

ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СВЕРХУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ

Берсенева Н.В., Уткин В.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

nick.e-note@yandex.ru, vicutkin@ipu.ru

Аннотация: Настоящая работа описывает подход к синтезу сверхустойчивых систем с заданной степенью устойчивости. Процедура синтеза управления оптимизируется по перерегулированию по выходу на основе оценки, основанной из сверхустойчивости системы. Важным элементом предлагаемого подхода является принцип блочного управления, который позволяет декомпозировать решаемую проблему на задачи меньшего размера.

Ключевые слова: модальное управление, сверхустойчивость, оптимальный синтез.

Введение

Теория автоматического управления системами с неопределенными параметрами является актуальной задачей среди исследователей. Известны разные подходы к решению таких задач. Принято различать два направления робастной теории систем управления: проблемы анализа и проблемы синтеза. К первым относятся результаты об интервальной устойчивости полиномов [1], робастные частотные методы [2], метод D -разбиений. Методы синтеза робастного управления включают в себя методы квадратичной стабилизации, основанные на поиске общей квадратичной функции Ляпунова, линейной квадратичной оптимизации, H_∞ - оптимизации [4].

В настоящей статье рассматривается задача стабилизации линейной стационарной системы с неопределенными коэффициентами. Предполагается, что свойства структурной управляемости, определяемые номинальной системой, сохраняются во всех допустимых интервалах неопределенности параметров. Для синтеза управления используется понятие сверхустойчивой системы, описанное в [3], а также преобразование системы к блочно-управляемой форме [6].

Основная часть настоящей статьи посвящена синтезу управления для получения сверхустойчивой системы с заданной степенью устойчивости. Процедура синтеза управления оптимизируется по параметру перерегулирования по выходу.

1 Постановка задачи

Рассматривается линейная стационарная система

$$(1) \quad \dot{x} = Ax + Bu, y = Dx,$$

Где $x \in R^n$, $u \in R^m$, $y \in R^p$ – векторы состояния, управления и выхода соответственно. $A = \bar{A} + \tilde{A}$, $B = \bar{B} + \tilde{B}$ – постоянные матрицы соответствующих размерностей, \bar{A}, \bar{B} – матрицы с известными коэффициентами, а \tilde{A}, \tilde{B} – матрицы с интервально неопределенными коэффициентами. Пара A, B – управляема во всем диапазоне неопределенностей. Систему $\dot{x} = \bar{A}x + \bar{B}u$ будем называть номинальной системой.

Ставится задача стабилизации системы (1) при помощи выбора линейной обратной связи так, чтобы замкнутая система имела заданную степень устойчивости.

$$(2) \quad \min\{-\operatorname{Re} \lambda_i\}_{i=1,n} \geq \sigma > 0.$$

Предлагаемый подход к решению этой задачи основан на понятии сверхустойчивой системы.

1.1 Сверхустойчивые системы

Замкнутая система $\dot{x} = Ax$, $A = (a_{ij})$ называется сверхустойчивой, если её матрица имеет преобладающую главную диагональ [3]:

$$(3) \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}: a_{ii} + \sum_{j=1, j \neq i}^n |a_{ij}| \leq -\sigma,$$

где $\sigma > 0$. Согласно критерию Адамара [8], такая матрица имеет степень устойчивости не ниже:

$$(4) \quad \eta = \min\{-\operatorname{Re} \lambda_i\}_{i=1,n} \geq \sigma,$$

Где λ_i – собственные значения матрицы A . Согласно [9], точное решение такой системы ограничено экспонентой:

$$(5) \quad \|x(t)\|_{\infty} \leq \|x(0)\|_{\infty} e^{-\sigma t}, t \geq 0.$$

Неравенство (5) можно использовать для оценки перерегулирования в сверхустойчивой системе. В настоящей работе ставится задача синтеза линейной обратной связи такой, чтобы замкнутая система была сверхустойчивой с заданной степенью устойчивости. Процедура синтеза оптимизируется по перерегулированию выхода в замкнутой системе.

$$(6) \quad u = Fx, \max_{\|x\| \leq 1, t \geq 0} y(t) \rightarrow \min.$$

2 Заключение

В настоящей статье мы предлагаем подход к синтезу модального управления для получения сверхустойчивой системы с заданной степенью устойчивости при минимальном перерегулировании по выходу. Важным моментом в этом подходе является использование блочной формы управления. Эффективность этого алгоритма была продемонстрирована на примере системы SISO третьего порядка.

Литература

1. Харитонов В. Л. Асимптотическая устойчивость семейства систем линейных дифференциальных уравнений // Дифференц. уравнения. 1978. Т. 1. Вып. 11. С. 2086–2088.
2. Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З. Частотные критерии робастной устойчивости и апериодичности линейных систем // АиТ. 1990. № 9. С. 45–54.
3. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. М.: Наука, 2002.
4. Краснова С.А., Сиротина Т.Г., Уткин В.А. Структурный подход к робастному управлению // Автоматика и телемеханика. 2011. № 8. С. 65–95.
5. Ackermann J. Robust control: systems with uncertain physical parameters. N. Y.: Springer-Verlag, 1993.
6. Дракунов С.В., Изосимов Д.Б., Лукьянов А.Г. и др. Принцип блочного управления I // АиТ. 1990. №5. С.38–47.
7. Boyd S.L., El Ghaoui L., Feron E., Balakrishnan V. Linear matrix inequalities in systems and control theory, Philadelphia: SIAM, 1994.
8. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц, М. Наука, 1967.
9. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Сверхустойчивые линейные системы управления. I. Анализ”, Автомат. и телемех., 2002, № 8, 37–53.

МОДЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ И МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ КАК МЕТОД САПР ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

Бродский Ю.И.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН,
Россия, г. Москва, ул. Вавилова д.40
yury_brodsky@mail.ru

Аннотация: Предлагается новая парадигма программирования, с более высоким уровнем инкапсуляции, нежели в объектно-ориентированном подходе. Ее ключевые особенности – исключение императивного программирования и ориентированность на распределенные и параллельные вычисления. Предлагаемый подход применим для достаточно широкого круга задач, включая создание имитационных моделей сложных крупномасштабных систем.

Ключевые слова: крупномасштабные системы, высокопроизводительные вычисления, модельный синтез, модельно-ориентированное программирование, имитационное моделирование.

Введение

Исторически смена парадигм программирования сопровождалась укрупнением, агрегированием основного инструмента деятельности программиста. Начиналось все с машинной команды, затем, с появлением языков программирования высокого уровня – таким инструментом стал оператор языка, реализующий некое законченное действие, возможно, с помощью нескольких машинных команд. С