

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТЕПЕННЫХ ОТКАЗОВ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В КАЧЕСТВЕ ИМИТАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е.В. Калита, А.И. Бересневич

Биполярные транзисторы большой мощности в немалой степени определяют надежность электронных устройств защиты информации. Известно [1], что примерно 80 процентов отказов полупроводниковых приборов являются постепенными, поэтому обеспечению надежности биполярных транзисторов по постепенным отказам необходимо уделять особое внимание. Одним из способов обеспечения требуемой надежности биполярных транзисторов по постепенным отказам является индивидуальный отбор экземпляров, используя метод имитационных воздействий [2]. Метод включает два этапа. Первый этап – это выбор имитационного воздействия, моделирующего изменение электрического функционального параметра транзистора для заданной наработки, и получение с помощью предварительных исследований транзисторов интересующего типа имитационной модели в виде функции связи наработки со значением имитационного воздействия. Второй этап – это применение имитационной модели для прогнозирования постепенных отказов тех однотипных экземпляров, которые не принимали участия в предварительных исследованиях. Для этого по модели рассчитывают уровень воздействия, имитирующего изменение параметра для заданной наработки, и у экземпляра измеряют значение электрического параметра при этом найденном имитационном уровне воздействия. Результат измерения рассматривается в качестве прогноза электрического функционального параметра для заданной наработки, что позволяет принять решение о надежности экземпляра по постепенному отказу в будущем (для заданной наработки).

В работе в качестве имитационного воздействия, моделирующего изменения электрического функционального параметра биполярных транзисторов большой мощности типа КТ872А, был выбран такой параметр электрической нагрузки как ток коллектора. С помощью экспериментальных исследований выборки транзисторов объемом 100 экземпляров получена усредненная экспериментальная зависимость электрического функционального параметра (напряжения коллектор–эмиттер) от тока коллектора транзистора [2]. Затем для этой выборки транзисторов были проведены ускоренные испытания на длительную наработку и по результатам этих испытаний получена усредненная экспериментальная зависимость напряжения коллектор–эмиттер от наработки. Использование этих двух экспериментальных зависимостей позволило

получить имитационную модель в виде функции пересчета наработки на имитационное значение тока коллектора. Имитационная модель может быть применена для индивидуального прогнозирования значения напряжения коллектор–эмиттер для любых интересующих наработок применительно к однотипным экземплярам, не участвовавшим в описанных экспериментальных исследованиях. Использование тока коллектора в качестве имитационного воздействия позволило более оперативно выполнять прогнозирование значения электрического параметра и, следовательно, постепенных отказов транзисторов, нежели в случае использования температуры в роли такого воздействия.

## **Литература**

1. Боровиков С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадежных изделий электронной техники. М.: Новое знание, 2013. 343 с.
2. Боровиков С.М., Калита Е.В., Бересневич А.И. Моделирование электрического параметра транзисторов при прогнозировании их надежности методом имитационных воздействий // Интернаука. 2022. № 7-2 (230). С. 25–30.