

# ТОКОВЫЕ КЛЕЩИ КАК ИНСТРУМЕНТ МАССОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

## CLAMP METERS AS AN INSTRUMENT OF MASS ELECTRICAL MEASUREMENTS

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор

С 1997 года, когда наш журнал впервые рассказывал о новом типе измерительных приборов — токовых клещах, прошло достаточно времени, и предложение на рынке электрической и электротехнической измерительной техники изменилось кардинальным образом. Если раньше токовые клещи считались чуть ли не «диковинным» прибором, то теперь без него не обойтись при большинстве электротехнических операций. Постоянное совершенствование измерительной техники естественным образом расширяло ассортимент и область применения токовых клещей. Например, ассортимент электроизмерительных клещей АКТАКОМ за это время увеличился в 10 раз, а количество различных моделей превысило 30.

Применение токовых клещей при измерении тока, по сравнению с мето-

### Токовые клещи и типы датчиков

Токовые клещи — разновидность измерительного прибора (мультиметра), которые для измерения тока имеют специальную измерительную головку (датчик), обеспечивающую бесконтактный метод измерения тока, основанный на измерении магнитного поля вокруг проводника с током.



Конструкция токовых клещей на основе двух датчиков Холла

Токовые клещи строятся на основе разъемного трансформатора (для измерения значения переменного тока), датчика Холла (для измерения значения постоянного и переменного тока) и гибкого магнитопровода — т.н. пояса Роговского.

Подробнее см. в «Энциклопедии измерений» [www.kipis.ru/info/](http://www.kipis.ru/info/).



## АКТАКОМ

дом измерения падения напряжения на измерительном шунте, имеет ряд преимуществ. И это, прежде всего: отсутствие необходимости разрыва электрической цепи при подсоединении измерительного прибора. При этом значительно сокращается время измерения, повышается безопасность измерения и уменьшается риск электрического поражения, исключаются ошибки обслуживающего персонала, связанные с нарушением целостности схемы и т.п.

Вообще, термин «токовые клещи», которым называется данный тип приборов, является не единственным. Встречаются также термины «токоизмерительные клещи», «электроизмерительные клещи» и ряд других. Само название «клещи» отражает принцип действия этого прибора, а присутствие в названии понятия «токовый» отображает основной измеряемый параметр.

Удивительно, но токовые клещи являются одним из самых трудных для классификации измерительных приборов. Достаточно уточнить, что будет являться критерием такой структуризации? Диапазоны токов? Диаметр охвата? Функциональность? Назначение или область применения? Ответить на этот вопрос не так просто, ведь каждый из критериев является достаточно важным и, в большинстве случаев, определяющим при выборе. Рассматривая далее токовые клещи АКТАКОМ, мы классифицируем их следующим образом:

- Токовые клещи-мультиметры;
- Токовые клещи-ваттметры;
- Токовые клещи специального назначения;
- Токовые клещи-адаптеры.

Сами названия данных групп приборов говорят и об их основных функциях и областях применения. Рассмотрим подробнее токовые клещи-мультиметры АКТАКОМ.



ATK-2047



ATK-2021

Данная группа приборов предназначена для проведения общих электрических и электротехнических измерений. К этому типу измерительных задач следует отнести измерения пусковых токов, диагностику электрических двигателей и электронных устройств. Токовые клещи-мультиметры — это многофункциональные приборы для разно-



ATK-1001



ATK-2120



ATK-2001

бразных измерений, но измерение параметров мощности и качества электроэнергии — это не для них. Токовые клещи-мультиметры АКТАКОМ — это самая большая группа, включающая в себя 14 моделей различных приборов. Учитывая, что токовые клещи предназначены, в первую очередь, для измерения тока, начнем обзор с анализа этого параметра. Большинство моделей могут измерять и постоянный и переменный ток, хотя конечно, есть и исключения.

Максимальный ток, который могут

измерять токовые клещи-мультиметры АКТАКОМ составляет 2500 А постоянного тока и 2100 А переменного тока. Такие возможности обеспечивает одна из самых популярных моделей токовых клещей АКТАКОМ — ATK-2250.

Близка к этому параметру и еще одна, пожалуй, самая популярная модель токовых клещей-мультиметров АКТАКОМ ATK-2103 (в этом случае популярность подкреплена очень достойной ценой).

Этот прибор предназначен для измерения постоянного и переменного токов до 2000 А. Но, естественно, только измерение сильных токов вряд ли могло принести ATK-2103 такой успех. Дело в том, что для измерения больших токов в приборе используется датчик Холла. Малые токи, как постоянные, так и переменные, можно измерять через подключение измерительных проводов к входным разъемам прибора. При этом диапазон измерения составляет от 0,1 мкА до 400 мА, а соответственно полный диапазон измеряемых токов от 0,1 мкА до 2000 А. Очень мало моделей измерительных клещей на рынке измерительной техники в России могут составить конкуренцию ATK-2103 по этому параметру. Но, и это еще не все достоинства ATK-2103. Макси-

мальный диаметр охвата токовых клещей АКТАКОМ ATK-2103 составляет 60 мм (!), а у модели ATK-2250 — 55 мм.

Большой охват магнитопровода и возможность измерения сильных токов заметно отражается на размерах измерительного прибора.

При диагностике электронного оборудования, различных вторичных источников электропитания при бесконтактном измерении малых токов не требуется большого размера магнитопровода. Для таких измерительных задач в группе токовых клещей-мультиметров можно выделить ряд приборов имеющих небольшие габаритные размеры, при хорошей функциональности, это такие модели, как: ATK-2021, ATK-2001, ATK-2047, ATK-2120, ATK-1001.

Все эти модели имеют небольшие габаритные размеры (длина всего 183 мм, а ширина около 60 мм), вес около 200 грамм. При этом первые четыре модели имеют диаметр охвата магнитопровода 23 мм, а ATK-1001 — 30 мм. Причем, каждая из этих моделей токовых клещей-мультиметров АКТАКОМ имеет свою особенность.

ATK-1001 предназначены для работы только с переменными токами и напряжением, но они могут измерять пе-

ременные токи от 10 мкА с очень хорошей точностью — около 1%.

ATK-2001 могут измерять и постоянные (от 1 мА) и переменные токи (от 100 мкА).

ATK-2047 имеют наилучшую погрешность среди всех токовых клещей АКТАКОМ (1%) при измерении постоянных и переменных токов.

ATK-2021 следует использовать для измерения постоянных и переменных токов в широком диапазоне от 10 мА до 200 А, эта модель обладает большим набором функций, по сравнению с другими моделями.

ATK-2120 имеют наилучший среди компактных токовых клещей-мультиметров диапазон измерения постоянного и переменного тока от 0,1 А до 1200 А, а кроме того у них есть аналоговый выход с диапазонами 1 мВ/А и 10 мВ/А. Токовые клещи ATK-2120 могут быть подключены к осциллографу для наблюдения формы измеряемого тока на экране или к самописцу для регистрации измеренных значений.

Следует отметить, что все семь моделей вышеуказанных токовых клещей АКТАКОМ (ATK-2103, ATK-2250, ATK-2021, ATK-2001, ATK-2047, ATK-1001 и ATK-2120) успешно прошли испытания для целей утверждения типа и



ATK-2031



ATK-1010



ATK-2038



ATK-2035



ACM-2056



ACM-2368

Таблица 1

**Универсальные приборы сочетают в себе функции токовых клещей и мультиметра, что очень удобно при работе на объектах**



Модель	ATK-2250	ATK-2103	ATK-2021	ATK-2001	ATK-1001	ATK-2047	ATK-2031
Разрядность дисплея	4000	4001	4000	4000	4000	4000	4000
Двойная шкала	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
Охват	55 мм	60 мм	23 мм	23 мм	30 мм	23 мм	40 мм
Базовая погрешность (ток)	1,5%	1,2%	1,5%	2,0%	1,0%	1,0%	3,0%
TrueRMS	✓	✓	-	✓	-	✓	-
Постоянный ток	0,1 А...2500 А	0,1 мкА...2000 А	0,01 А... 200 А	0,001 А... 30 А	-	10 мА...400 А	0,1 А...1000 А
Переменный ток	0,1 А... 2100 А	0,1 мкА... 2000 А	0,01 А... 200 А	0,1 мА...30 А	0,01 мА...60 А	1 мА... 400 А	0,1 ...1000 А
Постоянное напряжение	0,1 мВ... 600 В	0,1 мВ... 1000 В	0,1 мВ... 600 В	0,1 В...400 В	-	-	0,1 мВ... 1000 В
Переменное напряжение	0,1 мВ... 600 В	0,1 мВ... 1000 В	0,1 мВ... 600 В	0,1 В...400 В	0,1 В ...400 В	-	1 мВ... 750 В
Частота	0,01 Гц...400 кГц	0,001 Гц...100 кГц	0,01 Гц...1000 кГц	-	-	100...100 кГц	0,01 Гц...100 кГц
Сопротивление	0,1 Ом...40 МОм	0,1 Ом...40 МОм	0,1 Ом...40 МОм	-	40 Ом...400 Ом	-	0,1 Ом...40 МОм
Емкость	-	10 пФ...50 мкФ	1 пФ...40 мкФ	-	-	-	1 пФ...40 мкФ
Температура	-	-	-40°C...900°C	-	-	-	-40°C...750°C
Фиксация Max, Min	✓	-	✓	✓	✓	✓	-
Отн. измерения	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Проверка диодов	✓	✓	-	-	-	-	✓
Прозвонка	✓	✓	✓	-	✓	-	✓

включены в Государственный реестр средств измерений.

В группе токовых клещей-мультиметров есть четыре модели, которые относятся к группе приборов эконом-класса: АТК-2031, АТК-2038, АТК-1010, АТК-2035.

Наряду с отличными техническими характеристиками и высокой функциональностью, эти модели обладают и еще одним преимуществом — самой низкой в своем классе ценой, что тоже немаловажно при выборе того или иного измерительного прибора.

АТК-2031, АТК-2038, АТК-1010, АТК-2035 могут измерять токи до 1000 А, но при этом АТК-2031 и АТК-2038 могут работать и с переменным и постоянным током, а АТК-1010 и АТК-2035 являются токовыми клещами для измерения только переменного тока.

В прошлом году модельный ряд токовых клещей-мультиметров пополнился тремя новыми моделями с индексами АСМ: АСМ-2056, АСМ-2368 и АСМ-2311, которые расширяют возможности по применению токовых клещей АКТАКОМ.

Профессиональные True RMS (см. врезку) клещи-мультиметр АСМ-2056 дают возможность передавать измеренные значения для сохранения и обработки в ПК на расстоянии до нескольких десятков метров. Измерительные диапазоны прибора составляют: 1000 А (AC/DC); 600 В; 10 кГц; 60 МОм; 4000 мкФ; 760 °С (термопара К-типа). АСМ-2056 имеют встроенный бесконтактный датчик напряжения.

Конструкция токовых клещей АСМ-2056 имеет двойную изоляцию, диаметр



АСМ-2353

охвата 40 мм. «Изюминкой» прибора является наличие беспроводного USB-интерфейса с радиусом действия до 100 м, по которому данные могут быть переданы в персональный компьютер для регистрации, дальнейшей архивации и возможностью последующего анализа полученных результатов.

Аналогично АСМ-2056, новая модель токовых клещей АКТАКОМ АСМ-2368 может измерять постоянный и переменный ток в конструкциях с диаметром охвата 30 мм.

True RMS клещи-мультиметр АСМ-2368 позволяют измерять истинные среднеквадратичные значения пусковых токов для настройки релейной защиты, а также измерять ток до 1000 А (AC/DC); напряжение до 600 В; частоту до 15 кГц и коэффициент заполнения импульсов; сопротивление до 66 МОм; температуру до 760 °С (термопара К-типа).

Альтернативой токовым клещам АКТАКОМ с большим диаметром охвата (модели АТК-2102 и АТК-2250) при измерении значений переменного тока является модель АСМ-2311.

Клещи-мультиметр переменного тока АСМ-2311 имеют особую форму губок магнитопровода, большой диаметр охвата (55 мм) и широкие диапазоны измерений (1000 А; 1000 В; 10 МГц; 40 МОм; 100 мкФ). Прибор имеет высокую категорию электробезопасности (CAT III 1000V/CAT IV 600V), позволяющую проводить работы вне зданий.

Говоря о группе токовых клещей-

мультиметров, естественно, нельзя обойти вниманием не только технические характеристики, но и функциональность приборов. Практически все токовые клещи-мультиметры позволяют измерять и ток и напряжение (постоянное или переменное — зависит от модели), большинство же позволяет измерять и ряд других параметров, например: сопротивление, частоту, емкость, коэффициент заполнения и даже температуру (при помощи подключаемых



Дисплей АСМ-2352

термопар). Кроме того, большинство токовых клещей-мультиметров, по аналогии с обычными мультиметрами, могут выполнять тестирование диодов и прозвонку целостности цепей.

Более подробно технические характеристики и функциональность токовых клещей мультиметров приведены в таблице 1.

В данной статье мы уже рассказывали о токовых клещах АТК-2120, которые имеют аналоговый выход. Но в ассортименте АКТАКОМ есть целая группа приборов, которые специально разработаны для этих целей. В модельном ряду токовых клещей эти приборы объединяются в группу «токовые клещи-адаптеры». Токовые клещи-адаптеры не имеют дисплея, но через аналоговый выход они могут подключаться к осциллографу для наблюдения формы измеряемого тока на экране, к мультиметру, используя его дисплей для отображения измеренных значений или к самописцу для регистрации данных.



АТК-2104



АСМ-2311



АТК-2200



АСМ-2353



АСМ-2352



Таблица 2

	ATA-2500	ATA-2502	ATA-2504	ATA-2515
Разрядность дисплея	-	-	4000	4000
Охват	51 мм	33,5 мм	23 мм	23 мм
Базовая погрешность (ток)	1,5%	1,5%	1,0%	1,5%
Постоянный ток	0 А...2000 А	0 А...1000 А	0 А...200 А	0 А...30 А
Переменный ток	0 А...2000 А (400 Гц)	0 А...1000 А (400 Гц)	0 А...200 А (1000 Гц)	0 А...30 А (400 Гц)
Аналоговый выход	1 мВ / 1 А	1 мВ / 1 А	1 мВ/А; 10 мВ/А; 100 мВ/А	1 мВ/А; 10 мВ/А; 100 мВ/А
Установка "0"	регулятор	регулятор	кнопка	кнопка
Конструктив выхода	несъемный провод со штекерами "банан" (4 мм)		разъемы под "банан" (4 мм)	
Доп. возможности	ручной выбор диапазона	ручной выбор диапазона	автоматический выбор диапазона	автоматический выбор диапазона

Токовые клещи-адаптеры могут использоваться в составе измерительных комплексов и именно в этом их основное предназначение. В модельном ряду токовых клещей-адаптеров есть и слаботочные модели, например АТА-2515 (до 30 А) и сильноточные — АТА-2500 (до 2000 Ом). Модели различаются максимальным охватом, диапазонами аналогового выхода, конструктивными особенностями и т.д. Подробно их технические характеристики приведены в таблице 2.

Типичной электротехнической задачей является измерение мощности в электрических сетях различных конфигураций. Наличие в токоизмерительных клещах-ваттметрах функции измерения мощности вовсе не означает, что они не могут измерять других параметров. Фактически они расширяют возможности токовых клещей-мультиметров, но все же выделены нами в отдельную группу, которая в настоящее время насчитывает 9 моделей. Все эти модели токовых клещей могут измерять мощность как в однофазных, так и трехфазных электрических сетях. По аналогии с токовыми клещами-мультиметрами, где самыми продаваемыми моделями являются модели с большим охватом (АТК-2103 и АТК-2200) ситуация в группе токовых клещей-ваттметров схожая. Одной из самых популярных моделей токовых клещей-ваттметров является АТК-2200.

АТК-2200 — это безусловный и многолетний лидер. Данная модель имеет возможность измерять постоянный и переменный ток до 2000 А, а также ак-

тивную мощность до 1200 кВт. АТК-2200 может работать практически во всех конфигурациях однофазных и трехфазных сетей: 1ф2п (одна фаза два провода), 1ф3п (одна фаза три провода), 3ф3п (три фазы три провода), 3ф4п (три фазы четыре провода), 3ф симм. (три фазы симметричная нагрузка). Но в прошедшем году в модельном ряду АКТАКОМ появились две новые модели, которые расширяют ассортимент токовых клещей-ваттметров АКТАКОМ при измерениях сильных токов — это АСМ-2353 и АСМ-2352.

Профессиональные токовые клещи-анализатор мощности АСМ-2353 разработаны для измерения переменного тока до 1000 А (АС), напряжения до 750 В (АС/DC), активной/реактивной/полной мощности (до 750 кВт/квар/кВА), коэффициента мощности (cos φ), фазового угла (0...90°), а также потребляемой электроэнергии (9999 кВт·ч) мощных нагрузок в однофазных и сбалансированных трёхфазных сетях. Помимо этого, прибор имеет ряд дополнительных преимуществ: режим удержания минимальных и максимальных значений (MIN/MAX), встроенную память на 99 ячеек, категорию электробезопасности CAT III 1000V / CAT IV 600V для рабо-

ты на вводе, оптический USB-интерфейс и ПО для передачи данных в ПК.

Второй новинкой АКТАКОМ последнего года, которая может претендовать на роль лидера, стала модель АСМ-2352.

Профессиональные токовые клещи-ваттметр АСМ-2352 имеют большой информативный двухстрочный ЖКИ (40000 отсчётов) с графической шкалой, высокую базовую точность (0,1%), большой охват (55 мм) и расширенные диапазоны измерения мощности (900 кВт/кВА) и тока (1500 А, АС/DC).



АТК-2209



АСМ-2348



АТК-2040



АСМ-2301

Благодаря встроенному мультиметру, АСМ-2352 позволяет измерять напряжение (1000/750 В), частоту (40,000 МГц) и коэффициент заполнения импульсных сигналов, а также ёмкость конденсаторов (20,000 мФ), сопротивление (40,000 МОм) и температуру (1000 °С), что делает их идеальным прибором для специалистов по обслуживанию цехового электрооборудования, систем электроснабжения, освеще-

Таблица 3



	АТК-2038	АТК-1010	АТК-2035	АТК-2120	АСМ-2056	АСМ-2368	АСМ-2311
Разрядность дисплея	4000	1999	5999	4000	6000	6600	4000
Двойная шкала	✓	-	-	✓	✓	-	-
Охват	40 мм	40 мм	40 мм	23 мм	40 мм	30 мм	55 мм
Базовая погрешность (ток)	2,5%	2,0%	2,5%	2,0%	2,8%	2,5%	4,0%
TrueRMS	✓	-	✓	-	✓	✓	-
Постоянный ток	0,1 А...1000 А	-	-	0,1 А...1200 А	0,1 А...1000 А	0,1 А...1000 А	-
Переменный ток (400 Гц)	0,1 ...1000 А	0,01 ...1000 А	0,1 ...1000 А	0,1 ...1200 А	0,1 А... 1000 А	0,1 А... 1000 А	0,01 А... 1000 А
Постоянное напряжение	1 мВ... 1000 В	1 В...1000 В	0,1 мВ...1000 В	-	0,1 мВ... 600 В	0,001 В... 600 В	1 мВ... 1000 В
Переменное напряжение (400 Гц)	1 мВ... 750 В	1 В...700 В	1 мВ...700 В	-	1 мВ... 600 В	0,001 В... 600 В	1 мВ...1000 В
Частота	0,01 Гц...100 кГц	-	0,01 Гц...100 кГц	-	10 Гц...10 кГц	30 Гц...15 кГц	0,001 Гц...10 МГц
Сопротивление	0,1 Ом...40 МОм	0,1 Ом...2000 Ом	0,1 Ом...60 МОм	-	0,1 Ом...60 МОм	0,1 Ом...66 МОм	0,1 Ом...40 МОм
Ёмкость	-	-	0,1 нФ...1000 мкФ	-	0,01 нФ...4000 мкФ	-	0,01 нФ...100 мкФ
Температура	-	-40°С...750°С	-	-	-20°С...760°С	-20°С...760°С	-
Фиксация Max, Min	✓	-	✓	✓	✓	✓	-
Отн. измерения	✓	-	✓	✓	✓	✓	-
Проверка диодов	✓	-	✓	-	✓	✓	✓
Прозвонка	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓

ния и вентиляции. Кроме этого, АСМ-2352 имеет большой набор дополнительных режимов и функций: измерение пусковых токов (Inrush) и коэффициента мощности ( $\cos \phi$ ), автоопределение полярности (АРО), режимы удержания минимальных, максимальных и пиковых значений (MIN/MAX/PEAK), режим относительных измерений (REL), режим обнуления остаточного намагничивания на постоянном токе (ZERO) и бесконтактный датчик напряжения (NCV).

Близкими параметрами и возможностями с моделью АСМ-2352 обладают токовые клещи-ваттметры АТК-2104, АТК-2209 и АСМ-2348.

Токовые клещи-ваттметры АТК-2104, АТК-2209 и АСМ-2348 предназначены для измерения тока до 1000 А, причем АТК-2104 и АСМ-2348 используются при работе с переменным и постоянным током, а АТК-2209 — только с переменным током.

Они различаются диаметром охвата: 46 мм (АТК-2104), 42 мм (АТК-2209), 30 мм (АСМ-2348). Как ваттметр, АТК-2209 может измерять активную, полную и реактивную мощность до 600 кВт. АТК-2104 имеет аналогичный показатель, но при измерении активной и полной мощности. А у АСМ-2348 этот показатель меньше — 240 кВт активной мощности. Как мультиметр, наибольшей функциональностью среди этих



трех моделей обладает, пожалуй, АТК-2209. Кроме постоянного и переменного напряжения, которое могут измерять все три прибора, данная модель измеряет сопротивление, частоту, емкость и температуру. Измерять сопротивление и частоту могут также токовые клещи АСМ-2348 и АТК-2104, но наряду с этими возможностями модель АТК-2104 имеет функцию пикового детектора (до 1 мс), а также регистратор измерений (до 4000 записей через интерфейс RS-232 или 25 записей во внутреннюю память прибора).

Как указано выше, при описании токовых клещей-мультиметров, чем больше охват магнитопровода, тем больше размеры, маленький охват — компактные размеры. Токовые клещи-ваттметры также не являются исключением из этого правила, и АСМ-2348, имея охват 30 мм, обладают достаточно небольшими размерами (до 230 мм в длину) и весом (около 500 грамм). Но, еще более компактной моделью является АТК-2040.

Токовые клещи АТК-2040 несмотря

на свои небольшие размеры (180 мм в длину) и вес (меньше 200 грамм) позволяют измерять постоянный и переменный ток до 400 А при охвате всего 23 мм, а как ваттметр активную мощность до 240 кВт.

Для исследования и диагностики электронных схем не требуется измерение больших токов, но требуется измерение малых токов с высокой точностью. Есть такие токовые клещи-ваттметры и в ассортименте АКТАКОМ, это модель АТК-2301.

АТК-2301 — незаменимый помощник электротехника, работающего в слаботочных электрических сетях. При охвате 30 мм минимальное измеряемое значение переменного тока составляет 0,5 мА, а наилучшее разрешение — 10 мкА. При этом базовая точность измерения составляет всего 0,5%! Как ваттметр, модель АТК-2301 может измерять активную, полную и реактивную мощность в широком диапазоне: от 0,05 Вт до 1000 Вт! Кроме того, АТК-2301 может вычислять энергию переменного тока, проводить анализ гармоник, вычислять коэффициент искажения синуса, имеет встроенный пиковый детектор и ряд других интересных возможностей. Подробнее характеристики токовых клещей-ваттметров АКТАКОМ представлены в таблице 3.

*(Продолжение следует)*

# ТОКОВЫЕ КЛЕЩИ КАК ИНСТРУМЕНТ МАССОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

## CLAMP METERS AS AN INSTRUMENT OF MASS ELECTRICAL MEASUREMENTS

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор

(Окончание, начало см. № 3-2012)

В данном обзоре следует выделить одну модель — АТК-2012 и ее младшего собрата АТК-2011, т.к. эти приборы выделяются на фоне всех других моделей токовых клещей АКТАКОМ типом своего магнитопровода.

В моделях АТК-2011 и АТК-2012 используется гибкий магнитопровод большого диаметра (170 мм), который при-

меняется для измерения больших значений переменного тока (до 3000 А). Часто в отечественной и зарубежной литературе такой тип датчика называют «пояс Роговского». Основное отличие модели АТК-2012 от модели АТК-2011 — это наличие в токовых клещах АТК-2012 функции измерения мощности. Как ваттметр, АТК-2012 может измерять активную, полную и реактивную мощность до 9999 Вт, проводить анализ

гармоник, коэффициент искажения. В отличие от АТК-2011 в АТК-2012 имеется встроенный интерфейс RS-232 для регистрации измеренных данных в персональном компьютере с последующей обработкой информации.

Приборы АТК-2012 так и АТК-2011 имеют возможность записи до 8000 регистраций во внутреннюю память прибора.

Далее следует остановиться на третьей группе токовых клещей АКТА-

Таблица 4



	АТК-2012	АТК-2200	АТК-2104	АТК-2040	АТК-2301	АТК-2209	АСМ-2353	АСМ-2352	АСМ-2348
Разрядность дисплея	4000	2000	4000	4000	4000	4000	9999	40000	4000
Двойная шкала	-	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-
Охват (гибкие)	170 мм	55 мм	46 мм	23 мм	30 мм	42 мм	55 мм	52 мм	30 мм
Базовая погрешность (ток)	1,0%	1,5%	0,5%	1,5%	0,5%	2,0%	2,0%	2,5%	1,8%
TrueRMS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Постоянный ток	-	0,1 А...2000 А	0,1 А... 1000 А	0,1 А... 400 А	-	10 нА...1мА	-	0,01 А... 1500 А	1 А...1000 А
Переменный ток	5 А...3000 А	0,1 А... 2000 А	0,1 А... 1000 А	0,1 А...400 А	0,5 мА...50А	10 мА... 1000 А	0,1 ...1000 А	0,01 А... 1500 А	2 А...1000 А
Постоянное напряжение	-	0,1 В... 600 В	0,1 В... 600 В	0,1 В...400 В	-	0,1 мВ... 600 В	-	0,01 мВ...1000 В	1 мВ... 600 В
Переменное напряжение	4 ...600 В	0,1 В... 600 В	0,1 В... 600 В	0,1 В...400 В	5 ...600 В	0,1 мВ... 600 В	0,1 В... 750 В	0,01 мВ...750 В	1 мВ... 600 В
Мощность	1ф2п, 3ф симм.	1ф2п, 1ф3п, 3ф3п, 3ф4п, 3ф симм.	1ф2п, 1ф3п, 3ф3п,3ф4п	1ф2п, 3ф симм.	1ф2п, 3ф симм.	1ф2п, 1ф3п, 3ф3п,3ф4п	1ф2п, 3ф3п,3ф4п	1ф2п, 3ф симм.	1ф2п, 3ф симм.
	10 кВт... 9999 кВт	0,05 кВт...1200 кВт	0,01 кВт...600 кВт/кВА	0,01 кВт...240 кВт (50/60 Гц)	0,05-1000 Вт/ ВА/ВАр	0,01...600 кВт/ кВА/кВАр	0,01...750 кВт/ кВА/кВАр	0,01...900 кВт/кВА	0,01 кВт... 240 кВт
Коэффициент мощности	0,001...1,001	0,001...1,000	0,001...1,000	-	0,001...1,000	0,001...1,000	0,3...1,0	-	-
Фазовый угол	-180°...180°	-180°...180°	-	-	-180°...180°	-60°...60°	0°...90°	-	-
Частота	45-65 Гц	10...400 Гц	0,1 Гц...5 кГц	0,01 Гц... 1000 кГц	40-65 Гц	40... 1000 Гц	50...200 Гц	0,001 Гц... 40 МГц	0,001 Гц... 100 кГц
Сопротивление	-	-	1 Ом...10 кОм	-	-	0,1 Ом...100 МОм	-	0,01 Ом...40 МОм	0,1 Ом...40 МОм
Емкость	-	-	-	-	-	1 нФ...7000 мкФ	-	0,01 нФ...40 мФ	-
Температура	-	-	-	-	-	-50°С...900°С	-	-100°С... 1000°С	-
Фиксация Max, Min	✓	-	✓	✓	-	-	✓	✓	-
Память	8000 записей	4 ячейки	4000 авто / 25 ручной	-	-	-	99 ячейки	-	-
Пик-детектор	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓	-
Проверка диодов	-	-	✓	-	-	✓	-	✓	✓
Прозвонка	-	-	✓	-	-	✓	-	✓	✓
Интерфейс	RS-232	-	RS-232	-	-	-	USB	-	-

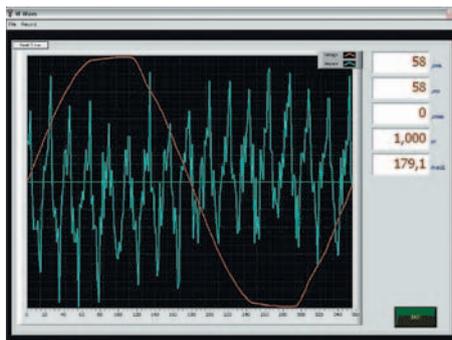
КОМ — «Токовые клещи специального назначения» (таблица 5).

В группе токовых клещей специального назначения отдельно можно выделить модели АСМ-4012 и АТК-4001. Эти приборы специально разработаны для измерения небольших токов и сопротивления заземления; важно отметить, что эти виды измерений проводятся без разрыва цепи.

Токовые клещи АТК-4001 и АСМ-



Главное окно программного обеспечения для АТК-2012



Окно режима измерения мощности в программе АТК-2012

4012 позволяют производить измерения только на одном проводе заземления без использования дополнительных электродов и могут применяться для тестирования систем с множественным заземлением без их отключения, для систем заземления в нескольких точках, для одноточечных систем заземления (через искусственный контур — двух- и трехточечный метод).

При общей схожести, АТК-4001 и



АТК-4001



АСМ-4012

АСМ-4012 имеют и небольшие отличия по техническим параметрам, что обуславливает область применения каждого прибора.

АТК-4001 предназначен для измерения тока утечки от 0,2 мА до 15А с разрешением 1 мкА. Диапазон измерения сопротивления заземления составляет от 0,025 Ом до 1500 Ом при базовой точности измерения 2%. Эта модель обеспечивающая измерение сопротивления контура заземления и токов утечки была подробно описана в (3). В то же время модель АСМ-4012 имеет немного другой диапазон измерения сопротивления заземления от 0,01 Ом до 1000 Ом при более лучшей точности измерения — 1%. В то же время данный прибор имеет более

### Истинное среднеквадратическое значение (True RMS)

Переменные напряжения и токи могут характеризоваться различными показателями. Например, переменное периодическое напряжение произвольной формы  $u(t)$ , помимо амплитудных значений может характеризоваться:

- средним значением (постоянной составляющей)

$$U_0 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt;$$

- средневыврявленным значением

$$U_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)| dt;$$

- эффективным или действующим значением

$$U_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}.$$

Чаще всего, о действии переменного напряжения или тока судят по средней за период мощности, разогревающей активное сопротивление  $R$  по которому проходит переменный ток (или на которое подается переменное напряжение). Процесс нагрева инерционный и обычно его время намного больше периода  $T$  переменного напряжения или тока. В связи с этим принято пользоваться действующим значением синусоидального напряжения и тока. В этом случае:

$$I_d = I_M / \sqrt{2} \text{ или } U_d = U_M / \sqrt{2}.$$

Отсюда ясно, что для измерения действующего значения синусоидального напряжения или тока достаточно измерить их амплитудное значение и поделить на  $\sqrt{2}=1,414$  (либо умножить на 0,707).

Вольтметры и амперметры переменного тока часто служат для измерения уровней переменного напряжения и тока несинусоидальной формы. Теоретически такие сигналы могут быть представлены рядом Фурье, состоящим из суммы постоянной составляющей сигнала, первой его гармоники и суммы высших гармоник. Для линейных цепей в силу принципа су-

перпозиции мощность несинусоидального сигнала определяется мощностью всех его составляющих. Она зависит от состава гармоник сигнала, определяемого формой сигнала.

Как правило, независимо от метода измерений они обычно градуируются в эффективных значениях синусоидального переменного напряжения или тока. Обычно в этом случае с помощью двухполупериодного выпрямителя напряжения или тока выпрямляются и возможно измерение их средневыврявленного напряжения (часто его называют просто средним, но это не совсем точно — см. выше). Отклонение формы переменного напряжения от синусоидальной принято учитывать коэффициентом формы:

$$k_\phi = U_d / U_{cp}.$$

Для прямоугольного сигнала (меандра)  $k_\phi=1$ , а для синусоидального  $k_\phi=\pi/2\sqrt{2}=1,107$ . Такое различие вызывает большую разницу показаний даже в этих простых случаях.

Ныне широкое применение получили персональные компьютеры, сотовые телефоны с импульсным режимом работы передатчиков, импульсные и резонансные преобразователи напряжения и источники питания, электроприводы с регулируемой скоростью и другое оборудование, потребляющее токи в виде кратковременных импульсов или отрезков синусоиды. При этом среднеквадратическое значение сигналов должно учитывать все гармоники его спектра. В этом случае говорят, что оно является истинным среднеквадратическим значением (TrueRMS или TRMS).

К сожалению, при измерении напряжений и токов с различными, отличными от синусоидальных, временными зависимостями возникают большие проблемы из-за нарушения соотношений между средневыврявленными, или амплитудными значениями переменного напряжения, или тока, и их действующими значениями. Обычные измерители напряжений и токов с усредненными показаниями в этом случае да-

ют недопустимо большую погрешность. Упрощенное измерение действующего значения токов порою может дать занижение до 50% истинных результатов.

Не знаящий этого пользователь может долго удивляться, почему предохранитель в устройстве на ток 10 А регулярно сгорает, хотя по показаниям амперметра или обычного мультиметра ток составляет допустимую величину в 10 А.

При отклонении кривой измеряемого напряжения или тока от идеальной синусоидальной формы уточнение с помощью коэффициента  $1,107 \approx 1,1$  становится недопустимым. По этой причине измерители с усредненными показаниями зачастую дают неверные результаты при измерении токов в современных силовых сетях. В связи с этим были созданы приборы, измеряющие действительно истинное среднеквадратическое значение переменного напряжения и тока любой формы, которое определяется по нагреву линейного резистора, подключенного к измеряемому напряжению.

Современные мультиметры, измеряющие истинное среднеквадратическое значение переменного напряжения или тока (не обязательно синусоидальных), обычно помечаются лейблом True RMS. В таких измерителях используются более совершенные схемы измерения, нередко со средствами микропроцессорного контроля и коррекции. Это позволило существенно повысить точность измерения и уменьшить габариты и массу приборов (2).

См. статью «Крест фактор» ([www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT\\_ID=40585](http://www.kipis.ru/info/index.php?ELEMENT_ID=40585)).





	АСМ-4012	АТК-4001	АТК-2011/2012	АТК-2025
Разрядность дисплея	4000	9999	1999	2000
Двойная шкала	-	-	✓	-
Охват	28 мм	23 мм	170 мм	15 мм
Базовая погрешность (ток)	1,0%	2,0%	1,00%	2%
TrueRMS	-	✓	✓	✓
Постоянный ток	-	-	-	0,1 А...200 А
Переменный ток	1 мА...30 А (45-65 Гц)	ток утечки 0,2...15 А (50/60 Гц)	0,1...3000 А (50/60 Гц)	0,5 А...200 А (50/60 Гц)
Постоянное напряжение	-	-	-	0,1...600 В
Переменное напряжение	-	-	0,1 В...600 В (50/60 Гц)	0,1...600 В (50/60 Гц)
Сопротивление заземления	0,01...1000 Ом	0,025...1500 Ом	-	-
Сопротивление	-	-	-	0,1...200 Ом
Фиксация Max, Min	-	-	✓	-
Память	50 ячеек	116 ячеек	8000 ячеек	-
Пик-детектор	-	-	✓	✓
Прозвонка	-	✓	-	✓

худшее разрешение при измерении токов утечки — 50 мкА (у АТК-4001 — 1 мкА), но более высокое значение максимального измеряемого тока — 30 А. Кроме того, к преимуществам АТК-4001 можно отнести и тот факт, что прибор включен в Государственный реестр средств измерения.

Среди токовых клещей АКТАКОМ следует выделить модель АТК-2025 реализующую измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока до 200 А без разрыва силовой электрической цепи и без использования разъемных клещей, что обусловлено специфическим датчиком — трансформатором с магнитопроводом, который имеет узкие постоянно разомкнутые губки. Данная конструкция трансформатора позволяет легко проводить измерения тока в большом скоплении проводников и труднодоступных местах.



АТК-2025



АСМ-2042

Еще одной интересной новинкой прошедшего года в модельном ряду АКТАКОМ стала модель АСМ-2042, которая сконструирована с применением передовой запатентованной технологии GREEN POWER, предполагающая возможность использования для питания прибора встроенного ручного генератора.

Токовые клещи АКТАКОМ АСМ-2042 расширяют ассортимент приборов использующих технологию GREEN POWER. В модельном ряду АКТАКОМ уже есть такой прибор. Это мультиметр АКТАКОМ АМ-1081.

Используя ручную подзарядку от встроенного генератора в течение 30-60 секунд можно обеспечить работу прибора АСМ-2042 до 15-20 минут.

Конечно, в АСМ-2042 есть питание от батарей (2 батареи типа CR2032), но встроенный генератор для подзарядки позволяет расширить область применения данных токовых клещей, особенно в «полевых» условиях и обеспечить бесперебойную работу в том случае, если внезапно «сели» батарейки прибора. Наиболее популярна эта модель в транспортных компаниях, осуществляющих дальние рейсы. Как говорят специалисты-транспортники: «И прибор есть и батареек не нужно, а непрерывных измерений мы не делаем, проверяем только». По своим функциональным возможностям АСМ-2042 можно отнести и к группе токовых клещей-мультиметров АКТАКОМ, т.к. данная модель позволяет измерять переменный



АСМ-2042

ток до 1000 А, постоянное и переменное напряжение, сопротивление, ёмкость и частоту.

В заключении следует отметить, что большинство токовых клещей АКТАКОМ включены в государственный реестр средств измерений.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс. 2007.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Под ред. проф. В. П. Дьяконова. М.: ДМК пресс, 2011.
3. Афонский А.А. Токовые клещи АТК-4001 — новый шаг в технологии измерения сопротивления. Журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы», 2002 г., № 6.
4. Энциклопедия измерений. Сайт журнала «Контрольно-измерительные приборы и системы».

*More than 10 years ago for the first time our magazine included information about new type of measuring devices. Those were clamp meters. Long time has passed and the market of electrical and electrotechnical measuring technology has significantly changed. Nowadays clamp meters are essential devices in the majority of electrotechnical operations. Innovative progress has influenced the range of clamp meters, making it grow; the range of application has been broadened as well. This article represents the detailed review of clamp meters.*



АМ-1081