

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

6. ТКП 45-4.04-149 2009 Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования. – Минск, 2014.
7. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1997.
8. Ус А.Г. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий / А.Г. Ус, Л.И. Евминов. – Минск: НПООО «Пион», 2002. – 457с.
9. Козловская В.Б. Электрическое освещение: учебник / В.Б. Козловская, В.Н. Радкевич, В.Н. Сацукевич. – Минск: Техноперспектива, 2011. – 543с.
10. ТКП 45-4.04-326-2018 Системы электрооборудования жилых и общественных зданий. Строительные нормы проектирования. – Минск, 2014.

ПРОГРАММНЫЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ НЕТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

**Сергей Федорович Сницаренко, магистрант ГГТУ им. П.О. Сухого,
г. Гомель, Республика Беларусь**

Одной из основных задач теории надежности является определение показателей надежности систем по известным значениям показателей надежности ее элементов. Для решения данной задачи, прежде всего, нужно формально описать условия работоспособности системы в зависимости от условий работоспособности ее элементов.

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 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.

Основной целью данной работы является разработка эффективных методов и средств анализа надежности сложных электрических систем и сетей 0,4 кВ. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработан метод имитационного моделирования надежности

сложных электрических систем; разработан программный инструментарий имитационного моделирования, обеспечивающий реализацию метода.

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

Достоинствами имитационного моделирования являются:

- имитация большого числа отказов средств, что практически неосуществимо при натуральных испытаниях;
- возможность визуального наблюдения за процессом функционирования системы в течение некоторого промежутка времени;
- сравнение и реализация различных вариантов, отвечающих различным сторонам функционирования и возможным структурным преобразованиям;
- создание множества различных технологических ситуаций;

Ограничения имитационного моделирования:

- задача проверки адекватности модели в имитационном моделировании наиболее значимая, что связано с вероятностным характером результатов моделирования;
- имитационная модель требует верификации – проверки соответствия фактического алгоритма функционирования имитационной модели и замыслу исследования;
- имитационное моделирование высоконадежных систем весьма ресурсоёмко;
- не предоставляется непосредственное решение задачи, т.к. 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.

Метод Монте-Карло составляет основу имитационного моделирования. Использование имитационного моделирования для расчёта надёжности сложных технических систем основано на том, что процесс их функционирования представляется математической вероятностной моделью, отражающей 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 надёжности.

Применение методов имитационного моделирования позволяет учитывать зависимые отказы, произвольные законы распределения

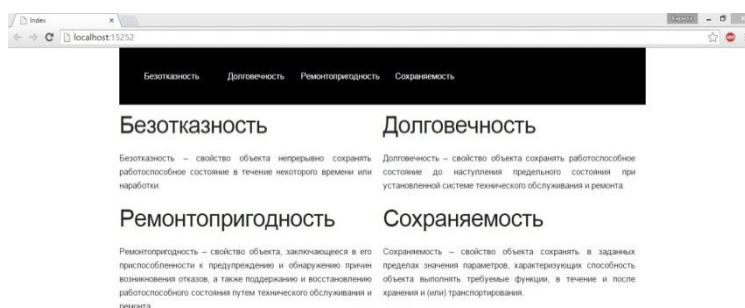
случайных величин и другие факторы, влияющие на надёжность. Однако эти методы, как и любые другие численные методы, дают лишь частное решение поставленной задачи, соответствующее конкретным (частным) исходным данным, не позволяя получить показатели надёжности в функции времени. Поэтому для проведения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

Время счёта показателей надёжности методом имитационного моделирования зависит от полного числа опытов, числа рассматриваемых состояний электрической системы, числа элементов в ней. Анализ сформированных состояний производится на протяжении всего рассматриваемого интервала времени.

Разработанный программный инструментариий расчёта показателей надёжности состоит из главной части и отдельных логически самостоятельных блоков-подпрограмм. В главной части в соответствии с общей логической последовательностью расчёта происходят обращения к подпрограммам специального назначения, расчёт показателей надёжности по известным формулам и анализ статистических результатов.

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

Преимущества разработанного программного инструментариия 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.



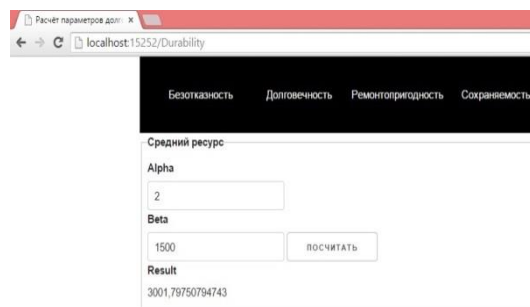


Рисунок 1 – Пример реализации Web-приложения расчета параметров надежности

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 расчётов 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.

Результаты проделанной работы позволят: прогнозировать показатели надежности электрооборудования в зависимости от условий эксплуатации; оценить степень опасности и установить «узкие места» электрических систем; разработать мероприятия по повышению эффективности функционирования электрооборудования. Изучение закономерностей и динамики изменения показателей надежности объектов во времени позволит обеспечить обоснованную с точки зрения надежности продолжительность их работы.

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: Уч. пособие / Ю.С. Харин [и др.]; под ред. Ю. С. Харина. – Мн.: Дизайн, 1997. – 288 с.