

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72	Казань (843)206-01-48	Новокузнецк (3843)20-46-81	Смоленск (4812)29-41-54
Астана +7(7172)727-132	Калининград (4012)72-03-81	Новосибирск (383)227-86-73	Сочи (862)225-72-31
Астрахань (8512)99-46-04	Калуга (4842)92-23-67	Омск (3812)21-46-40	Ставрополь (8652)20-65-13
Барнаул (3852)73-04-60	Кемерово (3842)65-04-62	Орел (4862)44-53-42	Сургут (3462)77-98-35
Белгород (4722)40-23-64	Киров (8332)68-02-04	Оренбург (3532)37-68-04	Тверь (4822)63-31-35
Брянск (4832)59-03-52	Краснодар (861)203-40-90	Пенза (8412)22-31-16	Томск (3822)98-41-53
Владивосток (423)249-28-31	Красноярск (391)204-63-61	Пермь (342)205-81-47	Тула (4872)74-02-29
Волгоград (844)278-03-48	Курск (4712)77-13-04	Ростов-на-Дону (863)308-18-15	Тюмень (3452)66-21-18
Вологда (8172)26-41-59	Липецк (4742)52-20-81	Рязань (4912)46-61-64	Ульяновск (8422)24-23-59
Воронеж (473)204-51-73	Магнитогорск (3519)55-03-13	Самара (846)206-03-16	Уфа (347)229-48-12
Екатеринбург (343)384-55-89	Москва (495)268-04-70	Санкт-Петербург (812)309-46-40	Хабаровск (4212)92-98-04
Иваново (4932)77-34-06	Мурманск (8152)59-64-93	Саратов (845)249-38-78	Челябинск (351)202-03-61
Ижевск (3412)26-03-58	Набережные Челны (8552)20-53-41	Севастополь (8692)22-31-93	Череповец (8202)49-02-64
Иркутск (395) 279-98-46	Нижний Новгород (831)429-08-12	Симферополь (3652)67-13-56	Ярославль (4852)69-52-93
Киргизия (996)312-96-26-47	Казахстан (772)734-952-31	Таджикистан (992)427-82-92-69	

Эл. почта seh@nt-rt.ru || Сайт: <https://elecson.nt-rt.ru/>

PQM-700

АНАЛИЗАТОР КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Версия 1.15

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	9
3.3	Монтаж на DIN-рейку.....	10
3.3.1	Нормальные условия окружающей среды	10
3.4	Измеряемые параметры	11
4	ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИБОРА	14
4.1	Включение измерителя.....	14
4.2	Синхронизация с ПК	14
4.3	Измерение	15
4.3.1	Начало и остановка регистрации.....	15
4.3.2	Ориентировочное время регистрации.....	16
4.4	Блокировка клавиш.....	17
4.5	Режим ожидания («спящий» режим)	17
4.6	Функция автоматического выключения	17
5	ПОДКЛЮЧЕНИЕ АНАЛИЗАТОРА.....	18
6	РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ	21
6.1	Расчётные формулы для различных видов сети	21
6.2	Методы усреднения параметров	30
7	ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	31
7.1	Входы	32
7.2	Дискретизация и часы реального времени RTC	33
7.3	Измеряемые параметры – точности, разрешения и диапазоны	33
7.3.1	Условия для поверки	33
7.3.2	Напряжение.....	33
7.3.3	Ток	33
7.3.4	Частота	34
7.3.5	Гармоники	34
7.3.6	Мощность и энергия	35

7.3.7	Фликер	36
7.3.8	Асимметрия	36
7.4	Регистрация событий – действующие значения напряжения и тока	36
7.5	Регистрация событий – дополнительные параметры	36
7.6	Гистерезис регистрации событий	38
7.7	Измерение пускового тока.....	38
7.8	Регистрация	38
7.9	Питание и нагреватель.....	40
7.10	Поддерживаемые сети	40
7.11	Поддерживаемые токовые клещи.....	40
7.11.1	Клещи C-4	41
7.11.2	Клещи C-6A	42
7.11.3	Клещи C-7	44
7.11.4	Клещи F-1, F-2A, F-3A	45
7.12	Интерфейс.....	47
7.13	Условия окружающей среды и другие технические данные.....	47
7.14	Безопасность и электромагнитная совместимость.....	47
7.15	Стандарты	48
8	КОМПЛЕКТАЦИЯ.....	48
8.1	Стандартная комплектация	48
8.2	Дополнительная комплектация	49
9	ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРА.....	49
10	УТИЛИЗАЦИЯ	49

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 серьёзной 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;
- **Недопустимо применение:**
 - измерителя, повреждённого полностью или частично;
 - проводов с повреждённой изоляцией;
 - измерителя, продолжительное время хранившийся в неправильных условиях (например, в сыром помещении);
- Ремонт прибора может выполняться лишь авторизованным Сервисным Центром.

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, отображённые на приборе:



Клавиша для включения и выключения питания измерителя.



Измеритель защищён двойной и усиленной изоляцией.



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

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



Сертификат безопасности Европейского стандарта.



Измеритель, предназначенный для утилизации, следует передать Производителю. В случае самостоятельной утилизации ее следует проводить 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, необходимо:

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

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ:

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

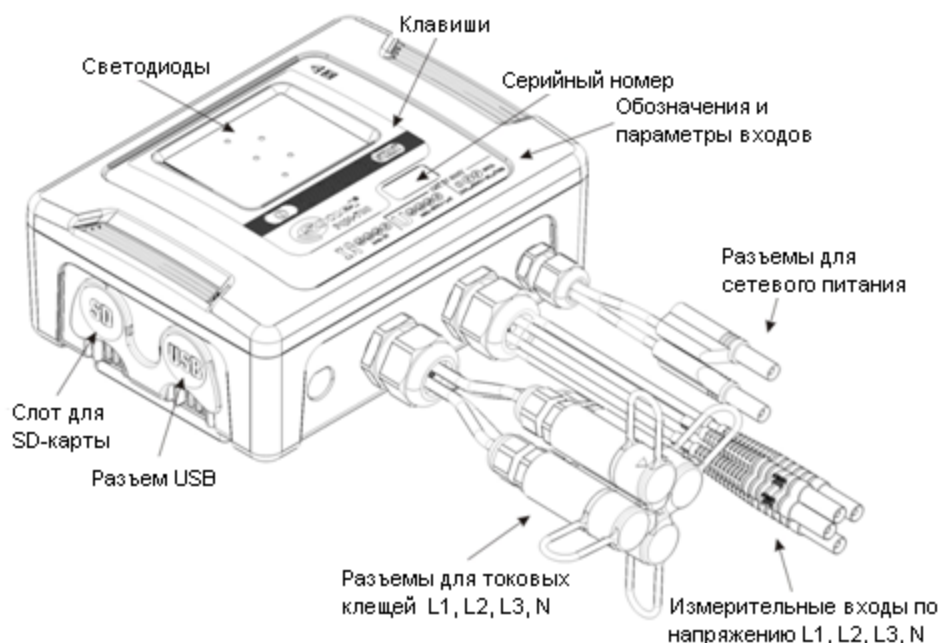
3 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Развитие промышленности во второй половине XX века привело к потреблению больших мощностей, что в свою очередь привело к ухудшению качества электрической энергии. В связи с этим был принят ГОСТ 13109-67 «Нормы качества электрической энергии», который в последующие года претерпевал ряд изменений и в ГОСТ 13109-97 включал в себя уже 11 параметров. С внедрением современного высокотехнологичного оборудования потребителей наблюдалось несоответствие отдельных показателей качеств, что в последствии 2013 году был принят ГОСТ 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.» Однако не соответствие требованиям национальным стандартам, таким как IEC 61000-4-30:2008 (ГОСТ 30804.4.30-2013), IEC 61000-4-7:2009

(ГОСТ 30804.4.7-2013), IEC 61000-4-15:2010 (ГОСТ Р 51317.4.15-2012) и европейскому стандарту EN 50160:2010 привело к созданию государственного стандарта ГОСТ 32144-2013 (введён 01.07.2014г.).

Анализатор параметров качества электрической энергии PQM-700 – это передовой высокотехнологичный продукт, позволяющий проводить всесторонние измерения, анализ и регистрацию параметров качества электрической энергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». Анализатор полностью соответствует ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» класса S.



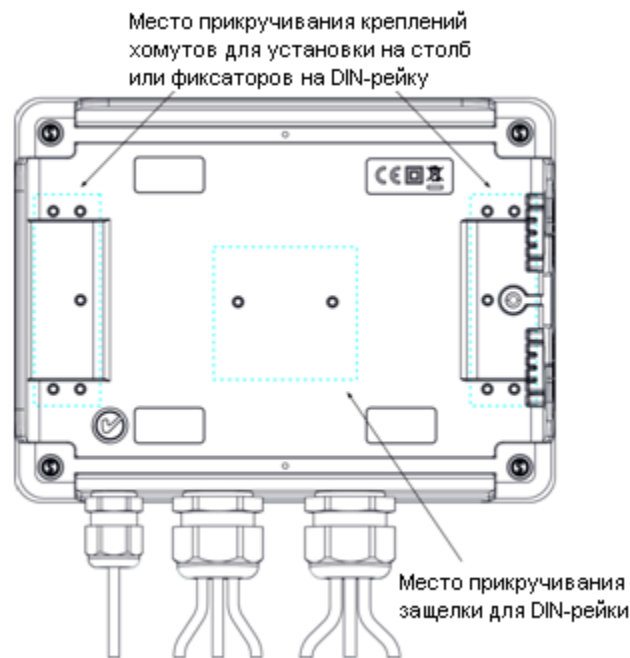


Анализатор качества электрической энергии PQM-700. Общий вид.

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

Для измерения тока используются четыре токовых входа, заканчивающихся разъёмами для подключения токоизмерительных клещей. К ним можно подключить: гибкие клещи F-1, F-2A, F-3A, с номинальным диапазоном до 3000 А (отличаются только диаметром обхвата), жёсткие клещи C-4 (диапазон до 1000 А переменного тока), C-6A (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 изменён с помощью дополнительных трансформаторов тока, например, при применении трансформатора тока с коэффициентом 100/1 с клещами C-4 можно измерять токи до 100 кА.

Прибор имеет съёмную карту памяти стандартной ёмкости 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 исключать 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...460 В переменного (частота 40...70 Гц) или постоянного тока, который имеет отдельные провода с разъёмами 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...55 °С.

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» 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 921,6 кбит/с).

3.1 Питание анализатора

Анализатор имеет встроенный блок питания с диапазоном номинальных входных напряжений 90...460 В переменного или постоянного тока. Блок питания имеет отдельные входы (красного цвета),

обозначенные буквами Р (от англ. power - питание). Для защиты источника питания от повреждений при попытке его подключения к напряжению нижеуказанного диапазона, он выключается при входном напряжении менее 80 В переменного тока или 110 В постоянного тока.

При отключении напряжения питания работа анализатора поддерживается за счёт внутреннего аккумулятора. Он заряжается, когда на разъёмах блока питания присутствует напряжение.

Он поддерживает автономное питание до 6 часов при температуре -20...55 °С. В случае более длительного отсутствия напряжения на входе питания, анализатор выключается. При последующем подключении питания, если ранее продолжалась регистрация, анализатор её возобновит.

Внимание

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

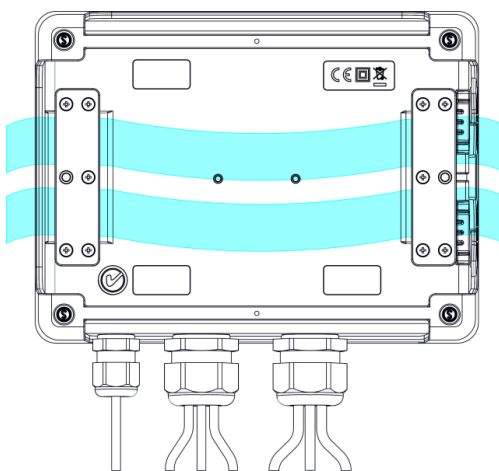
В случае длительного хранения, без подключения к источнику питания (более 3 месяцев), аккумуляторная батарея полностью разрядится и некоторые данные могут быть потеряны: текущее время, настройки измерительных программ, PIN-код, пароль блокировки и т.д. После возобновления работ с анализатором, рекомендуется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

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 опорах линии электропередачи. Для монтажа используются два ремня с застёжками 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 °С.

Внимание

Для того, чтобы обеспечить декларированную герметичность класса IP65, необходимо строго соблюдать следующие правила:

- Должны быть плотно закрыты крышки разъёмов USB и карты памяти;
- Неиспользуемые разъёмы токовых клещей должны быть закрыты силиконовыми заглушками.

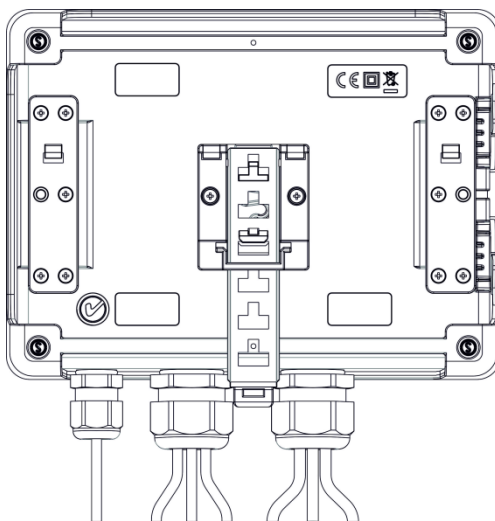
При температуре окружающей среды ниже отметки 0 °C включается обогрев устройства внутренним нагревателем, задачей которого является поддержание положительной температуры анализатора при отрицательной температуре окружающей среды.

Нагреватель питается от встроенного источника питания переменного тока, а его мощность ограничена, примерно, в 10 Вт.

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

3.3 Монтаж на DIN-рейку

В наборе поставляется крепление для установки анализатора на стандартную DIN-рейку. Защёлку нужно прикрепить к задней стенке анализатора с помощью прилагаемых винтов. Для надёжности монтажа в комплект также входят 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 до 60 °C;
- На высотах до 2000 м;
- Влажность от 10 до 90 %.

3.4 Измеряемые параметры

Измеряемые параметры:

- Напряжение RMS фаза-нейтраль (L-N), фаза-фаза (L-L) в диапазоне до 690В (± 1150 В пикового значения);
- Ток RMS в диапазоне до 3000 А (10 кА пикового значения) при использовании гибких клещей (F-1, F-2А, F-3А), до 1000 А (3600 А пикового значения) при использовании клещей С-4 или С-5, до 10 А (36 А пикового значения) при использовании клещей С-6А, до 100 А переменного тока при использовании клещей С-7;
- Коэффициент пиковых значений силы тока и напряжения;
- Частота сети в диапазоне 40-70 Гц;
- 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 $\cos\varphi$, $tg\varphi$;
- Длительная и кратковременная доза фликера P_{st} и P_{lt} .

Выбранные параметры являются обобщёнными (усреднёнными) по времени, определяемые пользователем и могут быть сохранены на карте памяти. Кроме среднего значения можно записывать минимальные и максимальные значения на протяжении интервала усреднения, а также мгновенные значения.

Возможности ПО позволяют настроить анализатор в соответствии с действующим ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», а также автоматически сформировать протокол (отчёт) 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				«звезда» с N					«треугольник» «звезда» без N			
		L1	N	L1	L2	N	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	•		•	•		•	•	•	•		•				•
$\cos \varphi$	Косинус угла сдвига фаз	•		•	•		•	•	•	•		•				
$\operatorname{tg} \varphi$	Тангенс угла сдвига фаз	•		•	•		•	•	•	•		•				• ⁽¹⁾
THDu	Коэффициент гармонических искажений напряжения	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
THDi	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	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
Асимметрия U, I	Симметричные составляющие и коэффициент несимметрии											•				•
P_{st}, P_{lt}	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;

⁽¹⁾- в 3-х проводных сетях, в качестве суммарной реактивной мощности рассчитывается неактивная мощность $N = \sqrt{S_e^2 - P^2}$

Объединение измерений по интервалам времени	ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» Класс S: • Основное время измерения значений параметров (напряжение, ток, гармоники, асимметрия) — это 10-периодный интервал для сетей электропитания 50Гц и 12-периодный для сетей 60 Гц; • Интервал 3 секунды (150 периодов для номинальной частоты 50 Гц и 180 периодов для 60 Гц); • Интервал 10 минут.
Погрешность хода времени часов	ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» Класс S: • Встроенные часы реального времени настраиваются программой «SONEL ANALYSIS», отсутствует синхронизация времени по GPS и радио; • Точность часов - не более $\pm 0,3$ с/день.
Частота	Выполнены требования ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» класс S, для метода и погрешности измерения.
Значение напряжения питания	Выполнены требования ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» класс S, для метода и погрешности измерения.
Колебания напряжения (фликер)	Метод измерения и погрешность соответствует требованиям ГОСТ Р 51317.4.15-2012 (МЭК 61000-4-15:2010) "Совместимость технических средств электромагнитная. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования."
Провалы, прерывания и перенапряжения питания	Выполнены требования ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» класс S, для метода и погрешности измерения.
Асимметрия напряжения питания	Выполнены требования ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008) «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии.» класс S, для метода и погрешности измерения.

Гармоники напряжения и тока	Метод и погрешность измерения в соответствии с ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009) «Совместимость технических средств электромагнитная. 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) – функция измерения блокируется. После самотестирования анализатор начинает проверку правильности подключения и если анализатор обнаружит ошибку, то каждые 0,5сек. начинает мигать светодиод **ERROR**, в этом случае можно начать регистрацию нажав .
- Если во время теста анализатор обнаружит слишком высокое напряжение на измерительных разъёмах или слишком большой ток, то каждые 0,5 сек. 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 или обнаружит ее повреждение, загораются светодиоды **ERROR** и **MEM**, измерения блокируются.
- Если тест подключения прошёл успешно, то после нажатия  анализатор запускает регистрацию в соответствии с запрограммированным режимом на ПК.
- Выключение анализатора производится удержанием клавиши  в течение 2 сек., если не включена блокировка клавиатуры или процесс регистрации.

4.2 Синхронизация с ПК

При включении анализатора клавишей  порт USB будет постоянно активен.

В режиме чтения текущих данных, в программе «SONEL ANALYSIS» на ПК обновление данных происходит чаще, чем каждые 1 сек.

Во время регистрации возможна передача данных, уже сохраненных в память. Данные считываются до момента их начала передачи на ПК.

Во время регистрации возможен просмотр параметров сети на ПК:

- Мгновенные значения тока, напряжения, всех мощностей, суммарные значения для 3-х 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 и клавиша .

Для того чтобы соединиться с анализатором необходимо ввести его PIN-код. Код по умолчанию это **000**. PIN-код можно изменить с помощью ПО «SONEL ANALYSIS».

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 (разъём USB находится на левой стенке анализатора и защищен уплотнительной заглушкой). На компьютере необходимо предварительно установить программное обеспечение «SONEL ANALYSIS» 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 1сек. 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 с интервалом в 1 сек. в режиме ожидания, а после запуска горит постоянно.

Регистрация анализатора может быть запущена событием по току или напряжению, которые задаются в программе «SONEL ANALYSIS».

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 ждёт команды оператора;
- Если в процессе регистрации и после её завершения светодиоды не горят, а нажатие любой клавиши вызывает индикацию светодиода **ON**.

4.3.2 Ориентировочное время регистрации

Максимальное время регистрации зависит от многих факторов, таких как: объём карты 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 объёмом 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 отведённом месте 2 Гб
По ГОСТ 30804.4.30-2013	10 минут	3-х фазная звезда	• (1000 событий)	• (1000 событий)		60 лет
По профилю «Токи и напряжения»	1 секунда	3-х фазная звезда				270 дней
По профилю «Мощности и гармоники»	1 секунда	3-х фазная звезда				23 дня
По профилю «Мощности и гармоники»	1 секунда	3-х фазная звезда	• (1000 событий)	• (1000 событий)		22, 5 дня
Включены все возможные параметры	10 минут	3-х фазная звезда				4 года
Включены все возможные параметры	10 секунд	3-х фазная звезда				25 дней
Включены все возможные параметры	10 секунд	1-фазная				64 дня
Включены все возможные	10 секунд	1-фазная	• (1000 событий)	• (1000 событий)	•	22 дня

параметры						
-----------	--	--	--	--	--	--

4.4 Блокировка клавиш

В приложении «SONEL ANALYSIS» 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 до 1 сек.;
- Затем нажать клавишу  в течение 0,5...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 «SONEL ANALYSIS» даёт 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 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 прерывает регистрацию нажатием , в данном случае светодиоды включаются, если только регистрация не начнётся 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 светодиода **ON** (и, возможно, других, например, **MEM** в зависимости от состояния) и активации данной функции, если она доступна.

4.6 Функция автоматического выключения

Если анализатор работает не менее 30 минут 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. При подключении напряжения питания анализатора, 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» с изолированной нейтралью);
- 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» с изолированной нейтралью.

Внимание

Для работы в системах электроснабжения с изолированной нейтралью, необходимо подключить вход N по напряжению к клемме/шине L3 исследуемой сети. В таких системах не требуется подключать вход L3 анализатора к электрической сети.

В сетях с нейтральным проводником 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 трёхфазной 4-х 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 приёмников, активная мощность имеет положительный знак.

Схемы подключения анализатора к исследуемой сети в зависимости от ее типа.

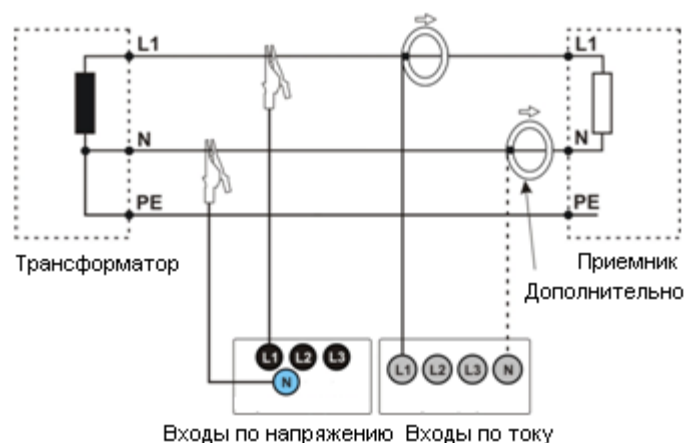


Схема подключения – однофазная сеть.

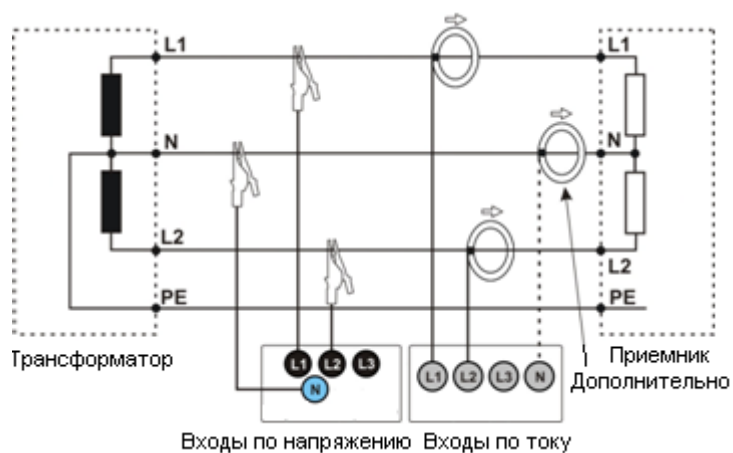


Схема подключения – сеть с расщеплённой фазой (двухфазная).

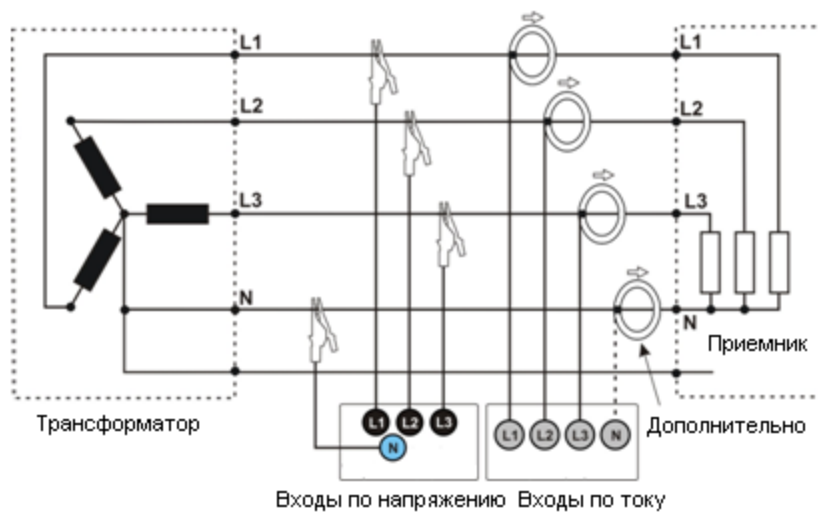


Схема подключения – трёхфазная сеть «звезда» с нейтральным проводом.

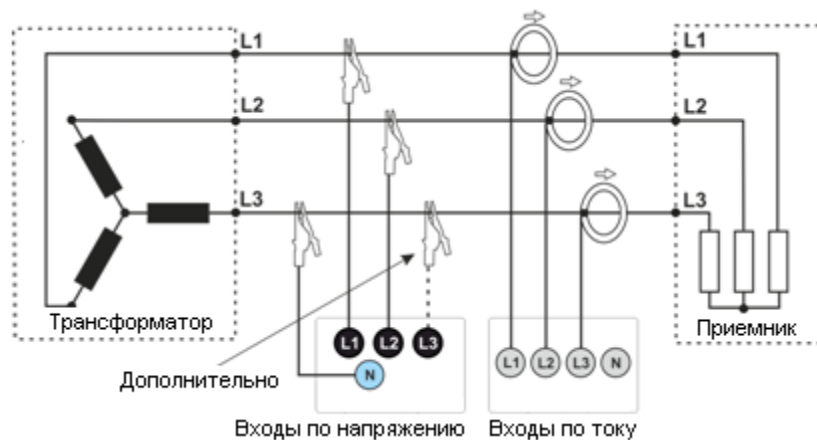


Схема подключения – трёхфазная сеть «звезда» с изолированной нейтралью.

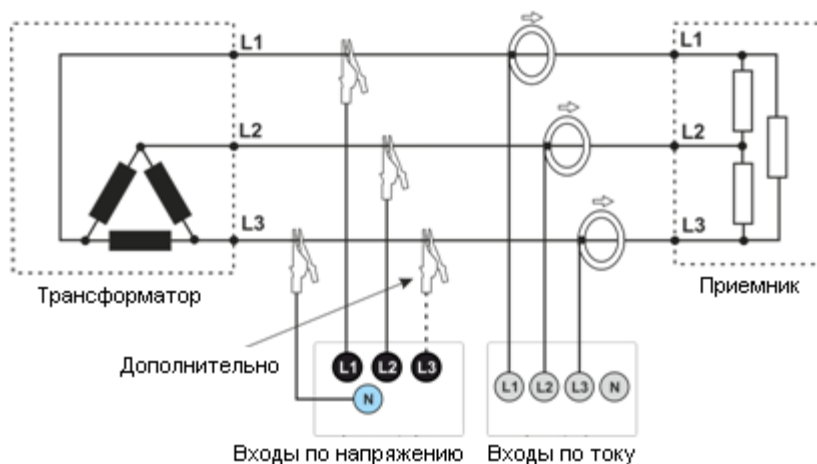


Схема подключения – трёхфазная сеть «треугольник».

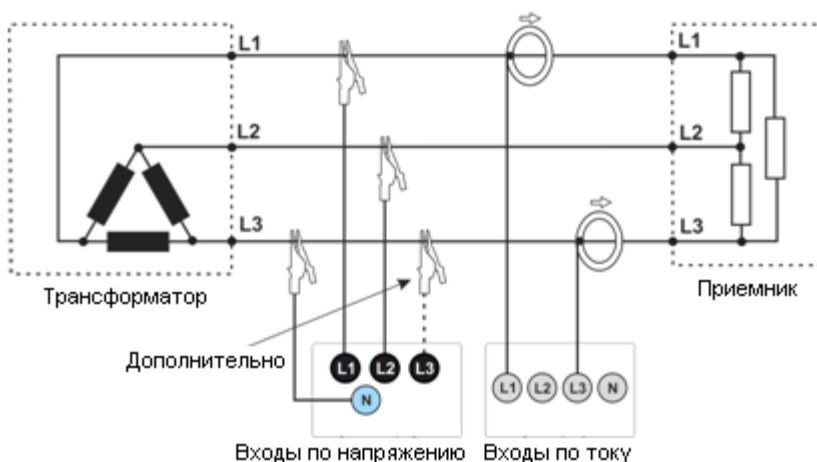


Схема подключения – трёхфазная сеть «треугольник» (измерение тока методом Арона).

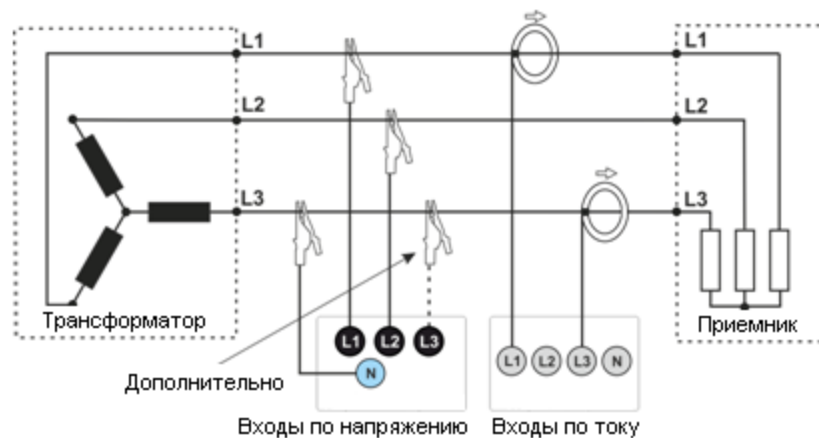


Схема подключения – трёхфазная сеть «звезда» с изолированной нейтралью (измерение тока методом Арона)

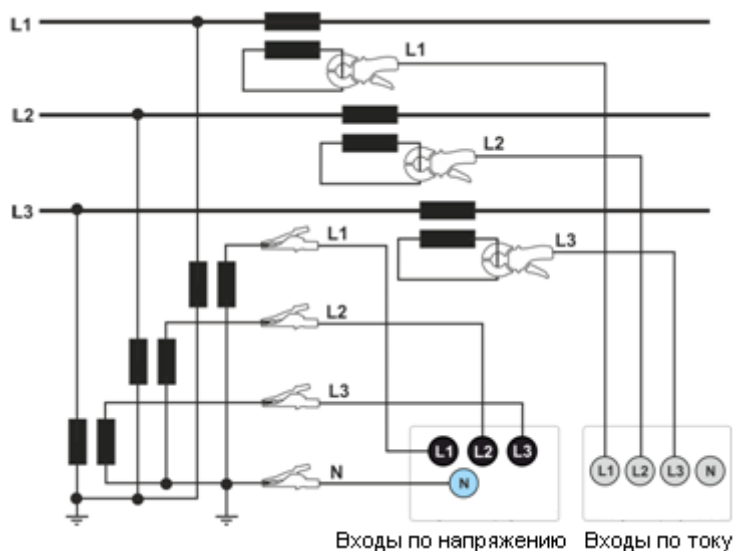


Схема подключения – сеть с измерительными трансформаторами

6 РАСЧЁТНЫЕ ФОРМУЛЫ

6.1 Расчётные формулы для различных видов сети

Однофазная сеть			
Параметр		Метод расчёта	
Название	Обозначение	Единицы	Формула
Действующее значение напряжения (True RMS)	U_A	В	$U_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i^2}$ где U_i очередной отсчёт напряжения U_{A-N}; $M=2560$ для сети 50 Гц; $M=3072$ для сети 60 Гц.

Постоянная составляющая напряжения	U_{ADC}	В	$U_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i$ где U_i очередной отсчёт напряжения U_{A-N}; $M=2560$ для сети 50 Гц; $M=3072$ для сети 60 Гц.
Частота	f	Гц	число целых периодов напряжения U_{A-N} , подсчитанных за 10 секунднй интервал по времени часов, разделенному на общее время полных периодов.
Действующее значение тока (True RMS)	I_A	А	$I_A = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i^2}$ где I_i очередной отсчёт тока I_A; $M=2560$ для сети 50 Гц; $M=3072$ для сети 60 Гц.
Постоянная составляющая тока	I_{ADC}	А	$I_{ADC} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M I_i$ где I_i очередной отсчёт тока I_A; $M=2560$ для сети 50 Гц; $M=3072$ для сети 60 Гц.
Активная мощность	P	Вт	$P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M U_i I_i$ где U_i очередной отсчёт напряжения U_{A-N}, I_i очередной отсчёт тока I_A; $M=2560$ для сети 50 Гц; $M=3072$ для сети 60 Гц.
Реактивная мощность Budeanu	Q_B	вар	$Q_B = \sum_{h=1}^{50} U_h I_h \sin \varphi_h$ где U_h - h-я гармоника напряжения U_{A-N}, I_h - h-я гармоника тока I_A, а φ_h - h-й угол между гармониками U_h и I_h.
Реактивная мощность основной составляющей (первой гармоники)	Q_1	вар	$Q_1 = U_1 I_1 \sin \varphi_1$ 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.
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 Budeanu	D_B	вар	$D_B = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2}$

Коэффициент мощности	PF	–	$PF = \frac{P}{S}$ если $PF > 0$, нагрузка является генератором; если $PF < 0$, нагрузка является приемником.
Коэффициент сдвига фаз	$\cos \varphi$ DPF	–	$\cos \varphi = DPF = \cos(\varphi_{U1} - \varphi_{I1})$ где φ_{U1} - абсолютный угол основной составляющей напряжения U_{A-N} φ_{I1} - абсолютный угол основной составляющей тока I_A .
Тангенс φ	$tg \varphi$	–	$tg \varphi = \frac{Q_1}{P}$
Гармоники тока и напряжения	U_{hx} I_{hx}	ВА	Метод гармонических подгрупп, по ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009), х - (ряд гармоник) = 1...40.
Коэффициент гармонических искажений напряжения относительно основной гармоники	$THDU_F$	–	$THDU_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_1} \times 100\%$, где U_h - h-я гармоника напряжения U_{A-N} , а U_1 - основная составляющая напряжения U_{A-N} .
Коэффициент гармонических искажений напряжения относительно среднеквадратичного значения	$THDU_R$	–	$THDU_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} U_h^2}}{U_{ARMS}} \times 100\%$ где U_h - h-я гармоника напряжения U_{A-N} .
Коэффициент гармонических искажений тока относительно основной гармоники	$THDI_F$	–	$THDI_F = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$ где I_h - h-я гармоника тока I_A , I_1 - основная составляющая тока I_A .
Коэффициент гармонических искажений тока относительно среднеквадратичного значения	$THDI_R$	–	$THDI_R = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}}{I_{ARMS}} \times 100\%$ где I_h - h-я гармоника тока I_A .
Коэффициент пиковой амплитуды напряжения (пик-фактор напряжения)	CFU	–	$CFU = \frac{\max U_i }{U_{ARMS}}$ где величина $\max U_i $ выражает наибольшее из абсолютных значений отсчётов напряжения U_{A-N} $i = 2560$ для сети 50 Гц;

			$i = 3072$ для сети 60 Гц.
Коэффициент пиковой амплитуды тока (пик-фактор тока)	CFI	–	$CFI = \frac{\max I_i }{I_{ARMS}}$ где величина $\max i$ выражает наибольшее из абсолютных значений отсчетов тока I_A; $i = 2560$ для сети 50 Гц; $i = 3072$ для сети 60 Гц.
Кратковременная доза фликера	P_{st}	–	рассчитывается в соответствии с ГОСТ Р 51317.4.15-2012 (МЭК 61000-4-15:2010).
Длительная доза фликера	P_{lt}	–	$P_{LT} = \frac{1}{3} \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (P_{STi})^3}$ где P_{sti} – очередная i-ая кратковременная доза фликера.
Активная энергия (потребляемая и отдаваемая)	E_{P+}, E_{P-}	Вт·ч	$E_{P+} = \sum_{i=1}^m P_+(i)T(i)$ $P_+(i) = \begin{cases} P(i) & \text{для } P(i) > 0 \\ 0 & \text{для } P(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-} = \sum_{i=1}^m P_-(i)T(i)$ $P_-(i) = \begin{cases} P(i) & \text{для } P(i) < 0 \\ 0 & \text{для } P(i) \geq 0 \end{cases}$ 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.
Реактивная энергия Budeanu (потребляемая и отдаваемая)	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 Budeanu 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, Q1 (i) представляет значение основной составляющей реактивной мощности Q1, 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)			
Параметр		Метод расчёта	
Название	Обозначение	Единицы	
Общая активная мощность	P_{tot}	Вт	$P_{tot} = P_A + P_B$
Общая реактивная мощность Budeanu	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 φ	$tg \varphi_{tot}$	–	$tg \varphi = \frac{Q_{1tot}}{P_{tot}}$
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	$E_{S tot} = E_{SA} + E_{SB}$
Трёхфазная сеть «звезда» с N			
(не перечисленные параметры рассчитываются как для однофазной сети)			
Параметр		Метод расчёта	
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^+ .
Эффективная полная мощность	S_e	ВА	$S_e = 3U_e I_e$, где $U_e = \sqrt{\frac{3(U_A^2 + U_B^2 + U_C^2) + U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2}{18}}$ $I_e = \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + I_N^2}{3}}$
Эффективная полная мощность искажения	S_{eN}	ВА	$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$, 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 Budeanu	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	$\cos \varphi_{tot} DPF_{tot}$	—	$\cos \varphi_{tot} = DPF_{tot} = \frac{1}{3}(\cos \varphi_A + \cos \varphi_B + \cos \varphi_C)$
Общий тангенс φ	$tg\varphi_{tot}$	—	$tg\varphi_{tot} = \frac{Q_{1tot}}{P_{tot}}$
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 Budeanu (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	$E_{Stot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ 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.
Действующее значение нулевой симметричной составляющей напряжения	U_0	В	$\underline{U}_0 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{C1})$ $U_0 = mag(\underline{U}_0)$ где $\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}$ векторы основных составляющих фазных напряжений U_A, U_B, U_C, а оператор $mag(\underline{U}_0)$ обозначает модуль вектора.

Действующее значение прямой симметричной составляющей напряжения	U_1	В	$\underline{U}_1 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a\underline{U}_{B1} + a^2\underline{U}_{C1})$ $U_1 = \text{mag}(\underline{U}_1)$ 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, $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j$, $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
Действующее значение обратной симметричной составляющей напряжения	U_2	В	$\underline{U}_2 = \frac{1}{3}(\underline{U}_{A1} + a^2\underline{U}_{B1} + a\underline{U}_{C1})$ $U_2 = \text{mag}(\underline{U}_2)$ 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, $a = 1e^{j120^\circ} = -\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}j,$ $a^2 = 1e^{j240^\circ} = -\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}j$
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	$\underline{I}_0 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{C1})$ $I_0 = \text{mag}(\underline{I}_0)$ 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.
Действующее значение прямой симметричной составляющей тока	I_1	А	$\underline{I}_1 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + a\underline{I}_{B1} + a^2\underline{I}_{C1})$ $I_1 = \text{mag}(\underline{I}_1)$ 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.
Действующее значение обратной симметричной составляющей	I_2	А	$\underline{I}_2 = \frac{1}{3}(\underline{I}_{A1} + a^2\underline{I}_{B1} + a\underline{I}_{C1})$ $I_2 = \text{mag}(\underline{I}_2)$ 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.
Коэффициент несимметрии тока нулевой последовательности	i_0	%	$i_0 = \frac{I_0}{I_1} \cdot 100\%$

Коэффициент несимметрии тока обратной последовательности	i_2	%	$i_2 = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%$
Трёхфазная сеть «звезда» с изолированной нейтралью			
(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 и для однофазной сети, только вместо фазных напряжений используется линейные напряжения)			
Параметр		Метод расчёта	
Название	Обозначение	Единицы	
Линейное напряжение U_{CA}	U_{CA}	В	$U_{CA} = -(U_{AB} + U_{BC})$
Ток I_2 (измерительные схемы Арона)	I_2	А	$I_2 = -(I_1 + I_3)$
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 отсчёт напряжения U_{A-C} U_{iBC} ; очередной отсчёт напряжения U_{B-C} I_{iA} очередной отсчёт тока I_A ; I_{iB} очередной отсчёт тока I_B ; $M=2048$ для сети 50 и 60 Гц.
Общая полная мощность	S_e	ВА	$S_e = 3U_e I_e$, 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 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	$S_{eN} = \sqrt{S_e^2 + S_{e1}^2}$, 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 отдаваемая)	E_{P+tot}, E_{P-tot}	Вт	$E_{P+tot} = \sum_{i=1}^m P_{+tot}(i)T(i)$ $P_{+tot}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{для } P_{tot}(i) > 0 \\ 0 & \text{для } P_{tot}(i) \leq 0 \end{cases}$ $E_{P-tot} = \sum_{i=1}^m P_{-tot}(i)T(i)$ $P_{-tot}(i) = \begin{cases} P_{tot}(i) & \text{для } P_{tot}(i) < 0 \\ 0 & \text{для } P_{tot}(i) \geq 0 \end{cases}$ 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.
Общая полная энергия	$E_{S tot}$	ВА·ч	$E_{S tot} = \sum_{i=1}^m S_e(i)T(i)$ 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.

6.2 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
cosφ	среднее арифметическое
tgφ	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 токов	среднее арифметическое
Активная и реактивная мощность гармоник	среднее арифметическое

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 (среднеквадратичное значение);
2. I_{RMS} – измеренное значение силы постоянного и переменного тока (среднеквадратичное 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 (фазное/линейное). При использовании трансформаторов, в анализаторе возможна установка номинального напряжения (напряжения вторичной обмотки);
4. I_{nom} – номинальное значение предела диапазона измерения для токовых разъёмов анализатора (клещей);
5. К – коэффициент масштабного преобразования входных для токовых разъёмов анализатора;
6. h – порядковый номер гармоники;
7. $U_{h, h \text{ изм}}$ – измеренное значение среднеквадратического значения гармонических составляющих напряжения;
8. $I_{h, h \text{ изм}}$ – 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. P_{st} изм – измеренное значение кратковременной дозы фликера;
15. P_{lt} 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 фазы 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 В _{RMS}
Пиковое значение входного напряжения (без срезки)	1150 В
Диапазон измерения постоянного напряжения	±1150 В
Аналоговая полоса пропускания (– 3 дБ)	>12 кГц
Трансформаторы	по решению пользователя
Полное входное сопротивление измерительных входов	14 МОм
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (англ. CMRR)	>70 дБ (50 Гц)
Токовые входы	
Число входов	4 (3 фазы + нейтраль) гальванически не изолированные
Номинальное входное напряжение	1 В _{RMS}
Пиковое значение входного напряжения	3,6 В
Аналоговая полоса пропускания (– 3дБ)	>12 кГц
Полное входное сопротивление	Канал жёстких клещей: 100 кОм Канал гибких клещей: 12,4 кОм
Диапазон измерения (без трансформаторов)	Гибкие клещи F-1/F-2A/F-3A: 1..3000 А (10000 А пиковое значение) Клещи C-4, C-5 - 1...1000 А (3600 А пиковое значение) Клещи жёсткие C-6A - 0,01...10 А (36 А пиковое значение) Клещи жёсткие C-7 - 0...100 А (360 А пиковое значение)
Трансформаторы	по решению пользователя
Коэффициент ослабления синфазного сигнала (англ. CMRR)	60 дБ (50 Гц)

7.2 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	$\pm 3,5$ ppm/°C макс. (около ± 9 сек./месяц) в диапазоне температур -20...55 °C

7.3 Измеряемые параметры – точности, разрешения и диапазоны

7.3.1 Условия для поверки

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

7.3.2 Напряжение

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

7.3.3 Ток

Ток	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
I _{RMS} (переменный и постоянный)	Входной канал без клещей		
	0...1 В (0...3,6 В _{p-p})	0,01% I _{nom}	$\pm 1\% I_{nom}$
	Клещи гибкие F-1/F-2A/F-3A		

	0...3000 A (10 000 A _{p-p})	0,01% I _{nom}	Дополнительная погрешность ±1% (±2% с учетом дополнительной погрешности от положения)
	Клещи С-4		
	0...1000 A (3600 A _{p-p})	0,01% I _{nom}	Дополнительная погрешность 0,1...10 A: ± (2% + 0,1 A) 10 A: ±3% 50 A: ±1,5% 200 A: ±0,75% 1000...1200 A: ±0,5%
I _{RMS} (переменный и постоянный)	Клещи С-5		
	0...1000 A (3600 A _{p-p})	0,01% I _{nom}	Дополнительная погрешность 0,5...100 A: ≤ (1,5% + 1A) 100...800 A: ≤ 2,5% 800...1000 A переменного тока: ≤ 4% 800...1400 A постоянного тока: ≤ 4%
	Клещи С-6А		
	0...10 A (36 A _{p-p})	0,01% I _{nom}	Дополнительная погрешность 0,01...0,1 A: ± (3% + 1мА) 0,1...1 A: ±2,5% 1...12 A: ±1%
	Клещи С-7		
	0...100 A (360 A _{p-p})	0,01% I _{nom}	Дополнительная погрешность 0...100 A: ± (0,5% + 0,02 A) (45...65 Гц) 0..100 A: ± (1,0% + 0,04 A) (40..1000 Гц)
Пик-фактор	1...10 (1...3,6 для I _{nom}) для I _{RMS} ≥ 1% I _{nom}	0,01	±5%

7.3.4 Частота

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

7.3.5 Гармоники

Гармоники	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
Гармонический ряд (n)	Постоянный ток, 1...40, группирование: подгруппы гармоник по ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009).		
Амплитуда U _{RMS}	0...200% U _{nom}	0,01% U _{nom}	±0,15% U _{nom} при и.в.<3% U _{nom} ±5% и.в. при и.в.≥ 3% U _{nom} (согласно ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009))
Амплитуда I _{RMS}	В зависимости от использованных	0,01% I _{nom}	±0,5% U _{nom} при и.в.<10% I _{nom} ±5% и.в. если и.в.≥ 10% I _{nom}

	клещей (смотри характеристики I_{RMS})		(согласно ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009))
Коэффициент гармонических искажений (THD_R) по напряжению ($n = 2...40$)	0...100,0% для $U_{RMS} \geq 1\% U_{nom}$	0,1%	$\pm 5\%$
Коэффициент гармонических искажений (THD_R) по току ($n = 2...40$)	0...100,0% для $I_{RMS} \geq 1\% I_{nom}$	0,1%	$\pm 5\%$
Угол сдвига фаз (напряжение)	$-180^\circ \dots +180^\circ$	0,1°	$\pm(n \times 1^\circ)$
Угол сдвига фаз (ток)	$-180^\circ \dots +180^\circ$	0,1°	$\pm(n \times 1^\circ)$

7.3.6 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	$\pm 2,5\%$
Полная энергия	5% $I_{nom} \leq I_{RMS} \leq I_{nom}$	U_{nom} и I_{nom}	$\pm 2,0\%$
Коэффициент мощности (PF)	0...1 50% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$	0,01	$\pm 0,03$
Коэффициент сдвига фаз ($\cos\varphi$ /DPF)	0...1 50% $U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$ 10% $I_{nom} \leq I_{RMS} < I_{nom}$	0,01	$\pm 0,03$

7.3.7 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	$\pm 10\%$ в пределах табличных значений стандарта ГОСТ Р 51317.4.15-2012 (МЭК 61000-4-15:2010)

7.3.8 Асимметрия

Асимметрия (напряжение и ток)	Диапазон и условия	Разрешение	Основная погрешность
Коэффициент несимметрии прямой, обратной и нулевой последовательности	0...10,0% для $80\% U_{nom} \leq U_{RMS} < 150\% U_{nom}$	0,1%	$\pm 0,3\%$ (абсолютная погрешность)

7.4 Регистрация событий – действующие значения напряжения и тока

Напряжение U_{RMS} (провалы, прерывания и перенапряжения)	Диапазон	Разрешение	Основная погрешность
$U_{RMS(1/2)}$	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 отсчётов за период		

Ток I_{RMS} (минимум, максимум)	Диапазон	Разрешение	Основная погрешность
$I_{RMS(1/2)}$	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 отсчётов за период		

7.5 Регистрация событий – дополнительные параметры

Параметр	Диапазон	Методика определения
Частота (мин., макс.)	40...70 Гц (в процентах или абсолютных величинах)	Обнаружение события основано на 10 сек. измерении, согласно ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008)

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...20,0%	На основе значения 10/12-периодов
Коэффициент несимметрии по обратной последовательности тока (макс.)	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} (макс.)	0...20	На основе 2-часового значения
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...40
Амплитуды гармоник тока (макс.)	0...200%, или абсолютные значения	На основе значения 10/12-периодов; Независимые пороги для всех

		гармоник в диапазоне 2...40
--	--	-----------------------------

7.6 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.

7.7 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 60сек.

7.8 Регистрация

Регистратор	
Время усреднения ⁽¹⁾	1 сек., 3 сек., 10 сек., 30 сек., 1 мин., 10 мин., 15 мин., 30 мин. Специальный режим: $\frac{1}{2}$ периода (для регистрации сигналов с ограниченным временем записи до 60сек., например, пусковой ток) ²
Усреднение мин/макс для U_{RMS}	$\frac{1}{2}$ периода, период, 200 мс, 1 сек., 3 сек., 5 сек. ⁽³⁾
Усреднение мин/макс для I_{RMS}	$\frac{1}{2}$ периода, период, 200 мс, 1 сек., 3 сек., 5 сек. ⁽³⁾
Запись осциллограмм	Возможность записи 3-х 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 10 сек. в действительности равно кратному от основной частоты сети: 1 сек. – 50/60 периодов, 3 сек. – 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. 1 сек., 3 сек. в действительности равны кратному от основной частоты сети: 1 сек. – 50/60 периодов, 3 сек. – 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-х фазной схеме «звезда» с N и 2-х 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_{lt}	•	•	•	•
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	•	•	•	•
$tg\varphi$	•	•	•	•
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 $I_{h1}...I_{h40}$	•	•	•	•

7.9 Питание и нагреватель

Питание	
Диапазон входных напряжений	90...460 В переменного тока, 127...460 В постоянного тока
Категория электробезопасности	CAT IV/300 В
Потребляемая мощность	Максимальная 30 ВА
Аккумулятор	Li-Ion 4,5 А·ч
Время работы анализатора от аккумулятора	до 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)	< 1 мА

Нагреватель	
Порог температуры включения нагревателя	$t < 0^{\circ}\text{C}$
Питание нагревателя	Встроенный источник питания переменного тока
Мощность нагревателя	Максимальная 10 Вт

7.10 Поддерживаемые сети

Типы поддерживаемых сетей (косвенно или напрямую)	
1-фазная	Однофазная, с нейтральным проводом (разъёмы L1, N)
2-х фазная (с расщеплённой фазой)	Двухфазная, с нейтральным проводом (разъёмы L1, L2, N)
3-х фазная «звезда» с нейтралью	Трёхфазная, типа «звезда» с нейтралью (разъёмы L1, L2, L3, N)
3-х фазная «треугольник»	Трёхфазная типа «треугольник» (разъёмы L1, L2, N)
3-х фазная «треугольник», схема Арона	Трёхфазная, типа «треугольник» (разъёмы L1, L2, N), с двумя токовыми клещами
3-х фазная «звезда» с изолированной нейтралью	Трёхфазная, типа «звезда» с изолированной нейтралью (разъёмы L1, L2, N)
3-х фазная «звезда» с изолированной нейтралью, схема Арона	Трёхфазная, типа «звезда» с изолированной нейтралью (разъёмы L1, L2, N), с двумя токовыми клещами

7.11 Поддерживаемые токовые клещи

Типы поддерживаемых токовых клещей	
F-1	Клещи гибкие (пояс Роговского), максимальный диаметр – 400 мм, диапазон измерения 3000 A_{RMS}
F-2A	Клещи гибкие (пояс Роговского), максимальный диаметр – 250 мм, диапазон измерения 3000 A_{RMS}

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

7.11.1 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 передаётся по 1,5-метровому кабелю, заканчивающийся соответствующим разъёмом.

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



Токовые клещи C-4

Внимание

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

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

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

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	≤ 40 А/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
0,1...10 А	< 2% + 0,1 А	не определена
10...50 А	< 3%	≤ 3°
50...200 А	< 1,5%	≤ 1,5°
200...1000 А	< 0,75%	≤ 0,75°
1000...1200 А	< 0,5%	≤ 0,5°

⁽¹⁾ в % от измеряемой величины

Технические параметры	
Выходной сигнал для максимального тока	1 В переменного тока
Соотношение	1 мВ / 1 А для переменного тока
Частотный диапазон	30 Гц...10 кГц
Тип изоляции	двойная, в соответствии с ГОСТ IEC 61010-2-032-2014
Измерительная категория по ГОСТ IEC 61010-2-032-2014	III 600 В
Степень защиты, согласно ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013)	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...55 °C
Влажность	< 85 %
Высота над уровнем моря	< 2000 м
Электромагнитная совместимость	ГОСТ 30804.6.3-2013 (IEC 61000-6-3:2006) ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2:2005)

7.11.2 Клещи С-6А

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

Выходным сигналом является напряжение, пропорциональное силе измеряемого тока с чувствительностью 100 мВ/А. Оно передается по 1,5-метровому кабелю, заканчивающийся соответствующим разъёмом.

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



Токовые клещи С-6А

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 °С
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	≤ 40 А/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%	$\leq 5^\circ$
1...12 А	< 1%	$\leq 3^\circ$

⁽¹⁾ в % от измеряемой величины

Технические параметры	
Соотношение	100 мВ / 1 А для переменного тока
Частотный диапазон	40 Гц...10 кГц
Тип изоляции	двойная, в соответствии с

	ГОСТ IEC 61010-2-032-2014
Измерительная категория по ГОСТ IEC 61010-2-032-2014	III 600 В
Степень защиты, согласно ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013)	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	Ø 20 мм
Длина кабеля клещей	1, 5 м
Диапазон рабочих температур	-10...55 °C
Влажность	< 85 %
Высота над уровнем моря	< 2000 м
Электромагнитная совместимость	ГОСТ 30804.6.3-2013 (IEC 61000-6-3:2006) ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2:2005)

7.11.3 Клещи C-7

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

Выходным сигналом является напряжение, пропорциональное силе измеряемого тока с чувствительностью 5 мВ/А. Оно передаётся по 1,5-метровому кабелю, заканчивающийся соответствующим разъёмом.

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



Токовые клещи C-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 °С
Относительная влажность	<85 % (без конденсации влаги)

Частота	Основная погрешность	Ошибка фазы
45...65 Гц	$\pm 0,5\% \pm 0,1$ мВ	$\leq 2^\circ$
40 Гц...1 кГц	$\pm 1,0\% \pm 0,2$ мВ	не определена

Технические параметры	
Соотношение	5 мВ / 1 А для переменного тока
Полное выходное сопротивление	11 Ом
Тип изоляции	двойная, в соответствии с ГОСТ IEC 61010-2-032-2014
Измерительная категория по ГОСТ IEC 61010-2-032-2014	III 300 В
Размеры	100 x 60 x 26 мм
Масса	около 160 г
Максимальный диаметр измеряемого провода	$\varnothing$ 24 мм
Длина кабеля клещей	1,5 м
Диапазон рабочих температур	0...50 °С
Относительная влажность	< 85% (без конденсации влаги)
Электромагнитная совместимость	ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014

7.11.4 Клещи F-1, F-2A, F-3A

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

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



Клещи F-1



Клещи F-2A



Клещи F-3A

Выходной сигнал передаётся по 2-х метровому кабелю, заканчивающийся соответствующим разъёмом для подходящего гнезда в приборе.

Стрелка, помещённая на застёжке клещей, указывает направление электрического тока. Принято считать, что ток течёт в положительном направлении, если он движется от источника к приёмнику. 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	≤ 40 А/м (магнитное поле Земли)
Переменное внешнее магнитное поле	нулевое
Внешнее электрическое поле	нулевое

Технические характеристики	
Номинальный диапазон измерения	1...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	$\pm 1\%$ в диапазоне 1...3000 А
Линейность	$\pm 0,2\%$
Дополнительная погрешность:	
- от положения провода	$\pm 2\%$ максимально
- от внешнего магнитного поля	$\pm 0,5\%$ максимально
- от температуры	$\pm 0,07\%$
Выходной сопротивление	30 Ом/400 мм
Тип изоляции	двойная, в соответствии с ГОСТ IEC 61010-2-032-2014
Измерительная категория по ГОСТ IEC 61010-2-032-2014	III 1000 В
Степень защиты, согласно ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013)	IP65
Диаметр катушки	15,5 мм
Диаметр застёжки (максимальный)	30 мм
Длина окружности F-1	120 см
Длина окружности F-2A	80 см
Длина окружности F-3A	45 см
Внутренний диаметр после застегивания F-1	360 мм
Внутренний диаметр после застегивания F-2A	235 мм
Внутренний диаметр после застегивания F-3A	120 мм
Масса F-1	около 410 г
Масса F-2A	около 310 г
Масса F-3A	около 220 г
Длина кабеля гибких клещей	2 м

Диапазон рабочих температур	-20...80 °С
Электромагнитная совместимость	ГОСТ 30804.6.3-2013 (IEC 61000-6-3:2006) ГОСТ 30804.6.2-2013 (IEC 61000-6-2:2005)

7.12 Интерфейс

Тип соединения	
USB	Оптически изолированный, максимальная скорость передачи: 921,6 кбит/с. Совместимость с USB2.0.

7.13 Условия окружающей среды и другие технические данные

Дополнительные характеристики	
Диапазон рабочих температур	-20...55 °С
Диапазон температур при хранении	-30...60 °С
Влажность	10...90 % с возможной конденсацией
Степень защиты, согласно ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013)	IP65
Нормальные условия для поверки	Температура окружающей среды: 23°С ± 2°С Влажность: 40...60 %
Размеры	200 x 180 x 77 мм (без проводов)
Масса	около 1,6 кг
Дисплей	5 светодиодов, сигнализирующих режим работы
Память для хранения данных	Сменная карта памяти 2 Гб (стандартно), с возможностью расширения до 8 Гб (опционально)

7.14 Безопасность и электромагнитная совместимость

Безопасность и электромагнитная совместимость	
Соответствие	ГОСТ IEC 61010-2-032-2014
Категория электробезопасности	IV 600В – измерительные входы, IV 300 В – питание, по ГОСТ IEC 61010-2-032-2014
Класс защиты	Двойная изоляция, согласно ГОСТ IEC 61010-1-2014 ГОСТ IEC 61557-1-2005
Электромагнитная совместимость	ГОСТ Р МЭК 61326-1-2014 ГОСТ Р 51522.2.2-2011 (МЭК 61326-2-2:2005)
Устойчивость к помехам на радиочастотах	ГОСТ IEC 61000-4-3-2016 синусоидальная модуляция 80% АМ, 1 кГц 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	ГОСТ 30804.4.2-2013 (IEC 61000-4-2:2008) Разряд в воздухе: 8 кВ Разряд контактный: 4 кВ
Устойчивость к наведенным помехам, индуцированным радиочастотным полем	ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6-96) Синусоидальная модуляция 80% АМ, 1 кГц 0,15...80 МГц, 10 В
Устойчивость к серии быстрых	ГОСТ IEC 61000-4-4-2016

электрических переходных состояний	Амплитуда 2 кВ, 5 кГц
Устойчивость к ударным импульсам	ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Амплитуда 2 кВ (L-L)
Эмиссия излучаемых помех на радиочастотах	ГОСТ 30804.6.3-2013 (IEC 61000-6-3:2006) 30...230 МГц, 30 дБ (мкВ/м) на расстоянии 10 м 230...1000 МГц, 37 дБ (мкВ/м) на расстоянии 10 м
Эмиссия кондуктивных помех	ГОСТ 30804.6.3-2013 (IEC 61000-6-3:2006) Уровни для квазипикового детектора: 0,15 кГц...0,5 МГц: 66...56 дБмкВ 0,5...5 МГц: 56 дБмкВ 5...30 МГц: 60 дБмкВ

7.15 Стандарты

Стандарты	
Методы измерения	ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC61000-4-30:2008) класс S
Точность измерений	ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC61000-4-30:2008) класс S
Качество энергии	ГОСТ 32144-2013
Фликер	ГОСТ Р 51317.4.15-2012 (МЭК 61000-4-15:2010)
Гармоники	ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009)
Стандарт качества	разработка, проектирование и производство согласно ISO 9001

8 КОМПЛЕКТАЦИЯ

8.1 Стандартная комплектация

Наименование	Индекс	Количество
Анализатор параметров качества электрической энергии RQM-700	WMRUPQM700	1 шт.
Руководство по эксплуатации/Паспорт	-	1/1 шт.
Зажим «Крокодил» изолированный чёрный K01	WAKROBL20K01	3 шт.
Зажим «Крокодил» изолированный голубой K02	WAKROBU20K02	1 шт.
Зажим «Крокодил» изолированный красный K02	WAKRORE20K02	2 шт.
Адаптер для подключения к однофазной сети AZ-1	WAADAAZ1	1 шт.
Кабель последовательного интерфейса USB	WAPRZUSB	1 шт.
Набор для монтажа на DIN-рейке	WAPOZUCH3	1 шт.
Ремни для крепежа на столбе (2 шт.)	WAPOZOPAKRU	1 шт.
Комплект для фиксации ремней	WAPOZUCH4	1 шт.
Соединитель электрический — адаптер магнитный AM-4	WAADAUMAGKRU	4 шт.
Футляр L5	WAFUTL5	1 шт.

8.2 Дополнительная комплектация

Наименование	Индекс
Клещи гибкие F-1	WACEGF1OKR
Клещи гибкие F-2A	WACEGF2AOKR
Клещи гибкие F-3A	WACEGF3AOKR
Клещи измерительные C-4	WACEGC4OKR
Клещи измерительные C-6A	WACEGC6AOKR
Клещи измерительные C-7	WACEGC7OKR
Соединитель электрический — адаптер AC-16	WAADAAC16
Соединитель электрический — адаптер магнитный AM-4	WAADAUMAGKRU
Соединитель электрический — адаптер с резьбой M4/M6, модель AR-1	WAADAM4M6

9 ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРИБОРА

Внимание

В случае нарушения правил эксплуатации оборудования, установленных Изготовителем, может ухудшиться защита, применённая 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 проводов.

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

Допускается чистка гнезд подключения измерительных проводов с использованием безворсистых тампонов.

Ремонт прибора осуществляется только в авторизованном Сервисном Центре.

10 УТИЛИЗАЦИЯ

Измеритель, предназначенный для утилизации, следует передать Производителю. В случае самостоятельной утилизации, то её следует проводить в соответствии с действующими правовыми нормами.

По вопросам продаж и поддержки обращайтесь:

Архангельск (8182)63-90-72
Астана +7(7172)727-132
Астрахань (8512)99-46-04
Барнаул (3852)73-04-60
Белгород (4722)40-23-64
Брянск (4832)59-03-52
Владивосток (423)249-28-31
Волгоград (844)278-03-48
Вологда (8172)26-41-59
Воронеж (473)204-51-73
Екатеринбург (343)384-55-89
Иваново (4932)77-34-06
Ижевск (3412)26-03-58
Иркутск (395) 279-98-46
Киргизия (996)312-96-26-47

Казань (843)206-01-48
Калининград (4012)72-03-81
Калуга (4842)92-23-67
Кемерово (3842)65-04-62
Киров (8332)68-02-04
Краснодар (861)203-40-90
Красноярск (391)204-63-61
Курск (4712)77-13-04
Липецк (4742)52-20-81
Магнитогорск (3519)55-03-13
Москва (495)268-04-70
Мурманск (8152)59-64-93
Набережные Челны (8552)20-53-41
Нижний Новгород (831)429-08-12
Казахстан (772)734-952-31

Новокузнецк (3843)20-46-81
Новосибирск (383)227-86-73
Омск (3812)21-46-40
Орел (4862)44-53-42
Оренбург (3532)37-68-04
Пенза (8412)22-31-16
Пермь (342)205-81-47
Ростов-на-Дону (863)308-18-15
Рязань (4912)46-61-64
Самара (846)206-03-16
Санкт-Петербург (812)309-46-40
Саратов (845)249-38-78
Севастополь (8692)22-31-93
Симферополь (3652)67-13-56
Таджикистан (992)427-82-92-69

Смоленск (4812)29-41-54
Сочи (862)225-72-31
Ставрополь (8652)20-65-13
Сургут (3462)77-98-35
Тверь (4822)63-31-35
Томск (3822)98-41-53
Тула (4872)74-02-29
Тюмень (3452)66-21-18
Ульяновск (8422)24-23-59
Уфа (347)229-48-12
Хабаровск (4212)92-98-04
Челябинск (351)202-03-61
Череповец (8202)49-02-64
Ярославль (4852)69-52-93