

©Фурсова Т.Н.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОБЛОКОВ

1. Постановка задачи

Технико-экономические показатели (ТЭП) характеризуют экономичность, безотказность и долговечность энергооборудования в процессе его эксплуатации. На основе автоматизации определения ТЭП с помощью средств вычислительной техники непосредственно в ходе производства электроэнергии может быть получена объективная информация об экономичности протекания технологических процессов, а также о действительном состоянии энергооборудования.

Условия оптимальной работы электростанций определяются в процессе анализа ее технико-экономических показателей. Поэтому анализ показателей является одной из важнейших задач автоматизированных систем управления (АСУ), в значительной степени определяющей ее эффективность. Анализ базируется на сравнении показателей с их оптимально-нормативными значениями. Фактические технико-экономические показатели – это показатели, которые реально имеют системы учета и отчетности, реальных условий эксплуатации и т.п. факторов. К сожалению, пока не существует апробированных рекомендаций по расчетам показателей безотказности и долговечности оборудования. Методы определения этих показателей находятся только в начальной стадии разработки. Поэтому состав технологического алгоритма в настоящее время ограничивается, главным образом, показателями тепловой экономичности, охватывающими важнейшие технологические участки парогенераторной, реакторной и турбинной установок, вспомогательного оборудования и энергоблока в целом.

Во многих отечественных, и особенно зарубежных публикациях, отмечается, что автоматизация определения и анализа ТЭС дает существенный технико-экономический эффект [1–3]. Поэтому реализация результатов автоматизации этой задачи в АСУ энергоблоками ТЭС и АЭС является весьма актуальной.

2. Основной материал

2.1. Алгоритмизация определения ТЭП. С точки зрения методики вычисления ТЭП удобно разделить на первичные и вторичные, а последние – на абсолютные и относительные (удельные). Первичные показатели – это средние (интегральные) значения измеренных наиболее важных технологических параметров за расчетный период (температура и давление свежего пара, температура питательной воды и уходящих газов, содержание кислорода в продуктах сгорания, нагрузка генератора, объемные расходы воды и пара и др.). Вторичные относительные (удельные) показатели – это отношения абсолютных показателей (удельные потери тепла парогенератора, к.п.д. парогенератора, удельный расход тепла на турбоустановку, удельный расход топлива и др.). Структура алгоритма расчета и анализа ТЭП энергоблока представлена на рис. 1. Входная текущая информация, поступающая от датчиков технологических параметров, подвергается первичной обработке, которая включает в себя алгоритмы усреднения (интегрирования), контроля достоверности, а также коррекции недостоверной информации. Задача усреднения входной информации сводится к вычислению интеграла по всем измеряемым технологическим параметрам.

$$\bar{X} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} x(t) dt. \quad (1)$$

где T_0 – интервал усреднения;

$x(t)$ – текущее значение усредняемой величины.

Так как в цифровой вычислительной машине каждый параметр представлен последовательностью своих значений в дискретные моменты

времени $t_0, 2t_0, \dots, nt_0$ (t_0 – период квантования), то интеграл (1) может быть вычислен лишь приближенными методами (с помощью квадратурных формул). Простейшим и наиболее распространенным методом является метод прямоугольников. При использовании этого метода формула для вычисления принимает вид:

$$\bar{X} = \frac{t_0}{T} \sum_{i=1}^n x(t_i). \quad (2)$$

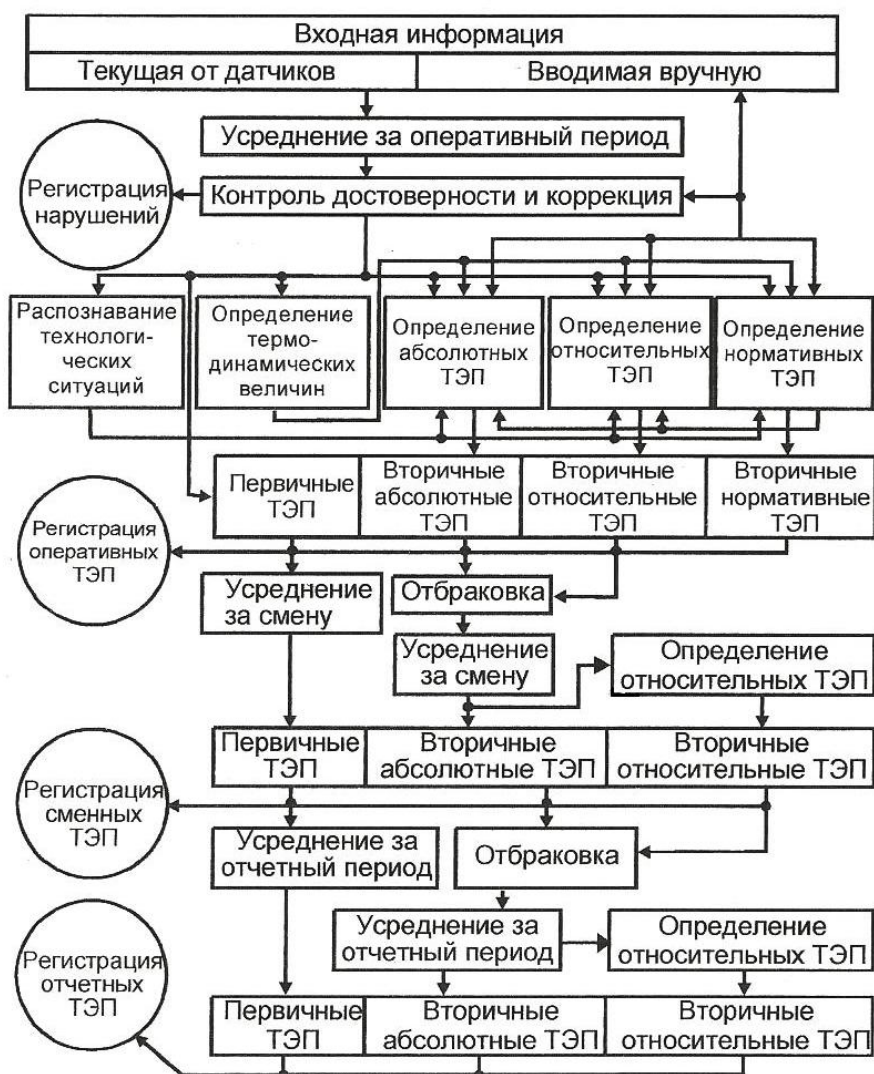


Рис. 1 – Структурная схема расчета и анализа ТЭП энергоблока

Период квантования t_0 определяется из условия допустимой погрешности вычисления [1] и выбирается обычно общим для всех технологических параметров. После усреднения технологических параметров

реализуется алгоритм контроля достоверности и коррекции искаженной информации. Использование в этих алгоритмах усредненных значений параметров обеспечивает их высокую помехоустойчивость и существенное снижение затрат машинного времени.

Самым простым способом проверки достоверности является использование граничных значений параметра (X_{\min} и X_{\max}). Выполнение условия $X_{\min} < \bar{X}(T) < X_{\max}$ указывает на достоверность параметра. Границы достоверности выбираются из технологических соображений. Для проверки достоверности входной информации используются также методы продольной и поперечной диаграммы. Их сущность заключается в сравнении взаимосвязанных технологических параметров. Сравняться между собой могут как одноименные (например, температуры среды на параллельных потоках), так и разноименные (электрическая мощность блока - производительность парогенератора) параметры.

Эффективность автоматизированного расчета ТЭП существенно зависит от надежности функционирования системы. Значительная часть сбоев при расчете связана с использованием большого объема рабочей информации, поступающей от датчиков и преобразователей.

Существенным резервом для повышения надежности функционирования системы является замена рабочей информации априорной, накопленной в результате предшествующего опыта. На этом принципе построен алгоритм коррекции искаженной информации. В качестве априорной информации могут быть использованы: математическое ожидание параметра; среднее значение параметра за неполный период расчета; корреляционная связь между параметрами. Выбор вида априорной информации и решение вопроса о возможности ее использования в конечном счете зависят от величины приращения погрешности показателя, при расчете которого используется эта информация.

В результате первичной обработки информации получают оперативные первичные показатели, которые в дальнейшем являются исходной

информацией для всех последующих расчетов. Кроме первичных показателей к исходной информации относятся также различные сменные константы. К их числу относятся: неизмеряемые автоматически технологические параметры (например, калорийность и зольность топлива), различные метрологические поправки, нормативные величины и т.д.

После расчета первичных показателей реализуется алгоритм распознавания технологических ситуаций на блоке. В задачу этого алгоритма входит: определение режима работы блока, определение вида сжигаемого топлива; определение состава вспомогательного оборудования.

С точки зрения расчета ТЭП возможны нормальный и пусковой режимы работы энергоблока, которые определяются по величине нагрузки блока. В зависимости от нагрузки изменяется состав вспомогательного оборудования (например, замещение питательного турбонасоса электронасосом, отключение регенеративных подогревателей высокого давления, включение и отключение мельниц и т.д.). Распознавание состава вспомогательного оборудования производится по отклонениям соответствующих технологических параметров. В алгоритме распознавания технологических ситуаций может использоваться дискретная информация о положении запорных органов, о состоянии электроприводов механизмов. Информация, полученная в результате распознавания технологических ситуаций, используется для выбора состава расчетных формул ТЭП, а также коррекции первичных показателей.

В алгоритме расчета вторичных показателей используются общепринятые формулы. Наибольший объем вычислений приходится на абсолютные показатели (весовые и тепловые расходы рабочей среды, расходы электроэнергии и т.д.). С целью сокращения объема расчетов, их определение производится по средним значениям за оперативный период. По абсолютным показателям вычисляются относительные. В ряде случаев относительные показатели определяются непосредственно по средним значениям параметров, а затем по ним вычисляются абсолютные показатели. Обратный порядок расчета связан с отсутствием методов непосредственного расчета некоторых

абсолютных показателей (например, потери тепла парогенератора, расход твердого топлива и т.д.).

Оптимально-нормативные показатели определяются большей частью в зависимости от нагрузки энергоблока, а также других внешних факторов (температуры наружного воздуха и охлаждающей воды, сорта топлива). Чаще всего фактические данные по нормированию представлены в виде кривых или таблиц. Для получения аналитических выражений их необходимо аппроксимировать. В качестве исходной информации для расчета нормативных показателей используются данные за оперативный период.

Как указывалось выше, анализ ТЭП базируется на сравнении фактических и нормативных показателей. При анализе топливоиспользования по разнице между нормативными и фактическими величинами определяются пережоги топлива в виде абсолютных или относительных показателей.

Расчет ТЭП за смену, сутки и месяц производится следующим образом: первичные и абсолютные показатели определяются путем усреднения результатов расчета, полученных соответственно за оперативный период, смену, сутки. При этом производится отбраковка искаженных данных за отдельные периоды. В качестве критерия при отбраковке используются наиболее обобщенные относительные показатели, изменяющиеся в узких пределах (например, удельный расход топлива). Использование алгоритма пошагового усреднения позволяет получать первичные и вторичные абсолютные показатели нарастающим итогом. Относительные показатели за каждый период рассчитываются по соответствующим абсолютным показателям.

Одним из наиболее общих критериев при разработке системы определения ТЭП является точность получаемых результатов, включая в погрешность всякого рода отклонения от нормального функционирования системы (например, отказ в поступлении информации по одному из измерительных каналов). Структура погрешности определения показателя представляет собой комбинацию погрешностей от различных источников

(рис. 2). Эти погрешности могут быть разделены на инструментальные и методические. Инструментальные погрешности определяются используемыми в системе аппаратными средствами (измерительными устройствами, преобразователями, вычислительной машиной), методические – принятым алгоритмом и его характеристиками.

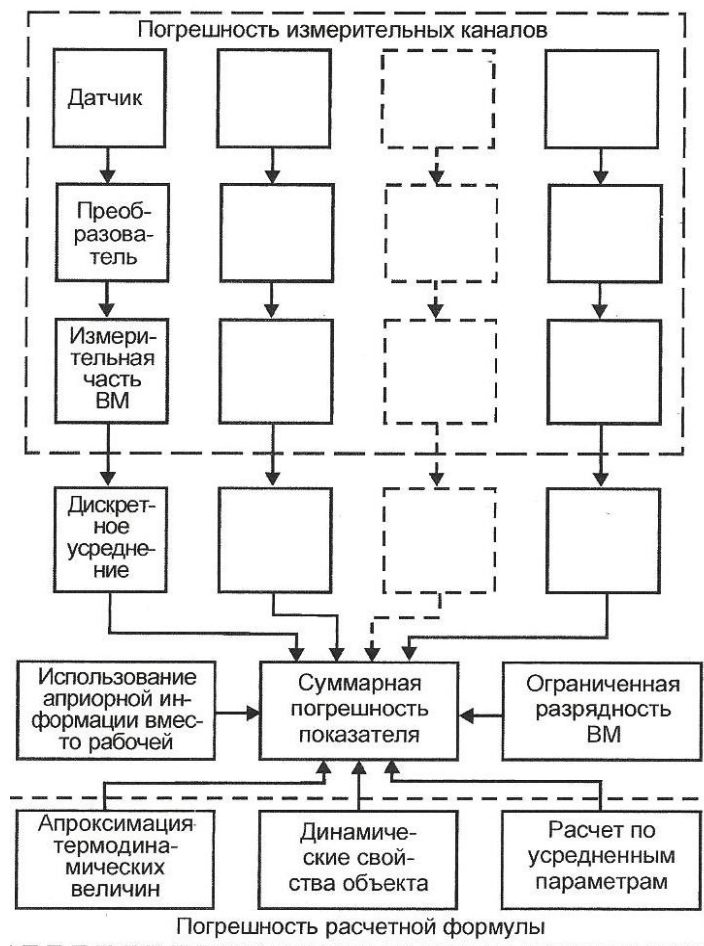


Рис. 2 – Структурная схема определения погрешности расчета ТЭП

Стремление к снижению методических погрешностей связано с усложнением алгоритма расчета и соответствующим увеличением загрузки вычислительной машины. Оно оправдано только в том случае, если приводит также к заметному снижению суммарной погрешности. Правильный выбор соотношения между методической и инструментальной составляющими общей погрешности является основой для разработки рационального алгоритма определения ТЭП. Принятие недостаточно обоснованных алгоритмов на первом этапе внедрения относительно небольших расчетных задач

компенсировалось избыточными возможностями вычислительных машин. В настоящее время при создании больших систем (например, АСУ мощными энергоблоками АЭС) это приводит к их значительному усложнению и удорожанию.

Отмеченные обстоятельства обусловили необходимость постановки и проведения специальных исследований по рассматриваемой проблеме. Предметом исследований в них явились методические погрешности, обусловленные алгоритмом расчета показателей. При исследовании каждого источника методической погрешности была поставлена задача получения результатов в таком виде, который позволил бы осуществить как анализ алгоритма - оценку возникающей погрешности, так и его синтез – определение характеристик алгоритма по заданной величине погрешности. На основе этих исследований в [2, 4, 5] приведена методика построения рационального алгоритма определения и анализа ТЭП энергоблока.

2.2. Автоматизация анализа ТЭП. Условия оптимальной эксплуатации электростанции определяются на основе анализа ее ТЭП. Поэтому автоматизация анализа ТЭП является одной из важнейших задач, для эффективного функционирования которой необходимо обеспечить ее достаточным количеством непрерывно поступающей оперативной информации, всесторонне характеризующей работу энергооборудования. Такая информация может быть получена в результате использования качественно новых методов анализа ТЭП электростанций, поскольку к основным недостаткам существующих методов анализа можно отнести: большой интервал времени между проводимыми анализами, снижающий их действенность и оперативность (чем чаще будет проводиться анализ, тем оперативнее могут быть использованы его результаты в целях устранения причин перерасхода топлива и электроэнергии); возможность учета лишь ограниченного количества факторов, влияющих на экономичность работы оборудования (затрудняется выявление возможных резервов повышения к.п.д.

электростанции); практическая невозможность определения степени влияния различных категорий и групп работников электростанции на ее ТЭП неэффективно использование системы планирования и экономического стимулирования производства в условиях рыночных отношений).

С ростом единичных мощностей энергетических блоков возможности улучшения качества и углубления анализа ТЭП увеличиваются в связи с увеличением количества контролируемых точек и, следовательно, объема первичной информации. Так, например, при переходе от блока 200 МВт (с барабанным парогенератором) к блоку 800 МВт (с прямоточным парогенератором) общее количество точек информации увеличивается с ~ 900 до ~ 4000 [1].

Организовать качественный новый анализ ТЭП – непрерывный и многофакторный, способный устранить отмеченные недостатки, можно лишь при условии его автоматизации. Автоматизация же анализа показателей электростанций в настоящее время практически отсутствует, несмотря на интенсивное внедрение современных средств вычислительной техники на ТЭС, и особенно на АЭС. Такое отставание обусловлено недооценкой роли анализа как мощного инструмента воздействия на экономику производства и несовершенством применяемых методов его проведения.

Анализ имеющегося опыта показал, что существует прямая связь между уровнем анализа и достигнутыми ТЭП тепловых электростанций. Чем выше уровень анализа, тем ниже удельные расходы топлива. В этой области наилучших результатов достигли французские энергетики, которые считают целесообразным бороться за экономию топлива, равную в некоторых случаях 1 ккал на 1 кВт/ч, или около 0,04%. На всех электростанциях высокого давления Франции с общей выработкой электроэнергии около 96% организован всесторонний экономический контроль за расходом топлива, составляющим примерно 70% всех расходов. С этой целью ежемесячно производят сравнение фактического удельного расхода тепла по каждому блоку с минимально возможным. Причины, которые в течение рассматриваемого периода могли бы

влиять на эксплуатацию оборудования, подвергаются детальному анализу. Всего анализируется до 50–60 факторов, важнейшими из которых являются заданный график нагрузки, неблагоприятные атмосферные условия, нестандартное качество топлива, состояние оборудования, процесс сжигания топлива, параметры пара, расход электроэнергии на собственные нужды, потери воды и пара. В результате на ТЭС Франции происходит непрерывное сближение фактического и оптимального удельных расходов условного топлива. Добиться таких результатов французские энергетики смогли в результате внедрения автоматизированных систем анализа ТЭП [2].

Методическим основам автоматизированного анализа ТЭП и алгоритмизации решения этой задачи на ТЭС посвящены публикации [3, 4], а примеры ее реализации в составе АСУ энергоблоков 200 и 300 МВт Змиевской ТЭС и энергоблоков 800 МВт Запорожской ТЭС приведены соответственно в [6, 7].

Выводы

Таким образом, определение ТЭП является одной из важнейших задач анализа эффективности энергопроизводства электростанции. Наличие качественно новых методов анализа, реализуемых автоматизированными системами, дает возможность улучшить ТЭП электростанций в процессе их эксплуатации.

Список использованных источников:

1. Дуэль М. А. Автоматизированные системы управления энергоблоками ТЭС и АЭС / М. А. Дуэль. – Харьков: ЧП «КиК», 2006. – 284 с.
2. Дуэль М. А. О технико–экономической эффективности АСУ энергоблоками / М. А. Дуэль, Т. Л. Дуэль // Энергетика и электрификация. – 2001. – № 1. – С. 21–27.

3. Ермаков В. С. АСУ экономического управления тепловыми электростанциями / В. С. Ермаков, В. А. Минков, М. Л. Миркин. – М.: Энергия, 1970. – 347 с.

4. Дуэль Т. Л. Использование ТЭП в интегрированных АСУ тепловых электростанций / Т. Л. Дуэль. – Харьков: ЧП «КиК», 2006. – 256 с.

5. Зак И. Д. Методы вычисления ТЭП / И. Д. Зак, Я. Г. Хиит, А. Е. Шульмин // Вопросы промышленной кибернетики : Труды ЦНИИКА. – 1969. – Вып. 21. – С. 273–288.

6. Дуэль М. А. АСУ тепловой электростанции / М. А. Дуэль, В. П. Мережко, М. М. Просветов. – К.: Техника, 1977. – 120 с.

7. Дуэль М. А. Определение и анализ ТЭП в АСУ ТП блоков 800 МВт Запорожской ТЭС / М. А. Дуэль, И. Д. Зак, В. А. Коростелев // Теплоэнергетика. – 1980. – № 7. – С. 25–29.

Фурсова Т.Н. «Автоматизация определения и анализа технико – экономических показателей энергоблоков».

Рассмотрен вопрос автоматизации определения и анализа технико – экономических показателей работы энергоблоков электростанций с помощью средств вычислительной техники для получения информации об экономичности протекания технологических процессов и состоянии энергооборудования.

Ключевые слова: автоматизация, технико-экономические показатели, параметры, энергоблок, анализ, электрическая станция.

Фурсова Т.М. «Автоматизація визначення та аналізу техніко-економічних показників енергоблоків».

Розглянуто питання автоматизації визначення і аналізу техніко-економічних показників роботи енергоблоків електростанцій за допомогою засобів обчислювальної техніки для отримання інформації щодо економічності протікання технологічних процесів та стану енергообладнання.

Ключові слова: автоматизація, техніко-економічні показники, параметри, енергоблок, аналіз, електричні станції.

Fursova T.N. “Automation of determination and analysis of technical and economic indicators of power units”.

The question of automation of determination and analysis of technical and economic indicators of work of power units of power-stations by means of facilities of the computing engineering for the receipt of information about the economy of flowing of technological processes and state of energyequipment.

Key words: automation, technical and economic indicators, parameters, power unit, analysis, electric station.

Стаття надійшла до редакції 18 січня 2012 р.