

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ПРЕДЛАГАЕМОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОБЛОКА 300 МВт

Кулаков Г.Т., Кулаков А.Т., Артёменко К.И.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В 2020-21 гг. в рамках научно-исследовательской работы на энергоблоке № 2 Лукомльской ГРЭС были проведены эксплуатационные испытания модернизированных регуляторов температуры перегретого пара. При проведении испытаний нагрузка энергоблока изменялась со скоростью ± 5 МВт/мин от 270 до 300 МВт и наоборот. В работе выполнено моделирование предлагаемой системы автоматического управления мощностью энергоблока (САУМБ) с установленными на энергоблоке настройками (Таблица №1) и сравнение полученных графиков переходных процессов с результатами эксплуатационных испытаний для оценки адекватности используемой модели энергоблока 300 МВт.

Таблица 1 – Настройки САУМБ энергоблока № 2 Лукомльской ГРЭС

Регуляторы	Параметры настройки			
	K_p	$T_{и}, с$	K_d	$T_d, с$
КРМ (ПИ-регулятор)	0,18	87	–	–
РТ (ПИ-регулятор)	1,56	7,2	–	–
ТРМ (ПИ-регулятор)	1,5	24	–	–
Дифференциатор ФСЗ	–	–	0,1	13,2
Дифференциатор инвариантности	–	–	1,6	45

Схема моделирования переходных процессов САУМБ изображена на рисунке.

На рисунке 1 использованы следующие обозначения:

$W_{N_{\phi}, B_T}(p)$, $W_{N_{\phi}, h_{pk}}(p)$, $W_{p_0, B_T}(p)$, $W_{p_0, h_{pk}}(p)$ – передаточные функции по

электрической мощности и давлению при скачкообразном изменении задания котельному регулятору нагрузки и перемещении регулирующих клапанов турбины соответственно; $W_{оп}(p)$ – передаточная функция опережающего участка по расходу топлива (газа); $W_{ТРМ}(p)$ – передаточная функция турбинного регулятора мощности (ТРМ); $W_{ФСЗ}(p)$ – передаточная функция формирователя сигнала задания (ФСЗ) системы автоматического управления мощностью энергоблока; $W_{ди}(p)$ – передаточная функция дифференциатора инвариантности

(ДИ); $W_{\text{КРМ}}(p)$ – передаточная функция котельного регулятора мощности (КРМ); $W_{\text{РТ}}(p)$ – передаточная функция регулятора топлива; $p^{3\text{д}}$, p – соответственно заданное и текущее значение давления перегретого пара перед турбиной; $h_{\text{РК}}$ – перемещение регулирующих клапанов турбины; $N_{3\text{д}}$ – заданное значение мощности энергоблока; $N_{\text{ф}}$ – фактическая электрическая мощность энергоблока; f_1 – внутреннее возмущение; $x_{3\text{д}1}$ – задание регулятору топлива; B_{T} – изменение расхода топлива.

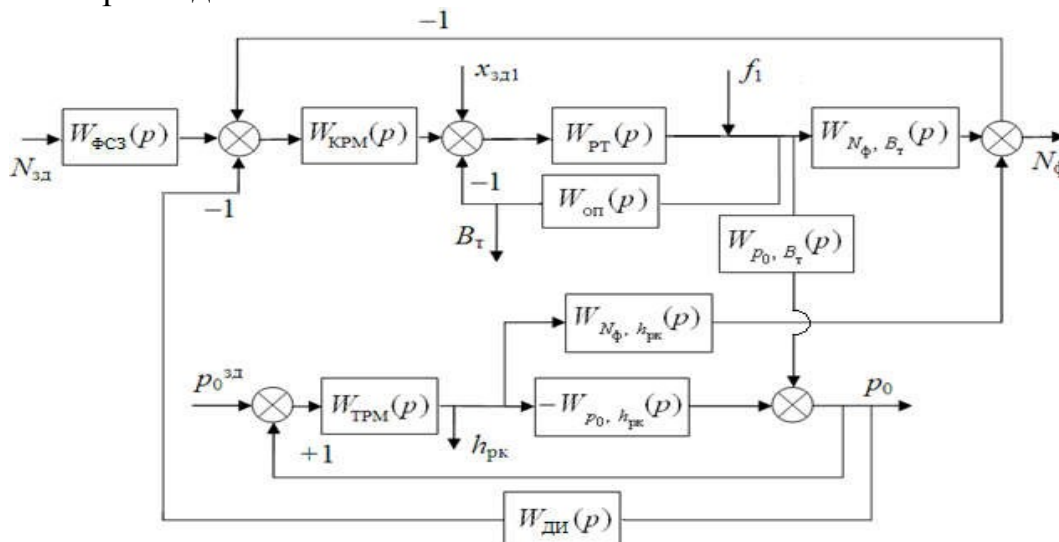


Рисунок 1 – Структурная схема моделирования переходных процессов предлагаемой САУМБ

Сигнал по небалансу заданной и фактической мощности не подается на вход ТРМ, т.е. на энергоблоке № 2 Лукомльской ГРЭС корректор ТРМ отключён, что отрицательно сказывается на скорости набора мощности энергоблоком.

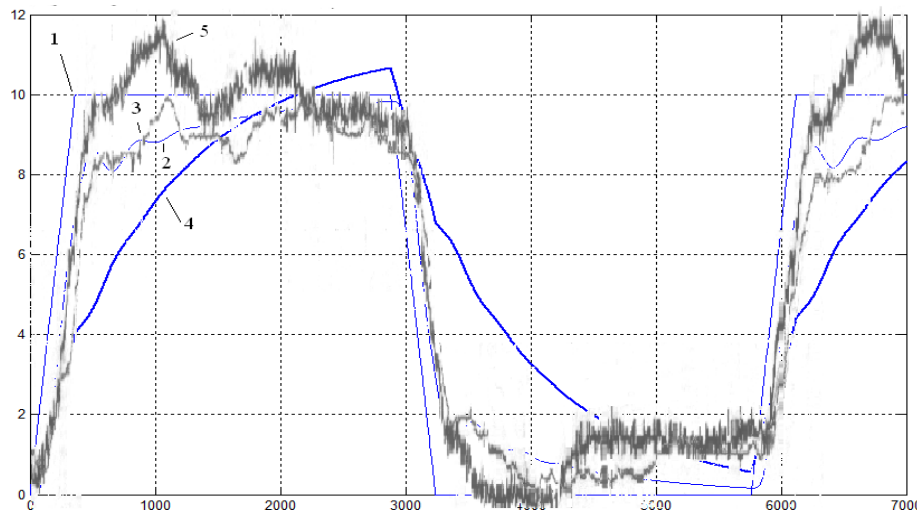


Рисунок 2 – Переходные процессы по мощности генератора и расходу топлива при обработке трапецидального изменения задания энергоблоку

На рисунке 2 использованы следующие обозначения: 1 – выход автоматического задатчика мощности энергоблока (АЗМБ); 2 – мощность генератора при моделировании САУМБ; 3 – активная мощность генератора при

эксплуатационных испытаниях; 4 – расход топлива при моделировании САУМБ; 5 – расход топлива при эксплуатационных испытаниях.

В результате проведения эксплуатационных испытаний и моделирования САУМБ получены следующие научные результаты:

1. Методика проверки адекватности динамики математической модели САУМБ реальной системе по электрической мощности и давлению перегретого пара перед турбиной при возмущении котельной нагрузкой и регулируемыми клапанами турбины заключалась в сравнении фактической электрической мощности энергоблока и результатов моделирования. Точность отработки задания фактической мощностью и результатов моделирования при наборе и сбросе нагрузки не превышает 1,0 % номинальной мощности энергоблока.

2. Разработанные методы параметрической оптимизации регулирующих элементов САУМБ, отличаются тем, что: ПИ-регулятор топлива настроен по передаточной функции опережающего участка по расходу топлива (газа) с использованием передаточной функции оптимального регулятора; котельный регулятор мощности представляет собой оптимальный регулятор с одним расчётным параметром динамической настройки $T_{зд}$; при постоянном давлении пара перед турбиной в качестве турбинного регулятора мощности используется типовой ПИ-регулятор, сформированный на основе передаточной функции оптимального регулятора с использованием передаточной функции по давлению пара перед турбиной при возмущении перемещением регулирующих клапанов; при переменном давлении пара перед турбиной в качестве ТРМ используется ПИ-регулятор, с параметрами настройки рассчитанными на основе передаточной функции оптимального регулятора по передаточной функции датчика измерения давления и ввиду при возмущении изменением положения регулирующих клапанов турбины; передаточная функция ФСЗ представлена звеном быстрого реагирования в широком диапазоне изменения нагрузок; передаточную функцию ДИ определяем при помощи передаточных функций по электрической мощности и по давлению перегретого пара перед турбиной при скачкообразном перемещении регулирующих клапанов турбины.

Использованные методы параметрической позволяют повысить точность и быстродействие системы автоматического регулирования мощности энергоблока при отработке трапецеидальных задающих воздействий со скоростью изменения нагрузки ± 5 МВт / мин.

1. Структурно-параметрическая модернизация регулятора впрыска котла филиала «Лукомльская ГРЭС» РУП «Витебскэнерго» для работы в широком диапазоне изменения нагрузок: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ ; рук. Г.Т. Кулаков. – Минск, 2021. – 284 с.