

ՀՏԴ 621.865

ԱՎՏՈՄԱՏԱՑՈՒՄ ԵՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Օ.Ն. ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ, Ս.Ա. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ՀԵՏԱԴԱՐՁ ԿԱՊԻ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆԸ ԲԱԶՄԱԶԱՓ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ

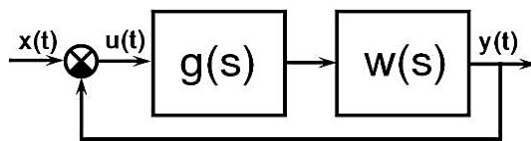
Բնութագրիչ փոխանցման ֆունկցիաների մեթոդով ներկայացվել է քանակական հետադարձ կապի տեսության կիրառումը բազմաչափ կառավարման համակարգերում: Կատարվել է համակարգի որակի վերլուծություն՝ ըստ Նիքոլսի դիագրամի:

Առանցքային բառեր. քանակական հետադարձ կապի տեսություն, բազմաչափ կառավարման համակարգ, բնութագրիչ փոխանցման ֆունկցիաների մեթոդ, Նիքոլսի դիագրամ:

Քանակական հետադարձ կապի (ՔՀԿ) տեսությունը [1, 2] ստեղծվել է Ի. Հորովիցի կողմից և ներկայացնում է հաճախականային մեթոդ, որը հնարավորություն է տալիս ավտոմատ կառավարման համակարգերում (ԱԿՀ) ապահովել ցանկալի որակական պահանջները համակարգում պարամետրիկ անորոշությունների առկայության դեպքում: Այն լայն ճանաչում ու կիրառություն ունի մեկ մուտք և մեկ ելք ունեցող (միաչափ) ԱԿՀ-երում, սակայն բազմաչափ կառավարման համակարգերում տեսության կիրառությունը սահմանափակ է, իսկ գրականության մեջ նկարագրված մեթոդները բարդ են ու աշխատատար [3-5]:

Աշխատանքում առաջարկվում է նոր մոտեցում. ՔՀԿ տեսությունը կիրառել բազմաչափ ԱԿՀ-երում՝ օգտագործելով բնութագրիչ փոխանցման ֆունկցիաների (ԲՓՖ) մեթոդը [6]:

Դասական ՔՀԿ տեսության էությունը հետևյալն է: Դիտարկենք միաչափ ԱԿՀ, որի կառուցվածքային սխեման պատկերված է նկ. 1-ում:



Նկ. 1. Միաչափ համակարգի կառուցվածքային սխեման

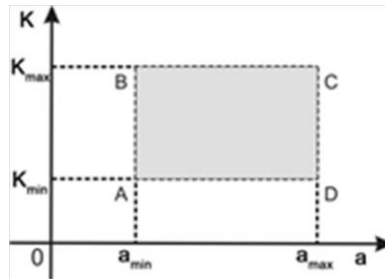
Նկ. 1-ում $x(t)$, $u(t)$ և $y(t)$ -ն համապատասխանաբար մուտքի, սխալի ու ելքի ազդանշաններն են, $g(s)$ -ը՝ կարգավորիչի փոխանցման ֆունկցիան, իսկ $w(s)$ -ը՝ օբյեկտի փոխանցման ֆունկցիան, որն ունի k և a անորոշ պարամետրեր, այսինքն՝

$$w(s) = f(s, k, a), \quad (1)$$

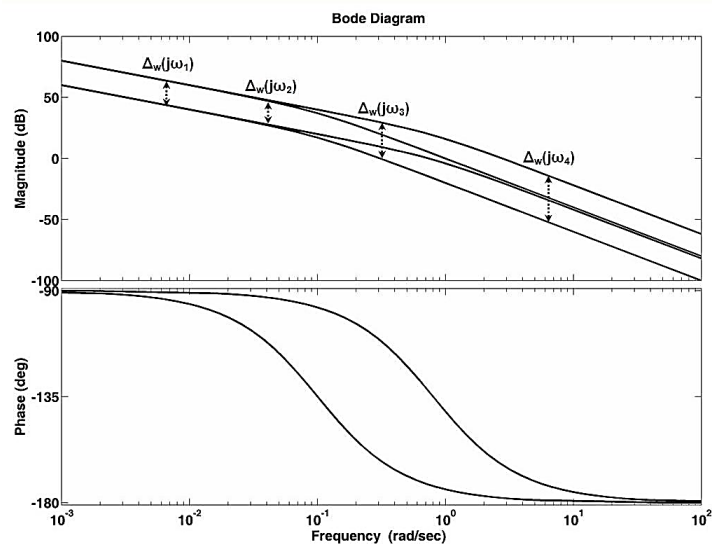
որտեղ k և a պարամետրերն ընկած են տրված որոշակի միջակայքում՝

$$k \in [k_{\min}; k_{\max}], a \in [a_{\min}; a_{\max}]: \quad (2)$$

Համակարգի անորոշությունների տիրույթը պատկերված է նկ. 2-ում, իսկ անորոշությունների տիրույթի ծայրակետերի արժեքների համար համակարգի Բոդեի բնութագրերը՝ նկ. 3-ում:



Նկ. 2. Անորոշությունների տիրույթը



Նկ. 3. Համակարգի Բոդեի բնութագրերն անորոշությունների տիրույթի համար

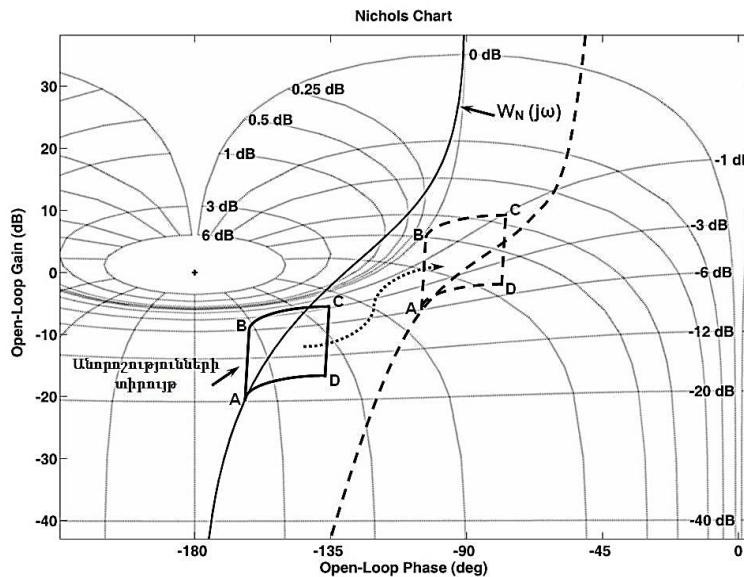
Խնդիրը հետևյալն է. նախագծել նկ. 1-ում պատկերված անորոշ պարամետրերով համակարգը և ընտրել $g(s)$ կարգավորիչն այնպես, որ.

- ապահովվի համակարգի կայունությունը,
- անորոշությունների առկայության դեպքում կարգավորված փակ համակարգի ելքային ազդանշանի ամպլիտուդա-հաճախականային բնութագրի փոփոխությունը ընտրված հաճախությունների դեպքում չգերազանցի որոշակի արժեքը (սովորաբար 6 դեցիբելը), այսինքն՝

$$\Delta_w(j\omega_i) < 6, i=1,2,...,n: \quad (3)$$

Խնդիրը լուծելու համար ընտրվում է նույնիսկ համակարգը, այնուհետև Նիքոլսի դիագրամի վրա կառուցվում են նույնիսկ համակարգի բնութագրերը, ընտրված որոշակի հաճախությունների համար անորոշության տիրույթները, և նախագծվում է կարգավորիչն այնպես, որ ապահովվեն համակարգի կայունությունը և որակական պահանջները:

Նկ. 4-ում պատկերված են $W_N(j\omega)$ նույնիսկ համակարգի հոդոգրաֆը և որոշակի հաճախության դեպքում անորոշությունների տիրույթը:



Նկ. 4. Նիքոլսի դիագրամը

Որպեսզի համակարգը լինի կայուն, պետք է, որ հոդոգրաֆը անորոշության տիրույթի հետ միասին չընդգրկի $(-180, 0)$ կետը: Բնչպես երևում է նկարից, A կետը հանդիսանում է անորոշության տիրույթի նվազագույն, իսկ C-ն՝ առավելագույն կետը, և նրանց տարբերությունը կազմում է՝

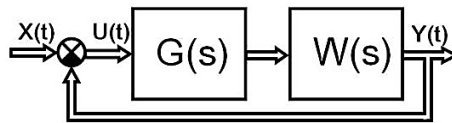
$$\Delta_w(j\omega) = L_C - L_A = -3 - (-20) = 17 \text{ dB} , \quad (4)$$

որտեղ L_C -ն և L_A -ն փակ համակարգի ամպլիտուդա-հաճախականային բնութագրի ամպլիտուդներն են անորոշությունների տիրույթի համապատասխանաբար C և A կետերի համար կամայական հաճախության դեպքում:

Որպեսզի ապահովվի նախընտրելի արժեքը, ընտրվում է կարգավորիչն այնպես, որ նույնիսկ համակարգն ու անորոշությունների տիրույթը տեղափոխվեն

դեպի վերն ու աջ, և ապահովվի $\Delta_w(j\omega)$ -ի ցանկալի արժեքը: Նկարից երևում է, որ կորեկտված համակարգի դեպքում այն կազմում է 5db: Ներմուծելով համակարգում համապատասխան կարգավորիչ՝ ապահովվում են համակարգի և՛ կայունությունը, և՛ որակական պահանջները:

Վերոնշյալ մեթոդն ընդհանուր տեսքի բազմաչափ ԱԿՀ-երում կիրառելու համար օգտագործենք ԲՓՖ մեթոդը: Դիտարկենք N - չափանի բազմաչափ ԱԿՀ, որի կառուցվածքային սխեման պատկերված է նկ. 5-ում:



Նկ. 5. Բազմաչափ ԱԿՀ-ի կառուցվածքային սխեման

Նկ. 5-ում $X(t)$ -ն, $U(t)$ -ն և $Y(t)$ -ն համապատասխանաբար համակարգի մուտքի, սխալի և ելքի N - չափանի վեկտորներ են, $G(s)$ -ը՝ համակարգի կարգավորիչի $N \times N$ - չափանի մատրիցը, իսկ $W(s)$ -ը՝ բաց համակարգի $N \times N$ - չափանի փոխանցման մատրիցը: Ճշգրտված բաց և փակ համակարգերի հավասարումները հետևյալն են՝

$$P(s) = W(s)G(s), \quad (5)$$

$$\Phi(s) = [I + P(s)]^{-1} P(s) = [I + W(s)G(s)]^{-1} W(s)G(s), \quad (6)$$

որտեղ $P(s)$ -ը և $\Phi(s)$ -ը համապատասխանաբար բաց ու փակ ճշգրտված համակարգերի փոխանցման մատրիցներն են:

Ըստ ԲՓՖ մեթոդի՝ $P(s)$ և $\Phi(s)$ մատրիցները կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$P(s) = C(s) \text{diag}\{q_i(s)\} C^{-1}(s), \quad (7)$$

$$\Phi(s) = C(s) \text{diag}\left\{\frac{q_i(s)}{1 + q_i(s)}\right\} C^{-1}(s), \quad (8)$$

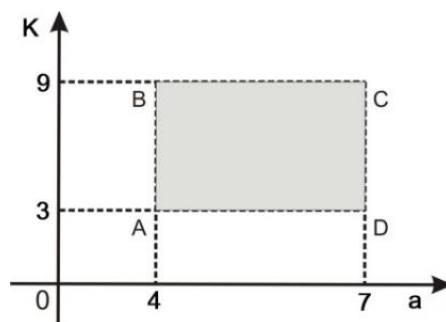
որտեղ $C(s)$ -ը $P(s)$ մատրիցի սեփական վեկտորներից կազմված մոդալ մատրիցն է, $C(s)^{-1}$ -ը՝ $C(s)$ -ի հակադարձը, իսկ $q_i(s)$ -ը՝ $P(s)$ մատրիցի միմյանցից տարբեր սեփական թվերը և կոչվում են բնութագրիչ փոխանցման ֆունկցիաներ: $q_i(s)$ սեփական թվերի սեփական վեկտորները գծորեն անկախ են և կազմում են բազիս:

(7) և (8)-ից հետևում է, որ ԲՓՖ մեթոդով հնարավոր է $N \times N$ - չափանի բազմաչափ համակարգը փոխարինել N հատ միաչափ անկախ համակարգերով, որոնցից յուրաքանչյուրի նկատմամբ կարելի է կիրառել վերոնշյալ ՔՀԿ տեսությունը: Առաջարկվող մեթոդի էությունը ներկայացնենք, ինչպես ընդունված է դասական ՔՀԿ տեսությունում, պարզ օրինակով:

Դիտարկենք երկչափ ԱԿՀ, որի ընդհանուր կառուցվածքային սխեման պատկերված է նկ. 5-ում, իսկ բաց համակարգի (կառավարվող օբյեկտի) փոխանցման մատրիցը հետևյալն է՝

$$W(s) = \begin{bmatrix} \frac{s+2}{s^2+as+9} & \frac{1}{6s+1} \\ \frac{s+0.825}{s^2+9.75s+100} & \frac{k}{2.1s+1} \end{bmatrix}, k \in [3; 9], a \in [4; 7], \quad (9)$$

որտեղ մատրիցի k և a պարամետրերն անորոշ են և ընկած են նշված միջակայքում: Անորոշությունների տիրույթը պատկերված է նկ. 6-ում:



Նկ. 6. Անորոշությունների տիրույթը

Պետք է նախագծել $G(s) = g(s)I$, այսպես կոչված, սկալյար կարգավորիչն [6] այնպես, որ՝

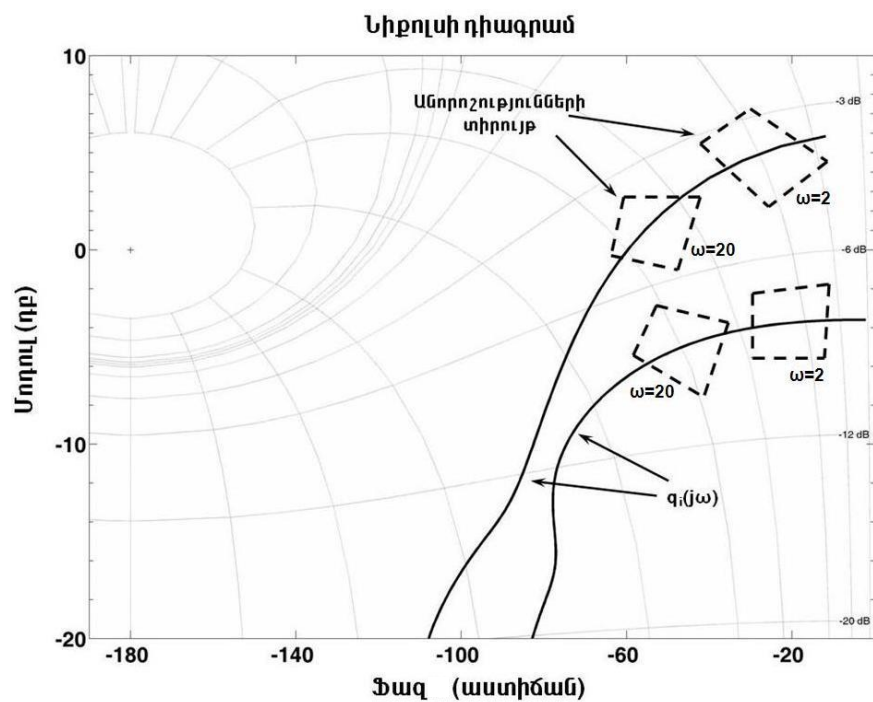
- ապահովվի համակարգի կայունությունը,
- անորոշությունների առկայության և $\omega_i = 2, 20$ արժեքների դեպքում փակ բազմաչափ համակարգի բնութագրիչ համակարգերի ելքերի ամպլիտուդա-հաճախականային բնութագրերի փոփոխությունը բավարարի $\Delta_w(j\omega_i) < 1,6$

պայմանը:

Որպես նոմինալ ընտրենք $k=6$ և $a=5$ արժեքները, այսինքն նոմինալ $W(s)$ -ը ունի հետևյալ տեսքը՝

$$W(s) = \begin{bmatrix} \frac{s+2}{s^2+5s+9} & \frac{1}{6s+1} \\ \frac{s+0.825}{s^2+9.75s+100} & \frac{6}{2.1s+1} \end{bmatrix} : \quad (10)$$

Նկ. 7-ում Նիքոլսի դիագրամի վրա պատկերված են նոմինալ համակարգի բնութագրիչ փոխանցման ֆունկցիաների հոդոգրաֆները և անորոշության տիրույթները յուրաքանչյուր հոդոգրաֆի համար $\omega_l=2,20$ հաճախությունների դեպքում:

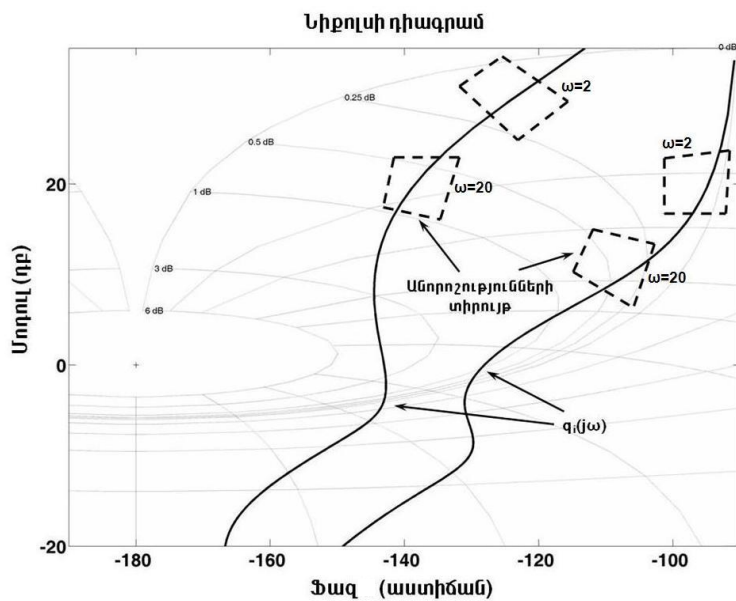


Նկ. 7. Առանց կարգավորիչի համակարգի բնութագրերն ըստ Նիքոլսի դիագրամի

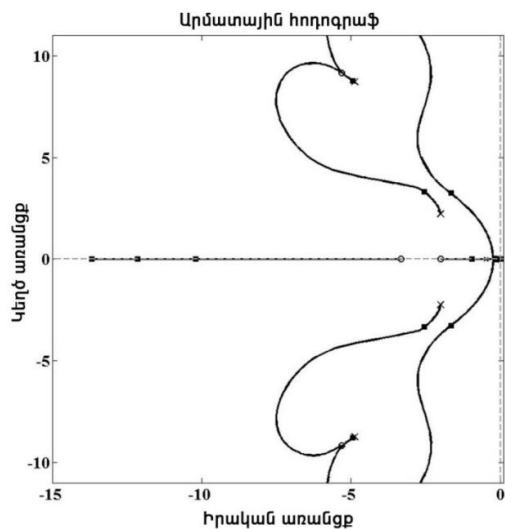
Նկարից հետևում է, որ համակարգը կայուն է, սակայն որակական պահանջները չեն բավարարվում: Նշված պահանջների ապահովման համար համակարգում ներմուծվել է կարգավորիչ, որի փոխանցման մատրիցը հետևյալն է՝

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{30(s+3.323)}{s(s+13.68)} & 0 \\ 0 & \frac{30(s+3.323)}{s(s+13.68)} \end{bmatrix} : \quad (11)$$

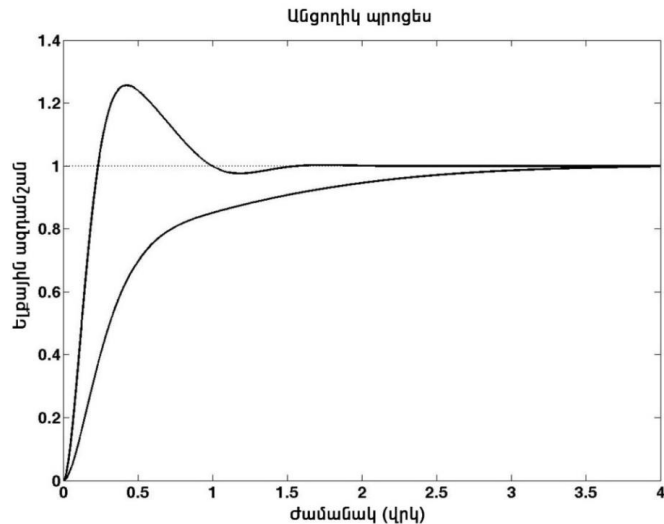
Նկ. 8-ում Նիքոլսի դիագրամի վրա պատկերված են ճշգրտված համակարգի բնութագրերը, որտեղից երևում է, որ համակարգը կայուն է, ու ապահովված են որակական պահանջները, իսկ նկ. 9-ում և 10-ում պատկերված են ճշգրտված նոմինալ համակարգի արմատային հոդոգրաֆն ու անցողիկ պրոցեսը: Այս մեթոդը կիրառելի է ցանկացած քառակուսային բազմաչափ համակարգերի համար:



Նկ. 8. Ճշգրտված համակարգի բնութագրերն ըստ Նիքոլսի դիագրամի



Նկ. 9. Ճշգրտված նոմինալ համակարգի արմատային հոդոգրաֆը



Նկ. 10. Ճշգրտված նուրբ համակարգի ելքային ազդանշանների անցողիկ պրոցեսները

Եզրակացություն. առաջարկված մոտեցումը թույլ է տալիս պարամետրիկ անորոշություններով բազմաչափ ԱԿՀ-ում նախագծել կարգավորիչ, որն ապահովում է համակարգի կայունությունն ու որակական չափանիշները տրված անորոշությունների դեպքում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Գասպարյան Օ.Ն., Հովհաննիսյան Ս.Ա.** Բազմաչափ միատիպ համակարգերի նախագծումը որակական հետադարձ կապի մեթոդով փոխադարձ կապերի անորոշության դեպքում // ՀՊՃՀ. Լրաբեր.- 2011. – Հատոր 3, №1. - էջ 258-262:
2. **Գասպարյան Օ.Ն., Հովհաննիսյան Ս.Ա.** Բազմաչափ միատիպ համակարգերի նախագծումը որակական հետադարձ կապի տեսությամբ փոխանցման ֆունկցիաների անորոշության դեպքում // Տեղեկատվական տեխնոլոգիաներ և կառավարում, ISSN 1829-071x.- 2011.- Հատոր 6. - էջ 223-230:
3. **Horowitz Isaac** Invited paper Survey of quantitative feedback theory (QFT) // INT.J. CONTROL.- 1991.-Vol. 53, No. 2.- P. 255-291.
4. **Horowitz Isaac M., Sidi Marcel** Synthesis of feedback systems with large plant ignorance for prescribed time-domain tolerances // INT. J. CONTROL.- 1972.- Vol. 16, No. 2.- P. 287-300.
5. **Houpis Constantine H., Rasmussen Steven J.** Quantitative feedback theory: fundamentals and applications.- Marcel Dekker, Inc., 1999.
6. **Гаспарян О.Н.** Теория многосвязных систем автоматического регулирования.- Ереван: Изд-во “Асогик”, Авторское издание, 2010.

ՀՊՃՀ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 21.02.2014:

О.Н. ГАСПАРЯН, С.А. ОГАНИСЯН

**ТЕОРИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В МНОГОМЕРНЫХ
СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

Дано применение теории количественной обратной связи в многомерных системах управления при помощи метода характеристических передаточных функций. Проведен анализ качества системы при помощи диаграммы Никольса.

Ключевые слова: теория количественной обратной связи, многомерная система управления, метод характеристических передаточных функций, диаграмма Никольса.

O.N. GASPARYAN, S.A. HOVHANNISYAN

**THE QUANTITATIVE FEEDBACK THEORY IN MULTIVARIABLE CONTROL
SYSTEMS**

The quantitative feedback theory is applied in multivariable control systems on the basis of the characteristic transfer functions method,. The system performance in the presence of uncertain parameters is analyzed on the Nichols` diagram.

Keywords: quantitative feedback theory, multivariable control systems, method of characteristic transfer functions, Nichols` diagram.