

УДК 613.311.22

С.Ю.Исакова (5 курс, каф. ЭнЭл), С.Е.Герасимов, к.т.н., доц.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТУПИКОВОЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В практике управления режимами работы электрических сетей наиболее распространенной задачей является оптимизация режимов тупиковой линии электропередачи. Решение этой задачи сводится к нахождению минимума потерь  $\Delta P$  в функции напряжения  $U_2$  или реактивной мощности  $Q_2$ . При заданном напряжении  $U_1$  и мощности нагрузки  $P_2$ ,  $Q_2$  напряжение на приемном конце  $U_2$  без учета поперечной составляющей падения напряжения вычисляется по формуле

$$U_2 = \frac{U_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{U_1}{2}\right)^2 - (P_2 r + Q_2 x)}. \quad (1)$$

Потери мощности в линии, определенные по данным конца, равны  $\Delta P = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} \cdot r$ .

Подставив в выражение для потерь  $\Delta P$  напряжение из (1), получим формулу, дающую явную зависимость потерь от  $Q_2$ :

$$\Delta P = \frac{2r \cdot (P_2^2 + Q_2^2)}{U_1^2 + U_1 \sqrt{U_1^2 - 4(P_2 r + Q_2 x)} - 2(P_2 r + Q_2 x)}.$$

Классическим методом определим минимум функции  $\Delta P=f(Q_2)$ , для чего вычислим производную и приравняем ее нулю. В виду громоздкого выражения производной сложной функции приводить его не будем. По величине  $Q_2$ , отвечающей минимуму потерь в линии, может быть вычислена мощность компенсирующего устройства:  $Q_{\text{ку}} = Q_{\text{н}} - Q_2$ .

Из приведенной выше формулы для потерь можно получить функцию  $\Delta P=f(U_2)$  и найти напряжение на приемном конце  $U_2$ , отвечающее минимуму  $\Delta P$ . В числителе формулы записана мощность нагрузки, которая, как известно, может быть представлена:

- постоянной мощностью  $P_2$ ,  $Q_2 = \text{const}$ ;
- постоянной проводимостью  $g_2$ ,  $b_2 = \text{const}$ , откуда  $P_2 = U_2^2 \cdot g_2$  и  $Q_2 = U_2^2 \cdot b_2$ ;
- типовыми статическими характеристиками.

В зависимости от типа нагрузки или выбранной модели выражения для потерь мощности и производной будут иметь вид:

$$\text{а) } \Delta P = \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^2} \cdot r, \quad \frac{\partial \Delta P}{\partial U} = 2 \cdot r \cdot \frac{P_2^2 + Q_2^2}{U_2^3}; \quad \text{б) } \Delta P = (g_2^2 + b_2^2) \cdot r U_2^2, \quad \frac{\partial \Delta P}{\partial U} = 2U_2 \cdot r (g_2^2 + b_2^2).$$

Приведенные выше выражения показывают, что в зависимости от вида нагрузки и ее характеристик конкретные результаты оптимизации потерь в линии могут различаться очень сильно, поскольку в первом случае  $\Delta P=f(A/U^2)$ , а во втором  $\Delta P=f(AU^2)$ .

Приведем для примера результаты оптимизации электрического режима электропередачи 110 кВ при следующих данных:  $P_2=25$  мВт;  $Q_2=15$  мвар;  $r=10$  ом;  $x=25$  ом;  $U_1=115$  кВ. Базовым режимом для оптимизации является  $U_2=109,3$  кВ и потери мощности  $\Delta P=0,712$  мВт. Оптимизируя режим по  $Q_2$ , получим мощность компенсирующего устройства  $Q_{\text{ск}} = -(Q_{\text{н}}+Q_2) = -16,2$  мвар, напряжение  $U_2=113$  кВ и потери  $\Delta P=0,49$  мВт. По сравнению с исходным режимом напряжение на приемном конце увеличилось на 3 %, а потери мощности уменьшились на 31,2 %. Для режима, оптимизированного по  $Q_2$  найдем напряжение  $U_2$ , позволяющее получить дополнительное снижение потерь. Проводя вычисления, описанные выше, получим  $U_2=144$  кВ и потери

$\Delta P=0,469$  мВт. Полученное значение можно считать абсолютным минимумом потерь для простейшей электропередачи.

*Выводы.* В работе предложена методика оптимизация режимов тупиковой электропередачи, учитывающая действительный характер поведения нагрузки и приведен пример расчета оптимального режима для линии электропередачи напряжением 110 кВ.