

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА**

**И.В. Русак**

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

**Аннотация.** Для индивидуального прогнозирования надежности полупроводниковых приборов большой мощности необходимо знать их информативные параметры. Поиск этих параметров выполняется с помощью различных экспериментальных исследований. В качестве транзисторов большой мощности использовались биполярные транзисторы КТ872А с измерением электрических параметров, которые могут оказаться информативными. Большой размер выборки транзисторов и большое число параметров обусловили очень большой объем данных, подлежащих обработке. Произведенная аналитика и корреляционный анализ параметров позволили сократить их число и тем самым упростить дальнейшие экспериментальные исследования при проведении ускоренных испытаний транзисторов на надежность, а также определить параметры, которые просты в измерении. В качестве метода аналитики и обработки данных был использован корреляционный анализ информативных параметров.

**Ключевые слова:** надежность; транзисторы большой мощности; информативные параметры, корреляционный анализ; индивидуальное прогнозирование.

## IDENTIFICATION OF INFORMATIVE PARAMETERS BY THE METHOD OF CORRELATION ANALYSIS

I. V. Rusak

*Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics",  
Minsk, Belarus*

**Abstract.** To individually predict the reliability of high-power semiconductor devices, it is necessary to know their informative parameters. The search for these parameters is carried out using various experimental studies. The high-power transistors used were KT872A bipolar transistors with measurement of electrical parameters, which may be informative. The large sample size of transistors and the large number of parameters led to a very large amount of data to be processed. The analysis and correlation analysis of the parameters made it possible to reduce their number and thereby simplify further experimental studies of transistors during accelerated reliability tests, as well as to determine parameters that are easy to measure. Correlation analysis of informative parameters was used as a method of data analysis and processing.

**Keywords:** reliability; high-power transistors; informative parameters; correlation analysis; individual forecasting.

### Введение

Среди способов обеспечения безотказности электронной аппаратуры эффективным является постановка в нее элементов повышенного уровня надежности. Данная процедура для мощных полупроводниковых приборов является актуальной. Отбор транзисторов повышенного уровня надежности может быть выполнен с помощью индивидуального прогнозирования класса надежности экземпляров для заданной наработки, используя информативные параметры транзисторов [1]. Отметим, что информативные параметры измеряются у конкретного экземпляра в начальный момент времени и по их значениям прогнозируют класс работоспособности этого экземпляра для заданной наработки:  $K_1$  – класс работоспособных (иначе – надежных), класс  $K_2$  – класс неработоспособных (иначе – потенциально ненадежных) экземпляров. Для решения задачи прогнозирования класса надежности полупроводниковых приборов для заданной наработки надо знать их информативные параметры.

Поиск информативных параметров обычно выполняется с помощью экспериментальных исследований. Первым этапом таких исследований является измерение в начальный момент времени у каждого экземпляра определенной выборки однотипных полупроводниковых приборов тех электрических параметров, которые гипотетически могут оказаться информативными. Выборку называют обучающей, ее объем составляет примерно 50–200 экземпляров, экземпляры выборки нумеруют. Затем выполняют испытания экземпляров обучающей выборки на надежность, используя ускоренные форсированные испытания, эквивалентные интересующей заданной наработке в нормальных условиях работы. На момент окончания ускоренных испытаний регистрируют класс каждого экземпляра с точки зрения его работоспособности. Информативность электрических параметров обычно оценивают методом корреляционного анализа [2].

### Основная часть

Решалась задача поиска информативных параметров для биполярных транзисторов большой мощности типа KT872A. Объем обучающей выборки составлял 200 экземпляров. В число измеряемых параметров были включены как электрические параметры, нормируемые в технических условиях, так и специфические параметры, которые не указываются в документации или справочниках, например, добротность

емкости  $p$ - $n$ -переходов. Пояснение электрических параметров, которые по экспериментальным данным оказались наиболее информативными, приведено в табл. 1.

Таблица 1. Пояснение параметров транзисторов типа КТ872А  
Table 1. Explanation of the parameters of transistors of the type КТ872А

Электрический параметр	Обозначение по ГОСТ 20003–74	Единица измерения
1. Статический коэффициент передачи тока биполярного транзистора	$h_{21Э}$	–
2. Обратный ток коллектора	$I_{КБО}$	мкА
3. Напряжение насыщения коллектор-эмиттер	$U_{КЭнас}$	мВ
4. Пробивное напряжение коллектор-база	$U_{КБОпроб}$	В

При решении практических задач индивидуального прогнозирования класса работоспособности изделий электронной техники используют 2–5 информативных параметров. Для принятия решения о выборе информативных параметров получены коэффициенты корреляции электрических параметров с номером класса (1 или 2). Использовался инструмент «Корреляция» пакета «Анализ данных» компьютерной программы Microsoft Excel.

Фрагментом полученной корреляционной матрицей, в которую включены четыре наиболее информативных параметра, является табл. 2

Таблица 2. Корреляционная матрица параметров (транзисторы типа КТ872А)  
Table 2. Correlation matrix of parameters (transistors type КТ872А)

Электрический параметр, номер класса работоспособности	$h_{21Э}$	$I_{КБО}$	$U_{КЭнас}$	$U_{КБОпроб}$	$S$
1 $h_{21Э}$	1	–	–	–	–
2 $I_{КБО}$	-0.109	1	–	–	–
3 $U_{КЭнас}$	-0.783	0.197	1	–	–
4 $U_{КБОпроб}$	-0.081	0.026	-0.079	1	–
5 Номер класса работоспособности ( $S$ ) для $t = 15\ 000$ ч	0.452	-0.453	-0.443	-0.370	1

Анализируя корреляционную матрицу, можно убедиться, что класс надежности транзистора заметно коррелирован со следующими параметрами  $h_{21Э}$ ,  $I_{КБО}$  и  $U_{КЭнас}$ . Наименование параметров соответствует табл. 1.

### Заключение

Для поиска информативных параметров, необходимых для прогнозирования класса надежности мощных транзисторов КТ872А, 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 ( $S = 1, 2$ ) экземпляров обучающей выборки на момент окончания ускоренных испытаний транзисторов.

### Список использованных источников

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

2. Харченко М.А. (2008) *Корреляционный анализ*. Воронеж, Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета.

### **References**

1. Borovikov S.M. (2013) *Statistical Forecasting for Rejection of Potentially Unreliable Electronic Products*. Moscow, New Knowledge Publishing House (in Russian).
2. Kharchenko M.A. (2008) *Correlation analysis*. Voronezh, Publishing and Printing Center of Voronezh State University.

### **Сведения об авторе**

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

### **Information about the author**

**Rusak I.**, Postgraduate of the Department of Information and Computer Systems Design, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics",  
iliaru756@gmail.com