

¹Омский государственный
технический университет,
г. Омск

²«Манрос-М» (филиал)
АО «ВБД»,
г. Омск

³ООО «Автоматика-сервис»,
г. Омск

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ВХОДЯЩИХ В ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ

Неблагоприятное воздействие электромагнитных полей на человека приводит к необходимости исключения его присутствия в процессе измерения. Поэтому задачи, связанные с автоматизацией измерения параметров электромагнитных полей, являются актуальными. В связи с этим в статье рассматривается автоматизация обработки измерительных сигналов с чувствительных элементов датчиков в процессе измерений. В рассмотрении участвуют датчики электрического поля, имеющие от одного до шести чувствительных электродов (в зависимости от модификации). Обработка сигналов и алгоритмические операции осуществлены на платформе Siemens S7-300 с весоизмерительными модулями Siwex. Отличительной особенностью является алгоритм обработки показаний датчиков в процессе получения данных. Возможна интеграция нижнего уровня в стороннюю систему SCADA. Результаты исследования позволили заключить, что при прямых измерениях необходимо учитывать площадь перекрытия чувствительных электродов датчика и скорость изменения его показаний; реализация алгоритмов коррекции по указанным параметрам позволяет системе быстро адаптироваться к изменениям технологических условий и добиваться высокой точности измерений; в качестве человеко-машинного интерфейса следует использовать программный продукт Siemens WinCC Flexible.

Ключевые слова: автоматизация процесса измерений, датчик напряженности электрического поля, чувствительный электрод, измерительный сигнал, обработка сигналов датчика, программа обработки, электрометрические измерения.

Введение. Промышленная автоматизация постоянно меняется, где главной целью являются повышение производительности, эффективность, скорость, снижение издержек и качество, что приводит к большей конкурентоспособности компаний на пути к большей результативности разных уровней производства. Интеллектуальное управление данными с применением промышленной идентификации позволяет перевести промышленные процессы к полной прозрачности и возможности собирать и обрабатывать данные в важных точках предприятия в режиме реального времени.

Технический прогресс, связанный с широким использованием электричества и различных антен-

ных систем, приводит к неблагоприятной электромагнитной обстановке для биологических и технических объектов. К биологическим объектам относится вся природа и фауна и, главным образом, человек. К техническим объектам — электронные устройства, портативные радиостанции, сотовые телефоны и т.д. Чтобы осуществлять контроль и обеспечивать благоприятные условия для жизнедеятельности человека, работы электронного оборудования и качественной радиосвязи, необходимы измерительные устройства и системы автоматизированного контроля электромагнитной обстановки окружающей среды с гарантированными метрологическими характеристиками.

Для контроля уровней электромагнитных полей используются отдельные средства измерений [1–3], непосредственно предназначенные для этих целей. Средства и системы измерений для исследования электромагнитных полей разрабатываются как в России [1–3], так и за рубежом [4–6].

Однако важно отметить примитивность алгоритмов считывания, передачи и обработки сигналов с датчиков. Это затрудняет автоматизацию процессов измерения и получения желаемых метрологических характеристик.

Согласно полученным результатам исследований и анализа доступных источников, видим, что проблема конструирования сенсоров и оптимизация детектирования и анализ результатов электрометрических измерений остаются актуальными на сегодняшний день. Разрабатываемые и применяемые новые технологии промышленности требуют новых разработок в приборостроении, информационных технологий и автоматизации процессов.

Постановка задачи. Исследования различных аспектов в области электрометрических измерений доказывают необходимость постоянного улучшения метрологических характеристик сенсоров. А мониторинг и обработка сигналов становятся первоочередной задачей в разработке и проектировании средств электромагнитных измерений.

В данной работе также рассматривается автоматизация обработки показаний с чувствительных элементов датчиков в процессе измерений, являющаяся наиболее актуальной при оптимизации разрабатываемых средств измерения.

В связи с этим необходимо провести исследования и рассмотреть возможность оптимизации метрологических характеристик первичных преобразователей и автоматизации процесса считывания и обработки сигналов с датчиков. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- 1) обеспечить минимизацию искажений, вносимых датчиком и измерительной аппаратурой в исследуемой точке пространства;
- 2) задача технической реализации измерительной аппаратуры и вспомогательных средств программного обеспечения;
- 3) автоматизировать обработку показаний первичных преобразователей в любых технологических процессах измерения электромагнитных полей с учетом корректировки на эксплуатационные условия и реального взаимодействия сенсора с полями различных источников.

Краткая теория. Практика показывает, что для простоты измерения векторных величин, таких как напряженность электрического поля, целесообразней использовать изотропные датчики ненаправленного приема. В основе изотропных датчиков (рис. 1) лежат три независимых друг от друга двойных датчиков, чувствительные электроды S_1-S_2 , S_3-S_4 , S_5-S_6 которых расположены диаметрально противоположно по трем координатным осям X, Y, Z прямоугольной системы координат. При дифференциальном включении чувствительных электродов формируется дифференциальный трехкоординатный сферический датчик (см. рис.1). На рис. 1 конструктивная модель датчика выполнена в SolidWorks. Такой трехкоординатный датчик позволяет одновременно получать три составляющих вектора напряженности электромагнитного поля, что не делает его изотропным. Для получения изотропного датчика необходимо объединить три двойных датчика так, чтобы они работали как

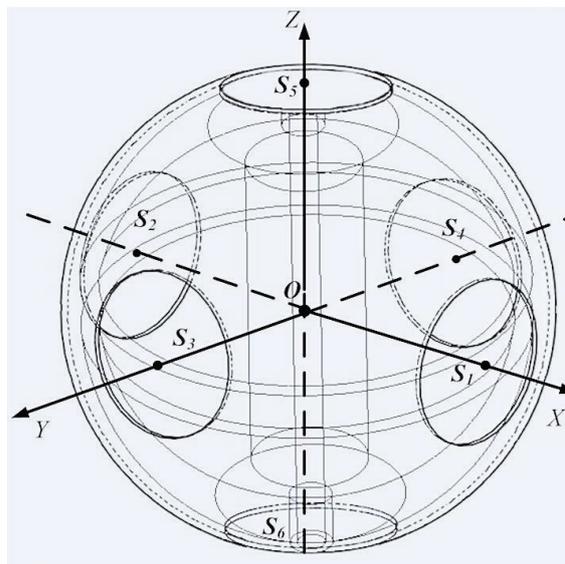


Рис. 1. Дифференциальный трехкоординатный сферический датчик.
Конструктивная модель выполнена в SolidWorks

единое целое. При этом сам датчик будет воспринимать модуль вектора напряженности электрического поля. Такое объединение осуществляется измерительной частью устройства.

Измерительная часть устройства средства автоматизированного измерения электромагнитных полей включает измерительный блок и блок управления с системой управления (СУ). Измерительный блок осуществляет геометрическое суммирование составляющих вектора напряженности электрического поля, получаемых с датчиков, расположенных по трем координатным осям. Работа измерительного блока находится под контролем СУ, некорректная работа которого может приводить к значительным погрешностям измерения. Таким образом, очевидна необходимость усовершенствования СУ с возможностью автоматизации и оптимизации процессов измерения и уменьшения влияния блока управления на погрешность результирующих значений.

В [7] разработан виртуальный прибор для измерения напряженности электрического поля с трехкоординатным сферическим датчиком в среде LabVIEW 8.6. В виртуальном приборе модель имитирует расположение органов управления и индикации реального прибора (рис. 2), с помощью которых пользователь может задавать исходные данные, режим работы (ручной или автоматический), а также снимать показания прибора, вычислять средние значения снятых показаний и менять скорость работы программы (для уменьшения загрузки процессора). Шкалы, расположенные сверху лицевой панели, представляют собой графическое представление ориентации датчика в пространстве. Блок-схема модели виртуального прибора (рис. 2), являющаяся в то же время программным кодом, позволяет понять логические процессы, происходящие при измерении значения напряженности электрического поля заданным методом, снимать промежуточные значения интересующих величин и, при необходимости, изменять структуру прибора. В составе отдельный модуль виртуального инструмента датчика, который реализует основные математические преобразования получаемых данных сигналов. ВП [8] предполагался для функционирования в ре-

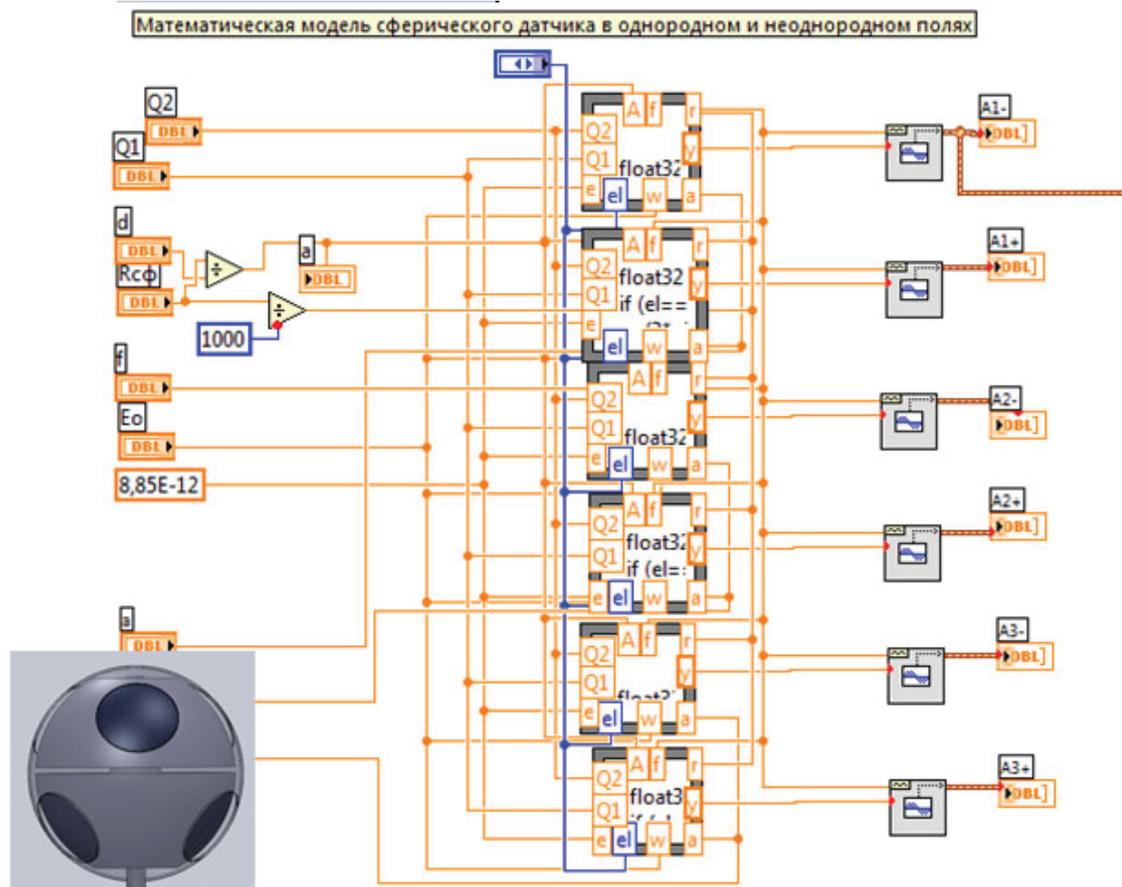


Рис. 2. Виртуальный прибор для измерения напряженности электромагнитного поля с трехкоординатным сферическим датчиком в среде LabVIEW 8.6

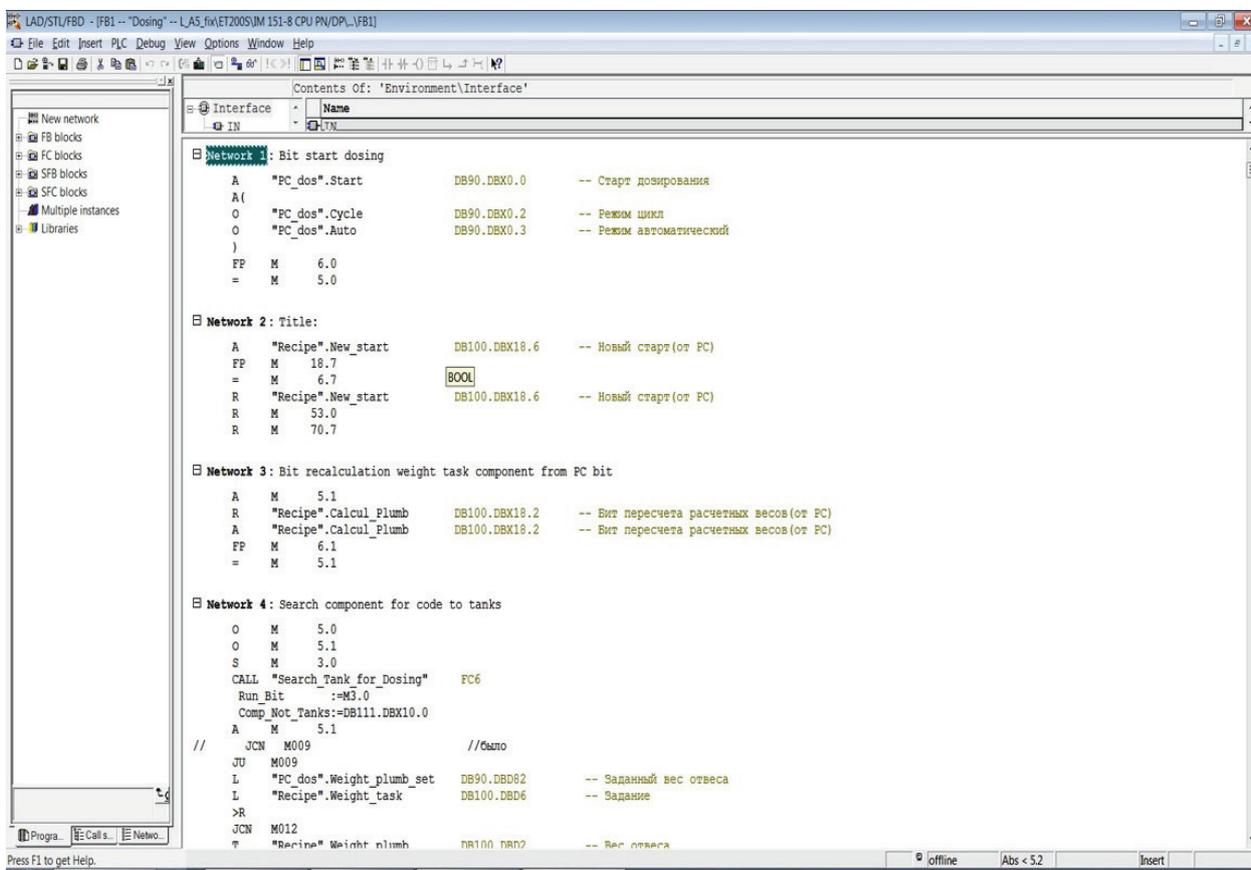


Рис. 3. Блок-диаграмма в среде разработчика Siemens

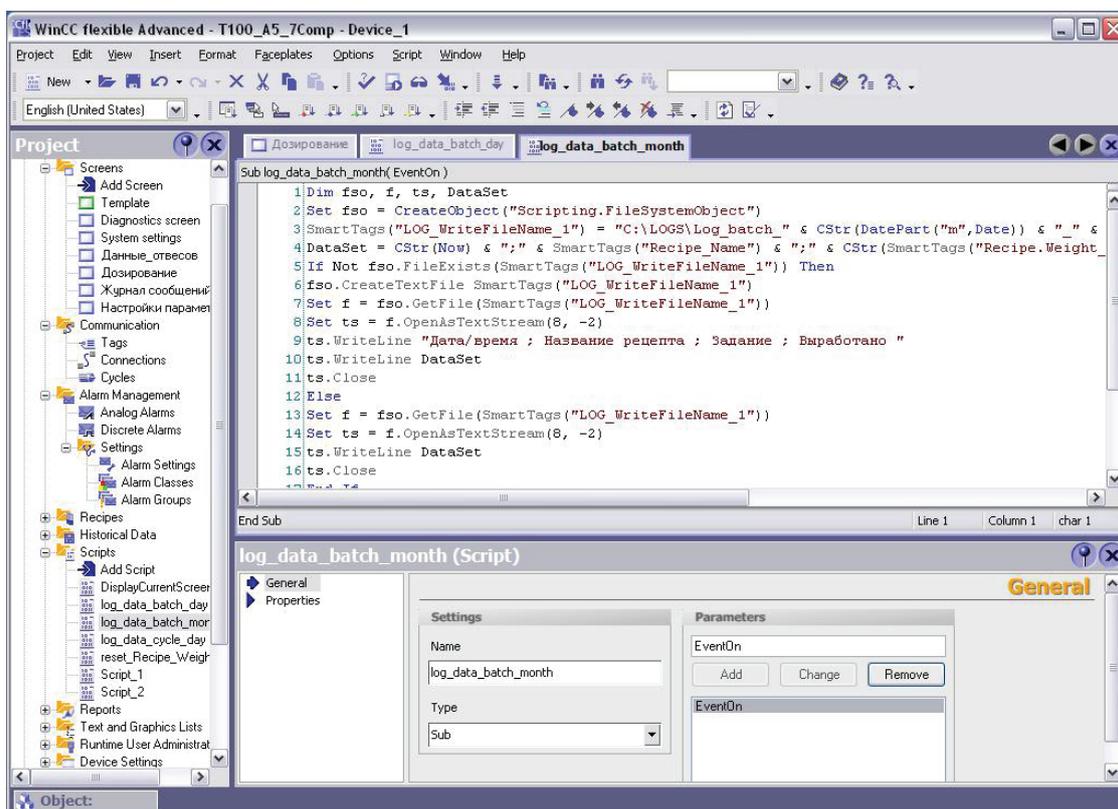


Рис. 4. Скрипт в среде разработчика Siemens

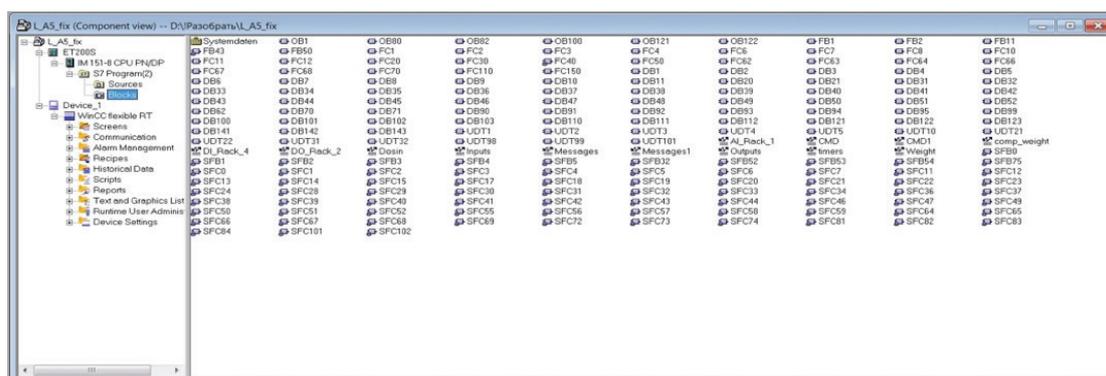


Рис. 5. Файловая структура Siemens

альных измерительных системах, с возможностью создания прототипа измерительного устройства с полной интеграцией с ВП и его оптимизации для применения в производственных условиях. Именно поэтому на следующем этапе автоматизации процесса обработки данных использовали платформу Siemens.

Методы и техника измерения, учитывающая в алгоритме обработки сигналов датчика влияние неоднородности среды и корректирующего коэффициента преобразования на реальные эксплуатационные условия, внесены в программу автоматизации и представлены в [9].

Результаты. Осуществлена автоматизация обработки измерительной информации с чувствительных элементов датчиков в процессе измерений. Автоматизации обработки сигналов подверглись первичные измерительные преобразователи (датчики) (от 1 до 6 в зависимости от модификации), а также датчики напряженности электрического поля (также в зависимости от модификации). Для

обработки сигнала и алгоритмической операции использовалась платформа Siemens S7-300 с весоизмерительными модулями Siwertex (рис. 3 – 5). Отличительной особенностью является алгоритм обработки показаний датчиков в процессе измерения. Возможна интеграция нижнего уровня в стороннюю SCADA систему.

Программный комплекс позволяет осуществлять циклическую обработку какого-либо параметра измерения (а именно параметры электромагнитного поля в соответствии с математическими положениями выбранного датчика), используя математическую обработку показаний датчиков [8, 10], в том числе учета скорости изменения сигнала в быстро изменяемых процессах. Программный комплекс обладает возможностью самокорректировки, то есть система анализирует ошибки в последующих циклах и делает их корректировку для повышения точности. Данный подход позволяет существенно повысить точность дозирования в быстротекущих циклических процессах по сравнению с традицион-

ными системами, применяющие линейную обработку показаний датчиков. Программный комплекс способен обрабатывать любые аналоговые сигналы.

Скрипт формирования отчетов данных сенсоров (см. рис. 4) является расширением возможности интерфейса информационно-программного комплекса, реализованного на языке Visual Basic Application. Используя стандартные функции, ОС Windows скрипт формирует массив данных важных величин, обрабатывает и записывает в соответствующие файлы. Предусмотрены архивы данных:

- на единичные измерения;
- на определённое количество измерений;
- отчетность за месяц.

Так, например, отчеты:

- на единичное измерение формируется по окончании одновременного получения данных со всех датчиков;
- за определенное количество измерений формируется раз в указанное время;
- за месяц формируется раз в месяц в указанное число/время.

При этом файлы имеют структуры CSV и пригодны к чтению MS Excel.

Выводы и заключения. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- при прямых измерениях необходимо учитывать площадь перекрытия чувствительных электродов датчика и скорость изменения его показаний;
- реализация алгоритмов коррекции по указанным параметрам позволяет системе быстро адаптироваться к изменениям технологических условий и добиваться высокой точности измерений;
- в качестве человеко-машинного интерфейса следует использовать программный продукт SiemensWinCCFlexible.

В заключение отметим, что человеко-машинный интерфейс программно-аппаратного комплекса обработки показаний датчика позволяет персоналу контролировать технологический процесс. Данная система реализована в специализированной среде разработки SiemensWinCCFlexible, и среда исполнения запускается на обычном ПК, связанном посредством Ethernet сети с промышленным программируемым логическим контроллером (ПЛК). Эта система является упрощенной системой SCADA. Её особенность состоит в «легкости» интерфейса и быстром выводе показаний (300 мс) из ПЛК, что обеспечивает наглядность и быстроту вывода на мнемосхему информации об измерениях и быстропротекающих процессах. Система предусматривает разграничение уровней допуска: для изменения системных настроек в ПЛК необходим ввод инженерного логина-пароля и истории системных сообщений.

Выгодной особенностью интерфейса программы, благодаря среде разработки, является возможность запускать его на промышленных HMI панелях Siemens различных степеней защиты, что расширяет возможность практического применения. Применение таких моделированных технологий обеспечивает автоматическую оптимизацию и быструю переналадку процесса измерений, обработки данных и эффективность производства в целом в долгосрочной перспективе.

Библиографический список

1. Измеритель напряженности электростатического поля СТ-01. Руководство по эксплуатации МГФК 410000.001

РЭ. URL: https://ntm.ru/UserFiles/File/product/EMF/ST01/manual_ST01.pdf (дата обращения: 18.04.2019).

2. Измеритель параметров электростатического поля ИПЭП-1. Руководство по эксплуатации УШЯИ.411153.002 РЭ. URL: <http://www.priborelektro.ru/price/IPEP-1.php4?deviceid=854> (дата обращения: 12.04.2019).

3. Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-003 — 3D. Руководство по эксплуатации БВЕК43 1440.07 РЭ. URL: <http://ciklon-pribor.ru> (дата обращения: 12.04.2019).

4. Beasley W. H., Byerley L. G., Swenson J. A. [et al.]. Low power, low maintenance, electric-field meter. US patent 6984971B1; filed March 14th, 2002; published January 10th, 2006.

5. Renno N. O., Rogacki S. A. Rotating electric-field-sensor. US patent 8536879B2; filed October 19th, 2010; published March 17th, 2001.

6. Baicry M., Le Prado M. Device for measuring an electric field in a conducting medium and method of calibrating such a device. US patent 10107845; filed February 17th, 2016; published August 18th, 2016.

7. Колмогорова С. С. Измеритель напряженности электростатического поля: свидетельство о регистрации электронного ресурса. М.: ОФЭРНиО, 2011. № 17642 от 07.12.2011 г.

8. Баранов Д. С., Колмогоров А. С., Колмогорова С. С., Бирюков С. В. Программный комплекс обработки показаний датчиков: свидетельство о регистрации электронного ресурса. М.: ОФЭРНиО, 2018. № 23780 от 09.06.2018 г.

9. Колмогоров А. С., Колмогорова С. С., Бирюков С. В. Эксплуатационные обстоятельства в разработке и применении инвариантных сенсоров электромагнитных полей // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. Т. 5, № 4. С. 227–232. DOI: 10.25206/2310-9793-2017-5-4-227-232.

10. Баранов Д. С., Колмогоров А. С., Колмогорова С. С., Бирюков С. В. Человеко-машинный интерфейс программно-аппаратного комплекса обработки показаний датчиков: свидетельство о регистрации электронного ресурса. М.: ОФЭРНиО, 2018. № 23779 от 15.09.2018 г.

КОЛМОГорова Светлана Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Радиотехнические устройства и системы диагностики» Омского государственного технического университета (ОмГТУ).
SPIN-код: 4216-9920

ORCID: 0000-0001-8032-0095

ResearcherID: E-4652-2017

БАРАНОВ Дмитрий Сергеевич, менеджер по транспорту «Манрос-М» (филиал) АО «ВБД», г. Омск.

КОЛМОГорова Аркадий Сергеевич, ведущий инженер ООО «Автоматика-сервис», г. Омск.

БИРЮКОВ Сергей Владимирович, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Физика», ОмГТУ.

SPIN-код: 9384-0078

ORCID: 0000-0002-1362-9911

AuthorID (SCOPUS): 7006438919

Адрес для переписки: ss.kolmogorova@mail.ru

Для цитирования

Колмогорова С. С., Баранов Д. С., Колмогоров А. С., Бирюков С. В. Автоматизация обработки сигналов датчиков напряженности электрического поля, входящих в информационно-измерительную систему // Омский научный вестник. 2019. № 4 (166). С. 66–70. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-166-66-70.

Статья поступила в редакцию 14.06.2019 г.

© С. С. Колмогорова, Д. С. Баранов, А. С. Колмогоров, С. В. Бирюков