

МУЛЬТИМЕТР. ИНСТРУМЕНТ МАССОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ. КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ

MULTIMETER. MASS ELECTRICAL MEASUREMENTS INSTRUMENT. HOW TO MAKE THE RIGHT CHOICE

Афонский А.А. (А. Afonskiy), Главный редактор, Афонская Т.Д. (Т. Afonskaya), зам. главного редактора

Мультиметр в настоящее время — это самый популярный измерительный прибор. Им пользуются и любители и профессионалы и подбор моделей с разнообразными функциями на рынке измерительной техники не просто большой, он — огромный! Достаточно сказать, что в только линейке ручных мультиметров Актаком на сегодняшний день представлено около 40 моделей. Не удивительно, что проблема выбора стоит достаточно остро и помочь в ее решении, разобраться с функциональными возможностями, понять некоторые особенности применения поможет данная статья.

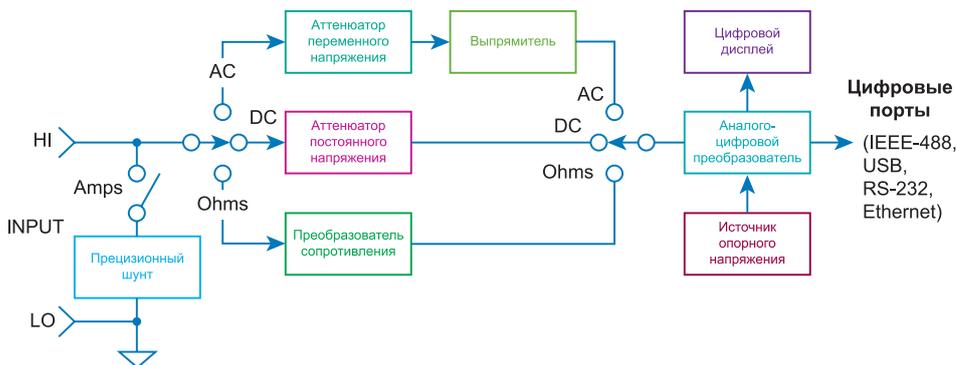


Рис. 1. Структура современного классического цифрового мультиметра

В начале, как обычно — определение. Мультиметр (мульти — много, метр — измерять, соответственно «измерять много»). Мультиметр или, как его называли ранее, тестер — это комбинированный измерительный прибор, который предназначен для измерения нескольких параметров (1). Обычно, он объединяет в одном корпусе вольтметр, амперметр, омметр, но это, скажем так, классический вариант. Кроме того, к «стандартным» функциям измерения можно отнести такие возможности мультиметра, как прозвонка цепи на целостность и тестирование диодов. Структура современного классического цифрового мультиметра представлена на рис. 1 (2, стр. 112).

Большинство моделей гораздо более функциональны и позволяют измерять также и ряд других электрических параметров, например: емкость, частоту, индуктивность и неэлектрические параметры, обычно — температуру. Даже такое, краткое вступление, дает понимание того

насколько трудно сделать выбор нужного прибора. Но, это только поверхностная сторона вопроса, есть множество других критериев, по которым приборы классифицируются и позиционируются.

Первые подобные приборы средством отображения полученного результата имели классическую стрелочную шкалу, и такие мультиметры получили название аналоговые (см. врезку из истории мультиметров) (3).

Для измерения тока в аналоговом мультиметре использовался набор шунтов, а для измерения напряжения — набор добавочных резисторов. Такие приборы дешевы в изготовлении, стрелочный индикатор позволяет наблюдать бы-

Обычно, в цифровых мультиметрах, в качестве цифрового табло используются жидкокристаллические дисплеи, но встречаются модели и с другими типами индикаторов, например, OLED-дисплеи, позволяющие видеть измеряемое значение под углом 160°, но такие приборы стоят, обычно, существенно дороже. Большинство цифровых мультиметров имеют подсветку дисплея, а вот цвет подсветки может быть разным: и белым, и зеленым, и синим.



Рис. 2. Дисплеи современных цифровых мультиметров

С конца 90 годов прошлого века, в некоторых моделях мультиметров предусмотрена графическая сегментированная шкала напоминающая, по принципу действия, стрелочный индикатор (часто, эту шкалу в приборах называют аналоговой, что в общем случае не верно, т.к. шкала на индикаторе является дискретной и эти дискреты видны, в то время как аналоговая шкала должна



Рис. 3. Дисплеи современных цифровых мультиметров с графической шкалой

быть непрерывной по определению). Наличие в приборе графической шкалы обеспечивает возможность отслеживания динамики быстрых процессов при измерении (аналог колебания стрелки в стрелочных приборах), поэтому ее полное название в зарубежных приборах — Bar Graph Indication and Frequency Measurement Path. Графическая шкала в различных типах приборов бывает обычно от 30 до 70 дискретов. Скорость обновления до 30 измерений в секунду.

Следует отметить, что периодически появляются проекты принципиально иного подхода к дисплеям DMM —

быть непрерывной по определению). Наличие в приборе графической шкалы обеспечивает возможность отслеживания динамики быстрых процессов при измерении (аналог колебания стрелки в стрелочных приборах), поэтому ее полное название в зарубежных приборах — Bar Graph Indication and Frequency Measurement Path. Графическая шкала в различных типах приборов бывает обычно от 30 до 70 дискретов. Скорость обновления до 30 измерений в секунду.

Следует отметить, что периодически появляются проекты принципиально иного подхода к дисплеям DMM —

отображения формы измеряемого сигнала (как на экране осциллографа), но до настоящего момента эти решения не стали массовыми. При этом существует модель мультиметра со съемным дисплеем FLUKE 233 (рис. 4). Такое решение позволяет разнести измерительную и показывающие части на расстояние до 10 метров. Очевидно, что такая модель прибора не является дешевой.



Рис. 4. Мультиметр со съемным дисплеем FLUKE 233 и его применение

Таким образом, при выборе классического мультиметра, для начала просто посмотрев на внешний вид дисплея прибора (даже не открывая упаковку, фото на коробке, или прибор на витрине, или картинку на сайте) можно перейти к первому этапу выбора при покупке прибора — с графической шкалой или без нее.

Мультиметр без графической шкалы, очевидно, дешевле, в то время как мультиметр с графической шкалой позволяет Вам увидеть редкие колебания измеряемого значения: увеличения и уменьшения. Учитывая более высокую реактив-



Рис. 5. Дисплей АММ-1139 с отображением максимальных и минимальных значений измеряемой величины

ность графической шкалы (до 40 обновлений в секунду) по сравнению с индикацией цифровых значений (как правило, не более 3-х измерений в секунду) в процессе измерений без наличия графической шкалы вы можете пропустить эпизодические краткие пропадания/появления сигнала (измеряемого значения). Такие эффекты возникают при измерении постоянного тока или напряжения при наличии наложения на измеряемую величину кратковременных помех (глитчей) в рабочих цепях (очевидно, что графическая шкала в мультиметре не позволит Вам диагностировать помехи, для этого нужен осциллограф), быстрые двухсторонние переходные процессы (например, переключение реле) и т.п.

Таким образом, первое правило при выборе мультиметра с графической шкалой — это найти ответ на вопрос: возможны ли в процессе измерения небольшие изменения значений, чаще чем 3 раза в секунду? Если ответ отрицательный (работа в линейных схемах, силовых сетях, проверка целостности и т.п.), то графическая шкала не обязательна, если ответ положительный, то рекомендуем выбирать из множества приборов мультиметры с графической шкалой.



Рис. 6. Дисплей АММ-1062 с отображением условий окружающей среды при проведении измерении электрической величины

Рассматривая далее индикаторы современных DMM можно увидеть, что ряд приборов имеет несколько групп цифр на индикаторе. К таковым, например, относят модели АКТАКОМ АММ-1139, АММ-1062, АМ-1152, АМ-1018 и АМ-1109. Основной цифровой индикатор обычно имеет большие по размеру цифры и большую разрядность, но на втором можно отобразить не два, а даже три цифровых значения. В зависимости от модели второй цифровой индикатор может иметь разную функциональность. На втором индикаторе, например, может отображаться зафиксированное максимальное и минимальное значения (пример дисплея АММ-1139 на рис. 5).

Кроме того, на втором индикаторе могут отображаться дополнительные измеренные параметры, такие как параметры окружающей среды, температура и т.п. (рис. 6) или второй параметр измеряемой величины (для переменного тока или напряжения) значение частоты (АМ-1152).

Отдельно в этом перечне стоит мультиметр АКТАКОМ АМ-1109 (рис. 7).



Рис. 7. Двухканальный мультиметр АКТАКОМ АМ-1109

Вообще АМ-1109 это поистине уникальный прибор, который не имеет аналогов. Его отличие состоит в том, что прибор имеет два измерительных канала и это позволяет ему проводить одновременные измерения и отображение сразу двух величин! В качестве индикаторного блока используется двухстрочный ЖК индикатор по 60000 отсчетов на каждый канал и графическую шкалу на 30 сегментов. Более того, прибор имеет гальванически развязанный интерфейс для передачи данных на персональный компьютер. АМ-1109 имеют высокую точность измерения (до 0,06%) и относятся к классу прецизионных мультиметров.

Таким образом, продолжая изучать дисплей выбираемого мультиметра, следует задаться вопросом: необходимо ли видеть сразу две величины? Очевидно, что возможность одновременного отображения — более дорогое удовольствие. Для сравнения: существуют DMM с

Из практики...

Вообще, периодическое изменение последнего знака (единица младшего разряда — ЕМР, или младший значащий разряд — МЗР, в иностранной литературе — digits) измеряемого значения (колебание, нестабильность показания) в цифровом индикаторе явление нормальное, это не является неисправностью и происходит оно из неопределенности аналогового-цифрового преобразования для нескольких последних (последнего) знака АЦП (см. врезку аналогового-цифрового преобразование в DMM). А из своего практического 40-летнего опыта работы с мультиметрами, их проектирования и ремонта, хочу отметить, что если последний знак хорошего DMM не изменяется ± 1 ЕМР в процессе измерения тока или напряжения, то это скорее плохо, чем хорошо (рекомендую в этом случае быть внимательнее, возможно что-то в процессе измерений делается не верно или имеются проблемы с прибором или схемой измерений).

переключением параметра измеряемой величины одной кнопкой, например, переменное напряжение и частота в мультиметре U1231A фирмы Agilent Technologies (рис. 8) или АКТАКОМ АМ-1038 постоянное напряжение и переменная составляющая в нем (рис. 9). При отображении AC+DC прибор индицирует значение True RMS AC + DC = $\sqrt{AC^2 + DC^2}$ (истинного эффективного значения переменного сигнала с постоянной составляющей). Этот режим измерения особенно полезен при измерении пульсации переменного тока на источниках питания постоянного тока.

Продолжая изучать индикатор современного DMM, мы плавно подошли к еще одному основному параметру при выборе мультиметра — это разрядность дисплея, т.е. максимальное количество знаков, которое отображается на экране при измерении того или иного параметров. При этом следует отметить, что разрядность прибора и точность — это не одно и то же. Разрядность дисплея определяется разрешением прибора, т.е. минимальной величиной (на конкретном диапазоне), изменение кото-



Рис. 8. Мультиметр U1231A фирмы Agilent Technologies

рой он может отобразить, а точность — погрешностью (неопределенностью) АЦП, погрешностью и стабильностью других элементов прибора. Но, конечно, трехразрядный мультиметр (т.е. с 3-мя цифрами на дисплее) не бывает точнее 5-разрядного. Разрешение цифрового мультиметра зависит от встроенного в прибор АЦП. Именно АЦП и

преобразовывает аналоговый входной сигнал в цифровое значение, которое в дальнейшем и отображается на дисплее. Часто в каталогах и описаниях используют неудачное сокращение разрядности прибора: например DMM с 3^{1/2} разрядами (всегда хочется спросить: а это сколько в цифровом выражении?), причем бывают и более неопределенные данные для быстрого понимания: 3^{5/6} — тоже не простой для восприятия параметр. Поэтому, при выборе DMM лучше задаваться вопросом разрядности дисплея, имея в виду максимальное цифровое отображаемое значение 1999 (иногда указывают 2000), 3999, 5999 и т.п.

Обычно, по этим параметрам (точности и разрядности) осуществляется группировка приборов по потребительским категориям:

- мультиметры эконом-класса;
- мультиметры профессиональные;
- мультиметры прецизионные;
- мультиметры-калибраторы.

К такой классификации следует также отнести и специализированные мультиметры.

При использовании в DMM АЦП последовательного счёта и последовательного приближения достаточно удобны, но технологически проблема заключается в производстве высокоточной матрицы типа R-2R. Причём, чем выше разрядность АЦП, тем точнее должна изготавливаться эта матрица. Более технологичен (и соответственно более дешёв) АЦП двойного интегрирования, обобщенная схема которого представлена на рис. 1, а принцип работы описан на рис. 2.

Основным элементом АЦП двойного интегрирования является интегратор, на вход которого с помощью ключей S1 и S2 может подаваться либо измеряемое напряжение



Рис. 1. Структура АЦП двойного интегрирования

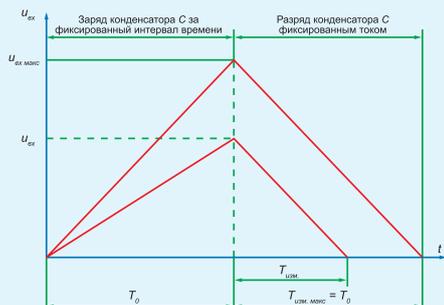


Рис. 2. Диаграмма напряжений АЦП двойного интегрирования

Увх, либо опорное напряжение от источника опорного напряжения (ИОН) противоположного знака. Выход интегратора связан с компаратором (К), который своим выходом управляет запись значений в регистр. Запуск счётчика и управление ключами осуществляется устройством управления. Генератор тактовых импульсов является высокостабильным узлом данного АЦП.

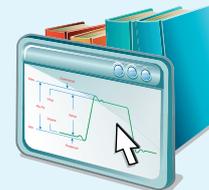
- Вся работа АЦП разделена на две фазы:
- заряд конденсатора (С) за фиксированный интервал времени (время наполнения счётчика);
 - разряд конденсатора током фиксированного значения (за счет подключения ИОН).

Исходное состояние — на выходе интегратора нулевое значения напряжения, и счётчик в нулевом состоянии. Замыкания ключа S1 — старт преобразования. При этом выходное напряжение интегратора начинает линейно возрастать (Фаза 1). Этот процесс длится строго заданное время — до переполнения счётчика. Этот сигнал приводит к размыканию ключа S1 и замыканию ключа S2. В результате на вход интегратора подаётся опорное напряжение отрицательного значения. Выходное напряжение интегратора начинает убывать по линейному закону (Фаза 2). Когда напряжение на интеграторе снижается до нуля, срабатывает компаратор и останавливает счётчик и делает запись данных в регистр.

Достоинствами АЦП двойного интегрирования является возможность хорошо подавлять сетевые помехи и требуется меньше прецизионных элементов, важно только обеспечить хорошую стабильность ИОН и генератора. АЦП двойного интегрирования могут иметь разрядность до 18 бит. В тоже время, этот АЦП является медленно действующим. Следует отметить, что с повышением разрядности повышаются требования к работе ком-

паратора. А из курса электроники известно, что чем точнее компаратор, тем хуже он работает на высоких частотах. Обычно, скорость измерений не превышает 3-х измерений в секунду. Это временное ограничение не позволяет построить на основе структуры классического цифрового DMM осциллограф (сразу после широкого появления DMM с интерфейсом в конце 90-х годов, некоторые любители пытались обсуждать возможность такого проекта). Как противопоставление невысокой скорости измерений в DMM используется графическая шкала, расположенная на дисплее мультиметра ниже или выше цифровых показаний измеряемой величины.

Типичными представителями АЦП двойного интегрирования являются отечественные интегральные микросхемы K572ПВ2 (аналог ICL7107) и K572ПВ5 (аналог ICL7106). Тактовая частота (рекомендуемая) для преобразования 50 кГц, время преобразования 0,32 мс (16000 тактов). Тактовая частота 50 кГц обеспечивает полное целое число раз для помехи 50 Гц и, таким образом, помеха будет полностью интегрирована. Источник опорного напряжения для данной микросхемы 0,1...1 В. При значении 1 В максимальное отображаемое значение ±1,999 В (обычно именно это значение имеют как 3^{1/2} разряда). Ток потребления K572ПВ5 около 0,6 мА, что очень важно для ручных переносных приборов. Подробнее см. в «Энциклопедии измерений» www.kipis.ru/info/.



Мультиметр (от англ. multimeter) — это универсальный прибор, предназначенный для измерения различных электрических величин. Простейший мультиметр объединяет в себе: вольтметр, амперметр и омметр. В настоящее время существуют цифровые и аналоговые мультиметры.

Основные режимы измерений:

- ACV (англ. alternating current voltage — напряжение переменного тока) — измерение переменного напряжения;
- DCV (англ. direct current voltage — напряжение постоянного тока) — измерение постоянного напряжения;
- DCA (англ. direct current amperage — сила тока постоянного тока) — измерение постоянного тока;
- Ω — измерение электрического сопротивления.

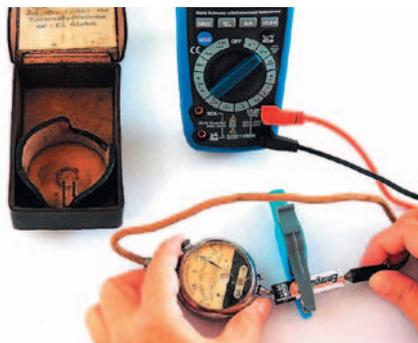


До появления первых мультиметров появились приборы, измеряющие только одну физическую величину. В частности, в начале прошлого века в Германии успешно производились переносные вольтметры в виде популярных в то время, часов-луковиц, так как размер прибора был идентичен размеру таких карманных часов. Приборы можно было брать с собой в удобном кожаном чехле, включающем в себя инструкцию по использованию или просто положить в карман, прикрепив к ним цепочку, как обычный хронометр.

Первые немецкие вольтметры, производства, предположительно, 1905-1910 гг., конечно, были аналоговыми и имели одну дуговую шкалу измерений. Приборы были выполнены очень качественно, все известные нам экземпляры (3 шт.) до сих пор находятся в рабочем состоянии.



В след за довольно простыми вольтметрами, появились приборы с двойной шкалой измерения. Представленный на фотографии электромеханический вольтметр уже имеет 2 дуговые аналоговые шкалы, позволяющие проводить измерения в 2 диапазонах: от 0 до 6 В и от 0 до 120 В. На фронт панели вольтметра имеется стрелка, указывающую рабочую шкалу при проведении измерений, до 6 В или до 120 В. Прибор имеет 2 щупа, маркированные белым и черным цветом, а также шнур, выходящий из верхней части прибора. Сверху прибора есть специальное кольцо — держатель. Прибор может быть подвешен на цепочку, как карманные часы.



В вольтметрах 1916 года выпуска, кроме двойной аналоговой шкалы, были уже реализованы различные режимы измерений. Например, режим измерений при нажатии кнопки или без нажатия, в зависимости от этого изменялся диапазон измерений. А один из пробников стал гибким, что тоже улучшило форм-фактор прибора и облегчило процесс измерений.

Популярное в Лас Вегасе ТВ шоу PAWN STARS показало по американскому телевидению сюжет с участием последнего прибора (youtu.be/ua5xEAZ8e2q). Работоспособность старинного вольтметра была продемонстрирована по телевидению с помощью современного мультиметра АКТАКОМ АММ-1062. Подробнее см. в «Энциклопедии измерений» www.kipis.ru/info/.



При выборе мультиметра эта группировка служит основным индикатором уровня средних цен на приборы в каждой группе и отчасти широты функциональных возможностей, о которых мы расскажем далее.



Рис. 9. Мультиметр АМ-1038. Индикация постоянного напряжения (внизу слева), переменной составляющей (внизу в центре) и постоянной + переменной составляющих (внизу справа)

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. Энциклопедия измерений. Сайт журнала Контрольно измерительные приборы и системы (www.kipis.ru/info/).
4. Компания Agilent Technologies представляет первый в мире ручной цифровой мультиметр со светодиодным дисплеем. Журнал «Контрольно измерительные приборы и системы», 2008, № 6, с. 33.
5. Компания Agilent Technologies представляет новые ручные приборы с усовершенствованным дисплеем и улучшенными параметрами безопасности для использования в промышленности. Журнал «Контрольно измерительные приборы и системы», 2012, № 1, с. 8.

(Продолжение следует)

Nowadays multimeter is one of the most popular measuring devices. It's widely used by both amateurs and professionals and the choice is enormous! Suffice it to say that AKTAKOM multimeters enumerate 4 models. The following article contains functional capabilities and describes specifications which can help users to understand which model is the most appropriate for them and make the right choice.

МУЛЬТИМЕТР. ИНСТРУМЕНТ МАССОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ. КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ

MULTIMETER. MASS ELECTRICAL MEASUREMENTS INSTRUMENT. HOW TO MAKE THE RIGHT CHOICE

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

(Продолжение, начало см. № 5-2012)

Точность — это одна из основных характеристик при классификации и выборе мультиметров, но в каталогах и рекламных буклетах, как правило, указывается базовая погрешность. Однако базовая погрешность не даёт представления о реальных значениях точности, т.к., во-первых, значение погрешности зависит от диапазона измерения, и на каждом из диапазонов она может быть своя. Поэтому реальная суммарная погрешность измерений цифровых мультиметров обычно представляется в виде суммы двух значений: части измеряемой величины и части диапазона измерений. Например, спецификация мультиметра Fluke 187 (таблица 1).

Первое значение (например, 0,0006 или 0,06%) — это относительная погрешность измерений на конкретном диапазоне. Именно эта погрешность в большинстве случаев указывается в качестве базовой погрешности. Эта относительная погрешность указывается в процентах от измеряемого значения. А вот вторая, 4 е.м.р., может быть как абсолютной погрешностью, выра-

ЧАСТЬ СПЕЦИФИКАЦИИ МУЛЬТИМЕТРА FLUKE 187

Таблица 1

Функция	Диапазон измерений	Разрешающая способность	Погрешность
Сопротивление	500.00 Ом	0.01 Ом	0.05% Ризм + 10 е.м.р.
	5.0000 кОм	0.0001 кОм	0.05% Ризм + 2 е.м.р.
	50.000 кОм	0.001 кОм	0.05% Ризм + 2 е.м.р.
	500.00 кОм	0.01 кОм	0.05% Ризм + 2 е.м.р.
	5.0000 МОм	0.0001 МОм	0.15% Ризм + 4 е.м.р.
	30.000 МОм	0.001 МОм	1% Ризм + 4 е.м.р.
	100.0 МОм	0.1 МОм	3% Ризм + 2 е.м.р.
	500.0 МОм	0.1 МОм	10% Ризм + 2 е.м.р.

женной в единицах младшего разряда (е.м.р., digit, цифр и т.п.), так и приведённой погрешностью, представленной в виде процентов от максимального значения диапазона или шкалы (% FS — Full Scale). Последняя форма представления погрешности осталась еще от аналоговых мультиметров со стрелочной шкалой, где в качестве максимального значения диапазона использовалось максимальное значение шкалы измерений.

Таким образом, в мультиметрии основная погрешность может быть представлена в виде $\pm(\% \text{ от показания} + \% \text{ от диапазона})$.

Для прецизионных приборов относительная погрешность отображается не в процентах, а в таких единицах, как ppm. На самом деле ppm — это те же проценты. Аббревиатура ppm обозначает миллионную долю каких-либо относительных величин (дословный перевод ppm — part per million — частей на миллион):

$$1 \text{ ppm} = 0,001 \% = 0,0001 \% = 0,000001 = 10^{-6}$$

Такой вид спецификации на мультиметр, который представлен в таблице 1, является наиболее правильным. Из него видно и суммарную погрешность, и максимальную разрядность (в данном случае 50000 единиц).

Однако напомним, что, исходя из подобной формы записи погрешности, не следует, что мультиметры, обладающие большей разрядностью и имеющие лучшее разрешение, имеют меньшую погрешность и лучшую точность.

Рассматривая такую важную тему, как точность мультиметра, следует упомянуть о способах увеличения точности измерения, которые реализуются не во всех группах приборов. Особенную важность проблема увеличения точности приобретает при измерении малых значений величин и на младших диапазонах. Возьмем классический пример: при измерении сопротивления по двухпроводной схеме, а именно такая схема в основном реализована в ручных измерителях, существенное влияние могут оказывать измерительные провода. Очевидно, что измерительные провода имеют свое сопротивление, которое может меняться, скажем, при нагреве. Так же они влияют и при измерениях емкости и других параметров. Как учесть эти факторы при измерении? Именно для этих целей и служит режим уста-

Каким образом можно подтвердить заявленную точность мультиметра? Сразу внесем ясность: любой прибор, в т.ч. и мультиметр, поставляется производителем с заводской калибровкой. Но обычно путь от завода-производителя до потребителя довольно длинный, здесь может быть авиационная или морская доставка и соответствующее воздействие температурных факторов, давления, тряски и др. Влияния этих воздействий могут проявляться и в процессе эксплуатации самого прибора. Поэтому, если нужно быть уверенным, что мультиметр отвечает всем заявленным характеристикам, то при выборе мультиметра обращайте внимание на следующие факторы: включен ли он в Государственный Реестр (ГР) средств измерений, т.е. прошел соответствующие испытания. Если прибор включен в ГР, то его можно поверить. Поверку прибора можно провести в специальной аккредитованной на это лаборатории, а в дальнейшем проводить и периодическую поверку прибора (обычно раз в год). Конечно, мультиметры, включенные в Государственный реестр необходимы при использовании на предприятиях, где требуется подтверждение заявленных характеристик прибора, а следовательно, — результатов измерений. Эти приборы обычно стоят дороже, чем приборы, не включенные в Государственный Реестр, и это связано с теми затратами, которые несет производитель или поставщик мультиметра при проведении испытаний и аккредитации данного оборудования. Испытания в РФ — процесс долгий и дорогостоящий, т.к. результаты испытаний зарубежных лабораторий не признаются, а в РФ собственных испытательных лабораторий мало и процедура испытаний оказывается достаточно дорогой.

Для обычных же пользователей, например, частных лиц, служб сервиса, разработок и т.п. мультиметры, включенные в Госреестр, могут оказаться слишком дороги. Но и в этом случае есть выход: для приборов, не включенных в Государственный реестр, можно сделать калибровку. Ну а если потребитель считает и процедуру калибровки излишней, то прибор становится фактически индикатором, и проблема выбора прибора по точности и разрядности отпадает сама собой.

Процедуры поверки и калибровки с технической точки зрения одинаковы, реализуются на одном и том же оборудовании, но поверка означает официальное (для России) подтверждение соответствия результатам испытаний при утверждении данного типа приборов.



новки нуля или режим относительных измерений. Перед проведением каждого измерения необходимо нажать кнопку включения этого режима, обычно она носит название «REL». Когда включается эта функция, прибор использует текущее показание в качестве опорного значения, и следующие показания представляют собой разность между измеренным значением входного сигнала и опорным значением. Таким образом, можно скомпенсировать ряд параметров, ухудшающих точность: шумы, изменение сопротивления при нагреве проводов и т.п. И во многих руководствах по эксплуатации на прибор для более точных измерений рекомендуется использовать этот режим.

Рассмотрим еще несколько способов увеличения точности измерения. Такие возможности, в основном, присутствуют в мультиметрах таких известных производителей, как Fluke и Agilent.

Среди возможностей, имеющихся у данных цифровых мультиметров, отдельного упоминания заслуживает функция, позволяющая прибору работать в режиме с низким импедансом. Входное сопротивление большинства выпускаемых сегодня мультиметров имеет значение, превышающее 1 МОм. В режиме работы низкого импеданса на входе используется малый импеданс, что приводит к подавлению паразитных напряжений. Как следствие, снижается вероятность неправильных показаний, а значит и повышается точность прибора. Таким образом, рекомендуется использовать этот режим, если в напряжении присутствуют наводки.

Возможность работы при низком импедансе имеется у некоторых моделей мультиметров Fluke (например, Fluke 289, Fluke 114, Fluke 116, Fluke 117) и Agilent (U1272A). Правда, следует заметить, что данный режим у Fluke обозначается как «LoZ», в то время как компания Agilent называет его «Z-low». Но сути дела это не меняет. Подробнее о моделях мультиметров, имеющих режим LoZ, можно прочитать в статье «Двухимпедансные цифровые мультиметры. Для чего они нужны?» (7), опубликованной в нашем журнале.

На примере вышеупомянутого мультиметра Agilent U1272A (рис. 10) можно рассмотреть и другие способы увеличения точности. Данный мультиметр, кроме низкоимпедансного режима, оснащен такими функциями, как фильтрация низких частот и «Smart Ohm». Функция фильтрации низких частот служит для подавления шума, влияющего на показания при измерении тока и напряжения. Режим «Smart Ohm» позволяет получить более точные результаты измерений, сводя к минимуму погрешности, вызванные токами утечки.

Также следует отметить еще одну важную особенность при выборе мультиметра. Как в приборе реализован выбор диапазонов измерения? Диапазон

измерения может быть выбран вручную или с использованием функции автоматического выбора диапазонов. При автоматическом выборе диапазона прибор сам выбирает диапазон измерения на основе величины входного сигнала. Для пользователя это удобно тем, что ему нет необходимости переключать вручную пределы измерения. В ручном режиме пользователь сам выбирает диапазон, что позволяет производить измерения в нужном диапазоне с заданной точностью и контролировать выход измеряемой величины за его пределы. При выходе измеряемой величины за пределы выбранного диапазона на дисплее прибора появляется соответствующий значок или надпись (зависит от модели), возможна также и звуковая сигнализация данного процесса. В большинстве моделей реализован и ручной и автоматический выбор диапазонов измерения, но бывают и исключения, особенно для приборов эконом-класса.

Если рассматривать вопрос: все ли мультиметры имеют, например, режим относительных измерений? То следует отметить, что данный режим реализован в прецизионных и профессиональных мультиметрах, а в более простых моделях эконом-класса такой функции нет. Таким образом, мы подошли к еще одному различию между группами мультиметров и еще одному фактору, на который потребитель должен обращать особое внимание при выборе мультиметра — это функциональность.

В принципе, в первой части статьи мы уже затрагивали вопросы функциональности, например, когда рассматри-



Рис. 10. Мультиметр Agilent U1272A

СРАВНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАЗНЫХ ГРУПП МУЛЬТИМЕТРОВ

Таблица 2

Группа	AMM-1139	AM-1108	AM-1118	AM-1142	AM-1009	AMM-1009
	Прецизионные		Профессиональные		Эконом-класса	
Разрядность дисплея	40000/4000	51000	6000	6600	1999	3999
Подсветка	+	+	+	+	+	-
Базовая погрешность	0,06 %	0,2 %	0,5 %	0,5 %	1,50 %	0,5 %
TrueRMS	+	-	-	+	-	-
Постоянное напряжение	10 мкВ...1000 В	1 мкВ...1000 В	0,1 мВ...1000 В	0,1 мВ...1000 В	0,1 мВ...1000 В	0,1 мВ...1000 В
Переменное напряжение	10 мкВ...1000 В	1 мкВ...760 В	0,1 мВ...700 В	0,1 мВ...1000 В	1 мВ...750 В	1 мВ...750 В
Постоянный ток	0,01 мкА...10 А	0,01 мкА...10 А	0,1 мкА...10 А	0,1 мкА...10 А	10 мкА...20 А	10 мкА...20 А
Переменный ток	0,01 мкА...10 А	0,01 мкА...10 А	0,1 мкА...10 А	0,1 мкА...10 А	10 мкА...20 А	10 мкА...20 А
Частотный диапазон измерений переменного тока	50...1000 Гц	40...500 Гц	40...400 Гц	40...400 Гц	40...400 Гц	40...500 Гц
Сопротивление	0,01 Ом...40 МОм	0,01 Ом...40 МОм	0,1 Ом...60 МОм	0,1 Ом...66 МОм	0,1 Ом...200 МОм	0,1 Ом...400 МОм
Ёмкость	0,001 нФ...40 мФ	0,01 нФ...100 мкФ	0,01 нФ...300 мкФ	1 пФ...66 мФ	10 пФ...200 мкФ	1 пФ...40 мкФ
Частота	0,001 Гц...100 МГц	0,01 Гц...100 кГц	0,01 Гц...1 МГц	0,01 Гц...66 МГц	-	1 Гц...4 МГц
Коэффициент заполнения	0,1 %...99,9 %	0,1 %...99,9 %	-	0,01 %...99 %	-	-
Температура (термопара)	К-тип	К-тип	К-тип	К-тип	-	-
Температура (термосопр.)	-	Pt-100	-	-	-	-
Тест диодов/прозвонка цепей	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
Фиксация Max, Min	+	+	+	+	-	-
Вычисление AVG	+	+	-	-	-	-
Удержание показаний HOLD	+	+	+	+	+	+
Относительные измерения	+	+	+	+	-	-
Пик-детектор	+	+	-	-	-	-
Интерфейс	USB	USB	USB	USB	-	-
Пыле- и влагозащита	IP67	-	-	-	-	-
Категория безопасности	CAT III 1000В, CAT IV 600В	CAT II 1000 В	CAT III 600В	CAT III 1000В, CAT IV 600В	CAT II 1000В	CAT II 1000В

вали мультиметр АКТАКОМ АМ-1109. Действительно, много ли найдется на рынке измерительной техники двухканальных моделей мультиметров? Разве наличие двух каналов — это не расширение возможностей? Для более полного понимания возможностей цифровых мультиметров и отличий различных групп данных измерителей приведем сравнительную таблицу 2. В эту таблицу включим по две модели прецизионных, профессиональных и мультиметров эконом-класса.

Из таблицы 2 наглядно видны различия: у прецизионных мультиметров больше разрядность дисплея, а следовательно, лучше разрешающая способность (минимальное отображаемое значение), лучше точность (меньше значения погрешности), обе модели измеряют истинное среднеквадратическое значение (TrueRMS) переменного тока и напряжения, больше других функций и режимов по сравнению с профессиональными моделями, не говоря уже о мультиметрах эконом-класса. Также видно, что режим относительных измерений недоступен для моделей эконом-класса, но реализован в профессиональных и прецизионных моделях.

Аналогичная ситуация с функцией фиксации максимальных и минимальных значений. Насколько нужен этот режим для обычного применения? Ответ достаточно прост: если изменения значения измеряемой величины довольно динамичны и требуется отслеживать предельные значения величин, то эти режимы полезны. Фактически это статистическая обработка полученных данных.

Рассмотрим действие этой функции на примере фиксации максимального показания. Когда активируется режим фиксации максимального значения, на дисплее прибора отображается максималь-



Рис. 11. Отображение средней величины в прецизионном мультиметре АКТАКОМ АМ-1108

ная измеренная величина с момента активации этой функции. Как только значение измеренной величины превысит текущее отображаемое, то оно становится максимальным, и уже это значение отображается на дисплее. Если значение измеренной величины не превышает отображенное на дисплее, то максимальное измеренное значение остается прежним, и показания на дисплее не изменяются. Действие функции фиксации минимального значения аналогично рассмотренному выше, но в качестве опорного значения используется минимальное отображаемое значение. Естественно, в обоих случаях об активности этих функций свидетельствуют индикаторы на дисплее. Обычно это MAX или MIN, но бывают и исключения, например REC MAX и REC MIN и т.п.

Еще одним вариантом статистической обработки является вычисление средней величины. Эта функция встречается в ручных измерителях гораздо реже предыдущих, но она реализована в прецизионных мультиметрах, например в АМ-1108 (рис. 11).

В данном режиме мультиметр непрерывно обрабатывает измеренные данные с момента начала активации функции и выводит на дисплей вычисленное текущее среднее значение. Под-

тверждением активности функции вычисления среднего значения обычно является индикатор «AVG». Этот режим наиболее подходит для фиксации неустойчивых показаний, в частности, когда работа оборудования мешает наблюдению за прибором.

Анализируя удобство работы с тем или иным прибором, следует упомянуть еще о нескольких функциях, которые могут помочь в работе. Одной из таких функций является удержание показаний на экране. Строго говоря, эта возможность присуща не только мультиметрам, но и довольно часто задействована в других измерительных приборах. При активации функции удержания показаний (функция HOLD или DATA HOLD) на дисплее прибора фиксируется то измеренное значение, которое было на экране в момент нажатия кнопки (активации функции). При этом на дисплее обычно становится активным индикатор «H» или «HOLD». Индикация показаний как бы блокируется, и прибор не реагирует на изменение измеряемой величины (рис. 12).

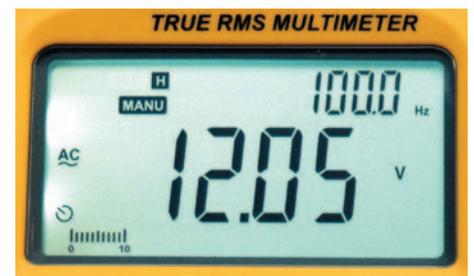


Рис. 12. Функция удержания показаний в мультиметре АКТАКОМ АМ-1152

Потребителям, анализирующим переходные процессы или выявляющим короткие импульсные помехи, может быть полезна еще одна функция мультиметра — это фиксация пиковых значений или пик-детектор. Обычно пиковые детекторы в ручных мультиметрах предназначены для фиксации коротких импульсов длительностью от 1 мс. Но в зависимости от модели, эта функция также может быть реализована поразному. Скажем, в уже упомянутом выше мультиметре АКТАКОМ АМ-1108 пик-детектор работает только с положительными пиками постоянного напряжения, а в другом измерителе — АММ-1028, эта функция реализована для положительных и отрицательных пиков постоянного и переменного напряжения и тока (рис. 13).

Справедливости ради следует сказать, что пиковый детектор в мультиметрах служит своего рода индикатором наличия этих аномалий, а для полноценного анализа необходимо применять более специализированные приборы: осциллографы, анализаторы и т.п.

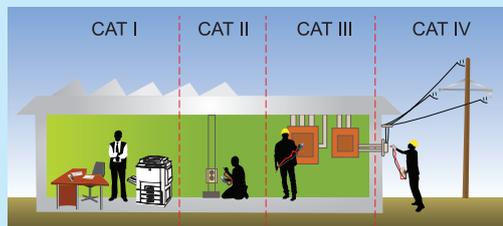
Практически все мультиметры позволяют измерять постоянное и переменное напряжение, постоянный и переменный ток и сопротивление. Но да-

КАТЕГОРИИ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Цифровые измерительные приборы, в зависимости от особенностей применения, производятся в соответствии с требованиями стандартов безопасности, как например, стандарта международной электротехнической безопасности IEC 61010-1, а также национального и регионального стандартов. Например, CEN EN61010. В зависимости от требований по безопасности измерительное оборудование относится к определенным категориям:

- Категория I — производит измерения на цепях, которые не подключаются напрямую к сети;
- Категория II — производит измерения на цепях, которые напрямую подключены к электросети;
- Категория III — к данной категории относятся измерения, проводимые на оборудовании, имеющем непрерывное подключение к сети электропитания;
- Категория IV — наивысшая измерительная категория, которая объединяет приборы, производящие измерения в зонах повышенного уровня тока повреждения.

Таким образом, если в спецификации указана категория безопасности CAT III 1000В, то это означает, что прибор относится к категории III, и им можно проводить безопасные измерения в этих условиях до 1000 В. (по материалам «Энциклопедии измерений» журнала КИПИС www.kipis.ru/info/)



же если пользователь собирается измерять только постоянное напряжение, то при выборе прибора надо смотреть не только на границы диапазонов измерений, но и обязательно обращать внимание на категорию безопасности данного прибора (см. врезку «Категории электробезопасности»).

Если вы планируете использовать мультиметр вне лабораторных условий: на улице или в «поле», то следует обратить внимание на еще одну категорию защиты IP, которая означает пыле- и влагозащищенность прибора (см. врезку).



Рис. 13. Фиксация пиковых значений в мультиметре АКТАКОМ АММ-1028

В первой части статьи (в предыдущем номере журнала) были описаны TrueRMS измерения на переменном токе, а также показано как этот вид измерения влияет на правильность показаний. Если при выборе мультиметра известно, что планируются проводить измерения переменного тока и напряжения, то эта функция имеет ключевой фактор выбора. Но важно при выборе мультиметра, изучая спецификации, обратить внимание не только на наличие или отсутствие функции TrueRMS, но и на каких частотах прибор может проводить измерения с заданной точностью. Это важно, если планируется использовать мультиметр при ремонте любых устройств, имеющих схемы тиристорного или время-импульсного управления. К таким устройствам, например, относятся импульсные источники питания (switch power supply), которые широко применяются в компьютерах, или сетевые устройства плавного включения галогенных ламп. В этом случае важно учитывать частотный диапазон измерения, допустимый для выбираемого мультиметра. Как правило, для мультиметров



Рис. 14. Настольный мультиметр АКТАКОМ АВМ-4561

метров эконом-класса полоса частотного диапазона не указывается в технических характеристиках, и в этом случае прибор будет корректно измерять напряжение и ток при работе только в диапазоне промышленной частоты (50...400 Гц). Для мультиметров профессионального применения частотный диапазон измерения переменного тока и напряжения, как правило, указывается в технических характеристиках (см. таблицу 2). Но наиболее широкие возможности частотного диапазона измерения переменного напряжения и тока реализуются в настольных мультиметрах, например, АКТАКОМ АВМ-4561 (рис. 14). Габаритные размеры (настольное исполнение) и высокая стоимость такого типа мультиметров определяются (по сравнению с ручными мультиметрами) не только более высокой точностью, но и скоростью измерений и частотным диапазоном измерения переменного напряжения.

В некоторых режимах работы ручных мультиметров может быть ограничено максимальное время измерения, и особенно часто это встречается при измерении значений токов. Например, в каталогах или рекламных буклетах указывается максимальное значение измеряемого тока 20 А. Но очень часто при внимательном изучении спецификации можно прочесть, что максимальное время работы в этом режиме ограничено несколькими секундами. Поэтому при выборе мультиметра следует уточнить время работы прибора на максимальных пределах. Это необходимо знать для вашей безопасности.

Все современные мультиметры могут выполнять прозвонку цепей на целостность и проверять p-n переходы.

Это два разных процесса простых измерений и важно их не путать, т.к. они внешне похожи.

Прозвонка — это операция по определению целостности электрической цепи или его участка, а также действия для отыскания места повреждения, обрыва соединения цепи, ненадежного контакта или детали, вышедшей из строя. Для прозвонки цепи используют мультиметры в режиме измерения сопротивления, режим с функцией (🔊). Если сопротивление в цепи ниже заданного в омметре значения (обычно 10...50 Ом, однако в некоторых моделях этот порог можно регулировать), то прибор выдает звуковой сигнал и показывает значение сопротивления.

В режиме проверки p-n перехода внутри мультиметра выходные клеммы подключают к внутреннему источнику постоянного напряжения (как правило, около 2...3 В). И далее производится измерение напряжения на клеммах мультиметра. Для исправных p-n переходов напряжение будет ограничено 0,5...1,2 В, в зависимости от типа проводника (рис. 15), для неисправных значение будет равно 0 или максимальному значению напряжения, формируемому прибором.

Кроме измерения постоянного и переменного напряжения и тока, прозвонки цепей и проверки p-n переходов, современные мультиметры обеспечивают измерения:

- сопротивления;
- емкости;
- индуктивности;
- частоты (гармонического и импульсного сигнала);
- длительности импульса и коэффициент заполнения.

Измерение сопротивления в портативных мультиметрах осуществляется на постоянном токе, и используется обычная двухпроводная схема подключения. Повышенную точность измерения сопротивления в этом случае можно реализовать, используя описанный выше режим относительных измерений REL, но это важно только для младших диапазонов. Схема с компенсацией сопротивления измерительных проводов (4-х проводная схема измерения) в портативных мультиметрах практически не используется. Это область применения настольных цифровых мультиметров (таблица 3). Как правило, измерения сопротивления в ручных

Таблица 3

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАСТОЛЬНОГО МУЛЬТИМЕТРА АКТАКОМ АВМ-4561

	АВМ-4551	АВМ-4561	АВМ-4081
Измеряемые величины	Постоянное/переменное напряжение, постоянный/переменный ток, сопротивление, частота, период	Постоянное/переменное напряжение, постоянный/переменный ток, сопротивление, частота, период	Постоянное/переменное напряжение, постоянный/переменный ток, сопротивление, частота, емкость, температура
Базовая погрешность при измерении на постоянном токе	0,01 %	0,0035 %	0,03 %
Базовая погрешность при измерении на переменном токе	0,3 %	0,05 %	0,75 %
Полоса частот при измерении на переменном токе	10 кГц...100 кГц	10 кГц...300 кГц	40 Гц...60 кГц
Максимальная скорость измерений	57 измерений в секунду	57 измерений в секунду	
Схема измерений	2-х и 4-х проводная схема	2-х и 4-х проводная схема	2-х проводная схема

мультиметрах ограничены сверху значениями 40...200 МОм, что обусловлено конструкцией и сопротивлением входных узлов. При конструировании мультиметра требуется много усилий для устранения токов утечек при больших значениях сопротивления, т.к. сопротивление изоляции входных гнезд становится сопоставимым с измеряемым сопротивлением. Конструктивно задача является очень не простой для ручных приборов, в то время как настольные мультиметры могут иметь специальные адаптеры для подключения высокоимпедансных цепей.

При использовании мультиметров с автоматическим выбором пределов измерений снижается общая скорость измерения сопротивления, т.к. время установления измеренного значения определяется, в том числе, количеством диапазонов. Например, для мультиметра АКТАКОМ АМ-1038 количество диапазонов измерений сопротивления равно 7, а диапазонов измерения напряжения — 4 (В) + 2 (мВ). И автоматический перебор возможных диапазонов измерений требует времени. Это может снижать скорость работы при измерениях в одном диапазоне. Например, разбраковка резисторов, контроль изменения выходного напряжения, регулировка коэффициента передачи — эти виды измерений связаны с незначительными отклонениями от заданной величины, поэтому для таких видов работ следует выбирать мультиметры с выключением автоматического выбора диапазона.

Особенности измерения цепей с L и C характеризуются полным сопротивлением, называемым также иммитансом или импедансом (1). Это понятие имеет смысл только на переменном токе и характеризует комплексное отношение напряжения на измеряемой цепи к току в ней — $Z=U/I$. Полное сопротивление, как комплексное число, представляется в виде $Z=R_s+j\cdot X$, где R_s — активная составляющая Z , $j\cdot X$ — реактивная составляющая Z , j — мнимая единица (корень квадратный из -1). Ча-

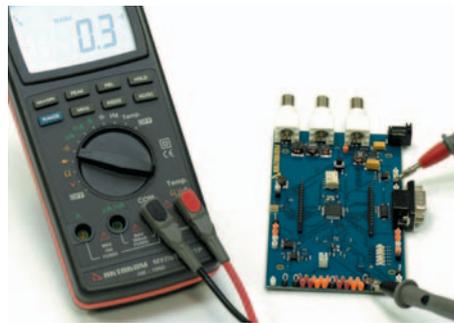
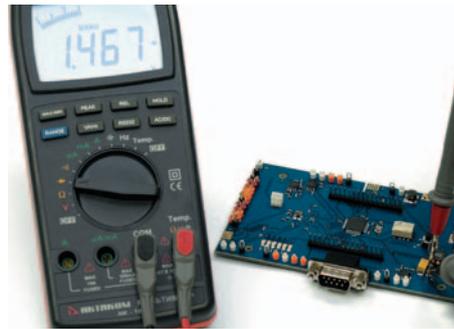


Рис. 15. Проверка падения напряжения на p-n переходе и проверка целостности цепи

сто вводится понятие модуля комплексного сопротивления:

$$|Z| = \sqrt{R_s^2 + X^2},$$

причем $R_s = |Z| \cos(\theta)$ и $X = |Z| \sin(\theta)$, где θ — сдвиг фазы между переменным напряжением и током измеряемой цепи.

Реактивная составляющая Z для индуктивности и емкости определяется хорошо известными выражениями: $X=j\cdot 2\pi fL$ для индуктивности и $X=1/j\cdot 2\pi fC$ для емкости.

Поскольку все составляющие Z зависят от частоты, то первостепенным параметром измерений является тестовая частота f . В принципе, желательно испытывать конденсаторы и катушки индуктивности на их рабочей частоте, например, на частоте резонанса колебательных LCR-контуров. Однако на практике приходится ограничиваться несколькими частотами, а то и одной частотой.

Также важное значение играют еще

два параметра цепей на переменном токе: тангенс угла потерь δ — D и обратная ему величина — добротность. Для последовательной схемы измерений они определяются выражениями:

$$Q_L = \frac{1}{\tan(\delta)} = \frac{|X_s|}{R_s} = \frac{2\pi fL}{R_s}$$

$$\text{и } Q_C = \frac{1}{\tan(\delta)} = \frac{|X_p|}{R_p} = \frac{1}{2\pi fC_p R_p}$$

Аналогично для параллельной схемы измерений имеем:

$$Q_L = \frac{1}{\tan(\delta)} = \frac{|X_p|}{R_p} = \frac{R_p}{2\pi fL}$$

$$\text{и } Q_C = \frac{1}{\tan(\delta)} = \frac{|X_s|}{R_s} = 2\pi fC_s R_s$$

Параметр D обычно используется для оценки неидеальности емкостей, а Q — катушек индуктивности. Однако, в принципе, оба параметра применимы как к емкостям, так и индуктивностям. Таким образом, построение мультиметра с измерением емкости и индуктивности связано с необходимостью введения в них прецизионного генератора тестовой частоты. Кроме того, у большинства неспециализированных мультиметров отсутствуют возможности измерения последовательного и параллельного сопротивлений на переменном токе, добротности и тангенса угла потерь. В то же время эти функции присутствуют в профессиональных измерителях RLC.

Интересно отметить, что внедрение измерения цепей с L и C (см. врезку) в ручные мультиметры пришлось на начало 90-х годов, хотя методы измерения были известны значительно раньше.

На разных частотах значение полного сопротивления может быть разным. Поэтому в профессиональных моделях используются генераторы, обеспечивающие несколько измерительных (тестовых) частот.

В модельном ряду АКТАКОМ присутствует функционально насыщенный мультиметр АММ-3031, который обеспечивает измерения компонентов на тестовых частотах 220 Гц и 2,2 кГц. Но справедливости ради следует заметить, что измерение комплексного сопротивления лучше все же проводить специализированными приборами — измерителями импеданса или измерителями RLC. Мультиметры общего назначения любой категории обеспечивают невысокую точность измерения в цепях с L и C элементами, что связано с принципиальными различиями в схемотехнике входных цепей классического мультиметра и измерителя RLC.

При выборе мультиметра также полезно будет знать, что достаточно много моделей ручных мультиметров могут измерять не только электрические, но и неэлектрические (физические) величины. Классическим примером такой функции является возможность измерения температуры. В портативных ручных мульти-

20 ПОСЛЕДНИХ ЛЕТ В ИСТОРИИ МУЛЬТИМЕТРИИ

В начале 1990-х годов в СССР выпускались ручные мультиметры, измеряющие только 3 величины (ток, напряжение и сопротивление) при ручном выборе пределов измерений. Выпуск осуществлялся на 3-4 предприятиях, в том числе в Зеленограде и Минске. Но в 1992 году был разработан и выпущен на отечественный рынок портативный мультиметр с ручным и автоматическим выбором пределов измерений, обеспечивающий измерение напряжения, тока, сопротивления и емкости и измеритель RLC.

Модель 1993 года стала новинкой для отечественного рынка. Спрос на эти приборы быстро превысил предложение. И именно это дало быстрый старт развитию компании Эликс (www.eliks.ru).

В 2012 году компания Эликс отметила 20-летний юбилей и теперь предлагает уже более 2500 наименований различных приборов и, в том числе, более 30 типов различных мультиметров, измеряющих значительно большее количество параметров. Сотрудники компании и разработчики этих мультиметров в настоящее время с улыбкой вспоминают особенности проектирования собственной новинки мультиметрии 90-годов, когда в типичный мультиметр добавили высокостабильный генератор и получился функционально новый прибор.



Мультиметр Эликс-2002

метрах в качестве датчиков температуры используют термопары и/или термосопротивления. Наибольшее распространение получили термопары типа К (хромель-алюмелевые, ТХА), но вообще типов термопар существует больше десяти (R, S, B, J, T, N, E, L, M, I, A).

Принцип действия термопары основан на эффекте Зеебека, когда между соединёнными проводниками (электродами) имеется контактная разность потенциалов. Металлы или сплавы, из которых изготовлены сами электроды, определяют и тип термопары. В случае, когда стыки связанных в кольцо проводников находятся при одинаковой температуре, сумма таких разностей потенциалов равна нулю. Когда же стыки находятся при разных температурах, возникает термо-

ЭДС, которая зависит от разности температур. Именно эту термо-ЭДС и измеряет мультиметр, а процессор прибора преобразует измеренное значение в соответствующую единицу измерения для отображения на дисплее.

Подробнее особенности использования термопар представлены в «Энциклопедии измерений» www.kipis.ru/info/.

При выборе мультиметра следует учесть типичную ошибку при оценке прибора для измерения температуры. Дело в том, что если в технических характеристиках прибора указано, что диапазон измерения температуры составляет от -55 до 1000 °C, то это означает именно максимальный диапазон измерения самого прибора! А реальный диапазон измерения температуры зависит



Рис. 16. Мультиметр АКТАКОМ АМ-1152 с подключенной термопарой

уже от самого датчика, например, термопары. Найти термопару с диапазоном от -55 до 1000 °C практически нереально. Скажем, максимальная рабочая температура для «капельных» термопар К-типа составляет не более, а обычно даже менее, 400 °C.

Большинство моделей мультиметров проводят такие измерения при помощи термопары К-типа. Обычно такое подключение происходит по входным измерительным гнездам через специальный адаптер. На рис. 16 представлен мультиметр АКТАКОМ АМ-1152 с подключенной термопарой.

Следует отметить, что существуют модели портативных мультиметров, которые могут использоваться в качестве датчиков не только термопары, но и термосопротивления, принцип действия которых основан на изменении сопротивления чувствительного элемента в зависимости от температуры. К таким приборам можно отнести, например, прецизионный мультиметр АММ-1189, который позволяет измерять температуру при помощи термопар не только К-типа, но и типов R, S, E, J, T, N, B, а также при помощи терморезисторов Pt100; Pt1000. Еще большие возможности в этом плане предоставляют мультиметры-калибраторы АКТАКОМ, но о них мы расскажем немного позднее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, 2007.

(Продолжение следует)

КАТЕГОРИИ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Категория IP (Ingress Protection Rating) — это система классификации степеней защиты оболочки электрооборудования от проникновения твёрдых предметов и воды, в соответствии с международным стандартом IEC 60529 (DIN 40050, ГОСТ 14254-96). Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (IP) и двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твёрдых предметов, вторая — от проникновения воды. Код имеет вид IPXX, где на позициях X находятся цифры, либо символ X, если степень не определена. За цифрами могут идти одна или две буквы, дающие вспомогательную информацию. Например, бытовая электрическая розетка может иметь степень защиты IP22 — она защищена от проникновения пальцев и не может быть повреждена вертикально или почти вертикально каплюющей водой. Максимальная защита по этой классификации — IP68: пыленепроницаемый прибор, выдерживающий длительное погружение в воду.

Из таблицы 2 видно, что прецизионный мультиметр АММ-1139 обладает категорией защиты IP67. Это значит, что он полностью пыленепроницаемый (6 — высшая категория защиты от пыли) и выдерживает кратковременное погружение в воду до 1 м (7 — высокая категория защиты от попадания влаги). Аналогичную категорию пыли- и влагозащиты имеют мультиметры Fluke 27-II и Fluke-28II.

Конечно, потребителю необходимо понимать, что «дешевые» мультиметры не могут иметь высокую категорию пыли- и влагозащиты, т.к. такая защита может существенно увеличить стоимость самого прибора.

При конструировании приборов с повышенной защитой применяются различные специальные конструктивные решения. Например, для ограничения проникновения влаги входные гнезда руч-

ных мультиметров делают конусообразными, а юбку вилки выполняющую с кольцевыми утолщениями. При эксплуатации это требует дополнительного, иногда большого, усилия для подключения измерительных щупов к мультиметру, которое у новичков вызывает изумление.

Также батарейный отсек, как правило, имеет специальную резиновую прокладку для обеспечения отсутствия щелей в корпусе при установке батарей.

Потребителям, которые используют приборы в потенциально взрывоопасных средах, всегда следует обращать внимание, насколько эти приборы удовлетворяют требованиям директивы ATEX 707Ex. На таких приборах стоит специальный знак. Есть такие приборы и среди мультиметров. Классический пример — Fluke 87V Ex.

Такие приборы специально спроектированы, чтобы не высвободить электрическую и тепловую энергию, достаточную для воспламенения горючих материалов (газ, пыль, частицы и т.п.). Мультиметры, сертифицированные по стандарту ATEX, можно применять в зонах повышенной опасности, например, на химических и нефтеперерабатывающих предприятиях, нефтяных платформах, трубопроводных организациях, т.е. где существует риск взрыва. Данные приборы легко отличаются по внешнему виду от других приборов Fluke по светло-серому корпусу и ярко-красному хольстеру. Кроме того, в различных спецификациях могут быть указаны вибростойкость мультиметра и ударостойкость, с какой высоты прибор может упасть, чтобы он не повредился.

Подробнее читайте в «Энциклопедии измерений» www.kipis.ru/info/.



Nowadays multimeter is one of the most popular measuring devices. It's widely used by both amateurs and professionals and the choice is enormous! Suffice it to say that AKTAKOM multimeters enumerate 4 models. The following article contains functional capabilities and describes specifications which can help users to understand which model is the most appropriate for them and make the right choice.

МУЛЬТИМЕТР. ИНСТРУМЕНТ МАССОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ. КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ

MULTIMETER. MASS ELECTRICAL MEASUREMENTS INSTRUMENT. HOW TO MAKE THE RIGHT CHOICE

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

(Продолжение, начало см. № 5, 6-2012)

В предыдущей части статьи [1] были рассмотрены прецизионные мультиметры АКТАКОМ и довольно подробно останавливались на таком важном аспекте, как точность прибора. Однако есть еще одна группа мультиметров, в которой эта точность имеет первостепенное значение. Это группа приборов носит название «мультиметры-калибраторы». Само двойное название этих приборов означает, что эти приборы имеют двойное назначение, т.е. сочетают как измерительный блок функций (мультиметр), так и возможности по формированию эталонных сигналов (калибратор). В данной группе можно встретить как мультиметры-калибраторы и просто калибраторы, т.е. приборы, которые предназначены только для генерации сигналов высокой точности и стабильности

с различными параметрами: постоянное напряжение, постоянный ток, частота, импульсы, коммутации (переключения), сопротивление (имитация резисторов) и температура (имитация термопар (ТС) и терморезисторов (RTD)). В общем случае, приборы этой группы применяются для ремонта и обслуживания промышленных измерительных устройств, проверки электронных схем и оборудования, измерения характеристик датчиков и систем автоматизированного управления.

Рассматриваемые портативные мультиметры-калибраторы не предназначены для работы в качестве рабочих приборов в метрологической службе предприятия, а являются калибраторами технологических процессов. Разница обычных калибраторов (рабочих эталонов) и калибраторов технологических процессов заключается в точности приборов и диапазоне измеряе-

мых (генерируемых) величин. Базовая погрешность мультиметров-калибраторов, представленных в настоящее время на рынке равна, как правило, 0,01%-0,05%. (см. таблицу 4) Точность и ограниченность диапазонов измерений является обратной стороной портативности этой группы приборов. В тоже время портативность и высокая точность очень важны для промышленного применения.

Конструкция и управление приборами этой группы сильно отличается от привычных мультиметров с центральным переключателем и 3-4 гнездами для подключения измерительных проводов.

Рассмотрим подробнее в качестве примера применение калибратора технологических процессов АКТАКОМ АМ-7111.

Управление этим прибором достаточно необычно. В этом приборе нет типичного для большинства мультиметров централь-

МУЛЬТИМЕТРЫ-КАЛИБРАТОРЫ АКТАКОМ. ТОЧНОСТЬ И ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Таблица 4

	AM-7079	AM-1158	AM-7025	AM-7111	AM-7070
Разрядность дисплея	4000	4000	50000	50000	50000
Базовая погрешность	0,2%	0,05%	0,02%	0,02%	0,02%
Функция измерения					
Постоянное напряжение	400 В	400 мВ, ..., 1000 В	-5...50 мВ	-	100 мВ / 10 В
Переменное напряжение	400 В	400 мВ, ..., 1000 В	-	-	-
Постоянный ток	400 мА	400 мкА, ..., 10 А	-5...50 мА	-	24 мА
Переменный ток	400 мА	400 мкА, ..., 10 А	-	-	-
Сопротивление	40 МОм	400 Ом, ..., 40 МОм	500 Ом, 5 кОм	-	-
Емкость	-	40 нФ, ..., 40 мФ	-	-	-
Частота	10 кГц	40 Гц, ..., 10 МГц	500 Гц, ..., 50 кГц	-	-
Козф. заполнения	99%	10%...90%	-	-	-
Температура (термопара)	8 типов т/п -200°С...1800°С	-40°С...+1000°С	8 типов т/п -200°С...1820°С	-	-
Температура (терморезистор)	2 типа т/р -200°С...700°С	-	6 типов т/р -200°С...800°С	-	-
Прозвонка цепи/диоды	☑	☑	☑	-	-
Калибратор					
Постоянное напряжение	-10.00...110.00 мВ -0.5...5.5000 В	0...15.000 В	100.000 мВ, ..., 10.0000 В	100.000 мВ, ..., 10.0000 В	100.00 мВ / 15.000 В
Постоянный ток	0...22.000 мА ХМТ: -22.000 мА	0...24.000 мА	22.000 мА	22.000 мА	24.000 мА
Сопротивление	400 Ом	-	400 Ом, ..., 40 кОм	400 Ом, ..., 40 кОм	-
Частота (ШИМ)	110 Гц, ..., 11 кГц	0...10 кГц	110 Гц, ..., 110 кГц	110 Гц, ..., 110 кГц	-
Количество (Амплитуда) импульсов	-	-	1...100000 (1...11 В)	1...100000 (1...11 В)	-
4...20 мА/%	0% = 4 мА 100% = 20 мА				
Ступенч. изменение/качение	☑	-	☑	☑	☑
Температура (термопара)	8 типов т/п -200°С...1800°С	-	8 типов т/п -200°С...1820°С	8 типов т/п -200°С...1820°С	-
Температура (терморезистор)	2 типа т/р -200°С...850°С	-	6 типов т/р -200°С...800°С	6 типов т/р -200°С...800°С	-
Отн. измерения	☑	☑	-	-	-

ного переключателя. Как видно на рис. 17, 18. Управление осуществляется группой кнопок на лицевой панели. Каждая пара кнопок ▲ / ▼ соответствует своему разряду на экране. Каждое нажатие кнопки ▲ / ▼ увеличивает или уменьшает соответствующий разряд. Увеличение значения разряда более «9» или уменьшение его менее «0» меняет следующий разряд, благодаря чему можно изменять всё значение без остановки. Удержание кнопки ▲ / ▼ изменяет соответствующий разряд непрерывно. Задаваемая величина не сможет выйти за пределы максимального и минимального значений. Нажатие кнопки ZERO сбрасывает величину значения по умолчанию. Причем нажатие кнопки ON приводит к изменению индикатора SOURCE на экране от OFF к ON и калибратор начинает выдавать заданный сигнал (постоянное напряжение, например) между выводными разъёмами.



Рис. 17. Мультиметр-калибратор АКТАКОМ AM-7111



Рис. 18. Кнопки управления разрядами калибратора

Прибор имеет большее, чем в обычном мультиметре, количество гнезд для подключения. Правильная коммутация схемы с применением данного калибратора это не самая примитивная задача. Например, для генерации постоянного напряжения следует использовать гнезда по схеме рис. 19, а при генерации постоянного тока коммутация совершенно иная (см. рис 20).

Режим генерации постоянного тока позволяет в промышленных условиях тестировать датчики, приемники и целые системы, работающие с интерфейсами так называемой «токовой петли». Это не самый современный интерфейс из применяемых в настоящее время, но он очень прост и дешев в реализации, а также обеспечивает большую дальность в промышленных условиях и хорошую помехозащищенность. Подробнее об этом интерфейсе читайте во врезке «Интерфейсы токовой петли» и в энциклопедии измерений нашего журнала (www.kipis.ru/info/).

Для тестирования используется режим генерации тока с ручным или автоматиче-

ским изменением тока с заданным шагом (ступенчатое изменение / качание).

В ручном режиме, используя кнопку 25% / 100%, можно задавать сигнал с приращением / уменьшением на 4 мА (4 / 8 / 12 / 16 / 20 мА) (при значении «25%»), при значении «100%» можно задать сигнал с приращением / уменьшением 16 мА (4 мА / 20 мА), а нажатие кнопки ZERO сбрасывает величину сигнала на значение по умолчанию 4 мА.



Рис. 19. Генерация постоянного напряжения

В автоматическом режиме можно задать диапазон (в пределах 4-20 мА), в котором ток будет изменяться с заданным шагом или выбрать режим свипирования (качание). Для прохождения полного цикла в диапазоне 4-20 мА в режиме свипирования необходимо 80 секунд, а в режиме перебора с заданным шагом — 20 с. Для этого используется кнопка Δ (в нижней части экрана появится индикатор изменения с заданным шагом — Δ). Повторное нажатие этой кнопки вызовет

МУЛЬТИМЕТРЫ-КАЛИБРАТОРЫ FLUKE. ТОЧНОСТЬ И ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Таблица 5

	Fluke-725	Fluke-724	Fluke-715
Разрядность дисплея	30000	30000	24000
Базовая погрешность	0,02%	0,02%	0,02%
Функция измерения			
Постоянное напряжение	30 В	30 В	10 В
Переменное напряжение	-	-	-
Постоянный ток	24 мА	24 мА	24 мА
Переменный ток	-	-	-
Сопротивление	3200 Ом	3200 Ом	-
Емкость	-	-	-
Частота	10 кГц	-	-
Коеф. заполнения	-	-	-
Температура (термопара)	J, K, T, E, L, N, U, B, R, S	J, K, T, E, L, N, U, B, R, S	-
Температура (терморезистор)	Ni120 (672); Pt 100, 200, 500, 1000 (385); Pt 100 (3916); Pt 100 (3926)	Ni120 (672); Pt 100, 200, 500, 1000 (385); Pt 100 (3916); Pt 100 (3926)	-
Прозвонка цепи/диоды	-	-	-
Калибратор			
Постоянное напряжение	10 В	10 В	10 В
Постоянный ток	-	-	-
Сопротивление	3200 Ом	3200 Ом	-
Частоты (ШИМ)	10 кГц	-	-
Количество (Амплитуда) импульсов	-	-	-
4...20 мА/%	24 мА	-	0...24 мА (-25%...125%)
Ступенч. изменение/качание	☑	-	-
Температура (термопара)	J, K, T, E, L, N, U, B, R, S	J, K, T, E, L, N, U, B, R, S	-
Температура (терморезистор)	Ni120 (672); Pt 100, 200, 500, 1000 (385); Pt 100 (3916); Pt 100 (3926)	Ni120 (672); Pt 100, 200, 500, 1000 (385); Pt 100 (3916); Pt 100 (3926)	-
Отн. измерения	-	-	-

индикатор качания значения Δ . Одновременно будет показана величина сигнала по умолчанию (4,000 mA).

В процессе измерения прибор освобождает Вас от расчетов: в любом режиме выдачи тока заданное значение отображается в главной области экрана, а значение в процентах (mA%) — в области вторичного параметра. Данное значение рассчитывается по формуле:

$$mA\% = 100\% \times (\text{текущее выходное значение в mA} - 4 \text{ mA}) / 16 \text{ mA}.$$

Интересно отметить, что нажатие кнопки T.DISP выводит в области вторичного параметра значение комнатной температуры, что позволяет оперативно оценить условия проведения калибровки.



Рис. 20. Генерация постоянного тока

Подключение калибратора AM-7111 и источника питания токовой петли к тестируемому датчику или контроллеру как показано на рис. 22 позволяет имитировать передатчик токовой петли, режимы имитации задаются в целом, как описано выше.

Данный калибратор позволяет также имитировать сопротивление резистора, измеряя тестовый ток от калибруемого устройства (например, от омметра), а затем создавая между выводами напряжение U, пропорциональное заданному сопротивлению R. Таким образом, эквивалентное сопротивление $R=U/I$. Калибратор выдаёт корректное сопротивление только для устройств, которые поддерживают такой метод. Допустимый диапазон тестового тока от тестируемого устройства составляет 0,1...3 mA. Для обеспечения хорошей точности, ток должен находиться строго внутри этого диапазона (что не всегда очевидно при реальных измерениях). Причем,



Рис. 21. Отображение параметров в режиме генерации постоянного тока



Рис. 22. Коммутация AM-7111 для имитации передатчика

любое эмулируемое сопротивление не учитывает сопротивления измерительных кабелей. Общее сопротивление, измеряемое на концах кабелей, вычисляется добавлением сопротивления измерительных кабелей (примерно 0,1 Ом на каждый кабель) к эмулируемому значению. Для выдачи точных сопротивлений можно использовать 3-х или 4-х проводную схему подключения (см. рис. 23). Если ёмкость между вводами калибруемого устройства превышает 0,1 мкФ, калибратор может эмулировать сопротивление некорректно. Из моего

практического опыта по калибровке многофункционального мультиметра AM-3031 (очень насыщенный и недорогой, интересный прибор, но погрешность великовата) убедился, что калибровать режим измерения сопротивления с помощью калибратора AM-7111 сложнее, чем при использовании эталонного (высокоточного) резистора для этой цели. Для получения достоверных результатов действительно нужно внимательно отслеживать ток в схеме измерений. Причем, использование режима ими-



Рис. 23. Коммутация калибратора AM-7111 в режиме имитации сопротивления и эмулирования сопротивления терморезисторов

ИНТЕРФЕЙС «ТОКОВАЯ ПЕТЛЯ» («CURRENT LOOP»)

Интерфейс «Токвая петля» — это способ передачи информации с помощью определенных значений силы электрического тока (в отличие от большинства других интерфейсов, в которых значения определяются уровнем напряжения).

Следует разделять два вида реализации интерфейса: аналоговый и цифровой.

В аналоговом варианте токовой петли передача аналогового сигнала осуществляется по паре проводов.

В датчиках исполнительных механизмов, АСУ ТП системах и т.д. кодирование информации реализуется в смещенном диапазоне токов 4...20 mA, т.е. наименьшее значение сигнала (0) соответствует току 4 mA, а наибольшее значение — 20 mA. Весь диапазон допустимых значений — 16 mA. Нулевое значение тока в цепи означает обрыв линии. Ток более 20 mA — короткое замыкание линии.

В цифровом варианте, который был достаточно популярным до появления в начале 1980 годов интерфейса RS-485, используется два значения тока: 4 mA (логический 0) и 20 mA (логическая 1). Передача данных реализуется старт-стопным методом, аналогично интерфейсу RS-232.

Ранее этот интерфейс был стандартизован в РФ (СССР) как ИРПС в ОСТ 11 305.916-84, а за рубежом в стандартах IEC 62056-21 / DIN 66258.

Преимущества интерфейса токовой петли:

- точность не зависит от длины и сопротивления линии передачи, поскольку управляемый источник тока будет автоматически поддерживать требуемый ток в линии;
- большая дальность (до нескольких километров);
- возможность запитывать датчик непосредственно от линии передачи;
- высокая помехоустойчивость (обычно используется экранированная витая пара);
- простота реализации, отсутствие необходимости в согласовании линии;
- возможность объединения нескольких датчиков в одном интерфейсе.

Все указанные достоинства позволили этому интерфейсу успешно использоваться в системах АСУ ТП. Недостатком интерфейса «токовая петля» является низкая скорость передачи, не превышающая (в зависимости от дальности), как правило, 9 кбит/с. Кроме того, в стандартах не определено конструктивное исполнение разъемов.

Широкое использование данного вида интерфейса в промышленности породило целую группу измерительных приборов — мультиметров-калибраторов токовой петли, которые позволяют настраивать параметры токовой петли в цеховых условиях, после прокладки линии передачи данных.



Обобщенная схема интерфейса



тации сопротивления для проверки RLC-метра, например, АМ-3035, работающего в режиме измерения сопротивления на переменном токе, вообще дает некорректный результат.

Кроме описанных ранее режимов, калибратор обеспечивает имитацию работы термомпар и термосопротивлений (R, S, B, E, K, J, T, N, L, U / PT100, PT200, PT500, PT1000, Cu10, Cu50).

Также прибор позволяет выдавать постоянный импульсный сигнал с заданными частотой и амплитудой. Этот режим задается кнопкой \square и с помощью кнопки RANGE можно выбрать нужный частотный диапазон: 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 100 кГц. Значение частоты обеспечивается от 1 Гц с разрешением 0,01 Гц (± 2 евр) до 110 кГц с разрешением 2 Гц (± 5 евр). Значение амплитуды задается с помощью кнопки Vpeak в диапазоне +1...+ 11 В с погрешностью 5% при нагрузке более 100 кОм.



Рис. 24. Подключение для генерации частоты, импульсов и имитации коммутаций

Калибратор АМ-7111 реализует режим имитации коммутаций, т.е. возможность включать или выключать выходные разъемы, используя функцию имитации коммутаций (в качестве контактного выключателя используется полевой транзистор). Управление режимом, в целом, аналогично формированию импульсных сигналов, но следует учесть, что в этом режиме нельзя задавать амплитуду и число импульсов в режиме выдачи контакта. Кроме того, контактный сигнал имеет полярность. Обычно подключают положи-

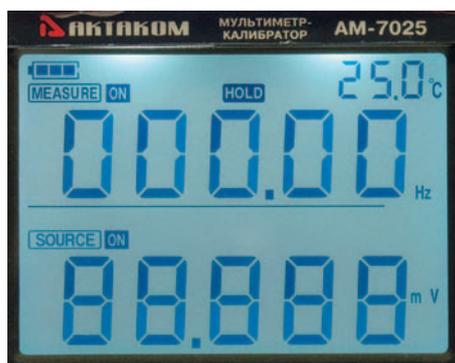


Рис. 25. Экран многофункционального мультиметра-калибратора технологических процессов АКТАКОМ АМ-7025



Рис. 26. Схема соединений для калибровки преобразователей

тельный полюс к разъёму Hz калибратора, а отрицательный полюс — к разъёму COM калибратора. При этом, максимально допустимый ток при выдаче контакта составляет 50 мА, а максимальное напряжение холостого хода 28 В.

Рассмотрим многофункциональный мультиметр-калибратор технологических процессов АКТАКОМ АМ-7025 подробнее. Отличием этой модели от ранее рассмотренной модели калибратора АКТАКОМ АМ-7111 является наличие двух каналов: канала мультиметра и канала калибратора. Таким образом, прибор позволяет измерять и генерировать (формировать) сигналы одновременно. Экран прибора разделён на две независимые области: верхняя предназначена для отображения измеряемых показаний, а нижняя — для отображения генерируемых параметров (рис. 25).



Рис. 27. Подключение в режиме измерения температуры с помощью терморезистора

Очевидно, что главным достоинством этого многофункционального прибора является одновременное использование двух каналов для тестирования и калибровки датчиков и систем. Например, использование в качестве канала калибратора как 24-вольтового источника питания петли позволяет включить 24-вольтовый источник питания последовательно в измеряемую цепь постоянного тока. В этом, случае калибратор используется как источник питания в замкнутой цепи для калибровки преобразователей (рис. 26).

Мультиметр-калибратор позволяет измерять температуру при использова-

нии термопар и термосопротивлений. Схема коммутации прибора в режиме измерения температуры с помощью терморезистора представлена на рис. 27.

Следует отметить, что для приборов данной группы характерно ограничение при использовании в измерении комплектных измерительных щупов допустимого напряжения между одним из входов прибора и землёй, что составляет максимум 60 В. При подключении опционального переходника для термопары максимальное напряжение составляет 60 В в пике. Эта особенность разделяет группу прецизионных мультиметров, в которых ограничение максимума 60 В нет и мультиметров-калибраторов, которые имеют такие ограничения.

Мультиметры калибраторы АКТАКОМ АМ-7111и АМ-7025 в процессе эксплуатации предусматривают калибровку с использованием приборов более высокой точности, например, Keithley 2000 [3], Fluke 5520А и эталонных резисторов, результаты калибровки заносятся в память прибора. Это существенно расширяет возможности оперативного применения прибора в промышленных условиях.

Эти модели, как и большинство мультиметров-калибраторов комплектуются сетевыми источниками питания — адаптерами (зарядное устройство) для обеспечения долговременной работы в режиме генерации.

Таким образом, можно констатировать, что мультиметры-калибраторы АКТАКОМ АМ-7111и АМ-7025 очень удобны для практических промышленных применений, но сложнее в применении, чем обычный мультиметр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонский А.А.. Мультиметр. Инструмент массовых электрических измерений. Как правильно выбрать. Журнал «Контрольно измерительные приборы и системы», 2012, № 5, стр. 7.
2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Измерительные приборы и массовые электронные измерения. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс. 2007.
3. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Электронные измерения в нанотехнологиях и в микроэлектронике. Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: ДМК пресс. 2011.
4. Энциклопедия измерений. Сайт журнала «Контрольно измерительные приборы и системы» (www.kipis.ru/info/).

(Продолжение следует)

Let us introduce the continuation of article «Multimeter. Mass electrical measurements instrument. How to make the right choice». In the third part there is a very interesting group of multimeters reviewed: «AKTAKOM multimeters-calibrators». These devices combine measurement functions with a capability of calibration signal forming. Find more details about functional capabilities and specifications which can help to understand which model is the most appropriate to make the right choice.