

УДК 681.3.015; 681.5.08

П.А. Акулов, аспирант, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» (Брянск, Россия) (e-mail: akulov.paul@mail.ru)

Д.И. Петрешин, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет» (Брянск, Россия) (e-mail: dipetreshin@yandex.ru)

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТАНОВКИ КОНТРОЛЯ СИЛ СОЧЛЕНЕНИЯ И РАСЧЛЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

Приведено описание установки для измерения сил сочленения и расчленения электрических соединителей. Описана структура установки. Разработанный алгоритм работы установки позволяет проводить испытания разъемов в нескольких режимах работы с возможностью редактирования параметров, выполняет самодиагностику системы и выводит результаты измерения как на экран, так на внешний носитель информации.

Ключевые слова: электрический соединитель; сила сочленения; сила расчленения; автоматический режим; алгоритм работы.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-4-94-103

Ссылка для цитирования: Акулов П.А., Петрешин Д.И. Алгоритмическое обеспечение установки контроля сил сочленения и расчленения электрических соединителей // Известия Юго-Западного государственного университета. 2018. Т. 22, № 4(79). С. 94-103.

Постановка задачи

Электрические соединители в процессе производства проходят ряд испытаний, в том числе измерение сил сочленения и расчленения. При этом применяются установки, которые не способны в полной мере обеспечить требуемые параметры испытания: заданную скорость перемещения разъема, величину начального ускорения и т.д. [1].

Разработанная установка [2] (рис. 1) предназначена для испытания электрических соединителей в автоматическом режиме с параметрами перемещения и режимами измерения сил сочленения и расчленения, установленными пользователем, а так же протоколирования и визуализации результатов измерений.

Установка конструктивно состоит из базовой механической части и сменной оснастки. Базовый узел, состоящий из двух плит, одна из которых (подвижная) приводится в движение с помощью ша-

рико-винтовой передачи от шагового двигателя, а вторая (неподвижная) связана с датчиком силы, сигнал которого используется для измерения сил сочленения и расчленения испытуемых электрических соединителей, и сменной оснастки.

На каждой из базовых плит (подвижной и неподвижной) устанавливается специализированное посадочное место (обойма), соответствующее типу испытуемого электрического соединителя [2].

Решение задачи

Сила, развиваемая при сочленении и расчленении испытуемых электрических соединителей, регистрируется при помощи тензометрического датчика. Сигнал от тензодатчика оцифровывается при помощи измерительного блока, в состав которого входит специализированный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и микропроцессорный модуль управления.

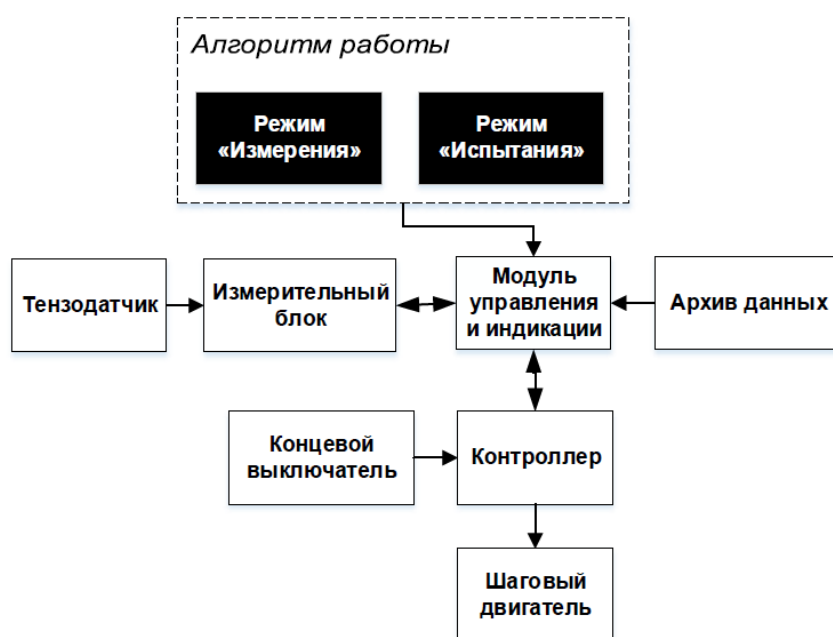


Рис. 1. Структурная схема установки

В зависимости от текущего режима работы и полученных данных по командам от измерительного блока осуществляется протоколирование результатов измерений, изменение направления и скорости перемещения [3].

Модуль управления и индикации выполнен на основе панельного сенсорного контроллера СПК110 [4]. Взаимодействие между модулем управления и измерительным блоком осуществляется по USB-шине, а между модулем управления и контроллером шагового двигателя – по протоколу MODBUS-RTU шины RS-485. Доступ к параметрам проведения измерений сил сочленения и расчленения испытуемых электрических соединителей осуществляется с помощью сенсорной панели.

Управление перемещением подвижной базовой плиты осуществляется контроллером шагового двигателя [5] по командам, поступающим от модуля управления установкой. Ввод, редактирование параметров перемещения и измерения силы сочленения и расчленения, индикация текущих значений параметров и ре-

жимов проведения измерения осуществляется с помощью сенсорной панели.

Для фиксации начального положения подвижной плиты в конструкции установки предусмотрен прецизионный датчик, который обеспечивает точность и повторяемость срабатывания 1 мкм.

Функционирование установки подчинено разработанному алгоритмическому обеспечению (рис. 2).

Разработанный алгоритм работы установки испытания электрических соединителей реализован в виде соответствующего программного обеспечения (ПО) для ее системы управления.

После включения установки в питающую сеть запускается процесс контроля аппаратных ошибок. В случае сбоя элементов логики или отсутствия связи с контроллером и измерительным блоком на сенсорном экране появляется сообщение о возникшей ошибке, и система производит перезапуск. Если в ходе запуска аппаратных ошибок не было обнаружено, то отображается экран, представленный на рис. 3, который предлагает пользователю выбор режима проведения измерений.

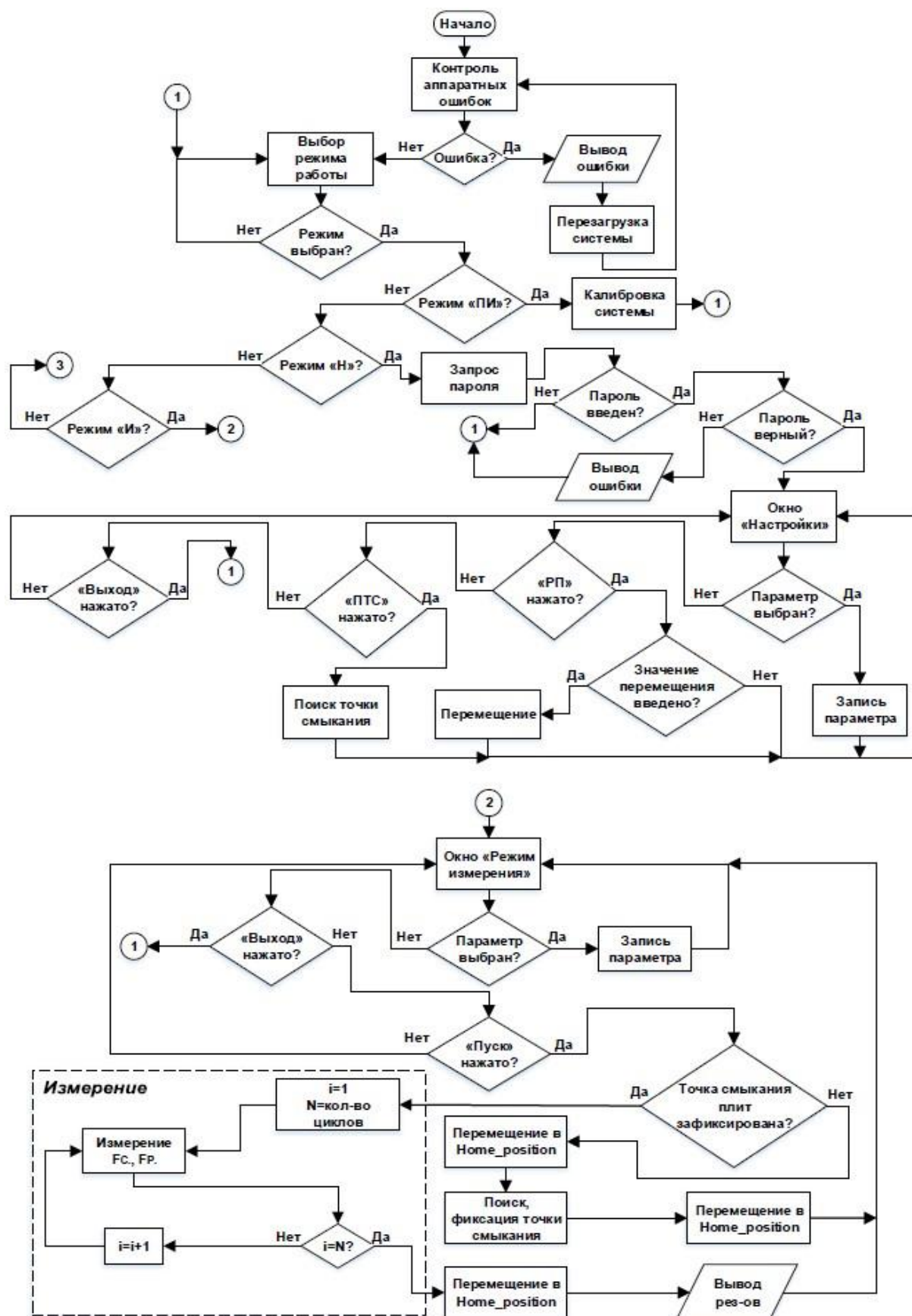


Рис. 2. Алгоритм работы установки (окончание на с. 97)

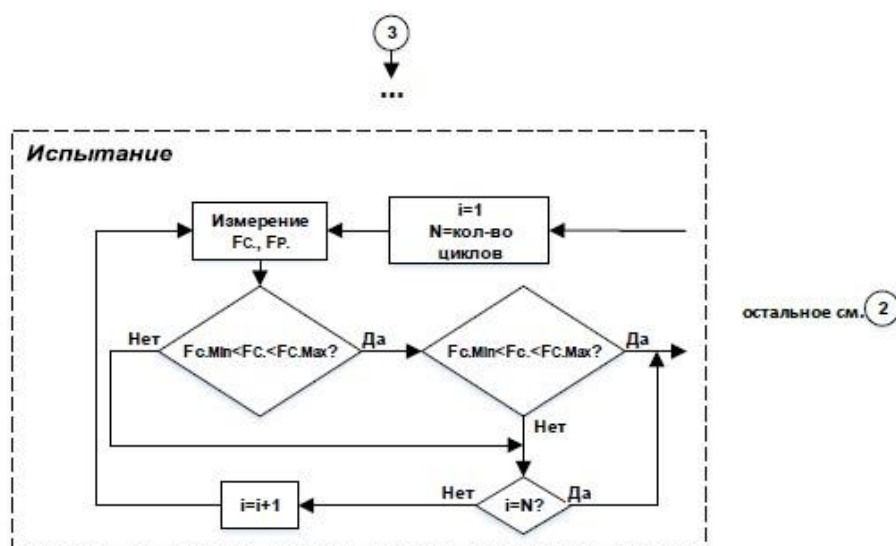


Рис. 2. Окончание (начало на с. 96)



Рис. 3. Визуализация стартового экрана

Сенсорное поле (кнопка) «Подготовка измерений» отображается только до проведения процедуры подготовки к измерениям и служит для запуска процедуры начальной самопроверки установки к проведению измерений, в ходе которой осуществляется контроль перемещения и установленного тензометрического датчика. Начальная калибровка установки должна выполняться каждый раз при включении питания.

Подготовка измерений (на рис. 2 – «Режим «ПИ»») состоит из нескольких отдельных процедур, следующих одна за

другой, при которых ПО проверяет функционирование отдельных узлов и модулей измерительной установки. В случае их успешного завершения на сенсорном экране отображается диалоговое окно с предложением пользователю удалить испытуемый электрический соединитель из посадочных креплений на обеих базовых плитах измерительной установки. После подтверждения пользователем готовности к продолжению, ПО осуществляет тестирование датчика силы. Контроль датчика силы основан на том, что деформация датчика прямо связана с

силой, фиксируемой датчиком. При этом ПО рассчитывает количество шагов, необходимых для фиксации силы величиной $2/3$ от максимальной величины, и осуществляет пошаговое перемещение в направлении смыкания базовых плит с одновременным контролем силы, развиваемой подвижной базовой плитой. В том случае, если заданная сила при выполнении требуемого количества шагов достигается, что свидетельствует о том, что датчик силы функционирует нормально, ПО формирует команды возврата подвижной базовой плиты в исходное положение. В противном случае – на сенсорном экране появляется диалоговое окно с сообщением об обнаруженной ошибке функционирования и дальнейшие измерения блокируются до устранения причин. После успешного завершения всех проверок ПО сообщает пользователю о своей готовности к проведению измерений.

Нажатие на кнопку «Настройки» приводит к переключению ПО в режим редактирования параметров проведения измерений (на рис. 2 – «Режим «Н»»). В связи с тем, что данный режим позволяет осуществить доступ к тонким настройкам режимов перемещения, редактировать токи в обмотках шагового двигателя, скорость разгона и торможения при перемещении и проведении испытаний, переключение в данный режим осуществляется с запросом пароля, известного лишь персоналу, уполномоченному на проведение данных операций. В случае корректного ввода значения пароля происходит переключение экрана в режим редактирования параметров. В противном случае переключение в режим редактирования параметров проведения измерений не осуществляется.

Внешний вид визуализации для установки и редактирования параметров установки приведен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид визуализации окна редактирования параметров

При вызове технологического окна настроек пользователь имеет возможность осуществить редактирование следующих параметров: текущая сила, текущая позиция, делитель шага, шагов/оборот, шаг ШВП, сила (макс.), ток паузы, время паузы, ток обмотки, скорость (нач.), скорость (макс.), ускорение, торможение, сдвиг в мм, сдвиг по шагам, исходн. положение – Поиск, точка смыкания – Поиск, точка смыкания – Фиксация, блокировка в паузе, калибровка.

При нажатии на сенсорном экране значения вышеперечисленных параметров, открывается диалоговое окно с предложением ввести новое значение параметра. В том случае, если введено корректное значение, открывается всплывающее диалоговое окно с предложением пользователю подтвердить вновь введенное значение, которое заменяет прежнее значение. В случае ввода некорректного значения – появляется всплывающее сообщение о некорректном вводе значения параметра и изменения значения параметра игнорируются. Все вышеперечисленные параметры хранятся в энергонезависимой памяти и их значения сохраняются при выключении питания.

При нажатии на кнопку «Поиск» поля точки смыкания (на рис. 2 – «ПТС») происходит процедура калибровки установки, описанная ранее. Ручное перемещение подвижной плиты (на рис. 2 – «РП») обеспечивается нажатием на поля «Сдвиг в мм» и «Сдвиг по шагам».

Нажатие на сенсорную кнопку «ВЫХОД» приводит к переключению экрана в режим стартового экрана выбора режимов и выходу ПО из режима редактирования параметров.

Экран визуализации процесса измерений режима «Измерения», можно раз-

делять на область индикации (левая часть экрана), на котором схематично изображена шкала «Усилие (кГс)», на которой индицируется текущее значение силы, фиксируемой тензометрическим датчиком силы установки.

Правая часть экрана состоит из набора параметров, нажатие которых на сенсорном экране позволяет пользователю изменить параметры проведения измерений. Перед проведением измерений испытуемого электрического соединителя пользователь имеет возможность установить значения следующих параметров: сочл. (макс.), сочл (мин.), расчл. (макс.), расч. (мин.), дистанция (мм), зазор (мм), число циклов, пуск. При нажатии на сенсорном экране значения вышеперечисленных параметров открывается диалоговое окно с предложением ввести новое значение параметра. В том случае, если введено корректное значение, открывается всплывающее диалоговое окно с предложением пользователю подтвердить вновь введенное значение, которое заменяет прежнее значение. В случае ввода некорректного значения появляется всплывающее сообщение о некорректном вводе значения параметра и изменения значения параметра игнорируются.

Нажатие на сенсорную кнопку «ВЫХОД» приводит к переключению экрана в режим стартового экрана выбора режимов и выходу из режима проведения измерений.

Значения параметров проведения измерений сохраняются во встроенной энергонезависимой памяти установки и сохраняются при выключении питания.

Процесс измерения силы сочленения и расчленения испытуемого соединителя состоит в том, что пользователю необходимо установить испытуемый электриче-

ский соединитель в соответствующие посадочные места на подвижной и неподвижной базовых плитах, проконтролировать правильность установки параметров измерения и запустить процесс нажатием сенсорного поля (кнопки) «ПУСК».

В том случае, если при запуске процедуры датчик не активен, на контроллер шагового двигателя выдается команда движения к датчику до его активации (срабатывания). В противном случае, если при начале процедуры установка фиксирует активное состояние датчика (срабатывание), то контроллер шагового двигателя формирует команды, по которым сначала подвижная базовая плита отъезжает от датчика на установленное расстояние, проверяет переход датчика в неактивное состояние и уже после этого снова формирует команды на движение базовой плиты к датчику до его активации (срабатывания).

После успешного завершения процедуры поиска исходного положения открывается диалоговое окно с предложением зафиксировать данное положение в качестве «исходного». После получения подтверждения от пользователя, ПО запоминает текущее положение подвижной базовой плиты в качестве «исходного положения» и использует его для последующих перемещений подвижной базовой плиты при последующих перемещениях в процессе проведения измерений.

В данной версии установки реализован алгоритм автоматического поиска точки смыкания базовых плит с использованием факта линейной зависимости силы, фиксируемой датчиком силы и его механической деформации.

При запуске процедуры поиска «нулевой точки» ПО осуществляет пошаговое перемещение подвижной базовой

плиты в направлении смыкания базовых плит с контролем силы, фиксируемой датчиком силы на каждом шаге.

После полного смыкания подвижной и неподвижной базовых плит сила, фиксируемая датчиком силы, нарастает после выполнения каждого следующего шага за счет деформации датчика силы. ПО фиксирует положение, при котором сила превышает (или равно) $1/10$ и $2/3$ от максимального значения датчика силы. После этого, по полученным данным (зафиксированным значениям силы в этих положениях и при известном расстоянии между этими двумя точками) установка вычисляет то положение, при котором сила будет равна нулю и формирует команду контроллеру шагового двигателя обеспечить перемещение подвижной базовой плиты в это положение. При успешном завершении данной процедуры открывается диалоговое окно с предложением пользователю подтвердить корректное нахождение «нулевой точки» в автоматическом режиме по нулевому значению силы, фиксируемому датчиком силы.

После запуска процесса подвижная базовая плита перемещается из исходного положения в зону проведения измерений с параметрами перемещения, заданными пользователем в опциях группы параметров «Перемещение», задаваемыми в режиме конфигурации параметров, на расстояние, заданное параметрами «Дистанция (мм)» и «Зазор (мм)» до «нулевой точки» (полного смыкания базовых плит), после чего осуществляет перемещение на расстояние «Дистанция (мм)» с параметрами перемещения, заданными в опциях группы «Измерения», задаваемыми в режиме конфигурации параметров, с одновременным контролем силы, фиксируемой датчиком силы. Количество цик-

лов перемещения в зоне проведения измерений задается полем «Число циклов» в опциях выбранного режима измерения.

При успешном завершении процесса измерений на экране сенсорной панели отображается всплывающее окно с результатами измерений, как это представлено на рисунке 5. При этом отображаются средние значения сил сочленения и расчленения, максимальные значения сил сочленения и расчленения, зафиксированные во время проведения измерений.

Кроме того, в случае фиксации сил сочленения и расчленения, выходящие за допустимые значения, установленные пользователем перед проведением измерений набором параметров Сочл.(мин.) – Сочл.(макс.) и Расчл.(мин.) – Расчл.(макс.) у соответствующего значения отображается предупредительный флаг красного цвета с тем, чтобы привлечь внимание пользователя о выходе результатов измерений за допустимые значения.



Рис. 5. Внешний вид окна отображения результатов измерения

При переключении ПО в режим «Тестирование» на сенсорной панели отображается соответствующий экран.

Все параметры, отображаемые в данном режиме, аналогичны тем, которые описывались ранее в режиме «Измерение», исключение составляет лишь кнопка «Адаптивный режим».

«Адаптивный режим» – дополнительная опция, позволяющая включить режим адаптивного проведения тестирования испытуемых электрических соединителей. При активации адаптивного ре-

жима тестирования после каждого цикла сочленения и расчленения испытуемого электрического соединителя установка анализирует значения силы и прерывает цикл тестирования в том случае, если сила сочленения и расчленения оказывается в диапазоне допустимых значений, установленных пользователем параметров «Сочл. (макс.)» ... «Сочл. (мин.)» для силы сочленения и «Расчл. (макс.)» ... «Расчл. (мин.)» для расчленения испытуемого электрического соединителя.

Для получения детализированных данных о результатах испытаний и измерения ПО установки автоматически генерирует файлы протокола и сохраняет их на флеш-карту.

В качестве формата файла используется формат представления данных JSON, а в качестве имени файла используется уникальный идентификатор, сформированный из даты и времени начала проведения тестирования или измерения. В качестве идентификатора режима «испытания» или «измерения» к уникальному имени файла добавляется суффикс «_m» - для режима измерений или «_t» - для режима испытания. В заголовке файла выводятся все параметры, при которых осуществлялся процесс тестирования или измерения. После заголовка в файле протоколируется поток данных о величине силы, фиксируемой датчиком силы для последующей обработки и/или формирования графиков.

Дополнительно ПО установки может формировать поток данных о величине силы, фиксируемой тензометрическим датчиком силы внешним потребителям данных (компьютеру, внешним системам сбора и обработки данных) в виде данных о величине силы, разделенных между собой символом «точка с запятой» и служебными символами «конца строки» и «перевода каретки» (0x0A, 0x0D в hex-кодировке).

Заключение

Таким образом, реализованное алгоритмическое обеспечение в виде соответствующего программного обеспечения в совокупности с разработанной установкой [2] позволяет в автоматическом режиме проводить испытание электрических соединителей с измерением сил со-

членения и расчленения с требуемыми режимами испытаний. Это позволяет повысить точность и производительности испытаний, а так же исключить действие человеческого фактора. Алгоритмическое обеспечение позволяет работать установке в нескольких режимах, обеспечивает контроль и самодиагностику системы с возможностью настройки параметров перемещения и выдачу информации о результатах проведенного испытания.

Список литературы

1. ГОСТ 23784. Соединители низкочастотные низковольтные и комбинированные. Технические условия М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. 24 с.
2. Пат. РФ № 20171300135, 25.09.2017. Установка для измерения усилия сочленения и расчленения соединителей // Патент России № 177529. 2017/ Сырых А.Д., Акулов П.А.
3. Акулов П.А., Петрешин Д.И. Автоматизированная установка измерения силы сочленения и расчленения единичного контакта электрического соединителя // Вестник Брянского государственного технического университета. 2017. № 5 (58). С. 66-72.
4. СПК1xx. Панель оператора программируемая (панельный контроллер). Руководство по эксплуатации / ОБЕИ. URL: http://www.owen.ru/uploads/re_spc1xx_1760.pdf.
5. Контроллер шагового двигателя OSM -17RA/OSM -42RA. Прошивка OSM MB. Полное описание и руководство по эксплуатации. Версия 25-0413 / ООО «Онитекс». СПб., 2013. URL: http://onitex.ru/files/Documentation/OSM/datasheet_OSM17RA_OSM42RA.pdf.

Поступила в редакцию 23.07.18

UDC 681.3.015; 681.5.08

P.A. Akulov, Post-Graduate Student, Bryansk State Technical University (Bryansk. Russia)
(e-mail: akulov.paul@mail.ru)

D.I. Petreshin, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University (Bryansk. Russia) (e-mail: dipetreshin@yandex.ru)

ALGORITHMIC SUPPORT OF THE CONTROL SYSTEM OF FORCE OF JOINT AND DISJOINT OF ELECTRICAL CONNECTORS

A description is given of an installation for measuring the force of joint and disjoint of electrical connectors. The structure of the installation is described. The developed algorithm of the installation allows testing connectors in several modes of operation with the possibility of editing parameters, performs self-diagnostics of the system and displays the measurement results both on the screen and of external storage medium.

Key words: electrical connector; force of joint; force of disjoint; automatic mode; algorithm of operation.

DOI: 10.21869/2223-1560-2018-22-4-94-103

For citation: Akulov P.A., Petreshin D.I. Algorithmic Support of the Control System of Force of Joint and Disjoint of Electrical Connectors. Proceedings of the Southwest State University, 2018, vol. 22, no. 4(79), pp. 94-103 (in Russ.).

Reference

1. GOST 23784. Soediniteli nizko-chastotnye nizkovol'tnye i kombinirovannye. Tehnicheskie uslovija. Moscow, 1998, 24 p.

2. Pat. RF № 20171300135, 25.09.2017. Ustanovka dlja izmerenija usilija sochlenenija i raschlenenija soedinitelej// Patent Rossii № 177529. 2017/ Syryh A.D., Akulov P.A.

3. Akulov P.A., Petreshin D.I. Avtomatizirovannaja ustanovka izmerenija sily sochlenenija i raschlenenija edinichnogo kontakta jelektricheskogo soedinitelja. *Vestnik*

Brjanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2017, no. 5 (58), pp. 66-72.

4. SPK1hh. Panel' operatora programmiruemaja (panel'nyj kontroller). Rukovodstvo po jekspluatacii / OVEN. URL: http://www.oven.ru/uploads/re_spc1xx_1760.pdf.

5. Kontroller shagovogo dvigatelja OSM -17RA/OSM -42RA. Proshivka OSM MB. Polnoe opisanie i rukovodstvo po jekspluatacii. Versija 25-0413 / ООО «Oniteks». SPb., 2013. URL: http://onitex.ru/files/Documentation/OSM/datasheet_OSM17RA_OSM42RA.pdf.