

УДК 621.311.2: 65.011.56

Т. И. БЫКОВА, старший преподаватель

Украинская инженерно-педагогическая академия, г. Харьков

РЕНОВАЦИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ ТЭС И АЭС ПУТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИХ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В статье рассмотрены вопросы реновации энергоблоков ТЭС и АЭС путем внедрения автоматического диагностирования низкопотенциальным комплексом турбинных установок (АСТД).

У данній статті розглянуті питання реновації енергетичних блоків ТЕС і АЕС шляхом впровадження автоматичного діагностування низько потенціальних комплексів турбінних устаткувань (АСТД).

Введение

Одним из реальных способов повышения надежности энергоблоков АЭС является совершенствования системы управления их низкопотенциальным комплексом (НПК) [1]. При этом НПК рассматривается как сложная технологическая подсистема, являющаяся одной из важнейших в общецелочной системе. Предлагается концепция повышения надежности и эффективности работы энергоблоков АЭС на основе двуединого метода – решения проблемы совместимости оборудования и систем обеспечения, и создания для них автоматизированных систем управления на базе оперативного технического диагностирования.

Основная часть

С этой целью разработаны и опробованы [2]:

- методика определения несовместимости оборудования НПК и обеспечивающих систем;
- концепция систем автоматизированной оперативной технической диагностики (как автономных, так и в структуре АСУТП энергоблока);
- методика оценки изменения состояния элементов НПК, предупреждения и ликвидации отказов.

Диагностирование такой сложной технической системы как турбоустановка сводится к установлению некоторых величин – диагностических признаков $F_j (j = \overline{1, m})$, которые связаны с параметрами функционирования $x_i (i = \overline{1, n})$ следующими зависимостями:

$$F_1 = F_1(x_1, \dots, x_n) \tag{1}$$

.....

$$F_m = F_m(x_1, \dots, x_n) \tag{2}$$

В свою очередь, основные показатели эффективности, надежности. Ресурса работы энергоблока зависят соответственно от диагностических признаков:

$$КПД_{\text{эм}} = КПД_{\text{эм}}(F_1, \dots, F_m) \tag{3}$$

$$K_{\text{н}} = K_{\text{н}}(F_1, \dots, F_m) \tag{4}$$

$$R = R(F_1, \dots, F_m) \tag{5}$$

При отключении диагностических признаков или измеряемых значений (ΔF_j или Δx_j) от нормативных можно определить изменение соответствующих характеристик в зависимости от реальных условий эксплуатации энергоблока:

$$\Delta K_{ПД_{\text{нпк}}} = K_{ПД_{\text{нпк}}}(\Delta F_1, \dots, \Delta F_m) \tag{6}$$

$$\Delta K_{\text{н}} = K_{\text{н}}(\Delta F_1, \dots, \Delta F_m) \tag{7}$$

$$\Delta R = R(\Delta F_1, \dots, \Delta F_m) \tag{8}$$

На данном этапе решения общей задачи предлагается комплексный подход к разработке одной из важнейших составляющих общей системы диагностики – анализу и обработке эксплуатационных характеристик работы ПНК с целью определения его основных диагностических признаков.

Для условий работы НПК диагностическая модель может быть записана в виде:

$$P_k = P_k(F_1, \dots, F_m) \tag{9}$$

$$\Delta t_{\text{н}} = t_{\text{н}}(F_1, \dots, F_m) \tag{10}$$

.....

$$\Delta t_{\text{о}} = t_{\text{о}}(F_1, \dots, F_m) \tag{11}$$

где F_1, \dots, F_m – диагностические признаки (технические, технологические, климатические), оказывающие основное влияние на условия работы НКП, в том числе и фактор времени;

P_k – давление в конденсаторе;

$\Delta t_{\text{н}}$ – температурный напор конденсатора;

$\Delta t_{\text{о}}$ – нагрев охлаждающей воды.

Основными составляющими НКП являются следующие подсистемы [1]:

- технического водоснабжения, включающая в себя источники водоснабжения, циркуляционные насосы и систему водоводов;

- конденсационные установки, состоящие из конденсаторов, конденсатных насосов и воздухоудаляющих устройств (эжекторов).

Авторами проведен детальный анализ реальных условий эксплуатации НПК на энергоблоках ЗаАЭС за последние годы. В работе использованы статистические данные лаборатории надежности ЗаАЭС.

В перечень поставленных задач входили следующие:

1. Конденсатор и эжекторная установка – сравнение фактических и нормативных значений вакуума, температурного напора, переохлаждение конденсата, нагрева воды, гидравлического и парового сопротивления, присосов воздуха и производительности эжекторов.

2. Насосные установки (циркуляционные и конденсатные) и трубопроводы системы технического водоснабжения – определение фактических характеристик и оптимизация режимов работы насосов, анализ и выяснение возможных причин отклонений в работе насосов, оптимизация включения и параметров эксплуатации циркуляционных насосов и водоводов.

Основные результаты исследований

Конденсатор и эжекторная установка

Анализ графиков среднесуточной нагрузки (плановой и фактической) энергоблоков ЗаАЭС в разрезе года показывает, что основные причины снижения нагрузки (не считая разгрузений, связанных с возникновением аварийных ситуаций или работы на мощностном эффекте), определяются условиями работы НПК – повышением температуры охлаждающей воды и отклонением давления пара в конденсаторе от нормального значения. Недовыработка электрической энергии по этим причинам в 2003 году по блокам № 1-6 ЗаАЭС составила, соответственно, 102,7; 112,4; 184,3; 169,4; 157,8 и 125,4 млн.кВт.час. Это предопределяет то, что в условиях работы энергоблоков АЭС вопросы энергосбережения, повышения надежности и долговечности в первую очередь необходимо изыскивать в системе НКП.

На рисунке в разрезе годового временного периода представлены изменения давления в конденсаторе P_k , температуры охлаждающей воды $t_{у.в}$, нормативного и фактического температурного напоров δt_n и δt_ϕ и недобора мощности ΔN_3 , связанного с отключениями условий работы конденсатора. Приведенные данные свидетельствуют о том, что основной причиной повышения давления в конденсаторе и потери мощности является рост фактического температурного напора. Так, при нормативном значении $\delta t_n = 2 - 4^\circ\text{C}$, фактический температурный напор δt_ϕ достигал 6–14 $^\circ\text{C}$, что приводит к недовыработке электрической мощности 18–26 МВт. Определенно, что при различных условиях эксплуатации, отключение температурного напора на 1 $^\circ\text{C}$ приводит к снижению мощности энергоблока ЗаАЭС от 3 до 17 МВт.

С ростом температуры охлаждающей воды недобор мощности резко возрастает из-за разгрузки энергоблока для выдерживания ограничений по давлению в конденсаторе. Так, например, при температуре охлаждающей воды 26 $^\circ\text{C}$ и разности температурных напоров 13–14 $^\circ\text{C}$ недобор мощности составит 200МВт, а при разности 30 $^\circ\text{C}$ – 570МВт. Поэтому, для исключения разгрузки энергоблока по условиям вакуума в конденсаторе разность нормативного и фактического температурного напоров не должна превышать 6 $^\circ\text{C}$, что не всегда выдерживается в процессе эксплуатации.

В целях снижения фактического температурного напора, что подтверждается опытом эксплуатации энергоблоков ЗаАЭС за последние годы, эффективно применение шариковой очистки конденсаторных трубок, наличие фильтров предочистки, применение новой технологии антикоррозионной защиты трубных досок и входных участков трубного пучка.

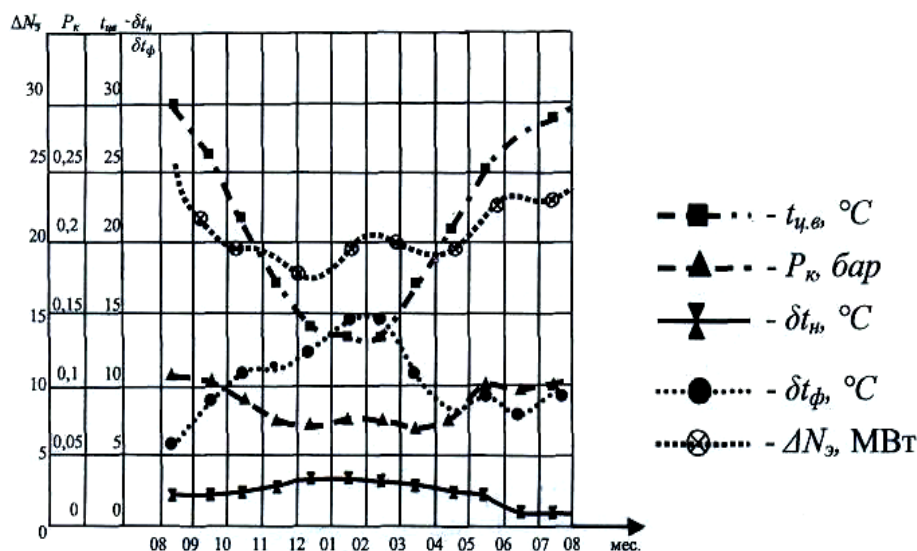


Рисунок. Основные показатели работы конденсатора блока ЗаАЭС в разрезе года

Кроме того, предлагается усилить контроль гидравлической плотности конденсатора, т. к. из-за микроприсосов охлаждающей воды происходит нарушение вводно-химического режима второго контура, вследствие чего отключается система шариковой очистки и снижается мощность энергоблока.

В работе эжекторной установки в процессе эксплуатации принципиальных нарушений не выявлено. Однако есть замечания связанные с недостатками работы пускового эжектора, которые заключаются в основном с конструктивными недоработками:

- заниженный КПД установки;
- затруднительное создание глубокого вакуума;
- потеря теплоты рабочего пара.

Таким образом, основные диагностические признаки конденсатора по их значимости устанавливаются следующими:

- температурный напор конденсатора;
- нагрев охлаждающей воды;
- переохлаждение конденсата;
- присосы воздуха в вакуумную систему;
- присосы охлаждающей воды;
- гидравлическое и паровое сопротивление конденсатора.

Циркуляционные (конденсатные) насосы, конденсатный тракт и система технического водоснабжения

Проведенный анализ работы этих подсистем НПК показал, что основными нарушениями, отказами являлись следующие:

- напорные циркуляционные насосы покрыты слоем минеральных отложений и продуктов коррозии, которые выносятся потоком воды на трубные доски и в трубки конденсаторов (скорость отложения на трубных досках достигает 0,2 мм в месяц);
- рост сопротивления участков системы технического водоснабжения;
- появления признаков помпажного режима в циркуляционных насосах;
- не всегда обеспечивается стабильная форма напорной характеристики при параллельной работе насосов;
- имели случаи срывов насосов, снижение производительности, подсосы воздуха в вакуумную систему конденсаторного тракта.

Так, например, несоответствие угла поворота лопастей циркуляционных насосов на 2–4° (что практически всегда имеет место) приводит к снижению КПД насоса до 4 % и при этом происходит выход за рабочую область работы насоса. Несоответствие расхода охлаждающей воды (по данным исследований – до 40 т/ч) требуемой кратности охлаждения приводит к потере мощности энергоблока до 10 МВт.

В ряде случаев отказы в системе технического водоснабжения или основного конденсата приводили к частичной разгрузке (до 50 %) или полному останову энергоблоков с соответствующей недопроизводкой электрической энергии.

Основные диагностические признаки по данной системе оборудования.

Циркуляционная система:

- давление охлаждающей воды на напоре циркуляционных насосов (определяет повышение гидравлического сопротивления конденсатора);
- расход охлаждающей воды (определяется из теплового расчета конденсатора, характеризует степень загрязнения трубного пучка);
- частота вращения и положение лопастей циркуляционных насосов;
- потребляемый ток приводных двигателей циркуляционных насосов;
- рабочие характеристики насосов;
- гидравлическое сопротивление циркуляционной системы (определяет состояние очистных сеток, фильтров, трубопроводов, выходных и поворотных камер конденсаторов).

Система основного конденсата:

- содержание кислорода за КЭН-1 (определяется присосы воздуха по тракту);
- электропроводность основного конденсата или содержание в нем натрия (определяет присосы охлаждающей воды или воздуха; качество подпиточной химобессоленной воды; вынос продуктов коррозии материалов второго контура; правильность технологии регенерации ионообменных установок);
- расход и давление основного конденсата на входе и выходе насоса (определяет зону работы насоса).

Для дальнейшего анализа условий эксплуатации НПК и включения в подсистему его диагностирования, в таблице представлены нормативные значения основных диагностических признаков конденсационной установки энергоблока мощностью 1000 МВт ЗаАЭС на

номинальной нагрузке.

Подключение данной подсистемы в общую АСУТП энергоблоков позволяет не только распознать отклонения на ранней стадии их появления, но и улучшить общие эксплуатационные показатели работы турбоустановки. Хорошо функционирующая система диагностики, естественно, предполагает оснащение всего НПК необходимой современной первичной контрольно-измерительной аппаратурой.

В этой подсистеме очевидны возможности для дальнейшей реализации связи диагностики с автоматическим управлением (без вмешательства оперативного персонала) того или иного узла НПК. Пока все же необходимые действия по регулированию, управлению и защите отделены от общей системы диагностики (таблица).

Таблица

Диагностический признак	Размерность	Значение
Абсолютное давление в конденсаторе, не более	кПа	9,0
Уровень в конденсатосборниках, не более не менее	мм	2400 1500
Гидравлическое сопротивление конденсатора, не более	Мпа	0,075
Избыточное давление циркуды на входе в конденсаторы, не менее	Мпа	0,1
Нагрев циркуды, не более	°С	12
Температурный напор конденсаторов, не более	°С	9
Величина переохлаждения конденсата, не более	°С	2
Температура основного конденсата на входе в БОУ, не более	°С	45
Величина присосов воздуха в конденсаторы, не более	кг/ч	100
Содержание кислорода в основном конденсате	мкг/л	30
Жесткость основного конденсата, не более	мкг-экв/л	0,5
Электропроводность основного конденсата на входе в БОУ, не более	мкСм/см	0,3
Давление основного конденсата на напоре КЭН 1-й ступени, не менее	МПа	0,7
Температура основного конденсата перед эжекторами, не менее	°С	40
Давление рабочего пара перед эжекторами, не менее	МПа	0,4
Абсолютное давление, создаваемое эжектором уплотнений	МПа	0,095-0,096
Разность давлений в конденсаторе и трубопроводах отсоса паровоздушной смеси к основным эжекторам, не более	кПа	5,0
Температура неконденсирующих газов на выхлопе эжекторов, не более	°С	72

Выводы

1. Одним из вариантов реновации действующих энергоблоков ТЭС и АЭС может быть

внедрение систем автоматизированного диагностирования НПК.

2. Приведены способы разработки и внедрения АСТД в НПК, по отдельным подсистемам (конденсаторы, эжекторные установки, циркуляционные и конденсатные насосы, система основного конденсата, циркуляционная система).

3. В таблице приведены диагностические параметры (температуры, давления и др.) подсистем и элементов НПК.

Список литературы

1. Шелепов И. Г., Заруба В., Яцкевич С. В. «Теплоэнергетические установки электростанций». Киев. – 1993. – 198 с.

2. Кострыкин В. А., Шелепов И. Г. «Определение и исследование диагностических признаков НПК энергоблоков АЭС». Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 6/2 (18). – 2005. – С.149 – 152.

RENOVATION OF THERMAL POWER PLANTS AND NUCLEAR POWER PLANTS BY DIAGNOSIS LOW POTENTIAL COMPLEXES

T. BYKOVA, senior teacher

In article questions related to the renovation of thermal and nuclear power plants by introduction of automatic diagnosis low potential complexes of turbine.

Поступила в редакцию 18.04 2011 г.



Уважаемые читатели!

На страницах журнала
«ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ЭНЕРГЕТИКА • ЭНЕРГОАУДИТ»
 продолжается заочное заседание
 «круглого стола» на тему:
**«Государственная политика энергосбережения
 в Украине:
 организация, управление, стимулирование».**

К обсуждению данной темы приглашаем
 руководителей государственных администраций
 и энергопередающих компаний, промышленных предприятий,
 ученых и всех заинтересованных.

Вашу позицию по указанной проблеме
 предлагаем изложить письменно и направить в наш адрес:

61002, г. Харьков, ул. Мироносицкая, 60,
 Тел./факс (057) 7-149-451, E-mail: sveco_ltd@rambler.ru, sveco_zhurn@bigmir.net