

## Анализатор Качества Электроэнергии

# Изменение стандартов: ГОСТ 13109 на ГОСТ Р 51317.4.30 и ГОСТ Р 51317.4.7.

Ключевые слова: ГОСТ Р 51317.4.7, ГОСТ Р 51317.4.30, ГОСТ 13109, анализатор качества электроэнергии, показателей КЭ, разработка

## 1 Введение

В настоящее время заканчивается процесс разработки и утверждения новых стандартов ГОСТ Р 51317.4.30 и ГОСТ Р 51317.4.7, регламентирующих методы измерения показателей качества электрической энергии. Первый Стандарт описывает методы измерения основных показателей КЭ, второй целиком посвящен измерению гармоник. Новые Стандарты базируются на международных стандартах МЭК 61000-4-30 и МЭК 61000-4-7 и призваны заменить разработанный более 10 лет назад ГОСТ 13109-97.

В связи с этим, возникнет вопрос разработки новых или адаптации существующих Средств Измерения Показателей КЭ для обеспечения соответствия новым требованиям. С этой точки зрения и производится сравнение новых Стандартов с действующим ранее.

## 2 Сравнение стандартов

По сравнению с ГОСТ 13109, новые Стандарты более детально описывают методы измерения и объединения показателей КЭ с целью обеспечения надежных результатов измерения и их повторяемости для различных производителей СИ. Особенно значительные изменения коснулись оценки искажений синусоидальности напряжения в нестационарных условиях.

Стандарт ГОСТ Р 51317.4.30 определяет несколько классов характеристик СИ: Класс А, предназначенный для проведения точных измерений, например, для проведения сертификационных измерений и Класс S, предназначенный для проведения непрерывного мониторинга качества электроэнергии относительно дешевыми средствами. Третий класс - Класс В, «установленный для того, чтобы избежать признания многих существующих конструкций СИ устаревшими» в данной работе не рассматривается. ГОСТ Р 51317.4.7 так же определяет два класса характеристик. Таким образом, Стандарты предполагают создание нового класса дешевых и массовых приборов для непрерывного мониторинга показателей качества электроэнергии.

Новые Стандарты сами не устанавливают пороговых значений и норм ПКЭ, для этих целей предполагается использование стандарта CEI EN 50160.

Стандарты уделяют внимание организации измерений, технике безопасности и другим организационным вопросам.

## 2.1 Измеряемые параметры

Состав показателей качества электроэнергии, описанный в ГОСТ Р 51317.4.30, в целом аналогичен предыдущему стандарту, в него входят:

1. частота в системе электроснабжения;
2. значение напряжения и установившееся отклонение напряжения;
3. параметры провалов, выбросов и прерываний напряжения;
4. параметры переходных процессов напряжения;
5. несимметрии напряжений;
6. гармоники и интергармоники;
7. доза фликера.

В новом стандарте добавилось измерение информационных сигналов в диапазоне частот от 3 кГц до 30 МГц, ранее требовавшееся измерение размаха изменений напряжения и частоты теперь отсутствует. Значительные изменения произошли с измерением гармоник, введено понятие интергармоник и высокочастотных спектральных составляющих, этот вопрос будет рассмотрен отдельно в разделе 2.4.

Стандарт определяет полезным проводить измерение параметров токов, мощностей и фазовых углов. Методы измерения теперь определены для сетей с частотой как 50 Гц так 60 Гц, мы ограничимся рассмотрением только сетей 50 Гц. Измерения тока рекомендуется проводить во всех пяти проводах: трех фазах, нейтрали и защитном заземлении.

Изменилось определение установившегося отклонения напряжения. Если раньше отклонение рассчитывалось для действующего значения напряжения основной частоты, то теперь для среднеквадратического напряжения с учетом гармоник, интергармоник и других сигналов. В качестве опорного напряжения при вычислении отклонения напряжения, может использоваться либо номинальное значение напряжения либо опорное напряжение сравнения, получаемое усреднением измеряемого напряжения с постоянной времени 1 мин. При обнаружении провалов и перенапряжений требуется учет гистерезиса.

Для расчета дозы фликера используется алгоритм описанный в отдельном стандарте ГОСТ Р 51317.4.15.

## 2.2 Интервалы объединения

Значительные изменения коснулись объединения (раньше этот процесс назывался усреднением) результатов измерения. ГОСТ 13109 использовал различные интервалы для усреднения различных показателей КЭ. ГОСТ Р 51317.4.30 использует единый ряд интервалов объединения: 200 мс, 3 с, 10 мин и 2 ч для всех измеряемых параметров.

Используется следующий алгоритм объединения результатов измерения:

1. Основной интервал измерения составляет 200 мс, он равен по длительности 10 периодам частоты 50 Гц и синхронизирован с периодами сетевой частоты.
2. Результаты за интервал 3 с получаются путем объединения 15 интервалов по 200мс, интервал 3 с синхронизирован с периодами сетевой частоты.
3. Результаты за интервал 10 мин получаются путем объединения интервалов 200 мс,

принадлежащих данному 10 мин интервалу реального времени, пограничные 200 мс интервалы учитываются в обоих 10 мин интервалах. В зависимости от значения частоты, на 10 мин интервал может приходиться различное количество 200 мс интервалов.

4. Результаты за интервал 2 ч получаются путем объединения 12 интервалов по 10 мин, интервал 2 ч синхронизирован с реальным временем.

Во всех случаях под объединением интервалов подразумевается вычисление корня квадратного из среднего значения квадратов объединяемых значений. Для Класса А пропуски интервалов измерения не допускаются.

Допускается применение интервала усреднения 1 мин, объединение должно выполняться аналогично 10 мин интервалу. При измерении напряжений и токов, дополнительно вычисляется среднеквадратическое значение за период и за половину периода. Основной интервал измерения частоты уменьшился с 20 с до 10 с. Интервал оценки ПКЭ, равный 24 ч, не используются.

### **2.3 Маркирование**

Стандарт вводит концепцию маркирования измеряемых значений, предназначенную для того чтобы избежать учета единственного события более чем один раз и получения недостоверных результатов измерения. При обнаружении провалов или выбросов напряжения, остальные измеряемые параметры маркируются. При объединении маркированных измеряемых значений, результаты объединения так же маркируются.

Так же требуется обеспечить индикацию состояния перегрузки по входу и потери синхронизации окна ДПФ.

### **2.4 Измерение гармоник**

Изменилась сама концепция измерения гармоник, теперь этому вопросу посвящен отдельный ГОСТ Р 51317.4.7. Стандарт меняет алгоритм вычисления гармоник и вводит понятие интергармоник и высокочастотных спектральных составляющих.

Определения параметров гармоник даны исходя из использования дискретное преобразование Фурье (подразумевается использование быстрого преобразования) со следующими характеристиками. Для нормальных условий используется прямоугольное окно, длительностью 200 мс (10 периодов частоты 50 Гц), окно Ханнинга используется при потере синхронизации. Параметры преобразования Фурье должны выбираться так, чтобы обеспечить интервал 5 Гц между соседними спектральными составляющими, что соответствует 10 спектральным составляющим на гармонику.

Для оценки гармоник используются следующие параметры:

1. гармоническая составляющая - единственная спектральная составляющая, с частотой самой гармоники,
2. гармоническая подгруппа - сумма спектральной составляющей с частотой гармоники и двух соседних спектральных составляющих,
3. гармоническая группа - сумма спектральной составляющей с частотой гармоники и по пять спектральных составляющих с каждой стороны, самые крайние спектральные составляющие берутся с коэффициентом 0.5

Во всех перечисленных случаях имеется в виду суммирование по мощности, то есть для вычисления амплитуды гармонической группы или подгруппы, вычисляется корень квадратный из суммы квадратов амплитуд спектральных составляющих. Рисунок 1 поясняет сказанное на примере 1-ой гармоники.

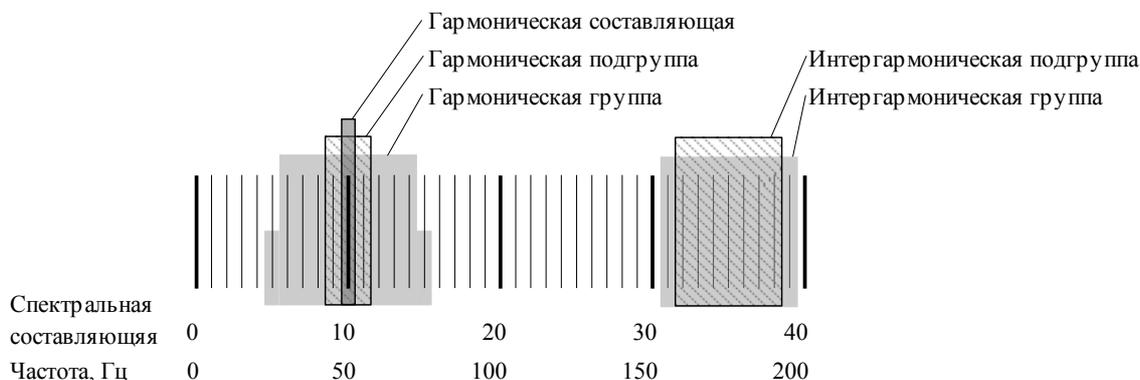


Рисунок 1: Группировка гармоник

Вместе с введением группировки гармоник, введены суммарные коэффициенты гармоник (раньше это называлось коэффициент искажения синусоидальности) по гармоническим составляющим, гармоническим подгруппам и группам. Введен взвешенный коэффициент гармонических составляющих с весовыми коэффициентами равными номерам гармоник.

Стандарт вводит следующие параметры КЭ, связанные с оценкой интергармоник:

1. интергармоническая подгруппа - сумма спектральных составляющих между двумя соседними гармоническими составляющими, не включая спектральные составляющие непосредственно прилегающих к самим гармоническим составляющим,
2. интергармоническая группа - сумма всех спектральных составляющих между двумя соседними гармоническими составляющими

Рисунок 1 поясняет сказанное на примере 3-ей интергармоники.

Кроме этого, стандарт говорит о измерении высокочастотных спектральных составляющих в диапазоне от частоты максимальной гармоники (приблизительно 2 кГц) до частоты 9 кГц, спектральные составляющие суммируются в группы шириной 200 Гц.

Гармонические параметры усредняются с постоянной времени 1.5 с. Кроме напряжения измеряются параметры токов и мощности гармоник.

## 2.5 Точность измерения

Как уже говорилось, новые Стандарты определяют два класса приборов: Класс А для точных приборов и Класс S для относительно дешевых. Требуемая точность измерений для Класса А несколько возросла по сравнению с ГОСТ 13109. Не вдаваясь в детали, можно сказать что точность измерения частоты возросла с 0.03 Гц до 0.01 Гц, напряжения и установившегося отклонения напряжения с 0.5 % до 0.1 %, несимметрии напряжения с 0.3 % до 0.15 %; точность измерения гармоник осталась на уровне 0.05 %. Необходимо заметить, что теперь требования к точности измерений касаются только погрешностей самого СИ, и не включают погрешность измерительных преобразователей. Точность измерения для Класса S ниже

требований предыдущего стандарта.

Стандарт определяет диапазон влияющих величин и условия проведения испытаний для подтверждения нахождения результатов измерений в допустимых пределах.

Для Класса А, ГОСТ Р 51317.4.30 предъявляет жесткие требования к точности установки времени: неопределенность установки времени не должна превышать 20 мс, что достигается путем синхронизации с использованием приемников систем ГЛОНАСС или GPS, при невозможности внешней синхронизации, уход не должен превышать 1 с за 24 ч. Для Класса S синхронизация не требуется, допустимый уход 5 с за 24 ч.

### **3 Функциональные отличия**

Как видно из сделанного сравнения, набор требуемых измеряемых Показателей КЭ значительно расширился. Хотя и раньше выпускались приборы, близкие к требованиям ГОСТ Р 51317.4.30 по разнообразию измеряемых параметров.

#### **3.1 Усложнение алгоритма**

Измерения высокочастотных спектральных составляющих требует увеличения частоты дискретизации АЦП. Если для ГОСТ 13109 достаточно было частоты дискретизации порядка 6 кГц, то теперь она должна быть увеличена до 25 кГц. Основная часть алгоритма (расчет среднеквадратических значений, гармоник и др), как и раньше, может выполняться на относительно низкой частоте. Различие частот требует применения дециматора, подавляющего наложения в спектральной области. Для компенсации задержек между каналами АЦП, как будет сказано ниже, необходимо применение фильтров, компенсирующих задержку.

Группировка гармоник и интергармоник вместе с уменьшением шага спектральных составляющих до 5 Гц делает необходимым подстройку частот спектральных составляющих преобразования Фурье под частоту сети. Это обычно делается программно с помощью дробного интерполятора реализованного в виде полифазного КИХ фильтра или интерполятора Фарроу. Увеличение длины преобразования Фурье делает необходимым применение Быстрого Преобразования Фурье.

Более высокие требования к точности результатов измерения, сглаживание с большой постоянной времени и объединение данных за значительные интервалы времени ставит вопрос учета конечной разрядности чисел. Например, при объединении напряжения за интервал 10 мин приходится вычислять корень квадратный из суммы квадратов 3000 значений напряжений за каждые 200 мс. Если значение напряжения представлено 16-ти битным целым числом, то разрядность суммы должна быть не меньше 44 бит, что создает определенные сложности.

Таким образом, реализация измерителя требует теоретических и практических знаний в области цифровой обработки сигналов.

#### **3.2 Аппаратная реализация**

Значительно возросли требования к аппаратным ресурсам. Так, только увеличение частоты

дискретизации и увеличение длины преобразования Фурье приводит к росту требуемой производительности процессора почти на два порядка. Требуемая память растет по причине усложнения алгоритма работы, увеличения количества измеряемых параметров, увеличения уровней объединения данных по времени. Размер памяти увеличивается тоже почти на два порядка.

Если раньше, для выполнения вычислений было достаточно небольшого микроконтроллера, теперь для этого требуется процессор типа ARM9, а при более высоких требованиях, оправдано применение специализированного DSP, например TMS 55XX или Blackfin. Впрочем, сейчас и ARM9 и DSP вполне доступны и стоят столько же сколько стоил микроконтроллер 51 семейства 12 лет назад, во время принятия ГОСТ 13109.

Добавление каналов измерения токов приводит к увеличению количества каналов АЦП до 8. Большинство многоканальных АЦП работают по принципу последовательного опроса входов, что приводит к фазовому сдвигу между каналами. АЦП с одновременной выборкой по всем 8 каналам хотя и существуют, но выбор их весьма узок. Это делает нецелесообразным их применение особенно если требуются такие функции как переключения пределов измерения, гальванической развязки по входу и др. Более удобно оказывается применение АЦП с последовательным опросом и компенсации возникающего фазового сдвига цифровыми корректирующими фильтрами.

### 3.3 Заключение

Таким образом, разработка Измерителя Показателей КЭ значительно усложнилась и требует не только больших усилий, но и более высокой квалификации в области цифровой обработки сигналов. Приобретение готового алгоритма, реализующего вычислительные функции, позволяет значительно сократить стоимость и сроки разработки.

Компания PowerDSP специализируется на разработке встраиваемого ПО с использованием цифровой обработки сигналов и предлагает алгоритм реализующий Анализатор Качества Электроэнергии в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.30 и ГОСТ Р 51317.4.7. Информация о предлагаемом продукте представлена на странице <http://powerdsp.narod.ru/analizatorkachestva.html>. Приборы, разработанные на базе предлагаемого алгоритма прошли сертификационные испытания и выпускаются серийно.

Более подробная информатизация о разработках компании PowerDSP представлена на сайте <http://powerdsp.narod.ru/>.