

ОСЦИЛЛОГРАФЫ R&S RTM: ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ

Н.Лемешко, к.т.н. nlem83@mail.ru

Развитие электронных устройств тесно связано с совершенствованием методов измерений характеристик импульсов. Многие установки (генераторы мощных импульсов электрического тока, счетчики частиц, датчики лавинных процессов и др. [1]) генерируют знакопеременные импульсы. Эти импульсы содержат важную информацию о протекающих в устройстве процессах. Поэтому измерение параметров импульсных сигналов в радиоэлектронике выделено в отдельное научное направление [2]. Одна из важных характеристик импульсов – их площадь. Для ее измерения можно эффективно использовать осциллографические методы. О том, как это сделать с помощью осциллографов R&S RTM, рассказывается в статье.

Площадь импульсов является интегральной мерой эффективности различных процессов. Например, площадь коротких импульсов характеризует их способность инициировать переходные процессы в электрических цепях с постоянными времени, большими длительности импульсов [3]. Кроме того, площадь импульсов позволяет оценить мощностные характеристики многих импульсных устройств. Среди методов измерения площади импульсов наиболее информативны осциллографические. Но для их применения осциллографы должны удовлетворять определенным требованиям.

ТРЕБОВАНИЯ К ОСЦИЛЛОГРАФАМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ИМПУЛЬСОВ

Осциллографические методы основаны на регистрации временной функции импульсов

с минимальными амплитудными и частотными искажениями и последующей обработке полученных результатов. Площадь однополярных импульсов рассчитывается по формуле $S_u = t_p u_s$, где t_p – временной интервал усреднения, u_s – среднее напряжение по заданному интервалу усреднения для функции сигнала $s(t)$. При использовании функции автоматических измерений значение u_s вычисляется непосредственно осциллографом, и его остается лишь умножить на длительность развертки, которая и будет равна интервалу усреднения. При этом важно, чтобы развертка охватывала импульс полностью.

При измерении площади знакопеременных импульсов изложенный подход применять нельзя. Для некоторых импульсов может быть применено разбиение на небольшое число участков постоянной полярности, однако



Рис.1. Измерительная установка: а) схема; б) внешний вид

это сильно затрудняет и замедляет измерения. Кроме того, в практике тестирования радиоэлектронных средств часто встречаются импульсы-имитаторы, моделирующие преобразуемые и выходные сигналы. К ним относят импульс типа "вспышка", имеющий форму кратковременной ограниченной во времени негармонической несущей с хаотичной амплитудной модуляцией. Естественно, что для него описанный метод неприменим.

Таким образом, использование чисто осциллографических методов даже с применением стандартных автоматических измерений не позволяет измерить площадь знакопеременных импульсов. Для этого необходима более глубокая обработка сигналов. Поэтому основным требованием к осциллографам, применяемым при измерениях площади импульсов, является наличие функций дополнительной математической обработки.

По сути, расчет площади может быть выполнен двумя последовательными операциями над осциллограммой импульса – взятием модуля и интегрированием. Возможность их реализации предусмотрена в современных приборах профессионального уровня. Таким образом, вторичная обработка результатов измерений, полученных осциллографическими методами, позволяет непосредственно рассчитать площадь знакопеременных импульсов.

Следует также учитывать, что при измерении площади импульса путем умножения расчетного среднего значения на длительность развертки в пределах последней должны присутствовать только измеряемые импульсы. Однако они часто сопровождаются близко расположенными второстепенными выбросами, которые

должны быть исключены из анализа. В этом случае использование рассматриваемого метода становится затруднительным, т.к. требует очень аккуратного выбора длительности развертки и условия запуска. Это сильно осложняет измерения и снижает их точность. Необходимость точной установки длительности развертки устраняется, если есть возможность использовать курсорные измерения. Их наличие – еще одно требование к осциллографам для измерения площади импульсов.

Осциллографы серий RTM и RTO фирмы Rohde&Schwarz удовлетворяют вышеуказанным требованиям. Посмотрим, как они применяются для измерения площади различных сигналов.

ПРИМЕРЫ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ R&S RTM

Вначале рассмотрим пример, иллюстрирующий действенность метода измерений площади импульсов положительной полярности, основанного на вычислении среднего значения по осциллограмме. Для этого воспользуемся схемой измерений (рис.1), включающей четырехканальный осциллограф R&S RTM2054 с полосой пропускания 500 МГц и функциональный генератор АНР-1041, согласованный по выходу (на рис.1 СН – согласованная нагрузка) и соединенный с осциллографом.

На вход осциллографа подавались одинаковые парные прямоугольные импульсы, имевшие длительность около 6 мкс и амплитуду 250 мВ (рис.2). Расчетная площадь каждого импульса составляла 1,5 мкВ·с, а обоих импульсов – 3 мкВ·с. Результат измерений среднего значения напряжения в пределах отображаемой развертки

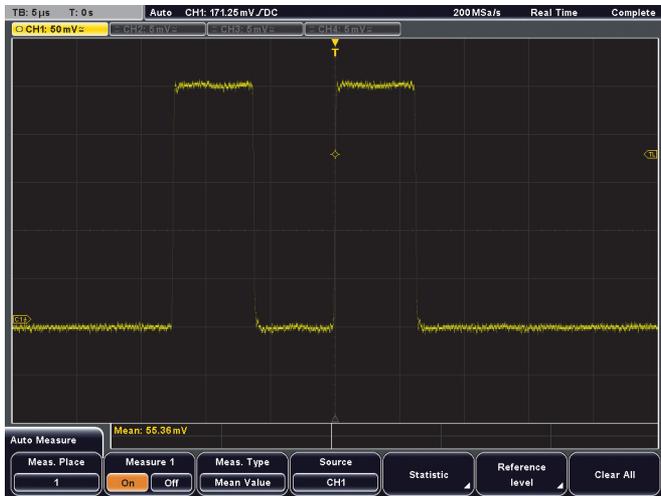


Рис.2. Результат измерений площади парных импульсов

составляет 55,4 мВ при ее общей длительности 50 мкс. Следовательно, измеренное значение площади равно 2,8 мкВ·с. Сопоставление полученных результатов говорит о достаточной точности метода измерений по среднему значению.

Теперь рассмотрим случай, когда на вход осциллографа подается два положительных импульса, разделенных отрицательным (рис.3). Длительность каждого из трех импульсов составляет 7,7 мкс, их амплитуда равна 250 мВ. Следовательно, вычисленное значение площади составляет около 5,78 мкВ·с. Согласно результатам измерений, среднее по развертке напряжение равно 29,7 мВ при длительности развертки 50 мкс. Измеренное значение площади равно



Рис.3. Измерение площади знакопеременных импульсов

1,5 мкВ·с и составляет менее трети от расчетного, т.е. фактически соответствует только одному импульсу в пачке. Следовательно, использованный в предыдущем примере принцип измерений в данном случае неприменим.

Для правильного измерения площади рассмотренного сигнала использовались расчетные осциллограммы – функция модуля (MA1) и функция интеграла модуля (MA2) входного сигнала (рис.4). Площадь составила 5,85 мкВ·с, что имеет незначительное расхождение с ее расчетным значением.

Расчетные осциллограммы позволяют измерять площади и очень сложных по форме импульсов. Примером является импульс типа "вспышка"



Рис.4. Измерение площади знакопеременного импульса с использованием расчетных осциллограмм

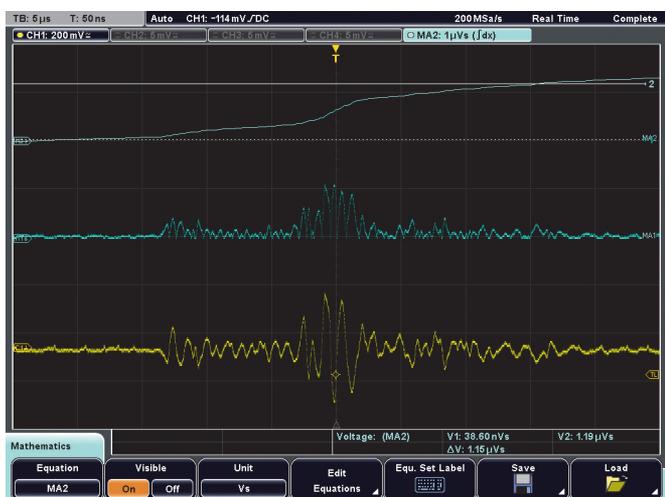


Рис.5. Измерение площади импульса типа "вспышка"

"вспышка" (рис.5). Для таких импульсов могут использоваться только методы, основанные на математической обработке осциллограмм. Согласно полученным результатам, площадь импульса в данном случае составляет 1,15 мкВ·с. Курсоры на расчетной осциллограмме устанавливаются по визуальному началу и концу измеряемого импульса.

Представленные примеры свидетельствуют о возможности использования математической обработки осциллограмм в приборах серии R&S RTM для расчета площади импульсов. Точность измерений площади импульсов на основе расчетных осциллограмм определяется погрешностями измерений временных и амплитудных параметров сигналов. Первая из них, согласно [4], составляет 0,4%, вторая – 3,5 ррт. Полагая, что математическая обработка осциллограмм выполняется с большой точностью, можно утверждать, что ошибка измерения площади будет определяться амплитудными погрешностями и составит около 0,4%.

Таким образом, измерение площади знакопеременных импульсов может быть выполнено

с использованием математических функций, заложенных в современных осциллографах. Рассмотренный принцип измерений применим во многих приложениях, относящихся к сферам радиоэлектроники, электротехники и физики. Использование расчетных осциллограмм позволяет упростить процесс измерений, а также снизить вероятность возникновения ошибок, связанных с последующей обработкой полученных результатов, и, следовательно, способствует общему повышению качества экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взрывные генераторы мощных импульсов электрического тока. Под ред. В.Е.Фортова – М.: Наука, 2002.
2. **Шейндлин А.Е.** Новая энергетика. – М.: Наука, 1987.
3. **Корякин В.С., Кравчук Ю.В., Лебедева О.В.** и др. Измерители радиопомех. Под ред. И.А.Фастовского – М.: Связь, 1973.
4. Осциллографы цифровые R&S RTM20xx. Руководство по эксплуатации. 2013.