

УДК 621.317.791

## АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

Белевич Д.Б., Гуревич В.Л.

*Белорусский национальный технический университет*

*Минск, Республика Беларусь*

*Белорусский государственный институт метрологии*

*Минск, Республика Беларусь*

Электричество стало неотъемлемой частью современной жизни, однако, при небрежном отношении, оно несет в себе большую опасность. Для контроля параметров электробезопасности специалисты, предпочитающие надежность, удобство использования, а также высокую точность, используют многофункциональные измерители. Главным достоинством таких приборов является универсальность, что позволяет проводить ряд измерений по электробезопасности всего одним комбинированным устройством. Контроль точности измерений этих параметров является основой обеспечения защиты жизни и охраны здоровья человека. Именно поэтому все приборы, применяемые в этой сфере, подлежат обязательному метрологическому контролю.

Для решения этой задачи в Белорусском государственном институте метрологии (БелГИМ) создано универсальное рабочее место для обеспечения метрологического контроля как цифровых многофункциональных анализаторов электробезопасности, так и аналоговых измерителей.

В состав рабочего места входят следующие рабочие эталоны: многофункциональный калибратор Fluke 5520A, киловольтметр прецизионный Vitrek 4700, вольтметр универсальный цифровой GDM-78261, калибратор электрического сопротивления КС-100К5Т, калибратор времени отключения УЗО ERS-2, эталонные катушки индуктивности LN-1, набор мер электрического сопротивления типа P321, P331, магазины сопротивлений P4830/1, P4002, P4042.

Основные метрологические характеристики:

*1. Многофункциональный калибратор Fluke 5520A:*

- воспроизведение напряжения постоянного тока: от 0 до 1020 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm$  (12 миллионных долей (ppm) от установленного значения);

- воспроизведение силы постоянного тока: от 0 до  $\pm 20,5$  А, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm$  (100 миллионных долей (ppm) от установленного значения);

- воспроизведение сопротивления: от 0 до 1100 МОм, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm$  (28 миллионных долей (ppm) от установленного значения);

- воспроизведение напряжения переменного тока: от 1мВ до 1020 В, от 10 Гц до 500 Гц, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm$

(120 миллионных долей от установленного значения);

- воспроизведение силы переменного тока: от 29 мА до 20,5 А, от 10 Гц до 30 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,06 % от установленного значения);

- воспроизведение частоты: от 0,01 Гц до 2,0 МГц, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm$  (25 миллионных долей (ppm) от установленного значения);

*2. Калибратор электрического сопротивления КС-100К5Т:*

- воспроизведение электрического сопротивления от 0,1 МОм до 5 ТОм, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (1,5 % от измеренного значения);

*3. Киловольтметр прецизионный Vitrek 4700:*

- измерение напряжения постоянного тока: от 0 до 10 кВ, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,03 % от измеренного значения + 0,03 В) (10 мВ);

- измерение напряжения переменного тока: от 0 до 10 кВ, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,12 % от измеренного значения + 0,1 В) (10 мВ).

*4. Вольтметр универсальный цифровой GDM-78261:*

- измерение напряжения постоянного тока: от 0 до 1000 В, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,0035 % от измеренного значения + 0,0005 % от диапазона);

- измерение напряжения переменного тока: от 1 до 750 В, от 10 кГц до 20 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,06 % от измеренного значения + 0,03 % от диапазона); от 1 до 750 В, 20 кГц до 50 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,12 % от измеренного значения + 0,05 % от диапазона);

- измерение силы постоянного тока: от 0 до 100 мА, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,05 % от измеренного значения + 0,005 % от диапазона); от 0 до 10 А, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,15 % от измеренного значения + 0,008 % от диапазона);

- измерение силы переменного тока: от 0 до 100 мА, от 10 Гц до 5 кГц, пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm$  (0,1 % от измеренного значения + 0,04 % от диапазона); от 0 до 10 А, от 0 до 10 А, пределы допускаемой относи-

тельной погрешности  $\pm (0,15 \%$  от измеренного  $+ 0,06 \%$  от диапазона);

– измерение сопротивления:  $\pm (0,01 \%$  от измеренного значения  $+ 0,001 \%$  от диапазона);

5. Калибратор времени отключения УЗО ERS-2: от 10 мс до 190 мс: пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm (0,2 \%$  от измеренного значения  $+ 0,2 \text{ мс})$ ; от 200 мс до 900 мс: пределы допускаемой относительной погрешности  $\pm (0,5 \%$  от измеренного значения  $+ 0,2 \text{ мс})$ .

Основным недостатком данного рабочего места является то, что используемое оборудование было изготовлено разными изготовителями и, как следствие, сложно провести полноценную автоматизацию выполняемых работ. Такой недостаток несет ряд негативных последствий, таких как: высокая трудоемкость выполняемых работ, в связи с чем повышается стоимость оказания услуги, высокая вероятность ошибки метролога, ввиду необходимости сборки большого количества измерительных схем, что может привести к повреждению как эталонного оборудования, так и оборудования заказчика.

Для устранения этих недостатков рабочее место было дооснащено многофункциональным калибратором Fluke 5320A Multifunction Electrical Tester Calibrator, который является точным и гибким инструментом для эффективной калибровки и проверки тестеров электробезопасности. Калибратор 5320A объединяет множество функций в одном корпусе, благодаря чему можно отказаться от отдельных резисторов, декадных магазинов и других эталонных приборов, часто используемых для калибровки электрических тестеров. Эта единая система ускоряет и упрощает калибровку, поскольку вместо нескольких приборов пользователям нужно научиться использовать и обслуживать только один калибратор. Несмотря на то что автоматизация нескольких тестеров является сложной задачей, программное обеспечение для проведения калибровок MET/CAL® позволяет выполнять автоматизацию прибора 5320A, что еще больше повышает его скорость и работоспособность.

Данный калибратор позволяет проводить метрологический контроль: тестеры сопротивления изоляции, тестеры тока утечки, многофункциональные тестеры электроустановок, портативные тестеры электроприборов (РАТ), тестеры целостности цепи и тестеры сопротивления заземления; тестеры импеданса контура/линии и тестеры сопротивления заземляющего соединения; тестеры устройств защитного отключения (УЗО) и защитных устройств при замыкании на землю, а также тестеры Hipot.

Достоинства многофункционального калибратора Fluke 5320A:

– для метрологического контроля тестеров сопротивления изоляции до 1 кВ можно выбрать

широкий диапазон плавно регулируемых значений сопротивления от 10 кОм до 10 ГОм с разрешением 4,5 разряда, а также отдельное значение 100 ГОм;

– для метрологического контроля тестеров сопротивления изоляции 5 кВ можно использовать внешний адаптер, который будет функционировать как делитель напряжения 1 000 : 1 до 10 кВ, так и умножитель сопротивления  $\times 1 000$  до 10 ТОм;

– входящий в комплект делитель 10 кВ позволяет измерять параметры измерителей до напряжения 10 кВ с более высокой точностью по сравнению с датчиком 40 кВ, что обеспечивает соотношение 4:1, необходимого для данного вида измерений;

– для метрологического контроля низкоомных тестеров калибратор Fluke 5320A воспроизводит сопротивление в диапазоне от 100 мОм до 10 кОм с разрешением 3,5 разряда. Имеет возможность выбора между 2-проводным и 4-проводным режимами измерения сопротивления;

– тестеры тока утечки имитируют ток утечки для методов постоянного тока утечки, тока прикосновения, дифференциального и имитационного тока утечки с разрешением 10 мкА в диапазоне от 0,1 до 30 мА;

– оснащен 16 мощными высоковольтными резисторами, повышающими сопротивление контура или линии на известную величину. В режиме сканирования сопротивление контура определяется автоматически, а в режиме активной компенсации контура компенсируется любой остаточный импеданс контура или линии.

– имитирует автоматический выключатель (УЗО/ GFCI) для проверки и калибровки тока и времени размыкания без размыкания автоматических выключателей установки;

– для метрологического контроля тестеров Hipot калибратор имеет встроенный измеритель, который определяет напряжение и силу тока для напряжений до 5 кВ, определяет коэффициент пульсации и общее гармоническое искажение (THD) Hipot тестеров.

– является универсальной заменой оборудования, входящего в состав рабочего места

В работе рассматриваются результаты исследования эффективности выполнения метрологического контроля измерителей параметров электробезопасности. С целью улучшения характеристик рабочего места и дальнейшей автоматизации поверочных и калибровочных работ проводится его модернизация. В работе представлены возможные способы ее реализации. Полученные результаты позволяют подтвердить целесообразность замены применяемых рабочих эталонов.