

В. Н. ВЬЮХИН, Е. А. КОВАЛЕВ

(Новосибирск)

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ АПЕРИОДИЧЕСКИЕ УДВОИТЕЛИ ЧАСТОТЫ МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Апериодические удвоители частоты, работающие по принципу выпрямления гармонического сигнала и содержащие диодный мост с трансформатором в качестве фазоинверторов входного сигнала, благодаря своей простоте и надежности получили широкое распространение в технике широкополосного умножения частот. Такие удвоители удовлетворительно работают в полосе частот до 25 МГц. На более высоких частотах амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) удвоителя имеет спад с крутизной порядка 6 дБ на октаву. Звеном, ограничивающим полосу частот удвоителя, является трансформаторный фазоинвертор, в то время как широкополосность диодного моста может достигать сотен мегагерц.

Вторым существенным недостатком апериодических удвоителей частоты, содержащих диодные мосты или их элементы, является паразитная амплитудная модуляция (ПАМ) выходного сигнала удвоителя с частотой входного сигнала, т. е. появление в спектре выходного сигнала удвоителя первой гармоники. Причем для удвоителя, содержащего диодный мост, причиной возникновения паразитной амплитудной модуляции является только разброс характеристик диодов, поскольку воздействия амплитудной и фазовой асимметрии входного парафазного сигнала взаимно компенсируются при сложении выходных сигналов ветвей моста.

Реализовать широкополосные свойства мостового диодного удвоителя можно при использовании широкополосных симметрирующе-согласующих устройств типа «длинной линии» (ШУСС) [1], которые обладают равномерной АЧХ до частоты 200 МГц и выше, благодаря чему они могут использоваться не только в качестве фазоинвертора входного сигнала диодного моста, но и в качестве сумматора-инвертора сигналов удвоенной частоты, поступающих с выходов диодных цепочек, составляющих мост.

Принципиальная схема удвоителя с ШУСС представлена на рис. 1. Входное ШУСС (Тр1) выполняет роль фазоинвертора входного сигнала и обеспечивает широкополосное согласование высокоомного симметричного входа диодного моста (ДМ, Д1—Д4) с несимметричным низкоом-

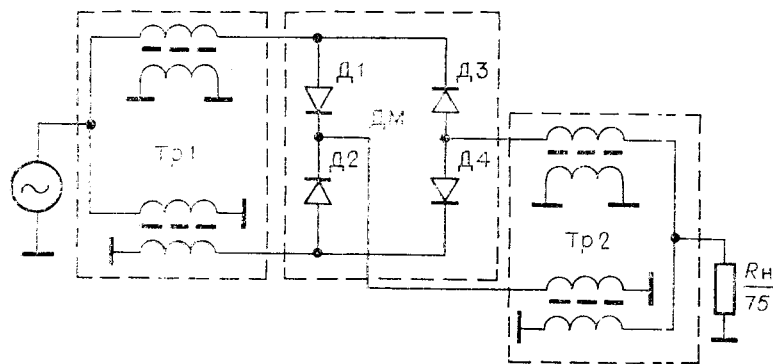


Рис. 1.

ным выходом генератора сигнала. Выходное ШУСС (Тр2) — сумматор-инвертор с двумя (прямым и инвертирующим) входами — обеспечивает широкополосное согласование симметричного высокоомного выхода диодного моста с несимметричной низкоомной нагрузкой. При использовании диодов с малой собственной емкостью (например, типа Д18) удвоитель с ШУСС обладает (при коэффициенте передачи не менее 0,25) практически равномерной АЧХ вплоть до частоты входного сигнала 200 МГц и хорошо согласуется с 75-омными выходом генератора сигнала и нагрузкой (коэффициент бегущей волны по входу 0,55—0,65).

Подавление ПАМ выходного сигнала мостового диодного удвоителя может быть осуществлено практически без включения в его схему каких-либо дополнительных цепей, формирующих компенсирующие или корректирующие сигналы [2]. Для этого класса удвоителей, образованных включением двух диодных цепочек (Д1—Д2 и Д3—Д4 на рис. 1) двухполупериодного выпрямления по мостовой схеме, ПАМ характеризуется следующими особенностями:

соотношение ПАМ на выходе диодных цепочек, составляющих мост, может быть либо синфазным, либо противофазным;

при изменении фазы входного сигнала одной из двух диодных цепочек, составляющих мост, изменяется на обратную и фаза ПАМ на выходе этой цепочки;

при изменении фазы входного сигнала диодного моста изменяется на обратную фаза ПАМ на его выходе.

Из изложенного следует, что ПАМ на выходе диодного моста является результирующей либо полусуммы, либо полуразности величин ПАМ диодных цепочек, составляющих мост, и режим усреднения или компенсации ПАМ диодного моста может быть установлен по выбору путем изменения фазы входного сигнала (фазирсвания) одной из двух диодных цепочек моста, т. е. путем взаимной перестановки диодов цепочки в схеме моста.

Однако эффективность подавления ПАМ при этом недостаточна, так как реальные вольт-амперные характеристики современных диодов имеют значительные отклонения от номинальных, вследствие чего ПАМ двух диодных цепочек может оказаться весьма различной по глубине

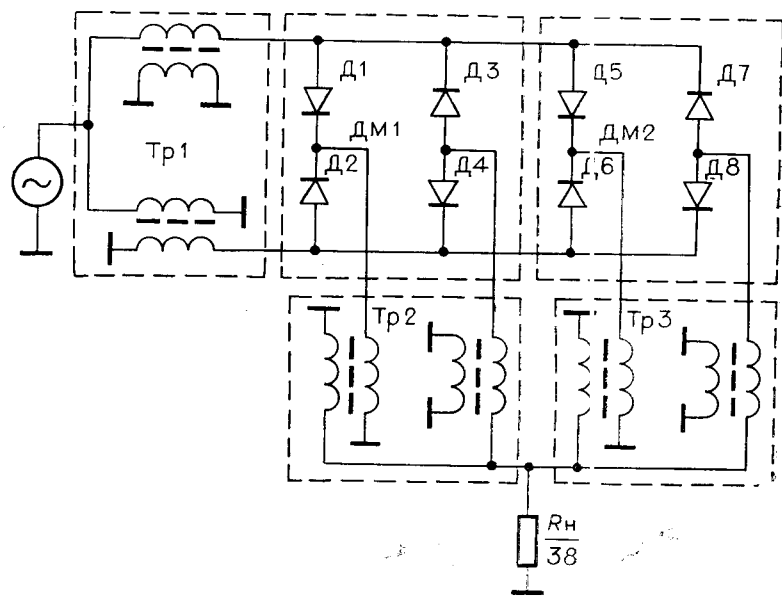


Рис. 2.

$f_{вх}$, МГц	Гармоники, —дБ								
	ДМ1			ДМ2			ДМ1+ДМ2		
	1-я	3-я	4-я	1-я	3-я	4-я	1-я	3-я	4-я
25	20	32	16	23	40	18	35	39	18
50	20	30	18	24	33	18	35	36	20
100	18	28	18	20	31	20	34	36	20
200	18	26	20	20	31	21	31	33	22

в пределах от 0 до 30%. Следовательно, в наиболее неблагоприятном случае ПАМ на выходе диодного моста в режиме компенсации может достигать 15%. Практически в большинстве случаев путем фазирования одной из двух диодных цепочек, составляющих мост, удается снизить глубину ПАМ на выходе моста до 5—10%.

Эффективность подавления ПАМ удвоителя значительно возрастает при параллельном включении в схему удвоителя двух диодных мостов, как показано на рис. 2. Соотношение ПАМ на выходе двух диодных мостов, подключенных параллельно к генератору входного сигнала, также будет либо синфазным, либо противофазным. Следовательно, результирующая ПАМ будет равна соответственно полусумме или полуразности ПАМ отдельных мостов.

Настройка — фазирование удвоителя по схеме рис. 2 — производится в два приема. Сигнал удваиваемой частоты подают параллельно на входы двух диодных мостов и путем фазирования одной из двух диодных цепочек, составляющих мост, устанавливают на выходе каждого моста в отдельности величины ПАМ, наиболее близкие по абсолютному значению. Затем определяют фазовое соотношение ПАМ на выходах обоих мостов, и если оно синфазно, то путем фазирования входного сигнала одного из мостов, т. е. переключением входов моста по отношению к парафазному входному сигналу, устанавливают противофазное соотношение модуляции на выходах обоих мостов и суммируют их выходные сигналы. При фазировании выходы сумматоров-инверторов (Тр2 и Тр3) обоих мостов разъединяют и нагружают на согласованную нагрузку 75 Ом. При суммировании выходных сигналов обоих мостов согласованная нагрузка составляет половину этой величины. Удвоитель с двумя диодными мостами достаточно хорошо согласуется с генератором сигнала, имеющим выходное сопротивление 50 Ом (коэффициент бегущей волны по входу около 0,6).

В таблице приведены результаты измерения уровня подавления паразитных гармоник в спектре выходного сигнала макетов удвоителей по схеме рис. 1 (ДМ1, ДМ2) и рис. 2 (ДМ1+ДМ2), сфазированных по вышеприведенной методике. Все данные нормированы относительно полезной второй гармоники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В. Д., Парамонов В. К. Широкополосное устройство для симметрирования и согласования. — «Электросвязь», 1968, № 11, с. 28.
2. Бузмакова Э. П., Сруогюс Ю.-Л. С. О влиянии режима и точности реализации оптимальной характеристики аperiodического удвоителя частоты на параметры выходного сигнала. — Материалы Пятой научно-технической конференции «Радиоизмерения». Т. 1. Каунас, Вильнюс, 1973, с. 37.

Поступила в редакцию 13 октября 1976 г.