

**УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ПО АКТИВНОЙ  
МОЩНОСТИ ОБЪЕДИНЕНИЙ ЭНЕРГОСИСТЕМ  
С ДАЛЬНИМИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧАМИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**Р. И. БОРИСОВ**

(Представлена научным семинаром кафедр электрических станций  
и электрических систем и сетей)

Использование в полной мере всех преимуществ, которые дает объединение энергосистем, предполагает их взаимное участие в покрытии суммарного графика активной нагрузки. Системообразующие связи в виде дальних электропередач переменного тока будут существенно влиять на экономику всего объединения, а промежуточные системы, расположенные по трассе дальних электропередач, — на экономические показатели работы линий. Взаимное влияние промежуточных систем на технико-экономические показатели дальней электропередачи оказывается очень многообразным. Так, при снижении значений передаваемых мощностей напряжения на участках будут стремиться к повышению. Действие промежуточных систем, снижая напряжение, будет уменьшать потери на корону. Наоборот, при увеличении передаваемых мощностей, напряжение будет понижаться, потери расти, а действие промежуточных систем должно повышать напряжение и снижать потери. Следовательно, по потерям мощности можно наметить область значений напряжения для каждого узла примыкания, в которой потери оказываются минимальными. Естественно, что эта область должна лежать в зоне допустимых значений отклонений напряжения, нормируемых техническими правилами. Наличие промежуточных электрических систем частично или в большей мере исключает дроссели поперечной компенсации, снижая тем самым удельные приведенные затраты на передачу электроэнергии. Вследствие неопределенности и погрешности определения расходных характеристик объединений предпочтительнее использовать другие исходные данные для решения задач распределения активных мощностей между источниками. Вопросы регулирования активными мощностями электропередач 750 и 1200 кВ приобретают новое значение вследствие влияния поясного эффекта времени, метеорологических условий в разных частях объединений, сезонности нагрузки и др. условий.

Допустим известными графики потребления активных мощностей в каждой энергосистеме (или распределения мощностей) и некоторые ограничения по перетоку или кривые распределения перетоков и отпускную стоимость электрической энергии в каждой энергосистеме. Если для разных вариантов по составу оборудования значения стоимости отпускной энергии одинаковые, то такие варианты считаются равноценными. Эта стоимость может быть различной для каждого источника по времени года или суток, что позволяет учитывать влияние

поясного коэффициента времени, изменения разных условий работы оборудования в энергообъединении (пуск, останов и др.) Тогда переменная часть затрат, которая зависит от распределения активных мощностей между системами в объединении и обменных потоков мощностей запишется так:

$$Z = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^T (P_{ij} C_{ij} + P_{потj} C_{потj} + P_{потj} C_{mj} C_{pj} K_y) \Delta t_j \rightarrow \min, \quad (1)$$

где

$P_{ij}$  — отпускная мощность  $i$ -го источника на  $j$ -й ступени графика нагрузки ( $j \leq i$ );

$C_{ij}$  — стоимость единицы вырабатываемой энергии  $i$ -го источника на  $j$ -й ступени графика;

$P_{потj}$  — суммарные потери мощности  $j$ -й ступени графика;

$C_{потj}$  — расчетная стоимость потерь активной мощности;

$C_{mj}; C_{pj}$  — расчетные значения коэффициентов попадания в максимум нагрузки и коэффициентов резерва для каждой ступени изменений нагрузки;

$K_y$  — расчетная стоимость установленной мощности электростанций;

$T$  — расчетный сток.

Отдаваемые мощности и потери могут быть определены через параметры режим  $\Gamma$  в виде:

$$P_i = P_i(E_i U_i \delta_i);$$

$$P_{потj} = P_{потj}(m\Pi),$$

$m\Pi$  — число неизвестных параметров режима.

Оперативная нагрузка каждого источника (энергосистемы) на продолжительность расчетного времени  $T$  должна находиться по затратам фактического распределения нагрузки  $Z^*$ , а не действительного, который является резкопеременным

$$Z^* = \sum (P_i^* C_i^* + P_{потi}^* C_{потi}^* + P_{потi}^* C_{mi}^* C_{pi}^* K_y), \quad (2)$$

где

$C_i^*$  — эквивалентная отпускная стоимость электрической энергии каждого источника

$$C_i^* = \frac{\sum C_{ij} P_{ij}}{P_i^*},$$

$P_i^*$  — искомая оперативная нагрузка каждого источника на расчетный интервал времени  $T$ , включая регулирующий частоту. Поскольку затраты фактического распределения  $Z^*$  не могут быть равны расчетным затратам  $Z$ , то оперативные нагрузки каждого обобщенного источника следует определить таким образом, чтобы затраты фактической, т. е. оперативной нагрузки соответствовали минимуму расчетных затрат. Выражение целевого функционала приобретает такой вид:

$$\Delta Z = Z^*(m\Pi) - Z(m\Pi') \rightarrow \min.$$

Как показано в [1], полное число независимых параметров режима в трехмашинной схеме с тремя трансформациями и восьмью узлами составляют 25; в четырехмашинной схеме с двумя промежуточными системами полное число параметров режима будет 33. С дополнительными переменными функциями Лагранжа число искомых неизвестных составит соответственно 66 и 74.

## Методика решения

1. Производится расчет на каждой ступени  $i$ -й графика электрической нагрузки и определяются отпускаемые в схему активные и реактивные мощности, исходя из соотношения (1) с учетом граничных условий по разным переменным и балансов мощностей во всех узлах. При этом потокораспределение активных мощностей оказывается неизвестным, как и реактивных, и функции небалансов записываются для условных потоков положительно направленных к узлам.

$$\pi_i P_{нсi}(m\Pi) = 0, \quad (5)$$

$$\pi_i Q_{нсi}(m\Pi) = 0, \quad (6)$$

где  $\pi$  — символ перечисления.

Ограничения к параметрам режима в виде неравенств могут быть представлены в такой обобщенной форме:

$$\pi_i \Pi_i \leq \pi_i(\Pi_i) \leq \pi_i \bar{\Pi}_i. \quad (7)$$

Путем введения дополнительных переменных  $\pi_i \bar{x}_i$  и  $\pi_i x_i$  двусторонние неравенства преобразуются в удвоенные равенства обычным путем. Функция Лагранжа для каждого расчетного режима по нагрузкам запишется так:

$$L = Z(m\Pi) + \sum \lambda_i \pi_i (P_{нсi}(m\Pi_i)) + \sum \mu_i \pi_i (Q_{нсi}(m\Pi_i)) + \sum \vartheta_i (\pi_i (\Pi_i + x_i)) + \sum \theta_i (\pi_i (\Pi_i + x_i)). \quad (8)$$

После определения параметров режима ( $\pi E_i$ ;  $\pi U_i$ ;  $\pi \delta_{0i}$ ) находятся отдаваемые каждым источником активные и реактивные мощности. Такие расчеты выполняются для каждой ступени графика электрической нагрузки и находятся значения отдаваемых мощностей при выполнении требуемых условий и ограничений ( $\pi P_{0i}$  и  $\pi Q_{0i}$ ).

2. Подсчитывается переменная часть суммарных затрат и эквивалентная стоимость электрической энергии по формуле (3) для каждого источника за расчетное время  $T$ .

3. Далее формируется функционал цели в виде соотношения (4) по новым переменным параметрам режима ( $m\Pi'$ ) и определяются их значения с ограничениями и условиями разного вида и числа в виде (5), (6) и (7), которые безусловно должны выполняться для мощностей и оперативного режима. Экспериментальная программа этих расчетов проходит опытную проверку.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Р. И. Бэрисов. Управление режимами работы по реактивной мощности объединений энергосистем с дальними электропередачами переменного тока. Статья в этом сборнике.

2. L. P. Hajdu, I. Peschons, W. F. Tinny and D. S. Piercy. Optimum Load-Shedding Policy for Power Systems PAS-87 pp. 784—796.