

МЕТОДИКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПО ЭВРИСТИЧЕСКИМ МОДЕЛЯМ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

¹Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Методика разработана учреждением образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в рамках выполнения договора с ОАО «ИНТЕГРАЛ» о научно-техническом сотрудничестве №2049 от 20 мая 2020 г. на выполнение научно-исследовательской работы по разработке методики прогнозирования надежности полупроводниковых приборов большой мощности по значениям их информативных параметров в начальный момент времени.

Методика предназначена для применения ее к полупроводниковым приборам, прошедшим выходной контроль в условиях производства и признанных годными к использованию в составе электронной аппаратуры. Использование методики позволит получать выборки однотипных полупроводниковых приборов повышенного уровня надежности.

Текст методики устанавливает принципы, правила и порядок процедуры прогнозирования индивидуальной надежности однотипных полупроводниковых приборов (ППП), прошедших в условиях производства контроль ОТК или ведомственной технической службы, и признанных годными к эксплуатации согласно соответствующим нормативно-техническим документам.

Прогнозирование индивидуальной надежности ППП осуществляется в начальный момент времени (до передачи потребителю). Решение об уровне надежности принимается в виде прогнозирования класса работоспособности ППП для заданной наработки (K_1 – класс работоспособных, K_0 – класс неработоспособных экземпляров). В качестве заданной наработки может рассматриваться гарантированная наработка, приводимая в технических условиях на ППП рассматриваемого типа, или наработка, указываемая конкретным потребителем. Решение о классе экземпляра, к которому экземпляр будет принадлежать для заданной наработки, принимается путем измерения у конкретного экземпляра информативных параметров и обработки их по определенному правилу – прогнозирующему правилу. Это правило для однотипных ППП получают заблаговременно один раз, выполняя обучающий эксперимент (ОЭ) и обрабатывая его результаты.

Методика регламентирует правила и методы проведения ОЭ, указывает алгоритм обработки результатов обучающего эксперимента и получения прогнозирующего правила (модели прогнозирования). Полученное прогнозирующее правило используется для прогнозирования индивидуальной надежности однотипных экземпляров, не принимавших участия в обучающем эксперименте.

Решение задачи индивидуального прогнозирования по информативным параметрам условно можно разбить на два этапа [1–3]:

- получение модели прогнозирования с использованием обучающей выборки;
- применение модели прогнозирования для разделения на классы с точки зрения работоспособности тех экземпляров, которые не принимали участия в ОЭ, т.е. не являлись представителями обучающей выборки.

Отличительной особенностью методики является то, что значения информативных параметров, измеренные у конкретного экземпляра в начальный момент времени, преобразуются в кодовые сигналы: 1 (единица), 0 (ноль) и R . Преобразование в код поясняется рисунком 1 на примере электрического параметра $U_{КЭнас}$ – напряжения насыщения коллектор–эмиттер [4].

Если информативный параметр x_i попадает в область между средними значениями (математическими ожиданиями) m_1 и m_0 , полученными отдельно для экземпляров классов K_1 и K_0 , то ему присваивается код $\tau_i = R$ (от английского слова Range – диапазон). Областям за пределами

указанного диапазона присваивается код $\tau_i = 1$ (единица) или $\tau_i = 0$ (нуль) в зависимости от закономерности информативного параметра. Причем преобразование выполняется так, что код $\tau = 1$ в основном будет соответствовать экземплярам класса K_1 , код $\tau = 0$ – экземплярам класса K_0 .

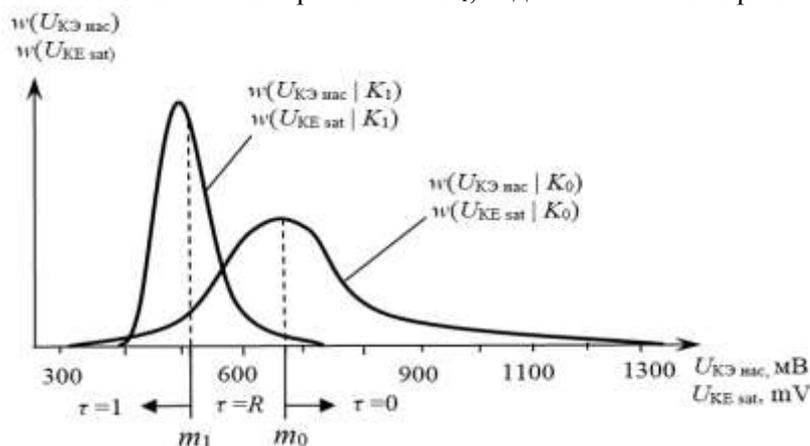


Рисунок 1 – Преобразование информативного параметра в код (на примере электрического параметра $U_{КЭ нас}$)

Полученная по результатам обучающего эксперимента эвристическая модель прогнозирования надежности представляется простой логической таблицей, показывающей, каким комбинациям кодовых сигналов должен соответствовать прогноз о принадлежности прогнозируемого экземпляра, к классу K_1 или же к классу K_0 (в зависимости от цели прогнозирования).

Возможный вид логической таблицы для экземпляров класса K_1 на примере использования трех информативных параметров показан на рисунке 2.

Сочетание кодовых сигналов τ_i			Класс экземпляра по прогнозу	Сочетание кодовых сигналов τ_i			Класс экземпляра по прогнозу
τ_1	τ_2	τ_3		τ_1	τ_2	τ_3	
1	1	1	K_1	1	R	R	K_1
1	1	R	K_1	R	R	R	K_1
1	R	1	K_1	1	1	0	K_1
R	1	1	K_1	1	0	1	K_1
R	R	1	K_1	0	1	1	K_1
R	1	R	K_1	–	–	–	–

Рисунок 2 – Модель прогнозирования в виде логической таблицы для класса K_1

Основное достоинство методики. После получения эвристической модели в виде логической таблицы применение модели для прогнозирования надежности (класса работоспособности новых экземпляров (тех, что не принимали участия в ОЭ) проводится без выполнения математических расчетов: только измерение информативных параметров, преобразование их в кодовые сигналы и поиск в логической таблице полученной комбинации кодовых сигналов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прогнозирование надежности биполярных транзисторов для электронных устройств систем телекоммуникаций / В.О. Казючиц, С.М. Боровиков, А.В. Будник, Е.Н. Шнейдеров // Современные средства связи : материалы XXVI Международной научно-технической конференции, Минск, 21–22 октября 2021 г. / Белорусская государственная академия связи ; редкол.: А. О. Зеневич [и др.]. – Минск, 2021. – С. 245–247.
2. Боровиков, С. М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники: монография / С. М. Боровиков. – М. : Новое знание, 2013. – 343 с.
3. Прогнозирование надежности изделий электронной техники / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Е.Н. Шнейдеров, А.И. Бересневич. – Минск : МГВРК. 2010. – 308 с.

Теория связи, системы и сети передачи данных

4. Казючиц, В. О. Эвристическая модель прогнозирования работоспособности полупроводниковых приборов / В.О. Казючиц, С.М. Боровиков, Е.Н. Шнейдеров // Доклады БГУИР. – 2022. – Т. 20. – № 1. – С. 92–100.