



ИЗМЕРЕНИЕ МАЛЫХ ВЧ НАПРЯЖЕНИЙ

Б. СТЕПАНОВ

В радиолюбительской практике нередко возникает необходимость измерять малые напряжения переменного тока высокой частоты. Подобные измерения обычно производят с помощью ВЧ головки, которую подключают к вольтметру постоянного тока (рис. 1). Собственно ВЧ головка состоит из выпрямителя, выполненного на полупроводниковом диоде $V1$ и фильтра нижних частот $RC2$. В простейшем и, кстати, наиболее часто встречающемся варианте измерительный прибор P — микроамперметр, а входящий в ФНЧ резистор $R1$ выполняет также функции добавочного резистора и определяет предел измерения напряжения вольтметра.

Д20, Д310, Д311, Д312, ГД402, ГД507, ГД508 с различными буквенными индексами. Оказалось, что, если ограничиться вполне приемлемой для радиолюбительской практики точностью измерений 15...20%, то такие вольтметры, независимо от типа диода, не нуждаются в калибровке по образцовому прибору.

Первой особенностью таких вольтметров является то, что стрелка микроамперметра, действительно, отклоняется на последнее деление шкалы при подаче на вход напряжения $\dots 1$ В (эффективное значение). Если быть более точным, то для ВЧ вольтметра с микроамперметром на 50 мкА это напряжение составило 0,94 В* (наблюда-

Таблица 1

N	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
$U_{эфф}$	1	0,92	0,84	0,75	0,66	0,57	0,48	0,38	0,28	0,16

Таблица 2

Тип диода	Д2	Д9	Д18	Д20	Д310	Д311	Д312	ГД402	ГД507	ГД508
K_f	0,6	0,6	0,9	0,85	0,6	0,85	0,4	0,9	0,8	1

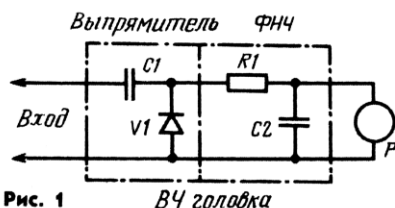


Рис. 1 ВЧ головка

При малых (до 1...2 В) напряжениях шкала такого ВЧ вольтметра нелинейна, что обусловлено нелинейностью прямой ветви вольтамперной характеристики полупроводникового диода. Нелинейность шкалы вольтметра зависит также и от сопротивления нагрузки выпрямителя (резистора, входящего в ФНЧ, и входного сопротивления вольтметра). В подобных ВЧ вольтметрах используют, как правило, лишь германиевые диоды, так как у кремниевых эффективность выпрямления при амплитуде ВЧ напряжения меньше 0,6...0,7 В резко падает.

В качестве вольтметров постоянного тока в проведенных экспериментах использовались микроамперметры с током полного отклонения 50, 100 и 200 мкА. Подобные приборы наиболее широко распространены у радиолюбителей, да и большинство авометров, выпускаемых промышленностью, имеет такие же или близкие пределы измерения тока. Во всех случаях сопротивление резистора $R1$ (рис. 1) рассчитывалось таким, чтобы совместно с микроамперметром он образовывал вольтметр постоянного тока с пределом измерения 1 В.

Результаты, о которых речь пойдет ниже, были получены при использовании в простых ВЧ вольтметрах, германиевых диодов серий Д2, Д9, Д18,

лись значения в интервале 0,86...1 В), на 100 мкА — 0,97 В (0,92...1,05 В), на 200 мкА — 1,02 В (0,98...1,12 В).

Не требует он калибровки и в остальных точках (примерно до 0,1 В). Это обусловлено второй особенностью такого вольтметра. Оказывается, что шкалу (градуировочную таблицу) можно рассчитать по формуле

$$N = N_0 \cdot \sqrt{U_{эфф}}$$

где N_0 — полное число делений шкалы микроамперметра; N — число делений.

* Среднеарифметическое значение.

на которое отклонится стрелка прибора при подаче на его вход напряжения $U_{эфф} < 1$ В.

Показатель степени n хотя и слабо, но зависит от тока полного отклонения измерительного прибора. Для микроамперметра на 50 мкА он составил 1,22* (наблюдались величины в интервале 1,16...1,32), на 100 мкА — 1,26 (1,18...1,37), на 200 мкА — 1,3 (1,2...1,4). Расчетные данные для градуировки шкалы ВЧ вольтметра, изготовленного на основе микроамперметра с током полного отклонения 100 мкА, приведены в таблице 1.

Все сказанное выше справедливо лишь в области относительно низких частот, верхняя граница которой однозначно определяется типом диода. Если показатель степени n от частоты практически не зависит (до 30 МГц), то эффективность выпрямления переменного тока с повышением частоты уменьшается. Для диодов типа Д2, Д9, Д310 и Д312 частотная зависимость показаний вольтметра начинает проявляться уже на частотах 2...5 МГц, для диодов Д18, Д20, Д311, ГД402 и ГД507 — на частотах 10...20 МГц. Ориентировочные данные по эффективности выпрямления K_f на частоте 30 МГц (по сравнению с частотой 0,3 МГц) приведены в таблице 2. Видно, что наилучшими для ВЧ вольтметра являются диоды типа ГД508. Эти данные получены на ВЧ вольтметре с микроамперметром на 100 мкА.

Эффективность выпрямления слабо зависит и от тока полного отклонения измерительного прибора: для микроамперметра на 50 мкА она будет примерно на 10 % выше.

Напомним, что входное сопротивление ВЧ вольтметра, выполненного по схеме рис. 1, составляет примерно одну треть от сопротивления резистора $R1$. Следовательно, оно будет тем больше (при прочих равных условиях) чем чувствительнее микроамперметр. ...

www.radial.ru/ham
radial@radial.ru
(495) 775-43-19