

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОКАМЕРНЫМИ ПЕЧАМИ

О.А. Белоусов (ГПУ)

Рассматриваются задачи управления электрокамерными печами, реализуемые интеллектуальной системой, алгоритмическое обеспечение которой получено с использованием методов синтезирующих переменных и нечеткой логики. Коррекция параметров моделей и технологические настройки системы могут выполняться в режиме удаленного доступа на базе технологии Miniwebserver (MWS). Приводятся структура и характеристики системы.

Основными энергоемкими объектами на многих промышленных предприятиях являются электрические печи, в т.ч. различные электрокамерные печи, используемые для эффективной термообработки различных материалов. Особенности электрокамерных печей как объектов оптимального управления являются: большая энергоемкость, циклический характер режима работы, меняющаяся в зависимости от плановых заданий продолжительность включенного состояния, частые изменения объема и вида обрабатываемого материала, различная продолжительность состояния печи с открытой дверцей, изменения заданного значения температуры в зависимости от вида загружаемого материала. Основные затраты энергии электрокамерных печей связаны с начальным разогревом печи и догревом до требуемой температуры после открывания дверцы.

Для энергосберегающего управления печами требуется значительный объем входной информации, которая не остается постоянной, а претерпевает существенные изменения как в планируемые, так и в случайные моменты времени.

Актуальной задачей является разработка систем энергосберегающего управления, которые способны постоянно отслеживать вид и параметры модели динамики объекта и выбирать оптимальные режимы в любых встречающихся на практике состояниях функционирования. В данных системах управления все чаще стали находить применение методы искусственного интеллекта, в частности, нечеткие алгоритмы регулирования. Регуляторы, построенные на базе этой инновационной концепции, в ряде случаев способны обеспечить более высокие показатели качества переходных процессов по сравнению с классическими регуляторами.

При разработке системы энергосберегающего управления в качестве объекта управления рассматривается группа электрокамерных печей. В печах происходит нагрев изделий в окислительной среде под закалку, отжиг и другие виды термообработки при эксплуатации в различных режимах.

Математически задача оптимального управления (ЗОУ) с ограничениями на управляющее воздействие и фазовые координаты применительно к одной печи, динамика которого описывается дифференциальным уравнением второго порядка и формулируется следующим образом:

¹ Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П., Муромцев Д.Ю. Информационные технологии энергосберегающего управления динамическими режимами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2000. №7.

$$\begin{aligned} z_1^* &= z_2(t) \\ z_2^* &= a_1 z_1(t) + a_2 z_2(t) + bu(t - \tau); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\forall t \in [t_0, t_k]: u(t) \in U; \quad (2)$$

$$\forall t \in [t_0, t_k]: z_1(t) \in Z_1(\bullet); z_2(t) \in Z_2(\bullet); \quad (3)$$

$$J = \int_{t_0}^{t_k} f_0(u, t) dt \rightarrow \min_u; \quad (4)$$

$$u^*(\bullet) = (u^*(t), t \in [t_0, t_k]), \quad (5)$$

здесь $z = (z_1, z_2)^T$ – вектор фазовых координат, т.е. в нашем случае z_1 – температура в печи и z_2 – скорость ее изменения; $Z_1(\bullet)$, $Z_2(\bullet)$ – допустимые области изменения z_1 , z_2 ; u , U – управление и допустимая область его значений; t , t_0 , t_k – соответственно текущее время, начало и конец временного интервала управления; J – минимизируемый функционал; a_1 , a_2 , b – параметры модели объекта; τ – время запаздывания по каналу управления.

Сокращенно модель ЗОУ рассматривается как четверка параметров $\langle M, F, S, O \rangle$, где M – модель динамики объекта (1); F – минимизируемый функционал (4); S – стратегия управления, например программная (5) и O – ограничения (2), (3)¹. В случае управления группой печей рассматривается множество моделей ЗОУ, то есть $\{\langle M, F, S, O \rangle\}$.

При решении задач управления используется комбинированный метод, сочетающий методы синтезирующих переменных и нечеткой логики и позволяющий в РВ синтезировать энергосберегающие управляющие воздействия динамическими режимами камерных печей.

Практическая реализация управления тепловыми режимами печей осуществляется интеллектуальной системой, которая на основании сведений об окружающей среде, собственном состоянии и изменениях температуры в камере печи вследствие открывания дверцы ΔT и величины загрузки (догрузки) V вырабатывает энергосберегающие управляющие воздействия. Структура данной системы включает микропроцессорное Miniwebserver (MWS), промышленный контроллер, терминал ввода/вывода, рабочую станцию, в которой имеется экспертная система с базой знаний и БД. Экспертная система содержит сведения, полученные от экспертов о полном анализе энергосберегающего управления для конкретных четверок параметров, а также сведения о функциях принадлежностей нечетких множеств, алгоритмах

идентификации и др. В БД содержится информация о результатах ранее решенных задач энергосберегающего управления.

Варианты реализации системы энергосберегающего управления группой печей приведены на рисунке.

Для устранения возмущающих воздействий, связанных с открыванием дверцы и изменением загрузки печи, интеллектуальная система управления решает следующие задачи:

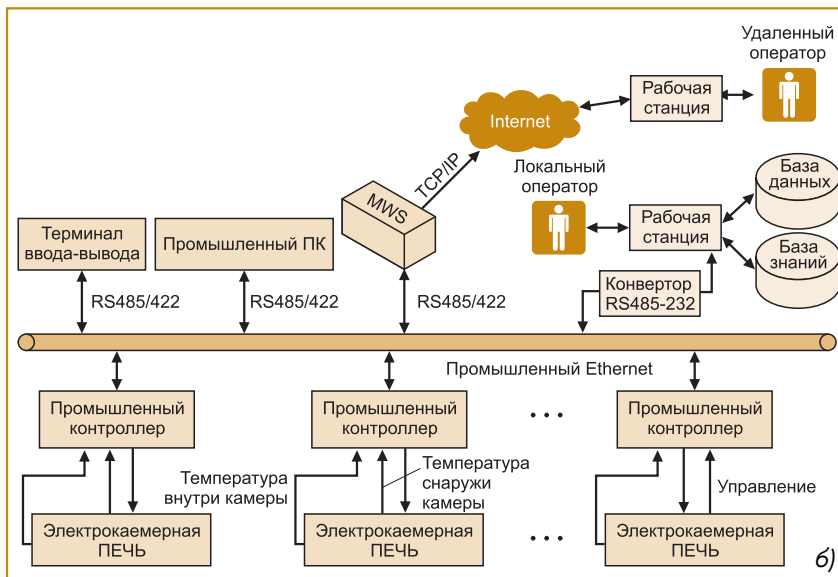
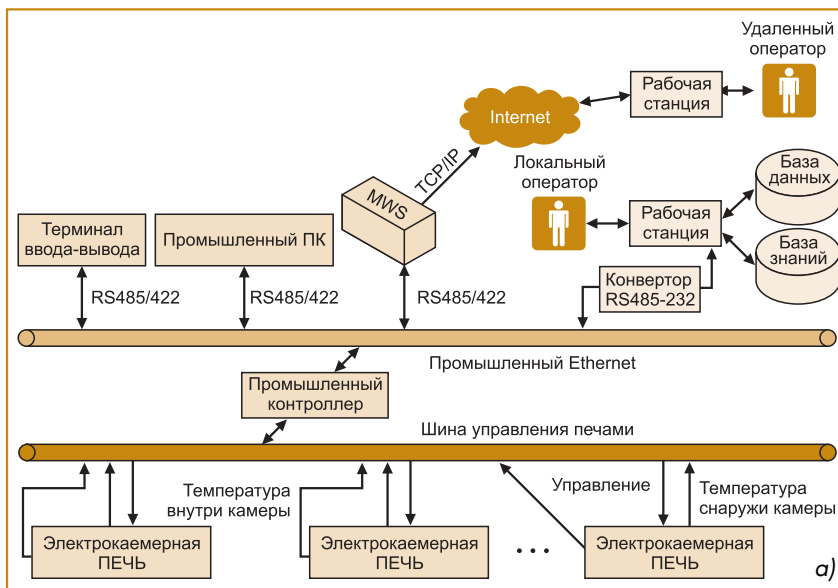
- идентификация модели динамики;
- определение модели ЗОУ и формирование массива исходных данных для численного решения задачи;
- определение вида функции оптимального управления;
- расчет параметров функции оптимального управления.

Если в базе знаний для полученной модели нет соответствующей четверки параметров, то осуществляется поиск наиболее подходящего прототипа модели и четверки. Данные представляются в цифровом и графическом виде.

Микропроцессорное устройство MiniWebServer реализовано на чипе IPC@CHIP (фирмы – BECK IPC GmbH), оно обеспечивает связь удаленного оператора с объектами, преобразование протоколов, мониторинг процессов и связи через Ethernet, Internet (<http://bcl.de>).

В состав ПО MWS входят: ОС RV (RTOS), выполняющая несколько обычных DOS-приложений, полный стек TCP/IP и интерфейсы для взаимодействия UDP и TCP разъемов, DHCP-клиент, FTP-сервер, Web-сервер, с возможностью использования CGI и API технологий ввода/вывода, PPP-сервер, time-клиент, email-клиент, telnet-сервер.

Для централизованного управления тепловыми режимами в печах предусмотрена возможность объединения данной программно-аппаратной платформы в промышленную сеть Ethernet, а также выход в глобальную сеть Internet. Это позволяет передавать данные о работе группы печей или участка термообработки на единую БД и базу знаний с возможностью не только постоянного визуального контроля и накопления данных, но и изменения или корректировки процесса термообработки в режиме удаленного доступа.



Структурная схема системы управления и мониторинга группой печей:
 а) с применением бортовых контроллеров;
 б) с одним многоканальным контроллером

Система универсальна, может использоваться с любым типом камерных печей. Она легка в эксплуатации, надежна, ремонтпригодна, адаптирована к жестким условиям производств термообработки различных изделий, имеет высокую помехозащищенность, что избавляет от установки фильтров в питающих сетях.

Внедрения данной системы на ФГУП "Тамбовский завод "Октябрь", ОАО "Тамбовполимермаш", ОАО-АРТИ-завод, Тамбовский завод "Электроприбор" и ОАО "Тамбовгальванотехника" и др. позволили снизить энергозатраты при эксплуатации электрокамерных печей на 10...15%, а также повысить качество продукции на 8%.

Белусов Олег Андреевич – аспирант кафедры конструирования радиоэлектронных и микропроцессорных систем Тамбовского государственного технического университета.

Контактный телефон (0752)72-94-17. E-mail: jiour@crems.jesby.tstu.ru