

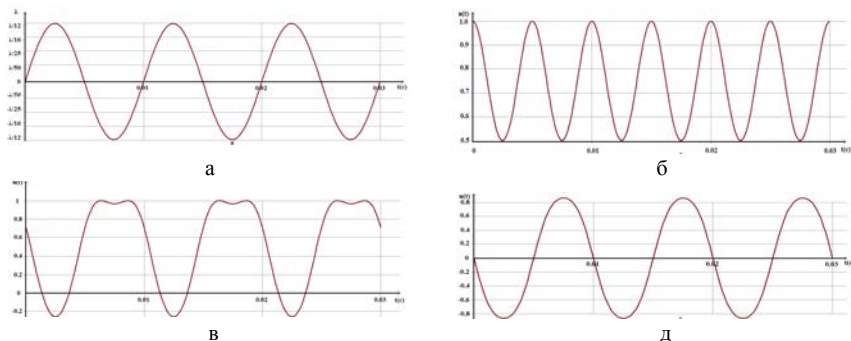


Рис. 4. а) Форма колебаний исследуемой поверхности с амплитудой $a = \lambda/12$; б) Вид выходного напряжения с фотодетектора при $\delta\varphi = 0$; в) Вид выходного напряжения с фотодетектора при $\delta\varphi = \pi/4$; д) Вид выходного напряжения с фотодетектора при $\delta\varphi = \pi/2$.

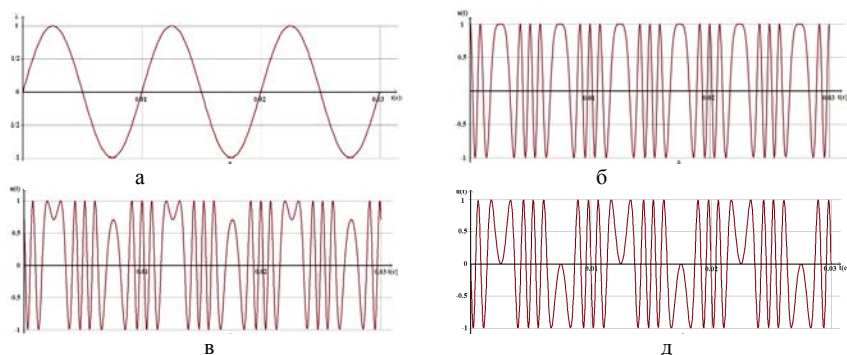


Рис.2. а) Форма колебаний исследуемой поверхности с амплитудой $a = \lambda$; б) Вид выходного напряжения с фотодетектора при $\delta\varphi = 0$; в) Вид выходного напряжения с фотодетектора при $\delta\varphi = \pi/4$; д) Вид выходного напряжения с фотодетектора при $\delta\varphi = \pi/2$.

Таким образом, предлагаемый способ исследования колебаний поверхности на основе спекл-интерферометрии одиночного спекла позволяет проводить измерения с высокой точностью и в широком амплитудном и частотном диапазонах.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-08-06330-а и № 16-08-00571-а.

Литература

1. Rastogi P.K., Digital Speckle Pattern Interferometry and Related Techniques, Wiley, England, 2001.
2. Yamaguchi I., Holography, speckle, and computers. Optics and Lasers in Engineering. 39, (2003), pp. 411–429.



3. Mohan N.K., Rastogi P., Recent developments in digital speckle pattern interferometry. Optics and Lasers in Engineering. 40, (2003), pp. 439–445.

4. Осипов, М.Н., Хохлов, В.А. Чекменев А.Н. Развитие цифровой спекл-интерферометрии для исследования динамических процессов в реальном времени. // Вестник Самарского государственного университета. - 2013. - №9/2(110). – С. 109-118.

5. Осипов М.Н., Шарафутдинов Н.А., Щеглов Ю.Д., Фалилеев И.Н., Федина М.Е. Автоматизированный комплекс определения форм и частотных характеристик собственных колебаний. Известия Самарского центра РАН. 2015. т.17, № 2(5). С. 1072-1075.

6. Michael Osipov, Nikita Sharafutdinov, Yury Sheglov, Ivan Falileev, Mariya Fedina. Determination of frequency characteristics of mechanical constructions in real time by speckle interferometry. // Procedia Engineering, Volume 106, 2015, pp. 224–230, doi:10.1016/j.proeng.2015.06.028.

А.В. Шишляков^а, В.Ф. Шишляков^б

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НАСТРОЙКИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

^аОАО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»»,
^бСанкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения)

Создание систем автоматического управления (САУ) электроэнергетическими объектами [1 – 4] предполагает синтез алгоритма управления с помощью программного комплекса, реализующего метод решения задач синтеза и оптимизации нелинейных систем, математическую основу которого составляет обращение обобщенного метода Галеркина [5 – 7].

Разработанный программный комплекс [6, 8], реализующий обобщенный метод Галеркина, дает возможность осуществлять проектирование сложных, существенно нелинейных систем автоматического управления различных классов с оптимизацией их параметров по различным критериям оптимальности.

Программный комплекс, построен по блочно-модульному принципу, что делает его универсальным и дает возможность использовать основной блок комплекса для синтеза элементов, устройств и систем управления различных классов и структур, динамика которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями произвольного (в общем случае n -го) порядка. Входящие в состав программного комплекса модули объединены общим интерфейсом (рис. 1, 2).

При формировании уникального программного обеспечения для решения задачи синтеза алгоритма управления конкретной САУ в диалоговом режиме пользователь должен выполнить следующие операции:

- задать класс рассматриваемой системы (линейная или нелинейная);



- определить тип модулятора, стоящего в САУ (или в случае непрерывной системы указать на его отсутствие);
- задать вид и параметры внешнего входного воздействия и желаемого программного движения;
- из каталога нелинейных характеристик выбрать требуемые и задать их параметры (пример диалогового окна показан на рисунке 2);
- задать количество варьируемых параметров и границы изменения их возможных значений;
- определить число этапов и точность поиска значений варьируемых параметров, а также количество шагов на каждом этапе.

Таким образом, с помощью программного комплекса определяются значения варьируемых параметров, доставляющие минимум соответствующей целевой функции, что является косвенной оценкой степени приближения процесса в САУ с синтезированными параметрами к заданному желаемому программному движению. Полученные в результате решения задачи синтеза параметры будут обеспечивать в системе управления приближенное воспроизведение заданных показателей качества ее работы в переходном режиме.

Если же в области заданных ограничений на значения варьируемых параметров c_k не будет найдено ни одно сочетание, обеспечивающее выполнение условий устойчивости или минимизации целевой функции, то программа выдаст соответствующую информацию. В этом случае пользователю программного комплекса следует повторить решение задачи после выполнения следующих рекомендаций:

- изменить ограничения на значения варьируемых параметров;
- изменить параметры желаемого программного движения;
- усложнить структуру синтезируемого регулятора.

Все указанные рекомендации возможно выполнить, если это допускается условиями проектирования. Обоснованность подобных рекомендаций обусловлена следующим. При проектировании нелинейных САУ достаточно сложно задать заведомо реализуемое при заданной структуре системы и регулятора программное движение. Поэтому изменение параметров программного движения или структуры регулятора, равно как и технических ограничений на значения искомых параметров может позволить решить задачу параметрического синтеза проектируемой системы управления.

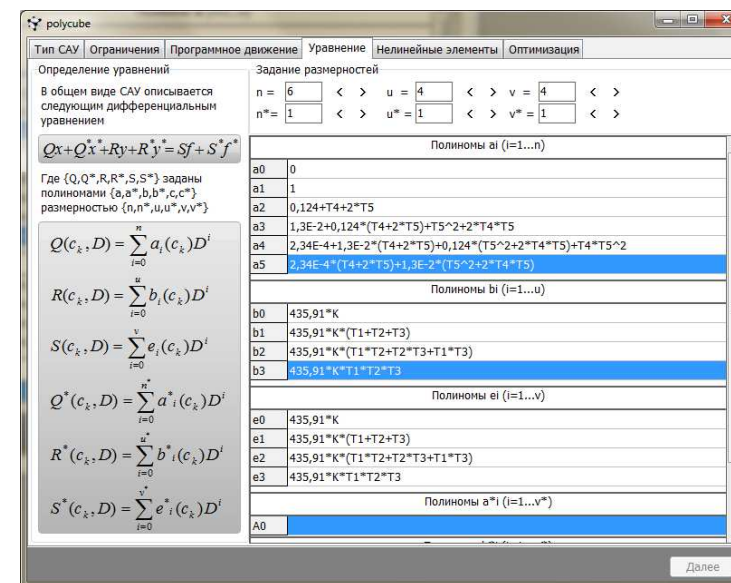


Рис. 1. Интерфейс формирования математической модели синтезируемой САУ

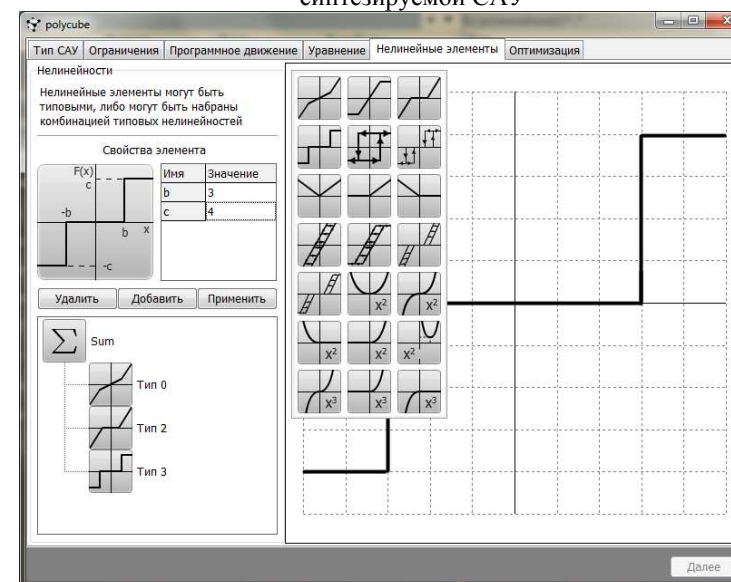


Рис. 2. Каталог типовых нелинейных характеристик



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: