

УДК 621.311

Студ. К. М. Давлетшин; Александров

(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭКСПОРТА (ИМПОРТА) ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭНЕРГООБЪЕДИНЕНИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Одной из важных проблем взаимодействия смежных энергосистем является разработка рациональных принципов тарифообразования по перетокам электроэнергии внутри каждой энергосистемы в составе энергообъединения, а также покупки электроэнергии от локальных источников и источников на возобновляемых энергоносителях. В настоящее время важной *проблемой* является определение рациональных режимов работы электроэнергетической системы в жестких условиях импорта электроэнергии из энергосистем Российской Федерации, Украины, а также на основании заключаемых контрактов, в которых оговаривается цена экспортных перетоков в Прибалтику. Причем принципы формирования договорной цены не устанавливаются (цена договорная) и она является коммерческой тайной, однако в реальных условиях поставок оговариваются правила корректировки договорной цены в зависимости от различных режимных и директивных условий.

Суть задачи состоит в том, что при известных генерирующих мощностях, топологии сети, ограничениях по пропускной способности (ПС) связей, требуемом уровне потребляемой мощности (нагрузки), определить реально покрываемую нагрузку в ОЭС. Если полученные величины потребляемой мощности меньше первоначально заданного требуемого уровня, ОЭС считается избыточной, а в противном случае – дефицитной. В результате решения данной задачи определяется нагрузка, покрываемая существующими генерирующими мощностями и ПС сетей.

Положения контракта включают такие пункты как: срок (месяц, число) и объем поставки; названия ЛЭП, по которым осуществляется поставка; график суточной непрерывной поставки и коэффициент неравномерности в рабочий и выходные дни, предельные отклонения от согласованного минимального и максимального объема поставки электроэнергии, стоимость поставленной в расчетном периоде электроэнергии; штрафные санкции за неисполнение своих обязательств каждой из участвующих сторон; недопуск реэкспорта электроэнергии со стороны Покупателя.

Тарифы на услуги по транзиту электрической энергии через энергосистему Беларуси на расчетный период рассчитываются исходя

из объема необходимой выручки, обеспечивающей компенсацию экономически обоснованных затрат на содержание и эксплуатацию транзитной сети.

Взаимоприемлемая величина стоимости определяется в результате двусторонних переговоров, приносящие равные относительные экономические выгоды для заинтересованных сторон.

Ожидаемый рост потребления электрической энергии и высокие цены на импортируемые энергоресурсы делают актуальным поиск путей обеспечения баланса мощности на перспективу и повышения эффективности энергетического производства. Действенным экономическим инструментом решения этой задачи является управление режимом спроса на электроэнергию на базе применения дифференцированных по зонам суток тарифов. При этом обеспечивается снижение необходимой установленной мощности электростанций энергосистемы и определенное снижение расхода топлива на них за счет выравнивания суточного графика электропотребления.

Экономическая заинтересованность потребителей в использовании позонных тарифов обеспечивается за счет снижения затрат на покупаемую электроэнергию вследствие перемещения электропотребления из пиковой зоны в базовую

$$\Delta C_{\pi} = (t_{\pi} - t_{\delta}) \Delta \mathcal{E}, \text{ руб./период} \quad (1)$$

где  $t_{\pi}$ ,  $t_{\delta}$  – ставки за 1 кВт/ч соответственно в пиковой и базовой временных зонах суточного графика электрической нагрузки;  $\Delta \mathcal{E}$  – величина электроэнергии, перемещаемой из пиковой зоны в базовую.

Если выравнивание режима электропотребления происходит за счет осуществления каких-либо мероприятий, требующих капитальных вложений, то эффективность их использования оценивается с помощью показателя эффективности, который должен сравниваться с некоторым нормативным показателем  $E_H$ . Если финансирование будет осуществляться за счет собственных средств предприятия, то оно будет выгодно для него в том случае, если приведет к повышению уровня рентабельности ( $E > K_{\text{рен}}$ ). Если же источником финансирования являются заемные средства в виде кредита банка, то мероприятие выгодно; когда за счет годовой экономии, определяемой с помощью формулы (1), обеспечивается возврат этих средств вместе с процентами за установленный срок кредитования.

Выравнивание режима всегда будет выгодно для потребителя, если оно не требует каких-либо капиталоемких мероприятий на его осуществление.

Но снижение платы за потребленную электроэнергию приводит к сокращению денежных поступлений в энергосистему, и в результате

ухудшаются экономические показатели ее работы. Однако выравнивание режима сопровождается снижением расхода топлива на электростанциях, их необходимой суммарной установленной мощности и количества остановов и пусков основного оборудования в период ночного провала нагрузки.

Экономия топлива обуславливается тем, что в период пика к покрытию нагрузки подключаются наименее экономичные агрегаты энергосистемы (конденсационные агрегаты на докритических параметрах пара, конденсационные мощности ТЭЦ). В базовой же зоне работают более экономичные агрегаты (оборудование на закритических параметрах пара). Эту слагаемую экономии можно представить в виде

$$\Delta C_{\text{эс}} = (\Pi_{\text{т}}^{\text{n}} b_{\text{т}}^{\text{n}} - \Pi_{\text{т}}^{\text{б}} b_{\text{т}}^{\text{б}}) \Delta \mathcal{E}, \text{ руб./период}, \quad (2)$$

где  $\Pi_{\text{т}}^{\text{n}}$ ,  $\Pi_{\text{т}}^{\text{б}}$  – цена топлива, используемого на пиковых и базовых агрегатах;  $b_{\text{т}}^{\text{n}}$ ,  $b_{\text{т}}^{\text{б}}$  – удельные расходы топлива на указанных агрегатах.

Экономия, обусловливаемая облегчением прохождения агрегатами электростанций ночного минимума электрической нагрузки, выражается снижением затрат топлива на пуски и остановки оборудования и повышением надежности его работы. Количественная оценка этой экономии затруднительна, может быть дана лишь экспертная оценка ее на основе анализа статистики пусков и остановов по станциям конкретной энергосистемы.

В том случае, когда в энергосистеме с целью облегчения прохождения ночного минимума электрической нагрузки применяется разгрузка теплофикационных агрегатов ТЭЦ по теплу с последующей передачей отпуска тепла на энергетические котлы через РОУ, при выравнивании режима снижается необходимость в такой разгрузке, что приводит к экономии топлива

$$\Delta C'_{\text{эс}} = (\Pi_{\text{т}}^{\text{n}} b_{\text{т}}^{\text{n}} - \Pi_{\text{т}}^{\text{б}} b_{\text{т}}^{\text{б}}) \Delta \mathcal{E}, \quad (3)$$

где  $b_{\text{т}}^{\text{т}}$  – удельный прирост топлива на теплофикационную выработку электроэнергии.

Годовой эффект, обусловленный снижением необходимой установленной мощности электростанций энергосистемы на  $\Delta P$ ,

$$\Delta C'''_{\text{эс}} = \alpha K_{\text{т}}^{\text{n}} \Delta P, \quad (4)$$

где  $\alpha$  – процентная ставка на капитал.

Таким образом, при снижении совмещенного максимума нагрузки на величину  $\Delta P$  либо отпадает необходимость ввода соответствующей мощности в энергосистеме при ее развитии, либо появление свободной мощности  $\Delta P$  дает возможность подключить новый потребитель энергии к сети.

Надо заметить, что эффекты, определяемые по формулам (2) и

(3), проявляются не одновременно, а несовместимо, т. е. либо тот, либо другой. Чтобы выяснить, из какого эффекта надо исходить, следует проанализировать режим работы энергосистемы в период ночного спада электрической нагрузки. Если имеет место разгрузка ТЭЦ по теплофикационной электрической мощности, то следует воспользоваться формулой (3), в противном случае – (2).

Если ориентироваться на (2), то условие выгодности для энергосистемы применения позонных тарифов может быть записано в виде

$$(\alpha_{\Gamma}^{\text{п}} b_{\gamma}^{\text{п}} - \alpha_{\Gamma}^{\text{б}} b_{\gamma}^{\text{б}}) \Delta \mathcal{E} + \alpha K_{\gamma}^{\text{п}} \Delta P + C_{\text{по}} > (t_{\text{п}} - t_{\text{б}}) \Delta \mathcal{E}, \quad (5)$$

где –  $C_{\text{по}}$  – годовой эффект от снижения количества пусков и остановок оборудования электростанций.

В качестве одного из основных критериев оценки рационального использования топливно-энергетических ресурсов на всех стадиях производства и совершенствования технических процессов выступают оптимальные удельные нормы энергопотребления, которые являются производными от технологического процесса – его производительности и энергетических показателей. Разработка оптимальных удельных норм является важным фактором повышения производительности труда, снижения себестоимости продукции, обновления технологий. Планирование норм рационального расхода энергоресурсов выполняется на основе официального документа, изданного Комитетом энергосбережения с учетом определения оптимальной технологии с наибольшей производительностью труда, меньшими затратами, высокой степенью автоматизации, экологической безопасности и т.д. Если расчет ведется для суточного графика нагрузки, то  $h_{\text{п}}$  выражает число часов использования мощности за одни сутки. При этом предпоследнее слагаемое в (5) должно быть разделено на 365 (число суток в году), так как коэффициент,  $\alpha$  выражает эффективность для годового периода. Последнее слагаемое также должно быть приведено к суточному периоду. При введении, кроме базовой и пиковой ставок, также и полупиковой, для последней может быть записано следующее выражение:

$$t_{\text{пп}} = t_{\text{б}} + \frac{\alpha_{\Gamma}^{\text{пп}} b_{\gamma}^{\text{пп}}}{365} - \frac{\alpha_{\Gamma}^{\text{б}} b_{\gamma}^{\text{б}}}{365}, \quad (6)$$

Переход к позонным тарифам не должен приводить к ухудшению экономических показателей энергосистемы. Это условие записывается в виде

$$t_{\text{б}} \mathcal{E}_{\text{б}} + t_{\text{пп}} \mathcal{E}_{\text{пп}} + t_{\text{п}} \mathcal{E}_{\text{п}} = t_{\text{ср}} \mathcal{E}, \quad (7)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{б}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{п}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{пп}}$  – величины потребляемой электроэнергии в соответствующих временных зонах;  $\mathcal{E}$  – средневзвешенный тариф в энергосистеме.

При этом  $\mathcal{E}_{\text{б}} + \mathcal{E}_{\text{п}} + \mathcal{E}_{\text{пп}} = \mathcal{E}$ . Если обозначить  $\mathcal{E}_{\text{б}} = \alpha_{\text{б}} \mathcal{E}$ ;  $\mathcal{E}_{\text{пп}} = \alpha_{\text{пп}} \mathcal{E}$ ;

$\Delta_n = \alpha_n \Delta$ , то уравнение (7) может быть представлено в виде

$$\alpha_0 \Delta_0 + \alpha_{np} \Delta_{np} + \alpha_n \Delta_n = \alpha_{cp}, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – удельные веса потребления электроэнергии в соответствующих временных зонах.

Очевидно, величины ставок и соотношения между ними зависят от значений исходных стоимостных характеристик (цена топлива, удельная стоимость электростанций), удельных приростов топлива в различных временных зонах и от принятой продолжительности этих зон.

УДК 519.6

Маг. Е.П. Гончаров

Науч. рук. проф. В.С. Кудряшов

(кафедра информационных управляющих систем, ВГУИТ, Воронеж, РФ)

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ ЭТИЛБЕНЗОЛА ПО МОДЕЛИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ РЕКТИФИКАЦИИ**

Задачей процесса ректификации является выделение этилбензола из реакционной смеси после установки дегидрирования. На его чистоту влияют возмущающие воздействия: расход, температура и состав исходной смеси, давление в колонне ректификации и параметры тепло- и хладоносителей.

Для формализации цели управления процессом с использованием математической модели предлагается критерий:

$$K = A_1 X_{0,b} + A_2 X_{N+1,em} \rightarrow \min_{R, T_0},$$

где  $X_{0,b}$ ,  $X_{N+1,em}$  – концентрации бензола в кубе и этилбензола в дистилляте;  $A_1$ ,  $A_2$  – весовые коэффициенты;  $R$ ,  $T_0$  – расход флегмы и температура в кубе колонны (управляющие параметры).

Оптимизация процесса заключается в минимизации критерия. К по математической модели. В качестве управляющих параметров предлагается использовать расход флегмы и температуру в кубе колонны через расход теплоносителя.

Математическое описание статики процесса ректификации основано на уравнениях материальных балансов [1] колонны в целом:

$$F = D + W,$$

$$V_N = R + D,$$

расхода пара и жидкости в отдельных секциях колонны:

$$V_i = R + D, \quad 0 \leq i \leq N,$$