

ВЫБОР ИМИТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗОВ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

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

Биполярные транзисторы большой мощности находят широкое применение в аппаратуре систем телекоммуникаций. Одним из способов повышения надежности электронных устройств длительного функционирования является отбор и последующая постановка в аппаратуру транзисторов с повышенным уровнем надежности по постепенным отказам. Провести отбор экземпляров (транзисторов), отвечающих требованиям по постепенным отказам можно методом имитационных воздействий, используя температуру T в качестве фактора, который имитирует (моделирует) возможные постепенные отказы. С помощью предварительных исследований, называемых обучающим экспериментом, для транзисторов типа КТ872А была получена имитационная модель надежности по параметру $h_{21Э}$ – статический коэффициент передачи тока базы транзистора в схеме с общим эмиттером. Модель показывает, какому значению имитационной температуры $T_{им}$ соответствует заданная длительная наработка транзисторов t_n :

$$T_{им} = (2,316 + 1,04 \cdot 10^{-5} \cdot t_n) / (0,00765 + 6 \cdot 10^{-8} \cdot t_n). \quad (1)$$

Значения $T_{им}$, получаемые по модели (1), не должны приводить к необратимым изменениям электрического параметра $h_{21Э}$. Прогноз значения $h_{21Э}$ транзистора (конкретного экземпляра) выполнялся для однотипных экземпляров, не принимавшим участия в обучающем эксперименте. В качестве прогноза рассматривался результат измерения электрического параметра $h_{21Э}$ при температуре, рассчитанной по модели (1) для заданной наработки t_n . Если при температуре $T_{им}$ электрический параметр $h_{21Э}$ отвечал норме, то делался вывод о соответствии экземпляра (транзистора) требованию надежности по постепенным отказам для наработки t_n .

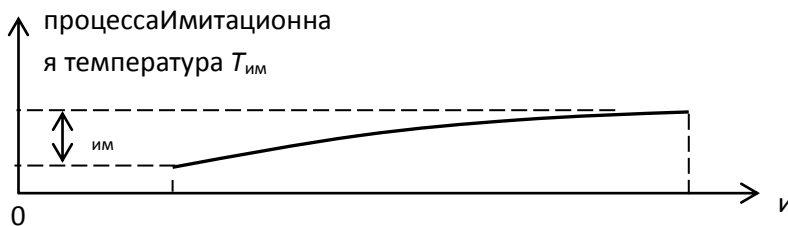


Рисунок 1 – Функция пересчета наработки t_n на имитационное значение температуры $T_{им}$

Дальнейшие исследования показали, что недостатком температуры при использовании ее в качестве имитационного фактора для моделирования постепенных отказов биполярных транзисторов является инертность и связанные с этим затраты времени на установление имитационной температуры $T_{им}$ измерения электрического параметра. При измерении электрического параметра $h_{21Э}$ возникла необходимость охлаждения контролируемого экземпляра (транзистора) до температуры $T_{им}$, что обусловило использование сложного оборудования. Кроме того, для некоторых функциональных электрических параметров большому диапазону наработок транзисторов соответствовал достаточно малый перепад значений имитационной температуры $T_{им}$ (рисунок 1), что заметно увеличивало ошибки прогнозирования.

Актуальны исследования по поиску других, более эффективных имитационных воздействий.

Проведенные исследования показали, что такими имитационными воздействиями могут быть электрические нагрузки, в частности ток коллектора биполярных транзисторов. При этом надо различать рабочий ток коллектора и имитационный ток, используемый сугубо для получения прогноза электрического параметра транзистора для заданной длительной наработки.

Теория связи, сети и системы электросвязи

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков, С. М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники: монография / С. М. Боровиков. – М. : Новое знание, 2013. – 343 с.