



Литература

1. Chubraeva L. I., Shyshlakov V. F., Turubanov M. A., Tymofeyev S. S., Volkov D. A. Development of a Model Wind and Solar Power Installation Comprising High-Temperature Superconductors // Energy Science and Technology ISSN 1923-8460 [Print] 1923-8479 [Online] 2013. vol.6 no.2. pp.64 – 70.
2. Андреев Е. А., Волков Д. А., Орлов А. Р., Чубраева Л. И., Шишляков В. Ф. Автономная электроэнергетическая установка с использованием высокотемпературных сверхпроводников // Сверхпроводимость: Исследования и разработки. 2009. №14. С.7-12.
3. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Синтез и моделирование автономной электроэнергетической установки // «Информационно-управляющие системы». 2008. № 4. С.12– 14.
4. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Исследование аномальных режимов работы автономной электроэнергетической установки // «Информационно-управляющие системы», 2009. № 1. С.15-20.
5. Шишляков В. Ф. Синтез нелинейных САУ с различными видами модуляции: Монография. СПб.: СПбГУАП, 1999. 268с.
6. Никитин А. В., Шишляков В. Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления: Монография / Под. Ред. В. Ф. Шишлякова. СПб. СПбГУАП, 2003. 358с.
7. Шишляков В.Ф., Цветков С.А., Шишляков Д.В. Синтез параметров непрерывных и импульсных многосвязных систем автоматического управления: Монография. Под ред. В.Ф. Шишлякова, ГУАП, СПб, 2008, 180с.
8. Чубраева Л.И., Ронжин А.Л., Шишляков А.В., Ронжин А.Л., Шишляков В.Ф. Концепция построения интеллектуальных защищенных систем управления для объектов децентрализованной энергетики // Труды СПИИРАН, 2014, выпуск 2. С.207 – 227.

В.Ф. Шишляков^а, А.В. Шишляков^б, Д.В. Шишляков^а

СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТОРОВ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫХ САУ ПРИ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

(^аСанкт-Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения,

^бОАО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»»)

В докладе рассматривается решение задачи синтеза параметров законов управления многосвязных систем автоматического управления (САУ) при аппроксимации характеристик нелинейных элементов аналитическими и иррациональными функциями. В качестве математического аппарата применяется обращение прямого вариационного метода анализа – обобщенного метода Галеркина – на решение поставленной задачи [1 – 6]. Показано преимущество



данных способов аппроксимации нелинейностей для САУ с гладкими нелинейностями, исключающее необходимость определения точек переключения нелинейных характеристик при работе алгоритма.

Многие элементы и устройства САУ имеют гладкие нелинейные статические характеристики, а возможность кусочно-линейной аппроксимации применительно к гладким нелинейным характеристикам, связана как с физикой процесса функционирования исследуемой системы, так и с видом нелинейной характеристики. Теоретически любую нелинейную характеристику можно аппроксимировать кусочно-линейными участками, однако с точки зрения достоверности функционирования системы подобная модель может оказаться не адекватной реальной САУ.

Для решения задачи синтеза нелинейных САУ произвольной структуры и порядка, в том числе многосвязных, при кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик, хорошо зарекомендовал себя метод синтеза, математическую основу которого составляет обращение на решение задачи синтеза одного из прямых вариационных методов анализа – обобщенного метода Галеркина [1 – 6].

Данный подход дает возможность с единых математических, методологических и алгоритмических позиций решать задачу синтеза параметров регулятора (оператора управления) по заданным показателям качества работы САУ в переходном режиме для широкого класса линейных и нелинейных систем управления: непрерывных, импульсных (различными видами модуляции сигнала), дискретных (с несколькими импульсными элементами, работающими как синхронно, так и не синхронно, с одной и несколькими частотами прерывания), дискретно-непрерывных, в том числе и со звеньями чистого запаздывания.

Общая схема решения задачи синтеза параметров закона управления для нелинейных САУ подробно изложена в [1 – 6], где показано, что задача синтеза обобщенным методом Галеркина в вычислительном плане представляет собой задачу нелинейного программирования с целевой функцией, построенной на основе уравнений Галеркина, которая для многосвязных систем имеет вид

$$J = \sum_{j=1}^{\max\{s,r,l\}} J_j, \min_{c_k} J. \quad (1)$$

$$\text{здесь } J_j = \sum_{q=1}^{m_j} \left\{ \sum_{i=0}^{n_j} a_{ij}(c_k) A_{qij} + \sum_{i=0}^{u_j} b_{ij}(c_k) B_{qij} - \sum_{i=0}^{v_j} e_{ij}(c_k) C_{qij} \right\}^2,$$

где $q=1,2,\dots,m$ – число искоемых параметров c_k закона управления $a_i(c_k)$, $b_i(c_k)$, $c_i(c_k)$ – вещественные постоянные коэффициенты полиномов оператора обобщенного дифференцирования D уравнения движения нелинейной многосвязной САУ, степеней n , u , v , соответственно; A_{qi} , B_{qi} , C_{qi} – интегралы Галеркина:



$$\begin{aligned} A_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{x^0(t)\} e^{-p_q t} dt = A_{qi} p_q^{i-1}, \quad i=0,1,\dots,n, \\ B_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{F[x^0(t)]\} e^{-p_q t} dt = B_{qi} p_q^{i-1}, \quad i=0,1,\dots,u, \\ C_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{f(t)\} e^{-p_q t} dt = C_{qi} p_q^{i-1}, \quad i=0,1,\dots,v, \end{aligned} \quad (2)$$

здесь $x^0(t)$ – желаемое программное движение [1, 2], $F[x^0(t)]$ – нелинейная характеристика, $f(t)$ – внешнее входное воздействие; $e^{-p_q t}$ – система из m непрерывно дифференцируемых линейно-независимых координатных функций, представляющих собой полную систему функций.

Как следует из соотношений (1) и (2) для распространения обобщенного метода Галеркина на многосвязные системы с аппроксимацией нелинейных характеристик аналитическими или иррациональными функциями необходимо определить интегралы B_{qi} .

Данные соотношения были определены [7 – 9] для программного движения вида

$$x^0(t) = (x_y + H^* e^{-\alpha t}) 1(t),$$

где x_y – значение желаемого процесса $x^0(t)$ при $t = \infty$; $H^* = x_0 - x_y$; x_0 – начальное значения желаемого процесса в момент времени $t = +0$, а показатель затухания процесса α , определяется исходя из соотношения

$$\alpha = \frac{3 + 4}{T_{п.п.}},$$

здесь $T_{п.п.}$ – время переходного процесса.

Таким образом, полученные рекуррентные соотношения [7 – 9], дают возможность полностью алгебраизировать решение задачи синтеза параметров законов управления нелинейных непрерывных многосвязных САУ, динамика которых описывается дифференциальными уравнениями произвольно высокого порядка и содержащих нелинейные элементы, характеристики которых целесообразно аппроксимировать аналитическими и иррациональными функциями.

В ходе решения поставленной задачи обобщенный метод Галеркина был распространен на решение задачи синтеза непрерывных многосвязных систем автоматического управления при аппроксимации нелинейных характеристик аналитическими и иррациональными функциями. Показаны преимущества данных видов аппроксимации по сравнению с кусочно-линейной, при использовании обобщенного метода Галеркина в качестве математического аппарата для решения задачи синтеза параметров регуляторов САУ.

Литература

1. Шишляков В. Ф. Синтез нелинейных САУ с различными видами модуляции: Монография. СПб.: СПбГУАП, 1999. 268с
2. Никитин А. В., Шишляков В. Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления: Монография / Под. Ред. В. Ф. Шишлякова. СПб. СПбГУАП, 2003. 358с



3. Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Параметрический синтез многосвязных систем автоматического управления обобщенным методом Галеркина // Информационно-управляющие системы. 2006. № 3. С. 51-62.

4. Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Параметрический синтез многосвязных систем автоматического управления во временной области // изв. Вузов сер. Проблемы энергетики. 2006. № 12. С.49-54.

5. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Синтез многосвязных систем автоматического управления во временной области // изв. Вузов сер. Приборостроение. 2007. №12. С.13-17.

6. Шишляков В.Ф., Цветков С.А., Шишляков Д.В. Синтез параметров непрерывных и импульсных многосвязных систем автоматического управления: Монография. Под ред. В.Ф. Шишлякова, ГУАП, СПб, 2008, 180с.

7. Турубанов М.А., Шишляков В.Ф., Шишляков А.В. Импульсная система управления комбинированной солнечно- и ветроэнергетической установкой со сверхпроводниковым оборудованием // Информационно-управляющие системы. 2014. 33. С.8 – 18.

8. Чубраева Л.И., Шишляков А.В. Синтез электромеханических систем автоматического управления при аналитической аппроксимации характеристик нелинейных элементов // информационно-управляющие системы. 2014. №2. С.2 – 7.

9. Шишляков В.Ф., Анисимова Е.В., Шишляков А.В., Шишляков Д.В. Синтез параметров закона управления для нелинейных САУ при различных видах аппроксимации характеристик // изв. Вузов сер. Приборостроение. 2015. Т.58, №9. С.701-706.

Л.В. Яблокова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПАРАДИГМЫ ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ В СРЕДЕ MATLAB

(Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва)

Информатика, как технологическая наука, должна по определению включать прагматику, а это, в свою очередь, должно предполагать постоянное сравнение ее составляющих. Как известно, количественной мерой любого результата является оценка, основанная на соответствующих критериях и нормах, которые действуют в рамках размерности, определяемой природой их ценности. А прагматическая природа информатики предполагает, что остается и используется только самое эффективное. Все остальное либо выбраковывается, либо переосмысливается и, в конечном счете, обновляется. Чего же мы ждем от наших программ предназначенных для научных исследований, чего хотим от конкретной реализации в частности? Мы хотим, чтобы программа работала правильно и надежно, но кроме этого, нам нужно, чтобы она была легко адаптируема к но-