

Сопоставляя это соотношение с формулой

$$\dot{I}_k = \dot{Y}_k \dot{E}_k,$$

находим матрицу контурных проводимостей

$$\dot{Y}_k + \dot{Y}_\beta (M_\beta^* \dot{C}_\beta^* + 1).$$

3. Определение матрицы \dot{D} производится по (2).

4. Определение матрицы $\dot{Y}_{c,v}$:

$$\dot{I} = \dot{Y}(\Delta \dot{U} + \dot{E});$$

$$\dot{I} = \dot{Y}(M^* \dot{U}_\Delta + \dot{E}) + \dot{Y}(M^* \dot{D} \dot{E} + \dot{E}) = \dot{Y}(M^* \dot{C}^* + 1) \dot{E}.$$

Далее находим

$$\dot{Y}_{c,v} = \dot{Y}(M^* \dot{C}^* + 1).$$

Л и т е р а т у р а

1. Мельников Н.А. Матричный метод анализа электрических цепей. М., 1972.

В.М. Цыганков, И.З. Шапиро

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

С введением новой шкалы скидок и надбавок к тарифу на электроэнергию и правил по ее использованию перед энерго-системами и энергосбытами поставлена задача определения оптимальных значений коэффициентов реактивной мощности на шинах подстанций энергосистемы и промышленных предприятий. Указанную проблему математически можно сформулировать как минимизацию функции приведенных затрат по тангенсам φ основных узлов нагрузки (более 3—5 МВАр) при заданных мощностях существующих источников реактивной мощности и соблюдении режимных ограничений, обусловленных технико-экономическими требованиями и обеспечивающих следующие ус-

ловия: допустимый режим напряжения в сети; неотрицательность коэффициентов реактивной мощности в узлах сети; изменения активных мощностей балансирующих станций в допустимых пределах по нижнему ограничению.

Определение экономичных тангенсов φ основных узлов нагрузки сети неразрывно связано с задачей рациональной компенсации реактивной мощности в режиме максимальных нагрузок энергосистемы. Это является многопараметрической задачей. Для ее решения целесообразно использовать метод Гаусса—Зейделя. Он позволяет получить минимум целевой функции (т.е. минимум приведенных затрат на установку и эксплуатацию компенсирующих устройств) путем попеременной оптимизации независимого параметра режима по каждой из его координат с учетом ограничений отдельных параметров режима. Его координатами являются $\operatorname{tg}\varphi$ основных узлов нагрузки. В случае применения метода Гаусса—Зейделя рассматриваемая задача сводится на каждом шаге решения к однопараметрической.

Выразив мощность компенсирующих устройств через параметры режима и коэффициенты реактивной мощности, имеем следующее выражение для целевой функции как практического критерия решения задачи:

$$Z = p_{\Sigma} k_{y\partial} (Q_M - P_M \operatorname{tg}\varphi) + \Delta P_M \gamma (\alpha k_M + \beta \tau) + (Q_M - P_M \operatorname{tg}\varphi) \Delta P_K \gamma (\alpha k_M + \beta t_K), \quad (1)$$

где $k_{уд}$ — удельные капитальные вложения в компенсирующее устройство; ΔP_M — потери активной мощности в сети для режима максимальных нагрузок; p_{Σ} — суммарный коэффициент отчислений от капитальных вложений; α — удельные затраты, обусловленные расширением электростанций системы для покрытия потерь активной мощности; k_M — коэффициент попадания в максимум энергосистемы; β — удельные затраты на выработку электроэнергии и расширение топливной базы; τ — время максимальных потерь; γ — коэффициент, учитывающий затраты на расширение электрической сети, обусловленные передачей мощности для покрытия потерь активной мощности; t_K — число часов работы компенсирующего устройства; ΔP_K — удельные потери мощности в компенсирующих

устройствах; P_M , Q_M — соответственно активная и реактивная мощности нагрузки в максимальном режиме.

Определение величин p_Σ , α , k_M , β , γ , τ отражено в литературе [1, 2], значение потерь мощности находится при расчете установившегося режима энергосистемы.

Основные положения методики, реализующей метод Гаусса—Зейделя применительно к рассматриваемой задаче, заключаются в следующем.

В системе собирается исходная информация по режиму максимальных нагрузок. Составляется расчетная схема системы с выделением основных узлов нагрузки и их укрупнением за счет реактивных мощностей соседних нагрузок.

Выделяется балансирующий узел, активная и реактивная мощности которого являются однозначной функцией мощностей остальных узлов. Этот узел должен иметь регулируемый источник активной и реактивной мощности. При нарушении ограничения $P_{б.ст}^{мин} \leq P_{б.ст}$ в качестве балансирующей принимается другая станция системы.

На параметры режима накладывается ряд ограничений в форме равенств (активные и реактивные мощности узлов нагрузки станций, кроме балансирующей, — постоянны) и неравенств ($U_i^{мин} \leq U \leq U^{макс}$), где i — номер узла схемы; $tg \varphi_i^{нагр} \geq 0$; $P_{б.ст}^{мин} \leq P_{б.ст}$). На ЭВМ рассчитывается

установившийся режим энергосистемы и определяется практический критерий оптимизации (1) по отношению к произвольно выбранному исследуемому основному узлу нагрузки системы.

В исследуемом узле производится изменение независимого параметра оптимизации $tg \varphi$ в сторону уменьшения на $\Delta tg \varphi$, после чего рассчитывается режим системы и определяется разность $\Delta Z = Z - Z_1$, где Z_1 — критерий оптимизации в отклоненном режиме.

Дальнейшее варьирование дискретными шагами независимого параметра оптимизации исследуемого узла до получения минимума приведенных затрат производится в зависимости от знака ΔZ . При $\Delta Z > 0$ указанным выше способом продолжают дальнейшее изменение независимого параметра исследуемого узла до тех пор, пока последний не дойдет до нулевого зна-

чения или величина ΔZ не станет отрицательной. В указанных случаях переходят на другой исследуемый узел.

Аналогичным способом в произвольном порядке рассматриваются все основные узлы системы. Решение уточняется последующими циклами обхода узлов. Порядок обхода узлов устанавливается постоянным для каждого цикла. В большинстве случаев приемлемая точность расчета достигается за два—три цикла обхода.

Работоспособность данной методики была исследована на примере энергосистемы, состоящей из 106 узлов с 23 основными узлами нагрузки. Для расчета установившегося режима использовалась программа УЭР. Приведенная методика позволяет достаточно эффективно определять коэффициенты реактивной мощности основных узлов нагрузки электрической сети.

Л и т е р а т у р а

1. Рокотян С.С., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических систем. М., 1971. 2. Указания по компенсации реактивной мощности в распределительных сетях. М., 1974.

Л.П. Анисимов, В.Г. Пекелис, А.Е. Розенберг МЕТОДИКА СОВМЕСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ТОЧЕК НОРМАЛЬНОГО РАЗРЫВА И РАЗМЕЩЕНИЯ ШУНТОВЫХ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

В настоящее время задачи выбора оптимальных точек нормального разрыва в распределительных сетях и оптимального размещения шунтовых конденсаторных батарей решаются раздельно. При этом в целях упрощения указанных задач влияние питающей сети не учитывается или учитывается весьма приближенно, что приводит к существенным ошибкам.

Вместе с тем характер целевых функций рассматриваемых оптимизационных задач позволяет их объединить и решать совместно, причем с наиболее точным учетом питающей сети. В результате совместной оптимизации достигается весьма значительный дополнительный эффект.