

При опытно-промышленной эксплуатации анализируемой системы были подтверждены отмеченные преимущества. Так, использование модели инерционной части объекта позволило повысить быстродействие схемы, значительно снизить отклонения температуры при эксплуатационных возмущениях расходом пара. Изменение нагрузки энергоблока обеспечивается в первую очередь форсировкой ПТН и пароводяного тракта с последующим подавлением отклонений температуры пара в радиационной части за счет высокочастотного контура коррекции режима. Полученные результаты позволяют рекомендовать эту схему к распространению на энергоблоках с прямоточными котлами, системы управления которыми реализованы на унифицированной аппаратуре ГСП (Каскад, АКЭСР и пр.), а также на микропроцессорной технике (Реми-конт, микроЭВМ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Система автоматического управления энергоблоком сверхкритических параметров / В.И. Литвинец, Г.Т. Кулаков, В.В. Молев и др. // Изв. вузов. – Энергетика. – 1980. – № 8. – С. 40–45. 2. B o r s i L. Vergleichende Untersuchung über Regelschaltungen für Blockeinheiten mit Zwangsdurchlaufdampfzeugern. Brennstoff – Wärme – Kraft, 25 (1973). – N 3. – S. 69–75. 3. Л и т в и н е ц В.И., П и с а р ч и к В.С., Р ы м а ш е в с к и й Ю.В. Особенности регулирования нагрузки конденсационных энергоблоков в форсированном и предаварийном режимах. // Изв. вузов. – Энергетика. – 1984. – № 1. – С. 75–89. 4. Всережимное автоматическое регулирование крупных энергоблоков / И.И. Давыдов, Е.Г. Козырева, А.Д. Меламед, Э.Э. Микушевич. // Обзорная информация / Серия: Тепловые электростанции. – М.: Информэнерго, 1978. – 56 с.

УДК 621.311.22

П.В. БАЧИЩЕ, канд. техн. наук,  
В.И. НАЗАРОВ, З. ЗАИДИ (БПИ)

### К ВОПРОСУ ОПТИМАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОМ

В настоящее время развитие современной энергетики характеризуется опережением тепловых и атомных электрических станций с мощными блоками. Для нормальной эксплуатации таких сложных агрегатов необходимо постоянно контролировать до 3000 технологических параметров. Сложность такого контроля в том, что каждая ошибка эксплуатационного персонала может привести к нарушению экономичности работы энергооборудования или даже аварии, т. е. возникает проблема представления оптимальной информации оператору энергоблока.

Определить объем информации о состоянии работающего энергоблока, необходимый оператору, можно путем создания его информационной математической модели. При ее построении приходится решать такие важные вопросы, как выбор критерия эффективности, выбор ограничений и т. д. Разработан ряд методов определения оптимального объема информации. Например, И.А. Руссман предлагает использовать теорию графов [1]. Целевой функцией в этом случае является минимум суммы затрат на получение информации и

потерь от ее недополучения. В.П. Головенкин предлагает использовать информационные критерии для оптимизации состава контролируемых параметров систем [2]. Указанные методы сложны для практического применения, так как показатели, используемые в первом методе, зависят от субъективных оценок. Второй метод характеризуется вычислением условных вероятностей огромного числа параметров, что затруднительно из-за большой размерности задачи и крупного объема статистических данных.

При управлении энергоблоком с точки зрения возможности алгоритмизации можно выделить два контура: 1) нормальный (стандартный) режим; 2) аварийный (нестандартный).

Критерием оптимального управления энергоблоком при нормальном режиме является критерий качества отпускаемой энергии, т. е. обеспечение потребителей необходимым ее количеством при наименьших возможных затратах топлива. Функция оператора при этом ограничивается лишь наблюдением за состоянием системы и оценкой экономичности работы энергоблоков. Это значит, что определяется состав информации, отражающей процесс управления и принятия решения, направленных на повышение экономичности работы энергоблока.

При эксплуатации энергоблока его параметры могут отклоняться в ту или другую сторону от нормативного значения. Отклонение же параметров может вызвать либо перерасход топлива (—), либо его экономию (+). Состояние энергоблока в каждый момент времени характеризуется множеством параметров:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ . Пусть  $x_{zi}$  —  $i$ -й параметр системы;  $C_i$  — весовой коэффициент  $i$ -го параметра.

$$C_i = P_{zi} \alpha_i,$$

где  $P_{zi}$  — вероятность отклонения  $i$ -го параметра от нормативного значения;  $\alpha_i$  — коэффициент, с помощью которого учитывается степень влияния  $i$ -го параметра на экономичность работы энергоблока в относительных единицах. Тогда целевую функцию модели нормального контура управления можно записать

$$Q = \sum_{i=1}^n x_{zi} C_i. \quad (1)$$

Чтобы учесть как положительное (экономия топлива), так и отрицательное (пережог топлива) отклонение параметров, необходимо  $P_{zi}$  и  $\alpha_i$  представить в виде:

$$\begin{aligned} P_{zi} &= f(P_{zi}^{(+)}, P_{zi}^{(-)}); \\ \alpha_i &= f(\alpha_i^{(+)}, \alpha_i^{(-)}); \\ P_{zi} &= P_{zi}^{(+)} + P_{zi}^{(-)} + P_{zi}^{(0)}, \end{aligned}$$

где  $P_{zi}^{(+)}$  — вероятность отклонения  $i$ -го параметра в сторону экономии топлива;  $P_{zi}^{(-)}$  — вероятность отклонения  $i$ -го параметра в сторону пережога топлива;  $P_{zi}^{(0)}$  — вероятность того, что  $i$ -й параметр не отклонится от нормативного

значения;  $\alpha_i^{(+)}$  – коэффициент, по которому учитывается экономия топлива при отклонении  $i$ -го параметра;  $\alpha_i^{(-)}$  – коэффициент, по которому учитывается пережог топлива при отклонении  $i$ -го параметра.

Рассматривая только вероятность отклонения  $i$ -го параметра в сторону пережога топлива, можем записать:  $C_i = P_{\text{э}i}^{(-)} \alpha_i^{(-)} \gamma_{\text{э}i}$ . Здесь  $\gamma_{\text{э}i}$  – среднее отклонение  $i$ -го параметра от нормативного значения в сторону пережога топлива на расчетном временном интервале:  $\gamma_{\text{э}i} = \sum_{j=1}^{k_i} \Delta f_i^j / k_i$ . Здесь  $k_i$  – число от-

клонений  $i$ -го параметра от нормативного значения на расчетном временном интервале в сторону пережога топлива;  $\Delta f_i^j$  – относительное отклонение  $i$ -го параметра от нормативного значения в  $j$ -й точке контроля, %.

Так как  $P_{\text{э}i} = k_i / m_i$ , где  $m_i$  – общее число точек контроля  $i$ -го параметра, то  $\gamma_{\text{э}i}$  представим в виде

$$\gamma_{\text{э}i} = \sum_{j=1}^{k_i} \Delta f_i^j / m_i P_{\text{э}i}^{(-)}.$$

Тогда

$$C_i = \frac{P_{\text{э}i}^{(-)} \alpha_i^{(-)} \sum_{j=1}^{k_i} \Delta f_i^j}{m_i P_{\text{э}i}^{(-)}} = \alpha_i^{(-)} \frac{\sum_{j=1}^{k_i} \Delta f_i^j}{m_i}.$$

Или с учетом (1)

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^n x_{\text{э}i} \alpha_i^{(-)} \sum_{j=1}^{k_i} \Delta f_i^j}{m_i};$$

$$\sum_{i=1}^n x_{\text{э}i} b_i \leq S \lambda / 100.$$

В данном выражении  $b_i$  – число информационных ячеек экрана, занимаемое  $i$ -м параметром;  $S$  – нагрузка экрана, определяемая пропускной способностью оператора, %:  $S = \epsilon 100 \% / \lambda$  ( $\epsilon$  – число загруженных ячеек экрана,  $\lambda$  – число ячеек экрана).

Особенностью второго контура управления является быстрое развитие событий, в которых оператор должен также быстро разобраться, т. е. распознать признаки возникающей аварии и принять необходимые меры к ее ликвидации. Иными словами, оператор должен проанализировать графы всех возможных путей нарушения режима. Определить в этом случае необходимый оператору объем информации можно также путем построения информационно-математической модели аварийного контура энергоблока. Пусть  $x_{ai}$  – параметры системы данного контура ( $x_{ai}$  принимает значения 0, 1);  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра:

$$a_i = P_{ai} \beta_{ai}; \quad P_{ai} = n_{ai} / n_{\text{аб}}.$$

В данном случае  $P_{ai}$  – вероятность возникновения  $i$ -й аварийной ситуации;

$n_{ai}$  — число  $i$ -й аварии за определенный временной интервал;  $n_{аб}$  — базовый интервал времени;  $\beta_{ai}$  — коэффициент ущерба (0, 1) от недоотпуска электрической энергии.

При возникновении аварийной ситуации оператору необходимо представить на видеотерминалы число параметров  $n$ , позволяющих ее оценивать в полной мере. Иначе говоря, необходимо максимизировать функцию  $Q$  вида

$$Q = \sum_{i=1}^n x_{ai} a_i \text{ при ограничении } \sum_{i=1}^n x_{ai} b_i \leq S\lambda/100.$$

Использование изложенной методики позволит выявить оптимальные объемы информации, представляемые оператору через средства отображения в АСУ ТП, при управлении нормальными и аварийными режимами работы энергоблока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Руссман И.А. О некоторых задачах оптимизации информации. — М.: Энергия, 1968. — 183 с.
2. Головенкин В.Г. О выборе оптимального состава параметров контроля сложных систем перед применением. — М.: Энергия, 1966. — 311 с.

УДК 681.52.136

В.И. НАЗАРОВ (БПИ)

### АЛГОРИТМ ПЕРИОДИЧНОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ АСУ ЭНЕРГОБЛОКОМ

В настоящее время в комплекс подсистем автоматизированной системы управления (АСУ) энергоблоком все чаще включается задача адаптации автоматических систем регулирования (АСР) нижнего уровня. Ее эффективность в значительной степени зависит от ухудшения качества регулирования, возникающего в период адаптации АСР [1]. При этом должна решаться задача выбора оптимального периода адаптации, ее длительности, а также минимального ухудшения функционирования системы. Данная задача была рассмотрена в [2], где получен оптимальный период  $T_{вкл}^{opt}$  подключения контура адаптации к

АСР при оптимизации целевой функции  $V_A = \frac{T_0 \Delta\varphi}{2} [T_0 - (T_{вкл} - T_A)^2 T_{вкл}^{-1}] - T_A T_0 D_A T_{вкл}^{-1}$  по  $T_{вкл}$ , т. е.

$$T_{вкл}^{opt} = \sqrt{\frac{T_A^2 \Delta\varphi + 2T_A D_A}{\Delta\varphi}}, \quad (1)$$

где  $T_A$  и  $D_A$  — время адаптации и дисперсия регулируемого параметра в период адаптации;  $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$  — скорость изменения дисперсии регулируемого параметра  $dD_y/dt$  относительно минимальной дисперсии  $D_y^{min}$ , достигаемой при адаптации данной АСР;  $T_0$  — период работы адаптивной подсистемы.