

Изобретение относится к радиоизмерительной технике сверхвысоких и крайневых частот и предназначено для измерения проходящей мощности в передающих трактах больших уровней мощности радиолокационных станций, связанных передатчиков, ускорителей, испытательных стендов.

Известен ваттметр проходящей мощности сверхвысоких частот, в основу работы которого положен эффект поглощения электромагнитных волн в стенках волновода (Мартыненко Л.Г., Волков В.М., Кукуш В.Д., Зеленский А.М. Измеритель проходящей мощности на основе поглощающей стенки // Приборы и техника эксперимента. - 1974. - №1. - С.145 - 146). В этом устройстве в узкую стенку прямоугольного волновода встроена поглощающая пластина, снабженная термопреобразователем, соединенным с индикатором.

В известном устройстве коэффициент преобразования сильно зависит от частоты из-за расположения термопреобразователя только в узкой стенке. Потери мощности в узкой стенке и, следовательно, температура, ее нагрева, зависят от продольной составляющей магнитного поля, которая с ростом частоты уменьшается.

Наиболее близким к предлагаемому устройству для измерения проходящей мощности по совокупности признаков является устройство для измерения проходящей мощности СВЧ (Авт. св. СССР №462140, кл. G01R21/06, Бюл. №8, 1975, с.8), содержащее отрезок прямоугольного волновода, две поглощающие пластины из ферромагнитных металлов, расположенные на середине широкой и узкой стенок волновода в одной плоскости поперечного сечения этого волновода, термодатчики, установленные на поглощающих пластинах, и блок индикации.

В указанном устройстве коэффициент преобразования поглощающих стенок сильно зависит от частоты, особенно в коротковолновой области диапазона СВЧ и в диапазоне КВЧ, где размеры термодатчиков сравнимы с длиной волны и с размерами стенок волновода. Сигнал на выходе термодатчика, расположенного на узкой стенке, пропорционален квадрату продольной составляющей магнитного поля основного типа волны. Сигнал на выходе термодатчика, расположенного на середине широкой стенки, при поперечном размере термодатчика, сравнимом с размером широкой стенки, пропорционален и квадрату поперечной составляющей магнитного поля, и квадрату продольной составляющей магнитного поля. При сложении сигналов с двух термодатчиков результирующий сигнал определяется двойным воздействием продольной составляющей магнитного поля, которая с увеличением частоты уменьшается, и одиночным воздействием поперечной составляющей магнитного поля, которая с увеличением частоты увеличивается. Кроме этого, при прочих равных условиях, потери мощности в узкой стенке и в широкой стенке разные. Вследствие этого сигналы с термодатчиков, установленных на смежных стенках, не компенсируют противоположные частотные зависимости. Например, неравномерность характеристики коэффициента преобразования в максимальной полосе рабочих частот стандартного прямоугольного волновода $\pm 20\%$ составляет $\pm 6,2\%$, $\pm 8,1\%$, $\pm 11,3\%$ для термодатчиков с одинаковыми поперечными размерами $h = 0,01a$, $h = 0,3a$, $h = 0,5a$, соответственно (a - размер широкой стенки волновода).

В основу изобретения поставлена задача создания устройства для измерения проходящей мощности, в котором выполнение термодатчиков с неодинаковыми поперечными размерами, определяемыми из нового математического выражения, позволяет уменьшить зависимость коэффициента преобразования от частоты и использовать при измерении проходящей мощности один широкополосный ваттметр вместо нескольких (двух-трех), предназначенных для эксплуатации в более узких полосах рабочих частот и обеспечивающих одинаковые характеристики.

Такой технический результат достигается тем, что в устройстве для измерения проходящей мощности, содержащем отрезок прямоугольного волновода, две поглощающие пластины из ферромагнитных металлов, термодатчики с одинаковыми продольными размерами, установленные на поглощающих пластинах посередине широкой и узкой стенок волновода без смещения в продольном направлении, и блок индикации, согласно изобретению, термодатчики выполнены с разными поперечными размерами, определяемыми из выражения

$$\frac{h'}{h} = \frac{1}{A} \left[1 - B + \frac{\sin \pi h/a}{\pi h/a} (1 - B + A) \right],$$

где h' - поперечный размер термодатчика в узкой стенке волновода;

h - поперечный размер термодатчика в широкой стенке волновода;

A , B - коэффициенты, введенные для краткости записи;

$$A = 2 \left(\frac{\lambda_n^2}{\lambda_{кр}^2} B - \frac{\lambda_b^2}{\lambda_{кр}^2} \right);$$

$$B = \sqrt{\frac{\lambda_b}{\lambda_n} \frac{1 - \lambda_b^2/\lambda_{кр}^2}{1 - \lambda_n^2/\lambda_{кр}^2}};$$

где λ_n - длина волны на нижней граничной частоте полосы рабочих частот;

$\lambda_{кр}$ - критическая длина волны;

λ_b - длина волны на верхней граничной частоте полосы рабочих частот;

a - размер широкой стенки волновода.

Представленное соотношение позволяет выбором неодинаковых поперечных размеров термодатчиков при их одинаковых продольных размерах обеспечить минимальную зависимость коэффициента преобразования от частоты в полосе рабочих частот.

На фиг.1 изображено устройство для измерения проходящей мощности; на фиг.2 и 3 представлены графики зависимости мощности потерь P , рассеиваемой на площади, занимаемой двумя термодатчиками, нормированной на значение падающей мощности $P_{пад}$ с указанием относительной полосы частот $\Delta f/f_{cp} = (f - f_{cp})/f_{cp}$ в процентах. Здесь и далее f_{cp} - средняя частота максимальной полосы рабочих частот $\pm 20\%$ стандартного прямоугольного волновода. Кривые построены для волновода сечением 10×23 мм с поглощающими стенками из константана, $\sigma = 0,2083 \cdot 10^7$ См/м, с выделением полосы рабочих частот $\pm 20\%$ и указанием соответствующих конструктивных размеров h/a на фиг.2, на которой результаты представлены для $h/a = 0,2$, и h'/h , h/a на фиг.3, на которой для всех кривых отклонение $P/P_{пад}$ от среднего значения в полосе рабочих частот $\pm 20\%$ не превышает $\pm 2,25\%$.

Устройство для измерения проходящей мощности содержит отрезок прямоугольного волновода 1, встроенную в его узкую стенку поглощающую пластину 2 с установленным на ее внешней поверхности посередине узкой стенки термодатчиком 3, имеющим размеры $h' \times l$, встроенную в широкую стенку отрезка прямоугольного волновода 1

поглощающую пластину 4 с установленным на ее внешней поверхности посередине широкой стенки термодатчиком 5, имеющим размеры $h \times l$ ($h \neq h'$), блок 6 индикации, к которому подключены выходы обоих термодатчиков. Поглощающие пластины 2, 4 размещены заподлицо с внутренними поверхностями стенок волновода и выполнены толщиной в несколько скин-слоев, то есть достаточно тонкими для измерения температуры нагрева на внешних поверхностях и достаточно толстыми для предотвращения излучения электромагнитной энергии, а материалом могут служить никель, константан, нихром и др. Термодатчики 3, 5 представляют собой термопары или батареи пленочных дифференциальных термопар, например, на основе соединения сурьмы и висмута, имеют принципиально неравные поперечные размеры $h' \neq h$, которые рассчитываются исходя из заданной полосы рабочих частот. Одинаковые продольные размеры термодатчиков 3, 5 обеспечивают необходимый предел переменной составляющей погрешности расоогласования и выбираются, как правило, кратными половине длине волны в волноводе на одной из рабочих частот. В блоке 6 индикации предусмотрены схемы начальной регулировки, суммирование и усиления сигналов термодатчиков, а также индикаторный прибор.

Устройство для измерения проходящей мощности работает следующим образом. При подаче мощности в передающий тракт часть ее рассеивается в стенках, нагревая поглощающие пластины 2, 4 отрезка прямоугольного волновода 1. Термодатчики 3, 5 преобразуют тепловую энергию в электрическую. Сигналы от термодатчиков 3, 5 подаются на вход блока 6 индикации, где обрабатываются (суммируются) и индицируются. Сигнал от термодатчика 3 пропорционален квадрату продольной составляющей магнитного поля, которая с ростом частоты уменьшается. Сигнал от термодатчика 5 пропорционален квадратам продольной и поперечной составляющих магнитного поля. При суммировании сигналов из-за предварительного выбора поперечных размеров термодатчиков 3, 5 по предложенному математическому выражению достигается равенство значений поглощенной мощности на граничных частотах, что обеспечивает наибольшую взаимную компенсацию частотных характеристик сигналов термодатчиков 3, 5 и минимальный перепад в полосе рабочих частот поглощенной мощности и, следовательно, температуры нагрева, которая линейно зависит от P .

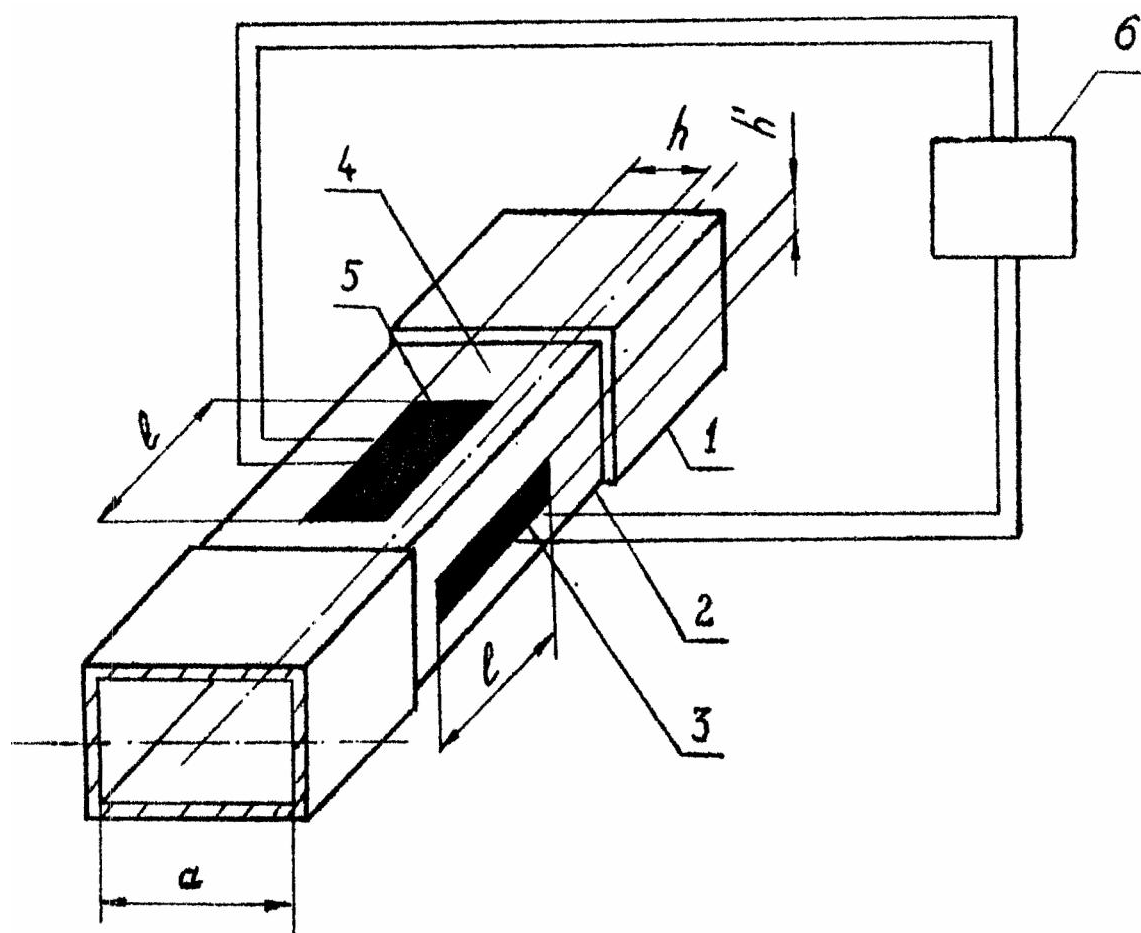
Например, для кривой с $h'/a = 0,05$ (фиг.2) доминирует сигнал от термодатчика 5 в широкой стенке, для кривых с $h'/a = 0,2; 0,3; 0,4$ - от термодатчика 3 в узкой стенке, а кривая с $h'/a = 0,127$ и все кривые на фиг.3 имеют минимальное отклонение от среднего значения, равное $\pm 2,25\%$ в полосе рабочих частот $\pm 20\%$. Для устройства прототипа с шириной термодатчиков $h = 0,2a$ (для кривых на фиг.2 также выбрано $h = 0,2a$) отклонение коэффициента преобразования в той же полосе частот составляет примерно $\pm 7\%$, то есть более, чем в три раза больше.

Данные таблицы показывают, что с уменьшением полосы рабочих частот отклонение коэффициента преобразования от среднего значения, естественно, уменьшается и не зависит от h'/h , h/a при оптимальном выборе этих параметров. В то же время отношение h/a уменьшается с ростом h'/h и полосы рабочих частот. Даже в полосе, значительно превышающей стандартную полосу $\pm 20\%$ (см. последнюю строку), неравномерность коэффициента преобразования существенно меньше, чем для прототипа.

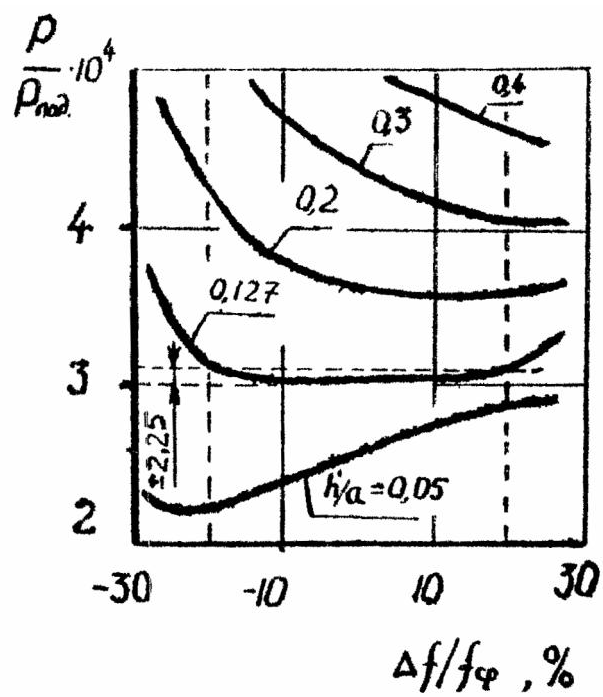
Т а б л и ц а

Отклонение коэффициента преобразования от среднего значения в полосе рабочих частот и оптимальные значения h/a

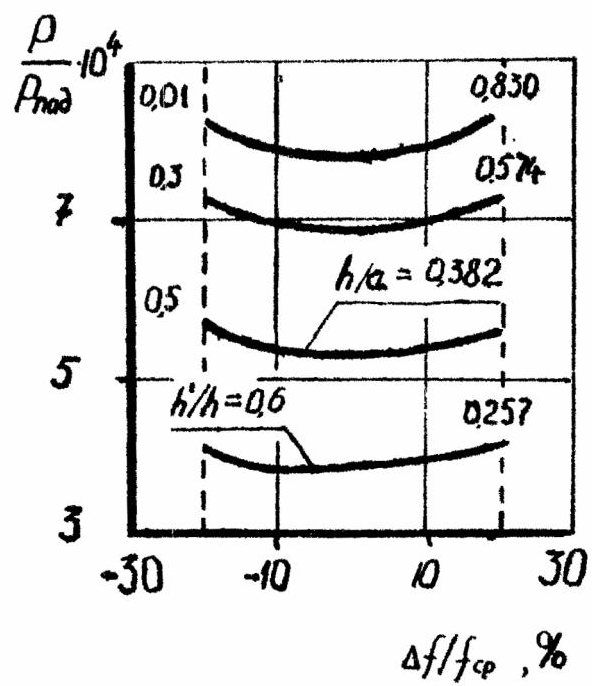
Полоса рабочих частот, %	Отклонение коэффициента преобразования, %	Значения h/a при h'/h , равном					
		0,01	0,1	0,3	0,5	0,6	0,635
± 5	$\pm 0,1$	0,889	0,809	0,664	0,476	0,380	0,343
± 10	$\pm 0,5$	0,878	0,798	0,632	0,460	0,361	0,321
± 20	$\pm 2,25$	0,830	0,748	0,574	0,382	0,257	0,198
± 25	$\pm 4,0$	0,785	0,702	0,518	0,295	0,089	—



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3