



## Маркировка «True RMS» на импортных измерительных приборах

На импортных средствах измерений можно встретить абвературу «True RMS» или «TRMS». Причем в анонсах на прибор отмечается, что это является явным преимуществом в точности измерений напряжения и силы тока.

Так что же означает эта абвература, какой ее физический смысл и в каких случаях она дает преимущества при проведении измерений?

Попробуем разобраться в этом вопросе, не перегружая себя математическими выкладками.

**«True RMS» - (True Root Mean Square)** – среднеквадратическое из мгновенных значений переменного тока или напряжения за период или за время измерений.

Это означает, что прибор в процессе измерений предварительно преобразует входной периодический сигнал в постоянный (в виде постоянного тока или напряжения). При этом реализуется математический метод среднеквадратических преобразований.

Основной принцип измерений переменного напряжения или силы тока в цифровых приборах реализуется на предварительном преобразовании переменного сигнала в постоянный, см. рис.1.



Рис. 1 Блок-схема цифрового вольтметра переменного тока

После блока аналого-цифрового преобразователя (АЦП) уровень аналогового выходного сигнала измеряется и индицируется на цифровом дисплее, как в приборе постоянного тока. От метода преобразований зависят и формы представления значений напряжений переменного тока:

1. Среднеквадратическое значение (оно же действительное, эффективное или True RMS).
2. Средневыпрямленное значение (Mean: average rectified).
3. Амплитудное значение (оно же пиковое, максимальное).

Шкалы или дисплеи цифровых вольтметров и амперметров переменного тока (кроме импульсных вольтметров) всегда градуируют в среднеквадратических значениях сигнала синусоидальной формы.

Импульсные (амплитудные, максимальные, пиковые) вольтметры градуируют в амплитудных значениях синусоидального сигнала. Функция импульсных измерений (ПИК, MAX) может также включаться в состав комбинированных приборов – портативных мультиметров.

В практических измерениях напряжения и силы тока промышленной электросети 50 Гц (или специальной сети 400 Гц) применяются цифровые вольтметры и амперметры с пре-

образователями, реализующие методы среднеквадратических или средневыпрямленных преобразований. Амплитудные (пиковые) преобразователи используются для фиксации значений амплитуды выбросов, скачков напряжения или максимального напряжения за наблюдаемый интервал времени в процессе измерений.

### **Рассмотрим подробнее три основных типа преобразователей**

**1. Среднеквадратический (True RMS)** - самый совершенный и дорогостоящий метод. Выходное напряжение преобразователя пропорционально среднеквадратическому (действующему, эффективному) значению измеренного напряжения ( $U_{ск}$ ,  $U_{rms}$ ). Осуществляется на основе термоэлектрических, диодных, транзисторных или оптронных преобразователей.

В этом случае на активной нагрузке численно равные значения постоянного и переменного тока совершают одинаковую работу. Для понимания физического смысла измерений напряжения переменного тока в среднеквадратических значениях приведем простой пример: на нагревательном элементе за одинаковый интервал времени выделяется одинаковое количество теплоты, если запитать его от сети 220 В 50 Гц, или от сети 220 В пост. тока.

Кроме того, особенность математического преобразования данного метода является то, что теоретически он не зависит от формы периодического сигнала на входе преобразователя. Будь-то идеальная синусоидальная форма или с большими нелинейными искажениями, прямоугольная, треугольная, произвольная и т. п. – не имеет значения. В любом случае совершаемая работа численно равных постоянного и переменного сигналов будет одинаковой.

В практических измерениях из-за ограниченных свойств элементной базы степень отличия от синусоидальной формы ограничивается коэффициентом амплитуды и максимальным значением напряжения на входе прибора. Допускаемый коэффициент амплитуды обязательно указывается в сопроводительной документации на измерительный прибор.

### **Недостатки**

- Низкая чувствительность (нижний предел, как правило, не ниже 1 В).
- Большая инерционность, влияющая на быстродействие измерений.
- Квадратичное построение числовой шкалы.
- Низкая электрическая прочность.
- Повышенная стоимость прибора.

Для устранения этих недостатков используются входные усилители, специальные методы линеаризации шкалы, отрицательную обратную связь и др., что приводит к удорожанию прибора.

### **Преимущества**

- Повышенная достоверность измерений.
- Погрешность измерений не зависит от нелинейных искажений и формы сигнала.
- Показания значений переменного тока и напряжения полностью эквивалентны постоянному, численно равны и не требуют внесения дополнительных коэффициентов преобразования.

## Рекомендации по применению

- Для профессиональных измерений в цепях переменного тока.
- Проведение калибровки и поверки средств измерений.
- Ответственные технические измерения с протоколированием результатов.
- Нормированный контроль технических параметров изделий в процессе производства.
- Для пуско-наладочных работ при запуске/переоборудовании производства.

## **2. Средневыпрямленный (Mean: average rectified)** – дешевый метод в практической реализации.

Выходное напряжение преобразователя пропорционально среднему значению выпрямленного напряжения  $U_{св}$ . Осуществляется на основе выпрямительного диода или моста. По методу математических преобразований выходной уровень постоянного сигнала у такого преобразователя будет всегда ниже, чем у среднеквадратического примерно в 0,9 раз (для двух полупериодного моста):

$$U_{св} = \frac{2 \times \bar{u}}{\pi} \times U_{ск} \quad (\approx 0,9) \quad (1)$$

Причем выражение (1) справедливо только в том случае если на вход преобразователя подается сигнал строго синусоидальной формы.

Чтобы показания такого прибора соответствовали действительным значениям (True RMS), показания средневыпрямленных значений шкалы или цифрового дисплея «принудительно подтягивают» до среднеквадратических, путем механической переградуировки рисованной шкалы или введением дополнительного коэффициента умножения для цифрового дисплея.

В итоге получается, что в приборе установлен преобразователь средневыпрямленных значений, но по табло прибора мы отсчитываем среднеквадратические (True RMS) показания. Такие вольтметры и амперметры применяются только для измерений в цепях переменного тока, о чем должно указываться в сопроводительной документации на эти приборы. Такие приборы непригодны для проведения измерений переменных напряжений и токов с несинусоидальной формой сигнала.

В специальной литературе можно найти известные зависимости напряжений между различными видами преобразователей и делать пересчет по заранее известной форме исследуемого сигнала. Эти случаи очень редки и, как правило, на практике этим никто не занимается. Для этого существуют универсальные осциллографы, где все можно увидеть визуально, а с помощью встроенного вычислителя получить значения сразу всех форм переменного напряжения.

Показания средневыпрямленных значений также зависят от коэффициента нелинейных искажений входного сигнала, которые выражаются в увеличении погрешности измерений. Чем больше нелинейные искажения, тем больше форма периодического сигнала уходит от синусоидальной и тем больше погрешность измерений. В технической литературе подробно не рассматривается зависимость погрешности измерений от коэффициента нелинейных искажений. Можно только привести несколько выдержек из технических описаний цифровых вольтметров, где по переменному току указывается предел допускаемых нелинейных искажений, при котором предел допускаемой погрешности измерений еще не превышает нормированные значения. По ним можно иметь представление о сте-

пени влияния нелинейных искажений на погрешность измерений в диапазоне частот 50...1000 Гц:

Вольтметр	Допускаемый предел погрешности измерений переменного напряжения	Допускаемый коэффициент нелинейных искажений измеряемого переменного напряжения, при котором погрешность измерений не выходит за допускаемые пределы	Ссылка на эксплуатационный документ
В7-16	$\delta = \pm 0,2 \%$	не более 0,1 %	И22.710.002 ТО
В7-34	$\delta = \pm 0,15 \%$	$K_{\Gamma} \leq \frac{\overline{\delta}}{2,2} = 0,2 \%$	2.710.010 ТО
В7-35	$\delta = \pm 0,4 \%$	не более 0,3 %	гб2.728.008 ТО

Из приведенной таблицы видно, что для перечисленных цифровых вольтметров ограничения по нелинейным искажениям достаточно жесткие. Нетрудно продолжить аналогию и сделать осторожный вывод, что для современных портативных мультиметров эти показатели вряд ли будут значительно лучше. Принятые решения в схемотехнике преобразователей и их свойства давно изучены и известны, пускай они и выполнены на современной элементной базе. Согласно ГОСТ 13109-97, нормально допустимое значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения для сетей напряжения 0,38 кВ составляет 8 %, а предельно допустимое значение составляет 12 %. Отсюда следует вывод, что такие приборы не должны применяться для достоверных измерений переменного сетевого напряжения или силы тока с документированием результатов измерений и оценки их точности. Например, нельзя оперировать показаниями прибора о ненадлежащем качестве электроэнергии по величине напряжения в сети, т.к. прибор в этом случае будет считаться ненормированным по погрешности измерений.

Тем не менее, эти приборы отличаются более низкой рыночной ценой и вполне пригодны для повседневных рутинных работ по техническому обслуживанию электрооборудования, электроустановок, а также по поиску в них неисправностей и восстановлению. Здесь не требуется измерения с оценкой точности. Дорогие приборы для этих целей приобретать нецелесообразно. Тем более для технических эксплуатационных служб такие «рабочие лошадки» необходимы далеко не в единичных экземплярах - практически каждому наладчику и мастеру. Так, что вольтметры и амперметры со средневыпрямленными значениями также занимают свою достойную нишу.

### **Недостатки**

- По переменному току пригодны для измерений напряжения или силы тока только синусоидальной формы.
- Зависимость точности измерений от уровня нелинейных искажений измеряемого переменного напряжения или силы тока.
- Ориентировочно можно считать, что нормированная точность измерений сохраняется, если общий коэффициент нелинейных искажений измеряемого сигнала, выраженный в процентах, численно не превышает класса точности прибора.

### Преимущества

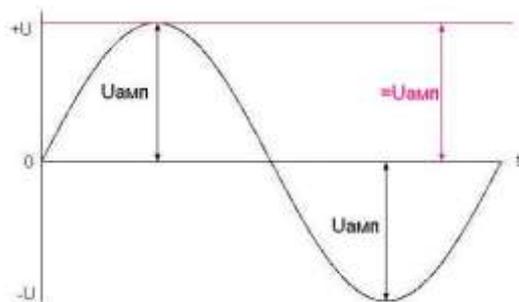
- Линейное построение шкалы.
- Градуировка шкалы в среднеквадратических значениях (True RMS).
- Пониженная стоимость прибора.

### Рекомендации по применению

- Для повседневных рутинных работ в электротехнических службах без оценки точности измерений.
- Для рабочих измерений: поиск неисправностей, восстановительный ремонт.
- Проведение периодического технического обслуживания и ежедневных контрольных осмотров электрооборудования.

### **3. Преобразователь амплитудных значений (пиковый детектор)**

Постоянное напряжение  $=U_{\text{амп}}$  на выходе преобразователя, выраженное в амплитудных (пиковых, максимальных) значениях ( $U_{\text{амп}}$ ,  $U_{\text{пик}}$ ,  $U_{\text{макс}}$ ) соответствует значению напряжения в верхней точки периодического сигнала синусоидальной или иной формы (прямоугольной, треугольной, произвольной и др.) относительно оси нулевых значений:



### Применение

Амплитудный преобразователь в цифровых вольтметрах и амперметрах применяется для измерений амплитуды прямоугольных импульсов или фиксации максимальных значений амплитуды синусоидального тока или напряжения, а также выбросов, перенапряжений и скачков периодического сигнала за время проведения измерений.