

А.Б. Бекбаев, В.П. Шерышев, Е.А. Сарсенбаев, Н.Т. Каликасов\*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

\*e-mail: kalikassov@mail.ru

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы построения и приведен пример реализации функции преобразования интеллектуального датчика температуры контактной поверхности электрического контакта. Показана безальтернативность интеллектуализации процесса измерений температуры труднодоступных контактных поверхностей высоковольтных и сильноточных электрических контактных соединений.

Термин «интеллектуальные» по отношению к устройствам, которые за счет переработки в них полученной информации приобретают новые качества, часто употребляется *в узком смысле* при наличии следующих признаков: компенсация погрешности измерений, передача и обработка оцифрованного сигнала первичного преобразователя. В *широком смысле* «интеллектуальный» датчик, кроме отмеченного выше, обладает способностью адаптации к источнику сигнала и окружающей среде, - это электронное устройство, объединяющее чувствительные элементы, схемы преобразования сигналов и средства микропроцессорной техники (интеграция). Применение принципа интеллектуализации измерений упрощает повышение точности измерений переносом аппаратных решений на программы микроконтроллеров. При этом отклонения результатов устраняются введением в функцию преобразования поправочных коэффициентов. В настоящей статье рассмотрены вопросы построения и приведен пример реализации функции преобразования интеллектуального датчика температуры контактной поверхности электрического контакта.

**Ключевые слова:** токоведущая шина, контактная поверхность, температура, электрический контакт, интегральный датчик, интеллектуализация измерений.

**Введение.** В электроэнергетике электрические контакты (контактные поверхности) — это токоведущие элементы, соединяющие, например, прямоугольную шину одной части электроустановки с прямоугольной шиной другой части этой же установки.

Основным технологическим параметром, определение которого служит для предотвращения фатального сваривания контакт - деталей, является максимальная температура электрического контакта, достигаемая, прежде всего, на контактной поверхности. Поэтому в процессе эксплуатации требуется проведение непрерывного температурного контроля сильноточных электрических контактов в режиме динамического мониторинга [1].

С учётом высокого уровня современных технологий этот контроль должен быть интеллектуальным, т.е. основанным на применении интеллектуальных датчиков температуры.

Измерение температуры некоторых поверхностей электрических аппаратов часто оказывается недоступным. Это поверхности высоковольтных токоведущих шин и контактные поверхности сильноточных электрических контактов распределительных устройств - для контактных датчиков температуры и отсутствие прямой видимости для бесконтактных датчиков.

В этих случаях интеллектуальным датчикам, имеющим в своём составе микроконтроллеры с программами пересчёта температур доступных поверхностей в температуры недоступных для измерений токоведущих поверхностей, отсутствует приемлемая альтернатива.

При температурном контроле в режиме динамического мониторинга рассматривают нагрев токоведущих поверхностей под действием прямоугольных (точнее- почти прямоугольных (квазипрямоугольных) энергоэффективных импульсов тока), возникающих,

например, при включении мощных электродвигателей или электротехнологических установок. Именно режимы резких изменений нагрузки часто приводят к выходу из строя – фатальной сварке контакт-деталей.

В силу кратковременности (единицы секунд) и больших значений тока (свыше 1кА) правомерно рассмотрение адиабатического режима нагрева с разделением на экспоненциальную и линейную стадии нагрева [2].

Термин «интеллектуальные» по отношению к устройствам, которые за счет переработки в них самих полученной информации приобретают новые качества, часто употребляется в узком смысле.

Принято считать, что интеллектуальным датчикам свойственны следующие признаки: оценка достоверности данных, компенсация погрешности измерений, передача данных через цифровой интерфейс, осуществление обработки сигнала первичного измерителя - преобразователя.

Интеллект датчика реализуется программами микроконтроллеров, позволяющими, на основе анализа входной информации и условий его работы, принимать соответствующие решения и управлять целенаправленным изменением первичной информации.

Микропроцессоры подобных систем способны обрабатывать достаточно большие объемы информации с достаточно высокой скоростью. Благодаря им разрабатываются, в частности, интеллектуальные датчики температуры различных поверхностей электропроводных твердых тел, удобные в установке на объект и в настройке на конкретный режим работы.

#### **Интегральные датчики и интеллектуализация измерений.**

*Алгоритм вычисления температуры труднодоступной поверхности.* При измерении температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением, с помощью терморезистора требуется обеспечить его изоляцию. С целью электрической изоляции контактные сенсоры (терморезисторы) отделяются от токоведущей поверхности слоем диэлектрика, обладающим требуемой электрической прочностью [3].

Поскольку чувствительный элемент-терморезистор измеряет температуру малого объема изолирующего материала, в котором он размещён, и с которым он находится в состоянии термодинамического равновесия, расположенного на некотором удалении от измеряемой поверхности (т.е. свою собственную температуру), то измеренные показания датчика нельзя принимать за температуру поверхности шины.

В этом случае, на основании решения задачи теплопередачи через слой диэлектрика от тепловыделяющей поверхности токоведущей шины к тепловоспринимающей поверхности размещения терморезистора, требуется установить функциональную зависимость между температурой поверхности шины и измеренной терморезистором температурой [4].

Задача решается в следующей последовательности. Строится математическая модель процесса теплопередачи теплопроводностью через плоский слой диэлектрика. Осуществляется декомпозиция математической модели, результатом которой является обоснование применения линейного одномерного уравнения теплопроводности, допускающего получение аналитического решения поставленной задачи при заданных условиях однозначности - граничных и начальных условий. Строится функция преобразования интеллектуального датчика температуры поверхности токоведущей шины - формула пересчёта измеренной температуры в точке размещения терморезистора в температуру поверхности токоведущей шины, которая впоследствии программируется на микроконтроллере.

В случае использования двух датчиков – датчика температуры и датчика плотности теплового потока на поверхности шины алгоритм вычисления температуры контактной поверхности сводится к решению граничной обратной задачи теплопроводности (ОЗТ) [5]. В этом случае требуется значительно больший вычислительный ресурс интеллектуальной

системы, чем при использовании аналитических решений линейных одномерных прямых задач теплопроводности.

*Температура контактной поверхности.* Температуру контактной поверхности (ТКП) электрического контакта можно трактовать как температуру недоступной поверхности (ТНП), поскольку она действительно недоступна для прямых измерений. Её измерение в электротехнике является проблемой, эффективное решение которой, может быть достигнуто с помощью интеллектуализации измерительного процесса [6-9].

Это требует значительной теоретической проработки. Так, например, для контроля ТНП контактных элементов с использованием интеллектуальных датчиков (ИД) можно применить методы решения ОЗТ. Однако, для построения эффективных алгоритмов решения этих задач, требуется разработка специальных устойчивых методов, что, само по себе, является проблемой исследования [10].

Отметим, что в случае контроля ТНП значительного числа элементов электрооборудования (коммутационных аппаратов) рассматриваемый процесс нагрева допускает достаточную для практических целей оценку плотности теплового потока, проходящего через контролируруемую поверхность.

В такой ситуации ТНП может быть определена путём решения прямой задачи теплопроводности, в которой в качестве одного из граничных условий задачи теплопроводности используется измеренная температура поверхности токоведущей шины, а в качестве второго граничного условия – рассчитанный тепловой поток, проходящий через контактную поверхность. Но даже в этой, достаточно простой, ситуации решения, представленные рядами [11], оказываются непригодными для реализации средствами современной микропроцессорной техники. Поэтому требуется проведение упрощений, декомпозиции моделей процесса нагрева и использование приближённых методов. Далее, для достижения более высокой точности измерений применяются ИД с модифицированными (оптимизированными) функциями преобразования.

*Интегральные схемы.* Современные средства микроэлектроники позволяют объединять в датчиках первичные измерители - преобразователи с усилителями, аналого-цифровыми преобразователями и микропроцессорами. Интеграция цифровых схем и микропроцессоров в одном устройстве позволяет производить последовательно усиление сигналов и коррекцию результатов измерений, а также часть обработки информации в самом датчике [12-14].

В рамках интеграции современных микропроцессорных систем решается также задача повышения точности и быстродействия аналого-цифровых преобразователей – одной из основополагающих компонент интеллектуальных датчиков [15].

Раньше характеристики аналого-цифрового преобразователя (АЦП) определялись только требованиями конкретной технологии, а сейчас они стали преимущественно задаваться в соответствии с рынком. В соответствии с этим проектируются современные АЦП.

Когда номенклатура интегральных преобразователей формы представления информации была незначительна, выбор конкретной большой интегральной схемы (БИС) определялся такими параметрами как *разрешение* и *пропускная способность*. Теперь же, за основу принимается удобство ее функционального применения. Выбор БИС, удовлетворяющей требованиям к точности и быстродействию АЦП, в настоящее время является решаемой задачей.

*Интеллектуализация измерений.* Интеллектуальный датчик представляет собой совокупность программных и аппаратных средств отображения свойств объекта в виде определённой структуры данных - результатов обработки выходного сигнала первичного преобразователя (чувствительного элемента, в нашем случае терморезистора или термопары) по определенному алгоритму.

Распространено следующее определение интеллектуального датчика - *в широком смысле*, это датчик, обладающий способностью автоматической адаптации к источнику

сигнала и окружающей среде, а также способностью контролировать свои функции, корректировать ошибки измерений, и представляющий собой электронное устройство, основанное на объединении чувствительных элементов, схем преобразования сигналов и средств микропроцессорной техники.

Применение принципа интеллектуализации измерений базируется на преобразовании выходного сигнала датчика в цифровую форму непосредственно в самом датчике. Это упрощает повышение точности измерений за счёт появления возможности переноса функции обработки сигналов с аппаратуры на программное обеспечение.

При этом производственные отклонения (возмущения) могут быть учтены путём введения поправочных коэффициентов в функцию преобразования вместо того, чтобы проводить электрическую или механическую подстройку,

Аналогичная задача повышения точности измерений решается введением в функцию преобразования ИД ТНП, точнее в список режимных параметров нескольких поправочных коэффициентов. Поправочные коэффициенты вычисляются заранее по разработанной методике.

Методика вычисления коэффициентов функции преобразования датчика ИД температуры шины, находящейся под высоким электрическим напряжением, базируется на решении задачи теплопередачи через слой изолятора, обеспечивающего требуемую электрическую прочность [3]. Однако при этом точность показаний датчика температуры снижается за счёт падения температуры на слое диэлектрика (преимущественно электрокерамики). Для повышения точности контактного измерения температуры с помощью терморезистора можно применить интеллектуальный датчик [4] с изменённой функцией преобразования.

#### **Реализация функции преобразования ИД ТНП.**

Измерительная цепь ИД ТНП, наряду с чувствительным элементом (например, термопарой для класса напряжений менее 1 кВ или термистором для классов напряжений менее 10 кВ) и нормирующим усилителем, содержит микроконтроллер с программой, реализующей формулу для вычисления температуры поверхности (функцию преобразования ИД), находящейся под электрическим напряжением. Расчётная формула- функция преобразования ИД содержит поправочные коэффициенты – режимные параметры, сохранённые в энергонезависимой памяти датчика.

На рисунке 1 приведен пример реализации функции преобразования ИД температуры контактной поверхности электрического контакта на микроконтроллере, входящем в состав экспериментального стенда.

Основными элементами экспериментального стенда являются:

- цифровой преобразователь MAX31855;
- термопара К-типа (ТХА) для измерения температуры доступной поверхности;
- SB1, SB2, Reset – кнопки управления;
- LCD1 – ЖК-дисплей LMB204BBC для отображения работы программы микроконтроллера;
- микроконтроллер (МК) PIC18F2550 – основа схемы;
- 32К 2.5В I<sup>2</sup>C последовательное ЭСППЗУ (EEPROM) 24LC32A;
- кварц 20МГц;
- USB – коннектор для связи МК с ПК;
- BUZ1 – звукоизлучатель - сигнальное устройство (активный buzzer);
- ULN2003A - драйвер нагрузок;
- DC/DC – понижающий преобразователь 12Вольт-5Вольт;
- AMS1117-3.3 – понижающий преобразователь напряжения для питания MAX31855.

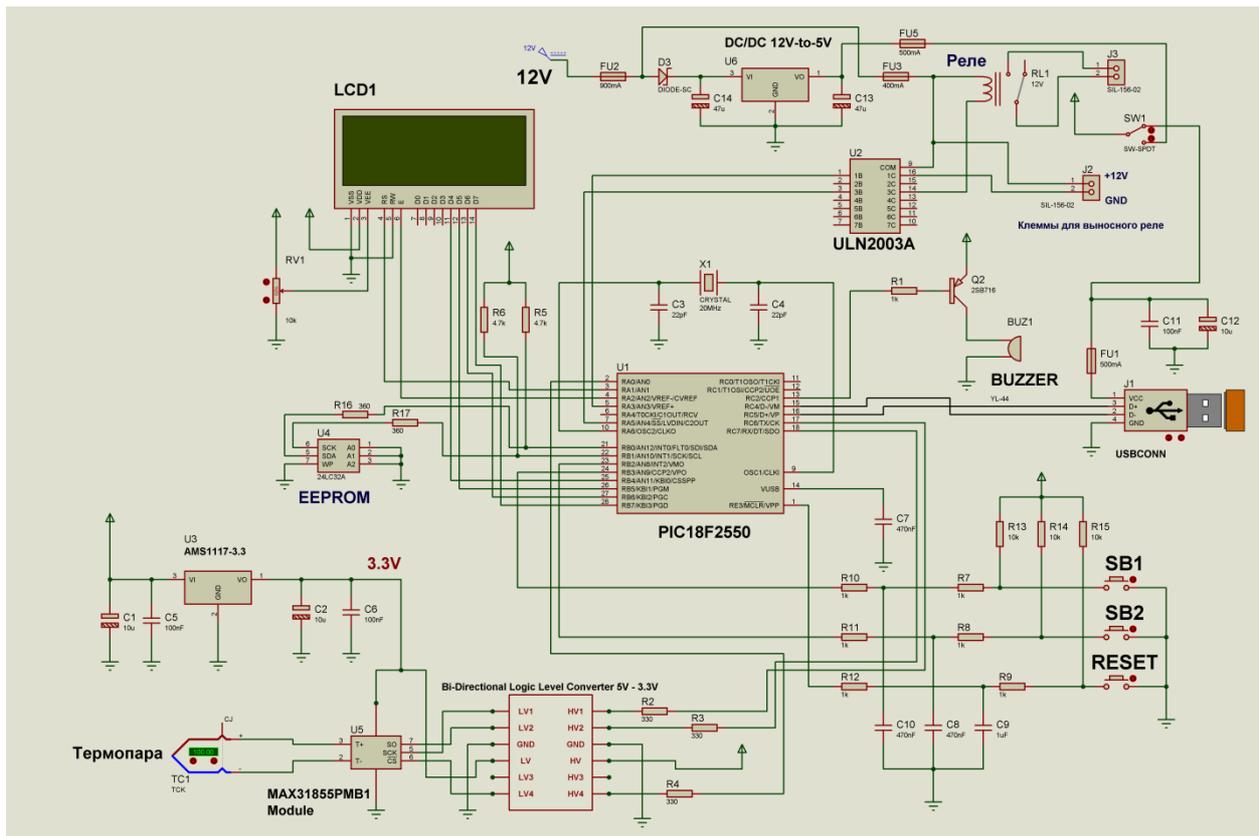


Рисунок 1. Принципиальная схема микроконтроллерного блока стенда

Схема работает следующим образом. Сигнал с термопары, закреплённой на шине, поступает на периферийный модуль MAX31855PMB1, основным элементом которого является цифровой преобразователь MAX31855, который предназначен для преобразования в цифровую форму сигналов с термопар и обеспечивает компенсацию их опорных спаев. Преобразователь MAX31855 имеет цифровой, SPI-совместимый интерфейс, функционирующий в режиме чтения данных в знаковой, 14-ти разрядном формате. MAX31855 имеет в своем составе все необходимые функциональные узлы, реализованные на дискретных компонентах, включая АЦП, прецизионный усилитель и датчик температуры для компенсации опорного спаив термопары.

Далее цифровой сигнал от преобразователя MAX31855 поступает в микроконтроллер по шине SPI для дальнейших преобразований. Задание режима измерений производится вводом режимных параметров с клавиатуры мобильного компьютера с помощью программной оболочки, написанной на языке DELPHI. В микроконтроллере (МК) осуществляются все необходимые вычисления, результаты которых сохраняются во внешней энергонезависимой памяти и передаются компьютеру по шине USB. На экране монитора компьютера в той же оболочке отображаются результат измерения температуры от термопары и результат вычисления температуры контактной поверхности по формуле. Результаты отображаются в виде колонок (таблиц) данных и в виде графиков.

**Заключение.** Проведенные нами исследования позволяют сделать следующие выводы:

- эффективный контроль высоковольтных и многоамперных контактных соединений (КС) коммутационных аппаратов в режиме динамического мониторинга с целью исключения перегрева токоведущих контактных элементов может быть осуществлён с применением интеллектуальных датчиков температуры недоступных поверхностей в интегральном исполнении;

- первоочередными задачами создания интеллектуальных датчиков температуры недоступных поверхностей являются обеспечение их точности и быстродействия.

Пояснение:

ОЗТ – обратная задача теплопроводности

ТКП – температура контактной поверхности

ТНП – температура недоступной поверхности

ИД – интеллектуальный датчик

ОЗТ – обратная задача теплопроводности

АЦП – аналого-цифровой преобразователь

БИС – большая интегральная схема

МК – микроконтроллер

КС – контактное соединение

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Бекбаев А.Б., Сарсенбаев Е.А., Титков В.В. О возможностях динамической оценки температуры контактной поверхности при импульсных токовых нагрузках // Электротехника.- 2017. -№5.- С. 35-40.

[2] Бекбаев А.Б. Способ определения времени срабатывания защиты токоведущих контактных соединений коммутационных аппаратов от перегрева/ А.А. Болтенков, Е.А. Сарсенбаев, М.В. Селивёрстов, В.П. Шерышев, А.Б. Бекбаев// Патент РФ № 0002635385. - 2017.

[3] Патент (Россия, №02272261, МПК G01K 13/00, заявка 2004131485/28 от. 28.10.2004, опубл. 20.03.2006): Устройство для измерения температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением.

[4] Инновационный патент РК №29444 от 25.12.2014. Бекбаев А.Б., Жумаев А.К., Шерышев В.П., Сарсенбаев Е.А., Утебаев Р.М., Скендинова Л.Ш. Способ измерения температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением, и устройство для его осуществления.

[5] Мацевитый Ю.М. Обратные задачи теплопроводности: в 2 т// Методология. - Киев: Наукова думка, 2002. - Т.1. - 408 с.

[6] Цветков Э.И. Общее математическое обеспечение интеллектуализации измерительных средств/ Сб. докл. Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям SCM-98. - СПб, 1998.-Т.2.- С.122-124.

[7] Опадчий, Ю. Ф. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс) : учебник для вузов по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» / Ю. Ф. Опадчий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров ; под ред. О. П. Глудкина. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 768 с.

[8] Панфилов, Д. И. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: практикум на Electronics Workbench : в 2 т. Т. 2. Электроника / Д. И. Панфилов, В. С. Иванов, И. Н. Чепурин ; под общ. ред. Д. И. Панфилова. – М. : ДОДЭКА, 2000. – 288 с,

[9] Иванов В.Н., Соболев В.С., Цветков Э.И. Интеллектуализация измерений// Измерения. Контроль. Автоматизация. - 1991, N 4. -С.2-11.

[10] Алифанов О.М., Артюхин Е.А., Ненарокомов А.В. Идентификация математических моделей сложного теплообмена. -М.: Изд-во МАИ, 1999.- 252 с.

[11] Казанский Н.Л., Колпаков А.И., Колпаков В.А., Паранин В.Д. Метод определения температуры поверхности в области ее взаимодействия с потоком низкотемпературной плазмы//Журн. техн. физики.-2007.-Т.77.-Вып.12.-С.21-25.

[12] Долгов А.Д. Применение микроконтроллеров в интегральных датчиках Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. -2015.- № 3(110). -С. 268-272.

[13] Шишов О.В. Проектирование аналого-цифровых контрольно-управляющих микропроцессорных систем. - Саранск: Типография “Красный октябрь”, 2001.-116с.

[14] Шишов О.В. Элементы систем автоматизации. Промышленные компьютеры.- Берлин: Директ-Медиа, 2015.-92с.

[15] Баранов Л.А. Влияние устройств выборки и хранения на точность аналого-цифрового преобразования // Автоматика на транспорте. -2016.

**REFERENCES**

- [1] Bekbaev A.B., Sarsenbaev E.A., Titkov V.V. O vozmozhnostjakh dinamicheskoj ocenki temperatury kontaktnoj poverhnosti pri impul'snyh tokovyh nagruzkah // Jeлектротехника.- 2017.-№5.- S. 35-40.
- [2] Bekbaev A.B. Sposob opredelenija vremeni srabatyvanija zashhity tokovedushhijh kontaktnyh soedinenij kommutacionnyh apparatov ot peregreva/ A.A. Boltenkov, E.A. Sarsenbaev, M.V. Selivjorstov, V.P. Sheryshev, A.B. Bekbaev// Patent RF № 0002635385. - 2017.
- [3] Patent (Rossija, №02272261, МРК G01K 13/00, заявка 2004131485/28 ot. 28.10.2004, opubl. 20.03.2006): Ustrojstvo dlja izmerenija temperatury poverhnosti, nahodjashhejsja pod jelektricheskim naprjazheniem.Иновационный патент РК №29444 от 25.12.2014. Бекбаев А.Б., Жумаев А.К., Шерышев В.П., Сарсенбаев Е.А., Утебаев Р.М., Скендинова Л.Ш. Способ измерения температуры поверхности, находящейся под электрическим напряжением, и устройство для его осуществления.
- [4] Innovacionnyj patent RK №29444 ot 25.12.2014. Bekbaev A.B., Zhumaev A.K., Sheryshev V.P., Sarsenbaev E.A., Utebaev R.M., Skendirova L.Sh. Sposob izmerenija temperatury poverhnosti, nahodjashhejsja pod jelektricheskim naprjazheniem, i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija.
- [5] Macevityj Ju.M. Obratnye zadachi teploprovodnosti: v 2 t//. Metodologija. - Kiev: Naukova dumka, 2002 .- T.1. - 408 s.
- [6] Cvetkov Je.I. Obshhee matematicheskoe obespechenie intellektualizacii izmeritel'nyh sredstv/ Sb. dokl. Mezhdunar. konf. po mjagkim vychislenijam i izmerenijam SCM-98. - SPb, 1998.-T.2.-S.122-124.
- [7] Opadchij, Ju. F. Analogovaja i cifrovaja jelektronika (polnyj kurs) : uchebnik dlja vuzov po special'nosti «Proektirovanie i tehnologija radiojelektronnyh sredstv» / Ju. F. Opadchij, O. P. Gludkin, A. I. Gurov ; pod red. O. P. Gludkina. – M. : Gorjachaja linija – Telekom, 2005. – 768 s.
- [8] Panfilov, D. I. Jeлектротехника i jelektronika v jeksperimentah i uprazhnenijah: praktikum na Electronics Workbench : v 2 t. T. 2. Jelektronika / D. I. Panfilov, V. S. Ivanov, I. N. Chepurin ; pod obshh. red. D. I. Panfilova. – M. : DODJeKA, 2000. – 288 s,
- [9] Ivanov V.N., Sobolev V.S., Cvetkov Je.I. Intellektualizacija izmerenij// Izmerenija. Kontrol'. Avtomatizacija. - 1991, N 4. -S.2-11.
- [10] Alifanov O.M., Artjuhin E.A., Nenarokomov A.B. Identifikacija matematicheskijh modelej slozhnogo teploobmena. -M.: Izd-vo MAI, 1999.- 252 s.
- [11] Kazanskij N.L., Kolpakov A.I., Kolpakov V.A., Paranin V.D. Metod opredelenija temperatury poverhnosti v oblasti ee vzaimodejstvija s potokom nizektemperaturnoj plazmy//Zhurn. tehn. fiziki.-2007. -T.77.-Vyp.12.-S.21-25.
- [12] Dolgov A.D. Primenenie mikrokontrollerov v integral'nyh datchikah Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. R.E. Alekseeva. -2015.- № 3(110).-S. 268-272.
- [13] Shishov O.V. Proektirovanie analogo-cifrovijh kontrol'no-upravljajushhijh mikroprocessornyh sistem. - Saransk: Tipografija “Krasnyj oktjabr”, 2001.-116s.
- [14] Shishov O.V. Jelementy sistem avtomatizacii. Promyshlennye komp'jutery .- Berlin: Direkt-Media, 2015.-92s.
- [15] Baranov L.A. Vlijanie ustrojstv vyborki i hranenija na tochnost' analogo-cifrovogo preobrazovanija // Avtomatika na transporte. -2016.

**А.Б.Бекбаев, В.П.Шерышев, Е.А. Сәрсенбаев, Н.Т.Қаликасов\***

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

\*e-mail: kalikassov@mail.ru

**ЭЛЕКТР БАЙЛАНЫСТАРЫНЫҢ ҚОЛ ЖЕТПЕЙТІН БЕТТЕРІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН  
ӨЛШЕУ ПРОЦЕСІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯЛАУ**

**Андатпа.** Электрлік контактінің беткі температурасы үшін интеллектуалды сенсордың трансформациялау функциясын жүзеге асырудың мысалы келтіріліп, құрылыстың мәселелері қарастырылған.

Жоғары вольтты және жоғары тоқты электрлік байланыс температурасының жетуге қиын түйісетін беттерін өлшеу процесінің интеллектуализациясы жарамсыз екендігі көрсетілген.

Ондағы алынған ақпараттарды өңдеудің арқасында жаңа сапаларды иеленетін құрылғыларға қатысты «интеллектуалды» термині көбінесе тар мағынада келесі белгілер болған жағдайда қолданылады: өлшеу қателіктерін өтеу, цифрландырылған беру және өңдеу бастапқы түрлендіргіштің сигналы. Кең мағынада «интеллектуалды» сенсор, жоғарыда айтылғандардан басқа, сигнал көзі мен қоршаған ортаға бейімделу қабілетіне ие; бұл сезгіш элементтерді, сигнал түрлендіру тізбектерін және микропроцессорлық технологияны (интеграция) біріктіретін электрондық құрылғы. Өлшеу алгоритмінің принципі қолдану аппараттық шешімдерді микроконтроллер бағдарламаларына беру арқылы өлшеу дәлдігін жақсартуды жеңілдетеді. Нәтижелердің осы ауытқуымен түзету факторларының конверсиялық функциясы жойылады. Бұл мақалада құрылыс мәселелері талқыланады және электрлік контактінің жанасу бетінің температурасының интеллектуалды сенсорының трансформациясын жүзеге асырудың мысалы келтірілген.

**Негізгі сөздер:** ток өткізгіш шина, жанасу беті, температура, электрлік байланыс, интегралдық сенсор, өлшеу интеллектуалы.

**A.B. Bekbaev, V.P. Sheryshev, E.A. Sarsenbaev, N.T. Kalikasov\***

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

\*e-mail: kalikassov@mail.ru

## INTELLECTUALIZATION OF THE PROCESS OF MEASURING THE TEMPERATURE OF INACCESSIBLE SURFACES OF ELECTRIC CONTACT CONNECTIONS

**Abstract.** The issues of construction are considered and an example of the implementation of the transformation function of an intelligent sensor for the surface temperature of an electrical contact is given. It is shown that the intellectualization of the process of measuring hard-to-reach contact surfaces of the temperature of high-voltage and high-current electrical contact connections is not valid.

The term "intelligent" in relation to devices that acquire new qualities due to the processing of the received information in them, is often used in a narrow sense in the presence of the following features: compensation of measurement errors, transmission and processing of the digitized signal of the primary converter. In a broad sense, an "intelligent" sensor, in addition to the above, has the ability to adapt to the signal source and the environment; it is an electronic device that combines sensing elements, signal conversion circuits and microprocessor technology (integration). Application of the principle of the measurement algorithm simplifies the improvement of measurement accuracy by transferring hardware solutions to microcontroller programs. With this deviation of the results, the conversion function of the correction factors is eliminated. This article discusses the construction issues and provides an example of the implementation of the transformation of an intelligent temperature sensor of the contact surface of an electrical contact.

**Keywords:** current-carrying bus, contact surface, temperature, electrical contact, integral sensor, measurement intellectualization.