

ФОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНОГО ПОЛІНОМА НА ОСНОВІ КОМПРОМІСНИХ ПОЄДНАНЬ СТАНДАРТНИХ ФОРМ

Вступ. Застосування класичних методів синтезу нелінійних систем, які використовують методи кусково-лінійної апроксимації, гармонічної лінеаризації, статистичної лінеаризації та фазової площини [1], обмежене як порядком системи, так і кількістю нелінійних елементів в ній. Характерною особливістю згаданих методів є можливість аналізу стійкості системи, але при цьому не розв'язується задача формування бажаних якісних характеристик, що є однією з основних задач синтезу оптимальних систем. Цих недоліків в певній мірі позбавлений метод робастного керування [2]. Проте застосування ітераційної процедури синтезу коефіцієнтів регулятора на основі аналізу стійкості лінійної моделі системи з врахуванням можливого діапазону зміни її параметрів методом Ляпунова дещо утруднює формування бажаних динамічних властивостей. Сучасні підходи до синтезу законів керування нелійними системами базуються на концепції використання макроінформації про поведінку системи у вигляді агрегованих макрозмінних (теорії синергетичного керування) [3], представлення системи в іншому координатному базисі, який дає змогу отримати лінійну систему (метод feedback linearization) [4] чи формування сімейства лінійних систем, які забезпечують високу точність відтворення поведінки нелінійної системи (метод piece-wise Lyapunov function або fuzzy control) [5]. Спільною рисою згаданих підходів є використання на етапі синтезу керуючих впливів методів лінійної теорії керування, зокрема керування за повним вектором стану. В основі такого підходу лежить використання характеристичного полінома стандартної форми. Значна кількість стандартних форм [6] не зменшує актуальності пошуку нових підходів до формування бажаних характеристичних поліномів, які б дали змогу покращити динамічні характеристики системи.

Постановка задачі. Сучасні електромеханічні системи характеризуються істотною складністю, високою швидкодією, точністю регулювання, наявністю різноманітних естиматорів та спостерігачів, а також значними нелінійностями. Одним з основних методів синтезу систем є метод модального керування, в основу якого покладено формування відповідного розподілу коренів характеристичного полінома. Вибраний розподіл коренів в першу чергу залежить від характеру об'єкту та вимог, які ми ставимо до динамічних характеристик системи. Традиційно в електромеханічних системах застосовують стандартні форми, біноміальну або Баттерворта. Посилення вимог до існуючих систем керування вимагає пошуку нових підходів до формування бажаного характеристичного полінома, який забезпечує відповідні динамічні характеристики системи. Таким підходом може стати запропонований в статті метод формування на основі компромісного поєднання стандартних форм.

Результати досліджень. При проектуванні систем керування за допомогою методу модального керування коефіцієнти зворотних зв'язків за змінними стану вибираються таким чином, щоб полюси замкнутої системи розташовувались в завчасно вибране положення, при якому її характеристичне рівняння відповідає деякій стандартній формі порядку n :

$$H(p) = a_0 p^n + a_1 w_0 p^{n-1} + \dots + a_{n-1} w_0^{n-1} p + a_n w_0^n, \quad (1)$$

де w_0 - параметр, який визначає реальний час протікання процесів в системі при переході її з одного стану в інший. Чим більше значення w_0 , тим при інших рівних умовах скоріше протікають ці процеси.

Нами пропонується характеристичні поліноми вищого порядку формувати у вигляді добутку двох поліномів стандартних форм. Так, зокрема для системи третього порядку пропонується характеристичний поліном виразити через добуток стандартних форм бінома Ньютона першого порядку та Баттерворта другого порядку:

$$H_3(p) = (p + w_0) * (p^2 + 1.4w_0 p + w_0^2). \quad (2)$$

Також можливим є варіант зміни частоти для кожного з поліномів, зокрема:

$$H_4(p) = (p + w_{01}) * (p^2 + 1.4w_{02} p + w_{02}^2), \text{ при } w_{01} * w_{02}^2 = w_0^3, \quad (3)$$

$$H_5(p) = (p + w_{02}) * (p^2 + 1.4w_{01} p + w_{01}^2), \text{ при } w_{02} * w_{01}^2 = w_0^3. \quad (4)$$

Характеристичним поліномам $H_1(p)$ відповідає біном Ньютона третього порядку, а $H_2(p)$ - розподіл Баттерворта третього порядку. В таблиці 1 подані значення коефіцієнтів досліджуваних характеристичних поліномів. Перехідні характеристики цих систем показані на рис.1. При цьому для характеристичних поліномів

(3) $w_{01} = 1/2 * w_0$, і відповідно $w_{02} = \sqrt{2} * w_0$, а для (4)– $w_{02} = 2 * w_0$, і відповідно $w_{01} = 1/\sqrt{2} * w_0$. На рис.2 наведено розміщення коренів цих характеристичних поліномів.

Таблиця 1

Характеристичний поліном	a_1	a_2	a_3
$H_1(p)$	3	3	1
$H_2(p)$	2	2	1
$H_3(p)$	2,4	2,4	1
$H_4(p)$	2,48	2,99	1
$H_5(p)$	2,99	2,48	1

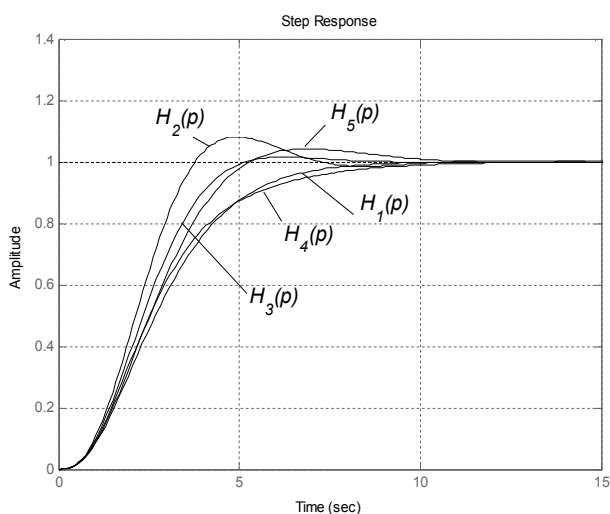


Рис.1. Перехідні характеристики в системі третього порядку

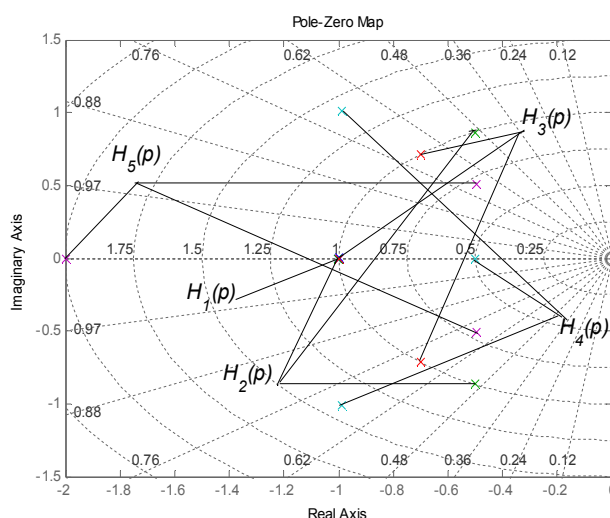


Рис.2. Розподіл коренів характеристичних поліномів третього порядку

При дослідженнях системи четвертого порядку характеристичним поліномам $H_{41}(p)$ відповідає біном Ньютона четвертого порядку, а $H_{42}(p)$ - розподіл Баттерворта четвертого порядку. Поліноми $H_{43}(p) - H_{48}(p)$, сформовані на основі комбінації стандартних форм, мають наступний вигляд:

$$H_{43}(p) = (p + w_0)^2 * (p^2 + 1.4w_0p + w_0^2), \quad (5)$$

$$H_{44}(p) = (p + w_0) * (p^3 + 2w_0p^2 + 2w_0^2p + w_0^3), \quad (6)$$

$$H_{45}(p) = (p + w_{01}) * (p^3 + 2w_{02}p^2 + 2w_{02}^2p + w_{02}^3), \quad (7)$$

$$H_{46}(p) = (p + w_{02}) * (p^3 + 2w_{01}p^2 + 2w_{01}^2p + w_{01}^3), \quad (8)$$

$$H_{47}(p) = (p + w_{01})^2 * (p^2 + 1.4w_{02}p + w_{02}^2), \quad (9)$$

$$H_{48}(p) = (p + w_{02})^2 * (p^2 + 1.4w_{01}p + w_{01}^2). \quad (10)$$

В даному випадку частоти змінювалися наступним чином: для $H_{45}(p) - w_{01}=3/4$, а $w_{02}=\sqrt[3]{4/3}$, для $H_{46}(p) - w_{01}=4/3$, а $w_{02}=\sqrt[3]{3/4}$, для $H_{47}(p)$ та $H_{48}(p) - w_{01}=3/4$, а $w_{02}=4/3$. В таблиці 2 показані значення коефіцієнтів досліджуваних характеристичних поліномів. Результати досліджень перехідних характеристик отриманих систем (табл. 2) показані на рис.3. На рис.4 наведено розміщення коренів цих характеристичних поліномів.

Таблиця 2

Характеристичний поліном	a_1	a_2	a_3	a_4
$H_{41}(p)$	4	6	4	1
$H_{42}(p)$	2,6	3,4	2,6	1
$H_{43}(p)$	3,4	4,8	3,4	1
$H_{44}(p)$	3	4	3	1
$H_{45}(p)$	2.95	4.073	3.151	1
$H_{46}(p)$	3.151	4.073	2.95	1
$H_{47}(p)$	3,35	4.883	3,522	1
$H_{48}(p)$	3,522	4.883	3,35	1

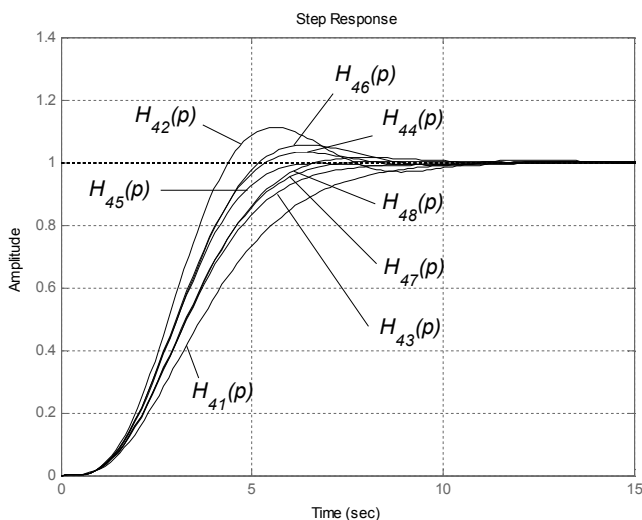


Рис.3 Перехідні характеристики в системі четвертого порядку

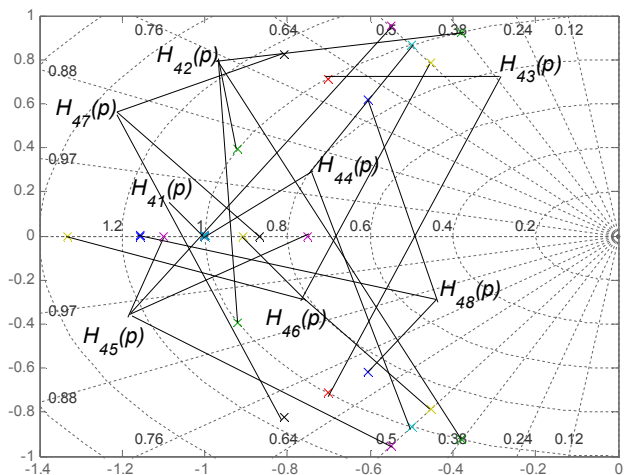


Рис.4. Розподіл коренів характеристичних поліномів четвертого порядку

Висновки. Отримані залежності наочно показують можливість формування нових динамічних характеристик системи, які мають вищу швидкодію в порівнянні з налаштуванням на біноміальну форму розподілу і менше пере регулювання, ніж при налаштуванні на стандартну форму розподілу по Баттерворту. Очевидно, що існує ще більше можливих варіантів при формуванні характеристичного полінома на основі компромісного поєднання стандартних форм для систем вищого порядку.

Література.

1. Гельднер К., Кубик С. Нелинейные системы управления. – М.: Мир, 1987. – 386 с.
2. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т. 3: Методы современной теории автоматического управления / Под. ред. Н.Д. Егунова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.
3. Колесников А.А. Синергетическая теория управления. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
4. Isidori A. Nonlinear control systems. – Springer-Verlag, 1995. – P. 550.
5. Лозинський А. Синтез системи керування нелінійним об'єктом // Респ. міжв. наук.-техн. збірник "Електромашинобудування та електрообладнання". - Київ: Техніка, 2002. - Вип. 59. – С.3-10.
6. Осичев А.В., Котляров В.О., Марков В.С. Стандартные распределения корней в задачах синтеза в электроприводе // Труды научно-технической конференции "Проблемы автоматизованого електроприводе. Теорія і практика", Крым, Алушта, 15-20 сентября 1997г. – Харьков: Основа, 1997. – С.104–109.

Головач І.Р., Лозинський А.О. – Бібліогр.: 6 назв. – укр. Формування характеристичного полінома на основі компромісного поєднання стандартних форм.

Запропоновано формувати характеристичні поліноми вищого порядку у вигляді добутку двох поліномів стандартних форм.

Ключові слова: характеристичний поліном, стандартна форма.

Holovach I.R., Lozynsky A.O. Generation of characteristic polynomial on the base of compromise multiplication the standard forms.– Refer.: 6 app. – ukr.

Characteristic polynomial by higher order is proposed to generate as multiplication of two standard-form polynomials.

Key words: Characteristic polynomial, standard form.

Головач И.Р., Лозинский А.О. – Библиогр.: 6 назв. – укр. Формирование характеристического полинома на основе компромиссного объединения стандартных форм.

Предложено формировать характеристические полиномы высшего порядка в виде произведения двух полиномов стандартных форм.

Ключевые слова: характеристический полином, стандартная форма.