

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор  
АО «Светлана-Рост» к.ф.м.н.  
Чалый В.П.



## ОТЗЫВ

ведущей организации АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «СВЕТЛАНА-РОСТ» на диссертационную работу Березняка Анатолия Федоровича «Синтез и реализация интегральных схем твердотельных СВЧ переключателей с контролируемым уровнем нелинейных искажений дециметрового и сантиметрового диапазона длин волн», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

### 1. Актуальность темы диссертационной работы

Для построения большинства современных инфокоммуникационных систем широко востребованы СВЧ устройства, сохраняющие работоспособность в широком динамическом диапазоне радиосигналов. Одним из таких устройств, параметры которого оказывают существенное влияние на динамический диапазон всей системы в целом, является антенный СВЧ переключатель.

При изготовлении СВЧ переключателей и малошумящих усилителей приемного тракта наиболее широкий динамический диапазон обеспечивают, как правило, арсенид галлиевые технологии. В свою очередь, нитрид галлиевая технология при изготовлении СВЧ переключателей и усилителей мощности позволяет достичь максимальной плотности излучаемой мощности из передающего тракта с минимумом паразитных излучений. Таким образом, технологии на основе полупроводников группы А3В5 остаются непревзойденными для обеспечения максимального динамического диапазона; в то же время, проблема проектирования и изготовления входной/выходной части (т.е. антенного переключателя) СВЧ МИС приемопередающих модулей остается по-прежнему многофакторной и предполагает обширное поле для оптимизации.

Из вышесказанного следует, что диссертационная работа Березняка А.Ф., посвященная синтезу и реализации интегральных схем твердотельных СВЧ переключателей с контролируемым уровнем нелинейных искажений дециметрового и сантиметрового диапазона длин волн, является актуальной и востребованной для использования в современных инфокоммуникационных и радиолокационных системах.



## 2. Научная новизна и научная значимость

Научная новизна результатов диссертационного исследования состоит в следующем:

1) Предложена обобщенная компактная модель полевого транзистора, на основе библиотеки стандартных элементов в составе PDK фирмы, изготавливающей СВЧ МИС. Данная модель позволяет синтезировать МИС СВЧ переключателя с заданными параметрами (вносимые потери и развязка) и оценить интермодуляционные искажения синтезированного СВЧ переключателя.

2) Разработана процедура синтеза МИС СВЧ переключателя, основанная на методике синтеза фильтров частот, и предлагающая аналитический расчет зависимости ширины затвора последовательного и параллельного транзистора в Г-образном СВЧ переключателе в зависимости от требуемой развязки и вносимых потерь.

3) Создана методика оценки нелинейных параметров МИС СВЧ переключателя на основе полевых транзисторов группы АЗВ5. На первом этапе предложено оценить нелинейные свойства полевых транзисторов по двум параметрам  $IP3$  (точка пересечения интермодуляционных искажений третьего порядка):  $IP3_{on}$  для транзистора в состоянии «включено» и  $IP3_{off}$  для транзистора в состоянии «выключено», после чего, на втором этапе, оценить интермодуляционные искажения МИС СВЧ переключателя.

Научная значимость результатов диссертационного исследования заключается в методе нахождения оптимального решения при выборе компромисса между вносимыми потерями, развязкой и интермодуляционными искажениями синтезируемого СВЧ переключателя.

## 3. Практическая значимость результатов диссертационного исследования

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработке надежных методов синтеза и оценки нелинейных искажений МИС СВЧ переключателя. Предложенная методика синтеза МИС СВЧ переключателей позволяет исключить эмпирическую стадию при проектировании СВЧ переключателя и, тем самым, увеличить выход годных изделий и снизить временные затраты на разработку. Предложенная методика оценки нелинейных искажений МИС СВЧ переключателя позволяет обоснованно выбрать фирму –изготовителя, исходя из приоритетов заказчика по параметрам: развязка, вносимые потери или интермодуляционные искажения в требуемом диапазоне частот.

Результаты работы можно рекомендовать к внедрению на предприятиях, занимающихся разработкой электронной компонентной базы и исследованиями в области



микроэлектроники и телекоммуникаций, в частности, ОАО «Авангард», АО «ВНИИРА», АО «НИИ «ВЕКТОР», АО «РИРВ», АО «Светлана-Электронприбор», АО «ОКБ Планета», АО «НПФ «Микран».

#### **4. Замечания по диссертационной работе и автореферату**

По тексту диссертационной работы и автореферата имеются следующие замечания:

1. В главе 2 при разработке методики синтеза не учтено влияние допусков на параметры стандартных элементов в составе PDK на разброс параметров синтезируемой МИС СВЧ переключателя.

2. В главе 4, на наш взгляд, не хватает описания библиотеки стандартных элементов в составе PDK и идентификации их параметров, неясно назначение технологического монитора и методик измерения электрофизических параметров, необходимых для построения PDK.

3. На рисунках во второй и третьей главе диссертации, а также в автореферате, изображение резисторов не соответствует ГОСТам Российской Федерации.

4. В диссертации присутствуют стилистические и синтаксические огрехи.

Несмотря на указанные замечания, работа производит положительное впечатление. Предложенные методики синтеза МИС СВЧ переключателей и оценки интермодуляционных искажений могут быть рекомендованы для использования при разработке компонентной базы современных инфокоммуникационных систем.

#### **5. Заключение**

Диссертация **Березняка Анатолия Федоровича «Синтез и реализация интегральных схем твердотельных СВЧ переключателей с контролируемым уровнем нелинейных искажений дециметрового и сантиметрового диапазона длин волн»**, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО СПбПУ», утвержденным приказом №795 от 28.05.2020 (**пункты 2.1-2.8**), предъявляемым к кандидатским диссертациям, поскольку является научно-квалификационной работой, в которой содержится изложение новых научно обоснованных технических решений и разработок, имеющих существенное значение для развития страны, а ее автор - **Березняк Анатолий Федорович** - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен на заседании научно-технического совета  
АО «Светлана-Рост» (протокол № 9 от 07.09.2020 г.).

Председатель научно-технического совета,

заместитель генерального директора по развитию

АО «Светлана-Рост», к.ф.-м.н.



Филаретов Алексей Гелиевич

Главный конструктор направления

АО «Светлана-Рост»



Фазылханов Олег Рафикович

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "СВЕТЛАНА-РОСТ"

Энгельса пр., д. 27, Санкт-Петербург, Россия , 194156

Тел.: (812) 313-54-51, факс: (812) 320-43-94

www.svetlana-rost.ru, e-mail: info@svrost.ru