

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

С. Ф. Сницаренко

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. Г. Широков

Наработка электрооборудования на отказ зависит от внешних и внутренних возмущающих факторов; природа первых не зависит от свойств электрооборудования, вторых – обусловлена его свойствами. В качестве основных параметров математической модели надежности функционирования оборудования можно использовать наработку на отказ и среднее время восстановления, что позволяет охарактеризовать безотказность и долговечность оборудования. Такой подход к оценке вероятности отказа элементов реализуется с учетом статистической информации о различных типах отказов, полученных в результате обследований. Значения результирующей вероятности безотказной работы и интенсивности отказов системы с учетом эксплуатации и без нее различны в несколько раз. Это является, как правило, следствием сделанных при ориентировочных расчетах допущений: анализируемая система, как правило, структурно является последовательной; условия эксплуатации не учитываются; отказы элементов независимы; модели отказов любых элементов полагаются экспоненциальными.

Целью данной работы является решение актуальной научно-технической проблемы: разработка эффективных методов и средств анализа надежности сложных электрических систем (СЭС) сетей 0,4 кВ.

Для достижения цели исследования поставлены и решены следующие задачи: разработан метод имитационного моделирования надежности СЭС; разработан программный инструмент имитационного моделирования, обеспечивающий реализацию метода.

Математическая модель, позволяющая определить параметры надежности различных сложных электрических систем, реализована с применением метода Монте-Карло. В имитационной модели могут быть реализованы произвольные вероятностные закономерности надежности свойств элементов и воздействий на систему. Поэтому имитационное моделирование – это наиболее универсальный метод исследования надежности систем.

Другими достоинствами имитационного моделирования является возможность:

- визуального наблюдения за процессом функционирования системы в течение некоторого времени;
- реализация и сравнение различных вариантов СЭС, отвечающих различным сторонам функционирования и возможным структурным преобразованиям;
- имитация большого числа отказов аппаратных и программных средств, что практически неосуществимо при натурных испытаниях;
- создание во время испытаний множества различных технологических ситуаций;
- проведение испытания модели системы в ускоренном или замедленном машинном времени.

При создании имитационной модели СЭС реализованы следующие возможности:

- легкая вариативность структуры исследуемой СЭС и возможности ее модификации;
- различные режимы функционирования системы и их характеристики;
- условия, накладываемые на зависимость отказов элементов;
- использование имитационной модели в качестве тренажера для отработки навыков принятия технических и управленческих решений.

Ограничения имитационного моделирования:

- не предоставляется непосредственное решение задачи (как при использовании аналитических методов). Имитационная модель служит лишь средством для анализа поведения системы в условиях, определяемых экспериментатором;
- результаты имитационного моделирования зачастую носят вероятностный характер и требуют применения многочисленных методов статистического анализа данных;
- имитационная модель, как любая компьютерная программа, требует верификации – проверки соответствия фактического алгоритма функционирования имитационной модели замыслу исследования;
- задача проверки адекватности (характерная для любой модели) в имитационном моделировании стоит наиболее остро, что связано с вероятностным характером результатов моделирования;
- имитационное моделирование высоконадежных систем весьма ресурсоемко. Так, для подтверждения вероятности безотказной работы системы 0,99999 с доверительной вероятностью 0,995 необходимо не менее 529830 реализаций имитационной модели до отказа.

Основу имитационного моделирования составляет метод статистического моделирования (метод Монте-Карло). Использование имитационного моделирования для расчета надежности сложных технических систем основано на том, что процесс их функционирования представляется математической вероятностной моделью, от-

ражающей в реальном масштабе времени все события (отказы, восстановления), происходящие в системе. С помощью такой модели программными средствами многократно моделируется процесс функционирования системы, и по полученным результатам определяются искомые статистические характеристики этого процесса, являющиеся показателями надежности.

Применение методов имитационного моделирования позволяет учитывать зависимые отказы, произвольные законы распределения случайных величин и другие факторы, влияющие на надежность. Однако эти методы, как и любые другие численные методы, дают лишь частное решение поставленной задачи, соответствующее конкретным (частным) исходным данным, не позволяя получить показатели надежности в функции времени. Поэтому для проведения всестороннего анализа надежности приходится многократно моделировать процесс функционирования системы с разными исходными данными. В нашем случае – это прежде всего различная структура электрической СЭС, различные значения вероятностей отказа и длительностей безотказной работы, которые могут изменяться в процессе эксплуатации системы, и другие показатели функционирования.

Время счета показателей надежности методом имитационного моделирования зависит от полного числа опытов N , числа рассматриваемых состояний СЭС, числа элементов в ней. Анализ сформированных состояний производится на протяжении всего рассматриваемого интервала времени T .

Программа расчета показателей надежности состоит из главной части и отдельных логически самостоятельных блоков-подпрограмм. В главной части в соответствии с общей логической последовательностью расчета происходят обращения к подпрограммам специального назначения, расчет показателей надежности по известным формулам и анализ статистических результатов.

Программный инструментариум реализован в виде Web-приложения (рис. 1) и отдельной программой для персонального компьютера.

Основные преимущества разработанного программного инструментариума заключаются в отсутствии необходимости установки большого числа специализированных программ; наличии широкой встроенной базы данных справочно-информационной поддержки, включающую современную обширную теоретическо-образовательную, нормативную и справочную информацию; гибкость программ расчета к различным исходным данным; возможность «усредненного» расчета или подбор наиболее вероятных параметров.

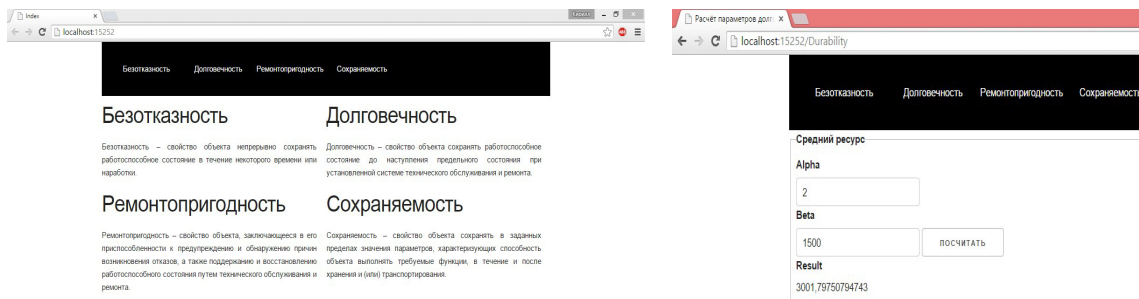


Рис. 1. Пример реализации Web-приложения расчета параметров надежности

Используемые технологии и средства при реализации Web-приложения:

1. Фреймворк ASP.NET MVC.

2. Шаблон MVC – это конструкционный шаблон, который описывает способ построения структуры приложения, сферы ответственности и взаимодействие каждой из частей в данной структуре.

3. Средства создания интерфейса взаимодействия с пользователем: Razor – интеллектуальный обработчик программного кода динамических Web-страниц на ASP.NET. Имеет простой, интуитивно понятный синтаксис встраивания программного кода в Web-страницы. Для визуализации данных проведенных расчетов была использована библиотека Chart.js. Данная библиотека позволяет строить адаптивные графики на основе HTML5 Canvas-элемента.

4. Технология доступа к данным Entity Framework – объектно-ориентированная технология доступа к данным, является object-relational mapping решением для .NET Framework от Microsoft.

Практическое применение данного программного инструментария заключается в оптимизации технических решений по обеспечению надежности при проектировании и эксплуатации электротехнического оборудования, установок, систем.

Литература

1. Жаднов, В. В. Современные проблемы автоматизации расчетов надежности / В. В. Жаднов, И. В. Жаднов, С. Н. Полесский // Надежность. – 2007. – № 2 (21). – С. 3–12.
2. Основы имитационного и статистического моделирования : учеб. пособие / Ю. С. Харин [и др.] ; под ред. Ю. С. Харина. – Минск : Дизайн, 1997. – 288 с.