

Зикий Анатолий Николаевич,
к.т.н., старший научный сотрудник,
АО «ТНИИС»

Дёмочкин Денис Игоревич,
Инженер 2 категории, АО «ТНИИС»

СЕРИЙНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ СВЧ

Аннотация. В статье приведён обзор делителей мощности, работающих в широком диапазоне частот. Даны краткие описания технических характеристик. Дан перечень отечественных и зарубежных производителей делителей мощности. Представлен список из более 70 моделей делителей мощности.

Ключевые слова: Делитель мощности, микрополосковые линии, потери, неравномерность, неидентичность, волновое сопротивление, допустимая проходящая мощность.

Введение

Делители мощности (ДМ) нашли широкое применение в приёмно-передающей аппаратуре связи, навигации и радиолокации. Их разработке, исследованию и применению уделяется постоянное внимание. В связи с широким использованием антенных решёток важное значение имеет миниатюризация делителей мощности.

Делителям мощности СВЧ посвящена обширная литература, в том числе монографии [1-3], учебные пособия [4], статьи [5-7], реклама [8-20], однако обзорных материалов по серийным делителям мощности СВЧ явно недостаточно.

Целью данной работы является обзор серийных делителей СВЧ отечественного и зарубежного производства.

Производством и поставкой делителей мощности в России занимаются множество фирм, в том числе:

- АО НПП «Фаза», г. Ростов-на-Дону; [11].
- ООО «СВЧ решения», г. Санкт-Петербург; [13].
- Ростовский НИИ радиосвязи; [8].
- АО НПП «Исток», г. Фрязино;
- АО «Микран», г. Томск; [18].
- ЦНИИА, г. Саратов; [21].
- НИПИ «Кварц», Нижний Новгород; [20].
- АО НПП «Салют», Нижний Новгород; [19].
- Акметрон;
- АО «Радиокомп», г. Москва; [10] [14].
- АО Промтехкомплект;
- ОАО «Завод Магнетон»; [15].
- АО «Эпсилон», г. Санкт-Петербург [16].

За рубежом ещё больше производителей аналогичной продукции:

- Mini-Circuits, США;
- RF One;
- Anaren, США и Канада;
- M-Wave;



- Huber+Suhner;
- MACOM, США;
- JFW Industries;
- Analog Devices, США;
- Werlatone;
- Synergy;
- Pulsar Microwave;
- Susumu;
- Bower;
- Sigatek;
- Spinner [16];
- Nedi Technology Co., Ltd (КНР).

Таблица 1 содержит основные электрические характеристики взаимных делителей/сумматоров на два канала с инверсией фаз 0, 90, 180°. По частотным параметрам приборов видно, что в их составе имеются узкополосные и широкополосные элементы. При малых габаритах изделий они отличаются низкими вносимыми потерями, высоким уровнем развязки между каналами и разбалансом фаз и амплитуд.

Малые размеры изделий удалось получить за счёт реализации электрических схем из сосредоточенных пассивных элементов, мультиплицированных на слоях многослойных керамических плат, выполненных по технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики. Применение высокодобротных прецизионных ферритовых трансфлюкторов с низкой восприимчивостью к внешним воздействующим факторам обеспечило стабильность электрических характеристик в широком температурном и частотном интервалах.

Таблица 1

Значения электрических параметров ДМ [15]

Условное обозначение приборов	Полоса частот, МГц	Разность фаз между выходами	Развязка, дБ, не менее	Вносимые потери, дБ, не более	Разбаланс фаз, не более	Разбаланс амплитуд, дБ, не более	КСВН
ФПХНЗ-1	5-1000	0	16	4,4	5	0,6	1,25
ФПХНЗ-2	200-2000	0	14	5,2	10	0,8	1,65
ФПХНЗ-3	315-395	90	18	3,45	3	1,6	1,20
ФПХНЗ-4	680-790	90	18	3,4	3	1,6	1,30
ФПХНЗ-5	1-750	180	20	4,8	10	0,9	1,80

Таблица 2

Электрические параметры двухнакальных ДМ [11] АО НПП «Фаза»

Наименование	Полоса частот, ГГц	Мощность входная средняя, Вт, не более*	Амплитудный разбаланс, дБ, не более	Фазовый разбаланс, °, не более	Вносимые потери, дБ, не более	Изоляция, дБ, не менее	КСВН, не более
ДМ2-052-37.57	0,5-2,0	5	0,2	4	0,5	20	1,30
ДМ2-28-37.28	2-8	2	0,4	4	0,3	19	1,30



ДМ2-218-37.43	2-18	1	0,6	8	1,0	17	1,50
ДМ2-618-37.26	6-18	2	0,4	6	0,5	17	1,50
ДМ2-818-37.104	8-18	1	0,4	4	0,5	20	1,40
ДМ2-0518-37.115	0,5-18	1	0,8	10	1,6	16	1,70
Возможна разработка и изготовление приборов по требуемым характеристикам							

* При КСВН нагрузок на выходах не более 2.0

Таблица 3

Электрические параметры четырёхкальных ДМ [11] АО НПП «Фаза»

Наименование	Полоса частот, ГГц	Мощность входная средняя, Вт, не более*	Амплитудный разбаланс, дБ, не более	Фазовый разбаланс, °, не более	Вносимые потери, дБ, не более	Изоляция, дБ, не менее	КСВН, не более
ДМ4-052-37.22	0,5-2,0	10	0,4	8	1,0	20	1,40
ДМ4-1635-37.110	1,58-1,68	300	1,0	6	0,4	25	1,25
ДМ4-2675-37.110	2,66-2,69	300	1,0	6	0,5	22	1,25
ДМ4-28-37.29	2,0-8,0	4	0,6	8	0,7	19	1,60
ДМ4-218-37.42	2,0-18,0	2	0,6	12	1,5	15	1,60
ДМ4-618-37.25	6,0-18,0	4	0,6	8	0,8	16	1,70
Возможна разработка и изготовление приборов по требуемым характеристикам							

* При КСВН нагрузок на выходах не более 2.0

Таблица 4

Электрические параметры трёхкальных ДМ [11] АО НПП «Фаза»

Наименование	Полоса частот, ГГц	Мощность входная средняя, Вт, не более*	Амплитудный разбаланс, дБ, не более	Фазовый разбаланс, °, не более	Вносимые потери, дБ, не более	Изоляция, дБ, не менее	КСВН, не более
ДМ3-28-37.101	2-8	1	0,4	10	0,5	19	1,40



ДМЗ-28-37.103	2-8	1	0,4	10	0,5	19	1,40
ДМЗ-818-37.106	8-18	1	0,6	20	0,8	20	1,50
Возможна разработка и изготовление приборов по требуемым характеристикам							

* При КСВН нагрузок на выходах не более 2.0

Таблица 5

Электрические параметры восьмикальных ДМ [11] АО НПП «Фаза»

Наименование	Полоса частот, ГГц	Мощность входная средняя, Вт, не более	Амплитудный разбаланс, дБ, не более	Фазовый разбаланс, °, не более	Вносимые потери, дБ, не более	Изоляция, дБ, не менее	КСВН, не более
ДМ8-052-37.24	0,5-2,0	10	0,6	16	1,4	20	1,50
ДМ8-28-37.30	2,0-8,0	10	0,8	16	1,5	16	1,70
ДМ8-618-37.53	6,0-18,0	8	0,8	20	2,0	14	1,80
ДМ8-218-37.117	2,0-18,0	10	0,8	10	2,0	15	1,70
Возможна разработка и изготовление приборов по требуемым характеристикам							

* При КСВН нагрузок на выходах не более 2.0

Таблица 6

Электрические параметры делителей мощности от ООО «СВЧ решения»

Условное обозначение	Полоса частот, МГц	Разность фаз между выходами	Развязка, дБ, не менее	Вносимые потери, дБ, не более	Разбаланс амплитуд, дБ, не более	Возвратные потери
PD2.33-6.0-11.0	6000-11000	±4°	13	3,5	0,3	11
PD2.33-4.0-7.0R01T	4000-7000	±4°	14	3,5	0,3	11
PD2.33-2.5-4.5R01T	2500-4500	±4°	13	3,6	0,2	12
PD2.33-1.4-3.0R01T	1400-3000	±4°	13	3,6	0,2	17
PD2.33-07.1.6R01T	700-1600	±2°	12	3,5	0,2	19



Таблица 7

Электрические параметры делителей мощности от «Радиокомп» [14] [17]

Условное обозначение прибора	Диапазон рабочих частот, МГц	Ослабление, дБ	Развязка, дБ	Разность амплитуд каналов, дБ	Разность фаз каналов, град., не более	КСВ Н, не более	Максимальная непрерывная мощность, Вт	Габариты, мм
РК-КДМ-100-0,47-/0,86	470-860	4	20	±1	90±5	1,3	100	16,5×12,2×2
РК-КДМ-100-0,57/0,77	570-770	3,5	20	±0,5	90±5	1,3	100	16,5×12,2×2
РК-КДМ-100-0,37/0,73	370-730	4	20	±1	90±5	1,4	100	16,5×12,2×2
РК-КДМ-100-0,72/1,26	720-1260	4,6	16	±1,8	90±5	1,5	100	16,5×12,2×2
РК-КДМ-100-1,0/2,0	1000-2000	4,3	16	±1,5	90±5	1,5	60	14,2×8,9×2
РК-КДМ-60-2,0/4,0	2000-4000	4	13	±1	90±5	1,6	60	14,2×8,9×2
РК-КДМ-30-4,0/8,0	4000-8000	3,8	18	±1	90±5	1,5	30	9,8×5×2
РК-КДМ-10-8,0/12,0	8000-12000	–	23	±0,9	–	1,3-1,5	10	6×5×2

Таблица 8

Электрические параметры ДМ от Nedi Technology Co., Ltd

Тип	Число каналов	f мин	f макс	Избыточные потери, дБ	Развязка, дБ	КСВН	Размер, мм
NDAC190038	3	12	18	0,8	18	1,4	1,9×1,5×0,1
NDAC190039	4	12	18	1,5	20	1,5	2×2,2×0,1
NDAC190040	2	12	26	0,8	18	1,4	1,8×2×0,1
NDAC190041	3	14	18	0,8	18	1,4	1,9×1,5×0,1
NDAC190042	4	14	18	1,5	20	1,5	2×2,1×0,1
NDAC190043	2	16	22	0,6	20	1,4	1,2×1,2×0,1
NDAC190044	4	18	25	1,6	20	1,5	2×2×0,1
NDAC190045	3	18	26	0,8	20	1,5	1,8×1,5×0,1
NDAC190046	2	18	34	0,8	18	1,5	1,8×2×0,1
NDAC190047	2	18	40	0,5	22	1,4	1,25×0,9×0,1



NDAC190048	3	18	40	0,8	20	1,5	2×1,5×0,1
NDAC190049	2	18	40	0,8	20	1,4	1,0×0,8×0,08
NDAC190050	4	18	40	1,4	20	1,4	1,1×1,6×0,08
NDAC190051	2	19	24	0,6	22	1,4	1,8×1,35×0,1
NDAC190053	2	20	28	0,8	20	1,5	1,5×1,2×0,1
NDAC190054	2	23	29	0,8	20	1,5	1,2×1,2×0,1
NDAC190055	4	23	30	1,5	20	1,5	2×2×0,1
NDAC190056	3	24	30	1	18	1,5	1,5×1,5×0,1
NDAC190057	2	25	28	0,4	25	1,4	1,83×1,74×0,1
NDAC190058	2	25	45	1	18	1,5	1,8×1,2×0,1
NDAC190060	2	27	33	0,8	20	1,5	1,2×1,2×0,1
NDAC190061	2	29	36	1	20	1,5	1,2×1,2×0,1
NDAC190062	3	31	43	1,2	18	1,5	1,6×1,5×0,1
NDAC190063	4	31	38	1,5	20	1,5	1,8×2,0×0,1
NDAC190064	2	23	38	0,4	22	1,3	1,0×1,2×0,1
NDAC190065	2	34	41	0,8	20	1,5	1×1,2×0,1
NDAC190066	2	37	43	0,8	20	1,5	1×1,2×0,1
NDAC190067	2	40	50	0,6	20	1,4	0,84×1,2×0,1

Таблица 9

Делители мощности от Pulsar Microwave и RF One

Модель	Диапазон рабочих частот, ГГц	Число каналов	Волновое сопротивление, Ом	Соединители	Производитель	Развязка, дБ
PS2-12-450/3N	5,8-6,45	2	50	N	Pulsar Microwave	
PS2-08-450/3N	1,5-3,0	2	50	N	Pulsar Microwave	
PDM-1218-S16	12-18	16	50	SMA	RF One	16
PDM-0812-S16	8-12	16	50	SMA	RF One	18
PDM-0618-S16	6-18	16	50	SMA	RF One	17
PDM-0408-S16	4-8	16	50	SMA	RF One	18
PDM-0208-S16	2-8	16	50	SMA	RF One	18
PDM-0206-S16	2-6	16	50	SMA	RF One	18



PDM-00606-S16	0,6-6	16	50	SMA	RF One	20
PDM-00508-S16	0,5-8	16	50	SMA	RF One	18
PDM-00506-S16	0,5-6	16	50	N	RF One	18
PDM-0812-S12	8-12	12	50	SMA	RF One	16
PDM-0618-S12	6-18	12	50	SMA	RF One	16
PDM-0208-S12	2-8	12	50	SMA	RF One	18
PDM-2731-	27-31	8	50	PC2.92	RF One	18
PDM-255265-K8	25,5-26,5	8	50	PC2.92	RF One	18

Выводы

1. Проведён обзор фирм-изготовителей делителей мощности и их продукции.
2. Представлен список фирм-производителей делителей мощности из 27 наименований.
3. Даны краткие электрические параметры на ≥ 70 моделей делителей мощности, поэтому материалы статьи можно использовать и как справочник, и как руководство по выбору.

Список литературы:

1. Печурин В.А., Петров А.С. Широкополосные кольцевые делители-сумматоры мощности СВЧ-диапазона. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 144 с.
2. Справочник по элементам полосковой техники. Под ред. А.Л. Фельдштейна. – М.: Связь, 1979. – 336 с.
3. Микроэлектронные устройств СВЧ / Бова Н.Т., Ефремов Ю.Г., Конин В.В., и др. – Киев, Техника, 1984. – 183 с.
4. Проектирование фазированных антенных решёток. Учебное пособие. Под ред. Д.И. Воскресенского. 3-е издание. – М.: Радиотехника, 2003. – 632 с.
5. Губарев Д.Е., Зикий А.Н., Сперанская Г.В., Сташок П.А. Моделирование и экспериментальное исследование синфазного кольцевого делителя мощности. Инженерный вестник Дона, 2019 №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2019/5865.
6. Андрианов А.В., Губарев Д.Е., Зикий А.Н., Сленчковский В.Г. Делитель мощности на основе 4-х шлейфного квадратурного моста. Инженерный вестник Дона, 2018 №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5105.
7. Зикий А.Н., Дёмочкин Д.И., Сташок П.А., Кольцевой делитель мощности сантиметрового диапазона волн. Флагман науки, 2025, №4 (27).



8. Модуль СВЧ М44454, АПНТ.434820.060ТУ. Информационный лист. Ростов-на-Дону, ФГУП «РНИИРС», 2021 г. 1 стр.
9. Электронные компоненты ЭЛКОТЕХ. Пассивные СВЧ компоненты. <http://www.semiconductors.ru/>
10. ВЧ и СВЧ радиокомпоненты ведущих мировых производителей. Прайс-лист, выпуск 11. Москва, РАДИОКОМП, 2010 – 88 с.
11. Пассивные компоненты СВЧ. Каталог. АО НПП «Фаза». Ростов-на-Дону, 2025. – 24 с.
12. Каталог АО «АКМЕТРОН», Москва, 2024.
13. ООО «СВЧ решения». Каталог. www.mw-filters.com.
14. Делители мощности РК-КДМ. Технические условия. РДАБ.468513.003ТУ. ООО «Радиокомп».
15. Фирсенков А., Иванов А., Горбуков А., Егоров С. Отечественные многоканальные делители и сумматоры, направленные ответвители НЧ-, ВЧ-, СВЧ диапазонов. СВЧ-Электроника, 2020, №4, с. 14 – 15. www.Microwave-E.ru.
16. Системы частотного разделения каналов. Distributing Products. Каталог. «Spinner Group». – 27р.
17. Квадратурный делитель/сумматор мощности. РК-КДМ-100-047/056. Электроника: Наука. Технология. Бизнес. 2022, №3, с. 147
18. Каталог СВЧ аппаратуры НПП «Микран». Томск, 2005, – 43 с.
19. Техника СВЧ. Каталог НПП «Салют». Нижний Новгород, 1997, – 152 с.
20. Коаксиальные, волноводные и оптические устройства. Каталог НИИПИ «КВАРЦ». Нижний Новгород, 2002, – 82 с.
21. Сверхширокополосные микроволновые устройства. Под ред. А.П. Креницкого и В.П. Мещанова. – М.: Радио и связь, 2001, – 560 с.

