

УДК 657.012.011.56

Е.Н. Павленко

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПАРОВЫХ КОТЛАХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

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.

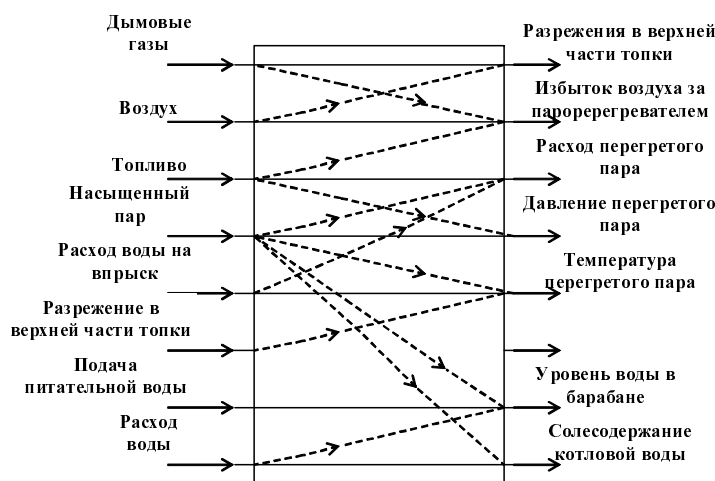


Рис. 1. Связи входных и выходных величин в барабанном паровом котле

Управление барабанным котлом осуществляется автономными автоматическими системами регулирования. Существуют [1-3] 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 [4].

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, 3]. 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.

Для прямоточного парового котла более сложным является регулирование температуры перегрева первичного пара, т.к. 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 существуют устройства автоматического регулирования подачи топлива и питательной воды [4, 5]. Однако заметим, что, в отличие от барабанного парового котла, задача регулирования соледержания котловой воды решается на другом оборудовании.

Таким образом, задача управления водно-химическим режимом (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, а равно и всего технологического процесса производства электроэнергии и тепла зависит от эффективности 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 [4, 5], 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.

Моделирование системы управления ВХР может быть математическим, в виде построения некоторого математического объекта, и имитационным. Для моделирования ВХР, в силу его специфики, модель определена в формальной форме: $Y=W(B,X)$, где W – правило преобразования (модель) в системе ВХР, причем, под $W(.)$ могут пониматься математические действия, логические высказывания, теоретико-множественные операции и прочее. При таком определении модель W позволяет установить соответствие между входными параметрами, состояниями и выходными параметрами ВХР.

Отметим, что непосредственно наблюдать параметры ВХР невозможно. Существует дополнительная (промежуточная) система S , формально последовательно соединенная с выходом системы управления ВХР, как это показано на рис. 2, которая выполняет функции измерения реальных параметров и передачи измеренных значений технологу-оператору. В оценки вектора Y и компонент вектора B вносится дополнительная погрешность, определяемая возмущениями (погрешностями измерения, ошибками при передаче информации и прочее) Δ для системы S .

Модель промежуточной системы S необходимо учитывать. Это задачи обеспечения требуемой точности измерения, которые не являются предметом исследования данной диссертационной работы. Формально модель с учетом возмущений

Δ имеет вид: $V=M(Y,B,\Delta)$, где $M(\cdot)$ – оператор, преобразующий параметры Y, B, Δ в выходные параметры системы управления ВХР.

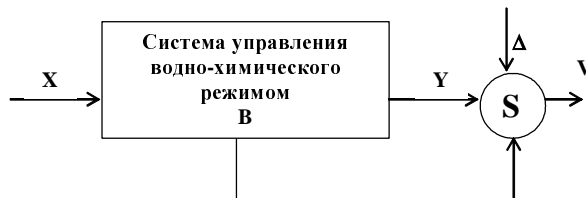


Рис. 2. Наблюдение за выходным параметром

Задачу разработки модели системы управления ВХР относится к классу трудноформализуемых, многофакторных задач с нечеткой логикой.

Модель, прежде всего, следует представить, применив теоретико-множественные описания. В основу теоретико-множественного представления модели ВХР положим понятия соответствия, отображения и отношения между элементами множеств.

Компоненты вектора конструктивных параметров $B=\{B_1, B_2, \dots, B_{20}\}$ определяют состояние ВХР, где B_i – i -й элемент вектора B , описываемый в свою очередь вектором $B_i = \{b_1^i, b_2^i, \dots, b_{n_i}^i\}$. Под компонентом b_j^i вектора B_i понимается измеримое состояние.

Вектора $B=\{B_1, B_2, \dots, B_{20}\}$ содержат параметры, которые могут быть функциональными зависимостями, нестационарными распределениями вероятностей случайных величин, а также могут быть заданы экспертами в виде нечетких интервалов и лингвистических переменных на базовых множествах, определенных выше. Вектора входных и выходных параметров системы управления также определены выше. Исходя из выполненных определений векторов X, Y и B , следует задание теоретически множественной модели в виде функций переходов и функции выходов.

Между элементами множества Y , элементами множеств X и B существует соответствие, являющееся моделью системы управления ВХР в виде функции выходов, которое в общем случае следует рассматривать как нечеткое соответствие:

$$\tilde{q} = \langle \{(X_1 \times X_2 \times \dots \times X_8) \times (B_1 \times B_2 \times \dots \times B_n)\}, (Y_1 \times Y_2 \times Y_3 \times Y_4), \tilde{G} \rangle, \quad (1)$$

где \tilde{G} – нечеткий график нечеткого соответствия \tilde{q} .

Между элементами множества B , элементами множеств X и B существует соответствие, являющееся моделью системы управления ВХР в виде функции переходов, которое в общем случае также следует рассматривать как нечеткое соответствие:

$$\tilde{\varphi} = \langle \{(X_1 \times X_2 \times \dots \times X_8) \times (B_1 \times B_2 \times \dots \times B_n)\}, (B_1 \times B_2 \times \dots \times B_n), \tilde{F} \rangle, \quad (2)$$

где \tilde{F} – нечеткий график нечеткого соответствия $\tilde{\varphi}$.

Модели в виде соответствий (1) и (2) соответствуют разработанной в разд.1 концепции моделирования системы управления ВХР. Графики \tilde{G} , \tilde{F} нечетких соответствий подлежат идентификации в зависимости от поставленных задач при исследовании и проектировании систем управления ВХР.

Трудность решения задач управления ВХР определяется следующим:

- ◆ разработать аналитическую модель, позволяющую адекватно описать систему управления ВХР аналитическими математическими приемами сложно, математическая модель не будет достаточно полной и адекватной реальным процессам;
- ◆ управление ВХР зависит от многих факторов, учесть которые во всем многообразии трудно;
- ◆ прогнозирование последствий управлений носит субъективный характер;
- ◆ динамика изменения состояний системы управления ВХР носит нелинейный и нестационарный характеры;
- ◆ оценки многих параметров могут быть осуществлены на качественном уровне специалистами-экспертами.

Управление ВХР из-за трудностей формализации целесообразно осуществлять в виде результатов от решения задач принятия решений. Рассмотрим нечеткую модель, применимую для решения задач управления ВХР.

Пусть $\tilde{X} = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m)$ – нечеткая точка в пространстве состояний входных переменных $\{X, M\}$, где M – алгебра, определенная над нечеткими интервалами. Нечеткая точка в пространстве переменных состояний ВХР $\{B, N\}$ определится нечетким вектором $\tilde{B} = (\tilde{b}_1, \tilde{b}_2, \dots, \tilde{b}_r)$, где N – алгебра, также определенная над нечеткими интервалами.

Формальное задание математической модели, определяющей зависимость между компонентами нечетких векторов \tilde{B} и \tilde{X} , произведем в виде нечеткого уравнения регрессии

$$\tilde{b}_j = \tilde{f}_j(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m), \quad j = \overline{1, r}, \quad (3)$$

где \sim – оператор нечеткости.

Таким образом, математическая модель для выбора управления ВХР в зависимости от существующих входных воздействий представлена в виде известной линейной модели наблюдений [6], модифицированной для описания параметров в виде нечетких величин.

Понятие линейной модели наблюдений – фундаментальное понятие в математической статистике, т.к. многие статистические зависимости описываются функциями регрессии, линейными по неизвестным параметрам и в общем случае нелинейными по независимым переменным, называемыми факторами в теории планирования эксперимента.

Нечеткая модель регрессионного анализа позволяет определять нечеткие значения компонент вектора состояний ВХР в зависимости от нечетких значений вектора входных параметров, и отличающаяся от известных линейных моделей наблюдений тем, что параметры модели представлены в виде нечетких интервалов, что позволяет более объективно определять прогнозируемое качество питательной воды для котлов.

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. Субботина Н.П. Водный режим и химический контроль на тепловых электростанциях. – М.: Энергия, 1974. – 328 с.
4. Егунов 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: Учеб-

ник/Под ред. Н.Д. Егупова; изд 2-ое, стереотипное. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 744 с.

5. *Финаев В.И., Павленко Е.Н.* Методы искусственного интеллекта в задачах организации водно-химического режима тепловых электростанций. – Таганрог: ТРТУ, 2004.
6. *Асатурян В.И.* Теория планирования эксперимента. – М.: Радио и связь, 1983.

УДК 621.335.2

В.Г. Галалу

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ КОДОВ ФИБОНАЧЧИ В НАПРЯЖЕНИЕ С СУММИРОВАНИЕМ ВЗВЕШЕННЫХ ТОКОВ В УЗЛОВЫХ ТОЧКАХ АТТЕНЮАТОРА ЛЕСТНИЧНОГО ТИПА

Основным недостатком рассмотренных ранее схем ПКНФ с суммированием равных токов является необходимость использования большого количества прецизионных резисторов в аттенюаторе [1]. Проблема достаточно просто может быть решена при суммировании нескольких взвешенных токов в каждой узловой точке.

На рис. 1 представлен аттенюатор лестничного типа для суммирования 4-х групп взвешенных токов ($I_1 \div I_4$) и формирования весовых коэффициентов ряда Фибоначчи при $p=1$. Представим эту числовую последовательность:

1, 1, 2, 3, 5, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 654, 1597 ...

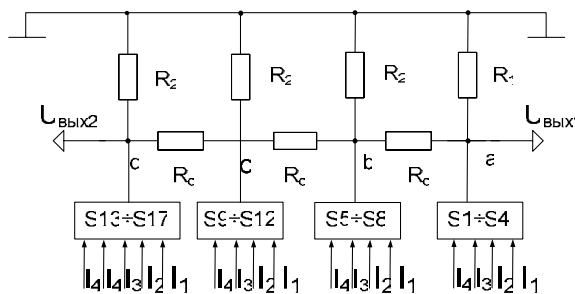


Рис. 1. ПКНФ с суммированием взвешенных токов

При 17 членах ряда сумма составит 4180, что соответствует 12-ти двоичным разрядам (0,025%). Так как два младших кванта равны 1, то для их формирования используются одинаковые токи I_4 . Рассмотрим основные соотношения для рассматриваемого аттенюатора. В каждой узловой точке суммируются 4 взвешенных тока $I_1 \div I_4$, каждый более младший должен быть в $K=1,6180$ раза меньше. Таким образом, общий коэффициент деления между ячейками аттенюатора должен составлять $(1,6180)^4=6,8540$. Если принять $R_1=R$, то для обеспечения требуемого деления резистор связи R_c должен составлять $R_c=(K^4-1)R=5,8540R$.

Этот коэффициент деления должен выполняться для всех ячеек аттенюатора, то есть эквивалентные сопротивления нагрузки R_n в узловых точках a, b, c, d должен быть одинаковыми и стремиться к R (рис. 2).

Легко можно показать, что для этого резистор R_2 должен равняться:

$$R_2 = R \cdot \frac{K^4}{K^4 - 1}, \quad R_2 = \frac{6,854}{5,854} R. \quad (1)$$