

измеряет действительное значение каждой ступени декады ММЭС (с учетом начального сопротивления). Затем программа рассчитывает абсолютную погрешность  $i$ -ой ступени  $n$ -ой декады по формуле

$$\Delta_{in} = R_n - (R_{изм} - R_0), \text{ Ом} \quad (1)$$

где  $R_n$  – номинальное значение сопротивления  $i$ -ой ступени  $n$ -ой декады;  $R_{изм}$  – измеренное значение сопротивления;  $R_0$  – начальное значение сопротивления ММЭС измеренное на первом этапе.



Рисунок 4 – Фотография автоматизированного рабочего места поверителя при поверке ММЭС

Нестабильность ММЭС за год определяется на третьем этапе путем сравнения действительных значений сопротивлений, полученных при данной и предыдущей поверках.

Программа позволяет сравнивать полученные результаты абсолютной погрешности ММЭС и нестабильности ММЭС с допускаемыми значениями, хранящимися в базе данных, что

исключает ошибку при анализе полученных результатов.

По окончании всех измерений на основе полученных данных программа позволяет сформировать протокол поверки, свидетельство о поверке или заключение о непригодности.

Фотография автоматизированного рабочего места поверителя при поверке ММЭС представлена на рисунке 4.

Таким образом, в результате автоматизации были выполнены все поставленные выше цель и задачи. Из рассмотренного способа автоматизации рабочего места можно сделать следующие выводы, что автоматизация поверки мер электрического сопротивления обеспечивает:

- простоту и удобство при проведении измерений для поверителя;
- компактность размещения;
- легкость формирования полученных данных в протокол поверки, свидетельство о поверке и заключение непригодности;
- хранение в памяти исходных данных о всех типах поверяемых ММЭС;
- упрощение организации технического обслуживания.

В дальнейшем планируется расширить автоматизацию данного рабочего места поверителя для выполнения поверки мостов и потенциометров постоянного тока.

1. Ревин, В.Т. Автоматизация метрологических работ / Ревин В.Т. – Минск: БГУИР, 2011. – 64 с.
2. Поверка средств измерений электрических величин / Е.А. Казакова [и др]; под ред. В.Л. Гуревич, О.П. Реут. – Минск: БелГИМ, 2017. – 223 с.

УДК 621.317.723.037.372.082(045)(476)

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОВЕРКИ ЦИФРОВЫХ МУЛЬТИМЕТРОВ

**В.В. Силч**

*Белорусский государственный институт метрологии  
Минск, Республика Беларусь*

Проблема конкурентоспособности фирм, отраслей, стран — одна из наиболее актуальных и динамичных в мировой экономике. Беларусь придает этой области приоритетное значение. Завоевание подобающего места в мировой экономике в современных условиях необходимо для обеспечения устойчивого развития страны, роста благосостояния ее граждан, расширения взаимовыгодного сотрудничества в мире.

Проблема повышения качества продукции в Беларуси на сегодняшний день относится к перечню наиболее актуальных.

Чтобы быть конкурентоспособными, вести успешную экономическую деятельность и повышать уровень удовлетворенности потребителей, предприятиям необходимо использовать резуль-

тативные системы качества. Важнейшим структурным элементом обеспечения качества на предприятии является метрологическая служба – служба, несущая ответственность за метрологическое обеспечение измерений при разработке, изготовлении, испытаниях и эксплуатации продукции и иной деятельности. Профессия метролога связана с выполнением значительного объема рутинных операций по документированию всех действий, производимых над средствами измерений и их автоматизацией на всех этапах жизненного цикла. В связи с этим, в метрологических службах предприятий необходимо осуществлять внедрение современных методов и средств автоматизации, которые позволят уменьшить трудозатраты и увеличить

производительность труда сотрудников предприятий.

Ключевой возможностью улучшения качества услуг лаборатории, увеличения пропускной способности, является автоматизация. Автоматизация процесса поверки дает много преимуществ техническим специалистам: повышается производительность труда, достоверность измерений, а также облегчается процесс документального оформления свидетельств и протоколов по проведенным измерениям. Также облегчается создание отчетов и ведение статистического учета занятости технического персонала. Кроме этого, использование программного обеспечения для управления процессом поверки обеспечивает учет средств измерения, хранение результатов поверки и всех средств измерения когда-либо находящихся в данной метрологической службе, отслеживать средства измерения, у которых истек или истекает межповерочный интервал, а также проводить анализ информации по средствам поверки и в составлении отчетов по этой информации.

Так как в основе деятельности лаборатории лежат процессы поверки, об их автоматизации стоит задумываться в первую очередь. Итак, внедрение автоматизации рабочих мест в современной лаборатории продиктована рядом факторов:

- высокая сложность ряда методик поверок;
- сложность современных СИ;
- большая трудоемкость при поверке;
- увеличивающиеся объемы на предприятиях приводят к перегрузке лабораторий.

Так же процессу автоматизации способствует обновление парка средств измерений, большинство приборов поддерживают управление по интерфейсу.

Некоторые сложности на пути внедрения автоматизации рабочих мест:

- Не все лаборатории обладают современным эталонным оборудованием с интерфейсом управления.
- Широкий перечень поверяемых СИ, поступающих в лабораторию.

Рассмотрим автоматизацию процесса поверки мультиметров на рабочем месте более подробно.

Аппаратно-программный комплекс MultiTess (далее АПК MultiTess) – комплексное решение для полностью автоматизированной поверки мультиметров. АПК MultiTess управляет калибраторами Fluke, Transmille и считывает показания мультиметра с использованием инновационных технологий машинного зрения или с помощью интерфейса (MVS Express Interfaca Edition – ПО «Поверитель по интерфейсу»).

АПК MultiTess разработан специально для рынка СНГ и учитывает все особенности национальных методик поверки мультиметров. Основным критерием при разработке являлось простота использования поверителем и невозможность влияния на результат.

Выполняемые функции ПО АПК, с которым будет работать поверитель:

- управление калибраторами Fluke и Transmille по интерфейсам GPIB, RS232 и USB;
- считывание результатов с экрана мультиметра произвольного размера и с любым количеством символов;
- загрузка скриптов поверки и расчет допускаемой основной погрешности для точек поверки;
- поверка каждой точки на соответствие допускаемой погрешности;
- формирование отчета с таблицами результатов по каждому параметру, дополнительной информацией и итоговому заключению о соответствии;

В ПО реализованы уникальные алгоритмы машинного зрения. Оно точно устанавливает момент, когда показания мультиметра установились, затем производит выборку и рассчитывает медианное значение. Большинство ПО для автоматизации измерительных процессов считывает одно показание через фиксированное время, что затягивает процесс в целом и снижает достоверность считанной информации в случае нестабильности показаний. В цифровых мультиметрах измерение напряжения происходит очень быстро, а измерение большого сопротивления очень медленно. Разработанный алгоритм работает как человеческий мозг: оценивается скорость изменения процесса, подбирается размер плавающего окна для анализа и ожидается, пока скорость процесса прекратит изменяться. Алгоритмы машинного зрения позволяют интерпретировать показания мультиметров с «сильно загрязненными» экранами с высочайшей точностью.

Простой интерфейс пользователя АПК MultiTess позволяет быстро произвести основные настройки и запустить поверку.

Рассмотрим поверку цифровых мультиметров подробнее.

Для начала подключаем мультиметр к калибратору (Fluke, Transmille), загружаем скрипт поверки (текстовый файл, содержащий точки поверки, допуски диапазоны и др.), Вносим всю необходимую информацию по поверяемому средству измерения (в данном случае по цифровому мультиметру). Нажимаем «СТАРТ» и следуем инструкциям ПО (переключение диапазонов на мультиметре, изменение электрической схемы поверки).

По завершении процедуры поверки будет составлен и сохранен протокол поверки в

форматах Word и/или PDF. Протоколы формируются на основе шаблонов в формате Word и пользователь может очень просто менять, добавлять любую информацию в шаблон. По окончании каждой поверки, выполненной с положительным результатом, связанные с ней данные хранятся в соответствующей базе данных. Пользователь имеет подробную документированную информацию о статусе поверки, ее истории.

АПК MultiTess поддерживает работу с мультиметрами как с автоматическим, так и с ручным переключением диапазонов.

Концепция АПК MultiTess позволяет исключить возможность влияния поверителем на настройки и поведение ПО. Пользователю-поверителю доступны только базовые настройки, не влияющие на результаты, так же имеется возможность смены пароля.

АПК MultiTess позволяет автоматизировать

- бюро приемки
- управление лабораторией
- контроль выполнения работ
- учет рабочего времени
- анализ деятельности загруженности
- рабочие места по поверке СИ и испытаниям оборудования
- составление протоколов и свидетельств

- учет рабочих мест, СИ  
 - документооборот и хранение протоколов  
 - учет образцов/СИ и выполненных работ  
 Поверяемые параметры для мультиметров представлены в виде:

- Постоянное/переменное напряжение
- Постоянный/переменный ток
- Сопротивление
- Емкость
- Индуктивность
- Частота
- Температура

Подводя итог, рассмотрим преимущества использования автоматизированной поверки цифровых мультиметров:

- Значительное увеличение скорости поверки
- Электронное формирование и хранение протоколов
- Полное соблюдение методики поверки и объективность результатов измерений
- Уменьшение сроков окупаемости эталонов/СИ
- Возможность подключения к метрологической базе данных для обеспечения комплексной автоматизации в лаборатории.

УДК 006.91

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ОТБОРА ПРОБ ПРИ ОЦЕНИВАНИИ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ В ИЗМЕРЕНИЯХ

Клевитская Е.Д.<sup>1</sup>, Демидов И.В.<sup>2</sup>, Савкова Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный центр аккредитации  
Минск, Республика Беларусь

В аналитической химии измерение подразумевает чаще всего процесс отбора и подготовки проб. Анализ пробы, отобранной некорректно, обязательно приведет к принятию на его основе неверных решений. Часто отбор проб производят не сотрудники лаборатории, что несет за собой потерю информации о процессе отбора. Существуют два основных подхода к оцениванию неопределённости, связанной с отбором проб: эмпирический и модельный.

Основной принцип эмпирического подхода – определение оценок правильности и прецизионности. Существуют пять способов его реализации: метод двойных проб, метод разных схем, метод совместных исследований, проверка квалификации при отборе проб и вариографический метод. Все они сводятся к тому, что производится многократный отбор проб и анализ при разных условиях, что учитывает варьирование влияющих факторов. Статистическая модель для описания соотношения между истинным и одним

измеренным значением концентрации аналита в одной пробе (составной или одиночной) выглядит следующим образом:

$$x = X_{true} + \varepsilon_{sampling} + \varepsilon_{analysis}, \quad (1)$$

где  $X_{true}$  – истинное значение концентрации аналита в целевом объекте [1],  $\varepsilon_{sampling}$  – суммарная погрешность, обусловленная отбором пробы,  $\varepsilon_{analysis}$  – суммарная погрешность анализа.

Дисперсия результата измерения для единичного целевого объекта, если источники дисперсии независимы, описывается уравнением:

$$\sigma_{meas}^2 = \sigma_{sampling}^2 + \sigma_{analysis}^2, \quad (2)$$

где  $\sigma_{sampling}^2$  – дисперсия между пробами из одного целевого объекта (в большей мере обусловленная неоднородностью аналита),  $\sigma_{analysis}^2$  – дисперсия результатов анализа одной пробы.

Если для аппроксимации использовать статистические оценки дисперсии  $s^2$  получаем