

СНЯТИЕ ВЕКТОРНЫХ ДИАГРАММ – ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРОВ ВАФ.

Аннотация

В статье рассматриваются основные требования, предъявляемые специалистами служб РЗиА к современным вольтамперфазометрам (ВАФ) при измерении параметров электрической цепи, в частности при определении порядка следования фаз и снятия векторных диаграмм. Показано, каким образом данные требования были реализованы в приборе РЕТОМЕТР-М2 производства НПП «Динамика».

Ключевые слова: РЕТОМЕТР, ВАФ, фазометр

Внедряя в производство новейшие технологии и современные технические решения, научно-производственное предприятие «Динамика» разработало и выпускает трехфазный высокоточный вольтамперфазометр РЕТОМЕТР-М2, в котором учтены все особенности проведения измерений в энергетике.



Рис. 1 – Прибор РЕТОМЕТР-М2

При разработке нового вольтамперфазометра РЕТОМЕТР-М2, специалистами НПП «Динамика» был проанализирован опыт эксплуатации ранее выпускаемого прибора РЕТОМЕТР. При этом выяснился любопытный

факт: многие специалисты-релейщики до сих пор предпочитают работать с вольтамперфазометрами (ВАФ) предыдущих поколений, хотя имеют в арсенале современные микропроцессорные измерительные приборы с более высокой точностью и чувствительностью. Возможно, они не доверяют полученной информации. Попробуем разобраться в этом вопросе.

Приборы типа ВАФ предназначены для получения достоверной информации о параметрах электроэнергии, их основная задача - «правильно» измерить напряжение, ток, фазовый угол и частоту. Что значит «правильно»? Многие производители в выпускаемых приборах для измерения значений напряжения и тока применяют метод прямой дискретизации (так называемый RMS), который позволяет повысить точность и увеличить скорость измерения переменного тока для сигналов, лежащих в пределах полосы пропускания. А вот с измерением угла сдвига фазы, основной функцией ВАФ, все не так однозначно.

Релейщики используют ВАФ для определения порядка следования фаз и снятия векторных диаграмм. Эти данные необходимы для проверки правильности выполнения схем:

- дифференциальных токовых защит (измерение векторов тока);
- дистанционных защит, счетчиков электроэнергии, ваттметров и др. (измерение векторов фазных токов и напряжений);
- реле мощности в токовых направленных защитах нулевой последовательности (измерение векторов тока $3I_0$ и напряжения $3U_0$);
- автоматических систем синхронизации, регуляторов напряжения и т.д. (измерение векторов напряжений).

Ранее для этих целей использовались фазометры Д578 и ВАФ-85М. Сегодня релейщики по-прежнему доверяют информации, полученной с помощью этих фазометров. Одна из причин в том, что эти приборы выполнены по принципу электродинамического логометра и предназначены для определения угла сдвига фаз между основными гармоническими составляющими тока и напряжения в однофазных цепях переменного тока частоты 50 Гц. Многие современные приборы типа ВАФ, в том числе и РЕТОМЕТР, измеряют фазовый угол в широкой полосе частот.

На наш взгляд, этот факт и может расцениваться специалистами как самый большой «минус» этих приборов. Но так ли это?

В энергетике принято считать, что форма сигналов тока и напряжения - синусоидальная, поэтому при использовании любого метода измерения угла результат должен быть один и тот же, но на практике это не совсем так. Наличие высших гармоник может достаточно сильно исказить форму сигнала, что влияет на величину фазового угла. Разница между исходным сигналом и сигналом основной частоты может быть достаточно существенна. Например, наличие третьей гармоники, которая составляет 10% от величины основного сигнала и сдвинута относительно него на 120 градусов, дает смещение точки перехода через ноль более чем на 5 градусов (см. рис. 2), при этом вектора всех трех фаз смещаются в одну сторону. Таким образом, векторная диаграмма, которая снимается по исходному сигналу, оказывается недостоверной: во-первых, она сдвинута относительно основной частоты, а во-вторых, углы между векторами не равны 120 градусам. Кроме того, когда уровень высших гармоник сопоставим или преобладает над уровнем основного сигнала, измерение угла становится невозможным - слишком много переходов через ноль.

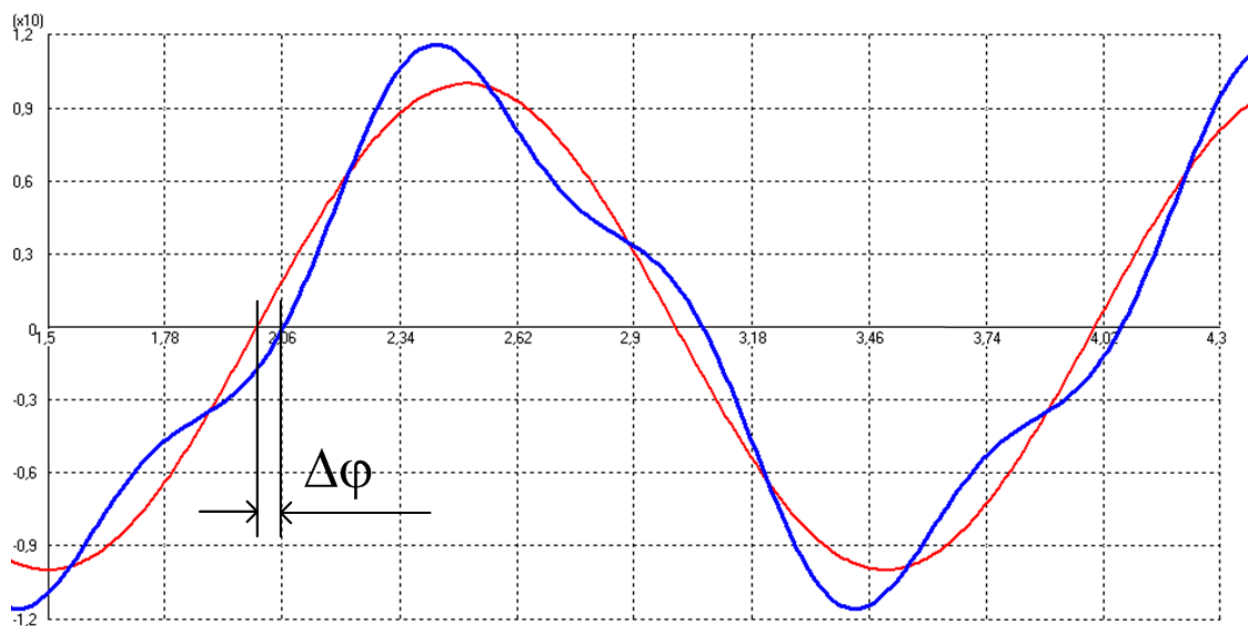


Рис. 2 - Фазовый сдвиг между сигналом и его основной гармоникой

Для примера рассмотрим тяговую подстанцию железной дороги, где электропоезд является основным, а часто и единственным потребителем электроэнергии. Попытка снять векторную диаграмму при его движении обычно обречена на провал из-за огромной несимметрии нагрузки и наличия высших гармоник в тяговом токе и в устройствах компенсации реактивной мощности. Количество переходов сигнала через ноль резко возрастает, а его полупериоды имеют разную длительность.

На генерирующих предприятиях также существуют определенные проблемы при снятии векторных диаграмм на трансформаторах собственных нужд, где из-за сильного влияния несимметрии тока в силовых трансформаторах третья гармоника может быть достаточной большой.

Специалистами НПП «Динамика» был учтен этот факт при разработке нового прибора РЕТОМЕТР-М2, в котором изменилась концепция работы фазометра, - теперь он работает только на частоте 50 Гц и измеряет угол сдвига фаз между основными гармоническими составляющими тока и напряжения. В аппаратной части реализован метод прямой дискретизации входного сигнала. Цифровой фильтр на 50 Гц выделяет из входных выборок первую гармонику. Далее, в соответствии с внутренней системой координат, проводится разложение на ортогональные составляющие, вычисляются вектора и находится угловая разница между опорным и измеряемым векторами. Таким образом, РЕТОМЕТР-М2 выполняет измерения аналогично Д578 или ВАФ-85М и показывает истинную векторную диаграмму как при синусоидальном, так и при искаженном сигнале, поскольку в обоих случаях исключается влияние высших гармоник.

Кроме этого, в приборе повышена точность измерения угла и расширен диапазон его измерения как по току, так и по напряжению. На практике это означает, что при измерении тока или напряжения можно измерить и фазовый угол. Базовая точность фазометра достигла 0,5 электрических градусов, а при наихудших условиях и малых уровнях сигналов абсолютная погрешность не превышает четырех электрических градусов, и

это с учетом погрешности токовых клещей, составляющей львиную долю в погрешности измерения угла по току.

Решая задачу повышения точности измерения угла, были улучшены и другие параметры: диапазон по току расширился от миллиампер до 40 А с базовой точностью 1%, диапазон по напряжению - до 750 В с базовой точностью 0,5%. В области малых токов абсолютная погрешность не превышает ± 3 мА, а абсолютная погрешность измерения промышленной частоты составляет не более $\pm 0,01$ Гц.



При проведении измерений с помощью любого однофазного прибора существует еще одна проблема - одновременное измерение всех векторов. Энергосистема ведет себя как живой организм, в ней постоянно происходят изменения параметров, и при последовательно проводимых измерениях появляются и накапливаются погрешности, связанные с этими изменениями. Для решения этой задачи в РЕТОМЕТР-М2 были созданы одновременно работающие три канала тока и три канала напряжения, при этом специальная кнопка «Hold» позволяет «заморозить» показания на индикаторе для их дальнейшего анализа. Все это позволяет быстро и с минимальными временными погрешностями представить параметры векторов тока и напряжения, в том числе прямую, обратную и нулевую составляющие трехфазного тока и напряжения, а также трехфазный коэффициент мощности.

Вместе с тем, в приборе была сохранена возможность работы в двухканальном режиме, т.е. одновременно измерять ток и напряжение, два напряжения или два тока. Это позволяет получить информацию об активной, реактивной и полной мощности, о косинусе и тангенсе угла, данные о коэффициенте трансформации, линейном напряжении, комплексные параметры сопротивления нагрузки, выполнить измерение постоянного напряжения и т.д.

Специалисты НПП «Динамика» надеются, что все эти возможности будут востребованы при выполнении пусконаладочных и проверочных работ, и РЕТОМЕТР-М2 станет незаменимым помощником для специалистов служб релейной защиты и автоматики энергопредприятий, службы главного энергетика промышленных предприятий и многих других специалистов, занятых эксплуатацией электроустановок.

*Зайцев Б.С.,
ООО «НПП «Динамика»,
г.Чебоксары
май 2012*