

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ - 035

Измерение/калибровка активной мощности (Вт) при малом коэфф. мощности

ВВЕДЕНИЕ

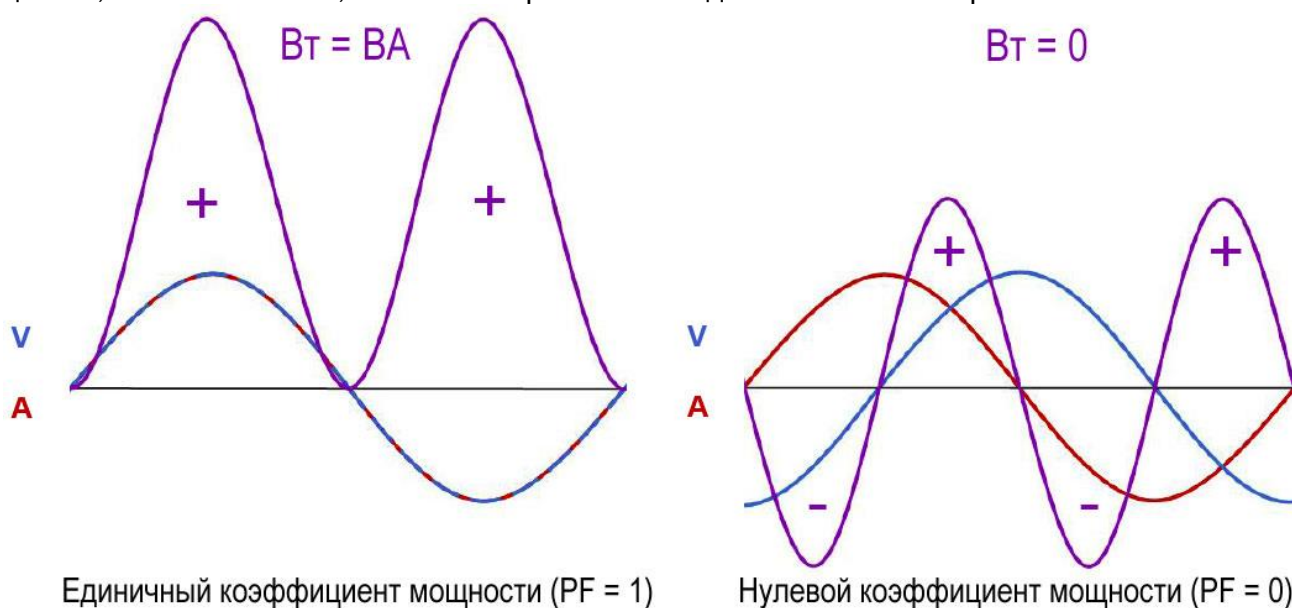
В документе «Пример применения №18 - Измерение эффективности трансформаторов» была указана необходимость использования анализаторов с исключительно высокой точностью измерения фазы при измерении параметров мощности. Помимо задачи измерения эффективности силовых трансформаторов, представляющих собой нагрузку с малым значением коэффициента мощности, существует задача измерения потерь мощности в конденсаторах с малым значением угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$), когда даже малая ошибка измерения фазы приводит к большой ошибке при измерении активной мощности (Вт).

Поэтому в тех областях, где присутствуют высокоточные измерения, одной из основных задач для производителя измерительного прибора является не только разработка устройства, соответствующего заданным требованиям по точности измеряемой величины, но и возможность воспроизводимости этим устройством результата измерения величины во время процедуры калибровки. Так как доверять результату измерения можно только в том случае, если он может быть подтвержден процедурой калибровки.

В данном документе рассматриваются аспекты измерения мощности при низких значениях коэффициента мощности, а также приводятся некоторые форматы технических спецификаций, являющихся ошибочными.

ПОНИМАНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Измерение сигналов напряжения и тока на частоте 50-60Гц при разных фазовых углах (при разных коэффициентах мощности) на первый взгляд не представляет собой сложной задачи и поэтому можно прийти к ложному выводу, что любой доступный измеритель мощности может обеспечить удовлетворительный результат измерения при любом коэффициенте мощности. Однако, понимая влияние на результат измерения даже малой ошибки измерения фазы при малых коэффициентах мощности, становится ясно, что эта измерительная задача не является простой.



Измерение/калибровка активной мощности (Вт) при малом коэффициенте мощности

Для иллюстрации значимости точности измерения мощности при разных фазовых углах между напряжением и током, обратимся к диаграммам, на первой из которых представлен нулевой фазовый сдвиг между напряжением и током (единичный коэфф. мощности), а на второй – фазовый сдвиг 90° между напряжением и током (нулевой коэфф. мощности).

На приведенных выше диаграммах кривая мощности ВА (произведение величины напряжения и тока) показана фиолетовым цветом. Мощность в величинах ВА обычно называется полной мощностью, и при единичном коэффициенте мощности, она равна мощности в величинах Вт, называемой активной мощностью. При изменении фазового угла между векторами напряжения и тока от 0° до 90°, значение полной мощности (ВА) остается неизменным, так как ср-кв. значения напряжения и тока не изменяются, однако активная мощность (Вт), представленная площадью под кривой за целое число периодов, стремится к нулю, при нулевом коэффициенте мощности (PF = 0).

Как было ранее сказано, влияние ошибки измерения фазы на результат измерения мощности существенно возрастает при снижении коэффициента мощности. Это можно показать с помощью простых вычислений.

Рассмотрим влияние фазовой ошибки в 0.01° при единичном коэффициенте мощности (фазовый угол между векторами напряжения и тока равен 0°), а также коэффициенте мощности равном 0.01 (фазовый угол между векторами напряжения и тока равен 89.43°). Такой низкий коэффициент мощности встречается при измерении потерь холостого хода силовых трансформаторов. Для простоты предположим, что напряжение составляет 100Вскз. и ток 10Аскз., что дает полную мощность 1000ВА.

Известно, что $Вт = В \times А \times \cos\phi$, поэтому:

При коэффициенте мощности, равном 1:

Полная мощность (при $\phi = 0^\circ$): $1000 \times 10 \times 1 = 1000 \text{ Вт}$

Полная мощность (при $\phi = 0.01^\circ$): $1000 \times 10 \times 0.9999 = 999.9 \text{ Вт}$ (**0.01%** ошибка измерения Вт)

При коэффициенте мощности, равном 0.01:

Полная мощность (при $\phi = 89.43^\circ$): $1000 \times 10 \times 9.948 \times 10^{-3} = 9.948 \text{ Вт}$

Полная мощность (при $\phi = 89.44^\circ$): $1000 \times 10 \times 9.774 \times 10^{-3} = 9.774 \text{ Вт}$ (**1.75%** ошибка измерения Вт)

Отсюда следует, что любая погрешность измерения фазы (даже самая малая), имеет значительное влияние на точность измерения мощности при малых коэффициентах мощности. Отсюда также следует, что не существует измерительного прибора, способного обеспечить одинаковую точность измерения мощности при любых значениях коэффициента мощности. Любое обратное мнение либо основывается на вводящих в заблуждение подходах составления технических спецификаций, либо на непонимании физических законов, используемых в данной измерительной задаче.

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ/КАЛИБРОВКИ МОЩНОСТИ ПРИ МАЛЫХ КОЭФФ. МОЩНОСТИ

Процесс калибровки представляет собой сравнение измеренного значения с эталонным измерением, либо с эталонным источником величины с известной погрешностью. Калибровка является подтверждением годности полученных результатов измерений, однако конечно, это имеет смысл только по отношению к заявленной производителем измерительного прибора технической спецификации. И это особенно важно при указании точности измеряемой мощности при малых коэффициентах мощности, так как указанная в спецификациях точность меняется значительно от производителя к производителю.

«Идеальная» точность измерения активной мощности (Вт) и соответствующая погрешность при калибровке должна относиться к общей (суммарной) ошибке измерения активной мощности (Вт).

Измерение/калибровка активной мощности (Вт) при малом коэффициенте мощности

Именно такой подход использовался в примере выше, так как пользователю понятно, что при коэффициенте мощности равном 0.01, точность измерения активной мощности (Вт) не может быть лучше, чем 1.75% от измеренного значения.

Однако, для улучшения «показателей» в спецификации прибора, некоторые производители указывают точность измерения мощности при малых коэффициентах мощности как % от **измерительного диапазона**, а не как % от **измеренного значения**. Таким образом, обращаясь к приведенному выше примеру, та же самая ошибка для коэффициента мощности, равного 0.01, будет представлена уже как 0.0175% от ВА диапазона. Такая информация является полностью бессмысленной, так как при измерении потерь при низких коэффициентах мощности требуется знать именно точность в % от измеренного значения, а не в % от произвольного измерительного диапазона.

Выводы:

1. Все измерительные приборы имеют большую ошибку измерения активности мощности (Вт) при малых значениях коэффициента мощности
2. Пользователю необходимо внимательно относиться к любой спецификации прибора, в которой точность при измерении активной мощности (Вт) при малых коэффициентах мощности зависит от % выбранного ВА диапазона.
3. Для задач, требующих измерения мощности при малых коэффициентах мощности, стоит ориентироваться на измерительные приборы с отслеживаемой (traceable) точностью в % от измеренного значения.

Примечание: Анализатор мощности ПРИЗМА-550/TE от компании N4L обеспечивает ведущую в классе подобных приборов точность измерения мощности (Вт) при коэффициенте мощности 0.01, равную 0.55% суммарной ошибки.

Дополнительную информацию по прецизионным анализаторам мощности серии ПРИЗМА вы можете найти на сайтах www.n4l.ru, www.newtons4th.com