

СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Проблема синтеза высококачественных систем автоматического управления (САУ) в энергетике обозначена давно, однако ее актуальность в энергетике Республики Беларусь еще более обострилась в связи с вводом в эксплуатацию первого энергоблока мощностью 1200 МВт Белорусской АЭС в 2020 году и планируемым вводом второго энергоблока в 2021 году. Это обусловлено тем, что энергоблоки Белорусской АЭС будут работать в базовом части графика электрических нагрузок энергосистемы республики, а в пиковой и полупиковой частях графика нагрузок будут работать ТЭС на газовом топливе. Для повышения безопасности, надежности, долговечности и экологичности их работы в переменных режимах необходимо модернизировать основные САУ ТЭС, которые будут обеспечивать существенное улучшение качества поддержания технологических параметров в рабочем диапазоне изменения нагрузок с максимально возможными скоростями их изменения.

Качество регулирования теплоэнергетических процессов, в первую очередь, зависит от точности определения исходных динамических характеристик объектов управления в рабочем диапазоне изменения нагрузок, идентификацию которых в теплоэнергетике производят с использованием передаточных, импульсных или частотных характеристик.

Вместе с тем широкое распространение в энергетике получили методы идентификации на основе передаточных характеристик объектов управления. Для повышения точности идентификации теплоэнергетических объектов нами впервые предложена методика описания динамики объектов в виде инерционных звеньев второго порядка с условным запаздыванием. Кроме того, для определения динамических характеристик инерционных участков объектов впервые предложена методика получения их передаточных функций по экспериментальным переходным характеристикам главного и опережающего участков объектов.

Второй проблемой синтеза высококачественных систем автоматического управления является выбор и обоснование критериев качества их работы при основных воздействиях и возмущениях. Традиционно в теплоэнергетике при параметрической оптимизации типовых регуляторов используют интегральные критерии качества при использовании исходных переходных характеристик, а также производят расчет оптимальных параметров динамической настройки типовых регуляторов при ограничении на показатель колебательности переходных

процессов при использовании расширенных комплексных частотных характеристик разомкнутых систем.

В обоих случаях определить прямые показатели качества переходных процессов САУ при основных воздействиях без моделирования или промышленных испытаний нельзя. Для устранения этих недостатков предложено в качестве критериев качества при отработке задающих воздействий использовать математическое описание в виде заданной передаточной функции САУ при отработке задающих воздействий, структура которых зависит от структуры объекта управления и требований заказчика к прямым показателям качества (времени регулирования, величина перерегулирования, скорость изменения регулируемого параметра). Предложенная методика отличающаяся тем, что в заданную передаточную функцию критерия оптимальности систем входит только один расчетный параметр настройки $T_{зд}$, который позволяет при отработке задания получить требуемые прямые показатели качества в замкнутой САУ без построения переходных процессов или промышленных испытаний. Одновременно $T_{зд}$ будет единственным расчетным параметром динамической настройки регулятора рассчитанного на основе передаточных функций оптимального регулятора, из которой как частные случаи получают передаточные функции типовых регуляторов [2, 5, 6]. При этом передаточная функция предложенного оптимального регулятора представляет собой произведение обратной передаточной функции объекта управления, заданной передаточной функции критерия оптимальности и обратной передаточной функции ошибки регулирования при отработке скачка крайнего внешнего возмущения с одним расчетным параметром динамической настройки $T_{зд}$, с уменьшением численного значения которой повышается коэффициент передачи регулятора.

Результаты промышленных испытаний САУ температуры перегретого пара котла ТГМП-114 Лукомльской ГРЭС подтвердили, что предложенная инвариантная САУ при внеплановых изменениях нагрузки энергоблока позволяет уменьшить время отработки скачка задающего воздействия в два раза по сравнению с типовой САУ с дифференциатором Лукомльской ГРЭС, а также в два раза уменьшить дисперсию изменения температуры перегретого пара, что существенно повышает экологичность, надежность и долговечность работы котлов энергоблока.

Структурная схема моделирования инвариантной каскадной САУ на базе передаточных функций оптимальных регуляторов при плановом изменении нагрузки приведена на рисунке 1.

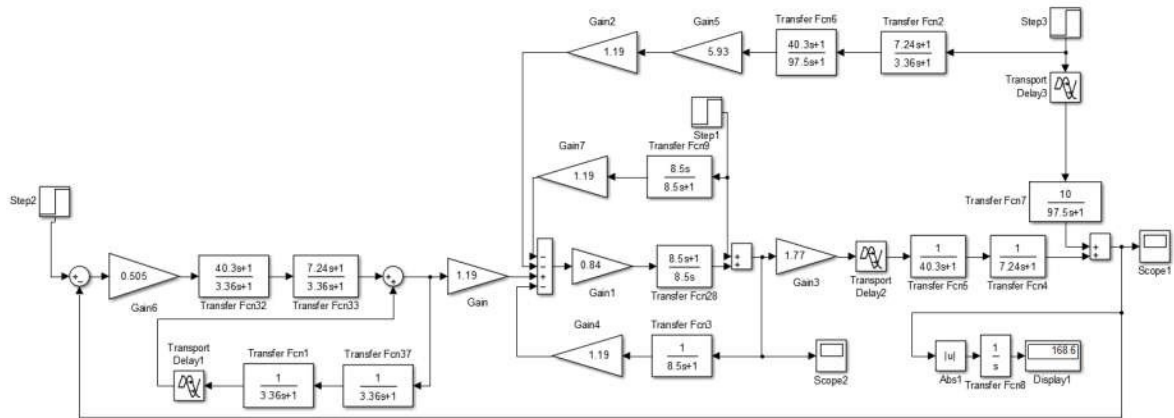


Рисунок 1. Схема моделирования инвариантной каскадной системы автоматического регулирования при плановом изменении нагрузки энергоблока

Переходные процессы в инвариантной каскадной САР при отработке внутреннего возмущения f_1 и внешнего возмущения f_2 приведены на рисунке 2.

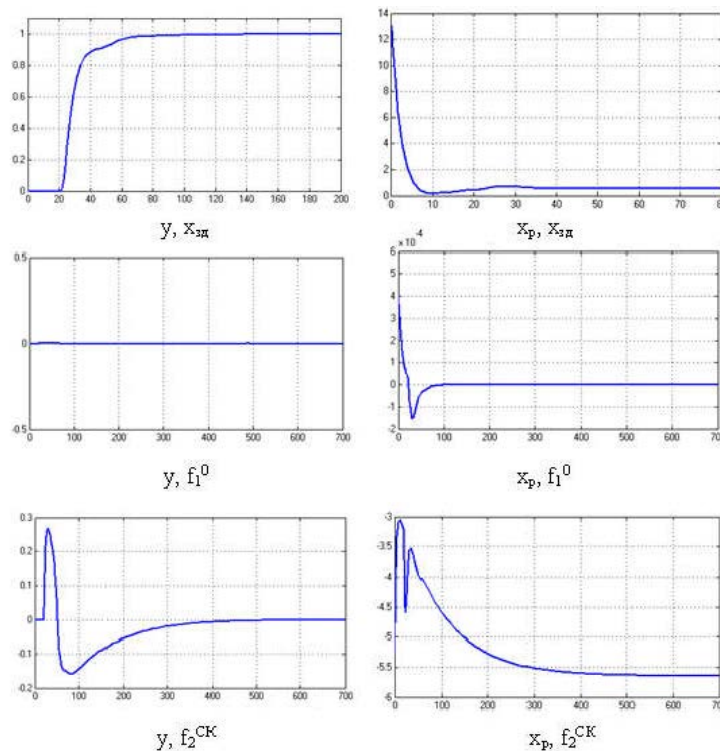


Рисунок 2. Переходные процессы в инвариантной каскадной системе автоматического регулирования при плановом изменении нагрузки энергоблока

Из анализа графиков переходных процессов следует, что отработка скачка задания $y, X_{зд}$ осуществляется в соответствии с критерием оптимальности за время, равное 75 с. При отработке наиболее опасного измеряемого внутреннего возмущения y, f_1^0 достигается полная инвариантность, а при отработке внешнего возмущения достигается инвариантность с точностью до ϵ , т.к. модуль площади ошибки регулирования y, f_2^{CK} в 11,6 раза меньше чем у САР без устройства компенсации внешнего возмущения.