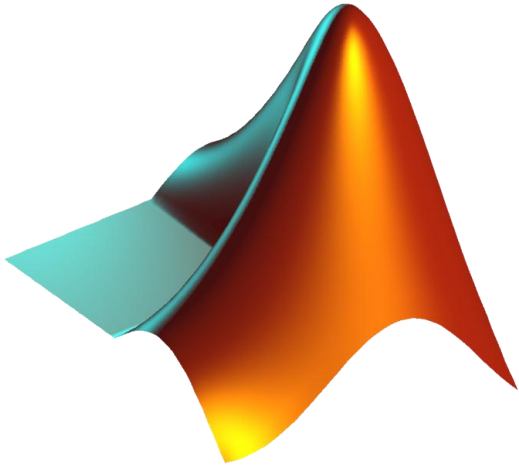


ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ ԵՐԵՎԱՆԻ ԻՆՖՈՐՄԱՏԻԿԱՅԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՔՈԼԵԶ

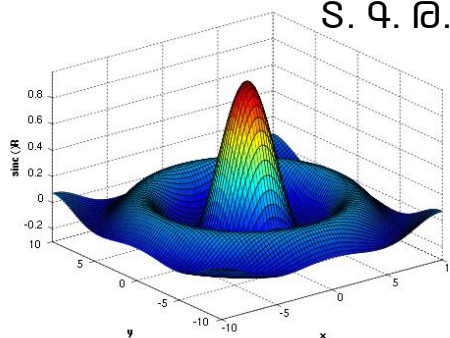
«ՄԵԽԱՏՐՈՆԻԿԱ» ՄԱՍՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՄԲԻՈՆ



MATLAB ՓԱԹԵԹԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ «ՄԵԽԱՏՐՈՆԻԿԱ» ՄԱՍՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՄԲ
«ԱՎՏՈՄԱՏԻԿԱՅԻ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐ», «ՄԵԽԱՏՐՈՆԱՅԻՆ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄՆԵՐԻ
ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ», «ՄԵԽԱՏՐՈՆԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ»
ԱՌԱՐԿԱՆԵՐՈՒՄ ՀԱՇՎՈՂԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՑՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ
ԼԱԲՈՐԱՏՈՐ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՄԵԹՈԴԱԿԱՆ ՑՈՒՑՈՒՄՆԵՐ



2206 ՄԱՍՆԱԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԱՄԲԻՈՆԻ ՎԱՐԻՉ
Տ. Գ. Թ., ԴՈՑԵՆՏ Ք.Ա. ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ



ԵՐԵՎԱՆ 2013

MATLAB ծրագրային փաթեթի մեթոդական ուղեցույց:

«Մեխատրոնիկա» մասնագիտության ամբիոնի վարիչ՝ տ. գ. թ, դոցենտ՝ Բ.Ա. Ավետիսյան:

Համակարգչային ձևավորում՝ Դ.Վ. Ղազանջյան:

Երևանի ինֆորմատիկայի պետական քոլեջ. Երևան, 2013թ., 35 էջ:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Ներածություն	4
1. ԱԿՅ-ի մաթեմատիկական նկարագրում.....	5
2. Մոդելի հավաքում.....	7
2.1. MATLAB ծրագրի Simulink բաժինը.....	7
2.2. Մոդելի հավաքման տեխնիկան	10
2.3. Տվյալների ներգրում	12
2.4. Պրոցեսների արտապատկերում	15
3. Մոդելի թողարկում և արդյունքների դիտարկում	17
4. Տարրական օղակների ուսումնասիրում	19
4.1. Կայունությունը և կառավարման որակը ԱԿՅ-ում	26
4.2. Ստատիկ ռեժիմի ուսումնասիրում	30
4.3. Որակի դինամիկ ցուցանիշների լավացման միջոցները.....	31
Գրականություն	35

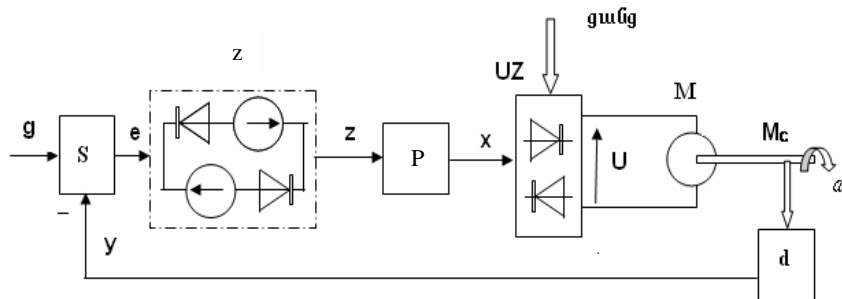
Ներածություն

Մոդելավորման կիրառման անհրաժեշտությունը ավտոմատ կառավարման համակարգերի (ԱԿՀ) ստատիկ և դինամիկ ռեժիմների ուսումնասիրման և այդ ռեժիմների լավագույն ցուցանիշների ապահովման համար անվիճելի է: Քոմպյութերային մոդելավորման գլխավոր առավելությունը նշված ռեժիմների ստացման արագությունն է և արդյունքների արտապատկերման տեսանելիությունն է:

Կան մոդելավորման տարբեր եղանակներ: Ցանկացած եղանակի իրականացման համար պահանջվում է ԱԿՀ-ի մաթեմատիկական նկարագրումը: Հիշեցնենք, որ մաթեմատիկական նկարագրությունը իրենից ներկայացնում է ԱԿՀ-ն կազմող հանգույցների հանրահաշվային, տրամաբանական կամ դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգ, որի լուծման արդյունքում ստացվում են հետաքրքրող ֆիզիկական մեծությունների փոփոխման կորերը:

Այդպիսի մաթեմատիկական նկարագիրը կարելի է ներկայացնել տեքստային ծրագրի տեսքով, որը հենց կլինի ուսումնասիրվող ԱԿՀ-ի մոդելը: Սակայն MATLAB ծրագրի Simulink բաժնում առաջարկված է մոդելավորումը ըստ ԱԿՀ-ի բլոկ-սխեմայի, որտեղ մաթեմատիկական նկարագրի յուրաքանչյուր հավասարում պատկերված է առանձին տարրական բլոկով: Ընդ որում դիֆերենցիալ հավասարումները փոխարինված են համապատասխան փոխանցման ֆունկցիաներով, իսկ այլ տիպի ֆունկցիաների համար նախատեսված են համապատասխան հատուկ բլոկներ: Բլոկ-սխեմայով մոդելավորման եղանակի աբստրակցիայի աստիճանը անհամեմատ ցածր է տեքստայինից և հետևաբար՝ շատ ավելի տեսանելի, որովհետև այստեղ մոդելի օղակները պրակտիկորեն համնկնում են ԱԿՀ-ի ռեալ ֆիզիկական հանգույցների հետ:

Ստորև կծանոթանանք MATLAB / Simulink ծրագրով մոդելավորման տեխնիկային նկ.1-ում բերված ԱԿՀ-ի օրինակի վրա:



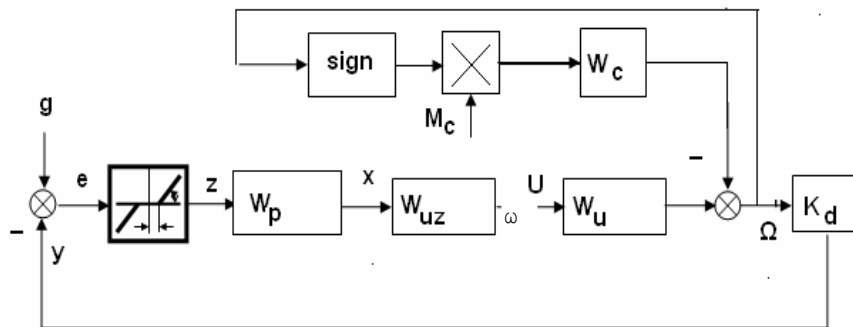
Նկ.1

1. ԱԿՀ-ի մաթեմատիկական նկարագրում

ԱԿՀ-ի խնդիրն է M էլեկտրական շարժիչի $\omega(t)$ անկյունային արագության մեծության պահանջվող ճշտությամբ պահպանումը:

Շարժիչը սնվում է ՍՀ կիսահաղորդչային փոխակերպիչի U լարումով, որը համեմատական է C կարգավորիչով ձևավորված $x(t)$ կառավարող ազդանշանին: Կառավարվող $\omega(t)$ մեծությունը d տվիչի օգնությամբ համեմատականորեն ձևափոխվում է $y(t)$ էլեկտրական պարամետրի, որը կառավարման բացարձակ ճշտության դեպքում պետք է լինի հավասար $g(t)$ առաջադրանքի ազդանշանին: $y(t)$ ազդանշանը հետադարձ կապի կանալով մատուցվում է S համեմատման սարքին: Համեմատման արդյունքը՝ $e(t) = g(t) - y(t)$ համակարգի սխալի ազդանշանը անցնում է անզգայունության գոտիով Z ուժեղարարով և տրվում կարգավորիչի մուտքին, որը ձևավորում է $x(t)$ փոփոխությունը համաձայն իր մեջ ներդրված ֆունկցիայի: $Mc(t)$ վրդովմունքը իրենից ներկայացնում է մեխանիզմի դիմադրող մոմենտը, որը համարենք միշտ ուղղված $\omega(t)$ արագության ուղղությանը հակառակ: Z հանգույցը կտրում է կառավարման շղթան, երբ սխալի ազդանշանի արժեքը գտնվում է նախօրոք պայմանավորված $2b$ գոտիում:

Նկ.1 ֆունկցիոնալ սխեմային համապատասխանում է նկ.2-ում բերված ստրուկտուրային բլոկ-սխեման:



Նկ.2

Համակարգի հանգույցները նկարագրվում են հետևյալ հավասարումներով.

Համեմատման սարք (S)- Ուղղունենք առաջադրանքը թռիչքածն

$$g(t) = 0, t < 0,$$

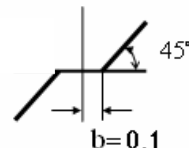
$$g(t) = 10, t \geq 0,$$

համակարգի սխալը $e(t) = g(t) - y(t)$:

Անզգայունության գոտիով ուժեղարար - Պահանջենք համակարգի ստատիկ ճշտությունը առաջադրանքի 1% չափով:

$$b = 0.01 * 10 = 0.1$$

$z(t) = 0$	երբ	$e(t) < b$
$z(t) = e(t) - b$	երբ	$e(t) \geq b$
$z(t) = e(t) + b$	երբ	$e(t) \leq -b$



Նկ.3

Այսպիսի հավասարումները ստրուկտուրային սխեմայում ցուցաբերվում են նկ.3-ում բերված բլոկի տեսքով:

Կարգավորիչ - Այս կարգավորիչը համեմատ-ինտեգրալային է (PI-տիպի), որի փոխանցման ֆունկցիան հետևյալն է՝

$$Wp(s) = (s + 1)/0.2s \text{ և } x(t) = z(t)Wp(s):$$

Փոխակերպիչը համարենք ոչ ինտեգրի (համեմատական) ուժեղարար

$$U(t) = Wuz(s)x(t) = K_u x(t),$$

որտեղ $K_u = W_{uz}(0) = 100$ փոխակերպիչի փոխանցման գործակիցն է (ՓԳ):

Մշարժիչը նկարագրվում է հետևյալ պարզեցված օպերատորային հավասարումներով՝

$$\omega = W_U(s)U - W_C(s)M_c$$

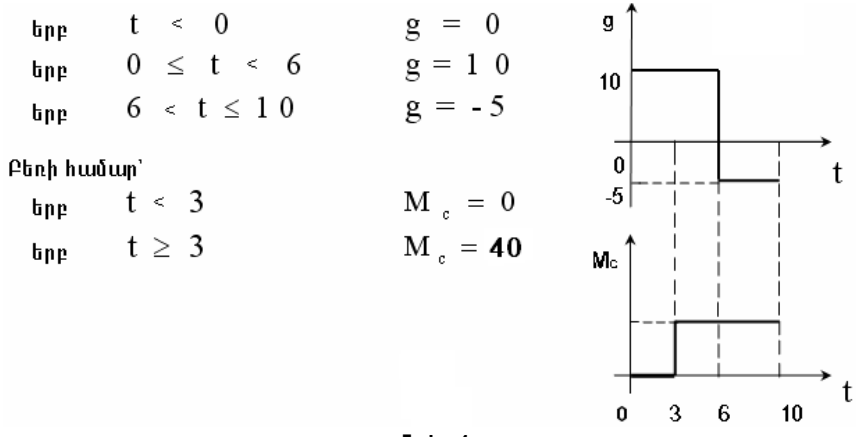
Լարման կապուղով ՓՖ-ն է՝ $W_U(s)=0.5/(0.1s^2+0.5s+1)$ և բեռի կապուղով $W_C(s)=0.5(0.2s+1)/(0.1s^2+0.5s+1)$:

Բեռի ազդեցության ուղղության նշանի շրջումը արագության ուղղության շրջման պահին տրամաբանական գործողություն է, որը ստրուկտուրային սխեմայում իրականացվում է sign (նշան) և Product (բազմապատկում) բլոկերով, ինչին համապատասխանում է $M_c(t) = |M_c(t)|\text{sign } \omega(t)$ արտահայտությունը: Sign բլոկի ելքում առաջանում է +1 մուտքի դրական և -1 մուտքի բացասական ազդանշանի առկայության դեպքում: Բազմապատկումը նշանակում է համապատասխան նշանի ընդունում:

Հետադարձ կապի ՓԳ-ն է՝ $K_d = 0.1 \text{ sec}$

Ուսումնասիրենք համակարգը թողարկման, բեռի հավելման և արագության նշանի շրջման ռեժիմներում:

Թող $t=0$ պահին հրաման է տրվում թողարկել համակարգը առանց բեռի ($g(t)=10, M_c=0$), $t=3 \text{ sec}$ պահին շարժիչը բեռնվում է ($M_c=40$) և $t=6 \text{ sec}$ պահին հրաման է տրվում պտտել հակառակ ուղղությամբ -50 sec^{-1} արագությամբ: Պրոցեսների դիտարկման ընդհանուր տևողությունը ընտրենք 10 sec : Առաջադրանքը նկարագրվում է հետևյալ ձևով



Նկ.4

Առաջադրանքի $g(t)$ կորի տեսքը (նկ.4) կարելի է ստանալ, եթե $t=6 \text{ sec}$ պահին $g=10$ ազդանշանին գումարել $g=-15$ ազդանշան:

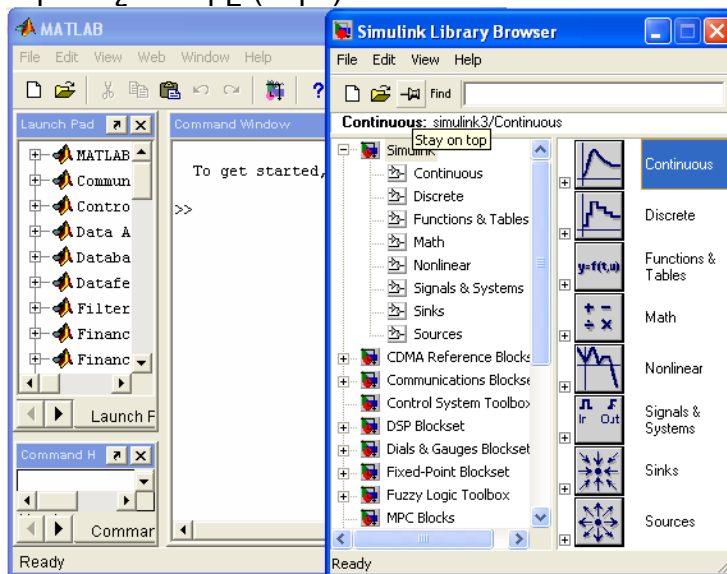
2. Մոդելի հավաքում

2.1. MATLAB ծրագրի Simulink բաժինը

Մոդելը հնարավոր է հավաքել միայն այն քոմպյուտերներում, որտեղ տեղադրված է MATLAB ծրագիրը: Մոդելի հավաքման գործողությունների հաջորդականությունը հետևյալն է.

* MATLAB ծրագրի սիմվոլի վրա մկնիկի ձախ ստեղնի կրկնակի շղկացումով բացել MATLAB Command Window պատուհանը (Նկ.5): Բացված պատուհանում մկնիկի ձախ ստեղնով շղկացնել (հետագայում` շղկացնել) եռագույն գրաֆիկական օբյեկտը- Simulink բաժնի սիմվոլը:

Այս գործողությունով կանչվում է MATLAB-ի մոդելավորմանը վերաբերվող բաժինը: Բացվում է ԱԿՀ-ը կազմող բլոկերի գրադարանի Simulink Library Browser պատուհանը, որում բերված են մոդելավորման համար օգտագործվող բոլոր տիպային օղակների փաթեթների պայմանական նշանները (Նկ.6).



Նկ.5

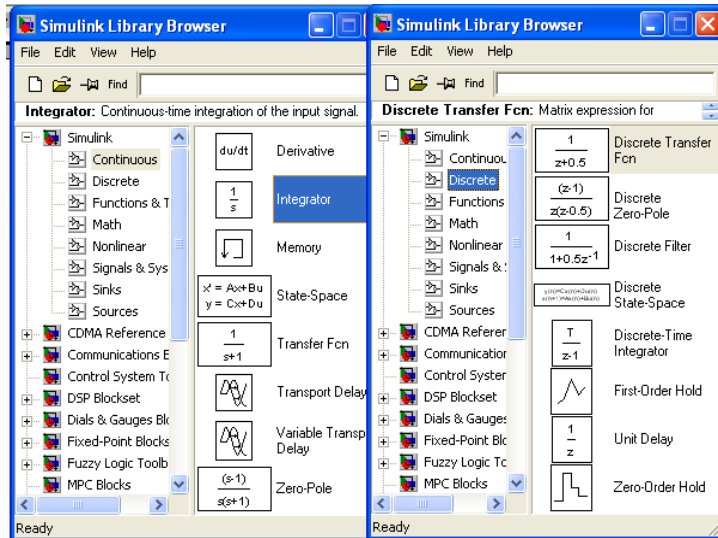
Նկ.6

- Continuous - գծային օղակներ,
- Discrete - դիսկրետ էլեմենտներ
- Functions&Tables - ֆունկցիաներ և աղյուսակներ
- Math - մաթեմատիկական գործողություններ
- Nonlinear - ոչ գծային օղակներ,
- Signals&Systems - ազդանշաններ և համակարգեր
- Sinks - ընդունիչներ:
- Sources - աղբյուրներ,

* Փաթեթը բացելու համար անհրաժեշտ է կրկնակի շղկացնել նրա նշանի վրա: Աջ մասում արտապատկերվում են փաթեթի տարրերը: Նկարում բացված է Continuous փաթեթը: Փաթեթներից հետաքրքրող տարրը ընտրվում է շղկացումով, ինչպես դա արված է Continuous փաթեթի Integrator տարրի համար (նկ.7):

Փաթեթներում պարունակված տարրերի հաճախ կիրառվող ֆունկցիաները

Continuous փաթեթի բացումով կստանանք Continuous պատուհանը (նկ.7): Այստեղ ընդգրկված են գծային, դիֆերենցիալ հավասարումներով և անըդիատ ՓՖ-ներով նկարագրվող օղակները:



Նկ.7

Նկ.8

Discrete փաթեթի բացումով կստանանք Discrete պատուհանը(Նկ.8): Այստեղ տրվում են z-ձևափոխության օգնությամբ նկարագրված օղակներ; Օրինակ՝ Discrete Filter դիսկրետ ֆիլտրի ՓՖ-ն:

Math փաթեթի բացումով կստանանք Math պատուհանը (Նկ.9):

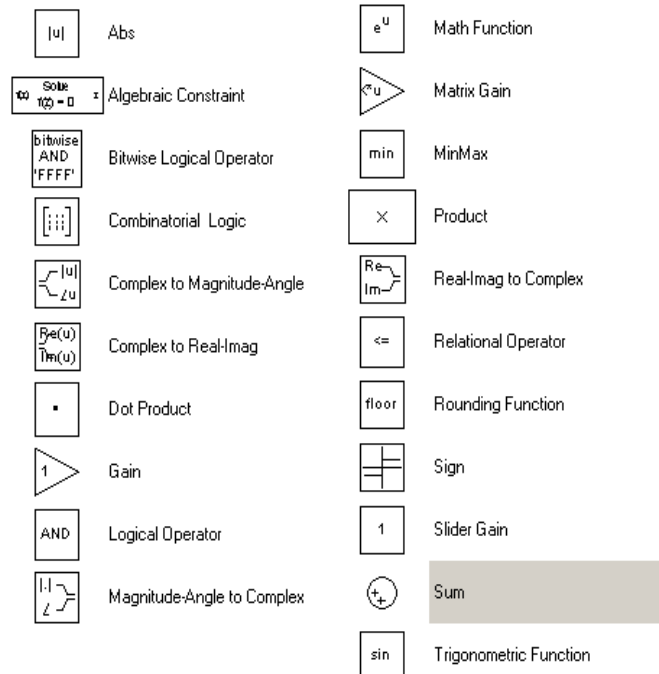
Այստեղ , օրինակ՝

Gain - ոչ իներցիոն ուժեղարար

Sum - գումարում

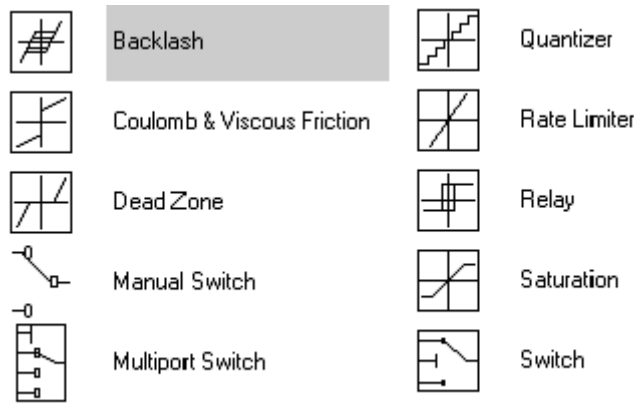
Sign - նշանի որոշում

AND Logical Operator - տրամաբանական գործողություններ և այլն



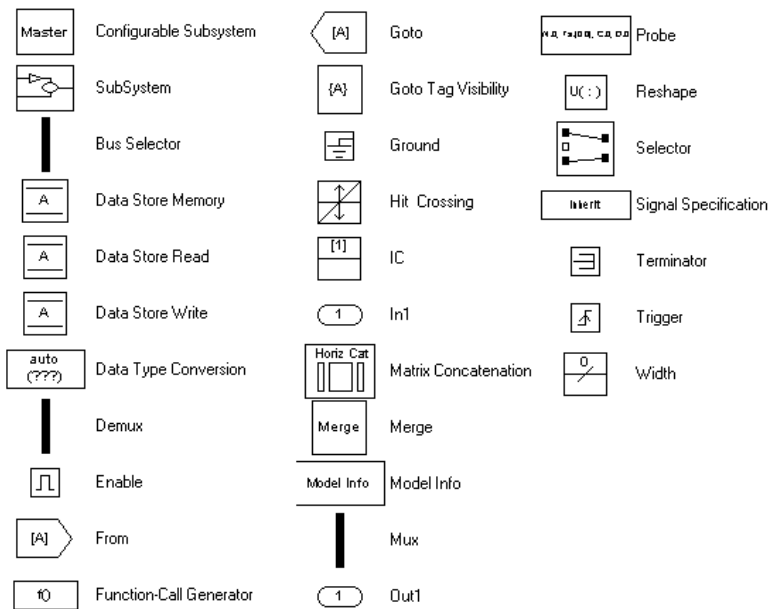
Նկ.9

Nonlinear փաթեթի բացումով կստանանք Nonlinear պատուհանը (Նկ.10) Այստեղ բերված են արտահայտված ոչ գծայնություններով օղակներ: Օրինակ՝ Dead zone անզգայության գոտիով ուժեղարար, Saturation - սահմանափակումով ուժեղարար, Switch - բանալի և այլն:



Նկ.10

Signals&Sistems փաթեթի բացումով կստանանք Signals&Sistems պատուհանը (նկ.11): Այստեղ բերված են համակարգի կառուցման և ուսումնասիրման համար անհրաժեշտ օբյեկտները



Նկ.11

Mux - մի քանի ազդանշանների համատեղ արտապատկերում

[A] Go to - գնալ դեպի

SubSystem - համակարգի ընտրված մասի ծածկումը դիմակով . . .

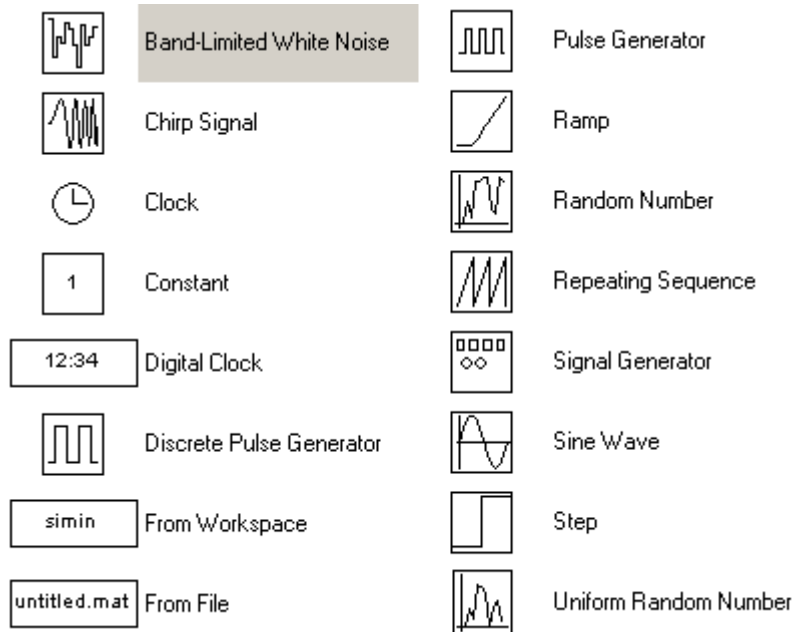
Sources փաթեթի բացումով կստանանք Sources պատուհանը (նկ.12): Այստեղ բերված են տարբեր տիպային ազդանշաններ մատուցող աղբյուրներ:

Օրինակ՝

Step - թռիչքածև,

Sin Wave - սինուսոիդալ,

Ramp - գծային ազդանշաններ . . .

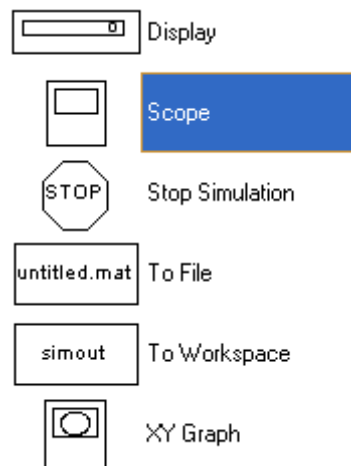


Նկ.12

Sinks փաթեթի բացումով կստանանք Sinks պատուհանը (նկ.13):

Այստեղից ընտրված են պրոցեսների վիզուալ դիտարկման համար օբյեկտներ:

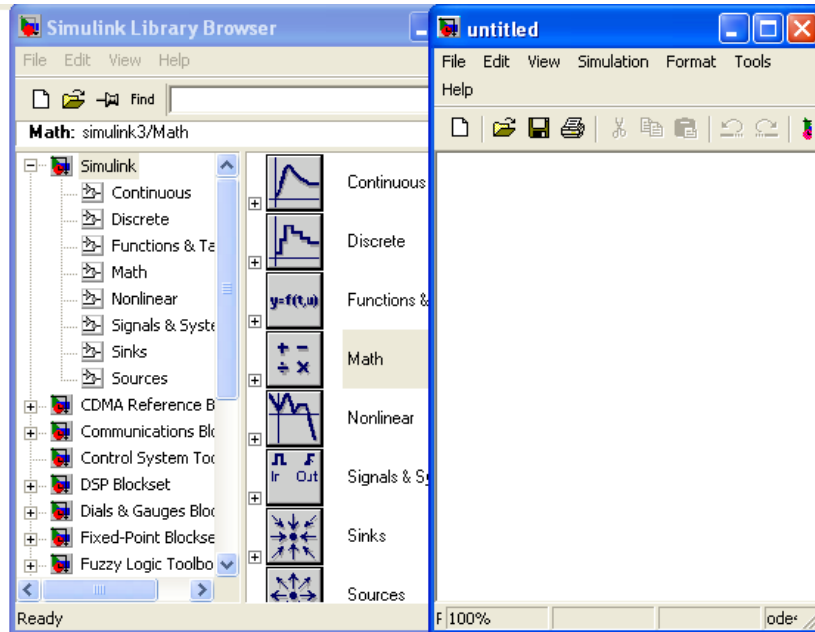
Օրինակ Scope` պրոցեսի հետաքրքրող ազդանշանի փոփոխման կորի արտապատկերում և այլն:



Նկ.13

2.2. Մոդելի հավաքման տեխնիկան

* Մոդելի կառուցման դաշտ ստեղծելու համար Simulink:Library պատուհանում ակտիվացվում է File հրամանը, նրա մենյուից ընտրվում է New, ապա Model հրամանները: Բացվում է untitled1 (անանուն) պատուհանը, որտեղ հենց կհավաքվի ԱԿՀ-ի մոդելը (նկ.14): Պատուհանը կարելի է բացել ֆայլի էջի տեսք ունեցող սիմվոլի շղկացումով: Ցանկալի է պատուհանին տալ անուն File – Save As - անուն - Save հրամաններով:

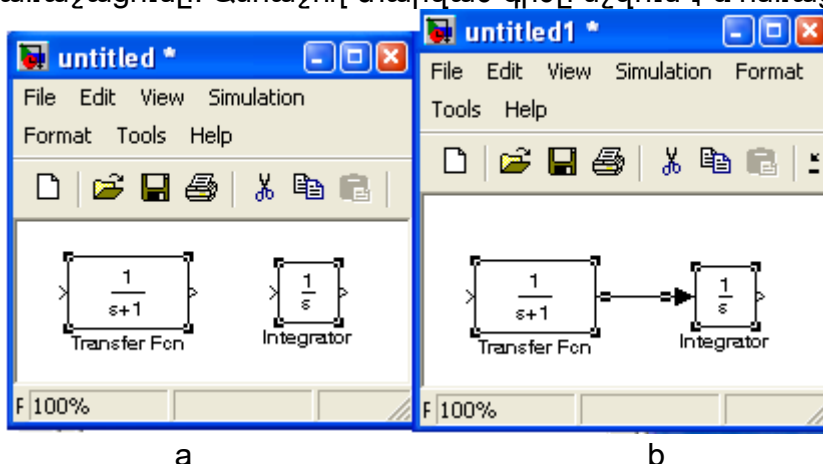


Նկ.14

* Օղակը մոդելավորման դաշտ բերելու համար պետք է փաթեթում նշել այն, մկնիկի ստեղծող սեղմած վիճակում տեղափոխել դաշտ, ստեղծող բաց թողնել (նկ.16a): Ցանկալի է օղակները հարմար տեղաբաշխել դաշտում: Հիշենք, որ դիրքերը հետագայում միշտ կարելի է փոխել:

* ՓՖ-ն կամ այլ ինֆորմացիան օղակում հարմար տեղավորելու համար նրա ուղղանկյունիի չափերը կարելի է փոխել: Անհրաժեշտ է ակտիվացնել օղակը (շղկացում), “բռնել” ակտիվացման անկյունային շրջանակներից մեկը և ստեղծող սեղմած տեղափոխել անկյունը և հետևաբար փոխել չափսը: Ազատ դաշտում շղկացումով օղակը ստացված տեսքով ֆիքսվում է իր դիրքում:

* Օղակները միմյանց հետ կապելու համար պետք է բռնել որևէ օղակի ելքի կամ մուտքի սլաքը և ստեղծող սեղմած տանել համապատասխան օղակի մուտքին(ելքին): Ավելի հարմար է միաժամանակ սեղմած պահել Ctrl ստեղծող: Ստեղծող բաց թողնելուց հետո կապերը ֆիքսվում են (նկ.16b) Նշենք, որ գծերի միացման մասին վկայում է արտահայտված կետի կամ սլաքի առաջացումը: Անհաջող տարված գիծը նշվում է և հեռացվում (delete):



Նկ.15

*Նույնատիպ օղակը կարելի է ստեղծել կրկնօրինակելով այն Copy-Paste հրամաններով:

Մոդելը հավաքվում է ըստ ԱԿՀ-ի ստրուկտուրային սխեմայի. Օղակների հավաքման հաջորդականությունը նշանակակություն չունի, սակայն հարմար է աշխատել փաթեթ առ փաթեթ, ինչը աստիճան կերևա դիտարկվող մոդելի հավաքման ընթացքում:

* Ըստ նկ.2, ԱԿՀ-ն բաղկացած է գումարիչներից, ՍԶ և d ուժեղարարներից, $Wp(s)$, $Wu(s)$, $Wc(s)$ գծային օղակներից, Z ոչ գծային օղակից, Sign տրամաբանական օղակից և x բազմապատկման բլոկից: Բացի այդ արտաքին աղբյուրներից պետք է համակարգին տալ g և Mc վրդովմունքների ազդանշանները:

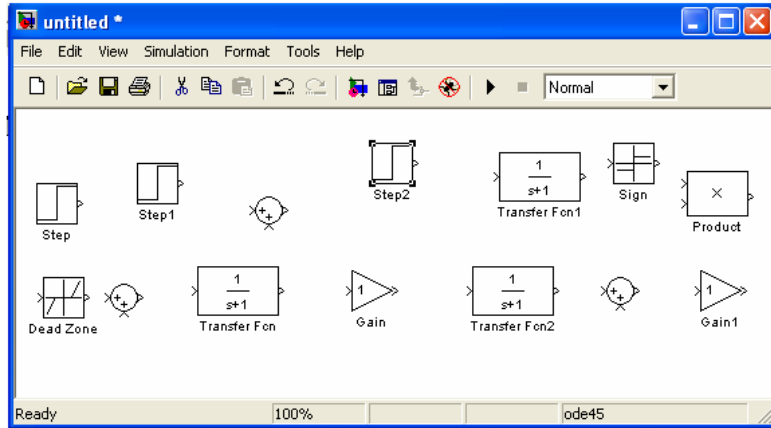
Math փաթեթից բերենք աշխատանքային դաշտ երեք գումարիչ (Sum, Sum1, Sum2), երկու ուժեղարար (Gain, Gain 1), մի Product բազմապատկիչ, մի նշան որոշող օղակ (Sign):

Continuous փաթեթից բերենք երեք գծային օղակ (Transfer Fnc):

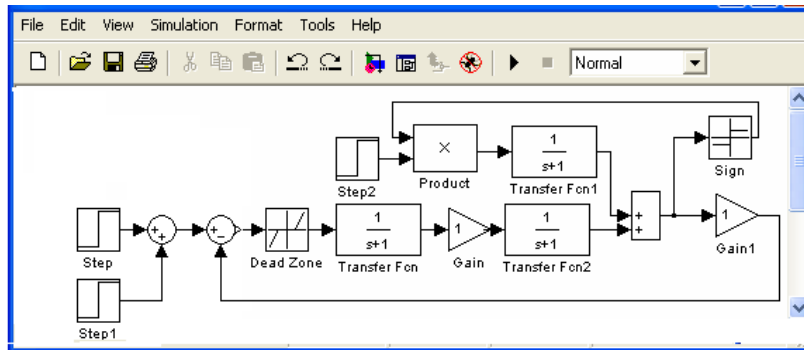
Nonlinear փաթեթից բերենք անզգայունության գոտիով ուժեղարար (Dead Zone):

Sources փաթեթից բերենք երեք թռիչքածն (Step, Step1, Step2) ազդանշանի աղբյուր (նկ.16,a):

* Միացնենք օղակները համաձայն բլոկ-սխեմային ստանանք մոդելի նախնական տեսքը (նկ.16,b).



a



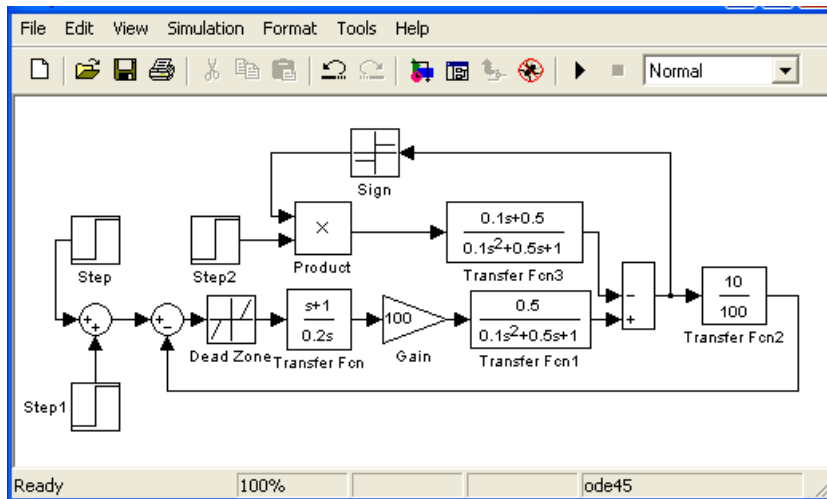
b

Նկ.16

Բոլոր կապերը տալուց հետո համակարգը համարվում է հավաքված, բայց դեռ մոդելի է, քանի որ հաստատունները անորոշ են:

2.3. Տվյալների ներգրում

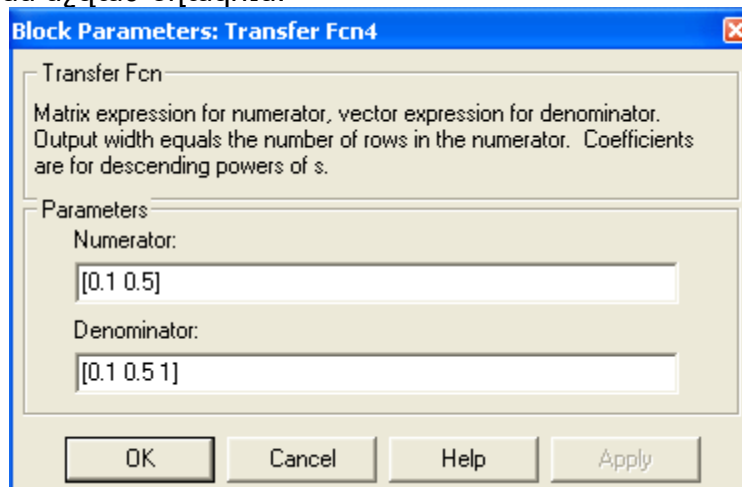
Օղակը որոշյալ դարձնելու համար անհրաժեշտ է ներգրել հաստատունները: Դիտարկվող ԱԿՀ-ի հաստատունները որոշվել են մաթեմատիկական նկարագրման ժամանակ: Ներգրված տվյալներով մոդելը բերվա ծ է նկ.17:



Նկ.17

* Յուրաքանչյուր օղակի պարամետրերի ներածման կամ փոփոխման համար պետք է կրկնակի շղկացումով բացել Block parameters պատուհանը:

* Չճային օղակի դեպքում, օրինակ $W_c(s)$, բացվում է Block parameters: Transfer Fcn պատուհանը: Numerator (համարիչ) և Denominator (հայտարար) տողերում քառակուսի փակագծերի մեջ շեղումներով ներգրվում են անդամների գործակիցները ըստ s-ի աստիճանի նվազման: Տվյալ դեպքում համարիչը առաջին աստիճանի պոլինոմ է, որի գործակիցներն են 0.1 և 0.5, իսկ հայտարարինը՝ 0.1, 0.5 և 1 (նկ.18): Շղկացնելով OK նշանը, տվյալները տպվում են նշված օղակում:

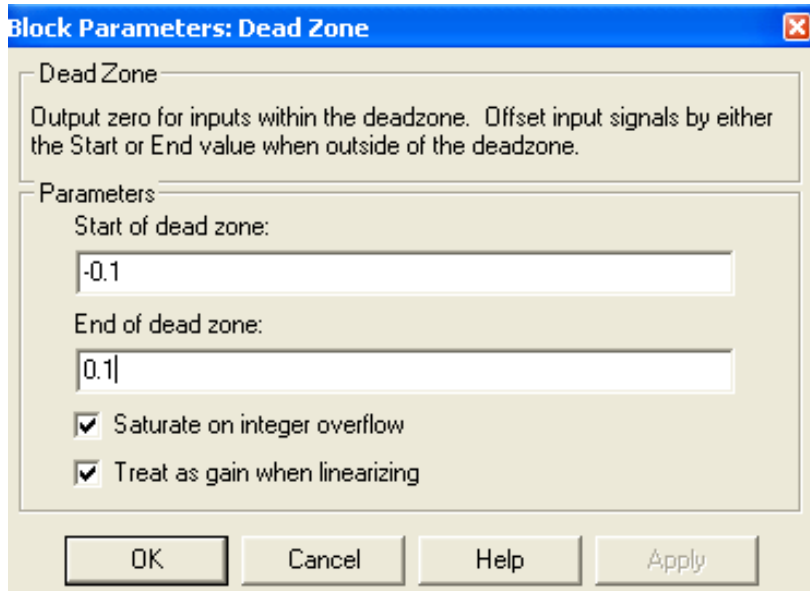


Նկ.18

Նույն օպերացիաներով ներգրված են $W_u(s)$ օղակի հաստատունները՝ Num[0.5] Den[0.1 0.5 1]:

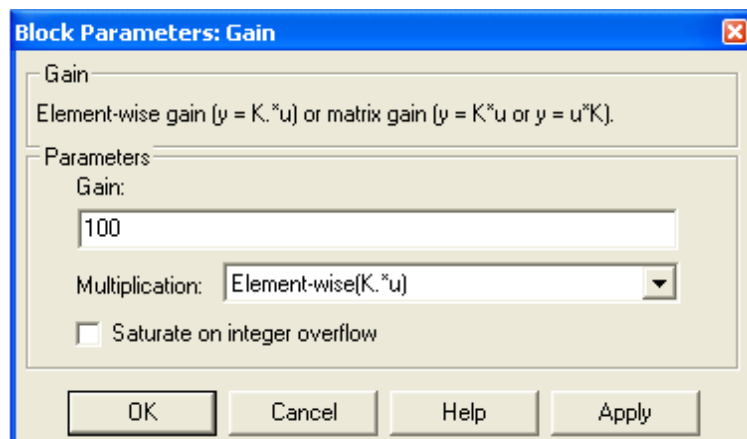
s փոփոխականի որևէ աստիճանի բացակայության դեպքում որպես գործակից է գրանցվում "0", ինչպես դա արված է $W_p(s)$ օղակի հայտարարի համար:

* Ոչ զճային օղակի կրկնակի շղկացումով կանչվում է Block parameters: Dead zone պատուհանը (նկ.19): Start of dead zone տողում նշում ենք անզգայունության գոտու ծախ, իսկ End of dead zone տողում՝ աջ b սահմանները : Մեր դեպքում դրանք են - 0.1 և 0.1 թվերը: OK նշանի շղկացումով տվյալները ամրագրվում են մոդելում:



Նկ.19

* Gain օղակի Block parameters:Gain պատուհանում ներածվում են ուժեղարարի փոխանցման գործակիցները: Օրինակում UZ և d ուժեղարարների գործակիցներն են՝ 100 (նկ.20) և 0.1:



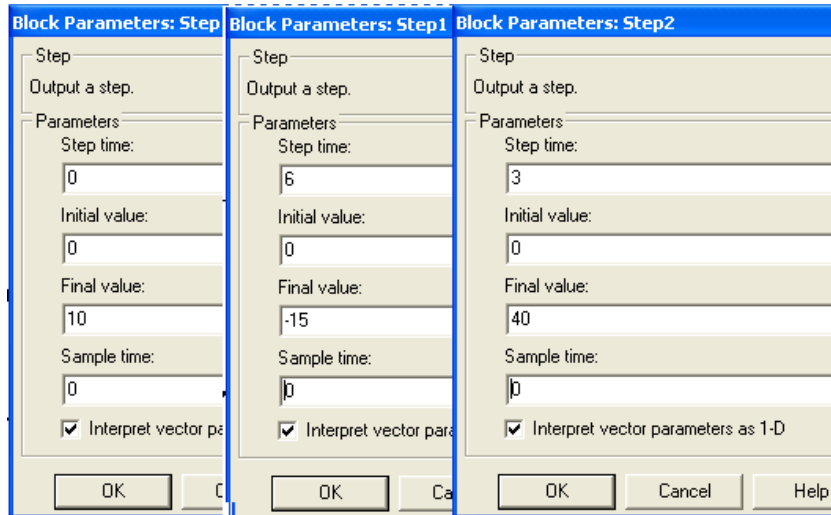
Նկ.20

Նշենք որ, եթե Transfer Fnc օղակի համարիչն ու հայտարարը բաղկացած են միայն ազատ անդամներից, ապա նույն ձևով հավաքվում է ոչինքերցիոն ուժեղարար համապատասխան գործակիցով, ինչպես դա արված է d ուժեղարարի համար (նկ.17):

* Sum օբյեկտի Block parameters: Sum պատուհանի նշանների տողում տպվում են անհրաժեշտ քանակի (+,-) մուտքերի նշանները: Ընտրվում է օբյեկտի տեսքը՝ կլոր (round) կամ ուղղանկյուն (rectangular):

* Sign և Product օղակներին տվյալներ ներմուծելու կարիք չկա:

* Առաջադրանքի Step, Step1, բեռի Step2 մատուցման պայմանները բերված են Block parameters: Step պատուհաններում (նկ.21): Step time տողում նշվում է առաջադրանքի առաջացման ժամանակը: Դա 0 և 6 պահերն են: Initial տողում ներգրվում է թռիչքի սկզբնական, իսկ Final value տողում՝ վերջնական մեծությունները՝ համապատասխանորեն 0, 10 և 0,-15:

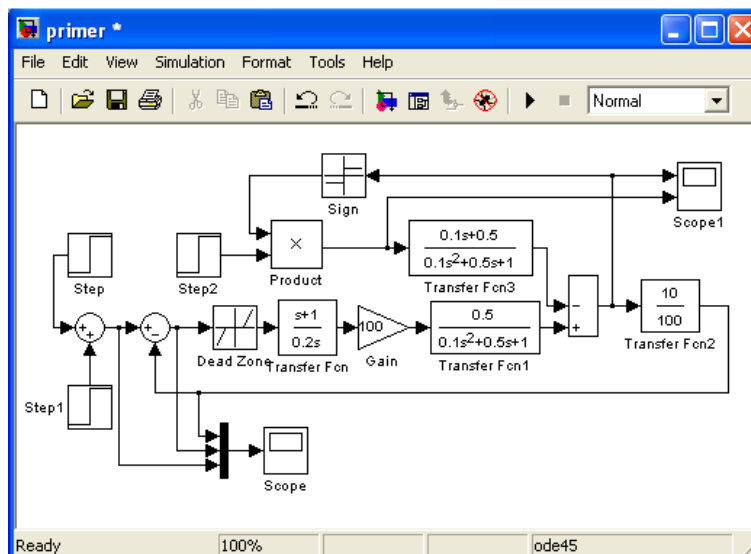


Նկ.21

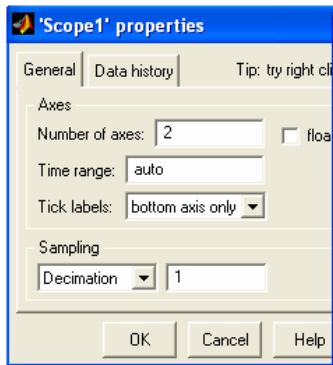
2.4. Պրոցեսների արտապատկերում

* Առաջադրանքի $g(t)$, կառավարվող մեծության $x(t)$ և սխալի $e(t)$ կորերը մեկնկարում ստանալու համար նշված մեծությունները տրվում են Mux համատեղման օբյեկտի մուտքերին, իսկ ելքը տրվում է Sinks փաթեթից բերված Scope օբյեկտին: Mux օբյեկտի մուտքերի քանակը նշվում է նրա Mux:Block parameters պատուհանում: Մոդելի վերջնական տեսքը բերված է Նկ.22:

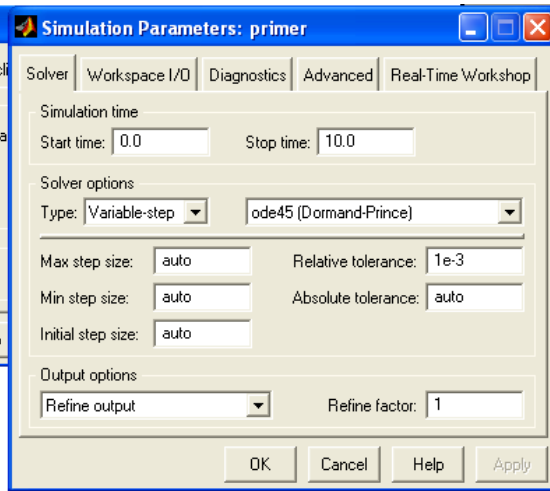
* $M_c(t)$ և $\dot{x}(t)$ կորերը առանձին նկարներում ստանալու համար ազդանշանները պետք է տալ անմիջապես Scope1 օբյեկտի մուտքերին: Համապատասխան քանակի մուտք ստեղծելու համար Scope1 օբյեկտի կրկնակի շղկացումով բացվում է առայժմ դեռ ազատ դաշտը, որի Parameters սիմվոլի շղկացումով բացվում է Scope properties պատուհանը (նկ.23): Այստեղ ակտիվացվում է General պատուհանը և բացված Number of Axes տողում նշվում է կորերի քանակը՝ 2: Ֆիքսելուց հետո (OK) օբյեկտի մոտ հայտնվում են երկու մուտք, որոնց պետք է միացնել համապատասխան պարամետրերի սլաքներին, ինչպես դա արված է նկ.24-ում:



Նկ.22





Նկ.23



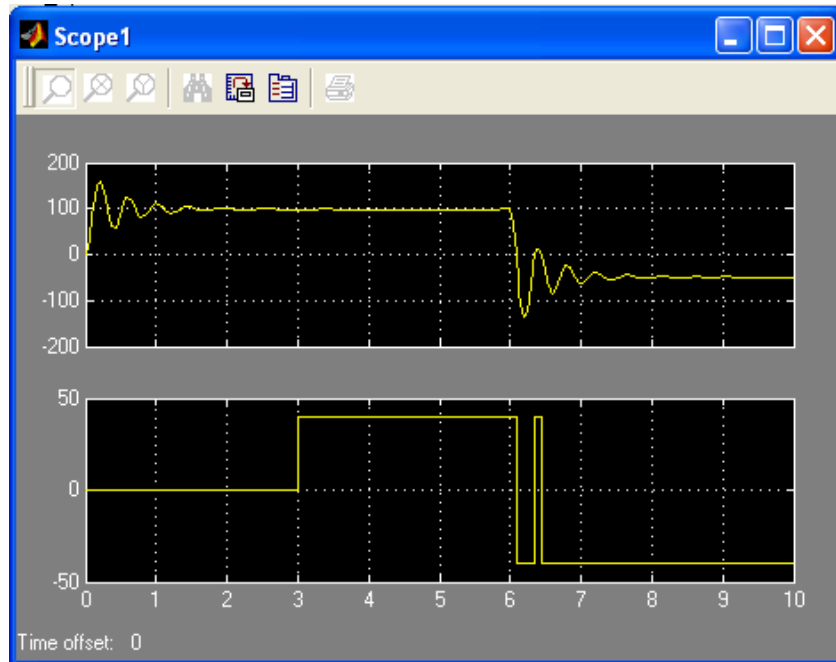
Նկ.24

* Անհրաժեշտ է առաջադրել անցումային պրոցեսների դիտարկման ժամանակի մոտավոր մեծությունը: Կատարվում են Simulation-Simulation parameters հրամանները: Simulation time տողում տպվում են պրոցեսի սկզբի (Start time) և ավարտի (Stop time) պահերը: Այս օրինակում դրանք 0 և 10 թվերն են (նկ.24): Սրանով մոդելի հավաքումը ավարտվում է:

3. Մոդելի թողարկում և արդյունքների դիտարկում

* Մոդելը թողարկելու համար պետք է շղկացնել Start հրամանը (կամ  սիմվոլը): Մոդելավորման արդյունքը (անցումային պրոցեսը) տեսնելու համար պետք է կրկնակի շղկացնել հետաքրքրող Scope օբյեկտը և դիսկլեյի վրա ստանալ կորերը: Պրոցեսը մինչ ավարտը կանգնացնելու համար պետք է շղկացնել Stop հրամանը (կամ  սիմվոլը):

* Գրաֆիկների մասշտաբը կարելի է փոխել: Նախ շղկացնելով «հեռադիտակ» սիմվոլը կստանանք այն մասշտաբը, որի դեպքում ամբողջ գրաֆիկը (գրաֆիկները) զբաղեցնում է նկարի մաքսիմալ մակերեսը: Նկ.25 -ում բերված են բեռի և արագության կորերը (Scope1):



Նկ.25

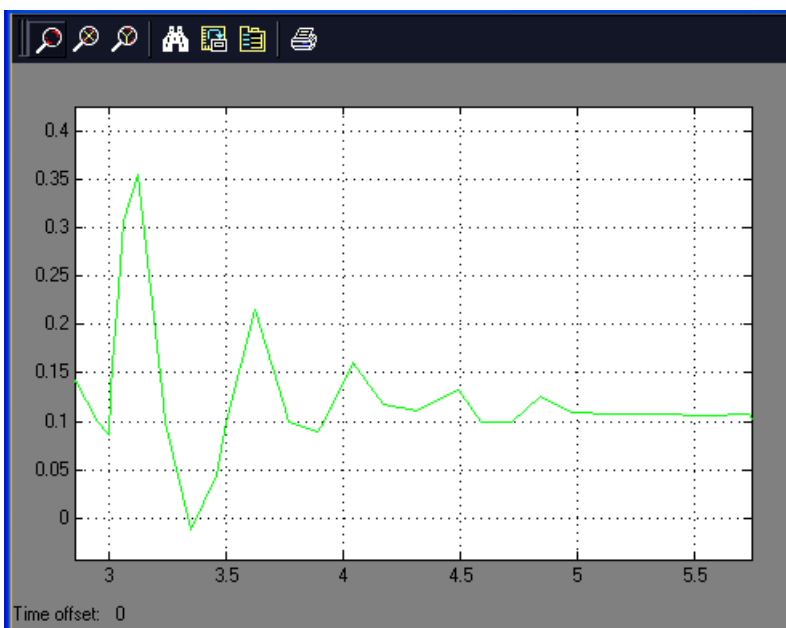
Նկ.26–ում բերված են $g(t)$, $y(t)$ և $e(t)$ կորերը:



Նկ.26

* Եթե կա անհրաժեշտություն խոշորացնել գրաֆիկի ցանկացած հատված կորորդինատային առանցքներից որևէ մեկի կամ միանգամից երկուսի ուղղությամբ

շրդկացվում է երեք «խոշորացույց» սիմվոլներից մեկը, ապա կուրսորով սահմանագծվում է խոշորացվող տեղամասը և ամբողջ գրաֆիկի փոխարեն կպատկերվի նշված հատվածը (նկ.27):



Նկ.27

MATLAB ծրագրի հնարավորությունները անհամեմատ լայն են, քան այստեղ օգտագործվածը, սակայն նույնիսկ վերը բերվածը թույլ է տալիս ամրացնել ԱԿՀ-ի մասին գիտելիքները, ձեռք բերել քունփյութերային մոդելավորման սկզբնական հմտություն:

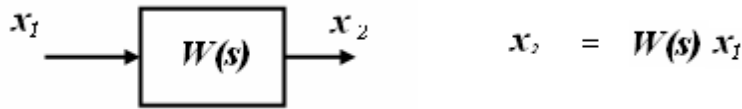
4. Տարրական օղակների ուսումնասիրում

ԱԿՀ կազմող յուրաքանչյուր ֆիզիկական օբյեկտ կարելի է նկարագրել գծային /կամ գծայնացված/ այնպիսի փոխանցման ֆունկցիա ների /ՓՖ/ համակարգով, որոնց բնութագրող հավասարման /հայտարարի/ աստիճանը չի գերազանցում երկուսից: Օրինակ՝

$$W(s) = \frac{b}{a_0 s^2 + a_1 s + a_2}$$

Նշենք, որ հետագայում օգտագործվող $W(s)$ արտահայտությունները իրենցից ներկայացնում են դիֆերենցիալ հավասարման հանրահաշվականացված օպերատոր $\frac{d}{dt} = s$ / և միայն այդ իմաստով են կրկնում ՓՖ-ի տեսքը:

Այսպիսի ՓՖ ունեցող հանգույցը անվանվում է տարրական օղակներով և ԱԿՀ ընդհանուր ստրուկտուրային սխեման հարմար է ներկայացնել հենց տարրական օղակների շաղկապված համաստեղությունով:



Այստեղ x_1, x_2 - մուտքային և ելքային ազդանշաններն են:

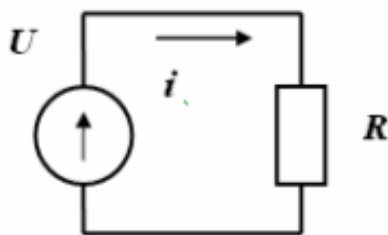
Տարբեր ֆիզիկական օբյեկտներ կարող են նկարագրվել նույնատիպ ՓՖ-ով և հետևաբար՝ հանդիսանում են նույնատիպ տարրական օղակներ:

Ստորև բերված են որոշ տարրական օղակների օրինակներ:

Ոչ իներցիոն ուժեղարարների բնութագրող հավասարումը 0 աստիճանի է / $a_0 = 0, a_1 = 0$ /, և օղակի ՓՖ ունի այսպիսի տեսք

$$W(s) = \frac{b}{a_2} = k :$$

1. Ակտիվ R դիմադրություն ունեցող շղթայի i հոսանքի կախվածությունը սնող U լարումից՝

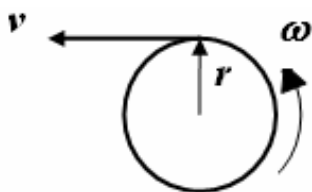


$$x_1 = U \quad x_2 = i \quad i = W(s)U$$

$$W(s) = \frac{1}{R} = k$$

Նկ.28

2. r շառավիղով պտտվող կետի գծային v արագությունը կախված անկյունային արագությունից:

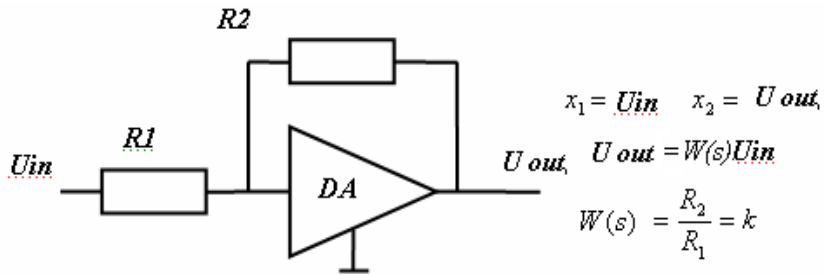


$$x_1 = \omega \quad x_2 = v \quad v = W(s)\omega$$

$$W(s) = r = k$$

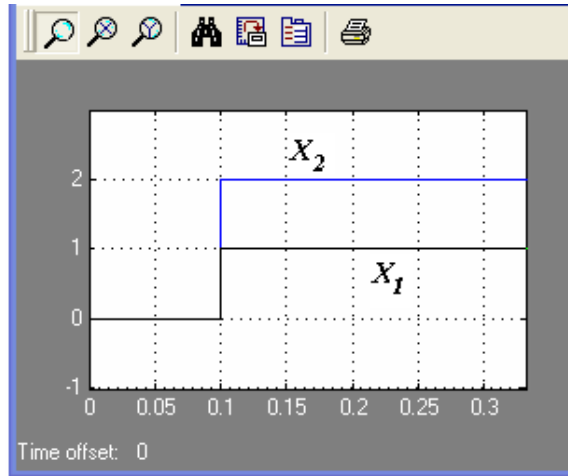
Նկ.29

3. Նկ.30 բերված սխեմայով հավաքված օպերացիոն ուժեղարարը



Նկ.30

Այսպիսի օղակների $x_2(t)$ կորը տարբերվում է $x_1(t)$ -ից միայն մասշտաբով՝ k գործակցով /նկ.31/:



Նկ.31

Ինքնաստուգման հարցեր

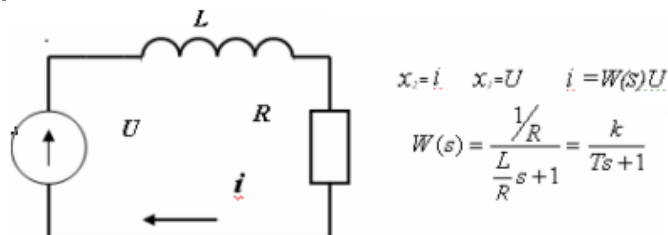
1. Ստորև բերված օղակներից որը կարելի է համարել ոչ իներցիոն:
 - Ավտոմեքենայի ամորտիզատորների տեղափոխությունը ուղևոր նստելիս:
 - Լծակի ծայրի տեղափոխությունը մյուս ծայրի տեղափոխության համեմատ:
 - Կապիտալի ներդրումից եկամուտի ստացումը:
 - Ատամնանիվային զույգի շեղման անկյունների փոփոխությունը:
2. Ինչպիսին է ոչ իներցիոն ուժեղարարի ՓՖ-ն:

Ապերիոդիկ /1-ին աստիճանի իներցիոն/ օղակ / $a_0 = 0$ /:

Օղակի ՓՖ-ն է
$$W(s) = \frac{b}{a_1s + a_2} = \frac{k}{Ts + 1},$$

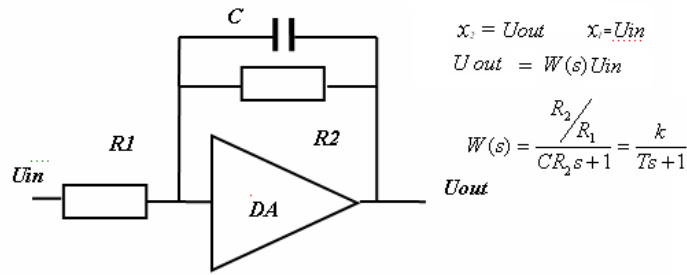
որտեղ $T = \frac{a_1}{a_2}$ - ժամանակի հաստատունն է, բնորոշում է օղակի իներտության աստիճանը:

1. Հոսանքը RL – շղթայում /նկ.32/



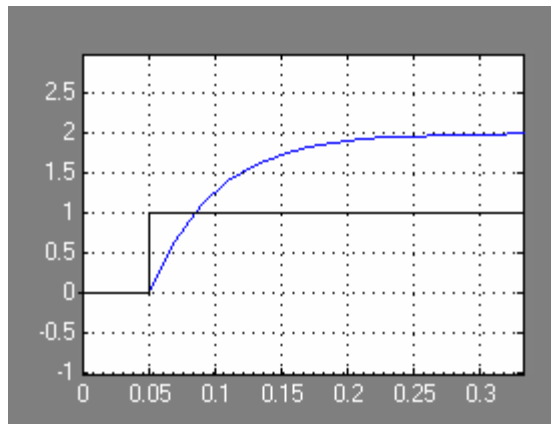
Նկ.32

2. Նկ.33-ում բերված ձևով հավաքված օպերացիոն ուժեղարար



Նկ.33

Անցումային պրոցեսի կորը էքսպոնենտ է, որը ձգտում է kx_1 արժեքի $\frac{1}{T}$ մարման գործակցով /նկ.34/:



Նկ.34

Ինքնաստուգման հարցեր:

1. Ինչպիսի տեսք ունի ապերիոդիկ օղակների ՓՖ-ն:
2. Ինչու է ապերիոդիկ օղակը համարվում իներցիոն:
3. Ինչպես է ազդում պրոցեսի վրա ժամանակի հաստատունը:

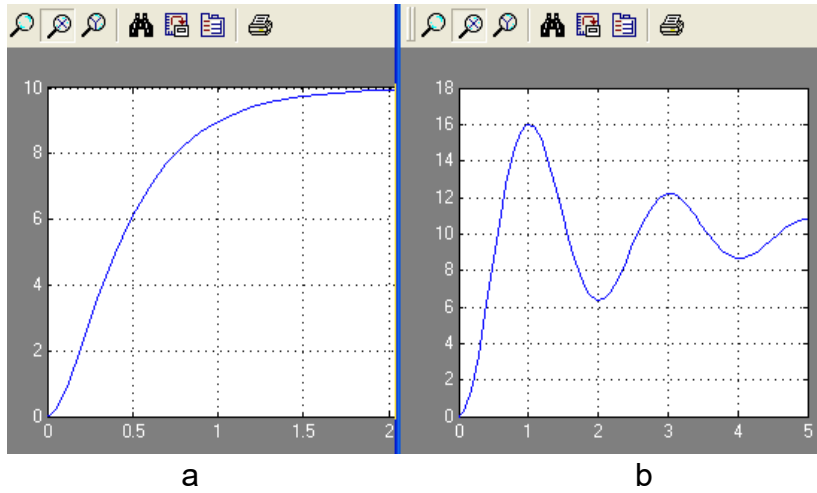
2-րդ կարգի օղակներ: Օղակների ՓՖ-ն է

$$W(s) = \frac{k}{\left(\frac{a_0}{a_2}\right)s^2 + \left(\frac{a_1}{a_2}\right)s + 1}, \text{ որտեղ } k = \frac{b}{a_2}:$$

Եթե բնութագրող հավասարման արմատները իրական են, այսինքն՝ $\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 - 4\frac{a_0}{a_2} \geq 0$,

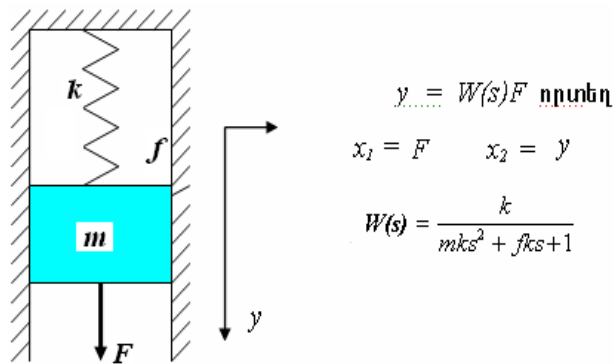
ապա թռիչքաձև x_1 դեպքում x_2 կորը առանց տատանումների ձգտում է դեպի հաստատված kx_1 արժեքի /նկ.35,a/: Օղակը համարժեք է երկու հաջորդաբար միացված ապերիոդիկ օղակների: Կոմպլեքսային արմատների դեպքում հայտնվում է տատանողական բաղադրիչը

$$\omega_0 = \frac{\sqrt{4a_0a_2 - a_1^2}}{2a_0} \text{ հաճախականությամբ և } \alpha = \frac{a_1}{2a_0} \text{ մարման գործակցով /նկ.35,b/:$$



Նկ.35

1. k առաձգականության գործակցով զսպանակից կախված m զանգված ունեցող մարմինը շարժվում է F ուժի ազդեցությունից: Շարժմանը դիմադրում է նաև պատերի հետ f գործակցով շփումը /նկ.9/: Տեղափոխման հավասարումն է՝



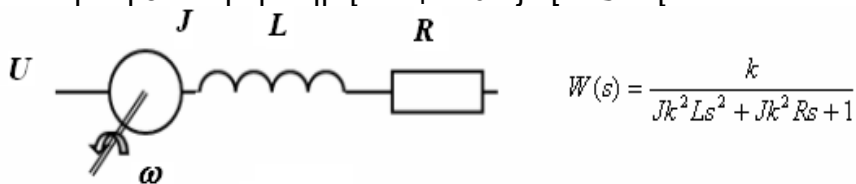
$$y = W(s)F \text{ որտեղ}$$

$$x_1 = F \quad x_2 = y$$

$$W(s) = \frac{k}{mks^2 + fks + 1}$$

Նկ.36

2. Էլեկտրական շարժիչի ω անկյունային արագությունը բևեռներին U լարում մատուցման ժամանակ /նկ.37/ նկարագրվում է հետևյալ ՓՖ-ով



$$W(s) = \frac{k}{Jk^2 Ls^2 + Jk^2 Rs + 1}$$

Նկ.37

որտեղ J իներցիայի մոմենտն է, L -ը և R -ը շղթայի պարամետրերն են, k -ն՝ կառուցվածքային գործակիցը:

Ինքնաստուգման հարցեր:

1.Բերված ՓՖ-ներից որոնք են վերաբերվում տատա նողական օղակին և ինչու:

$$\frac{8s^2 + 1}{10s + 1}; \quad \frac{s^2 + 5s + 1}{10s + 1}; \quad \frac{5}{0.1s^2 + 2s + 1}; \quad \frac{s + 1}{s^2 + s + 1}$$

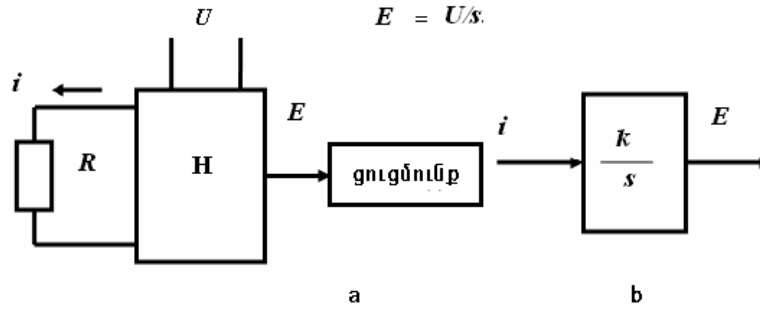
2.Հայտարարի որ աստիճանի գործակցի մեծացումը նպաստում է տատանողականության թուլացմանը:

Ինտեգրող օղակի ՓՖ-ն է

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

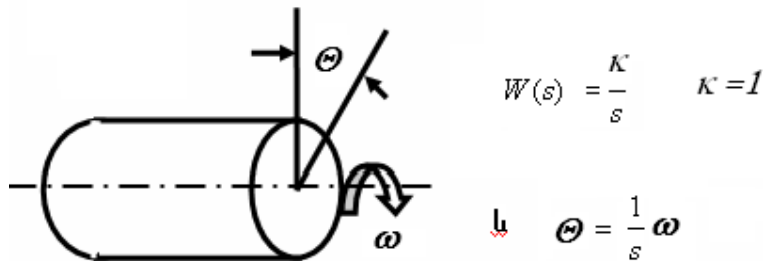
1. Էլեկտրական էներգիայի H հաշվիչի E ցուցմունքը կախված i հոսանքի սպառման դեպքում /նկ.38/:

Այստեղ $x_1 = i$, $x_2 = E$, $W(s) = U/s$: $k = UI$ ցանցի լարումը ընդունված է անփոփոխ:



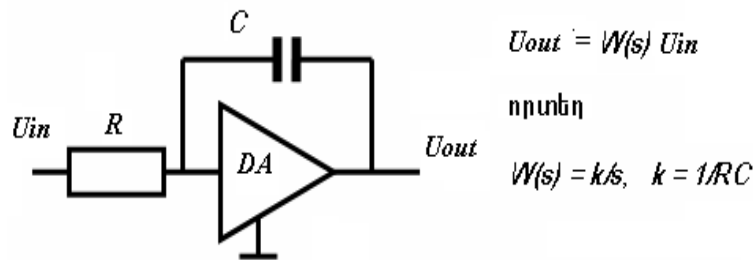
Նկ.38

2. $x_1 = \varphi$ անկյունային արագությամբ պտտվող լիսեռի $x_2 = \varphi$ շեղումը /նկ.39/ նկարագրվում է հետևյալ ՓՖ-ով



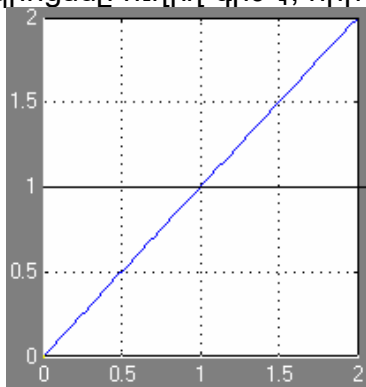
Նկ.39

3. Նկ.40 բերված ձևով հավաքած օպերացիոն ուժեղարարը, որտեղ $T=1/k$ - ինտեգրման հաստատունն է:

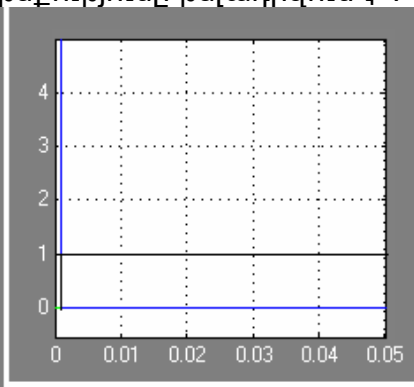


Նկ.40

Անցումային արոցեղ ուղիղ գիծ է, որի թեքությունը թելադրվում է T -ի արժեքով /նկ.41/:



Նկ.41



Նկ.42

Ինքնաստուգման հարցեր:

1. Ինչպիսին է ինտեգրող օղակի ՓՖ-ն:
2. Ինչպիսի պայմաններում ինտեգրող օղակի ելքի ազդանշանը չի փոփոխվում:
3. Ինչպես է ազդում T -ի մեծացումը կամ k -ի փոքրացումը պրոցեսի վրա:

Դիֆերենցող օղակ: Գործնականում $W(s) = ks$ իդեալական դիֆերենցող օղակ իրականացնելը անհնար է, որովհետև թռիչքաձև մուտքային ազդանշանի դեպքում ելքի ազդանշանը անվերջություն է /նկ.42/: Սակայն մուտքային ազդանշանի սահմանափակ արագությամբ փոփոխման դեպքում այսպիսի օղակներ գոյություն ունեն: Օրինակ՝ նույն լիսեռը /նկ.12/, երբ $x_1 = \theta$ շեղումը ընդունենք որպես մուտքային ազդանշան և կստացվի $x_2 = \omega = s\theta$: Ակնհայտ է, որ անկյունը թռիչքաձև փոփոխել անհնար է

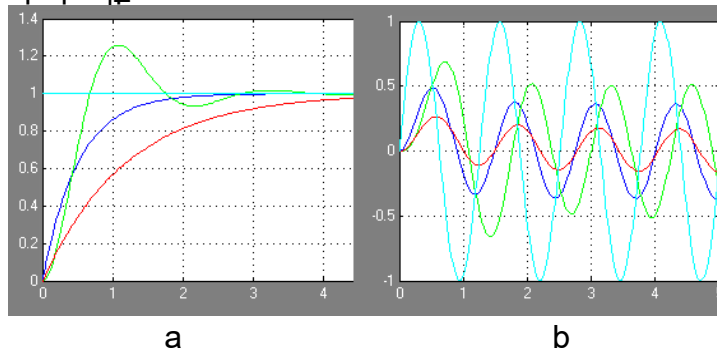
Տարրական օղակների ստատիկ և դինամիկ հատկությունները որոշելու համար օղակի մուտքին տրվում է տիպային ազդանշան / թռիչքաձև, սինուսիդալ / և ստացված անցումային պրոցեսի կորը ուսումնասիրվում է: Կորերը ստանում են պրոցեսի քունփյուրերային մոդելավորմամբ, օգտվելով /Գ1/ ձեռնարկից:

Աշխատանք 1. Դիրքային օղակների ուսումնասիրում:

Դիրքային են այն օղակները, որոնց ելքային x_2 ազդանշանը $t \rightarrow \infty$ դեպքում ձգտում է հաստատված kx_1 արժեքին: Դրանք են ուժեղարարները, ապերիոդիկ և 2-րդ կարգի օղակները: Հաստատված ռեժիմում $t = \infty, x_2 = const$ և $d/dt = s = 0$: Հետևաբար՝ ՓՖ-ն ձգտում է փոխանցման /ՓԳ/ գործակցի՝

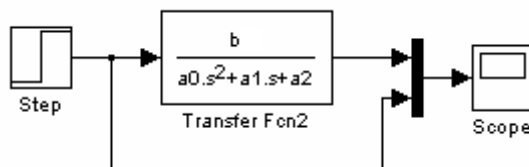
$$W(s=0) = k$$

$x_2(t)$ կորի տիպային գրաֆիկները բերված են նկ.43-ում՝ a - թռիչքաձև, b - սինուսիդալ մուտքային ազդանշանի դեպքում



Նկ.43

Փորձ 1. Հավաքել աշխատանքային մոդելը /նկ.44/



Նկ.44

Փորձ 2. Ուժեղարար: $a_0 = a_1 = 0$: Ստանալ հետևյալ անցումային պրոցեսները

ա. $x_1 = 1$ - թռիչքաձև, $b=0.5, a_2 = 1$
 $b=2, a_2 = 1$

բ. $x_1 = \sin \omega t$ $\omega = 10$ - սինուսիդալ, $b=0.5, a_2 = 1$
 $b=2, a_2 = 1$

Փորձ 3. Ապերիոդիկ օղակ՝ ընդունելով $a_2 = 1$ և $k = b$, ստանալ հետևյալ անցումային պրոցեսների

- ա. $x_1 = 1$ - թռիչքաձև, $b = 0.5, T = 0.1$
 $b = 2, T = 0.1$
 $b = 2, T = 0.5$
- բ. $x_1 = \sin \omega t$ - սինուսոիդալ $\omega = 10, b = 2, T = 0.5$
 $\omega = 10, b = 1, T = 0.5$
 $\omega = 10, b = 1, T = 0.1$
 $\omega = 50, b = 1, T = 0.1$

Փորձ 4. 2-րդ կարգի ապերիոդիկ օղակ: Ընդունելով $a_2 = 1$ և $k = b$, ստանալ հետևյալ անցումային պրոցեսները

- ա. $x_1 = 1$ - թռիչքաձև, $b = 1, a_0 = 1, a_1 = 2.5$
 $b = 1, a_0 = 1, a_1 = 5$
 $b = 1, a_0 = 0.5, a_1 = 5$
- բ. $x_1 = \sin \omega t$ - սինուսոիդալ,
 $\omega = 10, b = 1, a_0 = 1, a_1 = 2.5$
 $\omega = 50, b = 1, a_0 = 1, a_1 = 2.5$
 $\omega = 50, b = 1, a_0 = 1, a_1 = 5$

Փորձ 5. Տատանողական օղակ: Ընդունելով $b = 1, a_0 = 1, a_2 = 1$ և $k = b$, ստանալ հետևյալ անցումային պրոցեսները

- ա. $x_1 = 1$ - թռիչքաձև, $a_1 = 1; a_1 = 0.5$:

Որոշել ω_0 սեփական տատանումների հաճախականությունը և համեմատել մոդելավորման արդյունքի հետ:

- բ. $x_1 = \sin \Delta t$ - սինուսոիդալ, ընդունելով $a_1 = 1$, ստանալ հետևյալ անցումային պրոցեսները

$$\Delta = 0.5 \omega_0; \omega = \omega_0; \omega = 2\omega_0; \omega = 10\omega_0:$$

Աշխատանք 2. Աստատիկ և դիֆերենցող օղակների ուսումնասիրում

Աստատիկ օղակների ելքի ազդանշանը հաստատվում է միայն մուտքային ազդանշանի 0-ական արժեքի դեպքում: Երբ x_1 տարբերվում է 0-ից օղակի x_2 ելքի ազդանշանը կամ անընդհատ աճում է $|x_1| > 0$, կամ անընդհատ նվազում $|x_1| < 0$: Այդպիսին են բոլոր այն օղակները, որոնց ՓՖ-ն ընդգրկում է ինտեգրող արտադրիչը:

Փորձ 1. Ինտեգրող օղակ՝ $a_0 = 0, a_2 = 0$: Աշխ.1-ի մոդելը ձևափոխել և ստանալ հետևյալ անցումային պրոցեսները;

- ա. $x_1 = 1$. թռիչքաձև, $b = 1, a_1 = 1$
 $b = 2, a_1 = 1$
 $b = 2, a_1 = 0.5$
- բ. $x_1 = 1$ - թռիչքաձև $b = 1, a_1 = 1$
 $b = -1, a_1 = 1$
- գ. $x_1 = \sin \omega t$ - սինուսոիդալ
 $b = 1, a_1 = 1, \omega = 1$
 $b = 1, a_1 = 1, \omega = 5$
 $b = 1, a_1 = 0.2, \omega = 5$

Փորձ 2. Դիֆերենցող օղակ: Փոխարինել մոդելում Transfer Fnc օղակը $k \cdot d/dt$ Derivative

→ Gain օղակով և ստանալ հետևյալ կորերը:

ա. $x_1 = 1$ - թռիչքածն, $k = 1$

բ. $x_1 = \sin \omega t$ - սինուսոիդալ $k = 1, \omega = 1$;

$k = 1, \omega = 2$;

$k = 2, \omega = 1$:

Փորձերի արդյունքները ուսումնասիրել և պատրաստել հաշվետվություն, որտեղ հավաքել բոլոր ստացված կորերը և տալ հետևյալ հարցերի պատասխանները:

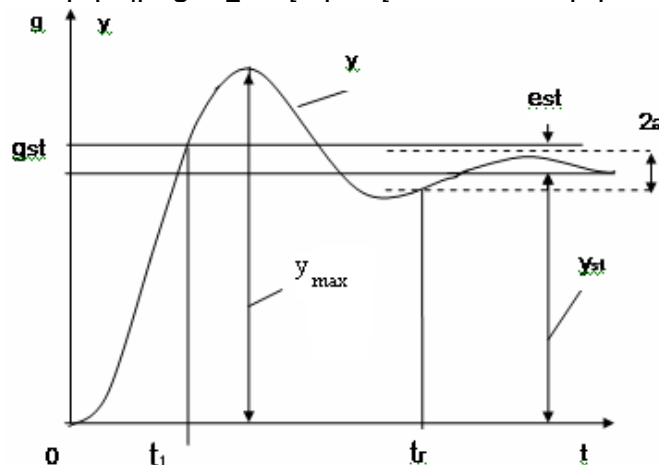
Հաշվետվության հարցերը

1. Ինչպես է արտահայտվում իներտությունը անցումային պրոցեսների կորերում:
2. Ինչպես է ազդում s օպերատորի առաջին աստիճանի a_1/a_2 գործակիցը անցումային պրոցեսի վրա թռիչքածն մուտքային ազդանշանի դեպքում:
3. Որ օղակներն են համարվում դիրքային և ինչու:
4. Ինչպես է արտահայտվում պրոցեսի «աստատիկությունը»:
5. Ինչով են տարբերվում ինտեգրող և դիֆերենցող օղակների ելքային ազդանշանները սինուսոիդալ մուտքային ազդանշանի դեպքում:
6. Ինչպես է ազդում k ՓԳ-ն անցումային պրոցեսի վրա:
7. Ինչպես է ազդում պրոցեսի ամպլիտուդի վրա սինուսոիդալ մուտքային ազդանշանի դեպքում.
ա/ a_1/a_2 գործակցի փոփոխումը;
բ/ ω մուտքային հաճախականության փոփոխման դեպքում:

4.1. Կայունությունը և կառավարման որակը ԱԿՀ-ում

Կառավարման էֆեկտիվությունը գնահատվում է կառավարման որակի ցուցանիշներով: Սակայն կառավարման որակի գնահատումը իմաստ ունի միայն սկզբունքորեն աշխատունակ համակարգերի համար: Այդպիսի համակարգերը անվանվում են կայուն ԱԿՀ:

Կայուն համակարգում վրդովմունքի կամ առաջադրանքի փոփոխությունից առաջացող անցումային պրոցեսները տեսականորեն $t = \infty$ պահին ընդունում են հաստատված արժեքներ: Այսինքն՝ դինամիկ պրոցեսը ավարտվում է ստատիկ ռեժիմով /Նկ.45/:



Նկ.45

Անկայուն համակարգում որևէ մուտքային ազդանշանի փոփոխությունից առաջացած անցումային պրոցեսները չեն ավարտվում ստատիկ ռեժիմով:

ԱԿՀ կայունությունը կախված է, բացե /հետադարձ կապը անջատած/ համակարգի $W(s)$ ՓՖ-ի գործակիցների հարաբե րակցությունից: Բաց համակարգի ՓՖ իրենից ներկայացնում է բոլոր հաջորդաբար միացված օղակների ՓՖ-րի արտադրյալը: Համա կարգի պարամետրերից միայն բաց համակարգի ընդհանուր փոխան ցման $k=W(0)$ գործակցի մասին կարելի է միանշանակ պնդել, որ նրա աժը նպաստում է անկայունությանը:

Գծային /կամ գծայնացված/ համակարգի համար կարելի է վերլուծական եղանակով ստանալ գործակցի առավելագույն թույլատրելի k_{max} արժեքը:

Օրինակ, համաձայն Նիքվիստի կայունության չափանիշի՝ կայուն փ ա կ համակարգում $W(j\omega)$ հաճախականային բնութագիծը, որը ստացվում է $W(s)$ ՓՖ-ում տեղադրելով $s=j\omega$, պետք է հատի իրական առանցքը կայունության սահման հանդիսացող $-1, j0$ կետից աջ: Կարելի է լուծել չափանիշը նկարագրող հավասարումները՝

$$\text{Im}(W(j\omega, k_{max})) = 0;$$

$$\text{Re}(W(j\omega, k_{max})) > -1;$$

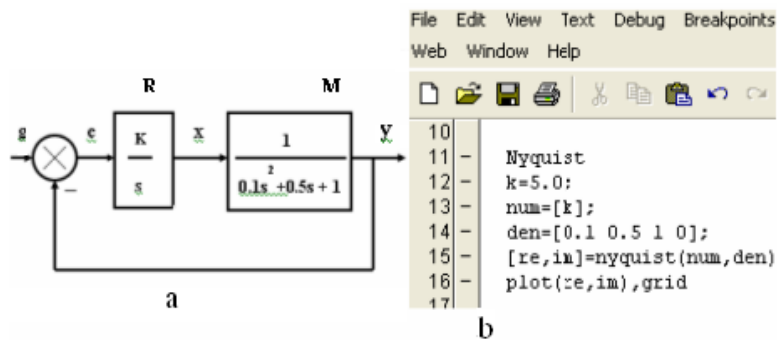
$$-\infty < \omega < \infty$$

և ստանալ k_{max} , բայց ավելի հեշտ է ստանալ այն, օգտագործելով MATLAB ծրագրի հատուկ մասը:

Օրինակ. Թող ԱԿՀ-ի ստրուկտուրային սխեման ընդգրկում է M շարժիչը և R կարգավորիչը /նկ.46,a/: Համաձայն բաց համակարգի ՓՖ-ի՝

$$W(j\omega) = \frac{k}{0.1s^3 + 0.5s^2 + s},$$

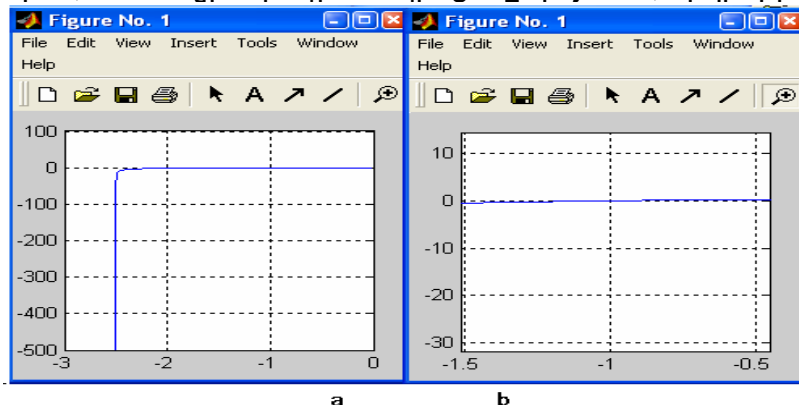
հավաքենք M -file պատուհանում Նիքվիստի կորի կառուցման ծրագիրը /նկ.46,b/:



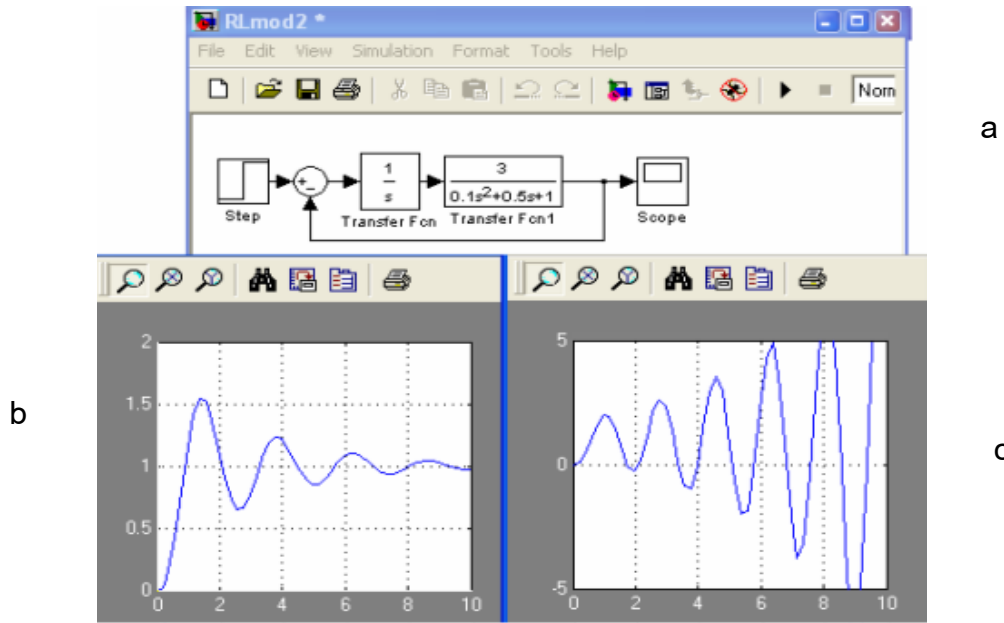
Նկ.46

Փոփոխելով k մեծությունը, ստանանք $W(j\omega, k)$ կորերը: Կ որը անցնում է կայունության սահմանով $k=5$ դեպքում /նկ.47,ա և նկ.47,բ՝ - խոշորացված մասշտաբ/:

Մոդելի օգնությամբ /նկ.48,a/ ստացված են $y(t)$ պրոցեսները $k=3$ և $k=7$ արժեքների համար /նկ.48,b և նկ.48,c/: Առաջին դեպքում պրոցեսը կայուն է, երկրորդում անկայուն:

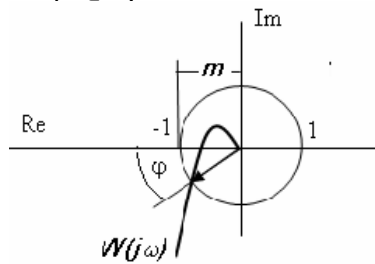


Նկ.47



Նկ.48

Իրական առանցքի կայունության $|-1, j0|$ սահմանից մինչև հատման կետը m հատվածը կոչվում է ըստ անալիտիկության կայունության պաշար /Նկ.49/, իսկ φ անկյունը, որը կազմվում է իրական կիսաառանցքով և այն $W(j\omega)$ վեկտորով, որի երկարությունը հավասար է 1, կոչվում է ըստ փուլի կայունության պաշար:



Նկ.49

Կառավարման որակը կայուն համակարգերում գնահատվում է կառավարվող $y(t)$ մեծության անցումային պրոցեսի տեսքով տիպային թռիչքաձև ազդեցության մատուցման դեպքում: Օիրնակ՝ $g(t) = g_{st} = const$ առաջադրանքի դեպքում ստացվում է Նկ.45-ում բերված պրոցեսը:

Այստեղ y_{st} և $e_{st} = g_{st} - y_{st}$ - կառավարվող մեծության և ըստ առաջադրանքի e_{st} սխալի հաստատված արժեքներն են, որոնք ստացվում են տեսականորեն $t = \infty$ պահին: e_{st} մեծությունը բնորոշում է կառավարման որակը ստատիկ ռեժիմում և կոչվում է ստատիկ սխալ:

Մյուս երկու ցուցանիշները բնորոշում են համակարգի դինամիկ ռեժիմը, այսինքն՝ հենց անցումային պրոցեսը:

Դրանք են.

$$\sigma = \left| \frac{y_{\max} - y_{st}}{y_{st}} \right| - \text{գերկարգավորումը՝ բնորոշում է կառավարվող մեծության մաքսիմալ}$$

շեղումը y_{st} հաստատված արժեքից;

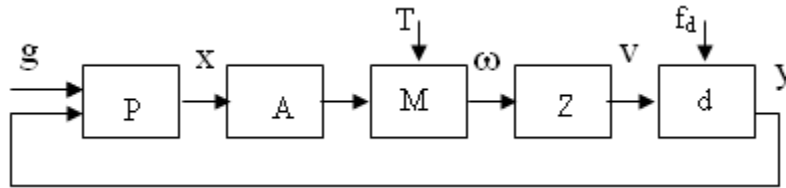
t_r - արագագործությունը - սա ժամանակն է, որի ընթացքում անցումային պրոցեսը մտնում է նախորդ սահմանված $2a$ գոտի: Երբեմն արագագործությունը գնահատվում է կառավարվող մեծության y_{st} արժեքին հասնելու t_1 առաջին պահով:

Ցանկացած ԱԿՀ-ի խնդիրն է e_{st} , σ և t_1 մեծությունների մինիմիզացումը:

Ինքնաստուգման հարցեր.

1. Ինչ են նշանա կ ում “ փակ և բաց” համակարգեր տերմինները:
2. Ինչպիսին է Նիքվիստի կայունության չափանիշի սահմանումը:
3. Որոնք են կառավարման որակի ցուցանիշները:

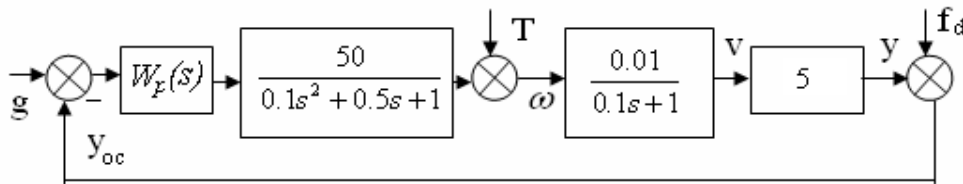
Ուսումնասիրենք նկ.50-ում բերված ԱԿՀ: P կարգավորիչով ձևավորված



Նկ.50

x ազդանշանը կառավարում է A-M-Z փոխակերպիչ-շարժիչ-մեխանիզմ օբյեկտը: Կառավարվող մեծություն է հանդիսանում մեխանիզմի բանող օրգանի v զծային արագությունը: Կարգավորիչի մուտքին տրվում է $g(t) - y_{oc}(t)$ տարբերությունը, որտեղ $g(t)$ - առաջադրանքն է, $y_{oc}(t)$ - հետադարձ կապի ազդանշանն է, որը հավասար է d հայտնիչի $y(t)$ ազդանշանին $f_d(t)$ հայտնիչի սխալանքի բացակայության դեպքում:

Կառավարման խնդիրն է որակի ցուցանիշների փոքրացումը g առաջադրանքի, T վրդովմունքի /օրինակ՝ բեռի/ և f_d սխալանքի փոփոխման դեպքում: Նկ.51-ում բերված է հաշվարկային ստրուկտուրային սխեման:



Նկ.51

Թող A-M բլոկի ՓՖ-ն է $\frac{50}{0.1s^2 + 0.5s + 1}$, մեխանիզմինը՝ $\frac{0.01}{0.1s + 1}$, հայտնիչի ՓԳ-ն է 5, իսկ

կարգավորիչի $W_p(s)$ ՓՖ-ն պետք է ընտրվի:

Եթե կարգավորիչը դիրքային օղակ է, կիրականացվի համեմատական կառավարման օրենքը, իսկ եթե կարգավորիչի ՓՖ-ում առկա է $1/s$ աստատիկ արտադրիչը՝ ինտեգրալային: Նշենք, որ ԱԿՀ-ի ռեժիմների ուսումնասիրումը հատկապես կարգավորիչի պարամետրերի տարբեր համաստեղությունների դեպքում բացատրվում է նրանով, որ դա տեխնիկապես ավելի հարմար է և հենց այդպես էլ իրականացվում է գործնականում:

Աշխատանք 3. Կայունության պայմանի ապահովում

Փորձ 1. Որոշել նկ.51 բաց համակարգի $W(s)$ ՓՖ-ն համեմատական /ոչ իներցիոն/ $W_p(0) = k_p$ կարգավորիչի կիրառման դեպքում: Կազմել $W(j\omega)$ հաճախականային բնութագծի կառուցման ծրագիրը և որոշել կարգավորիչի գործակիցի սահմանային k_{pmax} արժեքը:

Փորձ 2. Հավաքել համակարգի մոդելը ըստ նկ.51, նախատեսելով $y(t)$, $e(t)$ գրաֆիկների դիտարկման սարքավորումներ g , T , f_d ազդեցությունների մատուցման ժամանակ:

Փորձ 3. Ստանալ անցունային պրոցեսները

- a. $k_p > k_{pmax}$ համար;
- b. $k_p = k_{pm}$ համար, որտեղ k_{pm} գործակիցը ապահովում է $m=0.3$ ըստ ամպլիտուդայի կայունության պաշարը:

Հաշվետվության հարցերը

1. Ինչպես է արտահայտվում համակարգի անկայունությունը $k_p > k_{pmax}$ դեպքում:
2. Որքան են k_{pmax} գործակցի սահմանային և ըստ ամպլիտուդայի $m=0.3$ կայունության պաշար ապահովող k_{pm} գործակիցների արժեքները:
3. Որքան է ըստ փուլի φ կայունության պաշարը:

4.2. Ստատիկ ռեժիմի ուսումնասիրում

Ուսումնասիրենք համակարգի ստատիկան կառավարման տարբեր օրենքների կիրառման դեպքում: Համաձայն հաշվարկային ստրուկտուրային սխեմայի $e(t)$ սխալի ընդհանուր արտահայտությունն է

$$e(t) = e_g(t) + e_T(t) + e_d(t), \text{ որտեղ }`$$

$$e_g(t) = \frac{1}{1+W(s)} g(t) - \text{սխալը ըստ առաջադրանքի},$$

$$e_T(t) = \frac{0.1}{1+W(s)} T(t) - \text{սխալը ըստ բեռի},$$

$$e_d(t) = \frac{W(s)}{1+W(s)} f_d(t) - \text{սխալը ըստ հայտնիչի սխալանքի};$$

$$W(s) = \frac{kW_p(s)}{(0.1s^2 + 0.5s + 1)(0.1s + 1)} - \text{բաց համակարգի ՓՖ},$$

$k = 50 \cdot 0.01 \cdot 10 = 5$ -բաց համակարգի ՓԳ-ն առանց կարգավորիչի:

Ստատիկ ռեժիմի պայմանն է՝ $t \rightarrow \infty$, կամ $s \rightarrow 0$ և ստատիկ սխալի արժեքը ստացվում է, տեղադրելով $s=0$.

$$e_{gst} = \frac{1}{1+5W_p(0)} g_{st}, \quad e_{Tst} = \frac{0.1}{1+5W_p(0)} T, \quad e_{dst} = \frac{5W_p(0)}{1+5W_p(0)} f_d :$$

Դիրքային կառավարման ժամանակ կարգավորիչների ՓԳ՝ $W_p(0) = k_p$ և, համաձայն վերը բերված արտահայտությունների՝ ստատիկ սխալները k_p -ի մեծացումից պետք է նվազեն, բայց լրիվ վերացումը սկզբունքորեն անհնար է:

Ինտեգրալային կառավարման ժամանակ աստատիկ $1/s$ արտադրիչի արկայությունը բերում է նրան, որ սխալների բանաձևերի համարիչներում հայտնվում է s արտադրիչը, ինչը պայմանավորում է ստատիկ սխալների վերացումը, բացառությամբ e_{dst} -ի:

Նկ.52-ում ցուցադրված են պրոցեսները վրդովմունքների տարբեր պահերին մատուցման դեպքում:

Համապատասխան ստատիկ սխալներն են. a. Դիրքային կառավարում $e_{gst} = 0.4$; $e_{Tst}=0.1$; $e_{dst} = 0.05$, b. Ինտեգրալային կառավարում $e_{gst} = e_{Tst} = 0$; $e_{dst} = 0.1$:

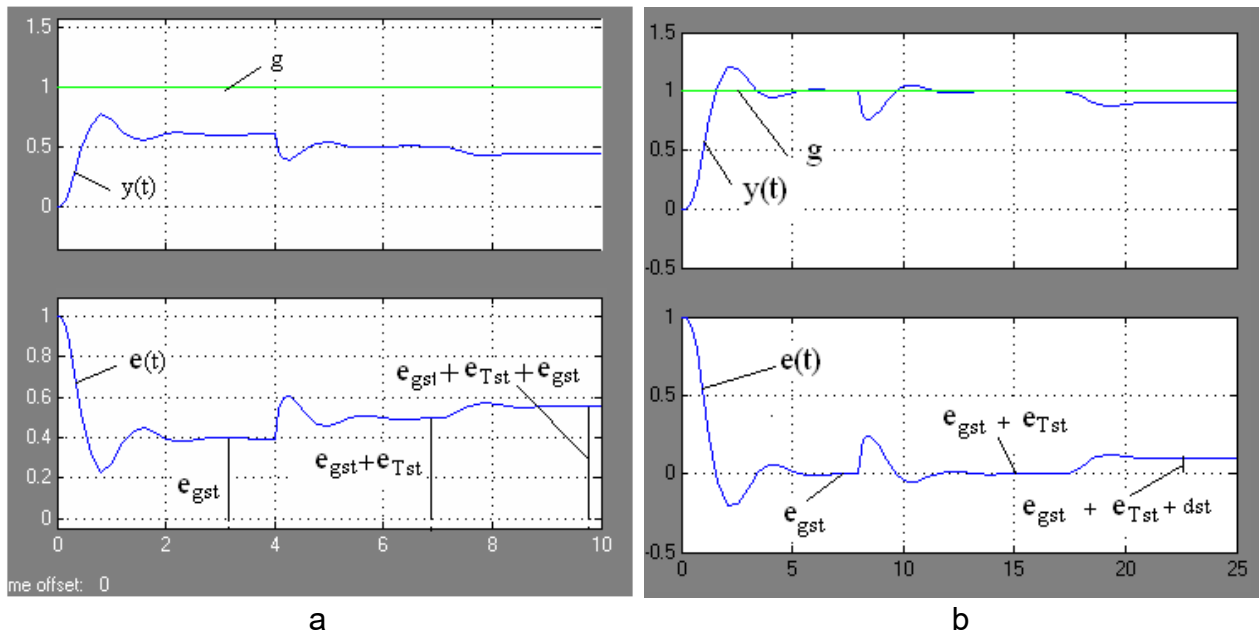
Ինչ վերաբերվում է դիֆերենցող /D-/ կարգավորիչի, ապա նրա ՓՖ ունի s արտադրիչ: Համաձայն սխալների արտահայտությունների D - կարգավորիչի օգտագործումը առանց P-կարգավորիչների անիմաստ է, որովհետև դա հավասարագոր է շղթայի կտրմանը ստատիկ ռեժիմում՝ $W(0) = 0$.

Ավհ ստատիկ ռեժիմների ուսումնասիրումը տարբեր տիպի կարգավորիչներ օգտագործելիս ցույց տվեց որ.

դիրքային կարգավորիչների կիրառման դեպքում բաց համակարգի ՓԳ-ի մեծացումով ստատիկ սխալը փոքրանում է;

ստատիկ սխալի լրիվ վերացման համար անհրաժեշտ է ինտեգրալային կառավարման օրենքի իրականացումը;

ոչ մի կառավարման օրենքի կիրառում չի կարող վերացնել հայտնիչի սխալանքից առաջացող ստատիկ սխալը:



Նկ.52

Ինքնաստուգման հարցեր

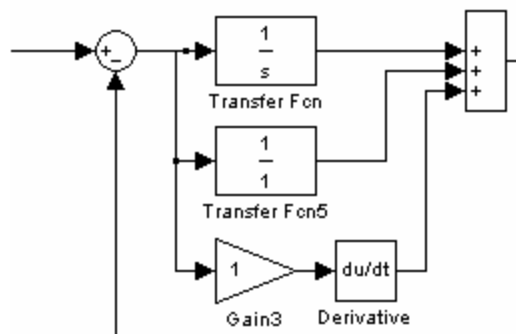
1. Ինչպես են իրականացվում համեմատական և ինտեգրալային կառավարման օրենքները
2. Որ բանաձևերով են հաշվարկվում ստատիկ սխալների առժեքները
3. Ինչպիսին է ստատիկ սխալը I-կառավարման դեպքում
4. Ինչու հնարավոր չէ վերացնել հայտնիչի սխալանքից առաջացող սխալը

4.3. Որակի դինամիկ ցուցանիշների լավացման միջոցները

Կիրառվող միջոցներից ամենահարմարն է PID-կարգավորումը, որի տակ հասկանում ենք P-, I- և D- կարգավորիչների պարամետրերի այնպիսի ընտրում, որը կապահովի կառավարման որակի ընդունելի ցուցանիշներ:

Տեսությունից հայտնի է, որ անցումային պրոցեսի տեսքը որոշվում է հիմնականում համակարգի բնութագրող $1 + W(s)$ հավասարումով, որը նույնն է ցանկացած արտաքին ազդեցության դեպքում: Այդ պատճառով դիտարկենք պրոցեսները օրինակ՝ g առաջադրանքի մատուցման դեպքում: Ուսումնասիրել բավական է $y(t)$ կորի դինամիկ տեղամասը:

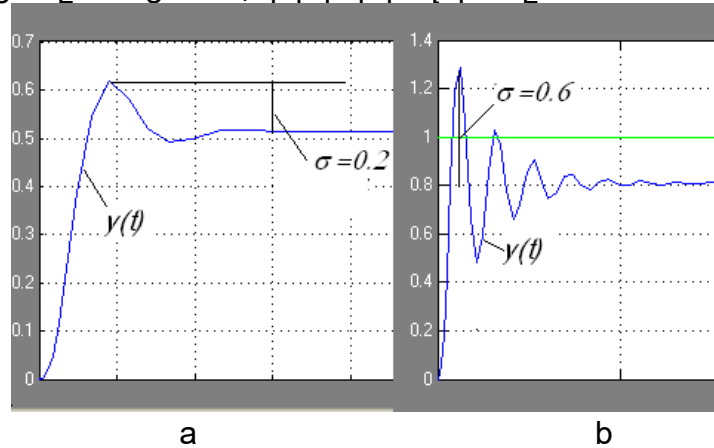
Ներկայացնենք կարգավորիչը որպես P-, I- և D- գուգահեռ միացված օղակներ, ինչը համապատասխանում է $k_p + k_i/s + k_D du/dt$ /նկ.53/:



Նկ.53

Դիտարկենք կարգավորիչների ազդեցությունը առանձին:

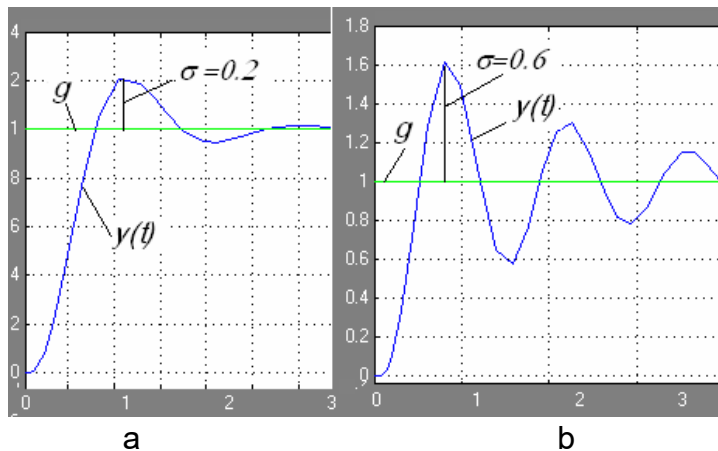
P – կարգավորման ազդեցությունը: P - կարգավորիչով համակարգում անցումային պրոցեսների համեմատումը k_{p1} /նկ.54,ա/ և $k_{p2} > k_{p1}$ /նկ.54,բ/ գործակիցների դեպքում ցույց է տալիս, որ k_p -ի մեծացումը աճեցնում է գերկարգավորումը և տատանողականությունը:



Նկ.54

Ստատիկ ռեժիմի ցուցանիշի լավացումը՝ /տես նկ.53/ այսպիսով տեղի է ունենում ի վնաս դինամիկ ցուցանիշի: Ինչ վերաբերվում է արագագործությանը, ապա անցումային պրոցեսների ընդհանուր ժամանակները մոտավորապես նույնն են, բայց ավելի մեծ k_p -ի դեպքում $y(t)$ կորը ավելի արագ է առաջին անգամ հասնում հաստատված արժեքին:

I-ի կարգավորման ազդեցությունը: Առանձնացնենք I - կարգավորիչը և համեմատենք պրոցեսները տարբեր k_i դեպքում /նկ.55/:

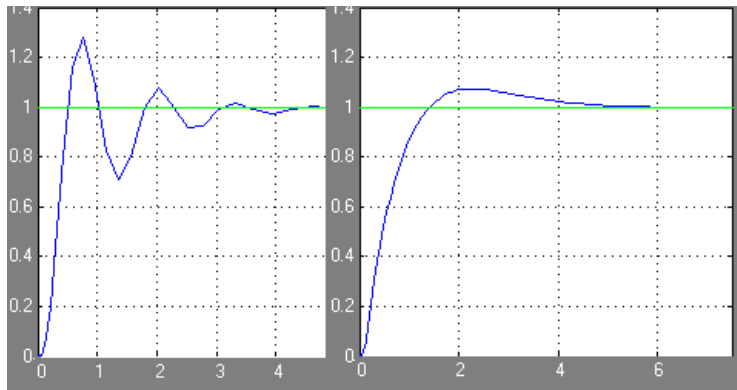


Նկ.55

Ինտեգրող հատկությունների ուժեղացումը բերում է, ինչպես և k_p -ի մեծացման դեպքում գերկարգավորման և տատանողականության աճին:

Եթե համեմատենք P-կարգավորիչով համակարգի հետ, ապա կնկատենք, որ նույն գերկարգավորման դեպքում վատացել է արագագործությունը:

PI-կարգավորման ազդեցությունը: PI-կարգավորիչների համատեղ աշխատանքի դեպքում ստացվում է առանձ ստատիկ սխալի կոր /նկ.56/ $\sigma=0.3$ գերկարգավորումով:



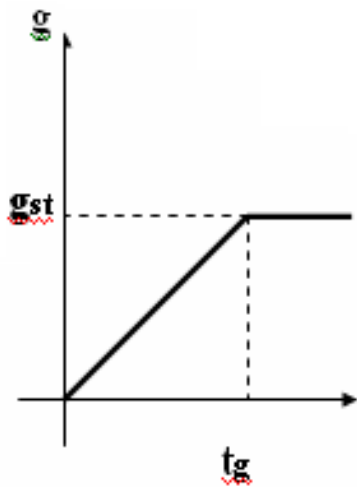
Նկ.56

Նկ.57

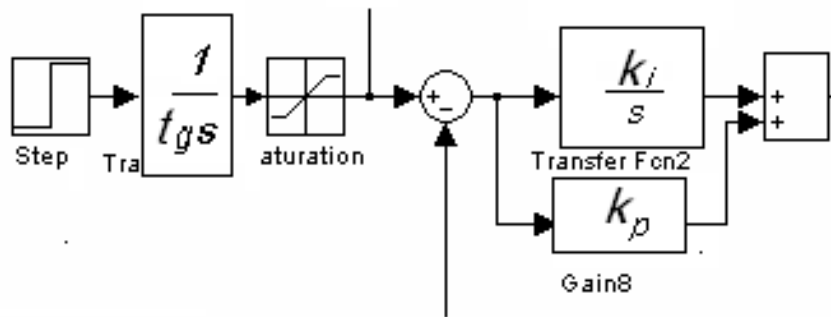
PID-կարգավորման ազդեցությունը: D - կարգավորիչի ավելացումից հետո ստանում ենք PID-կարգավորիչ: Նկատում ենք, որ k_D -ի մեծացումը բերում է տատանողականության հարթեցմանը և պրոցեսի դանդաղեցմանը, իսկ գերկարգավորման վրա ազդեցությունը միանշանակ չէ՝ պետք է ընտրել լավագույնը /նկ.57/:

Ստացված կորերի տեսքից երևում է, որ ԱԿՀ-ի համար ամենադժվարն է թողարկման պրոցեսը թռիչքածև առաջադրանք մատուցելիս: Հենց թողարկման ժամանակ տեղի են ունենում ամենամեծ արագացումները, ինչից ստացվում են ֆիզիկական տարբեր պարամետրերի՝ շարժիչի հոսանքի, մեխանիկական հանգույցներում ուժերի երբեմն անթույլատրելի արժեքներ:

Մատուցենք համակարգին առաջադրող ազդանշան t_g աճի տեմպով /նկ.58/, ինչը հեշտությամբ իրականացվում է որևէ էլեկտրոնային ձևավորիչով:



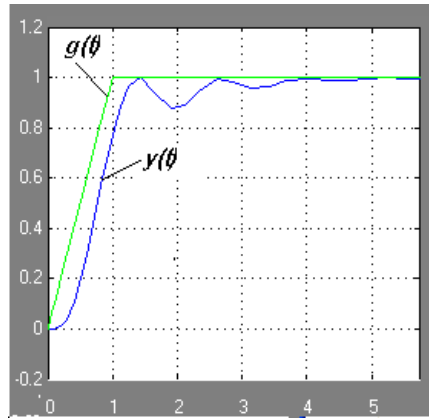
Նկ.58



Նկ.59

Մոդելում բավական է Step բլոկից հետո միացնել տեմպի առաջադրիչ, որը բաղկացած է ինտեգրատորից և սահմանա փակիչից: Մոդելի այդ մասը PI-կարգավորիչով բերված է նկ.59:

Ինչպես տեսնում ենք, գերկարգավորումը աննշան է, իսկ արագագործությունը փաստորեն առաջադրվում է t_g մեծությունով /նկ.60/:



Նկ.60

Ինքնաստուգման հարցեր

1. Ինչպես են ազդում P-, I- և D- կարգավորիչները որակի դինամիկ ցուցանիշների վրա:
2. Ինչպես է կարելի լավացնել դինամիկ ցուցանիշները թողարկման պրոցեսում:

Աշխատանք 4. Ստատիկ սխալի փոքրացման միջոցների ուսումնասիրում նկ.51-ի սխեմայի համար:

Փորձ 1. Հաշվարկել ստատիկ սխալները P- և I - կարգավորիչների կիրառման դեպքում:

Փորձ 2. Ստանալ պրոցեսները $k_p = k_{pm}$, $k_{pmax} > k_p > k_{pm}$ և որոշել ստատիկ սխալները P – կարգավորման դեպքում:

Փորձ 3. Ստանալ պրոցեսները և որոշել ստատիկ սխալները I-կարգավորման դեպքում որևէ k_I համար:

Աշխատանք 5. Որակի դինամիկ ցուցանիշների լավացման միջոցների ուսումնասիրում

Փորձ 1. Իրականացնել PI-կարգավորմամբ մոդելը և k_I -ի մեծացումով ու k_p -ի փոքրացումով աշխատել նվազեցնել գերկարգավորումը:

Փորձ 2. Ավելացնել D-կարգավորիչը և փոփոխելով k_D -ն, գնահատել նրա ազդեցությունը կորի վրա:

Փորձ 3. Ավելացնել մոդելում տեմպի առաջադրիչը և ստուգել $g(t)$ կորի տեսքը:

Փորձ 4. Ստանալ թողարկման պրոցեսի կորերը տարբեր t_g տեմպի համար:

Հաշվետվության հարցեր

1. Ինչպես է ազդում k_p գործակիցը որակի ցուցանիշների վրա:
2. Ինչ է տալիս I – կարգավորիչի ավելացումը ստատիկ և դինամիկ ռեժիմներում:
3. Ինչպես է ազդում k_D գործակիցը որակի ցուցանիշների վրա:
4. Ինչու՞մ է PID -կարգավորման հարմարավետությունը:
5. Որն է մոդելավորման դերը ԱԿՀ-րի ստեղծման գործնառնում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. MATLAB The language of Technical Computing Version 7.0.1 Release 12
2. Бесекерский В.А. Попов Е.П. Теория систем авто матического управления .М.1979
3. Лабораторные работы на ПК, Simulink-Signal Processing, С.Т. Герман-Галкин, 2007
4. Գ.Արեշյան Հ.Հովհաննիսյան: Ավտոմատ կառավարման տեսություն

