УДК 621.165

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБОУСТАНОВОК ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХАРАКТЕРИСТИК ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПРИРОСТОВ

В.В. Литвак, А.С. Матвеев, С.А. Шевелев

Томский политехнический университет
E-mail: wevelev@tpu.ru

Рассмотрены особенности оптимального распределения электрической нагрузки между турбоустановками станций с поперечными связями и блочного типа на основании характеристик относительных приростов. Выявлено влияние внешних факторов на характеристики относительных приростов турбоустановок различных типов.

Ключевые слова:
Характеристика относительных приростов, распределение нагрузок, отопительные и производственные нагрузки, энергоблок, ТЭЦ с поперечными связями.

В соответствии с программой реформирования энергетической отрасли с 1 января 2006 г. произошел переход генерирующих мощностей в собственность территориальных генерирующих компаний. Основное назначение реформы -разделение естественно-монопольного и конкурентного секторов электроэнергетики. Передача, распределение и оперативно-диспетчерское управление остаются в секторе естественных монополий с регулируемыми государством тарифами, а генерация и сбыт выходят на конкурентный сектор, регулируемый рыночными законами.

Выделение генерации в конкурентный сектор привело к конкуренции территориальных генерирующих компаний между собой в соответствии с законами рынка. Это означает, что стоимость электроэнергии, выставляемой на продажу, будет определяться законами спроса и предложения. Субъектами рынка при этом будут выступать сформированные в настоящий момент территориальные генерирующие компании, взаимодействующие в рамках федерального оптового рынка электрической энергии и мощности.

Очевидно, что основным принципом управления генерации собственником будет являться максимизация прибыли. Так как основу сформированных генераций составили уже действующие станции, то встает вопрос об оптимальном управлении станциями в изменившихся условиях – перехода на конкурентный рынок.

Одним из малозатратных мероприятий по повышению эффективности работы является оптимизация распределения электрической нагрузки в энергосистеме и между агрегатами станции.

По сложившейся в энергетике практике оптимизация распределения электрической нагрузки между агрегатами ТЭС и между станциями в энергосистеме производится по характеристикам относительных приростов (ХОП), рис. 1, которые представляют собой производные для:

1. турбоустановки – расхода тепла на турбоустановку по электрической мощности – dQ/dN;
2. котлоагрегата – расхода топлива по расходу тепла dB/dQ;
3. энергоблока, электростанции и энергосистемы – расхода топлива по электрической мощности dB/dN.

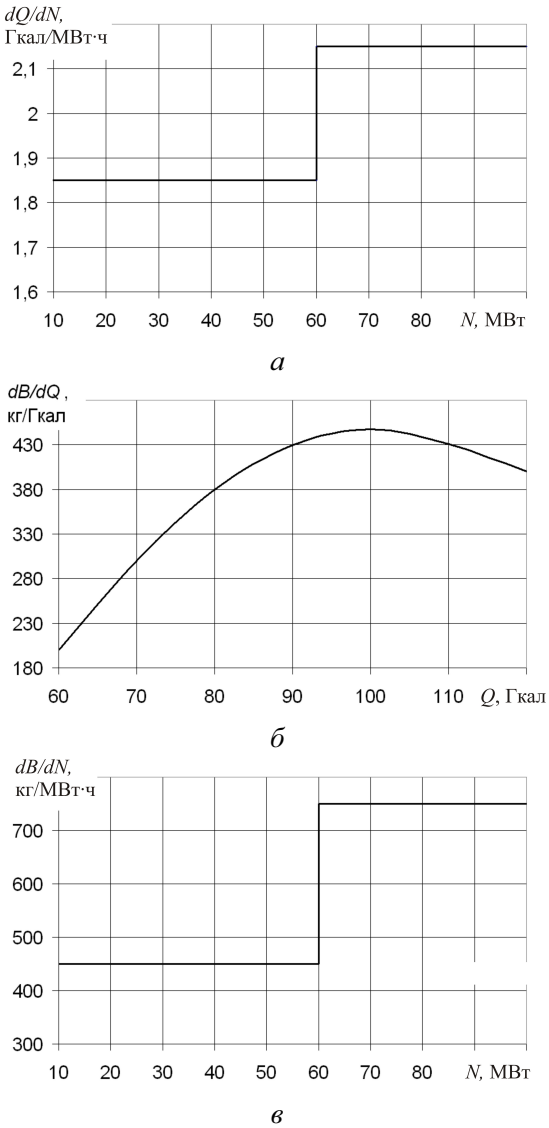

Рис. 1. *Характеристика относительного прироста расхода топлива на: а) турбоустановку; б) котлоагрегат; в) энергоблок, электростанцию, энергосистему*

По действующей методике [1] турбоагрегаты загружаются последовательно в порядке возрастания ХОП. ХОП энергоблока, электростанции и энергосистемы считается линейной (рис. 1, *в*), увеличивающейся по мере роста электрической мощности [1]. В литературе подробно рассмотрена ХОП конденсационных турбоустановок [2, 3], тогда как противодавленческим и теплофикационным агрегатам уделено очень мало внимания. Отсутствуют данные о влиянии тепловой нагрузки, отпускаемой потребителям, на характеристики относительных приростов. В то же время ряд проведенных работ позволяет говорить о том, что влияние тепловых нагрузок на ХОП противодавленческих и теплофикационных турбоустановок очень существенно и не учитывать этого при распределении нагрузок нельзя.

На начальном этапе исследований рассматривалось влияние тепловых нагрузок конденсационного блока К-160-130 (отпуск тепла из отборов сверх нужд регенерации) на характеристику относительного прироста расхода тепла на турбоустановку (рис. 2). Были проведены расчеты при различных значениях отпуска тепла их отборов сверх нужд регенерации. Анализ результатов показывает, что тепловая нагрузка конденсационного блока не оказывает заметного влияния на ХОП. Это позволяет использовать данный подход для оптимизации электрической нагрузки.

Существующий подход был использован при разработке программного комплекса «Оптимизации распределения электрической нагрузки между блоками Красноярской ГРЭС 2 на основании характеристик относительных приростов». Данный комплекс был апробирован специалистами станции и успешно используется в настоящее время. Расчеты показали, что характеристика относительного прироста расхода топлива станцией равна характеристике нагружаемого в текущий момент блока. Это справедливо для любой станции блочного типа.

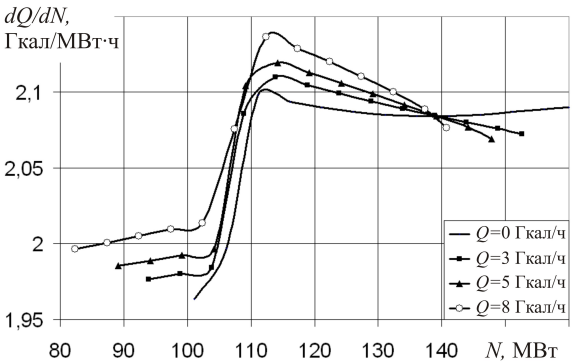

Рис. 2. *Характеристики относительного прироста тепла на турбоустановку К-160-130 при различном отпуске тепла из отборов сверх нужд регенерации*

На следующем этапе в качестве объекта исследования использовалась турбоустановка ПТ-60-90 с промышленным и теплофикационным отбором. В работе использованы нормативные характеристики реального турбоагрегата (рис. 3, *а*, *б*) и его математическая модель (рис. 3, *в*, *г*).

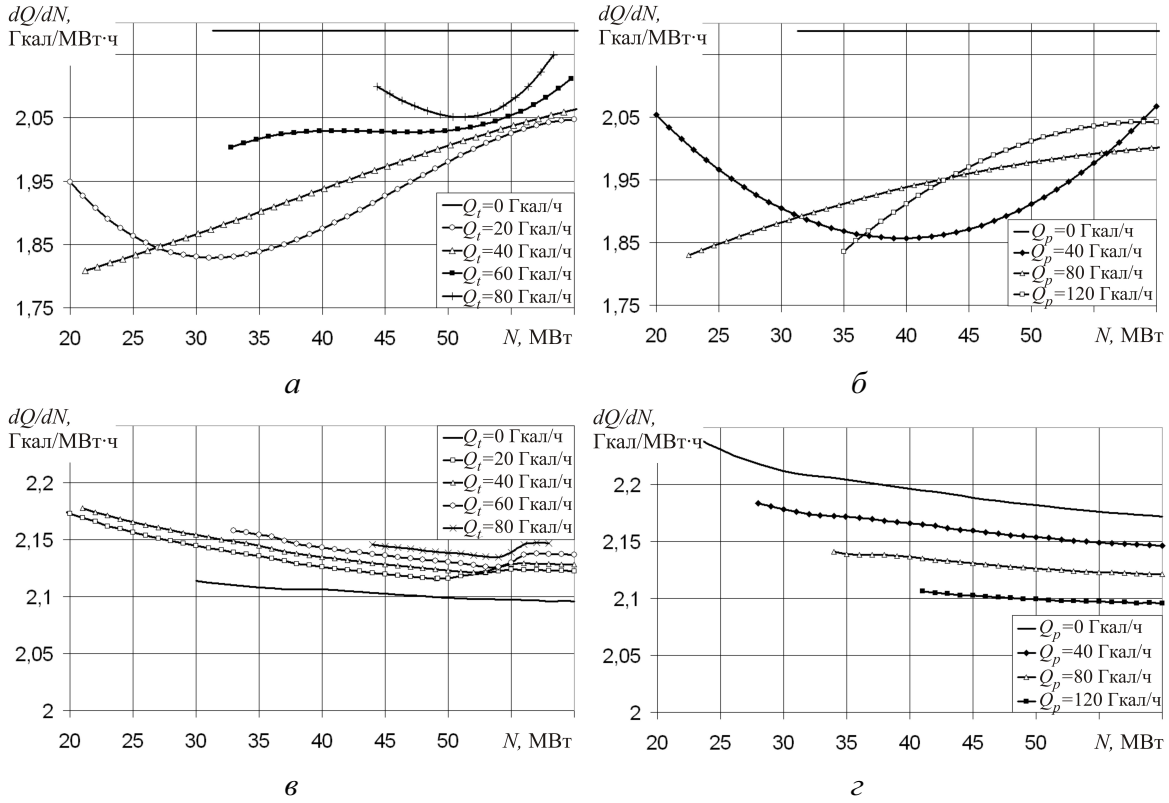

Рис. 3. *Характеристики относительного прироста тепла на турбоустановку ПТ-60-90 при различных нагрузках отборов: а, в) производственного – Q_P=0 Гкал/ч; б, г) теплофикационного – Q_t=0 Гкал/ч. Расчет по нормативам (а, б); по математической модели (в, г)*

Был проведен ряд расчетов для различных значений отпуска тепла из производственного и отопительного отборов. При использовании нормативных характеристик получены неоднозначные результаты. Это можно объяснить как погрешностью построения нормативных характеристик при проведении тепловых испытаний оборудования, так и погрешностью при аппроксимации этих зависимостей.

Результаты этих исследований использованы при разработке «Программного комплекса автоматизированного расчета характеристик относительных приростов и минимально допустимых нагрузок ТЭЦ» [4]. Так как основным документом, регламентирующим работу станции, являются нормативные характеристики, то действующие модели строились на их основе. ТЭЦ представляет собой станцию с поперечными связями, что определяет совершенно иной принцип определения ХОП станции. При расчете вначале распределяется электрическая нагрузка между турбинами различных типов по характеристикам относительных приростов расходов тепла на турбоустановку. Далее определяется общий расход тепла на турбоустановки, который распределяется между котлоагрегатами согласно характеристикам относительных приростов расходов топлива на котлоагрегат. ХОП станции рассчитывается как отношение общего прироста расхода топлива котлами к приросту электрической нагрузки. Следовательно, характеристика относительного прироста расхода топлива станцией не равна характеристике нагружаемой турбины.

Выводы

1. Для конденсационных турбин характеристика относительного прироста тепла на турбоустановку не зависит от отпуска тепла из отборов (сверх нужд регенерации). Это позволяет использовать данные характеристики для оптимизации распределения нагрузки между конденсационными турбоустановками.
2. Для турбины с отпуском теплоты из производственного и теплофикационного отборов характеристика относительного прироста представляет собой нелинейную величину, зависящую от тепловой нагрузки регулируемых отборов. Характер этой зависимости затрудняет ее использование при распределении нагрузки между теплофикационными турбоагрегатами.
3. Для станций блочного типа характеристика относительно прироста расхода топлива равна характеристике нагружаемого блока. Для станций с поперечными связями это утверждение неверно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горнштейн В.М., Мирошниченко Б.П., Пономарев А.В. и др. Методы оптимизации режимов энергосистем / Под ред. В.М. Горнштейна. – М.: Энергия, 1981. – 336 с., ил.
2. Синьков В.М., Богословский А.В., Григоренко В.Г. и др. Оптимизация режимов энергетических систем / Под ред. В.М. Синькова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1976. – 307 с.: ил.
3. Андрющенко А.И., Аминов Р.З. Оптимизация режимов работы и параметров тепловых электростанций. – М.: Высшая школа, 1983. – 255 с.: ил.
4. Свид. о гос. регистр. прогр. для ЭВМ № 2008613208. Программный комплекс автоматизированного расчета характеристик относительных приростов и минимально допустимых нагрузок ТЭЦ / Л.А. Беляев, А.С. Матвеев, С.А. Шевелев. Заявлено 12.05.2008; Опубл. 02.07.2008, Бюлл. прогр. № 12. – 34 с.

Поступила 20.04.2009 г.