

УДК 621.396.23;681.3.06

КОНСТРУИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

И.В. Тюрин, А.Е. Чуфистов

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем,
ГОУ ВПО «ТГТУ»*

Ключевые слова и фразы: оптимальное управление; синтез управляющих воздействий; экспертная система; энергосбережение.

Аннотация: Освещаются проблемы оптимального управления электротермическими объектами на примере многозонных печей производства терморезисторов. Приводятся постановки задач энергосберегающего управления и результаты их решения. Рассматриваются структуры систем оптимального управления.

Введение

Актуальность задач ресурсосбережения определяется современными отечественными и международными экологическими и экономическими требованиями к промышленному оборудованию. Требуется переход на новые технологии, внедрение концепции «бережливого производства». Необходимость решения таких задач определяет, в частности, введенный 01.09.2000 г. ГОСТ Р 51380-99, устанавливающий нормативные значения показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции производственно-технического назначения и бытового потребления на стадиях ее жизненного цикла.

В странах Европейского сообщества в настоящее время проводятся работы в рамках проекта «Энергетическая эффективность – XXI» (ЕЕ-21) Европейской экономической комиссии ООН под эгидой Комитета по устойчивой энергетике для решения проблем энергоэффективности. В условиях рыночной экономики, материальные и невозобновляемые энергетические потоки на входе в социально-экономическую систему учитываются ценами, выражающими лишь затраты на извлечение природных богатств без учета реальной ценности добываемого и потребляемого ресурса. Цены произведенного товара не отражают в себе губительных последствий воздействия на экологическую систему, энергетических затрат и

потоков отходов в виде твердых, жидких, газообразных сред. Существует предел, выше которого нельзя использовать природные ресурсы при производстве продукции.

Для выпуска отечественной промышленностью конкурентоспособных товаров, необходимы комплексные исследования существующих технологических процессов, по результатам которых принимаются меры по реинжинирингу производства. Особое внимание при анализе промышленных ситуаций следует уделять производству продукции эффективно функционирующей в критических и опасных ситуациях.

Задачи синтеза энергосберегающих управляющих воздействий

На промышленных предприятиях различного профиля широко используется разнообразное энергоемкое оборудование (установки для термообработки материалов, смесительные машины по производству полимерных материалов, вулканизаторы, электрокамерные печи, многозонные электропечи, многосекционные сушилки вальце-ленточного типа и др.). Значительное число электрических тепловых аппаратов представляют собой нелинейные системы с распределенными параметрами. Типичными примерами таких объектов являются многозонные электрические печи и многосекционные сушилки. При решении задач управления подобные объекты рассматриваются как сложные или многомерные, то есть имеющие несколько входов и выходов, причем каждый вход влияет на несколько выходов, и, соответственно, выход зависит от нескольких входов. В зарубежных источниках подобные объекты получили название MIMO (Multi Input Multi Output)–систем [1].

Примером такого объекта является n -зонная электрическая печь, в которой в качестве входов рассматриваются управляющие воздействия u_i , $i = \overline{1, n}$, подаваемые на нагревательные элементы зон, а выходы – температуры y_i , $i = \overline{1, n}$ в центрах зон. Изменение управления u_i влечет изменение температуры y_i , а также температур в соседних зонах y_{i-1} и y_{i+1} .

Нелинейный характер модели динамики применительно к одной зоне печи обусловлен изменением параметров модели в зависимости от температуры. Для учета данного обстоятельства модель динамики в широком диапазоне температур (более 1000 °С) рассматривается как многостадийная и записывается в виде системы линейных дифференциальных уравнений с разрывной правой частью [2]. Изменение правых частей происходит при переходе от одного температурного диапазона к другому.

Основная цель энергосберегающего управления – минимизировать затраты электрической энергии при функционировании печи. Для достижения данной цели рассматриваются две задачи – энергосберегающий разогрев печи и оптимальная стабилизация режимов работы, задаваемых технологическим регламентом.

Первая задача формулируется следующим образом. Требуется перевести объект из начального состояния в момент времени t_0 , характеризуемое значением вектора фазовых координат $z(t_0)$, в конечное $z(t_k)$, за время $\Delta t = t_k - t_0$ при ограничении на управления и минимуме суммарных затрат энергии. Таким образом, это задача оптимального управления при закрепленных концах траектории изменения вектора фазовых координат, фиксированном временном интервале, наложенных ограничениях на векторное управление и минимизируемом функционале в виде затрат энергии.

Для решения данной задачи при синтезе управляющих воздействий используется комбинированный метод, основанный на принципе максимума, динамическом программировании и методе синтезирующих переменных [3]. Принцип максимума применяется для определения видов функции оптимального управления, динамическое программирование – для расчета времен переключения между стадиями, а метод синтезирующих переменных – для оперативного вычисления параметров управляющих воздействий. В модели динамики объекта, при решении данной задачи, влияния соседних зон рассматриваются как возмущающие воздействия.

Вторая задача решается методом аналитического конструирования оптимальных регуляторов, модель динамики здесь содержит матрицы параметров, учитывающие взаимное влияние зон.

Новым элементом системы управления является формирователь модели динамики, наличие которого позволяет своевременно изменять параметры модели при переходе от одной стадии разогрева к другой.

Разработка алгоритмического, программного и аппаратного обеспечений является составной частью задачи оптимального проектирования системы управления. Ее решение заключается в выборе оптимального варианта системы из множества альтернативных. Международный опыт показывает, что во многих случаях создание новых систем с использованием традиционных способов проектирования не приносит ожидаемого результата.

В соответствии с международным стандартом ISO/IEC 12207 к основным этапам (фазам) жизненного цикла проектирования системы управления для сложных тепловых объектов с электронагревом следует отнести: формирование концепции, проведение научно-исследовательских работ, проектирование, изгото-

товление, внедрение (инсталляция системы) и завершение проекта. Здесь в качестве исходных данных каждого последующего этапа являются результаты работ предыдущего. После завершения каждой фазы проекта принимаются ключевые решения.

Применение новых информационных технологий позволяет значительно повысить критерий эффективности, поэтому для проектирования систем управления для различных промышленных объектов использовалась многофункциональная информационно-инструментальная среда (МИИС) [4], основу которой составляет экспертная система энергосберегающего управления (ЭСЭУ) [5]. В ЭСЭУ реализована методология построения гибридных экспертных систем, предназначенных для решения задач управления различным энергоемким промышленным оборудованием.

В базе знаний ЭСЭУ используются как теоретические методы оптимального энергосберегающего управления, так и знания экспертов. При создании базы знаний использовались концепция наследования и принципы комплексирования. Концепция наследования позволяет ускорить процесс создания новых и совершенствование существующих фреймов базы знаний в направлении расширения множества используемых моделей объектов, ограничений на траектории фазовых координат и скорости изменения управляющих воздействий, учета лимита энергии и др., встречающихся при реальной эксплуатации систем. Принципы комплексирования заключаются в повышении точности или робастности систем ресурсосберегающего управления за счет использования совокупной информации, полученной на основе аналитических методов оптимального управления, знаний экспертов и накопленных результатов реальной эксплуатации систем управления. Так формируется единое информационно-вычислительное пространство для проектирования систем оптимального управления.

Заключение

Разработанная ЭСЭУ позволяет в автоматизированном режиме решать прямые и обратные задачи оптимального энергосберегающего управления. Это требует использования методов, которые на основе значительного снижения размерности массивов переменных и параметров, участвующих в решении задач, позволяют визуализировать ход и получить результаты для проектировщика систем управления [2, 4].

Главными особенностями разработанной многофункциональной информационно-инструментальной среды являются уникальная база знаний и программное обеспечение, позволяющее оперативно переходить от одного проекта систе-

мы оптимального энергосберегающего управления к другому при решении широкого круга задач анализа и синтеза оптимальных управляющих воздействий на множестве состояний функционирования сложных энергоемких промышленных объектов.

С помощью МИИС разработано алгоритмическое и программное обеспечение СОУ для установок термообработки магнитопроводов, смесительных машин по производству полимерных материалов, вулканизаторов, электрокамерных и многозонных печей, многосекционных сушилок, электродвигателей и др.

Список литературы

1. Гудвин, Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребен, М.Э. Сальгадо. – М. : БИНОМ, Лаборатория знаний. – 2004. – 911 с.

2. Муромцев, Д.Ю. Энергосберегающее управление сложными объектами / Д.Ю. Муромцев, И.В. Тюрин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 11. – С. 24–28.

3. Муромцев, Д.Ю. Синтез энергосберегающего управления многостадийными процессами комбинированным методом / Д.Ю. Муромцев, Ю.Л. Муромцев, Л.П. Орлова // Автоматика и телемеханика. – 2002. – № 3. – С. 169–178.

4. Муромцев, Ю.Л. Информационно-инструментальная среда разработки алгоритмического обеспечения систем энергосберегающего управления промышленными объектами / Ю.Л. Муромцев, И.В. Тюрин // Проблемы управления. – 2007. – № 5. – С. 69–75.

5. Свидетельство № 950464 об официальной регистрации программы для ЭВМ. Экспертная система «Энергосберегающее управление динамическими объектами» (EXPSYS) / Муромцев, Ю.Л., Муромцев, Д.Ю., Орлова, Л.П. (РФ); зарегистрир. РосАПО 19.12.95.

DESIGN OF MICROPROCESSOR SYSTEMS OF ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT OF COMPLEX OBJECTS

I.V. Tyrin, A.E. Chufistov

Key words and phrases: energy efficiency; expert system; optimal control; syntheses controlling influence.

Abstract: The problems of optimal thermal-electric objects control are illustrated with the example of multizone thermistor furnaces. Problem statements for energy conservation control and the results of their solution are presented, and optimal control system structures are examined.