

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке ФГАОУ ВО  
«УрФУ имени первого президента  
России Б.Н. Ельцина»

  
Германенко А.В.

«29» ноября 2024г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» на диссертационную работу Дроздовой Анастасии Александровны «Методики оценки и обеспечения устойчивости к электростатическому разряду цепей электропитания радиоэлектронных устройств», на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

### Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность диссертационной работы Дроздовой А.А. обусловлена всесторонним использованием радиоэлектронных устройств (РЭУ) в сочетании с их возрастающей миниатюризацией и восприимчивостью к электромагнитным воздействиям, в особенности к электростатическому разряду (ЭСР). ЭСР, представляющий собой высоковольтные импульсы с широким частотным спектром, способен вызвать сбои в работе, повреждения электронных компонентов и цепей электропитания, что может привести к серьезным последствиям, особенно в критически важных системах, таких как космические аппараты. Традиционные методы защиты не всегда эффективны против ЭСР, что обуславливает необходимость разработки специализированных методик оценки восприимчивости и обеспечения устойчивости РЭУ к данному виду воздействия.

### **Соответствие темы диссертации научной специальности**

Диссертация Дроздовой А.А. является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему. В диссертации разработаны и исследованы новые модели и методики, направленные на обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭУ и, в частности, цепей электропитания. Работа посвящена актуальной проблеме повышения устойчивости РЭУ к ЭСР, что является одним из важнейших аспектов ЭМС. Разработанные модели и методики позволяют оценивать восприимчивость к ЭСР, анализировать и локализовывать помехи, а также оптимизировать конструкцию устройств для повышения их надежности и помехоустойчивости. Результаты диссертации вносят вклад в развитие теории и методов обеспечения ЭМС, что соответствует п. 7 паспорта специальности 2.2.13. Поэтому считаем, что тема и содержание диссертации соответствуют п. 7 «Разработка и исследование методов обеспечения электромагнитной совместимости радиотехнических систем и устройств, включая системы связи и телевидения, методов обеспечения их стойкости к электромагнитному и ионизирующему излучению, методов разрушения и защиты информации в этих системах» паспорта специальности **2.2.13 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.**

### **Научная новизна и ценность полученных соискателем результатов, выводов и рекомендаций**

Научная новизна диссертации определяется следующими результатами.

1. Предложена методика оценки восприимчивости транзисторов к контактному воздействию электростатического разряда, отличающаяся учетом ёмкостей межсоединений печатных проводников и посадочного места.

2. Разработана модель взаимовлияния экранированной и микрополосковой линий передачи, отличающаяся использованием в замкнутой форме аналитических выражений для вычисления токов и напряжений, наведенных на микрополосковую линию передачи в ТЕМ-камере при воздействии на её вход различных сигналов.

3. Разработана модель силовой шины электропитания с проводными отводами, отличающаяся её применимостью для локализации максимума и оценки амплитуды напряжения электростатического разряда вдоль шины.

4. Предложен конвертор с многозонным регулированием выходного напряжения, отличающийся использованием не менее двух инверторов, один из которых формирует нерегулируемую, а второй – регулируемую импульсную составляющие напряжений на входе LC-фильтра.

Научная ценность диссертации также подтверждается 20 докладами по её результатам на научных конференциях разного уровня, в том числе 8 на конференциях, труды которых индексируются WoS и Scopus, а также на 12 конференциях, труды которых индексируются РИНЦ. Опубликованы 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК, а также 1 свидетельство о регистрации ЭВМ и 2 патента на изобретения.

### **Значимость результатов работы для науки и практики**

**Теоретическая значимость** определяется тем, что предложенные модели позволяют более точно учитывать паразитные параметры межсоединений и посадочных мест, что повышает адекватность моделирования воздействия ЭСР на электронные компоненты. Разработана аналитическая модель для оценки восприимчивости к ЭМИ, генерируемому ЭСР, что расширяет возможности анализа электромагнитной совместимости РЭУ. Создание модели СШЭП с проводными отводами и методики локализации максимума напряжения ЭСР позволяют оптимизировать конструкцию СШЭП и повысить ее надежность. Исследование модели конвертора с многозонным регулированием выходного напряжения расширяет понимание возможностей данного метода для подавления импульсных помех.

**Практическая значимость** заключается в том, что применение разработанных моделей и методик позволит повысить надежность РЭУ, эксплуатируемых в условиях повышенного риска воздействия ЭСР (например, в авиационной и космической технике). Разработанные методики моделирования позволяют сократить объем необходимых экспериментальных испытаний РЭУ на устойчивость к ЭСР, что снижает затраты на их разработку и производство. Повышение устойчивости к ЭСР позволяет увеличить срок службы РЭУ и снизить затраты на их ремонт и обслуживание.

Кроме того, практическая ценность диссертации подтверждена четырьмя актами о внедрении результатов. Особенно ценно внедрение результатов на предприятии АО «Информационные спутниковые системы» имени академика

М.Ф. Решетнёва» (АО «Решетнев»), являющимся одним из ведущих в России производителей космических аппаратов, а также в Научно-исследовательский институт Автоматики и электромеханики (НИИ АЭМ). Важно и то, что результаты работы использованы в учебном процессе университета, где она выполнена. Наконец, на ценность указывает перечень из 7 НИР (по грантам Президента РФ, РФФИ), где использованы результаты диссертации.

### **Обоснованность и достоверность результатов**

Обоснованность и достоверность результатов, изложенных в работе, основывается на совпадении результатов аналитического расчета и моделирования квазистатическим и электродинамическим подходами и их согласованности с результатами экспериментальных измерений на базе сертифицированных и поверенных аппаратно-программных комплексов.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе**

В работе получен комплекс теоретических и практических результатов, применение которых может быть довольно широким. Результаты направлены на повышение устойчивости к электростатическому разряду цепей электропитания РЭУ и могут быть использованы на предприятиях, например, АО «НПО им Лавочкина», г. Химки (Московская область), ПАО «Туполев», г. Москва, АО «НИИП им. В.В. Тихомирова», г. Жуковский (Московская область), АО «ОНИИП», г. Омск, АО «Решетнев», г. Железногорск (Красноярский край).

### **Замечания по работе**

Несмотря на высокий уровень диссертации, можно отметить следующие замечания:

1. Из раздела «Актуальность работы» не ясно, в чем состоит необходимость разработки новой «методики оценки и обеспечения устойчивости к ЭСР цепей электропитания РЭУ» на фоне существующих методик, которые изложены в действующих ГОСТ и повсеместно применяются при исследовании аппаратуры на ЭМС.

2. В разделе «Научная новизна» сформулированы отличия предложенных

автором «методики оценки восприимчивости» (п. 1), «модели взаимовлияния» (п. 2), «модели силовой шины электропитания» (п. 3) и «конвертора с многозонным регулированием» (п. 4), но не указаны объекты сравнения.

3. В первом, втором и третьем положениях, выносимых на защиту, не раскрыта суть «Предложенной методики оценки восприимчивости транзисторов...», «Аналитической модели в замкнутой форме...» и «Модели силовой шины электропитания» соответственно.

4. В разделе «Теоретическая значимость» не отражено то «белое» поле в теории изучения ЭМС, которое «заполняет» диссертация.

5. В методике оценки восприимчивости транзисторов к контактному воздействию ЭСР учитывается только ёмкостная связь межсоединений, посадочных мест и электродов транзистора, хотя целесообразно было бы учитывать еще и индуктивную связь.

6. В методике локализации экстремумов воздействия ЭСР на СШЭП сказано, что «в места с максимальным напряжением ЭСР добавляются дополнительные слои изоляции и сравниваются результаты с учетом и без учета дополнительных слоев», однако, результаты сравнения в диссертации не представлены.

7. Работа фокусируется на моделировании самого ЭСР, но учитывает влияние внешних факторов (температуры, влажности), которые могут существенно влиять на параметры компонентов и эффективность защиты.

8. Недостаточная детализация вопросов практического применения разработанных методик в конкретных РЭУ. Хотелось бы видеть больше конкретных рекомендаций по выбору параметров элементов защиты и оптимизации конструкции РЭУ для различных областей применения.

### **Выводы**

1. Диссертационная работа выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну и значимость для науки и практики, является законченной научно-квалификационной работой, раскрывающей сформулированную соискателем цель и задачи.

2. Основные результаты, полученные в работе, в достаточной степени опубликованы и известны специалистам в области радиотехники.

3. Автореферат диссертации достаточно полно отражает её основное

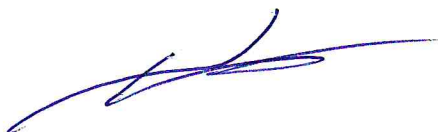
содержание. Оформление диссертации и автореферата выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011.

### **Заключение**

Считаем, что работа удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. От 28.08.2017), а её автор, Дроздова Анастасия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв на диссертационную работу обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры радиоэлектроники и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» от 29.11.2024г. Протокол № 2

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники и телекоммуникаций ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



Шабунин Сергей Николаевич

E-mail: [contact@urfu.ru](mailto:contact@urfu.ru)

620062, Россия, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19.

Тел.: 8 (343) 375-44-44