

ИНВАРИАНТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВОДЫ В БАРАБАНЕ ПАРОВОГО КОТЛА БЕЗ ИЗМЕРЕНИЯ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Кулаков Г. Т., Кухоренко А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС

Республики Беларусь

Минск, Республика Беларусь

E-mail: ank-17@yandex.by

Использование передаточной функции оптимального регулятора позволяет произвести настройку системы автоматического управления по требуемым показателям качества. В этом случае в качестве критерия качества используют заданную передаточную функцию системы, структура которой зависит от структуры передаточной функции объекта управления, требуемой скорости изменения регулируемого параметра и максимально допустимой величины регулирующего воздействия при отработке скачка задания. Существенное улучшение качества регулирования достигается использованием комбинированного принципа регулирования по отклонению и возмущению как с измерением наиболее опасного внутреннего возмущения или крайнего внешнего возмущения, так и с косвенным выделением эквивалентного внешнего возмущения.

ВВЕДЕНИЕ

Тепловые электростанции составляют основу энергетики Республики Беларусь. В настоящее время на ТЭЦ Республики Беларусь установлено 234 барабанных котла. Реализация контрактного соглашения между ГУ «Дирекция строительства атомной электростанции» и ЗАО «Атомстрой-экспорт» (Российская Федерация) о строительстве двух энергоблоков атомной электростанции увеличит установленную мощностью энергосистемы республики на 2400 МВт. При этом для каждого энергоблока АЭС проектом установлены четыре барабанных парогенератора, которые будут работать в базовой части графиков электрических нагрузок энергосистемы, а пиковую и полупиковую части нагрузок будут покрывать тепловые электростанции, способные работать в широком диапазоне изменения нагрузок. Наибольшее влияние на надежность и экономичность работы барабанных паровых котлов ТЭС и парогенераторов АЭС оказывают системы автоматического управления (далее – САУ) уровнем воды в барабане, которые работают совместно с технологическими защитами по повышению или упуску воды. Как перепитка, так и упуск воды в барабане приводят к аварийному останову котла. Вместе с тем существующие САУ уровнем воды в барабане парового котла или парогенератора и их модификации, получившие широкое распространение на ТЭС и АЭС, на практике при глубоких изменениях нагрузки, оказались недостаточно эффективными. Это снижает безопасность, надежность, экономичность и долговечность работы оборудования ТЭС и АЭС.

На уровень воды в барабане котла влияет множество возмущающих воздействий. При этом можно выделить основные:

- изменение расхода питательной воды;
- изменение температуры питательной воды;
- изменение расхода перегретого пара;
- изменение давления внутри барабана котла;
- изменение расхода топлива.

Изменение расхода питательной воды взаимосвязано с изменением нагрузки потребителя. При увеличении расхода пара увеличивается расход питательной воды и наоборот. Поэтому наибольшее влияние на отклонение уровня воды в барабане котла оказывают глубокие изменения расхода перегретого пара. Качество переходных процессов изменения уровня воды в барабане котла во многом зависит от выбора структуры системы регулирования, закона регулирования и оптимальных параметров динамической настройки регулятора. Применение метода структурно-параметрической оптимизации и теории инвариантности позволяют за счет изменения структуры системы и оптимизации динамической настройки системы автоматического управления существенно улучшить качество поддержания уровня воды в барабане котла [1]. Преимуществом предложенной системы управления является возможность замены отдельных контуров системы и всей многоконтурной САУ передаточными функциями критериев качества, что позволяет снизить порядок дифференциального уравнения, описывающей динамику многоконтурной САУ, а также один параметр динамической настройки системы $T_{зд}$ в каждом контуре регулирования [2–3] (Рис 1.).

I. СОДЕРЖАНИЕ ДОКУМЕНТА

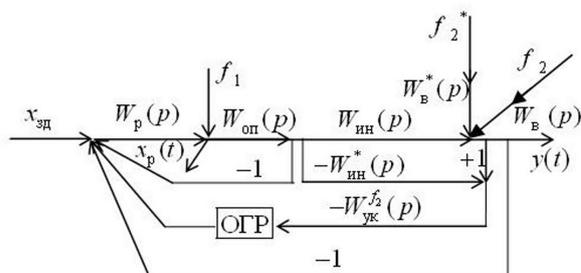


Рис. 1 – Инвариантная САУ уровнем воды в барабане котла

При этом численное значение параметра динамической настройки $T_{зд}$ в передаточной функции критерия качества позволяет экспресс-методом определять прямые показатели качества переходного процесса без построения переходного процесса в САУ при обработке задающего сигнала. Кроме того при обработке задания отсутствует перерегулирование, а уменьшение численного значения $T_{зд}$ позволяет не только повысить быстродействие системы, но и уменьшить максимальную динамическую ошибку регулирования при обработке внутреннего возмущения, а также учесть максимальную допустимую величину регулирующего воздействия при расчете оптимального значения $T_{зд}$. Оптимальная структура САУ формируется таким образом, чтобы каждое воздействие ($x_{зд}$, f_1 и f_2) обрабатывалось по своему каналу. Так, например, для качественной обработки внешнего возмущения без его измерения, параллельно реальному объекту по каналу регулирующего воздействия формируют его модель с адекватной динамикой, а разность между регулируемой величиной и выходом модели подают на вход устройства компенсации эквивалентного внешнего возмущения. Особенностью теплоэнергетических объектов яв-

ляется зависимость их динамических характеристик от уровня нагрузки котла. Поэтому для сохранения высокого качества регулирования в широком диапазоне изменения нагрузок заданную передаточную функцию системы всех регулируемых устройств и внутренних моделей корректируют в зависимости от уровня нагрузки по нелинейным зависимостям. Это позволяет сохранить высокую динамическую точность САУ при основных воздействиях во всем диапазоне изменения нагрузок котла. При этом для участков без запаздывания достигается полная инвариантность при обработке наиболее опасного внутреннего возмущения, а при изменении внешних возмущений – инвариантность с точностью до ε . Это позволяет при модернизации систем управления теплоэнергетическими процессами уменьшить как капитальные, так и эксплуатационные затраты, повысить уровень безопасности, надежности, долговечности, экономичности и экологичности работы ТЭС и АЭС в переменных режимах работы.

II. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулаков, Г. Т. Оптимизация переходных процессов изменения уровня воды в барабане паровых котлов / Г. Т. Кулаков, А. Н. Кухоренко // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2014. – № 4. – С. 63–74.
2. Кулаков, Г. Т. Усовершенствование комбинированной САУ уровня воды в барабане парового котла / Г. Т. Кулаков, А. Н. Кухоренко // Материалы 15-й Международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике»: В 4-х т. Т. 1. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 125.
3. Регулятор уровня воды в барабане парогенератора: пат. 027537 Евразийское патентное ведомство, F22D 5/30 (2006 01) / Г. Т. Кулаков, А. Т. Кулаков, А. Н. Кухоренко; заявитель Белорусский национальный технический университет; заявл. 22.04.2015; опубл. 31.08.2017.