

143

9000

УГАДАТЬ С ЗАМЕНОЙ

Лидерство в сегменте
портативных
калибраторов.

Сравнительный анализ
многофункциональных
калибраторов
Meatest 9000
и Calibro 143



Максим Березовский,
ведущий инженер
BerezovskiyMA@dipaul.ru



Александр Кондратьев,
технический специалист,
ГК «Диполь»
KondratevAS@dipaul.ru

Метрологи нередко сталкиваются с ситуацией, когда надежное и хорошо зарекомендовавшее себя оборудование снимается с производства. Предлагаемые замены не всегда соответствуют ожиданиям, вынуждая мириться с понижением точности, стабильности или функциональности.

Иногда новые модели не уступают предшественнику и способны обеспечить тот же уровень параметров.

Случаи, когда преемник значительно превосходит снятое с производства оборудование, и вовсе встречаются крайне редко.

Среди таких уникальных примеров — калибратор **Meatest 9000**, пришедший на смену популярному в метрологической среде **Calibro 143**. Последний долгое время считался эталоном портативного многофункционального калибратора и широко применялся в лабораториях для поверки и калибровки средств измерений. Тем значительнее появление нового решения от чешского производителя Meatest — этот прибор не просто заменил Calibro 143, а стал устройством другого уровня.



Meatest 9000 демонстрирует такие точность, удобство и функциональные возможности, которые позволяют ему конкурировать даже с настольными многофункциональными калибраторами более высокого класса (например, Fluke 5522A или МК9023А). При том, что это приборы иной категории (не портативные и гораздо более дорогие), по ряду параметров Meatest 9000 способен посоревноваться и с ними.

В статье сравниваются два поколения калибраторов — Calibro 143 и Meatest 9000 — и проводится анализ ключевых улучшений, выводящих «наследника» традиций в лидеры портативных эталонов.

Конструктивные отличия

Сравнительный анализ калибраторов Calibro 143 и Meatest 9000 можно начать с рассмотрения конструктивных особенностей. Оба прибора имеют одинаковые массогабаритные параметры. При этом у калибратора 9000 клемма Ground и выключатель сетевого питания вынесены на переднюю панель, а также отсутствуют физические кнопки — управление всеми функциями осуществляется на сенсорном экране. Meatest 9000 имеет только один интерфейс для внешних подключений (USB-порт), но возможна опциональная установка интерфейсов GPIB, RS-232 и LAN.



Рис. 1. Внешний вид многофункционального калибратора Meatest 9000

Режим DCV

В режиме формирования постоянного напряжения (DCV) калибратор Meatest 9000 обеспечивает большую на 1 разряд дискретность установки выходного напряжения. Отображение допустимой погрешности установки выходного напряжения осуществляется в единицах устанавливаемой величины (у калибратора Calibro 143 — в процентах от установленной величины). Общий диапазон установок постоянного напряжения калибратора Meatest больше (0,00000 мВ — 1050,000 В), чем у Calibro 143 (0,0000 мВ — 1000,00 В). Также в этом режиме у калибратора Meatest 9000 доступен диапазон 10 мВ и автоматический выбор диапазона (auto). На отдельных поддиапазонах погрешность установки выходного напряжения калибратора Meatest 9000 ниже, чем у Calibro 143 (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение диапазонов и погрешности установки постоянного напряжения у калибраторов Calibro 143 и Meatest 9000

Calibro 143		Meatest 9000	
Диапазоны установки DCV	Погрешность установки	Диапазоны установки DCV	Погрешность установки
100 мВ	0,0000–10,0000 мВ — 0,05% + 7 мкВ 10,000–100,000 мВ — 0,01% + 7 мкВ	10 мВ	0,00000–10,00000 мВ — 0,02% + 6 мкВ
1 В	0,10000–1,00000 В — 0,006% + 10 мкВ	100 мВ	10,0000–100,0000 мВ — 0,01% + 6 мкВ
10 В	1,0000–10,0000 В — 0,006% + 50 мкВ	1 В	0,100000–1,000000 В — 0,006% + 10 мкВ
100 В	10,000–100,000 В — 0,006% + 1 мВ	10 В	1,00000–10,00000 В — 0,006% + 50 мкВ
1000 В	100,00–1000,00 В — 0,01% + 20 мВ	100 В	10,0000–100,0000 В — 0,006% + 1 мВ
		1050 В	100,000–1050,000 В — 0,009% + 15,75 мВ
		auto	



Рис. 2. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме формирования постоянного напряжения

Для наглядности используем графическое сравнение диапазонов воспроизведения физических величин и их погрешностей, сделанное с помощью разработанной «Диполь» программы DeviceCompare, о которой подробно рассказано в статье «Сравнение технических характеристик многофункциональных калибраторов».

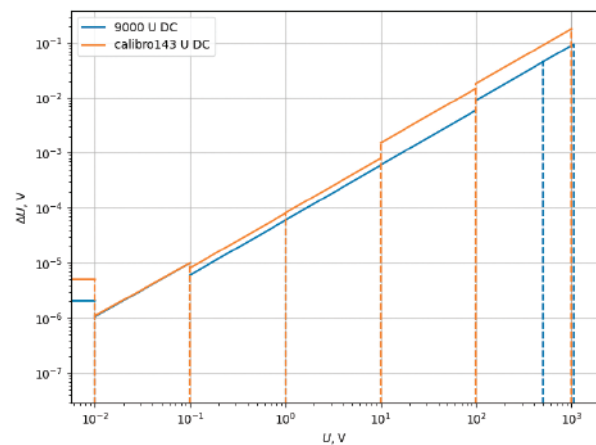


Рис. 3. Погрешность воспроизведения напряжения постоянного тока

ACV

В режиме формирования переменного напряжения (ACV) калибратор Meatest 9000 обеспечивает большую на 1 разряд дискретность установки выходного напряжения. Кроме того, отображение допустимой погрешности установки выходного напряжения осуществляется непосредственно в единицах устанавливаемой величины. У калибратора Calibro 143 отображение такой допустимой погрешности осуществляется в процентах от установленной величины. Общий диапазон установок переменного напряжения калибратора Meatest 9000 больше: 0,00000 мВ — 1050,000 В против 0,0000 мВ — 1000,00 В (у Calibro 143). Также в этом режиме у калибратора 9000 больше возможных диапазонов установки выходного напряжения (доступны диапазон 10 мВ и автоматический выбор диапазона (auto)). На одном поддиапазоне

погрешность установки выходного напряжения у калибратора 9000 ниже, на других — такая же или выше, чем у Calibro 143, но шире диапазон допустимых частот переменного напряжения: 10 Гц — 100 кГц (калибратор 9000) против 20 Гц — 10 кГц (калибратор Calibro 143). При этом у калибратора 9000 точность установки частоты тоже выше: 5 ppm (0,0005%) против 0,01% (Calibro 143). Кроме того, калибратор 9000 имеет дополнительные возможности по выбору формы переменного выходного напряжения: ramp up, ramp down и harmonic. Последний режим позволяет задать уровень и фазу каждой из 50 гармоник выходного напряжения. В этом режиме возможно создание и запоминание 20 предварительных пресетов. Остальные сравнительные параметры режима ACV сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Сравнительные параметры режима ACV калибраторов Meatest 9000 и Calibro 143

Calibro 143		Meatest 9000	
Диапазоны установки ACV	Погрешность установки 20–400 Гц	Диапазоны установки ACV	Погрешность установки 10–1000 Гц
100 мВ	1,0000–10,0000 мВ — 0,2% + 25 мкВ 10,000–100,000 мВ — 0,1% + 50 мкВ	10 мВ	1,00000–10,00000 мВ — 0,1% + 20 мкВ
1 В	0,10000–1,00000 В — 0,05% + 50 мкВ	100 мВ	10,0000–100,0000 мВ — 0,1% + 50 мкВ
10 В	1,0000–10,0000 В — 0,05% + 500 мкВ	1 В	0,100000–1,000000 В — 0,05% + 500 мкВ
100 В	10,000–100,000 В — 0,05% + 10 мВ	10 В	1,00000–10,00000 В — 0,05% + 5 мВ
1000 В	100,00–1000,00 В — 0,07% + 200 мВ	100 В	10,0000–100,0000 В — 0,05% + 10 мВ
		1050 В	100,000–1050,000 В — 0,07% + 210 мВ
		auto	
	400–10 000 Гц		1000–10 000 Гц
100 мВ	1,0000–10,0000 мВ — 0,2% + 30 мкВ 10,000–100,000 мВ — 0,15% + 70 мкВ	10 мВ	1,00000–10,00000 мВ — 0,2% + 30 мкВ
1 В	0,10000–1,00000 В — 0,07% + 100 мкВ	100 мВ	10,0000–100,0000 мВ — 0,15% + 70 мкВ
10 В	1,0000–10,0000 В — 0,07% + 3 мВ	1 В	0,100000–1,000000 В — 0,07% + 100 мкВ
100 В	10,000–100,000 В — 0,07% + 30 мВ	10 В	1,00000–10,00000 В — 0,07% + 3 мВ
1000 В	100,00–1000,00 В — 0,1% + 300 мВ	100 В	10,0000–100,0000 В — 0,15% + 30 мВ
		1050 В	100,000–1050,000 В — 0,2% + 630 мВ
		auto	
			10–20 кГц
		10 мВ	1,00000–10,00000 мВ — 0,35% + 40 мкВ
		100 мВ	10,0000–100,0000 мВ — 0,30% + 150 мкВ
		1 В	0,100000–1,000000 В — 0,15% + 400 мкВ
		10 В	1,00000–10,00000 В — 0,15% + 8 мВ
			20–100 кГц
		10 мВ	1,00000–10,00000 мВ — 0,5% + 60 мкВ
		100 мВ	10,0000–100,0000 мВ — 0,5% + 200 мкВ
		1 В	0,100000–1,000000 В — 0,5% + 1 мВ
		10 В	1,00000–10,00000 В — 0,5% + 20 мВ

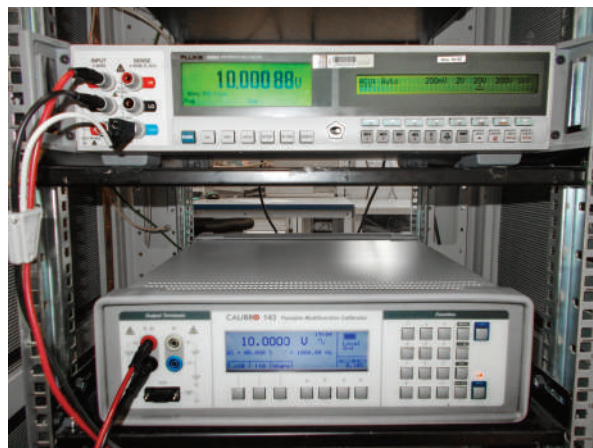


Рис. 4. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме формирования переменного напряжения

Графическое сравнение калибраторов в режиме воспроизведения напряжения переменного тока приведено на рис. 5.

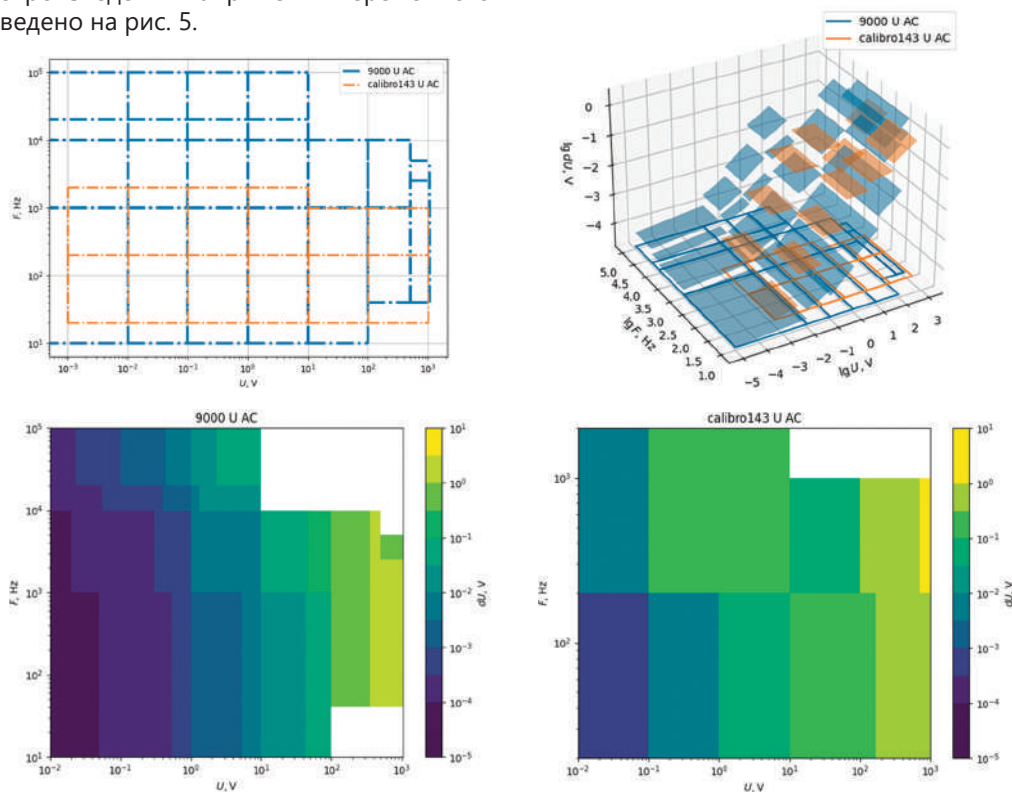


Рис. 5. Диапазоны и погрешности воспроизведения напряжения переменного тока в логарифмическом масштабе: а) диапазоны воспроизведения; б) 3D-график погрешности воспроизведения; в, г) контурные графики погрешности воспроизведения калибраторов

Режим DCI

В режиме формирования постоянного тока (DCI) калибратор Meatest 9000 обеспечивает большую на 1 разряд дискретность установки выходного тока. Отображение допустимой погрешности установки выходного тока осуществляется непосредственно в единицах устанавливаемой величины (у калибратора Calibro 143 — в процентах от установленной величины). Общий диапазон установок постоянного тока калибратора Meatest составляет 0,0000 мкА — 20,50000 А (0,000 мкА — 20,000 А у Calibro 143). Также в этом режиме у Meatest доступен автоматический выбор диапазона (auto). На отдельных поддиапазонах погрешность установки выходного тока у калибратора Meatest сведена в таблицу ниже (табл. 3).

Таблица 3. Отдельные поддиапазоны погрешности установки выходного тока у калибраторов Meatest 9000 и Calibro 143

Calibro 143		Meatest 9000	
Диапазоны установки DCI	Погрешность установки	Диапазоны установки DCI	Погрешность установки
200 мкА	1,000–200,000 мкА — 0,05% + 20 нА	200 мкА	0,0000–200,0000 мкА — 0,04% + 20 нА
2 мА	0,20000–2,00000 мА — 0,025% + 100 нА	2 мА	0,200000–2,000000 мА — 0,020% + 100 нА
22 мА	2,0000–22,0000 мА — 0,015% + 600 нА	20 мА	2,00000–20,00000 мА — 0,015% + 600 нА
200 мА	20,000–200,000 мА — 0,015% + 6 мкА	200 мА	20,0000–200,0000 мА — 0,015% + 6 мкА
2 А	0,2000–2,0000 А — 0,015% + 100 мкА	2 А	0,200000–2,000000 А — 0,015% + 100 мкА
20 А	2,0000–20,000 А — 0,1% + 2 мА	20,5 А	2,00000–20,5000 А — 0,05% + 2,05 мА
		auto	

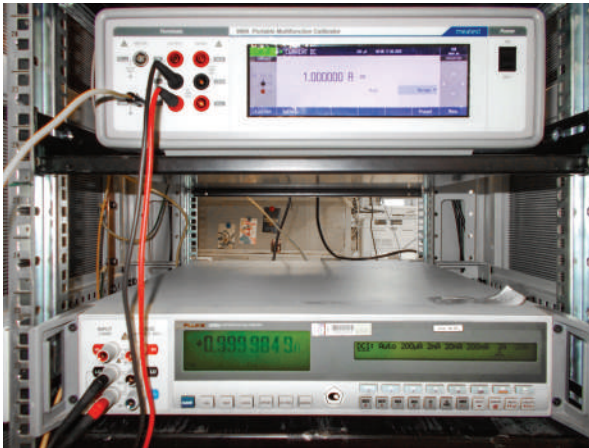


Рис. 6. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме формирования постоянного тока

Функция подключения масштабирующей токовой катушки у калибратора Meatest 9000 в режиме DCI реализована более удобно, так как осуществляется из основного меню установки значений формируемого тока. В калибраторе Calibro 143 для работы с токовой масштабирующей катушкой требуется перейти из меню функций тока в основное меню калибратора и выбрать функцию работы с токовой катушкой.

Графическое сравнение калибраторов в режиме воспроизведения силы постоянного тока представлено на рис. 7.

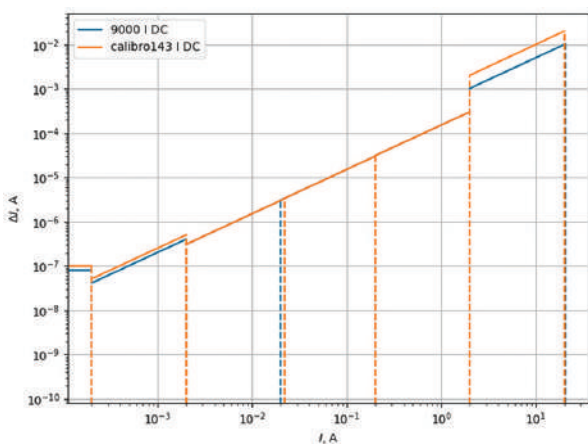


Рис. 7. Погрешность воспроизведения силы постоянного тока

Режим АСІ

В режиме формирования переменного тока (АСІ) калибратор Meatest 9000 обеспечивает большую на 1 разряд дискретность установки выходного тока. Отображение допустимой погрешности установки выходного напряжения осуществляется в единицах устанавливаемой величины (у калибратора Calibro 143 — в процентах от установленной величины). Общий диапазон установок переменного тока калибратора Meatest 9000 составляет 1,0000 мкА — 20,5000 А, у Calibro 143 — 1,000 мкА — 20,000 А. Также в этом режиме у Meatest 9000 доступен автоматический выбор диапазона (auto). На одном поддиапазоне погрешность установки выходного тока у калибратора Meatest ниже, на других — такая же или выше, чем у калибратора

Calibro 143, но шире диапазон допустимых частот переменного напряжения: у Meatest 9000 — от 10 Гц до 20 кГц, у Calibro 143 — от 20 Гц до 1 кГц. При этом у калибратора Meatest точность установки частоты также выше: 5 ppm (0,0005%) по сравнению с 0,01% у Calibro 143. Кроме того, калибратор 9000 обладает дополнительными возможностями по выбору формы переменного выходного тока: ramp up, ramp down и harmonic. Последний режим позволяет задать уровень и фазу каждой из 50 гармоник выходного тока, а также создать и запомнить 20 предварительных пресетов. Остальные сравнительные параметры режима АСІ сведены в таблицу 4.

Таблица 4. Сравнительные параметры режима АСІ калибраторов Calibro 143 и Meatest 9000

Calibro 143		Meatest 9000	
Диапазоны установки АСІ	Погрешность установки	Диапазоны установки АСІ	Погрешность установки
	20–200 Гц		10 Гц — 1 кГц
200 мкА	1,000–200,000 мкА — 0,25% + 20 нА	200 мкА	1,0000–200,0000 мкА — 0,15% + 100 нА
2 мА	0,20000–2,00000 мА — 0,1% + 200 нА	2 мА	0,200000–2,000000 мА — 0,1% + 200 нА
20 мА	2,0000–20,0000 мА — 0,07% + 1 мкА	20 мА	2,00000–20,00000 мА — 0,07% + 1 мкА
200 мА	20,000–200,000 мА — 0,07% + 10 мкА	200 мА	20,0000–200,0000 мА — 0,07% + 10 мкА
2 А	0,2000–2,0000 А — 0,1% + 100 мкА	2 А	0,200000–2,000000 А — 0,1% + 100 мкА
20 А	2,0000–20,000 А — 0,2% + 3 мА	20,5 А	2,00000–20,5000 А — 0,2% + 3,075 мА
		auto	
	200 Гц — 1 кГц		1–5 кГц
200 мкА	1,000–200,000 мкА — 0,2% + 200 нА	200 мкА	10,0000–200,0000 мкА — 0,2% + 200 нА
2 мА	0,20000–2,00000 мА — 0,1% + 400 нА	2 мА	0,200000–2,000000 мА — 0,1% + 400 нА
20 мА	2,0000–20,0000 мА — 0,1% + 4 мкА	20 мА	2,00000–20,00000 мА — 0,1% + 4 мкА
200 мА	20,000–200,000 мА — 0,1% + 40 мкА	200 мА	20,0000–200,0000 мА — 0,1% + 40 мкА
2 А	0,2000–2,0000 А — 0,15% + 1 мА	2 А	0,200000–2,000000 А — 0,15% + 1 мА
20 А	2,0000–20,000 А — 0,25% + 10 мА	20,5 А	
		auto	
			5–10 кГц
		200 мкА	10,0000–200,0000 мкА — 0,3% + 200 нА
		2 мА	0,200000–2,000000 мА — 0,15% + 400 нА
		20 мА	2,00000–20,00000 мА — 0,15% + 4 мкА
		200 мА	20,0000–200,0000 мА — 0,15% + 40 мкА
		2 А	0,200000–2,000000 А — 0,3% + 1 мА
		auto	
			1–20 кГц
		200 мкА	10,0000–200,0000 мкА — 0,5% + 400 нА
		2 мА	0,200000–2,000000 мА — 0,3% + 1 мкА
		20 мА	2,00000–20,00000 мА — 0,3% + 10 мкА
		200 мА	20,0000–200,0000 мА — 0,3% + 100 мкА
		auto	

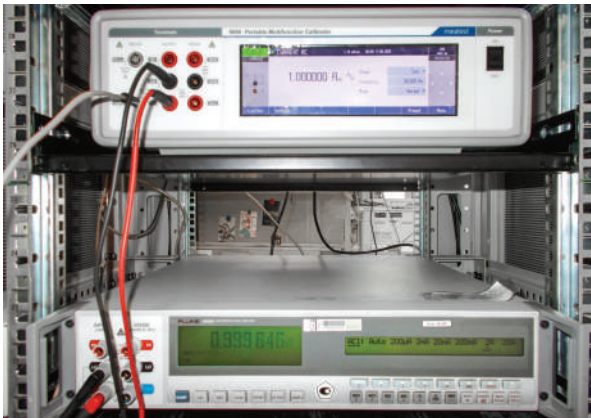


Рис. 8. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме формирования переменного тока

Графическое сравнение калибраторов в режиме воспроизведения силы переменного тока показано на рис. 9.

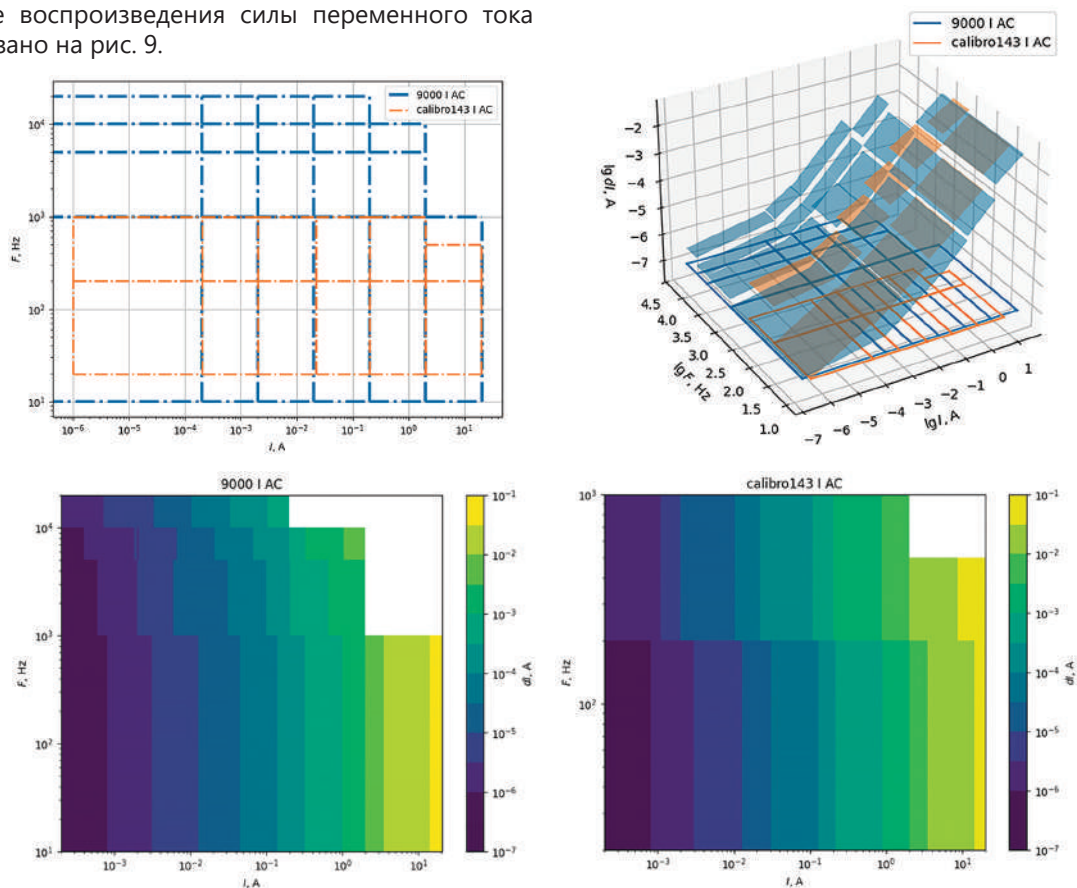


Рис. 9. Диапазоны и погрешности воспроизведения силы переменного тока в логарифмическом масштабе: а) диапазоны воспроизведения; б) 3D-график погрешности воспроизведения; в, г) контурные графики погрешности воспроизведения калибраторов

Режим FREQUENCY

Режим формирования сигнала определенной частоты (FREQUENCY mode) калибратора Meatest 9000 представлен сигналом прямоугольной формы с выбором трех возможных амплитуд: 100 мВ; 1 и 5 В (точность формирования по амплитуде 20%). Диапазон возможных частот 0,100 00 Гц — 2,000 00 МГц. Точность формирования установленной частоты — 5 ppm (0,0005%). Кроме того, есть возможность получения сигнала до 20 МГц, но остальные параметры сигнала в этом случае не нормируются. У калибратора Calibro 143 в режиме FREQUENCY точность формирования по амплитуде выше — 10%, и такой же, как у Meatest, диапазон формируемых частот (без возможности получения сигнала с ненормируемыми параметрами частотой свыше 2 МГц), а точность формирования частоты сигнала составляет 0,005%. Calibro 143 способен формировать сигнал только одной фиксируемой амплитуды 5 В.



Рис. 10. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме формирования сигнала определенной частоты

Формирование сигнала прямоугольной формы с переменной скважностью в виде самостоятельного режима (Duty cycle) предусмотрено только у калибратора Meatest 9000. В этом режиме возможно формирование прямоугольных импульсов амплитудой 1 мВ — 14,1 В (с точностью установки по амплитуде 0,5% + 100 мкВ) в диапазоне частот от 0,10000 Гц до 1,0000 кГц (с точностью установки по частоте 5 ppm (0,0005%). При этом сам параметр коэффициента заполнения (Duty cycle) может быть произвольно установлен в диапазоне 0,1–99,9%.



Рис. 11. Калибратор Meatest 9000 в режиме формирования прямоугольного сигнала с переменной скважностью



Режим Temperature TC

Режим формирования (имитации) разности потенциалов термопар (Temperature TC) у калибраторов Calibro 143 и Meatest 9000 представлен одним и тем же возможным набором термопар: R, S, B, J, T, E, K, N, C, D, G2, M. Однако у Meatest 9000 больше диапазон имитируемых температур: $-250,00...+2315,00$ °C (у Calibro 143 $-250,0...+1820,0$ °C). Оба калибратора обеспечивают два режима компенсации температуры холодного спая: ручной и автоматический.

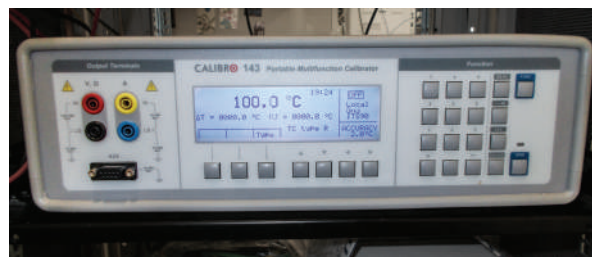


Рис. 12. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме имитации разности потенциалов термопар

Режим Temperature RTD

У обоих сравниваемых калибраторов реализован режим имитации термометров сопротивления (Temperature RTD). У Calibro 143 он обеспечивается опционально (при подключении соответствующей опции к разъему AUX на передней панели). Сравнительные параметры сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Сравнительные параметры режима имитации термометров сопротивления у калибраторов Calibro 143 и Meatest 9000

Calibro 143			Meatest 9000		
Тип RTD	Диапазон, °C	Погрешность, °C	Тип RTD	Диапазон, °C	Погрешность, °C
Pt100–Pt200	$-200,0...+850,0$	0,2	Pt100–Pt1000	$-200,000...+0,000$	0,15
Pt200–Pt1000	$-200,0...+850,0$	0,2	Pt100–Pt1000	$-0,001...+850,0$	0,2
Ni100–Ni200	$-60,0...+300,0$	0,1–0,2	Ni100–Ni1000	$-60,0...+300,0$	0,1
Ni200–Ni1000	$-60,0...+300,0$	0,1			



Рис. 13. Калибратор Meatest 9000 в режиме имитации термометров сопротивления

Режим RESISTANCE

Существенные отличия между рассматриваемыми калибраторами связаны с разной организацией режима формирования сопротивления (RESISTANCE). У Meatest 9000 предусмотрен режим Continuous resistance, в котором необходимое формируемое сопротивление в диапазоне 0,0000 Ом — 600,0 МОм может устанавливаться произвольно. При этом возможны три схемы подключения: двухпроводная, двухпроводная компенсированная и четырехпроводная. Этот режим доступен только у калибратора Meatest и обеспечивает следующие параметры для четырехпроводной схемы подключения (табл. 6):

Таблица 6. Режим RESISTANCE калибратора Meatest 9000

Диапазон сопротивлений	Точность установки
0,0000–10,0000 Ом	500 ppm + 10 мОм
10,001–100,000 Ом	250 ppm + 10 мОм
100,01–1000,00 Ом	250 ppm + 25 мОм
1,0001–10,0000 кОм	150 ppm + 50 мОм
10,001–100,000 кОм	150 ppm + 500 мОм
100,01–1000,00 кОм	200 ppm + 5 Ом
1,00001–3,30000 МОм	600 ppm + 100 Ом
3,3001–10,0000 МОм	600 ppm + 100 Ом
10,001–33,000 МОм	5000 ppm + 10 кОм
33,01–120,00 МОм	5000 ppm + 10 кОм
120,1–600,0 МОм	20000 ppm + 50 кОм

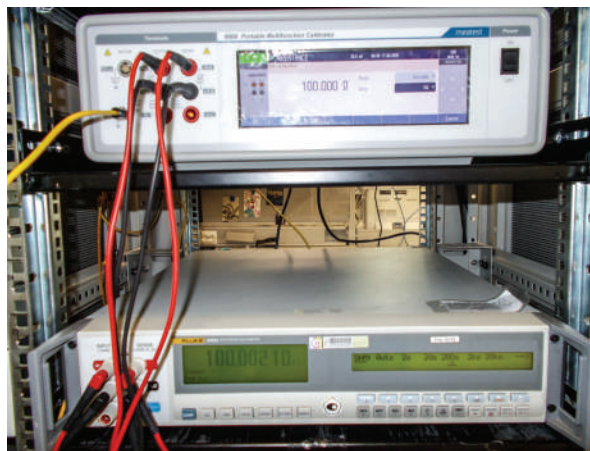


Рис. 14. Калибратор Meatest 9000 в режиме формирования произвольного сопротивления

Режим воспроизведения фиксированных значений сопротивлений обеспечивают оба калибратора. Calibro 143 воспроизводит только восемь фиксированных значений сопротивлений, при этом доступна только двухпроводная схема подключения. Meatest 9000 в этом же режиме воспроизводит 17 значений фиксированных сопротивлений. Воспроизводимые при этом параметры сведены в таблице 7.

Таблица 7. Режим воспроизведения фиксированных значений сопротивлений калибраторов Calibro 143 и Meatest 9000

Calibro 143		Meatest 9000		
Номинал	Погрешность воспроизведения	Номинал	Погрешность воспроизведения	
	2w		4w	2w
10 Ом	0,03% + 25 мОм	0,0000 Ом	± 1 мОм	±1 Ом
100 Ом	0,05%	10,0000 Ом	±2%	±1 Ом
1 кОм	0,02%	33,0000 Ом	±2%	±1 Ом
10 кОм	0,02%	100,0000 Ом	±2%	±2%
100 кОм	0,02%	330,0000 Ом	±2%	±2%
1 МОм	0,05%	1000,000 Ом	±2%	±2%
10 МОм	0,05%	3300,000 Ом	±2%	±2%
100 МОм	0,5%	10,00000 кОм	±2%	±2%
		33,00000 кОм	±2%	±2%
		100,0000 кОм	±2%	±2%
		330,0000 кОм	±2%	±2%
		1000,000 кОм	—	±2%
		3300,000 кОм	—	±2%
		10,00000 МОм	—	±5%
		33,00000 МОм	—	±5%
		100,0000 МОм	—	±10%
		330,0000 МОм	—	±10%

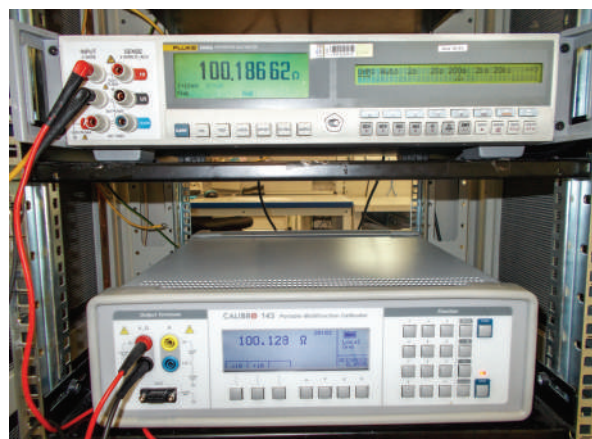


Рис. 15. Калибраторы Meatest 9000 и Calibro 143 в режиме формирования фиксированных значений сопротивления

Графическое сравнение калибраторов в режиме воспроизведения электрического сопротивления приведено на рис. 16.

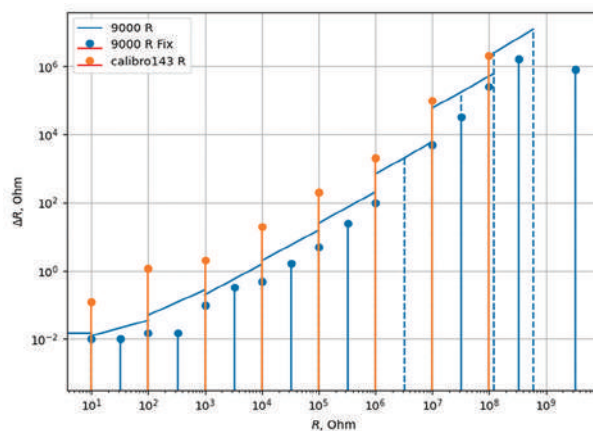


Рис. 16. Погрешность воспроизведения электрического сопротивления

Режим CAPACITANCE

Функция формирования электрической емкости у калибратора Meatest 9000 (у Calibro 143 она отсутствует) представлена двумя режимами:

- режим Continuous (Variable) capacitance — необходимое значение емкости в диапазоне 2,0000 нФ — 120,00 мФ может устанавливаться произвольно;
- Fixed capacitance.

При этом возможна только двухпроводная схема подключения. Обеспечиваемые при этом параметры сведены в таблице 8.

Калибратор Meatest 9000 дополнительно обладает функцией мнемонического отображения на дисплее правильных активных подключений в каждом из выбранных режимов, что позволяет избежать ошибок, связанных с неправильным подключением измерительных проводов и т. п.

Таблица 8. Функция формирования электрической емкости у калибратора Meatest 9000

Meatest 9000			
Fixed capacitance		Continuous capacitance	
Номинал	Погрешность воспроизведения	Диапазон	Погрешность воспроизведения
	2w		2w
1,0000 нФ	1,25%	2,0000–10,0000 нФ	$\pm 0,35\% + 15 \text{ пФ}$
3,3000 нФ	0,75%	10,001–100,000 нФ	$\pm 0,35\%$
10,0000 нФ	0,35%	0,10001–1,00000 мкФ	$\pm 0,35\%$
33,0000 нФ	0,35%	1,0001–10,0000 мкФ	$\pm 0,35\%$
100,000 нФ	0,25%	10,001–100,000 мкФ	$\pm 0,35\%$
330,000 нФ	0,25%	0,10001–1,00000 мФ	$\pm 0,35\%$
1,00000 мкФ	0,25%	1,0001–10,0000 мФ	$\pm 0,35\%$
3,30000 мкФ	0,25%	10,01–120,00 мФ	$\pm 0,35\%$
10,0000 мкФ	0,25%		$\pm 0,60\%$



Рис. 17. Калибратор Meatest 9000 в режимах формирования фиксированных и произвольных значений электрической емкости



Автоматизация

Оба калибратора могут работать в составе автоматизированных поверочных комплексов, интегрируясь с программными решениями METLAB и MeterVision (в последней версии ПО — с добавлением функции распознавания показаний для стрелочных приборов (MeterVision)). Эти системы, разработанные компанией «Диполь», используются для автоматизации метрологических лабораторий и обеспечивают не только управление оборудованием через стандартные интерфейсы (USB, GPIB, LAN, RS-232), но и автоматическую обработку результатов измерений, формирование протоколов и ведение поверочной документации.



Рис. 18. Окно программы MeterVision в режиме распознавания стрелочных СИ с нелинейной шкалой. Программа также умеет распознавать цифровые дисплеи, текст и цвета

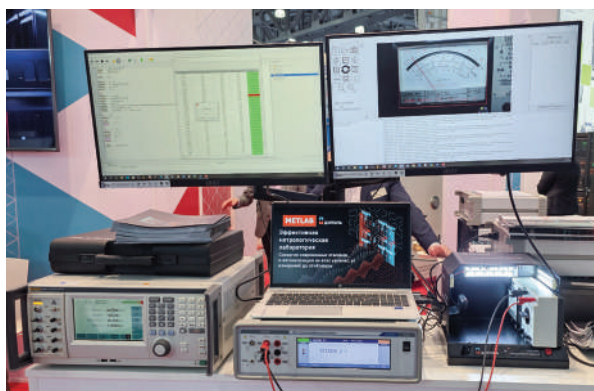


Рис. 19. Демонстрация автоматизированного рабочего места (АРМ) для поверки аналоговых СИ на базе калибратора Meatest 9000 и ПО METLAB и MeterVision на выставке Testing & Control 2025

METLAB



Программа MeterVision, основанная на технологии машинного зрения, распознает показания как цифровых, так и стрелочных приборов, что особенно важно при работе с аналоговыми измерителями, манометрами и другими средствами измерений старого образца.

Совместное использование калибраторов Meatest с METLAB и MeterVision позволяет создавать полностью автоматизированные рабочие места, где задачи калибровки выполняются быстро, точно и с минимальным влиянием человеческого фактора.

Заключение

Проведенный анализ показал, что Meatest 9000 представляет собой не просто обновленную версию хорошо известного Calibro 143, а совершенно новый уровень портативных калибраторов. Он превосходит предшественника по диапазонам воспроизводимых величин, точности, удобству интерфейса и функциональности. Важно и то, что 9000 интегрируется с современными программными системами автоматизации, что делает его особенно востребованным в условиях перехода метрологических лабораторий к цифровым технологиям.

Таким образом, замена Calibro 143 на Meatest 9000 не только не привела к потере характеристик, но и стала редким примером того, что новое оборудование действительно лучше старого — по точности, гибкости и возможностям интеграции. Meatest 9000 можно уверенно назвать прибором, который не просто продолжает традицию, но и задает новые стандарты для портативных калибраторов своего класса.