

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ РОБАСТНОГО D-РАЗБИЕНИЯ

С.А. Гайворонский, Т.А. Езангина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: saga@tpu.ru

THE SYNTHESIS OF A LINEAR CONTROLLER OF THE INTERVAL CONTROL SYSTEM ON THE BASIS OF ROBUST D-PARTITION

S.A. Gayvoronskiy, T.A. Ezangina

Tomsk Polytechnic University

Annotation. *The article deals with the technique of a combined parametric synthesis of a linear controller which enables to maximize the degree of robust stability of a control system. The technique was developed on the basis of the coefficient method, the method of the edge route of polyhedron and the method of robust D-partition. The paper also presents the numerical illustration of PI-controller synthesis of a power unloading system.*

1. Введение

При проектировании робастных регуляторов для систем управления с интервальными параметрами (ИСУ) актуальна задача параметрического синтеза регуляторов, уменьшающих время переходных процессов в ИСУ [1-4]. В большинстве из применяемых подходов, предлагается подход [2], где используются полиномы, как правило, нормированные по определенному параметру. При этом для решения задачи обеспечения максимальной степени устойчивости представляет интерес также применение метода нелинейного программирования [3]. Для решения поставленной задачи в работе [4] предлагается на основе робастного расширения коэффициентного метода определить интервалы настроек регулятора, обеспечивающие заданные показатели качества. Ограничением данного метода является его использования только для приведенных к интервальному виду характеристических полиномов, что приводит к увеличению консерватизма системы. Поэтому представляет интерес усиление искомых настроек регулятора с целью получения не заданной степени робастной устойчивости, а максимальной. Данный показатель можно обеспечить, например, робастным расширением метода D-разбиения. При этом предлагается рассматривать интервальные характеристические полиномы (ИХП) с аффинным типом неопределенности их коэффициентов. Таким, образом, в данной работе на основе ИХП решается задача поиска максимальной степени робастной устойчивости линейной ИСУ и обеспечивающих ее параметров регулятора.

2. Робастное D-разбиение по интервальным настройкам ПИ-регулятора

Пусть задан ИХП вида $D(s) = \sum_{i=1}^m T_i A_i(s) + B(s)$, где T_i – образуют многогранник интервальных параметров, грани которого обозначим через G_{ij} (i и j – индексы интервальных параметров).

Запишем уравнение для построения границы области D-разбиения по двум интервальным параметрам T_i и T_j , $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, m}, i \neq j$, изменяющимся из вершины V_q : $k_1 \cdot A_1(\overline{T^q}, s) + k_2 \cdot A_2(\overline{T^q}, s) + \sum_k A_k(\overline{T^q}, s) + B(s) = 0$

На основе D-разбиения по двум параметрам запишем условие обеспечения в ИСУ допустимых корневых показателей робастного качества.

Условие 2. При изменении интервальных параметров T_i и T_j , $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, m}$, $i \neq j$ по ребрам грани G_{ij} в ИСУ обеспечиваются робастная устойчивость и колебательность в допустимой области корневой плоскости с границей $s = -\alpha(\beta) + j\beta$, если прямоугольник изменения параметров T_i и T_j , принадлежит области D-разбиения по этим параметрам.

3. Методика синтеза робастного регулятора

- 1) Коэффициентным методом [4] найти настройки регулятора \vec{k} , обеспечивающие заданную степень робастной устойчивости $\eta_{зад}$.
- 2) При найденных настройках регулятора построить реберный маршрут многогранника интервальных параметров системы управления.
- 3) Отобразить найденный маршрут на корневую плоскость и определить степень устойчивости α , образ которой наиболее близок к мнимой оси.
- 4) Построить D-разбиение по настройкам регулятора \vec{k} в вершинах найденного маршрута (задав границу $s = -\alpha(\beta) + j\beta$, где значение α определено в п.3.) и определить интервалы настроек регулятора \vec{k} лежащие внутри области устойчивости.
- 5) Найти пересечения областей настройки регулятора \vec{k} и определить диапазон настройки регулятора \vec{k} .
- 6) Подставить интервалы настроек регулятора \vec{k} в вершины построенного в п.2 граничного маршрута и выбрать настройки регулятора \vec{k} обеспечивающее максимальную степень устойчивости.

4. Числовой пример

Рассмотрим систему силовой разгрузки (ССР), которая должна обеспечивать плавное и точное перемещение груза в пределах рабочей зоны при непосредственном воздействии оператора на груз рукой небольшим направленным усилием. ССР представляет собой двухмассовую систему с упругой связью в виде троса, связывающего груз и электропривод.

Анализ передаточных функций ССР по возмущению в установившемся режиме с различными регуляторами показал, что в системе целесообразно использовать ПИ-регулятор, который обеспечивает астатизм 1-го порядка. Его передаточная функция имеет вид $W_p(s) = (k_1 + k_2s) / s$. В результате математического описания ССР [4] составлена ее структурная схема (рис. 1).

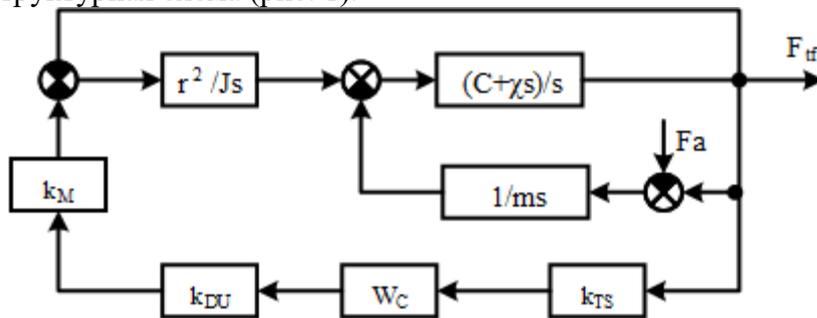


Рис. 1. Структурная схема ССР

Необходимо на основе разработанного алгоритма найти настройки \vec{k} регулятора и значение обеспечиваемой ими максимальной степени α устойчивости в наихудшем режиме ССР.

В результате определяем $k_2 = 0.3$; $k_1 = 49.5$, обеспечивающие максимальную степень устойчивости $\alpha_{max} = 109$.

Для проверки полученных результатов построен интервальный корневой годограф ССР во всех вершинах (рис. 2).

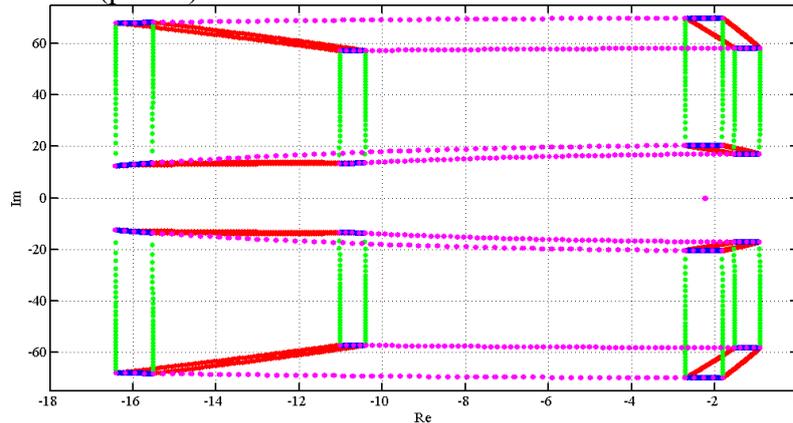


Рис. 2. Интервальный корневой годограф ССР

Из рисунков видно, что методика работоспособна и позволяет решать поставленную задачу.

5. Заключение

Для повышения быстродействия ИСУ разработана методика параметрического синтеза робастного регулятора. Данная методика позволяет максимизировать степень робастной устойчивости ИСУ на основе многоэтапного параметрического синтеза с применением интервального расширения коэффициентного метода и робастного расширения метода D-разбиения. Методика апробирована на числовом примере реальной ИСУ.

Выполненные исследования поддержаны ГЗ Наука, грант FSWW-2020-0014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang L. Robust strong stabilizability of interval plants: it suffices to check two vertices // System and control letters. – 1995. – № 26 – С. 133–136.
2. Kim D.P. Synthesis regulator maximum degree of stability // Drive Technology. – 2003. – no. 4. – P.52–57.
3. Tatarinov A.V., Tsirlin A.M. Mathematical programming problems containing complex variables, and the maximum degree of stability of linear dynamical systems // Bulletin RAS. Ser. Computer and Systems. – 1995. – no. 1. – С. 28–33.
4. Ezangina T. A., Gayvoronskiy S. A. The synthesis of the robust Stabilization system of cable tension for the test Bench of weightlessness simulation // Advanced Materials Research. – 2014. – vol.1016 – P. 394–399.

КЕЙС-МЕТОД - СОВРЕМЕННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

И.А. Лариошина, М.Н. Янушевская

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: vela2007@bk.ru

CASE METHOD - MODERN EDUCATIONAL TECHNOLOGY

I.A. Larioshina, M.N. Yanushevskaya

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Annotation. This article presents the advantages of using the case method in the educational process, and lists the skills that can be formed in students when using this technology by teachers.

В современных условиях оценка качества усвоения учебного материала студентами не должна сводиться только к тестированию остаточных знаний по каждой дисциплине в