

Метрологическое обеспечение электронных аналоговых измерительных трансформаторов и совместимых с ними счетчиков электроэнергии

Тенденция к обновлению ключевых классических средств измерения (СИ) электроэнергетических величин, таких как измерительные трансформаторы (масштабные преобразователи тока и напряжения) и счетчики электроэнергии, обусловлена внедрением современных технологий, отвечающих потребностям электроэнергетики. Это влечет за собой необходимость модернизации эталонной базы и методик поверки для обслуживания нового поколения СИ.

Предлагаемые ниже технические решения метрологического оборудования наряду с другими альтернативными разработками дают возможность промышленности выпускать рабочие СИ и обеспечивать его обслуживание сервисными службами в процессе всего жизненного цикла.

Производство и эксплуатация электронных измерительных трансформаторов или маломощных трансформаторов регламентируется ГОСТ Р МЭК 60044-7 и ГОСТ Р МЭК 60044-8, а электронных счетчиков электроэнергии или ЭлТА-счетчиков, совместимых с ними, — ГОСТ Р 56750–2015.

Электронные измерительные трансформаторы могут, в свою очередь, иметь как аналоговые, так и цифровые выходные сигналы или интерфейсы, регламентируемые стандартами МЭК 61869-6, МЭК 61869-10, МЭК 61869-11, МЭК 61869-12 (для аналоговых электронных трансформаторов).

Несмотря на повышенный интерес к цифровым измерительным трансформаторам, стоит заметить, что аналоговые маломощные трансформаторы (рис. 1) имеют ряд существенных преимуществ и, соответственно, перспективы применения на рынке электроэнергетики. Одним из факторов, ограничивающих широкое применение маломощных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков (рис. 2), является отсутствие удобного в эксплуатации и приемлемого по стоимости метрологического оборудования для поверки/калибровки данных СИ.



Рис. 1

Образцы поверяемых электронных комбинированных трансформаторов тока и напряжения



Рис. 2

Образцы ЭлТА-счетчиков

Традиционные эталонные средства нельзя напрямую применить для поверки электронных маломощных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков, так как диапазон рабочих сигналов электронных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков составляет $0,1 \text{ мВ} \div 10 \text{ В}$, в то время как типовые номинальные рабочие значения сигналов для классических трансформаторов и счетчиков – 1 А, 5 А, 100 В, 220 В.

Поэтому потребовалось разработать эталонные средства для работы в диапазоне значений электронных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков и методы их применения для выполнения процедур поверки/калибровки.

При этом была поставлена задача оставить по возможности компоненты поверочных установок, применяемые при поверке классических трансформаторов и счетчиков, которые в большом количестве имеются в составе метрологических лабораторий. Это, например, эталонные трансформаторы, источники тока и напряжения и эталонные счетчики электроэнергии.

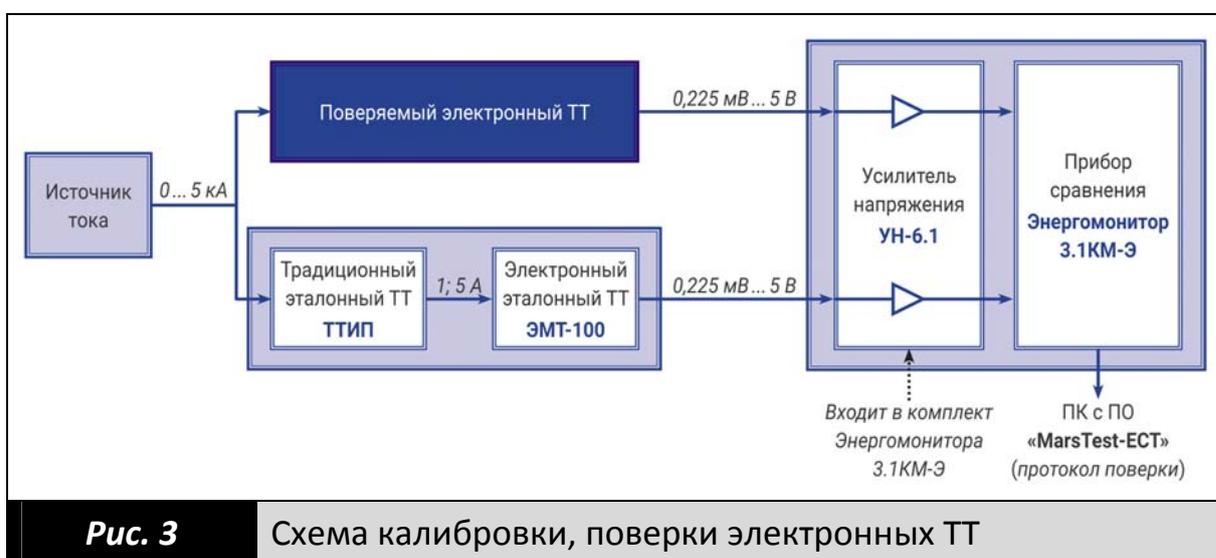
Таким образом, был разработан комплект оборудования для поверки/калибровки СИ измерительного канала, состоящего из электронных маломощных трансформаторов и совместимых с ними счетчиков электро-

энергии, с максимальным применением компонентов классических поверочных установок.

Рассмотрим подробнее блок-схемы и методы поверки/калибровки мало-мощных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков и предлагаемые для этого технические решения.

Поверочная установка для электронных ИТТ

Предназначена для поверки и калибровки в лаборатории электронных измерительных трансформаторов тока до 5 кА (в том числе комбинированных), выпускаемых по ГОСТ Р МЭК 60044-8 (рис. 3).



Поверочная установка для электронных ИТН

Предназначена для поверки и калибровки в лаборатории электронных измерительных трансформаторов напряжения классов напряжения от 6 до 330 кВ (в том числе комбинированных), выпускаемых по ГОСТ Р МЭК 60044-7 (рис. 4).



Рис. 4

Схема калибровки, поверки электронных ТН

Приведенные выше схемы поверки электронных ИТТ, ИТН в отличие от схем поверки классических трансформаторов содержат лишь два новых устройства: эталонный электронный ТТ ЭМТ-100 и эталонный делитель напряжения ЭДН-500. Метод поверки заключается в сравнении или компарировании двух сигналов от эталонного и поверяемого трансформаторов с определением модульной и угловой погрешностей последнего.

Функция электронного трансформатора заключается в преобразовании тока от классического эталонного ТТ с $I_n = 1 \text{ A}, 5 \text{ A}$ в выходное напряжение в диапазоне от 1 мВ до 10 В. Соответственно функция электронного делителя напряжения заключается в преобразовании высокого напряжения от классического ТН в низкое, соответствующее диапазону электронных трансформаторов.

Данные схемы поверки имеют как достоинства, так и недостатки. Они приемлемы для лабораторных условий поверки, но их затруднительно применять на местах эксплуатации в переносном исполнении ввиду большого количества блоков.

Для эффективного проведения поверки/калибровки трансформаторов на местах эксплуатации разработан эталонный компаратор «МарсКомп К-1000» (рис. 5).



Рис. 5

Эталонный компаратор «МарсКомп К-1000»

Этот многофункциональный прибор имеет следующий ряд преимуществ:

- в одном приборе реализованы 2 функции — поверка как трансформаторов напряжения (в том числе традиционных), так и трансформаторов тока;
- в качестве эталонных трансформаторов можно применять традиционные трансформаторы с выходами тока 1 А, 5 А и напряжения 100 В, 100/√3 В.

Многофункциональность прибора достигнута путем размещения в одном устройстве следующих блоков: электронного трансформатора тока, электронных делителей напряжения в виде программируемых измерительных усилителей и аналого-цифрового компаратора (рис. 6).

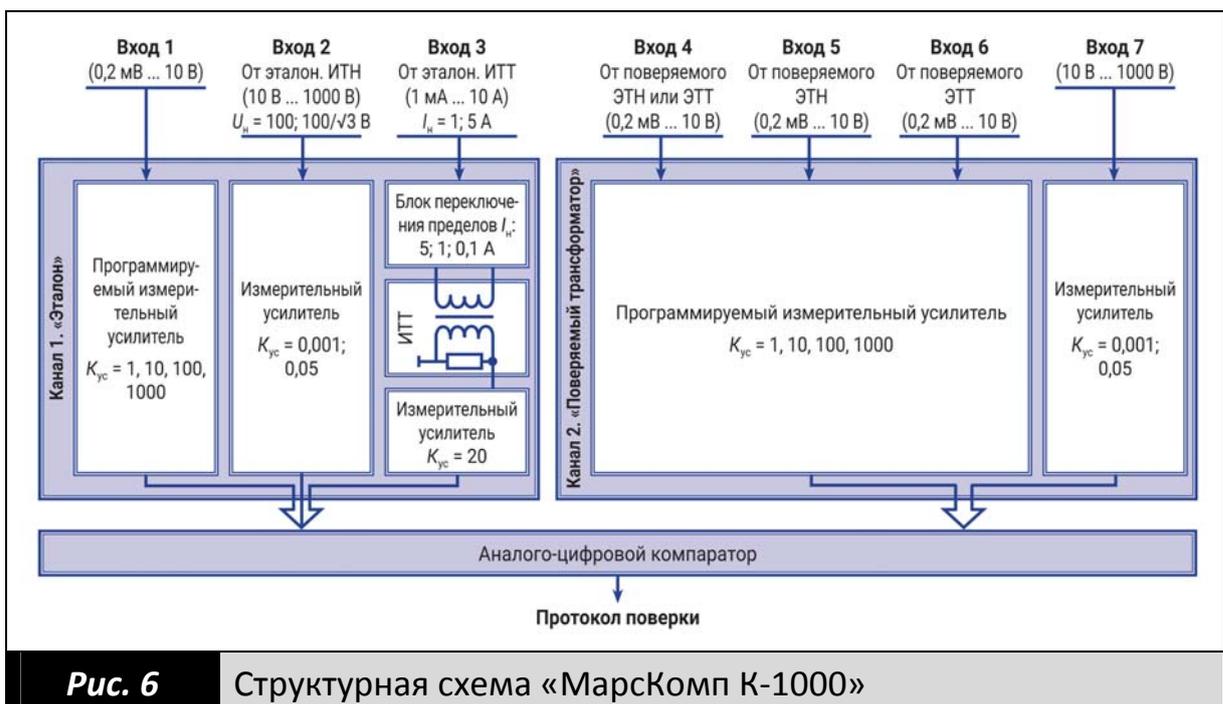


Рис. 6

Структурная схема «МарсКомп К-1000»

Назначение прибора:

1. Калибровка и поверка (определение модульных и угловых погрешностей):

- маломощных датчиков напряжения (электронных трансформаторов ЭТН) с выходным сигналом в виде напряжения переменного тока в диапазоне от 20 мВ до 8 В, выпускаемых по ГОСТ 60044-7;
- маломощных датчиков тока (электронных трансформаторов ЭТТ) с выходным сигналом в виде напряжения переменного тока в диапазоне от 20 мВ до 8 В, выпускаемых по ГОСТ 60044-8;
- традиционных измерительных трансформаторов напряжения (ИТН);
- делителей напряжения, измерительных масштабных преобразователей напряжения.

2. Исследование фазо- и амплитудночастотных характеристик измерительных трансформаторов напряжения при подаче гармонических сигналов напряжения от 0,3 до 50 порядка (от 15 до 2500 Гц) в диапазоне вторичного напряжения ТН от 0,08 до 840 В, а также сигналов сложной формы.

Схема поверки электронных трансформаторов тока и напряжения приведена на рис. 7.

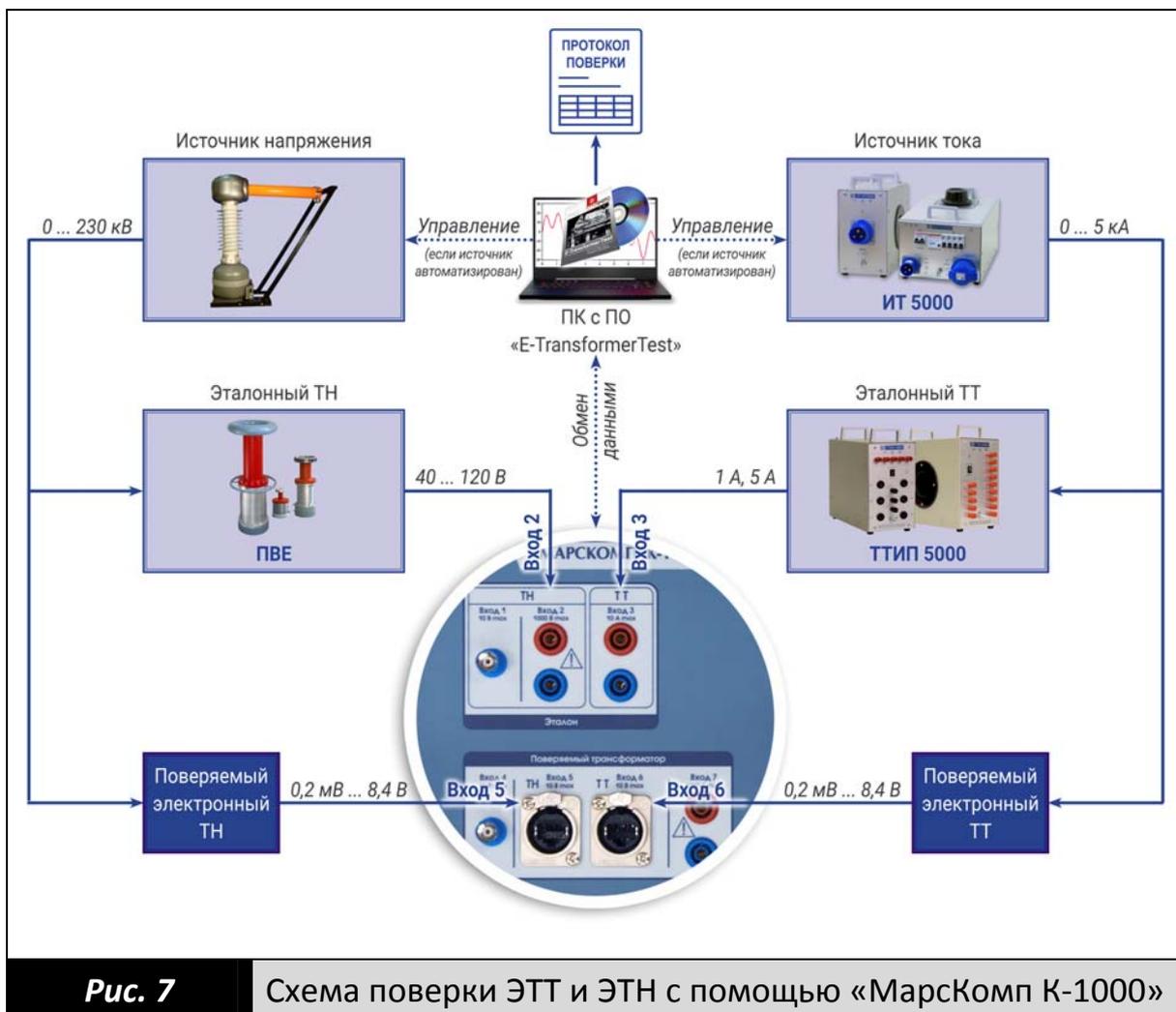


Рис. 7

Схема поверки ЭТТ и ЭТН с помощью «МарсКомп К-1000»

Как мы видим, в состав поверочной установки входят источники и эталонные трансформаторы тока и напряжения.

Процедура поверки с формированием протокола может проходить в автоматическом режиме под управлением программного обеспечения «E-TransformerTest» при условии автоматизации источников тока и напряжения.

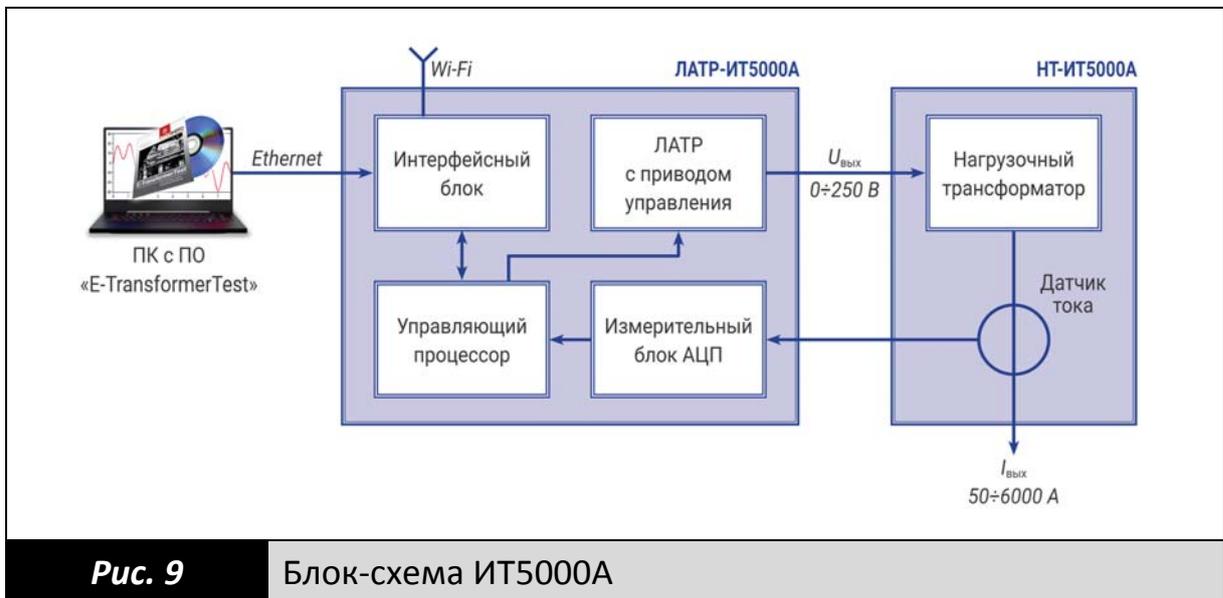
Работы по автоматизации существующих источников проводятся в рамках создания поверочной установки в целом. В частности, уже разработан и изготовлен прототип автоматизированного источника тока ИТ5000А (рис. 8) для работы в составе поверочной установки.

ИТ5000А – источник тока в составе поверочной установки для поверки/калибровки классических и электронных измерительных трансформаторов тока (масштабных преобразователей тока), выпускаемых по ГОСТ 60044-8 и ГОСТ 60044-1. Имеется модификация со встроенным датчиком тока для измерения выходного тока в диапазоне от 50 до 6000 А с частотой питающей сети 50 Гц, 60 Гц. Установка значения выходного тока осуществляется автоматически под управлением ПО «E-TransformerTest» (рис. 9).



Рис. 8

ИТ5000А



Процедура поверки электронных трансформаторов даже проще, чем классических, так как нет необходимости в магазине нагрузки и его переключениях. Это существенно сокращает время поверки и упрощает ее автоматизацию.

Решая задачу поверки электронных трансформаторов, не следует забывать про метрологическое обеспечение ЭлТА-счетчиков, совместимых с ними. При разговоре с одним из представителей компании-производителя электронных трансформаторов, он посетовал на малое количество выпускаемых ЭлТА-счетчиков (не более 1 %) от классических в настоящее время. Это ограничивает применение электронных трансформаторов для целей учета электроэнергии. Поэтому была разработана поверочная установка для автоматизированной процедуры поверки/калибровки ЭлТА-счетчиков «УППУ-МЭ 3.1КМ-Э» (рис. 10).



В отличие от установки для поверки традиционных электросчетчиков, диапазон входных/выходных сигналов смещен в область $1 \text{ мВ} \div 10 \text{ В}$ как для источника сигнала, так и для эталонного счетчика. Параметры измеряемого тока передаются в виде напряжения в вышеназванном диапазоне, имитируя выходные сигналы от электронного трансформатора тока.

Метод поверки с применением эталонного счетчика является классическим и состоит в следующем (рис. 11):

1. Сигналы от источника одновременно подаются на эталонный и поверяемый счетчики.
2. Измеренные или вычисленные значения электроэнергетических величин (энергии, мощности, показателей качества электроэнергии и т. д.) от поверяемого и эталонного счетчиков обрабатываются с помощью ПО «Энергоформа УППУ-Э» с формированием протокола поверки. При этом значения энергии, мощности передаются от эталонного и поверяемого счетчиков в виде частоты в реальном масштабе времени на калькулятор погрешности ПТНЧ-М, где и производится расчет погрешности поверяемого счетчика.

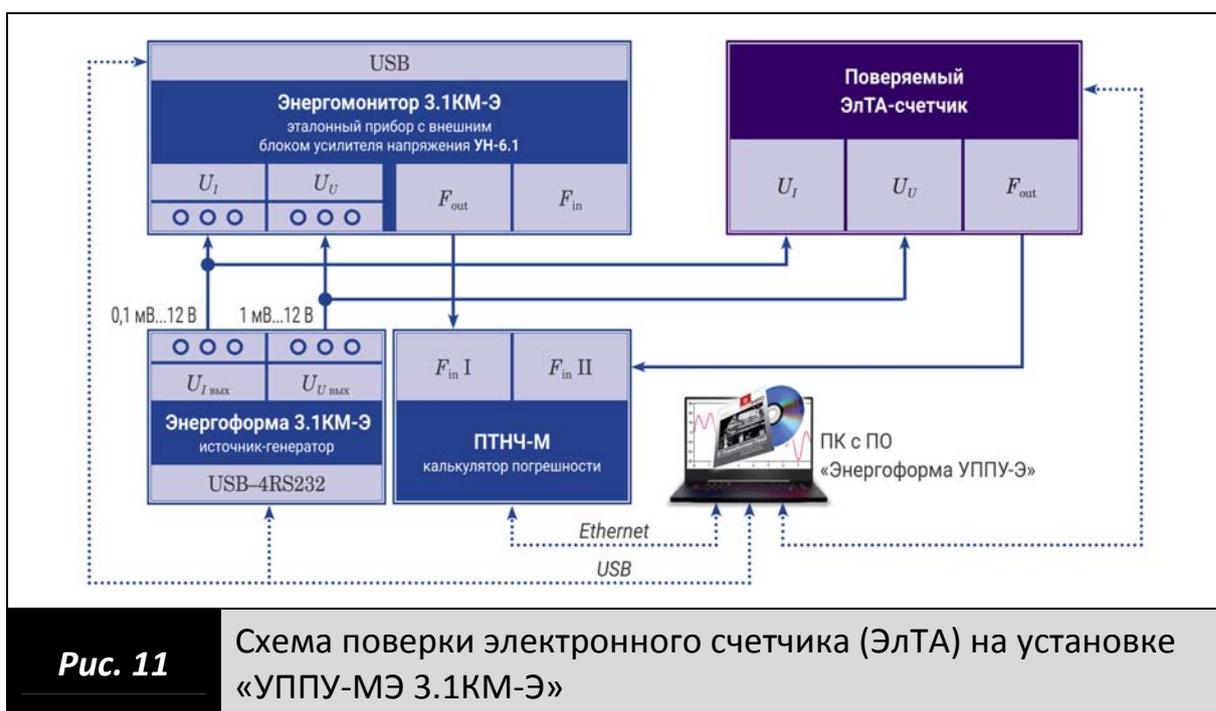


Рис. 11

Схема поверки электронного счетчика (ЭлТА) на установке «УППУ-МЭ 3.1КМ-Э»

Назначение установки: калибровка, поверка электронных счетчиков электроэнергии, выпускаемых по ГОСТ Р 56750-2015 (ЭлТА), классов точности 0,2S и менее точных.

Потребители: предприятия, выпускающие электронные счетчики, органы Росстандарта, метрологические лаборатории.

Одно из интересных преимуществ исполнения эталонного счетчика в этой установке – это включение в состав основных гармоник частоты 400 Гц помимо традиционных частот 50 Гц, 60 Гц. Это позволяет поверять/калибровать бортовые электроизмерительные приборы. Установка может выпускаться как в лабораторном, так и в переносном (мобильном) исполнении (рис. 12).



Вывод

Учитывая, что межповерочный интервал для электронных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков составляет, как правило, не менее 8 лет, эксплуатирующие организации не сильно озадачены проблемами периодической поверки в настоящее время. Но вышеназванные рабочие СИ стали активно устанавливаться с 2016 г. на объектах энергосистемы и ПАО «Россети» в частности. Поэтому время на разработку, выпуск эталонных СИ и обучение специалистов по работе с ними ограничено сроком не более 5 лет. Этого времени достаточно для оснащения метрологических служб поверочными установками и методиками поверки для метрологического обслуживания электронных трансформаторов и ЭлТА-счетчиков в процессе их жизненного цикла.