

УДК

# Разработка СВЧ монолитной интегральной схемы усилителя Догерти S диапазона частот

А.В. Когай, А.О. Туров, Ю.А. Миллер

АО «НПФ «Микран»

**Аннотация:** в данной работе представлены результаты моделирования монолитной интегральной схемы усилителя Догерти S диапазона частот. Проведен расчет согласующих цепей усилителя. Представлен анализ линейных и нелинейных характеристик усилителя.

**Ключевые слова:** усилитель, догерти, выходная мощность, кпд, согласующая цепь

## 1. Введение

Несмотря на то, что схемы усилителей Догерти появились еще в прошлом столетии, разработка подобного рода функциональных узлов все еще остается актуальной. Высокий уровень КПД в широком динамическом диапазоне позволяет использовать их для передачи модулированных сигналов, в том числе для систем 5G.

В работе проведено моделирование линейных и нелинейных параметров усилителя на основе технологического процесса АЗВ5 с топологической нормой 0.25 мкм, представлена общая методология разработки, а также приведена топологическая реализация усилителя Догерти.

## 2. Принцип работы усилителя Догерти

В общем виде в состав схемы усилителя Догерти входят два усилителя: несущий и пиковый. Несущий представляет собой линейный усилитель класса АВ, а пиковый – нелинейный усилитель класса С. Функциональная схема усилителя Догерти изображена на рисунке 1.

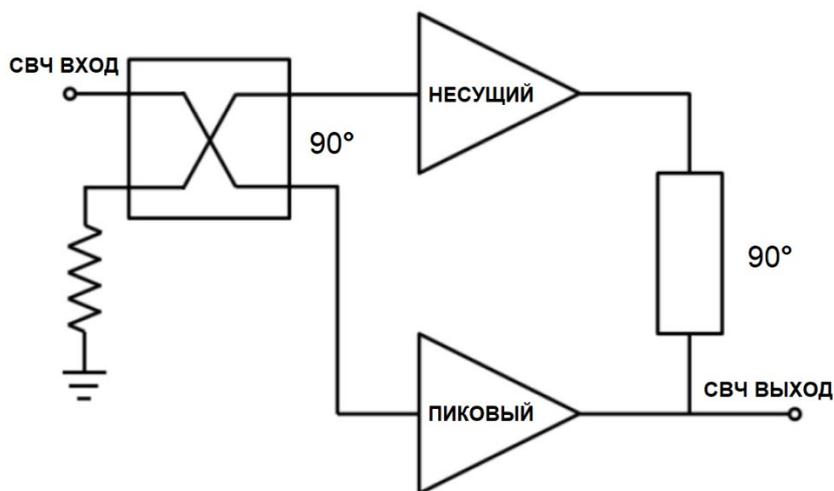
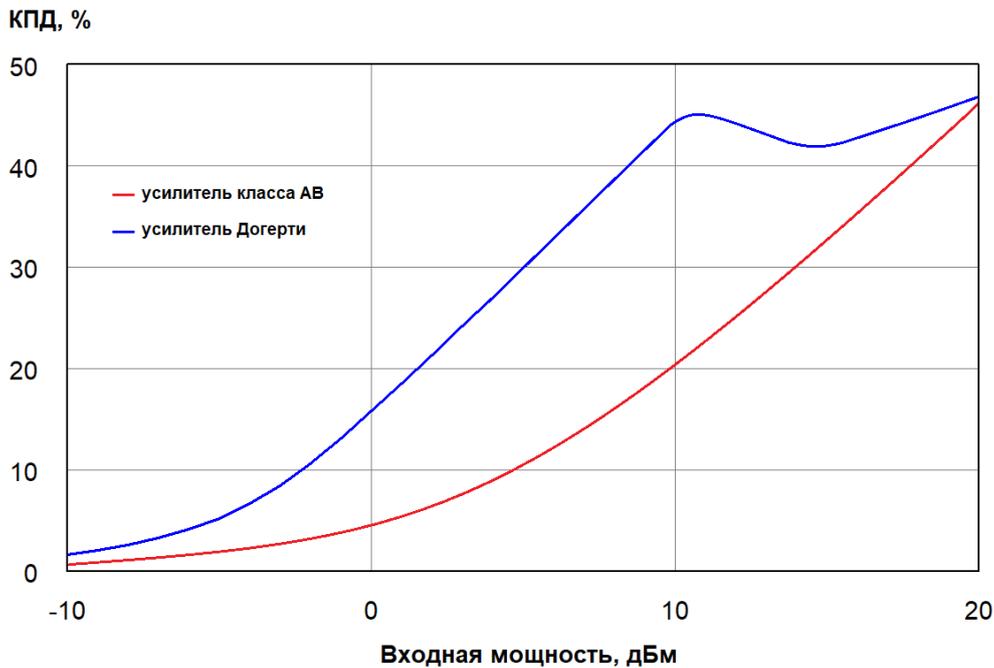


Рисунок 1. Функциональная схема усилителя Догерти.

Рабочая точка несущего усилителя соответствует классу АВ, что позволяет реализовать близкий к усилителям класса В коэффициент полезного действия без потери линейности. Пиковый усилитель, работающий в классе С обеспечивает высокий уровень КПД в режиме насыщения.

Разность рабочих точек несущего и пикового усилителей дает возможность применения схемы Догерти для работы с относительно низкими и высокими уровнями входного сигнала без потери энергоэффективности. Наглядная разница в энергоэффективности между классическим усилителем класса АВ и усилителем Догерти представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2.** Сравнительный график энергоэффективности усилителя Догерти и классического усилителя класса АВ.

При низком уровне входного сигнала фактически работает только несущий усилитель. По мере сжатия несущего усилителя, и увеличения уровня входного сигнала начинает работать пиковый усилитель. Таким образом достигается энергоэффективность в широком динамическом диапазоне.

### 3. Разработка и топологическая реализация

Симметричная структура усилителя предполагает параллельное включение транзисторов по схеме общий исток. Суммарная выходная периферия определяет уровень выходной мощности в режиме насыщения. Поскольку в режиме насыщения фактически активными являются и несущий и пиковый усилители.

Выходной каскад включает в себя объединенную схему питания по стоку. Схемы смещения по затвору изолированы, что позволяет реализовать отдельную ручную подстройку режимов усилителей.

Два промежуточных каскада отвечают за достижение линейного усиления в рабочем диапазоне частот, а также отвечают за обеспечение требуемого уровня сигнала на входе выходного каскада. Симметричная структура промежуточных каскадов с отдельными схемами питания и смещения также позволяет обеспечить ручную настройку режимов.

Входной фазосдвигающий сумматор/делитель развязывает между собой усилители и вносит требуемый фазовый сдвиг между плечами. Таким образом в совокупности с инвертирующим шлейфом выходного каскада сумматор обеспечивает корректную работу усилителя при разных уровнях входного сигнала.

На рисунке 3 представлены ключевые параметры усилителя Догерти по результатам моделирования.

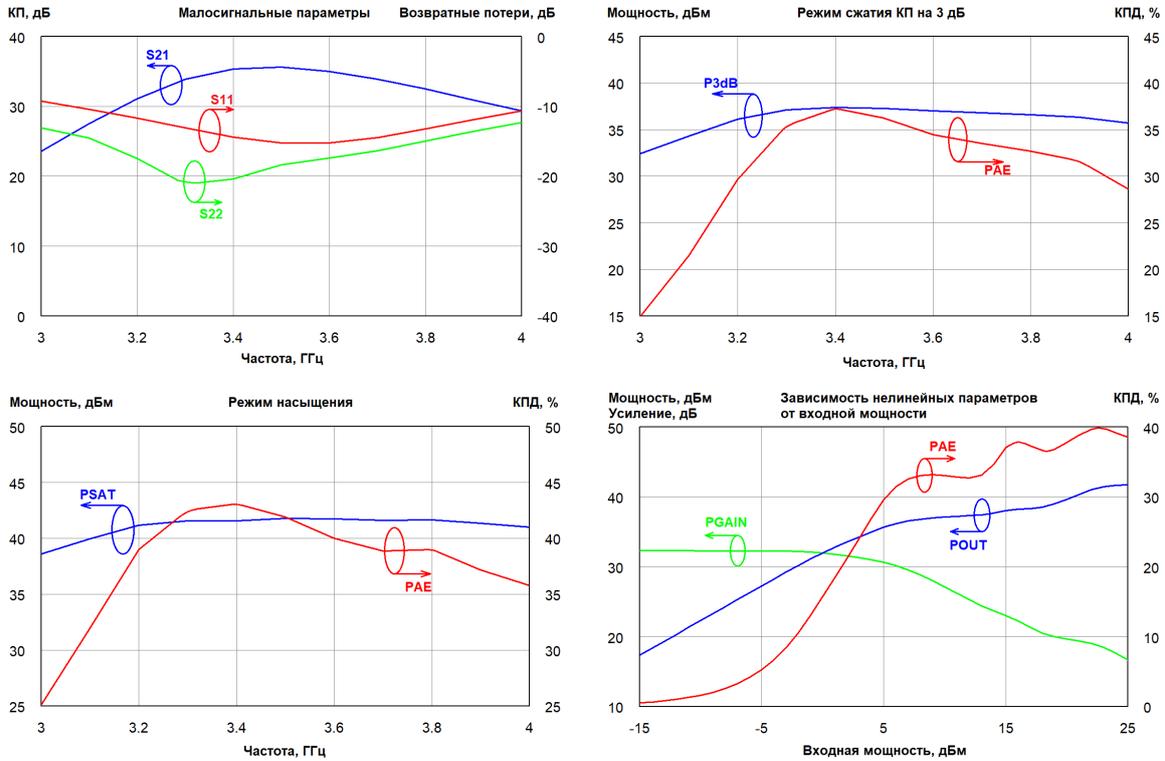


Рисунок 3. Ключевые параметры усилителя Догерти по результатам моделирования.

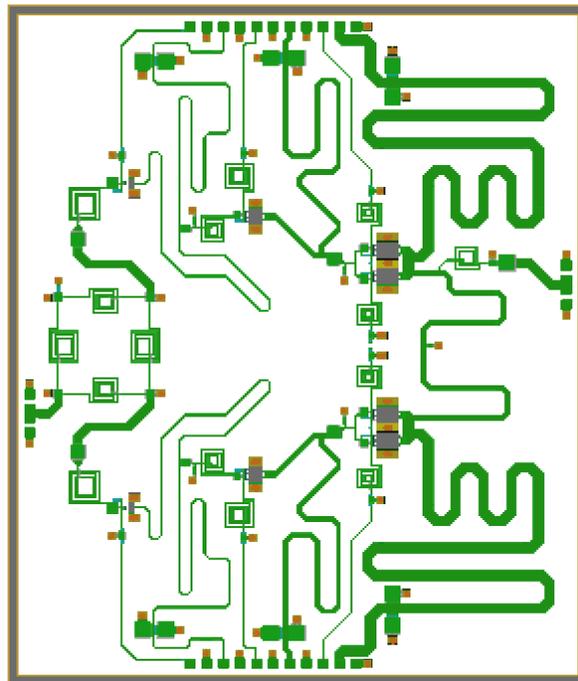


Рисунок 4. Топологическая реализация усилителя Догерти.

#### 4. Заключение

В работе были представлены результаты моделирования усилителя Догерти. Представленная разработка показывает возможность реализации высокого уровня энергоэффективности в широком динамическом диапазоне, что достигается благодаря симметричной структуре и работе несущего и пикового усилителя в разных режимах.

#### Список литературы

1. Andries P. de Hek. Design realization and test of GaAs-based monolithic integrated X-band high-power amplifiers. // Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven. – 2002. – P.145-148,161-165.
2. Smith R., Glynn S., Greene J., Devlin L. A Fully Integrated 3.5GHz Single Chip GaN Doherty PA for sub-5GHz 5G // Plextek RFI.
3. Gustaffson D. Theory and Design of Wideband Doherty Power Amplifiers. // Chalmers University of Technology. – 2012.