiklik chastota ω ga bog'likligini ko'rsatadi;

$\varphi(\omega)$ – FChX, vektor $W(j\omega)$ ning argumentini tsiklik chastota ω ga bog'likligini ko'rsatadi;

$N(\omega) = H(\omega) \cdot \cos\varphi(\omega)$ – vektor $W(j\omega)$ ning kompleks tekislikning haqiqiy o'qiga prorktsiyasi;

$M(\omega) = H(\omega) \cdot \sin\varphi(\omega)$ – vektor $W(j\omega)$ ning kompleks tekislikning mavhum o'qiga prorktsiyasi;

Chastota ω noldan to cheksizlikkacha o'zgarganida vektor $W(j\omega)$ kompleks tekislikda egri chiziq chizadi, bu chiziqni AFChX ning godografi deyiladi.

Misol sifatida operator shakldagi $W(p) = K / [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p]$ uzatish funktsiyali ABS uchun chastotali uzatish funktsiyni aniqlaymiz. Avval operator shakldagi $W(p) = K / [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p]$ uzatish funktsiyani keying almashtirishlar qulay bo'lishligi uchun ushbu shaklda ko'rsatamiz:

$$W(p) = K / [(T_2 \cdot p)^2 + T_1 \cdot p] = K_1 / [(T \cdot p + 1) \cdot p],$$

bu yerda $K_1 = K / T_1$; $T = (T_2)^2 / T_1$.

Laplas operatori p ni kompleks o'zgaruvchi $j\omega$ ga almashtirib, ushbuni olamiz:

$$W(j\omega) = K_1 / [(j\omega T + 1) \cdot j\omega] = \frac{K_1 \cdot e^{-[90^\circ + \arctg(\omega T)]}}{\omega \cdot \sqrt{1 + (\omega \cdot T)^2}} = -\frac{K_1 \cdot T}{1 + (\omega \cdot T)^2} - j \frac{K_1}{\omega \cdot [1 + (\omega \cdot T)^2]} \quad (2)$$

(2) ifodadan vector AFChX ning moduli $H(\omega)$ va argumenti $\varphi(\omega)$ ni topish uchun formulalar hamda uni haqiqiy $N(\omega)$ va mavhum $M(\omega)$ o'qlarga proektsiyalarini olamiz.

$$H(\omega) = \frac{K_1}{\omega \cdot \sqrt{1 + (\omega \cdot T)^2}}; \quad \varphi(\omega) = -[90^\circ + \arctg(\omega \cdot T)];$$

$$N(\omega) = -\frac{K_1 \cdot T}{1 + (\omega \cdot T)^2}; \quad M(\omega) = -\frac{K_1}{\omega \cdot [1 + (\omega \cdot T)^2]}. \quad (3)$$

Fazali chastotaviy xarakteristika $\varphi(\omega)$ ni yuqoridagi kabi ushbu munosabatdan ham toppish mumkin:

$$\varphi(\omega) = \arctg[M(\omega) / N(\omega)] = -[180^\circ - \arctg(1/\omega \cdot T)].$$

1-laboratoriya ishiga topshiriq

1. Noma'lum koefitsientlar usulidan foydalanib, ketma-ket ulangan nodavriy va ideal integrallovchi bo'g'inlardan iborat ABS ning vazn $g(t)$ va o'tish $h(t)$ funktsiyalari uchun analitik ifodalarni toping.
2. MATLAB kompyter dasturi yordamida 1 punktni bajarishda topilgan $g(t)$ va $h(t)$ vaqtli bog'lanishlarning grafiklarini bosmadan chiqaring.
3. Ketma-ket ulangan nodavriy va ideal integrallovchi bo'g'inlardan iborat ABS ning AFChX, AChX va FChX chastotaviy xarakteristikalarini uchun analitik ifodalarni keltirib chiqaring.
4. Chastotalar o'qida xarakterli nuqtalarni berib, 3-punktni bajarishdagi chastotali bo'g'lanishlarning taxminiy grafiklarini chizing.
5. Hisoblashlarda 1 jadvalda berilgan dinamik bo'g'inlar parametrlarining variantlaridan foydalaning.
Izoh:1 – tip nodavriy bo'g'inga, 2-tip ideal integrallovchi bo'g'inga mos keladi.
6. Bajarish natijalariga ko'ra hisobotni rasmiylashtirish shart.

Jadval 1

Bo'g'in turi	Bo'g'in parametrlari	Variant nomeri									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	K_1	5	10	8	6	4	0,5	0,2	0,1	0,4	1
	T_1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,05
2	K_2	0,8	0,4	0,5	1	0,5	4	5	10	5	8

1-laboratoriya ishini bajarish uchun uslubiy ko'rsatmalar.

1.Ishni bajarishdan avval “Nazariy qism” dan asosiy ta'riflar va formulalar bilan tanishing.

2. Laboratoriya ishiga topshiriqlar bilan tanishing va 1-punktini bajaring, bajarayotganda, bo'g'irlarni ketma-ket ulanganda ABS ning uzatish funktsiyasi shu bo'g'irlar uzatish funktsiyalarining ko'paytmasiga tengligini e'tiborga oling:

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) = \frac{K_1}{T_1 \cdot p + 1} \cdot \frac{K_2}{p} = \frac{K}{(T \cdot p + 1) \cdot p}, \text{ bu yerda } K = K_1 \cdot K_2, T = T_1.$$

3. Topshiriqning 2 punktini bajarishdan avval MATLAB dasturidan foydalanishga oid qisqacha ma'lumotlar berilgan ilova bilan tanishib chiqing, so'ngra MATLAB dasturini ishga tushiring va quyidagi harakatlarni ketma-ket bajaring:

1) buyruqlar oynasida *tf* (*transfer function*) funktsiyasi yordamida ABS ning uzatish funktsiyasini tavsiflang. Bu ABS ning parametrlari bo'lib, uzatish funktsiyasini su'rat va maxrajini koefitsientlarini sonli qiymatlarini vektorlari hisoblanadilar. Masalan, uzatish funktsiyasi $W(p) = 10 / (2 \cdot p^2 + 0,5 \cdot p)$ ning tavsifi quyidagicha bo'ladi: `>> sys = tf([10], [2 0.5 0])`.

Enter tugmachasini bosilganda monitor ekranida buyruqlar oynasida berilgan uzatish funktsiyasi ushbu ko'rinishda paydo bo'ladi:

$$\frac{10}{2s^2 + 0.5s},$$

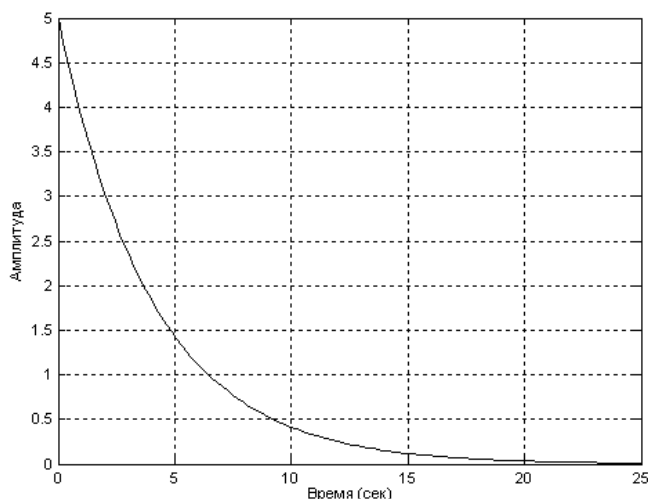
bu yerda s – Laplas operatorini MATLAB da qabul qilingan belgilanishi.

ABS ning vaqt xarakteristikasi $g(t)$ ni *impulse* funktsiyasi yordamida chizamiz:

`>> impulse(sys); grid,`

bu yerda *grid* – grafik to'riining akslanish belgisi.

Enter tugmachasini bosilganda monitor ekranida alohida oynada izlanayotgan $g(t)$ vazn funktsiyaning grafigi ushbu 1-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishda paydo bo'ladi:



1-rasm. Uzatish funktsiya $W(p) = \frac{10}{2p^2 + 0,5p}$

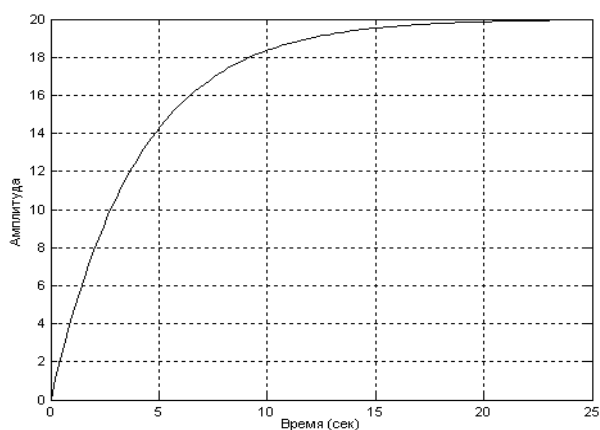
bilan tavsiflanuvchi ABS ni vazn funktsiya $g(t)$ sining grafigi.

Ekrandan $g(t)$ ning grafigidan boshqa hamma ochiq oynalarni pastka o'rab qo'yib, $g(t)$ vazn funktsiyaning grafigini nusxasini oling va «Мои документы» papkasida Word hujjat sifatida ixtiyoriy nom bilan saqlang.

ABS ning vaqt xarakteristikasi $h(t)$ ni *step* funktsiyasi yordamida chizamiz:

`>> step(sys); grid.`

Enter tugmachasini bosilganda monitor ekranida alohida oynada izlanayotgan $h(t)$ o'tish funktsiyaning grafigi ushbu 2-rasmda ko'rsatilgan ko'rinishda paydo bo'ladi:



2-rasm. Uzatish funktsiya $W(p) = \frac{10}{2p^2 + 0,5p}$

bilan tavsiflanuvchi ABS ni o'tish funktsiya $h(t)$ sining grafigi

4. Ekrandan $h(t)$ ning grafigidan boshqa hamma ochiq oynalarni pastka o'rab qo'yib, $h(t)$ vazn funktsiyaning grafigini nusxasini oling va «Мои документы» papkasida Word hujjat sifatida ixtiyoriy nom bilan saqlang, so'ngra MATLAB dasturini yoping.

5. «Nazariy qism» bo'limining materiallaridan foydalanib topshiriqning 3 va 4 punktlarini bajaring.

6. Quyidagilar o'z ichida bo'lishi shart bo'lgan hisobotni rasmiylashtiring:

- ishning nomi va maqsadi;
- asosiy ta'riflar va analitik formulalar va beriladigan buyruqlar;
- $g(t)$ va $h(t)$ bo'g'lanishlarning grafiklari. Grafikda $g(t)$ va $h(t)$ larning olingan formulalariga ko'ra vaqtning uchta $t = T_1, 2T_1$ va $3T_1$ qiymatlari uchun hisoblangan nuqtalar belgilangan bo'lishi kerak;
- chastotali bo'g'lanishlarning taxminiy grafiklari. Grafikda chastotali bo'g'lanishlarning olingan formulalariga ko'ra tsiklik chastotaning $\omega = 0$ va $1 / T_1$ qiymatlari uchun hisoblangan nuqtalar belgilangan bo'lishi kerak;
- xulosalar

2-laboratoriya ishi

CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING TURG'UNLIGINI TADQIQ ETISH

Ishning maqsadi: Birinchi va ikkinchi tartibli chiziqli ABS larning dinamikasini tahlil etish uchun turg'unlikning algebraik va chastotali me'zonlaridan amaliyotda foydalanishning ayrim xususiyatlarini o'rganish.

Nazariy qism.

ABS ni turg'un deyiladi, agarda, vaqt o'tishi bilan chiqish kattaligi kirish signali doimiy bo'lganida barqaror qiymatga intilsa. Chiziqli ABS turg'un emas (noturg'un) deb aytiladi, agarda chiqish kattaligi vaqt o'tishi bilan cheksiz o'sib borsa.

ABS sistemasi turg'un bo'ladi, agarda:

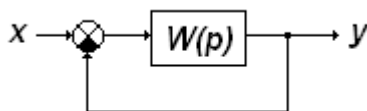
- 1) xarakteristik tenglamaning hamma p_i ildizlari haqiqiy manfiy sonlar ($p_i < 0$) bo'lsalar;
- 2) agar $p_{i,i+1} = \alpha \pm j\beta$ tipdagi juft kompleks va qo'shma ildizlar mavjud bo'lsa.

Xarakteristik tenglamani ABS ni standart ko'rinishga keltirilgan uzatish funksiyasini maxrajini nolga tenglab olish mumkin.

Qoidaga ko'ra, teskari aloqa koeffitsienti K_{ta} birga teng bo'lgan, chiqli yopiq ABS larni turg'unlik va sifat ko'rsatkichlari tadqiq etiladi ((3)1-rasm).

Yopiq ABS ning uzatish funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega: $W_y(p)$

$W_y(p) = \frac{W(p)}{1+W(p)}$, bu yerda $W(p)$ – ochiq ABS ning uzatish funksiyasi.



1-rasm. Yopiq ABS ning strukturali sxemasi

Misol sifatida uzatish funksiyasi $W(p) = \frac{K}{(T \cdot p + 1) \cdot p}$ bo'lgan ochiq sistemaga teskari aloqa zangirini kiritish yo'li bilan olingan ikkinchi tartibli yopiq ABS ning uzatish funksiyasini topamiz.

$$W_y = \frac{K}{(T \cdot p + 1) \cdot p \cdot (1 + \frac{K}{(T \cdot p + 1) \cdot p})} = \frac{K}{(T \cdot p + 1) \cdot p + K} = \frac{1}{\frac{T}{K} \cdot p^2 + \frac{1}{K} \cdot p + 1}. \quad (4)$$

Uzatish funksiyasi uchun W_y (4) formulani standart shaklda ko'rsatamiz:

$$W_y = \frac{1}{T_{23}^2 \cdot p^2 + T_{13} \cdot p + 1}, \quad (5)$$

bu yerda $T_{23} = \sqrt{\frac{T}{K}}$; $T_{13} = \frac{1}{K}$ – yopiq ABS ning vaqt doimiylari.

(5) ifodani quyidagi ifoda bilan tavsiflanadigan dinamik bo'g'in tipi uchun baholanadigan ancha sodda ko'rinishga almashtiramiz:

$$W_3 = \frac{1}{T_{23}^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T_{23} \cdot p + 1}, \quad (6)$$

bu yerda $\xi = \frac{T_{13}}{2 \cdot T_{23}} = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{K \cdot T}}$ – ikkinchi tartibli dinamik bo'g'inning tipini aniqlashga imkon beruvchi so'nish koeffitsienti ($\xi < 1$ bo'lganida – tebranuvchi bo'g'in, $\xi \geq 1$ bo'lganida ikkinchi tartibli nodavriy bo'g'in).

Uzatish funksiyasi (6) ning maxrajini nolga tenglab, xarakteristik tenglamaning ildizlarini topamiz:

$$p_{1,2} = -\frac{\xi}{T_{23}} \pm \frac{\sqrt{\xi^2 - 1}}{T_{23}}. \quad (7)$$

Xarakteristik tenglama ildizlarining haqiqiy qismi ξ va T_{23} larning ixtiyoriy qiymatlarida manfiy xarakterga ega bo'lganligidan, tasdiqlash mumkinki, hamma ikkinchi tartibli chiziqli ABS lar turg'un sistemalar bo'ladilar. (7) ifodadan kelib chiqadiki, $0 \leq \xi < 1$ bo'lganida ikkinchi tartibli dinamik bo'g'inning xarakteristik tenglamasi ikkita qo'shma kompleks ildizga ega va o'tish funksiyasi $h(t)$ mos holda tebranuvchan xarakterga ega; $\xi \geq 1$ bo'lganida esa ikkita manfiy haqiqiy ildizlarga ega, bu vaqt doimiylari ushbuga

$$T_1 = -\frac{1}{p_1} = \frac{T_{23}}{\xi - \sqrt{\xi^2 - 1}}; \quad T_2 = -\frac{1}{p_2} = \frac{T_{23}}{\xi + \sqrt{\xi^2 - 1}}. \quad (8)$$

teng bo'lgan birinchi tartibli ikkita nodavriy bo'g'inlarning ketma-ket ulanishlaridan iborat ABS ning uzatish funksiyasiga mos keladi.

Tartibi ikkidan yuqori yopiq ABS larni tadqiq etishda Raus, Gurvits yoki Neymarklarning algebraik me'zonlaridan foydalaniladi, bu me'zonlar xarakteristik tenglamaning koeffitsientlari ustida bir qator algebraik operatsiyalar bajarish yordamida xarakteristik tenglamaning ABS larning turg'unli shartlarini qanoatlantiruvchi ildizlari bor yoki yo'qligini vositali baholashga imkon beradilar.

ABS larning yopiq sistemalarining chastotali me'zonlariga Naykvist va Mixaylov me'zonlari kiradi. ABS larning yopiq sistemalarining turg'unliklarini Naykvist me'zonidan foydalanib baholash AFChX yoki LChX (Naykvistning logarifmik me'zoni) larni tahlili asosida amalga oshiriladi.

Naykvistning chastotali me'zoniga muvofiq, yopiq ABS turg'un bo'lishi uchun, uning AFChX ni godografi $W(j\omega)$ teskari aloqa zanjiri ochiq bo'lganida kompleks tekislikda $(-1; j0)$ koordinatali nuqtani o'z ichiga olmasligi (o'ramasligi) zarur va yetarli.

Naykvistning chastotali me'zonini qo'llashni uzatish funksiyasi $W_y(p)$:

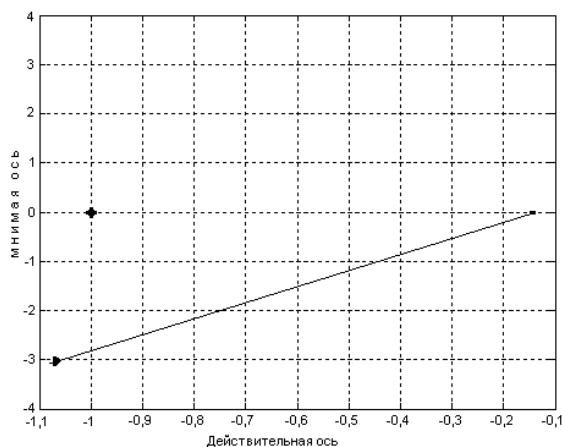
$W_y(p) = W(p) / [1 + W(p)]$ bo'lgan yopiq ABS misolida qarab chiqamiz, bu yerda

$$W(p) = \frac{K}{(T_1 \cdot p + 1) \cdot (T_2 + 1) \cdot p} = \frac{K}{(0,16 \cdot p + 1) \cdot (p + 1) \cdot p}.$$

O'zgaruvchi p ni $j\omega$ ga almashtirganimizda ochiq ABS ning uzatish funksiyasi ushbu ko'rinishni oladi:

$$\begin{aligned} W(j\omega) &= \frac{K}{(1 + j\omega \cdot T_1) \cdot (1 + j\omega \cdot T_2) \cdot j\omega} = \frac{K \cdot e^{-j[90^\circ + \arctg(\omega T_1) + \arctg(\omega T_2)]}}{\sqrt{1 + (\omega \cdot T_1)^2} \cdot \sqrt{1 + (\omega \cdot T_2)^2} \cdot \omega} = \\ &= \frac{K \cdot e^{-j[90^\circ + \arctg(0,16\omega) + \arctg\omega]}}{\sqrt{1 + (0,16 \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{1 + \omega^2} \cdot \omega}. \end{aligned}$$

2-rasmda $W(j\omega)$ funktsiyaning $K = 1$ bo'lgandagi grafigining fragmenti ko'rsatilgan. Bu rasm AFChX ni godografi haqiqiy manfiy yarim o'qni kesib o'tish momentini illyustratsiya qiladi. Keltirilgan grafikning haqiqiy manfiy yarim o'qni kesib o'tish nuqtasi $(-1, j0)$ koordinatali nuqtadan o'ngroqda joylashganligi sababli, Naykvistning chastotali me'zoniga muvodiq, statik kuchaytirish koeffitsientining tanlangan qiymatida ochiq ABS, kelgusida qattiq teskari aloqa bilan o'ralganda, o'zining turg'unligini saqlaydi.



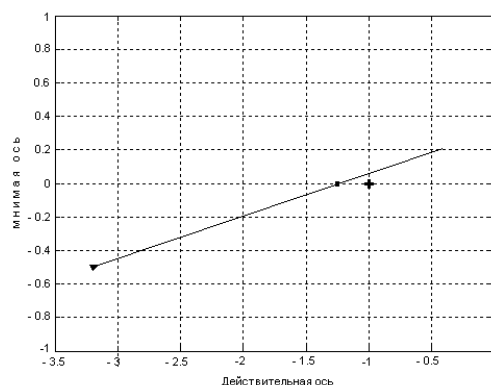
2-rasm. Yopiq ABS ning turg'un holatiga mos keluvchi uchinchi tartibli ochiq ABS ning $K=1$ bo'lgandagi AFChX sini godografi grafigining fragmenti

K koeffitsient kattalashganida $W(j\omega)$ funktsiya godografining haqiqiy manfiy yarim o'q bilan kesishish nuqtasi chapga siljiydi va ABS ning turg'unlik chegarasiga mos keluvchi chegaraviy qiymat K_{ch} dan ortib ketganida $(-1, j0)$ koordinatali nuqtadan chaproqda joylashadi, bu 3-rasmda avval qaralgan ABS uchun $K = 15$ bo'lgan hol uchun ko'rsatilgan. Binobarin, statik kuchaytirish koeffitsienti 15 ga teng qiymatida va ochiq ABS qattiq teskari aloqa bilan o'ralganida hosil bo'lgan yopiq ABS turg'un bo'ladi.

Olingan xulosalar, keyinchalik ko'ramizki, logarifmik Naykvist turg'unlik me'zonidan foydalanilgan holda ham to'la tasdiqlanadi.

Logarifmik amplitudali-chastotali xarakteristika (LACHX) $L(\omega) = 20\lg[H(\omega)]$ ko'rinishdagi funktsiyaning tsiklik chastotaga bog'liqligini ko'rsatadi. Ammo, LACHX grafigini chizilayotganda abtsissalar o'qi bo'ylab tsiklik chastotani logarifmik masshtab $\lg(\omega)$ da ajratiladi, ordinatalar o'qi bo'ylab esa $L(\omega)$ ning

qiymatlarini dB larda qo'yil'di. Masalan, $L(\omega) = 20$ dB, bo'g'indan signal o'tayotganida berilgan chastotada uning amplitudasi 10 marta ortishini bildiradi.



3-rasm. Yopiq ABS ning turg'un emasligini ko'rsatuvchi $K = 15$ bo'lgandagi uchinchi tertibli ochiq ABS ning AFChX ni godografi grafigining fragmenti.

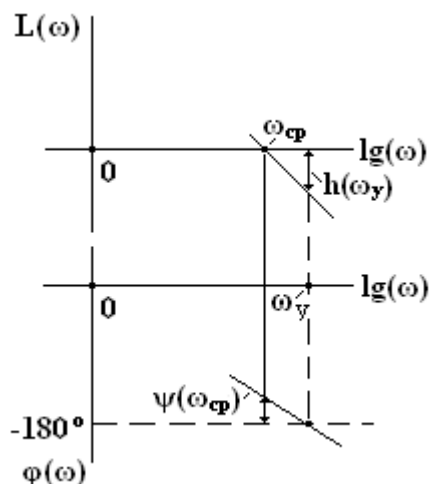
LFChX – chastotali funktsiya $\varphi(\omega)$ ning chastotaning o'nli logarifmi $lg(\omega)$ ga bo'g'liqlik grafigidir. Bu grafikni chizilayotganda abtsissalar o'qi bo'ylab chastotani logarifmik masshtabda qo'yiladi, ordinate o'qi bo'ylab $\varphi(\omega)$ ni graduslarda yoki radianlarda qo'yiladi.

Har ikkala holda ham abtsissalar o'qi bo'ylab masshtab birligi qilib dekada qabul qilinadi, bu bir dekada chastotaning 10 marta o'zgarishiga mos keluvchi chastotali intervaldir. Bu xarakteristikalarini chizilayotganda ordinata o'qini ko'p holda koordinata boshi $lg(1) = 0$ ga mos keluvchi ($\omega = 1$) nuqtadan o'tkaziladi.

ABS ning turg'unligini Naykvist logarifmik kriteriysi bo'yicha baholash uchun ochiq ABS sistemaning LChX va LFChX grafiklaridan foydalaniladi. ABS sistema turg'un hisoblanadi, agarda $\varphi(\omega) = -180^\circ$ da LChX egri chizig'I manfiy soha: $L(\omega) = 20lg[H(\omega)] < 0$ da joylashgan bo'lsa. ABS sistemani turg'un deb hisoblash ham mumkin, agarda, $L(\omega_q) = 20lg[H(\omega_q)] = 0$ tenglik o'rinli bo'lgan qirqish chastota ω_q da argument qiymati $\varphi(\omega_{cp}) > -180^\circ$ bo'lsa.

ABS ning turg'unligini baholashda turg'unlik zahirasi, yani, sistemaning turg'unlik chegarasidan uzoqlashish darajasini aniqlash zarur. Turg'unlik zahirasi o'lchovi sifatida amplituda bo'yicha turg'unlik zahirasi $h(\omega)$ va faza bo'yicha $h(\omega)$ turg'unlik zahirasi $\psi(\omega_q)$ dan foydalaniladi.

ABS ning amplituda bo'yicha turg'unlik zahirasi $h(\omega)$ sistemaning kuchaytirish koeffitsientini kritik qiymatini baholashga imkon beradi, kuchaytirish koeffitsientini bu kritik qiymatida sistema tur'g'unlik chegarasida bo'ladi va u $\varphi(\omega_q) = -180^\circ$: $h(\omega_q) = -L(\omega_q)$ bo'ladigan ω_q chastotada aniqlanadi, 4-rasm.



4-rasm. ABS ning turg'unlik zahirasini Naykvist logarifmik me'zonidan foydalanish asosida amplituda va faza bo'yicha aniqlash.

Faza boyicha turg'unlik zahirasi $\psi(\omega_q)$ qirqish chastota ω_q da $\psi(\omega_q) = \varphi(\omega_q) + 180^\circ$ kabi aniqlanadi va u sistema turg'unlik chegarasida bo'lishi uchun sistemadagi faza bo'yicha kechikish qirqish chastota ω_q da qanday kattalikka ortishi kerakligini ko'rsatadi.

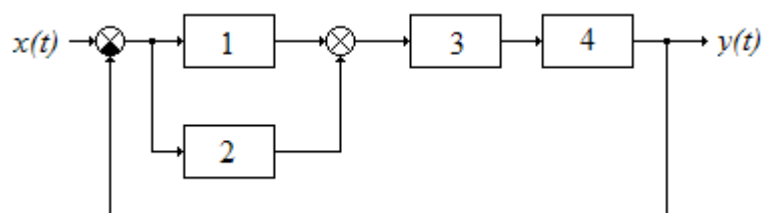
2-laboratoriya ishiga topshiriq.

1. 5 – rasmda ko'rsatilgan chiziqli yopiq ABS ning strukturali sxemasiga kiruvchi har bir blok uchun 2 – jadvaldan kompyuter nomeri (ish joyi) bo'yicha namunaviy elementar bo'g'inning berilgan blok nomeriga mos keladigan variantini tanlang.

Jadval 2

ABS bloking №	Kompyuter №											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	2	3	3	3	1	6	3	5
2	2	3	4	3	4	4	1	5	6	4	4	1

3	3	2	2	1	1	1	2	1	3	1	5	3
4	4	4	3	4	3	2	4	4	4	3	1	4



5-rasm. Chiziqli yopiq ABS ning strukturali sxemasi.

2.Bo'g'inning variantiga mos keladigan uzatish funktsiyasi $W(p)$ ni 3-jadvaldan tanlanadi.

Jadval 3

Namunaviy bo'g'inlarning variantlari					
1	2	3	4	5	6
$\frac{k}{T \cdot p + 1}$	$\frac{k}{p}$	$\frac{k}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1 \cdot p + 1}$	k	$k \cdot p$	$\frac{k \cdot p}{T \cdot p + 1}$
Nodavriy bo'g'in	Integrallovchi bo'g'in	Tebranuvchi bo'g'in	Proportional bo'g'in	Ideal differentsiallovchi bo'g'in	Real differentsiallovchi bo'g'in

3.ABS bloklariga mos keladigan namunaviy elementar bo'g'inlarning parametrlari 4-jadvalda keltirilgan analitik ifodalarga muvofiq hisoblanadi.

Jadval 4

ABS bloking №	1	2	3	4
Statik kuchaytirish koeffitsienti - k	$k_1 = x_1 + x_2$	$k_2 = k_1 + 10$	$k_3 = k_1 + 5$	$k_4 = 0,5 \cdot k_1$
Vaqt doimiysi - T	$T_1 = 0,05 \cdot x_1$	$T_2 = 0,01 \cdot x_1$	$T_3 = 0,05 \cdot x_2$	$T_4 = 0,01 \cdot x_2$

Izoh:

- 1) x_1, x_2 – student shifrining oxirgi va oxiridan oldingi raqamlari (studentning jurnalidagi o'ri: birinchi o'rindagining shifri 001, ikkinchidagi 002 va hokazo);
- 2) parametrlardagi indekslar ABS ning bloklarini nomerlarini bildiradi va shu bloklarda joylashgan namunaviy bo'g'inlarning parametrlariga taalluqli;
- 3) ABS ning biror blokida tebranuvchi bo'g'in joylashgan bo'lsa, uning vaqt doimiysi T_2 4-jadvaldan blok nomeri bo'yicha tanlanadi, T_1 esa blok nomeriga bog'liq bo'lmagan holda 0,2 s ga teng deb qabul qilinadi.
4. Провести исследование на устойчивость замкнутой САУ по критерию Найквиста с использованием АФЧХ системы с разомкнутым контуром обратной связи.
4. Ochiq konturli teskari aloqali sistemaning AFChX dan foydalanib Naykvist me'zoni bo'yicha yopiq ABS ning turg'unligiga tegishli tekshirish o'tkazing.
5. Ochiq konturli teskari aloqali sistemaning LChX dan foydalanib Naykvist me'zoni bo'yicha yopiq ABS ning turg'unligiga tegishli tekshirish o'tkazing.

2-laboratoriya ishini bajarishga uslubiy ko'rsatmalar

1. Ishni bajarishdan avval “Nazariy qism” dan asosiy ta'riflar va formulalar bilan tanishing.
2. Laboratoriya ishiga topshiriqlar bilan tanishing va topshiriqning 1-3 punktlarini 4-jadvalga izohlarni e'tiborga olib bajaring.
3. ABS ning strukturali sxemasini chizing va bloklarga uzatish funktsiyalari uchun ifodalarni qo'ying, bunda uzatish funktsiyalarini 3- jadvaldan, shu uzatish funktsiyalarining sonli qiymatlarini 4-jadvaldan oling.
4. Topshiriqning 4 va 5 punktlarini bajarishdan avval MATLAB dasturidan foydalanishga oid qisqacha ma'lumotlar berilgan ilova bilan tanishib chiqing,

so'ngra MATLAB dasturini ishga tushiring va quyidagi harakatlarni ketma-ket bajaring:

1) buyruqlar oynasida *tf* (*transfer function*) funktsiyasi yordamida ABS ning har bir bo'g'ining uzatish funktsiyasi $W_i(p)$ ni tavsiflang. Bu ABS ning parametrlari bo'lib, uzatish funktsiyasini su'rat va maxrajini koeffitsientlarini sonli qiymatlarini vektorlari hisoblanadilar. Masalan, uzatish funktsiyasi $W_1(p) = 10 / (2 \cdot p^2 + 0,5 \cdot p)$ ning tavsifi quyidagicha bo'ladi: `>> sys = tf([10], [2 0.5 0])`.

Enter tugmachasini bosilganda monitor ekranida buyruqlar oynasida berilgan uzatish funktsiyasi ushbu ko'rinishda paydo bo'ladi: $\frac{10}{2s^2 + 0.5s}$,

bu yerda s – Laplas operatorini MATLAB da qabul qilingan belgilanishi.

2) buyruqlar oynasida ochiq ABS ning uzatish funktsiya $W(p)$ ning tavsifini bering, bunda alohida bo'g'inlar uzatish funktsiyalarini qo'shish va ko'paytirish operatsiyalaridan foydalaning. Masalan, ochiq ABS uchun 2-rasmdagi uzatish funktsiyasi ($W(p) = (W_1(p) + W_2(p)) \cdot W_3(p) \cdot W_4(p)$) ushbu shaklda ko'rinadi: `>> sys = (sys1 + sys2)*sys3*sys4`.

Enter tugmachasini bosilgandan so'ng monitor ekranida alohida oynada ochiq sistemaning uzatish funktsiyasi paydo bo'ladi.

5.AFChX ning grafigini ekranga chiqarish uchun *nyquist(sys)* buyrug'ini terishdan oldin, ochiq ABS ning LChX va LFChX larni chiqarish uchun *bode(sys)* buyrug'ini terish zarur.

6. LFChX ni qirqish chastotasi ω_q dagi grafigiga ko'ra (4-rasm ga qarang), ochiq ABS ning chastotali uzatish funktsiyasi $W(j\omega_q)$ ning argumenti $\varphi(j\omega_q)$ ni aniqlang. Agar $\varphi(j\omega_q) < -180^\circ$ bo'lsa, yopiq ABS Naykvist logarifmik me'zoniga muvofiq turg'un emas hisoblanadi, aks holda turg'un hisoblanadi. Sistema turg'un bo'lgan holda chastotali grafiklar bo'yicha turg'unlik zahirasini $h(\omega_{qar})$ sathi va faza $\psi(\omega_q)$ bo'yicha aniqlang, bundagi tsiklik chastota ω_{qar} va ω_q larning qiymatlarini ham aniqlang.

7. Ochiq ABS AFChX ni godografini fragmentini chiqarish uchun buyruq bering, buyruq berishda oldindan tsiklik chastotalarning shunday diapazonini tanlangki, bunda godografning manfiy mavhum yarim o'q bilan kesishish nuqtasini ($0 -jM(\omega)$) koordinatasini qiymatini kuzatish mumkin bo'lsin. Tsiklik chastotalarning diapazonini qirqish chastota ω_q si atrofida tanlash tavsiya etiladi, masalan, $0,5 \cdot \omega_q - 1,5 \cdot \omega_q$, bunda $\omega_q = 10$ bo'lganida ushbuni terish kerak:

`>>nyquist(sys,[5 15]).`

8.AFChX grafigi bo'yicha (3 va 4-rasmlarga qarang) $M(\omega)$ ning qiymatini aniqlang. Agar $M(\omega) > 1$ bo'lsa, Naykvist chastotali me'ziniga muvofiq ABS turg'un bo'lmaydi, va aksincha $M(\omega) \leq 1$ bo'lda turg'un bo'ladi. Godografni tahlil qilayotganda AFChX egri chizig'ining faqat mavhum o'qni yuqoridan pastga kesib o'tish fragmentini, yani, tsiklik chastotaning musbat qiymatlariga mos keluvchi fragmentini qarash lozim.

9.Quyidagilar o'z ichiga bo'lishi shart bo'lgan hisobotni rasmiylashtiring:

- ishning nomi va maqsadi;
- asosiy ta'riflar va beriladigan buyruqlar;
- chiziqli yopiq ABS ning turg'unligini Naykvistning ikkita chastotali me'zonlari bo'yicha baholashning natijalari bo'lgan xulosalar.

3-laboratoriya ishi.

CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING SIFAT KO'RSATKICHLARINI TADQIQ ETISH

Ishning maqsadi: ABS ning rostlash sifatining asosiy ko'rsatkichlarini bevosita va vositali mezonlardan foydalanib aniqlash.

Nazariy qism.

ABS ning ishlovchanligini asosiy ko'rsatkichlaridan biri sifatida uning turg'unligini ta'minlash bilan bir qatorda, pog'onali ta'sirlar ko'rsatilganda o'tish jarayonlarining talab etilgan sifatini ta'minlash zarur. ABS dagi o'tish jarayonlarini sistemaning ($x(t) = 1(t)$) birlik kirish signaliga ko'rsatadigan javobi ($y(t) = h(t)$) ni bildiragan $h(t)$ o'tish funktsiyasi bo'yicha baholanadi.

O'tish jarayonining sifatini asosiy ko'rsatkichlari bo'lib ushbular hisoblanadilar:

1. Rostlash vaqti t_r . Rostlash vaqti t_r kirish kattaligining birlik sakrashi paydo bo'lgan momentdan rostlanadigan kattalikning qaror topgan qiymatning $h_q = h(t \rightarrow \infty)$ 0,95 ga, yani $y(t_r) = 0,95 \cdot h_q$ ga teng bo'lgan sathga erishguncha bo'lgan momentgacha ketgan vaqt oralig'idan iborat.

2. Maksimal qayta rostlash Δh . Maksimal qayta rostlash Δh rostlanadigan kattalikning qaror topgan qiymat h_q ga nisbatan maksimal og'ishi ($\Delta h = h_{\max} - h_q$) dan iborat. Bu so'nuvchi tebranish jarayoni uchun xarakterli. Qayta rostlashni baholash uchun nisbiy kattalik σ dan foydalaniladi:

$$\sigma = \frac{\Delta h}{h_q} \cdot 100\%.$$

3. Qayta rostlashlar miqdori δ rostlanadigan kattalikning $m = 1,05 \cdot h_q$ ga teng bo'lgan qiymatdan katta bo'lgan maksimumlari miqdori bilan aniqlanadi.

4. Tebranishlar chastotasi f_t . Rostlanadigan kattalikning tebranishlar chastotasi f_t qo'shni maksimumlar orasi (chastotaning davri) dagi T_t vaqt oralig'iga teskari proporsional: $f_t = 1/T_t$

5. Tebranishlar soni. Tebranishlar soni o'tish jarayoni t_0 vaqti ichidagi to'la davrlar T_t soni bilan aniqlanadi. O'tish jarayoni t_0 vaqtining tugashi o'tish funksiyasi $h(t)$ rostlanadigan kattalikning qiymatlari diapazoni $0,95 \cdot h_q - 1,05 \cdot h_q$ ga kirish momenti vaqtiga to'g'ri keladi, keyin esa $t \geq t_0$ bo'lganida h_0 qiymatga intilib undan chiqmaydi.

6. Sistemaning tebranuvchanligi ξ ni ikkita qo'shni maksimumlarning nisbati $\xi = h(t_1 + T_k)/h(t_1)$ sifatida baholanadi, bu yerda t_1 birinchi maksimumga mos keladi.

7. Rostlanadigan kattalikning o'zgarishini maksimal tezligi $v_{\max}$ grafik usulda o'tish xarakteristikasining qaror topgan qiymat h_q : $v_{\max} = \operatorname{tg} \alpha = dh/dt$ chizig'i bilan birinchi marta kesishish nuqtasidagi qiyalik burchagining tangensi sifatida aniqlanadi.

8. Statik xatolik ε_{st} . Yopiq ABS ning qaror topgan rejimdagi statik xatoligi ε_{st} signallarning kirish ($x(t) = 1$) va chiqishdagi ($y(t) = h_y$) barqaror qiymatlarining orasidagi ayirma: $\varepsilon_{st} = 1 - h_q$ dan iborat.

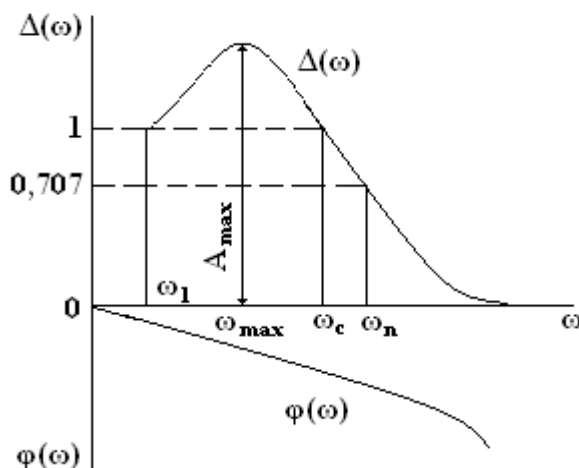
O'tish funksiyasi $h(t)$ bilan bir qatorda o'tish jarayonining sifatini baholash uchun vositali me'zonlar ham keng qo'llaniladi, ularga chastotali baholash taalluqli.

Ko'rsatilgan baholash uchun $H(\omega)/K$ nisbatning ω chastotaga bog'lanishi: $\Delta(\omega) = H(\omega)/K$ ko'rinishdagi nisbiy AChX dan foydalaniladi (1-rasm).

Nisbiy AChX rezonans chastotasi $\Delta(\omega_{\max}) = \Delta_{\max}$ qiymatga mos keluvchi $\omega_{\max}$ da maksimumga ega. Chastotani keying kattalashtirilishida sistema o'zining inertsiyaligiga (inertligiga) ko'ra tebranishlarning kata chastotasiga javob berishga ulgurmaydi va $\Delta(\omega)$ keskin "yiqiladi" yani, pasayadi.

$\Delta_{\max}$ qancha katta bo'lsa o'tish jarayoni shuncha tebranuvchan bo'lishi aniqlangan. $\Delta_{\max}/\Delta(0) = M$ nisbatni tebranuvchanlik ko'rsatkichi deyiladi. O'zlarinibg uzatish funksiyalarida $(1/p)$ ko'paytmaga ega bo'lmagan statik ABS lari uchun $\Delta(0) = 1$, shu sababli $M = \Delta_{\max}$. Odatda $M = 1,2 - 1,5$. Kichik M larda

sistemaning rostdash vaqti katta bo'radi. Katta M larda qayta rostdash kattalashadi va sistema turg'unlik chegarasiga yaqinlashadi.



1-rasm. ABS ning nisbiy amplituda-chastotali xarakteristikasi.

$\omega_{\max}$ chastotadan tashqari AChX ning xarakterli chastotalari bo'lib qirqish chastotasi ω_q va o'tkazish davri ω_o hisoblanadilar. Yopiq sistemaning ω_q qirqish chastotasi $\Delta(\omega) = 1$ sathda aniqlanadi. Statik ABS lar uchun qirqish chastotasi sistema kuchsizlantirmay o'tkazadigan majburiy tebranishlar diapazonini aniqlaydi. Bu chastotada kirish va chiqish tebranishlarining amplitudalari teng. Yopiq sistemaning ω_o o'tkazish davri $\Delta(0)/\sqrt{2} = 0,707$ sathda aniqlanadi.

Chastotalarning $(\omega_q - \omega_o)$ diapazonida AChX keskin "yiqiladi", shu sababli ω_q va ω_o chastotalarning son qiymatlari yaqin.

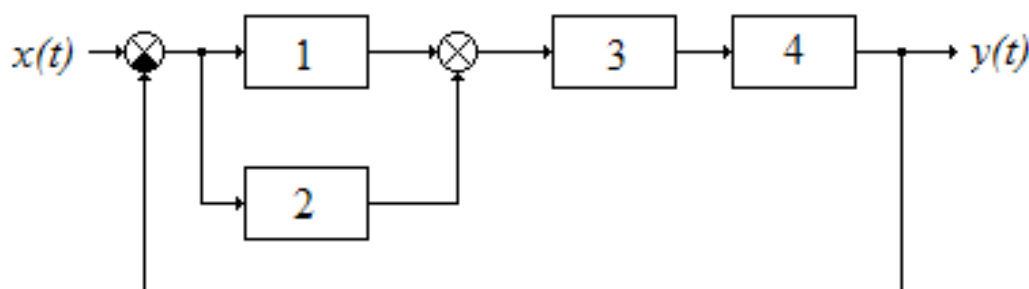
O'tkazish davri sistemaning aniqligi va tezkorligiga ta'sir ko'rsatadi. O'tkazish davrining kattalashishi bilan sistemaning tezkorligi ortadi. O'tkazish davri qancha kata bo'lsa kirish signalining shuncha ko'p chastotalar spektri buzilmasdan uzatiladi.

Rostlash sifati haqida LACHX bo'yicha ham fikr yuritish mumkin. Rostlashning sifati qoniqarli bo'lishi uchun LACHX abtsissalar o'qini kesib

o'tadigan o'rta chastotalar uchastkasi minus 20 dB/dekada qiyalikka ega bo'lishi kerak. Bu uchastkaning uzunligi qayta rostlashga ta'sir ko'rsatadi. Uning kattalashishi bilan o'tish jarayonining tebranuvchanligi kichiklashadi. O'tish jarayonining ma'qul keladigan sifati bu uchastkaning uzunligi agar taxminan dekadaga teng bo'lsa, o'rinli bo'ladi. Rostlash vaqti t_r qirqish chastotasiga bog'liq, bu chastotada LACHX abtsissalar o'qini kesib o'tadi. Qirqish chastotasi qancha kata bo'lsa t_r shuncha kichik bo'ladi.

3-laboratoriya ishiga topshiriqlar.

1. Chiziqli yopiq ABS uchun (2-rasm) 2-laboratoriya ishiga topshiriqlardan o'zingizning dastlabki ma'lumotlaringizdan foydalanib $h(t)$ o'tish xarakteristikani chizing va uning asosida sistemaning asosiy sifat ko'rsatkichlarini aniqlang.



2-rasm. Chiziqli yopiq ABS ning strukturali sxemasi.

2. Chiziqli yopiq ABS uchun (2-rasm) 2-laboratoriya ishiga topshiriqlardan o'zingizning dastlabki ma'lumotlaringizdan foydalanib LACHX va LFChX logarifmli chastotali xarakteristikalarni chizing va uning asosida sistemaning asosiy sifat ko'rsatkichlarini aniqlang.

3-laboratoriya ishini bajarish uchun uslubiy ko'rsatmalar.

1. Ishni bajarishdan avval "Nazariy qism" dan asosiy ta'riflar va formulalar bilan tanishing.

2. Laboratoriya ishiga topshiriqlar bilan tashnang.

3.ABS ning strukturali sxemasini chizing va bloklarga uzatish funktsiyalarini namunaviy bo'g'inlar parametrlarining 2-laboratoriya ishining hisobot materiallaridan olingan sonli qiymatlari bilan qo'ying.

4.Topshiriqning 1 va 2 punktlarini bajarishdan avval MATLAB dasturini ishga tushiring va quyidagi harakatlarni ketma-ket bajaring:

1) Buyruqlar oynasida ochiq ($W(p)$), so'ngra yopiq ($W_3(p)$) sistemalarning mos uzatish funktsiyalarini tavsiflang. Bunda, yopiq ABS ni teskari aloqasidagi kuchaytirish koeffitsirnti 1 ga teng bo'lgan proportsional bo'g'inining uzatish funktsiyasining analitik ifodasidan foydalaning $W_y = \frac{W(p)}{1+W(p)}$:

```
>> sys = (sys1 + sys2)*sys3*sys4.
```

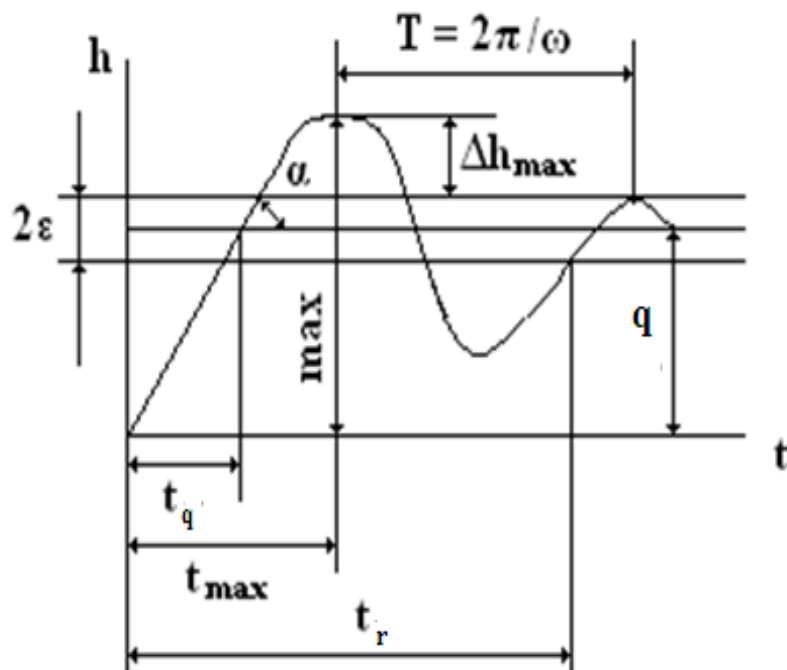
```
>> sysz = sys*(1 + sys).
```

2) Yopiq ABS ning o'tish funktsiyasini chiqarish uchun [`>> step(sysz);grid`] buyrug'ini tering.

5.O'tish funktsiyasining grafigiga ko'ra (9-rasmda uning namunasi keltirilgan) sifatning quyidagi ko'rsatkichlarini aniqlang:

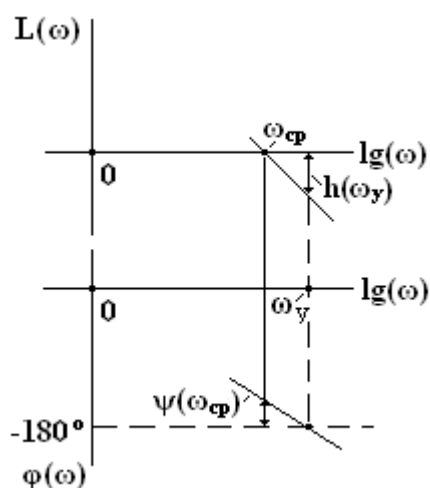
- rostdash vaqti t_r ;
- qayta rostdash $\Delta h_{\max}$;
- tebranishlar chastotasi f_t ;
- tebranishlar soni n ;
- rostlanadigan kattalikning o'zgarishini maksimal tezligi $v_{\max}$.

Rostlash vaqti t_r o'tish jarayonining qancha davom etishini aniqlaydi va sistemaning tezkorligini xarakterlaydi. Nazariy jihatdan o'tish jarayoni cheksiz uzoq davom etadi, biroq u amalda rostlanadigan kattalik qaror topgan (o'rnatilgan) qiymatidan yo'l qo'yilgan chegara $\varepsilon = (3-5)\% \cdot h_q$ dan ortib ketmaydigan bo'lishi bilanoq tugaydi(to'taydi). Ba'zan sistemaning tezkorligini o'tish funktsiyasi birinchi marta o'rnatilgan qiymatga erishgan t_q vaqt bilan yoki $h_{\max}$ maksimal qiymatga erishgan $t_{\max}$ vaqt bilan ham xarakterlashadi.



3-rasm. Tebranuvchi sistema o'tish funksiyasining namunasi.

6. Yopiq ABS ning LChX va LFChX chastotali xarakteristikalarini chiqarish uchun `[>> bode(sysz);grid]` buyrug'ini tering.



4-rasm. ABS ning turg'unlik zahirasi amplituda va faza bo'yicha Naykvistning logarifmik me'zonidan foydalanish asosida aniqlanishi.

7. LChX grafigi bo'yicha ((6)4-rasm) egri chiziqning uni abtsissalar o'qi bilan ω_q nuqtada kesishish sohasidagi qiyaligini va berilgan qiyalikli

uchastkaning cho'ziqligini aniqlang. Agar $\omega_q = 20$ дБ/дек, o'rta uchastkalar cho'ziqligi taxminan bir dekadaga teng bo'lsa, rostlashning qoniqarli ma'qul sifati haqida gapirish mumkin.

8. Agar o'tish jarayoni tebranuvchan xarakterga ega bo'lsa, LChX ning grafigi bo'yicha $\omega_{\max}$ ning qiymatini aniqlang.

9. Quyidagilar o'z ichiga bo'lishi shart bo'lgan hisobotni rasmiylashtiring:

- ishning nomi va maqsadi;
- asosiy ta'riflar va analitik formulalar va beriladigan buyruqlar;
- rostlash sifatini baholash natijalari ko'rsatilgan xulosalar.

ABS ni MATLAB YORDAMIDA TAHLIL QILISH

ABS ni MATLAB yordamida tahlil qilishni uzatish funksiyasi $W(s) = 1/(0.5s + 1)$ bo'lgan birinchi tartibli davriy bo'lmagan bo'g'in misolida qarab chiqamiz. Eslatib o'tamiz, MATLAB sistemasida Laplas operatorini belgilash uchun p simvoli o'rniga s simvolidan foydalaniladi.

MATLAB sistemasida vaqt xarakteristikalarini olish uchun *step* funksiyasidan foydalanib o'tish funksiyasi $h(t)$ ni, *impulse* funksiyasidan foydalanib vazn funksiyasi $g(t)$ ni grafiklarini olinadi.

Bunda harakatlarning ketma-ketligini qarab chiqamiz:

- 1) monitor ekranida paydo bo'lgan buyruqlar oynasida, klaviatura yordamida sistemaning uzatish funksiyasi $W(s)$ ko'rinishidagi tavsifini MATLAB da qabul qilingan qisqacha *tf* (*transfer function*) shaklda belgilanishidan foydalanib beramiz:

```
>> sys = tf([1], [0.5 1]).
```

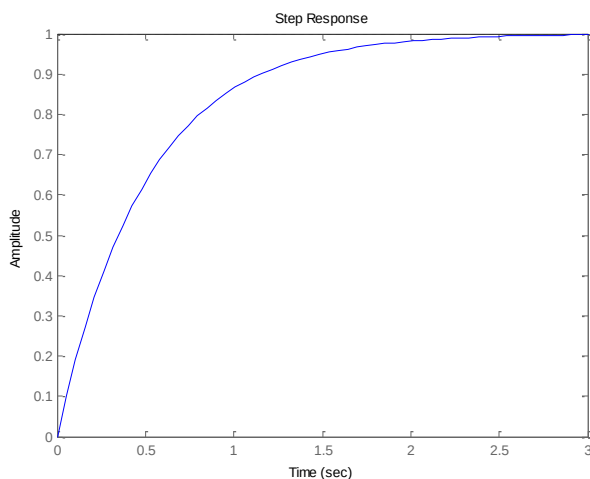
Funksiya *tf* (*transfer function*) ning parametrlari bo'lib, uzatish funksiyasi $W(s)$ ni su'rat va maxraj koeffitsientlarini vektorlari hisoblanadilar. Bu koeffitsientlar oraliqlar bilan yo'zilib, bir-biridan vergul bilan ajratilgan kvadrat qavslar ichiga olingan bo'lishlari kerak. Yodda tutish kerakki, kasr sonlarni berayotganda vergul o'rniga nuqta qo'yish zarur.

- 2) funktsiyani terib bo'lgandan so'ng *Enter* (kiritish) tugmachasi bosiladi, natijada buyruqlar oynasida terilgan uzatish funksiyasi o'zining odatdagi ko'rinishida akslanadi:

$$\frac{1}{0.5s + 1}.$$

- 3) vaqtli xarakteristikalarini buyruqlar oynasida mos funktsiyalarni terish yo'li bilan beramiz:

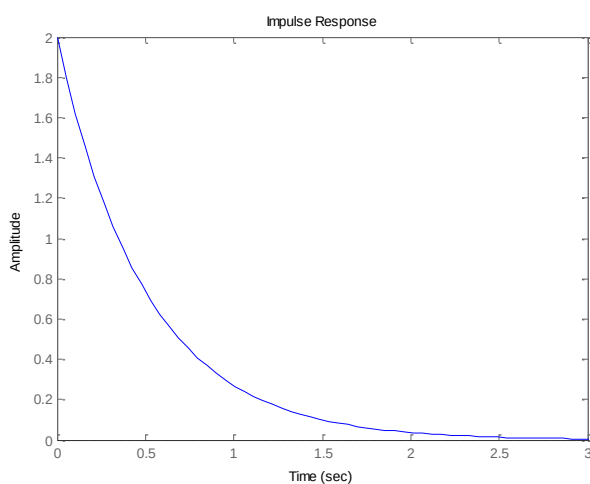
- o'tish funktsiyasi uchun: `>> step(sys)`, keyin *Enter* tugmachasini bosamiz va ekranda alohida oynada izlanayotgan grafik quyidagi ko'rinishda paydo bo'ladi, 1-rasm:



1-rasm. Uzatish funktsiyasi $W(s) = \frac{1}{0.5s + 1}$

bo'lgan dinamik bo'g'inning o'tish funktsiyasi $h(t)$ ning grafigi.

- vazn funktsiyasi $g(t)$ uchun `>> impulse(sys)`, keyin *Enter* tugmachasini bosamiz va ekranda alohida oynada vazn funktsiyasi $g(t)$ ning grafigi quyidagi ko'rinishda paydo bo'ladi, 2-rasm:



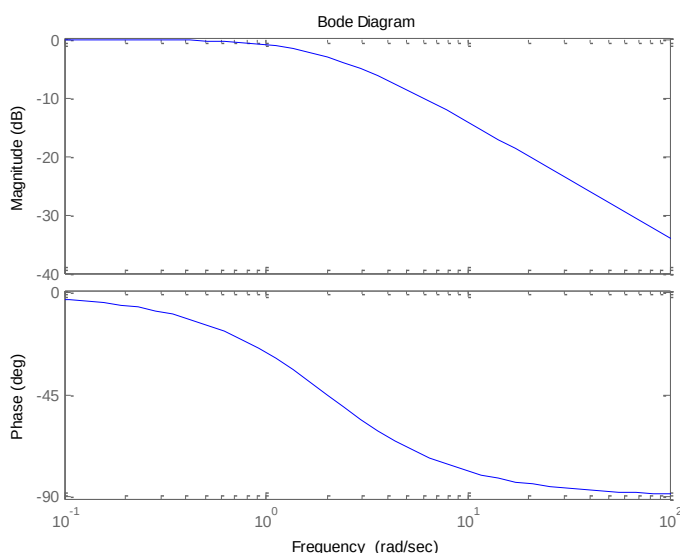
1-rasm. Uzatish funktsiyasi $W(s) = \frac{1}{0.5s + 1}$

bo'lgan dinamik bo'g'inning vazn funktsiyasi $g(t)$ ning grafigi.

ABS ning chastotali xarakteristikalarini MATLAB yordamida olishni nodavriy bo'g'in misolida qarab ciqamiz. Chastotali xarakteristikalarni chizish uchun dastlabki ma'lumot bo'lib sistemaning yuqorida qaralgan, MATLAB da qabul qilingan uzatish funktsiyasi $W(s)$ ko'rinishidagi tavsifi hisoblanadi:

```
>> sys = tf([1], [0.5 1]).
```

Logarifmik amplitudali (LChX) va fazali (FChX) chastotali xarakteristikalar MATLABda bitta *bode* buyrug'i yordamida beriladi: `>> bode(sys)`, bu buyruqni *Enter* tugmachasini bosib ishga tushirgandan so'ng ekranda mos grafiklar paydo bo'ladilar, 3-rasm.



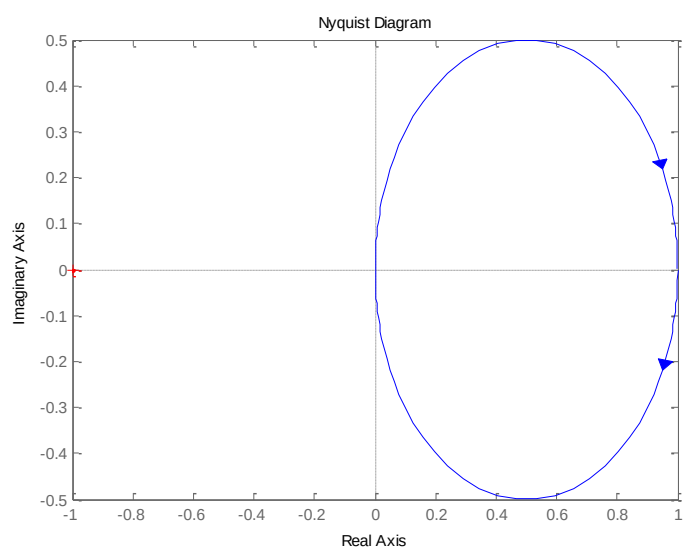
3-rasm. Uzatish funktsiyasi $W(s) = \frac{1}{0.5s + 1}$

bo'lgan dinamik bo'g'inning logarifmik amplitudali (LChX) va fazali (FChX) chastotali xarakteristikalari.

Grafiklarni chizish uchun chastotalar grafigi sukutga ko'ra avtomatik tanlanadi.

AFChX ning godorafini chizish uchun buyruq sifatida ushbu funktsiya *nyquist* dan foydalaniladi:

```
>> nyquist(sys)
```



4-rasm. Uzatish funktsiyasi $W(s) = \frac{1}{0.5s + 1}$

bo'lgan dinamik bo'g'inining AFChX ning godorafi.

Foydalanilgan va tavsiya etilgan adabiyotlar.

1. **Yusupbekov N.R., Muxamedov B.E., Gulomov SH.M .** *Texnologik jarayolarni boshqarish sistemalari.* Toshkent. : O'qituvchi, , 1997. -352 b.
2. **Мирахмедов, Д..А..** *Автоматик бошқариш назарияси.* Тошкент : Ўзбекистон,, 1993. -287б.
3. **К.А.Пупков и др.** *Методы классической и современной теории автоматического управления.* Москва : МГТУ им.Баумана, 2004.
4. **Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З., Маликов А.В. .** *Основы автоматизации технологических процессов. Учебное пособие, Части 1,2.* Ташкент, : ТашГТУ, , 2007.
5. **Бесекерский В.А., Попов Е.П.** *Теория систем автоматического управления.* п.к. : СПб.: Профессия, , 752 с. 2004.
6. **В.Я.Ротач.** *Теория автоматического управления.* . Москва : Изд-во МЭИ.-400 с., 2004. .
7. **Дорф, Р.** *Современные системы управления.* М. : Пер. с англ. – Лаборатория базовых знаний,, 2004. – 832 с.
8. **К.П.Власов.** *Теория автоматического управления.* Харьков : Гуманитарный центр, 2007. с 526.
9. **Yusupbekov N.R.,MuxitdinovD.R.,Bazarov M.B.,Xalilov A.J.** *Boshqarish sistemalarini kompyuterli modellashtirish asoslari.* Navoiy : Navoiy Gold Servis, 2008. 184 bet.
10. **БОРОВКОВ, Ю.Г.** *Учебно-методический комплекс по дисциплине «Теория автоматического управления».* Москва : п.м., 2011 г уил.

MUNDARIJA

1-laboratoriya ishi	3
CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING VAQTLI VA CHASTOTALI XARAKTERISTIKALARINI TADQIQ ETISH	3
Nazariy qism.	3
1-laboratoriya ishiga topshiriq	10
1-laboratoriya ishini bajarish uchun uslubiy ko'rsatmalar.	10
2-laboratoriya ishi	14
CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING TURG'UNLIGINI TADQIQ ETISH.....	14
Nazariy qism.	14
2-laboratoriya ishiga topshiriq.	19
2-laboratoriya ishini bajarishga uslubiy ko'rsatmalar.....	21
3-laboratoriya ishi.	24
CHIZIQLI AVTOMATIK BOSHQARISH SISTEMALARINING SIFAT KO'RSATKICHLARINI TADQIQ ETISH	24
Nazariy qism.	24
3-laboratoriya ishiga topshiriqlar.	27
3-laboratoriya ishini bajarish uchun uslubiy ko'rsatmalar.	27
ILOVA	31
Foydalanilgan va tavsiya etilgan adabiyotlar.....	35