

УДК 622.48.24: 044.92

## ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМИ МОДУЛЬНЫМИ КОТЕЛЬНЫМИ

**Р.В. Гребенников, Ю.И. Коток**

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

**Ключевые слова и фразы:** виртуальный регулятор; минимизация расхода топлива; модульные котельные.

**Аннотация:** Рассматриваются общие вопросы автоматизации котельных и применение к ним систем оптимального управления, построенных по принципу виртуального регулятора.

---

Автоматизация котельных – одно из основных направлений повышения их коэффициента полезного действия, снижения удельного расхода топлива, обеспечения безаварийности работы. Она дает значительные преимущества:

- 1) обеспечивает уменьшение численности обслуживающего персонала, следовательно повышает производительность труда;
- 2) приводит к изменению характера работы и облегчению труда персонала;
- 3) увеличивает точность поддержания рабочих режимов;
- 4) повышает безопасность труда и надежность работы оборудования.

Автоматизация котельной включает в себя автоматическое регулирование, дистанционное управление, технологическую защиту, теплотехнический контроль, технологические блокировку и сигнализацию. Автоматическое регулирование обеспечивает нормальный ход непрерывно-протекающих процессов в котле и системе водоподготовки.

Анализ математического обеспечения показал, что до настоящего времени мало внимания уделялось задачам экономии топлива в реальном времени, в ос-

новном уделялось внимание преимущественно задачам оптимального управления по быстродействию и энергосбережению. Оптимальное управление применительно к топливу, гораздо сложнее, по сравнению с задачами быстродействия и минимизации затрат энергии, так как необходимо учитывать специфичность процессов горения и тепломассообмена внутри теплового агрегата.

Основными этапами работ при создании систем управления, минимизирующих расход топлива, являются:

- 1) разработка математической модели работы печи в динамических режимах;
- 2) формализация задачи оптимального управления;
- 3) разработка алгоритмов синтеза оптимальных управляющих воздействий в различных состояниях функционирования [1].

В зависимости от состояния функционирования объекта возможны различные постановки задач оптимального управления. Для большинства тепловых агрегатов наиболее важными являются следующие три состояния: 1) режим пуска, т.е. начало функционирования котла и нагрев воды на его выходе до заданной конечной температуры; 2) переходный режим при изменении задания, т.е. перевод температуры с одного заданного значения на другое, это изменение задания может быть вызвано сменой внешних условий или технологических требований, обычно изменение задания не превышает десятков градусов; 3) режим отработки больших возмущающих воздействий при стабилизации температуры.

В настоящее время технологии управляемого нагрева, разгона и других процессов находятся на стадии развития. В то же время растущие возможности микропроцессорной техники и возрастающие энергетические потребности производства требуют перехода к системам с более качественным уровнем управления.

Все чаще используются линейные виды управляющих воздействий. В основном это связано с тем, что большинство систем, в пределах ограниченного рабочего диапазона, обладают приблизительно линейными характеристиками. Применение линейных моделей обуславливает значительные погрешности, если реальные динамические характеристики объекта отличаются от линейных.

Для существенно нелинейных объектов, к которым относятся котельные, предлагается использовать так называемые, переключаемые линейные регуляторы. Принцип работы таких регуляторов заключается в следующем. Все пространство состояний разбивается на маленькие области, внутри которых линейная модель дает разумное приближение. Проектируется ряд фиксированных линейных регуляторов, по одному на каждый участок. При этом приходится решать две проблемы: определение области, в которой мы находимся, текущий момент времени и управление переключениями регуляторов.

Первая проблема обычно решается на основе мониторинга ключевой измеряемой переменной, с помощью которой система управления определяет на какой стадии она находится. В качестве такой переменной может использоваться температура или скорость ее изменения.

Вторая проблема требует, чтобы каждый регулятор был в устойчивом режиме независимо подключен ли он к объекту или не подключен. Это может быть достигнуто с помощью стратегии противонакопления [2]. Для решения второй проблемы, в качестве альтернативы, переключаемые регуляторы предлагается реализовать на микропроцессорной логике и создать на их базе интеллектуальную систему управления.

Один микроконтроллер с «заложенными» в него несколькими линейными регуляторами можно рассматривать как некоторый виртуальный регулятор.

В этом случае проблема переключения между линейными регуляторами будет решаться на программном уровне по следующему алгоритму.

1. На вход микроконтроллера поступает сигнал с управляемого устройства.
2. Происходит обработка данных и принятие решения о функционировании в соответствующей области и применении того или иного регулятора.
3. Выбранный регулятор переводится в начальное состояние или в устойчивый режим.
4. Микроконтроллер применяет выбранный регулятор и вырабатывает соответствующую стратегию управления.

Такая система управления может быть подключена к персональному компьютеру с соответствующей базой знаний или экспертной системой, которые будут выполнять роль супервизора и принимать соответствующее решение об управляющих воздействиях, минимизирующих расход топлива.

Достоинством подобного рода систем является их универсальность. Информационно-управляющая система, построенная по принципу виртуального регулятора, позволяет вырабатывать оптимальное управление для всех видов режимов работы модульных котельных.

### *Список литературы*

1. Лялин, А.Н. Анализ и оперативный синтез оптимального управления в задачах двойного интегратора на множестве состояний функционирования / А.Н. Лялин, Ю.Л. Муромцев // Изв. АН СССР. Сер. Техническая кибернетика. – 1990. – № 3. – С. 57 – 64.

2. Гудвин, Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин, С.Ф. Гребне, М.Э. Сальгадо. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2004. – 590 с.

---

## OPTIMUM CONTROL OF THE AUTOMATED MODULAR BOILER-HOUSES

**R.V. Grebennikov, Yu.I. Kotok**

**Key words and phrases:** virtual regulator; minimization of the charge of fuel; modular boiler-houses.

**Abstract:** In article are considered questions of automation of boiler-houses and application to them of systems of the optimum control constructed by a principle of a virtual regulator are considered.