

УДК 621.311

О РАСЧЕТАХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

К. А. ЛАРИОНОВ

¹larkirill2017@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ)

Аннотация. В настоящей статье приведена модель сложной электроэнергетической системы, по своим свойствам схожая с реальными системами. Ее установившийся режим рассчитан двумя популярными методами: составлены системы уравнений, произведено решение этих систем различными способами. Проведен анализ процессов решения и полученных результатов.

Ключевые слова: электрические сети, электроэнергетические системы, установившийся режим, математическая модель, анализ, расчет.

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетические системы (ЭЭС) – это большие сложные динамические системы, управляемые различными способами на различных уровнях системы (от ручного до полностью автоматического) с широко настраиваемыми обратными связями.

Управление ЭЭС требует расчета режимов, в частности, квазиустановившихся.

Расчет режимов работы производится с помощью различных методов (математических моделей).

Обычно, реальные ЭЭС содержат несколько генерирующих узлов.

На рис. 1 представлена схема модели сложноразветвленной изолированной ЭЭС 220 кВ.

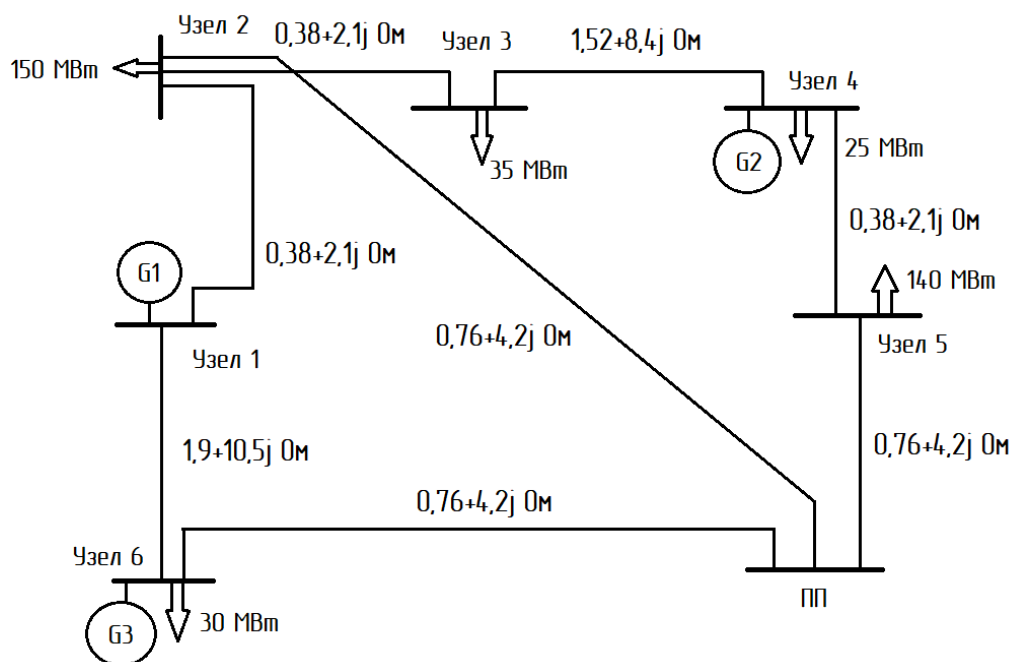


Рис. 1. Схема ЭЭС

Схема содержит 7 узлов, 3 из которых – генерирующие, 8 ветвей, образующих 2 независимых контура. Модель обладает свойствами реальных, сложных ЭЭС.

Режим ЭЭС рассчитан 2-мя основными методами и произведено сравнение с результатами расчетов для этой схемы, полученных в сертифицированной программной среде RastrWin.

Рассмотрим расчет методом контурных мощностей в матричной форме [1],[4]:

1) сначала пронумеровываются ветви в произвольном положительном направлении;
2) пронумеровываются все узлы, кроме балансирующего. Пронумеровываются контуры, обычно по часовой стрелке;

3) составляются матрицы инцидентий (соединений в ЭЭС):

Первая матрица инцидентий M заполняется в соответствии с ветвями и узлами ЭЭС: строки соответствуют узлам, столбцы – ветвям. Если ветвь входит в узел то в соответствующей клетке матрицы записывается «-1», если выходит из узла – «1», если ветвь не связана с узлом – «0» (таб. 1). Далее составляется вторая матрица инцидентий N , в которой столбцы соответствуют ветвям, строки – контурам;

4) Составляется матрица сопротивлений Z , куда, в диагональные клетки, вписываются сопротивления ветвей, эта матрица умножается на вторую матрицу инцидентий и, путем соединения полученной матрицы и первой матрицы инцидентий, составляется матрица A (таблица 1).

Таблица 1

Объединенная матрица А

-1	1	0	0	0	0	0	1
0	-1	1	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0
0	0	0	0	-1	-1	0	-1
0	0	0	0	0	1	-1	0
0,38+2,1j	0	0	0	0	-0,76-4,2i	-1,9-10,5j	0,76+4,2j
0	0,38+2,1j	1,52+8,4j	0,38+2,1j	0,76+4,2j	0	0	-0,76-4,2j

Далее составляется вектор-столбец мощностей в узлах S , где нагрузки берутся со знаком «-», генерации – со знаком «+», после них в последующих клетках вписываются алгебраические суммы ЭДС каждого контура, в нашем случае они равняются нулю, при умножении S на A^{-1} получим вектор-столбец мощностей в ветвях, знаки которых соответствуют произвольно-положительно взятым направлениям потокораспределения. В таблице 2 представлены полученные значения мощностей в ветвях по модулю.

Таблица 2

Объединенная матрица А

Ветви	1-2	2-3	3-4	4-5	5-ПП	6-ПП	1-6	2-ПП
Мощности (МВА)	192,917	44,583	9,583	64,593	75,417	77,083	7,083	1,667

Полученные значения относительно произвольно положительно взятым направлениям ветвей, их мнимая составляющая пренебрежимо мала.

Аналогично выполнен расчет по методу узловых потенциалов [2],[3]. Для составления системы уравнений по методу узловых потенциалов необходимо вычислить матрицу собственных и взаимных проводимостей Y :

$$Y = M \cdot Z^{-1} \cdot M^T. \quad (1)$$

где M – первая матрица инцидентий,
 Z^{-1} – обратная матрица сопротивлений,
 M^T – транспонированная первая матрица инцидентий.

Также рассмотрены методы решения систем нелинейных уравнений, которые заключаются в повторяющихся расчетах до достижения заданной точности. Метод Ньютона потребовал в 2 раза (квадратично) меньше итераций, чем методы простой итерации и Зейделя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Блок В. М.** Электрические сети и системы: учебное пособие для электроэнергетических специальностей вузов. М.: Высшей школы, 1986. – 430 с.
2. **Идельчик В. И.** Электрические системы и сети: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
3. **Идельчик В. И.** Расчеты установившихся режимов электрических сетей энергосистем на ЭВМ: Учеб. Пособие – Новочеркасск: НПИ, 1982. – 89 с.
4. **Исмагилов Ф. Р., Максудов Д. В.** Применение ЭВМ для расчета и проверки устойчивости режима сложной энергосистемы: учебное пособие. Уфимск. Гос. авиац. Техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2011. – 155 с.

ОБ АВТОРАХ

ЛАРИОНОВ Кирилл Александрович, магистр ПИШ «Моторы будущего» Уфимский университет науки и технологий (2024).

METADATA

Title: On calculations of electric power systems modes.

Authors: K.A. Larionov

Affiliation:

Ufa University of science and technology (UUST), Russia.

Email: larkirill2017@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (31), pp. 79-82, 2024. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: This article presents a model of a complex electric power system, similar in its properties to real systems. Its steady state is calculated using two popular methods: systems of equations are compiled, and these systems are solved in various ways. An analysis of the solution processes and the results obtained is conducted.

Key words: electrical networks, electric power systems, steady state, mathematical model, analysis, calculation.

About authors:

LARIONOV Kirill Aleksandrovich, Master of the AES "Motors of the Future" Ufa University of Science and Technology (2024).