Губарев Д.Е.¹, Кочубей А.С.¹, Зикий А.Н.²

Усилитель мощности на микросхеме

¹Таганрогский научно-исследовательский институт связи АО «ТНИИС»

²Южный федеральный университет «ИТИБ ЮФУ»

(Россия, Таганрог)

doi: 10.18411/lj-08-2020-59

idsp: ljjournal-08-2020-59

Аннотация

Проведено экспериментальное исследование усилителя мощности дециметрового диапазона. В качестве результатов эксперимента представлены:

- амплитудно-частотная характеристика в полосе 0,3 – 1300 МГц;
- четыре амплитудные характеристики на разных частотах;
- уровни второй и третьей гармоник при частоте входного сигнала 900 МГц.

Кроме того, в работе представлены принципиальная схема и фото макета усилителя мощности.

Усилитель рекомендуется использовать в диапазоне частот 900 – 1100 МГц. При этом он обеспечивает коэффициент усиления не менее 18 дБ и мощность 25 дБм на частоте 900 МГц.

Ключевые слова: усилитель средней мощности, амплитудно-частотная характеристика, амплитудная характеристика, уровень второй и третьей гармоник.

Abstract

An experimental study of a decimeter-range power amplifier was conducted. The results of the experiment are presented as follows:

- frequency response in the band 0.3-1300 MHz;
- four amplitude characteristics at different frequencies;
- second and third harmonic levels at 900 MHz input frequency.

In addition, the paper presents a schematic diagram and a photo of the power amplifier layout.

The amplifier is recommended for use in the frequency range 900-1100 MHz. At the same time, it provides a gain of at least 18 dB and a power of 25 dBm at a frequency of 900 MHz.

Keywords: medium power amplifier, amplitude-frequency response, amplitude response, level of the second and third harmonics.

Введение

Широкополосные усилители мощности нашли применение в измерительных генераторах и передатчиках помех, поэтому их исследование является актуальным. Имеется обширная литература, посвященная усилителям мощности, в том числе монографии [1 – 3], учебные пособия [4], статьи [5-7] и реклама [8].

Целью данной работы является экспериментальное исследование основных характеристик усилителя мощности на микросхеме TQP7M9103 [8].

В справочной литературе на эту микросхему приведено несколько вариантов включения, однако исследованный усилитель не повторяет ни одного из указанных вариантов.

К усилителю предъявляются следующие требования:

- Диапазон рабочих частот 900 – 1100 МГц;
- Максимальная выходная мощность 25 дБм;
- Коэффициент усиления в диапазоне рабочих частот не менее 18 дБ;

- Напряжение питания 5 В;
- Ток потребления не более 350 мА;
- Выходное сопротивление и сопротивление нагрузки 50 Ом;
- Входной и выходной соединители типа SMA.

Схема и конструкция

Принципиальная схема усилителя приведена на рисунке 1. Усилитель состоит из микросхемы DA1, одиннадцати разделительных и блокировочных конденсаторов, двух токоограничивающих резисторов и светодиода VD1. Катушка L1 препятствует проникновению СВЧ сигнала в цепь питания.

Рисунок 1 – Принципиальная схема усилителя мощности

Усилитель собран на печатной плате размером 50x50x1,5 мм. Плата изготовлена из фольгированного стеклотекстолита марки FR4. Печатная плата установлена на радиаторе размером 50x50x20 мм с 14 ребрами. Фото усилителя приведено на рисунке 2. В качестве входного и выходного соединителя использованы гнезда типа SMA [9]. Для уменьшения теплового сопротивления между микросхемой и радиатором печатная плата имеет многочисленные металлизированные отверстия вблизи места установки микросхемы.

Рисунок 2 – Фото усилителя мощности

Эксперимент

Первый эксперимент проводился на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа «Обзор-103», ноутбук, набор кабелей и переходов, источник питания типа GPS–3303. Для устранения влияния перегрузки детектора между ним и усилителем установлен фиксированный аттенюатор 30 дБ из комплекта прибора «Обзор-103». Структурная схема измерительной установки представлена на рисунке 3. Амплитудно-частотная характеристика усилителя, снятая в диапазоне частот 0,3 – 1300 МГц, показана на рисунке 4. Из этого рисунка видно, что коэффициент усиления в

полосе 900 – 1100 МГц составляет не менее 18 дБ. «Обзор-103» калибровался вместе с аттенюатором, поэтому не нужно вносить в результаты измерений поправки на затухание в аттенюаторе.

Рисунок 3 – Структурная схема измерительной установки

Рисунок 4 – Амплитудно-частотная характеристика в полной полосе прибора «Обзор-103»

Второй эксперимент проводился на установке, структурная схема которой приведена на рисунке 5. Амплитудная характеристика усилителя снималась при подаче на вход сигнала мощностью от минус 30 дБм до 13 дБм, при этом на частотах 1100 и 1200 МГц использовался генератор Г4 – 76А, а аттенюатор 20 дБ отсутствовал.

Рисунок 5 – Структурная схема измерительной установки для снятия амплитудной характеристики.

Результаты измерения амплитудной характеристики заносились в таблицу 1.

Таблица №1

Амплитудные характеристики усилителя мощности

Рвх, дБм	900 МГц		1000 МГц		1100 МГц	1200 МГц
	Рвых. атт., дБм	Рвых. УМ дБм	Рвых. атт, дБм	Рвых. УМ, дБм	Рвых УМ, дБм	Рвых УМ, дБм
– 30	–	–	–	–	– 16.1	– 18.9
– 25	–	–	–	–	– 12.5	– 12.1
– 20	–	–	–	–	– 7	– 8.4
– 15	–	–	–	–	– 2.2	– 3.6

– 10	–	–	–	–	3	1.2
– 5	–	–	–	–	8.5	7.2
0	– 5.6	14.4	– 5.3	14.7	13.3	12.8
2	– 3.3	16.7	– 3.4	16.6	–	–
4	– 1.4	18.6	– 1.3	18.7	–	–
6	0.5	20.5	0.7	20.7	–	–
8	2.6	22.6	2.6	22.6	–	–
10	3.5	23.5	4.2	24.2	–	–
12	4.5	24.5	5.2	25.2	–	–
13	4.8	24.8	5.8	25.8	–	–

По данным таблицы 1 построены графики на рисунке 6.

Рисунок 6 – Амплитудные характеристики усилителя на четырех частотах

В третьем эксперименте снималась зависимость уровня второй и третьей гармоники полезного сигнала от входной мощности полезного сигнала. Результаты этого эксперимента заносились в таблицу 2.

Таблица №2

Уровень второй и третьей гармоник

Рвх, дБм 900 МГц	Вторая гармоника		Третья гармоника	
	Рвых. атт., дБм	Рвых. УМ, дБм	Рвых. атт., дБм	Рвых. УМ, дБм
8	– 33.3	– 13.3	– 41.5	– 21.5
10	– 22.3	– 2.3	– 30.9	– 10.9
12	– 15.1	4.9	– 28.6	– 8.6
13	– 12.7	7.3	– 26.8	– 6.8

По данным таблицы 2 построены графики на рисунке 7. Графики на рисунках 6 и 7 позволяют сформулировать количественные выводы.

Рисунок 7 – Зависимость мощности гармоник от мощности полезного сигнала

Выводы

Ниже в таблице 3 приведены основные параметры усилителя.

Таблица №3

Основные параметры усилителя

Наименование параметра, размерность	По паспорту	Измерено
Диапазон рабочих частот, МГц	900 – 1100	900 – 1100
Максимальная выходная мощность на частоте 900 МГц, дБм	25	25,8
Коэффициент усиления на частотах 900 – 1100 МГц, дБ	18	>18
Волновое сопротивление входа и нагрузки, Ом	50	50
Напряжение питания, В	5	5
Ток потребления, мА	350	330
Уровень второй гармоники при подаче на вход сигнала мощностью $P_{вх} = 13$ дБм на частоте 900 МГц, дБм	–	7,3
Уровень третьей гармоники при подаче на вход сигнала мощностью $P_{вх} = 13$ дБм и частотой 900 МГц, дБм	–	6,8

Из таблицы 3 видно, что все требования к усилителю выполняются. Усилитель рекомендуется использовать в качестве выходного каскада маломощных передатчиков. В ряде случаев этот усилитель можно использовать как умножитель частоты на 2.

1. Сечи Ф., Буджатти М. Мощные твёрдотельные усилители. – М.: Техносфера, 2016. – 416 с.
2. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. Расчёт, изготовление, настройка. – М.: Солон – Пресс, 2006. – 328 с.
3. Титов А.А. Повышение выходной мощности усилителей радиопередающих устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 142 с.
4. Зикий А.Н., Помазанов А.В. Устройства телекоммуникационных систем. Усилители мощности. Учебное пособие. Ростов-на-Дону-Таганрог, Южный федеральный университет, 2019. – 138 с.
5. Зикий А.Н., Давтян А.Д., Падалко А.Д., Ронис В.Н., Шутов И.И. Усилитель средней мощности. Сборник статей по материалам МНПК «Фундаментальные и прикладные научные исследования: Инноватика в современном мире. 29 мая 2019 г., Уфа. В трёх частях. Часть 1». Уфа, Изд. НИЦ Вестник науки, 2019. с. 33 – 40
6. Зикий А.Н., Давтян А.Д., Падалко А.Д., Ронис В.Н., Шутов И.И. Транзисторный усилитель мощности СВЧ. // Инженерный вестник Дона. 2019. №6 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2019/4409/.
7. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Мамченко С.О., Пустовалов А.И. Два малошумящих усилителя. // Инженерный вестник Дона. 2018. №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4731/.
8. TQP7M9103. 1W High Linearity Amplifier. TriQuint Semiconductor, Inc. – 14 p.
9. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. 2-е издание. – М.: Техносфера, 2006. – 216 с.

РАЗДЕЛ XIV. РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Владимиров С.А., Прокопенко В.В., Годадзе В.В.

Основные положения экологически сбалансированного водопотребления рисовых оросительных систем в Краснодарском крае*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина
(Россия, Краснодар)*

doi: 10.18411/lj-08-2020-60

idsp: ljournal-08-2020-60

Аннотация

Рассматриваются концепции институциональных и фундаментальных мероприятий в случаях экстремального маловодья и высокой водности в бассейне реки Кубань для гарантированного водопотребления рисовых оросительных систем в Краснодарском крае. Актуализируется проблема рационального использования водных ресурсов в водохозяйственном комплексе Кубани на принципах экосистемного водопользования.

Ключевые слова: рис, водопотребление, водохранилище, экология, рациональное водопользование

Abstract

The concepts of institutional and fundamental measures in cases of extreme low water and high water content in the Kuban basin rivers for guaranteed water use of rice irrigation systems in the Krasnodar Territory are considered. The problem of rational use of water resources in water management systems is being actualized.

Keywords: rice, water consumption, reservoir, ecology, rational water use

В Краснодарском крае основным потребителем водных ресурсов является сельское хозяйство, которое в большей степени использует потребляемую воду в орошении сельхоз культур. Среди всех орошаемых культур рис занимает приоритетное место. Также регион является основным поставщиком риса в России, где под посев данной культуры используются засоленные, заболоченные и подтопляемые земли, малопригодные для возделывания других культур.

Площади рисовых оросительных систем в крае составляет 234,6 тыс. га, а посевные площади под рисом – 100-128 тыс. га [1]. Фактическая оросительная норма риса в среднем по краю составляет 19,4–19,6 тыс. м³/га. Разницу между оросительной нормой и нормой водопотребления рисом в среднем объеме 11 тыс. м³/га определяют технические потери в затворах и технологические сбросы, потери на фильтрацию из каналов, потери на водное питание болотной растительности в каналах и сорной растительности на рисовых чеках и др. [2, 3].

Указанный объем воды относят к непроизводительным затратам (потерям), которые не только увеличивают объем воды на орошение, но вместе с водой выносят минеральные удобрения и остатки пестицидов [4].

При этом ухудшается мелиоративное состояние почвы нижерасположенных участков рисовых систем, увеличиваются расходы энергии на подачу и отведение использованных вод [5]. Это указывает на то, что снижение непроизводительных потерь воды до минимальных объемов является одной из важнейших задач рисоводов, в первую очередь – гидротехников и поливальщиков хозяйств [6].