

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЕГРАДАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПАРАМЕТРА В ИНТЕРАКТИВНОМ РЕЖИМЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С КОМПЬЮТЕРОМ

Терешкова А.С., Боровиков С.М., Шнейдеров Е.Н., Горбач В.Р., Жданович В.П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Беларусь,
bsm@bsuir.by

Abstract. The authors propose a software tool that allows interactively interacting the user with the computer to obtain the optimal model of degradation of the electrical parameter of electronic products. The model represents a mathematical expression for the conditional (for a given operating time) law of distribution of the electric parameter. As a criterion of optimality, the minimum value of the average error in predicting the reliability of electronic products is used.

При подготовке технических специалистов с использованием дистанционных образовательных технологий существует необходимость в специализированных программных средствах, позволяющих проводить научные эксперименты и анализировать полученные данные без доступа к реальному оборудованию. В данной статье описывается программное средство, с помощью которого студенты дистанционной формы обучения могут проанализировать деградацию полупроводниковых приборов.

Метод прогнозирования параметрической надёжности изделий электронной техники (ИЭТ) по моделям деградации их функциональных электрических параметров позволяет для выборки однотипных изделий оценить (спрогнозировать) вероятность того, что для заданной наработки (времени работы) электрический параметр экземпляров выборки будет находиться в пределах норм, записанных в технической документации или указанных заказчиком – потребителем ИЭТ [1].

Модель деградации функционального электрического параметра получают заблаговременно один раз для рассматриваемого типа ИЭТ, выполняя так называемый обучающий эксперимент. Суть эксперимента – получение деградации электрического параметра экземпляров обучающей выборки [2, 3]. Обработывая результаты эксперимента, получают модель деградации в виде уравнений, показывающих, как определить характеристики (математики говорят параметры) условного закона распределения электрического параметра ИЭТ для заданной наработки. Характеристики закона распределения для новой прогнозируемой выборки определяют по полученным уравнениям, подставляя в них заданную наработку t (или τ) и основные числовые характеристики функционального электрического параметра этой выборки (среднее значение m_0 и стандартное отклонение σ_0).

Для увеличения масштабов внедрения этого метода прогнозирования в промышленность, а также обучения студентов методам прогнозирования в рамках учебных дисциплин «Теоретические основы проектирования и надёжности...» специальности «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» и «Надёжность технических систем» специальности «Электронные системы безопасности» возникла задача по автоматизации процедуры прогнозирования с использованием ин-

терактивного режима общения пользователя (инженера, студента) с компьютером, выполняющим специализированную компьютерную программу.

Результаты прогнозирования, полученные с использованием разработанной компьютерной программы, позволят предприятиям электронной промышленности выделять в готовой продукции выборки однотипных ИЭТ с известной (по результатам прогнозирования) вероятностью отсутствия постепенного (деградационного) отказа для интересующей наработки. А для студентов компьютерная программа позволит разобраться с методом прогнозирования и осмыслить получение оптимальной модели прогнозирования по результатам обучающего эксперимента.

Метод включает следующие основные этапы:

- проведение обучающего эксперимента – экспериментальное исследование обучающей выборки;
- получение модели деградации функционального электрического параметра ИЭТ;
- оценка пригодности модели деградации для прогнозирования надёжности выборок ИЭТ;
- прогнозирование надёжности новых выборок однотипных ИЭТ.

Структура программы представляет собой набор элементов меню в одном окне, последовательно выполняя которые, пользователь получает конечный результат (рисунок 1).

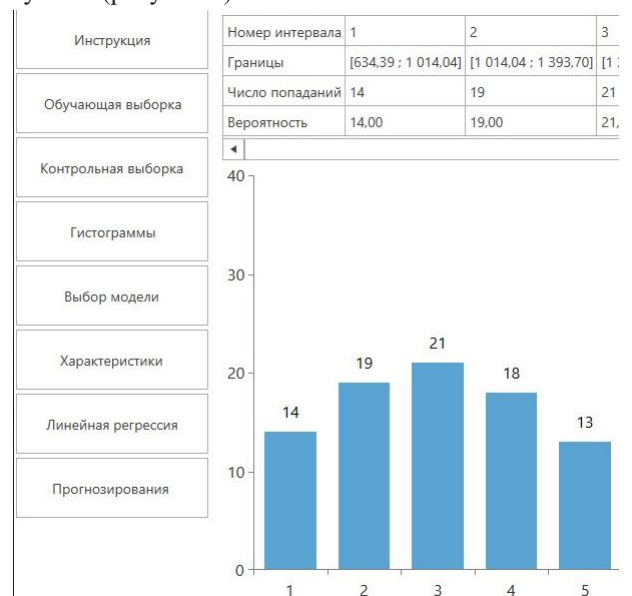


Рисунок 1 – Окно с этапами решения задачи прогнозирования

Компьютерная программа имеет возможность, как ручного ввода данных, так и импорт данных из программного средства «Microsoft Excel». Данные можно изменять. Предусмотрена возможность добавлять столбцы значений параметра, увеличивая число принятых во внимание наработок, изменять объём выборок (количество экземпляров ИЭТ).

На этапе выбора закона распределения пользователь должен на основании вида гистограмм, построенных для разных наработок, сориентироваться с выбором закона, который будет использован для получения модели деградации электрического параметра ИЭТ (рисунок 2).

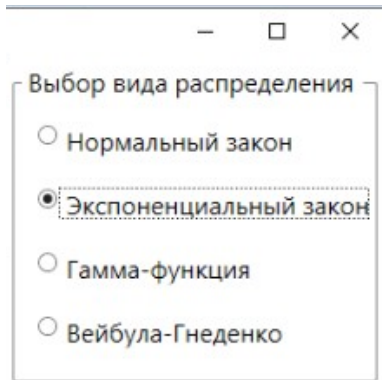


Рисунок 2 – Окно выбора закона распределения, на основе которого строится модели деградации

При получении уравнений для расчёта характеристик условного (для заданной наработки) закона распределения предусмотрена процедура оптимизации степеней аргументов (наработка t , среднего значения m_0 , стандартного отклонения σ_0). Эта процедура выполняется пользователем в интерактивном режиме взаимодействия с компьютером путём изменения степеней аргументов (рисунок 3).

прогнозирование

Границы электрического параметра:

наработка Верхняя граница

Выбор степени

Свободный член

Степень m_0

Степень σ_0

Степень t

$$\mu = 713,29 \cdot m_0^{0,2} + 310,70 \cdot \sigma_0^{0,2} + 0,20 \cdot t^{0,7} - 3084,62$$

$$c = 132,81 \cdot m_0^{0,2} - 241,36 \cdot \sigma_0^{0,2} + 0,00 \cdot t^{1,5} + 403,19$$

t : 0,49%

Рисунок 3 – Оптимизация степеней аргументов в уравнениях регрессии (модели деградации)

В качестве критерия оптимальности (целевой функции) рассматривается средняя ошибка прогно-

зирования [1, 4] в предположении применения модели деградации параметра к обучающей выборке. Значение ошибки прогнозирования указывается внизу под получаемыми уравнениями (см. рисунок 3).

Преимуществом рассматриваемой компьютерной программы является отсутствие необходимости использования стороннего программного обеспечения. Все операции, обусловленные процедурой прогнозирования, отображаются в одном окне. Основные законы распределения, описывающие деградацию электрических параметров ИЭТ, включены непосредственно в компьютерную программу.

Интерфейс программы интуитивно понятен инженеру и студенту, имеющему подготовку в рамках учебной дисциплины «Основы алгоритмизации и программирования» и содержит лишь необходимый функционал. Для обучения неподготовленного пользователя в данном программном обеспечении предусмотрена возможность вызова инструкции. Имеются также подсказки и указаны ограничения, которые способствуют решению задачи и изучению основных этапов процедуры прогнозирования.

Решение задачи прогнозирования надёжности ИЭТ, используя интерактивный режим взаимодействия с компьютерной программой, как показывает практика использования подобных программ, является определённой гарантией успешного осмысливания основных этапов процедуры прогнозирования и повышения качества подготовки студентов по учебным дисциплинам, включающим вопросы оценки и обеспечения надёжности технических изделий. Причём, используя рассмотренную компьютерную программу, этот эффект будет иметь место как для очной формы обучения, так и для заочной, включая дистанционную, форм обучения.

Литература

1. Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники: монография / С.М. Боровиков. – М.: Новое знание, 2013. – 343 с.
2. Ускоренные испытания фотоэлектрических элементов на длительную наработку / А.С. Терешкова, А.В. Будник, С.М. Боровиков, Е.Н. Шнейдеров, А.С. Кулинка // Современные средства связи : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., 17-18 окт. 2019 года, Минск, Респ. Беларусь; редкол. : А.О. Зеневич [и др.]. – Минск : Белорусская государственная академия связи, 2019. – С.68-69.
3. Экспериментальное исследование деградации изделий электронной техники / С.М. Боровиков, Е.Н. Шнейдеров, В.И. Плебанович, А.И. Бересневич, И.А. Бурак // Доклады БГУИР. – 2017. – №2(104). – С. 45-52.
4. Боровиков, С.М. Корреляция функциональных параметров изделий электронной техники во временных сечениях как основа прогнозирования параметрической надёжности / С.М. Боровиков, Е.Н. Шнейдеров // Современные средства связи: материалы XVI Международ. НТК, Минск, 27-29 сентября 2011 г.– Минск: ВГКС, 2011. – С. 81.