

Рисунок 3 – ВАХ диода 1N4001, полученная в результате моделирования

Следует отметить, что САПР Proteus прежде всего предназначено для моделирования цифровых схем, при этом характеристики аналоговых компонентов могут несколько отличаться от полученных в других программных макетах (Multisim, Microcap и др.). Диапазоны измерений в рассматриваемой модели ограничены аппаратной частью, в процессе моделирования можно программно задавать любые необходимые.

Список использованных источников:

1. Программное обеспечение для визуализации результатов измерений COM2GRAPH. — Текст: электронный // Научная электронная библиотека: [сайт]. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43885087> (дата обращения: 15.03.2025).

Арнаутов Евгений Александрович, ст. преподаватель каф. агроинженерии, мехатронных и радиоэлектронных систем, [arnautoff@list.ru](mailto:arnautoff@list.ru)

УДК 621.396

## **МОДЕЛЬ НАДЁЖНОСТИ БЛОКА КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

А.В. Николаев

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

**Ключевые слова:** структурный метод, моделирование, расчёт

Одним из важных этапов проектирования бортового радиоэлектронного устройства является расчёт надёжности. Для этого используется прогнозные, структурные или физические методы расчёта. Они базируются, как правило, на известных математических моделях.

В данной работе была поставлена задача разработки и апробации новой модели оценки надёжности бортовых устройств телекоммуникаций и радиоэлектроники.

В качестве базового объекта исследования выбран блок контроля и регулирования температуры систем космического аппарата (КА). Был проведён структурный анализ исследуемого изделия. Для оценки надёжности была предложена структурная модель следующего вида (рисунок 1). В ней выделены три канала основных модулей второго уровня. Модули реализуют структурные схемы надёжности (ССН). Каждая ССН устройства была составлена по результатам анализа схем электрических принципиальных его модулей.

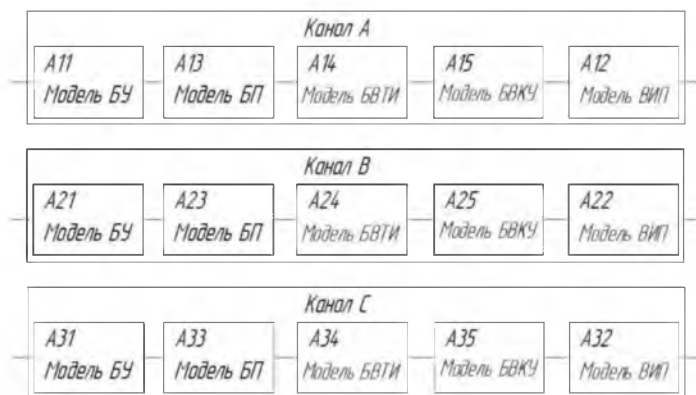


Рисунок 1 – Структурная модель надёжности

Был использован метод разбиения на одинаковые участки по условиям и продолжительности работы на борту с учётом индексов приёмки, коэффициентов нагрузочной способности и диагностического контроля. Затем были составлены развернутые ССН каждого канала. На них все модули разбиты на составные части. Каждая составная часть объединяет компоненты, работающие в штатном режиме одинаковое время и находящиеся в одинаковых условиях эксплуатации. Такой подход позволил использовать автоматизированную систему расчёта надёжности, что сократило расчётное время.

Апробация метода и модели расчёта была проведена на примере бортового устройства контроля и регулирования температуры систем КА. Оценка надёжности проводилась поэтапно: предварительный расчёт с учётом коэффициента организационно-технических мероприятий на конкретном предприятии; промежуточный – по результатам автономных или комплексных испытаний, что позволяет учитывать данные индивидуального прогнозирования; окончательная оценка – по результатам лётных испытаний.

Результаты апробации такого подхода модели и метода показали хорошие результаты и целесообразность их использования на всех этапах проектирования бортовых устройств КА.

Николаев Артём Васильевич, аспирант каф. РЭС.

УДК 621.396

## **МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ КОМПОНЕНТОВ БОРТОВЫХ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

В.А. Андреев, Е.В. Бандяева

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

Цель работы – повышение эффективности контроля интегральных микросхем и других компонентов бортовых устройств телекоммуникаций (УТ). Для разработки методики контроля и оценки её эффективности был проведён системный анализ и теоретические исследования.

Проведенные теоретические исследования позволили показать, что для большинства типов изделий электронной техники информацию об их техническом состоянии можно получить на основе совокупного интегрального физического параметра. В качестве такого параметра для интегральных схем предложено использовать величину комплексной электропроводности их цепей питания, как обладающую достаточной информативностью. В качестве метода регистрации предложено использовать метод модуляционного дифференцирования на основе метода разностной частоты, поскольку он обладает достаточной чувствительностью и точностью регистрации параметров комплексной электропроводности в виде зависимостей вторых производных вольт-амперной  $I''(U)$  и вольт-кулонной  $Q''(U)$  характеристик.

Получены аналитические выражения, позволяющие экспериментально оценить величину методической погрешности определения вторых производных вольт-амперной  $I''(U)$  и вольт-кулонной  $Q''(U)$  характеристик с применением метода модуляционного дифференцирования на основе метода разностной частоты, а также значения высших производных указанных характеристик в каждой точке напряжения смещения. В качестве носителя первичной диагностической информации используется комбинационная гармоника тока сигнала-отклика на разностной частоте.

Проведен анализ схем подключения интегральных схем в качестве объекта диагностирования. Показано, что схема подключения интегральной схемы при регистрации зависимостей  $I''(U)$  и  $Q''(U)$  по ее цепи питания должна обеспечивать несколько основных требований. К этим требованиям относятся: информативность регистрируемых