

УДК 621.182

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРА ПИТАНИЯ БАРАБАННОГО КОТЛА

Снегур А.В.

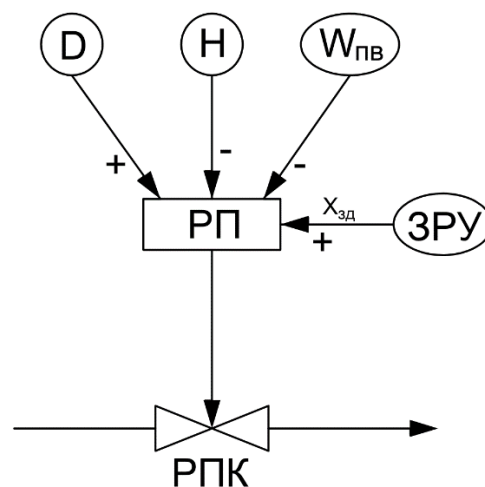
Научный руководитель – д.т.н., профессор Кулаков Г.Т.

Регулирование питания барабанных котлов (парогенераторов) основывается на поддержании материального баланса между подачей воды и отводом пара. Уровень воды в барабане котла является параметром, который характеризует материальный баланс. От качественного регулирования уровня зависит надежность работы котельного агрегата.

Значительное понижение уровня считается «упуском» воды и может привести к нарушению питания и охлаждения водой подъемных труб. В результате этого может быть нарушена прочность труб в местах стыковки с корпусом барабана, что приведет их к разрыву и вызовет останов котла. Чрезмерное повышение уровня, называется «перепиткой», оно способно стать причиной заброса частиц воды в турбину, что может вызвать тяжелые механические повреждения ее ротора и лопаток.

В соответствии с заявленным ясно, что даже временное понижение или повышение уровня свыше установленных границ неприемлемо. Поэтому к точности поддержания уровня предъявляются очень большие требования.

Исходя из условий по поддержанию уровня воды в барабане котла, автоматическому регулятору необходимо обеспечить устойчивость среднего уровня вне зависимости от возмущающих воздействий и нагрузки котла. В переходных режимах уровень может изменяться достаточно быстро, поэтому регулятор питания для поддержания малых отклонений уровня должен обеспечить постоянство соотношения расходов пара и питательной воды. На текущий момент эту задачу осуществляет типовой трехимпульсный регулятор, структурная схема которого приведена на рисунке 1.



Н – уровнемер; D – паромер; $W_{пв}$ – водомер; ЗРУ – задатчик ручного управления; РПК – регулирующий питательный клапан

Рисунок 1. Структурная схема типового трехимпульсного регулятора питания барабанного котла:

В типовой САР реализовано в одном ПИ-регуляторе два принципа регулирования:

- а) регулятор соотношения двух расходов «расход пара – расход питательной воды»;
- б) регулятор стабилизации технологического параметра на заданном уровне.

Структурная схема моделирования типовой трехимпульсной САР питания барабанного котла приведена на рисунке 2.

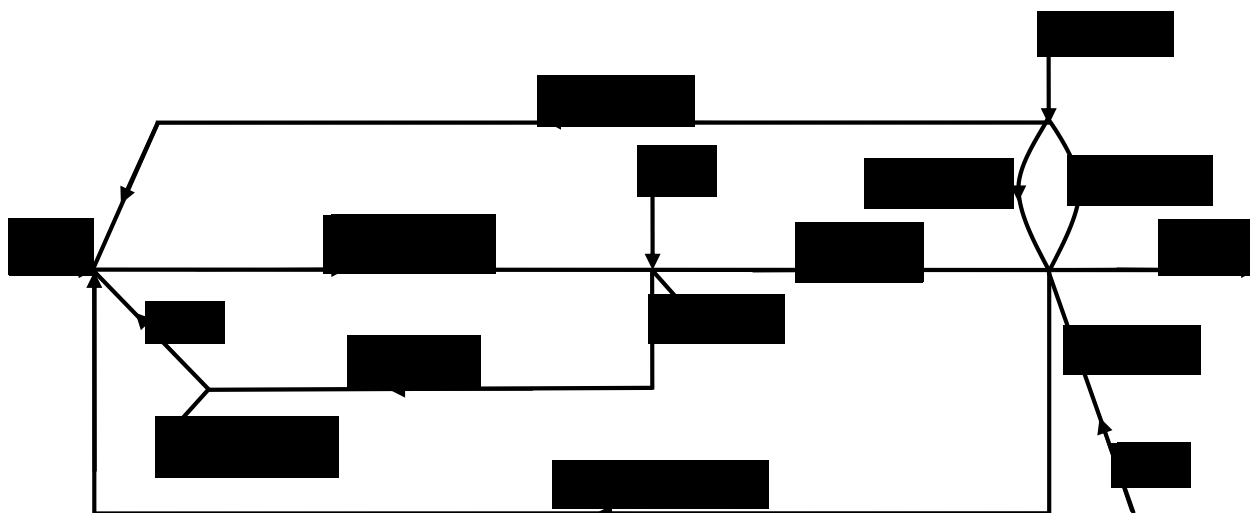


Рисунок 2. Структурная схема моделирования типовой трехимпульсной САР питания барабанного котла

Типовая трехимпульсная САР питания барабанного котла обладает следующими недостатками:

- 1) при отработке внешнего возмущения расходом перегретого пара в конце переходного процесса появляется статическая ошибка регулирования;
- 2) значительные изменения нагрузки приводят к большим отклонениям уровня воды в барабане парогенератора, что вызывает срабатывание защиты и отключение котла по причине упуска или перепитки.

Для устранения указанных недостатков предлагается инвариантная система автоматического регулирования (САР) питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки, схема реализации которой приведена на рисунке 3.

В этой схеме реализации устанавливаем ограничитель между выходом дифференцирующего звена и регулирующим прибором; соединяем второй выход уровнемера с входом дифференцирующего звена через последовательно соединенный дополнительный элемент сравнения и звено быстрого реагирования, соединяем второй вход дополнительного элемента сравнения через модель инерционного участка объекта регулирования с вторым выходом водомера. Дополнительный блок коррекции параметров соединяем с паромером, а первый выход подключаем к регулирующему прибору, второй – к ограничителю, третий – к дифференцирующему звену, четвертый – к звену

быстрого реагирования, пятый – к модели инерционного участка объекта регулирования.

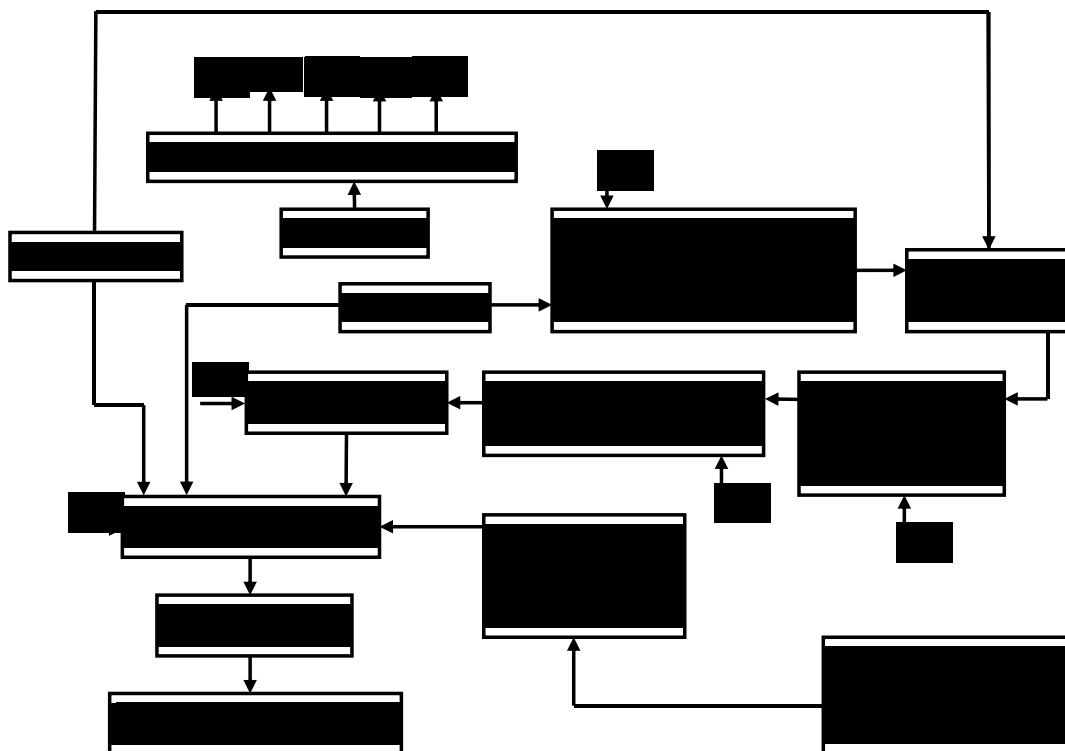


Рисунок 3. Схема реализации инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки

Структурная схема моделирования переходных процессов инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки приведена на рисунке 4.

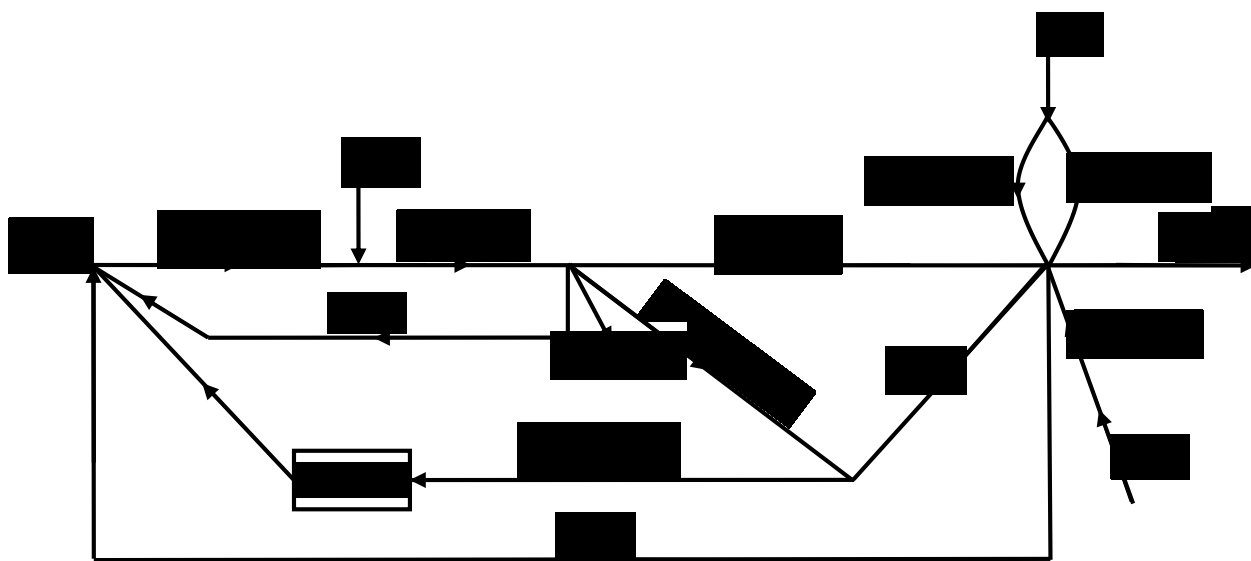


Рисунок 4. Структурная схема моделирования переходных процессов инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки:

$W_{ук}^{f_2}(p)$ – передаточная функция устройства компенсации внешнего возмущения;
ОГР – ограничитель величины коррекции задания

В этой схеме параллельно реальному инерционному участку объекта регулирования формируем динамическую модель данного участка, выход которой алгебраически складываем с основной регулируемой величиной. Полученную разность подаем на вход устройства компенсации эквивалентного внешнего возмущения без его измерения, а выход – с обратным знаком через ограничитель на вход регулятора.

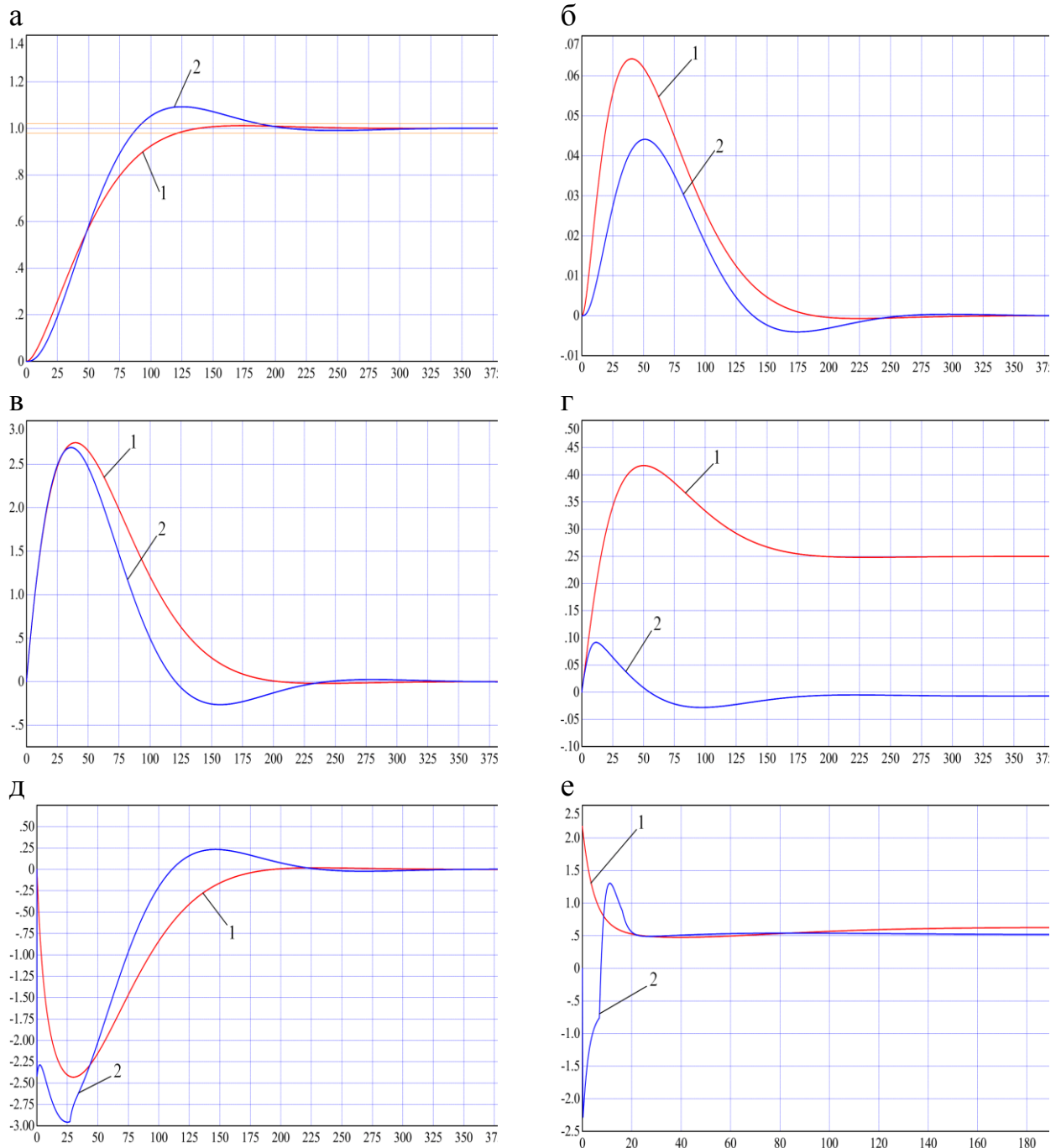


Рисунок 5. Графики переходных процессов типовой трехимпульсной САР и инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки:

1 – типовая трехимпульсная САР питания барабанного котла; 2 – инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки; а – отработка скачка заданного воздействия $X_{зд}$; б – отработка внутреннего возмущения f_1 ; в – отработка внешнего топочного возмущения f_2 ; г – отработка внешнего возмущения расходом перегретого пара f_2^* ; д – изменение регулирующего воздействия X_p при отработке внешнего топочного возмущения f_2 ; е – изменение регулирующего воздействия X_p при отработке внешнего возмущения расходом перегретого пара f_2^*

На основе передаточной функции оптимального регулятора производим настройку основного ПИ-регулятора. Всю настройку регулятора выполняем по передаточной функции опережающего участка.

Графики сравнения переходных процессов типовой САР и инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки приведены на рисунке 5.

Сравнение прямых показателей качества переходных процессов типовой и модернизированной САР приведено в таблице 1.

Таблица 1

Прямые показатели качества

Метод	$X_{зд}$			f_1		f_2			f_2^*		
	t_p, c	$\sigma, \%$	ψ	t_p, c	A_m	t_p, c	A_m	X_p	t_p, c	A_m	X_p
Инвариантная САР	187,5	9,3	1	232	0,044	246	2,69	-2,96	242	0,09	-2,3
Типовая трехимпульсная САР	121,6	1,2	1	300	0,064	331	2,75	-2,43	307	0,42	2,2

Выводы

В результате анализа графиков переходных процессов, представленных на рисунке 5, и прямых показателей качества, представленных в таблице 1 можно сделать следующие заключения:

– при отработке f_1 время регулирования у инвариантной САР сокращается в 1,29 раза по сравнению с типовой САР, а максимальная динамическая ошибка регулирования – в 1,45 раза;

– при отработке f_2 у инвариантной САР время регулирования сокращается в 1,35 раза по сравнению с типовой САР, а максимальная динамическая ошибка регулирования – в 1,02 раза;

– у инвариантной САР при отработке внешнего возмущения расходом перегретого пара f_2^* отсутствует статическая ошибка регулирования в конце переходного процесса. При отработке f_2^* время регулирования у инвариантной САР сокращается в 1,27 раза по сравнению с типовой САР, а максимальная динамическая ошибка регулирования – в 4,67 раза. При этом максимальная величина регулирующего воздействия у инвариантной САР – $X_p = -2,3$, у типовой – $X_p = 2,2$.

Таким образом, использование инвариантной САР питания барабанного котла при внеплановом изменении нагрузки позволяет устранить статическую ошибку регулирования в конце переходного процесса при отработке внешнего возмущения расходом перегретого пара, а также улучшить качество поддержания уровня воды в барабане котла при внешних и внутренних возмущениях по сравнению с типовой трехимпульсной САР.

Литература

1. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования / Г.Т. Кулаков. – Минск: Высшая школа, 1984. – 192 с.
2. Плетнев, Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов и вузов / Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с., ил.
3. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учеб. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: Высшая школа, 2017. – 238 с.: ил.