

Следовательно, вызывает интерес рассмотрение использования графов для сеточного кодирования связности в общем виде больших 3D объектов, а не только на выбранном произвольном участке. А также поиска модификации и улучшения данного алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. Taubin, J. Rossignac, Geometric compression through topological surgery, ACM Trans. Graph. 17 (2) (1998) 84–115.
2. J. Peng, C.-S. Kim, C.-C. Jay Kuo, J. Vis. Commun. Image R. 16, 688 (2005).
3. Самусь Н.С. Сіткове кодування зображення за алгоритмом Edgebreaker / Н.С. Самусь, О.В. Ошаровська // Цифрові технології. – 2014. – №15. – С. 119-124.
4. Samus N.S. 3D image mesh entropy coding / N.S. Samus, O.V. Osharovska // Наукові праці ОНАЗ ім.О.С.Попова. – 2014. – № 2. – С. 214-220.
5. Самусь Н.С. Аналіз алгоритмів сіткового кодування зв'язності 3D об'єктів. Цифрові технології: Збірник. – Одеса: Одеська національна академія зв'язку ім.О.С.Попова. – 2017. – №20.

Н.И.ЦЫРЕЛЬЧУК<sup>1</sup>, С.М.БОРОВИКОВ<sup>1</sup>, А.В.БУДНИК<sup>2</sup>, А.И.БЕРЕСНЕВИЧ<sup>1</sup>

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ АППАРАТУРЫ СВЯЗИ ДЛИТЕЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

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

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи», г. Минск, Республика Беларусь

Для аппаратуры связи непрерывного длительного функционирования необходимо принимать во внимание возможные постепенные отказы электронных компонентов, в том числе биполярных транзисторов. Постепенные отказы транзисторов определяют понятие параметрическая надёжность. При отсутствии постепенного отказа в течение заданной наработки  $t$  говорят о соответствии экземпляра требованию параметрической надёжности.

Одним из подходов к оценке параметрической надёжности изделий электронной техники (ИЭТ), в том числе биполярных транзисторов, является использование метода имитационных воздействий [1]. Метод позволяет для конкретного экземпляра по реакции его функционального параметра на имитационное воздействие в начальный момент времени ( $t = 0$ ) спрогнозировать значение этого параметра для заданной будущей наработки  $t$  и сделать заключение о параметрической надёжности экземпляра для этой наработки.

Уровень имитационного воздействия  $F_{им}$ , соответствующий наработке  $t$ , определяют с помощью имитационной модели, представляющей собой выражение, показывающее, какое значение имитационного фактора  $F$  соответствует той или иной наработке  $t$ :

$$F_{им} = f(t), \quad (1)$$

где  $f$  – символ функциональной связи.

Имитационную модель (1) получают один раз с помощью предварительных экспериментальных исследований обучающей выборки. Обучающая выборка – это некая выборка, случайным образом сформированная из более крупной выборки или партии ИЭТ, уровнем параметрической надёжности экземпляров которой интересуются специалисты. Экспериментальные исследования включают получение математических выражений (моделей), показывающих, как выбранный функциональный параметр (обозначим его как  $P$ ) ИЭТ рассматриваемого типа изменяется от уровня имитационного фактора  $F$  и от значения наработки  $t$ :

$$P = \varphi_1(F), \quad (2)$$

$$P = \varphi_2(t), \quad (3)$$

где  $\varphi_1$  – функция, описывающая изменение среднего значения параметра  $P$  от имитационного фактора  $F$ ;  $\varphi_2$  – функция, описывающая изменение среднего значения параметра  $P$  от наработки  $t$ .

Используя полученные зависимости (2) и (3) приёмами, описанными в [1], получают имитационную модель (1).

Индивидуальное прогнозирование (прогнозирование для конкретного экземпляра) выполняют применительно к той выборке или партии ИЭТ, из которой была взята обучающая выборка. Прогноз получают для тех экземпляров, которые не принимали участия в обучающем эксперименте.

Рассмотренный метод имитационных воздействий был положен в основу разработки методики индивидуального прогнозирования параметрической надёжности биполярных транзисторов (БТ). Причём, в качестве имитационного фактора согласно работам [2, 3] было предложено использовать ток коллектора. При этом надо различать рабочий (в электрической схеме) ток и имитационный ток коллектора. Имитационный ток коллектора рассчитывается по полученной модели (1) в зависимости от интересующей будущей наработки  $t$  и используется для получения информации о прогнозном значении функционального параметра транзистора на момент окончания наработки  $t$ .

Применение методики для индивидуального прогнозирования параметрической надёжности БТ соответствует этапу, когда функция пересчёта вида (1) уже получена. С подходом получения этой функции можно ознакомиться в [1, 4]. Значение параметра  $P$ , измеренное у конкретного экземпляра при наличии имитационного воздействия (в нашем случае – тока коллектора) уровня  $F_{им}(t)$  рассматривается в качестве прогнозного значения этого параметра на момент окончания заданной наработки  $t$ . Сравнение прогнозного значения параметра  $P$  с нормой, приведённой в технической документации или указанной потребителем, даст ответ на вопрос о соответствии или несоответствии конкретного экземпляра (транзистора) требованию параметрической надёжности для заданной наработки  $t$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков, С.М. Статистическое прогнозирование для отбраковки потенциально ненадёжных изделий электронной техники / монография. – М. : Новое знание, 2013. – 343 с.
2. Боровиков, С. М. Выбор имитационных факторов при прогнозировании отказов биполярных транзисторов / С. М. Боровиков, А. В. Емельянов, А. И. Бересневич // Известия НАН РБ. Сер. физико-технич. наук. – 2006. – № 3. – С. 109–112.
3. Выбор параметров электрического режима в качестве имитационных факторов при прогнозировании постепенных отказов биполярных транзисторов / С. М. Боровиков [и др.] // Доклады БГУИР : электроника, материалы, технологии, информатика. – 2007. – № 3 (19). – С. 31–36.
4. Боровиков, С. М. Прогнозирование работоспособности полупроводниковых приборов методом имитационного моделирования / С. М. Боровиков, А. И. Щерба // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2004. – № 4. – С. 37–40.

В.Г.ШЕВЧУК<sup>1</sup>, И.О.ЖИГАЛИН<sup>1</sup>, В.В.ЛЕВТРИНСКИЙ<sup>1</sup>

#### КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРИАКСИАЛЬНОГО КАБЕЛЯ В ТУННЕЛЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель, Республика Беларусь

В последнее время резко возросла потребность абонентов метро в сотовой связи и в Интернет-трафике. Туннели метро в большинстве случаев прокладываются в разных уровнях под землей и непрямолинейны. Поэтому применить направленные антенны со станций в туннели не возможно. Для обеспечения устойчивых сигналов стандарта Wi-Fi (802.11b/g) в вагонах метропоездов в метрополитенах Москвы, Нью-Йорка, Лондона, Пекина и Санкт-Петербурга от базовой станции, работающей в стандарте 2G/3G, вдоль туннеля (рисунок 1) прокладывают излучающий кабель, который обеспечивает покрытие вагонов GSM/UMTS сигналом на всём протяжении пути.

Антенно-фидерная система (АФС) на основе триаксиального кабеля pu-TRACK TRC-1250-FR позволяет организовать работу одновременно нескольких систем подвижной радиосвязи (стандарты TETRA, NMT-450, GSM, UMTS, CDMA2000/EV-DO, LTE, семейства протоколов 802.11/16, а также любых аналоговых систем подвижной радиосвязи) [1,2].