



PQM-700

**АНАЛИЗАТОРЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
ЭНЕРГИИ**

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Версия 1.11

1	БЕЗОПАСНОСТЬ	4
2	ПОДГОТОВКА ИЗМЕРИТЕЛЯ К РАБОТЕ	5
3	ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	5
3.1	Питание анализатора	8
3.2	Степень защиты и условия эксплуатации	8
3.3	Монтаж на DIN-рейку	9
3.3.1	Нормальные условия окружающей среды	9
3.4	Измеряемые параметры	10
4	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИБОРА	12
4.1	Включение измерителя	12
4.2	Синхронизация с ПК	13
4.3	Измерение	14
4.3.1	Начало и остановка регистрации	14
4.3.2	Ориентировочное время регистрации	14
4.4	Блокировка клавиш	15
4.5	Режим ожидания («спящий» режим)	15
4.6	Функция автоматического выключения	16
5	ПОДКЛЮЧЕНИЕ АНАЛИЗАТОРА	16
6	РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ	20
6.1	Однофазная сеть	20
6.2	Методы усреднения параметров	28
7	ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	29
7.1	Входы	30
7.1	Дискретизация и часы реального времени RTC	30
7.2	Измеряемые параметры – точности, разрешения и диапазоны	31
7.2.1	Условия для поверки	31
7.2.2	Напряжение	31
7.2.3	Ток	31
7.2.4	Частота	32
7.2.5	Гармоники	32

7.2.6	Мощность и энергия	33
7.2.7	Фликер	33
7.2.8	Асимметрия	33
7.3	Регистрация событий – действующие значения напряжения и тока	34
7.4	Регистрация событий – дополнительные параметры	34
7.5	Гистерезис регистрации событий	35
7.6	Измерение пускового тока.....	35
7.7	Регистрация	36
7.8	Питание и нагреватель	37
7.9	Поддерживаемые сети	38
7.10	Поддерживаемые токовые клещи.....	38
7.10.1	Клещи С-4	38
7.10.2	Клещи С-6	40
7.10.3	Клещи С-7	41
7.10.4	Клещи F-1, F-2, F-3	42
7.11	Интерфейс.....	44
7.12	Условия окружающей среды и другие технические данные.....	44
7.13	Безопасность и электромагнитная совместимость.....	44
7.14	Стандарты	45
8	ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРА.....	45
9	УТИЛИЗАЦИЯ	45
10	ПОВЕРКА.....	46
11	СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗГОТОВИТЕЛЕ.....	46
12	СВЕДЕНИЯ О ПОСТАВЩИКЕ	46
13	СВЕДЕНИЯ О СЕРВИСНОМ ЦЕНТРЕ.....	46
14	ССЫЛКИ В ИНТЕРНЕТ	46

1 БЕЗОПАСНОСТЬ

RQM-700 – разработан для проведения анализа основных параметров качества электрической энергии. Для обеспечения правильного обслуживания прибора и достоверности полученных результатов измерений, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

Внимание

Перед работой с прибором необходимо изучить данное Руководство, тщательно соблюдать правила защиты, а также рекомендации Изготовителя.

Применение прибора, несоответствующее указаниям Изготовителя, может быть причиной поломки прибора и источником серьезной опасности для Пользователя.

- прибором могут пользоваться лица, имеющие соответствующую квалификацию и допуск к данным работам;
- во время измерений Пользователь не может иметь непосредственного контакта с открытыми частями, доступными для заземления (например, открытые металлические трубы центрального отопления, проводники заземления и т.п.); для обеспечения хорошей изоляции следует использовать соответствующую спецодежду, перчатки, обувь, изолирующие коврики и т. д.;
- нельзя касаться открытых токоведущих частей, подключенных к электросети;
- особую осторожность необходимо соблюдать при измерении напряжения, превышающего 40В постоянного или 20В переменного тока, которые представляют потенциальную опасность поражения электрическим током;
- недопустимо применение:
 - измерителя, поврежденного полностью или частично,
 - проводов с поврежденной изоляцией,
 - измерителя, продолжительное время хранимого в неправильных условиях (например, в сыром помещении);
- ремонт прибора может выполняться лишь авторизованным сервисным предприятием.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

Не выполнять измерения во взрывоопасной среде (например, в присутствии горючих газов, паров, пыли и т.д.). Использование измерителя в таких условиях может вызвать искрение и взрыв.

Внимание

Настоящее изделие относится к универсальным измерительным приборам для измерения и контроля электрических величин (напряжения, силы тока, сопротивления и мощности)

Символы, отображенные на приборе:



Клавиша для включения и выключения питания измерителя



Измеритель защищен двойной и усиленной изоляцией.



Перед работой с прибором необходимо изучить данное Руководство, тщательно соблюдать правила защиты, а также рекомендации Изготовителя.

МАХ 760 V~ - Внимание, максимальное напряжение на измерительных входах не более 760 В переменного тока.



Сертификат безопасности Европейского стандарта.



Измеритель, предназначенный для утилизации, следует передать Производителю. В случае самостоятельной утилизации ее следует производить в соответствии с действующими правовыми нормами.

CAT IV 300V - Маркировка на оборудовании означает, что оно используется в сетях напряжением до 1000 В, относится к IV категории монтажа и максимальное импульсное напряжение, к воздействию которого должно быть устойчиво — 8000 В.

2 ПОДГОТОВКА ИЗМЕРИТЕЛЯ К РАБОТЕ

После покупки измерителя следует проверить комплектность содержимого упаковки.

Перед тем как приступить к измерениям:

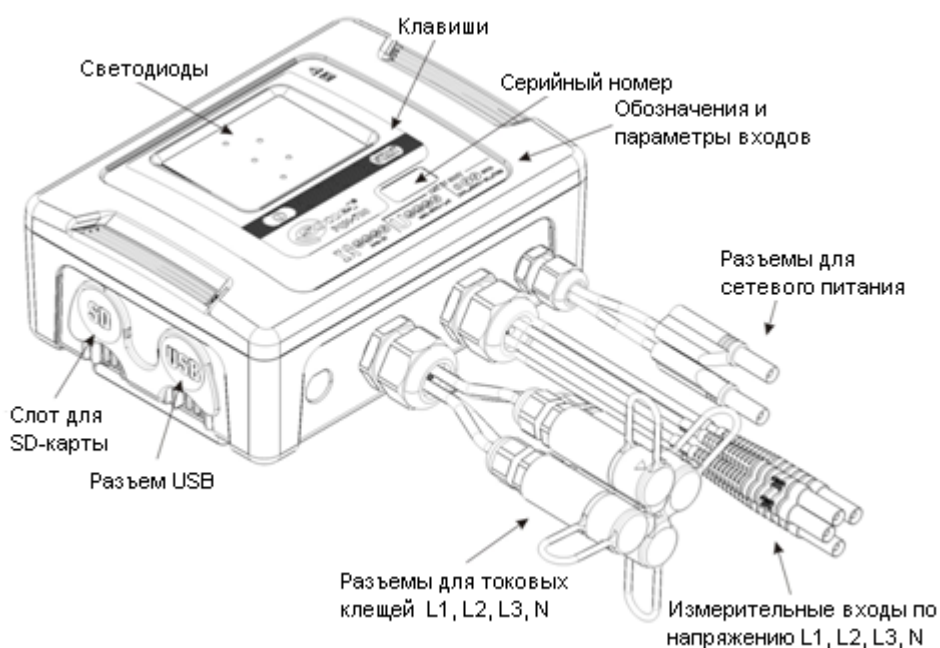
- убедиться, что состояние элементов питания позволяет выполнять измерения;
- проверить целостность корпуса измерителя и изоляции измерительных проводов;

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

Подключение несоответствующих или поврежденных проводов может привести к поражению опасным током.

3 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Анализатор параметров качества электрической энергии PQM-700 – это передовой высокотехнологичный продукт, позволяющий проводить всесторонние измерения, анализ и регистрацию параметров сети 50/60 Гц и качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ Р 54149-2010, ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008), ГОСТ Р 51317.4.7–2008 (МЭК 61000-4-7:2002). Анализатор полностью соответствует стандарту PN-EN 61000-4-30:2011 класса S.



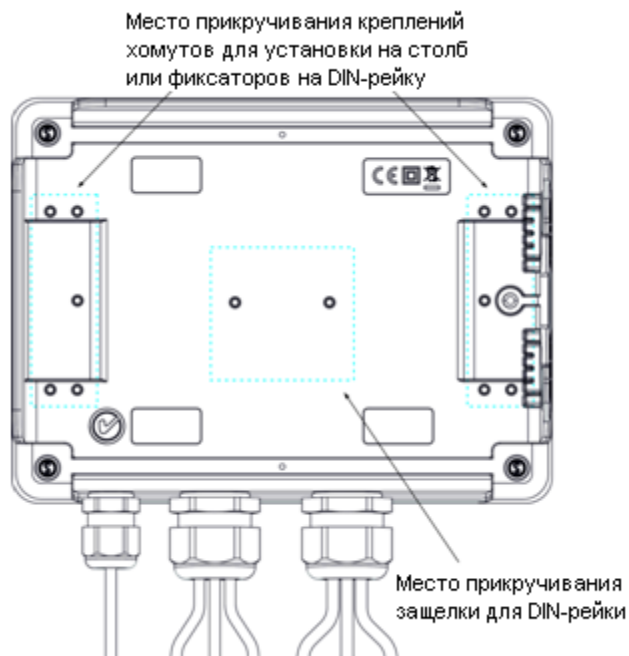
Анализатор качества электрической энергии PQM-700. Общий вид.

Анализатор имеет 4 (четыре) входа по напряжению, обозначенных L1/A, L2/B, L3/C, N. Максимальное значение напряжения на данных входах не должно превышать $\pm 1150\text{В}$ (пиковое значение). При этом данное значение может быть изменено, при условии использования трансформатора напряжения.

Для измерения тока используются четыре токовых входа, заканчивающихся разъемами для подключения токоизмерительных клещей. К ним можно подключить: гибкие клещи F-1, F-2, F-3, с номинальным диапазоном до 3000 А (отличаются только диаметром обхвата), жесткие клещи C-4 (диапазон до 1000 А переменного тока), C-6 (диапазон до 10 А переменного тока) и C-7 (диапазон

до 100 А переменного тока). Также как и при измерении напряжения, диапазон по току может быть изменен с помощью дополнительных трансформаторов тока, например, применяя трансформатора 100:1 с клещами С-4 можно измерять токи до 100 кА.

Прибор имеет съемную карту памяти стандартной емкости 2 Гб. Данные с карты памяти могут быть переданы на ПК с помощью USB-соединения или внешнего считывающего устройства (card reader).



Задняя панель анализатора PQM-700.

Регистрируемые параметры разделены на группы, которые можно независимо от других включать или выключать из регистрации, что позволяет рационально использовать место на карте памяти. Не регистрируемые параметры не занимают места, тем самым можно значительно продлить время записи других параметров.

Анализатор PQM-700 содержит внутренний блок питания с широким диапазоном входного напряжения 90...460В переменного (частота 40...70 Гц) или постоянного тока, который имеет отдельные провода с разъемами типа «банан» на концах.

Важной особенностью является возможность работы в сложных погодных условиях – анализатор может быть установлен непосредственно на столбах линии электропередачи. Степень защиты корпуса IP65, а диапазон рабочих температур составляет -20°C...+55°C.

Бесперебойную работу при условии пропадания напряжения питания обеспечивает встроенный литий-ионный аккумулятор.

Пользовательский интерфейс включает в себя 5 светодиодов, а также 2 клавиши.

Русифицированное бесплатное программное обеспечение SONEL ANALYSIS 2.0 позволяет использовать все возможности измерителя (настройка и анализ полученных значений).

Интерфейс с компьютером осуществляется через USB с оптической развязкой, обеспечивающий высокую скорость передачи данных (до 921,6кбит/с).

3.1 Питание анализатора

Анализатор имеет встроенный источник питания с диапазоном номинальных напряжений 90...460 В переменного или постоянного тока. Блок питания имеет отдельные входы (красного цвета), обозначенные буквами P (от англ. power - питание). Для защиты источника питания от повреждений при попытке его подключения к напряжению ниже указанного диапазона, он выключается при входном напряжении менее 80 В переменного тока (110 В постоянного тока).

При отключении напряжения питания работа анализатора поддерживается за счет внутреннего аккумулятора. Он заряжается, когда на разъемах сетевого блока питания присутствует напряжение.

Он поддерживает автономное питание до 6 часов при температуре -20°C...+55°C. В случае более длительного отсутствия напряжения на входе питания, анализатор выключается. После возвращения напряжения питания, если ранее продолжалась регистрация, анализатор ее возобновит.

Внимание

При подаче питания к зарядному устройству прибора от электрической сети, размещать оборудование таким образом, чтобы не возникало трудностей с его отключением.

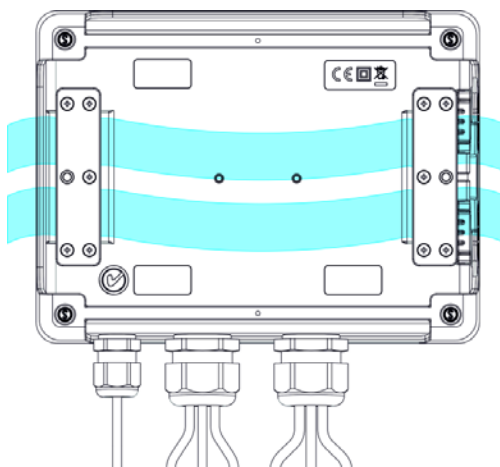
В случае длительного хранения без подключения к источнику питания (более 3 месяц), аккумуляторная батарея полностью разрядится, и некоторые данные могут быть потеряны: текущее время, настройки измерительных программ, PIN-код, пароль блокировки и т.д. После возобновления работ с анализатором, рекомендуется восстановить настройки, используя ПО SONEL ANALYSIS 2.0.

Внимание

Замена аккумулятора должна производиться только в авторизованном сервисном центре

3.2 Степень защиты и условия эксплуатации

Анализатор PQM-700 предназначен для работы в сложных погодных условиях - он может быть установлен непосредственно на столбах линии электропередачи. Для монтажа используются два ремня с застежками и два пластиковых крепления. Крепления привинчиваются к задней стенке корпуса. Установка ремней осуществляется согласно рисунку.



Крепления и ремни для монтажа анализатора.

Анализатор обеспечивает герметичность класса IP65, а диапазон рабочих температур -20...+55°C.

Внимание 

Для того чтобы обеспечить заявленную степень защиты класса IP65, необходимо соблюдать следующие правила:

- Должны быть плотно закрыты крышки разъемов USB и карты микро-SD;
- Неиспользуемые разъемы токовых клещей должны быть закрыты силиконовыми пробками.

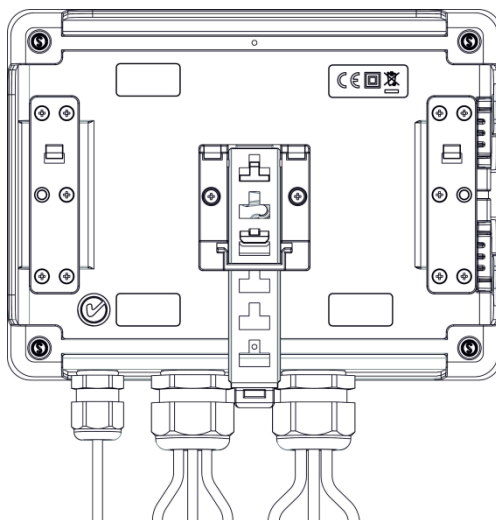
При температуре окружающей среды ниже 0°C и если внутренняя температура падает ниже этого порога, включается обогрев устройства внутренним нагревателем, задачей которого является поддержание положительной температуры в диапазоне температуры окружающей среды -20... 0°C.

Нагреватель питается от встроенного источника сетевого напряжения, а его мощность ограничена примерно 10 Вт.

Из-за особенностей встроенного литий-ионного аккумулятора его зарядка заблокируется, когда температура аккумулятора находится вне диапазона 0°C...45°C (статус зарядки в программе SONEEL ANALYSIS 2.0 изменится на «зарядка приостановлена»).

3.3 Монтаж на DIN-рейку

В наборе поставляется крепление для установки анализатора на стандартную DIN-рейку. Защелку нужно прикрепить к задней стенке анализатора с помощью прилагаемых винтов. В комплект также входят крепления, которые необходимо установить, чтобы повысить надежность монтажа. Эти крепления имеют специальные крючки, которые фиксируют DIN-рейку.



Задняя стенка анализатора с элементами для монтажа на DIN-рейку.

3.3.1 Нормальные условия окружающей среды

- рабочая температура от -20° до 55°C
- температура хранения от -30°C до +60°C
- на высотах до 2000 м;
- влажность от 10 до 90%

3.4 Измеряемые параметры

Измеряемые параметры:

- Напряжение RMS фаза-нейтраль, фаза-фаза в диапазоне до 690В (1150В пиковое значение)
- Ток RMS в диапазоне до 3000А (10кА пиковое значение) при использовании гибких клещей (F-1, F-2, F-3), до 1000А (3600А пиковое значение) при использовании клещей С-4 или С-5, до 10А (36А пиковое значение) при использовании клещей С-6, до 100 А переменного тока при использовании клещей С-7.
- Коэффициент пиковых значений силы тока и напряжения;
- Частота сети в диапазоне 40-70Гц
- Активная, реактивная, полная мощность и энергия, мощность нелинейных искажений;
- Гармонические составляющие напряжений и токов (до 40-й);
- Коэффициент нелинейных искажений THD_F и THD_R тока и напряжения
- Активная и реактивная мощность гармонических составляющих
- Угол фазового сдвига между напряжением и током
- Коэффициент мощности, $\cos\varphi$, $\tan\varphi$
- Длительная и кратковременная доза фликера P_{st} и P_{It}

Выбранные параметры являются обобщенными (усредненными) по времени, определяемому пользователем, и могут быть сохранены на карте памяти. Кроме среднего значения можно записывать минимальное и максимальное значения на протяжении интервала усреднения, а также мгновенные значения.

Возможности ПО позволяют настроить анализатор в соответствии с действующим ГОСТ 54149-2010, а также автоматически сформировать протокол (отчет) на основании зарегистрированных параметров. Настройка параметров регистрации можно также осуществить в ручном режиме, самостоятельно указав все необходимые параметры, допуски, номиналы.

Параметр \ Тип сети		1-фазная		2-х фазная				3-фазная «звезда» с N					3-ф «треугольник» 3-ф «звезда» без N			
		L1	N	L1	L2	L3	Σ	L1	L2	L3	N	Σ	L12	L23	L31	Σ
U	Действующее напряжение	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
U _{DC}	Постоянная составляющая напряжения	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
I	Действующее значение тока	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
I _{DC}	Постоянная составляющая тока	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
f	Частота	•		•				•					•			
CF U	Коэффициент пиковых значений напряжения	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
CF I	Коэффициент пиковых значений	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	

	тока																
P	Активная мощность	•		•	•		•	•	•	•		•					•
Q ₁ , Q _B	Реактивная мощность	•		•	•		•	•	•	•		•					• ⁽¹⁾
D, S _N	Мощность искажения	•		•	•		•	•	•	•		•					
S	Полная мощность	•		•	•		•	•	•	•		•					•
PF	Коэффициент мощности	•		•	•		•	•	•	•		•					•
cos φ	Косинус угла сдвига фаз	•		•	•		•	•	•	•		•					
tg φ	Тангенс угла сдвига фаз	•		•	•		•	•	•	•		•					• ⁽¹⁾
THD _U	Коэффициент гармонических искажений напряжения	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•		
THD _I	Коэффициент гармонических искажений тока	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•		
E _{P+} , E _{P-}	Активная энергия (потребляемая и отдаваемая)	•		•	•		•	•	•	•		•					•
E _{Q1+} , E _{Q1-} E _{QB+} , E _{QB-}	Реактивная энергия (потребляемая и отдаваемая)	•		•	•		•	•	•	•		•					• ⁽¹⁾
E _S	Полная энергия	•		•	•		•	•	•	•		•					•
U _{h1... U_{h40}}	Амплитуды гармоник напряжения	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•		
I _{h1...I_{h40}}	Амплитуды гармоник тока	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•		
Асим- метрия U, I	Симметричные составляющие и коэффициент несимметрии												•				•
P _{st} , P _{It}	Доза фликера	•		•	•			•	•	•			•	•	•		

Примечания:

- L1, L2, L3 (L12, L23, L31) – обозначение фазы
- N – означает измерение по каналу тока I_N в зависимости от типа параметра;
- Σ – означает значение для целой системы;
- В 3-х проводных сетях, в качестве суммарной реактивной мощности рассчитывается неактивная мощность $N = \sqrt{S_e^2 - P^2}$

Объединение измерений по	PN-EN 61000-4-30 Класс S (ГОСТ Р 51317.4.30-2008): <ul style="list-style-type: none"> • Основное время измерения значений параметров (напряжение, ток, гармоники, асимметрия) - это 10-периодный интервал для сетей
--------------------------	--

интервалам времени	электропитания 50 Гц и 12-периодный для сетей 60 Гц; <ul style="list-style-type: none"> Интервал 3 секунды (150 периодов для номинальной частоты 50 Гц и 180 периодов для 60 Гц); Интервал 10 минут.
Погрешность часов	PN-EN 61000-4-30 Класс S (ГОСТ Р 51317.4.30-2008): <ul style="list-style-type: none"> Встроенные часы реального времени настраиваются программой SONEL ANALYSIS 2.0, отсутствует синхронизация времени по GPS и радио; Точность часов - не более $\pm 0,3$с/день
Частота	Выполнены требования PN-EN 61000-4-30 Класс S (ГОСТ Р 51317.4.30-2008) для метода и погрешности измерения
Значение напряжения питания	Выполнены требования PN-EN 61000-4-30 Класс S (ГОСТ Р 51317.4.30-2008) для метода и погрешности измерения
Колебания напряжения (фликер)	Метод измерения и погрешность соответствует требованиям стандарта PN-EN 61000-4-15 (ГОСТ Р 51317.4.30-2008)
Провалы, прерывания и перенапряжения питания	Выполнены требования PN-EN 61000-4-30 Класс S (ГОСТ Р 51317.4.30-2008) для метода и погрешности измерения
Асимметрия напряжения питания	Выполнены требования PN-EN 61000-4-30 Класс S (ГОСТ Р 51317.4.30-2008) для метода и погрешности измерения
Гармоники напряжения и тока	Метод и погрешность измерения в соответствии с PN-EN 61000-4-7 класс I (ГОСТ Р 51317.4.7-2008)



Основным документом, регламентирующим положения связанные с качеством электрической энергии в РФ, был ГОСТ 13109-97. Стандарт не отвечал современным реалиям, и был пересмотрен для приведения в соответствии с международным стандартом EN 50160-2010. С 2013 года введен в действие новый: ГОСТ Р 54149-2010, отменяющий действие ГОСТ 13109-97 (с августа 2014).



Данные документы фактически были разработаны на основе стандартов международной электротехнической комиссии IEC 61000-4-30:2008 и IEC 61000-4-7:2002:

- ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008) Методы измерений показателей качества электрической энергии;
- ГОСТ Р 51317.4.7–2008 (МЭК 61000-4-7:2002) Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств.

4 ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИБОРА

4.1 Включение измерителя

- Анализатор включается нажатием клавиши . Загорается зеленый светодиод ON. Затем анализатор выполняет самотестирование и в случае обнаружения внутренних ошибок загорается светодиод ERROR, чему сопутствует длительный звуковой сигнал (3 секунды) - измерения блокируются. После автоматического теста анализатор начинает проверку правильности подключения, и если обнаружит ошибку, то каждые 0,5 с начинает мигать светодиод ERROR, в этом случае можно начать измерение, нажав .

- Если во время теста анализатор обнаружит слишком высокое напряжение на измерительных разъемах или слишком большой ток, то каждые 0,5 с будет мигать светодиод ERROR и слышен двухтональный звуковой сигнал.
- Если после включения анализатор обнаружит заполненную память, загорается светодиод MEM - измерения блокируются, работает только режим чтения текущих данных.
- Если после включения анализатор не обнаружит карту памяти микро SD или обнаружит ее повреждение, загораются светодиоды ERROR и MEM, измерения блокируются.
- Если тест подключения прошел успешно, то после нажатия  анализатор запускает регистрацию в соответствии с запрограммированным режимом на ПК.
- Выключение анализатора производится удержанием клавиши  в течение 2 секунд, если не включена блокировка клавиатуры или регистрация.

4.2 Синхронизация с ПК



При включении анализатора клавишей  порт USB будет постоянно активен.

В режиме чтения текущих данных, в программе на ПК обновление данных происходит чаще, чем каждые 1 с.

Во время регистрации возможна передача данных, уже сохраненных в памяти. Данные считываются до момента начала передачи.

Во время регистрации возможен просмотр параметров сети на компьютере:

- мгновенные значения тока, напряжения, всех мощностей, суммарные значения для 3 фаз;
- гармоники и THD;
- асимметрию;
- векторные диаграммы для напряжений и токов;
- осциллограммы тока и напряжения отображаемы в режиме реального времени;



Во время соединения с ПК клавиша  блокируется, но если анализатор работает с включенным режимом блокировки клавиатуры (например, во время регистрации), то заблокирована также клавиша .

Для того чтобы соединиться с анализатором необходимо ввести его PIN-код. Код по умолчанию это **000** (три цифры ноль). PIN-код можно изменить с помощью ПО.

Три попытки ввода неправильного PIN-кода блокируют передачу данных на 10 минут. Только после этого времени будет возможна повторная попытка ввести код.

Если в течение 5 минут после подключения к ПК не происходит никакого обмена данными между анализатором и компьютером, анализатор выходит из режима передачи данных и завершает подключение.

Внимание

Удержание в течение 5 секунд клавиш  и  возвращает PIN-код по умолчанию (000). Если включена блокировка клавиатуры во время регистрации, то она имеет более высокий приоритет (сначала нужно разблокировать клавиши, чтобы обнулить PIN-код).




USB – является постоянно действующим интерфейсом и не имеет возможности своего отключения. Для того чтобы соединиться с анализатором, необходимо соединить его кабелем USB с компьютером (разъем USB находится на левой стенке анализатора и защищен уплотнительной заглушкой). На компьютере необходимо предварительно установить программное обеспечение SONE ANALYSIS 2.0 вместе с драйверами.

Скорость передачи данных составляет 921,6 кбит/сек.

4.3 Измерение


4.3.1 Начало и остановка регистрации

Возможны три способа запуска регистрации:

- непосредственный запуск – вручную после нажатия клавиши  после предварительной настройки анализатора с помощью ПК, загорается светодиод LOGG;
- согласно расписанию, установленному в программе ПК, в этом случае нажатие  не начинает регистрацию (анализатор ожидает ближайшего времени из установленного расписания и сам стартует) – светодиод LOGG мигает каждую 1 с в режиме ожидания, а после запуска горит постоянно;
- пороговое значение - при совершении какого-либо события, заданного в конфигурации, нажатие  переключает анализатор в нормальный режим измерений, тем не менее, запись файлов (собственно регистрация) начинается только после обнаружения первого события. Светодиод LOGG мигает каждую 1 с в режиме ожидания, а после запуска горит постоянно;

Регистрация анализатора может быть запущена событием по току или напряжению, которые задаются в программе на ПК.

Окончание регистрации:

- регистрация заканчивается автоматически в режиме расписания (если установлено время окончания), в остальных случаях она продолжается до остановки пользователем (клавишей  или на уровне приложения);
- регистрация заканчивается автоматически при заполнении всей карты памяти;
- после окончания регистрации, если прибор не находится в спящем режиме, гаснет светодиод LOGG и анализатор ждет команды оператора;
- если в процессе регистрации светодиоды не горели, то и после окончания также не горят никакие светодиоды, а нажатие любой клавиши вызывает зажигание светодиода ON.

4.3.2 Ориентировочное время регистрации



Максимальное время регистрации зависит от многих факторов, таких как: объем места на карте памяти, время усреднения, тип сети, количество регистрируемых параметров, запись осциллограмм и обнаружение событий, и сами допуски событий. Некоторые выбранные конфигурации приведены в таблице. В последней колонке указано приблизительное время регистрации для карты памяти объемом 2 Гб. Показанные примеры конфигураций предполагают включенное измерение тока I_N .

Приблизительное время регистрации для нескольких примеров конфигурации

Тип конфигурации/ регистрируемые параметры	Период усреднения	Тип сети (измерение токов)	События	Осциллограммы событий	Осциллограммы по периоду усреднения	Приблизительное время регистрации при отведенном месте 2ГБ
По EN 50160	10 минут	3-фазная звезда	• (1000 событий)	• (1000 событий)		60 лет
По профилю «Токи и напряжения»	1 секунда	3-фазная звезда				270 дней
По профилю «Мощности и гармоники»	1 секунда	3-фазная звезда				23 дня
По профилю «Мощности и гармоники»	1 секунда	3-фазная звезда	• (1000 событий)	• (1000 событий)		22, 5 дня
Включены все возможные параметры	10 минут	3-фазная звезда				4 года
Включены все возможные параметры	10 секунд	3-фазная звезда				25 дней
Включены все возможные параметры	10 секунд	1-фазная				64 дня
Включены все возможные параметры	10 секунд	1-фазная	• (1000 событий)	• (1000 событий)	•	22 дня

4.4 Блокировка клавиш

В приложении ПК есть возможность настройки параметров блокировки клавиш после начала регистрации. Это делается для защиты анализатора от остановки регистрации посторонними лицами. Чтобы разблокировать клавиши, необходимо выполнить следующие действия:

- три раза подряд нажать клавишу  с интервалом от 0,5 сек до 1 сек ;
- затем нажать клавишу  в течение 0,5 сек – 1 сек;

Нажатие клавиш сопровождается звуковым сигналом, даже для неактивных клавиш, а после всей последовательности действий прибор издает двойной звуковой сигнал.


4.5 Режим ожидания («спящий» режим)

Программа ПК дает возможность включить режим ожидания. Через 10 секунд после начала регистрации анализатор гасит светодиоды. С этого момента возможны варианты:

- непосредственный запуск – после активации режима, каждые 10 секунд мигает (на 0,5 секунды) светодиод LOGG, сигнализирующий о регистрации;
- запуск по пороговому событию – после активации режима, светодиод LOGG мигает каждые 30 секунд в режиме ожидания, в момент начала регистрации светодиод LOGG начинает мигать через каждые 10 секунд;

- запуск согласно расписанию – после активации режима, светодиод LOGG мигает каждые 30 секунд в режиме ожидания, в момент начала регистрации светодиод LOGG начинает мигать через каждые 10 секунд;

В дополнение к указанным выше случаям:

- если Пользователь сам прервет регистрацию, нажав , то светодиоды включаются, если только регистрация не начнется заново;
- если анализатор самостоятельно закончил регистрацию, потому что закончилось место на карте памяти или завершено расписание, то светодиоды остаются погашены.

Нажатие любой клавиши (кратковременно) вызывает свечение диода ON (и, возможно, других, например, MEM в зависимости от состояния) и активации данной функции, если она доступна.

4.6 Функция автоматического выключения

Если анализатор не менее 30 минут работает с питанием от аккумулятора (отсутствует сетевое питание) и не находится в режиме регистрации или нет активного соединения с компьютером, он автоматически отключается для предотвращения разряда аккумулятора.

Автоматическое выключение анализатора возникает также в случае полного разряда аккумулятора. Такому аварийному отключению предшествует свечение диода BATT в течение 5 секунд, и оно производится независимо от режима, в котором находится анализатор. В случае активной регистрации, она прерывается. После возвращения напряжения питания регистрация возобновляется.

5 ПОДКЛЮЧЕНИЕ АНАЛИЗАТОРА

Анализатор можно подключить к следующим типам сети:

- Однофазная двухпроводная
- Расщеплённая фаза (двухфазная) (с отдельной обмотки трансформатора, англ. split phase)
- Трёхфазная четырёхпроводная («звезда»)
- Трёхфазная трёхпроводная («звезда») (изолированная нейтраль)
- Трёхфазная трёхпроводная («треугольник»)

В трёхпроводных системах возможен замер токов методом Арона, с использованием только двух клещей, измеряющих линейные токи I_{L1} и I_{L3} . Значение же тока I_{L2} вычисляется согласно зависимости:

$$I_{L2} = -I_{L1} - I_{L3}$$

Эту методику можно использовать в случае системы типа треугольник и звезда без нейтрального проводника.

Внимание

Поскольку входы измерения напряжения отнесены к входу N, в системах, где отсутствует нейтральный проводник входы N и L3 анализатора соединены между собой.

В сетях с нейтральным проводником дополнительно можно включить измерение тока в этом проводнике после подключения дополнительных клещей по входу I_N . Это измерение выполняется после включения в конфигурации места измерения опции Измерение в проводнике N.

Внимание

Для правильного вычисления полной мощности S_e а также коэффициента мощности PF в трехфазной 4-проводной сети обязательно измерение тока в нейтральном проводнике. В таком случае необходимо всегда включать опцию Измерение в проводнике N и подключить 4 измерительных клещей.

В случае систем с доступными проводниками PE и N (заземляющий и нейтральный) возможно также измерение напряжения PE-N. С этой целью необходимо проводник PE подключить к входу напряжения PE анализатора. Дополнительно в конфигурации точки измерения нужно выбрать опцию **Напряжение PE-N**.

Необходимо обратить внимание на фазировку клещей (гибких и обычных). Клещи необходимо так установить, чтобы стрелка находящаяся на клещах совпадала с направлением тока. Проверить правильность установки клещей можно путем измерения активной мощности – в большинстве типов пассивных приемников, активная мощность имеет положительный знак.

Ниже рисунки схематично представляют способы подключения анализатора к исследуемой сети в зависимости от ее типа.

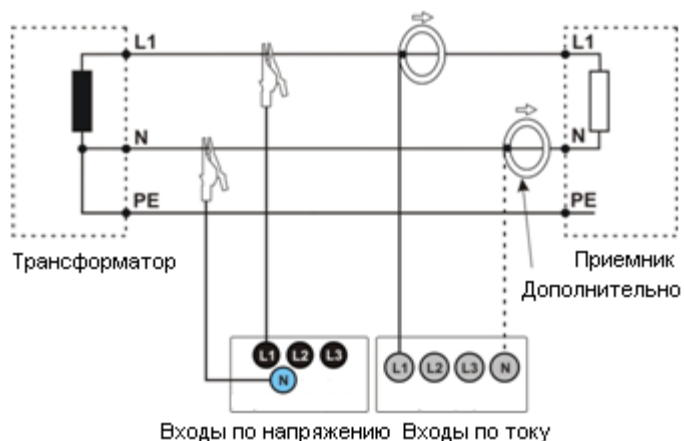


Схема подключения – однофазная сеть.

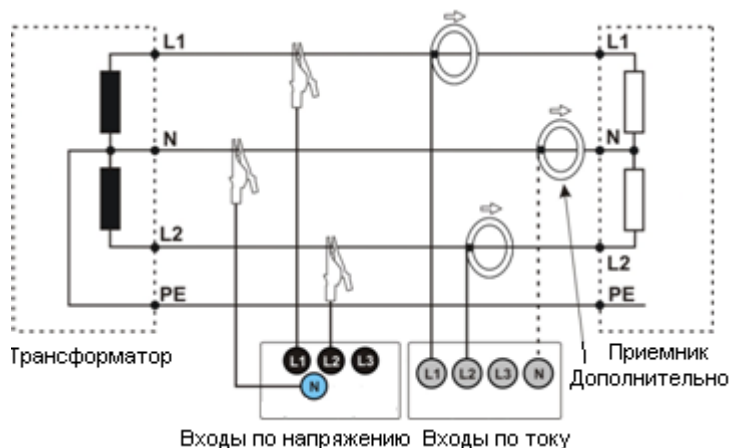


Схема подключения – сеть с расщеплённой фазой (двухфазная).

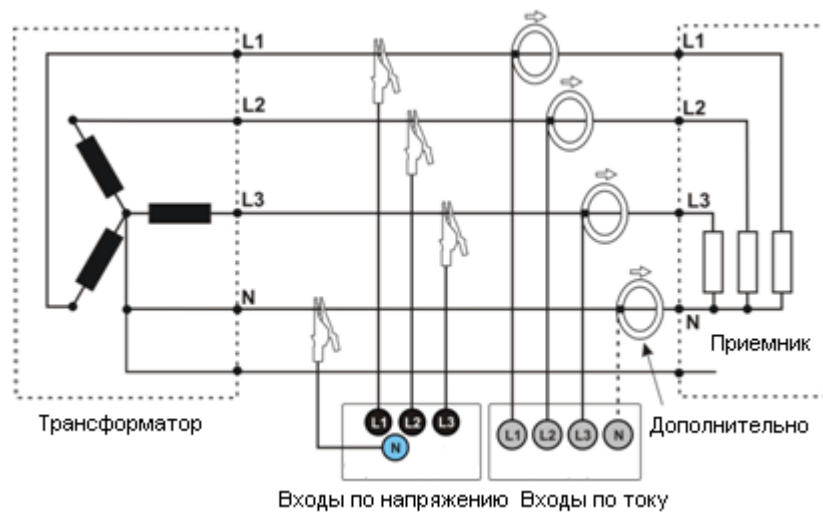


Схема подключения – трехфазная сеть «звезда» с нейтральным проводом.

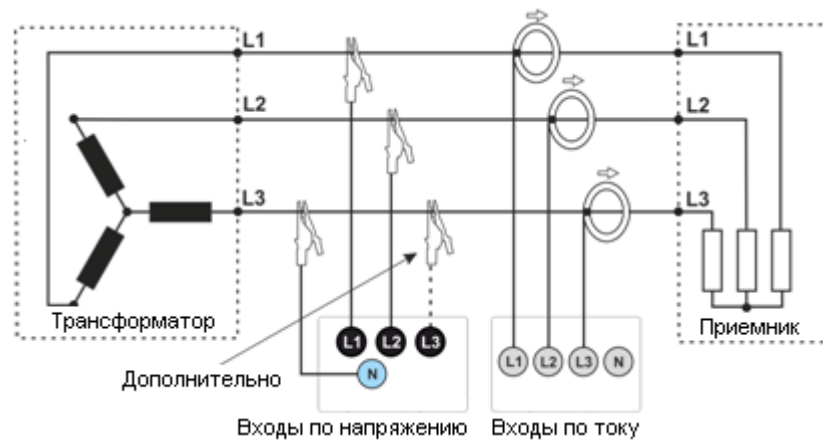


Схема подключения – трехфазная сеть «звезда» без нейтрального провода.

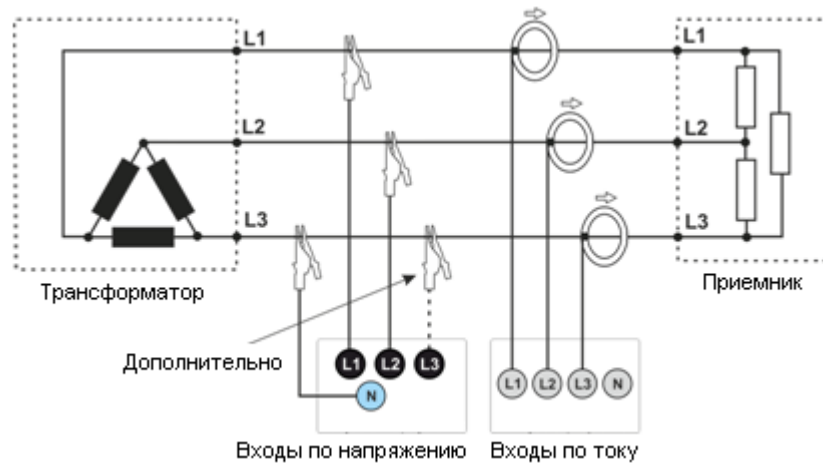


Схема подключения – трехфазная сеть «треугольник».

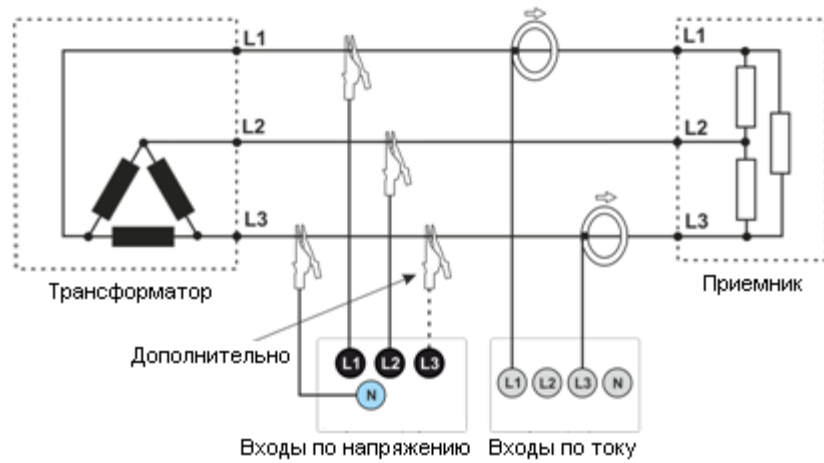


Схема подключения – трехфазная сеть «треугольник» (измерение тока методом Арона).

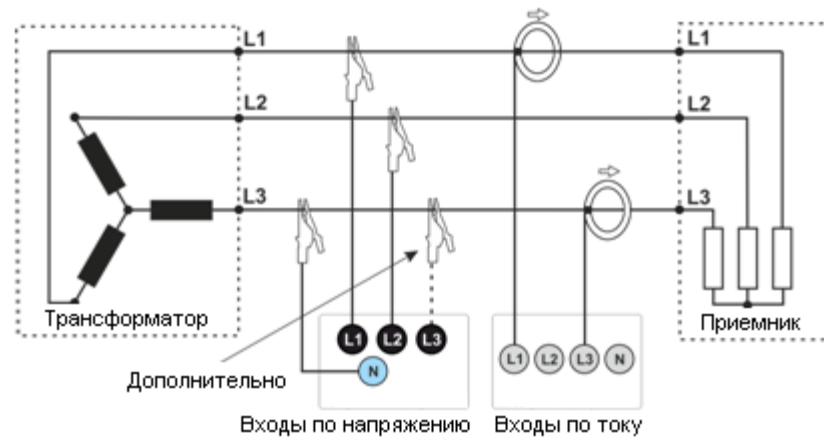


Схема подключения – трехфазная сеть «звезда» без нейтрального провода (измерение тока методом Арона)

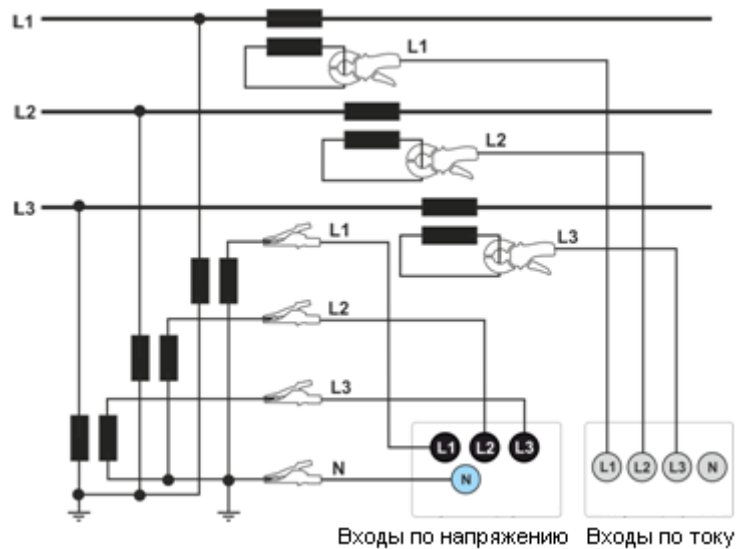


Схема подключения – сеть с трансформаторами

6 РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ

6.1 Однофазная сеть

Однофазная сеть

Параметр Название	Обозначение	Метод расчета Единицы	Формула
Действующее значение напряжения (True RMS)	U_A	В	$U_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i^2}$ <p>где U_i очередной отсчет напряжения U_{A-N} $M=2560$ для сети 50 Гц $M=3072$ для сети 60 Гц</p>
Постоянная составляющая напряжения	U_{ADC}	В	$U_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i$ <p>где U_i очередной отсчет напряжения U_{A-N} $M=2560$ для сети 50 Гц $M=3072$ для сети 60 Гц</p>
Частота	f	Гц	число целых периодов напряжения U_{A-N} , подсчитанных за 10 секундный интервал по времени часов, разделенному на общее время полных периодов
Действующее значение тока (True RMS)	I_A	А	$I_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i^2}$ <p>где I_i очередной отсчет тока I_A $M=2560$ для сети 50 Гц $M=3072$ для сети 60 Гц</p>
Постоянная составляющая тока	I_{ADC}	А	$I_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i$ <p>где I_i очередной отсчет тока I_A $M=2560$ для сети 50 Гц $M=3072$ для сети 60 Гц</p>
Активная мощность	P	Вт	$P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i I_i$ <p>где U_i очередной отсчет напряжения U_{A-N}, I_i очередной отсчет тока I_A, $M=2560$ для сети 50 Гц $M=3072$ для сети 60 Гц</p>
Реактивная мощность $Q_{Budeanu}$	Q_B	вар	$Q_B = \sum_{h=1}^{50} U_h I_h \sin \varphi_h$ <p>где U_h - h-я гармоника напряжения U_{A-N}, I_h - h-я</p>

Реактивная мощность основной составляющей (первой гармоники)	Q_1	вар	<p>гармоника тока I_A, а φ_h - h-й угол между гармониками U_h и I_h</p> $Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1$ <p>где U_1 - основная составляющая (первая гармоника) напряжения U_{A-N}, I_1 - основная составляющая тока I_A, а φ_1 - угол между основными составляющими U_1 и I_1</p>
Полная мощность	S	ВА	$S = U_{ARMS} I_{ARMS}$
Полная мощность искажения	S_N	ВА	$S_N = \sqrt{S^2 - (U_1 I_1)^2}$
Мощность искажения D_B	D_B	вар	$D_B = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}$
Коэффициент мощности	PF	-	$PF = \frac{P}{S}$
Коэффициент сдвига фаз	$\cos \varphi$ DPF	-	<p>если $PF > 0$, нагрузка является генератором если $PF < 0$, нагрузка является приемником</p> $\cos \varphi = DPF = \cos(\varphi_{U1} - \varphi_{I1})$ <p>где φ_{U1} - абсолютный угол основной составляющей напряжения U_{A-N} φ_{I1} - абсолютный угол основной составляющей тока I_A</p>
Тангенс φ	$tg \varphi$	-	$tg \varphi = \frac{Q_1}{P}$
Гармоники тока и напряжения	U_{hx} I_{hx}	В А	Метод гармонических подгрупп, по PN-EN 61000-4-7, x - (ряд гармоник) = 1..50
Коэффициент гармонических искажений напряжения относительно основной гармоники	$THDU_F$	-	$THDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$ <p>где U_h - h-я гармоника напряжения U_{A-N}, а U_1 - основная составляющая напряжения U_{A-N}</p>
Коэффициент гармонических искажений напряжения относительно среднеквадратичного значения	$THDU_R$	-	$THDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ <p>где U_h - h-я гармоника напряжения U_{A-N}</p>
Коэффициент гармонических искажений тока относительно основной гармоники	$THDI_F$	-	$THDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$ <p>где I_h - h-я гармоника тока I_A, I_1 - основная составляющая тока I_A</p>

<p>Коэффициент гармонических искажений тока относительно среднеквадратичного значения</p>	$THDI_R$	–	$THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$	где I_h - h-я гармоника тока I_A
<p>Коэффициент пиковой амплитуды напряжения (пик-фактор напряжения)</p>	CFU	–	$CFU = \frac{\max U_i }{U_{ARMS}}$	<p>где величина $\max U_i$ выражает наибольшее из абсолютных значений отсчетов напряжения U_{A-N} $i = 2560$ для сети 50 Гц $i = 3072$ для сети 60 Гц</p>
<p>Коэффициент пиковой амплитуды тока (пик-фактор тока)</p>	CFI	–	$CFI = \frac{\max I_i }{I_{ARMS}}$	<p>где величина $\max I_i$ выражает наибольшее из абсолютных значений отсчетов тока I_A $i = 2560$ для сети 50 Гц $i = 3072$ для сети 60 Гц</p>
<p>Кратковременная доза фликера</p>	P_{st}	–	рассчитывается в соответствии с стандартом PN-EN 61000-4-15	
<p>Длительная доза фликера</p>	P_{lt}	–	$P_{LT} = \frac{1}{3} \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (P_{STi})^3}$	где P_{sti} – очередная i-ая кратковременная доза фликера
<p>Активная энергия (потребляемая и отдаваемая)</p>	E_{p+}, E_{p-}	Вт·ч	$E_{p+} = \sum_{i=1}^m P_+(i)T(i)$ $P_+(i) = \begin{cases} P(i) & \text{для } P(i) > 0 \\ 0 & \text{для } P(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{p-} = \sum_{i=1}^m P_-(i)T(i)$ $P_-(i) = \begin{cases} P(i) & \text{для } P(i) < 0 \\ 0 & \text{для } P(i) \geq 0 \end{cases}$	<p>где i-это очередной номер окна измерения 10/12 периодов, $P(i)$ представляет значение активной мощности P, рассчитанной в i-м интервале измерения, $T(i)$ представляет длительность i-го интервала измерения в часах</p>
<p>Реактивная энергия V_{deanu} (потребляемая и отдаваемая)</p>	E_{Q+}, E_{Q-}	вар·ч	$E_{QB+} = \sum_{i=1}^m Q_{B+}(i)T(i)$ $Q_{B+}(i) = \begin{cases} Q_B(i) & \text{для } Q_B(i) > 0 \\ 0 & \text{для } Q_B(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{QB-} = \sum_{i=1}^m Q_{B-}(i)T(i)$	

$$Q_{B-}(i) = \begin{cases} |Q_B(i)| & \text{для } Q_B(i) < 0 \\ 0 & \text{для } Q_B(i) \geq 0 \end{cases}$$

где i -это очередной номер периода измерения 10/12 периодов,

$Q_B(i)$ представляет значение реактивной мощности Q_B , рассчитанной в i -м периоде измерения,

$T(i)$ представляет длительность i -го периода измерения в часах

Реактивная энергия основной составляющей (потребляемая и отдаваемая) E_{Q1+}, E_{Q1-} вар·ч

$$E_{Q1+} = \sum_{i=1}^m Q_{1+}(i)T(i)$$

$$Q_{1+}(i) = \begin{cases} Q_1(i) & \text{для } Q_1(i) > 0 \\ 0 & \text{для } Q_1(i) \leq 0 \end{cases}$$

$$E_{Q1-} = \sum_{i=1}^m Q_{1-}(i)T(i)$$

$$Q_{1-}(i) = \begin{cases} |Q_1(i)| & \text{для } Q_1(i) < 0 \\ 0 & \text{для } Q_1(i) \geq 0 \end{cases}$$

где i -это очередной номер периода измерения 10/12 периодов,

$Q_1(i)$ представляет значение основной составляющей реактивной мощности Q_1 , рассчитанной в i -м периоде измерения,

$T(i)$ представляет длительность i -го периода измерения в часах,

Полная энергия E_S ВА·ч

$$E_S = \sum_{i=1}^m S(i)T(i)$$

где i -это очередной номер периода измерения 10/12 периодов,

$S(i)$ представляет значение полной мощности S , рассчитанной в i -м периоде измерения,

$T(i)$ представляет длительность i -го периода измерения в часах

Двухфазная сеть

(не перечисленные параметры рассчитываются как для однофазной сети)

Название	Параметр		Метод расчета
	Обозначение	Единицы	
Общая активная мощность	P_{tot}	Вт	$P_{tot} = P_A + P_B$
Общая реактивная мощность Q_B	Q_{Btot}	вар	$Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB}$
Общая реактивная мощность основной составляющей	Q_{1tot}	вар	$Q_{1tot} = Q_{1A} + Q_{1B}$
Общая полная мощность	S_{tot}	ВА	$S_{tot} = S_A + S_B$

Общая полная мощность искажения	S_{Ntot}	ВА	$S_{Ntot} = S_{NA} + S_{NB}$
Общая мощность искажения Budeanu	D_{Btot}	вар	$D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB}$
Общий коэффициент мощности	PF_{tot}	—	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_{tot}}$
Общий коэффициент сдвига фаз	$\cos \varphi_{tot}$ DPF_{tot}	—	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{2}(\cos \varphi_A + \cos \varphi_B)$
Общий тангенс ф	$tg\varphi_{tot}$	—	$tg\varphi = \frac{Q_{1tot}}{P_{tot}}$
Общая активная энергия (потребляемая и отдаваемая)	E_{P+tot}, E_{P-tot}	Вт·ч	$E_{P+tot} = E_{P+A} + E_{P+B}$ $E_{P-tot} = E_{P-A} + E_{P-B}$
Общая реактивная энергия Budeanu (потребляемая и отдаваемая)	E_{QB+tot}, E_{QB-tot}	вар·ч	$E_{QB+tot} = E_{QB+A} + E_{QB+B}$ $E_{QB-tot} = E_{QB-A} + E_{QB-B}$
Общая реактивная энергия основной составляющей (потребл. и отдаваемая)	E_{Q1+tot}, E_{Q1-tot}	вар·ч	$E_{Q1+tot} = E_{Q1+A} + E_{Q1+B}$ $E_{Q1-tot} = E_{Q1-A} + E_{Q1-B}$
Общая полная энергия	$E_{S tot}$	ВА·ч	$E_{S tot} = E_{SA} + E_{SB}$

Трехфазная сеть «звезда» с N

(не перечисленные параметры рассчитываются как для однофазной сети)

Параметр	Метод расчета		
Название	Обозначение	Единицы	
Общая активная мощность	P_{tot}	Вт	$P_{tot} = P_A + P_B + P_C$
Общая реактивная мощность Budeanu	Q_{Btot}	вар	$Q_{Btot} = Q_{BA} + Q_{BB} + Q_{BC}$
Общая реактивная мощность согласно IEEE 1459	Q_1^+	вар	$Q_1^+ = 3U_1^+ I_1^+ \sin \varphi_1^+$, где U_1^+ — прямая симметричная составляющая напряжения (основной составляющей), I_1^+ — прямая симметричная составляющая тока (основной составляющей), φ_1^+ — угол между составляющими U_1^+ и I_1^+ $S_e = 3U_e I_e$, где
Эффективная полная мощность	S_e	ВА	U_e $= \sqrt{\frac{3(U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$

Эффективная полная мощность искажения	S_{eN}	ВА	$I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$ $S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}, \text{ где } S_{e1} = 3U_{e1}I_{e1}$ $U_{e1} = \sqrt{\frac{3(U_{A1}^2 + U_{B1}^2 + U_{C1}^2) + U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{18}}$ $I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2 + I_{N1}^2}{3}}$
Общая мощность искажения Videanu	D_{Btot}	вар	$D_{Btot} = D_{BA} + D_{BB} + D_{BC}$
Общий коэффициент мощности	PF_{tot}	—	$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$
Общий коэффициент сдвига фаз	$\cos \varphi_{tot} \text{ } DPF_{tot}$	—	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{3}(\cos \varphi_A + \cos \varphi_B + \cos \varphi_C)$
Общий тангенс ф	$tg \varphi_{tot}$	—	$tg \varphi_{tot} = \frac{Q_{1tot}}{P_{tot}}$
Общая активная энергия (потребляемая и отдаваемая)	E_{P+tot}, E_{P-tot}	Вт	$E_{P+tot} = E_{P+A} + E_{P+B} + E_{P+C}$ $E_{P-tot} = E_{P-A} + E_{P-B} + E_{P-C}$
Общая реактивная энергия Videanu (потребляемая и отдаваемая)	E_{QB+tot}, E_{QB-tot}	вар·ч	$E_{QB+tot} = E_{QB+A} + E_{QB+B} + E_{QB+C}$ $E_{QB-tot} = E_{QB-A} + E_{QB-B} + E_{QB-C}$
Общая реактивная энергия основной составляющей (потребляемая и отдаваемая)	E_{Q1+tot}, E_{Q1-tot}	вар·ч	$E_{Q1+tot} = E_{Q1+A} + E_{Q1+B} + E_{Q1+C}$ $E_{Q1-tot} = E_{Q1-A} + E_{Q1-B} + E_{Q1-C}$
Общая полная энергия	$E_{S_{tot}}$	ВА·ч	$E_{S_{tot}} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ <p>где i-это очередной номер окна измерения 10/12 периодов, $S_e(i)$ представляет значение эффективной полной мощности S_e, рассчитанной в i-м окне измерения, $T(i)$ представляет длительность i-го окна измерения в часах,</p>
Действующее значение нулевой симметричной составляющей напряжения	U_0	В	$U_0 = \frac{1}{3}(U_{A1} + U_{B1} + U_{C1})$ $U_0 = \text{mag}(U_0)$ <p>где U_{A1}, U_{B1}, U_{C1} векторы основных составляющих фазных напряжений $U_A, U_B,$</p>

Действующее значение прямой симметричной составляющей напряжения	U_1	В	<p>U_C, а оператор $\text{mag}(\underline{U}_0)$ обозначает модуль вектора</p> $\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a\underline{U}_{B1} + a^2\underline{U}_{C1})$ $U_1 = \text{mag}(\underline{U}_1)$ <p>где $\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}$ векторы основных составляющих фазных напряжений U_A, U_B, U_C, а оператор $\text{mag}(\underline{U}_1)$ обозначает модуль вектора, $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$, $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$</p> $\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a^2\underline{U}_{B1} + a\underline{U}_{C1})$ $U_2 = \text{mag}(\underline{U}_2)$ <p>где $\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}$ векторы основных составляющих фазных напряжений U_A, U_B, U_C, а оператор $\text{mag}(\underline{U}_2)$ обозначает модуль вектора,</p> $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j,$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
Действующее значение обратной симметричной составляющей напряжения	U_2	В	
Коэффициент несимметрии напряжения нулевой последовательности	u_0	%	$u_0 = \frac{U_0}{U_1} \cdot 100\%$
Коэффициент несимметрии напряжения обратной последовательности	u_2	%	$u_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%$
Нулевая симметричная составляющая тока	I_0	А	$\underline{I}_0 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{C1})$ $I_0 = \text{mag}(\underline{I}_0)$ <p>где $\underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1}$ векторы основных составляющих токов фаз I_A, I_B, I_C, оператор $\text{mag}(\underline{I}_0)$ обозначает модуль вектора</p>
Действующее значение прямой симметричной составляющей тока	I_1	А	$\underline{I}_1 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + a\underline{I}_{B1} + a^2\underline{I}_{C1})$ $I_1 = \text{mag}(\underline{I}_1)$ <p>где $\underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1}$ векторы основных составляющих токов фаз I_A, I_B, I_C, оператор $\text{mag}(\underline{I}_1)$ обозначает модуль вектора</p>
Действующее значение обратной симметричной составляющей	I_2	А	$\underline{I}_2 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + a^2\underline{I}_{B1} + a\underline{I}_{C1})$ $I_2 = \text{mag}(\underline{I}_2)$ <p>где $\underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1}$ векторы основных составляющих токов фаз I_A, I_B, I_C, оператор $\text{mag}(\underline{I}_2)$ обозначает модуль вектора</p>
Коэффициент несимметрии тока нулевой	i_0	%	$i_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%$

последовательности

Коэффициент

несимметрии тока

обратной

последовательности

i_2

%

$$i_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%$$

Трёхфазная сеть «звезда» без N

(параметры: действующие значения напряжения и тока, постоянные составляющие напряжений и токов, коэффициенты THD и K, симметричные составляющие и коэффициенты асимметрии, дозы фликера рассчитываются также как для однофазной сети, только вместо фазных напряжений используется линейные напряжения)

Параметр

Название

Обозначение

Единицы

Метод расчета

Линейное напряжение

U_{CA}

U_{CA}

B

$$U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$$

Ток I2 (измерительные
схемы Арона)

I_2

A

$$I_2 = -(I_1 + I_3)$$

Общая активная
мощность

P_{tot}

Вт

$$P_{tot} = \frac{1}{M} \left(\sum_{i=1}^M U_{iAC} I_{iA} + \sum_{i=1}^M U_{iBC} I_{iB} \right)$$

U_{iAC} очередной отсчет напряжения U_{A-C} U_{iBC}

очередной отсчет напряжения U_{B-C}

I_{iA} очередной отсчет тока I_A

I_{iB} очередной отсчет тока I_B

$M=2048$ для сети 50 Гц и 60 Гц

$S_e = 3U_e I_e$, где

$$U_e = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{9}}$$

$$I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{3}}$$

Общая полная
мощность

S_e

ВА

Общая реактивная
мощность (Budeanu и
IEEE 1459)

Q_{Btot}

вар

$$Q = N = \sqrt{S_e^2 - P^2}$$

Общая мощность
искажения Budeanu

D_{Btot}

вар

$$D_{Btot} = 0$$

Эффективная полная
мощность искажения

S_{eN}

ВА

$$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}, \text{ где } S_{e1} = 3U_{e1}I_{e1}$$

$$U_{e1} = \sqrt{\frac{U_{AB1}^2 + U_{BC1}^2 + U_{CA1}^2}{9}}$$

$$I_{e1} = \sqrt{\frac{I_{A1}^2 + I_{B1}^2 + I_{C1}^2}{3}}$$

Общий коэффициент
мощности

PF_{tot}

—

$$PF_{tot} = \frac{P_{tot}}{S_e}$$

Активная энергия
(потребляемая и

E_{P+tot}, E_{P-tot}

Вт

$$E_{P+tot} = \sum_{i=1}^m P_{+tot}(i)T(i)$$

отдаваемая)

$$P_{+tot}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{для } P_{tot}(i) > 0 \\ 0 & \text{для } P_{tot}(i) \leq 0 \end{cases}$$

$$E_{P-tot} = \sum_{i=1}^m P_{-tot}(i)T(i)$$

$$P_{-tot}(i) = \begin{cases} |P_{tot}(i)| & \text{для } P_{tot}(i) < 0 \\ 0 & \text{для } P_{tot}(i) \geq 0 \end{cases}$$

где i -это очередной номер окна измерения 10/12 периодов,

$P_{tot}(i)$ представляет значение общей активной мощности P_{tot} , рассчитанной в i -м окне измерения,

$T(i)$ представляет длительность i -го окна измерения в часах,

$$E_{S_{tot}} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$$

где i -это очередной номер окна измерения 10/12 периодов,

$S_e(i)$ представляет значение общей полной мощности S_e , рассчитанной в i -м окне измерения,

$T(i)$ представляет длительность i -го окна измерения в часах,

Общая полная энергия

$E_{S_{tot}}$

ВА·ч

6.2 Методы усреднения параметров

Методы усреднения параметров

Методы усреднения параметров	
Параметр	Метод усреднения
Действующее напряжение	RMS (среднеквадратичное)
Постоянное напряжение	среднее арифметическое
Частота	среднее арифметическое
Коэффициент пикового значения (пик-фактор) U, I	среднее арифметическое
Симметричные составляющие U, I	RMS (среднеквадратичное)
Коэффициент несимметрии U, I	рассчитываются из средних значений симметричных составляющих
Действующее значение тока	RMS (среднеквадратичное)
Активная, реактивная, полная мощность и мощность искажения	среднее арифметическое
Коэффициент мощности PF	рассчитывается из среднего значения мощности
$\cos\varphi$	среднее арифметическое
$\text{tg}\varphi$	рассчитывается из среднего значения мощности
THD U, I	рассчитывают как отношение среднего значения RMS высших гармоник к среднему значению RMS основной составляющей (для THD-F) или отношение среднего значения RMS высших гармоник к среднему значению эффективного напряжения (для THD-R)
Амплитуды гармоник U, I	RMS (среднеквадратичное)

Углы между гармониками напряжений и среднее арифметическое токов
Активная и реактивная мощность среднее арифметическое гармоник

7 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Технические характеристики могут быть изменены изготовителем без дополнительного уведомления.

Указанные значения погрешностей применимы только к PQM-700 без дополнительных трансформаторов и токоизмерительных клещей.

Сокращения:

1. U_{RMS} – измеренное значение напряжения постоянного и переменного тока (среднеквадратическое значение);
2. I_{RMS} – измеренное значение силы постоянного и переменного тока (среднеквадратическое значение);
3. U_{nom} – номинальное значение напряжения, установленное в анализаторе. Возможны установки напряжений из группы: 110/190 В, 115/200 В, 220/380 В, 230/400 В, 240/415 В, 400/690 В (межфазное/ линейное). При использовании трансформаторов, в анализаторе возможна установка номинального напряжения (напряжения вторичной обмотки).
4. I_{nom} – номинальное значение предела диапазона измерения для токовых разъемов анализатора (клещей);
5. K – коэффициент масштабного преобразования входных для токовых разъемов анализатора;
6. h – порядковый номер гармоники;
7. $U_{h,изм}$ – измеренное значение среднеквадратического значения гармонических составляющих напряжения;
8. $I_{h,изм}$ – измеренное значение среднеквадратического значения гармонических составляющих силы тока;
9. THD_U изм - измеренное значение суммарного коэффициента гармонических составляющих напряжения;
10. THD_I изм - измеренное значение суммарного коэффициента гармонических составляющих силы тока;
11. $P(E_p)$ изм - измеренное значение активной мощности (активной энергии);
12. $Q(E_Q)$ изм - измеренное значение реактивной мощности (реактивной энергии);
13. $S(E_S)$ изм - измеренное значение полной мощности (полной энергии);
14. Pst изм - измеренное значение кратковременной дозы фликера;
15. Plt изм - измеренное значение длительной дозы фликера.
16. δ_U – относительная погрешность измерения напряжения;
17. δ_I – относительная погрешность измерения силы тока;
18. δ_p – дополнительная относительная погрешность, связанная с измерением угла сдвига фаза между напряжением и током

$$\text{Для } \cos \varphi \neq 0, \delta_p = 100 \cdot \left(1 - \frac{\cos(\varphi + \Delta\varphi)}{\cos \varphi}\right) [\%]$$

$$\text{Для } \sin \varphi \neq 0, \delta_p = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sin(\varphi - \Delta\varphi)}{\sin \varphi}\right) [\%]$$

- где φ – угол сдвига фаз между напряжением и током;
- $\Delta\varphi$ - абсолютная погрешность измерения угла сдвига фаз между напряжением и током.

7.1 Входы

Входы по напряжению	
Число входов	4 (L1, L2, L3, N – 3 измерительных канала) гальванически не изолированные
Максимальное входное напряжение	760 Вольт _{RMS}
Пиковое значение входного напряжения (без срезки)	1150 В
Диапазон измерения постоянного напряжения	±1150 В
Аналоговая полоса пропускания (–3дБ)	>12 кГц
Трансформаторы	по решению пользователя
Полное входное сопротивление измерительных входов	14МОм
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (англ. CMRR)	>70 дБ (50Гц)
Токовые входы	
Число входов	4 (3 фазы + нейтраль) гальванически не изолированные
Номинальное входное напряжение	1 Вольт _{RMS}
Пиковое значение входного напряжения	3,6 В
Аналоговая полоса пропускания (–3дБ)	>12 кГц
Полное входное сопротивление	Канал жестких клещей: 100 кОм Канал гибких клещей: 12,4 кОм
Диапазон измерения (без трансформаторов)	Гибкие клещи F-1/F-2/F-3: 1..3000А (10000А пиковое значение) Клещи С-4, С-5: 1..1000А (3600 А пиковое значение) Клещи жесткие С-6: 0,01..10А (36А пиковое значение) Клещи жесткие С-7: 0..100А (360А пиковое значение)
Трансформаторы	по решению пользователя
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (англ. CMRR)	60 дБ (50Гц)

7.1 Дискретизация и часы реального времени RTC

Дискретизация и часы реального времени RTC	
АЦП (аналогово-цифровой преобразователь)	16-битный
Частота дискретизации	12,8 кГц для 50 Гц и 15,36 кГц для 60 Гц Одновременная дискретизация по всем каналам

Количество отсчетов за период	256
Синхронизация ФАПЧ (англ. PLL)	40..70 Гц
Опорный канал для системы ФАПЧ	L1
Часы реального времени	$\pm 3,5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ макс. (около ± 9 секунд/месяц) в диапазоне температур $-20^\circ\text{C}...+55^\circ\text{C}$

7.2 Измеряемые параметры – точности, разрешения и диапазоны

7.2.1 Условия для поверки

Нормальные условия для поверки	
Температура окружающей среды	$23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
Относительная влажность	40...60%
Асимметрия напряжения	$\leq 0,1\%$ для коэффициента несимметрии по обратной последовательности (относится только к трехфазным сетям)
Внешнее магнитное поле	$\leq 40\text{A}/\text{м}$ (постоянное) $\leq 3\text{A}/\text{м}$ (переменное) для частоты 50/60Гц
Постоянная составляющая напряжения и тока	нулевая
Форма сигнала	синусоидальный
Частота	50 Гц $\pm 0,2\%$ или 60 Гц $\pm 0,2\%$

7.2.2 Напряжение

Напряжение	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
U_{RMS} (переменное и постоянное)	$20\% U_{\text{ном}} \leq U_{\text{RMS}} \leq 120\% U_{\text{ном}}$ для $U_{\text{ном}} \geq 100\text{В}$	$0,01\% U_{\text{ном}}$	$\pm 0,5\% U_{\text{ном}}$
Пик-фактор	1...10 (1...1,65 для напряжения 690 В) для $U_{\text{RMS}} \geq 10\% U_{\text{ном}}$	0,01	$\pm 5\%$

7.2.3 Ток

Ток	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
I_{RMS} (переменный и постоянный)	<i>Входной канал без клещей</i>		
	0..1В (0..3,6 В _{p-p})	$0,01\% I_{\text{ном}}$	$\pm 1\% I_{\text{ном}}$
	<i>Клещи гибкие F-1/F-2/F-3</i>		
	0..3000 А (10 000 А _{p-p})	$0,01\% I_{\text{ном}}$	Дополнительная погрешность $\pm 1\%$ ($\pm 2\%$ с учетом дополнительной погрешности от положения)
	<i>Клещи С-4</i>		
0..1000 А (3600 А _{p-p})	$0,01\% I_{\text{ном}}$	Дополнительная погрешность 0,1..10 А: $\pm (3\% + 0,1\text{А})$ 10 А: $\pm 3\%$ 50 А: $\pm 1,5\%$ 200 А: $\pm 0,75\%$ 1000..1200 А: $\pm 0,5\%$	

I _{RMS} (переменный и постоянный)	<i>Клещи С-5</i>		
	0..1000 А (3600 А _{р-р})	0,01% I _{ном}	Дополнительная погрешность 0,5..100 А: ≤ (1,5% + 1А) 100..800 А: ≤ 2,5% 800..1000 А переменного тока: ≤ 4% 800..1400 А постоянного тока: ≤ 4%
	<i>Клещи С-6</i>		
	0..10 А (36 А _{р-р})	0,01% I _{ном}	Дополнительная погрешность 0,01..0,1А: ± (3% + 1мА) 0,1..1А: ±2,5% 1..12А: ±1%
	<i>Клещи С-7</i>		
	0..100 А (360 А _{р-р})	0,01% I _{ном}	Дополнительная погрешность 0..100А: ± (0,5% + 0,02А) (45..65 Гц) 0..100А: ± (1,0% + 0,04А) (40..1000Гц)
Пик-фактор	1..10 (1..3,6 для I _{ном}) для I _{RMS} ≥ 1% I _{ном}	0,01	±5%

7.2.4 Частота

Частота	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
f	40..70 Гц 10% U _{ном} ≤ U _{RMS} ≤ 120% U _{ном}	0,01 Гц	±0,05 Гц

7.2.5 Гармоники

Гармоники	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
Гармонический ряд (n)	Постоянный ток, 1..40, группирование: подгруппы гармоник по PN-EN 61000-4-7		
Амплитуда U _{RMS}	0.. 200% U _{ном}	0,01% U _{ном}	±0,15% U _{ном} при и.в.<3% U _{ном} ±5% и.в. при и.в.≥ 3% U _{ном} (согласно PN-EN 61000-4-7 класс I)
Амплитуда I _{RMS}	В зависимости от использованных клещей (смотри характеристики I _{RMS})	0,01% I _{ном}	±0,5% U _{ном} при и.в.<10% I _{ном} ±5% и.в. если и.в.≥ 10% I _{ном} (согласно PN-EN 61000-4-7 класс I)
Коэффициент гармонических искажений (THD-R) по напряжению (n = 2..50)	0,0...100,0% для U _{RMS} ≥ 1% U _{ном}	0,1%	±5%
Коэффициент гармонических искажений (THD-R) по току (n = 2..50)	0,0...100,0% для I _{RMS} ≥ 1% I _{ном}	0,1%	±5%

Угол сдвига фаз (напряжение)	-180°...+180°	0,1°	±(n × 1°)
Угол сдвига фаз (ток)	-180°...+180°	0,1°	±(n × 1°)

7.2.6 Мощность и энергия

Мощность и энергия	Условия (для мощности и энергии 80% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$)	Разрешение	Основная погрешность ⁽¹⁾
Активная мощность Активная энергия	2% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$ $\cos\varphi = 1$	зависит от U_{nom} и I_{nom}	$\sqrt{2,5^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$ $\cos\varphi = 1$		$\pm \sqrt{2,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	5% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 10\% I_{nom}$ $\cos\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{2,5^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	10% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$ $\cos\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{2,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
Реактивная мощность Реактивная энергия	2% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$ $\sin\varphi = 1$	зависит от U_{nom} и I_{nom}	$\pm \sqrt{3,99^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	5% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ $\sin\varphi = 1$		$\pm \sqrt{3,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	5% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 10\% I_{nom}$ $\sin\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{3,99^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ $\sin\varphi = 0,5$		$\pm \sqrt{3,0^2 + \delta_{ph}^2} \%$
	10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$ $\sin\varphi = 0,25$		$\pm \sqrt{3,99^2 + \delta_{ph}^2} \%$
Полная мощность	2% $I_{nom} \leq I_{RMS} < 5\% I_{nom}$	зависит от	±2,5%
Полная энергия	5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$	U_{nom} и I_{nom}	±2,0%
Коэффициент мощности (PF)	0...1	0,01	±0,03
	50% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$		
Коэффициент сдвига фаз (cosφ/DPF)	0...1	0,01	±0,03
	50% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$		

7.2.7 Фликер

Фликер	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
P_{st} (10мин.) P_{lt} (2часа)	0,4...10 для $U_{RMS} \geq 80\% U_{nom}$	0,01	±10% в пределах табличных значений стандарта PN-EN 61000-4-15

7.2.8 Асимметрия

Асимметрия (напряжение и ток)	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
Коэффициент	0,0%...10,0%	0,1%	±0,3% (абсолютная)

несимметрии прямой, обратной и нулевой последовательности	для $80\% U_{nom} \leq U_{RMS} < 120\% U_{nom}$		погрешность)
---	---	--	--------------

7.3 Регистрация событий – действующие значения напряжения и тока

Напряжение URMS (провалы, прерывания и перенапряжения)	Диапазон	Разрешение	Основная погрешность
$U_{RMS(1/2)}$	0,0%...120,0% U_{nom}	0,01% U_{nom}	$\pm 1\% U_{nom}$
Пороги обнаружения	Устанавливаются пользователем в процентах либо в абсолютных значениях. Обнаружение события основано на измерении $U_{RMS(1/2)}$ (действующее значение за 1 период, обновляемое каждые $\frac{1}{2}$ периода).		
Продолжительность	часы: минуты: секунды, миллисекунды	$\frac{1}{2}$ периода	Один период
Запись осциллограммы	2 периода перед событием + 4 периода после события (всего 6 периодов). 256 отсчетов за период		

Ток IRMS (минимум, максимум)	Диапазон	Разрешение	Основная погрешность
$I_{RMS(1/2)}$	0,0%...100,0% I_{nom}	0,01% I_{nom}	$\pm 1\% I_{nom}$
Пороги обнаружения	Устанавливаются пользователем в процентах либо в абсолютных значениях. Выявление события основано на измерении $I_{RMS(1/2)}$ (действующее значение за 1 период, обновляемое каждые $\frac{1}{2}$ периода).		
Продолжительность	часы: минуты: секунды, миллисекунды	$\frac{1}{2}$ периода	Один период
Запись осциллограммы	2 периода перед событием + 4 периода после события (всего 6 периодов) 256 отсчетов за период		

7.4 Регистрация событий – дополнительные параметры

Параметр	Диапазон	Методика определения
Частота (мин., макс.)	40...70Гц (в процентах или абсолютных величинах)	Обнаружение события основано на 10с измерении, согласно PN-EN 61000-4-30
Пик-фактор напряжения (мин., макс.)	1,0...10,0	На основе значения 10/12-периодов
Пик-фактор тока (мин., макс.)	1,0...10,0	На основе значения 10/12-периодов
Коэффициент несимметрии по обратной последовательности напряжения (макс.)	0,0...20,0%	На основе значения 10/12-периодов
Коэффициент несимметрии по обратной последовательности тока (макс.)	0,0...20,0%	На основе значения 10/12-периодов
Кратковременная доза фликера P_{st} (макс.)	0..20	На основе 10-минутного значения
Длительная доза фликера P_{lt}	0..20	На основе 2-часового значения

(макс)		
Активная мощность P (мин., макс.)	В зависимости от настройки	На основе значения 10/12-периодов (для потребляемой и отдаваемой)
Реактивная мощность Q (мин., макс.)	В зависимости от настройки	На основе значения 10/12-периодов (для потребляемой и отдаваемой)
Полная мощность S (мин., макс.)	В зависимости от настройки	На основе значения 10/12-периодов
Мощность искажения D/ Полная мощность искажения S_N (мин., макс.)	В зависимости от настройки	На основе значения 10/12-периодов
Коэффициент мощности PF(мин, макс)	0...1	На основе значения 10/12-периодов
Коэффициент сдвига фаз $\cos\varphi$ /DPF (мин., макс.)	0...1	На основе значения 10/12-периодов
$tg\varphi$ (мин., макс.)	0...10	На основе значения 10/12-периодов
Активная энергия E_p (макс.)	В зависимости от настройки	Проверка превышения каждые 10/12-периодов (для потребляемой и отдаваемой)
Реактивная энергия E_Q (макс.)	В зависимости от настройки	Проверка превышения каждые 10/12-периодов (для потребляемой и отдаваемой)
Полная энергия E_s (макс.)	В зависимости от настройки	Проверка превышения каждые 10/12-периодов
Коэффициент гармонических искажений THD-F напряжения (макс)	0...100%	На основе значения 10/12-периодов
Коэффициент гармонических искажений THD-F тока (макс.)	0...200%	На основе значения 10/12-периодов
Амплитуды гармоник напряжения (макс.)	0...100%, или абсолютные значения	На основе значения 10/12-периодов; Независимые пороги для всех гармоник в диапазоне 2...50
Амплитуды гармоник тока (макс.)	0...200% , или абсолютные значения	На основе значения 10/12-периодов; Независимые пороги для всех гармоник в диапазоне 2...50

7.5 Гистерезис регистрации событий

Гистерезис регистрации события	Диапазон	Методика определения
Гистерезис	0..10% с шагом 0,1%	Для каждого из параметров рассчитывается как процент от максимального значения порога

7.6 Измерение пускового тока

Диапазон[A, %]	Разрешение [A, %]	Основная погрешность
0...100% I_n	0,1%	$\pm 1\% I_n$

- измерение напряжения и тока каждые $\frac{1}{2}$ периода во всех каналах (усреднение каждые $\frac{1}{2}$ периода),
- максимальное время измерения 60 с.

7.7 Регистрация

Регистратор	
Время усреднения ⁽¹⁾	1с, 3с, 10с, 30с, 1мин, 10мин, 15мин, 30мин. Специальный режим: $\frac{1}{2}$ периода (для регистрации сигналов с ограниченным временем записи до 60 с, например, пусковой ток) ²
Усреднение мин/макс для U_{RMS}	$\frac{1}{2}$ периода, период, 200мс, 1с, 3с, 5с ⁽³⁾
Усреднение мин/макс для I_{RMS}	$\frac{1}{2}$ периода, период, 200мс, 1с, 3с, 5с ⁽³⁾
Запись осциллограмм	Возможность записи 3 периодов осциллограмм активных каналов после каждого периода усреднения
Режимы запуска регистрации	Ручной После первого обнаруженного события По расписанию (четыре заданных интервала времени)
Точки измерения	1, независимая конфигурация пользователя.
Время регистрации	Зависит от конфигурации
Память	Встроенная карта памяти 2 Гб
Модель памяти	Линейная
Безопасность	Блокировка клавиатуры от несанкционированного доступа

- (1) Время усреднения меньше 10с в действительности равно кратному от основной частоты сети: 1с – 50/60 периодов, 3с – 150/180 периодов.
- (2) $U_{RMS(1/2)}$ и $I_{RMS(1/2)}$ являются действующими значениями за 1 период с обновлением каждые $\frac{1}{2}$ периода
- (3) Периоды усреднения мин./макс. 1с, 3с в действительности равны кратному от основной частоты сети: 1с – 50/60 периодов, 3с – 150/180 периодов.

Регистрируемые параметры	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	Мгновенное значение
Действующее значение фазного/линейного напряжения U_{RMS} (в зависимости от типа схемы)	•	•	•	•
Действующее значение линейного напряжения (только в 3-фазной схеме «звезда» с N и 2-фазной) U_{RMS}	•			
Действующее значение тока I_{RMS}	•	•	•	•
Частота f	•	•	•	•
Пик-фактор напряжения CF U	•	•	•	•
Пик-фактор тока CF I	•	•	•	•
Коэффициенты несимметрии по обратной и прямой последовательности, симметричные составляющие: прямой, обратной и нулевой последовательности (напряжение) U_0, U_1, U_2, u_0, u_2	•	•	•	•
Коэффициенты несимметрии по обратной и прямой последовательности, симметричные составляющие: прямой,	•	•	•	•

обратной и нулевой последовательности (ток) I_0, I_1, I_2, I_0, I_2				
Дозы фликера P_{st} и P_{It}	•	•	•	•
Активная мощность (потребляемая и отдаваемая) P_+, P_-	•	•	•	•
Реактивная мощность (потребляемая и отдаваемая) $Q_{1+}, Q_{1-} / Q_{B+}, Q_{B-}$	•	•	•	•
Полная мощность S	•	•	•	•
Мощность искажения D . Полная мощность искажения S_N	•	•	•	•
Коэффициент мощности PF	•	•	•	•
Коэффициент сдвига фаз $\cos\varphi/DPF$	•	•	•	•
$\tan \varphi$	•	•	•	•
Активная энергия (потребляемая и отдаваемая) E_{P+}, E_{P-}				•
Реактивная энергия (потребляемая и отдаваемая) E_{Q+}, E_{Q-}				•
Полная энергия E_S				•
Коэффициент гармонических искажений THD-F напряжения	•	•	•	•
Коэффициент гармонических искажений THD-F тока	•	•	•	•
Амплитуды гармоник напряжения $U_{h1...U_{h40}}$	•	•	•	•
Амплитуды гармоник тока $I_{h1...I_{h40}}$	•	•	•	•

7.8 Питание и нагреватель

Питание	
Диапазон входных напряжений	90...460 В переменного тока, 127...460 В постоянного тока
Категория электробезопасности	CAT IV/300В
Потребляемая мощность	Максимальная 30 ВА
Аккумулятор	Li-Ion 4,5 А·ч
Время работы с питанием от аккумулятора	> 6 часов
Время зарядки аккумулятора (полностью разряженного)	8 часов
Потребляемый от аккумулятора ток в режиме выключенного анализатора (при отсутствии сетевого питания, не относится к режиму защиты от кражи)	< 1мА

Нагреватель	
Порог температуры включения нагревателя	+5°C
Питание нагревателя	Встроенный источник питания от сети
Мощность нагревателя	Максимальная 10Вт

7.9 Поддерживаемые сети

Типы поддерживаемых сетей (косвенно или напрямую)	
1-фазная	Однофазная, с нейтральным проводом (разъемы L1, N)
2-фазная (с расщепленной фазой)	Двухфазная, с нейтральным проводом (разъемы L1, L2, N)
3-фазная «звезда» с N	Трехфазная, типа «звезда» с нейтралью (разъемы L1, L2, L3, N)
3-фазная «треугольник»	Трехфазная типа «треугольник» (разъемы L1, L2, L3, N замкнута на L3)
3-фазная «треугольник», схема Арона	Трехфазная, типа «треугольник» (разъемы L1, L2, L3, N замкнута на L3), с двумя токовыми клещами
3-фазная «звезда» без N	Трехфазная, типа «звезда» без нейтрального провода (зажимы L1, L2, L3, N замкнута на L3)
3-фазная «звезда» без N, схема Арона	Трехфазная, типа «звезда» без нейтрального провода (зажимы L1, L2, L3, N замкнута на L3), с двумя токовыми клещами

7.10 Поддерживаемые токовые клещи

Типы поддерживаемых токовых клещей	
F-1	Клещи гибкие (пояс Роговского), максимальный диаметр – 400 мм, диапазон измерения $3000 A_{RMS}$
F-2	Клещи гибкие (пояс Роговского), максимальный диаметр – 250 мм, диапазон измерения $3000 A_{RMS}$
F-3	Клещи гибкие (пояс Роговского), максимальный диаметр – 130 мм, диапазон измерения $3000 A_{RMS}$
C-4	Клещи типа СТ, переменного тока, диапазон измерения $1000A_{RMS}$, 1мВ/А
C-5	Клещи типа СТ с датчиком Холла, переменного/постоянного тока, диапазон измерения $1000A_{RMS}$, 1мВ/А
C-6	Клещи типа СТ, переменного тока, для малых токов, диапазон измерения $10A_{RMS}$, 1мВ/10мА
C-7	Клещи типа СТ, переменного тока, диапазон измерения $100A_{RMS}$, 5мВ/А

7.10.1 Клещи C-4

Токовые клещи C-4 предназначены для измерения переменного тока в электрических установках малой и средней мощности. Выходным сигналом является напряжение, пропорциональное силе измеряемого тока. Выходной сигнал передается по 1,5 м кабелю, заканчивающемуся соответствующим разъемом.

Стрелка, размещенная на одной из сторон, указывает направление электрического тока. Принято считать, что ток течет в положительном направлении, если он движется от источника к приемнику. Такая ориентация клещей требуется для правильного измерения мощности.



Токовые клещи С-4

Внимание

Нельзя измерять токи выше 1200 А. Следует ограничить время измерения тока до 1000А, согласно следующим данным:

Диапазон тока	$I \leq 1000A$	$1000A < I \leq 1200A$
Режим работы	непрерывный ¹⁾	15 минут измерения, следующие 30 минут перерыв

¹⁾ Для частоты $f \leq 1$ кГц. Ограничения максимального значения тока при непрерывной работе для частоты выше 1 кГц в соответствии с зависимостью $I_{\text{макс}} = 1000A/f[\text{кГц}]$

Внимание

Нельзя использовать клещи на неизолированных проводниках с потенциалом большим 600 В по отношению к земле и в установках измерительной категории выше III.

Нормальные условия для поверки

Температура	+20...+26°C
Относительная влажность	20...75%
Позиция провода	провод в центре, относительно зажимов клещей
Частота синусоидального тока	48...65 Гц
Коэффициент гармонических искажений	<1%
Постоянная составляющая тока	нулевая
Постоянное магнитное поле	$\leq 40A/m$ (магнитное поле Земли)
Переменное внешнее магнитное поле	нулевое
Провода в непосредственной близости	отсутствие протекающего по ним тока

Диапазон тока	Основная погрешность ⁽¹⁾	Ошибка фазы
0,1..10 А	$< 3\% + 0,1 \text{ А}$	не определена
10..50 А	$< 3\%$	$\leq 3^\circ$
50..200 А	$< 1,5\%$	$\leq 1,5^\circ$
200..1000 А	$< 0,75\%$	$\leq 0,75^\circ$
1000..1200 А	$< 0,5\%$	$\leq 0,5^\circ$

⁽¹⁾ в % от измеряемой величины

Технические параметры

Выходной сигнал для максимального тока	1 В переменного тока
--	----------------------

Соотношение	1 мВ / 1А для переменного тока
Частотный диапазон	30 Гц...10 кГц
Тип изоляции	двойная, в соответствии с PN-EN 61010-1
Измерительная категория по PN-EN 61010-1	III 600В
Степень защиты, согласно PN-EN 60529	IP40, с открытыми губками IP30
Размеры	216 x 111 x 45 мм
Масса	около 640 г
Раскрытие зажимов	53 мм
Охват открытых зажимов	139 мм
Максимальный диаметр измеряемого провода	Ø 52 мм
Длина кабеля клещей	1,5 м
Диапазон рабочих температур	-10°C...+55°C
Влажность	< 85%
Высота над уровнем моря	< 2000 м
Электромагнитная совместимость	PN-EN 61000-6-3:2008 PN-EN 61000-6-2:2008

7.10.2 Клещи С-6

Клещи С-6 предназначены для измерения переменного тока частотой до 10 кГц в диапазоне 10мА...10А.

Выходным сигналом является напряжение, пропорциональное силе измеряемого тока с чувствительностью 100 мВ/А. Оно передается по 1,5 м кабелю, заканчивающемуся соответствующим разъемом.

Стрелка, размещенная на одной из сторон, указывает направление электрического тока. Принято считать, что ток течет в положительном направлении, если он движется от источника к приемнику. Такая ориентация клещей требуется для правильного измерения мощности.



Токовые клещи С-6

Внимание

Нельзя использовать клещи на неизолированных проводниках с потенциалом большим 600 В по отношению к земле и в установках измерительной категории выше III.

Нормальные условия для поверки	
Температура	+20...+26°C
Относительная влажность	20...75%
Позиция провода	провод в центре, относительно зажимов клещей

Частота синусоидального тока	48...65 Гц
Коэффициент гармонических искажений	<1%
Постоянная составляющая тока	нулевая
Постоянное магнитное поле	≤ 40А/м (магнитное поле Земли)
Переменное внешнее магнитное поле	нулевое
Провода в непосредственной близости	отсутствие протекающего по ним тока

Диапазон тока	Основная погрешность ⁽¹⁾	Ошибка фазы
0,01..0,1 А	< 3% + 1 мА	не определена
0,1..1 А	< 2,5%	≤ 5°
1..12 А	< 1%	≤ 3°

⁽¹⁾ в % от измеряемой величины

Технические параметры	
Соотношение	100 мВ / 1А для переменного тока
Частотный диапазон	40 Гц...10 кГц
Тип изоляции	двойная, в соответствии с PN-EN 61010-1
Измерительная категория по PN-EN 61010-1	III 600В
Степень защиты, согласно PN-EN 60529	IP40, с открытыми губками IP30
Размеры	135 x 50 x 30 мм
Масса	около 240 г
Раскрытие зажимов	21 мм
Охват открытых зажимов	69 мм
Максимальный диаметр измеряемого провода	∅ 20 мм
Длина кабеля клещей	1,5 м
Диапазон рабочих температур	-10°С...+55°С
Влажность	< 85%
Высота над уровнем моря	< 2000 м
Электромагнитная совместимость	PN-EN 61000-6-3:2008 PN-EN 61000-6-2:2008

7.10.3 Клещи С-7

Клещи С-7 предназначены для измерения переменного тока в сетях низкого и среднего напряжения в диапазоне до 100А.

Выходным сигналом является напряжение, пропорциональное силе измеряемого тока с чувствительностью 5мВ/А. Оно передается по 1,5м кабелю, заканчивающемуся соответствующим разъемом.

Стрелка, размещенная на одной из сторон, указывает направление электрического тока. Принято считать, что ток течет в положительном направлении, если он движется от источника к приемнику. Такая ориентация клещей требуется для правильного измерения мощности.



Токовые клещи С-7

Внимание

Нельзя использовать клещи на неизолированных проводниках с потенциалом большим 300 В по отношению к земле и в установках измерительной категории выше III.

Нормальные условия для поверки

Температура	+18...+28°C
Относительная влажность	<85% (без конденсации влаги)

Частота	Основная погрешность	Ошибка фазы
45...65Гц	±0,5% ±0,1мВ	≤ 2°
40Hz...1 кГц	±1,0% ±0,2мВ	не определена

Технические параметры

Соотношение	5 мВ / 1А для переменного тока
Полное выходное сопротивление	11 Ом
Тип изоляции	двойная, в соответствии с PN-EN 61010-1
Измерительная категория по PN-EN 61010-1	III 300В
Размеры	100 x 60 x 26мм
Масса	около 160 г
Максимальный диаметр измеряемого провода	∅ 24 мм
Длина кабеля клещей	1,5 м
Диапазон рабочих температур	0°C...+50°C
Относительная влажность	< 85% (без конденсации влаги)
Электромагнитная совместимость	PN-EN 61326

7.10.4 Клещи F-1, F-2, F-3

Гибкие клещи (пояс Роговского) F-1, F-2 и F-3 предназначены для измерения переменного тока с частотой до 10 кГц в диапазоне 1 А ... 3000 А. Токовые гибкие клещи F-1, F-2 и F-3 отличаются между собой только максимальным диаметром обхвата. Электрические параметры идентичны.

Выходным сигналом является напряжение, пропорциональное производной измеряемого тока при чувствительности 38,83 мВ/1000А для 50 Гц и 46,6 мВ/1000 А для 60 Гц.



Клещи F-1



Клещи F-2



Клещи F-3

Выходной сигнал передается по 2 м кабелю, заканчивающемуся соответствующим разъемом для подходящего гнезда в приборе.

Стрелка, помещенная на застежке клещей, указывает направление электрического тока. Принято считать, что ток течет в положительном направлении, если он движется от источника к приемнику. Такая ориентация клещей требуется для правильного измерения мощности.

Внимание

Нельзя использовать клещи на неизолированных проводниках с потенциалом большим 1000 В по отношению к земле и в установках измерительной категории выше III.

Нормальные условия для поверки	
Температура	+18...+22°C
Позиция провода	провод в центре относительно петли клещей
Постоянное магнитное поле	≤ 40А/м (магнитное поле Земли)
Переменное внешнее магнитное поле	нулевое
Внешнее электрическое поле	нулевое

Технические характеристики	
Номинальный диапазон измерения	1 А...3000 А (10000 А пиковое для 50 Гц)
Коэффициент вход/выход	38,83 мВ/1000 А (50 Гц), 46,6 мВ/1000 А (60 Гц)
Основная погрешность	±1% в диапазоне 1 А...3000 А
Линейность	±0,2%
Дополнительная погрешность:	
- от положения провода	±2% максимально
- от внешнего магнитного поля	±0,5% максимально
- от температуры	±0,07%
Выходной импеданс	30 Ом/400 мм
Тип изоляции	двойная, в соответствии с PN-EN 61010-1
Измерительная категория по PN-EN 61010-1	III 1000В
Степень защиты, согласно PN-EN 60529	IP65
Диаметр катушки	15,5 мм
Диаметр застежки (максимальный)	30 мм
Длина окружности F-1	120 см
Длина окружности F-2	80 см
Длина окружности F-3	45 см

Внутренний диаметр после застегивания F-1	360 мм
Внутренний диаметр после застегивания F-2	235 мм
Внутренний диаметр после застегивания F-3	120 мм
Масса F-1	около 410 г
Масса F-2	около 310 г
Масса F-3	около 220 г
Длина кабеля гибких клещей	2 м
Диапазон рабочих температур	-20°C...+80°C
Электромагнитная совместимость	PN-EN 61000-6-3:2008 PN-EN 61000-6-2:2008

7.11 Интерфейс

Тип соединения	
USB	Оптически изолированный, максимальная скорость передачи: 921,6 кбит/с. Совместимость с USB 2.0.

7.12 Условия окружающей среды и другие технические данные

Дополнительные характеристики	
Диапазон рабочих температур	-20°C...+55°C
Диапазон температур при хранении	-30°C...+60°C
Влажность	10...90% с возможной конденсацией
Влагонепроницаемость	IP 65 (согласно PN-EN 60529)
Нормальные условия для поверки	Температура окружающей среды: 23°C ±2°C Влажность: 40...60%
Размеры	200 x 180 x 77мм (без проводов)
Масса	около 1,6 кг
Дисплей	5 светодиодов, сигнализирующих режим работы
Память для хранения данных	Сменная карта памяти 2Гб (стандартно), с возможностью расширения до 8 Гб(опционально)

7.13 Безопасность и электромагнитная совместимость

Безопасность и электромагнитная совместимость	
Соответствие	PN-EN 61010-1
Измерительная категория	IV 600В – измерительные входы, IV 300В – питание, по PN-EN 61010-1
Изоляция	Двойная согласно PN-EN 61010-1
Электромагнитная совместимость	PN-EN 61326
Устойчивость к помехам на радиочастотах	PN-EN 61000-4-3 синусоидальная модуляция 80% AM, 1кГц 80...1000 МГц, 10 В/м 1,4...2,0 ГГц, 3 В/м 2,0...2,7 ГГц, 1 В/м
Устойчивость к электростатическим разрядам	PN-EN 61000-4-2 Разряд в воздухе: 8 кВ Разряд контактный: 4 кВ
Устойчивость к наведенным помехам, индуцированным радиочастотным полем	PN-EN 61000-4-6 Синусоидальная модуляция 80% AM, 1кГц 0,15...80 МГц, 10 В

Устойчивость к серии быстрых электрических переходных состояний	PN-EN 61000-4-4 Амплитуда 2 кВ, 5 кГц
Устойчивость к ударным импульсам	PN-EN 61000-4-5 Амплитуда 2 кВ (L-L)
Эмиссия излучаемых помех на радиочастотах	PN-EN 61000-6-3 30...230 МГц, 30дБ (мкВ/м) на расстоянии 10м 230...1000 МГц, 37дБ (мкВ/м) на расстоянии 10м
Эмиссия кондуктивных помех	PN-EN 61000-6-3 Уровни для квазипикового детектора: 0,15 кГц...0,5 МГц: 66 дБмкВ...56 дБмкВ 0,5 МГц ...5 МГц: 56 дБмкВ 5 МГц ...30 МГц: 60 дБмкВ

7.14 Стандарты

Стандарты	
Методы измерения	ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008) класс S
Точность измерений	ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008) класс S
Качество энергии	ГОСТ Р 54149-2010 (МЭК 50160)
Фликер	ГОСТ Р 51317.4.30–2008 (МЭК 61000-4-30:2008)
Гармоники	ГОСТ Р 51317.4.7–2008 (МЭК 61000-4-7:2002)
Стандарт качества	разработка, проектирование и производство согласно ISO 9001

8 ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРА

Внимание

В случае нарушения правил эксплуатации оборудования, установленных Изготовителем, может ухудшиться защита, примененная в данном приборе

Корпус измерителя можно чистить мягкой влажной фланелью. Нельзя использовать растворители, абразивные чистящие средства (порошки, пасты и так далее).

Электронная схема измерителя не нуждается в чистке, за исключением гнезд подключения измерительных проводников.

Измеритель, упакованный в потребительскую и транспортную тару, может транспортироваться любым видом транспорта на любые расстояния.

Допускается чистка гнезд подключения измерительных проводников с использованием безворсистых тампонов.

Все остальные работы по обслуживанию проводятся только в авторизованном сервисном центре ООО «СОНЭЛ».

Ремонт прибора осуществляется только в авторизованном сервисном центре.

9 УТИЛИЗАЦИЯ

Измеритель, предназначенный для утилизации, следует передать Производителю. В случае самостоятельной утилизации ее следует производить в соответствии с действующими правовыми нормами.

10 ПОВЕРКА

Анализатор PQM-700 в соответствии с Законом РФ «Об обеспечении единства измерений» (Ст.13) подлежит поверке. Поверка анализаторов проводится в соответствии с методикой поверки, согласованной с ФБУ «РОСТЕСТ-МОСКВА».

Межповерочный интервал – 2 года.

Методика поверки доступна для загрузки на сайте www.sonel.ru

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ СЛУЖБА ООО «СОНЭЛ»

Осуществляет поверку СИ SONEЛ и обеспечивает бесплатную доставку СИ в поверку и из поверки экспресс почтой.

142713, Московская обл., Ленинский р-н, Григорчиково, ул. Майская, 12

тел./факс +7(495) 287-43-53; E-mail: standart@sonel.ru, Internet: www.sonel.ru

11 СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗГОТОВИТЕЛЕ

SONEL S.A., Poland, 58-100 Swidnica, ul. WokulskieGo 11

tel. (0-74) 858 38 78 (Dział Handlowy)

fax (0-74) 858 38 08

e-mail: dh@sonel.pl

internet: www.sonel.pl

12 СВЕДЕНИЯ О ПОСТАВЩИКЕ

ООО «СОНЭЛ», Россия

142713, Московская обл., Ленинский р-н, Григорчиково, ул. Майская, 12

тел./факс +7(495) 287-43-53;

E-mail: info@sonel.ru,

Internet: www.sonel.ru

13 СВЕДЕНИЯ О СЕРВИСНОМ ЦЕНТРЕ

Гарантийный и послегарантийный ремонт прибора осуществляют авторизованные Сервисные центры. Обслуживанием Пользователей в России занимается Сервисный центр в г. Москва, расположенный по адресу:

115533 г. Москва, проспект Андропова, д. 22, БЦ «Нагатинский» офис 2, этаж 5

Тел.: +7 (495) 995-20-65; E-mail: standart@sonel.ru, Internet: www.sonel.ru

Сервисный центр компании СОНЭЛ осуществляет гарантийный и не гарантийный ремонт СИ SONEЛ и обеспечивает бесплатную доставку СИ в ремонт/ из ремонта экспресс почтой.

14 ССЫЛКИ В ИНТЕРНЕТ

Каталог продукции SONEЛ

<http://www.sonel.ru/ru/products/>

Метрология и сервис

<http://www.sonel.ru/ru/service/metrological-service/>

Поверка приборов SONEL

<http://www.sonel.ru/ru/service/calibrate/>

Ремонт приборов SONEL

<http://www.sonel.ru/ru/service/repair/>

Электроизмерительная лаборатория

<http://www.sonel.ru/ru/electrical-type-laboratory/>

Форум SONEL

<http://forum.sonel.ru/>

КЛУБ SONEL

<http://www.sonel.ru/ru/sonel-club/>