

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКУЩИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

О.В. ЧУБАРОВА (г. Красноярск, СибГУ),
Н.А. СЕРГЕЕВА (г. Красноярск, ООО “Ар Ди Сайнс”)



R·D·S·C·I·E·N·C·E·
Research. Development. Science.

В работе рассматривается идея решения задачи коррекции управляющего воздействия регулятора тепловой нагрузки (РТН) котла для ликвидации ложного срабатывания для ТЭС с поперечными связями. В основе решения лежит использование оперативных данных с датчиков измерений и их обработка в режиме реального времени.

Ключевые слова: регулятор тепловой нагрузки (РТН), ТЭС, АСУ ТП, устройство управления (УУ), КИПиА, имитационная модель, нейросети.

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

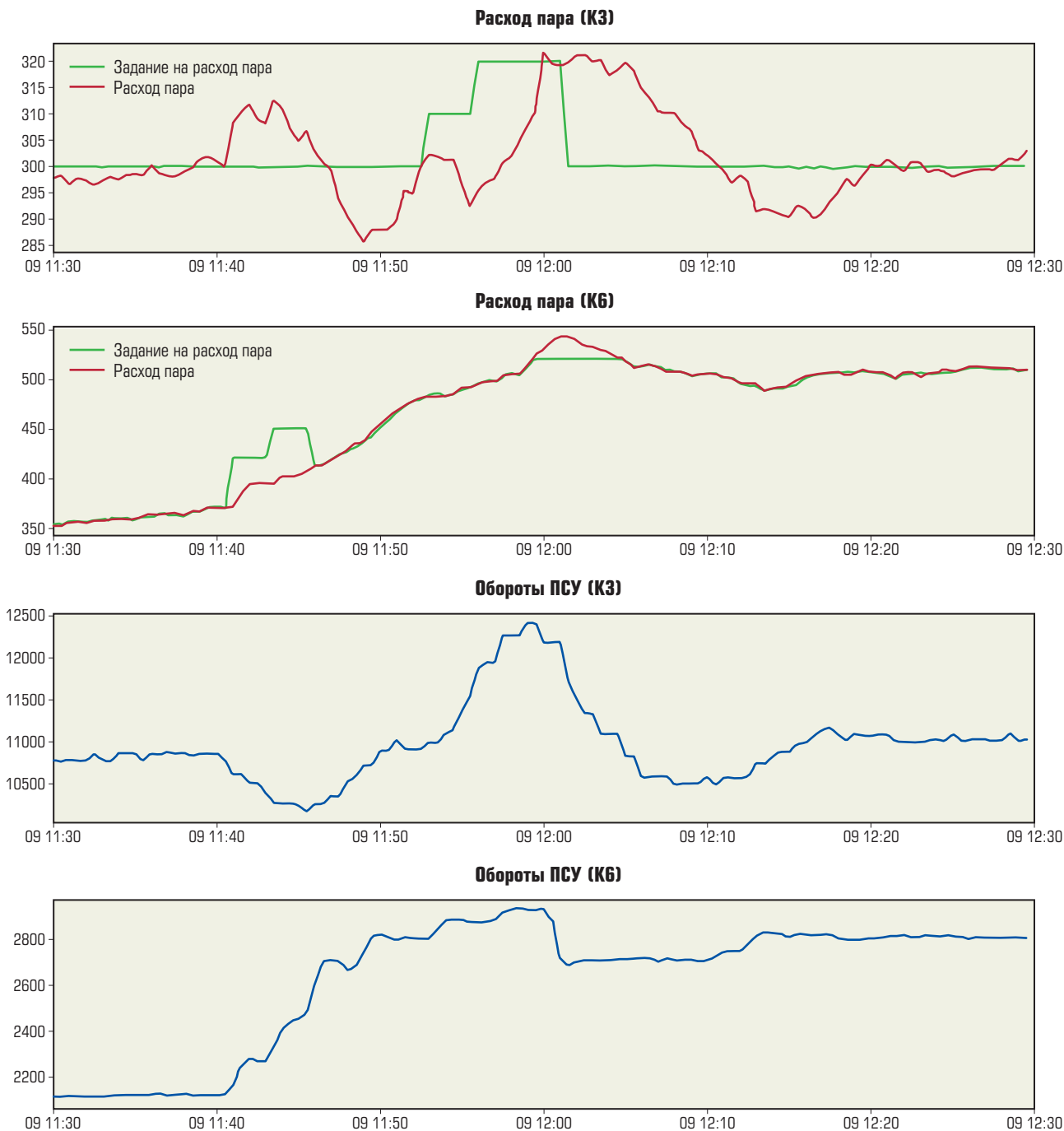
ТЭС с поперечными связями представляют собой систему котлов и турбин, связанных единой тепловой магистралью. В такой единой системе управление каждым котлом в отдельности чувствительно к внешним возмущениям, и в первую очередь к изменению нагрузки станции.

Для поддержания заданного уровня расхода пара реализован контур автоматического управления, называемый регулятором тепловой нагрузки (РТН), на вход которого подается разница между текущим значением расхода пара и заданием на расход, в некоторых решениях через сумматор дополнительно добавляется изменение давления в главной паровой магистрали. Схема и опыт реализации подобного решения подробно изложены в [1]. При изменении нагрузки станции происходит распределение нагрузок на котлы, может возникать ситуация, когда для одного или более котлов она может остаться неизменной, если изменение по станции небольшое. В силу особенности технологического процесса РТН котлов, задание которых осталось неизменно, зафиксируют изменения по расходу пара, в то время как в действительности генерация пара осталась на прежнем уровне. Физическую сущность процессов, происходящих в это время, и причины появления таких значений расхода на датчиках подробно описал А.С. Ключев в работе “Наладка систем автоматического регулирова-

ния барабанных паровых котлов” [2]. Таким образом, РТН котлов станут срабатывать ложно и тем самым изменять объемы подачи угля в топку. То есть, котлы дополнительно внесут возмущения в систему, что затруднит работу остальных котлов, на которых лежит обеспечение нагрузки станции. Такая проблема существует и при схеме управления “базовые котлы – регулирующий котел”, и при реализации управления через главный регулятор давления в паровой магистрали. Когда ложное срабатывание РТН несколько затягивается, машинист котла использует ручное управление, выравнивая ситуацию.

Подобное управление можно проиллюстрировать на данных архивов, представленных на рисунке 1. На графиках видно, что котел № 3 (К3) находился в регулирующем режиме (поддерживал давление), а котел № 6 (К6) держал нагрузку станции. С момента времени около 11:30 турбины начали набирать нагрузку, что стало внешним возмущением для К3. Датчик расхода пара К3 измеряет увеличение расхода, разница по заданию и фактическому измерению приводит к срабатыванию РТН и уменьшению оборотов ПСУ (обороты пылесистемы), и соответственно к падению давления в магистрали.

Далее, РТН К3 начинает обрабатывать свое же ложное срабатывание, и в этот момент машинист вмешивается, изменяя задание на расход пара у К3. Когда машинист изменил зада-



▲ Рис. 1. Пример ложного срабатывания РТН

ние, КЗ находился в процессе регулирования и выравнивал давление.

КОРРЕКЦИЯ РЕГУЛЯТОРА ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

В сущности, сама конструкция регуляторов (П, ПИ, ПИД), которые в своем подавляющем большинстве используются в АСУ ТП, делает

невозможным использовать те знания, которые есть, например, у машиниста для управления системой. В этой связи и появилась идея дополнить контур основного управления отдельным алгоритмом, который станет анализировать общую ситуацию по нагрузке всей станции и определять корректирующие значения для оборотов ПСУ, в логике, похожей с логикой человека.

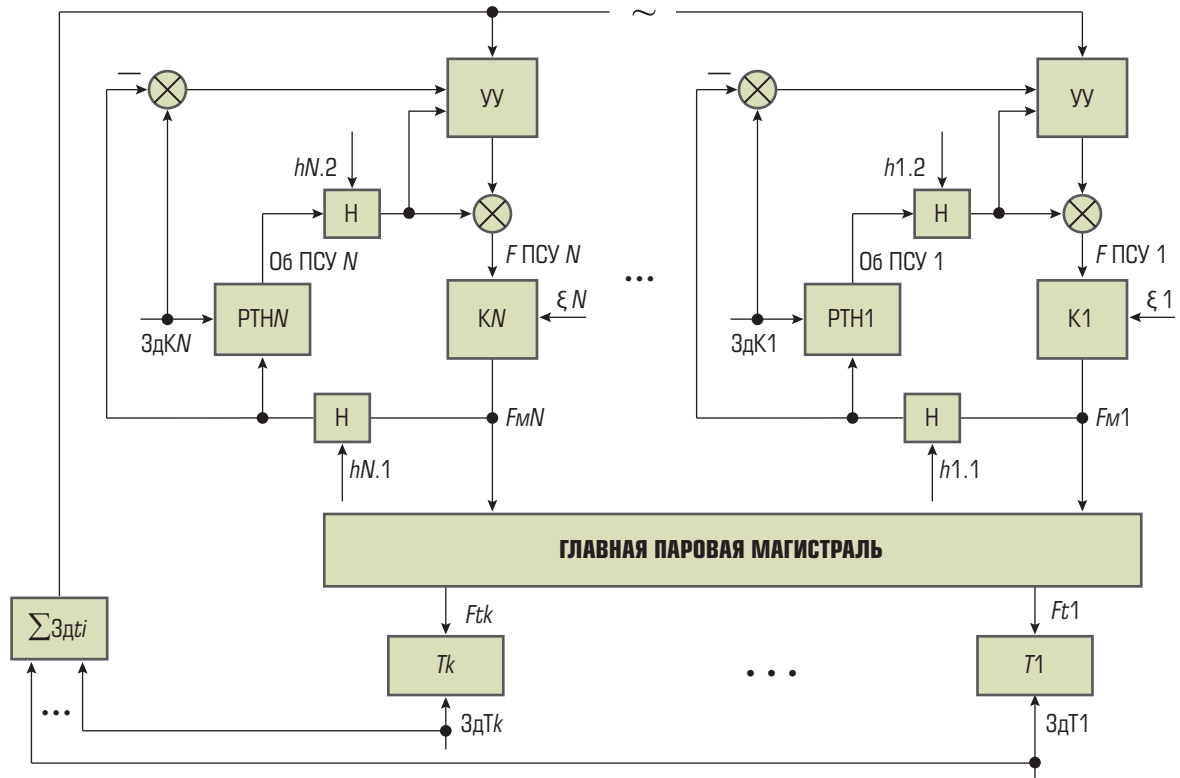


Рис. 2. Схема коррекции значений оборотов пылесистемы с включенным РТН

На схеме использованы следующие обозначения: $K(1, \dots, N)$, $T(1, \dots, k)$ – котлы и турбины, включенные в работу; устройство управления (УУ) – алгоритм расчета значений оборотов пылесистемы (ПСУ) каждого котла с учетом ситуации изменения нагрузки по всей станции; РТН (1, ..., N) – классический пропорционально-интегральный (ПИ) регулятор тепловой нагрузки (к каждому котлу станции); $ЗдК(1, \dots, N)$ – задание на расход пара каждого котла; $ЗдТ(1, \dots, k)$ – задание на расход пара каждой турбины; $\sum Здтi$ – суммарное задание на турбины; $Fт(1, \dots, k)$ – измерения расхода пара турбинами; $Об ПСУ(1, \dots, N)$ – значения оборотов ПСУ от РТН котла; $F ПСУ(1, \dots, N)$ – скорректированное значение оборотов ПСУ; $\xi(1, \dots, N)$ – неконтролируемые возмущения (изменение качества топлива, воздушного режима, тепловых свойств питательной воды, работа регулятора температуры перегретого пара и др.); $hN.1$, (N – номер котла) – пульсации пара, точность измерений; $hN.2$, (N – номер котла) – преобразование выходного сигнала в частоту вращения ПСУ

Схема решения представлена на рисунке 2. Схема интеграции алгоритма обработки данных станции предусматривает полное сохранение существующей схемы управления, так что базовый контур управления всегда включен в работу.

Ниже представлена общая идея предотвращения ложного срабатывания РТН. Условие изменения нагрузки станции проверяется в каждый момент времени непрерывно в течение всего периода работы станции. Если изменение нагрузки станции находится в допустимых пределах, характеризующих установившееся статическое состояние, то никаких действий предпринимать не следует. Если изменения суммарного задания на РТН котлов станции в целом превышают порог допустимых колебаний, значит, станция начинает снижать или набирать нагрузку. Следовательно, необходимо разделить котлы на два подмно-

жества: первая группа котлов – это те, у которых нагрузка изменится, и, следовательно, их РТН должны изменить объем подачи топлива; и вторая – котлы, задание на расход пара которых осталось в диапазоне статического регулирования, следовательно, на этих котлах возможно возникновение ложного срабатывания регулятора.

При обнаружении изменения нагрузки станции производить весь цикл шагов:

1. Контролировать (держать под наблюдением) все подмножество котлов с неизменным заданием на расход, пока вся станция изменяет нагрузку.
2. Для каждого котла подмножества выполнять:
 - Если сигнал рассогласования (разница задания и измерения расхода с датчика котла) больше заданного порогового значения, то управляющее воздействие, полученное с РТН, будет ложным.

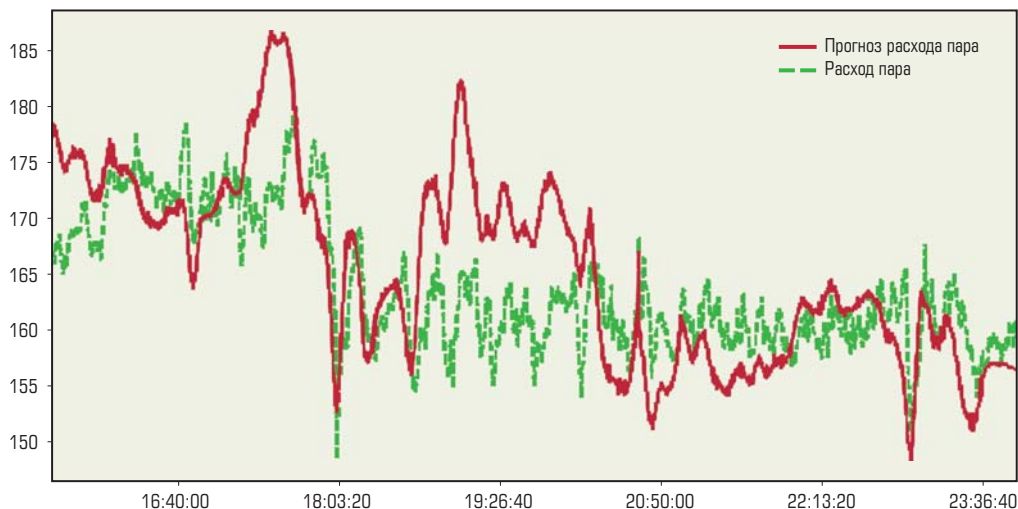


Рис. 3. Прогноз расхода пара на основе нейросетевой модели

- Оставить управляющее воздействие (обороты ПСУ) без изменения. С этой целью:
 - Получить управляющее воздействие (обороты ПСУ) от РТН.
 - Получить число оборотов ПСУ из предыдущих ближайших по времени значений в соответствии с допустимым отклонением задания и фактическим расходом пара.
 - Найти разницу между значениями 3.1 и 3.2. Таким образом, формируется компенсирующее воздействие.
 - Компенсирующее воздействие добавить к управляющему воздействию от РТН.

Главная особенность решения состоит в использовании текущей информации и последних измерений с датчиков по всей станции. В этой связи крайне важно обеспечить поступление в алгоритм обработки “сырых” данных от датчиков с достоверными значениями, что предъявляет требования к стабильности работы информационно-измерительной системы, КИПиА. Ввиду сильной динамики физических процессов и возможности быстро реагировать на изменения, дискретность поступления данных в алгоритм коррекции РТН может быть сокращена до одной секунды, поскольку реакция на изменение паровой нагрузки сильно влияет на количество расходуемого топлива в большую или меньшую сторону. В первом случае получается перерасход, когда это не требуется, в другом случае снижение расхода топлива является необоснованным и после придется снова набирать обороты, внося дополнительные колебания в паровую магистраль.

При разработке алгоритма коррекции РТН использовались архивы “сырых” данных как есть, записанных в архив с дискретностью глобального опроса системы в 30 секунд.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПАРООБРАЗОВАНИЯ В КОТЛЕ

Для проверки работоспособности изложенной выше идеи коррекции РТН, необходимо построить имитационную модель станции. С этой целью будем рассматривать задачу моделирования замкнутого объекта с отрицательной обратной связью (Котел-РТН) на основе имеющихся архивных данных. Для описания котлов были использованы данные текущей работы станции за летний месяц без проведения каких-либо специальных экспериментов по снятию переходных характеристик. Как известно, коэффициенты регулятора настраиваются единожды при вводе оборудования в эксплуатацию, при этом объект исследования относится к классу квазистационарных (параметры объекта с течением времени медленно меняются). Таким образом, априорная информация об объекте дана в объеме недостаточном для использования классических подходов построения моделей динамических объектов.

Было принято решение для построения имитационной модели объекта исследования использовать подход на основе нейросетей. В данном случае не требуется знание структуры объекта (в виде передаточной функции), проведение специальных экспериментов, достаточно иметь измерения и знать класс, к которому принадлежит объект. На рисунке 3 приведены результаты прогноза полученной модели и реальные данные.

Модель была получена при следующей конфигурации нейронной сети: функция активации – линейная, 5 нейронов, один слой. Относительная средняя ошибка прогнозирования составила 14,7%. Следует отметить и тот факт, что исследуемый объект – котел в режиме регулирования давления, это означает отсутствие в данных качественных переходных режимов. Однако использование нейросетевых методов позволяет получать модели с приемлемой точностью, несмотря на малый объем априорной информации.

ВЫВОД

В статье излагается алгоритм обработки данных в режиме реального времени для коррекции оборотов ПСУ, предупреждающих ложное срабатывание регулятора тепловой нагрузки котла. Приводится схема интеграции алгоритма с существующей схемой регулирования, математические основы моделирования динамических объектов по

“сырым” данным без проведения дополнительных экспериментов по снятию переходных характеристик.

Список литературы

1. Жалнин Д.А. Опыт внедрения системы регулирования давления в главной паровой магистрали на Красноярской ТЭЦ-2 // Жалнин Д.А., Шорохов В.А., Евдокимов А.Н., Бубновский О.А., Чуринов А.В., “Электрические станции”, № 11, 2009, с. 18-25.
2. Ключев А.С. Наладка систем автоматического регулирования барабанных паровых котлов // Ключев А.С., Лебедев А.Т., Новиков С.И., Москва, “Энергоиздат”, 1985, 280 с.
3. N. Kopyarova. About the Control of a Group of Objects on the Example of Steam Pressure in the CHP Main Line // N. Kopyarova, A. Chubarov, N.Sergeeva AMSA'2017, Krasnoyarsk, Russia, 18-22 September, 2017: Proceedings of the international workshop. – Novosibirsk: NSTU publisher, 2017, p. 96-103.

Чубарова Олеся Викторовна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Системного анализа и исследования операций Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск,

Сергеева Наталья Александровна – канд. техн. наук, генеральный директор ООО “Ар Ди Сайнс”, г. Красноярск.