

УДК 621.311

**СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ НУЛЕВОГО И ПЕРВОГО ПОРЯДКА
РАЗЛОЖЕНИЯ ТЕЙЛОРА ФУНКЦИЙ НЕБАЛАНСА
COMPARISON OF ZERO-ORDER AND FIRST-ORDER TAYLOR
DECOMPOSITION METHODS FOR UNBALANCE FUNCTIONS**

К. С. Мордвинцев

Научный руководитель – А. А. Волков, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

K. Mordvintsev

Supervisor – A. Volkau, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: проведен анализ сходимости итерационных процессов для методов нулевого и первого порядка разложения Тейлора функций небаланса тока и мощности, используемых при моделировании УНН, при различных коэффициентах утяжеления и разном начальном приближении в среде Mathcad.

Abstract: the convergence of iterative processes for the zero and first-order Taylor decomposition methods of current and power unbalance functions used in the modeling of UNN is analyzed for different weighting coefficients and different initial approximation in the Mathcad environment.

Ключевые слова: решение систем нелинейных уравнений, итерационные процессы, сходимость.

Keywords: solving systems of nonlinear equations, iterative processes, convergence.

Введение

Основная и наиболее трудоемкая задача расчета параметров режима сети на ЭВМ – это решение систем нелинейных уравнений, которые описывают установившийся режим электрической сети. Данное решение можно найти путем последовательных приближений (итераций) по формуле $\underline{U}^{(k+1)} = \underline{U}^{(k)} + F(\underline{U}^{(k)})$ различными способами, количество которых определяется множеством способов реализации функции $F(\underline{U}^{(k)})$.

Разложение функции в ряд Тейлора:

$$\omega(U) \approx \omega(U^{(0)}) + \frac{d\omega(U^{(0)})}{dU} \Delta U + \dots = 0. \quad (1)$$

Методы нулевого порядка получаются из (1) путем использования только первого слагаемого. К данным методам можно отнести методы Z-матрицы, Якоби, Зейделя и другие. Если учитывать второе слагаемое из (1), то получим методы первого порядка: метод Ньютона и другие.

Записав для вышеперечисленных методов в среде Mathcad функции нахождения последующего приближения, можно задать итерационные процессы для нахождения решения.

При нормальном режиме работы сети нахождение решения каждым из методов возможно, но при разном количестве итераций. При расчете утяжеленного режима количество итераций может измениться, либо вовсе решение будет расходиться.

Нахождение параметров режима сети переменного напряжения сопряжено с использованием комплексных чисел, что может быть затруднительно для расчетов, особенно при использовании метода Ньютона. Поэтому иногда используют преобразование уравнений в прямоугольные и полярные координаты.

Основная часть

Зададим следующие функции для методов:

1. 1 группа:

- $W_a(x)$ – метод Якоби;
- $W_b(x)$ – метод Z -матрицы;
- $W_c(x)$ – метод Зейделя;
- $W_d(x)$ – метод Ньютона через небаланс тока;
- $W_e(x)$ – метод Ньютона через небаланс мощности;

2. 2 группа:

- $WNa(x)$ – метод Ньютона через небаланс тока в прямоугольных координатах;
- $WNb(x)$ – метод Ньютона через небаланс тока в полярных координатах;
- $WNc(x)$ – метод Ньютона через небаланс мощности в прямоугольных координатах;
- $WNd(x)$ – метод Ньютона через небаланс мощности в полярных координатах.

Начальное приближение напряжения во всех узлах:

$$U_0 = (110 + 2,2i), \text{В}, \quad (2)$$

Мощности в узлах будут изменяться следующим образом:

$$S = S_0 \cdot ki, \quad (3)$$

где S_0 – начальная мощность потребителей.

Изменение начального напряжения в узлах:

$$U = U_0 \cdot ki, \quad ()$$

Тогда получим графики сходимостей, представленные на рис. 1.

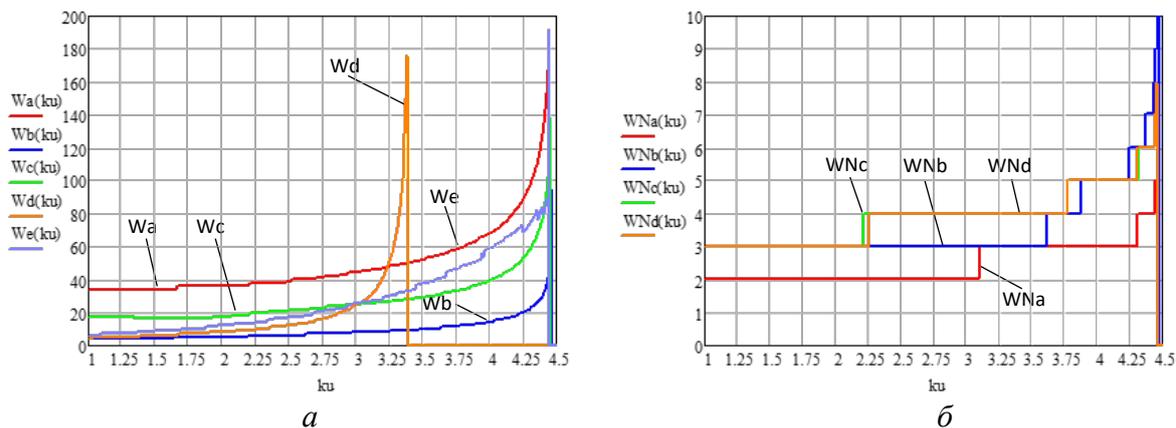


Рисунок 1 – Графики зависимости количества итераций от коэффициента утяжеления для группы 1 – а и группы 2 – б

Из рис. 1 видно, что самым быстрым методом оказался метод Ньютона через небаланс тока в прямоугольных координатах. Из методов нулевого порядка самым быстрым является метод Z-матрицы. Также стоит обратить внимание на сходимость метода Ньютона через небаланс тока и мощности при расчете в комплексных числах: при росте коэффициента утяжеления данный метод начинает проигрывать в количестве итераций методам нулевого порядка, что говорит о недопустимости использования метода Ньютона в данном случае. Это объясняется невозможностью нахождения частных производных для комплексно-сопряженных переменных.

Также на количество совершенных итераций влияет и начальное приближение напряжений в узлах сети. Используя те же функции, но задав изменение начального приближения, получим следующее:

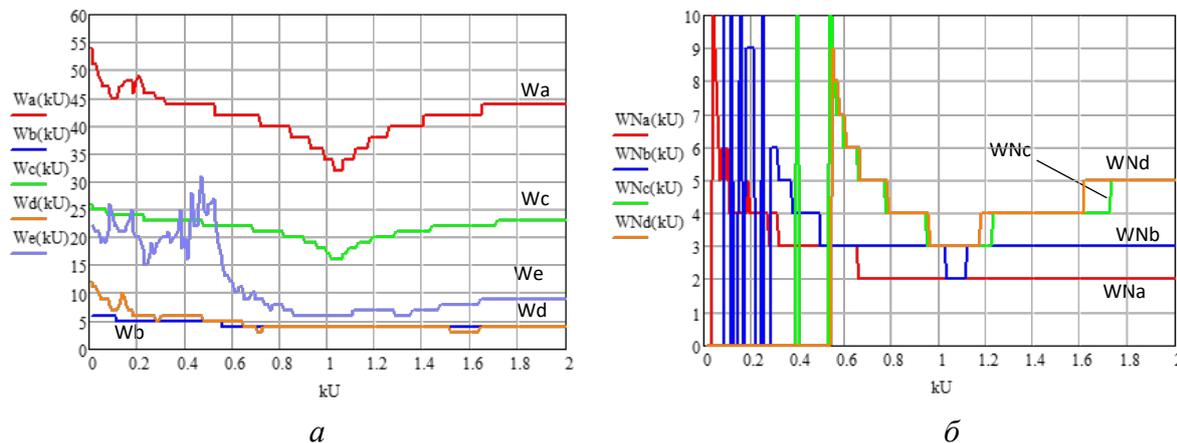


Рисунок 2 – Графики зависимости количества итераций от начального приближения напряжения в узлах для группы 1 – а и группы 2 – б

Из рис. 2 видно, что наиболее оптимальное начальное приближение напряжения в узлах (при средней загруженности сети) находится между номинальным напряжением сети и напряжением в балансирующем узле.

Заключение

Таким образом, в результате построения графиков зависимости количества итераций от различных параметров было получено, что самым оптимальным методом нахождения напряжения в узлах является метод Ньютона через небаланс тока в прямоугольных координатах, а оптимальное начальное приближение значений напряжения в узлах находится в промежутке между номинальным напряжением в сети и напряжением в балансирующем узле.

Использование наиболее оптимальных методов расчета напряжений позволяет быстрее находить решение, что при большом количестве расчетов заметно ускоряет весь процесс.

Литература

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии: учебное пособие / А. А. Герасименко, В. Т. Федин – 3-е изд., перераб. – М. : КНОРУС, 2012. – 648 с.
2. Аюев, Б. И. Вычислительные модели потокораспределения в электрических системах: монография / Б. И. Аюев, В. В. Давыдов, П. М. Ерохин, В. Г. Неуймин; под ред. П. И. Бартоломея. – М. : Наука, 2008. – 256 с.