ОТЗЫВ

официального оппонента,

на диссертацию Шипило Евгения Михайловича

«РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИБРИДНО - ИНТЕГРАЛЬНЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ В КОРОТКОВОЛНОВОЙ ЧАСТИ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН ДЛЯ ПЕРЕДАТЧИКОВ ДОПЛЕРОВСКИХ РЛС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Актуальность темы диссертации обусловлена продвижением СВЧ транзисторов в сантиметровый и миллиметровый диапазоны длин волн и заменой электровакуумных задающих генераторов и маломощных предварительных усилителей полупроводниковыми модулями. Решение этой задачи не только обеспечивает уменьшение массы и габаритных размеров передатчиков, но и существенно расширяет тактико-технические характеристики РЛС.

Для создания твердотельных усилителей с заданными параметрами потребовалось решить следующие задачи проектирования усилителей: разработка методов проектирования согласующих цепей мощных усилительных каскадов; выбор оптимальной структурной схемы, которая обеспечивает требуемую форму огибающей импульса выходного сигнала и качество спектра. Доступная литература не содержит необходимой для проектирования информации. По этой причине разработка методов, позволяющих проектировать СВЧ усилители мощности с высоким качеством спектра выходного сигнала, и создание на их основе СВЧ твердотельных усилителей для передатчиков доплеровских РЛС является актуальной.

Представленная диссертация является законченной научно-исследовательской работой и отражает существенный вклад соискателя научной степени в развитие отечественной полупроводниковой СВЧ электроники и расширение объемов промышленного производства новых РЛС.

Диссертация состоит из введения, семи глав и заключения.

Во введении сформулированы задачи работы, результаты, выносимые на защиту, актуальность, научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе диссертации представлена разработанная автором методика моделирования усилителя мощности на основе «виртуального» транзистора. Метод позволяет на основе линейного анализа определить топологию выходной согласующей цепи усилителя с выходной мощностью $P_{вых}$~4-8 Вт.

Во второй главе рассмотрен метод проектирования усилительного каскада, основанный на электромагнитном анализе топологии схемы. Автором предложена методика проектирования, в которой оптимальность вспомогательных топологических элементов конструкции каскадов подтверждается последовательным сравнением характеристик исходной схемы и схемы с введенным дополнительным элементом, конструкция которого оптимизируется в данный момент.

В третьей главе рассматривается процесс проектирования структурной схемы многокаскадных усилителей. Автором создана база данных транзисторов и программа расчета, позволяющая сформировать оптимальную структурную схему усилителя путем перебора возможных вариантов.

В четвёртой главе рассматриваются вопросы обеспечения устойчивости усилителя. Рассмотрен механизм самовозбуждения, связанный с коэффициентом обратной передачи, параметрических колебаний и предложен метод их устранения.

В пятой главе рассматриваются метод оптимизации топологии согласующих цепей усилительных каскадов путём компьютерной обработки фотографий настроенных приборов. Предложенный метод оптимизации позволяет:

- выявить отклонения в топологии;
- провести корректировку конструкции без дополнительных расчетов;
- сократить время настройки при серийном производстве.

В шестой главе рассматриваются вопросы формирования импульса СВЧ мощности, конструкция модулятора по цепи смещения и цепи питания транзистора. Показана возможность сглаживания спада импульса за счет снижения напряжения питания транзистора.

В седьмой главе рассматриваются вопросы регулировки выходной мощности усилителя с помощью аттенюатора и путем изменения напряжения питания выходного каскада. Показаны особенности огибающей СВЧ импульса в зависимости от режима работы усилителя.

Заключительный раздел обобщает основные выводы и результаты работы.

Достоинством диссертации является сочетание новых идей и достаточно подробных модельных исследований с основательными экспериментальными данными и масштабной реализацией научных результатов в реальные промышленно выпускаемые радиоэлектронные изделия.

Материал по поставленным задачам и их реализации изложен достаточно подробно. Достоверность выдвинутых научных положений подтверждена достаточно основательно.

Новизна представленных научных результатов подтверждена достаточным объемом публикаций.

Следует отметить наиболее значимые результаты работы, представленные в диссертации:

1 Разработана методика проектирования цепей согласования ПТШ, основанная на концепции виртуального транзистора.

2 Разработана методика и программное обеспечение, позволяющие формировать структурные модели мощных многокаскадных усилителей в заданном диапазоне частот и выходных параметров на широкой номенклатуре серийных полевых транзисторов с минимальными затратами рабочего времени.

3 Предложен способ подавления параметрической неустойчивости усилительных каскадов путём введения в структурную схему усилителя реактивных элементов, создающих фазовый сдвиг на частоте паразитного самовозбуждения.

4 Разработана методика оптимизации конструкции усилителя путём компьютерной обработки фотографий настроенных приборов и программное обеспечение, позволяющие создавать топологию многокаскадных усилителей мощности см диапазона длин волн с минимальным временем настройки.

5 Разработана схема модулятора напряжения питания транзистора позволяющая изменять длительность импульса от 50 нс до непрерывного режима при стабильности выходного напряжения не хуже 1 %.

6 Разработаны рекомендации по выбору оптимального способа регулировки выходной мощности усилителя.

7 Разработан 21 тип твердотельных усилителей работающих в составе современных РЛС противовоздушной и противоракетной обороны.

Задачи, сформулированные при постановке работы, и сами результаты работы полностью соответствуют заявленной цели.

К недостаткам диссертационной работы следует отнести:

- В главе 1 не указаны границы применимости методики «виртуального» транзистора по частотному диапазону.

- В разделе 3.3.4 говорится о том, что коэффициент усиления и максимальная выходная мощность обратно-пропорциональны абсолютной

температуре канала транзистора, что является приближением, которое справедливо в некотором температурном диапазон. В работе не говорится, в каком температурном диапазоне справедливо это утверждение.

- В работе не приведены обоснования частотных пределов применимости методики, описанной в главе 3.

- Некоторые общеизвестные методы проектирования усилителя мощности описаны слишком детально, например цепи сумматоров и делителей мощности в главе 2.

Отмеченные недостатки не меняют общую положительную оценку диссертации.

Актуальность решенных задач, научная новизна и практическая значимость полученных результатов позволяют сделать заключение, что рецензируемая диссертационная работа отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Е.М. Шипило заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Официальный оппонент,
зав. лабораторией микроволновой техники
Института космических исследований РАН,
доктор технических наук _____ А.С. Косов
Моб. телефон: 8-916-1279617; Email: akosov@iki.rssi.ru
ИКИ РАН, Профсоюзная 84/32, Москва, 117997

31.03.2017

Подпись А.С. Косова заверяю:
Ученый секретарь ИКИ РАН
Д.ф.-м.н. _____ А.В. Захаров