

# ВОЛЬТАМПЕРФАЗОМЕТР ВФМ-4



## Руководство по эксплуатации

Рекомендуется хранить вместе с прибором и внимательно изучить перед началом эксплуатации.

**Оглавление**

Введение.....	3
1. Нормативные ссылки.....	3
2. Определения, обозначения и сокращения.....	4
3. Требования безопасности.....	5
4. Описание прибора и принципов его работы.....	5
4.1. Назначение .....	5
4.2. Внешний вид и органы управления.....	5
4.3. Внешний вид датчиков тока.....	7
4.4. Условия применения.....	7
4.5. Комплектность.....	8
4.6. Электропитание прибора.....	8
4.7. Электрическая прочность и сопротивление изоляции .....	8
4.8. Требования к работе прибора в условиях перегрузки.....	9
4.9. Метрологические и технические характеристики .....	10
4.10. Устройство и принципы работы прибора .....	15
4.11. Принципы измерения и расчётные параметры .....	17
4.12. Векторная диаграмма.....	19
5. Подготовка к работе .....	20
6. Работа с прибором .....	22
6.1. Главное меню.....	22
6.2. Строка состояния.....	23
6.3. Режим измерения «Основной».....	24
6.4. Режим измерения «Счетчик» .....	30
6.5. Режим измерения «Самописец».....	31
6.6. Режим измерения «Гармоники».....	36
6.7. Режим измерения «Осциллограф».....	38
6.8. Режим измерения «Регистратор переходных процессов» .....	39
6.9. Меню вспомогательных функций прибора .....	45
6.10. Меню общих настроек прибора .....	46
6.11. Меню настройки Даты и времени .....	47

6.12.	Меню для работы с флэш-памятью .....	48
6.13.	GPS .....	49
6.14.	Демо-режим.....	50
6.15.	Подключение к компьютеру .....	50
6.16.	Заряд аккумуляторной батареи .....	51
7.	Работа с базой данных режима «Самописец».....	51
8.	Обслуживание аккумулятора.....	52
9.	Возможные неисправности и способы их устранения.....	52
10.	Юстировка и поверка прибора .....	53
11.	Техническое обслуживание .....	53
12.	Текущий ремонт и гарантийные обязательства.....	54
13.	Транспортирование и хранение .....	54
14.	Утилизация .....	55
15.	История изменений.....	55

**ВНИМАНИЕ!**

**Не приступайте к работе с прибором, не изучив содержание данного документа.**

**В связи с постоянной работой по совершенствованию прибора в конструкцию могут быть внесены изменения, не влияющие на его технические характеристики и не отраженные в настоящем документе.**

**Введение**

Настоящее руководство эксплуатации предназначено для изучения технических характеристик, устройства, принципа действия и правил эксплуатации вольтамперфазометра ВФМ-4.

**1. Нормативные ссылки****1.1. Электромагнитная совместимость**

*ТР ТС 020/2011* Электромагнитная совместимость технических средств

*ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014* Оборудование электрическое для измерения, управления и лабораторного применения. Требования электромагнитной совместимости. Часть 1. Общие требования

**1.2. Безопасность**

*ТР ТС 004/2011* О безопасности низковольтного оборудования

*ГОСТ 12.3.019-80* Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

*ГОСТ 26104-89* Средства измерений электронные. Технические требования в части безопасности. Методы испытаний

*ГОСТ IEC 61010-1-2014* Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования

*ГОСТ IEC 61010-2-032-2014* Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 2-032. Частные требования к ручным и управляемым вручную датчикам тока для электрических испытаний и измерений

*ГОСТ IEC 61140-2012* Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования

*ГОСТ 14254-2015* Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

**1.3. Методы измерения**

*ГОСТ 8.551-2013* Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений электрической мощности и электрической энергии в диапазоне частот от 1 до 2500 Гц

*ГОСТ 13109-97* Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения

*ГОСТ 30804.4.7-2013* Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств

*IEEE 1459-2010* Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions

*ГОСТ Р 58601-2019* Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Релейная защита и автоматика. Автономные регистраторы аварийных событий. Нормы и требования

#### **1.4. Общие положения**

*ГОСТ 22261-94* Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

*ГОСТ 14014-91* Приборы и преобразователи измерительные цифровые напряжения, тока и сопротивления. Общие технические требования и методы испытаний

*ГОСТ 15150-69* Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

*ГОСТ Р МЭК 60086-1-2019* Батареи первичные. Часть 1. Общие требования

*ТУ 26.51.43-026-71693739-2023* «Вольтамперфазометры ВФМ-4»

Технические условия

## **2. Определения, обозначения и сокращения**

В настоящем руководстве по эксплуатации применяются определения, обозначения и сокращения, приведенные ниже:

ЭБ – электронный блок;

ДТ – датчик тока;

ПО – программное обеспечение;

ПК – персональный компьютер;

МК – микроконтроллер;

МП – микропроцессор;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ПКЭ – показатели качества электроэнергии;

ОС – операционная система.

### **3. Требования безопасности**

**3.1.** Прибор, в части защиты от поражения электрическим током, относится к классу III по ГОСТ 26104.

**3.2.** Степень защиты по ГОСТ 14254-2015 корпуса прибора – IP40.

**3.3.** К работе с вольтамперфазометром ВФМ-4 допускается электротехнический персонал, имеющий группу по электробезопасности не ниже III, после изучения руководства по эксплуатации прибора.

**3.4.** Запрещается подключение входных цепей прибора с выключенным питанием при наличии напряжения в исследуемых цепях.

**3.5.** При подключении к исследуемым цепям операции производить одной рукой.

### **4. Описание прибора и принципов его работы**

#### **4.1. Назначение**

Вольтамперфазометр ВФМ-4 (в дальнейшем – ВФМ-4) предназначен для:

- измерений действующего значения напряжения и силы переменного тока;
- измерений напряжения и силы постоянного тока (в зависимости от модификации);
- измерений частоты напряжения переменного тока;
- измерений активной, реактивной, полной мощностей и электрической энергии переменного и постоянного тока;
- измерений коэффициента мощности;
- измерений угла сдвига фаз между фазными напряжениями, между фазными и линейными напряжениями, между токами и напряжениями;
- построения векторных диаграмм напряжения и силы переменного тока;
- определения порядка чередования фаз;
- определения гармонического состава тока и напряжения до 60-й гармоники;
- сохранения результатов измерений с указанием текущего местоположения в заданных интервалах времени;
- измерений ПКЭ.

#### **4.2. Внешний вид и органы управления**

Конструктивно ВФМ-4 состоит из электронного блока и датчиков тока. Внешний вид ЭБ ВФМ-4 приведён на рис. 1.

ЭБ ВФМ-4 размещен в малогабаритном ударопрочном корпусе. На лицевой панели корпуса размещен индикатор, сенсорный жидкокристаллический дисплей и кнопки управления. С верхней стороны корпуса находятся пять разъемов (А, В, С, D, N) измерительных каналов для измерений напряжений и четыре разъема (А, В, С, D) к которым подключаются датчики тока.

С нижней стороны корпуса размещен разъем USB-C для зарядки элементов питания или подключения к персональному компьютеру и разъем USB-A для подключения флэш-накопителя.

С обратной стороны корпуса располагается четыре магнита для крепления ВФМ-4 к металлическим поверхностям.

ВФМ-4 эксплуатируется в специальном защитном чехле.

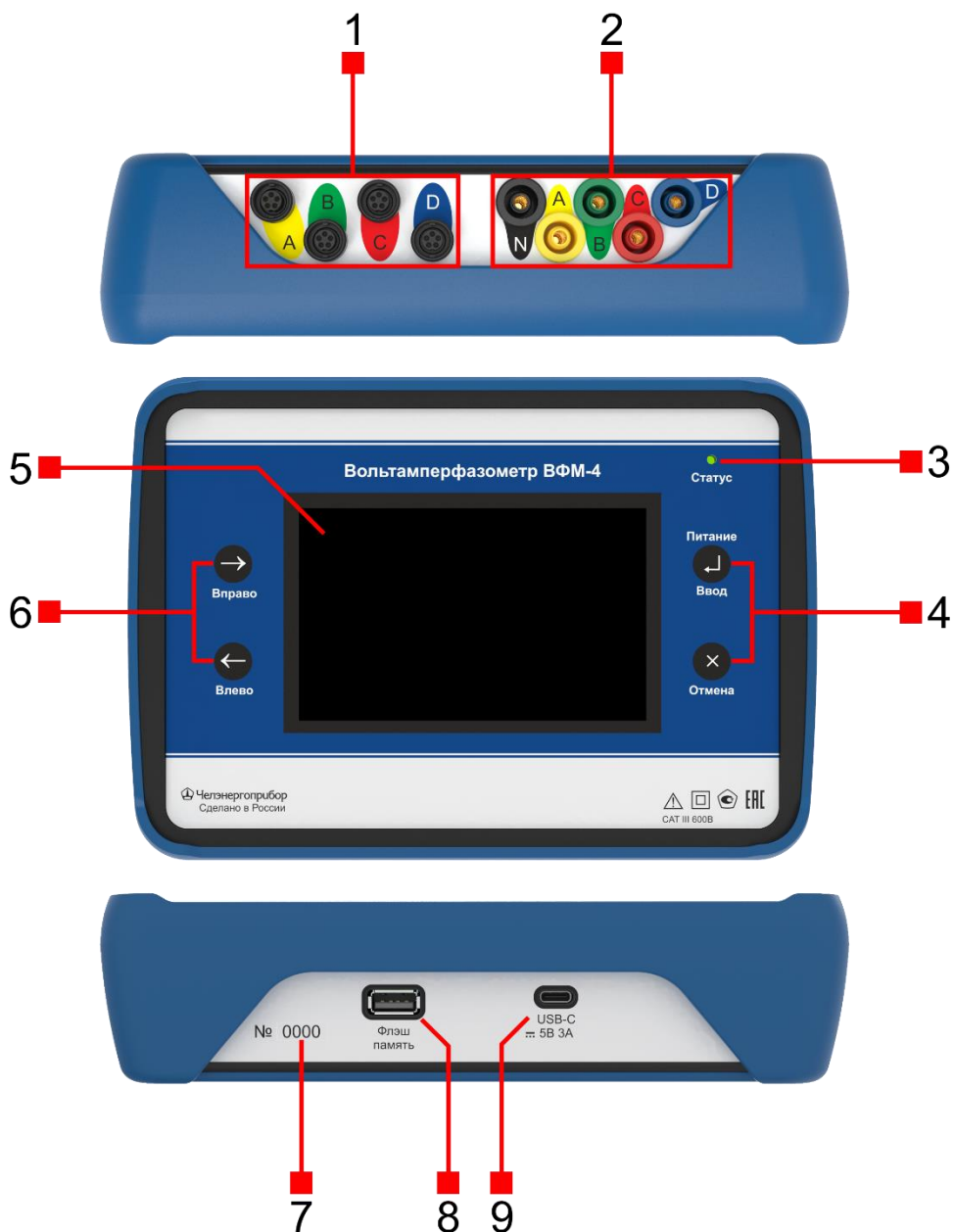


Рис. 1 – Внешний вид вольтамперфазометра ВФМ-4

На рис. 1 обозначены следующие элементы:

1. Разъёмы для подключения ДТ;
2. Разъёмы измерительных каналов для подключения измерительных проводов напряжения;
3. Индикатор *Статус* для отображения режима работы и процесса зарядки;

4. Кнопки *Питание/Ввод* и *Отмена*;
5. Сенсорный жидкокристаллический дисплей;
6. Кнопки *Вправо* и *Влево*;
7. Заводской номер;
8. USB-A разъём для подключения внешней памяти (флэш-накопитель);
9. USB-C разъём для зарядки и подключения к ПК.

#### 4.3. Внешний вид датчиков тока

Датчики тока работают по принципу трансформатора с ферромагнитным сердечником, пояса Роговского или датчика Холла, отличаются диапазонами измерений и показаний силы переменного или постоянного тока.

На рис. 2 изображены следующие типы датчиков тока:

- A. ВФМ-ДТ-10А-П;
- B. ВФМ-ДТ-100А-П;
- C. ВФМ-ДТ-40А;
- D. ВФМ-ДТ-100А;
- E. ВФМ-ДТ-500А;
- F. ВФМ-ПР-1000А;
- G. ВФМ-ДПТ-100А.

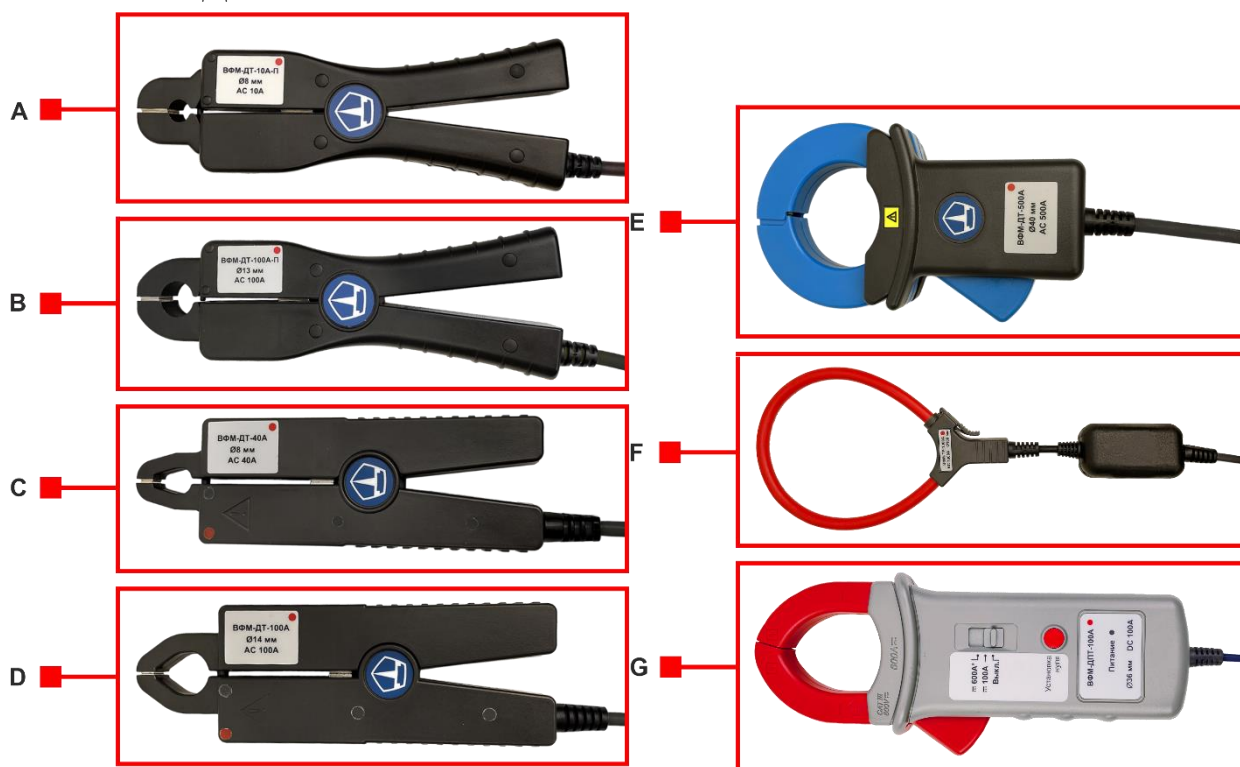


Рис. 2 – Внешний вид датчиков тока

#### 4.4. Условия применения

##### 4.4.1. Нормальные условия применения ВФМ-4:

- Температура окружающего воздуха от +15 до +25 °С;
- Относительная влажность воздуха, не более от 30% до 80 %;
- Атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

#### 4.4.2. Рабочие условия применения ВФМ-4:

- Температура окружающего воздуха от -20 до +55 °С;
- Относительная влажность воздуха, не более 80 % при 25 °С;
- Атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

#### 4.5. Комплектность

Таб. 1 – Комплектность вольтамперфазометра ВФМ-4

Наименование	Обозначение	Количество, шт.
Вольтамперфазометр ВФМ-4	ПТМР.411269.042.000.00	1
Защитный чехол	ПТМР.411269.042.100.07	1
Датчики тока ВФМ-ДТ-10А-П	ПТМР.411269.042.220.00	до 4 включительно*
Датчики тока ВФМ-ДТ-100А-П	ПТМР.411269.042.220.00-01	до 4 включительно*
Датчики тока ВФМ-ДТ-40А	ПТМР.411269.042.220.00-02	до 4 включительно*
Датчики тока ВФМ-ДТ-100А	ПТМР.411269.042.220.00-03	до 4 включительно*
Датчики тока ВФМ-ДТ-500А	ПТМР.411269.042.220.00-04	до 4 включительно*
Датчики тока ВФМ-ПР-1000А	ПТМР.411269.042.210.00	до 4 включительно*
Датчики тока ВФМ-ДПТ-100А	ПТМР.411269.042.230.00	до 4 включительно*
Измерительные провода	-	5
Сетевой блок питания	-	1
Провод с разъёмом USB-C	-	1
Сумка	ПТМР.411269.042.300.00	1
Сумка дополнительная для датчиков тока	ПТМР.411269.042.400.00	до 7 включительно*
Руководство по эксплуатации	ПТМР.411269.042.000.00РЭ	1
Паспорт	ПТМР.411269.042.000.00ПС	1
Методика поверки	-	1*

\* наличие и количество определяется техническим заданием заказчика на поставку.

#### 4.6. Электропитание прибора

Электропитание прибора ВФМ-4 автономное, от двух встроенных литий-ионных аккумуляторов (включенных параллельно) с номинальным напряжением 3,7 В и ёмкостью 5 А·ч.

#### 4.7. Электрическая прочность и сопротивление изоляции

**4.7.1.** По электробезопасности вольтамперфазометр ВФМ-4 соответствует требованиям ГОСТ 22261 и ГОСТ 12.2.091 (ИЕС 61010-1).

**4.7.2.** Изоляция электрических цепей вольтамперфазометра ВФМ-4 между корпусом и разъёмом подключения сетевого адаптера выдерживает без повреждений испытательное напряжение с действующим значением 1,5 кВ и частотой 50 Гц в течение 60 секунд.

**4.7.3.** Изоляция электрических цепей вольтамперфазометра ВФМ-4 между корпусом и входами измерения напряжения, между корпусом и входами измерения силы тока выдерживает без повреждений испытательное напряжение с действующим значением 3,3 кВ и частотой 50 Гц в течение 60 секунд.

**4.7.4.** Изоляция датчиков тока вольтамперфазометра ВФМ-4 между корпусом и концевыми зажимами магнитопровода выдерживает без повреждений

испытательное напряжение с действующим значением 3,3 кВ и частотой 50 Гц в течение 60 секунд.

**4.7.5.** Сопротивление изоляции электрических цепей вольтамперфазометра ВФМ-4 между корпусом и разъемом подключения сетевого адаптера, не менее 20 МОм.

**4.7.6.** Сопротивление изоляции электрических цепей вольтамперфазометра ВФМ-4 между корпусом и объединенными входами напряжения и тока, не менее 30 МОм.

#### **4.8. Требования к работе прибора в условиях перегрузки**

Прибор выдерживает превышение по напряжению на 20% от максимального значения напряжения указанного в таб. 2 в течение 5 секунд.

Прибор выдерживает превышение по току на 20% от максимального значения тока указанного в таб. 2 в течении 5 секунд для выбранного ДТ.

#### 4.9. Метрологические и технические характеристики

Таб. 2 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Измеряемое значение	Пределы и вид допускаемой основной погрешности измерений	Примечание
<b>В режиме измерений напряжения и силы переменного тока</b>			
Частота напряжения переменного тока, Гц	от 45 до 65	$\pm 0,01$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 10$ В
Фазное напряжение (U) переменного тока, В	от 30 до 700	$\pm 0,10$ % ( $\delta$ )	диапазон 700 В
	от 0 до 30	$\pm 0,01$ % ( $\gamma$ )	
Сила (I) переменного тока, А:			
- для ВФМ-ДТ-10А-П	от 1 до 10	$\pm 0,20$ % ( $\delta$ )	диапазон 10 А
	от 0 до 1	$\pm 0,02$ % ( $\gamma$ )	
- для ВФМ-ДТ-100А-П	от 10 до 100	$\pm 0,20$ % ( $\delta$ )	диапазон 100 А
	от 0 до 10	$\pm 0,02$ % ( $\gamma$ )	
- для ВФМ-ДТ-40А	от 1 до 40	$\pm 1,0$ % ( $\delta$ )	диапазон 40 А
	от 0 до 1	$\pm 0,1$ % ( $\gamma$ )	
- для ВФМ-ДТ-100А	от 10 до 100	$\pm 1,0$ % ( $\delta$ )	диапазон 100 А
	от 0 до 10	$\pm 0,1$ % ( $\gamma$ )	
- для ВФМ-ДТ-500А	от 50 до 500	$\pm 1,0$ % ( $\delta$ )	диапазон 500 А
	от 0 до 50	$\pm 0,1$ % ( $\gamma$ )	
- для ВФМ-ПР-1000А	от 100 до 1000	$\pm 3,0$ % ( $\delta$ )	диапазон 1000 А
	от 0 до 100	$\pm 0,3$ % ( $\gamma$ )	
Активная (P) и реактивная (Q) мощности переменного тока, Вт/вар:			
- для ВФМ-ДТ-10А-П	от 1,5 до 7000	$\pm 0,5$ % ( $\gamma$ )	при $0,9 \leq  \cos \varphi_{UI}  \leq 1,0^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
		$\pm 1,0$ % ( $\gamma$ )	при $0,5 \leq  \cos \varphi_{UI}  < 0,9^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А

Наименование характеристики	Измеряемое значение	Пределы и вид допускаемой основной погрешности измерений	Примечание
- для ВФМ-ДТ-100А-П	от 15 до 70000	$\pm 0,5\%$ (Y)	при $0,9 \leq  \cos \varphi_{UI}  \leq 1,0^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
		$\pm 1,0\%$ (Y)	при $0,5 \leq  \cos \varphi_{UI}  < 0,9^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-40А	от 1,5 до 28000	$\pm 1,0\%$ (Y)	при $0,9 \leq  \cos \varphi_{UI}  \leq 1,0^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
		$\pm 2,0\%$ (Y)	при $0,5 \leq  \cos \varphi_{UI}  < 0,9^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
- для ВФМ-ДТ-100А	от 15 до 70000	$\pm 1,0\%$ (Y)	при $0,9 \leq  \cos \varphi_{UI}  \leq 1,0^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
		$\pm 2,0\%$ (Y)	при $0,5 \leq  \cos \varphi_{UI}  < 0,9^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-500А	от 75 до 350000	$\pm 1,0\%$ (Y)	при $0,9 \leq  \cos \varphi_{UI}  \leq 1,0^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 5$ А
		$\pm 5,0\%$ (Y)	при $0,5 \leq  \cos \varphi_{UI}  < 0,9^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 5$ А
- для ВФМ-ПР-1000А	от 750 до 700000	$\pm 3,0\%$ (Y)	при $0,9 \leq  \cos \varphi_{UI}  \leq 1,0^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 50$ А
		$\pm 5,0\%$ (Y)	при $0,5 \leq  \cos \varphi_{UI}  < 0,9^*$ при $U \geq 30$ В, $I \geq 50$ А
Полная (S) мощность переменного тока, В·А:			
- для ВФМ-ДТ-10А-П	от 1,5 до 7000	$\pm 0,5\%$ (Y)	при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
- для ВФМ-ДТ-100А-П	от 15 до 70000	$\pm 0,5\%$ (Y)	при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-40А	от 1,5 до 28000	$\pm 1,0\%$ (Y)	при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
- для ВФМ-ДТ-100А	от 15 до 70000	$\pm 1,0\%$ (Y)	при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А

Наименование характеристики	Измеряемое значение	Пределы и вид допускаемой основной погрешности измерений	Примечание
- для ВФМ-ДТ-500А	от 75 до 350000	$\pm 1,0\%$ (Y)	при $U \geq 30$ В, $I \geq 5$ А
- для ВФМ-ПР-1000А	от 750 до 700000	$\pm 3,0\%$ (Y)	при $U \geq 30$ В, $I \geq 50$ А
Коэффициент мощности:			
- для ВФМ-ДТ-10А-П	от 0 до +1	$\pm 0,02$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
- для ВФМ-ДТ-100А-П		$\pm 0,02$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-40А		$\pm 0,05$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
- для ВФМ-ДТ-100А		$\pm 0,05$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-500А		$\pm 0,10$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 5$ А
- для ВФМ-ПР-1000А		$\pm 0,10$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 50$ А
Угол фазового сдвига между напряжениями, градус	от -180 до +180	$\pm 0,2$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В
Угол фазового сдвига между напряжением и током, градус:			
- для ВФМ-ДТ-10А-П	от -180 до +180	$\pm 0,5$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,1$ А
- для ВФМ-ДТ-100А-П		$\pm 0,5$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-40А		$\pm 1,0$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 0,4$ А
- для ВФМ-ДТ-100А		$\pm 1,0$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 1$ А
- для ВФМ-ДТ-500А		$\pm 1,0$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 20$ А
- для ВФМ-ПР-1000А		$\pm 1,0$ ( $\Delta$ )	при $U \geq 30$ В, $I \geq 50$ А
<b>В режиме измерений напряжения и силы постоянного тока</b>			
Напряжение постоянного тока, В	от 30 до 700	$\pm 0,10\%$ ( $\delta$ )	диапазон 700 В
	от 0 до 30	$\pm 0,01\%$ (Y)	
Сила постоянного тока, А	от 10 до 100	$\pm 2,0\%$ ( $\delta$ )	для ВФМ-ДПТ-100А диапазон 100 А
	от 0 до 10	$\pm 0,2\%$ (Y)	

Наименование характеристики	Измеряемое значение	Пределы и вид допускаемой основной погрешности измерений	Примечание
Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерений, вызванной изменением температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур от минус 20 °С до плюс 55 °С на каждые $\pm 20$ °С		равны пределам допускаемой основной погрешности	

\* Для реактивной мощности в условии используется  $|\sin \varphi_{UI}|$ .

**Виды допускаемой основной погрешности измерений:**

$\Delta$  – абсолютная погрешность измерений;

$\delta$  – относительная погрешность измерений;

$\Upsilon$  – приведённая к диапазону погрешность измерений.

Таб. 3 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение	Примечание
Дополнительный диапазон частот в режиме среднеквадратичных значений для измерения напряжения переменного тока, Гц	от 65 до 450	
Напряжение постоянного тока, В	от - 900 до +900	
Фазное напряжение переменного тока (U) и фазное напряжение переменного тока первой гармоники (U <sub>1</sub> ), В	от 0 до 750	
Линейное напряжение переменного тока, напряжения прямой (U <sub>1</sub> ), обратной (U <sub>2</sub> ) и нулевой (U <sub>0</sub> ) последовательности, В	от 0 до 1300	
Коэффициент несимметрии по обратной (K <sub>2U</sub> ) и нулевой (K <sub>0U</sub> ) последовательности, %	от 0 до 50	
Коэффициент (K(U <sub>n</sub> )) n-ой гармонической составляющей напряжения и суммарный коэффициент гармонических составляющих (THD), %	от 0 до 50	для n от 2 до 60
Сила постоянного тока, А	от 0 до 600	для ВФМ-ДПТ-100А
Сила переменного тока и сила тока первой гармоники (I <sub>1</sub> ), А:		
- для ВФМ-ДТ-10А-П	от 0 до 10	
- для ВФМ-ДТ-100А-П	от 0 до 100	
- для ВФМ-ДТ-40А	от 0 до 40	
- для ВФМ-ДТ-100А	от 0 до 100	
- для ВФМ-ДТ-500А	от 0 до 500	

Наименование параметра	Значение	Примечание
- для ВФМ-ПР-1000А	от 0 до 3000	
Коэффициент ( $K(I_n)$ ) n-ой гармонической составляющей тока и суммарный коэффициент гармонических составляющих (THD), %	от 0 до 50	для n от 2 до 60
Мощность постоянного тока, кВт	от -540 до +540	для ВФМ-ДПТ-100А
Активная ( $E_P$ ) и реактивная ( $E_Q$ ) энергии переменного тока, МВт·ч/Мвар·ч	от 0,00 до 999,99	
Нормальные условия измерений:		
– температура окружающего воздуха, °С	от +15 до +25	
– относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80	
– атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7	
Рабочие условия измерений:		
– температура окружающего воздуха, °С	от -20 до +55	при +25°С
– относительная влажность окружающего воздуха, %, не более	80	
– атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7	
Диапазон температур транспортирования и хранения, °С	от -30 до +55	
Время готовности к работе после включения питания, мин, не более	5	
Параметры электропитания:		
- номинальное напряжение постоянного тока аккумуляторных элементов, В	3,7	при частоте сети 50/60 Гц при напряжении 230 В и частоте сети 50 Гц
- потребляемая мощность от установленных аккумуляторных элементов, Вт, не более	7	
- напряжение питания комплектного сетевого блока питания переменного тока, В	от 100 до 240	
- мощность, потребляемая комплектным сетевым блоком питания от сети однофазного переменного тока, Вт, не более	10	
Входное сопротивление каналов измерения напряжения, МОм, не менее	1	
Габаритные размеры ЭБ вольтамперфазометра, мм, не более *	225×165×60	длина×ширина×высота
Масса ЭБ вольтамперфазометра, кг, не более **	1,2	
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	30 000	
Средний срок службы, лет, не менее	10	

\* Без учета габаритных размеров комплектов датчиков тока

\*\* Без учета массы комплектов датчиков тока, набора измерительных проводов, аксессуаров и сумок

#### 4.10. Устройство и принципы работы прибора

**4.10.1.** В основу работы ВФМ-4 положено преобразование аналоговых сигналов, пропорциональных мгновенным значениям измеряемых напряжений и токов, в цифровой код с помощью аналого-цифровых преобразователей высокой разрядности с последующей обработкой измеренных величин встроенным микроконтроллером. Полученные результаты передаются в микропроцессор и отображаются на сенсорном жидкокристаллическом дисплее. Блок-схема ВФМ-4 изображена на рис. 3.

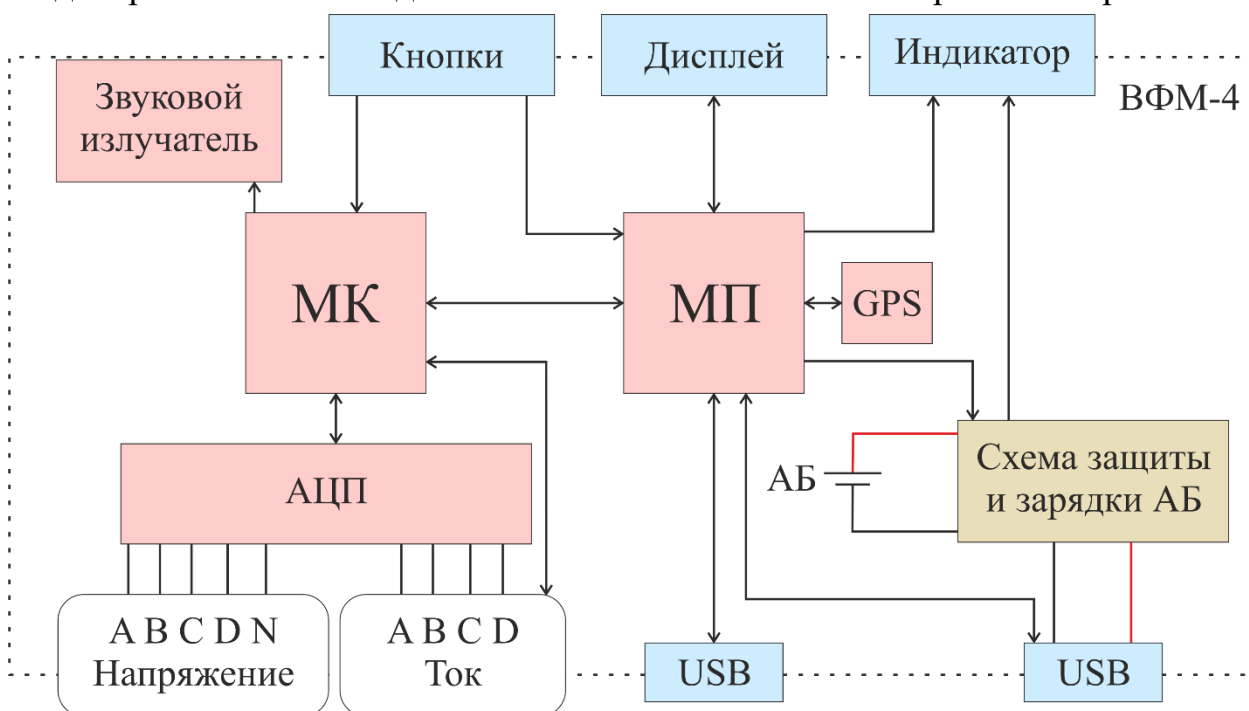


Рис. 3 – Блок-схема ВФМ-4

**4.10.2.** Включение питания ВФМ-4 производится кратковременным нажатием на кнопку *Питание/Ввод* (см. рис. 1), при этом ВФМ-4 издаст звуковой сигнал и на лицевой панели загорится зеленым цветом индикатор *Статус*.

**4.10.3.** После включения питания ВФМ-4 запускается самотестирование в ходе которого на дисплее появляются загрузочные экраны прибора и внутреннего интерфейсного ПО.

**4.10.4.** Для выбора отображаемых параметров, а также для управления режимами работы ВФМ-4 используются сенсорный жидкокристаллический дисплей или кнопки на лицевой панели.

**4.10.5.** После полной загрузки ПО ВФМ-4 на дисплее отображается главное меню (рис. 4).

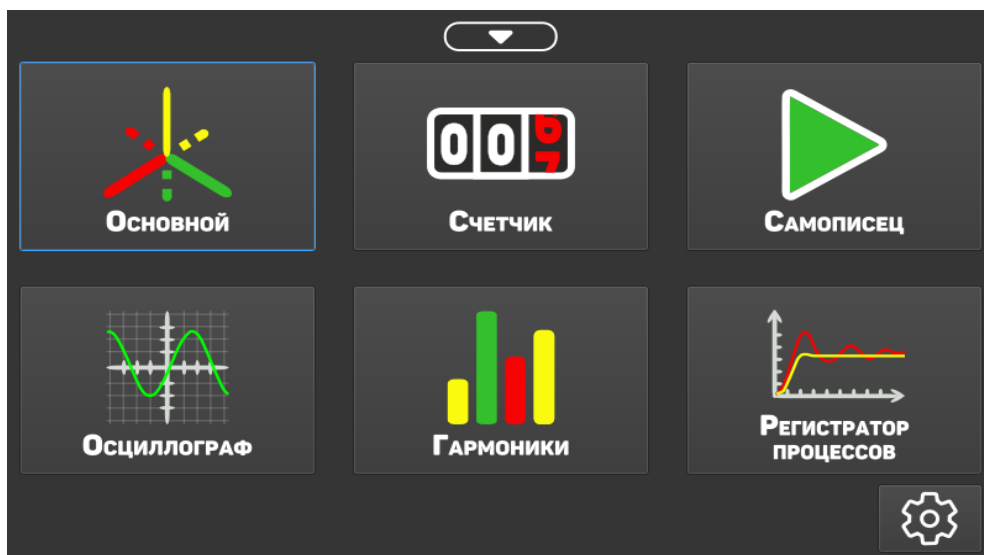


Рис. 4 – Главное меню ВФМ-4

**4.10.6.** При необходимости результаты измерений могут быть сохранены во внутреннюю или внешнюю память (флэш-накопитель). Для того чтобы измерения сохранялись во внешнюю память, необходимо подключить флэш-накопитель в разъем *USB-A* (см. элемент 8 на рис. 1).

*Примечание: поддерживаются флэш-накопители формата FAT32 и NTFS.*

**4.10.7.** При подключении USB провода (подключенного к сетевому блоку питания или ПК) в разъем *USB-C* (см. элемент 9 на рис. 1) автоматически начинается заряд аккумуляторной батареи ВФМ-4, при этом на лицевой панели индикатор *Статус* начнёт мигать красным цветом.

**4.10.8.** Разъемы для подключения измерительных проводов напряжения (см. элемент 2 на рис. 1) представляют собой стандартные гнезда типа «банан» на 4 мм. Это позволяет использовать универсальные провода (на обоих концах комплектных проводов измерения напряжения находятся разъемы типа «банан») и подбирать к ним подходящие щупы (в комплекте идут зажимы типа «крокодил»).

**4.10.9.** Для подключения датчиков тока используются разъемы с надежной фиксацией, которая достигается при до конца вставленном и повернутом по часовой стрелке до защелкивания разъеме от датчика тока. При подключении датчика тока на дисплее ВФМ-4 в строке состояния изменится цвет пиктограммы датчика тока соответствующей фазы и на дисплее появится всплывающее окно с актуальными данными по подключенным датчикам тока. При этом прибор автоматически определяет диапазон и погрешность подключенного датчика тока. Любой из поставляемых датчиков тока может быть подключен к любому разъему ВФМ-4.

**4.10.10.** Для отключения питания ВФМ-4 необходимо длительно удерживать кнопку *Питание/Ввод* (более 2 секунд) до отключения подсветки дисплея и появления звукового сигнала.

#### 4.11. Принципы измерения и расчётные параметры

Методы измерений основаны на цифровой дискретизации входных сигналов с каналов тока и напряжения. Опрос всех каналов (4 канала напряжения и 4 канала тока) осуществляется одновременно.

В приборе реализованы три типа измерений:

1. АС (осн.) – измерение переменного тока и напряжения по основной гармонике (50/60 Гц);
2. ДС – измерение постоянного тока и напряжения;
3. АС – измерение переменного тока и напряжения без ограничения по частоте (50/60/400 Гц), включая высшие гармоники.

Переключение между вышеуказанными типами измерений описаны в п. 6.3.6. Все измерения тока и напряжения представляют собой среднеквадратические (действующие) значения (RMS) за интервал времени продолжительностью 1 секунда.

**4.11.1.** Значения напряжения переменного тока рассчитываются в соответствии со следующей формулой:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n^2}, \quad (1)$$

где  $u_n$  – мгновенное значение напряжения в  $n$ -й момент времени выборки,  $N$  – число выборок, кратное числу периодов измеряемого напряжения.

Значения силы переменного тока рассчитываются в соответствии со следующей формулой:

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_n^2}, \quad (2)$$

где  $i_n$  – мгновенное значение тока в  $n$ -й момент времени.

Для расчёта линейных напряжений используется формула:

$$U_{ij} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u_i - u_j)_n^2}, \quad (3)$$

где  $u_i$  и  $u_j$  – мгновенное значение фазного напряжения ( $i$  и  $j = A, B$  или  $C$ ) в  $n$ -й момент времени.

**4.11.2.** Для расчёта напряжения постоянного тока используется формула для расчёта среднеарифметического значения:

$$U = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N u_n, \quad (4)$$

где  $u_n$  – мгновенное значение напряжения в  $n$ -й момент времени.

Для силы постоянного тока:

$$I = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_n, \quad (5)$$

где  $i_n$  – мгновенное значение тока в  $n$ -й момент времени.

**4.11.3.** Для определения частоты сигнала находятся все моменты ( $t_n$ ) в которых выполняется условие (6). Суммируются промежутки между  $t_n$  и  $t_{n+1}$  ( $T$ ) и подсчитывается их количество ( $N$ ) за 1 секунду. В результате можно определить частоту сигнала по формуле (7).

$$\begin{cases} x_n \geq 0 \\ x_{n+1} < 0 \end{cases} \quad (6)$$

где  $x_n$  – мгновенное значение напряжения или тока в  $n$ -й момент времени.

$$f = f_{\text{выборки}} \frac{N}{\sum_{n=1}^N T_n} \quad (7)$$

где  $f_{\text{выборки}}$  – частота дискретизации АЦП.

**4.11.4.** Для определения сдвига фаз между сигналом на канале  $I$  и сигналом на канале  $J$  за 1 секунду находятся все моменты ( $t_i$  и  $t_j$ ) в которых выполняется условие (6). В результате сдвиг фаз определяется по формуле:

$$\phi_{ij} = \frac{f}{f_{\text{выборки}}} \sum_{n=1}^N (t_i - t_j)_n \cdot 360^\circ, \quad (8)$$

где  $i$  и  $j = A, B, C$  или  $D$  каналов тока или напряжения.

После расчета, сдвиг фаз переводится в систему координат  $-180^\circ \dots 180^\circ$ .

**4.11.5.** Полная мощность рассчитывается в соответствии со следующей формулой:

$$S = U_{rms} * I_{rms} \quad (9)$$

**4.11.6.** Измерения активной мощности представляют собой средние значения выборок мгновенной мощности (произведение мгновенных значений тока и напряжения) в течение интервала времени продолжительностью 1 секунда.

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (u_n * i_n) \quad (10)$$

**4.11.7.** В приборе реализовано несколько методов измерения и расчёта реактивной мощности. Выбор метода описан в п. 6.3.6.

Геометрический метод:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (11)$$

Метод сдвига:

$$Q = S * \sin(\varphi_{IU}) \quad (12)$$

Метод согласно п. 3.1.2.6 стандарта IEEE 1459-2010.

**4.11.8.** Коэффициент мощности рассчитывается исходя из значений полной и активной мощностей:

$$\text{КМ} = P/S \quad (13)$$

**4.11.9.** Измерение энергии делится на два раздела: Активная энергия, основанная на измерении активной мощности и Реактивная энергия, основанная на измерении реактивной мощности. Реактивная энергия рассчитывается исходя из выбранного метода расчёта реактивной мощности.

**4.11.10.** Несимметрия напряжений питающей сети оценивается с использованием методов симметричных составляющих. Помимо составляющей прямой последовательности ( $U_1$ ), в условиях несимметрии также присутствуют составляющая обратной последовательности ( $U_2$ ) и составляющая нулевой последовательности ( $U_0$ ). Эти величины рассчитываются в соответствии с ГОСТ 13109-97.

Коэффициент несимметрии напряжений обратной последовательности  $K_{2U}$  рассчитывается следующим образом:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\% \quad (14)$$

Коэффициент несимметрии напряжений нулевой последовательности  $K_{0U}$ :

$$K_{0U} = \frac{\sqrt{3}U_0}{U_1} \cdot 100\% \quad (15)$$

**4.11.11.** Для расчёта коэффициентов гармонических составляющих используется дискретное преобразование Фурье (см. ГОСТ 30804.4.7-2013).

**4.11.12.** Суммарный коэффициент гармонических составляющих рассчитывается двумя способами:

$$THD_F = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{60} X_n^2}}{X_1} \quad (16)$$

и

$$THD_R = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{60} X_n^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{60} X_n^2}} \quad (17)$$

где  $x_n$  – значение  $n$ -й гармонической составляющей тока или напряжения.

**4.11.13.** Коэффициент формы рассчитывается как отношение среднеквадратичного значения напряжения к среднему модулю (среднему абсолютному значению) напряжения:

$$KF = \frac{U_{rms}}{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |u_n|} \quad (18)$$

**4.11.14.** Коэффициент трансформации рассчитывается по формуле:

$$KT = \frac{X_A}{X_B}, \quad (19)$$

где  $X_A$  и  $X_B$  – среднеквадратичное значение тока или напряжения фазы А и В соответственно.

## 4.12. Векторная диаграмма

При построении векторных диаграмм трёхфазных цепей по умолчанию считаем, что начальная фаза напряжения  $U_A$  равна нулю и вектор этого напряжения направлен вертикально вверх. Вектора напряжения фаз В и С откладываются от  $U_A$ , при этом положительный угол откладывается против направления движения часовой стрелки (рис. 5).

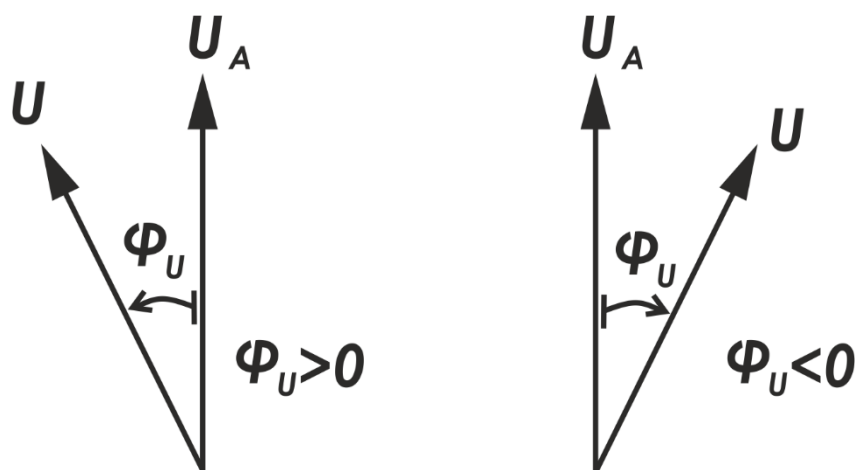


Рис. 5 – Пример отображения положительного и отрицательного угла сдвига фаз между напряжениями

Угол сдвига фаз между током и напряжением одной фазы откладывают от вектора тока к вектору напряжения, так, что если напряжение опережает ток, то этот угол положительный, а если напряжение отстает от тока, то – отрицательный (положительный угол откладывается против направления движения часовой стрелки – рис. 6).

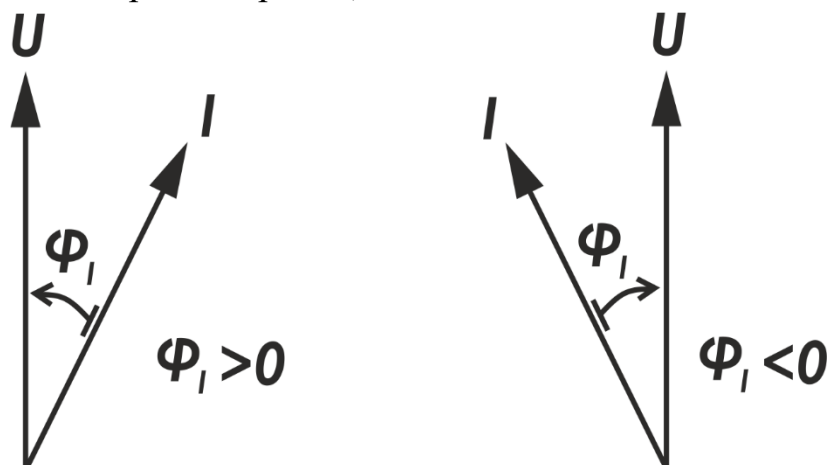


Рис. 6 – Пример отображения положительного и отрицательного угла сдвига фаз между током и напряжением

Вектора напряжения изображены сплошными линиями, а вектора тока – пунктирными. Цвет линии на векторной диаграмме указывает на соответствующий цвет фазы.

По умолчанию за опорный канал принимается канал  $U_A$ , фазовый угол опорного канала всегда равен  $0^\circ$ . Для удобства использования прибора опорным каналом может быть любой канал тока или напряжения. Выбор опорного канала описан в п. 6.3.6.

## 5. Подготовка к работе

**5.1.** При подготовке к работе необходимо соблюдать требования безопасности, указанные в п. 3.

**5.2.** Включить питание ВФМ-4, дождаться загрузки и убедиться в достаточном уровне заряда аккумуляторной батареи. При необходимости произвести заряд аккумуляторной батареи в соответствии с п. 6.15.

**5.3.** Подключить измерительные провода напряжения в соответствии с п. 4.10.8.

**5.4.** Проверить чистоту контактных поверхностей магнитопровода датчиков тока, при необходимости произвести их очистку.

**5.5.** Тип датчиков тока следует выбирать, исходя из величины измеряемой силы тока и диаметра проводника, согласно таб. 4.

*Таб. 4 – Типы датчиков тока и их характеристики*

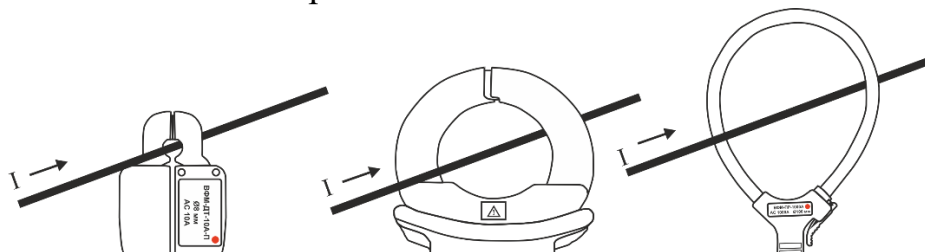
Наименование ДТ	Род тока	Максимальный ток, А	Максимальный диаметр проводника, мм
ВФМ-ДТ-10А-П	АС	10	8
ВФМ-ДТ-100А-П		100	13
ВФМ-ДТ-40А		40	8
ВФМ-ДТ-100А		100	14
ВФМ-ДТ-500А		500	40
ВФМ-ПР-1000А		3000	100
ВФМ-ДПТ-100А	DC	100/600	36

**5.6.** Подключить выбранные датчики тока в соответствии с п. 4.10.9.

**5.7.** Датчики тока необходимо размещать так, чтобы расположенный на корпусе знак «●» указывал направление к источнику тока.

**5.8.** Обхватывать проводник выбранным датчиком тока необходимо таким образом, чтобы контактные поверхности магнитопровода были надежно сомкнуты для ВФМ-ДТ-10А-П, ВФМ-ДТ-100А-П, ВФМ-ДТ-40А, ВФМ-ДТ-100А, ВФМ-ДТ-500А и ВФМ-ДПТ-100А, а для ВФМ-ПР-1000А обод надежно защелкнут.

**5.9.** Для достоверных показаний силы тока проводник необходимо располагать как показано на рис. 7.



*Рис. 7 – Правильный вариант расположения проводника при разных типах датчиков тока*

**5.10.** При проведении измерений с использованием ВФМ-ДПТ-100А необходимо предварительно установить смещение нуля. Для этого, после

подключения датчика тока к ВФМ-4, необходимо нажать на кнопку *Установка нуля* (см. рис. 2), расположенную на корпусе ВФМ-ДПТ-100А.

**5.11.** ВФМ-ДПТ-100А позволяет измерять ток в двух диапазонах: до 100 А и до 600 А. Переключение режимов *100А/600А* осуществляется при помощи переключателя (см. *G* на рис. 2) на датчике тока. После переключения режима на датчике тока необходимо изменить диапазон измерения в приборе на канале к которому подключен данный датчик тока, для этого необходимо в окне показанном на рис. 8 выбрать канал и указать установленный диапазон. Окно для изменения диапазона измерения ВФМ-ДПТ-100А вызывается при подключении датчика тока данного типа или через меню настройки режимов измерения (см. п. 6.3.6).



*Рис. 8 – Окно для изменения диапазона измерения ВФМ-ДПТ-100А*

## **6. Работа с прибором**

Основные действия с ВФМ-4 совершаются через сенсорный жидкокристаллический дисплей или кнопки расположенные на лицевой панели.

### **6.1. Главное меню**

На главном меню ВФМ-4 (рис. 9) расположены кнопка вызова строки состояния прибора, кнопки выбора режимов измерений («Основной», «Счетчик», «Самописец», «Осциллограф», «Гармоники» и «Регистратор переходных процессов») и переход к меню настроек и вспомогательных функций прибора.

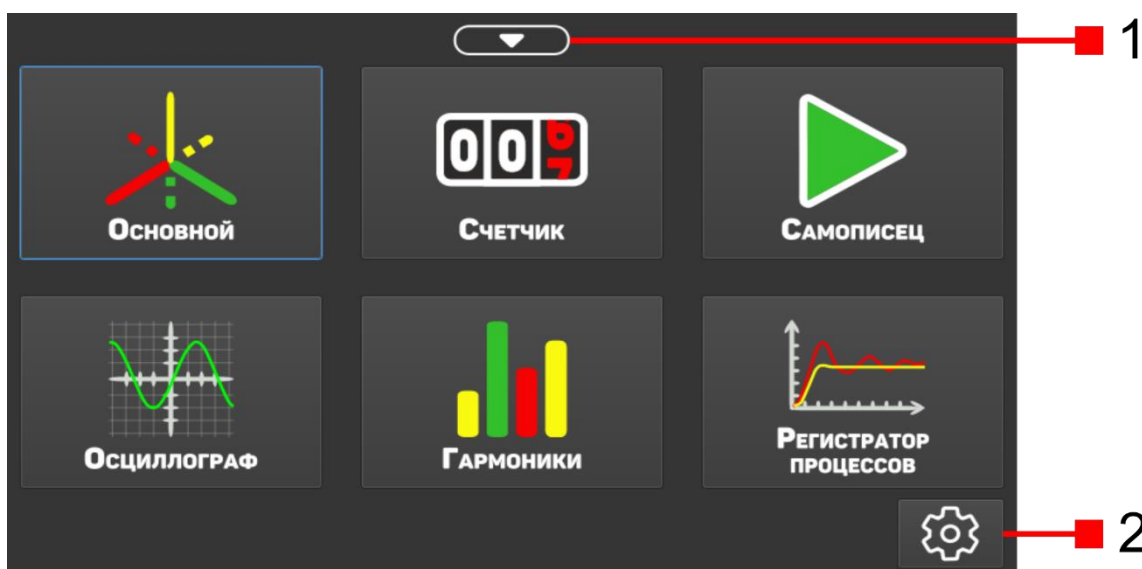


Рис. 9 – Элементы главного меню ВФМ-4

## 6.2. Строка состояния

**6.2.1.** Кнопка вызова строки состояния располагается в верхней части экрана (см. элемент 1 на рис. 9) в любом выбранном режиме измерения или меню. При нажатии на неё, в верхней области дисплея появится всплывающее окно в котором отображается информация о различных состояниях прибора (рис. 10). Описание строки состояния приведено ниже.

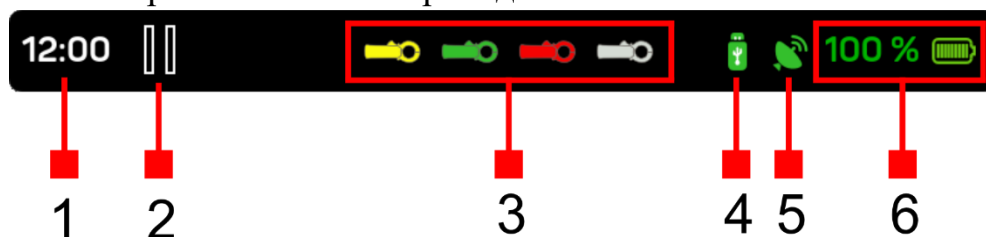


Рис. 10 – Строка состояния ВФМ-4

1. Текущее время;
2. Кнопка заморозки показаний (только в режимах измерения «Основной», «Гармоники» и «Осциллограф»);
3. Состояние датчиков тока;
4. Подключенный внешний USB-накопитель;
5. Состояние GPS-модуля;
6. Заряд аккумуляторной батареи.



**6.2.2.** Пиктограммы датчиков тока окрашиваются в цвет фазы (желтый, зеленый, красный и голубой) при подключении датчика тока к соответствующей фазе. При отключении датчика тока пиктограмма становится серой. Для просмотра актуального состояния подключенных датчиков тока, в любой момент, можно нажать на пиктограммы и данные появятся на дисплее в виде всплывающего окна.

**6.2.3.** Появление пиктограммы USB-накопителя характеризует успешное монтирование внешнего USB-накопителя и готовности работы системы с ним.

Для безопасного извлечения внешнего USB-накопителя необходимо нажать на пиктограмму и дождаться уведомления «USB-накопитель демонтирован», пиктограмма при этом исчезнет.

**6.2.4.** При включении питания GPS-модуля появится соответствующая пиктограмма окрашенная в разные цвета в зависимости от состояния сигнала GPS-модуля. Красный цвет пиктограммы соответствует поиску текущего местоположения, зеленый – успешному определению местоположения. При нажатии на пиктограмму будет выведено уведомление о состоянии GPS-модуля.

**6.2.5.** Пиктограмма заряда аккумуляторной батареи отображает текущий заряд встроенной аккумуляторной батареи ВФМ-4. При снижении заряда, цвет пиктограммы и количество секций внутри может изменяться. Для удобства заряд аккумуляторной батареи так же выводится в процентах.

**6.2.6.** Во время измерения в режимах «Основной», «Гармоники» и «Осциллограф» появляется возможность «заморозить» текущие показания выведенные на дисплей. Для этого в строке состояния появляется кнопка , при нажатии на которую последние выведенные на дисплей показания остаются до возобновления процесса измерения (нажать на кнопку  или изменить режим измерения).

### 6.3. Режим измерения «Основной»

В данном режиме отображаются все параметры электрической сети разбитые на небольшие группы для удобства восприятия данных. Переключение между группами происходит при переключении элементов в выпадающем списке (элемент 1 на рис. 11). Доступны следующие группы отображения параметров:



– измерение базовых величин;



– измерение мощностей;



– однофазные измерения;



– измерение линейных напряжений;



– измерение коэффициента трансформации;



– пользовательский режим №1;



– пользовательский режим №2.

### 6.3.1. Измерение базовых величин

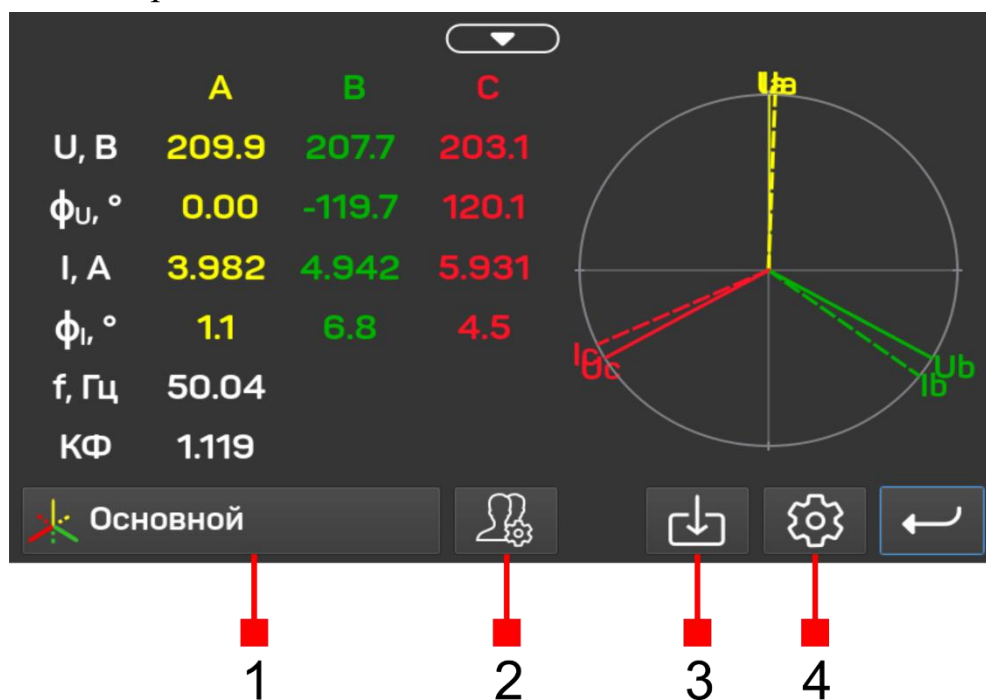


Рис. 11 – Режим «Основной» при измерении базовых величин

В режиме измерения базовых величин отображаются часто используемые измеряемые величины электрической сети – напряжение  $U$ , ток  $I$ , фазовый сдвиг  $\phi$ , частота  $f$ , коэффициент формы  $K\Phi$  и векторная диаграмма.

В данном режиме можно изменить опорный канал и отобразить (или убрать) другие фазы. При отображении всех четырех фаз скрывается векторная диаграмма.

### 6.3.2. Измерение мощностей



Рис. 12 – Режим «Основной» при измерении мощностей

В режиме измерения мощностей отображаются – напряжение  $U$ , ток  $I$ , фазовый сдвиг между током и напряжением  $\phi$ , активная мощность  $P$ , реактивная мощность  $Q$ , полная мощность  $S$  и коэффициент мощности  $KМ$ .

В данном режиме можно изменить опорный канал и отобразить (или убрать) другие фазы.

### 6.3.3. Однофазные измерения

U, В	201.4	P, Вт	797.2
I, А	3.972	Q, вар	65.72
$\phi$ , °	4.7	S, ВА	799.9
f, Гц	50.00	КМ	0.997
КФ	1.115		

Рис. 13 – Режим «Основной» при однофазных измерениях

В режиме однофазных измерений выводятся все параметры однофазной электрической сети для фазы  $A$ .

В данном режиме невозможно изменить опорный канал или отобразить другие фазы. За опорный канал принимается канал  $U_A$ .

### 6.3.4. Измерение линейных напряжений

	A	B	C
U, В	207.3	204.1	204.0
$\phi_U$ , °	0.00	-119.9	120.2
	AB	BC	CA
U, В	359.1	353.4	353.3
$\phi_U$ , °	30.1	-89.9	150.3
$U_1/U_2/U_0$ , В	355.2	3.811	2.199
$K_{2U}/K_{0U}$ , %	1.073	1.072	

Рис. 14 – Режим «Основной» при измерении линейных напряжений

В режиме измерения линейных напряжений выводятся – фазные и линейные напряжения  $U$  угол сдвига между напряжениями  $\phi$  относительно канала  $U_A$ , а

также показатели качества электроэнергии, такие как напряжение прямой  $U_1$ , обратной  $U_2$  и нулевой  $U_0$  последовательности и коэффициенты обратной  $K_{2U}$  и нулевой  $K_{0U}$  последовательности.

В данном режиме невозможно изменить опорный канал или отобразить другие фазы. За опорный канал принимается канал  $U_A$ .

### 6.3.5. Измерение коэффициента трансформации

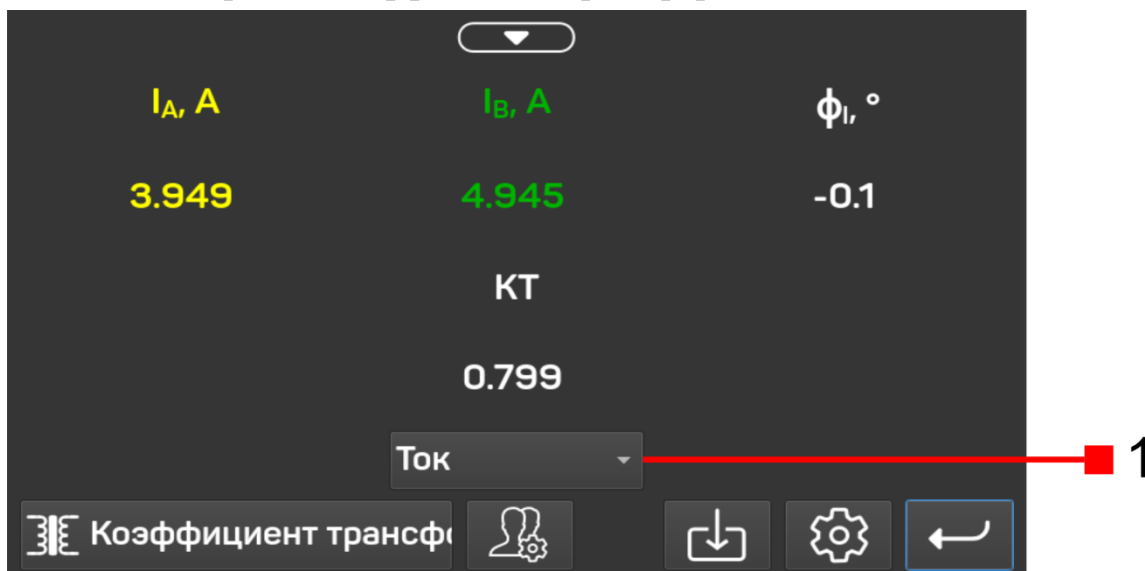


Рис. 15 – Режим «Основной» при измерении коэффициента трансформации тока

В режиме измерения коэффициента трансформации отображаются токи  $I_A$  и  $I_B$  (рис. 15) или напряжения  $U_A$  и  $U_B$  (рис. 16), сдвиг фаз между ними и коэффициент трансформации (рассчитанный по формуле (19) из п. 4.11.14).

Переключение между измерением коэффициента трансформации тока или напряжения происходит через выпадающий список (элемент 1 на рис. 15 или рис. 16).

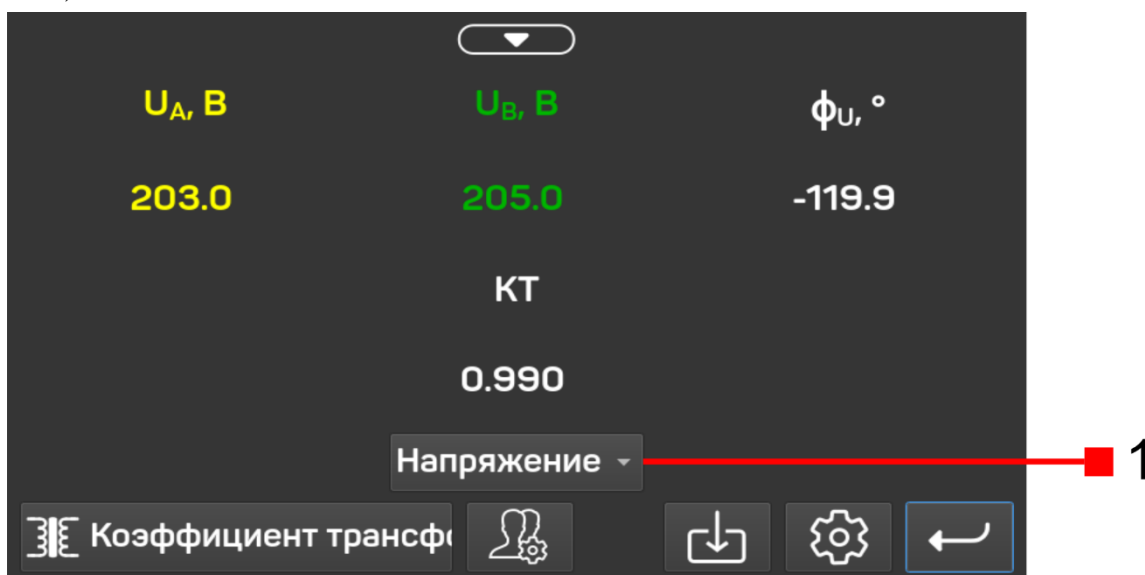


Рис. 16 – Режим «Основной» при измерении коэффициента трансформации напряжения

В данном режиме невозможно изменить опорный канал или отобразить другие фазы. За опорный канал принимается канал  $I_A$  в случае измерения коэффициента трансформации тока, или  $U_A$  при измерении коэффициента трансформации напряжения.

### 6.3.6. Настройка режима измерения «Основной» («Счётчик» и «Самописец»)

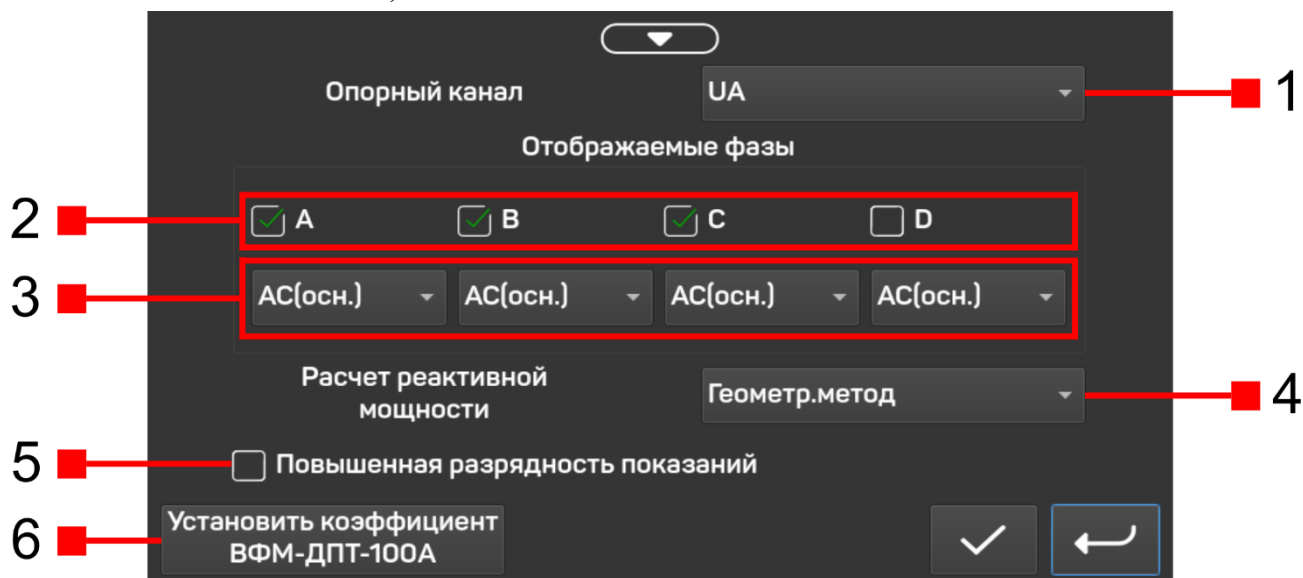




Рис. 17 – Меню настройки режимов измерения


Настройка режима измерения «Основной» («Счётчик» и «Самописец») происходит через меню (см. рис. 17) вызываемое нажатием кнопки  (элемент 4 на рис. 11). Данное меню позволяет:

1. Изменить опорный канал (фазовый сдвиг будет считаться относительно выбранного канала);
2. Выбрать отображаемые фазы;
3. Изменить тип измеряемых параметров (см. п. 4.11);
4. Изменить тип расчёта реактивной мощности (см. п. 4.11.7);
5. Выбрать повышенную разрядность выводимых параметров (выбор данного пункта приведёт к скрытию векторной диаграммы);
6. Установить коэффициент датчика тока ВФМ-ДПТ-100А.


Подтверждение выбранных настроек происходит при нажатии на кнопку  в меню настройки режимов измерения (рис. 17).

Данные настройки применимы для режима измерения «Основной», а так же для режимов измерения «Счетчик» и «Самописец».

### 6.3.7. Сохранение данных

Сохранение данных происходит во внутреннюю память ВФМ-4 при нажатии на кнопку  (элемент 3 на рис. 11). Данные сохраняются в виде файлов html (повторяются параметры видимые на дисплее) и tsv (сохраняются все параметры режима).

### 6.3.8. Настройка пользовательского интерфейса

Для удобства использования прибора реализована возможность выбора пользователем перечня выводимых на дисплей измеряемых величин (группы отображения «Пользователь №1» и «Пользователь №2»). Нажав на кнопку  (элемент 2 на рис. 11) можно вызвать меню настройки пользовательского интерфейса (рис. 18).

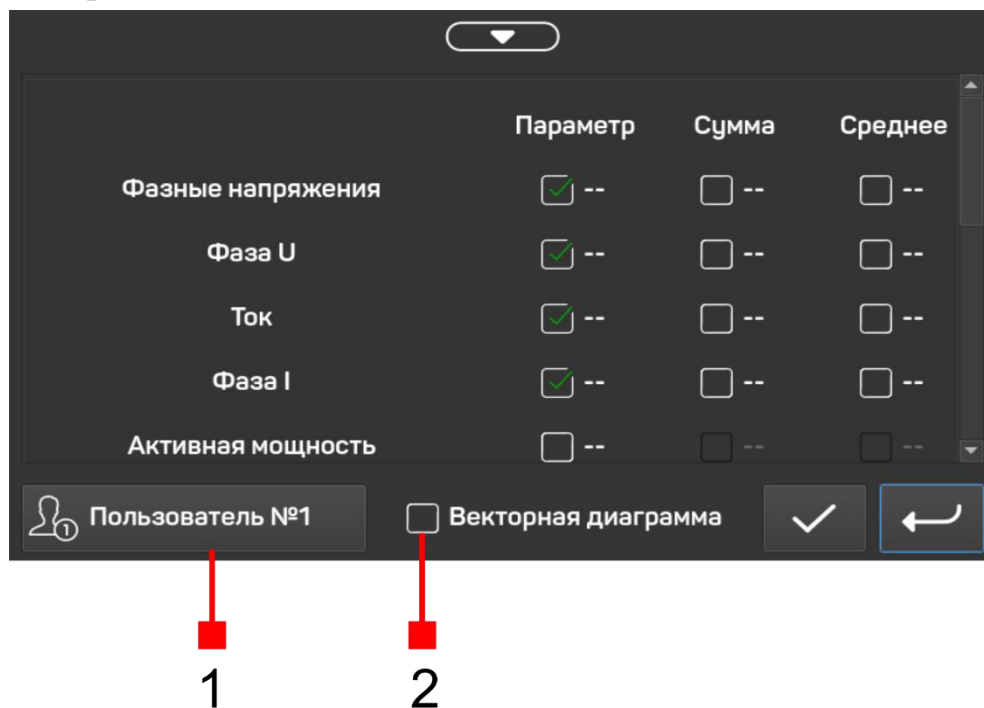


Рис. 18 – Меню настройки пользовательского интерфейса

Доступны настройки для групп отображения измеряемых параметров «Пользователь №1» и «Пользователь №2», переключение происходит с помощью выпадающего списка внизу дисплея (элемент 1 на рис. 18).

В данном меню можно выбрать необходимые измеряемые параметры из списка:

- Фазное напряжение;
- Угол фазового сдвига между напряжениями;
- Сила тока;
- Угол фазового сдвига между током и напряжением;
- Активная мощность;
- Реактивная мощность;
- Полная мощность;
- Коэффициент мощности;
- Частота;
- Коэффициент формы;
- Линейные напряжения;
- Угол фазового сдвига между линейными и фазным напряжениями;
- Напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности;
- Коэффициенты напряжения прямой и нулевой последовательности.

Максимальное количество отображаемых параметров – 6.

Так же можно указать необходимость расчёта суммарного и среднего значения параметров. Значения суммы и среднего рассчитываются по выведенным на дисплей фазам (таким образом при отображении только фаз А, В и С даже подключенный измерительный провод к фазе D не повлияет на сумму или среднее значения выбранного параметра).

Для режимов отображения «Пользователь №1» и «Пользователь №2» доступен вывод векторной диаграммы при выделении соответствующего элемента внизу дисплея (элемент 2 на рис. 18).

При выборе суммарного или среднего значения отключается возможность вывода векторной диаграммы.

При применении выбранных настроек (кнопка ✓ на рис. 18) автоматически запустится настраиваемая ранее группа отображения параметров («Пользователь №1» или «Пользователь №2»), все выбранные настройки сохраняются в приборе.

#### 6.4. Режим измерения «Счетчик»

##### 6.4.1. Описание режима измерения «Счетчик»

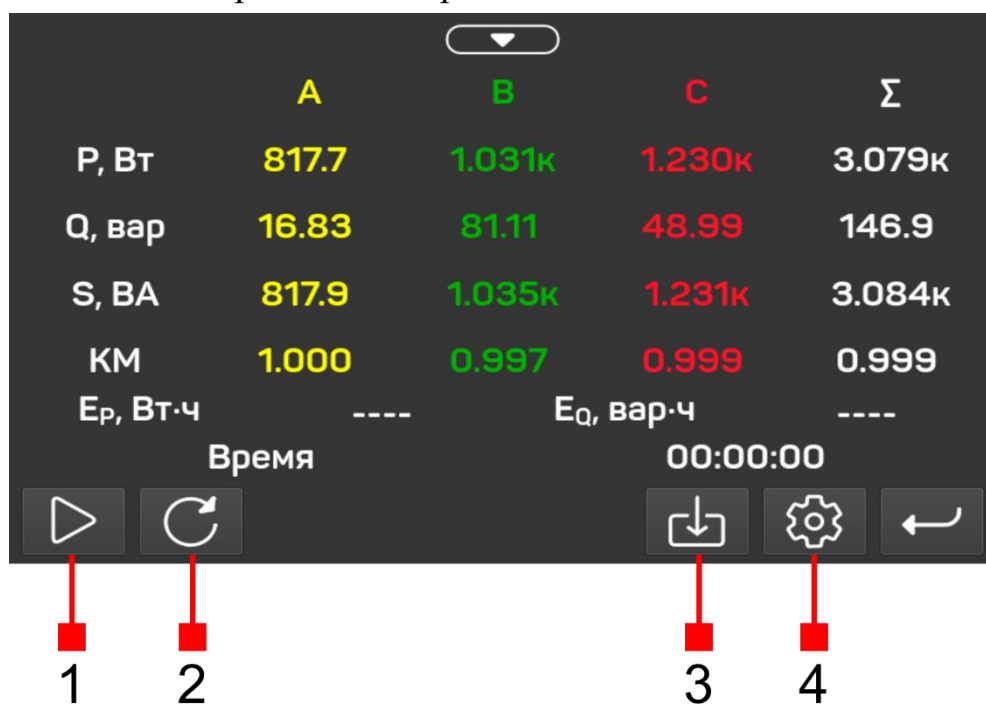





Рис. 19 – Режим измерения «Счетчик»


Режим измерения «Счетчик» предназначен для подсчёта электрической энергии (активной и реактивной) за определенный промежуток времени.

В данном режиме измерения отображаются – активная мощность  $P$ , реактивная мощность  $Q$ , полная мощность  $S$ , коэффициент мощности  $КМ$ , активная  $E_p$  и реактивная  $E_q$  энергии. Также в последнем столбце отображаются суммарные активная, реактивная и полная мощности и суммарный коэффициент мощности.

#### 6.4.2. Запуск и останов счетчика электроэнергии


Запуск счётчика электроэнергии происходит при нажатии на кнопку  (элемент 1 на рис. 19), после запуска иконка кнопки изменится на . Подсчёт электроэнергии происходит по всем выведенным на дисплей фазам (таким образом при отображении только фаз А, В и С даже подключенный измерительный провод к фазе D не повлияет на подсчёт электроэнергии).

Останов счётчика электроэнергии происходит при нажатии на кнопку  (элемент 1 на рис. 19).


Для сброса посчитанной электроэнергии необходимо нажать на кнопку  (элемент 2 на рис. 19), при запущенном счётчике показания электроэнергии и времени обнулятся и подсчёт продолжится.

#### 6.4.3. Настройка режима измерения «Счетчик»

В данном режиме возможно изменить опорный канал и отобразить (или убрать) другие фазы, при этом суммарные мощности будут считаться только по видимым фазам.

Настройка режима измерения «Счётчик» происходит через меню (см. рис. 17) вызываемое нажатием кнопки  (элемент 4 на рис. 19). Настройка режима измерения описана в п. 6.3.6.

#### 6.4.4. Сохранение данных

Сохранение данных происходит во внутреннюю память ВФМ-4 при нажатии на кнопку  (элемент 3 на рис. 19). В данном режиме сохраняются все видимые измеряемые параметры. Данные сохраняются в виде файлов html и tsv.

### 6.5. Режим измерения «Самописец»

#### 6.5.1. Описание режима измерения «Самописец»


Данный режим предназначен для фиксации всех измеряемых параметров электрической сети в заданном промежутке времени с определенным интервалом.



Рис. 20 – Режим измерения «Самописец»

В режиме измерения «Самописец» отображаются параметры – напряжение  $U$ , ток  $I$ , активная мощность  $P$ , реактивная мощность  $Q$ , полная мощность  $S$ , частота  $f$  и коэффициент формы  $K\Phi$ .

### 6.5.2. Настройка записи

Меню настройки записи вызывается при нажатии на кнопку  (элемент 2 на рис. 20). В данном меню можно выбрать уже созданный ранее объект (элемент 1 на рис. 21) для записи или создать новый (элемент 2 на рис. 21), задать начало (элементы 3 на рис. 21), длительность (элемент 4 на рис. 21) и период записи (элемент 6 на рис. 21).

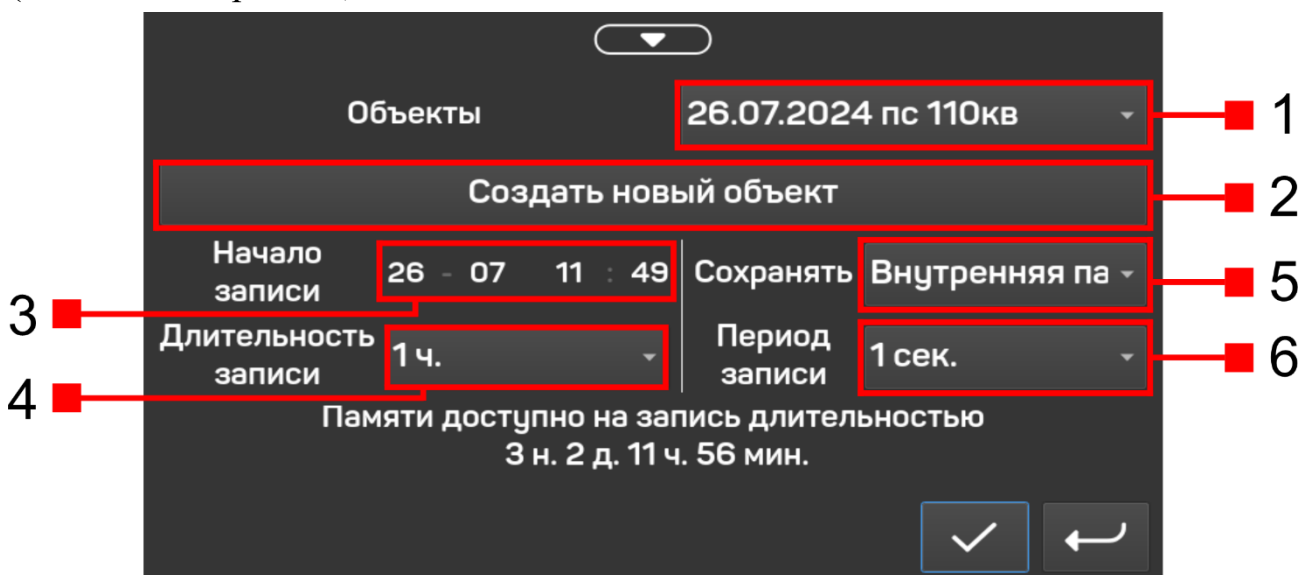


Рис. 21 – Меню настройки записи

Доступные значения для установки длительности записи:

1 ч.	4 ч.	8 ч.	12 ч.	1 д.	2 д.	5 д.	1 н.
------	------	------	-------	------	------	------	------

Доступные значения для установки периода записи:

1 сек.	3 сек.	10 сек.	30 сек.	1 мин.	5 мин.	10мин.	30мин.	1 ч.	4 ч.
--------	--------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	------	------

При нажатии на кнопку «Создать новый объект» (элемент 2 на рис. 21) вызывается окно с клавиатурой (рис. 22) для ввода имени нового объекта. Для подтверждения создания нового объекта необходимо нажать на кнопку ✓ (см. рис. 22).

*Примечание: Нельзя указывать пустое имя объекта.*



Рис. 22 – Окно для ввода имени нового объекта

При нажатии на цифры установки даты и времени начала записи (элементы 3 на рис. 21) будет вызываться окно с клавиатурой для установки соответствующих параметров (рис. 23).

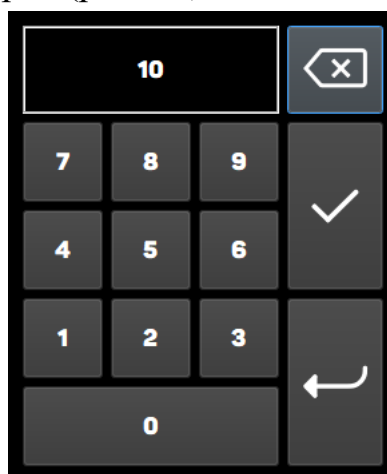


Рис. 23 – Окно для ввода даты и времени

При необходимости запись параметров электрической сети может производиться на внешнюю флэш-память (стандартно сохранение происходит во внутреннюю память), для этого необходимо в элементе 5 на рис. 21 выбрать «USB-накопитель».

При изменении периода записи или места для сохранения происходит приблизительный расчёт максимальной длительности записи.

### 6.5.3. Запуск и останов записи

После подтверждения параметров записи (подтверждение происходит при нажатии на кнопку ✓ в меню настройки записи рис. 21), ВФМ-4 переходит в режим ожидания наступления времени начала записи, если время начала записи уже пришло, тогда запускается запись.

Статус записи отображается в элементе 4 на рис. 20. Нажатие на элемент 4 на рис. 20 вызывает окно с выбранными настройками записи (рис. 24), повторное нажатие на элемент скрывает это окно.

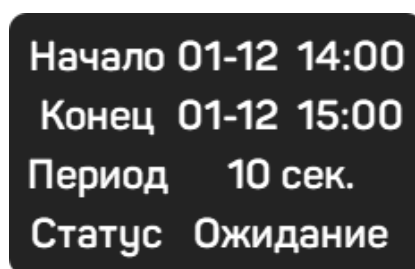


Рис. 24 – Окно отображения параметров записи

Таб. 5 – Статус записи и его расшифровка

Статус	Расшифровка
Остановлен	Параметры записи не были заданы или запись завершилась
Ожидание	Ожидание наступления времени начала записи
Запись	Идёт процесс записи

Все электрические величины, измеряемые ВФМ-4, записываются в базу данных (с заданным периодом записи в выбранный объект для записи), размещаемую на выбранном носителе.

Останов записи происходит при нажатии на кнопку □ (элемент 1 на рис. 20).

Просмотр всех записанных данных возможен в меню для просмотра результатов (см. п. 6.5.5) и на ПК при использовании программы ВФМ-4 База данных (см. п. 7).

### 6.5.4. Настройка режима измерения «Самописец»

В данном режиме возможно изменить опорный канал и отобразить (или убрать) другие фазы.

Настройка режима измерения «Самописец» происходит через меню (см. рис. 17) вызываемое нажатием кнопки ⚙ (элемент 5 на рис. 20). Настройка режима измерения описана в п. 6.3.6.

### 6.5.5. Просмотр данных режима «Самописец»

В процессе записи данные сохраняются в базу данных измерений режима «Самописец» во внутреннюю память ВФМ-4 или на внешний USB-



накопитель. Для просмотра данных необходимо нажать на кнопку  (элемент 3 на рис. 20). В открывшемся меню (рис. 25) для просмотра данных необходимо нажать на кнопку  (элемент 1 на рис. 25) при этом появится окно с вкладками «Объекты» и «Параметры» (рис. 26), повторное нажатие на кнопку скрывает это окно.



Рис. 25 – Меню для просмотра результатов записи режима «Самописец»

Для добавления данных на график необходимо перейти во вкладку «Объекты», указать источник базы данных измерений (Внутренняя память или USB-накопитель), выбрать объект измерения из списка. Затем перейти во вкладку «Параметры», выбрать параметр (параметры представлены в таб. 6), фазу и начальную и конечную дату и время регистрации и нажать на кнопку «Добавить на график».

Таб. 6 – Измеряемые параметры электрической сети режима «Самописец»

	Фазные измерения	Линейные измерения
Напряжение	+	+
Ток	+	-
Угол фазового сдвига между напряжениями	+	+
Угол фазового сдвига между током и напряжением	+	-
Активная мощность	+	-
Реактивная мощность	+	-
Полная мощность	+	-
Коэффициент мощности	+	-

Частота	+	+
Коэффициент формы	+	+

На график можно добавлять не более 4 наборов данных, каждому набору данных будет соответствовать своя шкала (цвет графика и шкалы будут совпадать).

Для очистки графика необходимо нажать на кнопку «Очистить» (элемент 2 на рис. 25), после чего все данные с графика будут убраны.

Для увеличения масштаба необходимо провести пальцем в требуемой области. Двойное нажатие на график вернёт масштаб к изначальному состоянию.

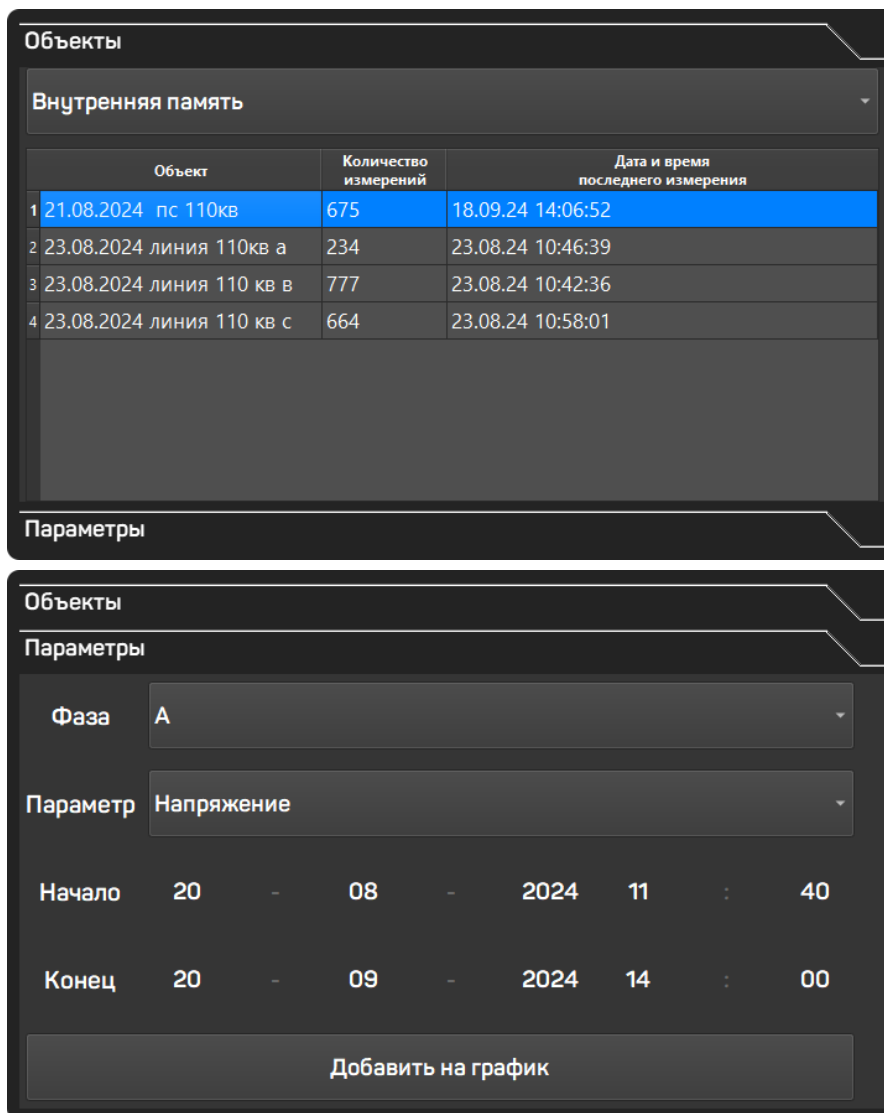


Рис. 26 – Окна с вкладками «Объекты» и «Параметры» для отображения данных режима «Самописец»

Более детальная работа с базой данных режима «Самописец» реализована в ПО «ВФМ-4 База данных» (см. п. 7).

### 6.6. Режим измерения «Гармоники»

Режим измерения «Гармоники» позволяет производить гармонический анализ выбранного канала используя метод Фурье. Для удобства восприятия

значений можно выбрать графический  или табличный  вид отображения данных (элемент 1 на рис. 27).

### 6.6.1. Графический вид отображения

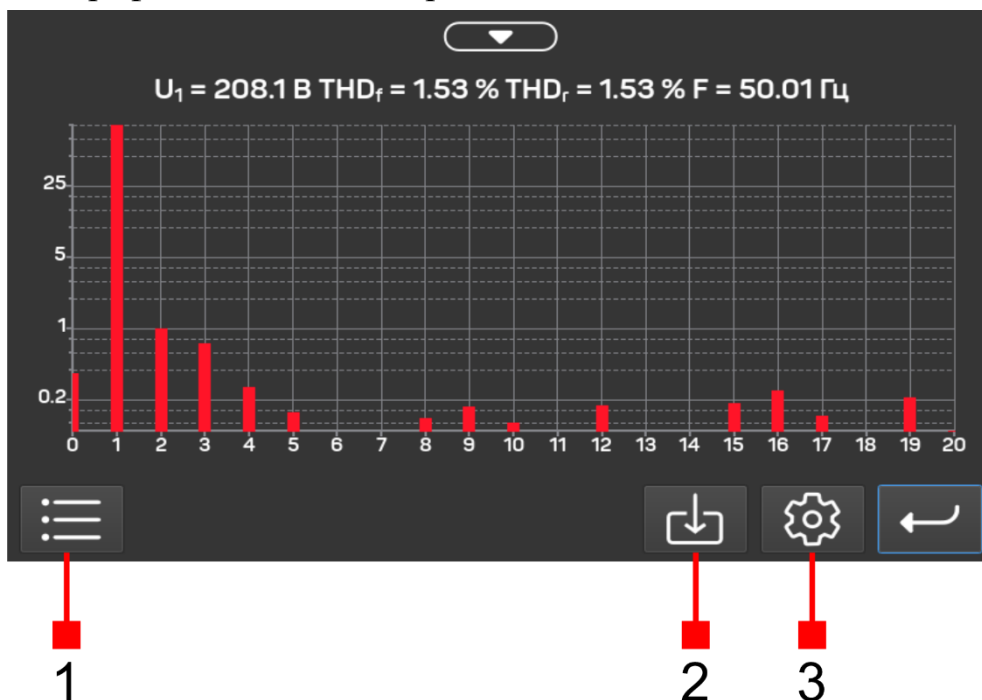


Рис. 27 – Графический вид отображения режима «Гармоники»

При графическом виде на дисплее ВФМ-4 отображаются коэффициенты гармонических составляющих по группам 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60. Переход между группами происходит при нажатии на правую или левую часть графика. Коэффициенты гармонических составляющих отображаются в логарифмическом масштабе в процентах.

Выше графика выводится амплитуда первой гармоники ( $U_1$  или  $I_1$ ), суммарные коэффициенты гармонических составляющих ( $THD_f$  и  $THD_r$ ) и частота сигнала.

### 6.6.2. Табличный вид отображения

0	0.04 %	THDf	1.02 %	THDr	1.02 %
1	207.9 В	2	0.30 %	3	0.11 %
4	0.11 %	5	0.13 %	6	0.17 %
7	0.22 %	8	0.01 %	9	0.03 %
10	0.18 %	11	0.21 %	12	0.21 %
13	0.17 %	14	0.14 %	15	0.19 %
16	0.04 %	17	0.01 %	18	0.11 %
19	0.04 %	20	0.20 %	21	0.07 %
22	0.02 %	23	0.16 %	24	0.06 %

Рис. 28 – Табличный вид отображения режима «Гармоники»

При табличном виде на дисплее ВФМ-4 выводится таблица всех коэффициентов гармонических составляющих, амплитуда первой гармоники ( $U_1$  или  $I_1$ ) и суммарные коэффициенты гармонических составляющих ( $THD_f$  и  $THD_r$ ).

### 6.6.3. Настройка режима измерения «Гармоники»


В данном режиме измерения можно выбрать исследуемый канал. Нажав на кнопку настройки (элемент 3 на рис. 27), появится окно (рис. 29) для выбора исследуемого канала.



Рис. 29 – Окно для выбора исследуемого канала режима «Гармоники»

После выбора канала окно автоматически исчезнет. Для того чтобы убрать окно не изменяя исследуемый канал, необходимо повторно нажать на кнопку настройки (элемент 3 на рис. 27).

### 6.6.4. Сохранение данных

Сохранение данных происходит во внутреннюю память ВФМ-4 при нажатии на кнопку  (элемент 2 на рис. 27). В данном режиме сохраняются все данные в виде таблицы. Данные сохраняются в виде файлов html и tsv.

## 6.7. Режим измерения «Осциллограф»

### 6.7.1. Описание режима измерения «Осциллограф»

Режим измерения «Осциллограф» позволяет посмотреть форму сигнала на выбранных каналах напряжения и тока.

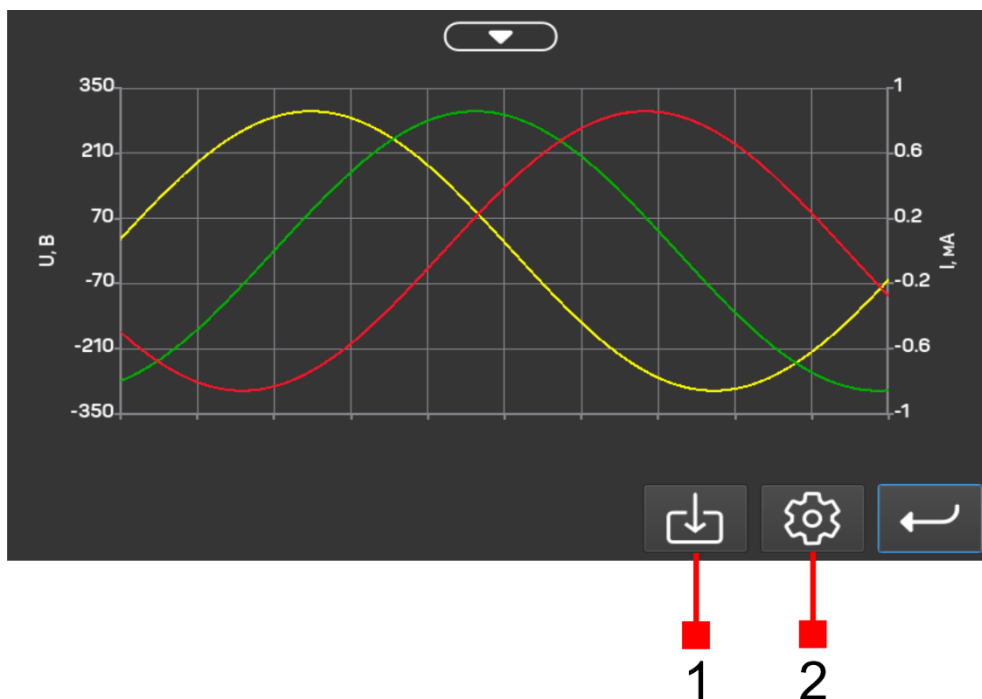


Рис. 30 – Режим измерения «Осциллограф»

### 6.7.2. Настройка режима измерения «Осциллограф»

В данном режиме измерения можно выбрать развертку по времени и отображаемые на графике каналы напряжения и тока. Нажав на кнопку настройки (элемент 2 на рис. 30), появится окно (рис. 31) настроек режима измерения «Осциллограф».

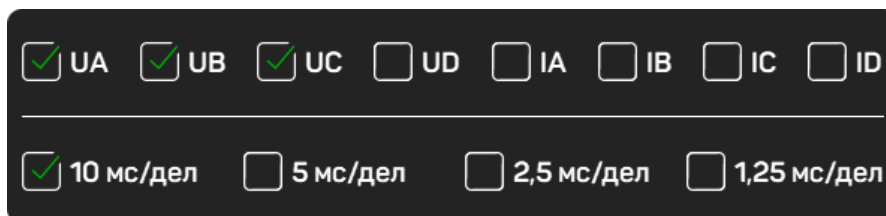



Рис. 31 – Окно настроек режима измерения «Осциллограф»

В верхней части окна настроек можно выбрать отображаемые на графике каналы напряжения и тока. В нижней части – выбрать развертку по времени. Для того чтобы убрать окно, необходимо повторно нажать на кнопку настройки (элемент 2 на рис. 30).

### 6.7.3. Сохранение данных

Сохранение данных происходит во внутреннюю память ВФМ-4 при нажатии на кнопку  (элемент 1 на рис. 30). В данном режиме сохраняется график в виде файла в формате png.

## 6.8. Режим измерения «Регистратор переходных процессов»

### 6.8.1. Описание режима измерения «Регистратор переходных процессов»

Данный режим позволяет провести регистрацию быстрых переходных процессов в электрических цепях.

В режиме измерения «Регистратор переходных процессов» отображаются среднеквадратичные значения напряжения  $U$  и тока  $I$ .

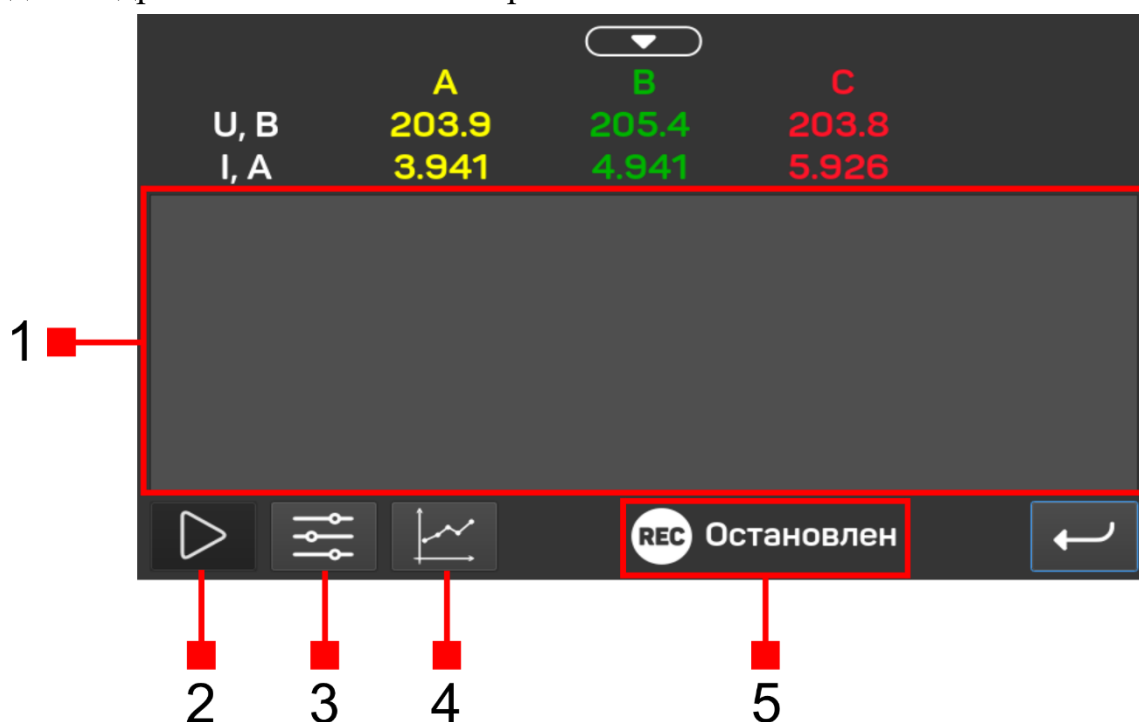



Рис. 32 – Режим измерения «Регистратор переходных процессов»

В поле 1 на рис. 32 будет выводиться вся информация о настройке, при запуске и в процессе регистрации.

### 6.8.2. Настройка регистрации

Меню настройки регистрации вызывается при нажатии на кнопку  (элемент 3 на рис. 32). В данном меню можно выбрать тип запуска регистрации («Ручной» или «Событие» – элемент 1 на рис. 33), указать общее время записи, время записи до триггера (только для типа запуска «Событие») и возможность повторных регистраций на канале выбрав элемент «Циклическая запись» (только для типа запуска «Событие»).

Доступные значения для установки общего времени записи:

3 сек.	5 сек.	10 сек.
--------	--------	---------

Доступные значения для установки времени записи до триггера:

1 сек.	2 сек.
--------	--------

Период регистрации среднеквадратичных значений напряжения и тока: 10 мс.

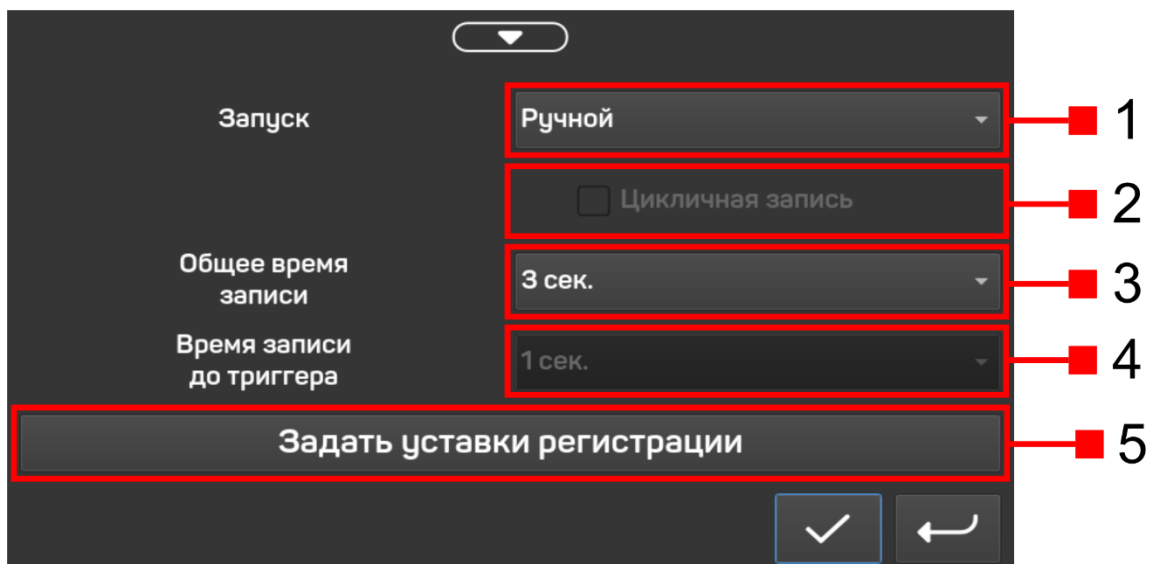


Рис. 33 – Общие настройки режима измерения «Регистратор переходных процессов»

Тип запуска регистрации «Ручной» позволяет записать переходные процессы небольшой длительности (до 10 секунд) при условии, что пользователь сам инициирует тот или иной процесс в исследуемой электрической цепи.

При выборе данного типа запуска необходимо указать общее время записи (элемент 3 на рис. 33) и каналы которые будут участвовать в регистрации, для выбора каналов регистрации необходимо нажать на кнопку «Задать уставки регистрации» (элемент 5 на рис. 33). В открывшемся меню (рис. 34) необходимо выбрать нужные каналы для регистрации (элементы 2 на рис. 34), также можно скрыть неиспользуемые фазы (элементы 1 на рис. 34).

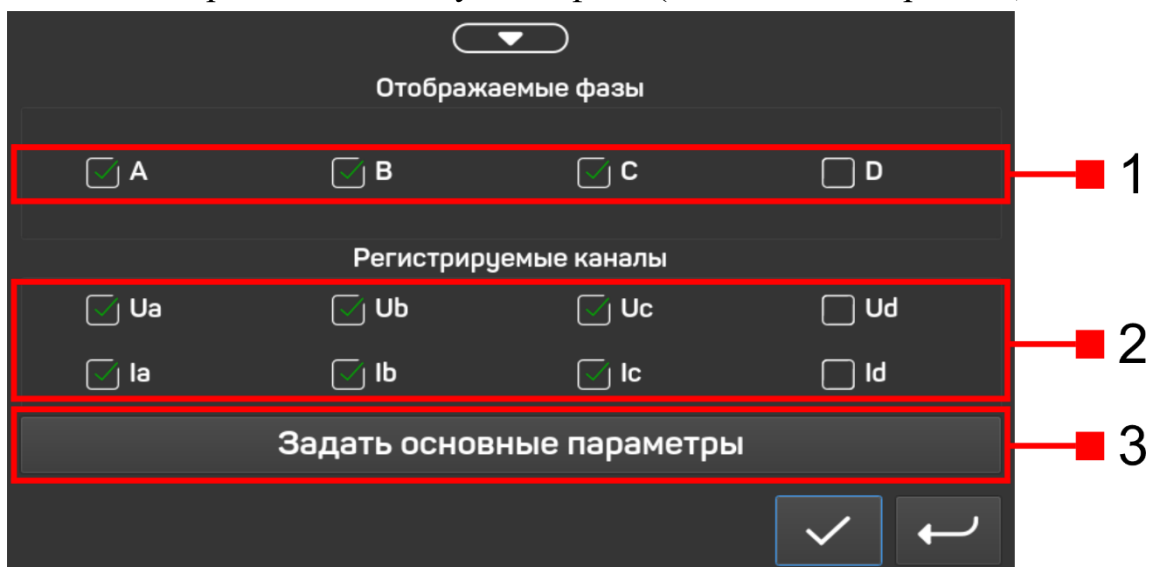


Рис. 34 – Настройки режима измерения «Регистратор переходных процессов» при ручном запуске

Тип запуска регистрации «Событие» позволяет, не зная точного времени наступления события, а лишь характер его поведения, зафиксировать переходный процесс в электрических сетях.

При выборе данного типа запуска необходимо указать общее время записи (элемент 3 на рис. 33), время записи до триггера (элемент 4 на рис. 33), а также указать будет ли повторно регистрироваться канал после наступления события (при выборе данного пункта, если, например, напряжение окажется ниже указанного порога и не вернётся к значениям до переходного процесса, то запись будет идти непрерывно, что может быстро заполнить внутреннюю память ВФМ-4).

Для указания порогов и типа триггера необходимо нажать на кнопку «Задать уставки регистрации» (элемент 5 на рис. 33). В открывшемся меню (рис. 35) необходимо для каждого канала указать порог (элементы 3 на рис. 35) срабатывания триггера и тип (элементы 2 на рис. 35) триггера. Доступные типы триггеров:

- Не участвует в регистрации «←»;
- Больше заданного порога «>»;
- Меньше заданного порога «<».

Также можно скрыть неиспользуемые фазы (элементы 1 на рис. 35).

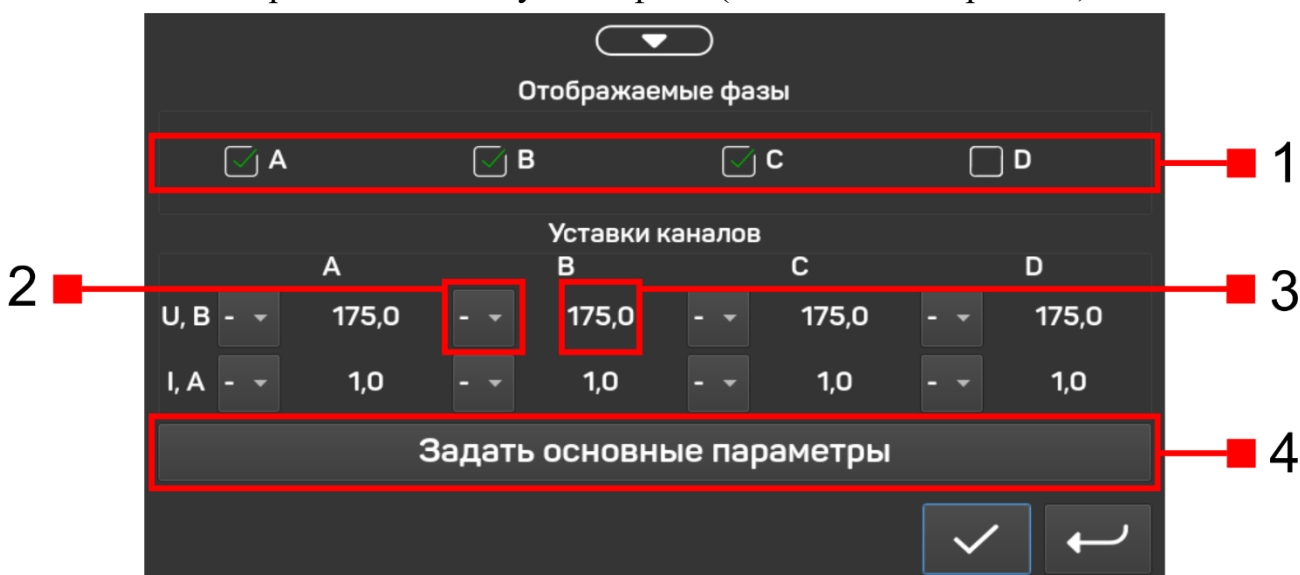


Рис. 35 – Настройки режима измерения «Регистратор переходных процессов» при запуске по событию

При задании порога срабатывания необходимо нажать на число (элементы 3 на рис. 35), после чего откроется клавиатура (рис. 36) для ввода числа с плавающей запятой.

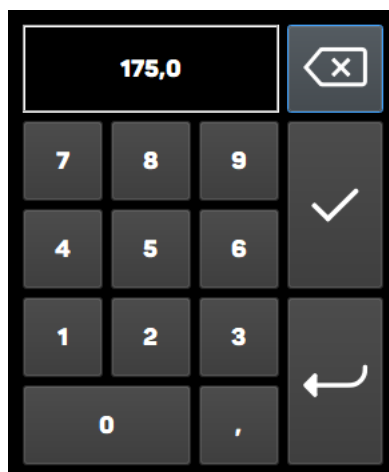


Рис. 36 – Окно для ввода числа с плавающей запятой

Для возврата к общим настройкам регистрации (рис. 33) необходимо нажать кнопку «Задать основные параметры» на рис. 34 или рис. 35.

### 6.8.3. Запуск и останов регистрации

При типе запуска регистрации «Ручной», после подтверждения выбранных параметров регистрации (подтверждение происходит при нажатии на кнопку ✓ в меню настройки регистрации рис. 33 или рис. 34), ВФМ-4 переходит в режим ожидания, для запуска регистрации необходимо нажать на кнопку ▷ (элемент 2 на рис. 32). Начнётся запись заданной длительностью по выбранным каналам.

Автоматический останов при типе запуска «Ручной» происходит по истечению заданной длительности регистрации. При необходимости можно остановить запись вручную, нажав на кнопку □ (элемент 2 на рис. 32).

При типе запуска регистрации «Событие», после подтверждения выбранных параметров регистрации (подтверждение происходит при нажатии на кнопку ✓ в меню настройки регистрации рис. 33 или рис. 35.), ВФМ-4 сразу же переходит в режим регистрации и анализирует выбранные каналы на наличие триггерного сигнала.



Автоматический останов регистрации при типе запуска «Событие» происходит, когда на всех участвующих в регистрации каналах сработал триггер. При выбранном пункте «Циклическая запись» останов происходит только вручную при нажатии на кнопку □ (элемент 2 на рис. 32).

Статус регистрации отображается в элементе 5 на рис. 32.

Таб. 7 – Статус регистрации и его расшифровка

Статус	Расшифровка
Остановлен	Параметры регистрации не были заданы или регистрация завершилась
Ожидание	Ожидание запуска регистрации вручную
Запись	Идёт процесс регистрации

#### 6.8.4. Просмотр результатов регистрации

В процессе регистрации данные сохраняются во внутреннюю память ВФМ-4 в виде файлов с набором данных. Для просмотра данных необходимо нажать на кнопку  (элемент 4 на рис. 32). В открывшемся меню (рис. 37) для просмотра всех сохраненных данных необходимо нажать на кнопку  (элемент 1 на рис. 37) при этом появится окно 2 (для скрытия окна требуется повторно нажать на кнопку 1 на рис. 37). Для добавления данных на график необходимо выбрать файл с данными из списка в окне 2 и нажать на кнопку «Добавить». На график можно добавлять не более 4 наборов данных, каждому набору данных будет соответствовать своя шкала (цвет графика и шкалы будут совпадать).

Для очистки графика необходимо нажать на кнопку «Очистить», после чего все данные с графика будут убраны.

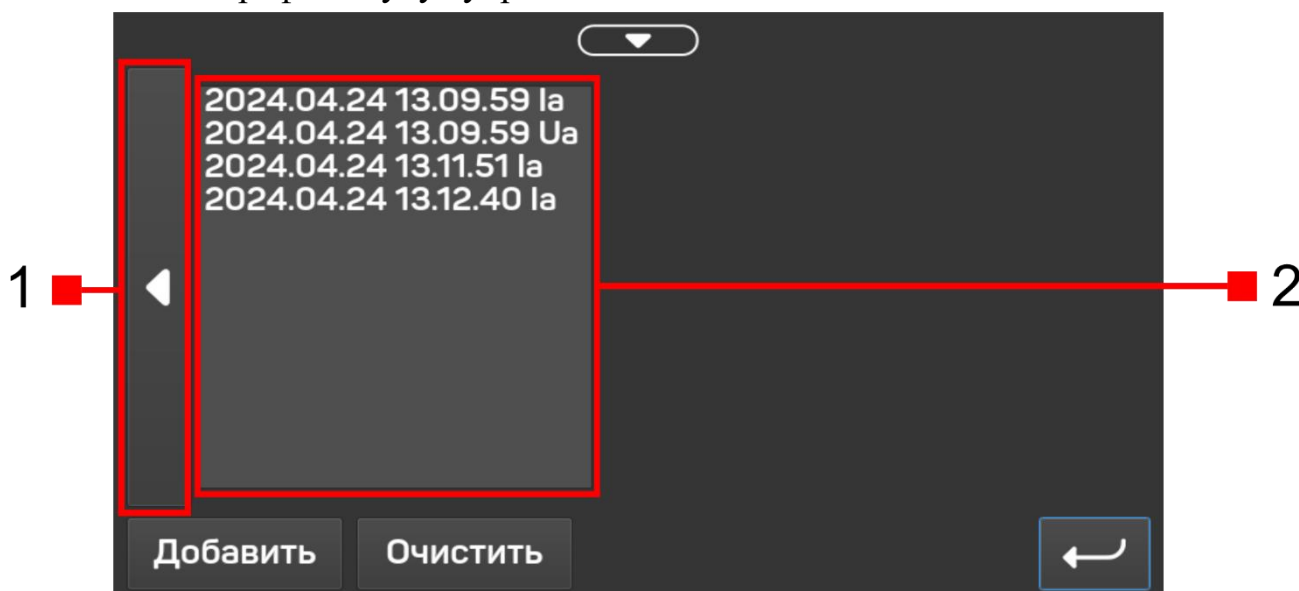


Рис. 37 – Меню для просмотра результатов регистрации режима «Регистратор переходных процессов»

Для увеличения масштаба по оси времени необходимо провести пальцем в требуемой области. Двойное нажатие на график вернёт масштаб к изначальному состоянию.

На рис. 38 изображены примеры отображения данных снятых в данном режиме.

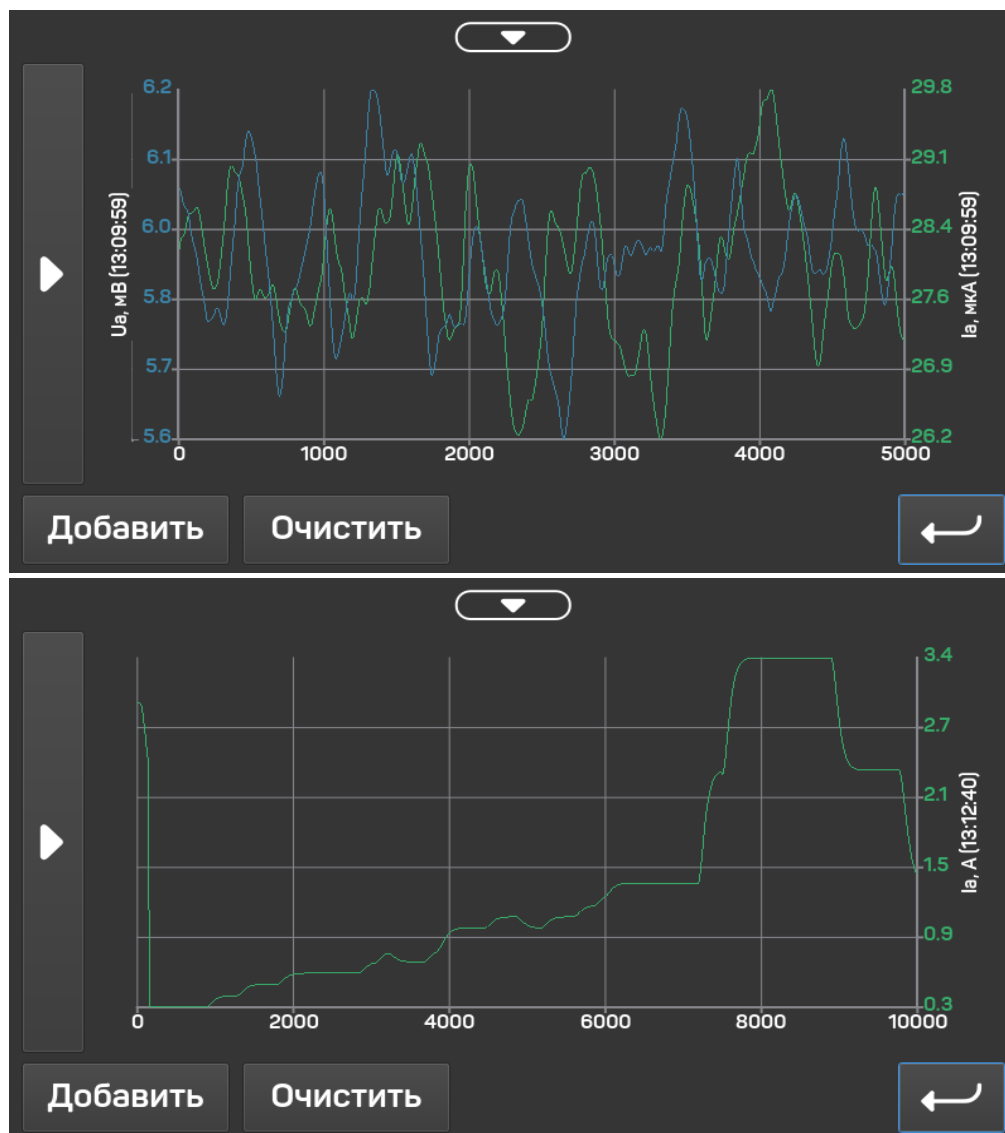



Рис. 38 – Примеры отображения данных снятых при регистрации в режиме «Регистратор переходных процессов»

### 6.9. Меню вспомогательных функций прибора

При нажатии на кнопку  в главном меню ВФМ-4 (элемент 2 на рис. 9), отобразится меню вспомогательных функций прибора (рис. 39). Ниже перечислены все действия, которые можно совершить в этом меню:

1. Перейти в меню общих настроек;
2. Перейти в меню настройки даты и времени;
3. Перейти в меню работы с внешней флэш-памятью;
4. Перейти в меню настройки GPS;
5. Перейти в меню разработчика (защищено паролем);
6. Посмотреть данные об устройстве;
7. Включить или отключить Демо-режим.

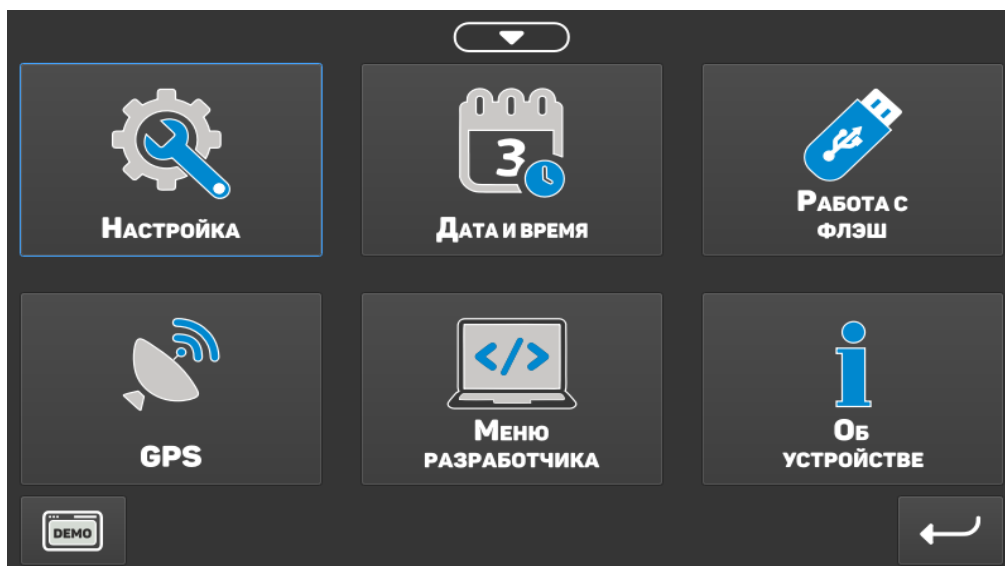


Рис. 39 – Меню вспомогательных функций ВФМ-4

### 6.10. Меню общих настроек прибора

Меню общих настроек изображено на рис. 40. В данном меню производится задание настроек подсветки дисплея, времени работы прибора и т.д.

Для экономии заряда аккумуляторной батареи реализовано изменение уровня яркости (100%, 80%, 50%, 20%, 10%) и времени работы («Неограниченно», «10 мин.», «5 мин.», «2 мин.», «1 мин.») подсветки дисплея и времени работы («Неограниченно», «2 ч.», «1 ч.», «30 мин.») ВФМ-4.

По истечению времени работы прибор автоматически выключится (при активной регистрации в режимах «Самописец» и «Регистратор переходных процессов», а также при подсчёте электроэнергии в режиме «Счётчик» питание прибора не отключается, пока хватает заряда аккумулятора, требуется самостоятельно следить за зарядом аккумулятора и вовремя подключать зарядное устройство, иначе регистрация или подсчёт аварийно завершатся).

Пункт «Строка состояния» позволяет настроить вид отображения строки состояния – «Скрывать» (выбрано по умолчанию) или «Всегда показывать». При выборе параметра «Всегда показывать», будут перекрыты некоторые элементы отображения и настройки прибора.

Также в ВФМ-4 реализована смена языка интерфейса (поддерживаемые языки – русский и английский).

Настройки вступят в силу только после нажатия кнопки ✓ в меню на рис. 40.

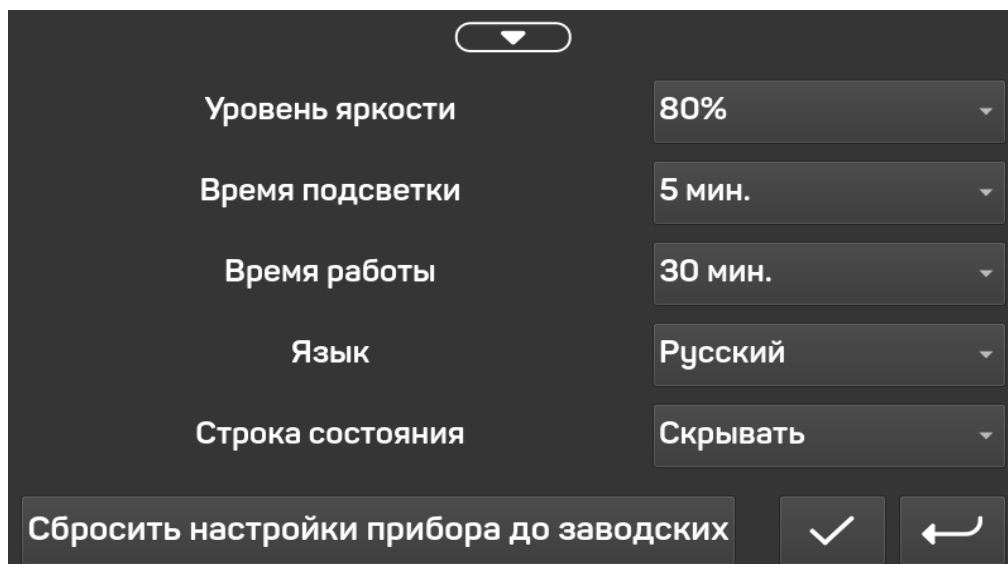


Рис. 40 – Меню настроек ВФМ-4

При необходимости все применяемые ранее настройки ВФМ-4 можно сбросить до заводских (кнопка «Сбросить настройки прибора до заводских» на рис. 40). Будут сброшены следующие настройки:

- Настройки режимов измерения «Основной», «Счётчик» и «Самописец»;
- Выбранный канал в режиме измерения «Гармоники»;
- Выбранные каналы в режиме измерения «Осциллограф»;
- Все уставки, выбранные фазы режима измерения «Регистратор переходных процессов»;
- Выбранный тип приёма данных от GPS;
- Общие настройки ВФМ-4 (уровень яркости и время подсветки дисплея, время работы прибора и т.д).

Изменения, после сброса настроек, вступят в силу после перезагрузки прибора.

### 6.11. Меню настройки Даты и времени

Меню настройки даты и времени (рис. 41) позволяет установить текущую дату и время прибора, также при необходимости изменить часовой пояс используемый в приборе.

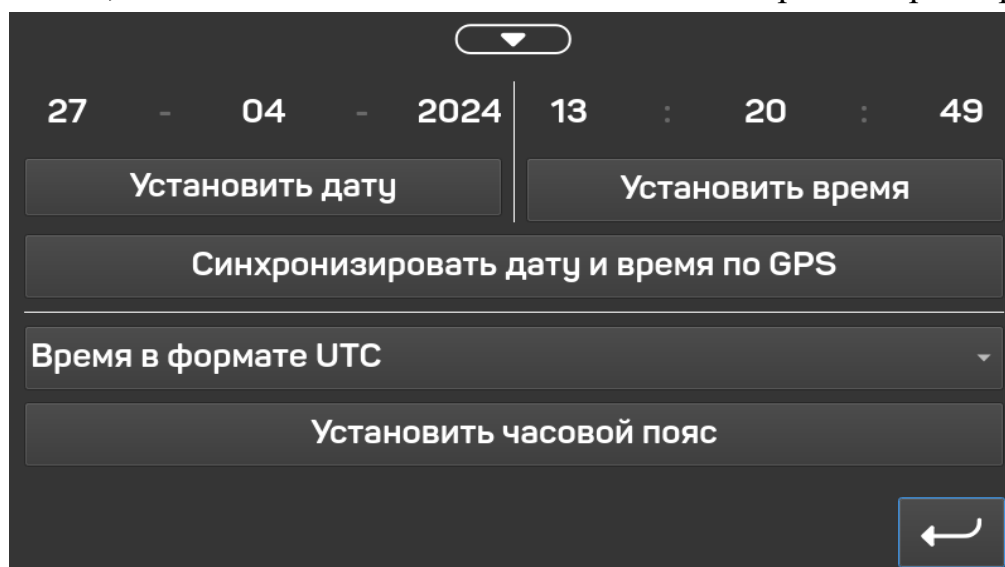
Дата и время участвуют при сохранении результатов измерений, важно устанавливать актуальные значения даты, времени и часового пояса прибора.

При нажатии на цифры установки даты и времени вызывается окно с клавиатурой (рис. 23) для установки соответствующих параметров.

Для установки даты или времени, после ввода всех значений необходимо нажать на кнопку «Установить дату» или «Установить время» соответственно.

При активном соединении со спутниками GPS возможно установить текущее дату и время нажав на кнопку «Синхронизировать дату и время по GPS» (рис. 41). Данный функционал также необходим для синхронизации двух (или

более) ВФМ-4, при успешной синхронизации по GPS на них будет установлено точное время и при запуске регистрации в режиме «Самописец» возможно отслеживать процессы у источника электроэнергии и её потребителей, находя несоответствия и источники потерь электроэнергии.



*Рис. 41 – Меню настройки даты и времени*

### **6.12. Меню для работы с флэш-памятью**

Меню для работы с флэш-памятью изображено на рис. 42. Данное меню позволяет:

1. Скопировать сохранённые данные из внутренней памяти на внешнюю флэш-память;
2. Удалить сохранённые данные из внутренней памяти;
3. Скопировать базу данных режима «Самописец» на внешнюю флэш-память;
4. Обновить измерительное ПО;
5. Обновить интерфейсное ПО;
6. Очистить базу данных режима «Самописец».

После копирования данных на внешнюю флэш-память важно безопасно её извлечь, для этого необходимо нажать на пиктограмму USB-накопителя и дождаться уведомления «USB-накопитель демонтирован», пиктограмма при этом исчезнет.

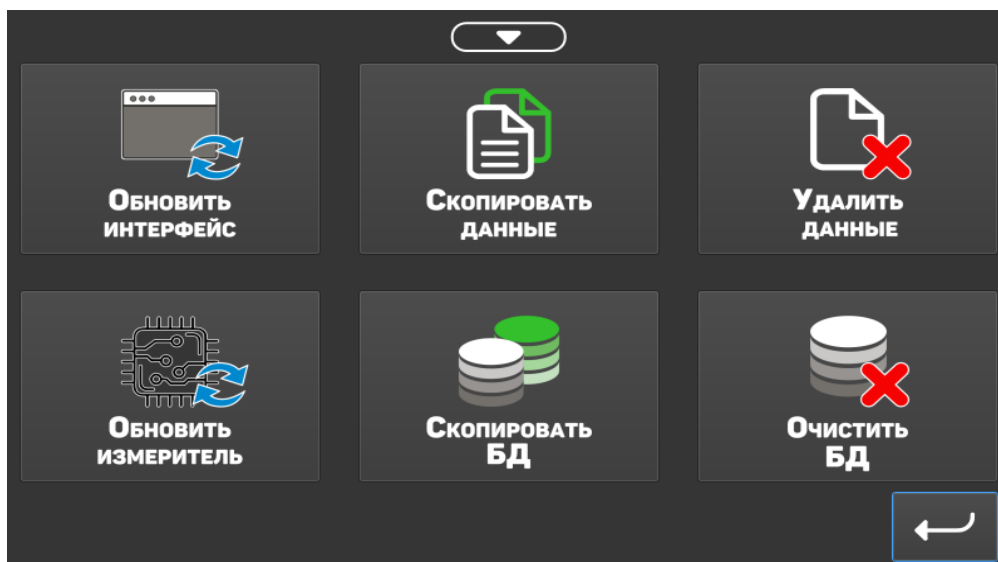


Рис. 42 – Меню для работы с Флэш-памятью

### 6.13. GPS

Благодаря встроенному GPS модулю в ВФМ-4 можно синхронизировать время и привязывать сохранение измеряемых параметров электрической сети к местоположению прибора.

На рис. 43 изображено меню для настройки встроенного GPS. Для включения питания модуля GPS необходимо выбрать элемент 2, после чего в поле 1 раз в несколько секунд будут обновляться данные со спутников. В поле выводятся две группы данных: текущие данные со спутников и последние валидные данные со спутников. При достаточном уровне сигнала эти группы данных будут совпадать.

Во время сохранения результатов измерения берутся последние валидные данные со спутников, то есть при плохом соединении со спутниками координата нахождения прибора может быть не актуальной, а зафиксированной некоторое количество времени назад (время последней синхронизации со спутниками будет так же фиксироваться при сохранении данных измерения).

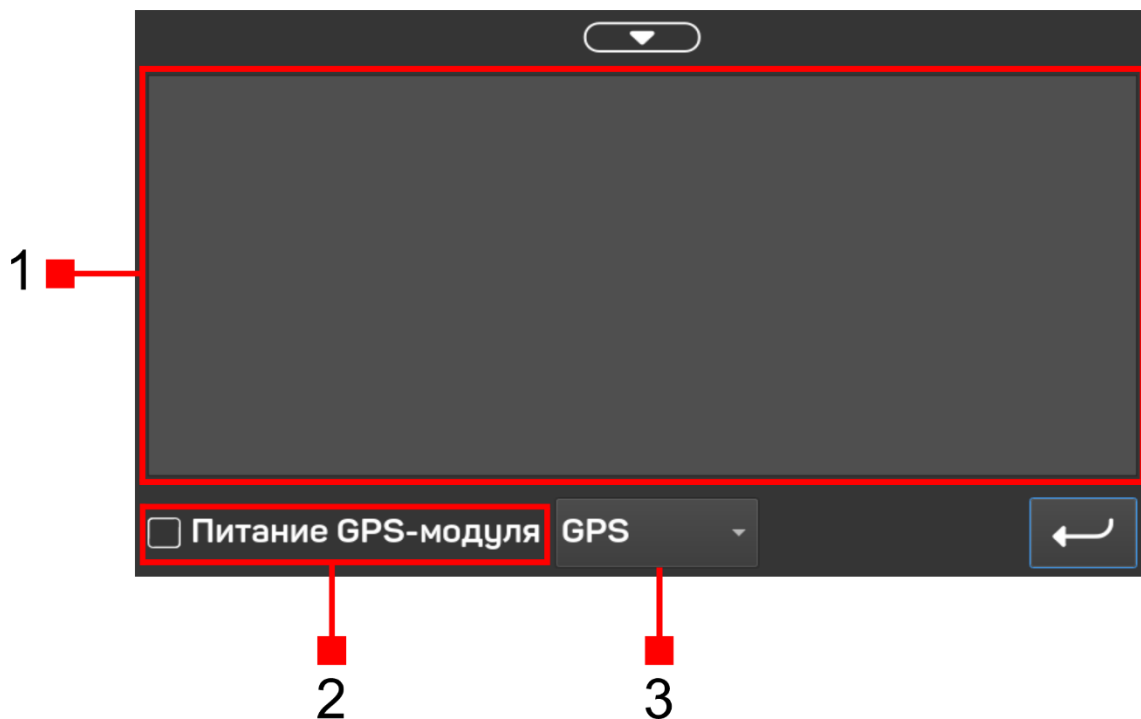


Рис. 43 – Меню для настройки встроенного GPS

В приборе реализован выбор типа спутников с которыми GPS-модуль будет связываться для получения данных. Выбор происходит через выпадающий список 3. Можно выбрать типы спутников:

- GPS (выбрано по умолчанию);
- ГЛОНАСС.

При плохом сигнале одного из типа спутников можно переключиться на другой тип, так как в разных частях планеты покрытие спутниками разного типа может отличаться.

#### 6.14. Демо-режим

Данный режим реализован только для демонстрации возможностей ВФМ-4.

При включении Демо-режима перестают отображаться параметры измеряемые АЦП и выводятся параметры, полученные генератором случайных чисел.

С помощью Демо-режима можно посмотреть построение векторной диаграммы и вывод измеряемых параметров при отсутствии возможности подключиться к электрической сети.

#### 6.15. Подключение к компьютеру

Подключение ВФМ-4 к ПК происходит с помощью кабеля с разъёмами USB-A (подключается к ПК) и USB-C (подключается к ВФМ-4 см. элемент 9 на рис. 1).

Интерфейс ПО для ПК выглядит идентично интерфейсу ВФМ-4, поэтому все пункты управления ВФМ-4 справедливы и для ПО на ПК. Единственное отличие, в ПО для ПК в меню вспомогательных функций ВФМ-4 (рис. 39) присутствует кнопка подключения к ВФМ-4.



Для передачи измеряемых параметров из ВФМ-4 на ПК необходимо в ПО для ПК нажать на кнопку подключения к ВФМ-4 и выбрать соответствующий ему последовательный порт. При успешном подключении ВФМ-4 перейдет в режим передачи данных.

### **6.16. Заряд аккумулятора батареи**

**6.16.1.** Встроенная схема защиты элементов аккумуляторной батареи, обеспечивает, при правильной эксплуатации, длительный срок службы батареи. Зарядка батареи осуществляется только в том случае, если температура батареи больше 0 °С и меньше 40 °С.

**6.16.2.** Для зарядки аккумуляторной батареи предусмотрены сетевой блок питания с выходом USB-A и провод для подключения к ВФМ-4, входящие в комплект поставки.

**6.16.3.** Для обеспечения максимально быстрой зарядки аккумуляторной батареи рекомендуется использовать сетевой блок питания и провод из комплекта поставки.

**6.16.4.** После подключения внешнего блока питания (или при подключении ПК) к ВФМ-4, автоматически начинается процесс зарядки аккумуляторной батареи, при этом на лицевой панели начнет мигать красным цветом индикатор *Статус*. При включенном питании ВФМ-4 в строке состояния будет изменяться пиктограмма заряда с  на  (количество видимых секций в пиктограмме указывает на примерный процент заряда аккумуляторной батареи).

**6.16.5.** Окончание заряда аккумуляторной батареи будет сопровождаться постоянным свечением индикатора *Статус* красным цветом. После окончания зарядки аккумуляторной батареи необходимо отключить сетевой блок питания (или ПК) от ВФМ-4.

## **7. Работа с базой данных режима «Самописец»**

Для более детальной работы с базой данных измерений режима «Самописец» необходимо использовать дополнительное ПО «ВФМ-4 База данных» (только для ПК под управлением ОС Windows). Данное ПО возможно получить на сайте предприятия-изготовителя или по запросу на e-mail.

ПО «ВФМ-4 База данных» позволяет вывести записанные параметры электрической сети в виде таблицы или графика. ПО позволяет гибко настроить выводимые данные (выбрать начальную и конечную дату и время, только необходимые фазы и отдельные параметры).

Основной экран ПО изображен на рис. 44. Полное описание возможностей и принципов работы ПО «ВФМ-4 База данных» см. в «Руководство по эксплуатации программного обеспечения ВФМ-4 База данных».

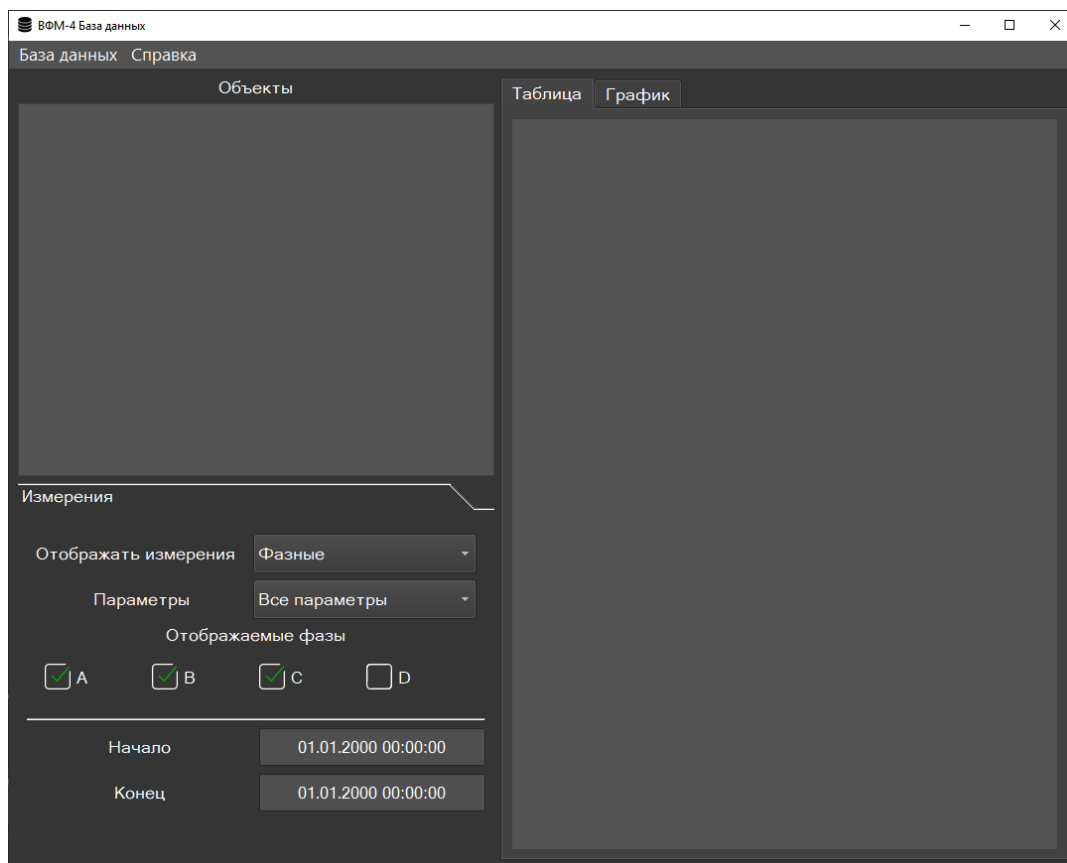


Рис. 44 – Основной экран ПО «ВФМ-4 База данных»

## 8. Обслуживание аккумулятора

**8.1.** В приборе установлена аккумуляторная батарея из литий-ионных элементов питания (см. п. 4.6).

**8.2. Использовать аккумуляторы другого типа запрещено!**

**8.3.** Для обеспечения длительного срока службы аккумуляторной батареи рекомендуется полностью заряжать её не реже, чем 1 раз в 4 месяца.

**8.4.** При зарядке ток, потребляемый аккумуляторной батареей, может составлять до 3 А.

**8.5.** Замена аккумуляторной батареи производится в условиях предприятия-изготовителя.

**8.6. Несанкционированное вскрытие, вмешательство в конструкцию аккумуляторной батареи могут привести к короткому замыканию, образованию электрической дуги и травмам!**

## 9. Возможные неисправности и способы их устранения

Таб. 8 – Неисправности ВФМ-4

Неисправность	Объяснение	Способ устранения
При подключении ДТ на дисплее выводится «Не определен»	ВФМ-4 не удалось считать информацию о ДТ	Необходимо отключить и заново подключить ДТ. При повторных

Неисправность	Объяснение	Способ устранения
		сообщениях перезагрузить ВФМ-4
Нестабильное показание фазового сдвига	В измеряемом сигнале присутствует множество высших гармоник	Переключиться в режим измерения АС(осн.)
Долгое время дисплей ВФМ-4 ничего не показывает (черный экран), при этом индикатор «Статус» горит зеленым цветом	Произошла критическая ошибка в интерфейсе	Необходимо перезагрузить ВФМ-4
При подключении измерительных проводов к сигналу в режимах измерения нет обновления данных	Ошибка синхронизации интерфейса и измерителя	Необходимо перезагрузить ВФМ-4
При включении ВФМ-4 кнопки режимов измерения выделены серым цветом и неактивны	Произошла ошибка обновления измерителя	См. инструкция по обновлению измерителя ВФМ-4
При включении ВФМ-4 появляется только экран загрузки «Челэнергоприбор», экран загрузки «Вольтамперфазометр ВФМ-4» не выводится	Произошла ошибка обновления интерфейса	См. инструкция по обновлению интерфейса ВФМ-4

## 10. Юстировка и поверка прибора

10.1. Юстировка прибора выполняется предприятием-изготовителем.

10.2. Поверку прибора ВФМ-4 выполняют в соответствии с ПТМР.411269.042.000.00 МП «ГСИ. Вольтамперфазометры ВФМ-4. Методика поверки».

## 11. Техническое обслуживание

11.1. Профилактические работы проводятся с целью обеспечения нормальной работы прибора ВФМ-4 в течение срока его эксплуатации. Частота осмотра определяется окружающей средой, в которой находится прибор, и интенсивностью его эксплуатации.

11.2. Рекомендуемые виды и сроки проведения профилактических работ:

- Визуальный осмотр и внешняя очистка – ежеквартально;
- Проверка уровня заряда батареи и подзарядка – ежеквартально;
- Полная проверка технического состояния прибора – ежегодно.

## **12. Текущий ремонт и гарантийные обязательства**

**12.1.** Изготовитель гарантирует соответствие выпускаемых приборов ВФМ-4 нормируемым техническим требованиям при условии соблюдения потребителем правил эксплуатации, хранения и транспортирования, установленных в пункте 13.

**12.2.** Срок гарантии на прибор ВФМ-4 устанавливается 18 месяцев со дня поставки прибора потребителю.

Срок гарантии на аккумулятор устанавливается 6 месяцев со дня поставки прибора потребителю.

**12.3.** В течение гарантийного срока безвозмездно устраняются выявленные дефекты. Гарантийные обязательства не распространяются на приборы, имеющие существенные механические дефекты, а также на аккумуляторные батареи.

**12.4.** Изготовителю предоставляется право перепроверки претензий потребителя с целью определения обоснованности рекламаций.

**12.5.** Текущий и постгарантийный ремонт осуществляет предприятие-изготовитель.

## **13. Транспортирование и хранение**

**13.1.** Прибор ВФМ-4 допускает кратковременное хранение сроком до 6 месяцев в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от +5 до +40 °С и относительной влажности до 80%. В помещениях для хранения не должно быть пыли, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию. При длительном хранении прибора ВФМ-4 требуется не реже чем 1 раз в 4 месяца проводить полную зарядку аккумуляторной батареи в соответствии с п. 6.15.

**13.2.** Способы транспортирования прибора ВФМ-4 должны соответствовать ГОСТ 22261-94.

Условия транспортирования прибора ВФМ-4 в части воздействия механических и климатических факторов не должны превышать следующих значений:

- 1) ударные нагрузки:
  - максимальное ускорение 30 м/с<sup>2</sup>;
  - число ударов в минуту от 80 до 120;
  - продолжительность воздействия 1 ч.
- 2) повышенная температура +55 °С;
- 3) пониженная температура –25 °С;

4) относительная влажность 95% при 30 °С;

5) атмосферное давление 70...106,7 кПа.

**13.3.** Климатические воздействия на прибор ВФМ-4 при предельных условиях транспортирования должны соответствовать условиям хранения 3 или 5 ГОСТ 15150-69.

**13.4.** В приборе ВФМ-4 установлена батарея литий-ионных аккумуляторов, состоящая из 2 элементов с номинальным напряжением 3,7 В удельной мощностью не более 20 Вт·ч на элемент. Способ установки внутри прибора и ударопрочный корпус прибора обеспечивают сохранность аккумуляторной батареи и соответствуют ИУ 967 (PI967).

**13.5.** При перевозке авиатранспортом, согласно Правилам перевозки опасных грузов МАВТ, ионно-литиевые батареи, содержащиеся в оборудовании – приборе ВФМ-4, в соответствии с № ООН 3481/ИУ 967 (UN3481/PI967) допущены к перевозке коммерческими авиалиниями без специальной маркировки и декларирования. При этом в одной упаковке допускается перевозка одного прибора ВФМ-4, не более 2 упаковок на накладную.

## 14. Утилизация

Мероприятия по подготовке и отправке прибора ВФМ-4 на утилизацию проводятся согласно требованиям и инструкциям предприятия-потребителя. Утилизация аккумулятора производится согласно требованиям и инструкциям предприятия-изготовителя аккумулятора.

ВФМ-4 не содержит драгоценных металлов, подлежащих переработке, иных веществ, утилизация которых осуществляется в особом порядке и требует дополнительных мер для обеспечения безопасности.

## 15. История изменений

Дата	Версия	Описание
05.2024	1.0	Первая версия документа.
06.2024	1.1	Обновлен рисунок «Внешний вид датчиков тока»; Изменены названия режимов «Регистратор аварийных событий» и «Регистратор переходных процессов»; Обновлено описание заряда аккумуляторной батареи; Дополнено описание режимов «Регистратор аварийных событий» и «Регистратор переходных процессов»; Добавлены рисунки в пункт 4.12 «Векторная диаграмма».
07.2024	1.2	Изменено название режима измерения «Регистратор аварийных событий» на «Самописец».

<b>Дата</b>	<b>Версия</b>	<b>Описание</b>
08.2024	1.3	Дополнено описание общих настроек в пункте 6.10 в связи с расширением функционала прибора; В пункте 6.12 добавлено описание безопасного извлечения флэш-памяти.
09.2024	1.4	Добавлено описание меню просмотра базы данных режима «Самописец»; Обновлены рисунки режима «Самописец»; В пункте 7 обновлено описание ПО «ВФМ-4 База данных».
11.2024	1.5	Обновлены рисунки режимов измерения ВАФ, Осциллограф, Гармоники, Самописец и Регистратор переходных процессов; Добавлено описание применения настроек измерения режимов Осциллограф и Гармоники; Добавлено описание элемента отображения статуса режимов Самописец и Регистратор переходных процессов.