

УДК 681.5.03

А.В. Садовой, д-р техн. наук

Р.С. Волянский, канд. техн. наук,

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ ЛИНИЕЙ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Аннотация. Изложены математические основы синтеза оптимальных систем с полиномиальной активационной функцией при использовании модифицированного принципа симметрии. Рассмотрен пример построения оптимального регулятора положения. Выполнено математическое моделирование синтезированной системы.

О.В. Садовой, доктор технічних наук, професор

Р.С. Волянський, кандидат технічних наук

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ З ПОЛІНОМІАЛЬНОЮ ЛІНІЄЮ ПЕРЕМИКАННЯ

Анотація. Викладено математичні основи синтезу оптимальних систем з поліноміальною активаційною функцією при використанні модифікованого принципу симетрії. Розглянуто приклад побудови оптимального регулятора положення. Виконано математичне моделювання.

A. V. Sadovoy, Doctor of Technical Sciences, Professor,

R.S. Volyansky, PhD

SYNTHESIS OF OPTIMAL CONTROL SYSTEM WITH POLYNOMIAL LINE SWITCH

Abstract. The paper deals with the mathematical foundations of the optimal systems with polynomial activation function synthesis with using the modified principle of symmetry. An example of an optimal position controller is given. Mathematical simulation of the synthesized system is shown.

Введение. В настоящее время формирование траекторий возмущенного движения электромеханической системы осуществляется двумя способами. В первом случае структура системы управления и алгоритмы ее работы определяются на основании известных подходов [2], а траектория движения системы определяется задатчиком программной траектории. Несмотря на преимущества такого подхода, которые проявляются в прозрачности синтеза систем управления и задатчиков траектории, функционирование синтезированных таким образом систем управления оказываются ограничено заложенной программой движения.

Вторым способом формирования траектории возмущенного движения является изменение структуры регулятора путем введения нелинейных элементов таким образом, чтобы он обеспечивал желаемое движение при любых условиях работы системы. Недостатком такого подхода является неочевидность математического аппарата, который следует использовать для определения алгоритма управления, обеспечивающего достижение заданной цели управления. Задачу усложняют неоднозначность выбора нелинейности и необходимость обеспечения синтезируемой нелинейной системе управления желаемого запаса устойчивости. Однако, в отличие от недостатков, присутствующих у формирователей программной траектории движения, недостатки синтеза траектории возмущенного движения путем изменения линии равновесного состояния регулятора не проявляются на этапе эксплуатации электромеханической системы. Таким образом, создаются предпосылки для расширения существующих методик проектирования систем управления электроприводами.

© Волянский Р.С., Садовой А.В., 2011

Постановка задач исследования. Целью настоящей работы является обоснование функционалов качества, минимизация которых позволяет сформировать желаемую траекторию движения, используя при этом известные методы синтеза оптимальных систем управления [2].

Воспользовавшись результатами работы [1], которые иллюстрируют изменение траектории движения системы в зависимости от показателя степени активационной функции, выдвинем гипотезу, что более сложные траектории движения системы можно сформировать, переходя от управлений вида

$$U = \begin{cases} \text{sign}(S), & \text{при } |S|^\alpha \geq 1; \\ |S|^\alpha \text{sign}(S), & \text{при } |S|^\alpha < 1, \alpha = 0,5 \end{cases} \quad (1)$$

где S – уравнение линии равновесия системы управления

$$S = \sum_{i=0}^n V_{in} \eta_i, \quad (2)$$

к управлениям вида

$$U = \begin{cases} \text{sign}(S), & \text{при } \sum_{i=1}^m |S|^{\alpha_i} \geq 1; \\ \sum_{i=1}^m w_j |S|^{\alpha_i} \text{sign}(S), & \text{при } \sum_{i=1}^m |S|^{\alpha_i} < 1, \end{cases} \quad (3)$$

где $\alpha_i \geq 0, m = 1, 2, \dots$

В выражении (2) коэффициенты V_{in} являются коэффициентами квадратичной положительно определенной функции Ляпунова.

Сравнение управлений (1) и (3) позволяет без решения обратной задачи динамического программирования сделать вывод о том, что цель управления, которая достигается алгоритмом (3), характеризуется функционалом [1]

$$I = \int_0^{\infty} \sum_{j=1}^m w_j \left[\sum_{i=0}^n V_{in} \eta_i \right]^{\beta/\beta-1} + \frac{C}{\beta_j} |U|^{\beta_j} dt, \quad (4)$$

где показатели степени в алгоритме оптимального управления (3) и функционале (4) связаны соотношениями [1]

$$\alpha = \frac{1}{\beta-1}; \beta = \frac{1}{\alpha} + 1. \quad (5)$$

В качестве примера использования алгоритма управления (3) рассмотрим позиционный электропривод с безынерционным каналом формирования электромагнитного момента, возмущенное движение которого описывается уравнениями

$$p\eta_1 = b_{12}\eta_2; p\eta_2 = b_{22}\eta_2 + m_2U. \quad (6)$$

Приняв в качестве цели управления интегральный функционал (4), который для объекта (6) примет вид

$$I = \int_0^{\infty} w_1 \left[|V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2|^{1.5} + \frac{C}{3}|U|^3 \right] + w_2 \left[|V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2|^2 + \frac{C}{2}|U|^2 \right] dt, \quad (7)$$

найдем оптимальное управление электроприводом (6)

$$U = - \left(w_2 |V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2| + w_1 \sqrt{|V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2|} \right) \times \text{sign}(V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2), \quad (8)$$

где коэффициенты функции Ляпунова $V_{12} = -b_{22}; V_{22} = b_{12}$ определены в соответствии с [2].

Изменяя коэффициенты w_1, w_2 , входящие в алгоритм (8) и функционал (7), от 0 до 1, можно изменять траекторию движения от экспоненциальной (кривая 1 на рис.1) до квадратичной (кривая 2 на рис.1). При увеличении коэффициента w_2 на порядок можно сформировать линейную траекторию движения (кривая 3 на рис.1), совпадающую с траекторией движения в системе с релейным регулятором (кривая 4 на рис.1). Однако, в отличие от релейной, в системе управления, реализующей алгоритм

$$U = - \left(|V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2| + 10 \sqrt{|V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2|} \right) \times \text{sign}(V_{12}\eta_1 + V_{22}\eta_2), \quad (9)$$

не возникают автоколебания, сопровождающие скользящий режим первого порядка.

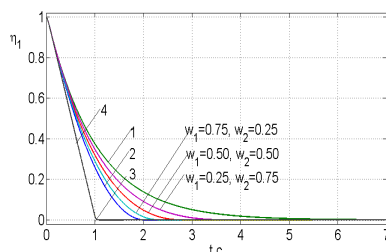


Рис.1. Переходные процессы в позиционном ЭП при различных весовых коэффициентах

Результаты получены при моделировании позиционного электропривода на базе двигателя ДПР-72.

Выводы. Как следует из анализа переходных процессов, все синтезированные системы управления являются асимптотически устойчивыми, однако отличаются различным характером изменения ошибки регулирования и быстродействием.

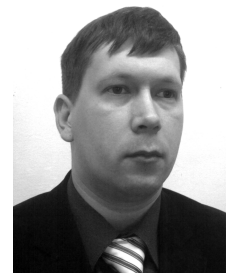
Как показывают приведенные выкладки и результаты моделирования, использование в законах управления полиномиальных функций позволяет путем выбора коэффициентов и степеней полинома сформировать желаемые траектории движения и получить в замкнутой электромеханической системе асимптотически устойчивые переходные процессы, близкие к оптимальным по быстродействию и расходу энергии управления.

Список использованной литературы

1. Волянский Р.С. Система управления следящим электроприводом со скользящим режимом 2-го порядка / Р.С.Волянский, А.В.Садовой // Вісн. Кременчуцького держ. у-ту ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДУ. – 2010. – Вип. 4/2010 (63). – Ч. 3. – С.11-14.

2. Садовой А.В. Системы оптимального управления прецизионными электроприводами / А.В. Садовой, Б.В.Сухинин, Ю.В.Сохина – К.: ИСИМО, 1996. – 298 с.

Получено 12.07.2011



Волянский Роман Сергеевич, к.т.н, доц., каф.эл.механики Днепродзержинского госуд. технич. ун-та, г. Днепродзержинск, б-р. Строителей, д.6, кв.32;+38(05692)9-49-28, voliansky@ua.fm



Садовой Александр Валентинович, д.т.н., проф., проректор по научной работе, Днепродзержинск. гос. техн. ун-та, г. Днепродзержинск, ул. Интернационалистов, д.11-б, кв.71, +38(05692)9-00-59 sadovoy@dstu.dp.ua