

Таким образом, решение, полученное методом прямых проходов не всегда является оптимальным. Основное достоинство метода заключается в высокой скорости получения решений, кроме того метод легко программируется, так как все операции производятся с элементами матриц.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Конюхова Е. А.* Электроснабжение объектов: Учеб. пособие. – М.: Изд-во «Мастерство», 2002. – 320 с.
2. *Шихин Е.В., Чхартишвили А.Г.* Математические методы и модели в управлении: Учеб. пособие. – М.: Дело, 2000. – 688 с.
3. *Плаксиенко Е.А.* Решение задачи о назначениях методом прямых проходов: Сборник докладов IV междунар. н.п.к. Проблемы регионального управления, экономики, права, и инновационных процессов в образовании. Т. 2. – Таганрог: Изд-во ТИУиЭ, 2004. – 294 с.

УДК 657.012.011.56

**Е.Н. Павленко**

### **ФОРМАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ**

Формализация функционирования объектов в энергетике необходима для нахождения адекватных математических моделей. Математические модели затем применяются для синтеза автоматических и автоматизированных систем управления процессами производства энергии.

Наибольшее распространение при производстве энергии и тепла имеют барабанные и прямоточные паровые котлы.

Автоматизация водно-химического режима (ВХР) – одна из основных задач АСУ ТП тепловых электростанций (ТЭС). Автоматизация позволяет уменьшить число возможных ошибок технологов-операторов при выполнении трудоемких операций непрерывной и периодической очистки воды, эффективно использовать оборудование, в частности, за счет увеличения срока безремонтной службы поверхностей нагрева, сократить расходы реагентов.

Так как найти аналитические модели получения питательной воды высокого качества достаточно, то нельзя утверждать, что схемы регулирования совершенны, а задача разработки моделей ВХР остается актуальной. Так как помимо получения данных химического анализа, результатов показаний датчиков, немаловажное значение имеет опыт экспертов, поэтому целесообразно разрабатывать системы автоматического регулирования с элементами искусственного интеллекта.

Барабанный паровой котел состоит из барабана, пароперегревателей, парохладителей, водяного экономайзера и воздухоподогревателя.

Топливо сжигается в топке факельным способом. Нагретый воздух обеспечивает эффективный процесс горения. Дымовые газы вытягиваются дымососом. Питательная вода через экономайзер проходит по трубам циркуляционного контура. Пар образуется в подъемных трубах. Насыщенный пар из барабана посту-

пает в пароперегреватель. Температура перегрева пара регулируется в пароохладителе.

Задачи управления технологическим процессом в барабанном паровом котле состоят в регулировании: расхода перегретого пара; давления перегретого пара; уровня воды в барабане; разрежения в верхней части топки; оптимального избытка воздуха за пароперегревателем; солесодержания котловой воды.

Котел – это сложная динамическая система с взаимосвязанными входными и выходными величинами. Связи входных и выходных величин показаны на рис. 1 [1]. Схема на рис. 1 является основой для выполнения формализации функционирования барабанного парового котла.

Управление барабанным котлом осуществляется автономными автоматическими системами регулирования. Существуют [2] регуляторы расхода топлива, регуляторы давления пара перед турбиной, в общем паропроводе, регуляторы подачи воздуха, регуляторы перегрева первичного пара, регуляторы питания паровых котлов. При разработке схем регуляторов применяются модели с нечетким описанием исходных данных и нечетким логическим выводом [3].

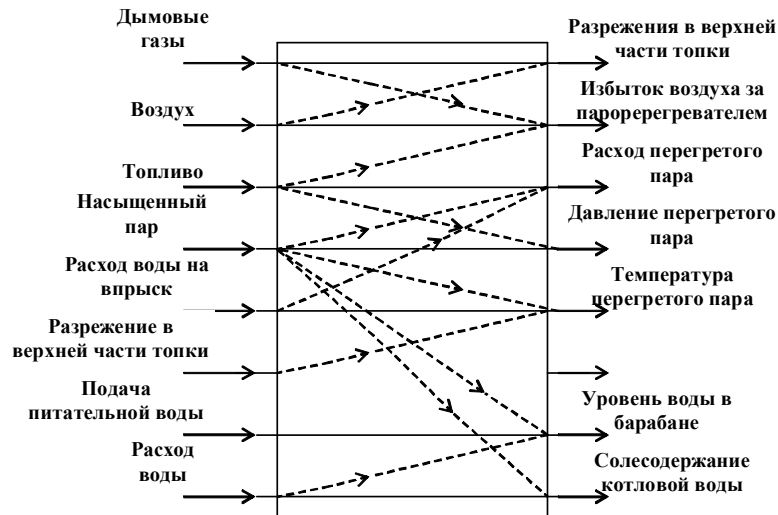


Рис. 1. Связи входных и выходных величин в барабанном паровом котле

Химический состав воды оказывает существенное влияние на время безостановочной и безремонтной работы. Качество котловой воды определяется концентрацией солей в пересчете на соли Na, мг/кг (общее солесодержание) и содержание ионов  $PO_4^{3-}$ , мг/кг (избыток концентрации фосфатов). Если общее солесодержание повышается, то это может привести к уносу солей котловой воды в пароперегреватель и в турбину. Если концентрация фосфатов ниже нормы, то это вызывает образования накипи на внутренних поверхностях экранных труб, что вызовет пережог труб в местах образования накипи. Общее солесодержание котловой воды поддерживается в пределах нормы за счет непрерывной и периодической продувок из барабана в специальные расширители. При этом также удаляется шлам в нижних коллекторах.

Для непрерывной продувки имеются схемы непрерывного регулирования [2]. Соотношения между содержанием фосфатов паровой нагрузкой и непрерывной продувкой устанавливаются эвристическим путем. Периодическая продувка

не автоматизируется. Решение о ее параметрах принимается технологом-оператором и выполняется обходчиками оборудования.

Прямоточный паровой котел состоит из воздухоподогревателя, водяного экономайзера, нижней радиационной части, переходной зоны, радиационного пароперегревателя, конвективного пароперегревателя и пароохладителя. Для данного котла более сложным является регулирование температуры перегрева первичного пара, так как на нее одновременно влияют изменения расхода питательной воды и подачи топлива. Это приводит к необходимости увеличения числа впрысков и расхода воды.

Задачи управления технологическим процессом в прямоточном паровом котле состоят в регулировании: процесса горения; тепловой нагрузки; перегрева пара; температурного режима пароводяного тракта от его начала до первого регулируемого впрыска. Для прямоточного парового котла также существуют устройства автоматического регулирования подачи топлива и питательной воды [2]. В отличие от барабанного парового котла, задача регулирования солесодержания котловой воды решается на другом оборудовании.

Задача управления ВХР относится к числу трудноформализуемых задач, а от качества питательной воды напрямую зависят срок службы оборудования и интервал времени между ремонтами оборудования котла.

Эффективность организации ВХР зависит от полноты математической модели, т.е. от того, насколько модель адекватна реальности. Длительная эксплуатация оборудования позволяет набрать достаточно большое число статистических данных, на основании обработки которых можно разработать рекомендации по управлению ВХР. Однако хорошо зарекомендовал себя подход к моделированию технологических процессов [3, 4], при котором используются правила нечеткого условного вывода общей структуры вида «ЕСЛИ ... ТО... ИНАЧЕ...». Получаемая производственная модель представляет собой результат экспертного опроса технологов-операторов, предоставляющих информацию качественного характера, обобщающую опыт их работы.

Формализация параметров при разработке модели ВХР должна соответствовать известной схеме разработки моделей и содержит три этапа: содержательное описание; разработка формализованной схемы ВХР; разработка моделей элементов и модели ВХР в целом.

При выполнении содержательного описания ВХР, следует выделить принципы, условия и правила функционирования оборудования ВХР, обслуживающего персонала, определить степень и характер взаимодействий. Следует определить перечень нормативных параметров ВХР, сформулировать цель и выполнить ее структуризацию, определить перечень исходных данных, необходимых для исследования.

Водно-химический режим электростанции должен обеспечивать работу основного и вспомогательного оборудования без повреждений и снижения экономичности. Достижение этих условий обеспечивается:

- своевременным контролем состояния ВХР;
- выдерживанием норм качества подпиточной, питательной и котловой воды, продувок согласно правилам технической эксплуатации (ПТЭ) в процессе эксплуатации;
- коррекционной обработкой (гидразинная, аммиачная обработка, фосфатирование котловых вод);
- своевременной и качественной консервацией оборудования;

- пусками котлов, не допускающими нарушений водно-химических режимов;
- своевременным устранением нарушений ВХР, совместно с персоналом тепловых цехов.

ВХР котлов имеет свои отличия при нормальной эксплуатации, пусках, остановах, нарушениях режима. В рабочем состоянии котлоагрегатов ВХР заключается в контроле и соблюдении норм качества котловой и питательной воды, паров, своевременной корректировке при отклонении от норм и выполнении анализов и продувок в соответствии с графиком контроля.

Контроль водного режима турбин заключается в определении:

- плотности конденсаторных трубок и вальцовки конденсатора, что определяется по анализам жесткости и показателям электропроводности основного конденсата;
- плотности конденсатного тракта и работы основного эжектора, что определяется по анализам кислорода в основном конденсате.

Для повышения водяной плотности конденсатора в КТЦ-2 применяется гидравлическое уплотнение в трубных досках. С этой целью передние и задние доски выполнены двойными, образуя камеры гидравлического уплотнения, куда подается конденсат из бачка уплотнений.

ВХР блоков (150 МВт) ведется в соответствии с действующими нормами качества питательной, котловой подпиточной воды, конденсата. В основном он аналогичен режиму котлов ТГМ-96, за исключением следующих аспектов.

При растопке блока подпитка ведется деаэрированной водой от соседнего блока, собственные ПЭН включаются на котел после достижения кислорода в питательной воде нормы 10 мкг/кг. После включения ПЭН включается в работу НДГ. Нельзя производить фосфатирование котловой воды в период растопки котла, за исключением случая наличия жесткости в котловой и питательной воде. Фосфатные насосы включаются только после включения блока в сеть и выполнения анализа котловой воды на фосфаты. Растопку блока производят не поднимая давления на котле выше 120 атм, увеличивая давление до нормального только при нагрузке на блоке 60 мВт. Не допускают режимов работы котла с минимальной производительностью при  $P=140\div 150$  атм.

При работе блока на низких нагрузках увеличивают непрерывную продувку до 20%, контролируя содержание  $PO_4$  в котловой воде. После останова котла контролируют содержание  $PO_{4.3}$  в котловой воде до снижения давления до нуля и при повышенных фосфатах требуют обмена воды в котле периодической продувкой. При останове блока в ремонт или резерв, независимо от срока производят гидразинную обработку питательного тракта, достигая концентрации  $N_2H_4\sim 3000$  мкг/кг и выдерживая ее в течение 1-2 часов с контролем гидразина в питательной воде, в конденсате.

На рис. 2 приведен вариант технологической схемы водоподготовки.





Рис. 3. Схема прерывистого автоматического регулирования дозирования реагентов

При регулировании количества шлама в осветителе стараются поддерживать среднее значение уровня шлама в корпусе осветителя и шламоотделителя продувкой осветителя. На рис. 4 приведена схема регулирования шламового режима.

Исполнительный механизм открывает ventиль периодической продувки при достижении шламом верхнего уровня и закрывается при достижении нижнего уровня. Осветленная вода поступает в механический фильтр, а затем в фильтры химического умягчения и в обессоливающую установку.

Приготовление растворов реагентов (регенерационные растворы) осуществляется периодически. Имеется система автоматического управления процессом приготовления растворов из задаваемого соотношения расхода концентрированного раствора и осветленной воды. Структура этой системы управления приготовления растворов и их периодической подачи в фильтры показана на рис. 5.

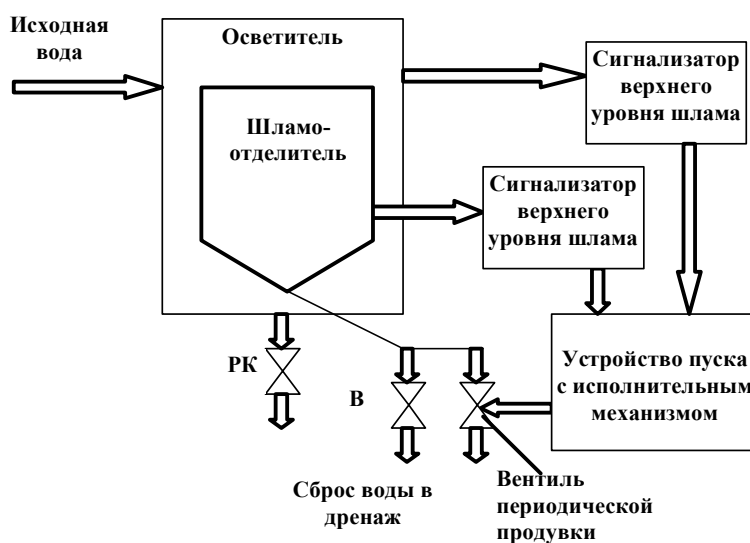


Рис. 4. Схема регулирования шламового режима

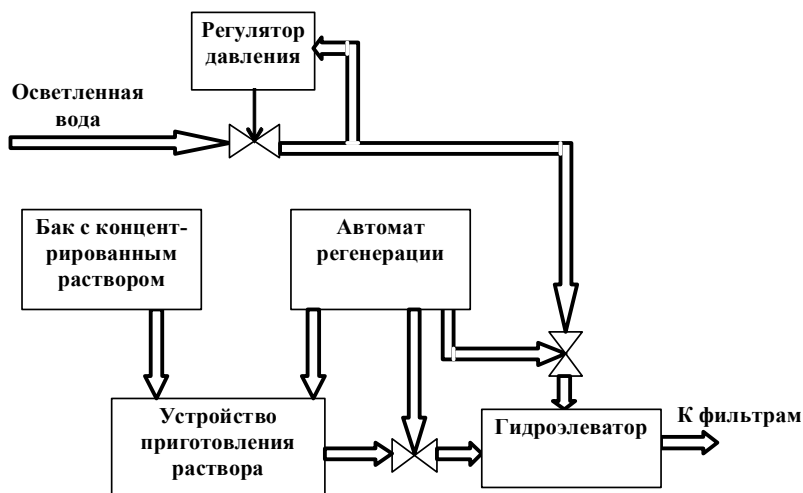


Рис. 5. Система управления приготовления растворов и их подача в фильтры

Автомат регенерации вырабатывает команды на открытие и закрытие запорных задвижек на линиях осветленной воды и концентрированного раствора на линиях подвода раствора к фильтрам.

Фильтры отключаются на промывку автоматическим устройством. Процесс промывки и регенерации фильтров автоматизирован. Существуют автоматизированные системы управления регенерацией групп фильтров, которые обеспечивают управление всеми операциями по восстановлению фильтров, формируют задание регуляторам и выводят информацию операторам-технологам.

Для замедления процесса коррозии поверхностей нагрева в питательную воду вводится раствор аммиака, который повышает ее щелочность. Для удаления остаточного кислорода осуществляется ввод раствора гидразина.

Блочные установки оборудованы конденсатоочисткой для предотвращения останова блоков из-за ухудшения качества питательной воды, вследствие присосов в нее охлаждающей воды в местах повреждения трубок в конденсаторе турбины.

Рассмотренные технологические схемы являются основными исходными данными для получения формализованной модели ВХР. Следующим этапом формализации является описание  $X$ ,  $Y$ ,  $F$  – векторов входных, выходных и возмущающих параметров, а также вектора конструктивных параметров  $B$ .

Отметим, что содержание вектора  $Y$ , формализующего компоненты, поступающие из установки химической подготовки питательной воды в паровые котлы и в теплосеть, определяют следующие множества:

- $Y1$  – объем подаваемой питательной воды,  $y_1 \in [y_{1min}, y_{1max}]$ ;
- $Y2$  – объем подаваемой воды на впрыск,  $y_2 \in [y_{2min}, y_{2max}]$ ;
- $Y3$  – объем воды, подаваемой в теплосеть  $y_3 \in [y_{3min}, y_{3max}]$ ;
- $Y4$  – количество удаляемого шлама,  $y_4 \in [y_{4min}, y_{4max}]$ .

Формально вектор входных параметров  $Y$  ВХР определен в виде прямого произведения:  $Y = Y1 \times Y2 \times Y3 \times Y4$ .

Концептуальную модель системы управления ВХР следует представить в виде функции выходов и в виде функции переходов, которые, в свою очередь, представлены в виде нечетких соответствий.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дуэль М.А. Автоматизированные системы управления энергоблоками с использованием средств вычислительной техники. – М.: Энергоиздат, 1983. – 208 с.
2. Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 368 с.
3. Финаев В.И., Павленко Е.Н. Методы искусственного интеллекта в задачах организации водно-химического режима тепловых электростанций. – Таганрог: ТРТУ, 2004.
4. Егупов Н.Д., Гаврилов А.И., Коньков В.Г., Милов Л.Т., Мочалов И.А., Мышляев Ю.И., Трофимов А.И. Методы робастного, нейронечеткого и адаптивного управления: Учебник/Под ред. Н.Д. Егупова; изд 2-ое, стереотипное. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

УДК 621.39

Ю.А. Заргарян

#### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСБЫТОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Задача создания автоматизированной системы учета потребления энергии для предприятий энергетической промышленности является актуальной и решается многими энергетическими предприятиями. Следует отметить, что нет единого подхода к решению подобных задач, и не существует специализированного программного продукта, наиболее адаптированного к нуждам энергопредприятий. Для крупных предприятий целесообразно разрабатывать и внедрять собственные комплексные автоматизированные системы управления. В этих системах