

## ОБУЧАЮЩИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ОСНОВА ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

И.В. Русак

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

**Аннотация.** Для получения модели индивидуального прогнозирования класса надежности полупроводниковых приборов для заданной наработки по значениям их информативных параметров в начальный момент времени необходимо иметь результаты обучающего эксперимента. Для проведения обучающего эксперимента следует знать информативные параметры полупроводниковых приборов. В качестве приборов были выбраны полевые транзисторы большой мощности типа КП744А. Измерение электрических параметров, предполагаемых на информативность, испытание транзисторов на надежность и дальнейшее определение корреляционной связи параметров с номером класса надежности приборов на момент окончания испытаний, позволили определить три наиболее информативных параметра и сформировать таблицу результатов обучающего эксперимента, используемого для получения модели прогнозирования класса надежности экземпляров для заданной наработки.

**Ключевые слова:** информативные параметры; полевые транзисторы; класс надежности; индивидуальное прогнозирование; корреляционный анализ.

## TEACHING EXPERIMENT AS THE BASIS FOR OBTAINING MODELS FOR PREDICTING THE RELIABILITY OF SEMICONDUCTOR DEVICES

I.V. Rusak

*Educational Institution “Belarusian State University of Informatics and  
Radioelectronics”, Minsk, Republic of Belarus*

**Abstract.** To obtain a model for individually predicting the reliability class of semiconductor devices for a given service life based on the values of their informative parameters at the initial time, it is necessary to have the results of a training experiment. To conduct the training experiment, it is necessary to know the informative parameters of the semiconductor devices. High-power field-effect transistors of the KP744A type were selected as the devices. Measuring the electrical parameters expected to be informative, testing the transistors for reliability, and then determining the correlation between the parameters and the device reliability class number at the end of the tests allowed us to identify the three most informative parameters and generate a table of the training experiment results used to obtain a model for predicting the reliability class of samples for a given service life.

**Keywords:** informative parameters; field-effect transistors; reliability class; individual forecasting; correlation analysis.

## Введение

Одним из способов обеспечения высоких показателей безотказности электронной аппаратуры является установка в нее полупроводниковых приборов повышенного уровня надежности. Перед тем как это сделать необходимо выполнить отбор экземпляров (единиц приборов) повышенного уровня надежности. Эффективным способом решения данной задачи является индивидуальное прогнозирование класса надежности экземпляров для заданной наработки, используя информативные параметры полупроводниковых приборов в начальный момент времени. Информативные параметры каждого экземпляра измеряются в начальный момент времени и по их значениям может прогнозироваться класс работоспособности (надежности) данного экземпляра для заданной наработки:  $K_1$  – класс надежных,  $K_2$  – класс потенциально ненадежных экземпляров [1].

Для поиска информативных параметров необходимо в начальный момент времени у каждого экземпляра выборки полупроводниковых приборов интересующего типа измерить электрические параметры, которые гипотетически могут оказаться информативными. Выборку приборов называют обучающей. Ее объем должен составлять примерно 50...200 экземпляров. Перед проведением измерений экземпляры выборки должны быть пронумерованы. Далее выполняют испытания обучающей выборки на надежность, используя обычно ускоренные форсированные испытания, эквивалентные с точки зрения работоспособности интересующей заданной наработке в обычных нормальных условиях работы. После окончания испытаний уточняется класс каждого экземпляра с точки зрения его работоспособности (надежности). Информативность электрических параметров может определяться методом корреляционного анализа [2].

## Основная часть

В ходе выполнения работы решалась задача поиска информативных параметров и проведения обучающего эксперимента для полевых транзисторов типа КП744А. Объем обучающей выборки составлял 187 экземпляров. В качестве измеряемых были выбраны электрические параметры, как нормируемые в технической документации, так и специфические параметры.

При решении задач индивидуального прогнозирования класса надежности изделий электронной техники обычно используют 3–5 информативных параметра. Для принятия решения о выборе параметров, используемых в качестве информативных, были определены коэффициенты парной корреляции электрических параметров с номером класса надежности экземпляров (1 или 2). Для определения коэффициентов корреляции использовался инструмент «Корреляция» пакета «Анализ данных» компьютерной программы Microsoft Excel. В таблице приведен фрагмент полученной корреляционной матрицы, в которую включены три наиболее информативных параметра.

Корреляционная матрица параметров (транзисторы типа КП744А)  
Correlation matrix of parameters (transistors type KP744A)

Электрический параметр, класс надежности	$U_{\text{зи.пор}}$	$C_{\text{зс}}$	$C_{\text{зи}}$	$S$
$U_{\text{зи.пор}}$	1	–	–	–
$C_{\text{зс}}$	-0,729	1	–	–
$C_{\text{зи}}$	-0,521	0,577	1	–
$S$ – номер класса надежности для заданной наработки $t = 16100$ ч	-0,635	0,603	0,416	1

Пояснение электрических параметров, используемых в качестве информативных для заданной наработки  $t = 16100$  ч:

$U_{\text{зи. пор}}$  – пороговое напряжение затвор–исток;

$C_{\text{зс}}$  – емкость затвор–сток;

$C_{\text{зи}}$  – емкость затвор–исток.

## Заключение

Для проведения обучающего эксперимента и поиска информативных параметров, используемых для прогнозирования класса надежности полевых транзисторов типа КП744А, были измерены электрические параметры, предполагаемые на информативность, у каждого экземпляра обучающей выборки. В качестве критерия информативности

рассматривался модуль коэффициента корреляции между значениями электрического параметра в начальный момент времени и номером класса надежности экземпляров обучающей выборки на момент окончания ускоренных испытаний транзисторов. Выполненные исследования позволили определить три наиболее информативных параметра и сформировать таблицу результатов обучающего эксперимента, используемого для получения модели прогнозирования класса надежности для заданной наработки однотипных экземпляров, не принимавших участия в испытаниях.

### Список использованных источников

1. Боровиков С.М. (2013) *Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники*. Москва, Издательство «Новое знание».

2. Боровиков С.М. (1998) *Теоретические основы конструирования, технологии и надежности*. Минск, Издательство «ДизайнПРО».

### References

1. Borovikov S.M. (2013) *Statistical Forecasting for Rejection of Potentially Unreliable Elec-tronic Products*. Moscow, New Knowledge Publishing House.

2. Borovikov S.M. (1998) *Theoretical Foundations of Design, Technology and Reliability*. Minsk. DesignPRO Publishing House.

### Сведения об авторах

**Русак И.В.**, магистрант кафедры проектирования информационно-компьютерных систем, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», [iliaru756@gmail.com](mailto:iliaru756@gmail.com).

### Information about the authors

**Rusak I.**, Postgraduate of the Department of Information and Computer System Design, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", [iliaru756@gmail.com](mailto:iliaru756@gmail.com)