

# АТТЕНЮАТОРЫ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ – ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

В.Кочемасов, к.т.н.<sup>1</sup>, Л.Белов, к.т.н.<sup>2</sup>

УДК 621.389  
ВАК 05.27.00

Компоненты микроволновых цепей, которые изменяют уровень мощности высокочастотного колебания, необходимы при проведении измерений и построении устройств формирования, усиления и обработки сигналов. Аттенюатором (ослабителем) сигналов СВЧ-диапазона называют элемент электронной цепи, который служит для понижения уровня мощности сигнала без существенного изменения его формы или спектрального состава и, кроме того, обеспечивает согласование в тракте. Аттенюаторы могут быть с ручным или электронным управлением либо иметь фиксированные параметры. Рассмотрим attenuаторы с ручным управлением.

**А**ттенюаторы с ручным (manual) механическим управлением используются в измерительных установках для калиброванного изменения параметров тракта, при проведении экспериментальных работ и исследований, при сертификации радиоэлектронных устройств разного назначения, выполнении настроечных операций, а также в качестве компонентов трактов передачи сигналов СВЧ-диапазона при решении разнообразных прикладных задач. Применение таких компонентов смягчает противоречие между стабильностью значения ослабления и возможностью его оперативного изменения в широких пределах.

Технические характеристики механически управляемых attenuаторов, кроме типа линии передачи (полосковая, коаксиальная, волноводная с тем или иным сечением и типоразмером), включают в себя: динамический диапазон управления ослаблением; способ изменения ослабления (непрерывное или ступенчатое с определенным шагом); способ управления (линейный сдвиг, поворот одной или двух ручек, кнопочное, клавишное и др.), способ индикации (калиброванная

шкала, цифровой экран и др.), гарантированное количество циклов управления и др. При этом основные параметры: вносимое ослабление (Insertion Loss, IL), КСВН по входному и выходному портам, уровень искажений, мощность рассеяния тепла – и погрешности их выполнения не должны выходить за допустимые пределы в интервалах рабочих частот, температур и др. По конструктивному исполнению attenuаторные компоненты могут быть различными: встроенными в линию передачи (in-line), отдельно стоящими (stand alone), расположенными на передней панели прибора (panel mount), монтируемыми в стойке (rack mount), в виде отдельного блока (bench top).

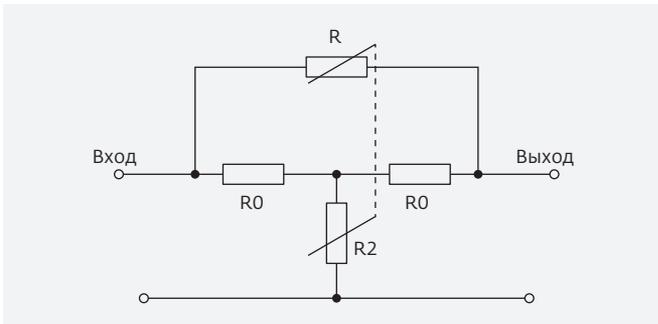
Как видим варианты attenuаторов с ручным управлением различных мировых производителей чрезвычайно многообразны.

## КОАКСИАЛЬНЫЕ АТТЕНЮАТОРЫ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

На частотах до 300–500 МГц в качестве ослабляющей ячейки используют схему, представленную на рис.1. Максимально возможная рабочая частота такой ячейки определяется точностью ее согласования с внешними цепями. По мере увеличения частоты геометрические размеры ячейки становятся соизмеримыми с длиной волны, что приводит к ухудшению условий согла-

<sup>1</sup> ООО "Радиокомп", генеральный директор,  
vkochemasov@radiocomp.ru.

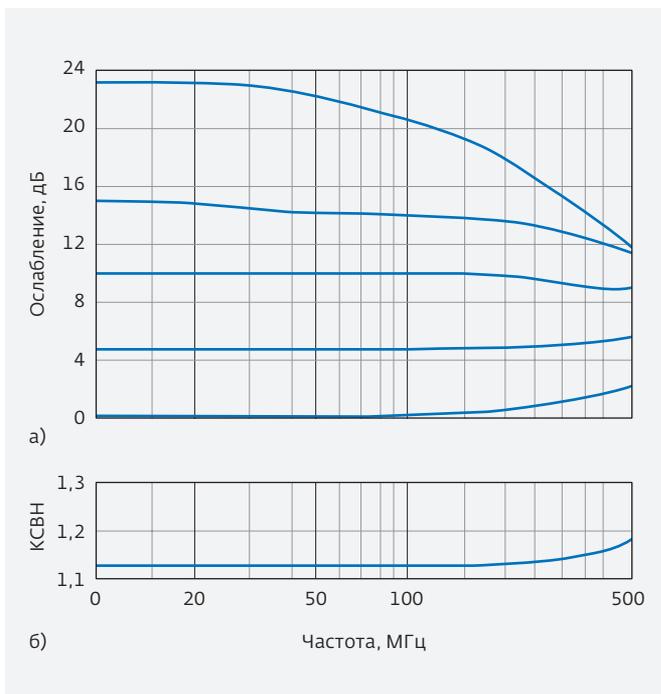
<sup>2</sup> МЭИ, профессор, belovla@gmail.com.



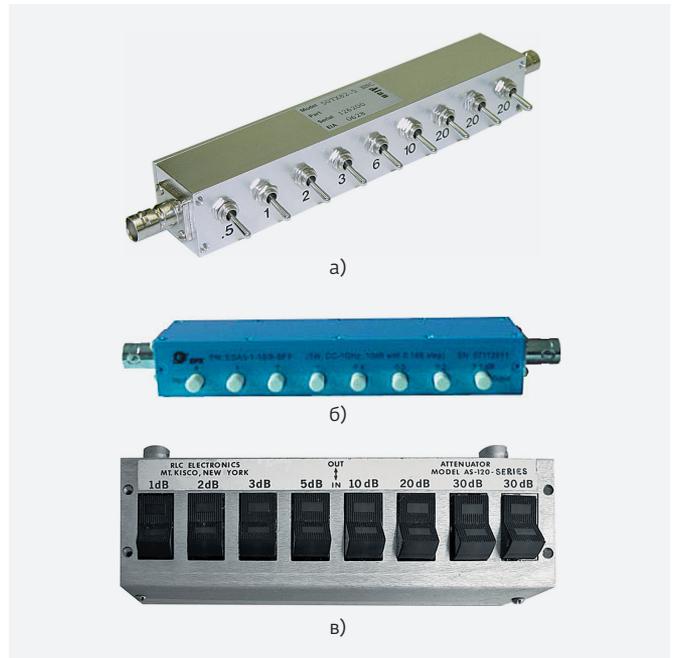
**Рис.1.** Схема управляемой аттенуаторной ячейки на сосредоточенных элементах (управление резисторами R и R2 выполняется синхронно)

сования и, соответственно, характеристик аттенуатора (рис.2).

На более высоких частотах (до нескольких гигагерц) часто применяются ступенчато переключаемые аттенуаторы, в которых общее ослабление определяется фиксированными значениями ослабления отдельных ячеек. Если входной сигнал минует все ячейки, ослабление аттенуатора минимально. При включении всех ячеек их ослабления суммируются, определяя максимальное ослабление аттенуатора. В таких аттенуаторах (табл.1) применяются тумблерные (рис.3а), кнопочные (рис.3б)



**Рис.2.** Зависимость ослабления (а) и КСВН (б) от частоты в схеме на рис.1. Различные линии в части а) соответствуют разным значениям ослабления (0, 5, 10, 15, 25 дБ), установленным в аттенуаторе



**Рис.3.** Коаксиальные аттенуаторы с ручным управлением: а – тумблерами, б – кнопками; в – клавишами

и клавишные (рис.3в) переключатели. Собственное ослабление таких аттенуаторов при выключенных аттенуаторных ячейках обычно не превышает единиц децибел и может меняться в рабочем диапазоне частот.

Во многих случаях на основе одной базовой модели компании выпускают несколько модификаций аттенуаторов, которые различаются функциональными возможностями. Примером может служить стандартная модель некалиброванного аттенуатора компании ARRA (рис.4а), в котором необходимое ослабление устанавливается с помощью шлицевой отвертки, а затем фиксируется с помощью контргайки. Аттенуатор такого типа годится для применения в случаях, когда первоначально выставленное ослабление должно оставаться неизменным в течение длительного времени. Этот же аттенуатор, снабженный удобной рукояткой (рис.4б), пред-



**Рис.4.** Коаксиальные аттенуаторы с ручным управлением компании ARRA: а, б – некалиброванные, в, г – калиброванные



Рис.5. Атенюаторы компании Aeroflex Weinschel: а, б – дисковый (конструкция и внешний вид); в – кареточный

назначен для установки на переднюю панель прибора и используется в случаях, когда ослабление необходимо подстраивать, например для поддержания постоянной выходной мощности. Изделие с калиброванной шкалой (рис. 4в) подходит для применений, требующих обеспечить вполне определенное ослабление. И, наконец, эта же задача, но с более высокой точностью, решается в модели с цифровым экраном (рис. 4г).

Некалиброванные плавно регулируемые аттенюаторы широко применяются в радиотехнической аппаратуре и производятся многими компаниями (ARRA, Custom Microwave Component, Alan Industries, KMW, RLC Electronics, Yantel). Так, плавно перестраиваемые подстроечным винтом аттенюаторы модели СМCV0590 компании СМС обеспечивают в диапазоне частот 4–15 ГГц ослабление 14–27 дБ и потери 0,5–0,7 дБ при входных

мощностях до 36 дБм. Миниатюрные (две-три унции) плавно перестраиваемые аттенюаторы в диапазоне частот до 18 ГГц предлагаются компанией ARRA для военных применений (–55...85 °С).

Плавное изменение ослабления реализуется также в изделиях компании Aeroflex Weinschel, выполненных в виде потенциометра (рис. 5а). Последовательный и шунтирующий резисторы реализованы в виде круговых полосок на дисковом основании. При этом внешняя полоска подсоединена к "земле", внутренняя: одним концом подключена к входу аттенюатора, а другим – через подвижный контакт – к его выходу. Минимальное ослабление (6 дБ) обеспечивается при подключении подвижного контакта к месту соединения входа аттенюатора с внутренней круговой резистивной полоской. При перемещении контакта по часовой стрелке ослабление воз-

Таблица 1. Характеристики ступенчатых аттенюаторов с использованием тумблеров, кнопочных и клавишных переключателей

Компания	Модель	Рабочая частота, ГГц	Общее ослабление, дБ	Ослабление в отдельных ячейках, дБ	Входная мощность, Вт	КСВН (макс.)	Конструкция
Alan Industries	50HT82.5	0–0,50	0–82,5	0,5; 1; 2; 3; 6; 10; 20; 20; 20	10	1,5 : 1	На тумблерах
Kay Elemetrics	860	0–1,50	0–132	1; 2; 3; 6; 10; 20; 30; 30; 30	3	1,1 : 1	На тумблерах
JFW Industries	50B-035	0–0,75	0–85	1; 2; 4; 8; 10; 20; 20; 20	1	1,4 : 1	Кнопочные
EPX Microwave	ESAxx-2.5-90/8	0–2,50	0–90	1; 2; 4; 8; 16; 20; 20; 20	10	1,4 : 1	Кнопочные
JFW Industries	50RA-004	0–1,00	0–65	1; 2; 4; 8; 10; 20; 20	1	1,3 : 1	Клавишные
RLC Electronics	AS-120	0–2,00	0–101	1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 30	–	1,5 : 1	Клавишные

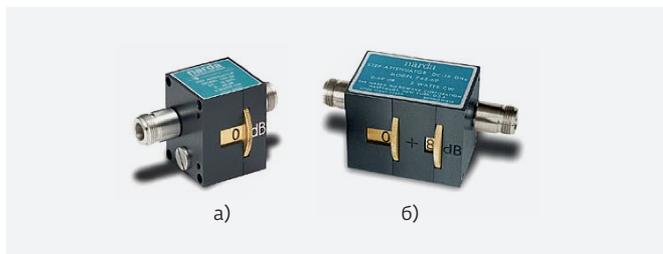


Рис.6. Дисковые аттенюаторы компании L3 Narda-MITEQ: а – однодисковый, б – двухдисковый

растает в крайнем положении до максимального значения. Практически линейная шкала аттенюатора (рис.5б) проградуирована через 1 дБ. В модели 940-60 ослабление меняется от 6 до 66 дБ, а в модели 940-114 – от 6 до 120 дБ. Оба аттенюатора выполнены в соответствии со стандартом MIL-A-24215. Аттенюаторы рассчитаны на 10 000 рабочих циклов. В опциях предельное число циклов может быть увеличено до 50 000.

Помимо дисковых структур, используются конструкции (рис.5в), в которых ослабление плавно изменяется при линейном перемещении каретки вдоль линии передачи. Малый износ, а значит и долговечность аттенюатора, обеспечиваются за счет емкостной неконтактной

связи с поглощающим элементом, выполненным в виде стабильного пленочного резистора на керамической основе. Выбранное затухание фиксируется с помощью специального винта, установленного на каретке. Выполненный таким образом двунаправленный аттенюатор с ручным плавным управлением модели 953K компании Aeroflex Weinschel работает в диапазоне частот 1–40 ГГц, обеспечивая максимальное ослабление 3 дБ при допустимой средней мощности 0,5 Вт, которая линейно снижается до нуля при температуре 85 °С. Паразитный фазовый сдвиг в аттенюаторе минимизирован до значений 1°/(дБ·ГГц). Несколько меньший диапазон частот 3–40 и 4–40 ГГц обеспечивается в моделях с максимальным ослаблением 10 и 20 дБ соответственно.

Среди множества конструктивных решений, применяемых при построении ручных аттенюаторов, дисковые и роторные встречаются наиболее часто. Дисковые аттенюаторы выпускаются с одним (рис.6а) или двумя (рис.6б) дисками. Однодисковый аттенюатор с прямым отсчетом модели 741 компании L3 Narda-MITEQ позволяет изменять ослабление от 0 до 9 дБ с шагом 1 дБ в цепи с частотой до 18 ГГц при средней мощности 2 Вт. Двухдисковая модель 745-69 такого аттенюатора обеспечивает ослабление в диапазоне от 0 до 69 дБ с приращениями 1 и 10 дБ. Обе модели отличаются

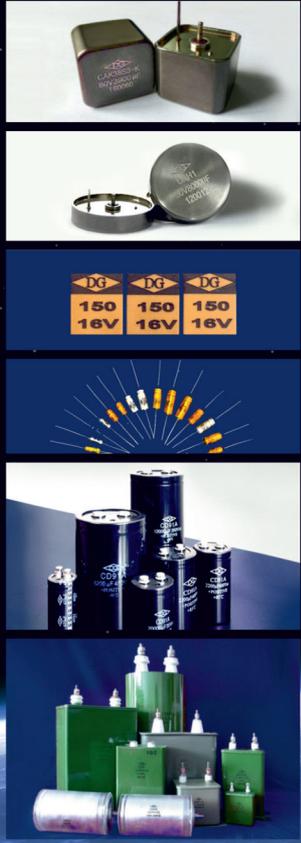


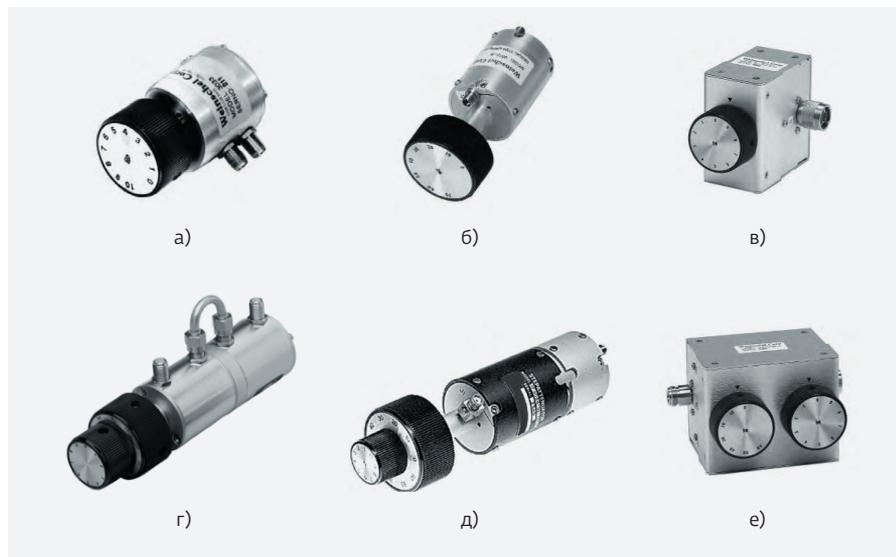
## Электронные приборы «ДУНГУАН»

### Конденсаторы для авиации и космоса

- ▶ С жидким диэлектриком
- ▶ Танталовые с твёрдым органическим диэлектриком
- ▶ Высоковольтные танталовые
- ▶ Высокотемпературные электролитические танталовые
- ▶ С органическим диэлектриком
- ▶ Алюминиевые электролитические

[www.cc793.ru](http://www.cc793.ru)  
 София (по-русски)  
 тел.: +86-13843128316,  
 13843128316@163.com  
 Трейси (по-английски)  
 тел.: +86-18626925415,  
 tracucc793@163.com





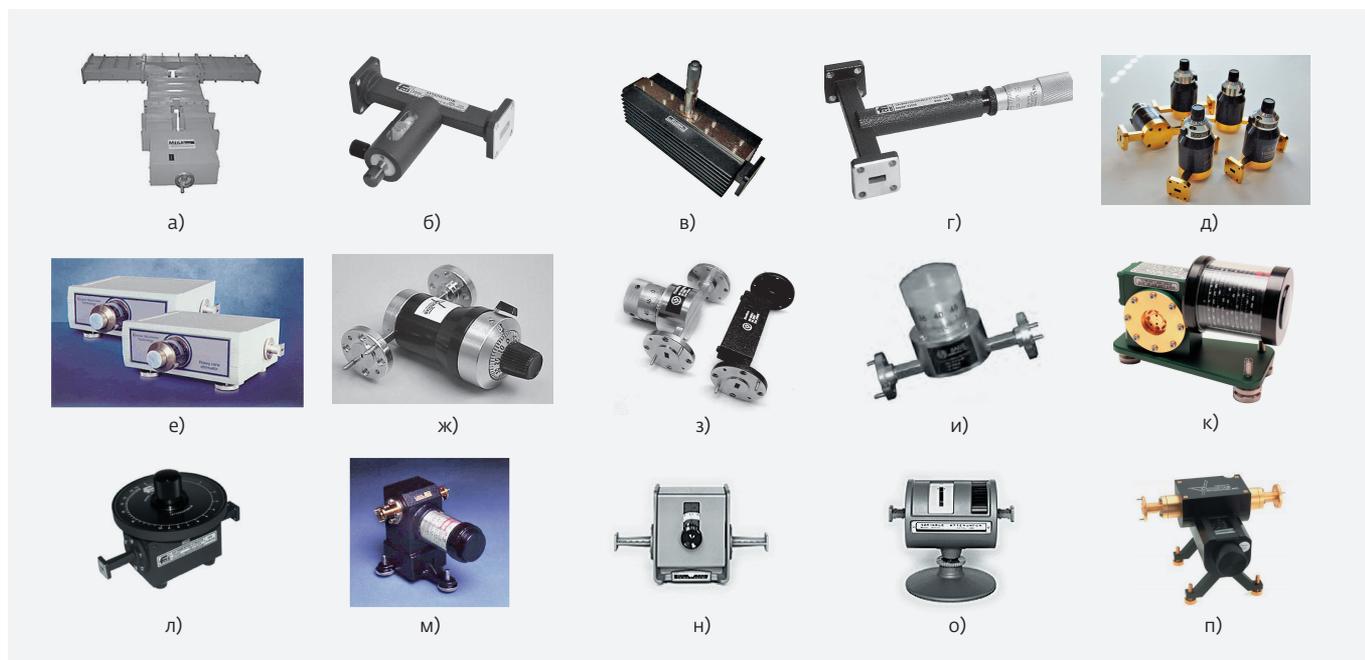
(рис.7а-в) обычно имеют шаг ослабления 0,1; 1,0 и 10,0 дБ, обеспечивая соответственно общее ослабление 1, 10, 100 дБ. Последняя цифра может быть и меньше, например 60, 70 или 80 дБ. Для достижения высокой точности устанавливаемого ослабления применяют механическую фиксацию положения ротора, обычно через 30° или 36°. Расширенный диапазон значений ослабления в сочетании с малым шагом перестройки получают в двухроторных конструкциях (рис.7г, д), имеющих на одной оси две градуированные рукоятки управления. Эта же цель достигается при комбинации в одном приборе двух (рис.7е), а иногда и трех однороторных аттенюаторов, которые различаются диапазоном перестройки: 0–1, 0–10, 0–100 дБ с дискретностью переключения

**Рис.7.** Роторные аттенюаторы компании Aeroflex Weinschel: а, б, в – однороторные конструкции; г, д, е – двухроторные конструкции; в, е – исполнение bench top

малыми размерами, высокой прецизионностью и надежностью.

Особой популярностью пользуются роторные ступенчатые аттенюаторы (рис.7). Однороторные конструкции

соответственно 0,1; 1,0 или 10 дБ. Известны также изделия компании JFW Industries, в которых на приборную панель устанавливается четыре или восемь одинаковых двухроторных аттенюаторов. Характе-



**Рис.8.** Конструкции волноводных аттенюаторов с плавным или ступенчатым ручным управлением: а – xx250xxx (Mega Industries); б – серия 080 (Flann Microwave); в – RWMAT90D10 (RF-Lambda); г – серия 020 (Flann Microwave); д – серия 522 (Mi-Wave); е – компании Quasar; ж – серия QDA (QuinStar); з – серия CAL (Ducommun); и – STA-30-xx-M2 (SAGE Millimeter); к – серия 110 (Flann Microwave), л – серия 114 (Flann Microwave); м – серия DRA (Millitech); н – серия P382A (Agilent); о – серия R382 (Agilent); п – серия QAD (QuinStar)

ЙОШКАР-ОЛА, РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЗАВОД ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ»

# МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ КОРПУСА ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ



- 2-й тип (DIP)
- 4-й тип (QFP)
- 5-й тип (LLCC)
- 6-й тип (PGA)
- 8-й тип (BGA)
- Корпуса типа LCC (безвыводные)
- Основания типа DIP
- Оптоэлектронные корпуса
- Изделия из керамики

 Росэлектроника



АО «ЗПП»

424003, Россия, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Суворова, 26  
Тел.: +7-8362-45-70-09, 45-67-68.  
info@zpp12.ru marketing@zpp12.ru

[www.zpp12.ru](http://www.zpp12.ru)

Таблица 2. Характеристики роторных ступенчатых аттенюаторов

Компания	Модель	Рабочая частота, ГГц	Общее ослабление, дБ	Шаг ослабления, дБ	Конструкция
JFW Industries	50R-028	0-1,0	0-1	0,1	Однороторная
JFW Industries	50R-248	0-2,5	0-10	1,0	Однороторная
Aeroflex	9011	0-18,0	0-90	10,0	Однороторная
Agilent (Keysight)	8495D	0-26,5	0-70	10,0	Однороторная
Aeroflex	9015	0-40,0	0-9	1,0	Однороторная
JFW Industries	50DR-060	0-2,0	0-11	0,1	Двухроторная
JFW Industries	50DR-082	0-2,0	0-110	1,0	Двухроторная
Aeroflex	9004	0-18,0	0-99	1,0	Двухроторная
Telonic	8143	0-2,0	0-110	1,0	Два однороторных (bench top)
JFW Industries	50BR105	0-8,0	0-69	1,0	Два однороторных (bench top)
Aeroflex	119A	0-18,0	0-99	1,0	Два однороторных (bench top)
JFW Industries	50BR-022	0-1,0	0-111	0,1	Три однороторных (bench top)

ристки ступенчатых роторных аттенюаторов представлены в табл.2. Аналогичные изделия выпускаются компаниями Trilithic, Alan Industries, RLC Electronics, Broadwave Technologies и др.

## ВОЛНОВОДНЫЕ АТТЕНЮАТОРЫ С РУЧНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Конструктивное исполнение волноводных аттенюаторов с ручным управлением зависит как от традиций производителя, так и от диапазона рабочих частот, и может быть чрезвычайно разнообразным (рис.8). Два из возможных способов внесения ослабления представлены на рис.9. В первом необходимое ослабление обеспечивается поступательным перемещением поглощающей пластины внутри волновода от узкой стенки к середине широкой (рис.9а), во втором – изменением глубины ее погружения через щель в середине широкой стенки волновода (рис.9б). Обычно поворотной лопастью механизм размещают в секции волновода круглого сечения, встроенной в конструкцию аттенюатора с прямоугольным сечением входного и выходного волноводов. Кратко остановимся на особенностях конструктивных решений, применяемых различными производителями.

Волноводные аттенюаторы с плавным управлением серии CVA (Continuously Variable Attenuators) компании ATM Microwave выполняются на секциях с прямоугольным сечением от WR-284 до WR-28 (13 типоразмеров) и длиной от 254 до 76 мм соответственно. Калиброванное ослабление в этих аттенюаторах меняется в преде-

лах от 0 до 30 дБ при помощи многооборотных сдвоенных механизмов, размещенных на узкой стенке волновода. Они отличаются хорошим согласованием (КСВН не хуже 1,15 : 1) и малыми потерями (< 0,5 дБ).

Компания RF-Lambda выпускает аттенюаторы с непрерывной ручной перестройкой для сечений волновода

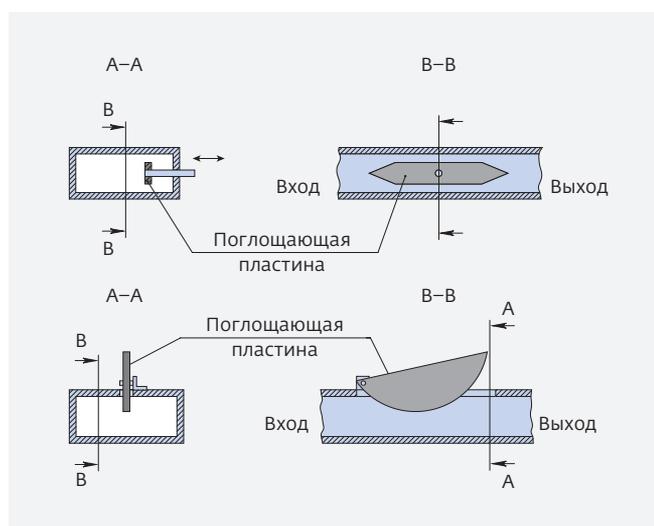


Рис.9. Волноводные аттенюаторы с перемещением поглощающей пластины от узкой стенки волновода к середине широкой (а) и с изменением глубины погружения пластины через щель в широкой стенке волновода (б)

Таблица 3. Характеристики волноводных аттенюаторов с ручным управлением

Компания	Серия	Рабочая частота, ГГц	Общее ослабление, дБ	КСВН (макс.)	Входная мощность, Вт	Тип волновода
Agilent	382A	8,2–40,00	0–50	1,15 : 1	10–1	WR-90...WR-28
Microwave Development Laboratories	AT	4,0–40,00	0–25	1,40 : 1	4,0–0,2	WR-187...WR-28
Link Microtek	AMxxJ-VAR	1,12–40,0	0–30	1,15 : 1	<1,0	WR-650...WR-28
QuinStar	QAL	18,0–110,0	0–25	1,50 : 1	0,5–0,3	WR-42...WR-10
Ducommun	CAL	18,0–110,0	0–25	1,30 : 1	0,6–0,3	WR-42...WR-10
Ducommun	CAR	18,0–110,0	0–50	–	1–0,3	WR-42...WR-10
QuinStar	QAD	18,0–110,0	0–50	1,25 : 1	0,5–0,2	WR-42...WR-10
Sage Millimeter	STA-60-xx-D1	18,0–140,0	0–60	1,30 : 1	0,5–0,3	WR-42...WR-08
RF-Lambda	RWMAT	1,12–140,00	0–35	1,20 : 1	200–1	WR-650...WR-8
Millitech	DRA	26,5–170,0	0–60	1,50 : 1	1–0,3	WR-28...WR-06
Millitech	LSA	18,0–170,0	0–25	1,50 : 1	0,5–0,30	WR-42...WR-06
Apollo Microwave	LSA	18,0–170,0	0–25	1,5 : 1	0,5–0,3	WR-42...WR-06
MI-Wave	510	18,0–220,0	0–60	1,30 : 1	1,0–0,1	WR-42...WR-05
MI-Wave	522	18,0–220,0	0–30	1,30 : 1	1,5–0,1	WR-42...WR-05
Flann Microwave	020	1,72–330,00	0–30	1,07 : 1	4,0–0,1	WR-430...WR-03
Flann Microwave	110	2,60–500,00	0–60	2,20 : 1	12,0–0,01	WR-284...WR-03

от WR-650 до WR-8. В изделиях с большим сечением волноводов ослабление изменяют путем перемещения поглощающей пластины от узкой стенки до середины широкой стенки волновода с помощью поршневого механизма (см. рис.9а), а в прецизионных моделях – посредством микрометра. В изделиях с малым сечением используется гильотинный (rotary vane) способ введения поглощающей пластины вглубь волновода через его широкую стенку (см. рис.9б). В обоих случаях достижимое ослабление превышает 35 дБ.

Наиболее распространенный и эффективный способ быстрой установки нужного ослабления с прецизионной точностью – применение микрометрического винта, используемого, например, в аттенюаторах, производимых компаниями Link Microtek (серия AMxxJ-VAR), Ducommun (серия CAL) (см. рис.8з), QuinStar (серия QAL), Millitech (серия LSA).

Широко распространены также аттенюаторы с непосредственным считыванием (direct reading attenuators), в которых ослабление определяется по шкале спирального барабана (helical drum scale). Важное свойство этих аттенюаторов, основанных на поворотной-лопаст-

ной конструкции, – независимость ослабления и фазы выходного сигнала от частоты в пределах рабочего диапазона частот (fullband operation) волновода. Аттенюаторы характеризуются высокой точностью установки требуемого ослабления и повторяемостью результатов во всем диапазоне вносимых ослаблений, низким КСВН и легкостью считывания установленного ослабления по сравнению с другими типами аттенюаторов. Такие аттенюаторы идеальны при проведении прецизион-

УНИКАЛЬНЫЕ РАДИОКОМПОНЕНТЫ ВЕДУЩИХ ФИРМ МИРА

**Аттенюаторы фиксированные и переменные**

[www.radiocomp.ru](http://www.radiocomp.ru)

С механическим, аналоговым и цифровым управлением:

- компоненты с выводами и фланцами, для ПМ, встраиваемые (in-line), для монтажа в отверстия;
- микросхемы; модули и волноводные устройства

Logos: AKON, IBM, FLANN MICROWAVE, BARRY, Mini-Circuits, Waka, united monolithic semiconductors.

ных измерений уровня мощности, усиления, потерь, развязки и др.

Управляемые ручным способом волноводные аттенюаторы с прямым отсчетом серии CAR компании Discommun предназначены для частот от 18 ГГц (сечение WR-42) до 110 ГГц (сечение WR-10). В аттенюаторах реализована многооборотная прецизионная червячная передача. Ослабление до 50 дБ устанавливается с погрешностью 0,1 дБ при начальном ослаблении 0,6 дБ, а допустимая мощность сигнала соответственно составляет от 1 Вт до 300 мВт.

Волноводные аттенюаторы с прямым отсчетом серии 110 компании Flann Microwave (см. рис.8к) для частот от 2,6 до 500 ГГц обеспечивают вариацию ослабления до 60 дБ в нескольких сечениях волноводов.

Погрешность установки значения ослабления с помощью, например, 10-оборотного редуктора составляет от 0,001 до 0,5 дБ. В измерительных волноводных моделях аттенюаторов с нониусной установкой реализуется прецизионно малая погрешность задания ослабления. Например, в серии 020 на частоте до 140 ГГц ослабление 30 дБ устанавливается с погрешностью 0,2 дБ.

Характеристики некоторых моделей волноводных аттенюаторов с ручным управлением указаны в табл.3.

Таким образом, на рынке представлено большое разнообразие аттенюаторов с ручным управлением. Приведенная в статье информация поможет подобрать оптимальный аттенюатор для решения конкретной задачи. ●

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 975 руб.

### МОЩНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ СВЧ-УСИЛИТЕЛИ

Сечи Ф., Буджатти М.

При поддержке АО "НПП «Исток» им. Шокина"

Перевод с англ. под ред. д.т.н. А.А.Борисова

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 416 с.  
ISBN 978-5-94836-415-5

В книге рассмотрены все традиционные вопросы, связанные с разработкой усилителей мощности, начиная от получения моделей приборов на большом сигнале и заканчивая обсуждением сумматоров мощности и методов проектирования.

Большое внимание в издании уделено рассмотрению физических основ приборов, фазовых шумов, схем смещения и тепловому проектированию. Также в книге особое внимание уделяется рассмотрению фундаментальных принципов. Издание затрагивает необычайно большое количество областей, связанных с физикой полупроводников и активных устройств.

Книга представляет интерес для специалистов, которые занимаются разработкой усилителей мощности для базовых станций сотовой связи. В особенности это относится к рассмотрению моделей на больших сигналах, проблем, связанных с фазовыми шумами, методов проектирования усилителей мощности, специальных конструкций усилителей мощности и теплового проектирования. Также данная книга может послужить в качестве справочного пособия при углубленном изучении СВЧ-устройств.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 234-0110; 📠 (495) 956-3346; [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru), [sales@technosphaera.ru](mailto:sales@technosphaera.ru)



## ИНТЕЛЛЕКТ. КАЧЕСТВО.

АО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»  
Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, 11  
Тел. (495) 917-21-03  
Факс (495) 917-19-70  
E-mail: [mwsystems@mwsystems.ru](mailto:mwsystems@mwsystems.ru)  
[www.mwsystems.ru](http://www.mwsystems.ru)



- СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ТЕХНОЛОГИИ
- ОПТИМАЛЬНОЕ СООТНОШЕНИЕ ЦЕНА/КАЧЕСТВО
- ПОЛНЫЙ СПЕКТР УСЛУГ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРОИЗВОДСТВУ МОНОЛИТНЫХ И ГИБРИДНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ, ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВЧ-УСТРОЙСТВ И БЛОКОВ РЭА (0,3 - 22 ГГц)

## АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ»

