

Анализатор Качества Электроэнергии

Описание Программного Обеспечения

Версия: 0.1
Дата: 10.07.08
Проект: Анализатор Качества Электроэнергии
Автор: Илья Воронов
Http: <http://powerdsp.narod.ru/>
Email: powerdsp@narod.ru

Содержание

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
1 ВВЕДЕНИЕ.....	3
1.1 ПРЕПРОЦЕССОРНЫЕ ДЕФАЙНЫ.....	3
1.2 СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ.....	4
2 ПРОЕКТЫ.....	4
2.1 ИЗМЕРИТЕЛЬ.....	4
2.2 СЧИТЫВАТЕЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ.....	4
2.3 ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ БИБЛИОТЕКА.....	4
2.4 ТЕСТОВАЯ СРЕДА.....	4
3 ТЕСТИРОВАНИЕ ПО.....	4
3.1 ПРИНЦИП ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ.....	4
3.2 КОНФИГУРАЦИОННЫЙ ФАЙЛ.....	5
3.3 ФАЙЛ ВХОДНЫХ ОТСЧЕТОВ.....	6
3.4 ФАЙЛЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	6
3.5 ФАЙЛ СОБЫТИЙ.....	7
3.6 ОСЦИЛЛОГРАФИРОВАНИЕ ФОРМЫ СИГНАЛОВ.....	7
4 УТИЛИТЫ.....	8
4.1 УТИЛИТА ПРОВЕРКИ SCP ИНТЕРФЕЙСА.....	8
4.2 УТИЛИТА ВЫПОЛНЕНИЯ АППАРАТНЫХ ТЕСТОВ.....	8
4.3 УТИЛИТА ОБНОВЛЕНИЯ ВСТРОЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	9
4.4 ЗАГРУЗКА ЦСП ИЗМЕРИТЕЛЯ ПО USB.....	10
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ.....	10

1 Введение

Данный документ содержит общее описание ПО, разработанного по проекту Анализатор Качества Электроэнергии и информацию о общих принципах тестирования Измерителя.

Функционально, разработанное ПО разделяется на три основные группы:

1. рабочее ПО - Измеритель и Считыватель результатов измерения;
2. отладочное ПО, упрощающее процесс отладки и тестирования, - Тестовая среда;
3. утилиты, непосредственно не связанные с проведением измерений, но реализующие необходимы дополнительные функции.

Разработанное ПО подразделяется на ПО исполняемое на ЦСП и ПО исполняемое на ПК. Рабочее ПО для ЦСП - Измеритель собственно и является результатом разработки по данному проекту. Рабочее ПО для ПК - Считыватель результатов измерения обеспечивает интерфейс пользователя с Измерителем, обеспечивающий конфигурирование и считывание результатов измерения. Оно может использоваться как пример интеграции Измерителя с хост процессором и для проверки функциональности измерителя в реальном времени.

Для облегчения процесса отладки и для обеспечения возможности начать разработку до получения готового аппаратного обеспечения, проекты ПО для ЦСП могут симулироваться путем сборки на ПК. При этом, специфические для ЦСП функции, на сколько это возможно, эмулируются программно.

Разработанное ПО разделяется на реалтаймовое (Измеритель и Считыватель результатов измерения) и нереалтаймовое (Тестовая среда). Реалтаймовое ПО для ЦСП исполняется синхронно по прерываниям от АЦП, часов реального времени и получению команд по USB. Реалтаймовое ПО для ПК синхронизируется с ходом часов реального времени Измерителя. Исполнение нереалтаймового ПО для ЦСП и для ПК не связано с реальными событиями, входные/выходные данные читаются/пишутся из файлов. При этом, ход часов реального времени симулируется путем счета прочитанных из входных файлов данных. Рабочее ПО всегда является реалтаймовым, а Отладочное, как правило, нереалтаймовым.

Для удобства разработки и отладки, ПО для ЦСП (и симулирующие ПО для ПК) разделено на два проекта: проект сборки вычислительной библиотеки и проект сборки фреймворка. Вычислительная библиотека реализует вычислительный алгоритм Измерителя в платформа независимом виде. Фреймворк реализует функциональность, связанную с аппаратной платформой и используемой операционной системой.

1.1 Препроцессорные дефайны

Процесс сборки проектов зависит от следующих препроцессорных дефайнов:

COMPILER_MSVC – сборка для ПК под MS Visual C++

COMPILER_C55 – сборка для DSP под CCS 3.3

_PC_MODEL_ - модель для ПК, означает включение в проект для ПК кода для ЦСП, симулирующего поведение ЦСП на ПК

_DEBUG – режим отладки

_SINGLE_THRD_ - сборка проекта для нереалтаймовой работы в виде единственного треда

_NOT_FROM_ADC_ - получение отсчетов АЦП из массива, используется для измерения производительности в нереалтаймовом режиме

_MATLAB_VIS_ - использовать визуализацию в MatLab измеряемых значений, используется только на ПК в нереалтайме, в последней версии не поддерживается

_DUMMY_ENGINE_ - сборка пустой вычислительной библиотеки, все вычислительные алгоритмы исключены

_USE_SCP_ - использовать SCP и USB при симуляции в проекте для ПК кода для ЦСП

_VOLT_ONLY_ - исключить из проекта все вычисления связанные с измерением токов: самих токов, мощностей и энергий, сдвига фазы между током и напряжением и т.д. В этом случае создаются две инстанции измерительного объекта.

GOST13109 - исключить из проекта вычисления величин, не требуемые по ГОСТ 13109: группированные гармоники, верхние гармоники, усреднение измеряемых величин с произвольным периодом и т.д., добавить усреднение напряжения за 1 минуту, вычисление частоты и амплитуды периодических отклонений напряжения, проверки измеряемых величин на нахождения в пределах максимально допустимых и нормально допустимых значений и т.д.

1.2 Средства разработки

ПО для ПК разрабатывалось в MS Visual Studio 6.0. В качестве драйвера USB для ПК использовалась библиотека LibUsb-Win32 0.1.8, более подробная информация может быть найдена по адресу <http://libusb.sourceforge.net/>.

ПО для ЦСП разрабатывалось в Code Composer Studio 3.3, DSP BIOS 5.31. Драйвера USB для ЦСП использовалась из DSP/BIOS Driver Development Kit 1.11.

2 Проекты

2.1 Измеритель

Проект для сборки Измерителя расположен в директории src\5509TargFw. Проект предназначен для сборки фреймворка, Вычислительная библиотека собирается отдельно и линкуется к нему. Проект собирает рабочее реалтаймовое ПО для ЦСП. Сам по себе, Измеритель не имеет функции показывания или сохранения результатов измерения, эти функции реализует программа Считыватель результатов измерения.

Фреймворк реализует инициализацию периферии ЦСП, ввод оцифрованных данных с АЦП, вывод результатов измерения, сообщений и данных осциллографирования на интерфейс с хост процессором. Также фреймворк реализует выделение памяти, реалтаймовую многозадачную работу библиотеки и другие функции управления периферией.

2.2 Считыватель результатов измерения

Проект для сборки Считывателя результатов измерения для ПК расположен в директории src\msvcHostPoll. Проект предназначен для сборки рабочего реалтаймового ПО для ПК.

Считыватель реализует инициализацию Измерителя, считывание результатов измерения, сообщений и данных осциллографирования. Считыватель обрабатывает файл конфигурации и сохраняет считанные результаты в соответствующих файлах. Принцип работы и форматы файлов описаны в разделе 3.

2.3 Вычислительная библиотека

Проекты для сборки Вычислительных библиотек для ЦСП и для ПК расположены в директориях src\5509EngineLib и src\msvcEngineDll соответственно. Для ЦСП собирается статическая библиотека, для ПК – DLL. Версия для ЦСП и ПК битэкзектны: результаты вычислений совпадают с точностью до бита.

Библиотека имеет интерфейс аналогичный XDAIS, это означает, что все функции вызываются по ссылке, библиотека допускает создание нескольких экземпляров объектов (не содержит статических переменных и т.д.), внутри библиотеки не используется выделение памяти, все платформа зависимые функции и функции связанные с вводом/выводом вынесены за пределы библиотеки. В частности, это позволяет использовать библиотеку как в реалтаймовом рабочем ПО, так и в нереалтаймовом отладочном ПО.

2.4 Тестовая среда

Проекты для сборки нереалтаймовой тестовой среды для ЦСП и для ПК расположены в директориях src\5509TestBench и src\msvcTestBench соответственно.

Тестовая среда реализует инициализацию вычислительной библиотеки, считывание результатов измерения, сообщений и данных осциллографирования. Среда считывает необходимую конфигурацию из файла и сохраняет считанные результаты в соответствующих файлах. Форматы файлов описаны в разделе 3. Версия для ЦСП и ПК битэкзектны: результаты вычислений совпадают с точностью до бита.

Тестовая среда объединяет функции Измерителя и Считывателя результатов измерения в виде, наиболее удобном для отладки.

3 Тестирование ПО.

3.1 Принцип проведения тестирования

В общем случае, проведение тестирования заключается в подаче на вход алгоритма различных сигналов и проверки того, что полученные результаты находятся в необходимых пределах. Входные сигналы и допустимые результаты измерения для тестирования каждой функции Измерителя описаны в отдельном документе Тестовая Процедура. В данном разделе мы рассмотрим общий принцип проведения тестирования.

Как говорилось выше, работа Считывателя результатов измерения вместе с Измерителем и тестовой среды как для ЦСП так и для ПК сходны. Все они считывают конфигурационный файл, инициализируют и запускают вычислительный алгоритм, показывают и сохраняют журнал сообщений, считывают результаты измерений и записывают их в файлы, считывают события и данные осциллографирования и сохраняют их. Но они отличаются по способу подачи входных отсчетов. Тестовая среда для ЦСП и ПК считывает отсчеты из файла. Считыватель результатов измерения с Измерителем не имеют возможности подавать отсчеты непосредственно на вход Измерителя. Вместо этого, файл, содержащий входные отсчеты, воспроизводится как звуковой файл через звуковую карту ПК, которая подключена к входу Измерителя. В последнем случае синхронизация Считывателя результатов измерения с моментом начала воспроизведения файла должна выполняться вручную. Необходимо так же обеспечить соответствующий уровень сигнала на входе Измерителя.

Считыватель результатов измерения и Тестовая среда для ПК принимают два аргумента. Первый - имя конфигурационного файла, `config.txt` используется по умолчанию. Второй – имя файла для записи журнала событий, `msg_log.txt` используется по умолчанию. Тестовая среда для ЦСП принимает те же самые аргумент, но так как программа запускается из CCS, задавать аргументы оказывается неудобно, используются значения по умолчанию.

3.2 Конфигурационный файл

Конфигурация файл определяет параметры среды тестирования и конфигурацию Измерителя. Конфигурационный файл является текстовым файлом, содержащим по одной команде на строку, строки разделяются символами CR LF (0x0D 0x0A). Комментарии начинаются с символа ; (точка с запятой), все символы после ; игнорируются. Команда начинается с имени команды, далее идут параметры команды, если используются несколько однотипных параметров, они разделяются символом , (запятая) и пробелами. Нераспознанные команды игнорируются, о чем выдается сообщение. Команды приведены в Таблица 1 Конфигурационные команды.

Формат команды	Значение по умолчанию	Описание
<code>infile "string" <1-10000></code>	<code>sample.pcm</code> 1	Указывает имя файла, из которого считываются входные отсчеты и количество повторов файла. Не используется при реалтаймовой работе.
<code>logtime <1-10000></code>	100	Устанавливает период в миллисекундах считывания и сохранения результатов измерения
<code>logpar <parameter name></code>	пустой список	Вносит имена параметров в список считываемых и сохраняемых в файлы параметров. Список допустимых параметров приведен в Таблица 3 Измеряемые параметры. Допускается множество команд <code>logpar</code> , их списки объединяются.
<code>vistime <1-10000></code>	100	Устанавливает период в миллисекундах обновления данных в окне визуализации в MATLAB (если включен <code>_MATLAB_VIS_</code>)
<code>vispar <parameter name></code>	пустой список	Вносит имена параметров в список данных, показываемых в окне визуализации в MATLAB (если включен <code>_MATLAB_VIS_</code>). Список допустимых параметров приведен в Таблица 3 Измеряемые параметры. Допускается множество команд <code>logpar</code> , их списки объединяются.
<code>4files <0,1></code>	0	Проведение измерений по всем фазам или только по фазе А:

		<p>0 – 1 входной файл для фазы А, на остальные фазы и нейтраль подаются нулевые отсчеты; события детектируются только для фазы А</p> <p>1 – 4 файла для 3-х фаз и нейтрали; события детектируются по всем фазам и нейтрали</p> <p>При реалтаймовой работе влияет только на детектируемые события.</p>
4indep <0,1>	0	<p>Измерение по 4-м независимым каналам:</p> <p>0 – измерение по 3-м фазам и нейтрали, общая для всех фаз подстройка частоты и выбор пределов измерения</p> <p>1 – измерения по всем 4-м каналами независимо, независимая подстройка частоты и выбор пределов измерения, вычисления имеющие смысл только для 3-х фазного режима, такие как коэффициент прямой, обратной и нулевой последовательности не выполняются.</p>
enaevt <event name>	пустой список	Список детектируемых событий: freq, magn, imbal, dcoff, harm, thd, trans, notch, user.
ch <0,1>	0	Выбор канала (номера инстанции вычислительного объекта) результаты вычислений которого считываются (если включен <code>_VOLT_ONLY_</code> и создано две инстанции объекта)
run "string"	пустая строка	Выполнить данную сессию тестирования, имя сессии добавляется в качестве префикса к имени всех сохраняемых файлов

Таблица 1 Конфигурационные команды.

Командный файл может состоять из нескольких сессий, разделителем между сессиями является команда run. По этой команде инициализируется Тестовая среда и измерительный алгоритм и начинается работа Измерителя. Для Тестовой среды длительность сессии определяется длительностью файла входных отсчетов, умноженного на количество повторов файла. Для Считывателя результатов измерения длительность сессии не ограничена, таким образом, обрабатывается только первая сессия командного файла. Следует учесть, что в тестовой среде для ЦСП количество одновременно открываемых файлов ограничено десятью.

Ниже приведен пример командного файла (`\src\testCases\707to10v.txt`):

```
infile 707to10v.pcm
logtime 200
logpar v_per, v_rms, v_under, v_over, v_sr
logpar c_rms, vpp_rms
run 707to10v_
```

Командный файл состоит из одной сессии с именем `707to10v_`, входные отсчеты для фазы А считываются из файла `707to10v.pcm`, отсчеты для остальных фаз и нейтрали нулевые, файл считывается один раз. Следующие измеряемые параметры считываются с интервалом 200 мс и сохраняются в соответствующие файлы: среднеквадратическое напряжения фазы А за период, среднеквадратическое напряжения фазы А за 200 мс, провалы напряжения, перенапряжения, среднеквадратический ток фазы А за 200 мс, среднеквадратическое межфазное напряжение между фазами А и В за 200 мс.

3.3 Файл входных отсчетов

Файл входных отсчетов является обыкновенным PCM звуковым файлом в 16-ти битном Интел стерео формате, частота оцифровки 20 кГц. Левый канал - отсчеты напряжения в формате S10Q5 (знак, десять разрядов целой части и пять разрядов дробной части), полный размах +/- 1024В, шаг 0.03V. Правый канал - отсчеты тока в формате S3Q12 (знак, три разряда целой части и двенадцать разрядов дробной части), полный размах +/- 8.192А, шаг 0.00025А. Файлы в таком формате могут создаваться и редактироваться в любом звуковом редакторе, например Adobe Audition.

При считывании входных отсчетов четырех файлов для каждой из трех фаз и нейтрали, к имени файл, указанному командой `infile` добавляются суффиксы (в конце имени перед расширением) `_A`, `_B`, `_C`, `_N` соответственно.

3.4 Файлы результатов измерений

Файлы результатов измерений являются текстовыми файлами. Каждая строка содержит один измеряемый параметр, интервал между считыванием параметров определяется командой `logtime`.

Под одним параметром здесь понимается единственное значение для скалярных параметров или массив значений для такого параметра как массив амплитуд гармоник. Имя файла состоит из имени сессии, имени параметра и расширения `.dat`.

Ниже приведен пример файла результатов измерения для среднеквадратического напряжения (`\src\testCases\ 707to10v_v_rms.dat`):

```
0.000
689.250
690.672
690.656
...
```

Интервал считывания был задан равным 200 мс. Таким образом, значение среднеквадратического напряжения на 200-ой миллисекунде составляет 0.000 В, на 400-ой миллисекунде 689.250 В, на 600-ой - 690.672 В и так далее.

Ниже приведен пример файла результатов измерения амплитуды гармоник с 1-ой по 50-ую (`\src\testCases\ harm_v_harm_mag.dat`):

```
161.953 0.078 0.063 0.063 0.047 0.047 0.047 0.047 0.047 0.047 0.031 0.031 0.047 0.031
0.031 0.031 0.031 0.031 0.047 0.031 0.031 0.031 0.031 0.047 0.031 0.031 0.031
0.031 0.016 0.016 0.031 0.031 0.016 0.031 0.031 0.031 0.031 0.016 0.016 0.031
0.031 0.031 0.031 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.016 0.031 0.016
189.266 0.094 0.094 0.078 0.063 0.063 0.047 0.063 0.063 0.063 0.047 0.047 0.031
0.031 0.047 0.031 0.047 0.047 0.047 0.047 0.047 0.031 0.047 0.047 0.031 0.031
0.031 0.031 0.016 0.031 0.031 0.016 0.031 0.031 0.031 0.031 0.031 0.031 0.031
0.031 0.047 0.031 0.031 0.016 0.031 0.031 0.031 0.031 0.031 0.031
```

Интервал считывания также равен 200 мс. Например, на 200-ой миллисекунде амплитуда 1-ой гармоники составляет 161.953 В, 2-ой - 0.078 В, 3-ей - 0.063 В и т.д. На 400-ой миллисекунде амплитуда 1-ой гармоники составляет 189.266 В, 2-ой - 0.094 В, 3-ей - 0.094 В и т.д..

3.5 Файл событий

Информация об обнаруженных событиях сохраняется в текстовом файле. Каждая строка содержит информацию о начале или окончании события. Строка содержит следующую информацию: знак начала или конца события, имя фазы для которой событие обнаружено, тип физического параметра (напряжение, ток, межфазное напряжение), тип параметра (амплитуда, частота и т.д.), номер события. Кроме этого, запись о начале события содержит время обнаружения события, запись об окончании события содержит длительность события, среднее минимальное и максимальное значение измеряемого параметра за время длительности события и другие характеристики, зависящие от типа события.

Ниже приведен пример сообщений:

```
_/''' AV_magn_N4 beg:1.530
'''\_ AV_magn_N4 dur:0.090 Instantaneous Under mean:147.2 min:147.1 max:147.5
```

Они означают:

1. Для напряжения фазы А обнаружено начало события, связанного с выходом значения напряжения за допустимые пределы, номер события 4, время обнаружения 1.53 с
2. Для напряжения фазы А обнаружено окончание события, связанного с выходом значения напряжения за допустимые пределы, номер события 4, длительность события 0.09 с, тип события короткий провал напряжения, среднее/минимальное/максимальное значения напряжения 147.2/147.1/147.5 В.

Имя файла событий состоит из имени сессии, суффикса `_evt` и расширения `.txt`.

3.6 Осциллографирование формы сигналов

Осциллографирование формы сигналов позволяет сохранить форму сигналов, соответствующую обнаруженному событию. Для удобства передачи, Измеритель разбивает всю последовательность данных на отдельные пакеты. Считыватель результатов измерения принимает пакеты и собирает из них исходную последовательность данных. Информации о принятых пакетах заносится в тестовый файл, по одной строчке на пакет. Информация о пакете состоит из информации о событии, вызвавшем передачу пакета: имя фазы для которой событие обнаружено, тип физического параметра (напряжение, ток, межфазное напряжение), тип параметра (амплитуда, частота и т.д.), номер события. Дополнительно записывается следующая информация о самих данных: имя фазы и тип параметра данных осциллографирования, длина пакета, коэффициент децимации данных, время формирования пакета. Надо отметить, что имя фазы и тип параметра данных осциллографирования это не обязательно фаза и тип самого события - обнаружение события на одной фазе может инициировать запись по другой фазе или обнаружение события по току может инициировать запись по напряжению. Кроме этого, пакет может содержать флаг, что этот пакет является последним пакетом данных по данному событию и что предыдущие данные осциллографирования были потеряны.

Ниже приведен пример информации о пакете:

```
AC_magn_N4_AC len=812 dec=8 at=1.620 END
```

Это означает что пакет осциллографирования содержит данные по току фазы А для события, обнаруженного по выходу тока фазы А за допустимые пределы, номер события 4. Длина пакета 812 отсчетов, коэффициент децимации 8 (частота оцифровки 200000 / 8 = 25000 Гц), пакет сформирован в момент 1.62 с, это последний пакет данных для данного события.

Имя файла пакетов данных осциллографирования состоит из имени сессии, суффикса `_wave` и расширения `.txt`.

Собранная последовательность пакетов записывается в файл формы сигнала. Файл является обыкновенным РСМ звуковым файлом в 16-ти битном Интел моно формате, частота оцифровки зависит от коэффициента децимации, для приведенного примера она составляет 6250 Гц. Имя файла состоит из префикса имени сессии, параметров пакета и расширения `.pcm`. В приведенном примере имя файла будет `evmagn_AC_magn_N4_AC.pcm`.

4 Утилиты

4.1 Утилита проверки SCP интерфейса

Проект для сборки утилиты расположен в директориях `util\usbTest\scptestHost`.

Утилита отправляет Измерителю различные команды и проверяет правильность полученных ответов. Команды передаются с максимальной возможной скоростью, таким образом, данный тест позволяет максимально загрузить ЦСП. Основную часть теста составляют команды загрузки в Измеритель структур конфигурации, считывания их обратно и сравнения загруженных и считанных данных.

Программа не имеет аргументов и работает, пока не будет нажата любая клавиша.

Ниже приведен пример сообщений, выдаваемых утилитой:

```
c:\Proj\pqmPulsar\util\usbTest\scptestHost>scptest.exe
Test number: 1000, error: 0
Test number: 2000, error: 0
Test number: 3000, error: 0
Test number: 4000, error: 0
Test number: 4730, error: 0
```

4.2 Утилита выполнения аппаратных тестов

Проект для сборки утилиты расположен в директориях `util\usbTest\pollDspHost`.

Утилита выполняет аппаратные тесты путем отправки Измерителю команд выполнить соответствующий тест и показывания результатов выполнения тестов на экране ПК. Программа принимает два аргумента: первый аргумент - количество повторов теста, 1 по умолчанию, с повторять пока пользователь не нажмет любую клавишу; второй аргумент – номера выполняемых тестов, номера разделяются запятой без пробелов, по умолчанию выполняются все тесты. Номера тестов приведены в Таблица 2. Номера тестов.

Номер теста	Описание
-------------	----------

0	Считать данные с АЦП напряжения фазы А
1	Считать данные с АЦП напряжения фазы В
2	Считать данные с АЦП напряжения фазы С
3	Считать данные с АЦП напряжения нейтрали
4	Считать данные с АЦП тока фазы А или напряжения фазы А второго канала
5	Считать данные с АЦП тока фазы В или напряжения фазы В второго канала
6	Считать данные с АЦП тока фазы С или напряжения фазы С второго канала
7	Считать данные с АЦП тока нейтрали или напряжения нейтрали второго канала
8	Считать напряжение источника питания + 5В
9	Считать температуру
10	Протестировать внешнюю память
11	Считать число прерываний от DMA в секунду
12	Инициировать сброс от сторожевого таймера

Таблица 2. Номера тестов.

Ниже приведен пример сообщений, выдаваемых утилитой:

```
c:\Proj\pqmPulsar\util\usbTest\pollDspHost>pollDsp
Raw A Volt ADC value: 0 -5
Raw B Volt ADC value: 1 -1
Raw C Volt ADC value: 2 -3
Raw N Volt ADC value: 3 -2
Raw A Curr ADC value: 0 18
Raw B Curr ADC value: 1 13
Raw C Curr ADC value: 2 13
Raw N Curr ADC value: 3 19
Supply voltage: 4752 mV
Board temperature: 28.25 C
Memory test result: OK
Interrupt rate: 4000
WDT test result: WDT will reset CPU in 1.5s
```

4.3 Утилита обновления встроенного программного обеспечения

Проект для сборки утилиты расположен в директориях util\usbTest\flashProgHost.

Утилита предназначена для обновления встроенного программного обеспечения Измерителя. Для этого, работоспособное ПО уже должно быть загружено и исполняться на ЦСП Измерителя. Обновление программного обеспечения выполняется с ПК, путем послания команд, исполняемых на Измерителе. Утилита загружает образ ПО из bin-файл, который может быть получен из out-файла (выходной файл CCS) с помощью утилиты hex55.exe. Пример командного файла util\makeBoot\makeUsbTest.bat.

Программа принимает два аргумента: первый аргумент – имя файла для загрузки; второй аргумент – 32-битное число – пароль на выполнение этой операции. Загрузка недопустимого или неправильно подготовленного файла, а также сбой в процессе загрузки приведет к невозможности загрузки.

Ниже приведен пример сообщений, выдаваемых утилитой в процессе загрузки:

```
C:\PowerMeter\util\usbTest\flashProgHost>flashProg.exe usbTest.bin 12345678
Programming file usbTest.bin of size 65422, Password 12345678
Flash was successfully erased
Packet 0 was successfully written to flash
```

```
Packet 1 was successfully written to flash
Packet 2 was successfully written to flash
Packet 3 was successfully written to flash
Packet 4 was successfully written to flash
Packet 5 was successfully written to flash
Packet 6 was successfully written to flash
Packet 7 was successfully written to flash
Flash was successfully programmed, DSP will restart in a second
```

4.4 Загрузка ЦСП Измерителя по USB

При отсутствии работоспособной программы в загрузочной памяти, ЦСП Измерителя может быть загружен по USB. Эта операция загружает ЦСП без обновления загрузочной памяти.

Загрузка описана в разделе 6 “USB Boot Using the Thesycon (USBIO) Driver and Demo Application” документа TI “Using the TMS320C5509/C5509A USB Bootloader” референсный номер SPRA840A. ПО для загрузки Thesycon USBIO demo application 2.40 и документация может быть загружена с сайта <http://www.thesycon.com/>.

Для перевода ЦСП в режим загрузки по USB необходимо соединить джампером контакты 11 и 12 разъема P3 и затем выключить и включить питание. Для возвращения ЦСП в режим загрузки из встроенной памяти джампер надо удалить.

Приложение А. Измеряемые параметры

Название	Описание	Поле структуры tENG_fullRes
Среднеквадратическое значение напряжения фазы А		
v_per	Напряжения за один период сетевой частоты	rec.rms.aVo[0].per
v_rms	Напряжения усредненное за 10 периодов (200 мс) сетевой частоты	rec.rms.aVo[0].rms
v_under	Величина провала напряжения	rec.rms.aVo[0].under
v_over	Величина перенапряжения	rec.rms.aVo[0].over
v_dev	Установившееся отклонение напряжения	rec.rms.aVo[0].dev
v_crest	Крест фактор	rec.rms.aVo[0].crest
v_derat	Дерайтинг фактор (= $\sqrt{2}$ /крест фактор)	rec.rms.aVo[0].derat
v_sr	Скользящее среднее напряжения	rec.rms.aVo[0].sr
vn_rms	Среднеквадратическое значение напряжения нейтрали за 10 периодов	rec.rms.aVo[3].rms
Среднеквадратическое значение напряжения между фазами А и В		
vpp_per	Напряжения за один период сетевой частоты	rec.rms.aVpp[0].per
vpp_rms	Напряжения усредненное за 10 периодов (200 мс) сетевой частоты	rec.rms.aVpp[0].rms
vpp_under	Величина провала напряжения	rec.rms.aVpp[0].under
vpp_over	Величина перенапряжения	rec.rms.aVpp[0].over
vpp_dev	Установившееся отклонение напряжения	rec.rms.aVpp[0].dev
vpp_sr	Скользящее среднее напряжения	rec.rms.aVpp[0].sr
Гармоники напряжения фазы А		
v_harm_mag	Амплитуды гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_harm_perc	Коэффициенты гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aVoPerc[0]
v_harm_sq	Квадраты амплитуд гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aVoSq[0]

v_harm_ang	Фазовый угол гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aVoAng[0]
Гармоники напряжения фазы А вычисленные с использованием субгруппировки		
v_harmsg_mag ‡	Амплитуды гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aVoMagn[0]
v_harmsg_perc ‡	Коэффициенты гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aVoPerc[0]
v_harmsg_sq ‡	Квадраты амплитуд гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aVoSq[0]
v_harmsg_ang ‡	Фазовый угол гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aVoAng[0]
Интергармоники напряжения фазы А		
v_inth_mag	Амплитуды интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aVoMagn[0]
v_inth_perc	Коэффициенты интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aVoPerc[0]
v_inth_sq	Квадраты амплитуд интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aVoSq[0]
v_inth_ang	Фазовый угол интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aVoAng[0]
Высокочастотные гармоники напряжения фазы А		
v_abvh_mag ‡	Амплитуды высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aVoMagn[0]
v_abvh_perc ‡	Коэффициенты высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aVoPerc[0]
v_abvh_sq ‡	Квадраты амплитуд высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aVoSq[0]
v_abvh_ang ‡	Фазовый угол высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aVoAng[0]
Субгармоники и постоянная составляющая напряжения фазы А		
v_subh_mag	Амплитуда субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.voMagn
v_subh_perc	Коэффициент субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.voPerc
v_subh_sq	Квадрат амплитуд субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.voSq
v_subh_ang	Фазовый угол субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.voAng
v_dcoffs	Постоянный сдвиг входного напряжения	rec.harm.aPh[0].voDcoffs
Коэффициенты нелинейных искажений напряжения фазы А		
v_thd_thd	Коэффициент нелинейных искажений по всем гармоникам	rec.harm.aPh[0].voThd.thd
v_thd_ohd	Коэффициент нелинейных искажений по нечетным гармоникам	rec.harm.aPh[0].voThd.ohd
v_thd_ehd	Коэффициент нелинейных искажений по четным гармоникам	rec.harm.aPh[0].voThd.ehd
v_thd_thdsg ‡	Коэффициент нелинейных искажений по всем гармоникам с использованием субгруппировки	rec.harm.aPh[0].voThd.thdSg
v_thd_ohdsg ‡	Коэффициент нелинейных искажений по нечетным гармоникам с использованием субгруппировки	rec.harm.aPh[0].voThd.ohdSg
v_thd_ehdsg ‡	Коэффициент нелинейных искажений по четным гармоникам с использованием	rec.harm.aPh[0].voThd.ehdSg

	субгруппировки	
v_thd_tihd	Коэффициент нелинейных искажений по интергармоникам	rec.harm.aPh[0].voThd.tihd
v_thd_tahd ‡	Коэффициент нелинейных искажений по высокочастотным гармоникам	rec.harm.aPh[0].voThd.tahd
v_kfact	К-фактор	rec.harm.aPh[0].voThd.kFact

Среднеквадратическое значение тока фазы А

c_per *	Напряжения за один период сетевой частоты	rec.rms.aCu[0].per
c_rms *	Напряжения усредненное за 10 периодов (200 мс) сетевой частоты	rec.rms.aCu[0].rms
c_under *	Величина провала напряжения	rec.rms.aCu[0].under
c_over *	Величина перенапряжения	rec.rms.aCu[0].over
c_dev *	Установившееся отклонение напряжения	rec.rms.aCu[0].dev
c_crest *	Крест фактор	rec.rms.aCu[0].crest
c_derat *	Дерайтинг фактор (= $\sqrt{2}$ /крест фактор)	rec.rms.aCu[0].derat
c_sr *	Скользящее среднее напряжения	rec.rms.aCu[0].sr
cn_rms *	Среднеквадратическое значение напряжения нейтрали за 10 периодов	rec.rms.aCu[3].rms

Гармоники тока и мощности фазы А

c_harm_mag *	Амплитуды гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aCuMagn[0]
c_harm_perc *	Коэффициенты гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aCuPerc[0]
c_harm_sq *	Квадраты амплитуд гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aCuSq[0]
c_harm_ang *	Фазовый угол гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aCuAng[0]
harm_rl_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aRIPwr[0]
harm_rct_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harm.aRctPwr[0]

Гармоники тока и мощности фазы А вычисленные с использованием субгруппировки

c_harmsg_mag * ‡	Амплитуды гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aCuMagn[0]
c_harmsg_perc * ‡	Коэффициенты гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aCuPerc[0]
c_harmsg_sq * ‡	Квадраты амплитуд гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aCuSq[0]
c_harmsg_ang * ‡	Фазовый угол гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aCuAng[0]
harmsg_rl_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aRIPwr[0]
harmsg_rct_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].harmSg.aRctPwr[0]

Интергармоники и мощности тока фазы А

c_inth_mag *	Амплитуды интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aCuMagn[0]
c_inth_perc *	Коэффициенты интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aCuPerc[0]
c_inth_sq *	Квадраты амплитуд интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aCuSq[0]

c_inth_ang *	Фазовый угол интергармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aCuAng[0]
inth_rl_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aRIPwr[0]
inth_rct_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].inth.aRctPwr[0]

Высокочастотные гармоники и мощности тока напряжения фазы А

c_abvh_mag * ‡	Амплитуды высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aCuMagn[0]
c_abvh_perc * ‡	Коэффициенты высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aCuPerc[0]
c_abvh_sq * ‡	Квадраты амплитуд высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aCuSq[0]
c_abvh_ang * ‡	Фазовый угол высокочастотных гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aCuAng[0]
abvh_rl_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aRIPwr[0]
abvh_rct_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].abvh.aRctPwr[0]

Субгармоники, мощности и постоянная составляющая тока фазы А

c_subh_mag *	Амплитуда субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.cuMagn
c_subh_perc *	Коэффициент субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.cuPerc
c_subh_sq *	Квадрат амплитуды субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.cuSq
c_subh_ang *	Фазовый угол субгармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.cuAng
subh_rl_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.aRIPwr[0]
subh_rct_pwr *	Активные мощности гармонических составляющих	rec.harm.aPh[0].subh.aRctPwr[0]
c_dcoffs *	Постоянный сдвиг входного тока	rec.harm.aPh[0].cuDcoffs

Коэффициенты нелинейных искажений тока фазы А

c_thd_thd *	Коэффициент нелинейных искажений по всем гармоникам	rec.harm.aPh[0].cuThd.thd
c_thd_ohd *	Коэффициент нелинейных искажений по нечетным гармоникам	rec.harm.aPh[0].cuThd.ohd
c_thd_ehd *	Коэффициент нелинейных искажений по четным гармоникам	rec.harm.aPh[0].cuThd.ehd
c_thd_thdsg * ‡	Коэффициент нелинейных искажений по всем гармоникам с использованием субгруппировки	rec.harm.aPh[0].cuThd.thdSg
c_thd_ohdsg * ‡	Коэффициент нелинейных искажений по нечетным гармоникам с использованием субгруппировки	rec.harm.aPh[0].cuThd.ohdSg
c_thd_ehdsg * ‡	Коэффициент нелинейных искажений по четным гармоникам с использованием субгруппировки	rec.harm.aPh[0].cuThd.ehdSg
c_thd_tihd *	Коэффициент нелинейных искажений по интергармоникам	rec.harm.aPh[0].cuThd.tihd
c_thd_tahd * ‡	Коэффициент нелинейных искажений по высокочастотным гармоникам	rec.harm.aPh[0].cuThd.tahd
c_kfact *	К-фактор	rec.harm.aPh[0].cuThd.kFact

Мощность и энергия фазы А

rlpwr *	Активная мощность	rec.pwr.aPh[0].rlPwr
apppwr *	Полная мощность	rec.pwr.aPh[0].appPwr
rctpwr *	Реактивная мощность	rec.pwr.aPh[0].rctPwr
kwh *	Активная энергия	rec.pwr.aPh[0].kwh
kvah *	Полная энергия	rec.pwr.aPh[0].kvah
kvarh *	Реактивная энергия	rec.pwr.aPh[0].kvarh

Другие параметры фазы А

dislplf *	Дисплейсмент пауар фактор (абсолютное значение косинуса угла сдвига между током и напряжением)	rec.pwr.aPh[0].dislplf
truepf *	Реальный пауар фактор (отношение активной мощности к полной)	rec.pwr.aPh[0].truepf
freq	Частота за интервал 20 с	rec.pwr.aPh[0].freq
freq200ms	Частота за интервал 200 мс	rec.pwr.aPh[0].freq200ms
ifl	Текущее значение фликера	rec.pwr.aPh[0].ifl
pst	Кратковременная доза фликера	rec.pwr.aPh[0].pst
plt	Долговременная доза фликера	rec.pwr.aPh[0].plt
fft_sync	Флаг что FFT вычисляется без использования окна	rec.harm.isSync

Суммарная мощность и энергия по 3 фазам

t_rlpwr *	Активная мощность	rec.pwr.total.rlPwr
t_apppwr *	Полная мощность	rec.pwr.total.appPwr
t_rctpwr *	Реактивная мощность	rec.pwr.total.rctPwr
t_kwh *	Активная энергия	rec.pwr.total.kwh
t_kvah *	Полная энергия	rec.pwr.total.kvah
t_kvarh *	Реактивная энергия	rec.pwr.total.kvarh

Другие параметры усредненные по 3 фазам

t_dislplf *	Дисплейсмент пауар фактор (абсолютное значение косинуса угла сдвига между током и напряжением)	rec.pwr.total.dislplf
t_truepf *	Реальный пауар фактор (отношение активной мощности к полной)	rec.pwr.total.truepf
t_freq	Частот	rec.pwr.total.freq
t_ifl	Текущее значение фликера	rec.pwr.total.ifl
t_pst	Кратковременная доза фликера	rec.pwr.total.pst
t_plt	Долговременная доза фликера	rec.pwr.total.plt

Несимметрия напряжения и тока

v_seqpos	Значение напряжения прямой последовательности	rec.seq.aMagn[0][1]
v_seqneg	Значение напряжения обратной последовательности	rec.seq.aMagn[0][2]
v_seqzero	Значение напряжения нулевой последовательности	rec.seq.aMagn[0][0]
v_imneg	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности	rec.seq.almNeg[0]
v_imzero	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности	rec.seq.almZero[0]
v_imnema	Коэффициент несимметрии напряжений по алгоритму NEMO (максимальное отклонение напряжений от среднего /	rec.seq.almNema[0]

	среднее по трем фазам)	
c_seqpos *	Значение тока прямой последовательности	rec.seq.aMagn[1][1]
c_seqneg *	Значение тока обратной последовательности	rec.seq.aMagn[1][2]
c_seqzero *	Значение тока нулевой последовательности	rec.seq.aMagn[1][0]
c_imneg *	Коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности	rec.seq.almNeg[1]
c_imzero *	Коэффициент несимметрии тока по нулевой последовательности	rec.seq.almZero[1]
c_imnema *	Коэффициент несимметрии тока по алгоритму NEMO (максимальное отклонение токов от среднего / среднее по трем фазам)	rec.seq.almNema[1]
seqpos_vcang *	Угол между напряжением и током прямой последовательности	rec.seq.aVoCuAng[1]
seqneg_vcang *	Угол между напряжением и током обратной последовательности	rec.seq.aVoCuAng[2]
seqzero_vcang *	Угол между напряжением и током нулевой последовательности	rec.seq.aVoCuAng[0]
seqpos_rlpwr *	Активная мощность прямой последовательности	rec.seq.aRIPwr[1]
seqneg_rlpwr *	Активная мощность обратной последовательности	rec.seq.aRIPwr[2]
seqzero_rlpwr *	Активная мощность нулевой последовательности	rec.seq.aRIPwr[0]
seqpos_rctpwr *	Реактивная мощность прямой последовательности	rec.seq.aRctPwr[1]
seqneg_rctpwr *	Реактивная мощность обратной последовательности	rec.seq.aRctPwr[2]
seqzero_rctpwr *	Реактивная мощность нулевой последовательности	rec.seq.aRctPwr[0]
vpp_imnema	Коэффициент несимметрии межфазных напряжений по алгоритму NEMO (максимальное отклонение межфазных напряжений от среднего / среднее по трем фазам)	rec.seq.almNema[2]
v_seqposdev	Отклонение напряжения прямой последовательности от номинального значения	rec.seq.vposDev

Счетчики количества секунд, в течении которых показатели КЭ выходили за границы нормально допустимых (T1) и предельно допустимых (T2) значений для интервалов максимальной (pkemax) и минимальной (pkemin) нагрузки в соответствии с ГОСТ 13109

pkemax_v_up_t1	Установившееся отклонение напряжения фазы А вверх	maxPke.t1.aPh[0].voltUp
pkemax_v_up_t2		maxPke.t2.aPh[0].voltUp
pkemin_v_up_t1		minPke.t1.aPh[0].voltUp
pkemin_v_up_t2 †		minPke.t2.aPh[0].voltUp
pkemax_v_lo_t1	Установившееся отклонение напряжения фазы А вниз	maxPke.t1.aPh[0].voltLo
pkemax_v_lo_t2		maxPke.t2.aPh[0].voltLo
pkemin_v_lo_t1		minPke.t1.aPh[0].voltLo
pkemin_v_lo_t2 †		minPke.t2.aPh[0].voltLo
pkemax_freq_up_t1	Отклонение частоты фазы А вверх	maxPke.t1.aPh[0].freqUp,
pkemax_freq_up_t2		maxPke.t2.aPh[0].freqUp,
pkemin_freq_up_t1		minPke.t1.aPh[0].freqUp,
pkemin_freq_up_t2		minPke.t2.aPh[0].freqUp
†		
pkemax_freq_lo_t1	Отклонение частоты фазы А вниз	maxPke.t1.aPh[0].freqLo

pkemax_freq_lo_t2		maxPke.t2.aPh[0].freqLo
pkemin_freq_lo_t1		minPke.t1.aPh[0].freqLo
pkemin_freq_lo_t2 †		minPke.t2.aPh[0].freqLo
pkemax_thd_t1	Коэффициент искажения синусоидальности напряжения фазы А	maxPke.t1.aPh[0].thd
pkemax_thd_t2		maxPke.t2.aPh[0].thd
pkemin_thd_t1		minPke.t1.aPh[0].thd
pkemin_thd_t2 †		minPke.t2.aPh[0].thd
pkemax_harm_t1	Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения фазы А	maxPke.t1.aPh[0].aHarm[0]
pkemax_harm_t2		maxPke.t2.aPh[0].aHarm[0]
pkemin_harm_t1		minPke.t1.aPh[0].aHarm[0]
pkemin_harm_t2 †		minPke.t2.aPh[0].aHarm[0]
pkemax_vpp_up_t1	Установившееся отклонение напряжения между фазами А и В вверх	maxPke.t1.aPh[0].vppUp
pkemax_vpp_up_t2		maxPke.t2.aPh[0].vppUp
pkemin_vpp_up_t1		minPke.t1.aPh[0].vppUp
pkemin_vpp_up_t2 †		minPke.t2.aPh[0].vppUp
pkemax_vpp_lo_t1	Установившееся отклонение напряжения между фазами А и В вниз	maxPke.t1.aPh[0].vppLo
pkemax_vpp_lo_t2		maxPke.t2.aPh[0].vppLo
pkemin_vpp_lo_t1		minPke.t1.aPh[0].vppLo
pkemin_vpp_lo_t2 †		minPke.t2.aPh[0].vppLo
pkemax_v_rip_t2	Размах изменения напряжения фазы А	maxPke.t2.aPh[0].voltRip
pkemin_v_rip_t2 †		minPke.t2.aPh[0].voltRip
pkemax_pst_t2	Кратковременная доза фликера фазы А	maxPke.t2.aPh[0].pst
pkemin_pst_t2 †		minPke.t2.aPh[0].pst
pkemax_plt_t2	Долговременная доза фликера фазы А	maxPke.t2.aPh[0].plt
pkemin_plt_t2 †		minPke.t2.aPh[0].plt
pkemax_under_dur_t2	Длительность провала напряжения фазы А	maxPke.t2.aPh[0].undDur
pkemin_under_dur_t2 †		minPke.t2.aPh[0].undDur
pkemax_im_neg_t1	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности	maxPke.t1.imNeg
pkemax_im_neg_t2		maxPke.t2.imNeg
pkemin_im_neg_t1		minPke.t1.imNeg
pkemin_im_neg_t2 †		minPke.t2.imNeg
pkemax_im_zero_t1	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности	maxPke.t1.imZero
pkemax_im_zero_t2		maxPke.t2.imZero
pkemin_im_zero_t1		minPke.t1.imZero
pkemin_im_zero_t2 †		minPke.t2.imZero
pkemax_vpos_up_t1	Установившееся отклонение напряжения прямой последовательности вверх	maxPke.t1.vposUp
pkemax_vpos_up_t2		maxPke.t2.vposUp
pkemin_vpos_up_t1		minPke.t1.vposUp
pkemin_vpos_up_t2 †		minPke.t2.vposUp
pkemax_vpos_lo_t1	Установившееся отклонение напряжения прямой последовательности вниз	maxPke.t1.vposLo
pkemax_vpos_lo_t2		maxPke.t2.vposLo
pkemin_vpos_lo_t1		minPke.t1.vposLo
pkemin_vpos_lo_t2 †		minPke.t2.vposLo
Максимальные отклонения показателей КЭ от номинальных значений для интервалов максимальной (pkemax) и минимальной (pkemin) нагрузки в соответствии с ГОСТ 13109		
pkemax_v_up_dev	Установившееся отклонение напряжения фазы А вверх	maxPke.dev.aPh[0].voltUp
pkemin_v_up_dev †		minPke.t2.aPh[0].voltUp
pkemax_v_lo_dev	Установившееся отклонение напряжения фазы А вниз	maxPke.dev.aPh[0].voltLo
pkemin_v_lo_dev †		minPke.t2.aPh[0].voltLo
pkemax_freq_up_dev	Отклонение частоты фазы А вверх	maxPke.dev.aPh[0].freqUp,
pkemin_freq_up_dev		minPke.dev.aPh[0].freqUp

† pkemax_freq_lo_dev pkemin_freq_lo_dev †	Отклонение частоты фазы А вниз	maxPke.dev.aPh[0].freqLo minPke.dev.aPh[0].freqLo
pkemax_thd_dev pkemin_thd_dev † pkemax_harm_dev pkemin_harm_dev †	Коэффициент искажения синусоидальности напряжения фазы А Коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения фазы А	maxPke.dev.aPh[0].thd minPke.dev.aPh[0].thd maxPke.dev.aPh[0].aHarm[0] minPke.dev.aPh[0].aHarm[0]
pkemax_vpp_up_dev pkemin_vpp_up_dev †	Установившееся отклонение напряжения между фазами А и В вверх	maxPke.dev.aPh[0].vppUp minPke.dev.aPh[0].vppUp
pkemax_vpp_lo_dev pkemin_vpp_lo_dev †	Установившееся отклонение напряжения между фазами А и В вниз	maxPke.dev.aPh[0].vppLo minPke.dev.aPh[0].vppLo
pkemax_v_rip_dev pkemin_v_rip_dev †	Размах изменения напряжения фазы А	maxPke.dev.aPh[0].voltRip minPke.dev.aPh[0].voltRip
pkemax_pst_dev pkemin_pst_dev †	Кратковременная доза фликера фазы А	maxPke.dev.aPh[0].pst minPke.dev.aPh[0].pst
pkemax_plt_dev pkemin_plt_dev †	Долговременная доза фликера фазы А	maxPke.dev.aPh[0].plt minPke.dev.aPh[0].plt
pkemax_under_dur_dev pkemin_under_dur_dev †	Длительность провала напряжения фазы А	maxPke.dev.aPh[0].undDur minPke.dev.aPh[0].undDur
pkemax_im_neg_dev pkemin_im_neg_dev †	Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности	maxPke.dev.imNeg minPke.dev.imNeg
pkemax_im_zero_dev pkemin_im_zero_dev v †	Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности	maxPke.dev.imZero minPke.dev.imZero
pkemax_vpos_up_dev pkemin_vpos_up_dev v †	Установившееся отклонение напряжения прямой последовательности вверх	maxPke.dev.vposUp minPke.dev.vposUp
pkemax_vpos_lo_dev pkemin_vpos_lo_dev v †	Установившееся отклонение напряжения прямой последовательности вниз	maxPke.dev.vposLo minPke.dev.vposLo
Дополнительные параметры, измеряемые в режиме ГОСТ 13109		
gost_rip_freq †	Частота изменений напряжения, циклы в минуту	rec.rip.aPh[0].cyclePer1m
gost_rip_ampl †	Среднеквадратическое значение изменения напряжения	rec.rip.aPh[0].ampl
gost_rip_perc †	Отношение среднеквадратического изменения напряжения к среднему значению напряжения	rec.rip.aPh[0].perc
v_ppangl †	Угол между гармониками напряжения фазы В и фазы А	rec.harm.aPh[0].ang.aVppAng
c_ppangl † *	Угол между гармониками тока фазы В и фазы А	rec.harm.aPh[0].ang.aCppAng
vc_angl † *	Угол между гармониками напряжения и тока	rec.harm.aPh[0].

	фазы А	ang.aVoCuAng
vpp_harm_perc †	Коэффициенты гармонических составляющих межфазных напряжения фазой А и В	rec.harm.aPh[0].vppHarm.aPerc[0]
vpp_ang †	Фазовый угол гармоник межфазных напряжений фаз А и В	rec.harm.aPh[0].vppHarm.aAng[0]
vpp_ppang †	Угол между гармониками межфазных напряжений фаз А и В и межфазным напряжением фаз С и А	rec.harm.aPh[0].vppHarm.aPpAng[0]
vpp_thd_thd †	Коэффициент нелинейных искажений межфазного напряжения фаз А и В по всем гармоникам	rec.harm.aPh[0].vppHarm.thd

Агрегация (усреднение) параметров фазы А за интервал 3 секунды

v_rms_aggr_3s	Среднее значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag3s.aggr.rms.aVo[0].rms
v_rms_min_3s	Минимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag3s.min.rms.aVo[0].rms
v_rms_max_3s	Максимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag3s.max.rms.aVo[0].rms
v_harm_perc_aggr_3s †	Среднее значения коэффициента гармоник по напряжению за интервал	ag3s.aggr.harm.aPh[0].harm.aVo[0]
v_harm_magn_aggr_3s ‡	Среднее значения амплитуды гармоник напряжения за интервал	ag3s.aggr.harm.aPh[0].harm.aVo[0]
v_ppang_aggr_3s †	Среднее значения угла между гармониками напряжения фазы В и фазы А	ag3s.aggr.harm.aPh[0].ang.aVoPpAng[0]
v_thd_thd_aggr_3s	Среднее значения коэффициента несинусоидальности по напряжению за интервал	ag3s.aggr.harm.aPh[0].voThd.thd
vpp_harm_perc_aggr_3s †	Среднее значения коэффициента гармонических составляющих межфазных напряжения фазой А и В	ag3s.aggr.harm.aPh[0].vppHarm.aPerc[0]
vpp_ppang_aggr_3s †	Среднее значения угла между гармониками межфазных напряжений фаз А и В и межфазными напряжениями фаз С и А	ag3s.aggr.harm.aPh[0].vppHarm.aPpAng[0]
vpp_harm_thd_aggr_3s †	Среднее значения коэффициента нелинейных искажений межфазного напряжения фаз А и В по всем гармоникам	ag3s.aggr.harm.aPh[0].vppHarm.thd
c_rms_aggr_3s *	Среднее значение среднеквадратического тока за интервал	ag3s.aggr.rms.aCu[0].rms
c_rms_min_3s *	Минимальное значение среднеквадратического тока за интервал	ag3s.min.rms.aCu[0].rms
c_rms_max_3s *	Максимальное значение среднеквадратического тока за интервал	ag3s.max.rms.aCu[0].rms
c_harm_perc_aggr_3s * †	Среднее значения коэффициента гармоник по току за интервал	ag3s.aggr.harm.aPh[0].harm.aCu[0]
c_harm_magn_aggr_3s * ‡	Среднее значения амплитуды гармоник тока за интервал	ag3s.aggr.harm.aPh[0].harm.aCu[0]
c_ppang_aggr_3s * †	Среднее значения угла между гармониками тока фазы В и фазы А	ag3s.aggr.harm.aPh[0].ang.aCuPpAng[0]
c_thd_thd_aggr_3s *	Среднее значения коэффициента несинусоидальности по току за интервал	ag3s.aggr.harm.aPh[0].cuThd.thd
rlpwr_aggr_3s *	Среднее значение активной мощности за интервал	ag3s.aggr.pwr.aPh[0].rlPwr

vpp_rms_aggr_3s †	Среднее значение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag3s.aggr.rms.aVpp[0].rms
vpp_rms_min_3s †	Минимальное значение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag3s.min.rms.aVpp[0].rms
vpp_rms_max_3s †	Максимальное значение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag3s.min.rms.aVpp[0].rms
vpp_dev_aggr_3s †	Среднее установившееся отклонение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag3s.aggr.rms.aVpp[0].dev
v_seqpos_aggr_3s	Среднее значение напряжения прямой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aMagn[0][1]
v_seqneg_aggr_3s	Среднее значение напряжения обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aMagn[0][2]
v_seqzero_aggr_3s	Среднее значение напряжения нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aMagn[0][0]
v_imneg_aggr_3s	Среднее значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.almNeg[0]
v_imzero_aggr_3s	Среднее значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.almZero[0]
v_imnema_aggr_3s	Среднее значение коэффициента несимметрии напряжений по алгоритму NEMO (максимальное отклонение напряжений от среднего / среднее по трем фазам) за интервал	ag3s.aggr.seq.almNema[0]
c_seqpos_aggr_3s *	Среднее значение тока прямой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aMagn[1][1]
c_seqneg_aggr_3s *	Среднее значение тока обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aMagn[1][2]
c_seqzero_aggr_3s *	Среднее значение тока нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aMagn[1][0]
c_imneg_aggr_3s *	Среднее значение коэффициента несимметрии тока по обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.almNeg[1]
c_imzero_aggr_3s *	Среднее значение коэффициента несимметрии тока по нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.almZero[1]
c_imnema_aggr_3s *	Среднее значение коэффициента несимметрии тока по алгоритму NEMO (максимальное отклонение напряжений от среднего / среднее по трем фазам) за интервал	ag3s.aggr.seq.almNema[1]
seqpos_vcang_aggr_3s *	Среднее значение угла между напряжением и током прямой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aVoCuAng[1]
seqneg_vcang_aggr_3s *	Среднее значение угла между напряжением и током обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aVoCuAng[2]
seqzero_vcang_aggr_3s *	Среднее значение угла между напряжением и током нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aVoCuAng[0]

seqpos_rlpwr_aggr_3s *	Среднее значение активной мощности прямой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aRIPwr[1]
seqneg_rlpwr_aggr_3s *	Среднее значение активной мощности обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aRIPwr[2]
seqzero_rlpwr_aggr_3s *	Среднее значение активной мощности нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aRIPwr[0]
seqpos_rctpwr_aggr_3s *	Среднее значение реактивной мощности прямой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aRctPwr[1]
seqneg_rctpwr_aggr_3s *	Среднее значение реактивной мощности обратной последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aRctPwr[2]
seqzero_rctpwr_aggr_3s *	Среднее значение реактивной мощности нулевой последовательности за интервал	ag3s.aggr.seq.aRctPwr[0]
vpp_imnema_aggr_3s *	Коэффициент несимметрии межфазных напряжений по алгоритму NEMO (максимальное отклонение межфазных напряжений от среднего / среднее по трем фазам) за интервал	ag3s.aggr.seq.almNema[2]
v_seqposdev_aggr_3s *	Отклонение напряжения прямой последовательности от номинального значения за интервал	ag3s.aggr.seq.vposDev

Агрегация (усреднение) параметров фазы А за интервал 1 минута в соответствии с ГОСТ 13109

v_rms_aggr_1m †	Среднее значение среднеквадратического напряжения фазы А за интервал	ag1m.aggr.aVo[0].rms
v_rms_min_1m †	Минимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag1m.min.aVo[0].rms
v_rms_max_1m †	Максимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag1m.max.aVo[0].rms
v_harm_perc_aggr_1m †	Среднее значения коэффициента гармоник по напряжению за интервал	ag1m.aggr.harm.aPh[0].harm.aVo[0]
v_harm_magn_aggr_1m †	Среднее значения амплитуды гармоник напряжения за интервал	ag1m.aggr.harm.aPh[0].harm.aVo[0]
v_ppang_aggr_1m †	Среднее значения угла между гармониками напряжения фазы В и фазы А	ag1m.aggr.harm.aPh[0].ang.aVoPpAng[0]
v_thd_thd_aggr_1m	Среднее значения коэффициента несинусоидальности по напряжению за интервал	ag1m.aggr.harm.aPh[0].voThd.thd
vpp_harm_perc_aggr_1m †	Среднее значения коэффициента гармонических составляющих межфазных напряжения фазой А и В	ag1m.aggr.harm.aPh[0].vppHarm.aPerc[0])
vpp_ppang_aggr_1m †	Среднее значения угла между гармониками межфазных напряжений фаз А и В и межфазными напряжениями фаз С и А	ag1m.aggr.harm.aPh[0].vppHarm.aPpAng[0])
vpp_harm_thd_aggr_1m †	Среднее значения коэффициента нелинейных искажений межфазного напряжения фаз А и В по всем гармоникам	ag1m.aggr.harm.aPh[0].vppHarm.thd
c_rms_aggr_1m * †	Среднее значение среднеквадратического тока за интервал	ag1m.aggr.aCu[0].rms
c_rms_min_1m * †	Минимальное значение среднеквадратического тока за интервал	ag1m.min.aCu[0].rms
c_rms_max_1m * †	Максимальное значение среднеквадратического тока за интервал	ag1m.max.aCu[0].rms
c_harm_perc_aggr_1m †	Среднее значения коэффициента гармоник по напряжению за интервал	ag1m.aggr.harm.aPh[0].harm.aCu[0]

c_harm_magn_aggr_1m ‡	Среднее значения амплитуды гармоник напряжения за интервал	ag1m.aggr.harm.aPh[0].harm.aCu [0]
c_ppang_aggr_1m * †	Среднее значения угла между гармониками тока фазы В и фазы А	ag1m.aggr.harm.aPh[0].ang.aCuPpAng[0]
c_thd_thd_aggr_1m	Среднее значения коэффициента несинусоидальности по напряжению за интервал	ag1m.aggr.harm.aPh[0].cuThd.thd
rlpwr_aggr_1m *	Среднее значение активной мощности за интервал	ag1m.aggr.pwr.aPh[0].rlPwr
vpp_rms_aggr_1m †	Среднее значение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag1m.aggr.rms.aVpp[0].rms
vpp_rms_min_1m †	Минимальное значение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag1m.min.rms.aVpp[0].rms
vpp_rms_max_1m †	Максимальное значение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag1m.min.rms.aVpp[0].rms
vpp_dev_aggr_1m †	Среднее установившееся отклонение среднеквадратического межфазного напряжения фаз А и В за интервал	ag1m.aggr.rms.aVpp[0].dev
v_seqpos_aggr_1m	Среднее значение напряжения прямой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aMagn[0][1]
v_seqneg_aggr_1m	Среднее значение напряжения обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aMagn[0][2]
v_seqzero_aggr_1m	Среднее значение напряжения нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aMagn[0][0]
v_imneg_aggr_1m	Среднее значение коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.almNeg[0]
v_imzero_aggr_1m	Среднее значение коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.almZero[0]
v_imnema_aggr_1m	Среднее значение коэффициента несимметрии напряжений по алгоритму NEMO (максимальное отклонение напряжений от среднего / среднее по трем фазам) за интервал	ag1m.aggr.seq.almNema[0]
c_seqpos_aggr_1m *	Среднее значение тока прямой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aMagn[1][1]
c_seqneg_aggr_1m *	Среднее значение тока обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aMagn[1][2]
c_seqzero_aggr_1m *	Среднее значение тока нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aMagn[1][0]
c_imneg_aggr_1m *	Среднее значение коэффициента несимметрии тока по обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.almNeg[1]
c_imzero_aggr_1m *	Среднее значение коэффициента несимметрии тока по нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.almZero[1]
c_imnema_aggr_1m *	Среднее значение коэффициента несимметрии тока по алгоритму NEMO (максимальное отклонение напряжений от среднего / среднее по трем фазам) за интервал	ag1m.aggr.seq.almNema[1]
seqpos_vcang_aggr	Среднее значение угла между напряжением	ag1m.aggr.seq.aVoCuAng[

_1m *	и током прямой последовательности за интервал	1]
seqneg_vcang_aggr_1m *	Среднее значение угла между напряжением и током обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aVoCuAng[2]
seqzero_vcang_aggr_1m *	Среднее значение угла между напряжением и током нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aVoCuAng[0]
seqpos_rlpwr_aggr_1m *	Среднее значение активной мощности прямой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aRIPwr[1]
seqneg_rlpwr_aggr_1m *	Среднее значение активной мощности обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aRIPwr[2]
seqzero_rlpwr_aggr_1m *	Среднее значение активной мощности нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aRIPwr[0]
seqpos_rctpwr_aggr_1m *	Среднее значение реактивной мощности прямой последовательности за интервал	ag10m.aggr.seq.aRctPwr[1]
seqneg_rctpwr_aggr_1m *	Среднее значение реактивной мощности обратной последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aRctPwr[2]
seqzero_rctpwr_aggr_1m *	Среднее значение реактивной мощности нулевой последовательности за интервал	ag1m.aggr.seq.aRctPwr[0]
vpp_imnema_aggr_1m *	Коэффициент несимметрии межфазных напряжений по алгоритму NEMO (максимальное отклонение межфазных напряжений от среднего / среднее по трем фазам) за интервал	ag1m.aggr.seq.almNema[2]
v_seqposdev_aggr_1m *	Отклонение напряжения прямой последовательности от номинального значения за интервал	ag1m.aggr.seq.vposDev
Агрегация (усреднение) параметров фазы А за интервал 10 минут		
v_rms_aggr_10m‡	Среднее значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag10m.aggr.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_aggr_10m‡	Средние значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	ag10m.aggr.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_min_10m‡	Минимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag10m.min.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_min_10m‡	Минимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	ag10m.min.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_max_10m‡	Максимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag10m.max.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_max_10m‡	Максимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	ag10m.max.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
Агрегация (усреднение) параметров фазы А за интервал 2 часа		
v_rms_aggr_2h‡	Среднее значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag2h.aggr.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_aggr_2h‡	Средние значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	ag2h.aggr.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_min_2h‡	Минимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	ag2h.min.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_min_2h‡	Минимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	ag2h.min.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_max_2h‡	Максимальное значение среднеквадратического напряжения за	ag2h.max.rms.aVo[0].rms

	интервал	
v_harm_mag_max_2h ‡	Максимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	ag2h.max.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
Агрегация (усреднение) параметров фазы А за интервал устанавливаемый пользователем		
v_rms_aggr_user ‡	Среднее значение среднеквадратического напряжения за интервал	agUser.aggr.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_aggr_user ‡	Средние значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	agUser.aggr.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_min_user ‡	Минимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	agUser.min.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_min_user ‡	Минимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	agUser.min.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_max_user ‡	Максимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	agUser.max.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_max_user ‡	Максимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	agUser.max.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
Агрегация (усреднение) параметров фазы А за автоматически выбираемый интервал		
v_rms_aggr_auto ‡	Среднее значение среднеквадратического напряжения за интервал	agAuto.aggr.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_aggr_auto ‡	Средние значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	agAuto.aggr.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_min_auto ‡	Минимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	agAuto.min.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_min_auto ‡	Минимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	agAuto.min.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]
v_rms_max_auto ‡	Максимальное значение среднеквадратического напряжения за интервал	agAuto.max.rms.aVo[0].rms
v_harm_mag_max_auto ‡	Максимальные значения амплитуд гармонических составляющих за интервал	agAuto.max.harm.aPh[0].harm.aVoMagn[0]

* - если не определен `_VOLT_ONLY_`

† - если определен `_GOST13109_`

‡ - если не определен `_GOST13109_`

Таблица 3 Измеряемые параметры.