

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ НА ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

© 2016 г. Н.Д. ШМАКОВ, Р.Ю. ИВАНЮШКИН

Московский технический университет связи и информатики  
e-mail: Shmaki-shmak@yandex.ru

Усилители бегущей волны с распределенным усилением позволяют обеспечить работу в широком диапазоне частот и с постоянным коэффициентом усиления в данном диапазоне. Такие усилители строятся на основе искусственных длинных линий, в которых в качестве емкостных элементов используются входные, либо выходные емкости усилительного прибора (активного элемента). В усилителях с распределенным усилением в качестве активного элемента могут применяться: лампы, биполярные транзисторы, либо полевые транзисторы. К основным преимуществам УРУ относят:

- 1) Постоянный коэффициент усиления в заданном диапазоне частот.
- 2) На сопротивление выходной линии оказывает влияние выходная емкость только одного активного элемента.
- 3) Возможность усиления в широком диапазоне частот вплоть до сотен МГц.
- 4) Распределенное теплоотведение позволяет существенно упростить задачу охлаждения усилителя в целом.

К недостаткам УРУ следует отнести низкий КПД, который обычно не превышает 50%.

На рис. 1 представлена упрощенная принципиальная схема усилителя с распределенным усилением (УРУ) на полевых транзисторах.

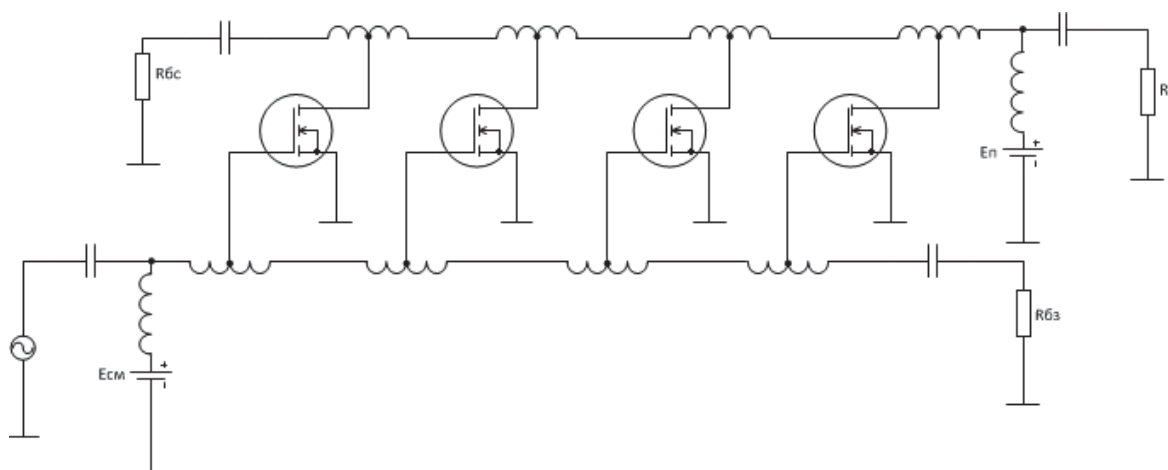


Рис. 1. Схема усилителя с распределенным усилением.

Из рис. 1 видно, что к выходному электроду (стоку) и к входному электроду (затвору) подключены катушки индуктивности, совместно с которыми выходные и входные емкости транзистора образуют искусственные длинные линии. Источник сигнала, подключенный к входной(затворной) линии, за счет которого возникает бегущая волна, которая в свою очередь создает напряжение возбуждения на затворах транзисторов.

Балластное сопротивление согласует входную линию по выходу. Согласование линии требуется для того, чтобы в ней отсутствовала обратная волна.

Ток стока каждого из транзисторов создает в выходной линии две волны. Одна волна является прямой и распространяется в сторону нагрузки. За счет того, что волны в сторону нагрузки идут синфазно, в нагрузке происходит сложение прямых волн от всех транзисторов. Другая волна называется обратной. Распространяется данная волна в сторону балластной нагрузки. Данный тип волн распространяется не синфазно и поглощаются в балластной нагрузке. АЧХ УРУ определяется граничной частотой звеньев линии. [2]

Усилители с распределенным усилением классифицируются по нескольким типам:

- 1) По расположению диапазона частот на шкале частот:
  - Полосовые УРУ. Интервал частот такого УРУ располагается от  $f_n$  до  $f_b$
  - УРУ нижних частот. Интервал частот находится в пределах от 0 до  $f_b$ .
- 2) В зависимости от типа нагрузки УРУ делятся на:
  - Усилители напряжения
  - Усилители мощности
- 3) По типу усиливаемых сигналов УРУ делятся на:
  - Широкодиапазонный усилитель гармонических сигналов. В таком случае ширина спектра должна быть меньше несущей частоты и меньше полосы частот УРУ. Таким образом, усиливаются гармонические сигналы, несущая частота которых меняется внутри диапазона частот УРУ.
  - Усилитель широкополосного сигнала. Усиливается широкополосный сигнал, спектр которого примерно равен ширине полосы частот усилителя.
- 4) По типу линий УРУ делятся на:
  - УРУ с однородной линией.
  - УРУ с неоднородной линией.
- 5) По типу элементов, из которых состоят искусственные линии:
  - Звенья L-С фильтра.
  - Отрезки микрополосковых линий
  - Отрезки коаксиальных линий
  - Отрезки волноводов

Так же УРУ могут быть выполнены на монолитных интегральных схемах (МИС). На рис. 2 представлена схема GaAs МИС [3]. Полоса рабочих частот составляет 0.01-20 ГГц, а коэффициент усиления 10 дБ.

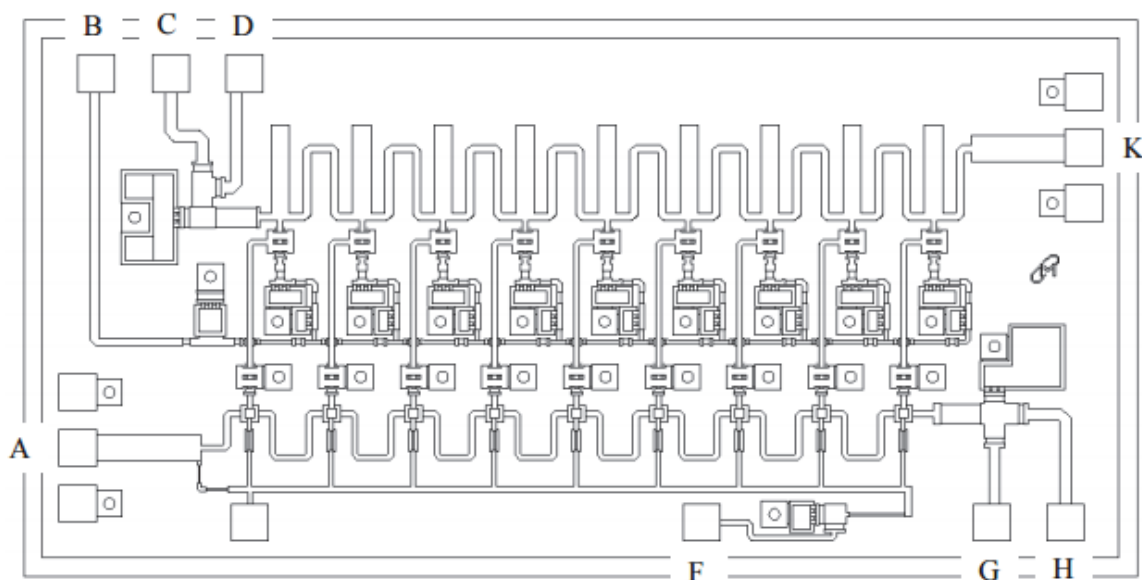


Рис. 2. Топология МИС УРУ.

Выходная линия в данной топологии выполнена с нагрузочными емкостями в виде отрезков холостых микрополосковых шлейфов для выравнивания фазового набега с входной передающей линией. Питание осуществляется тремя напряжениями питания, которые подаются:

- 1) + 7 В, подается на выходную контактную площадку «К».
- 2) +1.5 В и -1 В подаются на контактные площадки «В» и «F» соответственно. Используются для подачи напряжения смещения на затворы верхних и нижних транзисторов секций.

Оставшиеся контактные площадки служат, для:

- 1) А – вход.
- 2) С, D, G, H – низкочастотная блокировка
- 3) К – используется как выход, так и напряжение питания

Типовые малосигнальные S-параметры данной GaAs МИС представлены на рис. 3.

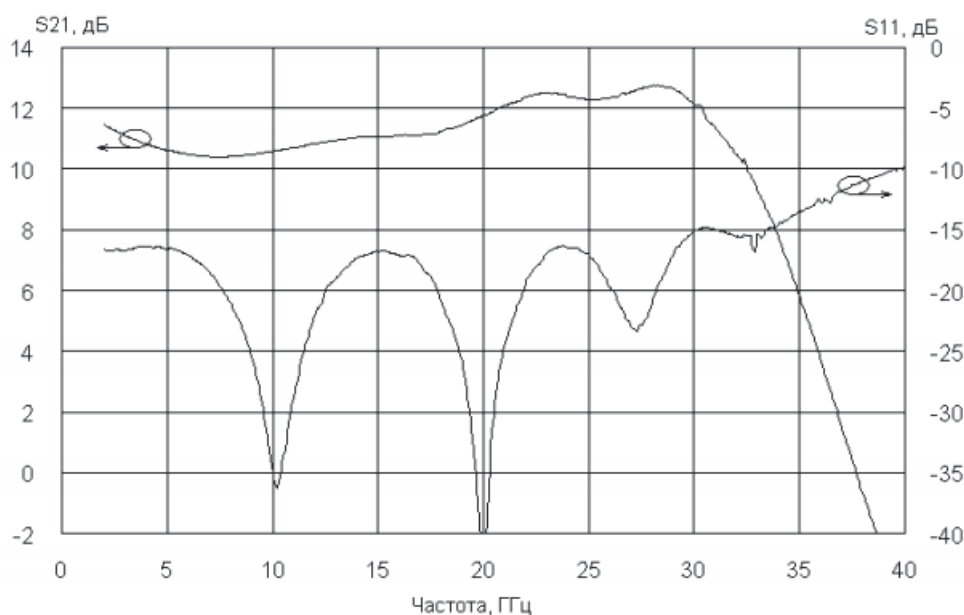


Рис. 3. Малосигнальные S-параметры МИС УРУ[3]

Разброс коэффициента усиления составляет не более 1.5 дБ, а неравномерность АЧХ составляет не более 2.5 дБ в рабочей полосе частот.

Задачей исследования является моделирование УРУ на искусственных LC-линиях и полевых транзисторах (ASIBLF278) в пакете Micro-Cap. Перед моделированием делается расчет усилителя с распределенным усилением на однородных линиях по теоретическим формулам [1], разработанным применительно к УРУ на лампах.

Основным преимуществом УРУ с однородной выходной линией перед УРУ с неоднородной линией является обеспечение заданной мощности при меньшем количестве усилительных элементов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев О.В. Усилители мощности с распределенным усилением. – Ленинград: Издательство «Энергия». Ленинградское отделение, 1968
2. Шахгильдян В.В., Шумилин М.С., Козырев В.Б. и др. Проектирование радиопередатчиков // Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2000, 4-е изд., с. 177-186.
3. Арыков В.С., Дмитриев В.Д., Коротаев В.М., Шишкин Д.А. GaAs МИС усилителя распределенного усиления[Электронный ресурс]. URL: [http://www.micran.ru/sites/micran\\_ru/data/UserFile/File/Publ/2012/GaAs\\_MMIC\\_of\\_distributed\\_amplifier.pdf](http://www.micran.ru/sites/micran_ru/data/UserFile/File/Publ/2012/GaAs_MMIC_of_distributed_amplifier.pdf) (дата обращения 22.09.2016).