

Полученные результаты показывают, что воздушное отопление помещений для зданий с низким потреблением энергии для отопления вполне можно совместить с системой воздухообмена.

Требуемое термосопротивление ограждающих конструкций вполне согласуется с цифрами, рассчитанными для зданий, не требующих отопления часть существующего в настоящее время отопительного сезона.

### Литература

1. Данилевский Л.Н. Необходимые условия реализации проекта "Пассивный дом" в Республике Беларусь // Белорусский строительный рынок. – 2002. – № 8.
2. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения. – М.: Энергоавтомиздат, 1983.

УДК 681:51 (075.8)

## СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА

*Андреев М.М.*

**Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор КУЛАКОВ Г.Т.**

В настоящее время одним из основных факторов, определяющих энергетическую безопасность Республики Беларусь, является износ основного оборудования ТЭК тепловых электрических станций, электрических и тепловых сетей. Износ основного оборудования приводит к снижению экономичности, надёжности и долговечности работы. В связи с этим актуальным становится вопрос построения таких систем регулирования, которые бы изменяли свои свойства в процессе работы независимо от основных возмущающих воздействий, изменения параметров объекта и работали бы при этом в оптимальном режиме во всём диапазоне изменения нагрузок.

Структурные схемы одноконтурных систем автоматического регулирования (САР) не находят широкого применения по ряду причин. Наибольшее распространение в области автоматизации технологических процессов получили двухконтурные САР: каскадные и САР с дифференциатором.

Для улучшения качества регулирования каскадной САР можно заменить корректирующий ПИ-регулятор (пропорционально-интегральный) на ПИД-регулятор (пропорционально-интегральный дифференциальный), преимущество которого состоит в том, что из всех линейных типовых регуляторов он обеспечивает за счёт введения дифференциальной составляющей наилучшее качество регулирования. Для улучшения качества регулирования САР с дифференциатором можно последовательно с дифференциатором включить фильтр с передаточной функцией в виде инерционного звена первого порядка. В этом случае внутренний контур при отработке наиболее опасного крайнего внешнего возмущения будет вести себя в динамике как виртуальный ПИД-регулятор, а структурная схема типовой САР превратится в структурную схему усовершенствованной САР со стабилизирующим устройством. Кроме того, включив в цепь задания типовых двухконтурных САР одно из интегро-дифференцирующих звеньев, можно качественно улучшить процесс регулирования при отработке задающего воздействия.

В связи с тем, что применение двухконтурных САР широко распространено, наиболее развиты и широко используются методы расчёта параметров оптимальных динамических настроек именно двухконтурных САР.

Методы Белорусского национального технического университета (БНТУ) представляют собой совокупность методик расчёта параметров оптимальной динамической настройки как ПИ-, так и ПИД-регуляторов в случае отработки ими как внутреннего, так и наиболее опасного крайнего внешнего возмущения.

Так, в случае каскадной САР корректирующий ПИ-регулятор настраиваем по передаточной функции инерционного участка объекта регулирования, не учитывая настройку стабилизирующего регулятора внутреннего контура, так как в этой схеме высокие частоты внутреннего контура не воспринимаются инерционным участком объекта регулирования. То есть расчёт настройки корректирующего регулятора проводим по структурной схеме одноконтурной САР: корректирующий регулятор – инерционный участок объекта регулирования – главная обратная связь. При этом корректирующий ПИ-регулятор настраивается по методу полной компенсации в частном виде, а корректирующий ПИД-регулятор – по методу полной компенсации в общем виде на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения. Стабилизирующий регулятор внутреннего контура настраивается на оптимальную отработку внутреннего возмущения по методу частичной компенсации либо методу частичной компенсации с ограничением.

В случае САР с дифференциатором последний настраиваем по передаточной функции инерционного участка объекта регулирования на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения по методу полной компенсации в частном виде, а стабилизирующее устройство в усовершенствованной САР со стабилизирующим устройством – по методу полной компенсации в общем виде. Основным регулятором в САР с дифференциатором или стабилизирующим устройством рассчитываем с учётом коэффициента усиления дифференциатора или стабилизирующего устройства на оптимальную отработку внутреннего возмущения по методу частичной компенсации или методу частичной компенсации с ограничением, если частоты в обоих контурах соизмеримы.

Для повышения быстродействия САР при отработке основных возмущений необходимо перейти к комбинированной САР с моделями на основе упределителей Смита, разработать алгоритмы самонастраивающихся систем регулирования, которые были бы принципиально ориентированы на переменные условия работы объекта, внедрить системы самонастройки на основе новых программно-аппаратных средств автоматизации.

В результате проведения численного эксперимента доказано, что качество регулирования при отработке наиболее опасного крайнего внешнего возмущения комбинированной САР с моделями существенно лучше по сравнению с двухконтурной САР: полное время регулирования в два раза меньше, степень затухания переходного процесса равна единице.

Комбинированная САР с моделями позволяет устранить все недостатки одноконтурной САР, а также каскадной САР и САР с дифференциатором, получить высококачественные в динамическом и статическом смысле системы и может быть положена в основу построения оптимальных адаптивных систем регулирования. Для обеспечения качественного регулирования в широком диапазоне изменения нагрузок комбинированную САР следует дополнить устройством коррекции параметров динамической настройки в функции от нагрузки котла. Кроме того, микропроцессорная техника позволяет перейти от типовых двухконтурных САР к комбинированным САР с моделями с использованием контура самонастройки. Это существенно увеличивает экономичность, надёжность и долговечность работы оборудования ТЭС в переменных режимах.

### **Литература**

1. Кулаков Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчёта промышленных систем регулирования. Спр. пособие. – Мн.: Выш. школа, 1984. – 192 с.

2. Кулаков Г.Т. Методика выбора структуры и параметров динамической настройки двухконтурных АСР с исчезающим промежуточным сигналом // Научные и прикладные проблемы энергетики. – 1988. – Вып. 15. – С. 23–26.

3. Кулаков Г.Т. Теоретические основы экспресс-методов структурно-параметрической оптимизации систем автоматического управления для повышения эффективности использования теплоэлектростанций в переменных режимах. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук: 05.13.07. и 05.14.14. – Киев: КПИ, 1992. – 36 с.

4. Исследование различных методов настройки систем регулирования с опережающим скоростным сигналом. (Статья первая) / Кулаков Г.Т., Москаленко А.А., Кулаков А.Т. и др. // Изв. вузов. Энергетика. – 1986. – № 8. – С. 73–76.

5. Кулаков Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования: Учеб. пособие. / Г.Т. Кулаков. – Мн.: УП “Технопринт”, 2003. – 135 с.