Отзыв научного руководителя

на диссертацию Полторыхина Кирилла Михайловича
«Измерение нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с осциллирующими переходными характеристиками»
по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»
на соискание ученой степени кандидата технических наук

В настоящее время отсутствуют общепринятые способы характеризации нелинейно-инерционных свойств устройств, работающих в основной области частот (без или до/после переноса на несущую частоту). Соответственно, нет и основанных на измерениях моделей таких устройств, которые могли бы использоваться на уровне структурных схем как поведенческие модели.

Структурно мы разработали поведенческие модели устройств основной полосы частот, сочетающие простоту и приемлемую погрешность моделирования. В общем случае они имеют вид нелинейных многопетлевых рекурсивных фильтров (не выше третьего порядка) с интеграторами в обратных связях. Таким фильтрам легко сопоставить эквивалентные схемы в виде двухполюсников из нелинейных емкостей, индуктивностей и сопротивлений, что упрощает их восприятие инженерами. Однако на момент начала настоящего диссертационного исследования были разработаны методы измерения характеристических функций только для нелинейных рекурсивных фильтров первого порядка. Характеристические функции в моделях второго и третьего порядка определялись вариационными (итерационными) методами, что затрудняло оценивание погрешности их определения.

Сложность в безытерационном определении характеристических функций в моделях выше первого порядка определяется тем, что индуктивные элементы частично компенсируют инерционность емкостных. В результате оказывается проблематичным независимое определение характеристических функций элементов эквивалентной схемы. В диссертационной работе Полторыхина К.М. развивается принципиальное предложение о том, чтобы определять характеристики различных элементов по различным участкам переходного процесса. В модели второго порядка на начальную часть переходного процесса влияет, в основном, емкость, что дает возможность независимо определить характеристику емкостного элемента. После этого характеристика индуктивного элемента определяется по остаточному принципу.

В работе решен ряд вопросов, позволяющих получить приемлемую погрешность определения характеристических функций в реальных условиях измерения. Важным источником погрешности является сглаженный переход к быстрой части фронта в реально измеряемых переходных характеристиках устройств. Для отражения этого эффекта в модель добавлен фильтр Гаусса. При этом располагать точку определения характеристик емкостного элемента оказывается возможно только в средней части фронта, где определенное влияние начинает оказывать индуктивный элемент. Для уменьшения этого влияния предлагается принимать начальное приближение для тока индуктивного элемента с достаточной для практики неопределенностью (30…50%). Для оценивания методической погрешности измерения разработана мера, воспроизводящая осциллирующие переходные характеристики.

Приведены примеры выполнения измерений нелинейных переходных процессов для нескольких примеров объектов с малой и с большой нелинейностью. Во всех случаях погрешность моделирования переходных характеристик не превышает 3%, что является хорошим результатом для поведенческого моделирования.

В диссертации также отражены начатые работы по созданию программно-аппаратного комплекса, который совмещал бы в себе как прибор нового класса для измерения характеристик устройств основной полосы частот (характериограф), так и систему автоматизированного проектирования, в которую имплементируются нелинейные модели устройств, адекватные в режимах импульсных и сверхширокополосных воздействий.

Основные положения диссертации опубликованы в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК: две статьи в журналах из перечня ВАК по специальности диссертационного исследования, две статьи по смежным специальностям, одна статья в журнале, индексируемом в Scopus и Web of Science, четыре доклада на конференциях. Имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы использованы при выполнении НИР по увеличению дальности нелинейных видеоимпульсных локаторов, проводимой в Институте сильноточной электроники СО РАН, в проекте по созданию контрольно-измерительной аппаратуры в рамках программы развития передовой инженерной школы ТУСУР, в хозяйственном договоре с АО «НИИПП» по проведению моделирования для радиочастотных модулей. С ООО НПК «ТЕСАРТ» обсуждаются вопросы подготовки производства измерительного прибора, основанного на изложенных в настоящем диссертационном исследовании принципов.

Считаю, что диссертация соответствует паспорту специальности 2.2.13 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» в части п. 14 «Разработка и исследование методов моделирования радиотехнических устройств и систем», является завершенным научным исследованием, обладающим актуальностью, новизной и практической значимостью, соответствует требованиям, установленным в п. 9 «Положения порядке о присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 в редакции постановления Правительства № 415 от 18.03.2023, а Полторыхин К.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Я, Семенов Эдуард Валерьевич, научный руководитель аспиранта Полторыхина К.М., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы Полторыхина Кирилла Михайловича «Измерение нелинейных характеристик устройств основной полосы частот с осциллирующими переходными характеристиками», и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры
радиоэлектроники и систем связи ТУСУР
д.т.н., доцент _____ Э.В. Семенов
«25» 09 2026

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40
ФГАОУ ВО «Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники»
office@tusur.ru
+7 (3822) 51-05-30

Подпись Семенова Эдуарда Валерьевича
удостоверяю. Ученый секретарь ТУСУР _____ Е.В. Прокопчук
«__» _____ 2026