

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

На правах рукописи

УДК 519.178-027.45

ГИЛИМОВИЧ
Александр Сергеевич

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ
СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФА СОСТОЯНИЙ**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Научный руководитель
канд.техн.наук, доцент
БОРОВИКОВ
Максимович

Сергей

Минск 2015

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Боровиков Сергей Максимович,
кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Бондарик Василий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент, декан факультета непрерывного и дистанционного обучения учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «23» января 2015 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 415, тел.: 293-20-88, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Важным показателем эффективности функционирования электронных систем является их надёжность. Оценка показателей надёжности становится наиболее актуальной задачей для электронных систем, контролирующих сложные технологические процессы или обеспечивающих безопасность людей. Сбои в работе таких систем могут привести к значительному экономическому или экологическому ущербу, подвергнуть опасности жизни и здоровье людей.

Для серийного и массового производства цена ошибки проектирования становится высокой, а проведение натурных испытаний изделия может потребовать значительных материальных и временных затрат. В таких условиях важную роль играют программы для ЭВМ, позволяющие моделировать отказы проектируемых устройств и прогнозировать их надёжность ещё до создания опытного образца, вносить необходимые корректировки в проектные решения. Применение программ для ЭВМ, как правило, не требует от оператора специальных навыков и знаний, так как расчёты осуществляются в автоматизированном режиме. На любом современном предприятии программные комплексы по оценке надёжности являются незаменимым инструментом инженера-проектировщика. Они позволяют получить значительную экономию денежных средств.

В настоящее время теоретически разработан ряд методов определения показателей надёжности электронных систем. На рынке существуют специализированные ПК, основанные на этих подходах. Разрабатываемое в рамках данной диссертационной работы ПС для определения показателей надёжности электронных систем основано на методе построения графа состояний исследуемой системы. Данный метод характеризуется относительной простотой, наглядностью и универсальностью в применении.

Граф состояний системы представляет собой набор узлов (состояний) и ветвей (переходов между состояниями). В отличие от традиционного способа представления системы в виде структурной схемы надёжности, граф состояний даёт представление о динамике работы системы. То есть показывает в каких состояниях и с какой вероятностью может находиться система в процессе своей эксплуатации.

На основании полученных по графу состояний данных могут быть сформированы организационно-технические рекомендации для повышения надёжности ЭС: корректировка структурной схемы системы, резервирование компонентов и др.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Оценка надёжности становится актуальной задачей в условиях распространения автоматизации и повышения ответственности функций электронных систем. Полученные показатели надёжности могут дать ответы на следующие вопросы: целесообразно ли вкладывание средств в технологию изготовления системы и какова вероятность работоспособного состояния системы в любой отдалённый момент времени работы (эксплуатации). На ранних этапах проектирования оценка надёжности может помочь оптимизировать структуру системы, сократив затраты на её создание и обеспечив при этом требуемый уровень надёжности. Одним из способов выполнения этой задачи является расчёт показателей надёжности методом построения графа состояний системы. Оценка показателей надёжности графо-аналитическими методами является трудоёмким процессом, который значительно упрощается в случае программной реализации на ЭВМ.

Широко используется ряд зарубежных и отечественных программных комплексов, позволяющих рассчитать вероятность безотказной работы системы за заданное время. Разработанное в рамках диссертационной работы программное средство предназначено для определения коэффициента готовности системы (вероятности нахождения в работоспособном состоянии в произвольный момент времени) с учётом надёжности её составных частей. Особенно удобен данный способ оценки для сложных систем, у которых отказ одного элемента, как правило, не приводит к отказу всей системы.

Степень разработанности проблемы

Исследования в области прогнозирования и оценки надёжности изделий электронной техники ведутся на кафедре ПИКС Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники под руководством кандидата технических наук, доцента Боровикова С. М.

Исследования ведутся в следующих направлениях:

- методы прогнозирования надёжности изделий электронной техники;
- разработка программного комплекса по автоматизированной оценке безотказности электронных устройств и систем.

Авторами российских работ, посвященных изучению надёжности систем, являются Половко А. М., Гуров С. В., Гаскаров Д. В., Гнеденко, Б. В.

Среди большого числа исследований в области надёжности необходимо отметить работы Е. Капура, Ф. Байхельта, Р. Барлоу.

Основными стандартизирующими документами в области являются ГОСТ 27.002-89 «Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и

определения» и ГОСТ 27.301-95 «Надёжность в технике. Расчёт надёжности. Основные положения».

Цель и задачи исследования

Целью диссертации является разработка программного средства для определения коэффициента готовности электронной системы методом построения графа состояний.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

- проанализировать степень разработанности исследуемой проблемы, изучить методики оценки надёжности систем, изучить существующие программные комплексы для оценки надёжности, определить их сильные и слабые стороны;
- систематизировать метод построения графа состояний для оценки надёжности электронных систем;
- разработать вычислительный алгоритм метода для программной реализации на ЭВМ;
- написать текст файлов программного средства на языке программирования Java;
- протестировать работу программы и отладить её.

Объектом исследования является программное средство для оценки показателя надёжности (коэффициента готовности) электронной системы.

Предметом работы выступает метод построения графа состояний электронной системы для оценки её надёжности.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли результаты известных исследований российских и зарубежных учёных в области оценки надёжности технических систем.

Для получения теоретических результатов исследования применялся графо-аналитический подход к анализу систем, заключающийся в представлении системы в виде графа её возможных состояний. Для реализации представления графа на языке программирования разработан алгоритм формирования системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) по известным состояниям, а также алгоритм получения коэффициента готовности для системы путём решения этого СЛАУ.

Разработанные алгоритмы реализованы на языке программирования Java.

Информационная база исследования для анализа надёжности систем сформирована на основе данных, представленных в рассмотренных литературных источниках.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке программного средства, позволяющего рассчитать вероятность нахождения системы в работоспособном состоянии в любой произвольный момент времени, и с помощью этих данных оптимизировать состав системы на этапе проектирования.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Анализ состояния разработанности проблемы в области исследований.
2. Систематизация метода построения графа состояний для оценки надёжности электронной системы.
3. Разработка алгоритма метода построения графа состояний для оценки надёжности электронной системы.
4. Написание и отладка программы на языке Java.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней предложен и систематизирован подход к анализу показателей надёжности электронной системы методом построения графа её состояний, а также на основе этого подхода разработан вычислительный алгоритм для реализации на языке программирования.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что разработанный алгоритм был реализован в программном средстве, позволяющем определить коэффициент готовности электронной системы.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования были представлены на XVIII Международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (Минск, 15-16 октября 2013 года), IV Международной молодежной научно-практической конференции «Научные стремления – 2013» (Минск, 3-6 декабря 2013 г.), VIII Международной научно-методической конференции «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (Минск, 5-6 декабря 2013 года), Международной научно-технической конференции, приуроченной к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года).

Разработанная система внедрена в учебный процесс по дисциплине «Надёжность технических систем» специальности «Электронные системы безопасности».

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в семи опубликованных работах. Общее количество страниц опубликованных материалов – 13.

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх разделов и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 73 страницы. Работа содержит 1

таблицу, 18 иллюстраций. Библиографический список включает 41 наименование.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы оценки показателей надёжности электронных систем, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, показана связь с научными программами и проектами, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первом разделе** даётся представление об уровне разработанности области исследований. Приведён обзор тридцати литературных источников по теме исследований. Дана характеристика основным методам расчёта надёжности систем, описанным в ГОСТ 27.301-95 «Надёжность в технике. Расчёт надёжности. Основные положения»:

- методам прогнозирования;
- структурным методам расчёта;
- физическим методам расчёта.

Приведён обзор существующих зарубежных и отечественных программных комплексов для оценки надёжности технических систем, таких как:

- RELEX (Relex software Corporation, США);
- A.L.D.Group (Израиль);
- Risk Spectrum (RelconAB, Швеция);
- ПК АСОНИ-КА-К (МИЭМ-ASKsoft).

Во **втором разделе** выполнено обоснование выбора метода решения задачи и систематизирован метод построения графа состояний для оценки надёжности электронных систем. Метод графа состояний является одним из способов представления электронных систем (ЭС). Восстанавливаемая ЭС, состоящая из n элементов, может находиться в большом числе состояний. Например, i -е устройство отказало ($i = 1, 2, \dots, n$), а остальные исправны; i -е и j -е устройства отказали, а остальные исправны, и т. д. Из-за отказов и восстановлений система в дискретные моменты времени переходит из одного состояния в другое. В процессе длительной эксплуатации она может побывать в каждом из возможных состояний многократно. Тогда её функционирование

может быть описано графом, узлам которого приписываются состояния системы, а рёбрам – возможные переходы из состояния в состояние.

В этом разделе также разработан алгоритм, реализующий метод построения графа состояний, для его реализации на языках программирования.

Алгоритм оценки надёжности ЭС методом построения графа состояний реализуется в три этапа:

- 1) представление графа в виде СЛАУ;
- 2) решение полученного СЛАУ;
- 3) нахождение коэффициента готовности из решения СЛАУ.

Решение СЛАУ осуществляется методом Гаусса, основанном на приведении с помощью преобразований, не меняющих решение, исходной СЛАУ с произвольной матрицей к СЛАУ с верхней треугольной матрицей.

Коэффициент готовности системы находится суммированием всех найденных вероятностей неконечных состояний графа. Неконечными состояниями являются те состояния, которые имеют хотя бы одну выходящую стрелку интенсивности отказов

Третий раздел посвящён вопросам реализации алгоритмов на языке Java и разработке интерфейса программного средства (ПС).

ПС построено на основе шаблона программирования MVC (модель, вид, контроллер), в соответствии с которым приложение разделяется на три группы компонентов, каждая из которых отвечает за различные задачи.

Разработанное приложение включает набор следующих компонентов:

- контроллеры рёбер, модель и представление ребра графа;
- контроллеры узлов, модель и представление узла графа;
- контроллеры графа, модель и представление графа (как структуры, объединяющей узлы и рёбра).

Интерфейс разработанного приложения включает следующие элементы:

- панель меню;
- панель с инструментами;
- рабочую область для рисования графа.

В приложениях приведены блок-схема алгоритма метода Гаусса для решения СЛАУ, текст файла программы на языке Java, внешний вид рабочего окна программы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертационной работе систематизирован метод оценки показателей надёжности электронных систем построением графа состояний, и разработано программное средство для оценки показателя надёжности (коэффициента готовности) электронной системы, основанное на этом методе.

2. Для достижения цели диссертационной работы были выполнены следующие задачи:

- выполнен обзор литературы по теме диссертации, проанализированы особенности существующих зарубежных и отечественных комплексов для оценки надёжности систем;
- систематизирован метод оценки надёжности построением графа состояний;
- разработан вычислительный алгоритм метода для реализации на ЭВМ;
- сформированы требования к программному средству для оценки показателей надёжности электронных систем;
- на языке программирования Java написан текст программного средства;
- выполнено тестирование работы программы.

3. Разработанное программное средства обладает высокой функциональностью: просто в использовании, наглядно в предоставлении результатов вычислений, использование особенностей языка программирования обеспечивает возможность дальнейшего совершенствования.

4. Программное средство, разработанное в рамках диссертационной работы, может применяться различными предприятиями электронной промышленности для определения показателей надёжности собственной продукции на этапе проектирования. Это позволит получить значительную экономию денежных средств.

5. Помимо решения чисто практических задач, разработанное программное средство может использоваться для обучения студентов по дисциплинам надёжности и при выполнении научных исследований в области надёжности электронных систем.

Список опубликованных работ

[1–А.] Гилимович, А.С. Информационные технологии в подготовке студента по дисциплинам в области надёжности электронных систем / А.С. Гилимович, В.Н. Высоцкий, А.В. Мироненко, А.Е. Епихин, С.М. Боровиков // Современные средства связи: материалы XVIII международной научно-технической конференции. 15-16 октября 2013 года, Минск, Республика Беларусь. – Минск: УО ВГКС, 2013. – С. 292-293.

[2–А.] Гилимович, А.С. Разработка IT-программного комплекса прогнозирования надёжности электронных систем безопасности / А.С. Гилимович, В.Н. Высоцкий, С.М. Боровиков // Научные стремления - 2013 : материалы междунар. науч.-практич. конф. молодых ученых, Минск, Респ. Беларусь, 3-6 декабря 2013 г. / Совет молодых ученых Национальной академии наук Беларуси. – Минск: «ЭНЦИКЛОПЕДИКС», 2013. – С.296-298.

[3–А.] Гилимович, А.С. Оценка надёжности IP системы видеонаблюдения по графу состояний / А.С. Гилимович, В.Н. Высоцкий, А.В. Мироненко, А.Е.

Епихин // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : материалы конф. В 2 ч. Ч. 1. – Минск, 2014. – С. 106-107.

[4–А.] Епихин, А.Е. Программный комплекс для анализа надежности электронных систем в среде MATLAB / Simulink / А.Е. Епихин, А.С. Гилимович, С.М. Боровиков // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : материалы конф. В 2 ч. Ч. 1. – Минск, 2014. – С. 112-113.

[5–А.] Епихин, А.Е. Программный продукт для прогнозирования надежности сложных электронных систем методом анализа дерева отказов / А.Е. Епихин, А.С. Гилимович, С.М. Боровиков // Международная научно-техническая конференция, приуроченная к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года) : материалы конф. В 2 ч. Ч. 1. – Минск, 2014. – С. 110-111.

[6–А.] Гилимович, А.С. Виртуальная лабораторная работа по обеспечению надежности систем видеонаблюдения при проектировании / А.С. Гилимович, В.Н. Высоцкий, А.В. Мироненко, С.М. Боровиков // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ - 2014»: материалы 10-й междунар. молодёжной науч.-техн. конф., Севастополь 12 – 17 мая 2014 г. / Севастоп. Нац. техн. ун-т; науч. Ред. Ю.Б. Гимпилевич. – Севастополь: СевНТУ, 2014. – С. 309.

[7–А.] Шнейдеров, Е.Н. Модернизация системы Арион для IT-образовательных сред / Е.Н. Шнейдеров, С.А. Протасевич, А.С. Гилимович, В.Н. Высоцкий, С.М. Боровиков // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы VIII Междунар. науч.-метод. конференции (Минск, 5-6 декабря 2013 года) – Минск: БГУИР, 2013. – С. 331.