УДК 621.182.23

Д.В. ДЗЮИН, магистрант гр. АЭМ-21-03 (РГУНГ им. И.М. Губкина)
Научный руководитель В.В. ДМИТРИЕВА, к.т.н., доцент (РГУНГ им. И.М. Губкина)
г. Москва

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ В СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ТОПЛИВА К КОТЛУ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Аннотация:

Исследование включает анализ процесса регулирования тепловой нагрузки и экономичного сжигания топлива в топках барабанных парогенераторов на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), характеристику и анализ объекта управления – контуров подачи топлива и воздуха к котлу на ТЭЦ. Произведены расчёты параметров математической модели и структурной схемы электроприводов в системе регулирования подачи топлива и воздуха в соответствии с характеристиками устанавливаемого оборудования. Выполнен синтез двухканальной системы регулирования подачи топлива и воздуха к котлу для обеспечения оптимального соотношения расходов топлива и воздуха с коррекцией по содержанию кислорода в дымовых газах. Составлена модель автоматической системы регулирования и произведено моделирование в пакете прикладных программ Matlab, среде Simulink. Приведено необходимое оборудование для реализации разработанной системы управления.

Abstract

The research contains the analysis of the regulatory process of heat load and cost-effective fuel combustion in furnaces of drum steam generators at a thermal power plant. The object of automation – fuel and air supply system to the boiler at a thermal power plant – is characterized and analyzed. The calculations of mathematical model and block diagram parameters in the fuel and air supply system are introduced according to installed equipment characteristics. Two-channel control system for fuel and air supply to the boiler is synthetized for providing an optimal ratio of fuel and air consumption with correction for oxygen content in flue gases. An automatic control system model is created and simulated with Matlab application package, Simulink software. The necessary equipment for realizing the developed control system is listed.

Ключевые слова:

Теплоэлектростанция, котельный агрегат, барабанный парогенератор, канал подачи топлива, канал подачи воздуха, корректирующий регулятор, система каскадного регулирования, экономичность сжигания топлива, со-

держание кислорода в уходящих газах, механизм электрический однооборотный, дроссельная поворотная заслонка, моделирование в Simulink, программно-технический комплекс.

Keywords

Thermal power plant, boiler unit, drum steam generator, fuel supply channel, air supply channel, correcting regulator, cascade control system, cost-effective fuel combustion, oxygen content in the flue gases, electric single-turn mechanism, butterfly valve, Simulink modelling, software and hardware complex.

Основу современной энергетики составляют крупные теплоэлектростанции. Оптимизация технологических процессов на современных ТЭЦ заключается в поддержании непрерывного соответствия между количествами вырабатываемой и потребляемой тепловой и электрической энергии. Актуальность работы обусловлена необходимостью технического перевооружения блочных ТЭЦ. В процессе эксплуатации требуется регулировать характеристики парового котла, турбины и электрического генератора в соответствии с условиями, определяемыми законом управления. Системы автоматизации технологических процессов предъявляют повышенные требования к электромеханическим исполнительным устройствам [1, 2].

Котельный агрегат выступает как основной объект регулирования на ТЭЦ. В процессе своей работы парогенераторы на электростанции должны вырабатывать такое количество пара, какое его потребляют турбины. Производительность парогенератора зависит от количества выделившегося в топке тепла, полученного в результате максимально экономичного сгорания топлива. Поддержание процессов горения и парообразования в барабанном парогенераторе на заданном уровне заключается в обеспечении подачи требуемого количества топлива и воздуха, а также в удалении дымовых газов. Показателем качества процесса горения выступает содержание свободного кислорода O_2 в уходящих газах [3, 4].

Объектом автоматизации является вновь устанавливаемый на ТЭЦ паровой котел типа Е-75-3,9-440Г, работающий на природном газе. Для расчета динамических настроек регуляторов процесса горения были сняты кривые разгона по каналам «расход топлива - содержание кислорода», «расход воздуха - содержание кислорода». Разгонные кривые аппроксимируются инерционными звеньями с запаздыванием [5, 6, 7].

Рассмотрим более подробно основные элементы контура регулирования расхода топлива. Регулирующим органом является дроссельная поворотная заслонка АМАКС-3ДЭ-65-1,6-0,1. Исполнительным элементом системы является механизм электрический однооборотный (МЭО), предназначенный для приведения в действие запорно-регулирующей арматуры в системах автоматического регулирования технологическими процессами в

соответствии с электрическими командными сигналами регулирующих и управляющих устройств (блоков), преобразуемых во вращательное перемещение выходного вала. Данный тип электропривода – замкнутая система автоматического регулирования с достаточными запасами устойчивости, быстродействием, минимальным перерегулированием [8].

Был выполнен синтез системы регулирования контуров расхода топлива и воздуха. Использован П-регулятор, процедура синтеза осуществлена по критерию модульного оптимума. Работа регулятора проверена при помощи моделирования в программе Matlab, среде Simulink. Внутренние контуры системы регулирования подачи топлива и воздуха к котлу с П-регуляторами – это статические системы с хорошими показателями качества переходного процесса и минимальной ошибкой по величине расхода, которая сопоставима с точностью используемых в системе датчиков-расходомеров [5, 6].

Был проведен синтез разработанной двухконтурной каскадной системы регулирования расхода топлива и воздуха с корректирующим сигналом по концентрации кислорода в режимном сечении котла. Для создания астатической системы и компенсации значительной инерционности объекта регулирования выбран ПИ-регулятор [5, 6, 9]. Структурная схема системы в программе Matlab, среде Simulink представлена на рисунке 1.

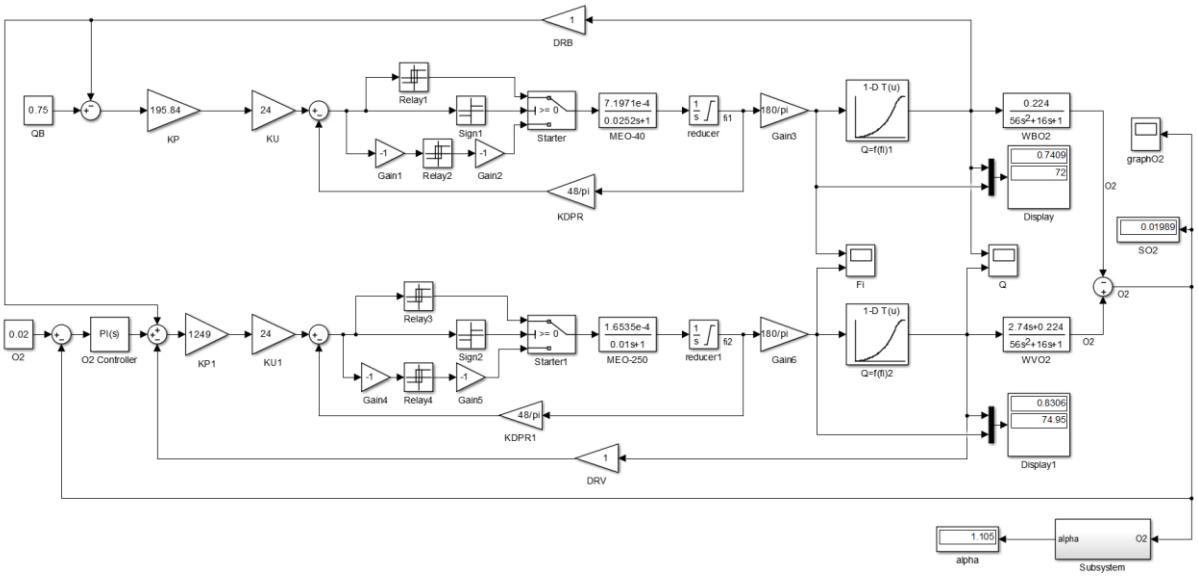

Рис. 1. Модель автоматической системы регулирования расхода общего воздуха с коррекцией по содержанию кислорода в среде Simulink

Результаты моделирования приведены на рисунке 2. Корректирующий ПИ-регулятор во внешнем контуре регулирования концентрации свободного кислорода в уходящих газах позволяет получить астатическую систему с оптимальным коэффициентом избытка воздуха, необходимым для

экономичного сжигания природного газа и работы котлоагрегата с максимальным КПД.

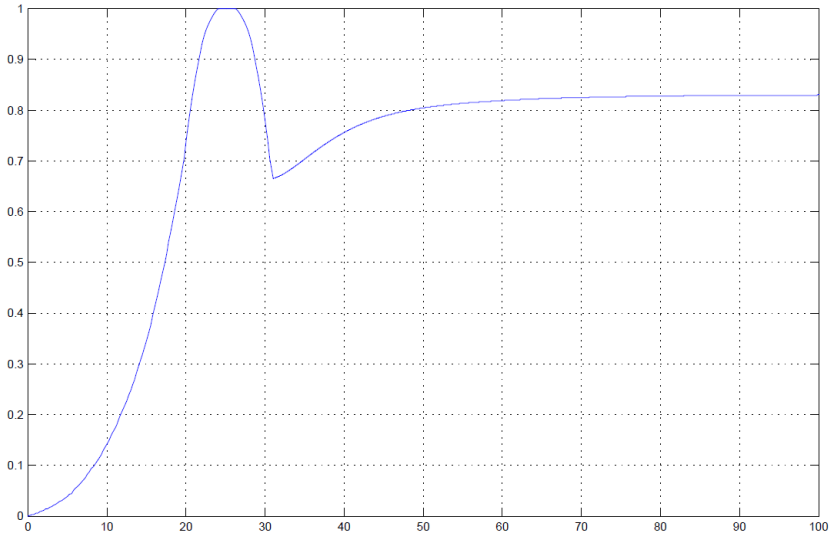

Рис. 2. Переходный процесс по расходу общего воздуха в двухконтурной системе регулирования расхода общего воздуха

Реализация систем управления осуществляется через единый программно-технический комплекс. Для управления электроприводами в контуре подачи топлива и воздуха к котлу был выбран контроллер REGUL 500 (ПрософтСистемы), принадлежащий к мультиплатформенной интеллектуальной распределённой типовой системе (МИРТС). Контроллер REGUL 500 предназначен для построения отказоустойчивых распределенных систем АСУ ТП. Отличается очень высоким быстродействием и скоростью опроса модулей ввода-вывода; высокая точность измерительных каналов; возможностью горячей замены модулей всех типов; устойчивостью к внешним воздействиям (температуре, помехам и т. д.) [10].

Таким образом, в результате выполнения работы синтезирована астатическая система регулирования подачи топлива и воздуха к котлу, позволяющая котлоагрегату работать с максимальным КПД. Технические и программные средства мультиплатформенной интеллектуальной распределённой типовой системы (МИРТС) перспективны для решения задач управления ТЭЦ: поддержания баланса между вырабатываемой и потребляемой энергией и минимизации энергетических потерь.

Список литературы:

1. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 351 с.: ил.

2. Голдобин, Ю.М. Автоматизация теплоэнергетических установок: учеб. пособие / Ю.М. Голдобин, Е.Ю. Павлюк. — Екатеринбург: УрФУ, 2017. — 186 с.

3. Белов А.А. Принципы автоматизации теплоэнергетических процессов. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2015. – 40 с.

4. Демченко, В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС [Текст] / В.А. Демченко. — О.: Астропринт, 2001. — 305 с.

5. Клюев А.С. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов [Текст] / А. С. Клюев, А. Г. Товарнов. — М.: Энергия, 1970. — 280 с.

6. Певзнер Л.Д. Теория систем управления. – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2002. – 472 с.

7. Методические указания по наладке системы регулирования процесса горения газомазутных котлов: РД 153-34.1-35.418-2002. Введ. 2003-03-01. – М.: СПО ОРГРЭС, 2003. – 77 с.

8. Механизмы исполнительные электрические однооборотные МЭО-99К, МЭО-99: Руководство по эксплуатации ЯЛБИ.421321.111 РЭ. – ОАО «АБС ЗЭиМ Автоматизация». – 68 с.

9. Новиков, С. И. Оптимизация автоматических систем регулирования теплоэнергетического оборудования: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. Ч. 1. – 108 с.

10. REGUL R500. Контроллеры отечественного производства для построения распределенных систем управления // Отраслевой научно-технический журнал «ИСУП». – 2017. – № 2. – С. 37-38. / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://isup.ru/upload/pdf-zhurnala/2018%20i%20 dalee/2017/Magazine_ISUP_2(68)_2017.pdf (дата обращения: 01.02.2021).

Информация об авторах:

Дзюин Дмитрий Владленович, магистрант гр. АЭМ-21-03, РГУНГ им. И.М. Губкина, 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1, dziouin@mail.ru

Дмитриева Валерия Валерьевна, к.т.н., доцент, РГУНГ им. И.М. Губкина, 119991, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1, dm-valeriya@yandex.ru