

УДК 621.311.22(075.8)

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНИЯ СХЕМ ЗАМЕЩЕНИЯ НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Климентионок А. К., Рубинштейн Д. Б.  
Руководитель – к. т. н., доцент Булат В. А.

При расчетах несимметричных коротких замыканий (КЗ) требуется составлять схемы замещения отдельных последовательностей, в каждую из которых входят те элементы, по которым при заданном несимметричном КЗ протекают токи соответствующих последовательностей. Составление схем замещения прямой и обратной последовательностей не вызывает особых затруднений. Составление же схем замещения нулевой последовательности, необходимых при расчетах КЗ на землю, вызывает определенные трудности, особенно для студентов, изучающих дисциплину «Переходные процессы в электроэнергетических системах» и начинающих проектировщиков. Вследствие того, что система токов нулевой последовательности резко отличается от систем токов прямой и обратной последовательностей, в эту схему вводятся только те элементы расчетной схемы, по которым могут протекать токи нулевой последовательности, а именно: системы с заземленными нейтральными, силовые автотрансформаторы, трансформаторы с заземленными нейтральными, воздушные и кабельные линии, соединяющие их и др. Ее конфигурация определяется схемами соединения обмоток силовых трансформаторов и генераторов.

Нами был разработан алгоритм и программа, позволяющие определять пути протекания токов нулевой последовательности по заданной предварительно схеме энергосистемы. Алгоритм базируется на математической теории графов.

При реализации программы в качестве платформы для разработки использовалась среда .NET Framework. Программа выполнена на объектно-ориентированном языке программирования C#. Она стабильно работает в ОС Windows XP и более старших версиях Windows, имеет удобный интерфейс и позволяет строить схемы замещения нулевой последовательности для любой произвольной схемы.

С помощью программы на мониторе создается рабочее поле, на котором собирается схема исследуемой системы. Элементы системы (генераторы, трансформаторы и т.п.) выбираются из базы элементов мышью и помещаются на рабочее поле. Чтобы выбрать схему соединения обмоток (например, трансформатора), необходимо кликнуть правой кнопкой мыши на элемент и выбрать нужную схему. Каждый элемент схемы имеет по два соединительных узла, при помощи которых этот элемент может соединяться с другими и образовывать нужную расчетную схему системы. Для изображения линий электропередачи сначала необходимо кликнуть левой кнопкой мыши на место, где предположительно будет начало линии. Затем кликнуть на место предполагаемого конца линии. В результате на экране появится изображение линии зеленого цвета. Если полученное соединение нас не устраивает, то его легко можно удалить клавишей Del. Для фиксирования линии необходимо нажать на клавишу Esc. В случае необходимости любой элемент схемы можно поворачивать нажатием клавиши R. Поворот будет происходить по часовой стрелке с шагом в 90°.

После составления расчетной схемы программа позволяет установить в нужном месте точку КЗ. В случае правильного выполнения инструкции, при нажатии на клавишу P программа отобразит красным цветом пути протекания токов нулевой последовательности по элементам сети, по которым легко составляется схема замещения нулевой последовательности.

При помощи такой программы можно научить будущих инженеров-энергетиков составлять схемы нулевой последовательности при выполнении расчетов несимметричных КЗ в сложных схемах. Данная программа существенно облегчит и ускорит процесс расчета токов КЗ на землю, частично автоматизируя один из этапов расчета, и тем самым уменьшит вероятность ошибок.

#### **Литература**

- 1 Вагнер К. Ф., Эванс Р. Д. Метод Симметричных составляющих. – М.: ОНТИ ККТП СССР, 1936.
- 2 Методическое пособие по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» / Сост. С. М. Силюк, Л. Н. Свита. – Минск: БНТУ, 2004.
- 3 Фленов М. Е. Библия С#. – СПб.: БВХ-Петербург, 2010.
- 4 Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети. – М.: Наука, 1974.