

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель директора РФЯЦ-ВНИИЭФ –
директор филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС
им. Ю.Е. Седакова», доктор технических наук



_____ А.Ю. Седаков

_____ 12 _____ 20 19 г.

ОТЗЫВ ведущей организации на диссертацию Корсакова Сергея Сергеевича «Моделирование свойств помеховых нелинейных рассеивателей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность темы исследований

Необходимость учета вторичных нелинейных помех, возникающих при создании и эксплуатации радиоэлектронного оборудования высокой чувствительности, весьма актуальна. В настоящее время разработчиками радиоэлектронных приборов и систем уделяется особое внимание вопросам помехозащищённости. Поэтому весьма актуальной задачей является оценка электромагнитной обстановки, в которой предполагается функционирование приборов, а также учёт возможных источников помех. Кроме помех, генерируемых активными источниками поля и их переотражений, обусловленных многолучевым распространением, вследствие которого не происходит обогащение спектрального состава помехи, необходимо учитывать поля, рассеиваемые нелинейными объектами. При нелинейном рассеянии оказывается принципиально возможным появление помех в тех частотных диапазонах, в которых помеховое поле ранее не учитывалось и не оценивалось. Нелинейное рассеяния электромагнитных волн свойственно практически

любым полупроводниковым приборам, поэтому приобретают важность вопросы разработки общих подходов к описанию источников нелинейных помех и анализа протекающих в них процессов.

Столь широкая постановка вопроса обуславливает применение моделирования в качестве выбранного авторами метода исследования. Существует ряд работ, посвященных созданию численных моделей нелинейных объектов. Анализ данных работ показывает, что в большинстве из них не уделяется внимания вопросу согласования импеданса части нелинейного рассеивателя, в которой происходит индуцирование токов (при облучении рассеивателя внешним полем), так называемого антенного импеданса, с импедансом части рассеивателя, в которой происходит искажение и нелинейное преобразование индуцированных токов. Известной моделью нелинейного объекта, в которой рассмотрен вопрос согласования импедансов, является процессная модель. Однако, данная модель была предложена для решения практических задач, связанных с созданием нелинейных радиоответчиков, основное назначение которых - эффективное преобразование энергии облучающего поля в энергию рассеянного сигнала на конкретных частотах нелинейного рассеяния. Представленное в диссертационной работе исследование рассматривает значительно более широкий класс объектов, в общем случае, - это произвольный рассеиватель с сосредоточенными полупроводниковыми элементами, и предполагает изучение характеристик рассеяния в широкой полосе частот. В соответствии с этим потребовалась существенная доработка известной процессной модели нелинейного рассеивателя, а также разработка новой методики проведения экспериментальных исследований свойств нелинейного рассеяния в широкой полосе частот.

В рамках проблемы электромагнитной совместимости указанный выше тип нелинейных помех всегда отмечался как возможный, но практически не исследовался по причинам их малой интенсивности. В настоящее время в связи с ростом количества источников нелинейных помех игнорировать данный аспект проблемы электромагнитной совместимости становится все труднее,

поэтому диссертационное исследование С. С. Корсакова, направленное на разработку адекватных моделей нелинейных рассеивателей, весьма актуально.

Цель и задачи исследований автор формулирует как задачу моделирования амплитудных, частотных и пространственных свойств источников нелинейных помех – пассивных полупроводниковых нелинейных рассеивателей. Следует отметить, что указанный набор характеристик, в принципе, дает полное описание свойств объекта при исследовании его способности к нелинейному рассеянию.

Объектом диссертационного исследования С. С. Корсакова являются помеховые нелинейные рассеиватели. В диссертационном исследовании рассматриваются простые помеховые нелинейные рассеиватели, получившие в литературе название – антенны с нелинейной нагрузкой, однако и для таких, в общем случае простых объектов в виде простейшей проволочной антенны, подключенной к полупроводниковому диоду, на сегодня нет удовлетворительной модели, позволяющей дать количественные оценки результатов нелинейного рассеяния. Определенные результаты в данном научном направлении имеются только в работах научного руководителя автора диссертации и относятся к отдельному классу антенн с нелинейной нагрузкой – нелинейным радиоответчикам – маркерам.

В качестве метода исследования помеховых нелинейных рассеивателей предлагается использовать моделирование. Соответственно, моделирование процессов нелинейного рассеяния на помеховых нелинейных рассеивателях является предметом диссертационного исследования.

Ценность диссертационного исследования заключается: в получении новых методик расчета полей нелинейной помехи в произвольном направлении от вторичного нелинейного рассеяния; в разработке моделей помехового нелинейного рассеивателя, позволяющих учесть процессы согласования импедансов антенной части и сложной нелинейной нагрузки типа туннельного или обращенного полупроводникового диода или нагрузки с произвольными вольт-амперной и вольт-фарадной характеристиками; в исследовании возможности построения модели помехового нелинейного рассеивателя с произвольной антенной частью и произвольной нелинейной нагрузкой.

По отношению к задачам, рассматриваемым в рамках специальности 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения, **ценность исследования** С.С. Корсакова связана с решением задач создания методик расчета преобразования радиосигналов в пассивных помеховых нелинейных рассеивателях, а также создания методов моделирования устройств преобразования радиосигналов – помеховых нелинейных рассеивателей.

Все указанные задачи, составляющие ценность исследований, С.С. Корсаковым были успешно решены и получены **новые научные результаты**:

- 1 Методика, позволяющая рассчитывать уровень поля нелинейной помехи, которая позволяет описать рассеянное поле нелинейной помехи, вызванной процессами нелинейного преобразования облучающего сигнала в нелинейном рассеивателе, а также выполнить построение пространственно-частотных характеристик, позволяющих оценивать уровень переизлучаемого поля на частотах помеховых нелинейных продуктов во всех направлениях.
- 2 Модель широкополосного помехового нелинейного рассеивателя в виде биконического излучателя, нагруженного на полупроводниковый диод, позволяющая учитывать процессы согласования импедансов антенной части и нелинейной нагрузки в широкой полосе частот.
- 3 Модель широкополосного нелинейного рассеивателя, в качестве нагрузки которого использованы туннельные или обращенные полупроводниковые диоды, описываемые вольт-амперными и вольт-фарадными характеристиками. В работе показано, что такие нелинейные рассеиватели, как правило обладают характерной точкой в амплитудной характеристике в широкой полосе частот и могут быть использованы в качестве эталонных нелинейных рассеивателей.
- 4 Решение задачи описания нелинейного рассеяния от «длинного» нелинейного рассеивателя, нагруженного на произвольный диод с известной вольт-фарадной и вольт-амперной характеристиками, с антенной частью, описывающейся частотными зависимостями активной и реактивной составляющей импеданса в широкой полосе частот.

Таким образом, в диссертации С.С. Корсакова приведены материалы, свидетельствующие об успешном решении им поставленных научных задач – найдена научно-обоснованная методика расчета параметров поля помехового сигнала, появившегося в результате нелинейного преобразования облучаемого сигнала в помеховом нелинейном рассеивателе.

Теоретическая значимость результатов диссертации состоит в получении универсальной методики определения реакции помехового нелинейного рассеивателя в виде электрического диполя произвольной длины и произвольной нелинейной нагрузки на облучение узкополосным сигналом с произвольной частотой, что позволяет 1) находить амплитудные, частотные пространственные характеристики, 2) прогнозировать уровень появившейся нелинейной помехи в заданном направлении. Методика учитывает процессы приема облучающего сигнала, его канализации от приемной антенны к нелинейной нагрузке, преобразования сигнала в нелинейной нагрузке и переизлучения преобразованного сигнала в пространство с учетом величин импедансов нелинейной нагрузки и антенной части на частоте нелинейной помехи. Методика одновременно позволяет использовать результаты моделирования или физического измерения параметров антенной части и нелинейной нагрузки.

Практическая значимость полученных С. С. Корсаковым результатов, заключается в создании методики расчета эталонных нелинейных рассеивателей, позволяющих в широкой полосе частот облучающих сигналов выполнять калибровку стендов, измеряющих параметры нелинейно-рассеивающих объектов, в частности помеховых нелинейных рассеивателей или нелинейных радиоответчиков.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанная методика может быть использована при решении задач, связанных с проблемой ЭМС, в частности потенциальной предварительной оценкой новых радиоэлектронных приборов и устройств как источников нелинейных помех, например, ректенн или активных антенн, или активных антенных решеток, а также при синтезе нелинейных радиоответчиков. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в области радиолокации, радиовысотометрии и могут быть использованы в

АО «НПП «Салют» (г. Н. Новгород), АО «ФНПЦ «Нижегородский научно-исследовательский институт радиотехники»» (г. Н. Новгород), филиале ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякина» и др.

Публикации и апробация материалов диссертации

Соискатель по теме диссертации имеет 13 опубликованных научных работ, в том числе: 6 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 1 патент, 6 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. Материал, представленный в первой главе, сводится к описанию существующих подходов и способов расчета уровня поля, переизлучаемого нелинейным рассеивателем. Результат первой главы — методика определения уровня переизлучаемого поля нелинейной помехи в произвольной точке пространства всего лишь упоминается.
2. В начале первой главы диссертации без определения используются термины «радиофизические свойства нелинейных рассеивателей», «амплитудные характеристики нелинейного рассеивателя». Определение данных терминов дается в середине или в конце первой главы диссертации.
3. Некорректно использован термин «импеданс излучения» для входного импеданса антенной части нелинейного рассеивателя.
4. Отсутствуют данные экспериментальных исследований. В силу прикладного характера проводимых исследований отсутствие экспериментальных результатов можно было дополнить результатами электромагнитного моделирования с использованием современных САПР.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационного исследования С. С. Корсакова, которое выполнено на высоком научно-техническом уровне.

Заключение

Диссертационная работа С.С. Корсакова является законченной научной квалификационной работой, в которой автором на высоком профессиональном уровне получено решение актуальной научной задачи – разработана модель помехового нелинейного рассеивателя с произвольной антенной частью и произвольной нелинейной нагрузкой.

Анализ диссертации и автореферата С. С. Корсакова «Моделирование свойств помеховых нелинейных рассеивателей» позволяет утверждать, что в них содержатся научно-обоснованные решения, позволяющие выполнять моделирование взаимодействия помеховых нелинейных рассеивателей и электромагнитной волны, что имеет существенное значение для задачи обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Диссертационная работа С. С. Корсакова «Моделирование свойств помеховых нелинейных рассеивателей» удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Корсаков С. С., безусловно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв составлен по результатам обсуждения диссертации Корсакова Сергея Сергеевича на заседании научно-технического совета научно-исследовательского отделения разработки радиотехнических и измерительных систем (НТС НИО РТИС), протокол заседания НТС НИО РТИС от 27.11.19 № 9-2019.

Кашин Александр Васильевич,
доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заместитель главного конструктора филиала – начальник научно-исследовательского отделения 95-30-33 филиала Федерального

государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова», 603951, Россия, г. Нижний Новгород, Бокс № 486, тел. (831) 466-16-40, e-mail: aKashin@niiis.nnov.ru



Илларионов Иван Александрович,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела 95-30-3360 филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова», 603951, Россия, г. Нижний Новгород, Бокс № 486, тел. (831) 469-53-85, e-mail: illarionovi@list.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики», Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», 607188, Нижегородская обл., г. Саров, проспект Мира, д.37