

141070

г. Королев

Московской области,

ул. Ленина, 4-а

Телеграфный "ГРАНИТ"

Телефон: (495) 513-86-55

Факс: (495) 513-88-70, 513-86-20, 513-80-20

E-mail: post@rsce.ru

http://www.energia.ru



имени С. П. КОРОЛЕВА

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый заместитель генерального  
конструктора - главный  
конструктор автоматических  
космических комплексов и систем

И. В. Фролов

2017 г.

29.06.2017

№

УФ-8/453

На № \_\_\_\_\_

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Лосева Александра Александровича  
«Разработка и анализ технических решений усилителя мощности  
спутникового ретранслятора, построенного методом дефазирования»,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и  
устройства телевидения»

#### Актуальность темы диссертации

В настоящее время широко исследуется вопрос повышения КПД усилителей мощности бортовых ретрансляционных комплексов (БРК) в космических аппаратах (КА) спутниковой связи. Способами решения данного вопроса являются использование квазилинейных режимов усиления с компенсацией возникающих нелинейных искажений и регулировкой рабочей точки усилителя, введение обратных и прямых связей компенсации искажений сигнала и другие. Так же в последнее время интенсивно развиваются цифровые методы линеаризации характеристик усилителя с помощью внесения предискажений в усиливаемый сигнал.

Работа направлена на повышение линейности усилителей используемых в бортовых ретрансляторах спутниковых систем связи, с

Вход. №

07/17

«31»

07 2017г.

подпись

Зайт

обеспечением минимальных искажений усиливаемых сигналов и минимального уровня внеполосного излучения при минимизации бортовых энергозатрат.

Исходя из вышеизложенного, тема диссертационной работы Лосева Александра Александровича, в которой предлагается метод исследования построенных усилителей мощности методом дефазирования (УМДФ), при рациональном использовании энергетической мощности КА, является актуальной.

### **Научная новизна полученных результатов**

В работе получены новые научные результаты, заключающиеся в следующем:

- разработана математическая модель, которая позволила провести исследования влияния на линейность и энергетическую эффективность усиления постоянной времени пикового детектора, который используется в предложенных УМДФ для оценки максимального значения амплитуды усиливаемого сигнала, а также снижения нелинейных искажений, достигаемое в УМДФ за счёт использования схем с одним фазовым модулятором вместо двух;

- разработан новый аналитический метод оценки влияния различных фазовых сдвигов и коэффициентов усиления нелинейных усилителей мощности в трактах УМДФ на его линейность при усилении многоканальных сигналов, который учитывает неидеальность предложенных в работе УМДФ.

### **Практическая значимость результатов диссертационной работы**

Практическая значимость результатов полученных автором диссертации от применения разработанных методов исследования усилителя мощности БРК, использующего принцип дефазирования заключается в следующем:

- предложен новый тип усилителя мощности БРК с использованием принципа дефазирования с целью компенсации численными методами предварительных помех в усиливаемом групповом сложном сигнале;

- разработана математическая модель, позволяющая производить оценку уровня мощности нелинейных искажений сигнала в занимаемой им полосе частот и внеполосного излучения в смежной полосе с помощью аналитического расчёта корреляционных функций.

### **Достоверность результатов**

Полученные результаты не противоречат физики исследуемых процессов и совпадают с результатами полученными другими авторами. Материалы диссертации обсуждались и получили одобрение на Всероссийских и международных конференциях.

### **Замечания**

1. Заявленная автором одна из целей диссертационной работы «снизить потребление ограниченной мощности космической платформы» за счет применения усилителя мощности, построенного методом дефазирования, по нашему мнению в значительной степени не достижима. Применительно к рассматриваемой ситуации, путем уменьшения потери выходной мощности с -3 дБ до -1 дБ для усилителя мощности спутникового канала связи, можно получить выигрыш около 2 дБ. Однако реализовать его в полной мере с уменьшением затрат электроэнергии не удастся, даже со схемой «рекуперации» о которой говорит автор работы. Пиковая реактивная мощность в этой схеме будет примерно в четыре раза превышать мощность одного усилителя, что отразится на соответствующем росте энергетических затрат.

2. В контексте использования в УМ ламп бегущей волны (ЛБВ) и устройств «рекуперации» можно ожидать практически двукратного увеличения массы ретранслятора. При проектировании КА важно минимизировать массовый бюджет аппарата. В случае использования предлагаемого технического решения УМ увеличение массы БРК будет

большим, чем в случае увеличения массы системы энергоснабжения КА от Солнца для воспроизводства сэкономленной в БРК части электроэнергии.

3. Обоснованное автором требование, что комплексные коэффициенты усиления трактов должны отличаться от среднего не более чем на 2-3%, потребует специального отбора из значительного числа серийных ламп. Не выполнение требования приведет к технической не реализуемости резервирования усилителей при их отказе в полёте.

Отмеченные недостатки не снижают научную и практическую значимость диссертационной работы, так как разработанная автором математическая модель и методы проведения исследований позволяют проводить необходимые изыскания для принятия обоснованного технического решения по размещению УМ БРК на борту КА при всей сложности аспектов проектирования КА в целом.

#### **Заключение**

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему. В результате проведенных исследований диссертантом разработаны новые методы анализа УМДФ. На основе разработанных методов, созданы математические модели позволяющие провести анализ нелинейных искажений, возникающих при усилении сигналов в УМДФ. Проведён сравнительный анализ эффективности технических решений, направленных на снижение нелинейных искажений сигналов в спутниковых ретрансляторах методом дефазирования. Выработаны практические рекомендации по использованию предложенных технических решений УМДФ, которые позволяют проводить сравнительный анализ с другими методами цифровой линеаризации характеристик усилителя. Предложенные технические решения защищены патентами и свидетельством о регистрации программы для ЭВМ.

Полученные результаты, приведенные в диссертационной работе, в достаточной степени аргументированы и обоснованы. Они полностью

раскрывают преимущества и недостатки рассматриваемого технического решения. Что касается комплексного анализа применения непосредственно УМДФ в составе БРК на борту КА, то такую задачу автор перед собой не ставил.

Автореферат диссертации отражает основные результаты работы.

В целом, представленная диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Лосев Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Начальник отдела, к.т. н.  
доцент по специальности  
(Специальность 20.01.12)



Соколов Виталий  
Михайлович

Главный специалист, к.т.н.  
(Специальность 05.07.09)



27.06.17

Ковтун Владимир  
Семёнович

Заместитель начальника  
радиочастотной службы



Смирнов Игорь  
Вениаминович

Подписи Соколов В.М., Ковтуна В.С., Смирнова И.В.  
заверяю

Ученой секретари кр-ми



О.И. Хайдаров