

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ПОНДЕРОМОТОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ

А. Ф. Серета, А. Т. Акулов

Харьков

В последнее время широкое распространение получили пондеромоторные ваттметры для измерения проходящей мощности СВЧ. Они отличаются высокой точностью, малым потреблением мощности, абсолютностью калибровки и другими важными свойствами.

Наряду с указанными преимуществами существующие пондеромоторные ваттметры обладают рядом недостатков, главными из которых являются следующие: неудобство отсчета, необходимость присутствия оператора возле измерительной установки, значительное время измерения и чувствительность к вибрациям [1].

Для устранения этих недостатков необходимо было создать автоматические пондеромоторные измерители мощности СВЧ. Была рассмотрена возможность непосредственного преобразования угла поворота подвижной части пондеромоторного ваттметра в код с последующим преобразованием его в цифровой отсчет. Рассмотрены преобразователи угла поворота в код: с трансформаторным и фотоэлектрическим съемом сигнала, фазометрические, с магнитным барабаном, контактные и др. Эти преобразователи обладают значительным весом подвижной части и используются для преобразования в код сравнительно больших углов. Ввиду этого построение автоматических пондеромоторных ваттметров с данными преобразователями оказалось невозможным.

В связи с этим возникла необходимость в преобразовании угла поворота подвижной части ваттметра в электрический сигнал с последующим его измерением.

Из известных преобразователей угла поворота в электрический сигнал (фотоэлектрический, емкостный, индуктивный

и др.) был выбран фотоэлектрический преобразователь, обладающий малым весом подвижной части и большим коэффициентом преобразования.

Структурная схема ваттметра в этом случае разомкнута. Она характеризуется следующей цепью преобразования:

$$P_{\text{свч}} \rightarrow M_{\text{вр}} \rightarrow \alpha \rightarrow U \rightarrow \alpha'.$$

Следовательно, чувствительность такого ваттметра представляет собой произведение чувствительностей отдельных звеньев [2]:

$$S = S_1 S_2 S_3 S_\alpha,$$

а относительная погрешность равна сумме относительных погрешностей отдельных звеньев

$$\gamma_s = \gamma_{s_1} + \gamma_{s_2} + \gamma_{s_3} + \gamma_{s_\alpha}.$$

В этом выражении не учтены погрешности отдельных звеньев, вызванные действием побочных факторов. Первое и последнее звено (преобразователь $P_{\text{свч}}$ в момент и измерительный прибор) могут быть выполнены достаточно стабильными и обладающими малой погрешностью.

В основном свойства такого ваттметра будут определяться свойствами фотоэлектрического преобразователя угла поворота в электрический сигнал. Эти преобразователи обладают дрейфом нуля и коэффициент преобразования их зависит от освещенности, старения и других факторов.

Кроме того, в приборе не устранены недостатки, присущие существующим пьезоэлектрическим ваттметрам: значительное время измерения, чувствительность к вибрациям.

С целью устранения недостатков, присущих фотоэлектрическому преобразователю, а также для улучшения общих свойств ваттметра целесообразно построить его по замкнутой структурной схеме.

Весьма важным качеством приборов с замкнутой структурной схемой является возможность получения достаточно малых погрешностей измерения при высокой чувствительности, обеспечиваемых даже при неблагоприятных внешних условиях проведения измерений.

В настоящее время по замкнутой структурной схеме выполняются многие приборы для измерения электрических и неэлектрических величин как у нас в стране, так и за рубежом [2, 3, 4]. Структурная схема такого ваттметра имеет следующий вид (рис. 1), а общая чувствительность определяется из выражения

$$S = S_1 S_{\text{oc}} S_\alpha,$$

где S_{oc} — чувствительность участка цепи, охваченного обратной связью:

$$S_{oc} = \frac{S_2 S_3 S_4}{1 + S_2 S_3 S_4 S_5}$$

Так как $S_2 S_3 S_4 S_5 \gg 1$, то $S_{oc} = \frac{1}{S_5}$,

т. е. определяется чувствительностью обратного преобразователя.

Относительная погрешность ваттметра определяется выражением

$$\gamma_s = \gamma_{s_1} + \gamma_{s_{oc}} + \gamma_{s_a}$$

при $S_2 S_3 S_4 S_5 \gg 1$; $\gamma_{s_{oc}} = -\gamma_{s_5}$ и выражение для погрешности в худшем случае приобретает вид

$$\gamma_s = \gamma_{s_1} + \gamma_{s_5} + \gamma_{s_a}$$

Таким образом, наличие обратной отрицательной связи стабилизирует величину чувствительности отдельных звеньев, охваченных отрицательной обратной связью, компенсирует воздействия на них внешних возмущений. Погрешности этих звеньев резко снижаются и фактически погрешность цепи обратной связи определяется только погрешностью обратного преобразователя, а по-

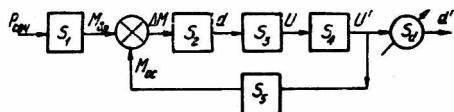


Рис. 1.

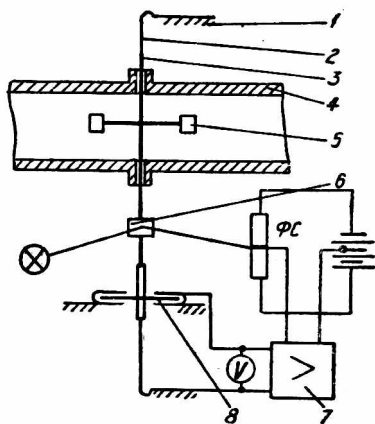


Рис. 2.

грешность всего ваттметра — погрешностью преобразователей, не охваченных отрицательной обратной связью, и погрешностью обратного преобразователя. Поэтому основное внимание уделено выбору обратного преобразователя.

Из рассмотренных обратных преобразователей на базе магнитоэлектрического, электромагнитного, электродинамического и электростатического измерительных механизмов поставленным требованиям наиболее соответствует обратный преобразователь на базе электростатического механизма.

В лабораторных условиях была проведена экспериментальная проверка работоспособности ваттметра с замкнутой структурной схемой. Общий вид ваттметра представлен на рис. 2.

На кварцевом стержне 3 крепится чувствительный элемент ваттметра 5, расположенный в волноводе 4, и обратный преобразователь 8. Вся подвесная система с помощью растяжек 2 крепится к лабиринтным пружинам 1. На стержне укреплено также зеркальце 6.

Принцип работы ваттметра заключается в следующем. Под воздействием мощности СВЧ на чувствительном элементе ваттметра создается момент $M_{вр}$, стремящийся повернуть подвижную часть на некоторый угол. При этом освещенность фотосопротивлений ФС будет неодинакова, и на выходе фотоэлектрического преобразователя появится напряжение, которое усиливается и подается на обратный преобразователь электростатического типа. В результате этого создается момент $M_{ос}$, стремящийся вернуть подвижную часть в исходное положение. Таким образом, выходное напряжение, измеренное вольтметром и действующее в цепи обратной связи, оказывается пропорциональным $M_{вр}$, а следовательно, и мощности СВЧ.

Экспериментальная проверка показала полную работоспособность данного ваттметра, возможность получения цифрового отсчета, большого быстродействия, малых погрешностей измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. А. Валитов, В. Н. Сретенский. Радиотехнические измерения. Изд-во «Сов. радио», М., 1970.
2. Л. А. Островский. Основы общей теории электроизмерительных устройств. Изд-во «Энергия», М., 1971.
3. О. С. Арутюнов. Датчики состава и свойств вещества. Изд-во «Энергия», М., 1966.
4. П. П. Орнатский. Автоматические измерительные приборы. Изд-во «Техника», Киев, 1965.