

ПРОГРАММА РАСЧЕТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Р. И. БОРИСОВ, С. Г. СЛЮСАРЕНКО

(Представлена научным семинаром кафедры электрических систем и сетей)

В настоящей работе рассматривается алгоритм и программа расчета установившихся режимов электрических систем на базе уравнений узловых мощностей методом Ньютона-Рафсона [1].

Для проведения расчетов исследовательского характера разработана экспериментальная программа расчета установившихся режимов электрических систем методом узловых мощностей. Модификация метода состоит в использовании обобщенных уравнений сетевых мощностей [2]. Эти уравнения соответствуют представлению элементов электрической сети, в том числе и элементов дальних электропередач, четырехполюсниками.

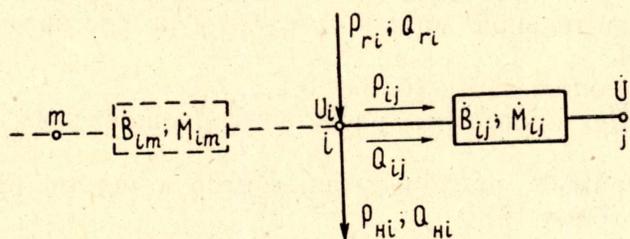


Рис. 1.

Уравнения узловых мощностей, описывающие установившийся режим электрической системы, для расчетного узла (рис. 1) в общем виде записываются

$$\sum_{j \in \Pi_i} P_{ij} + P_{Ni} - P_{Gi} = 0; \sum_{j \in \Pi_i} Q_{ij} + Q_{Ni} - Q_{Gi} = 0, \quad (1)$$

где P_{Gi}, Q_{Gi} — генерируемые мощности;

P_{Ni}, Q_{Ni} — нагрузочные мощности;

P_{ij}, Q_{ij} — сетевые мощности;

Π_i — множество узлов, имеющих связи с расчетным.

В выражениях сетевых мощностей параметры режима входят натуральными величинами, поскольку приведение осуществляется автоматически за счет явного учета коэффициентов трансформации в выражениях обобщенных постоянных четырехполюсников.

Топология схемы раскрывается с помощью специальной таблицы, состоящей из модулей сопротивлений связующих элементов. Пример составления такой таблицы показан на рис. 2.

Таблица представляет собой квадратную матрицу. Элементы строк указывают наличие связей соответствующего узла со всеми остальными и используются в формировании коэффициентов \dot{B} замещающих четырехполюсников. В дальнейшем будем называть их строками соединений. Поскольку матрица является симметричной относительно главной диагонали, используется только треугольная форма. Порядок формирования строк соединений указан стрелками.

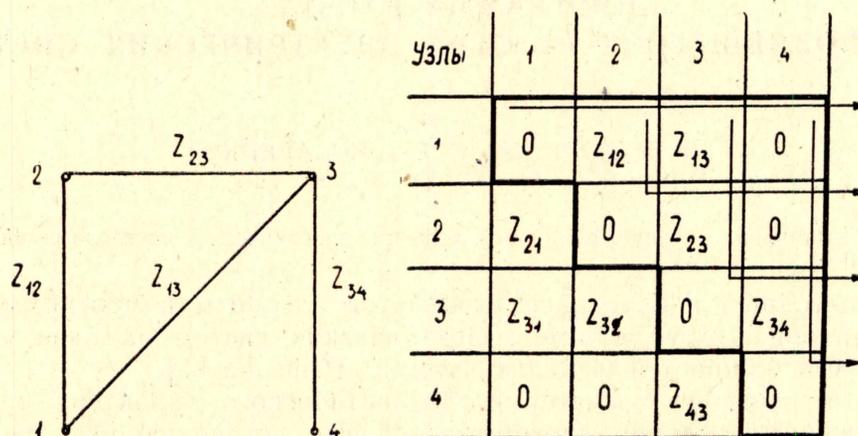


Рис. 2.

В качестве зависимых переменных могут быть приняты следующие параметры режима: $P_G, Q_G; P_H, Q_H; U; \delta; |\dot{B}|; K_T$. Программа, блок-схема которой приведена на рис. 3, составлена в машинных кодах для вычислительной машины БЭСМ-4 и состоит из следующих основных частей:

- 1) формирующая часть (блоки 0,1);
- 2) собственно программа расчета установившегося режима (блоки 2-18);
- 3) подпрограмма, преобразующая вторую часть для расчета потерь мощности (блок 17).

Рассмотрим функциональные назначения некоторых блоков подробнее.

Блок 0

- 1) обрабатывает исходные данные;
- 2) формирует логическую часть программы.

Блок 1 восстанавливает команды.

Блок 3

- 1) выбирает из матрицы треугольной формы строку соединений расчетного узла;
- 2) выбирает из массивов исходных данных $U_i; \delta_i; P_{Gi}, Q_{Gi}; P_{Hi}, Q_{Hi}$;
- 3) формирует параметры режима, являющиеся зависимыми переменными;

- 4) переводит δ_i в радианы.

Блок 6

- 1) выбирает из векторов исходных данных U_j и δ_j ;
- 2) проверяет, является ли рассматриваемая ветвь трансформатором, и если это оказывается так, то

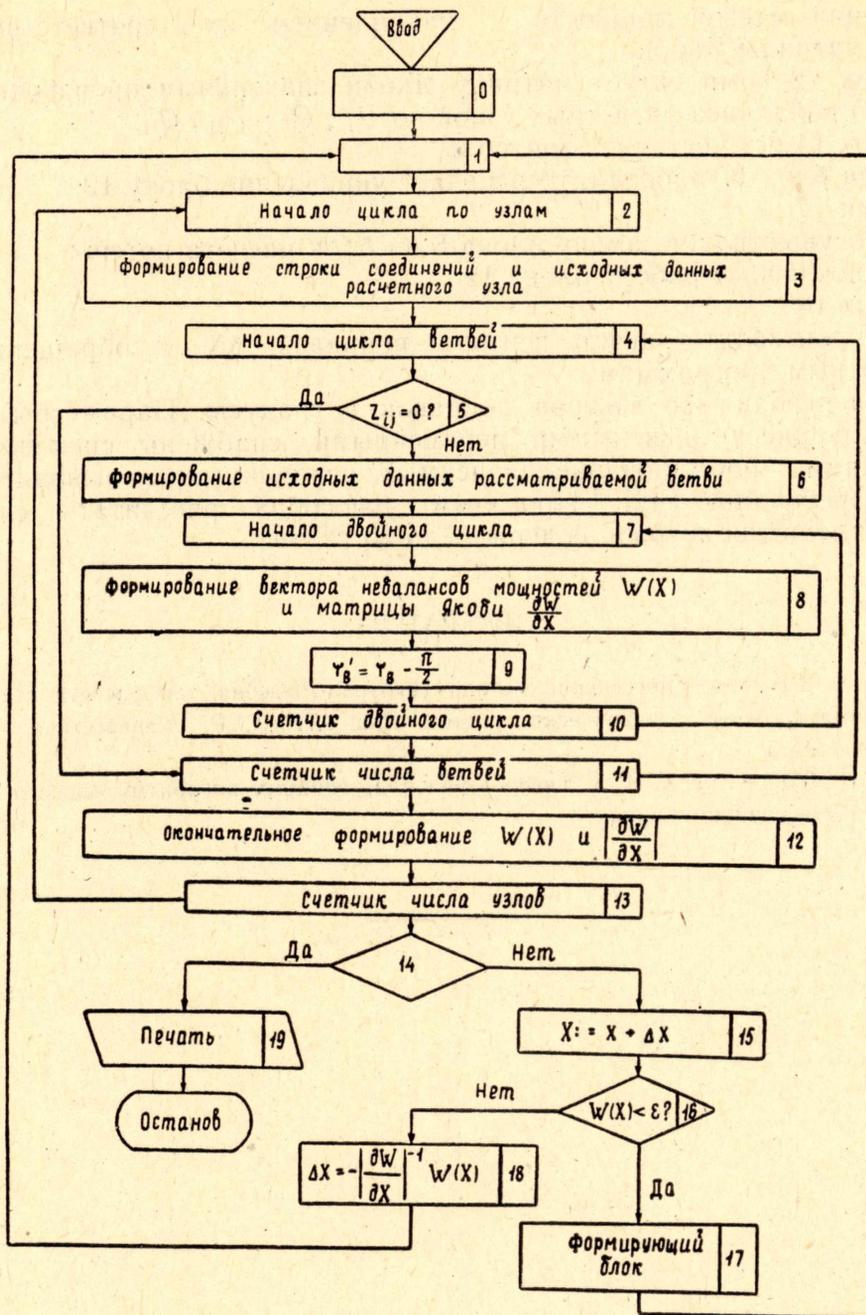


Рис. 3.

а) выбирает соответствующее значение коэффициента трансформации из массива исходных данных или формирует, если он является зависимой переменной;

б) рассчитывает \dot{V} и \dot{M} с учетом характера присоединения к расчетному узлу;

3) учитывает, являются B_{ij} ; U_j ; δ_j зависимыми переменными или нет, и переводит Ψ_B , Ψ_M , δ_i в радианы.

Блок 8 первый раз для активной, второй раз для реактивной составляющих функций небаланса расчетного узла производит

1) расчет сетевой мощности и накопление значения в соответствующем месте вектора небаланса мощностей;

2) расчет значений производных по зависимым переменным от

выражения сетевой мощности с накоплением их в соответствующих местах матрицы Якоби.

Блок 12 комплектует матрицу Якоби значениями производных от функций небаланса расчетных узлов по $P_G, Q_G; P_H, Q_H$.

Блок 14 осуществляет контроль.

Если блок 17 работал, то передает управление блоку 19.

Блок 17

1) осуществляет замену блока 8 на блок расчета потерь;

2) исключает работу блока 12.

Блок 18

1) производит расчет вектора поправок ΔX с обращением к стандартным программам;

2) переводит $\Delta \delta$ вектора поправок в градусы. Параметры режима, являющиеся зависимыми переменными, снабжены специальными признаками. Формирование зависимых переменных производится согласно требованию [2]. Программа способна рассчитать систему, схема замещения которой содержит до 20 узлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. А. Крумм. Применение метода Ньютона-Рафсона для расчета стационарного режима сложных электрических систем. Изв. АН СССР, «Энергетика и транспорт», 1965, № 5.

2. Р. И. Борисов, С. Г. Слюсаренко. К единому алгоритму расчета сетевых мощностей. Настоящий сборник.
