

Գ.Կ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ՈՉ ԳԾԱՅԻՆ ՀԵՏԵՎՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՎԱԾ
ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ ՄՇԱԿՈՒՄ

Մշակվել է ոչ գծային հետևող համակարգի ավտոմատացված պարամետրական սինթեզի եղանակ: Դիտարկվել է հաջորդական գրգռումով հաստատուն հոսանքի շարժիչի օգտագործման դեպքը: Կառուցվել է համակարգի Simulink մոդելը և մշակվել է լավարկման գործընթացի նախնական կետի ընտրության ալգորիթմ:

Առանցքային բառեր. հետևող համակարգ, մոդել, պարամետրական սինթեզ, լավարկում, տեղային նվազագույն:

Աշխատանքի նպատակը ոչ գծային հետևող համակարգի ավտոմատացված նախագծման եղանակի մշակումն է՝ Simulink 4 ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ: Դիտարկվում է ռելեական հետևող համակարգի պարամետրական սինթեզի խնդիրը, որում առկա են էական ոչ գծայնություններ, որոնց գծայնացումը կարող է սխալ արդյունքների հանգեցնել [1]: Այդ պատճառով կարևոր և արդիական խնդիր է այդպիսի համակարգերի նախագծման և ուսումնասիրության համար մշակել մեքենայական եղանակներ՝ թվային մեթոդների կիրառմամբ:

Դիտարկվող համակարգն անհրաժեշտ է մթնոլորտի գազային բաղադրիչների չափող սարքերը [2, 3] Արեգակին ավտոմատ ուղղելու համար: Հետևող համակարգը բաղկացած է հենահարթակից, դրա վրա ամրացված լուսաէլեկտրական տվիչից, նախնական ուժեղացուցիչից, կոմպարատորից և կատարողական մասից, որն իր հերթին բաղկացած է երկու շարժիչներից և երկու ռեդուկտորներից:

Լուսաէլեկտրական տվիչը ձևավորում է անհամաձայնության ազդանշանը, որն ուժեղացվում է նախնական ուժեղացուցչի միջոցով և տրվում կոմպարատորի մուտքին: Կոմպարատորն ունի անզգայնության գոտիով և հիստերեզիսով ռելեական բնութագիր և նախատեսված է շարժիչի էլեկտրասնուցումն ապահովելու համար: Շարժիչը ռեդուկտորի միջոցով պտույտ է հաղորդում հենահարթակին՝ համապատասխան առանցքի շուրջը և այդպիսով այն մշտապես ուղղված պահում դեպի Արեգակը:

Հետևող համակարգի մաթեմատիկական մոդելը բերված է (1)-ում: Հնդվածում դիտարկվում է հաջորդական գրգռումով հաստատուն հոսանքի շարժիչների կիրառման դեպքը, քանի որ ռելեական հետևող համակարգերում դրանց կիրառությունը դինամիկական հատկությունների և էներգետիկայի տեսակետից [1] առավելություններ ունի անկախ գրգռումով շարժիչների նկատմամբ:

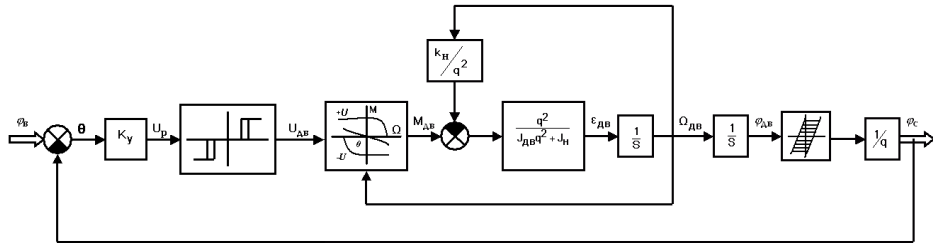
$$\left\{ \begin{array}{l} U_p = k_y \varphi, \\ U_{AB} = F_k(U_p), \\ U_{AB} = (R_a + R_c) i_{AB} + (L_a + L_c) \frac{di_{AB}}{dt} + K_c i_{AB} \varphi_{AB}, \\ M_{AB} = K_B i_{AB}^2, \\ M_{AB} = M_H + \frac{J_{AB} q^2 + J_H}{q^2} \frac{d\varphi_{AB}}{dt}, \\ M_H = \frac{k_H}{q^2} \varphi_{AB}, \\ \varphi_{AB} = \frac{d\varphi_{AB}}{dt}, \\ \varphi_c = F_p(\varphi_{AB}): \end{array} \right. \quad (1)$$

φ -ն անհամաձայնության անկյունն է, k_y -ն՝ գործակից, որը տվիչի փոխանցման գործակցի և նախնական ուժեղացուցչի ուժեղացման գործակցի արտադրյալն է, U_p -ը՝ նախնական ուժեղացուցչի ելքում ձևավորվող լարումը, U_{AB} -ը՝ կոմպարատորի ելքային լարումը, F_k -ն՝ կոմպարատորի ոչ գծային ֆունկցիան, R_a -ն, R_c -ն, L_a -ն, L_c -ն՝ համապատասխանաբար, շարժիչի խարսխի փաթույթի և հաջորդական փաթույթի ակտիվ դիմադրություններն ու ինդուկտիվությունները, i_{AB} -ը՝ շարժիչի հոսանքը, K_c -ը և K_B -ը՝ շարժիչի գործակիցները, φ_{AB} -ը՝ շարժիչի պտտման արագությունը, M_{AB} -ը՝ շարժիչի էլեկտրական մոմենտը, M_H -ը՝ բեռի մոմենտը շարժիչի լիսեռի վրա, J_{AB} -ը և J_H -ը՝ համապատասխանաբար, շարժիչի խարսխի և բեռնի իներցիայի մոմենտները, q -ն՝ ռեդուկտորի փոխանցման թիվը, k_H -ը՝ համեմատականության գործակից, φ_{AB} -ը՝ շարժիչի լիսեռի պտույտի անկյունը, F_p -ը՝ ռեդուկտորի ֆունկցիան, որը ոչ գծային է խաղացքի առկայության պատճառով, φ_c -ը՝ ելքային լիսեռի պտույտի անկյունը:

Նկ. 1-ում ցույց է տրված համակարգի կառուցվածքային սխեման. շարժիչն այստեղ պայմանականորեն ներկայացված է իր մեխանիկական բնութագրի միջոցով:

Պարամետրական սինթեզի եղանակի մշակումն իրականացվել է Simulink 4 ծրագրային փաթեթի կիրառմամբ, որը, որպես ընդլայնման փաթեթ, մտնում է Matlab 6 համակարգի կազմի մեջ [4, 5]: Ըստ նկ. 1-ում բերված կառուցվածքային սխեմայի՝ մշակվել է հետևող համակարգի մեկ կապուղու Simulink մոդելը: Մինթեզի խնդիրը հետևյալն է. գտնել նախնական ուժեղացուցչի ուժեղացման գործակցի, ռելեական օղակի անգգայունության տիրույթի լայնության, բեռի մոմենտի և ռեդուկտորի փոխանցման թվի այնպիսի արժեքներ, որոնց դեպքում կրավարարվեն կայունության և առաջադրված ճշտության ու արագագործության պայմանները (բեռի մոմենտը

կարելի է արհեստականորեն մեծացնել արգելակային սարքերի միջոցով): Ընդ որում, ռելեական հետևող համակարգերում առաջնահերթ խնդիր է ինքնատատանումների հայտնաբերումը:



Նկ. 1. Ռելեական հետևող համակարգի կառուցվածքային սխեման

Նախագծման համար օգտագործվել է NCD Outport կոչվող բլոկը, որը մտնում է Simulink փաթեթի Nonlinear Control Design բլոկների գրադարանի մեջ [5]: NCD Outport բլոկը թույլ է տալիս գտնել համակարգի պարամետրերի այնպիսի արժեքներ, որոնց դեպքում անցողիկ գործընթացի կորն ունի նախագծողի կողմից տրված ցանկալի տեսքը: Ցանկալի անցողիկ գործընթացը տրվում է սահմանային զծերի (միջանցքի) միջոցով, որոնցից չպետք է դուրս գա անցողիկ գործընթացի կորը: Փնտրվող պարամետրերի լավագույն արժեքների որոնումը բերված է լավարկման խնդրի [6], որն ունի հետևյալ տեսքը.

$$\min_{\bar{x}, \gamma} \mathcal{Y}, \quad (2)$$

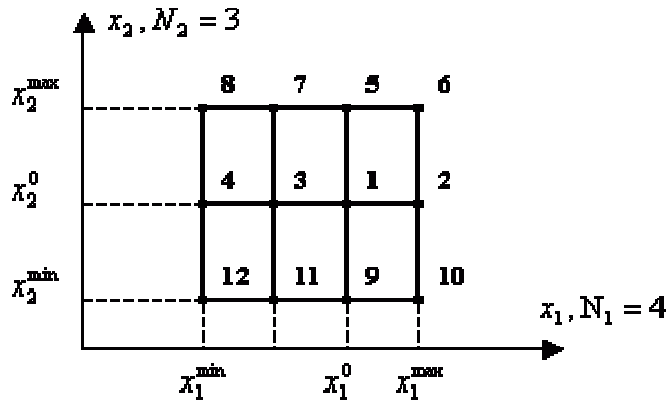
$$\begin{cases} \bar{g}(\bar{x}) - \bar{w} \gamma \leq 0, \\ \bar{x}^{\min} \leq \bar{x} \leq \bar{x}^{\max}, \end{cases} \quad (3)$$

որտեղ \mathcal{Y} -ն սկալյար մեծություն է, որը բնորոշում է ցանկալի բազմությունից համակարգի շարժման շեղման չափը, \bar{x} -ը՝ փնտրվող պարամետրերի վեկտորը, \bar{x}^{\min} -ը և \bar{x}^{\max} -ը, համապատասխանաբար, դրանց նվազագույն և առավելագույն արժեքների վեկտորները, $\bar{g}(\bar{x})$ -ը՝ վեկտոր, որը ձևավորվում է այնպիսի մեծություններից, որոնք բնութագրում են մասնակի սահմանափակումների խախտման չափերը, \bar{w} -ը՝ նշված մեծությունների կշիռների վեկտորը:

Սակայն NCD Outport բլոկը թույլ է տալիս գտնել միայն տեղային նվազագույնը [7], ինչը լուրջ խոչընդոտ է նախագծման համար: Լավարկման գործընթացը կարող է ավարտվել՝ նախքան լավագույն արժեքները գտնելը, և գործողության վերջում անցողիկ գործընթացի կորը մասամբ կամ ամբողջությամբ կարող է դուրս ընկած լինել տրված սահմաններից կամ ունենալ ինքնատատանումներ: Այդ դեպքում անհրաժեշտ է կրկնել գործողությունը՝ փնտրվող պարամետրերի համար ընտրելով այլ նախնական արժեքներ:

Մշակվել է նախնական արժեքների ընտրության ավտոմատացման հետևյալ եղանակը. փնտրվող պարամետրերի տարածության մեջ կառուցվում է ցանց, որի սահմանները կազմում են այդ պարամետրերի թույլատրելի արժեքների տիրույթը: Ցանցի հանգույցներից յուրաքանչյուրին համապատասխանության մեջ է դրվում

լավարկման մեկ գործողություն: Նկ. 2-ում ցույց է տրված այդպիսի ցանցի օրինակ. դիտարկված է երկու պարամետրերի դեպքը, որպեսզի հնարավոր լինի ցանցը պատկերել հարթության վրա: Ցանցի հանգույցներն ինդեքսավորվում են ըստ փորձերի կատարման հաջորդականության:



Նկ. 2. Թույլատրելի տիրույթում ցանցի կառուցման օրինակ

n -չափանի տարածության մեջ (փնտրվող պարամետրերի թիվը հավասար է n -ի) ցանցի կառուցումը և հանգույցների ինդեքսավորումը կատարվում է հետևյալ կերպ:

1. Նախագծողի կողմից փնտրվող պարամետրերից յուրաքանչյուրի համար տրվում են նրա x_i^{\min} նվազագույն և x_i^{\max} առավելագույն արժեքները, x_i^* նախնական գնահատականը և N_i փորձարկվող արժեքների քանակը: Պարամետրերը պետք է դասավորված լինեն ըստ համակարգի վարքի վրա դրանց ունեցած ազդեցության չափի նվազման:

2. Պարամետրերից յուրաքանչյուրի համար հաշվվում է h_i քայլի մեծությունը.

$$h_i = \frac{x_i^{\max} - x_i^{\min}}{N_i - 1}, \quad (4)$$

որից հետո կրկին ճշտվում է նախնական գնահատականը, որը պետք է համընկնի հանգուցային կետերից մեկի համապատասխան կոորդինատի հետ: Վերցվում է ամենամոտ կետը, այսինքն՝

$$x_i^0 = x_i^{\min} + l \cdot h_i, \quad l = 0, 1, 2, \dots, N_i - 1, \quad (5)$$

որտեղ l -ը բավարարում է հետևյալ պայմանը.

$$\min_l \left\{ \left| x_i^* - (x_i^{\min} + l \cdot h_i) \right| \right\}: \quad (6)$$

3. Պարամետրերից յուրաքանչյուրի համար կառուցվում է նրա հանգուցային արժեքների վեկտորը՝

$$\bar{x}_i = [x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{N_i}]: \quad (7)$$

Հանգուցային արժեքների հաջորդականությունն ընտրվում է այնպես, որպեսզի աստիճանաբար հեռանանք նախնական արժեքից՝ տվյալ պարամետրին

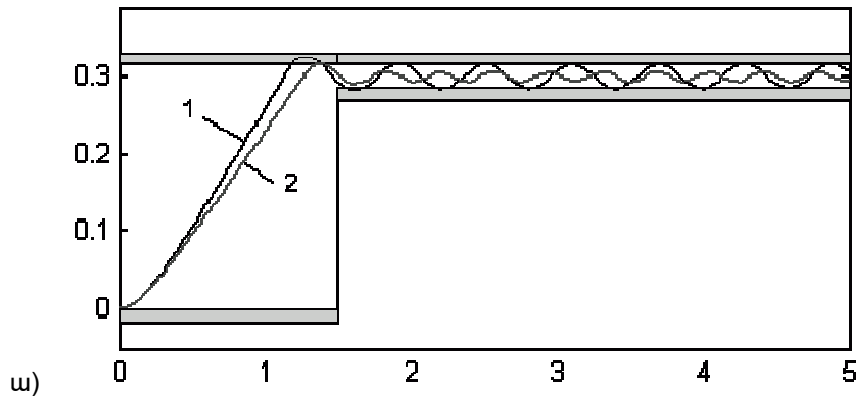
տալով մերթ դրական, մերթ բացասական աճեր՝ h_i քայլով: Եթե հերթական քայլից հետո հասնում ենք ստորին կամ վերին սահմանին, ապա այնուհետև աճերը տրվում են միայն մի ուղղությամբ՝ մինչև մյուս սահմանին հասնելը: Այսպես, նկ. 2-ում ներկայացված դեպքի համար հանգուցային արժեքների վեկտորները կունենան հետևյալ տեսքը.

$$\bar{x}_1^T = \begin{bmatrix} x_1^0 \\ x_1^0 + h_1 \\ x_1^0 - h_1 \\ x_1^0 - 2h_1 \end{bmatrix}, \quad \bar{x}_2^T = \begin{bmatrix} x_2^0 \\ x_2^0 + h_2 \\ x_2^0 - h_2 \end{bmatrix} : \quad (8)$$

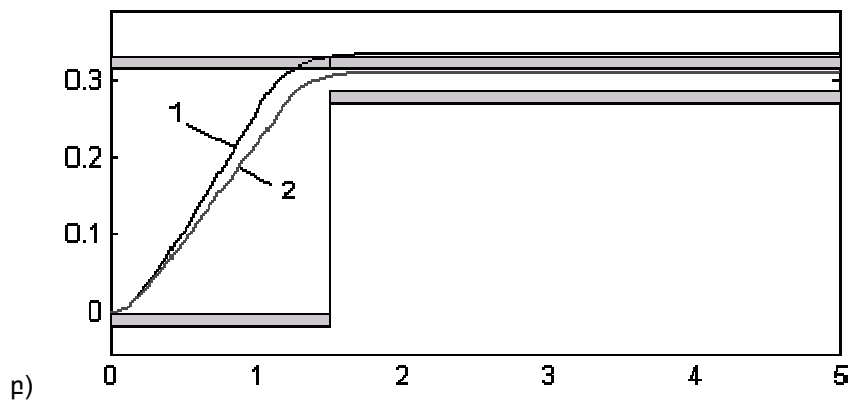
4. Փնտրվող պարամետրերի հանգուցային արժեքները հաշվելուց հետո կառուցվում է աղյուսակ, որի ամեն մի տողում ներկայացվում են ցանցի հերթական ինդեքսն ունեցող հանգույցի կոորդինատները (աղ.):

<i>Աղյուսակ</i>			
Փորձի համարը	\mathbf{X}_1	\mathbf{X}_2	$\cdots \mathbf{X}_n$
1	x_1^1	x_2^1	$\cdots x_n^1$
2	x_1^2	x_2^1	$\cdots x_n^1$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
N_1	$x_1^{N_1}$	x_2^1	$\cdots x_n^1$
$N_1 + 1$	x_1^1	x_2^2	$\cdots x_n^1$
$N_1 + 2$	x_1^2	x_2^2	$\cdots x_n^1$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	x_1^1	$x_2^{N_2}$	$\cdots x_n^{N_n}$
\vdots	x_1^2	$x_2^{N_2}$	$\cdots x_n^{N_n}$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$N_1 \cdot N_2 \cdots N_n$	$x_1^{N_1}$	$x_2^{N_2}$	$\cdots x_n^{N_n}$

Ըստ նկարագրված ալգորիթմի՝ Matlab 6 միջավայրի համար ծրագրավորման M-լեզվով մշակվել է ֆունկցիա, որը որպես արգումենտ ստանում է գործողության ինդեքսը և վերադարձնում ցանցի համապատասխան հանգուցային կետի կոորդինատները: Նախագծողն ինքն է որոշում, թե երբ դադարեցնի փորձարկումները՝ ելնելով անցողիկ գործընթացի կորի տեսքից, որը երևում է NCD Outport բլոկի պատուհանի վրա:



ա)



բ)

Նկ. 3. Անցողիկ գործընթացների կորերը գործողության սկզբում (1) և վերջում (2)՝ փնտրվող պարամետրերի տարբեր նախնական արժեքների համար

Նկ. 3-ում ցույց են տրված երկու այդպիսի գործողությունների արդյունքները: Բերված օրինակում մոդելի մեջ օգտագործվել են *СЛ-523* տիպի շարժիչի տվյալները: Պահանջում ենք, որպեսզի համակարգի անցողիկ գործընթացը լինի միալար, առանց գերկարգավորումի. ընդ որում, կառավարման ժամանակը պետք է լինի 1,5 *վ*-ից ոչ ավելի, իսկ ստատիկ սխալը չպետք է գերազանցի հաստատված արժեքի 5%-ը: Պահանջվող արդյունքները ստացվել են չորս հանգուցային կետեր փորձելուց հետո: Նկ. 3-ում ներկայացված է առաջին հանգուցային կետում կատարված լավարկման գործընթացը, որի արդյունքում ստացված կորը թեպետ ընկած է միջանցքի ներսում, սակայն առկա են ինքնաստատանումներ: Նկ. 3 բ-ում ներկայացված է վերջնական, չորրորդ գործողությունը, որը հաջող է ավարտվել: Փնտրվող պարամետրերի համար ստացվել են հետևյալ արժեքները. նախնական ուժեղացուցչի ուժեղացման գործակիցը՝ 5, ռելեական օղակի անգգայնության տիրույթի լայնությունը՝ 1,6 *Վ*, բեռի մոմենտը շարժիչի լիսեռի վրա՝ 0,032 *կգս*, ռեդուկտորի փոխանցման թիվը՝ 1000:

ՉԴՄԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Рабинович Л. В., Петров Б. И. и др.** Проектирование следящих систем.– М.: Машиностроение, 1969. — 499 с.
2. **Кароль И. Л., Розанов В. В., Тимофеев Ю. М.** Газовые примеси в атмосфере. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 192 с.
3. **Вечкасов И. А., Кручинин Н. А., Поляков А. И., Резинкин В. Ф.** Приборы и методы анализа в ближней инфракрасной области. – М.: Химия, 1977.– 280 с.
4. **Мартынов Н. Н.** Введение в Matlab 6. – М.: Кудиц-образ, 2002. – 348 с.
5. **Дьяконов В. П.** Simulink 4. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 518 с.
6. **Веремей Е. И., Погожев С. В.** Пособие "Nonlinear Control Design Blockset". <http://www.matlab.ru/nonlinecondes/book1/preface.asp>
7. Documentation on Nonlinear Control Design Blockset, Optimization. <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/ncd/trouble3.shtml>

ՀՊՃՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 15.10.2003:

Г. К. САРКИСЯН

РАЗРАБОТКА МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ

Разработан метод автоматизированного параметрического синтеза нелинейной следящей системы. Рассмотрен случай использования двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением. Создана модель Simulink и разработан алгоритм выбора начальной точки оптимизационного процесса.

G. K. SARGSYAN

DEVELOPMENT OF COMPUTER-AIDED DESIGN METHOD IN NONLINEAR SERVOMECHANISM

The method of computer-aided parametric synthesis of the nonlinear servomechanism is developed. The case of using series excitation dc motor is considered. The Simulink model of the system is worked out and an algorithm for choosing the initial point of the optimization is developed.