

УДК 620.92

**Н. В. Мищенко**, магистрант (БГТУ); **О. И. Александров**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники (БГТУ)

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАРИФОВ НА МЕЖСИСТЕМНЫЕ ПЕРЕТОКИ ЭНЕРГИИ В ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

В статье рассмотрены проблемы формирования тарифов на межсистемные перетоки энергии для параллельно работающих энергосистем в составе энергообъединения. Сформулированы условия покупки/продажи электроэнергии при режимном взаимодействии избыточных и дефицитных энергосистем. Приведена методика расчета тарифов для энергосистем разных типов с учетом коммерческих интересов обеих сторон. Процесс формирования тарифа на транзит учитывает среднюю себестоимость производства и передачи электроэнергии, а также стоимость основных фондов энергосистем.

The paper considers the problem of tariff for inter-system power flows for parallel operating power systems working as a part of the united power system. Conditions of sale and purchase of electricity with a modal interaction of excess and deficient power systems are formulated. The methodology for calculating tariffs for power systems of different types, taking into account the commercial interests of both sides, is reduced. The process of forming the tariff for transit takes into account the average cost of electricity generation and transmission, as well as the cost of fixed assets of power systems.

**Введение.** Современные условия работы энергообъединения, включающего в свой состав ряд параллельно работающих энергосистем, требуют формирования тарифов на межсистемные перетоки электроэнергии с учетом экономических показателей избыточных и дефицитных энергосистем. Эти показатели должны обеспечивать согласованные хозяйственные интересы объединяемых энергосистем с экономичностью режима объединенной энергосистемы, оптимальный режим которого подразумевает баланс мощности во всех энергосистемах в соответствии с их относительными приростами расхода топлива. Перераспределение потерь мощности и энергии между избыточными и дефицитными энергосистемами в различных режимах работы представляет собой сложную задачу, окончательного решения которой на сегодняшний день пока нет.

Межсистемные перетоки мощности имеют место:

– при покупке/продаже электроэнергии (ЭЭ) объединенной энергетической системой (ОЭС). ОЭС Республики Беларусь является дефицитной, поэтому при некоторых значениях пиковых нагрузок нуждается в дополнительном количестве электроэнергии. А в часы минимального потребления может сама осуществлять экспорт электроэнергии. Это возможно за счет того, что в зависимости от территориального расположения могут различаться по времени часы наступления пиковых нагрузок;

– осуществлении межгосударственного (межсистемного) транзита электроэнергии. Если отсутствуют межгосударственные соглашения между страной-поставщиком и страной-получателем, то поставляемая электроэнергия в

промежуточном отрезке считается транзитной. Транзит ЭЭ через энергосистему Республики Беларусь осуществляется в пределах электрического кольца БРЭЛЛ (Беларусь – Россия – Эстония – Латвия – Литва), а также с Украиной, которая не входит в это договорное объединение, по внутренней системообразующей сети напряжением 220–750 кВ и межгосударственным линиям электропередач (ЛЭП) напряжением 330–750 кВ.

Система формирования тарифов для межсистемных перетоков мощности имеет определенные недостатки, поэтому нуждается в совершенствовании.

**Основная часть.** Тарифы на отпуск электроэнергии в настоящее время формируются различным образом [1]:

1. Ценообразование с учетом всех затрат на перспективу по условиям прогнозируемого спроса на электроэнергию.

2. Ценообразование на базе полных затрат с учетом отпуска электроэнергии потребителям, исходя из объема генерирующих мощностей и пропускной способности межсистемного транзита.

3. Ценообразование с учетом полных затрат на генерацию при обеспечении окупаемости затрачиваемых средств.

В последнее время формируются «плавающие» тарифы в соответствии с концепцией окупаемости затрат и получения прибыли для избыточных энергосистем, а для дефицитных энергосистем формирование тарифов выполняется по условиям дефицита собственной генерации и пропускной способности межсистемного транзита.

4. В некоторых случаях оправдано введение экологического компонента тарифов на электроэнергию, где стоимость очистных сооружений

на ТЭЦ в промышленных районах составляет до 50% установленного киловатта [2].

Доля энергии, проходящей через электрические сети ОЭС Республики Беларусь, характеризуется пропускной способностью сети. В определенном количестве транзит ЭЭ через ОЭС Республики Беларусь может быть уменьшен по взаимной договоренности с помощью отключения некоторых ЛЭП, т. е. благодаря изменению схемы сети.

Транзит для ОЭС Республики Беларусь бывает:

– коммерческий (результат торговли между странами электрического кольца БРЭЛЛ);

– физический (имеет место постоянно из-за исторически сложившейся в период существования СССР конфигурации электрических сетей).

Существует два подхода к определению фактического перетока ЭЭ:

1) с помощью счетчика отдающей стороны. В данном случае потери ЭЭ в межгосударственных ЛЭП относятся на сторону, принимающую ЭЭ;

2) посредством формулы, которая приводит переток ЭЭ к государственной границе. Тогда потери ЭЭ делятся пропорционально протяженности ЛЭП, проходящей по их территории.

Количество переданной ЭЭ стороной, отдающей ЭЭ (сторона 1), определяется по показанию счетчика передающей стороны и величине потерь на участке межсистемных ЛЭП, приходящейся на ее территорию:

$$W_{\text{сторона 1}} - W_{\text{сторона 2}} = W_{O1} - K_{\text{пот1}}(W_{O1} - W_{П2}),$$

где  $W_{O1}$  – показание счетчика передающей стороны, кВт · ч;  $W_{П2}$  – показание счетчика принимающей стороны, кВт · ч;  $K_{\text{пот1}}$  – коэффициент потерь в межсистемных ЛЭП для передающей стороны, который равен:

$$K_{\text{пот1}} = \frac{L_1}{L},$$

здесь  $L_1$  – длина участка межсистемной ЛЭП по территории передающей стороны;  $L$  – длина межсистемной ЛЭП.

Основным недостатком является отсутствие на сегодняшний день единого подхода к определению потерь электрической энергии в межгосударственных ЛЭП.

Действующие тарифы на межсистемные перетоки мощности учитывают только покрытие потерь электроэнергии в системообразующей сети, которые чаще всего увеличиваются при повышении объема транзита. Но при осуществлении транзита ЭЭ на электрические сети ложится дополнительная нагрузка, также дополнительная нагрузка ложится на оперативно-диспетчерский персонал, кроме того, необходимо координировать вывод оборудования в ремонт, который следует осуществлять в со-

кращенные сроки. Дополнительные затраты на эксплуатацию и развитие электрических сетей включаются в тарифы на электроэнергию для внутренних потребителей, поэтому при формировании тарифов на межсистемные перетоки мощности в них должны быть включены оплата за эксплуатацию электрической сети и величина прибыли. Для этого необходимо провести оценку стоимости электрической сети Республики Беларусь, участвующей в транзите ЭЭ.

Энергосистема, принимающая ЭЭ, будет в этом «заинтересована», если после оплаты передающей энергосистеме в принимающей останется сумма, которая будет обеспечивать как возмещение всех затрат на передачу ЭЭ в электрических сетях, так и получение прибыли, размер которой был бы не меньше той, которую ЭС получила бы при производстве ЭЭ с помощью собственных производственных мощностей.

Если принять, что за рассматриваемой период в энергообъединении (ЭО)  $\alpha$  энергосистем были избыточными (донорами) по мощности и могли выдать энергию  $\mathcal{E}_l$ , где  $l = 1, 2, \dots, \alpha$ , то остальные  $\beta$  энергосистем (ЭС) в этот период были дефицитными и потребляли электроэнергию  $\mathcal{E}_k$ , где  $k = 1, 2, \dots, \beta$ . Будем считать условно, что каждая ЭС-донор отдает ЭЭ каждой дефицитной ЭС пропорционально суммарной потребляемой мощности, т. е. переток энергии из ЭС  $\alpha$  в  $\beta$  составит:

$$\mathcal{E}_{lk} = \mathcal{E}_l \left( \frac{\mathcal{E}_k}{\sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_k} \right). \quad (1)$$

Тогда потребляемая энергия  $k$ -й ЭС определится с учетом формулы (1) следующим образом:

$$\mathcal{E}_{kl} = \mathcal{E}_k \left( \frac{\mathcal{E}_l}{\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_l} \right). \quad (2)$$

С учетом формул (1) и (2) потери ЭЭ при передаче из  $l$ -й ЭС в  $k$ -ю будут равны:

$$\Delta \mathcal{E}_{lk} = \mathcal{E}_{lk} - \mathcal{E}_{kl} = \mathcal{E}_l \mathcal{E}_k \left( \frac{1}{\sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_k} - \frac{1}{\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_l} \right).$$

Величина  $\Delta \mathcal{E}_{lk}$  будет всегда положительной, так как  $\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_l > \sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_k$  при безусловном выполнении баланса ЭЭ в каждой ЭС, т. е.

$$\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_{lk} = \mathcal{E}_l, \quad \sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_{kl} = \mathcal{E}_k. \quad (3)$$

При этом сохраняется и баланс ЭЭ в ЭО:

$$\Delta \mathcal{E} = \sum_{l=1}^{\alpha} \sum_{k=1}^{\beta} \Delta \mathcal{E}_{lk} = \sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_l - \sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_k.$$

При выполнении тарифа на межсистемную передачу ЭЭ из  $l$ -й ЭС в  $k$ -ю целесообразно исходить из того, что прибыль от сбыта этой ЭЭ распределяется равномерно между  $l$ -й и  $k$ -й энергосистемами:

$$T_{lk} = S_l^{\text{cp}} + (T_{\text{пром}}^{\text{cp}} - S_l^{\text{cp}} - S_{k\_тр}^{\text{cp}}) \xi_{lk},$$

где  $S_l^{\text{cp}}$  – средняя себестоимость производства и передачи ЭЭ в избыточной ЭС;  $T_{\text{пром}}^{\text{cp}}$  – средний тариф на ЭЭ для промышленных потребителей;  $S_{k\_тр}^{\text{cp}}$  – средняя себестоимость транспорта ЭЭ в принимающей ЭС;  $\xi_{lk}$  – коэффициент равномерного распределения прибыли между взаимодействующими энергосистемами.

Коэффициент  $\xi_{lk}$  можно определить из условия распределения прибыли пропорционально стоимости основных производственных фондов энергосистемы:

$$\xi_{lk} = \frac{\Phi_l}{\Phi_l + \Phi_k},$$

где  $\Phi_l, \Phi_k$  – среднегодовые стоимости основных фондов соответственно  $l$ -й и  $k$ -й энергосистем.

Поскольку ЭС-донор и дефицитная ЭС стремятся к снижению потерь мощности в межсистемных ЛЭП, считаем условно, что потери энергии распределяются соответственно на обе системы следующим образом:

$$\Delta \mathcal{E}_{kl}^{(k)} = v_{kl} \Delta \mathcal{E}_{kl}, \quad \Delta \mathcal{E}_{kl}^{(l)} = (1 - v_{kl}) \Delta \mathcal{E}_{kl}, \quad (4)$$

где  $v_{kl}$  – часть потерь энергии  $\Delta \mathcal{E}_{lk}$  в  $l$ -й энергосистеме.

С учетом формулы (4) оплачивается энергия, передаваемая из  $l$ -й энергосистемы в  $k$ -ю:

$$\mathcal{E}_{kl} = \mathcal{E}_{lk} + \Delta \mathcal{E}_{kl}^{(l)} = \mathcal{E}_{kl} - \Delta \mathcal{E}_{kl}^{(k)}. \quad (5)$$

Тогда, учитывая формулы (3) и (5), потери энергии будут равными соответственно для всех передающих и принимающих энергосистем:

$$\frac{\Delta \mathcal{E}_l}{\mathcal{E}_l} = \frac{\sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_{lk}}{\mathcal{E}_l} = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_k}{\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_l},$$

$$\frac{\Delta \mathcal{E}_k}{\mathcal{E}_k} = \frac{\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_{kl}}{\mathcal{E}_k} = 1 - \frac{\sum_{l=1}^{\alpha} \mathcal{E}_l}{\sum_{k=1}^{\beta} \mathcal{E}_k}.$$

Полученные формулы дают возможность провести тарифную оценку для межсистемных перетоков энергии.

**Заключение.** Представленная методика позволяет рекомендовать один из возможных способов формирования оценочных тарифов на межсистемные перетоки мощности и энергии для избыточных или дефицитных энергосистем. Приведена оценка потерь мощности для обоих типов систем и определена величина оплачиваемой энергии с указанием необходимых компонентов.

## Литература

1. Свешников, В. И. Проблемы ценообразования в энергетике и пути их решения / В. И. Свешников, В. В. Кощей // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энергетических объединений СНГ). – 2003. – № 1. – С. 90–96.
2. Голованов, А. П. К вопросу обоснования тарифа на электроэнергию с учетом экологических факторов региона / А. П. Голованов, Л. Ш. Валиева, Ж. М. Медетов // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энергетических объединений СНГ). – 1993. – № 6. – С. 52–56.

Поступила 25.02.2011