УДК 514.18

І.О.Малець, Є.В.Мартин, М.Ю.Лебедєв
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБЛАСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Стаття присвячена дослідженню засобів геометричного моделювання областей параметрів пожежнотехнічного устаткування, які забезпечують його штатне функціонування.

Ключові слова: *геометричне моделювання, фазові простори, багатовиди, стійкість багатопараметричних технічних систем.*

Постановка проблеми. Створення і впровадження сучасних інноваційних технологій у виробництво пожежнотехнічного устаткування передбачає, зокрема, дослідження геометричних моделей та визначення оптимальних значень технологічних і конструктивних параметрів. Геометричні методи використовують практично на всіх етапах, які стосуються проектування технічних систем, в більшій чи меншій мірі. Зауважимо важливість їх використання на початковому етапі проектування, коли важливо вибрати діапазон зміни параметрів, а, отже, задати геометрію окремих ланок системи і визначити оптимальні з- поміж них. Розв'язання цих та інших практичних задач вимагає розроблення і застосування нових засобів, зокрема, заснованих на методах прикладної багатовимірної геометрії.

Однією з проблем, яку вирішують насамперед, є розв'язання проблеми стійкості роботи багатопараметричної регульованої системи. Первісними постали способи дослідження стійкості при заданих параметрах регульованої системи, коли для робочої точки системи в просторі її параметрів встановлюють факт стійкості. Хоч критерії стійкості відносять до категорії алгебраїчних, вони мають геометричний зміст. Розроблені в теорії стійкості систем інструментальні засоби уможливлюють проводити конструювання областей параметрів фазового простору при зміні не більше одного... двох параметрів[1,2,3].

Аналіз публікацій. Проблемі дослідження режимів роботи технічних систем, зокрема, стійкості роботи присвячені основоположні публікації з теорії стійкості систем [1,2,4]. Значна частина робіт присвячена теоретичним і практичним питанням вибору раціональних значень не більше одного...двох параметрів. В частині використання засобів прикладної багатовимірної геометрії щодо конструювання областей параметрів присвячені роботи[5,6]. Відкритими залишаються питання обґрунтування спільної геометричної основи критеріїв стійкості.

Формулювання цілей статті. Обґрунтувати спільну основу критеріїв стійкості перебігу процесів *n*- параметричних технічних систем на засадах використання засобів прикладної багатовимірної геометрії щодо формування областей раціональних значень параметрів.

Основна частина. До складу регульованої технічної системи входить набір елементів, що забезпечують закон зміни регульованого параметра: регульоване джерело живлення в якості перетворювача, датчик регулятора та виконавчий механізм в якості об'єкта регулювання, роль якого часто виконує електричний двигун (рис.1).

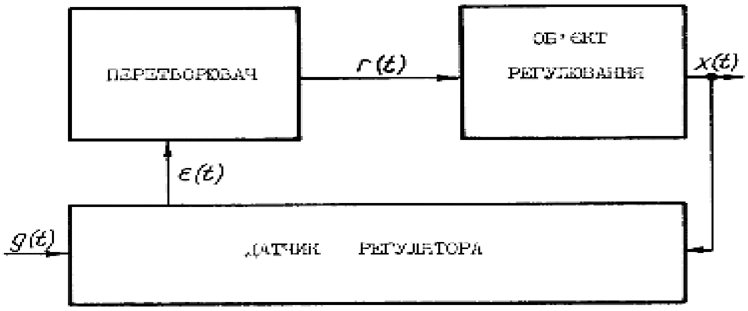

Рис.1. Структурна схема регульованої системи

Рис.1.Структурнана схема багатопараметричної технічної системи

Розглянемо геометричний зміст алгебраїчного критерію стійкості Гурвіца. Характеристичне рівняння багатопараметричної регульованої системи

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + ... + a_{n-1} p + a_n = 0 \tag{1}$$

подамо в обхоплюючому n-вимірному просторі його коефіцієнтів a_j . Відмітимо, що кожна точка такого простору однозначно визначена, якщо задані значення чисел $a_0, a_1, \ldots, a_j, \ldots, a_{n-1}, a_n$,які являють виміри такого простору. Зробимо в (1) заміну $p=iW$, де W - значення уявної частини комплексного кореня характеристичного рівняння [5,6]. Окремо виділимо дійсну та уявну частину:

$$a_0(i\Omega)^n + a_1(i\Omega)^{n-1} + \ldots + a_{n-1}(i\Omega) + a_n = u(\Omega) + iv(\Omega) = 0. \tag{2}$$

При неперервній зміні коефіцієнтів a_j число коренів зліва від уявної осі зміниться, якщо при $a_0=0$ хоча б один корінь перейде в безконечність або через уявну вісь комплексної площини коренів характеристичного рівняння. Тоді при деякому значенні $W=W_1$ маємо $u(W_1)=v(W_1)=0$. Обидва многочлени

$$\begin{aligned} u(\Omega) &= d_0\Omega^q + d_1\Omega^{q-1} + ... + d_{q-1}\Omega + d_q; \\ v(\Omega) &= c_0\Omega^p + c_1\Omega^{p-1} + ... + c_{p-1}\Omega + c_p, \end{aligned} \tag{3}$$

якщо $d_0 \neq 0, c_0 \neq 0$, мають спільний корінь при рівності нулю результата

$$R(u,v) = \begin{Vmatrix} d_0 & d_1 & ... & d_{q-1} & d_q & 0 & 0 & ... & 0 & 0 \\ 0 & d_0 & ... & d_{q-2} & d_{q-1} & d_q & 0 & ... & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ... & d_{q-3} & d_{q-2} & d_{q-1} & d_q & ... & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ... & 0 & d_0 & d_1 & d_2 & ... & d_{q-1} & d_q \\ c_0 & c_1 & ... & c_{p-1} & c_p & 0 & 0 & ... & 0 & 0 \\ 0 & c_0 & ... & c_{p-2} & c_{p-1} & c_p & 0 & ... & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ... & c_{p-3} & c_{p-2} & c_{p-1} & c_p & ... & 0 & 0 \\ 0 & 0 & ... & 0 & c_0 & c_1 & c_2 & ... & c_{p-1} & c_p \end{Vmatrix} \tag{4}$$

Розглянемо останній визначник Гурвіца:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_1 & a_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_0 & a_2 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_0 & \dots & 0 \\ . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_n \end{vmatrix} \qquad (5)$$

Поверхня $D_n=0$ в просторі коефіцієнтів характеристичного рівняння містить області, що відповідають $u(W)=v(W)=0$ з чисто уявними та нульовими коренями. Для виділення саме області стійкості треба провести ряд додаткових поверхонь, щоб "відсікти" куски поверхні $D_n=0$, які не належать області стійкості. Цю роль відіграють повцерхні $D_1=0$; $D_2=0$;…; $D_{n-1}=0$. Основна поверхня $D_n=0$ через те, що $D_n=a_nD_{n-1}$, розпадається на дві поверхні $a_n=0$, $D_{n-1}=0$. Якщо n-параметрична технічна система знаходиться на границі стійкості, то характеристичне рівняння має або нульовий корінь, або пару чисто уявних коренів. У першому випадку $a_n=0$, , а в другому - $D_{n-1}=0$.

Такий спосіб побудови областей стійкості при зміні одного...двох коефіцієнтів характеристичного рівняння підтверджує геометричний характер "чисто" алгебраїчних способів її визначення.

Графоаналітичний спосіб визначення факту стійкості системи при заданих її параметрах покладений також в основу критерію стійкості Михайлова. За приведеним критерієм замість характеристичного розглядають загальне рівняння

$$a_0z^n+a_1z^{n-1}+\ldots+a_{n-1}z+a_n= \mu, \qquad (6)$$

де m - деяке дійсне, уявне чи комплексне число. Зробивши у (7) заміну $z=iW$, отримуємо вираз

$$a_0(i\Omega)^n+a_i(i\Omega)^{n-1}+\ldots+a_{n-1}(i\Omega)+a_n=\mu \qquad (7)$$

Розділивши дійсну та уявну частину, отримуємо

$$m =u(W)+iv(W). \qquad (8)$$

Стійкість системи визначають за виглядом кривої - годографа характеристичного рівняння, яку будують згідно (5) в площині m , відкладаючи значення $u(\Omega)$ та $v(\Omega)$ при зміні $0 \le \Omega \le \infty$ (рис. 2).

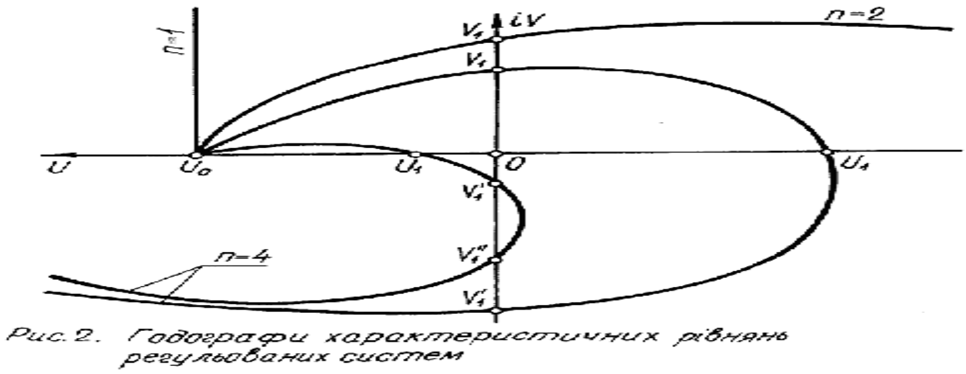

Рис.2.Годографи характеристичних рівнянь

Результати досліджень проведені з урахуванням особливостей розбиття обхоплюючого *n*-вимірного простору на області параметрів, які забезпечують подібний характер перебігу процесів у системі (5).

Висновок. Встановлено, що змінні параметри багатопараметричної технічної системи як складові коефіцієнтів характеристичних рівнянь встановлюють режим її роботи за відповідним критерієм і одночасно являють визначальними при побудові границь багатовидів обхоплюючого *n* - простору з подібним характером перебігу процесу в системі

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний.- М.: Физматгиз, 1959.- 915с.
2. Арнольд В.И. Теория катастроф.- М.: Наука, 1990.- 126с.
3. Росоха С.В., Маловик І.В., Лінчевський Є.А. Роторні вібраційні апарати та проблема їх розрахунку. /Прикл. геом. та інж. графіка. – К : КНУБА, 2007. - Вип. 78. - С.167-172.
4. .Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. - М.: Машиностроение, 1985.- С. 120-122.
5. Мартин Є.В. Замкнені області комплексного простору// Прикладна геометрія та інженерна графіка. - К.: КНУБА, 2007.- Вип.77.-С.25-29.
6. Martyn E.V. The models of surfaces k^n space // Geometry and computer.-VIII Conference.- Ustron, 2004.-p.42-43.