

PARAMETRIC DEVELOPMENT OF A ROBOT CONTROL SYSTEM BASED ON METHODS FOR SYSTEM STABILITY

Boboev A.A.¹, Ruziboeva M.K.² (Republic of Uzbekistan)

Email: Boboev58@scientifictext.ru

¹Boboev Azizjon Azimjonovich - Assistant;

²Ruziboeva Marjona Kosimovna – Student,

DEPARTMENT OF AUTOMATION AND CONTROL,
NAVOI STATE MINING INSTITUTE,
NAVOI, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Abstract: this article addresses the problem of sustainability and quality of uncertain control systems as applied to the solution of industrial problems of robotic analysis and synthesis. The problem of synthesizing stable polynomials of interval control systems has been solved. To solve this problem, a study was conducted of the behavior of the portraits of root hodographs of the system at the boundary of asymptotic stability. On this basis, a stable state of the system was formulated. A method has been developed for creating an interpolation polynomial to ensure its stability in cases where the stability test has shown that the original polynomial is unstable.

Keywords: industrial robots, uncertainty, stability, interval control systems, root locus.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ДЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ

Бобоев А.А.¹, Рузибоева М.К.² (Республика Узбекистан)

¹Бобоев Азизжон Азимжонович - ассистент;

²Рузибоева Маржона Косимовна – студент,

кафедра автоматизации и управления,
Навоийский государственный горный институт,
г. Навои, Республика Узбекистан

Аннотация: в этой статье рассматривается проблема устойчивости и качества неопределенных систем управления в применении к решению промышленных задач роботизированного анализа и синтеза. Решена задача по синтезу устойчивых многочленов интервальных систем управления. Для его решения было проведено исследование поведения портретов корневых годографов системы на границе асимптотической устойчивости. На этом основании было сформулировано устойчивое состояние системы. Разработан метод создания интерполяционного полинома для обеспечения его устойчивости в случаях, когда проверка устойчивости показала, что исходный многочлен неустойчив.

Ключевые слова: промышленные роботы, неопределенность, устойчивость, интервальные системы управления, корневой годограф.

Промышленные роботы часто работают в условиях существенных изменений их параметров, что приводит к изменению их значений характеристик системных уравнений их систем управления, тем самым генерируя семейства уравнений. Анализ устойчивости динамических систем, характеризующих устойчивость полиномов, стабильные полиномы и синтез полиномов представляют собой сложную и важную задачу. В рамках параметрического подхода к проблеме был разработан ряд эффективных методов анализа.

Исследуется задача вычисления радиуса полиномиальной неустойчивости на основе частотного подхода [1]. Разработана методика составления области устойчивости в пространстве одного параметра или двух параметров системы с применением подхода D-разбиения [2]. Предложен метод определения предельных значений отклонений номинальных полиномиальных коэффициентов, обеспечивающих устойчивость Гурвица [3].

Исполнительный контроль каждого манипулятора обычно выполняется в координатах этого устройства и имеет позиционный тип. Это система серво управления с замкнутым контуром, не зависящая от других уровней управления. Хотя реальное управление блоком осуществляется цифровым устройством дискретным способом, эффект оцифровки обычно игнорируется, поскольку частота оцифровки достаточно высока, чтобы рассматривать устройство и контроллер как аналоговые (непрерывные) системы. Что касается структуры, то петли управления единицей почти одинаковы и отличаются только значениями параметров. Поэтому любая единица промышленного робота может быть рассмотрена для исследования динамических свойств.

Структура подчиненного управления манипулятора показана на рис. 1. На рис. 1 оборудование представлено элементами 1 - 4 (двигатель постоянного тока); 5 - датчик, преобразующий аналоговый сигнал скорости в код скорости (фотоимпульсный датчик), 6 - элемент, объединяющий регулятор скорости PI, трансформатор ширины кодового импульса и усилитель мощности, 7 - трансформатор аналогового сигнала положения в код положения (фотоимпульсный датчик), 8 - пропорциональный регулятор положения плеча манипулятора, 9 - механизм передачи (редуктор). На рис. 2 передаточная функция

$$W_p'(s) = W_p(s)s$$

где $W_p(s)$ - передаточная функция растения.

Замените соответствующие параметры и выразите функцию переноса растений следующим образом:

$$W_p(s) = \frac{\varphi}{U_g} = \frac{1}{(j_m + j_l) \frac{L_A}{C_M} s^3 + (j_m + j_l) \frac{R_A}{C_M} s^2 + C_e s}, \quad (1)$$

где U_g - входное напряжение, φ - угол поворота объектного вала.

На основе (1) записать характеристическое уравнение системы управления манипулятора

$$s^4 + \frac{R_A}{L_A} s^3 + \frac{C_e C_M}{j_m L_A} s^2 + \frac{C_M K_1 K_s}{j_m L_A T} s + \frac{C_M K_2 K_p K_s}{j_m L_A T} = 0$$

или как

$$a_0 s^4 + a_1 s^3 + a_2 s^2 + a_3 s + a_4 = 0, \quad (2)$$

где

$$a_0 = 1; a_1 = \frac{R_A}{L_A}; a_2 = \frac{C_e C_M}{(j_m + j_l) L_A}; a_3 = \frac{C_M K_1 K_s}{(j_m + j_l) L_A T}; a_4 = \frac{C_M K_2 K_p K_s}{(j_m + j_l) L_A T};$$

- R_A - сопротивление якоря двигателя;
- L_A - якорная индуктивность;
- j_l - момент инерции нагрузки;
- j_m - момент инерции якоря;
- C_e - электромеханическое отношение двигателя;
- C_M - конструктивная постоянная двигателя;
- T - постоянная времени регулятора PI;
- K_1 и K_2 - коэффициенты фотоэлектрических датчиков;
- K_s и K_p - коэффициенты усиления регуляторов по скорости и положению соответственно.

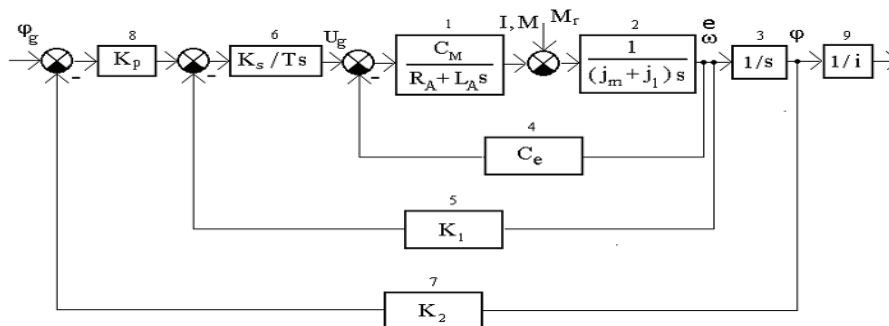


Рис. 1. Система управления блоком манипулятора промышленного робота

Предположим, что блок робота имеет следующие номинальные параметры:

- $R_A = 0.63 \Omega$;
- $L_A = 0.0014$ Генри;

- $j_l = 2.04 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2$;
- $j_m = 40,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг/м}^2$;
- $C_e = 0,16 \frac{V \cdot s}{rad}$;
- $C_M = C_e$;
- $T = 0.23 \text{ s}$
- $K_1 = 66,7, K_2 = 250$;
- $K_s = 0,078, K_p = 2,5$.

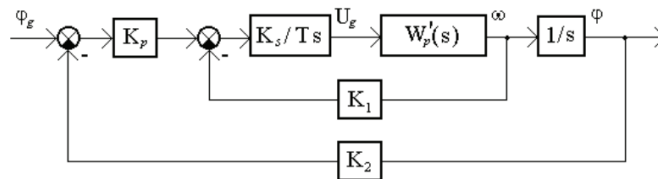


Рис. 2. Структура системы управления положением для блока плеча манипулятора

После подстановки номинальных значений в (2) перепишите единичное характеристическое уравнение как

$$s^4 + 0,5 \cdot 10^3 s^3 + 0,427 \cdot 10^5 s^2 + 0,6 \cdot 10^7 s + 0,56 \cdot 10^8 = 0 \quad (3)$$

Коэффициенты (3) являются номинальными, а при работе робота они часто меняются в пределах достаточно широких интервалов. По этой причине при расчете системы управления роботом необходимо учитывать неопределенность параметров и обеспечивать надежность системы управления. Метод описан для синтеза семейства устойчивых характеристических многочленов интервальной динамической системы из данной неустойчивой, основанной на модели системы в виде портрета свободного годографа корня. Этот метод позволяет установить заданный интерпольный многочлен для обеспечения его устойчивости в случаях, когда было обнаружено, что этот многочлен неустойчив. Расстояние, измеренное вдоль траекторий портрета корневого годографа, определяется как критерий настройки, в частности, новый многочлен может быть выбран как ближайший к данному с учетом требований к качеству системы. Синтез ведется путем вычисления новых границ интервала вариаций постоянных членов полинома (интервал устойчивости), который позволяет обеспечить устойчивость без изменения конфигурации портретирования корневого годографа системы

Рассмотрим интервальной динамической системы, описываемый семейством характеристических многочленов

$$P(s) = \sum_{j=0}^n a_j s^{n-j} = 0, \quad (4)$$

Коэффициенты полинома (4) в действительности являются неопределенными параметрами. Новые критерии определения значений границ могут быть разными, в частности, их можно выбрать ближе всего к указанным. В этом случае считается, что расстояние, измеренное вдоль траекторий корней системы, является критерием такой близости.

Введем ряд определений.

Определение 1. Назовите корневой годограф динамического системного характеристического уравнения (полинома), как годограф динамической системы.

Определение 2. Коэффициент алгебраического уравнения или параметр динамической системы, описываемый этим уравнением, определенным образом изменяются для генерации корневого годографа, когда предполагается, что все остальные коэффициенты (параметры) постоянны, назовите его как алгебраическое уравнение параметр корневого годографа.

Определение 3. Корневой годограф, параметр которого является коэффициентом k_a , назовите его корневым годографом алгебраического уравнения относительно коэффициента k_a .

Определение 4. Корневой годограф относительно динамического системного характеристического уравнения с постоянным термином называется свободным корневым годографом динамической системы.

Определение 5. Точки, в которых начинаются ветви корневых годографов, а параметр годографа корня равен нулю, назовите в качестве исходных точек корневого годографа.

Замечание 1. Одна из исходных точек свободного корневого годографа всегда находится в начале комплексной плоскости корней. Приведенная выше корректность следует из формы уравнения (4).

Заключение

Промышленные роботы представляют собой устройства, которые обычно работают в условиях существенной неопределенности. Поэтому в этой статье рассматривается проблема устойчивости и качества неопределенных систем управления в применении к решению промышленных задач роботизированного анализа и синтеза. Решена задача по синтезу устойчивых многочленов интервальных систем управления. Для его решения было проведено исследование поведения портретов корневых годографов системы на границе асимптотической устойчивости. На этом основании было сформулировано устойчивое состояние системы. Разработан метод создания интерполяционного полинома для обеспечения его устойчивости в случаях, когда проверка устойчивости показала, что исходный многочлен неустойчив. Рассматриваемый алгоритм позволяет проводить параметрический синтез устойчивой интервальной системы без модификации портрета корневого годографа путем установления предельных значений интервалов вариации характеристических полиномиальных коэффициентов.

В настоящее время во время процедуры проектирования промышленных роботов в случаях существенных изменений параметров частотный параметрический синтез систем роботов часто проводится методом испытаний и ошибок. Рассматриваемые здесь методы позволяют проводить анализ и параметрический синтез системы управления роботом, работая в условиях параметрической неопределенности, используя аналитические процедуры.

Список литературы / References

1. Краев А., Фурсов А. Оценка радиусов неустойчивости для многочленов произвольной степени. Нелинейная динамика и управление. Выпуск 4: Сборник статей / Ред. Емельянов С. и Коровин С. Физматлит, 2004. ISBN 5-9221-0557-4. Москва. Стр. 127-134.
2. Грязина Е., Поляк Б. Области устойчивости в пространстве параметров: повторение D-разложения. Автоматика. № 1 (2006), 13-26, ISSN 0005-1098.
3. Barmish B.. Invariance of the strict hurwitz property for polynomials with perturbed coefficients. IEEE Trans. Automat. Control. Vol. 29. № 10 (1984), 935–936, ISSN 0018-9286.