

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ ПОНДЕРОМОТОРНОГО ВАТТМЕТРА С ЧАСТОТНОЙ ПЕРЕСТРОЙКОЙ

В. С. Жилков, В. П. Середний, Ю. В. Шпагин

Х а р ь к о в

В настоящее время в качестве образцовых приборов, допускающих абсолютную калибровку, широко используются двухпластинчатые пондеромоторные ваттметры крутильного типа. В работе [1] показано, что погрешность рассогласования для двухпластинчатых ваттметров минимальна, если расстояние между пластинами $l = \lambda_g/4$, где λ_g — длина волны в волноводе. С изменением частоты сигнала, мощность которого измеряется прибором с такой подвижной системой, расстояние между чувствительными элементами отличается от четверти длины волны. Погрешность рассогласования значительно возрастает и зависит от фазы коэффициента отражения нагрузки. Допустимой величиной погрешности рассогласования в основном и ограничен частотный диапазон ваттметров.

Ниже описана схема пондеромоторного ваттметра (рис. 1), позволяющая производить частотную перестройку прибора и, следовательно, расширить частотный диапазон [2].

Чувствительные элементы 3 (рис. 1) подвесной системы такого ваттметра закреплены на горизонтальном кварцевом стерженьке 4 под определенным углом φ к его оси. С помощью вер-

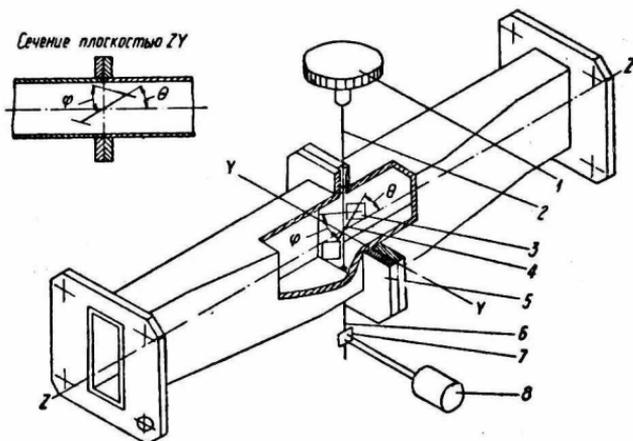


Рис. 1.

тикального стержня 6 чувствительные элементы на тонкой упругой нити 2 подвешены в волноводе 5 под определенным углом между его продольной осью Z и горизонтальным стержнем 4 подвесной системы. Зеркальце 7 и автоколлиматор 8 служит для индикации начального положения подвесной системы.

Таким образом, с помощью крутильной головки 1 мы имеем возможность изменять угловое положение подвесной системы и, соответственно, на любой частоте рабочего диапазона прибора установить расстояние l между чувствительными элементами вдоль направления распространения электромагнитных волн равным $\lambda_g/4$. Выполнив электрическую калибровку пондеромоторного ваттметра и построив зависимость калибровочного коэффициента от угла поворота подвижных элементов и частоты, сможем эксплуатировать прибор в широком диапазоне частот с минимальной погрешностью рассогласования.

Чтобы обеспечить необходимый угол поворота подвесной системы, волноводная секция ваттметра в области расположения подвижных элементов расширяется по узкой стенке. Для удобства помещения подвесной системы волновод выполнен разъемным.

При проектировании пондеромоторного ваттметра [5] нам должна быть известна приблизительная величина коэффициента пропорциональности K_e между вращающим моментом, дей-

ствующим на подвеску, и мощностью, проходящей по волноводу. Для ваттметра с частотной перестройкой важен также характер зависимости K_e от угла поворота Θ подвесной системы прибора и частоты f .

В связи с этим были выполнены измерения зависимости $K_e = \psi(\Theta)$ для подвесок с различными чувствительными элементами. Измерения проводились по методике, описанной в работах [3, 4], на частоте 7,5 Гц в волноводном тракте $28,5 \times 12,6$ мм.

На рис. 2 приведены зависимости K_e от угла поворота Θ для следующих подвижных систем: 1 — для подвески с двумя

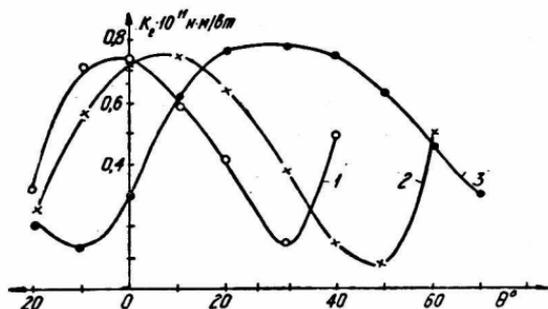


Рис. 2.

кольцами, внешний диаметр D которых равен 8 мм, внутренний диаметр $d=7$ мм, угол $\varphi=30^\circ$; 2 — для подвески с двумя кольцами, размеры которых $D=8$ мм, $d=5$ мм, угол $\varphi=50^\circ$; 3 — для подвески с двумя дисками, диаметр которых равен 8 мм, толщина $t=0,05$ мм, угол $\varphi=70^\circ$.

Положительное значение углов Θ соответствует вращению подвески по часовой стрелке.

Как видно из графиков, максимальное значение коэффициента K_e соответствует такому положению чувствительных элементов, когда плоскость с осью волновода составляет угол приблизительно 45° . Минимальное значение K_e соответствует расположению плоскости чувствительности элемента параллельно или перпендикулярно к оси волновода. Подобные зависимости получены и для подвесок с прямоугольными пластинами размером $8 \times 6 \times 0,05$ мм.

Следует отметить, что сильная зависимость $K_e = \psi(\Theta)$ является одним из недостатков данной схемы прибора, так как чувствительность его на краях частотного диапазона ниже, и задача выполнения калибровки с высокой точностью значительно усложняется.

С целью устранения этого недостатка был исследован ряд подвесных систем, чтобы получить постоянную зависимость ка-

либровочного коэффициента K_e от угла поворота Θ . Оптимальной в этом смысле оказалась подвесная система, состоящая из двух горизонтальных стержней, на концах которых укреплены маталлические кольца на одинаковом расстоянии от оси волновода. Угол φ_1 между плоскостью чувствительных элементов и осью верхнего стержня равен 30° , для нижних элементов этот угол $\varphi_2 = 70^\circ$. Зависимость $K_e = \psi(\Theta, f)$, этой подвижной системы приведена на рис. 3, кривая 1.

Из графика видно, что в диапазоне частот 7026—7600 Мгц калибровочный коэффициент меняется незначительно. Но величина его сравнительно мала, поэтому подобную подвесную систему целесообразно применять при измерении больших уровней мощности.

Чувствительность ваттметра становится выше, если чувствительные элементы подвески находятся в максимуме электрического поля. Это достигается совмещением четырех колец на одном горизонтальном стержне. Стержень с чувствительными элементами располагается в максимуме поля.

Зависимость $K_e = \psi(\Theta, f)$ для такой подвесной системы показана на рис. 3, кривая 2. Полоса частот, в которой K_e меняется незначительно, составляет ~ 1000 Мгц.

Таким образом, схема пондеромоторного ваттметра с частотной перестройкой позволяет измерять мощность СВЧ в диапазоне частот $\sim 14\%$ с минимальной погрешностью рассогласования. Зависимость $K_e = \psi(\Theta, f)$, аналогичную графикам рис. 3, можно получить с помощью более простой подвесной системы, укрепив на концах горизонтального стержня такой системы по одному чувствительному элементу под различными углами φ . Погрешность рассогласования в этом случае будет выше из-за разной чувствительности подвижных элементов. Подобная подвесная система может быть использована при работе на согласованную нагрузку.

Следует отметить, что конструкция пондеромоторного ваттметра с горизонтальной волноводной секцией проще и более технологичная по сравнению с приборами, в которых применяется S-образный волноводный блок [5].

Результаты данной работы использованы в Харьковском институте радиоэлектроники при разработке стационарной пон-

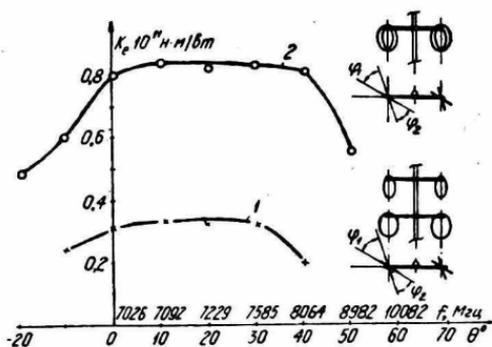


Рис. 3.

деромоторной установки для измерения средних уровней мощности СВЧ и переносных приборов лабораторного типа для измерения больших уровней мощности.

Технические характеристики стационарной пондеромоторной установки следующие: пределы измеряемой мощности 0,5—10 *вт*, средняя рабочая частота 7,6 *Гц*, канал волноводный 28,5×12,6 *мм*, погрешность измерения мощности при КСВН нагрузки $\leq 1,1$ не превышает 2,2%.

Переносные приборы, предназначенные для измерения больших уровней мощности непрерывных и импульсно-модулированных колебаний СВЧ, имеют следующие технические характеристики: пределы среднего значения измеряемой мощности 10—200 *вт* при мощности в импульсе до 200 *квт*, средняя частота 9 *Гц*, погрешность измерения мощности не превышает $\pm 3,5\%$ при КСВН нагрузки $\leq 1,2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Жилков, В. Д. Кукуш. Расчет погрешностей рассогласования двухпластинчатого пондеромоторного измерителя мощности. Сб. «Радиотехника», вып. 9, Изд-во Харьковск. ун-та, 1969.

2. В. С. Жилков, В. Д. Кукуш. Способ частотной перестройки пондеромоторных ваттметров. Решение о выдаче заявки на изобретение № 1341610 от 30.VI. 1969. Авт. свид. № 290225. Бюлл. № 2, 1971 г.

3. Cullen A. L. A general method for the absolute measurement of microwaves power. «Proc. IEE» 99, pt. IV, p. 122, 1952.

4. В. Д. Кукуш, В. Г. Орлов. Повышение точности электрической калибровки пондеромоторных измерителей мощности на СВЧ. «Измерительная техника», № 2, 1960.

5. В. Д. Кукуш, В. С. Жилков. Проектирование пондеромоторных измерителей мощности. «Вопросы радиоэлектроники», серия VI, вып. 1, 1968.