С.К. Гурский, В.П. Керного

ПОЛНАЯ СИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МАТРИЦ ОБОБЩЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

В настоящей статье выводятся формулы, которые позволяют осуществить преобразование одних матриц обобщенных параметров в другие. Показано, что в процессе взаимных переходов особая роль принадлежит матрице коэффициентов распределения $\dot{C}$, которая легко определяется по каждой из остальных матриц и в свою очередь позволяет легко определить любую из них.

Определение матрицы $\dot{C}$ по остальным матрицам обобщенных параметров. 1. При заданной матрице узловых сопротивлений $\dot{Z}_у$ матрица $\dot{C}$ может быть получена по формуле, представленной в [1] (если считать, что положительные задающие узловые токи $\dot{J}$ вытекают из схемы):

$$\dot{C} = -\dot{Y}M^{*}\dot{Z}_у , \qquad (1)$$

где $\dot{Y}$ — диагональная матрица проводимостей ветвей; M — первая матрица инциденций; $*$ — знак транспонирования матрицы.

2. Задана матрица контурных проводимостей $\dot{Y}_к$

$$\dot{C}_\beta = -N^{*}_\beta \dot{Y}_к N_\alpha \dot{Z}_\alpha C_о ,$$

где N_α, N_β — вторая матрица инциденций; $\dot{Z}$ — диагональная матрица сопротивлений ветвей.

$$C_о = -M^{-1}_\alpha ; \quad \dot{C}_\alpha = C_о(M_\beta \dot{C}_\beta + 1).$$

Здесь индексы α и β означают, что рассматриваемая матрица построена для ветвей дерева и хорд.

3. Задана матрица коэффициентов распределения э.д.с. ветвей по напряжениям узлов D. Тогда, как известно из [1],

$$\dot{C} = \dot{D}^{*}. \qquad (2)$$

4. Задана матрица собственных и взаимных проводимостей ветвей $\dot{Y}_{с.в}$:

$$\left.\begin{aligned} \dot{C}_\alpha &= (1-\dot{Y}^{(\alpha\alpha)}_{с.в}\dot{Z}_\alpha)C_о ; \\ \dot{C}_\beta &= -\dot{Y}^{(\beta\alpha)}_{с.в}\dot{Z}_\alpha C_о . \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Определение матриц обобщенных параметров сети по матрице коэффициентов распределения. 1. Определение $\dot{Z}_y$. По [1] имеем

$$\dot{Z}_y = \dot{C}_o^* \dot{Z}_\alpha \dot{C}_\alpha . \qquad (4)$$

2. Определение $\dot{Y}_к$. Вектор-столбец контурных э.д.с. выражается через вектор-столбец э.д.с. ветвей как

$$\dot{E}_к = N\dot{E},$$

откуда, разбивая матрицы на блоки, получаем

$$\dot{E}_\beta = N_\beta^{-1}(\dot{E}_к - N_\alpha \dot{E}_\alpha). \qquad (5)$$

При отсутствии э.д.с. в ветвях дерева из (5) следует, что

$$\dot{E}_\beta = N_\beta^{-1} \dot{E}_к . \qquad (6)$$

Из закона Ома для хорд получаем

$$\Delta\dot{U}_\beta = \dot{Z}_\beta \dot{I}_\beta - \dot{E}_\beta = M_\beta^* \dot{U}_\Delta, \dot{I}_\beta = \dot{Y}_\beta (M_\beta^* \dot{U}_\Delta + \dot{E}_\beta). \qquad (7)$$

Отсюда в предположении отсутствия задающих токов в узлах схемы с учетом (2) получаем

$$\dot{I}_\beta = \dot{Y}_\beta (M_\beta^* \dot{C}^* \dot{E} + \dot{E}_\beta). \qquad (8)$$

Так как, согласно сделанному предположению, $\dot{E}_\alpha = 0$, то

$$\dot{C}^* \dot{E} = [\dot{C}_\alpha^* \ \dot{C}_\beta^*] \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{E}_\beta \end{bmatrix} = \dot{C}_\beta \dot{E}_\beta .$$

Поэтому в соответствии с (8) совместно с (6) получаем

$$\dot{I}_\beta = \dot{Y}_\beta (M_\beta^* \dot{C}_\beta^* + 1) N_\beta^{-1} \dot{E}_к . \qquad (9)$$

Вектор-столбец контурных токов $\dot{I}_к$ можно выразить как $\dot{I}_к = [N_\beta^{-1}]^* \dot{I}_\beta$. Подставляя сюда значение $\dot{I}_\beta$ из (9), находим

$$\dot{I}_к = [N_\beta^{-1}]^* \dot{Y}_\beta (M_\beta^* \dot{C}_\beta^* + 1) N_\beta^{-1} \dot{E}_к .$$

Сопоставляя это соотношение с формулой

$$\dot{I}_к = \dot{Y}_к \dot{E}_к,$$

находим матрицу контурных проводимостей

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

3. Определение матрицы $\dot{D}$ производится по (2).
4. Определение матрицы $\dot{Y}_{с.в}$:

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

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

Далее находим

$$\dot{Y}_{с.в} = \dot{Y}(M^* \dot{C}^* + 1).$$

Литература

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 энергосистемами 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-