

Два равенства

$$x + y = N, \quad (4)$$

$$\lim_{N \rightarrow x} \sum_{x=0}^N P_x(N) = 1, \quad (5)$$

с учётом $N \gg 1$ определяют минимальное число степеней свободы, равное 2.

При испытаниях две степени свободы соответствуют отсутствию отказов, так как предполагается $q = 1$. В этом случае распределение величины $u = \chi^2/2$ будет экспоненциальным. Если в процессе испытаний был зарегистрирован отказ, то это означает, что число степеней свободы становится больше двух. Каждый отказ эквивалентен, по крайней мере, одному новому условию связи (речь идет о факте, считающемся непреложным). Будем считать, что каждый отказ генерирует дополнительно две степени свободы. Тогда не могут возникать дробные степени в распределении χ^2 . Общее число степеней свободы $m = 2n + 2$. Соответственно, меняются квантили распределения и возрастает вероятность отказа. С учётом изложенного, вычисляется интенсивность отказов (Failure Rate):

$$FR = \frac{x^2}{2NHA t}, \quad (6)$$

где N — число ПС, поставленных на испытания; H — число часов при испытании под нагрузкой; $A t$ — коэффициент ускорения.

e-mail: kipres@ssau.ru

УДК 621.382

АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ РЭС НА ОСНОВЕ ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

А.Ю. Сорокина

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Современный этап развития радиоэлектроники и телекоммуникационных систем характеризуется обострением проблемы надежности и качества в целом вследствие усложнения радиоэлектронных средств (РЭС), выражающемся как в резком увеличении количества используемых элементов и блоков, в появлении качественно новых ответственных функций, возлагаемых человеком на аппаратуру, так и в расширении условий работы. Аппаратуре различного назначения

приходится действовать в условиях интенсификации режимов работы и выполнять различные функции. В силу этих причин повышаются требования к точности и эффективности выполнения заданных функций не только системой в целом, но и каждым отдельным элементом.

Наиболее достоверные и полные показатели надежности обычно получают по результатам эксплуатации аппаратуры. Однако эта информация поступает, как правило, с большим опозданием. Традиционные методы испытаний аппаратуры во многих случаях также не позволяют подтвердить заданный уровень ее надежности и качества из-за наличия ряда трудно выявляемых скрытых дефектов.

В данной работе проведён анализ надёжности РЭС на основе туннельных диодов. Установлено, что значительная доля отказов усилителей, генераторов и преобразователей частоты обусловлена низкой надёжностью туннельного диода. Для выявления дефектов диодов рассмотрим и дадим описание вольтамперной характеристики.

Прямая ветвь вольтамперной характеристики (ВАХ) туннельного диода характеризуется параметрами U_{\max} при значениях X_1 , U_{\min} при X_2 , падающим и возрастающим участками в интервалах $X_1 \dots X_2$ и $X_2 \dots X_3$ соответственно (рис. 1).

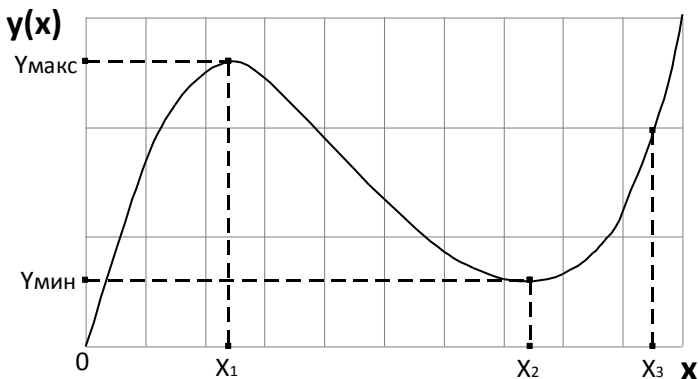


Рисунок 1 – ВАХ туннельного диода

Для моделирования вольтамперную характеристику диода рассмотрим в виде двух основных участков: участка туннельного тока (интервал $0 \dots X_2$) и участка тока инжекции (интервал $X_2 \dots X_3$) и обозначим их функциями $y_1(x)$ и $y_2(x)$ соответственно. Следовательно, полную зависимость ВАХ представим в виде суммы двух функций $y(x) = y_1(x) + y_2(x)$. В качестве $y_1(x)$ используем известную функцию:

$$y_1(x) = a \cdot x^b e^{-cx} , \quad (1)$$

в которой a , b и c – положительные коэффициенты, причем a и c определяют уровень экстремума и крутизну падающего участка характеристики.

Для формирования второй части ВАХ воспользуемся экспоненциальной функцией вида

$$y_2(x) = d \cdot (e^{kx} - 1), \quad (2)$$

где коэффициенты d и k положительны и определяют уровень и крутизну функции соответственно. При этом общую функцию $y(x)$ ВАХ туннельного диода представим в виде:

$$y(x) = a \cdot x^b e^{-cx} + d \cdot (e^{kx} - 1) \quad (3)$$

Коэффициенты a , b , c , d и k заданной функции взаимосвязаны со значениями U_{\max} , U_{\min} , X_1 , X_2 , исходящими из условия $\frac{\partial y(x)}{\partial x} = 0$, т.е.

$$x^b \left(\frac{1}{x} - \frac{c}{b} \right) + \frac{kd}{ab} e^{(k+c)x} = 0. \quad (4)$$

Определение коэффициентов a , b , c , d и k из выражений (3) и (4) связано с решением систем сложных алгебраических уравнений. Однако задачу можно упростить, допуская, что влияние функции $y_2(x)$ на значения X_1 и U_{\max} мало.

Был проведён анализ характеристик участков ВАХ. Установлена связь вида этих участков с дефектами структуры. Даны рекомендации по отбраковке дефектных диодов.

e-mail: kipres@ssau.ru

УДК 621.382

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

А.Ю. Сорокина

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Построение моделей проводилось по результатам обучающего эксперимента. Были использованы выборки, для которых выявить