

Результаты испытаний показали, что котел работает устойчиво во всем диапазоне изменения нагрузки, кроме того допускает длительную перегрузку котла по производительности до 4,17 кг/с.

УДК 621.181

## **ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЭС В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ**

**Карницкий Н.Б., Буров А.Л., Рус В.В.**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

В современных условиях требуется пересмотр традиционных методов и средств управления надежностью. Особое внимание должно быть уделено экономической стороне проблемы и поиску средств повышения надежности в условиях перехода к рынку.

Технологический процесс на современных ТЭС имеет ряд особенностей, которые должны учитываться при обеспечении ее функционирования. В частности, к ним относятся: иерархическая структура; производство и отпуск нескольких видов продукции, потребляемых неравномерно; обеспечение работы ТЭС на частичных нагрузках при отказах оборудования; разнообразие технических средств обеспечения надежности; проведение регулярных планово-предупредительных ремонтов и техобслуживания.

Т.о. необходимый уровень надежности может быть обеспечен различными путями и средствами, требующими различных затрат. Теоретически существует оптимальный уровень надежности, и в принципе можно было бы говорить об экономических аспектах этой проблемы.

В условиях рынка величина норматива надежности требует корректировки в сторону ее увеличения. В странах с развитой рыночной экономикой этот норматив в настоящее время соответственно равен: США, Канада—0,9997; Италия, Ирландия—0,9995; Япония—0,9992.

Применительно к энергетике Республики Беларусь, входящей в состав СНГ, норматив надежности на уровне 2005 года должен составить 0,996–0,999, а к 2010 году возрасти до 0,9991. Следует учесть и тот факт, что к этому времени необходимо иметь резерв мощности на проведение капитальных и средних ремонтов в условиях старения оборудования до 60–70% от паркового ресурса.

На практике сочетать надежность и экономичность удается не всегда, поскольку возникают трудности выражения ненадежности системы в стоимостной форме. Часто вынужденно эти понятия рассматривают раздельно, косвенно объединяя их через нормативы.

Оптимальная надежность ТЭС определяется таким ее уровнем, дальнейшее поддержание которого экономически нецелесообразно при технических требованиях к состоянию оборудования на момент оптимизации.

Задача экономического обоснования уровня надежности определена в [1].

$$\max \Delta_{\text{инт}}(H) = \max \sum_{t=0}^{T_p-1} [P_t(H) - Z_t(H)] \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

где  $\Delta_{\text{инт}}(H)$  — чистый дисконтированный доход;  $P_t(H)$  — результаты, достигнутые на  $t$ -ом шаге расчета;  $Z_t(H)$  — затраты, инвестируемые на  $t$ -ом шаге расчета;  $H$  — надежность отпуска энергии;  $T_p$  — расчетный период;  $E$  — норма дисконта;  $P_t(H) - Z_t(H) = \Delta_t(H)$  — эффект достигаемый на  $t$ -ом шаге.

Здесь максимальному значению  $\Delta_{\text{инт}}(H)$  соответствует оптимальное значение надежности отпуска энергии.

В электроэнергетике проблема надежности и экономичности энергоснабжения решается довольно активно, причем, используя вероятностные методы, ученые и практики значительно продвинулись в решении этих вопросов.

Данные опроса 29 государств касательно используемых критериев надежности выделили общие точки зрения [2]. На первое место вышло требование экономической обоснованности, затем пригодность использования детерминированных и вероятностных моделей. Для иллюстраций сказанного определим вероятность потери  $J_k(\Delta P)$  нагрузки.

$$J_k(\Delta P) = \frac{Z_{\text{уд}}}{(y_0/T)}, \quad (2)$$

где  $Z_{\text{уд}}$  — удельные затраты в генерирующую мощность;  $y_0$  — удельный ущерб от недоотпуска электроэнергии. По различным оценкам  $y_0$  составляет от 0,5 до 6,85 кВт·ч в зависимости от категории потребителя;  $T$  — расчетный период.

В СНГ нормируется вероятность бездефективной работы или показатель (индекс) расчетной надежности энергосистемы

$$D = 1 - J_k(\Delta P) = 1 - 0,004 = 0,996, \quad (3)$$

Очевидно, ожидаемый недоотпуск электроэнергии составляет

$$M_k(\Delta P \cdot h) = J_k(\Delta P)T, \quad (4)$$

и при  $T=8760$  часов  $M_k(\Delta P \cdot h) = 0,004 \cdot 8760 = 35$ ч

Произведение полученного значения  $M_k(\Delta P \cdot h)$  на величину удельного ущерба  $y_0$ , определит интегральный ущерб от ненадежности.

В практике эксплуатации теплоэнергетического оборудования ТЭС проблема надежности может быть решена со значительно большими допущениями, но и в этом направлении исследований явно недостаточно. Уже давно существуют нормативные методы (тепловой, гидравлический, аэродинамический, прочностной). Широко применяются такие экономические нормы, как удельные расходы топлива на производство электроэнергии и теплоты. Нормативы же по надежности практически отсутствуют, а те показатели надежности, которые и учитываются при составлении отчетов и других документов, никоим образом не способны осуществлять прогнозные оценки, а лишь констатируют факты отказов и аварий. При лавинообразном старении энергооборудования пренебрежение надежностью может привести к нежелательным последствиям.

На рисунке 1 изображен процесс выбора нормированного значения какого-либо показателя надежности «ПН». Следует оговориться, что нормирование показателей надежности на основе экономических оценок возможно лишь в случае стоимостного выражения ущерба от ненадежности. Однако в ряде случаев при формировании решений удобнее пользоваться заранее выбранным значением  $\bar{P}$ , не вычисляя в каждом конкретном случае значений ущерба  $У/3$ . Зависимости  $P(U)$  и  $P(3+U)$  практически могут быть представлены в виде заштрихованных зон (см. рис. 1), в пределах которых экспертно выбирается значение  $\bar{n}$  (без вычисления  $У$ ), используемого в качестве нормативного.

Нормирование показателей надежности, как правило, основано на прошлом опыте с использованием ретроспективного анализа и оценки их применимости на перспективу. Отметим, что конфигурация кривых (см. рис. 1) в постановке задачи общеизвестна и следует только присвоить носителям ординаты и абсциссы свои обозначения и численные значения.

Достижение показателя надежности сверх нормативного  $N_{\text{норм}}$  нецелесообразно, поскольку затраты на его увеличение существенно превышают размер ущерба. Следовательно, нормирование надежности — это технико-экономическая задача.

На практике не всегда удается определить величину ущерба, вызванную именно отказом того или иного элемента структуры ТЭС. Здесь можно воспользоваться экспериментальными исследованиями. Существование зоны больших затрат и малых приростов показателей надежности позволяет экспертным путем определить нормативное значение последнего. В энергетической практике и этот метод не всегда применим, поскольку подобные эксперименты на мощном оборудовании достаточно дороги, а в ряде случаев опасны.

Действующие в настоящее время нормативно-методические документы не предусматривают экономического обоснования нормативных значений показателей надежности. Нормирование показателей надежности основывается только на накопленном опыте, и роль нормативов и в Беларуси, и в России невелика.

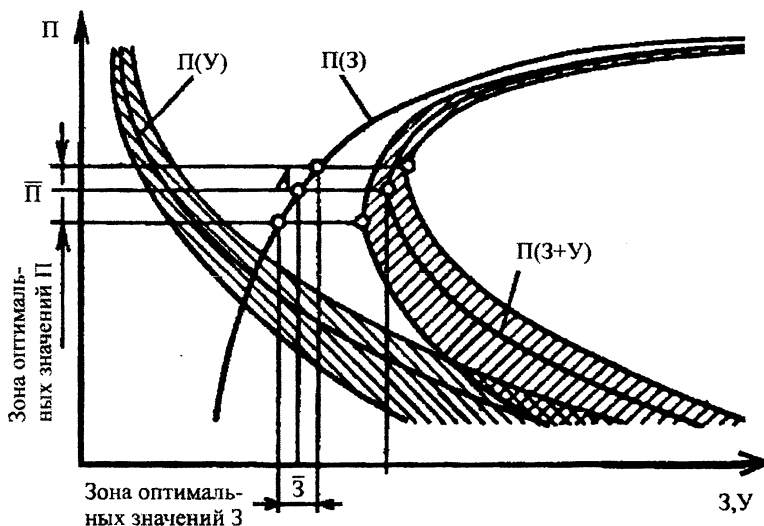


Рис. 1. Процесс нормирования показателя надежности на основе экономических оценок. Условные обозначения:

$\Pi$  — показатель надежности;  $\Pi(Y)$  — зависимость показателя надежности от ущерба при его снижении;  $\Pi(Z)$  — зависимость показателя надежности от затрат на его поддержание;  $\bar{\Pi}$  — экономически оптимальное значение показателя надежности соответствующее оптимальным затратам  $\bar{Z}$ ;  $\Pi(Z+Y)$  — зависимость показателя надежности от суммарных затрат и ущерба;  $Z+Y=\min$  — оптимальные затраты, приводящие к поддержанию надежности на требуемом уровне.

Важнейшим условием для определения показателей надежности ТЭС является достоверная и наиболее полная исходная информация.

Конечно, имеются сложности с получением ее от эксплуатационников, поскольку система сбора, обработки и анализа ретроспективной информации

несовершенна. В нашем случае собрана исходная информация о работе теплоэнергетического оборудования ряда ТЭС Белоруссии и России за длительный период их работы (в отдельных случаях с начала эксплуатации), что позволило провести ее анализ, предложить новые методическое обеспечение по расчету показателей надежности и подходы к синтезу и анализу надежности и экономичности основного теплоэнергетического оборудования ТЭС.

### Литература

1. Попырин Л.С. Методы обоснования надежности тепловых электростанций // Вестник электроэнергетики. — 1997. — № 1. — С. 28–39.
2. Критерии надежности, используемые при планировании генерирующей мощности /Ю.Н. Балаков, В.М. Лаврентьев, Б. Н. Неклепаев и др.// Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Сб.ст. — СПб.: ПЭИПК, 1997. — Вып. 49. — С. 50–57.
3. Надежность систем энергетики и их оборудования: В 4 т./Энергоатомиздат. — М., 1994. — Т.1: Справочник по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики /Ред. Ю.Н.Руденко. — 1994. — 480с.