

УДК 621.3: 614.841.3

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИИ

Шмаков М.С.*, к.т.н., доцент, Иванович А.А. **, Чайчиц Н.И. **

* Белорусский государственный технологический университет,

** Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail:contr7@tut.by, mikol@tut.by

С помощью виртуальной электронной лаборатории EWB Multisim 9 рассмотрена возможность моделирования различных режимов в электрических сетях и электрооборудовании, в том числе для случая аварийных ситуаций. На ряде примеров показана эффективность такого подхода, в частности, при его использовании в учебном процессе. Отмечена возможность разработки средств эффективного контроля и предупреждения последствий аварийных режимов.

The possibility of application of computer modeling with the use of virtual electronic laboratory EWB Multisim 9 has been considered for various modes in networks and electric equipment including the case of emergencies. By a number of examples, the effectiveness of such approach, for instance, for practical training purpose has been shown. It has been pointed out the possibility of working out effective verification tools and prevention of consequences of emergencies modes.

(Поступила в редакцию 9 марта 2010 г.)

ВВЕДЕНИЕ

Аварийные режимы в электрических цепях и электрооборудовании часто сопровождаются большим выделением тепла на локальном участке электрических цепей, что приводит к нарушению режимов работы электрооборудования и зачастую к возникновению пожароопасных и взрывоопасных ситуаций. В свою очередь, это несет угрозу здоровью и жизни людей, ведет к материальным потерям. В связи с этим актуальна разработка эффективного контроля таких аварийных режимов, понимание их последствий, мер защиты, предупреждения и минимизации последствий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ В СРЕДЕ EWB MULTISIM 9

Реализовать на практике эксперименты, связанные с аварийными режимами в электрических и электромеханических системах, не всегда представляется возможным. В этом случае на помощь приходят компьютерные технологии, которые позволяют получать данные о токах и напряжениях аварийных режимов, исследовать их временные и частотные характеристики. Для этих целей используются программные комплексы, такие как PSPICE, ORCAD, Electronics Workbench (EWB), P-CAD и др.

Виртуальная электронная лаборатория, какой является EWB Multisim 9, содержит в своем составе большое количество разнообразных электронных элементов (аналоговых и цифровых) и приборов для исследования электрических систем: амперметров, вольтметров, мультиметров, измерительных генераторов, фазометров, частотомеров, многоканальных осциллографов, спектральных анализаторов, устройств для измерения амплитудных и фазочастотных характеристик и др. [1]. По своим характеристикам эти приборы максимально приближены к промышленным аналогам, что способствует приобретению практических навыков работы с приборами.

Программа EWB Multisim 9 позволяет моделировать резонансные явления в однофазных цепях переменного тока, которые могут привести к пожароопасным ситуациям. Программа дает возможность исследовать также различные режимы работы

трехфазных цепей и оборудования при соединении источника и приемника «треугольником» и «звездой», в том числе аварийные режимы: короткие замыкания, обрывы фаз и линий, обрыв нулевого провода. В процессе моделирования можно «измерить» линейные и фазные токи и напряжения, мощность цепи, продемонстрировать работу защитных элементов электрических цепей. Имеется возможность проектирования различных схем сигнализации аварийных ситуаций в цепях постоянного и переменного токов.

Программа позволяет реализовать принципиальные схемы защитного заземления в сетях однофазного и трехфазного токов, наглядно показать действие защитного заземления.

С помощью программы EWB Multisim 9 можно моделировать распределительные устройства и трансформаторные подстанции, а также и аварийные ситуации в этих системах.

EWB Multisim 9 дает возможность имитировать реальные параметры элементов (задавать погрешность изготовления), вводить искусственные неисправности (короткие замыкания, обрывы и т. д.). В результате можно исследовать влияние указанных изменений параметров на режимы работы исследуемых схем.

EWB Multisim 9 строит схемы различной степени сложности при помощи следующих операций:

- выбор элементов (более 17 000) и приборов из библиотек;
- перемещение элементов и схем в любое место рабочего поля;
- поворот на схемах элементов и групп элементов на углы, кратные 90°;
- копирование, вставка или удаление элементов, групп элементов, фрагментов схем и целых схем;
- изменение цвета проводников;
- выделение цветом контуров схем для более удобного восприятия;
- одновременное подключение нескольких измерительных приборов и наблюдение их показаний на экране монитора;
- присваивание элементу условного обозначения;
- изменение параметров элементов в широком диапазоне.

Путем настройки приборов можно:

- изменять шкалы приборов в зависимости от диапазона измерений;
- задавать режим работы прибора;
- задавать вид входных воздействий на схему (постоянные и гармонические токи и напряжения, треугольные и прямоугольные импульсы и др.).

Графические возможности программы позволяют:

- одновременно наблюдать несколько кривых на графике;
- отображать кривые на графиках различными цветами;
- измерять координаты точек на графике;
- импортировать данные в графический редактор.

Ниже рассмотрены примеры моделирования аварийных ситуаций в трехфазных цепях.

Пример 1. Короткое замыкание фазы обмотки статора асинхронного трехфазного двигателя приводит по сравнению с рабочим режимом (рис. 1) к резкому увеличению токов не только в короткозамкнутой обмотке, но и в других фазах, как видно из «показаний» амперметров (рис. 2).

Для защиты электрического оборудования от токовых перегрузок используют плавкие предохранители и автоматические выключатели с использованием биметаллов, а также полупроводниковые предохранители с самовосстановлением. Своевременная реакция на срабатывание системы защиты радиоэлектронного и электросилового оборудования позволит предупредить развитие аварийной ситуации, устранить причину неисправности. Наиболее надежным средством защиты от больших токов является плавкий предохранитель. Его работа не зависит от внешних условий, механического состояния и т. д., а основана на свойствах «плавкой перемычки», помещенной в корпус и подключенной к выводам.

Электрическое сопротивление перемычки достаточно мало, поэтому она играет роль проводника в нормальных условиях. При превышении тока номинального значения количество тепла, выделяемое в перемычке, растет, и, в конце концов, она плавится, разрывая тем самым аварийную цепь. Срабатывание при коротком замыкании защиты в виде предохранителей с плавкими вставками во всех фазах показано на рисунке 3.

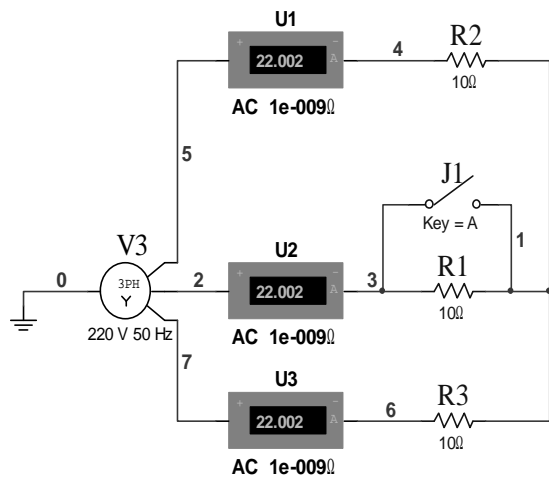


Рисунок 1 – Симметричный режим

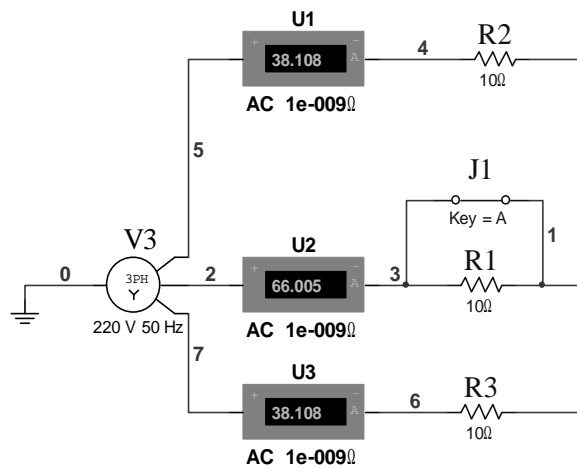


Рисунок 2 – Короткое замыкание фазы

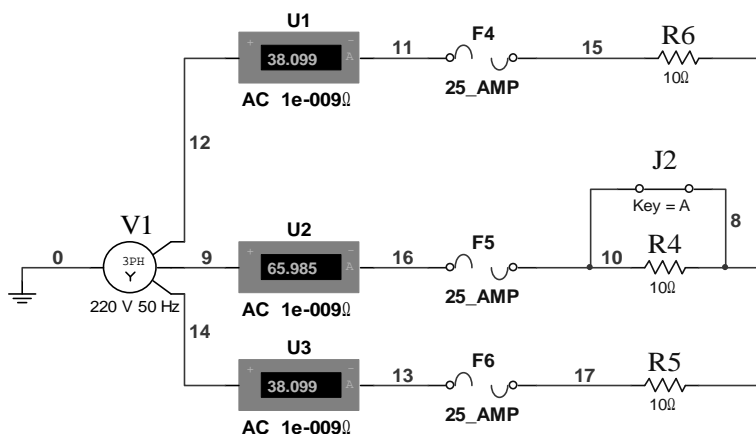


Рисунок 3 – Срабатывание защиты от короткого замыкания

Пример 2. Моделирование обрыва нулевого провода в четырехпроводной трехфазной цепи.

Рабочий режим работы электрической цепи представлен на рис. 4. Вольтметры в фазах фиксируют одинаковые номинальные напряжения 220 В. В случае обрыва нулевого провода (размыкание ключа) наблюдается перекос напряжений (рис. 5). В фазах В и С напряжения резко возрастают, как следует из «показаний» вольтметров, что может привести к выходу подключенного к этим фазам электрооборудования из строя [2]. Видно, что чем больше сопротивления в фазах приемника, тем больше напряжение на данных фазах при обрыве нулевого провода.

Пример 3. Моделирование устройств сигнализации.

При срабатывании элементов защиты для оперативного установления причин неисправности или оповещения обслуживающего персонала о наличии аварийной ситуации

используют визуальные, звуковые и аудиовизуальные индикаторы отказа элементов схем. Наиболее часто такие устройства используют для индикации перегорания предохранителей. Визуальные индикаторы основаны на оповещении персонала путем световой сигнализации. Наиболее часто в таких индикаторах используются светодиоды и различные светодиодные панели. В аудиовизуальных индикаторах вдобавок к светодиодным элементам используются звуковые динамики.

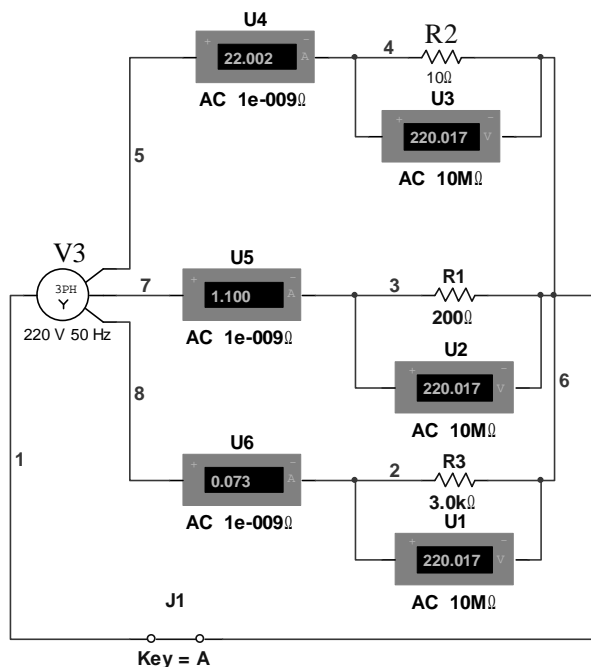


Рисунок 4 – Рабочий режим

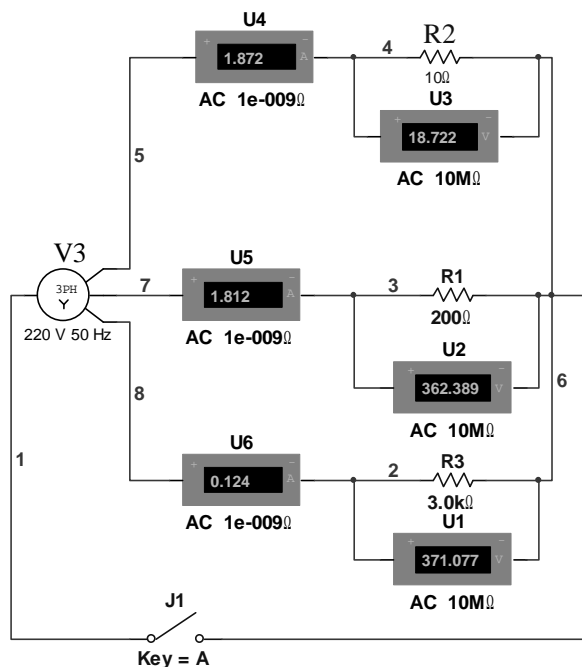


Рисунок 5 – Обрыв нулевого провода

Рассмотрим моделирование сигнализации обрыва фазы в трехфазной цепи. Простейшее устройство сигнализации обрыва фазы может состоять из светодиода (световая сигнализация) или звукового динамика (звуковой сигнализации) (рис. 6). При «перегорании» предохранителя в фазе В (размыкание ключа) «загорается» светодиод и «срабатывает» звуковое устройство (buzzer).

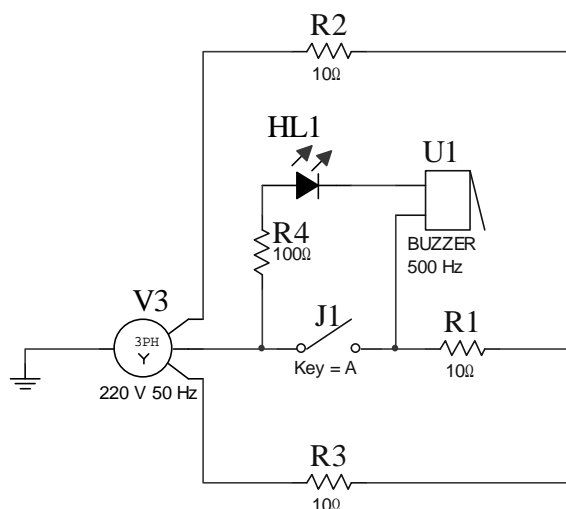


Рисунок 6 – Сигнализация обрыва фазы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные примеры показывают наглядность компьютерного моделирования. Оно позволяет оперативно проводить измерения рабочих и аварийных режимов, экспресс-контроль параметров электрических цепей и электрооборудования. Это дает возможность отрабатывать методики исследования различных аварийных режимов и предупреждения аварийных ситуаций, проводить предварительные исследования электрических сетей. Кроме того, такое моделирование может быть применено при практическом изучении дисциплины «Пожарная безопасность инженерных систем» в рамках изучения тем «Пожарная безопасность электрических сетей», «Обеспечение пожарной безопасности применения электроустановок» и «Защитные меры в электроустановках».

ЛИТЕРАТУРА

1. Карлащук, В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение / В. И. Карлащук. – М. : СОЛОН-Пресс, 2003. – 736 с.
2. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. – М. : Высш. шк., 1984. – 559 с.