

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Шутова Владимира Дмитриевича
«Линеаризация СВЧ усилителей мощности методом цифровых предискажений», пред-
ставленную на соискание
учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальностям 01.04.03 – Радиофизика,
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

В современном мире все большее распространение получают беспроводные технологии, осуществляющие обмен данными между устройствами, не требующий связи их проводами. В качестве носителей используются электромагнитные волны различных диапазонов. Данные технологии позволяют исключить затраты на прокладку проводов и их обслуживание, а также позволяют сделать мобильными устройства обмена данными. Однако для работы мобильных устройств необходимо применение источников питания. В общем случае, используются химические источники питания, обладающие ограниченным сроком службы и низкой надежностью. Весомый вклад в ток потребления вносит передающий тракт. Поэтому при разработке одна из главных задач состоит в уменьшении тока потребления усилителя мощности, входящего в состав устройства. При этом увеличение КПД передающего тракта зачастую влечет за собой ухудшение линейности. В последнее время широкое распространение приобрел метод цифровых предискажений, что подтверждается большим числом публикаций по данной тематике в зарубежных и отечественных журналах. Но при этом малое внимание уделяется вопросам эффективности данного метода для сигналов с широкой полосой и вопросам применимости данного метода в системах связи с ППРЧ (псевдослучайной перестройкой рабочей частоты).

В этой связи диссертация Шутова В.Д. “ Линеаризация СВЧ усилителей мощности методом цифровых предискажений ”, посвященная исследованию и развитию метода цифровых предискажений, является *актуальной*.

Работа состоит из введения, 4 глав и заключения.

Во введении освещено состояние рассматриваемых в работе вопросов, сформулирована цель работы, основные задачи и методы исследования, научная новизна, практическая значимость и защищаемые положения.

Первая и вторая главы диссертационной работы содержат аналитический обзор. В них рассматриваются физические механизмы возникновения нелинейности, рассмотрены основные существующие методы увеличения линейности и КПД передающих систем, рассмотрен математический аппарат идентификации нелинейных динамических систем.

Помимо этого в первой главе указаны трудности реализации метода цифровых предсказаний в системах связи с ППРЧ и предложено решение данной проблемы путем разбиения используемого частотного диапазона на несколько участков и использования на каждом из них отдельного корректора.

Во второй главе выведены соотношения для итерационного обновления параметров различных моделей, обобщенные на случай комплексных величин, как на основе метода стохастического градиента, так и на основе рекурсивного метода наименьших квадратов.

Третья глава посвящена исследованию влияния различных параметров корректора и усиливаемого сигнала на эффективность работы метода цифровых предсказаний. Стоит отметить полноту и разнообразие исследованных зависимостей. При этом оценивался не только уровень внеполосного искажения сигнала, но и модуль вектора ошибки.

Четвертая глава содержит подробное описание разработанного программно-аппаратного измерительного комплекса. Также сформулирован ряд практических требований и рекомендаций при реализации цифровых корректоров. В конце главы приведены результаты практической реализации идей рассмотренных в диссертации.

К числу наиболее значимых новых научных результатов, полученных соискателем, на мой взгляд, относятся следующие:

1. Автором предложен модифицированный цифровой корректор для систем связи с ГПРЧ и выполнена экспериментальная проверка эффективности предложенной модификации.

2. Выведены корректные соотношения для итерационного обновления параметров корректоров, в основе которых заложены поведенческие модели.

3. Автором проведён сопоставительный анализ различных бесструктурных моделей и корректоров на их основе. Установлено, что наименьшая нормированная среднеквадратичная ошибка получается при описании нелинейной динамической системы моделью Вольтерры. При этом сходные с моделью Вольтерры результаты получаются при использовании модификаций данной модели, имеющих значительно меньшее число параметров. Установлено, что для всех исследуемых сигналов вполне удовлетворительные результаты даёт цифровой корректор на основе полиномиальной модели с памятью.

Высокая степень **обоснованности и достоверности** научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется тем, что они получены с использованием современных методов в области цифровой обработки сигналов, математического моделирования радиофизических устройств и экспериментальными исследованиями.

Из **недостатков** работы отмечу следующие:

1. В работе большое внимание уделено изучению эффективности работы корректора и моделей в зависимости от ширины полосы рабочего сигнала, при этом совсем не рассмотрено изменение эффективности от частоты несущего колебания.
2. В главе, посвященной моделированию, улучшение внеполосного излучения составляет порядка 20 дБ, а в практической части получены значения порядка 7-8 дБ. С чем связано такое различие?
3. В названии работы указано, что рассматриваются СВЧ усилители. Однако по тексту не совсем ясно, в чем особенность усилителей именно этого диапазона.

4. На мой взгляд, можно было бы уменьшить обзорные части первой и второй главы.

Вместе с тем, отмеченные недостатки не снижают общего позитивного впечатления от работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. В нем в лаконичной форме ясно изложены основные идеи и выводы по работе, показан определяющий вклад соискателя в проведенные исследования, степень новизны и практическая значимость.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

На основе анализа диссертации Шутова В.Д. «Линеаризация СВЧ усилителей мощности методом цифровых предсказаний» можно сделать следующие выводы:

1. Диссертация является научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача увеличение линейности передающего тракта за счет усовершенствования методов цифровых предсказаний, имеющая важное практическое значение.

2. Диссертация представляет собой завершённую работу, обладающую внутренним единством, содержит новые научные результаты, нашедшие практическое использование при разработке высоколинейных передающих трактов систем связи. Ее тематика соответствует п.2 (в части изучение нелинейных процессов взаимодействия и трансформации волн в искусственных средах), п.1 (в части разработки физических основ усиления и поиска путей создания высокоэффективных источников излучения миллиметрового) раздела «Области исследований» паспорта научной специальности 01.04.03 «Радиофизика»; п.5 (в части разработки специального математического и алгоритмического обеспечения систем управления), п.7 (в части методов и алгоритмы идентификации сложных систем) паспорта научной специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

3. Работа удовлетворяет требования Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, Шутов Владимир Дмитриевич, достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 “Радиофизика” и 05.13.01 “Системный анализ, управление и обработка информации”.

Официальный оппонент, профессор
кафедры основ конструирования и
технологии радиотехнических систем



Антипов О.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики».

Почтовый адрес: 443010, Россия, г. Самара, Л. Толстого улица, дом 23.

Рабочий телефон: +7(846)332-58-53

Адрес электронной почты: oleg1307@mail.ru

Подпись Антипова О.И. заверяю
Ученый секретарь ученого совета



Витевская О.В.