

УДК 621.317.7.089.68
doi:10.21685/2307-5538-2022-4-4

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОВЕРКИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

А. С. Ильин¹, И. М. Рыбаков², А. В. Лысенко³, Н. К. Юрков⁴

¹ Научно-исследовательский институт электронно-механических приборов, Пенза, Россия
^{1,2,3,4} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ aalexeiil@mail.ru, ² rybakov_im@mail.ru, ³ lysenko_av@bk.ru, ⁴ yurkov_NK@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Актуальность информационно-измерительной системы (ИИС) поверки киловольтметров с автоматизированным режимом работы определяется необходимостью в короткий срок проводить поверку большого объема первичных высоковольтных преобразователей и средств измерения (СИ) высокого напряжения, используемых в автоматических системах контроля высокого напряжения. Целью работы является ознакомление с современным состоянием и новой автоматизированной ИИС поверки киловольтметров. *Материалы и методы.* Метод сличения с образцовым СИ. *Результаты.* Приведен обзор различных ИИС поверки и программного обеспечения. Предложена современная автоматизированная ИИС поверки киловольтметров. *Выводы.* Обзор позволил выделить преимущество перед имеющимися системами новой ИИС поверки киловольтметров, позволяющей оперативно работать с высоковольтными СИ.

Ключевые слова: высокое напряжение, поверка, измерительная система, программное обеспечение, автоматизация

Финансирование: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20318, <https://rscf.ru/project/22-29-20318>

Для цитирования: Ильин А. С., Рыбаков И. М., Лысенко А. В., Юрков Н. К. Современное состояние информационно-измерительных систем поверки преобразователей высокого напряжения // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2022. № 4. С. 31–36. doi:10.21685/2307-5538-2022-4-4

THE PRESENT STATE OF THE INFORMATION-MEASURING SYSTEMS FOR CHECKING HIGH VOLTAGE CONVERTERS

A.S. Ilin¹, I.M. Rybakov², A.V. Lysenko³, N.K. Yurkov⁴

¹ Scientific Research Institute of Electronic and Mechanical Devices, Penza, Russia
^{1,2,3,4} Penza State University, Penza, Russia

¹ aalexeiil@mail.ru, ² rybakov_im@mail.ru, ³ lysenko_av@bk.ru, ⁴ yurkov_NK@mail.ru

Abstract. *Background.* The relevance of the information-measuring system (IMS) for verification of kilovoltmeters with an automated mode of operation is determined by the need to quickly verify a large volume of primary high-voltage converters and high-voltage measuring instruments (SI) used in automatic high-voltage control systems. The purpose of the work is to familiarize with the current state and the new automated IMS for checking kilovoltmeters. *Materials and methods.* Method of comparison with exemplary SI. *Results.* An overview of various verification IMS and software (SW) is given. A modern automated IMS for checking kilovoltmeters is proposed. *Conclusions.* The review made it possible to single out the advantage over the existing systems of the new IMS for checking kilovoltmeters, which makes it possible to work quickly with high-voltage measuring instruments.

Keywords: high voltage, verification, measuring system, software, automation

Acknowledgements: the research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 22-29-20318, <https://rscf.ru/project/22-29-20318>

For citation: Ilin A.S., Rybakov I.M., Lysenko A.V., Yurkov N.K. The present state of the information-measuring systems for checking high voltage converters. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control.* 2022;(4):31–36. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2022-4-4

Развитие таких разнообразных областей, как наука, промышленность, здравоохранение, аналитическое приборостроение, полупроводниковая промышленность, телекоммуникации, контроль и безопасность, не обходится без применения высоких напряжений. Рост объема первичных высоковольтных преобразователей и СИ, используемых в автоматических системах контроля высокого напряжения, вызывает необходимость быстрого процесса их поверки [1]. Для поверки высоковольтных СИ применяются специальные ИИС поверки киловольтметров. Увеличение скорости поверки может быть достигнуто автоматизацией режима работы, благодаря имеющимся в высоковольтных СИ интерфейсов для коммутации с различными системами управления и контроля (например, встроенный в вольтметр В7-40 интерфейс позволяет использовать его в составе автоматизированных ИИС).

Существующие установки поверки и калибровки киловольтметров УПК-100 и У-400 своими характеристиками удовлетворяют необходимую потребность [2]. Однако имеющийся ручной режим требует большое количество операций и длительный процесс поверки и не позволяет работать с большим количеством высоковольтных СИ в короткие сроки. Кроме того, ручной режим ввиду отсутствия синхронизации процесса работы вносит погрешность измерения, именуемую как погрешность оператора.

Ускорить процесс поверки позволяет специальное ПО, автоматически выполняющее множество операций и имеющее синхронизацию измерений.

Так, программное обеспечение (ПО) UNITESS APM (рис. 1) предназначено для поверки и калибровки киловольтметров и измерительных систем высокого напряжения с возможностью подключения персонального компьютера (ПК) к оборудованию посредством любого из стандартных интерфейсов [3].

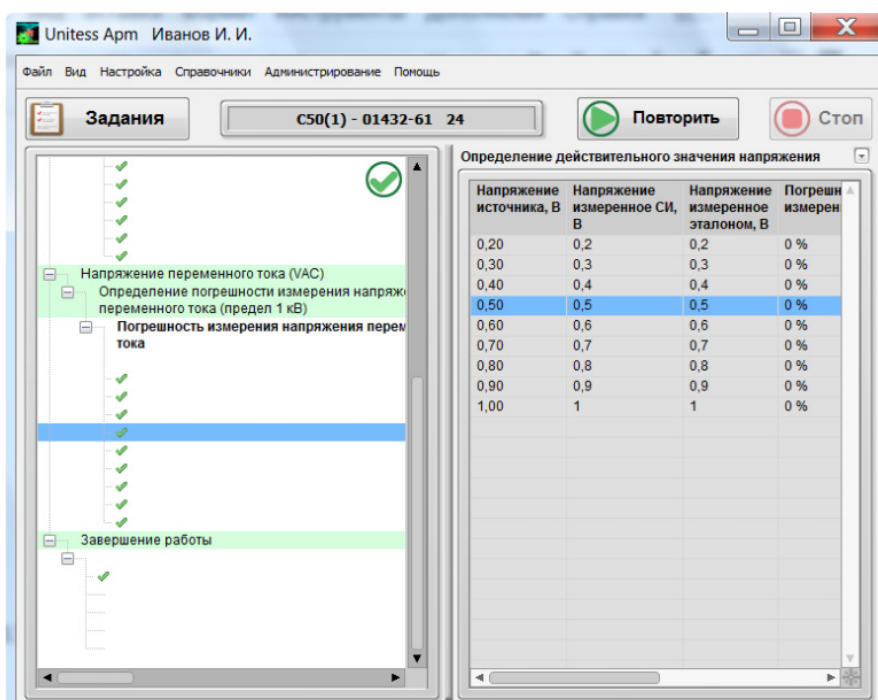


Рис. 1. Внешний вид рабочего окна программы UNITESS APM

Алгоритм работы, соответствующий определенной методике поверки, управляет приборами. Согласно программе, источник подает на вход эталона и СИ электрические сигналы с определенными параметрами. Оператор считывает показания средства измерения и вводит их в диалоговом режиме.

Для осуществления автоматизации АРМ выполняет математические расчеты. ПО АРМ выполняет проверку на соответствие допустимым предельным значениям. Результаты поверки отображаются в специальном блоке рабочей программы. Оформление протокола поверки/калибровки киловольтметров и измерительных систем высокого напряжения осуществляется в диалоговом режиме.

Объединение аппаратной и программной части представлено в известном комплексе средств поверки цифровых электронных трансформаторов тока и напряжения КЭТ-61850, производства фирмы ООО «НПП Марс-Энерго» (г. С.-Петербург). Комплекс предназначен для калибровки и поверки электронных трансформаторов напряжения с применением ПО [4].

Комплекс представляет систему с источником высокого напряжения, образцовым, поверяемым оборудованием и ПК. На рис. 2 изображена схема соединений КЭТ-61850.

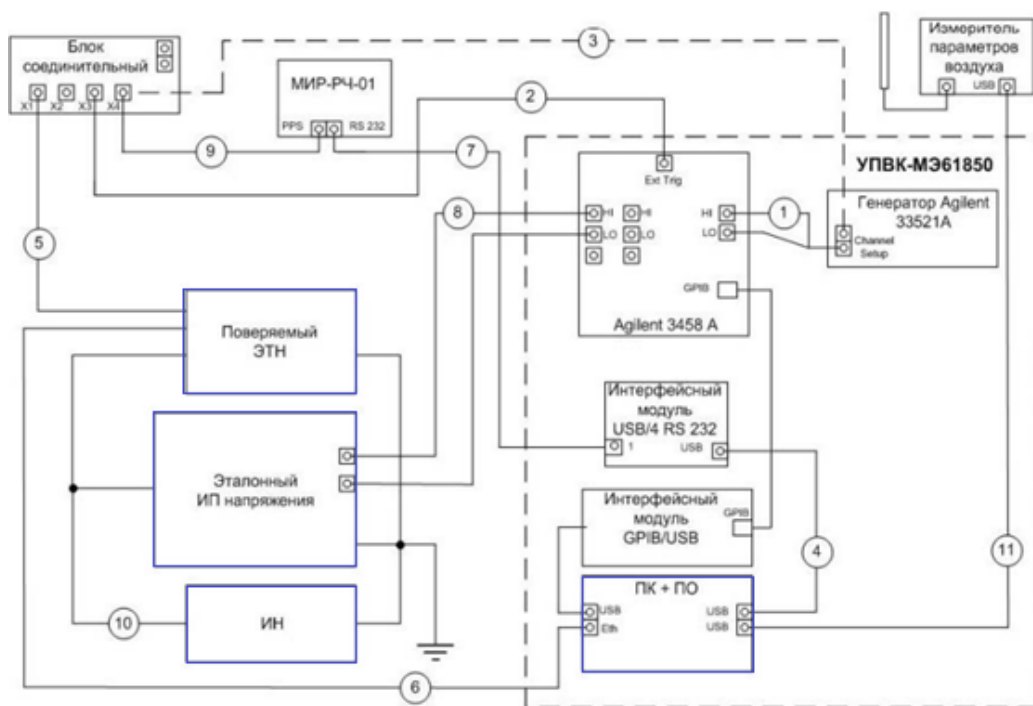


Рис. 2. Схема соединений КЭТ-61850 для калибровки и поверки ЭлТН

Управление источником напряжения (ИН) производится вручную, установкой требуемого значения напряжения. Имеющееся в составе ПО производит только измерение и обработку параметров поверяемого трансформатора и эталонного измерительного преобразователя напряжения (рис. 3).

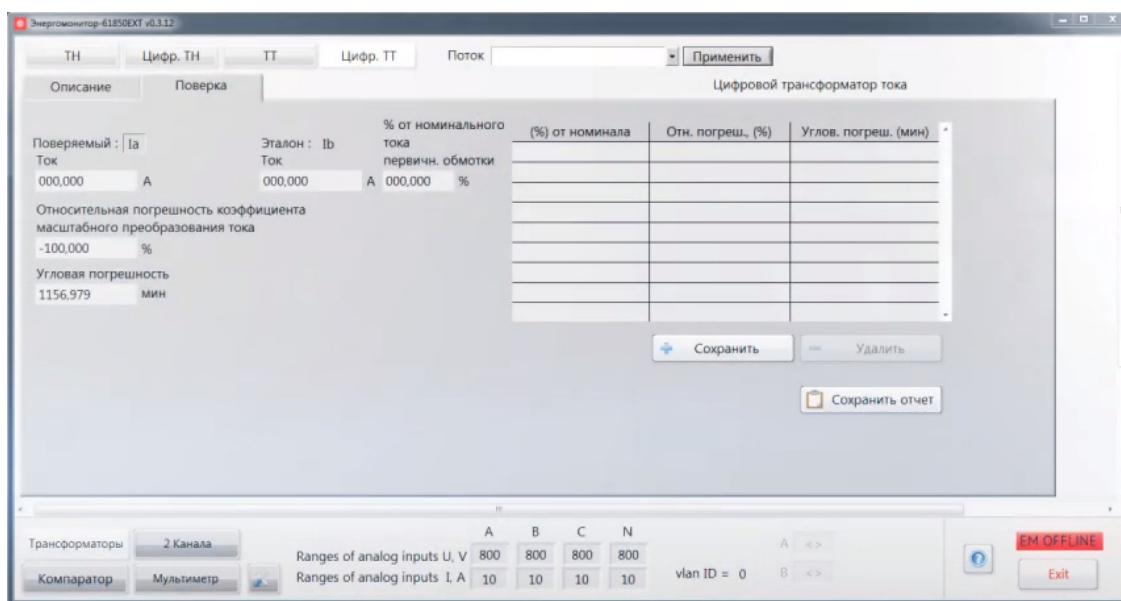


Рис. 3. Рабочее окно ПО КЭТ-61850

Программный код выполняет метрологически значимые операции и вычисления, а также контролирует значения поправочных множителей и поправок, которые учитываются при вычислении результатов измерений и определяются при регулировке или поверке [5].

Связь приборов комплекса с ПК осуществляется интерфейсами Ethernet, RS-232 и интерфейсным модулем USB [6]. Для работы в автоматическом режиме поверяемое оборудование должно иметь свой интерфейс.

Синхронизация системы измерений происходит системой PPS (один импульс в секунду) от радиочасов [7]. Тактовый сигнал PPS используется для хронометража и подключения к ПК, поэтому указывает только начало секунды.

Следует заметить, что такая система синхронизации требует отдельной линии связи, ретрансляторов и больших затрат.

Кроме того, КЭТ-61850, имеющий ПО для синхронизации процесса измерений, не является полностью автоматизированным ввиду отсутствия автоматического управления источником высокого напряжения.

Обзор существующих систем, их особенностей и недостатков позволил реализовать новую автоматизированную ИИС поверки киловольтметров для постоянного тока, представляющую собой трехканальную систему воспроизведения и измерения высокого напряжения (до 30 кВ) под управлением ПК [8].

Система имеет источник, воспроизводящий высокое напряжение, задаваемое ПК, образцовый киловольтметр, преобразующий и измеряющий воспроизводимое напряжение, и ПК, формирующий временной процесс работы системы, и обрабатывающий полученные данные. Дополнительно подключается поверяемый киловольтметр [9].

Особенностью ИИС в автоматизированном режиме с использованием ПК является возможность подключения различных измерителей напряжений, режимы поверки которых установлены в НТД на поверяемые СИ.

ПО позволяет устанавливать соотношения интервалов запуска высокого напряжения и синхронного измерения в определенный момент времени в каналах 2 и 3, повышая точность системы.

Алгоритм работы программы управления ИИС и рабочее окно управляющей программы подробно представлены в работе [10].

Заключение

Учитывая большое количество применяемых высоковольтных СИ, следует отметить преимущество новой автоматизированной ИИС поверки киловольтметров постоянного тока, позволяющей в короткий срок проводить поверку.

Положительные результаты работы над ИИС закладывают основу для реализации автоматизированной измерительной системы с рабочими напряжениями свыше 100 кВ.

Список литературы

1. Hauschild W., Lemke E. High-Voltage Test and Measuring Techniques. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 2014. doi:10.1007/978-3-642-45352-6
2. Установки для поверки на постоянном токе электростатических киловольтметров УПК-100. Госреестр № 5481-76. Справочник измерительного оборудования. URL: <http://www.kip-guide.ru/info/5481-76>
3. ПО Unities // Главная – решения – поверка и калибровка – электроизмерения – поверка и калибровка киловольтметров и измерительных систем высокого напряжения. URL: <https://unites.ru/solution/poverka-i-kalibrovka-kilovoltmetrovo-i-izmeritelnyh-sistem-vysokogo-napryazheniya.html>
4. КЭТ 61850 // Марс-Энерго. Главная – метрологическое обеспечение цифровых подстанций. URL: <https://www.mars-energo.ru/home/metrologicheskoe-obespechenie-cps/kompleks-sredstv-poverki-elektronnykh-transformatorov-toka-i-napryazheniya-ksp-61850.html>
5. Комплексы средств поверки цифровых электронных трансформаторов тока и напряжения «КЭТ-61850». Руководство по эксплуатации МС2.706.500 РЭ.
6. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. СПб. : Питер, 2002.
7. Ингрэм Д., Смелли Б. Реализация систем синхронизации времени на основе протокола РТР // Цифровая подстанция. URL: <http://digitalsubstation.com/blog/2015/04/21>

8. Установка для поверки киловольтметров УПК-30ПТ. Описание типа СИ. Номер в ГРСИ РФ: 77593-20. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1140753>
9. Ильин А. С., Кострикина И. А., Воронов А. П., Плаксунов Р. Ф. Установка для поверки киловольтметров УПК-30ПТ // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2020. № 4. С. 44–50. doi:10.21685/2307-5538-2020-4-5
10. Ильин А. С., Юрков Н. К., Баннов В. Я. [и др.]. Алгоритм работы установки для поверки киловольтметров УПК-30ПТ // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. 2020. Т. 2. С. 303–305.

References

1. Hauschild W., Lemke E. *High-Voltage Test and Measuring Techniques*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2014. doi:10.1007/978-3-642-45352-6
2. *Ustanovki dlya poverki na postoyannom toke elektrosticheskikh kilovol'tmetrov UPK-100. Gosreestr № 5481-76. Spravochnik izmeritel'nogo oborudovaniya = Installations for direct current calibration of electrostatic kilovoltmeters UPK-100. State aetr No. 5481-76. Reference list of measuring equipment.* (In Russ.). Available at: <http://www.kip-guide.ru/info/5481-76>
3. PO Unities. *Glavnaya – resheniya – poverka i kalibrovka – elektroizmereniya – poverka i kalibrovka kilovol'tmetrov i izmeritel'nykh sistem vysokogo napryazheniya = Home – solutions – verification and calibration – electrical measurements – verification and calibration of kilovoltmeters and high voltage measuring systems.* (In Russ.). Available at: <https://unitess.ru/solution/poverka-i-kalibrovka-kilovol'tmetrov-i-izmeritel'nykh-sistem-vysokogo-napryazheniya.html>
4. KET-61850. *Mars-Energo. Glavnaya – metrologicheskoe obespechenie tsifrovyykh podstantsiy = Mars-Energo. The main one is metrological support of digital substations.* (In Russ.). Available at: <https://www.mars-energo.ru/home/metrologicheskoe-obespechenie-cps/kompleks-sredstv-poverki-elektronnykh-transformatorov-toka-i-napryazheniya-ksp-61850.html>
5. Complexes of means of verification of digital electronic current and voltage transformers "KET-61850". Operating Manual MS2.706.500 RE. (In Russ.)
6. Guk M. *Apparatnye interfeysy PK = PC hardware interfaces*. Saint Petersburg: Piter, 2002. (In Russ.)
7. Ingrem D., Smelli B. Implementation of time synchronization systems based on the PTP protocol. *Tsifrovaya podstantsiya = Digital substation.* (In Russ.). Available at: <http://digitalsubstation.com/blog/2015/04/21>
8. *Ustanovka dlya poverki kilovol'tmetrov UPK-30PT. Opisaniye tipa SI. Nomer v GRSI RF: 77593-20 = Installation for checking kilovoltmeters UPK-30PT. Description of the SI type. Number in the GRSI of the RF: 77593-20.* (In Russ.). Available at: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1140753>
9. Il'in A.S., Kostrikin I.A., Voronov A.P., Plaksunov R.F. Installation for checking kilovolt meters of the UPK-30PT. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control.* 2020;(4):44–50. (In Russ.). doi:10.21685/2307-5538-2020-4-5
10. Il'in A.S., Yurkov N.K., Bannov V.Ya. et al. The algorithm of the unit for checking kilovoltmeters UPK-30PT. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo = Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality.* 2020;2:303–305. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Алексей Сергеевич Ильин

аспирант,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40);
начальник лаборатории,
Научно-исследовательский институт
электронно-механических приборов
(Россия, г. Пенза, ул. Каракозова, 44)
E-mail: aalexeiil@mail.ru

Aleksey S. Ilin

Postgraduate student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia);
head of laboratory,
Scientific Research Institute
of Electronic and Mechanical Devices
(44 Karakozova street, Penza, Russia)

Илья Михайлович Рыбаков

кандидат технических наук,
доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: rybakov_im@mail.ru

Ilya M. Rybakov

Candidate of technical sciences,
associate professor of the sub-department
of radio equipment design and production,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Алексей Владимирович Лысенко

кандидат технических наук,
доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: lysenko_av@bk.ru

Aleksey V. Lysenko

Candidate of technical sciences,
associate professor of the sub-department
of radio equipment design and production,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Николай Кондратьевич Юрков

доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
заведующий кафедрой конструирования
и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: yurkov_NK@mail.ru

Nikolay K. Yurkov

Doctor of technical sciences, professor,
the honoured worker of science
of the Russian Federation,
head of the sub-department
of radio equipment design and production,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию/Received 13.05.2022

Поступила после рецензирования/Revised 14.06.2022

Принята к публикации/Accepted 19.07.2022