Новая эра в системе калибровки

Наталья Денисова (Москва)

Калибраторы серии 3000 английской компании Transmille реализуют новую концепцию калибровки измерительного оборудования. В статье приводятся основные характеристики калибраторов и встраиваемых модулей.

В современном мире возрастают требования к обеспечению единства измерений и соответствию стандартам качества ISO9000/ISO17025. Всё больше внимания уделяется функциональным возможностям оборудования для калибровки измерительной аппаратуры как в метрологических лабораториях, так и в условиях крупных промышленных предприятий. Кроме приемлемой стоимости, калибраторы должны удовлетворять различным требованиям, включающим высокое качество калибровки и регулярной поверки приборов и изделий в кратчайшие сроки.

На российском рынке с недавних пор появились калибраторы нового поколения производства английской компании Transmille. Эта компания имеет высокую репутацию в области калибраторов благодаря постоянным инновациям, надёжности и законченным решениям, охватывающим средства измерения, программное обеспечение, техническую поддержку, обучение и гарантийное обслуживание.

Компания Transmille предлагает на российском рынке уникальное концептуальное решение – компактные калибраторы серии 3000 (см. рис. 1), которые положили начало новой эре в калибровке. Эти калибраторы (см. таблицу) были разработаны для поддержки быстрого, точного и экономичного выполнения большого объёма работ по калибровке.

Рис. 1. Калибратор серии 3000

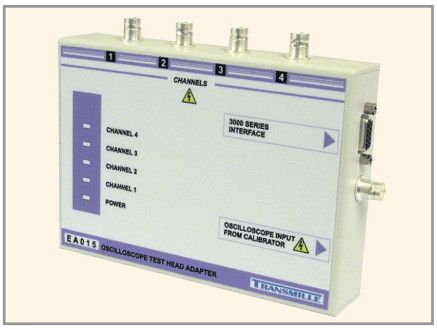

Рис. 2. Четырёхканальный коммутируемый тестовый модуль

Калибровочный комплекс Transmille 3000

Предлагаемый комплекс превосходит по функциональным возможностям любой многофункциональный калибратор и имеет возможность калибровки устаревших аналоговых приборов. Современная технология обеспечивает быстрый выход на рабочий режим и портативную конструкцию. Автоматическая калибровка по многим дисциплинам с помощью программного обеспечения ProCal значительно увеличивает производительность калибровки.

В калибраторах серии 3000 применяются самые современные технологии – от температурной стабилизации опорного генератора до высокоточного линейного ЦАП. Малое время вхождения в рабочий режим позволяет приборам серии 3000 быть готовыми к работе, где бы вы ни находились. Комплекс вырабатывает все выходные сигналы, требуемые для калибровки мультиметров, а также дополнительные сигналы для калибровки осциллографов, включая амплитуду, временную развертку, время нарастания и полосу частот 600 МГц.

Серия 3000 позволяет калибровать:

- 7,5-разрядные мультиметры (модель 3010);
- 5,5-разрядные мультиметры (модель 3041);
- 4,5-разрядные мультиметры (модель 3050);
- токовые клещи;
- цифровые осциллографы с рабочей полосой до 600 МГц;
- измерители мощности (ваттметры);
- источники питания;
- тестеры для проверки сопротивления изоляции;
- портативные калибраторы датчиков;
- регистраторы данных;
- высоковольтные пробники;
- частотомеры и таймеры;
- ленточные самописцы и др.

Ниже приведено краткое описание некоторых модулей, подключаемых к калибраторам серии 3000. Широкий выбор внешних дополнительных модулей позволяет настроить калибратор в соответствии с любыми потребностями.

Модули калибровки осциллографов

Для калибраторов Transmille серии 3000 разработаны три встраиваемых модуля калибровки аналоговых и цифровых запоминающих осциллографов с рабочими полосами частот от 250 до 600 МГц.

Все модули генерируют опорные сигналы, необходимые для калибровки амплитуды, генератора временной развертки и полосы частот, включая коэффициент усиления и линейность характеристик трактов вертикального и горизонтального отклонений. Четырёхканальный коммутируемый тестовый модуль служит для автоматизации процесса калибровки осциллографов (см. рис. 2).

Для калибровки амплитуды калибратор генерирует прецизионный меандр с частотой 1 кГц или выходной сигнал постоянного тока с амплитудой в диапазоне от 2 мВ/дел. до 50 В/дел. с шагом, кратным 1, 2 и 5. С помощью цифрового потенциометра можно задавать отклонение до 10% с шагом 0,01%. Широкий выходной диапазон калибраторов позволяет подавать сигнал с размахом до 300 В.

Генератор временной развёртки модуля калибровки осциллографов обеспечивает временные (опорные) сигналы в диапазоне от 2 нс/дел. до 5 с/дел. Цифровое управление позволяет задавать отклонение до 10% с шагом 0,01%. Для калибровки более быстрых развёрток используется синусоидальный сигнал, что облегчает визуализацию на осциллографах с ограниченной полосой частот.

Выходной сигнал с временем нарастания фронта порядка 1 нс используется для оценки переходной характеристики цепей ослабления и усилительного тракта осциллографа.

Выровненный (усечённый) сигнал развёртки представляет собой непре-

Технические характеристики различных моделей калибраторов серии 3000

Параметр	Диапазон	Разрешение	Погрешность, ppm	Диапазон	Разрешение	Погрешность, ppm	Диапазон	Разрешение	Погрешность, ppm
	3050			3041			3010		
Постоянное напряжение	±(0…1025) В	0,1 мкВ	50	±(0…1025) В	0,1 мкВ	25	±(0…1025) В	10 нВ	8
Усилитель «кВ» (EA3024)	–	–	–	1…10 кВ	10 мВ	0,5%	1…10 кВ	10 мВ	0,5%
Постоянный ток	±(0…20) А	100 пА	0,01%	0…30 А	100 пА	50	0…30 А	10 пА	50
Адаптер 1 А (EA013)	–	–	–	0…100 мкА	0,1 пА	200	0…100 мкА	0,1 пА	200
Усилитель тока (EA3012)	–	–	–	10…100 А	100 мкА	0,08%	10…100 А	100 мкА	0,08%
Переменное напряжение	0…1020 В	1 мкВ	0,035%	0…1020 В	1 мкВ	0,035%	0…1020 В	100 нВ	150
Частота	10…100 кГц	–	–	10…500 кГц	–	–	10…500 кГц	–	–
Усилитель «кВ» (EA3024)	–	–	–	1…кВ	10 мВ	0,8%	1…5 кВ	10 мВ	0,8%
Переменный ток	0…20 А	1 нА	0,07%	0…30 А	1 нА	0,06%	0…30 А	100 пА	0,04%
Частота	10 Гц…10 кГц	–	–	10 Гц…10 кГц	–	–	10 Гц…10 кГц	–	–
Усилитель тока (EA3012)	–	–	–	10…70 А	100 мкА	0,08%	10…70 А	100 мкА	0,08%
Сопротивление (пассивное)	0…100 МОм	–	0,005%	0…1 ГОм	–	40	0…1 ГОм	–	40
Сопротивление (активное)	–	–	–	30 Ом…30 МОм	100 ppm	0,03%	30 Ом…30 МОм	100 ppm	0,03%
Ёмкость (пассивная)	10 нФ…1 мкФ	–	0,4%	1 нФ…10 мкФ	–	0,25%	1нФ…10 мкФ	–	0,25%
Ёмкость (активная)	–	–	–	100 мкФ…10 мФ	–	0,7%	100 мкФ…10 мФ	–	0,7%
Индуктивность (опция IND)	–	–	–	1 мГн…10 Гн	–	0,50%	1 мГн…10 Гн	–	0,50%
Частота (стандарт/заказ)	10…100 МГц	–	20	1…100 МГц	–	20/1	1…100 МГц	–	20/1
Ширина импульса/ Коэффициент заполнения	–	–	–	10…90%	–	1	10…90%	–	1

рывно изменяющийся выходной сигнал с частотой от 5 до 620 МГц. Дополнительный опорный сигнал с частотой 50 кГц позволяет задавать (растянуть) с помощью органов управления осциллографа вертикальное отклонение (амплитуду) сигнала в пределах 6 делений координатной сетки дисплея.

Модули калибровки измерителей мощности

Три встраиваемых модуля позволяют калибровать измерители электрической мощности (Вт и ВА), входящие в состав измерителей мощности, анализаторов мощности/гармоник мощности и токовых клещей. Модули позволяют формировать одновременные выходы напряжения и тока с регулируемым фазовым сдвигом между ними.

Калибратор формирует заданные выходное напряжение до 1025 В и ток до 30 А без использования дополнительных усилителей. Калибраторы серии 3000 осуществляют динамический

Рис. 3. Многоцелевая рабочая станция

контроль фазового сдвига между током и напряжением, устраняя возможные погрешности из-за ёмкостных или индуктивных нагрузок при использовании токовых катушек. Расширение диапазона калибруемых нагрузок при помощи внешней 2-/10-/50-витковой токовой катушки позволяет получить выходной ток до 1500 А или мощность 1,5 МВт (1500 А × 1000 В).

Калибровка анализаторов гармоник электрической мощности с программируемой формой волны выходного сигнала

Калибровка позволяет формировать сигналы с заданными гармониками для работы с измерителями и анализаторами гармоник электрической мощности. Модуль уже содержит пять фиксированных типов сигналов, а также позволяет загружать с ПК задаваемые пользователем формы сигнала с требуемым гармоническим содержимым для последующего формирования выходных сигналов.

Калибровка электросчётчиков мощности

С помощью программных средств оператор может задать требуемые напряжение, ток, частоту, фазовый угол, время, количество витков токовой катушки, реализуя тем самым простую калибровку счётчиков и измерителей потребляемой электроэнергии (кВт/час).

Модуль для калибровки индуктивных нагрузок

Этот встраиваемый и простой в эксплуатации модуль расширяет диапазон возможных нагрузок калибраторов серии 3000. С его помощью можно калибровать измерители и мосты, а также мультиметры, имеющие функцию измерения индуктивности. Модуль имеет восемь фиксированных опорных значений индуктивности, включая 19 и 29 мГн, для трёхдиапазонных измерителей, для проверки линейности характеристик в точках, близких к полной шкале.

Модуль активного сопротивления/ёмкости

Для получения надёжных результатов независимо от способов измерения, в серии 3000 используются пассивные прецизионные резисторы и ёмкости с калиброванными значениями для подключения по двух- и четырёхпроводным схемам. Использование этих пассивных эталонов обеспечивает высокоточную калибровку мостов переменного тока.

Внешний адаптер для имитации термопар

Температурные градиенты и термоЭДС, сопровождающие встроенные модули имитации термопар, являются одним из основных источников погрешностей при их калибровке. Для достижения наивысшей точности фирмой Transmille был разработан специальный внешний адаптер. Он позволяет вынести слаботочную электронику, моделирующую реальную термопару, прямо к измерительному входу термометра. Это минимизирует шум и устраняет погрешности от нагретых внутренних схем калибратора.

Многоцелевая рабочая станция EA015 (для 3041/3010)

Многоцелевая рабочая станция (см. рис. 3) для калибровки различных типов измерительных устройств снабжена всеми необходимыми для подключения гнёздами на передней панели. Адаптеры расширяют функциональные возможности калибратора, которые включают в себя:

- 2-/10-/50-витковую катушку;
- измерение испытательного напряжения и сопротивления изоляции;
- измерение тока (проверки целостности цепей);
- калибровку оптических тахометров;
- имитацию термопар;
- три диапазона измерения напряжения;
- измерение тока до 30 мА;
- кабельную «разводку» выхода к специализированным гнездам для вывода напряжения, слабого и сильного тока.

Платформа EA015 содержит комбинированную токовую катушку, адаптеры имитации термопар и калибровки оптических тахометров, а также источник и измеритель унифицированных сигналов (промышленных калибраторов), обеспечивая высокоэффективную калибровку различных измерительных устройств.

Токовые клещи

Встроенная 2-, 10- и 50-витковая комбинированная катушка позволяет калибровать токовые клещи. Сбалансированная конструкция катушки обеспечивает калибровку клещей, использующих обмотку (для измерения переменного тока) и магнитное поле (эффект Холла) для измерения постоянного и переменного тока. Три катушки в одном корпусе дают возможность работать с клещами различных типоразмеров – от рассчитанных на провода диаметром от 10 мм до больших клещей на 2000 А.

Тестеры сопротивления изоляции

Платформа позволяет формировать значения сопротивления изоляции до 2 ГОм при напряжении 1000 В и проверять «целостность» электрических цепей до 1 кОм на предусмотренных для этого специальных выходных разъёмах. Измерительные возможности платформы и её интерфейса обеспечивают измерение испытательного напряжения до 1000 В и измерительный ток для проверки электрически замкнутых цепей.

Промышленные калибраторы датчиков-преобразователей

Калибраторы датчиков-преобразователей обладают функциями источника/измерителя сигналов, для калибровки которых ранее требовалось несколько опорных источников. В платформе реализованы все необходимые функции для формирования и измерения требуемых сигналов.

Цифровые термометры

Цифровые термометры калибруются с помощью встроенного выхода имитации термопар и схемы автоматической компенсации холодного спая термопар.

Оптические тахометры

Встроенный светодиодный источник света высокой интенсивности служит для калибровки оптических тахометров.

Трёхамперный адаптер для калибровки источников питания

Важные функции для калибровки источников питания:

- измерение выходного напряжения источника питания до 63 В;
- активная токовая нагрузка до 3 А;
- измерение выходного сопротивления;
- подключение к интерфейсу внешних адаптеров калибратора.

Адаптер может измерять выходное напряжение и одновременно созда-

вать прецизионную токовую электронную нагрузку, позволяя калибровать напряжение, ток и даже выходное сопротивление одним компактным устройством. Четырёхпроводная схема подключения (полный мост) обеспечивает высокую точность и воспроизводимость результатов. Адаптер измеряет выходное напряжение источника питания с помощью прецизионного АЦП, встроенного в калибраторы серии 3000.

60-амперный адаптер для калибровки источников питания

Адаптер EA3025 позволяет калибровать источники сильных токов, устраняя некоторые проблемы, связанные с измерением сильных выходных токов. Он обеспечивает:

- измерение выходного напряжения до 100 В;
- активную токовую нагрузку до 60 А;
- измерение выходного сопротивления.

Возможно использование адаптера для проверки батарей и ИБП.

Усилитель переменного/постоянного тока EA3012

Управляемый напряжением мощный усилитель переменного и постоянного тока с линейными характеристиками, предназначенный для калибраторов серии 3000, обеспечивает:

- эффективную калибровку измерителей сильных токов с погрешностью 0,08%;
- токовых клещей до 2000 А при помощи 50-витковой катушки;
- мощных токовых шунтов и измерителей сильных токов.

При подключении к калибратору серии 3000 с помощью специального разъёма адаптер EA3012 расширяет диапазон выхода до 100 А постоянного и 75 А переменного тока. Более сильные токи можно получить, включив параллельно несколько усилителей EA3012.

Повсеместное использование линейной технологии позволяет обеспечить минимальный уровень выходного шума при абсолютном отсутствии коммутационных выбросов. Выполненная на мощных МОП-транзисторах схема усилителя гарантирует надёжную и стабильную работу даже с индуктивными нагрузками. Долговременная стабильность обеспечивается прецизионными плёночными резисторами и заказным встроенным шунтом.

Усилитель высокого напряжения постоянного/переменного тока

Усилитель напряжения EA3024 (см. рис. 4) обеспечивает калибровку высоковольтных щупов и делителей напряжения. Его характеристики:

- выходное постоянное напряжение 1...10 кВ;
- выходное переменное напряжение 1...5 кВ.

Модули измерения давления

Модули 3041 и 3010 позволяют калибровать измерители давления, используя для этого один из 17 модулей давления, подключаемых непосредственно к калибратору. Модули давления перекрывают диапазон от 25 мбар до 10 000 бар. Предлагаются также модуль перепада (дифференциального давления) до 5 фунтов/кв. дюйм (352 г/см^2) и модуль разряжения (вакуума) ±1 бар со следующими функциональными возможностями:

- погрешность до 0,04% (зависит от конкретного модуля);
- поставляемый по заказу нагнетательный/отсасывающий насос;
- прямое подключение к калибратору через интерфейс внешних адаптеров;
- поддержка всех единиц измерения давления.

Адаптер калибровки динамометрических ключей

С помощью адаптера EA014 (см. рис. 5) можно калибровать динамометрические ключи. Характеристики адаптера:

- погрешность 0,2%;
- поддержка различных единиц измерения, например, мНм, фут×фунт и др.

Использование внешнего адаптера позволяет калибровать ключи с усилием до 20 Нм.

Адаптер пикоамперного источника тока

Этот адаптер – идеальное решение задачи калибровки электрометров со следующими характеристиками:

- прецизионный источник слабых токов вплоть до уровня пикоампер;
- диапазон малых напряжений стабилизированного источника тока при разорванной цепи;
- безопасный при работе на чувствительных входах;
- поставляется в комплекте с ПО «Виртуальная панель управления».

Адаптер источника слабых токов (см. рис. 6) позволяет калибровать электрометры и измерители слабых токов

Рис. 4. Усилитель высокого напряжения

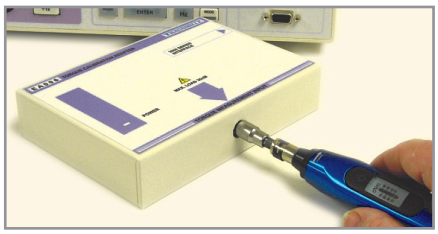

Рис. 5. Адаптер калибровки динамометрических ключей

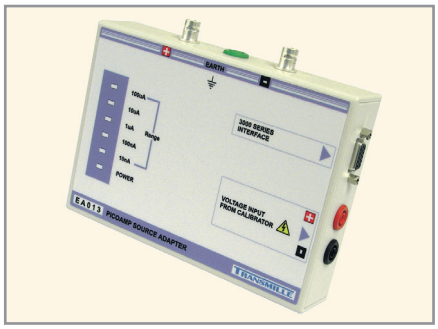

Рис. 6. Пикоамперный источник тока

уровня пикоампер. Оригинальная схема конвертирует прецизионный выходной сигнал напряжения калибратора в ток с малым содержанием шума без применения высоких уровней напряжения и нестабильных резисторов высоких номиналов, – пример революционных разработок Transmille для решения проблем, часто встречающихся в лабораториях калибровки.

Программные средства калибровки и управления

Разработанные фирмой Transmille специализированные программные средства ProCal позволяют реализовать комплексное решение задачи калибровки на базе приборов серии 3000. Благодаря уникальным программным средствам, такая система поддерживает работу с большим числом разновидностей эталонов (физических величин), что увеличивает производительность системы в целом.

Программные средства ProCal-Track обеспечивают управление всей метрологической службой, динамически отслеживая процесс поверки на всех этапах с помощью ПК. «Виртуальная панель управления» ProCal повышает производительность калибровки.