

сложной электромагнитной обстановки. В результате определение полезного сигнала происходит при наличии помех, а это обстоятельство накладывает требование учета их влияния на метрологические характеристики измерительного оборудования.

Совершенствование электронной компонентной базы радиотехнических устройств в настоящее время происходит в направлении полевых транзисторов (ПТ) с затворами на основе $p-n$ -перехода, барьера Шоттки (ПТШ), со структурой металл–диэлектрик–полупроводник (МДП) – имеющих, по сравнению с биполярными транзисторами, более высокие рабочие частоты, пониженную шумовую температуру, отрицательный температурный коэффициент приращения тока стока и, следовательно, меньшую вероятность теплового пробоя. Существуют полевые тетроды (транзисторы с двумя затворами), в которых управление током выходного электрода осуществляется двумя управляющими электродами). Применение полевых тетродов, например, в синхронных детекторах, позволяет существенно улучшить их технические и эксплуатационные характеристики за счет разделения цепей передачи сигнала и управляющего воздействия.

Применение синхронного детектирования сигналов, в частности, при измерении модулей комплексных сопротивлений двухполюсных электрических цепей, позволяет повысить помехоустойчивость измерений. Перспективной задачей является и разработка новых методов и устройств измерения модулей комплексных сопротивлений двухполюсных цепей.

Таким образом, совершенствование методик моделирования и расчёта, создание и внедрение устройств синхронного детектирования радиосигналов на полевых транзисторах в системы измерения модулей комплексных сопротивлений двухполюсных электрических цепей являются актуальными.

Личное участие автора в получении результатов проведенных исследований.

Основные результаты диссертации получены лично автором. Экспериментальные исследования проведены совместно с коллективом кафедры РЭТЭМ ТУСУР, результаты получены и обработаны лично автором. Математические модели и программы разработаны автором. Постановка задач и исследований осуществлялась совместно с научным руководителем.

Новизна результатов проведенных исследований.

Научной новизной обладают следующие результаты:

1. Развитие метода нелинейных токов, которое достигнуто получением новых соотношений для определения выходного тока активных элементов с двумя управляющими электродами при синхронных воздействиях.
2. Определение зависимости численного значения дополнительной погрешности измерения постоянной составляющей в спектре выходного тока амплитудного детектора от соотношения амплитуд входного бигармонического воздействия.
3. Методика моделирования вольт-амперных характеристик полевых транзисторов на основе экспоненциальной функции во всей области существования характеристик, включая инверсный режим работы полевого транзистора.
4. Новый способ измерения модуля комплексных сопротивлений двухполюсных электрических цепей, позволяющий расширить функциональные возможности и увеличить диапазон измеряемых значений.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов.

1. Предложена новая методика определения параметров статической модели полупроводниковых приборов: полевых транзисторов, *IGBT* транзисторов, диодов, стабилитронов и светодиодов.

2. Разработано новое устройство для определения составляющих внутреннего сопротивления химических источников тока.

3. Разработаны новые технические решения: устройства измерения модулей комплексных сопротивлений двухполосных электрических цепей с расширенными функциональными возможностями и увеличенным диапазоном измеряемых значений, аппаратно-программного комплекса для тестирования и заряда аккумуляторных батарей, входящего в состав системы гарантированного электропитания; устройства определения параметров химических источников тока; устройства питания для светодиодного источника оптического излучения.

На четыре новых устройства получены: патент на изобретение №2449302 «Способ определения составляющих внутреннего сопротивления химических источников тока», патенты на полезные модели №130088 «Система гарантированного электропитания с аппаратно-программным комплексом для тестирования и заряда аккумуляторных батарей», №183327 «Устройство определения параметров химических источников тока» и №108885 «Источник оптического излучения».

Результаты диссертационного исследования использованы при выполнении работ по федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы» в рамках проекта «Разработка прототипов передовых технологических решений роботизированного интеллектуального производства электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств». Уникальный идентификатор работ (проекта) RFMEFI57717X0266.

При непосредственном участии автора создан и внедрен аппаратно-программный комплекс удалённого технического обслуживания аккумуляторных батарей (устройство для измерения полного внутреннего сопротивления химических источников тока). Комплекс используется в эксплуатации систем гарантийного электропитания на объектах филиала АО «Связьтранснефть» «Сибирское ПТУС» для проведения удалённого технического обслуживания герметичных аккумуляторных батарей, в том числе для измерения значений их внутренних параметров.

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники при выполнении практических работ и в самостоятельной работе студентов по дисциплине «Преддипломный курс» для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств», профиль «Технология электронных средств».

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.

Ценность научных работ соискателя определяется развитием методов анализа и моделирования радиотехнических устройств детектирования радиосигналов и создания на этой основе новых устройств с улучшенными параметрами и характеристиками.

По материалам диссертационной работы опубликовано 5 статей в рецензируемых журналах из перечня ВАК, одна статья опубликована в издании, индексируемом в WoS, 4 – патенты на изобретение и полезные модели, 13 – статьи в сборниках трудов научно-технических конференций.

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Южанин М.В., Туев В.И., Денисенко А.В., Гаммершмидт М.М. Усовершенствованное решение по техническому обслуживанию аккумуляторных

батарей, входящих в состав силовых систем гарантированного электропитания // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. – 2017. – Том 20, №1. – С. 126-130.

2. Антонишен И.В., Кох А.И., Туев В.И., Южанин М.В. Применение модифицированной функции гиперболического тангенса для аппроксимации вольтамперных характеристик светоизлучающих диодов // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники №2 (24), ч.2. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2011. – С. 154-156.

3. Антонишен И.В., Туев В.И., Южанин М.В. Способ измерения внутреннего сопротивления химических источников // Докл. Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники №2 (2), ч.2. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – С. 183-186.

4. Туев В.И., Южанин М.В. Расчет дополнительной погрешности измерения сопротивлений двухполюсных электрических цепей в условиях помех // Электросвязь. – 2009, №3. – С. 38-40.

5. Туев В.И., Южанин М.В. Применение модифицированной функции гиперболического тангенса для аппроксимации вольт-амперных характеристик полевых транзисторов // Известия Томского Политехнического Университета. – 2009. – №4. – Том 314. – С. 135-138.

Статья в иностранном научном издании

6. Vasily I. Tudev, Maxim V. Yuzhanin FET frequency converter analysis with two synchronous impacts // International journal of advanced biotechnology and research. – 2019. – Vol.10. – Special issue 1. – P.186-190.

Другие публикации по теме диссертации

7. Туев В.И., Южанин М.В. Универсальная аппроксимация передаточных вольт-амперных характеристик полевых транзисторов // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: Сборник трудов Пятой международной научно-практической конференции. - СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2008. - Т.12. – С. 299-300.

8. Туев В.И., Южанин М.В. Анализ спектра на выходе амплитудного детектора при бигармоническом входном воздействии // Электронные средства и системы управления. Опыт инновационного развития: Доклады Международной научно-практической конференции. В 2 частях. – Томск: В-Спектр, 2007. – Ч.1. – С. 86-88.

9. Антонишен И.В., Иванов А.В., Мухин Г.Р., Туев В.И., Южанин М.В. Питание светодиодов от сети переменного тока // Научная сессия ТУСУР - 2011: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 6 т. – Томск: В-Спектр, 2011. – Т. 2. – С. 265-267.

10. Антонишен И.В., Туев В.И., Южанин М.В. Измерение значений параметров внутреннего сопротивления химических источников тока // Научная сессия ТУСУР – 2010: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 5 т. – Томск: В-Спектр, 2010. – Т. 4. – С. 101-103.

11. Южанин М.В., Туев В.И. Спектральный анализ слабонелинейных электрических цепей при синхронных гармонических воздействиях // Научная сессия ТУСУР – 2009: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 5 т. – Томск: В-Спектр, 2009. – Т. 2. – С. 72-75.

12. Южанин М.В. Аппроксимация вольт-амперных характеристик IGBT транзистора // Наука. Технологии. Инновации: материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-и частях. - Новосибирск: изд-во НГТУ, 2008. – Часть 1. – С. 238-239.

13. Южанин М.В., Туев В.И. Использование импульсных сигналов в устройстве для измерения полных сопротивлений двухполюсных электрических цепей // Научная сессия ТУСУР – 2008: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 5 т. – Томск: В-Спектр, 2008. – Т. 2. – С. 258-260.

14. Южанин М.В., Туев В.И. Аппроксимация вольт-амперных характеристик полевых транзисторов // Научная сессия ТУСУР – 2008: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 5 т. – Томск: В-Спектр, 2008. – Т. 2. – С. 295-297.

15. Туев В.И., Южанин М.В. Анализ электрических цепей класса Винера-Вольтерра при синхронных гармонических воздействиях // Современные проблемы радиоэлектроники: сб. науч. ст., ред.: А.И.Громыко, А.В.Сарафанов. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т; Политехн. ин-т, 2007. – С. 127-129.

16. Туев В.И., Южанин М.В. Исследование влияния аддитивной помехи на точность измерения сопротивлений двухполюсных электрических цепей методом амперметра-вольтметра // Научная сессия ТУСУР – 2007: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. В 5 т. – Томск: В-Спектр, 2007. – Т. 4. – С. 28-30.

17. Туев В.И., Южанин М.В. Анализ слабонелинейных электрических цепей при синхронных гармонических воздействиях // Микроэлектроника и информатика – 2007: материалы докладов 14-й Всеросс. науч.-техн. конф. – Москва: МИЭТ, 2007. – С. 328.

18. Туев В.И., Южанин М.В. Влияние помех на точность измерения сопротивления кабельных линий связи большой протяженности // Проблемы информационной безопасности государства, общества и личности: материалы девятой Всеросс. науч.-техн. конф. – Томск: В-Спектр, 2007. – С. 113-114.

19. Южанин М.В. Расчёт спектра выходного тока преобразователя частоты при синхронных гармонических воздействиях // Научная сессия ТУСУР – 2018: материалы докл. Всеросс. науч.-техн. конф. в 3 ч. – Томск: В-Спектр, 2018. – Ч. 1. – С. 88-90.

Патенты

1. Пат. №183327 Российская Федерация, МПК⁷: G 01 R 27/02. Устройство определения параметров химических источников тока // Солдаткин В.С. (RU), Шкарупо В.С. (RU), Туев В.И. (RU), Южанин М.В. (RU) – №2018109787; заявл. 19.03.2018; опубл. 18.09.2018, бюл. №26.

2. Пат. №130088 Российская Федерация, МПК⁷: G 01 R 31/36. Система гарантированного электропитания с аппаратно-программным комплексом для тестирования и заряда аккумуляторных батарей // Денисенко А.В. (RU), Южанин М.В. (RU), Барсуков А.В. (RU) – №2013102109/28; заявл. 01.03.2013; опубл. 10.07.2013, бюл. №19.

3. Пат. №2449302 Российская Федерация, МПК⁷: G 01 R 31/36, 27/02. Способ определения составляющих внутреннего сопротивления химических источников тока // Антонишен И.В., Мисюнас А.О., Туев В.И., Южанин М.В. Российская Федерация, // Антонишен И.В. (RU), Мисюнас А.О. (RU), Туев В.И. (RU), Южанин М.В. (RU) – №2010145973/28; заявл. 10.11.2010; опубл. 27.04.2012, бюл. №12.

4. Пат. №108885 Российская Федерация, МПК⁷: H 01 L 33/00. Источник оптического излучения // Антонишен И.В. (RU), Бомбизов А.А. (RU), Иванов А.В. (RU), Мухин Г.Р. (RU), Олисовец А.Ю. (RU), Туев В.И. (RU), Южанин М.В. (RU) – №2011122260/28; заявл. 01.06.2011; опубл. 27.09.2011, бюл. №27.

Соответствие содержания диссертации научной специальности.

Предмет исследования и материалы диссертационной работы соответствуют специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения по областям исследования:

1. Разработка устройств генерирования, усиления, преобразования радиосигналов в радиосредствах различного назначения. Создание методик их расчета и основ проектирования.

2. Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов в радиосистемах телевидения и связи при наличии помех.

3. Создание теории синтеза и анализа, а также методов моделирования радиоэлектронных устройств.

4. Разработка радиотехнических устройств для использования их в промышленности, биологии, медицине, метрологии и др.

Диссертация «Устройства измерения модуля комплексных сопротивлений двухполюсных электрических цепей с применением синхронных детекторов радиосигналов» Южанина Максима Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Заключение принято на объединенном семинаре кафедр радиотехнического и радиоконструкторского факультетов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники». Присутствовало на заседании 16 человек, в том числе 6 докторов технических наук, доктор физико-математических наук, 4 кандидата технических наук и др. Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 39 от 06.06.19.

Председатель семинара
профессор кафедры кон-
струирования узлов и де-
талей радиоаппаратуры,
д.т.н., профессор



Малютин Николай Дмитриевич

Секретарь семинара
к.т.н., доцент каф.
РЭТЭМ



Солдаткин Василий Сергеевич