

Анализатор Качества Электроэнергии

# Тестовая процедура

Версия: 0.2  
Дата: 29.09.08  
Проект: Анализатор Качества Электроэнергии  
Автор: Илья Воронов  
Http: <http://powerdsp.narod.ru/>  
Email: [powerdsp@narod.ru](mailto:powerdsp@narod.ru)

## Содержание

<b>СОДЕРЖАНИЕ.....</b>	<b>2</b>
<b>1 ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>3</b>
1.1 ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ.....	3
1.2 ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ.....	3
<b>2 ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ.....</b>	<b>4</b>
2.1 НАПРЯЖЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 10 ДО 707 В.....	4
2.2 3-Х ФАЗНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ.....	5
2.3 НАПРЯЖЕНИЯ ПРЯМОЙ, ОБРАТНОЙ И НУЛЕВОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ.....	5
2.4 УСРЕДНЕНИЕ ИЗМЕРЯЕМЫХ ЗНАЧЕНИЙ.....	6
2.5 ЧАСТОТЫ.....	7
2.6 НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ СКАЧКООБРАЗНОМ ИЗМЕНЕНИИ ЧАСТОТЫ.....	8
<b>3 ИЗМЕРЕНИЯ ГАРМОНИК.....</b>	<b>8</b>
3.1 ГАРМОНИКИ.....	8
3.2 ИНТЕРГАРМОНИКИ.....	9
3.3 СУБГАРМОНИКИ.....	10
3.4 ПОСТОЯННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ.....	10
3.5 ФЛИКЕР И ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ.....	11
<b>4 ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СОБЫТИЙ И ОСЦИЛЛОГРАФИРОВАНИЕ ФОРМЫ СИГНАЛОВ.....</b>	<b>11</b>
4.1 ВЫХОД НАПРЯЖЕНИЯ ЗА ДОПУСТИМЫЕ ПРЕДЕЛЫ.....	11
4.2 ОБНАРУЖЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ НАПРЯЖЕНИЯ.....	12
<b>5 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕСТЫ.....</b>	<b>13</b>
5.1 АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ.....	13
5.2 ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫХОДА НАПРЯЖЕНИЯ ЗА ДОПУСТИМЫЕ ПРЕДЕЛЫ.....	14
5.3 ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫХОДА ЧАСТОТЫ ЗА ДОПУСТИМЫЕ ПРЕДЕЛЫ.....	14
5.4 ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫХОДА ИСКАЖЕНИЙ СИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ ЗА ДОПУСТИМЫЕ ПРЕДЕЛЫ.....	15
5.5 ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОВАЛА НАПРЯЖЕНИЯ ДОПУСТИМОГО ЗНАЧЕНИЯ.....	16
<b>6 ТЕСТЫ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕРЕНИЕМ ТОКОВЫХ ПАРАМЕТРОВ.....</b>	<b>16</b>

## 1 Введение

Данный документ описывает метод проведения тестов, используемых для выполнения испытаний разработанного ПО. Данная процедура предназначена для проведения испытаний Тестовой среды и Измерителя со Считывателем результатов измерения.

Таким образом, тестовая процедура используется в качестве Плана проведения испытаний при проведении сдачи-приемки работ по этапам выполнения договора. В дальнейшем, тестовая процедура может быть расширена в соответствии с требованиями выполнения разработки.

### 1.1 Общие замечания

Перед началом проведения тестов необходимо ознакомиться с документом «Описание Программного Обеспечения», описывающего особенности использование разработанного ПО и форматы входных и выходных файлов.

Тестовая процедура состоит из отдельных тестов, каждый из которых позволяет проверить функциональность одного или нескольких блоков Измерителя. Как правило, каждый тест создает несколько выходных файлов, соответствующих нескольким измеряемым параметрам.

Тестовая процедура используется вместе с подготовленными тестовыми файлами. Файлы можно разделить на следующие группы: файлы входных отсчетов для работы измерителя, файлы конфигурации Измерителя и самой Тестовой среды, ожидаемые файлы результатов измерения.

Если в описании процедуры не указано другое, входные отсчеты подаются только на вход фазы А, на остальные фазы и нейтраль подаются нулевые.

### 1.2 Проверка результатов измерения

При проверке результатов измерения, необходимо сравнивать полученные результаты измерения с ожидаемыми результатами. Ожидаемые результаты измерений приведены в данном документе. В качестве ожидаемых результатов так же могут использоваться заранее созданные файлы результатов измерения. При этом необходимо понимать, что сами по себе, эти файлы являются результатом выполнения тестов результаты которых признаны правильными.

При сравнении результатов измерения с ожидаемыми значениями необходимо учитывать следующие факторы:

1. Результаты вычислений должны совпадать с ожидаемыми результатами с определенной точностью, точность определяется ошибками выполнения самих вычислений и неточность подготовки файлов входных отсчетов
2. Измеритель выполняет вычисления путем усреднения измеряемых значений на определенном интервале, при скачкообразном переходе от одного установившегося значения к другому возможно получения промежуточных значений
3. При тестировании Измерителя в реальном времени с использованием звуковой карты ПК дополнительно добавляются ошибки связанные с неточность установки коэффициента передачи, неравномерности АЧХ и несинхронности процесса воспроизведения файла входных отсчетов с процессом считывания результатов измерения

Рассмотрим следующий пример: файл входных отсчетов состоит из трех участков длительностью по одной секунде с установившимися значениями напряжения 200 В, 100 В и 50 В. Данные записываются в выходной файл раз в 200 мс (5 раз на одно установившееся значение), точность измерения 1%.

Ниже приведены реальные результаты измерения и комментарии к ним:

197.787 - игнорируется – переходный процесс перед первым участком

200.575 – равно 200.0 ± 1%

200.575 - равно 200.0 ± 1%

200.575 - равно 200.0 ± 1%

200.575 - равно 200.0 ± 1%

107.318 - игнорируется – переходный процесс между первым и вторым участком

100.525 - равно 100.0 ± 1%

100.525 - равно 100.0 ± 1%

100.525 - равно 100.0 ± 1%

100.525 - равно  $100.0 \pm 1\%$

53.781 - игнорируется – переходный процесс между вторым и третьим участком

50.381 - равно  $50.0 \pm 1\%$

Существует несколько вариантов сборки Измерителя и Тестовой среды, определяемых дефайнами `_VOLT_ONLY_` и `_GOST13109_`. Не все тесты доступны для каждого из вариантов сборки.

## 2 Измерения напряжения и частоты

### 2.1 Напряжения в диапазоне от 10 до 707 В

#### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений в диапазоне входных напряжений от 10 до 707 В. В данном тесте проверяются следующие измеряемые параметры: среднеквадратическое фазное напряжение за одни период, среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов, среднеквадратическое межфазное напряжение за 10 периодов, уровень провала напряжения и уровень перенапряжения, крест фактор (отношение амплитуды напряжения к среднеквадратическому значению)

#### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц, нелинейные искажения отсутствуют. Интервал считывания результатов измерения 200 мс. Среднеквадратическое напряжение принимает следующие значения: 707, 500, 200, 100, 50, 20, 10 В, длительность каждого интервала 1 с или 5 считываний на интервал. Так как входные отсчеты подаются только на вход фазы А, измеренное межфазное напряжение равно напряжению фазы А.

Содержимое файла конфигурации измерений `707to10v.txt` приведено ниже:

```
infile 707to10v.pcm
logtime 200
logpar v_per, v_rms, v_under, v_over, v_dev, v_crest, v_derat, vpp_rms
run 707to10v_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe 707to10v.txt
```

#### Проверка результатов:

Имена файлов	Изменяемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение на каждом из интервалов
707to10v_v_rms.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов	0.2%	707, 500, 200, 100, 50, 20, 10 В
707to10v_v_per.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за одни период	1.0%	707, 500, 200, 100, 50, 20, 10 В
707to10v_v_over.dat	уровень перенапряжения относительно номинального уровня 220 В	0.2%	2.214, 1.273, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000, 0.000
707to10v_v_under.dat	уровень провала напряжения относительно номинального уровня 220 В	0.2%	0.000, 0.000, 0.091, 0.545, 0.773, 0.909, 0.954
707to10v_v_dev.dat	отклонение напряжения относительно номинального уровня 220 В	0.2%	2.214, 1.273, -0.091, -0.545, -0.773, -0.909, -0.954
707to10v_v_crest.dat	крест фактор	1.0%	1.41 для всех интервалов
707to10v_v_derat.dat	дератинг фактор, равняется 1.41 / крест	1.0%	1.00 для всех

	фактор		интервалов
707to10v_vpp_rms.dat	среднеквадратическое межфазное напряжение за 10 периодов	0.2%	707, 500, 200, 100, 50, 20, 10 В

## 2.2 3-х фазные измерения напряжения

### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений напряжений при подаче входного сигнала на все 3 входные фазы и нейтраль. В данном тесте проверяются следующие измеряемые параметры: среднеквадратическое фазное за 10 периодов, среднеквадратическое межфазное напряжение за 10 периодов, среднеквадратическое напряжение нейтрали за 10 периодов.

### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц, нелинейные искажения отсутствуют. Интервал считывания результатов измерения 1 с. Входные отсчеты подаются на входы трех фаз и нейтрали. Среднеквадратическое напряжение каждой из фаз 200 В, напряжение нейтрали 100 В, сдвиг фаз 120 градусов. Длительность интервала измерения 5 с.

Содержимое файла конфигурации измерений `3ph.txt` приведено ниже:

```
3phmode 1
infile 3ph.pcm
logtime 1000
logpar v_rms, vpp_rms, vn_rms
run 3ph_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe 3ph.txt
```

### Проверка результатов:

Имена файлов	Изменяемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение
3ph_v_rms.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов	0.2%	200 В
3ph_vpp_rms.dat	среднеквадратическое межфазное напряжение за 10 периодов	0.2%	346 В
3ph_vn_rms.dat	среднеквадратическое напряжение нейтрали за 10 периодов	0.2%	100 В

## 2.3 Напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности

### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерения уровня напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности. В данном тесте проверяются следующие измеряемые параметры: напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности, коэффициента несимметрии по обратной и нулевой последовательности

### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц, нелинейные искажения отсутствуют. Интервал считывания результатов измерения 500 мс. Входные отсчеты подаются на входы трех фаз и нейтрали. Сессия состоит из трех интервалов, каждый длительностью по 5 секунд. На первом интервале, напряжение фаз А, В и С 200 В, угол сдвига 0, 120 и -120 градусов, это нормальный сигнал. На втором интервале, к нормальному сигналу фазы В добавлен сигнал фазы С с коэффициентом 0.03, а к нормальному сигналу фазы С добавлен сигнал фазы В с коэффициентом 0.03, нормальный сигнал фазы А умножен на 1.03. На третьем интервале, к нормальным сигналам каждой фазы добавлен сигнал фазы А с коэффициентом 0.03. Напряжение нейтрали во всех случаях нулевое.

Содержимое файла конфигурации измерений `seq.txt` приведено ниже:

```
3phmode 1
infile seq.pcm
logtime 500
```

```
logpar v_rms, v_seqpos, v_seqneg, v_seqzero, v_imneg, v_imzero
logpar v_imnema, vpp_imnema
logpar v_ppangl
run seq_run 3ph_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe seq.txt
```

#### Проверка результатов:

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение на каждом из интервалов
seq_v_rms.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов	0.2%	200.0, 206.0, 206.0 В
seq_v_seqpos.dat	напряжение прямой последовательности	1.0%	200.0, 200.0, 200.0 В
seq_v_seqneg.dat	напряжение обратной последовательности	1.0%	0.00, 06.00, 0.00 В
seq_v_seqzero.dat	напряжение нулевой последовательности	1.0%	0.00, 0.00, 6.00 В
seq_v_imneg.dat	коэффициента несимметрии по обратной последовательности	1.0%	0.000, 0.030, 0.000
seq_v_imzero.dat	коэффициента несимметрии по нулевой последовательности	1.0%	0.000, 0.000, 0.030
seq_v_imnema.dat	коэффициента несимметрии по NEMA	1.0%	0.000, 0.030, 0.030
seq_vpp_imnema.dat	коэффициента несимметрии по NEMA по межфазному напряжению	1.0%	0.000, 0.030, 0.000
seq_v_seqposdev.dat	отклонение напряжение прямой последовательности относительно номинального значения 381.0 В	1.0%	-0.10, -0.10, -0.10
seq_v_ppangl.dat	угол между гармониками напряжения фазы В и фазы А в радианах (в данном тесте имеет смысл только для первой гармоники)	1.0%	-2.094, -2.121, -2.081

## 2.4 Усреднение измеряемых значений

#### Цель:

Тест предназначен для проверки усреднения измеряемых значений за интервал 3с, а так же нахождения минимальных и максимальных значений за интервал. Лишь малая часть измеряемых значений проверяется: среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов и амплитуда первой гармоники. Остальные измеряемые параметры за этот же интервал и все измеряемые параметры за другие интервалы вычисляются в точность тем же самым кодом.

#### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц, нелинейные искажения отсутствуют. Интервал считывания результатов измерения 1 с. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В, общая длительность теста 70 с.

Содержимое файла конфигурации измерений `aggr.txt` приведено ниже:

```
infile aggr.pcm
logtime 1000
logpar v_rms_aggr_3s, v_rms_min_3s, v_rms_max_3s
logpar v_harm_mag_aggr_3s, v_harm_mag_min_3s, v_harm_mag_max_3s
logpar v_per, v_rms, v_rms_aggr_1m, v_rms_aggr_10m
run aggr_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

TestBench.exe aggr.txt

**Проверка результатов:**

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение
aggr_v_rms.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов	0.2%	200 В
aggr_v_per.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за один период	1.0%	200 В
aggr_v_rms_aggr_3s.dat aggr_v_rms_min_3s.dat aggr_v_rms_max_3s.dat	среднеквадратическое фазное напряжение, усредненное за интервал 3 секунд, минимальное и максимальное значение за интервал	0.2%	200 В
aggr_v_harm_mag_aggr_3s.dat aggr_v_harm_mag_min_3s.dat aggr_v_harm_mag_max_3s.dat	амплитуда гармоник, усредненная за интервал 3 секунд, минимальное и максимальное значение за интервал	1-ая гармоника	200 В
		остальные гармоники	0.0 В
aggr_v_rms_aggr_1m.dat	среднеквадратическое фазное напряжение, усредненное за интервал 1 минут	0.2%	200 В
aggr_v_rms_aggr_10m.dat	среднеквадратическое фазное напряжение, усредненное за интервал 10 минут	0.2%	200 В

## 2.5 Частоты

**Цель:**

Тест предназначен для проверки точности измерений частоты и точности подстройки дробного интерполятора при медленном изменении частоты. В данном тесте проверяется точность измерения частоты и отсутствие ошибочного возникновения интергармоник и субгармоник.

**Условия измерения:**

Нелинейные искажения отсутствуют. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В. Интервал считывания результатов измерения 1 с. Частота медленно меняется от 50.0 до 51.111 Гц за время 50 с, затем остается на значении 51.111 Гц в течении 22 с. Этого времени достаточно для окончания процесса подстройки дробного интерполятора и прихода значения интергармоник и субгармоник к нулю.

Содержимое файла конфигурации измерений slow50to51\_111Hz.txt приведено ниже:

```
infile slow50to51_111Hz.pcm
logtime 1000
logpar freq, v_harm, v_inth, v_subh_mag
run slow50to51_111Hz_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe slow50to51_111Hz.txt
```

**Проверка результатов:**

Имена файлов	Измеряемые параметры		Точность измерения	Ожидаемое значение на интервале до 60-ой секунды / после нее
slow50to51_111Hz_freq.dat	Частота	1-60-th seconds	0.1%	Линейное нарастание от 50.000 to 51.111 Гц / 51.111 Hz
slow50to51_111Hz_v_h	Амплитуда	1-ая гармоника	1.0%	Неопределено / 200 В

arm.dat	гармоник	остальные гармоника	1.0%	Неопределено / 0 В
slow50to51_111Hz_v_inth.dat slow50to51_111Hz_v_subh.dat	Амплитуда 2-ой интергармоники и субгармоники (1-ой интергармоники)	61-72-th seconds, all inter-harmonics	1.0%	Неопределено / 0 В

## 2.6 Напряжения при скачкообразном изменении частоты

### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений среднеквадратического напряжения при изменении частоты в широких пределах. В данном тесте проверяется точность измерения среднеквадратического фазное напряжение за 10 периодов.

### Условия измерения:

Нелинейные искажения отсутствуют. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В. Интервал считывания результатов измерения 1 с. Частота меняется от 42.5 до 57.5 Гц с шагом 2.5 Гц, длительность интервалов в течении которых частота остается неизменной 1с.

Содержимое файла конфигурации измерений 425to575Hz.txt приведено ниже:

```
infile 425to575Hz.pcm
logtime 1000
logpar v_rms
run 425to575Hz_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe 425to575Hz.txt
```

### Проверка результатов:

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение на всех интервалах
425to575Hz_v_rms.dat	среднеквадратическое фазное напряжение за 10 периодов	0.2%	200 В

## 3 Измерения гармоник

### 3.1 Гармоники

#### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений амплитуд гармоник. В данном тесте проверяются следующие измеряемые параметры: амплитуды гармоник, коэффициенты гармоник, коэффициент нелинейных искажений по всем, по четным и нечетным гармоникам, К-фактор. Проверяются параметры, вычисляемые с использованием группировки и без нее.

#### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц. Интервал считывания результатов измерения 2 с. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В. Сессия состоит из трех интервалов, длительностью по 20 секунд каждый. На первом интервале нелинейные искажения отсутствуют. На втором интервале присутствуют 5-ая, 9-ая, 13-ая и 17-ая гармоники с уровнем 0.01. На третьем интервале присутствуют 2-ая, 3-я, 5-ая, 7-ая и 9-ая гармоники с уровнями 0.10, 0.32, 0.10, 0.03 и 0.01.

Содержимое файла конфигурации измерений harm.txt приведено ниже:

```
infile harm.pcm
logtime 2000
logpar v_harm_mag, v_harm_perc
logpar v_thd_thd, v_thd_ohd, v_thd_ehd, v_kfact
logpar vpp_harm_perc, vpp_thd_thd
run harm_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe harm.txt
```

#### Проверка результатов:

При анализе результатов измерения следует учитывать использование сглаживания в процессе измерения гармоник, таким образом, требуемое значение достигается лишь в конце интервала измерения.

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение на интервалах
harm_v_harm_mag.dat harm_vpp_harm_percent.dat	амплитуды гармоник	1-ая	1.0% 200.0, 199.9, 188.3 В
		2-ая	1.0% 000.0, 000.0, 018.8 В
		3-ая	1.0% 000.0, 000.0, 059.5 В
		5-ая	1.0% 000.0, 002.0, 018.8 В
		7-ая	1.0% 000.0, 000.0, 006.0 В
		9-ая	1.0% 000.0, 002.0, 001.9 В
		13-ая	1.0% 000.0, 002.0, 000.0 В
		17-ая	1.0% 000.0, 002.0, 000.0 В
		остальные	1.0% 000.0, 000.0, 000.0 В
harm_v_harm_percent.dat	коэффициенты гармоник	1-ая	1.0% 1.000, 1.000, 1.000
		2-ая	1.0% 0.000, 0.000, 0.100
		3-ая	1.0% 0.000, 0.000, 0.316
		5-ая	1.0% 0.000, 0.010, 0.100
		7-ая	1.0% 0.000, 0.000, 0.032
		9-ая	1.0% 0.000, 0.010, 0.010
		13-ая	1.0% 0.000, 0.010, 0.000
		17-ая	1.0% 0.000, 0.010, 0.000
		остальные	1.0% 0.000, 0.000, 0.000
harm_v_thd_thd.dat harm_vpp_thd_thd.dat	коэффициент нелинейных искажений	1.0%	0.000, 0.020, 0.348
harm_v_thd_ehd.dat	коэффициент нелинейных искажений по четным гармоникам	1.0%	0.000, 0.000, 0.100
harm_v_thd_ohd.dat	коэффициент нелинейных искажений по нечетным гармоникам	1.0%	0.000, 0.020, 0.333
harm_v_kfact.dat	К-фактор	1.0%	1.000, 1.027, 1.415

### 3.2 Интергармоники

#### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений амплитуд интергармоник. В данном тесте проверяются следующие измеряемые параметры: амплитуды интергармоник, коэффициенты интергармоник и коэффициент нелинейных искажений по всем интергармоникам.

#### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц. Интервал считывания результатов измерения 2 с. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В. Сессия состоит из единственного интервала, длительностью 20 секунд. Сигнал состоит из первой гармоники и 1-ой, 2-ой и 32-ой интергармоники (частоты 75, 125 и 1625 Гц) с уровнем 0.01.

Содержимое файла конфигурации измерений `inth.txt` приведено ниже:

```
infile inth.pcm
```

```
logtime 2000
logpar v_inth_mag, v_inth_perc
logpar v_thd_tihd
run inth_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe inth.txt
```

#### Проверка результатов:

При анализе результатов измерения следует учитывать использование сглаживания в процессе измерения гармоник, таким образом, требуемое значение достигается лишь в конце интервала измерения.

Имена файлов	Измеряемые параметры		Точность измерения	Ожидаемое значение
inth_v_inth_mag.dat	амплитуды интергармоник	1-ая	1.0%	2.000 В
		2-ая	1.0%	2.000 В
		32-ая	1.0%	2.000 В
		остальные	1.0%	0.000
inth_v_inth_perc.dat	коэффициенты интергармоник	1-ая	1.0%	0.010
		2-ая	1.0%	0.010
		32-ая	1.0%	0.010
		остальные	1.0%	0.000
inth_v_thd_tihd.dat	коэффициент нелинейных искажений по интергармоникам			0.017

### 3.3 Субгармоники

#### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений амплитуды субгармоник. В данном тесте проверяются следующие измеряемые параметры: амплитуда субгармоник и коэффициент субгармоник.

#### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц. Интервал считывания результатов измерения 2 с. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В. Сессия состоит из единственного интервала, длительностью 20 секунд. Сигнал состоит из первой гармоники и субгармоники (частотой 25 Гц) с уровнем 0.01.

Содержимое файла конфигурации измерений `subh.txt` приведено ниже:

```
infile subh.pcm
logtime 2000
logpar v_subh_mag, v_subh_perc
run subh_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe inth.txt
```

#### Проверка результатов:

При анализе результатов измерения следует учитывать использование сглаживания в процессе измерения гармоник, таким образом, требуемое значение достигается лишь в конце интервала измерения.

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение
subh_v_subh_mag.dat	амплитуда субгармоник	1.0%	2.000
subh_v_subh_perc.dat	коэффициент субгармоник	1.0%	0.010

### 3.4 Постоянная составляющая

#### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений амплитуды постоянной составляющей.

#### Условия измерения:

Частота напряжения 50 Гц. Интервал считывания результатов измерения 2 с. Среднеквадратическое значение напряжения составляет 200 В. Сессия состоит из единственного интервала, длительностью 20 секунд. Сигнал состоит из первой гармоники и постоянной составляющей величиной 10 В.

Содержимое файла конфигурации измерений `dcoffs.txt` приведено ниже:

```
infile dcoffs.pcm
logtime 2000
logpar v_dcoffs
run dcoffs_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe dcoffs.txt
```

#### Проверка результатов:

При анализе результатов измерения следует учитывать использование сглаживания в процессе измерения гармоник, таким образом, требуемое значение достигается лишь в конце интервала измерения.

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение
<code>dcoffs_v_dcoffs.dat</code>	амплитуда постоянной составляющей	1.0%	010.0 В

### 3.5 Фликер и периодические отклонения напряжения

#### Цель:

Тест предназначен для проверки точности измерений кратковременной и длительной дозы фликера и частоты и амплитуды периодических отклонений напряжения по ГОСТ 13109.

#### Условия измерения:

Входным сигналом является синусоидальный сигнал амплитудой 200 В, модулированный меандром с глубиной модуляции 1.46% (полный размах изменений) и периодом 17.140 с - частотой 3.5 цикла в минуту.

Содержимое файла конфигурации измерений `flick.txt` приведено ниже:

```
infile flick.pcm 100
logtime 1000
logpar ifl, plt, pst, v_rms
logpar gost_rip_freq, gost_rip_ampl, gost_rip_perc
run flick_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe flick.txt
```

#### Проверка результатов:

При анализе результатов измерения следует учитывать, что результаты измерения появляются только по истечении времени 10 минут.

Имена файлов	Измеряемые параметры	Точность измерения	Ожидаемое значение
<code>flick_gost_rip_freq.dat</code>	частота отклонения напряжения, число периодов в минуту	5.0%	3.50
<code>flick_gost_rip_ampl.dat</code>	амплитуда отклонения напряжения	5.0%	3.21 В
<code>flick_gost_rip_perc.dat</code>	относительная амплитуда отклонения напряжения	5.0%	0.0146
<code>flick_pst.dat</code>	кратковременная доза фликера	5.0%	1.00

flick_plt.dat	длительная доза фликера	5.0%	1.00
---------------	-------------------------	------	------

## 4 Детектирование событий и осциллографирование формы сигналов

### 4.1 Выход напряжения за допустимые пределы

#### Цель:

Тест предназначен для проверки обнаружения события выхода напряжения за допустимые пределы и осциллографирование формы сигналов.

#### Условия измерения:

Большинство времени среднеквадратическое напряжение остается постоянным и составляет 220В. Но на время с 1.0 по 1.1 секунду напряжение принимает значение 264 В (120 %), на время с 2.0 по 2.1 секунду напряжение принимает значение 7 В (3 %). Обнаружение событий выхода напряжения за допустимые пределы и осциллографирование сигналов включено.

Содержимое файла конфигурации измерений `evMagn.txt` приведено ниже:

```
infile evMagn.pcm
enaevt magn
logtime 10
logpar v_per, v_rms
run evMagn_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe evMagn.txt
```

#### Проверка результатов:

Следующие записи об обнаруженных событиях должны появиться в файле событий `evMagn_evt.txt`.

```
_/''' AV_magn_N1 beg:0.530
'''\ AV_magn_N1 dur:0.040 Over average:258.281 min:242.641 max:0.000
overCoef:0.000
_/''' AV_magn_N2 beg:1.030
'''\ AV_magn_N2 dur:0.100 Over average:261.359 min:242.531 max:264.031
overCoef:1.200
_/''' AV_magn_N3 beg:2.020
'''\ AV_magn_N3 dur:0.110 Outage average:33.609 min:6.578 max:155.563
underDepth:0.970
```

Следующие записи о сохранении формы сигналов должны быть внесены в файл осциллографирования `evMagn_wave.txt`.

```
AV_magn_N1_AV len:500 dec:32 at:0.570 END
AV_magn_N2_AV len:875 dec:32 at:1.130 END
AV_magn_N3_AV len:937 dec:32 at:2.130 END
```

Соответствующие `rst`-файлы в формате 16-бит Интел моно с частотой оцифровки 6250 Гц должны быть сохранены, в них должны быть записаны соответствующие части входного сигнала.

### 4.2 Обнаружение импульсов напряжения

#### Цель:

Тест предназначен для проверки обнаружения импульсов напряжения и осциллографирование формы сигналов.

#### Условия измерения:

Среднеквадратическое напряжение остается постоянным и составляет 220В. В моменты времени 0.5 с, 1.0 с и 1.5 с появляются импульсы напряжения 150 В, 300 В и -600 В и длительностью 50 мкс, 150 мкс и 350 мкс соответственно. Обнаружение импульсов напряжения и осциллографирование сигналов включено.

Содержимое файла конфигурации измерений `evTrans.txt` приведено ниже:

```
infile evTrans.pcm
enaevt trans
logtime 100
logpar v_rms
run evTrans_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe evTrans.txt
```

#### Проверка результатов:

Следующие записи об обнаруженных событиях должны появиться в файле событий evTrans\_evt.txt.

```
_'_'AV_trans_N1 beg:0.506
_'_'\AV_trans_N1 dur:0.000 Ampl:150.750, width:0.050 ms
_'_'AV_trans_N2 beg:1.005
_'_'\AV_trans_N2 dur:0.001 Ampl:300.750, width:0.150 ms
_'_'AV_trans_N3 beg:1.505
_'_'\AV_trans_N3 dur:0.001 Ampl:-601.500, width:0.350 ms
```

Следующие записи о сохранении формы сигналов должны быть внесены в файл осциллографирования evTrans\_wave.txt.

```
AV_trans_N1_AV len:3000 dec:4 at:0.506
AV_trans_N1_AV len:1000 dec:4 at:0.526 END
AV_trans_N2_AV len:3000 dec:4 at:1.005
AV_trans_N2_AV len:1050 dec:4 at:1.026 END
AV_trans_N3_AV len:3000 dec:4 at:1.505
AV_trans_N3_AV len:1050 dec:4 at:1.526 END
```

Соответствующие rsm-файлы в формате 16-бит Интел моно с частотой оцифровки 25000 Гц должны быть сохранены, в них должны быть записаны соответствующие части входного сигнала.

## 5 Дополнительные тесты

### 5.1 Автоматический выбор пределов измерения

#### Цель:

Тест предназначен для проверки функции автоматического выбора пределов измерения.

#### Условия измерения:

Среднеквадратическое напряжение медленно меняется от 200 В до 20 В и обратно до 200 В. Тест проводится в двух режимах: 3 фазы и нейтраль и четырех независимых каналов.

Содержимое файла конфигурации измерений rngCtrl.txt приведено ниже:

```
infile rngCtrl.pcm
logtime 100
logpar v_rms
run rngCtrl_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe rngCtrl.txt
```

#### Проверка результатов:

Проверка работоспособности функции автоматического выбора пределов измерения выполняется путем проверки наличия сообщений о изменении пределов в журнале выдаваемом на экран в процессе работы теста и сохраняемому в файле msg\_log.txt.

Для режима 3 фазы и нейтраль, в журнале должны присутствовать следующие сообщения:

```
00000 ADC 0 range 3 3 3 3
02600 ADC 0 range 2 2 2 2
04400 ADC 0 range 1 1 1 1
```

```
05400 ADC 0 range 0 0 0 0
06600 ADC 0 range 1 1 1 1
06800 ADC 0 range 2 2 2 2
08400 ADC 0 range 3 3 3 3
```

Для режима 3 фазы и нейтраль, в журнале должны присутствовать следующие сообщения:

```
00000 ADC 0 range 3 3 3 3
02000 ADC 0 range 2 3 3 3
02200 ADC 0 range 2 2 3 3
02400 ADC 0 range 2 2 2 3
02600 ADC 0 range 2 2 2 2
03800 ADC 0 range 1 2 2 2
04000 ADC 0 range 1 1 2 2
04200 ADC 0 range 1 1 1 2
04400 ADC 0 range 1 1 1 1
04800 ADC 0 range 0 1 1 1
05000 ADC 0 range 0 0 1 1
05200 ADC 0 range 0 0 0 1
05400 ADC 0 range 0 0 0 0
06600 ADC 0 range 1 0 0 0
06800 ADC 0 range 2 1 0 0
07000 ADC 0 range 2 2 1 0
07200 ADC 0 range 2 2 2 1
07400 ADC 0 range 2 2 2 2
08400 ADC 0 range 3 2 2 2
08600 ADC 0 range 3 3 2 2
08800 ADC 0 range 3 3 3 2
09000 ADC 0 range 3 3 3 3
```

Числа от 3 до 0 соответствуют входным диапазонам ENG\_VR\_600V, ENG\_VR\_300V, ENG\_VR\_150V, ENG\_VR\_75V по входам фаз А, В, С и нейтрали.

## 5.2 Обнаружения выхода напряжения за допустимые пределы

### Цель:

Тесты предназначены для проверки обнаружения выхода установившегося отклонения напряжения за максимально допустимые и нормальные допустимые значения.

### Условия измерения:

Общая длительность теста 180 секунд. 120 секунд среднеквадратическое значение напряжения находится в допустимых пределах, на время 60 секунд оно поднимается на 12.0% выше номинального значения.

Содержимое файла конфигурации измерений gostQualAmpl.txt приведено ниже:

```
infile gostQualAmpl.pcm
logtime 1000
logpar v_rms, v_dev, pkemin_v_up_dev, pkemin_v_lo_dev
logpar pkemin_v_up_t2, pkemin_v_up_t1, pkemin_v_lo_t2, pkemin_v_lo_t1
run gostQualAmpl_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe gostQualAmpl.txt
```

### Проверка результатов:

Имена файлов	Измеряемые параметры	Ожидаемое значение
gostQualAmpl_pkemin_ampl_u	Максимальное отклонение вверх	0.120

p_dev.dat		
gostQualAmpl_pkemin_ampl_u p_t2.dat	Длительность времени превышения максимально допустимого значения вверх	60.000
gostQualAmpl_pkemin_ampl_u p_t1.dat	Длительность времени превышения нормально допустимого значения вверх	60.000
gostQualAmpl_pkemin_ampl_l o_dev.dat	Максимальное отклонение вниз	0.000
gostQualAmpl_pkemin_ampl_l o_t2.dat	Длительность времени превышения максимально допустимого значения вниз	0.000
gostQualAmpl_pkemin_ampl_l o_t1.dat	Длительность времени превышения нормально допустимого значения вниз	0.000

### 5.3 Обнаружения выхода частоты за допустимые пределы

#### Цель:

Тесты предназначены для проверки обнаружения выхода отклонения частоты за максимально допустимые и нормальные допустимые значения.

#### Условия измерения:

Общая длительность теста 65 секунд. Частота принимает значения равные 50 Гц, 50.25 Гц и 49.50 Гц с интервалом 20 секунд.

Содержимое файла конфигурации измерений gostQualFreq.txt приведено ниже:

```
infile gostQualFreq.pcm
logtime 1000
logpar freq, pkemin_freq_up_dev, pkemin_freq_lo_dev
logpar pkemin_freq_up_t2, pkemin_freq_up_t1, pkemin_freq_lo_t2, pkemin_freq_lo_t1
run gostQualFreq_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe gostQualFreq.txt
```

#### Проверка результатов:

Имена файлов	Измеряемые параметры	Ожидаемое значение
gostQualFreq_pkemin_freq_u p_dev.dat	Максимальное отклонение вверх	0.240
gostQualFreq_pkemin_freq_u p_t2.dat	Длительность времени превышения максимально допустимого значения вверх	0.000
gostQualFreq_pkemin_freq_u p_t1.dat	Длительность времени превышения нормально допустимого значения вверх	21.000
gostQualFreq_pkemin _freq_lo_dev.dat	Максимальное отклонение вниз	-0.500
gostQualFreq_pkemin_freq_l o_t2.dat	Длительность времени превышения максимально допустимого значения вниз	6.000
gostQualFreq_pkemin_freq_l o_t1.dat	Длительность времени превышения нормально допустимого значения вниз	6.000

## 5.4 Обнаружения выхода искажений синусоидальности напряжения за допустимые пределы

### Цель:

Тесты предназначены для проверки обнаружения выхода коэффициента искажений синусоидальности напряжения и коэффициентов n-ой гармонической составляющей за максимально допустимые и нормальные допустимые значения.

### Условия измерения:

Общая длительность теста 65 секунд. Большую часть времени входной сигнал является неискаженной синусоидой. Но на время 5 секунд в сигнале появляются 2-ая, 3-я и 4-ая гармоники с уровнем 5.0%, 10.0% и 2.0% соответственно и на время 5 секунд появляются 5-ая, 6-ая, 7-ая и 8-ая гармоники с уровнем 8.0%, 1.0%, 7.0% и 1.0% соответственно.

Содержимое файла конфигурации измерений `gostQualHarm.txt` приведено ниже:

```
infile gostQualHarm.pcm
logtime 1000
logpar pkemin_thd_dev, pkemin_harm_dev
logpar pkemin_thd_t2, pkemin_thd_t1, pkemin_harm_t2, pkemin_harm_t1
run gostQualHarm_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe gostQualHarm.txt
```

### Проверка результатов:

Имена файлов	Измеряемые параметры	Ожидаемое значение
<code>gostQualHarm_pkemin_thd_dev.dat</code>	Максимальное значение коэффициента несинусоидальности	0.113
<code>gostQualHarm_pkemin_thd_t2.dat</code>	Длительность времени превышения максимально допустимого значения коэффициента несинусоидальности	0.000
<code>gostQualHarm_pkemin_thd_t1.dat</code>	Длительность времени превышения нормально допустимого значения коэффициента несинусоидальности	6.000
<code>gostQualHarm_pkemin_harm_dev.dat</code>	Максимальное отклонение коэффициентов гармоник	1.000, 0.050, 0.100, 0.020, 0.080, 0.010, 0.070, 0.010, 0.000 ... 0.000
<code>gostQualHarm_pkemin_harm_t2.dat</code>	Длительность времени превышения максимально допустимого значения коэффициентов гармоник	0.000, 6.000, 3.000, 3.000, 0.000, 3.000, 0.000, 3.000, 0.000 ... 0.000
<code>gostQualHarm_pkemin_harm_t1.dat</code>	Длительность времени превышения нормально допустимого значения коэффициентов гармоник	0.000, 6.000, 6.000, 6.000, 3.000, 6.000, 3.000, 6.000, 0.000 ... 0.000

## 5.5 Обнаружения превышения длительности провала напряжения допустимого значения

### Цель:

Тесты предназначены для проверки обнаружения превышения длительности провала напряжения максимально допустимого значения.

### Условия измерения:

Общая длительность теста 65 секунд, допустимая длительность провала напряжения 30 секунд. Основную часть времени среднеквадратическое значение напряжения находится в допустимых пределах, но на время 31 секунду оно опускается на 12.5%.

Содержимое файла конфигурации измерений `gostQualUnderDur.txt` приведено ниже:

```
infile gostQualUnderDur.pcm
```

```
logtime 1000
logpar v_dev, pkemin_under_dur, pkemin_under_dur_t2
run gostQualUnderDur_
```

Для запуска теста для Тестовой среды выполните команду:

```
TestBench.exe gostQualUnderDur.txt
```

**Проверка результатов:**

Имена файлов	Измеряемые параметры	Ожидаемое значение
gostqualunderdur_pkemin_under_dur_dev.dat	Максимальное значение длительности провала	31.000
gostqualunderdur_pkemin_under_dur_t2.dat	Количество провалов, превышающих по длительности предельно допустимую длительность	1.000

## 6 Тесты, связанные с измерением токовых параметров.

Описанные выше тесты не охватывают измерение параметров связанных с измерением напряжения. Однако, если при сборке тестовой среды и вычислительной библиотеки была включена обработка токовых параметров (дефайн `_VOLT_ONLY_` не был определен), возможно измерение токовых параметров и параметров связанных с измерением мощности, энергии и угла сдвига между током и напряжением. В этом случае, добавляются несколько новых тестов, и расширяется функциональность существующих тестов.

Вновь добавленные тесты:

1. Тест `5656to001a.txt` предназначен проверки точности измерения тока на значения 5.656, 4.00, 2.00, 1.00, 0.40, 0.20, 0.10, 0.040, 0.02, 0.01 A.
2. Тест `kwh.txt` предназначен для проверки точности измерения реальной, полной и реактивной мощности и энергии.
3. Тест `0to90dg.txt` предназначен для проверки точности измерения угла сдвига между током и напряжением основной гармоники и влияние угла на результаты измерения реальной, полной и реактивной мощности.

В остальные тесты добавлено измерение параметров связанных с измерением токов (среднеквадратическое значение за один период, за десять периодов, отклонение тока от максимального значения, скользящее среднее значение тока), параметров гармоник связанных с измерение токов, мощностей и направления гармоник, мощностей и энергий по фазам и суммарной по всем фазам и нейтрали, коэффициента мощности и др.