

УДК 621.311

**РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ВЕТВЕЙ ИЗ СЕТИ
CALCULATION OF THE PARAMETERS
OF THE STEADY-STATE MODE OF THE ELECTRICAL NETWORK
WHEN DISCONNECTING BRANCHES FROM THE NETWORK**

К.Д. Сырцов

Научный руководитель – А.А. Волков, старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

volkau@bntu.by

K. Sirtsov

Supervisor – A. Volkov, Senior Lecturer

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** в данной работе рассматриваются методы пересчета параметров режима при отключении ветвей из электрической сети.*

***Abstract:** this article examines the methods of recalculation of the mode parameters when disconnecting branches from the electrical network.*

***Ключевые слова:** пересчет режима, электрическая сеть, матрицы, отключение ветвей, методы пересчета.*

***Key words:** mode recalculation, electrical network, matrices, branch disconnection, recalculation methods.*

Введение

При эксплуатации электрической сети могут возникать случаи, при которых требуется отключение её ветвей из цепи. Например, отключения могут производиться при проведении ремонтных работ, при авариях в системе энергоснабжения, в результате плохих погодных условий и т. д. Для того, чтобы определить, является ли возможным вывод рассматриваемых участков электропередачи из работы на длительное время, а также оценить параметры нового установившегося режима, требуется произвести пересчет исходной цепи, учитывая внесенные в нее изменения [1].

Основная часть.

Рассмотрим методы пересчета параметров режима сети на примере некоторой цепи, содержащей 5 узлов и 8 ветвей, с уже известными параметрами передачи (рисунок 1) и разработанным в программе MathCAD алгоритмом расчета.

В качестве примера возьмем случай с отключением из сети ветви №2. Во всех рассматриваемых методах напряжения в узлах сети определим по заданным нагрузкам в узлах с помощью итераций по методу Ньютона. Число необходимых итераций определим из условия, что относительный небаланс мощностей не должен превышать 1% [2].

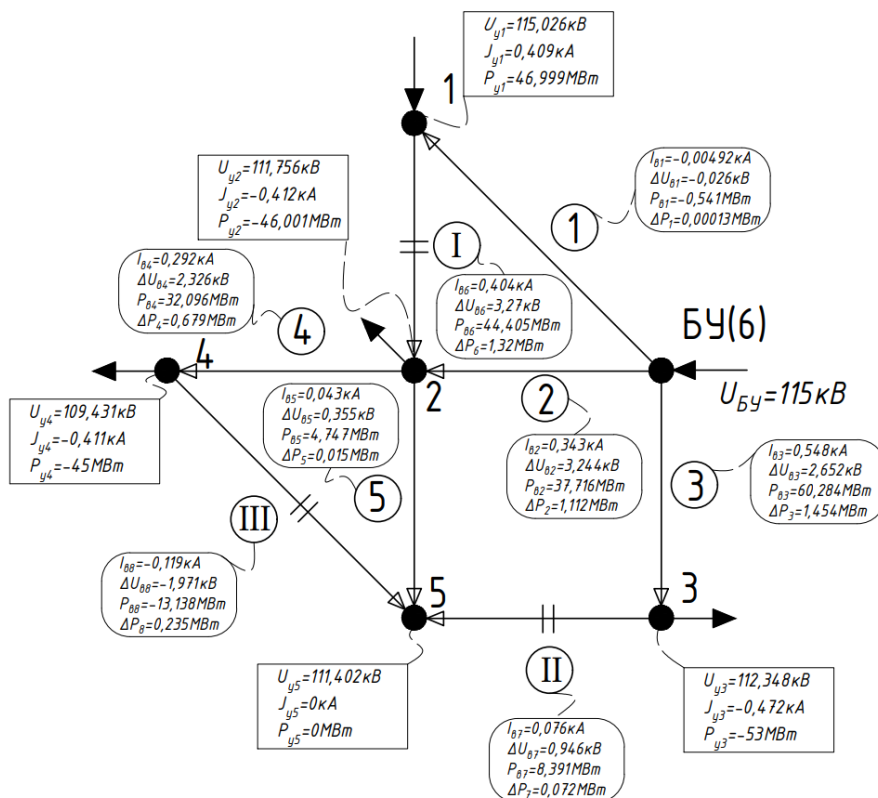


Рисунок 1 - Схема исследуемой цепи с параметрами нормального режима

1. Метод пересчета с использованием матриц соединений.

В данном методе столбцы матриц соединений, соответствующие по номеру отключаемой ветви, заменяются столбцами с нулевыми элементами.

Таким образом новые первая и вторая матрицы инциденций примут в рассматриваемом примере следующий вид:

$$M_{\Sigma} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad N = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Далее производится расчет режима, например, по уравнениям узловых напряжений.

2. Метод пересчета с использованием параллельной ветви с отрицательным сопротивлением.

В данном методе расчет нового установившегося режима производится согласно схеме замещения цепи, где параллельно выводимой из работы ветви подключают другую ветвь с таким же сопротивлением, но обратным по знаку. При этом, начало и конец обеих ветвей будут совпадать.

Следовательно, для расчета требуется добавить в первую и вторую матрицы инциденций дополнительный столбец, аналогичный столбцу, соответствующему по номеру отключаемой линии. В данном примере:

$$M_{\Sigma} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad N = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Кроме того, необходимо добавить учесть в матрице сопротивлений dZ_B дополнительный элемент $-Z_2$:

$$dZ_B := \begin{pmatrix} Z_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -Z_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & Z_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z_5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z_7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & Z_8 \end{pmatrix}, \text{ Ом.}$$

Линии с сопротивлениями Z_2 и $-Z_2$ передают одинаковую мощность, но разную по знаку. То есть, они взаимно компенсируют друг друга, что эквивалентно отключению ветви Z_2 в первичной цепи.

С использованием полученных матриц производится дальнейший расчет.

3. Метод пересчета с использованием бесконечно большого сопротивления.

Отключенной из сети линии можно поставить в соответствие бесконечно большое сопротивление, включенное между начальным и конечным узлами выводимой из работы ветви. Таким образом, требуется заменить в исходном алгоритме расчета сопротивление отключаемой ветви на бесконечно большое (или значительно большее, относительно других ветвей) и произвести дальнейшие расчеты аналогично ранее записанным:

$$Z_2 = 1 \times 10^{307}, \text{ Ом.}$$

По окончанию пересчета были найдены параметры нового режима по трем вышерассмотренным методам. В каждом из них до достижения необходимой точности потребовалось две итерации.

Результаты, полученные с использованием различных методов, сошлись, что свидетельствует о правильности проделанной работы. Нанесем параметры режима на схему (рисунок 2) для более наглядного представления и произведем анализ.

Определим, насколько изменилось напряжение узлов ($U_{у.пер}$) по сравнению с напряжениями при нормальном режиме работы ($U_{у.норм}$) и определим относительное его отклонение от номинального:

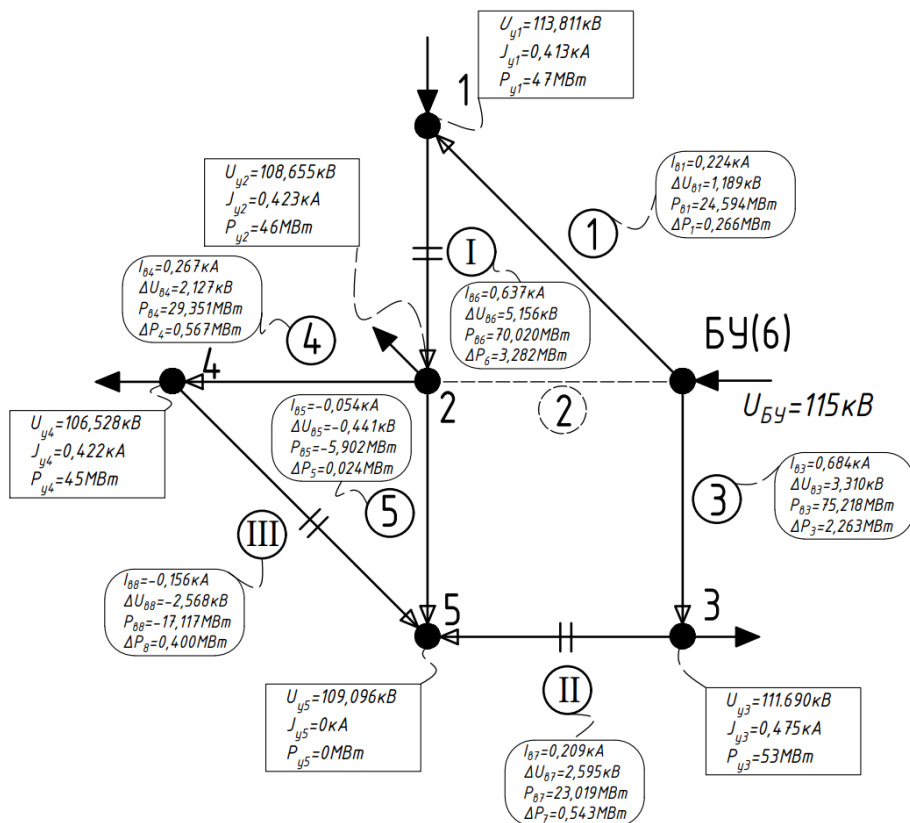


Рисунок 2 - Схема исследуемой цепи с нанесенными параметрами ремонтного режима

$$U_{у.пер} - U_{у.норм} = \begin{pmatrix} -1.215 \\ -3.101 \\ -0.657 \\ -2.903 \\ -2.305 \end{pmatrix}, \text{ кВ}; \quad \Delta U_{\text{откл}} := \frac{U_{у.пер} - U_{\text{ном}}}{U_{\text{ном}}} \cdot 100 = \begin{pmatrix} 3.465 \\ -1.223 \\ 1.536 \\ -3.156 \\ -0.822 \end{pmatrix}, \text{ \%}.$$

Как видно, напряжение в узлах значительно упало, но осталось в пределах допустимых отклонений в 5%.

Проанализируем значение токов в ветвях ($I_{в.пер}$), сравнив их с длительно допустимыми по нагреву значениями ($I_{д}$).

$$I_{в.пер} = \begin{pmatrix} 0.224 \\ 0 \\ 0.684 \\ 0.267 \\ -0.054 \\ 0.637 \\ 0.209 \\ -0.156 \end{pmatrix}, \text{ кА}; \quad I_{д} = \begin{pmatrix} 0.605 \\ 0.39 \\ 0.605 \\ 0.39 \\ 0.39 \\ 0.51 \\ 0.265 \\ 0.33 \end{pmatrix}, \text{ кА}.$$

Линии №3 и №6 оказались загружены током на 113% и 125% соответственно относительно предельно допустимых значений.

Потери мощности в ремонтном режиме ($\Delta P_{в\Sigma.пер}$) возросли в $k=1,5$ раза относительно потерь нормального режима сети ($\Delta P_{в\Sigma.норм}$);

$$\Delta P_{в\Sigma.пер} = 7.345, \text{ МВт};$$

$$\Delta P_{в\Sigma.норм} = 4.888, \text{ МВт};$$

$$k = \frac{\Delta P_{в\Sigma.пер}}{\Delta P_{в\Sigma.норм}} = 1.503.$$

Рассмотренный режим не является длительно допустимым по причине токовой перегрузки линий.

Аналогично рассмотренному примеру можно произвести пересчет режима электрической сети любой конфигурации и сделать выводы о допустимости данного режима.

Заключение

Отключение ветви из электроэнергетической сети ведет к неизбежным изменениям параметров передачи энергии. Оценить влияние процесса можно с помощью пересчета параметров режима по одному из трех рассмотренных в работе методов. Операции по пересчету удобно выполнять с применением ЭВМ, заменяя определенные вводные данные соответственно выбранному методу. По окончании расчетов, результаты сравниваются с условиями оптимальной работы и делаются заключения о возможных последствиях отключения.

Литература

1. Гурский, С. К. Алгоритмизация задач управления режимами сложных систем в электроэнергетике / С. К. Гурский. - Минск. : Наука и техника, 1977. – 368 с.
2. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии / А. А. Герасименко, В. Т. Федин. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 715 с.