



Махнуть, НО — глядя

Сравнение технических характеристик
многофункциональных калибраторов
и подходы в подборе альтернативного
оборудования.



Александр Кондратьев,
руководитель проектов
KondratevAS@dipaul.ru

Столкнувшись с уходом с российского рынка ряда производителей, отечественные пользователи переходят на альтернативные решения. Важно, чтобы этот процесс отличался взвешенным подходом и системностью. Так, замена метрологического оборудования во многом основывается на инновационном графическом методе сравнения калибраторов, что позволяет наглядно оценить диапазоны воспроизведения электрических величин и их погрешности.

Введение

«Fluke — всё»

— примерно такой тревожной ноткой отозвалось общение как заказчиков, так и поставщиков измерительного оборудования в ответ на завершение работы в России именитого бренда. Особенно сильно перемены затронули метрологические лаборатории в области электрических, магнитных и радиотехнических измерений. Специалисты компании «Диполь» как эксперты по вопросам оснащения и автоматизации метрологических лабораторий на тот момент оценивали эталонное оборудование Fluke как наиболее популярное и, казалось, незаменимое.

Действовать пришлось стремительно, в поисках решения представители отрасли обменивались информацией, и результат этой работы постепенно начал обретать форму в виде подтвержденных приемов и алгоритмов.

В качестве примера таких наработок можно привести подходы к сравнению калибраторов Fluke 5522A (номер ГРСИ — 70345-18) с аналогом МК9023A (номер ГРСИ - 93219-24) и калибратора Fluke 5730A (номер ГРСИ — 60407-15) с КЭС5730 (на данный момент проходит процедуру по внесению в ГРСИ).

Выбор данных моделей был неслучаен. Многофункциональные калибраторы 5522A и 5730A — одни из наиболее востребованных в электрических и магнитных измерениях. Отличительная особенность 5522A — широкий выбор функций: воспроизведение силы и напряжения постоянного и переменного тока, электрического сопротивления, электрической емкости, электрической мощности, частоты, моделирование термодпар, термометров сопротивления, напряжения на нагрузках; формирование сигнала с малой длительностью фронта; генератор синусоидального напряжения, сигналов сложной формы и импульсов; измерение входного сопротивления и емкости осциллографов. Модель 5730A имеет меньше функций, но ее преимущество — в более широких диапазонах воспроизведения силы и напряжения тока и более высокой точности.

На практике сравнение технических характеристик калибраторов — задача нетривиальная. Во-первых, это связано с тем, что приборы способны работать в нескольких режимах, что отражено в их названии «многофункциональные». Во-вторых, погрешности воспроизведения/измерения физических величин, как правило, зависят от конкретного значения воспроизводимой величины и приведены в таблицах с большим объемом информации.



В качестве примера можно привести описание типа для калибраторов Fluke 5522A (табл. 1) и МК9023А (табл. 2).

Таблица 1. Метрологические характеристики в режиме воспроизведения напряжения постоянного тока

Диапазон	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при температуре окружающего воздуха ($t_{cal} \pm 5$) °C	Разрешение, мкВ	Максимальная нагрузка
Выход NORMAL			
от 0 до $\pm 329,9999$ мВ	$\pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1 \cdot 10^{-3})$ мВ	0,1	65 Ом
от 0 до $\pm 3,299999$ В	$\pm(1,1 \cdot 10^{-5} \cdot U + 2 \cdot 10^{-6})$ В	1	10 мА
от 0 до $\pm 32,99999$ В	$\pm(1,2 \cdot 10^{-5} \cdot U + 2 \cdot 10^{-5})$ В	10	10 мА
от ± 30 до $\pm 329,9999$ В	$\pm(1,8 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-4})$ В	100	5 мА
от ± 100 до ± 1020 В	$\pm(1,8 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-3})$ В	1000	5 мА
Дополнительный выход AUX (только в режиме одновременного вывода двух выходных сигналов)			
от 0 до $\pm 329,999$ мВ	$\pm(4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,35)$ мВ	1	5 мА
от 0 до $\pm 3,29999$ В	$\pm(4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3,5 \cdot 10^{-4})$ В	10	5 мА
от $\pm 3,3$ до ± 7 В	$\pm(4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3,5 \cdot 10^{-4})$ В	100	5 мА
Моделирование и измерение сигнала термопары в линейном режиме 10 мкВ/°C и 1 мВ/°C			
от 0 до 329,9999 мВ	$\pm(5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3 \cdot 10^{-3})$ мВ	0,1	10 Ом

Примечание. U — значение воспроизводимого напряжения, установленное на калибраторе.

Таблица 2. Метрологические характеристики калибраторов при воспроизведении напряжения постоянного электрического тока

Диапазон воспроизведения	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности
от 0,00000 до 20,00000 мВ	$\pm(1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1 \cdot 10^{-2})$ мВ $\pm(3 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-3})$ мВ
от 20,0001 до 200,0000 мВ	$\pm(1,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1 \cdot 10^{-2})$ мВ $\pm(1,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-3})$ мВ
от 0,200001 до 2,000000 В	$\pm(1,2 \cdot 10^{-5} \cdot U + 5 \cdot 10^{-6})$ В
от 2,00001 до 20,00000 В	$\pm(1 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3,5 \cdot 10^{-5})$ В
от 20,0001 до 100,0000 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 1,5 \cdot 10^{-4})$ В
от 100,0001 до 280,0000 В	$\pm(1,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 4 \cdot 10^{-4})$ В
от 280,001 до 1050,000 В	$\pm(2 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3,5 \cdot 10^{-3})$ В

Примечание. U — значение воспроизводимого напряжения постоянного электрического тока (представленное в мВ) для диапазонов с верхней границей до 200 мВ включительно, (В) для диапазонов с верхней границей свыше 200 мВ.

Если сравнить диапазоны воспроизведения напряжения постоянного тока и их погрешности, то можно обнаружить, что это сделать не так уж просто по имеющимся таблицам. И это только один режим работы, причем для постоянного тока. В случае с переменным током диапазоны воспроизведения электрических величин будут зависеть и от частоты, что еще более усложняет задачу.

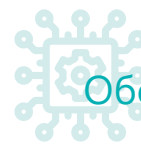
Соответственно, мы пришли к необходимости такого инструмента сравнения технических характеристик калибраторов между собой, обеспечивающего наглядный и быстрый результат. Для достижения этой цели разработано программное обеспечение DeviceCompare, которое строит графики по таблицам погрешностей и позволяет значительно сократить временные и трудозатраты при сравнении диапазонов воспроизведения электрических величин и их погрешности.

Сравнение Fluke 5522A и МК9023A

Для начала сравним режимы работы приборов.

Таблица 3. Режимы работы калибраторов Fluke 5522A и МК9023A.

Режим	Fluke 5522A	МК9023A
Воспроизведение напряжения постоянного электрического тока	0–1020 В	0–1050 В
Воспроизведение напряжения переменного электрического тока	1 мВ — 1020 В 10 Гц — 500 кГц	1 мВ — 1050 В 15 Гц — 300 кГц
Воспроизведение силы постоянного электрического тока	0–20,5 А	0–30 А (1500 А с опцией 0950)
Воспроизведение силы переменного электрического тока	29 мкА — 20,5 А	10 мкА — 30 А (1500 А с опцией 0950)
Воспроизведение электрического сопротивления	Непрерывный режим: 0–1100 МОм Фиксированный режим: нет	Непрерывный режим: 0–1100 МОм Фиксированный режим: есть
Воспроизведение мощности постоянного тока	Опция PQ 33 мВ — 1020 В 0,33 мА — 20,5 А	0,2–1050 В 0,2 мА — 30 А
Воспроизведение мощности переменного тока	Опция PQ 33 мВ — 1020 В 3,3 мА — 20,5 А 10 Гц — 30 кГц	0,2–1050 В 0,2 мА — 30 А 15–1000 Гц
Воспроизведение электрической емкости	Непрерывный режим: 0,22 нФ — 110 мФ Фиксированный режим: нет	Непрерывный режим: 0,8 нФ — 120 мФ Фиксированный режим: есть
Воспроизведение частоты	0,01 Гц — 2 МГц 3 В	Нет
Режим моделирования термопар	E, J, K, L, N, R, S, T, U	R, S, B, J, T, E, K, N, M
Режим моделирования термометров сопротивления	Pt385, Pt3926, Pt3916, PtNi385, Cu427	Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000
Режим воспроизведения напряжения на нагрузках 50 Ом, 1 МОм	Опции SC600/SC1100	Опции ОСЦ1/ОСЦ2
Режим формирования сигналов с малой длительностью фронта	Опции SC600/SC1100	Опции ОСЦ1/ОСЦ2
Режим генератора синусоидального напряжения	Опция SC600 0,05–600 МГц 5 мВ — 5,5 В	Опция ОСЦ1 15 Гц — 400 МГц 1,4 мВ — 1,5 В
	Опция SC1100 0,05–1100 МГц 5 мВ — 3,5 В	Опция ОСЦ2 15 Гц — 1100 МГц 1,4 мВ — 1,5 В
Режим формирования временных маркеров	Опции SC600/SC1100	Опции ОСЦ1/ОСЦ2
Режим генератора сигналов сложной формы	Опции SC600/SC1100	Опции ОСЦ1/ОСЦ2
Режим генератора импульсов	Опции SC600/SC1100	Опции ОСЦ1/ОСЦ2
Режим измерения входного сопротивления осциллографа	Опции SC600/SC1100	Опции ОСЦ1/ОСЦ2
Воспроизведение гармонических составляющих	Нет	Есть
Измерение электрических сигналов с помощью встроенного мультиметра	Нет	Опция МУЛЬТИМЕТР



Измерение сигналов термопреобразователей сопротивления (ТС) с помощью встроенного мультиметра	Нет	Опция МУЛЬТИМЕТР
Измерение сигналов термоэлектрических преобразователей (термопар) с помощью встроенного мультиметра	Нет	Опция МУЛЬТИМЕТР
Токовая катушка	При том, что Fluke располагает токовыми катушками, совместимыми с калибратором 5522A, в описании типа они не указаны, поэтому в таблице эти данные игнорируются	Опция 0950 Номинальные значения коэффициентов трансформации силы переменного и постоянного тока: 10; 25; 50 Максимальное воспроизводимое значение силы тока: 1500 A
Воспроизведение электрического сопротивления постоянному току в режиме источника высокого сопротивления	Нет	Опция МЕГОМ 100 кОм — 100 ГОм
Программное обеспечение для автоматизации процессов поверки и калибровки	ПО MET/CAL/TEAM (продается отдельно)	ПО METLAB (поставляется в комплекте с калибратором МК9023A)

По таблице 3 понятно, что сложно сделать однозначный вывод, аналогичны эти калибраторы или один чем-то лучше другого. Например, Fluke 5522A может выдать напряжение и силу переменного тока в более широком диапазоне частот, но МК9023A обеспечивает более высокую силу тока. Также у МК9023A больше уникальных опций («МУЛЬТИМЕТР», «МЕГОМ»). Кроме того, с калибратором МК9023A в комплекте поставляется программное обеспечение METLAB — отчетственный аналог MET/CAL/TEAM.

Воспользуемся ранее упомянутой программой для построения графиков погрешностей и диапазонов воспроизведения электрических величин, чтобы детальней сравнить основные режимы работы калибраторов.

Важно отметить, что проводится сравнение режимов Normal и Aux, что отображено в легенде (рис. 1.1). При этом масштаб осей выбран логарифмический. Это неочевидное и очень удачное

решение, позволяющее одновременно сравнивать все пределы воспроизведения. Линейный масштаб был бы доступен только для обладателей суперзрения. Далее везде также будет использоваться логарифмический масштаб. Рис. 1.1 позволяет сделать вывод, что для режима Normal как диапазоны воспроизведения напряжения постоянного тока, так и погрешность воспроизведения сходны. В режиме Aux калибратор МК9023 достигает значительно большей точности, но имеет меньший диапазон воспроизведения.

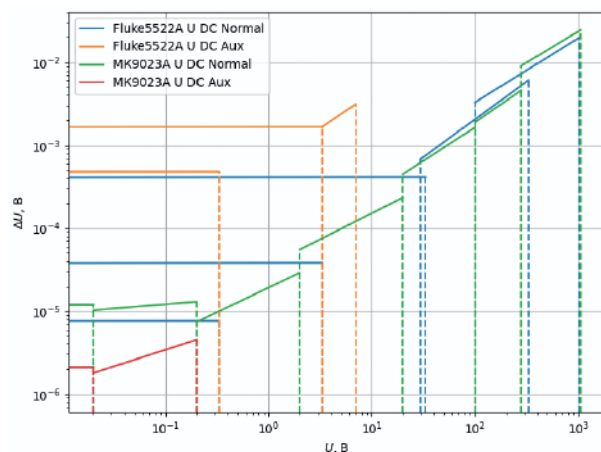


Рис. 1.1. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении напряжения постоянного электрического тока

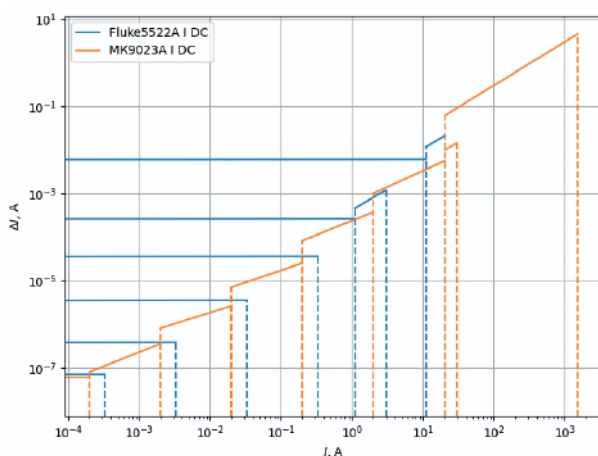


Рис. 1.2. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении силы постоянного электрического тока

Из рис. 1.2. можно сделать однозначный вывод: диапазон воспроизведения силы постоянного тока у МК9023А шире, а точность почти везде выше.

Пользователя не должно смущать, что для Fluke5522А одному и тому же значению силы воспроизводимого тока может соответствовать несколько значений погрешности, просто это погрешности для разных пределов силы тока. Естественно, на практике для достижения наибольшей точности используется наименьший предел (нижняя прямая из возможных).

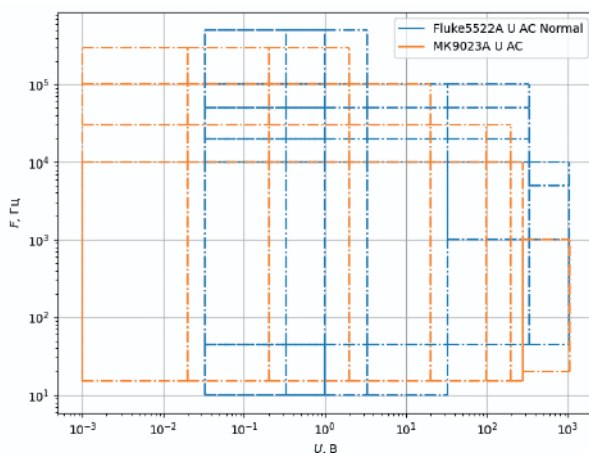


Рис. 1.3. Диапазоны воспроизведения напряжения переменного тока

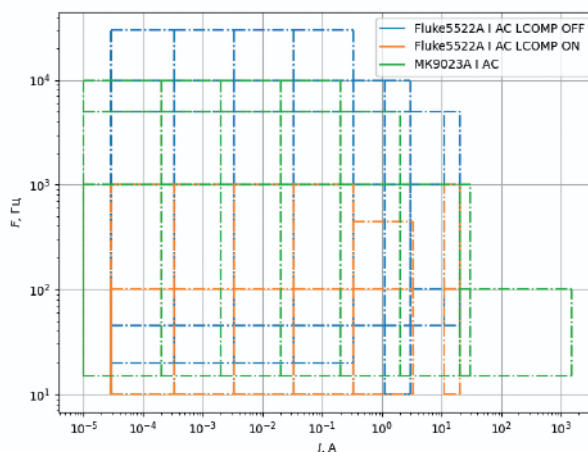


Рис. 1.4. Диапазоны воспроизведения силы переменного тока

На рис. 1.3, 1.4 изображены диапазоны воспроизведения напряжения и силы переменного тока, то есть калибратор может воспроизвести только те значения напряжения/тока для некоторой частоты, которые лежат внутри границ. Как правило, в кратких технических характеристиках приводят только лучшие показатели диапазонов воспроизведения напряжения/силы тока и частоты. Например, для Fluke 5522А в характеристиках воспроизведения напряжения переменного тока указано: «1 мВ — 1020 В, 10 Гц — 500 кГц», но из этого не следует, что максимальную частоту 500 кГц можно обеспечить для любого напряжения из диапазона 1 мВ — 1020 В. По графику видно, что данная частота достижима только для малых напряжений.

Для того чтобы изобразить на графике погрешность, необходимо добавить еще одну ось, так как погрешность воспроизведения напряжения или силы переменного тока является функцией двух переменных: частоты и напряжения или силы тока.

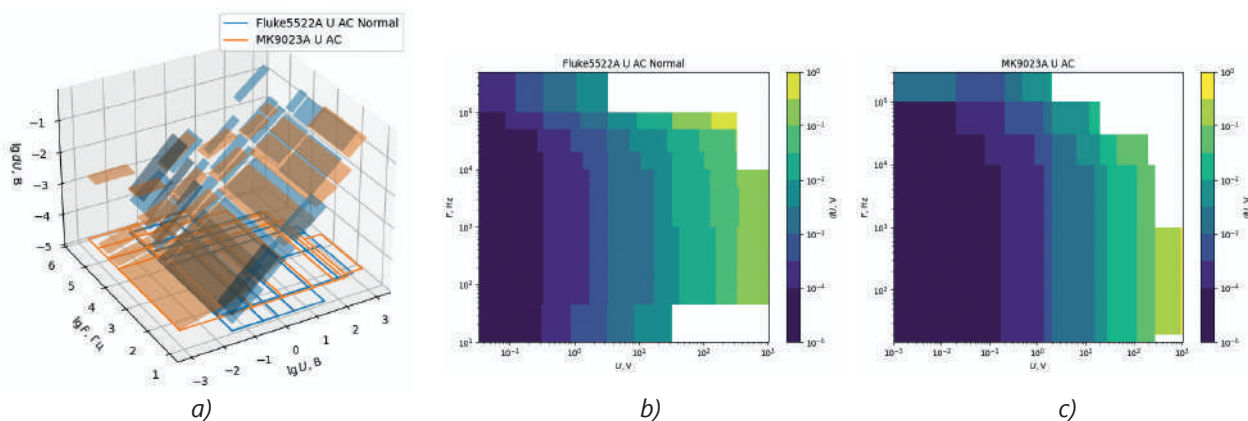
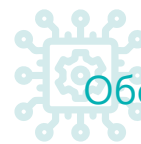


Рис. 1.5. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении напряжения переменного электрического тока; а) трехмерный график; б) контурный график для Fluke 5522A; в) контурный график для МК9023А

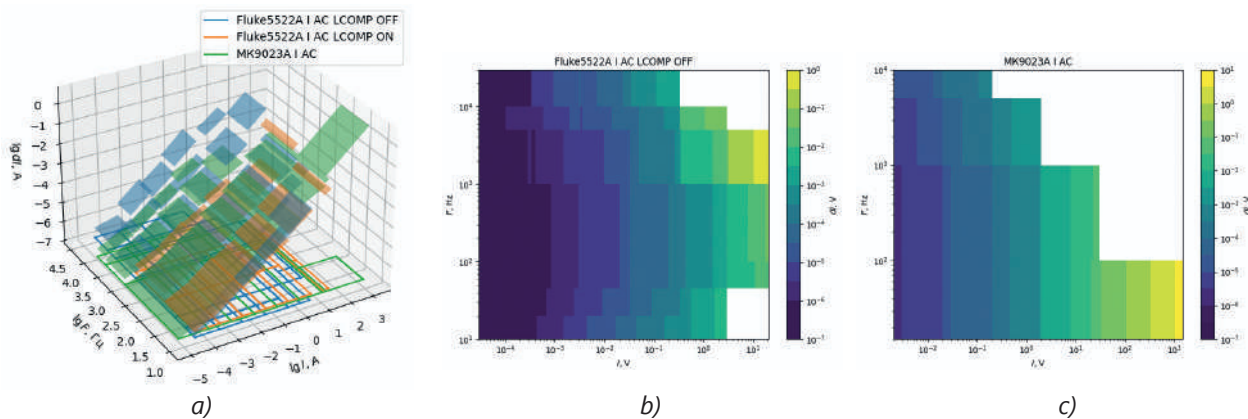


Рис. 1.6. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении силы переменного электрического тока; а) трехмерный график; б) контурный график для Fluke 5522A; в) контурный график для МК9023А

При всей сложности трехмерных графиков (рис. 1.5а и 1.6а) по ним все же можно сделать вывод, что погрешности обоих калибраторов имеют один порядок. Контурные графики на рис. 1.5б/в и 1.6б/в позволяют визуализировать погрешность как функцию двух переменных без построения

трехмерных графиков, что облегчает восприятие информации. Однако этот метод не позволяет построить несколько графиков в одних осях. Оба вида графиков могут быть полезны в разных задачах.

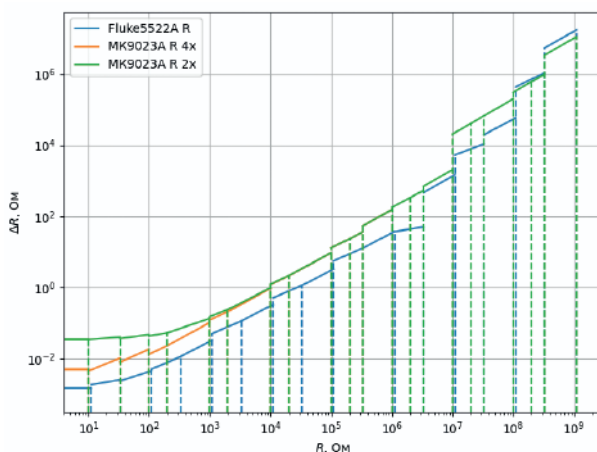


Рис. 1.7. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении электрического сопротивления постоянного электрическому току (2x — двухпроводная схема, 4x — четырехпроводная схема)

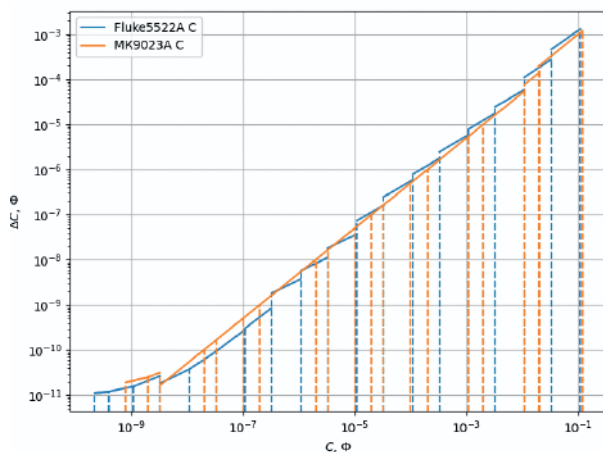


Рис. 1.8. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении электрической емкости

Графики 1.7, 1.8 дают полную информацию о режимах воспроизведения сопротивления и емкости рассматриваемых калибраторов и позволяют быстро сравнить их между собой.

Сравнение калибраторов Fluke 5730A и КЭС 5730

Теперь попробуем найти аналог для Fluke 5730A. В качестве претендента на эту роль рассмотрим калибратор эталонных сигналов КЭС 5730 из эксклюзивной линейки TNA, которую выводит на рынок группа компаний «Диполь».

Перед непосредственным сравнением обоих приборов заметим, что Fluke 5730A идет с усилителем 5725A, а у КЭС 5730 усилитель пока отсутствует, но в ближайшее время ожидается его выход.

Эти калибраторы обладают не таким большим набором функций, как рассмотренные ранее, но выигрывают по качеству, что тоже делает их незаменимыми в метрологических лабораториях.

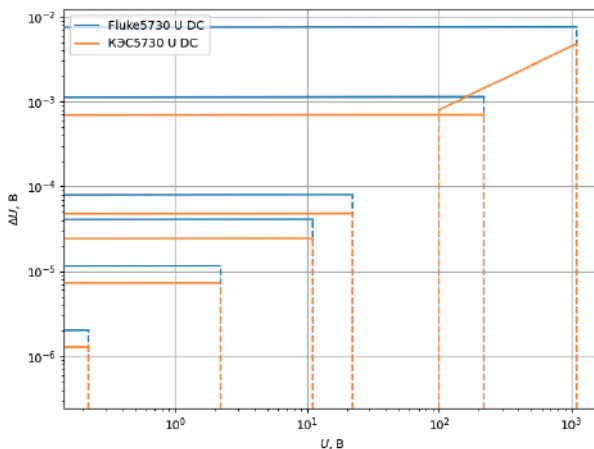


Рис. 2.1. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении напряжения постоянного электрического тока

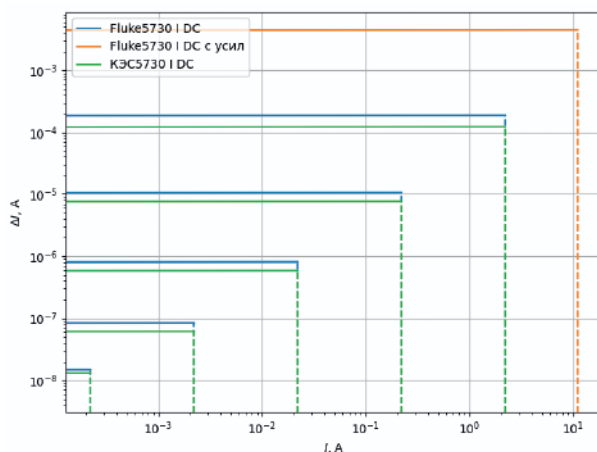


Рис. 2.2. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении силы постоянного электрического тока

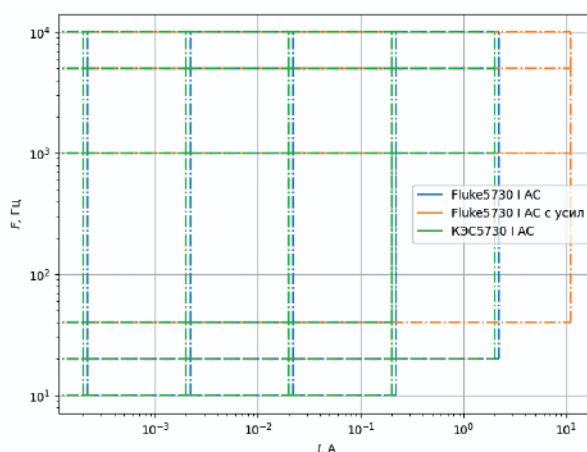


Рис. 2.4. Диапазоны воспроизведения силы переменного тока

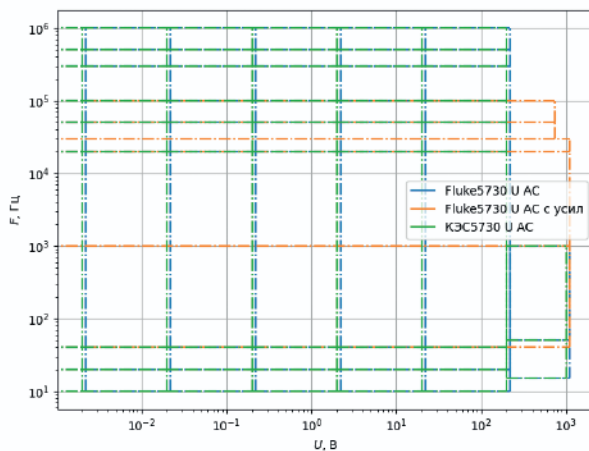
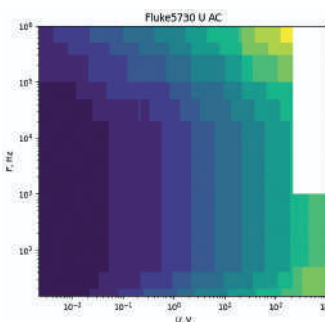
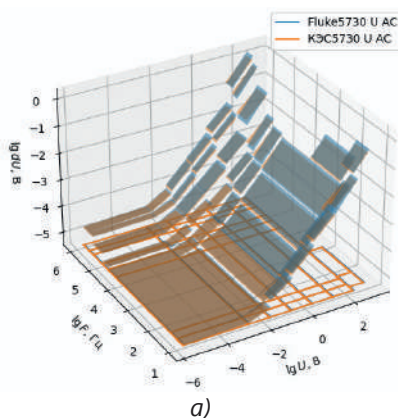
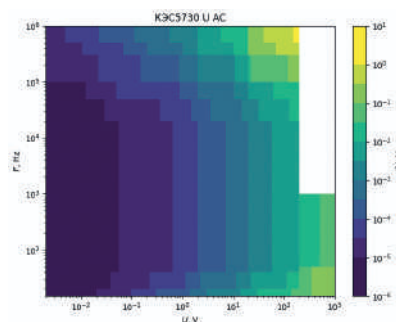


Рис. 2.3. Диапазоны воспроизведения напряжения переменного тока



б)



с)

Рис. 2.5. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении напряжения переменного электрического тока; а) трехмерный график; б) контурный график для Fluke 5730A; с) контурный график для КЭС 5730

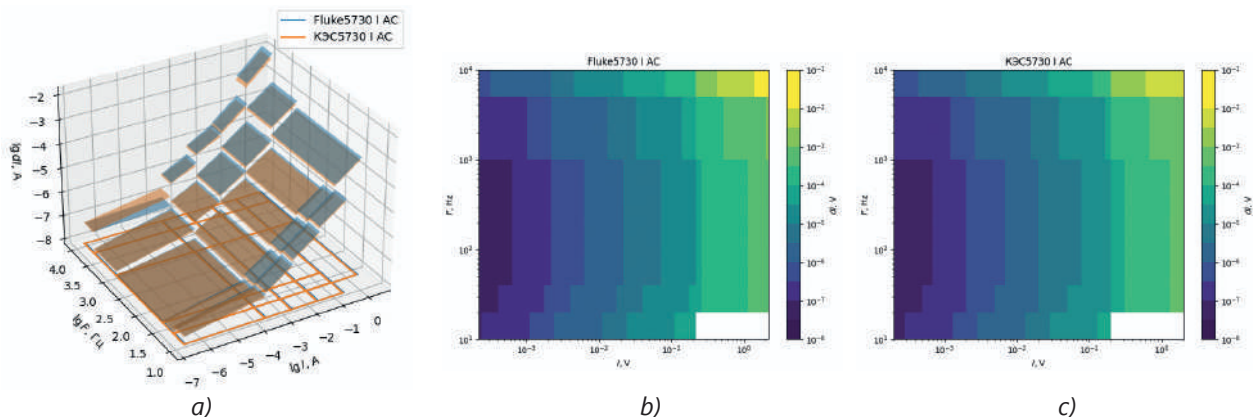


Рис. 2.6. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении силы переменного электрического тока; а) трехмерный график; б) контурный график для Fluke 5730A; в) контурный график для КЭС 5730

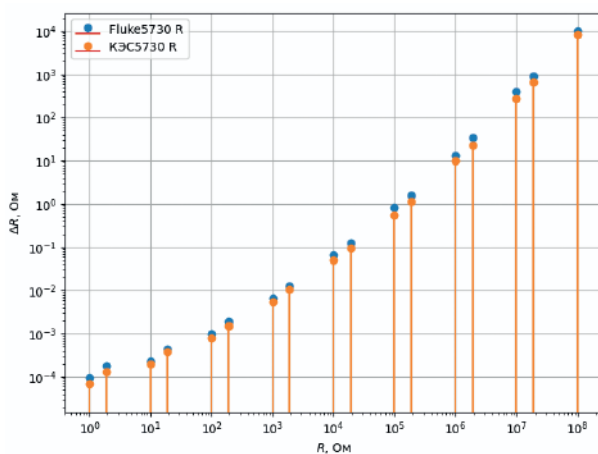


Рис. 2.7. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении электрического сопротивления постоянному электрическому току (фиксированный режим)

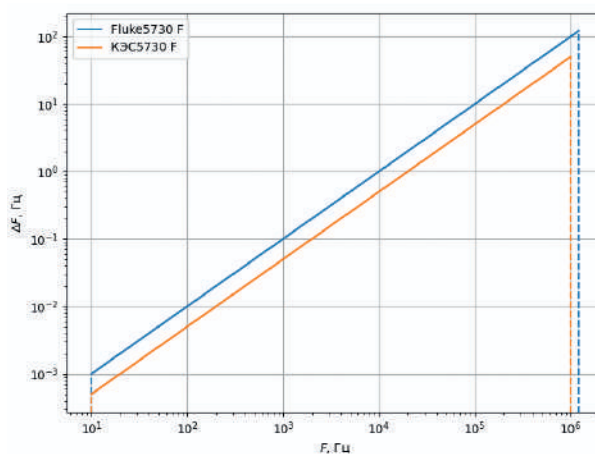


Рис. 2.8. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении частоты

Как видно на графиках, рассматриваемые калибраторы почти полностью аналогичны как по диапазонам воспроизведения, так и по точности. Как правило, у КЭС 5730 точность везде немного выше (за исключением некоторых диапазонов воспроизведения напряжения и силы переменного тока, но разница незначительная). На данный

момент главным преимуществом Fluke является наличие усилителя, который позволяет устанавливать высокие значения силы тока и более высокую частоту при воспроизведении высокого напряжения переменного тока. Но и это преимущество скоро будет нивелировано.



Поверяемые точки

Программа, с помощью которой сделаны графики для сравнения калибраторов, полезна и для анализа поверяемых точек, которые можно нанести на графики погрешностей и диапазонов воспроизведения электрических величин и быстро проверить, подойдет ли данный эталон для поверки определенного средства измерения.

Покажем, как может быть реализована такая проверка на примере вольтметра B7-78/1 (методика поверки ПР-17-2017МП). Данный прибор выбран неслучайно, так как подбор эталонов для его поверки — задача нетривиальная. При этом нюансы и с прописанным в методике поверки оборудованием — Fluke 5720 (предыдущая версия калибратора Fluke 5730). У Fluke 5730 характеристики не хуже, чем у 5720, что дает право использовать его для поверки, и, так как в предыдущей части это оборудование уже рассматривалось, выберем именно его в качестве эталона для поверки вольтметра B7-78/1.

Но прежде чем переходить к калибратору Fluke 5730 в контексте поверки вольтметра, следует проверить, может ли полностью закрыть поверку многофункциональный калибратор МК9023А или Fluke 5522А. Здравый смысл подсказывает, в наличии в лаборатории двух аналогичных калибраторов нет необходимости. При сравнении ограничимся режимами воспроизведения напряжения и силы постоянного и переменного тока.

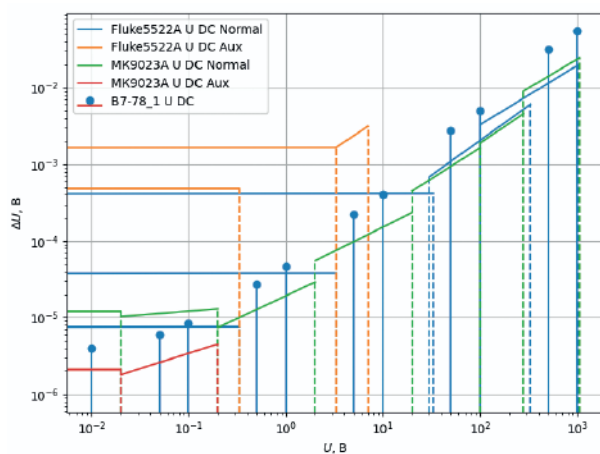


Рис. 3.1. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении напряжения постоянного электрического тока и поверяемые точки

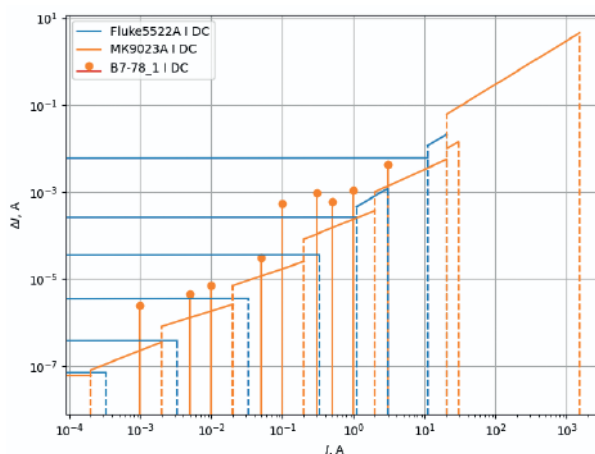


Рис. 3.2. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении силы постоянного электрического тока и поверяемые точки

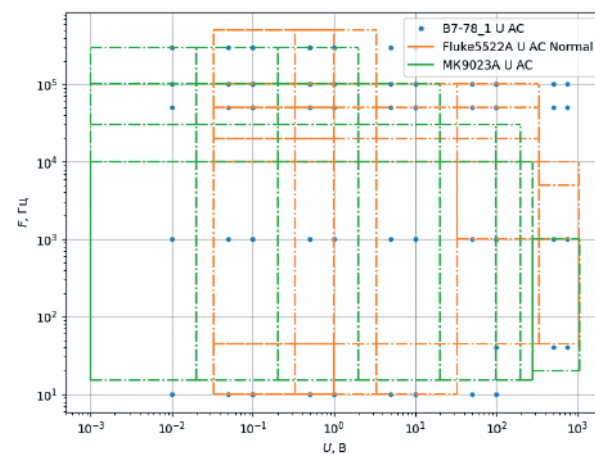


Рис. 3.3. Диапазоны воспроизведения напряжения переменного тока и поверяемые точки

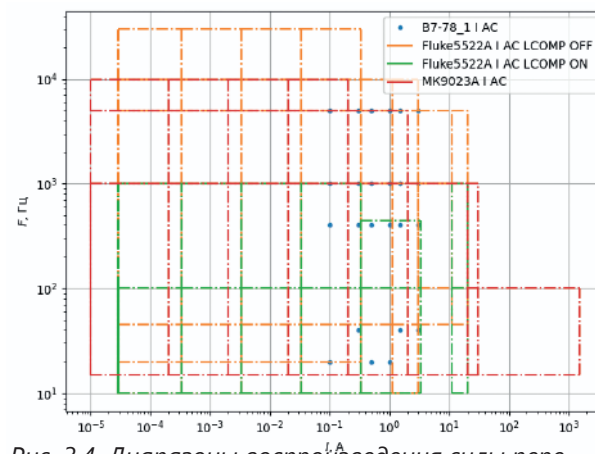


Рис. 3.4. Диапазоны воспроизведения силы переменного тока и поверяемые точки

Анализ графиков позволяет заключить, что для постоянного тока оборудование МК9023А как по точности, так и по диапазонам воспроизведения покрывает все поверяемые точки, хотя по точности нет двукратного запаса, который требуется по поверочным схемам (но будет ясно далее, им иногда пренебрегают, когда прописывают эталоны в методиках поверки), а Fluke 5522А покрывает все поверяемые точки по диапазонам воспроизведения, но не все точки по точности для постоянного тока.

Что касается напряжения переменного тока, ни один из этих калибраторов не покрывает поверяемые точки по диапазонам воспроизведения. По силе переменного тока все поверяемые точки могут быть воспроизведены обоими калибраторами. Необходимости анализировать, достаточная ли у них точность воспроизведения для переменного тока, нет, поскольку уже можно сделать вывод, что ни один калибратор не подходит для поверки вольтметра В7-78/1.

Далее представлены результаты проверки калибраторов Fluke 5730А (с усилителем 5725А) и КЭС 5730.

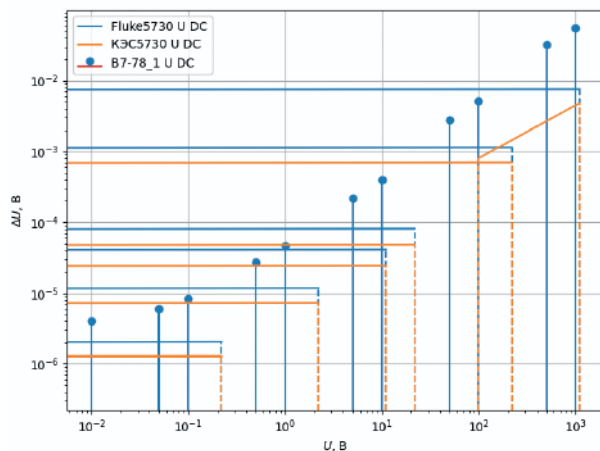


Рис. 3.5. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении напряжения постоянного электрического тока и поверяемые точки

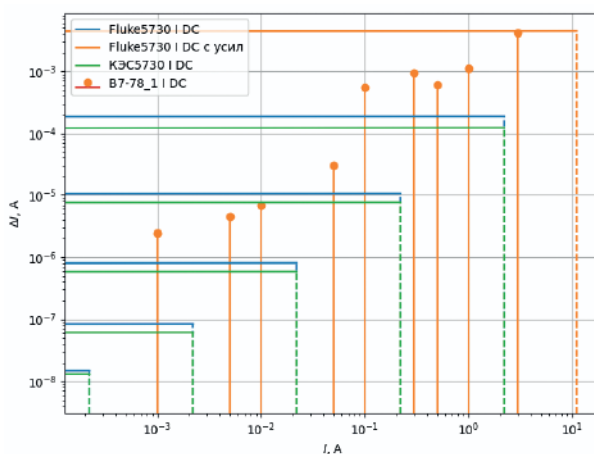


Рис. 3.6. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности при воспроизведении силы постоянного электрического тока и поверяемые точки

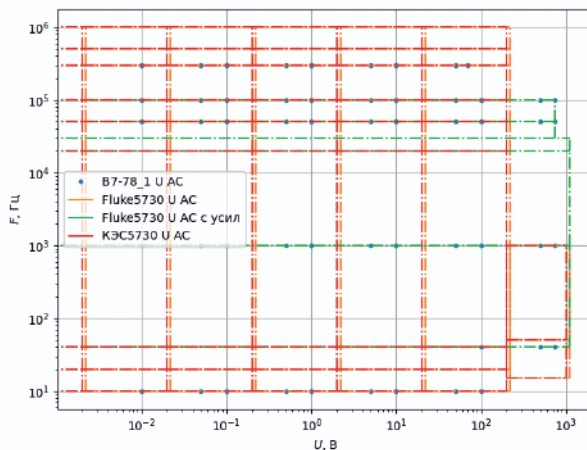


Рис. 3.7. Диапазоны воспроизведения напряжения переменного тока и поверяемые точки

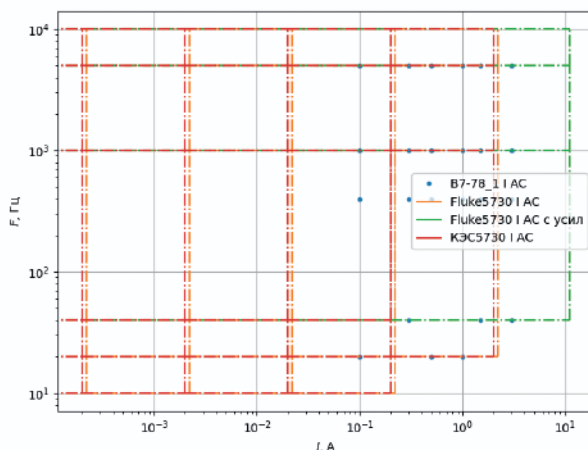
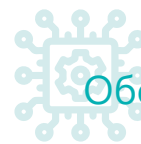


Рис. 3.8. Диапазоны воспроизведения напряжения переменного тока и поверяемые точки

Из рис. 3.5–3.8 можно заключить, что Fluke 5730A с усилителем 5725A перекрывает по диапазонам воспроизведения все поверяемые точки вольтметра В7-78/1, но для КЭС 5730 не хватает усилителя, чтобы добиться такого же результата. Что касается точности, которая оценивается только по воспроизведению напряжения и силы постоянного тока, ни о каком двукратном запасе не может идти и речи, а для некоторых точек, например 3 А, точность оказывается даже немного меньше, чем у поверяемого средства измерения. Конечно, то, что Fluke 5720A фигурирует в методике поверки как эталон, и то, что Fluke 5730A не хуже 5720, дает право использовать эти эталоны для поверки данного вольтметра, однако все равно важно помнить об указанных нюансах, ведь юридические нормы не могут изменить физических законов. Другими словами, даже если некий вольтметр прошел поверку, мы не можем гарантировать с одинаковой достоверной вероятностью, что погрешность измерения постоянного тока лежит в допустимых пределах при токе 1 мА и при токе 3 А.

Таким образом, в метрологической лаборатории не получится обойтись только одним из двух многофункциональных калибраторов. Калибраторы типа Fluke 5522A и МК9023A не всегда могут обеспечить необходимые диапазоны воспроизведения и точность для поверки некоторых СИ, а калибраторы типа Fluke 5522A и КЭС 5730 не обладают достаточно широким набором функций для поверки СИ во всех режимах работы.

Выводы

Уход компании Fluke с российского рынка потребовал срочного поиска аналогичных решений в области эталонного оборудования для метрологических лабораторий. Сравнение многофункциональных калибраторов Fluke 5522A, Fluke 5730A с доступными аналогами МК9023A и КЭС5730 показало, что каждый из рассмотренных приборов имеет свои уникальные преимущества и ограничения.

Разработанная программа визуализации технических характеристик позволяет существенно упростить процесс сравнения калибраторов, представив их метрологические параметры в наглядном графическом формате. Использование логарифмической шкалы и трехмерной визуализации дает возможность детального сравнения диапазонов воспроизведения электрических величин и их погрешности для различных режимов работы.

Ключевым результатом исследования является подтверждение того, что калибраторы МК9023A и КЭС5730 — достойная замена оборудованию Fluke (даже превосходя последний по точностным характеристикам), а МК9023A обладает большим набором функций, чем Fluke 5522A. Временным преимуществом Fluke 5730A перед КЭС5730 на данный момент является наличие усилителя 5725A.

Проведенный анализ также показывает, что при выборе эталонного оборудования необходимо тщательно сопоставлять не только общие технические характеристики, но и детально изучать возможности приборов в конкретных режимах работы, особенно при решении задач поверки средств измерений. Разработанный подход к визуальному сравнению может быть успешно применен для выбора эталонного оборудования при поверке средств измерений, что было показано в статье на примере вольтметра В7-78/1. 

