

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

На правах рукописи

УДК 621.38-027.45

МИРОНЕНКО
Алексей Владимирович

**СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА УСКОРЕННЫХ
ИСПЫТАНИЙ НА НАДЁЖНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ
ТЕХНИКИ**

АВТОРЕФЕРАТ
магистерской диссертации 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 Сергей
Максимович

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:

Таборовец Вячеслав Васильевич,

кандидат технических наук, профессор кафедры автоматизированных информационных систем
Минского института управления

Защита диссертации состоится «24» 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, 4 уч.корп., ауд. 804, тел.: 293-89-92, e-mail: kafei@bsuir.by.

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

ВВЕДЕНИЕ

Жизненный цикл современных ИЭТ достаточно велик, их наработка до отказа может составлять десятки и даже сотни тысяч часов. Определить время до отказа в ходе обычных испытаний в большинстве случаев не представляется возможным из-за длительности испытаний. Для определения наработки до отказа эффективным является использование ускоренных испытаний.

В ранний период эксплуатации прослеживается высокая степень отказов ИЭТ по различным причинам, вызванными, как правило, конструкторскими и технологическими недостатками. Интенсивность отказов в период приработки постепенно снижается по мере усовершенствования технологических решений при производстве изделий. В период нормальной работы – малое число отказов, возникающие по причине скрытых дефектов и возрастающую степень отказов в период старения.

Для определения времени наступления периода старения используют метод ускоренных испытаний. Цель метода ускорить протекающие процессы в ИЭТ в K_y раз (где K_y – коэффициент ускорения), не приводя при этом к нарушению автоточности протекающих процессов, т.е. вызывать отказы приборов, которые при работе в нормальных условиях не случаются.

Основными способами форсирования испытания являются методы воздействия как:

- повышенная температура;
- электрическая нагрузка;
- повышенная температура и электрическая нагрузка.

Применение повышенной температуры приводит к ускорению протекания физико-химических процессов внутри полупроводниковой структуры и, как следствие, старению.

Испытания являются одним из важнейших этапов жизненного цикла изделия. Проведение испытаний позволяет определить пригодность применения материалов для изготовления продукции, проконтролировать качество, а также определить возможность использования технологических приемов и методов при изготовлении изделий.

Испытания проводятся на всех этапах жизненного цикла продукта. Правильная организация испытаний позволяет избежать недостоверных результатов и предотвратить выпуск несоответствующей продукции.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Важнейшей частью организации испытаний является грамотная разработка и утверждение плана испытаний. Правильно подготовленный план проведения испытаний позволяет получать результаты с высокой достоверностью.

Ускоренные испытания ИЭТ являются весьма дорогостоящими, поэтому, при любой возможности, необходимо заменять испытания компьютерным моделированием с использованием передовых исследований в области надёжности электронных изделий, тем самым сокращая время и объем испытаний, а также затраты на них.

К сожалению, на сегодняшний день нет готовых автоматизированных систем, позволяющих полностью заменить испытания компьютерным моделированием. Для ее создания необходимо произвести наукоемкие исследования в области деградиционных процессов, происходящих в ИЭТ в зависимости от различных воздействующих факторов. Такая система позволила бы значительно сократить время и затраты на испытания ИЭТ.

Степень разработанности проблемы

В теории надёжности наиболее важной и сложной является проблема ускоренных испытаний. Решению этой проблемы посвящены научные труды видных ученых – Б. С. Сотскова, И. Е. Дулина, Р. С. Кузнецова, Т. К. Штремберга, Л. Я. Пешес, И. С. Таева, Ю.К.Розанова, Г.С.Белкина, В.Н. Шоффы, М. Г. Кобленца, Е. Г. Егорова, В. С. Генина и др, а также зарубежных авторов таких, как N. R. Mann, M. Джонс, Р. Рассел и др. В работах З. В. Тевлина, В. А. Яковлева решены практические задачи получения количественных характеристик надёжности при небольшом объёме исходных статистических данных.

Достижения в области математики и компьютерных технологий стимулируют поиски новых методов ускоренной оценки надёжности ИЭТ.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является создание программного средства для планирования и анализа ускоренных испытания на надёжность изделий электронной техники.

Для достижения цели исследования решались следующие задачи:

- проведение анализа существующих методик ускоренных испытаний и способы их реализации;
- обзор существующих систем планирования и анализа ускоренных испытаний на надёжность изделий электронной техники;
- разработка алгоритма работы программного средства и его реализация;
- проведение анализа результатов испытаний в предложенной системе;
- графическое представление результатов эксперимента в предложенной системе для анализа.

Также применение разрабатываемого программного средства будет актуально для студентов инженерных специальностей в ходе изучения дисциплин, связанных с надёжностью ИЭТ, в частности ППП.

Объектом исследования является методы ускоренных испытаний на надёжность ИЭТ.

Предметом исследования является системы для планирования и

анализа результатов ускоренных испытаний ИЭТ.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй степени (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 ученых в области надёжности и математической статистики.

Информационная база исследования сформирована на основе статистических данных результатов испытаний биполярных транзисторов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке программного средства (системы) планирования и анализа ускоренных испытаний на надёжность ИЭТ.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Классификация методов ускоренных испытаний ИЭТ.
2. Форсированные испытания с последующим пересчетом результатов к нормальным условиям; уменьшение времени получения требуемой информации осуществляется за счет интенсификации процессов разрушения, ведущих к быстрому исчерпанию ресурса работоспособности и появлению отказов.
3. Определение объема выборки при планировании выборочного наблюдения с заранее заданным значением допустимой ошибки выборки. Этот объем может быть определен на основе допустимой ошибки при выборочном наблюдении исходя из заданной вероятности P , гарантирующей допустимую величину уровня ошибки (с учетом способа организации наблюдения).
4. Статистическая обработка результатов испытаний. Расчет параметров, характеризующих результаты испытаний.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней разработаны алгоритмы в виде пригодном для программой реализации на ЭВМ. Разработан программный комплекс, ориентированный на современные ПЭВМ и их математическое обеспечение.

Практическая значимость разработанной системы состоит в экономии времени на проведение исследований и исключении возможных промахов при обработке результатов испытаний.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования были неоднократно представлены на пяти международных научно-технических конференциях, в том числе на Международной научно-технической конференции, приуроченной к 50-летию МРТИ-БГУИР (Минск, 18-19 марта 2014 года).

Отдельные положения диссертации, в частности систематизация методов проведения ускоренных испытаний ИЭТ, описание подготовки плана и статистическая обработка результатов испытаний используются при преподавании курса «Надёжность технических систем».

Публикации

Основные положения работы и результаты диссертации изложены в пяти опубликованных работах общим объемом 5,0 п.л. (авторский объем 5,0 п.л.).

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложения. Общий объем диссертации – 66 страниц. Работа содержит 3 таблиц, 18 рисунков. Библиографический список включает 41 наименование.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы организации ускоренных испытаний ИЭТ, сокращение времени и объема испытаний, а также затраты на их проведение. 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 **первой главе** сделан обзор литературы по теме диссертации, рассмотрены виды (разновидности) планов ускоренных испытаний ИЭТ, сделан обзор существующих систем в виде программных средств планирования и анализа ускоренных испытаний на надёжность.

Во **второй главе** рассмотрены вопросы, связанные с подготовкой, проведением и анализом результатов эксперимента. Разрабатывается алгоритма работы программного средства (системы) для планирования и обработки результатов испытаний.

В **третьей главе** приводится пример применения программного средства для планирования и представлены результаты работы системы.

В **приложениях** приведены исходные коды разработанного программного средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день значительную часть элементно-компонентной базы РЭА составляют цифровые изделия интегральные схемы такие как: микропроцессоры, микроконтроллеры, аналого-цифровые преобразователи и т.д. В связи с этим надёжность РЭА целесообразно сопоставить с надёжностью цифровых изделий.

Существует принципиальная причинно-следственная связь последовательности или цепи событий, приводящих к отказам элементов. Так, воздействующие на элемент эксплуатационные факторы порождают физико-химические процессы в материалах, которые приводят к изменению свойств этих материалов. В результате этого изменяются параметры элемента и наступает отказ. В этой цепи предшествующее событие выступает как причина последующего события. Исходной же причиной отказов, движущей силой их проявления являются эксплуатационные факторы.

Доминирующими механизмами отказов в ИЭТ на базе кремния, являются: электромиграции, временной диэлектрической пробой, температурная нестабильность напряжения обратного смещения и инжекция горячих носителей. Новые ИЭТ с новыми проектными нормами и материалами требуют новых моделей для отдельных механизмов отказов, а также знания взаимодействия между ними. Понимание этих потенциальных взаимодействий особенно важно и требует серьезных исследований.

В настоящее время для определения времени наступления периода старения ИЭТ, то есть их долговечности, остаётся практически единственный способ – проведение ускоренных испытаний, при которых ИЭТ работают в условиях более высоких нагрузок, чем при нормальной эксплуатации. Результаты, полученные при повышенных нагрузках, экстраполируют на нормальные условия эксплуатации. Цель ускоренных испытаний ИЭТ на долговечность заключается в том, чтобы старение ускорилось, а процесс деградации параметров протекал так же, как и при нормальной работе схемы.

Применение разработанной системы планирования и анализа ускоренных испытаний, в виде программного средства для ЭВМ, поможет решению указанных выше проблем. Использование в качестве испытаний компьютерного моделирования позволит сократить время и объем испытаний, а также затраты на них. Однако модели деградационных процессов, происходящих в ИЭТ, определить достаточно сложно, поэтому оценке достоверности показателей, полученных по результатам испытаний, должно уделяться должное внимание.

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] Епихин, А.Е. Об одном подходе к обеспечению функциональных возможностей учебных ИТ-программных средств / А.Е. Епихин, П.А. Бондаренко, А.В. Мироненко, 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. 26-27.

[3-А] Шнейдеров, Е.Н. Разработка виртуальных лабораторных работ по дисциплине «надёжность технических систем» / Е.Н. Шнейдеров, А.Е. Епихин, А.С. Гилимович, В.Н. Высоцкий, А.В. Мироненко, С.М. Боровиков // Моделирование, компьютерное проектирование и технология производства электронных средств : сб. материалов 49-ой науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (Минск, 6-10 мая 2013 года) / Минск : БГУИР, 2013. - С.225-226.

[4-А] Гилимович, А.С. Виртуальная лабораторная работа по обеспечению надёжности систем видеонаблюдения при проектировании / В.Н. Высоцкий, А.В. Мироненко, С.М. Боровиков // 10-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2014», 12 — 17 мая 2014 г., Севастополь. – С.309

[5-А] Боровиков, С.М. Использование системы MATLAB для выбора времени ускоренных испытаний на надёжность изделий радиоэлектроники / А.В. Мироненко // Информационные системы и технологии: управление и безопасность: сб. ст. II международной заочной научно-практической конференции / Поволжский гос. Ун-т сервиса. – Тольятти: изд-во ПВГУС, 2013. – С. 145.