



ВАТТМЕТР ПОГЛОЩАЕМОЙ МОЩНОСТИ

АКТАКОМ АМ-8001

Афонский А.А., Солдатов О.М.

Стремительное развитие в последнее десятилетие телекоммуникационной отрасли, в том числе сотовой и радиосвязи, привело к необходимости разработки высокоточных, портативных, надежных и относительно простых приборов, предназначенных для настройки и диагностики радиочастотных трактов.

Измерения тока и напряжения на высоких частотах ограничено возникновением больших погрешностей, вызванных

0,03...1 ГГц. Таким образом в отечественном приборостроении были заложены основы развития такого типа средств измерений.

Калориметрические ваттметры или калориметры используются для измерения высокой мощности преимущественно в метрологических лабораториях. Они состоят из нагрузочного сопротивления в теплоизолирующем корпусе, находящегося в воздушной среде или погруженного в жидкость. Определе-

выделяется тепловая энергия, количество которой пропорционально мощности сигнала. Термистор преобразует тепловую энергию в термоэдс, величина которой также пропорциональна мощности сигнала. Принципиальная схема термисторного ваттметра приведена на рис. 1.

В настоящее время существует два типа приборов, предназначенных для измерения мощности на высоких и сверхвысоких частотах: поглощающие измерители мощности, содержащие собственную нагрузку, и измерители проходящей мощности, в которых используется метод направленного ответвителя. Поглощающие приборы более точны и обычно включают в себя 50-омную нагрузку для работы на высоких частотах.

Одним из основных требований, предъявляемых к ваттметрам поглощающего типа, является требование по согласованию выходного сопротивления источника мощности и нагрузочного сопротивления ваттметра с линией передачи, так как от этого зависит величина мощности, поглощаемой в нагрузочном

Государственный первичный эталон единицы мощности электромагнитных колебаний в волноводных трактах в диапазоне частот от 0,03 ГГц до 37,5 ГГц создан во ВНИИФТРИ в 1969–1972 гг. Усовершенствован в период с 1989 по 1994 гг.

В основе воспроизведения единицы мощности электромагнитных колебаний СВЧ лежат закон Джоуля-Ленца и закон сохранения энергии. Единица мощности — ватт — воспроизводится при помощи наборов эталонных термисторных и термоэлектрических измерителей мощности для коаксиального и волноводного трактов. В эталонных измерителях реализован метод замещения мощности СВЧ мощностью постоянного тока. Погрешности из-за неэквивалентности замещения определяются при помощи набора микрокалориметров.

Метрологические характеристики:

диапазон измерений, Вт	$10^{-4} \dots 10^{-1}$
среднеквадратичное отклонение результата измерений	10^{-4}
неисключенная систематическая погрешность	$2 \cdot 10^{-3}$

влиянием реактивных составляющих сопротивления на общее внутреннее сопротивление приборов. В связи с этим для измерения уровня выходного сигнала на высоких частотах применяются, в основном, ваттметры или, используя другое название, измерители мощности.

История создания подобных приборов в нашей стране начинается в 60-х годах прошлого века, когда на базе ВНИИМ имени Д.И. Менделеева были разработаны калориметрический и болометрический ваттметры с верхней границей рабочей частоты от 1 до 3 ГГц. Немного позднее на заводе «Эталон» были созданы и внедрены в производство установки типа УПИМ-1-2, предназначенные для поверки измерителей малой мощности в диапазоне частот от 0,15 до 1 ГГц. В те же годы была разработана методика и оборудование для поверки измерителей импульсной мощности в диапазоне частот

влиянием реактивных составляющих сопротивления на общее внутреннее сопротивление приборов. В связи с этим для измерения уровня выходного сигнала на высоких частотах применяются, в основном, ваттметры или, используя другое название, измерители мощности.

Достоинствами калориметрического метода являются очень высокая точность измерений и возможность использования на сверхвысоких частотах для любых видов линий передачи (однако, при этом нагрузочное сопротивление должно иметь хорошее согласование с линией передачи мощности). Недостатки заключаются в довольно значительной инерционности измерений из-за медленной установки указателя отсчета, а также в громоздкости и сложности конструкции калориметра.

В этой связи калориметрический метод применяется почти исключительно в области очень коротких волн (сантиметровых, дециметровых и, отчасти, метровых) для измерения больших мощностей — примерно от 5 до 1000 Вт.

Термисторные и болометрические ваттметры применяются для измерения малых уровней мощности на высоких и сверхвысоких частотах. В основе использования термисторов и болометров для измерения высокочастотной мощности лежит зависимость их проводимости от температуры. При прохождении через нагрузку высокочастотного сигнала



Рис. 2. Портативный ваттметр поглощаемой мощности АМ-8001

сопротивлению. При отсутствии согласования происходит отражение энергии от нагрузки, вследствие чего в линии, соединяющей источник мощности с нагрузкой, возникает стоячая волна. В результате величина мощности P , которая рассеивается в нагрузочном сопротивлении, будет иметь следующее значение:

$$P = P_{\max} \frac{4}{2 + K + \frac{1}{K}},$$

где P_{\max} — максимальная мощность, отдаваемая источником мощности при полном согласовании его и нагрузки с линией передачи; $K = U_{\min}/U_{\max} = I_{\min}/I_{\max}$ — коэффициент бегущей волны.

Из данной формулы видно, что, чем

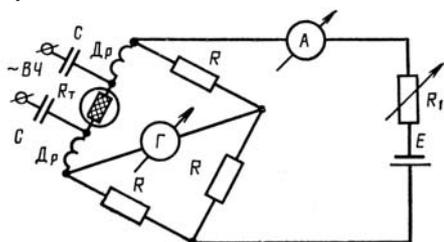


Рис. 1. Принципиальная схема термисторного ваттметра



больше будет рассогласование, тем больше будет и разница между измеренным и действительным значениями мощности источника высокочастотного излучения.

Сегодня на российском рынке измерителей мощности высокочастотного излучения присутствуют приборы как отечественного производства (например, серии МЗ-XX), так и различных зарубежных изготовителей, например, «Agilent Technologies», «Fluke», «Rohde & Schwarz» и др.

В модельном ряду контрольно-измерительного оборудования АКТАКОМ также имеется такой прибор — портативный ваттметр поглощаемой мощности АМ-8001 (рис. 2).

Прибор позволяет измерять мощность сигнала на выходе передатчиков, радиотелефонов и других высокочастотных устройств в диапазоне от 0,1 мВт до 500 мВт и с большим успехом применяется при настройке радиочастотных трактов, заменяя хорошо известные отечественные измерители мощности серии МЗ-91.

Ваттметр имеет четыре поддиапазона измерений: 1,999 мВт, 19,99 мВт, 199,9 мВт и 1999 мВт и позволяет производить измерение мощности сигнала в диапазоне частот от 10 МГц до 2 ГГц.

Погрешность измерений мощности в диапазоне частот от 10 МГц до 1 ГГц составляет $\pm 10\%$ от полной шкалы, а в диапазоне частот от 1 ГГц до 2 ГГц — $\pm 15\%$ от полной шкалы.

Результаты измерений отображаются на большом четырехразрядном жидкокристаллическом дисплее с диагональю 50 мм и высотой цифр 15 мм.

В основу работы прибора заложен термисторный метод измерения мощности.



Рис. 3. Измерение непрерывного излучения

Измеряемый сигнал подается на термистор, затем обработанный сигнал через блок усилителей, подается в аналогово-цифровой преобразователь, а результат измерения выводится на жидкокристаллический дисплей прибора. Схема управления имеет обратную связь со всеми составными компонентами прибора.

Большинство элементов устройства размещено на одной печатной плате. Термисторы монтируются в коаксиаль-

ном корпусе, совместимом с измерительными линиями, используемыми на высоких частотах. Корпус обеспечивает согласование с импедансом измерительной линии во всем диапазоне рабочих частот. Активные и емкостные потери сравнительно малы, поэтому большая часть высокочастотной мощности рассеивается в термисторе. Корпус также обладает хорошими изолирующими свойствами, чтобы предотвратить утечки из термистора, обеспечить устойчивость к ударам, вибрациям и экранирование от помех.

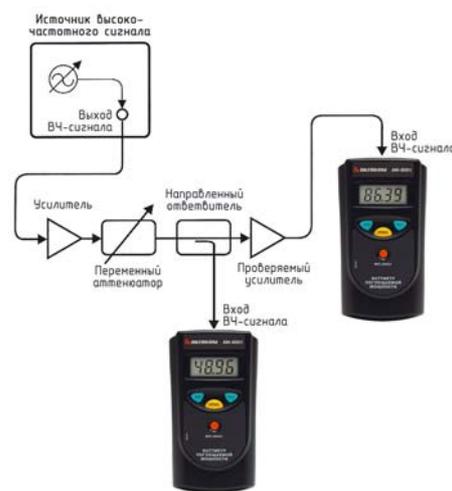


Рис. 4. Измерение коэффициента усиления усилителя

Исключительная простота конструкции прибора, обеспечивает предельную легкость эксплуатации, не требующую специальной подготовки или высокой квалификации оператора, что позволяет проводить измерения непосредственно после подключения источника сигнала к входному коаксиальному разъему прибора, имеющему входное сопротивление 50 Ом.

Перед началом измерений, необходимо включить прибор и выбрать поддиапазон измерений, соответствующий мощности входного сигнала. В случае, если величина сигнала заранее неизвестна, следует начинать измерения с наивысшего, предусмотренного конструкцией прибора, поддиапазона. Выбор поддиапазона осуществляется при помощи кнопки «RANGE», установленное значение поддиапазона будет отображаться на дисплее прибора. Если измерения уже проводились, следует воспользоваться кнопкой «ZERO» для сброса результатов предыдущих измерений.

Затем следует последовательно подключить источник высокочастотного сигнала к проверяемому устройству, например, к фильтру, а затем к входному разъему измерителя мощности (рис. 2). Результат измерения будет отображен на дисплее ваттметра.

При измерении коэффициента усиления усилителя, следует воспользоваться двумя аналогичными измерителями мощности, подключив их так, как показано на рис. 3. Атенуатор применяется

для работы при малых уровнях мощности, ниже 1 мВт, а иногда при средних уровнях до 2 Вт, с целью установки уровня входной мощности, безопасного для исследуемого прибора. Направленный ответвитель обеспечивает передачу входного сигнала исследуемого устройства. При работе на высоких частотах существенен уровень мощности в каждом элементе исследуемой схемы, и он не должен превышать допустимых пределов.

Для фиксации результата измерений на экране прибора, предусмотрен специальный режим удержания текущего показания. Он активируется путем нажатия кнопки «HOLD». В этом режиме непрерывные измерения прекращаются и на экране отображается последний зафиксированный результат. Для возврата к нормальному режиму измерений следует нажать кнопку «HOLD» повторно.

При кратковременном воздействии прибор способен выдерживать пиковые нагрузки до 1000 мВт, а в некоторых случаях — и до 2000 мВт, но продолжительное воздействие сигнала подобной мощности неизбежно приведет к повреждению прибора. По этой причине следует выяснять параметры измеряемого сигнала до начала измерений.

Сравнительно небольшая масса прибора, всего 220 г, при весьма скромных габаритных размерах 160×90×45 мм, позволяет переносить прибор на любые расстояния в обычной сумке или дипломате, а то и в кармане куртки или пиджака, не прилагая чрезмерных усилий. Питание прибора осуществляется от двух батарей типа «Крона», что дает возможность использовать прибор в полевых условиях, делая его незаменимым компонентом мобильного лабораторий.

Как и все приборы модельного ряда АКТАКОМ, ваттметр АМ-8001 является надежным и практичным устройством, он доступен по цене и совмещает в себе прекрасное качество с высокой точностью измерений. Не вызывает сомнения, что этот прибор будет по достоинству оценен специалистами и получит широкое применение при диагностике, ремонте и наладке разнообразных высокочастотных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мейзда Ф. «Электронные измерительные приборы и методы измерений». — М., «Мир», 1990.
2. «Метрологическое обеспечение эксплуатации вооружения и военной техники». /Под редакцией А.Г. Фунтикова. — М., Воениздат, 1989.
3. «Российская метрологическая энциклопедия». — Санкт-Петербург, Издво «Лики России», 2001.
4. «Средства измерений для профессионалов». Справочник, вып. 1, «Радиоэлектронные измерения». — М., Издво «Эликс+», 2002.
5. Журнал «Радио», 2000 г., №№ 6, 7.
6. Каталог-справочник «RS Components», 2004 г.