

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ УСИЛИЯ СОЧЛЕНЕНИЯ И РАСЧЛЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОЕДИНИТЕЛЯ

П.А. Акулов (ФГБОУ ВО «БГУ»), А.Д. Сырых (ООО «КОНСТРУКТОР»)

*Предложена автоматизированная установка, позволяющая проводить контроль и измерение усилия сочленения и расчленения электрических соединителей. Описана структура механической и электрической части разработанного устройства. Применение установки позволит увеличить производительность и точность проведения рассматриваемой контрольной операции.*

*Ключевые слова: соединители, методы контроля, испытания, усилие сочленения, усилие расчленения, измерительная установка.*

### Введение

Процесс производства электрических соединителей относится к категории трудоемких и высокотехнологичных. Автоматизация технологических операций, как минимум, самых ответственных и трудоемких, позволяет исключить из технологического процесса человеческий фактор. Применение автоматизированных методов контроля в совокупности с тестовым оборудованием нового поколения и соответствующей нормативно-технической базой дают возможность значительно повысить качество и эффективность производства за счет мониторинга текущего состояния производства и своевременного внесения упреждающих воздействий в технологический процесс [1].

В процессе производства электрический соединитель проходит множество испытаний, в том числе контроль усилия сочленения и расчленения.

Автоматизация контроля усилия сочленения и расчленения электрических соединителей позволяет значительно снизить трудоемкость этой операции и максимально исключить влияние человеческого фактора на объективность результатов контроля.

Цель работы — повышение производительности и точности контроля усилия сочленения и расчленения электрического соединителя за счет автоматизации процесса.

Усилие сочленения электрического соединителя определяют как усилие, которое необходимо приложить к паре вилка-розетка сочленяемого соединителя, для их полного сочленения. Усилие сочленения зависит от усилий сочленения отдельных контактных пар, сил трения, создаваемых центрирующими, направляющими, фиксирующими, кодирующими и другими элементами конструкции соединителя с учетом погрешностей их расположения в соединителе [1].

Аналогично определяется усилие расчленения электрических соединителей.

Проведению испытаний с определением усилия сочленения и расчленения отдельных контактов электрических соединителей с контрольным штырем-калибром посвящено достаточно много работ как отечественных авторов [1–3], так и зарубежных [4–7].

Однако разработке установок, позволяющих проводить измерения усилия сочленения и расчленения электрических соединителей в целом, уделено недостаточно внимания.

Нормативные документы<sup>1</sup>, регламентирующие проведение испытаний с контролем усилия сочленения и расчленения электрических соединителей, определяют требования к проведению таких испытаний, в том числе:

1) максимально допустимые значения усилия сочленения-расчленения задаются в технических условиях на конкретный тип соединителя. В технически обоснованных случаях на конкретный тип соединителей может быть установлено минимальное и максимальное значение усилия сочленения-расчленения;

2) контроль усилия сочленения-расчленения осуществляется любым методом, обеспечивающим измерение усилия, направленной вдоль оси смыкания и размыкания;

3) скорость перемещения вилки и розетки относительно друг друга не должна превышать 10 мм/с, причем перемещение должно производиться без ускорений;

4) за величину усилия сочленения-расчленения следует принимать среднее арифметическое значение пяти результатов последовательных измерений.

В настоящее время на многих отечественных предприятиях измерение усилия сочленения и расчленения электрических соединителей проводится вручную при помощи специализированных установок (рис. 1).

Алгоритм проведения испытаний заключается в следующем: соединители помещаются в соответствующие посадочные места, конструкция которых зависит от типа испытываемых

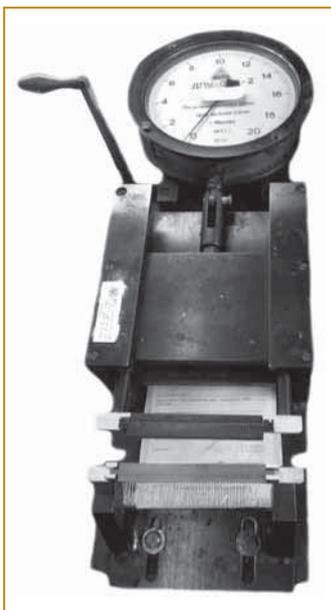
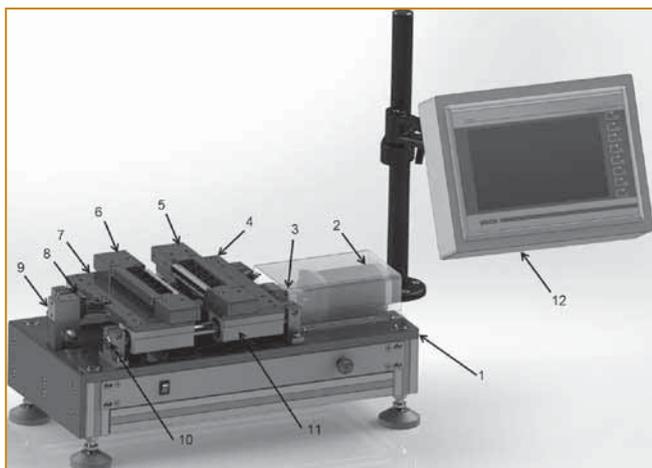
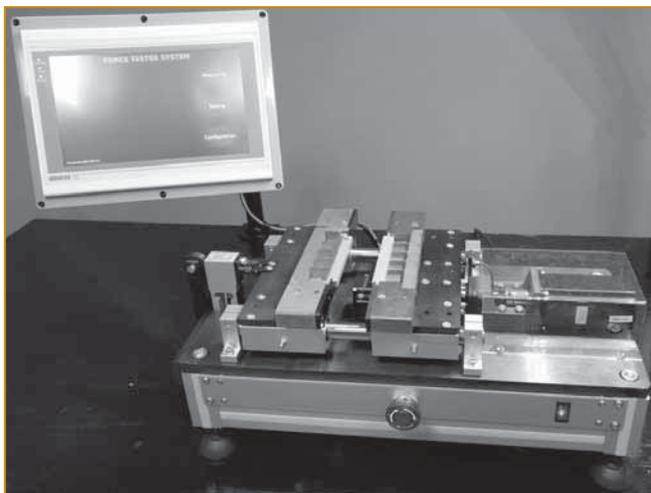


Рис. 1. Внешний вид установки для измерения усилия сочленения-расчленения электрических соединителей

<sup>1</sup> ГОСТ 23784. Соединители низкочастотные низковольтные и комбинированные. Технические условия. М.: Изд. стандартов. 1998. 24 с.



а)



б)

Рис. 2. Автоматическая установка контроля усилия сочленения и расчленения электрических соединителей  
а – 3D-модель; б – внешний вид установки

электрических соединителей, после чего оператор с помощью рукоятки осуществляет сочленение и расчленение испытуемой пары, визуально контролируя показания стрелочного динамометра [8].

Очевидно, что применение ручного привода не может гарантированно обеспечить ни требуемую скорость сочленения-расчленения испытуемых электрических соединителей, ни однозначной фиксации максимального значения усилия при проведении испытаний. Кроме того, применяемые в настоящее время динамометры способны отображать значение прилагаемого усилия только в одном направлении, вследствие чего для регистрации усилия сочленения и усилия расчленения электрических соединителей применяются различные модификации установок, что значительно усложняет процесс проведения испытаний.

В настоящее время разработана и изготовлена установка [8] для автоматизированного контроля усилия сочленения и расчленения электрических соединителей. Установка является базовой (универсальной) для испытуемых соединителей, то есть для испытания конкретного типа разъема необходимо

установить на основные базовые плиты соответствующую испытательную оснастку (обоймы).

Рассмотрим ключевые узлы и принцип работы предлагаемой автоматической испытательной системы (рис. 2). Установка содержит основание со станиной (1) из алюминиевого конструкционного профиля, подвижную (4) и неподвижную (7) базовые плиты, шаговый двигатель (2) с ходовым винтом (3), тензометрический датчик (9) и модуль управления (12) с сенсорным экраном. Неподвижная и подвижная базовые плиты установлены на направляющих (10) при помощи линейных подшипников качения (11), при этом подвижная базовая плита жестко связана с гайкой шарико-винтовой передачи (ШВП) (на рисунке не показана), а неподвижная — с тензометрическим датчиком с помощью кулисного механизма (8), что позволяет передавать усилие на тензометрический датчик с минимальными потерями на трение в линейных подшипниках неподвижной базовой плиты и компенсировать изгиб тензометрического датчика в процессе измерений. Расположение подвижной и неподвижной базовых плит на одних и тех же направляющих обеспечивает высокую соосность перемещения базовых плит друг относительно друга. Испытуемые разъемы устанавливаются в обоймы (5, 6).

Поскольку данная установка относится к классу измерительных устройств, то для нее обязательна процедура прохождения сертификации и поверки. Для этого в ее конструкции предполагается использование специального поверочного приспособления (на рисунке не показано). Это приспособление представляет собой кронштейн с роликом, выполняющим роль блока, через который протягивается тросик, к которому прикрепляется калиброванный груз. В программном обеспечении установки для этого используется режим «Калибровка», в котором пользователю необходимо ввести величину используемого калиброванного груза, а установка самостоятельно пересчитывает коэффициент преобразования сигнала тензометрического датчика в величину фиксируемого усилия. Далее полученный коэффициент преобразования и штамп даты-времени проведения калибровки заносится в отдельный журнал калибровок, расположенный в нестираемой области энергонезависимой памяти блока управления.

Применение тензометрического датчика «одноточечного» типа позволяет реализовать измерение усилия сочленения и усилия расчленения испытуемого соединителя за один цикл сочленения и последующего его расчленения.

Применение специализированного контроллера шагового двигателя позволяет обеспечить поддержание с высокой точностью параметров перемещения и позиционирования подвижной базовой плиты относительно неподвижной по командам от модуля управления. При этом у пользователя есть возможность установить не только скорость перемещения подвижной плиты, но и требуемые параметры разго-

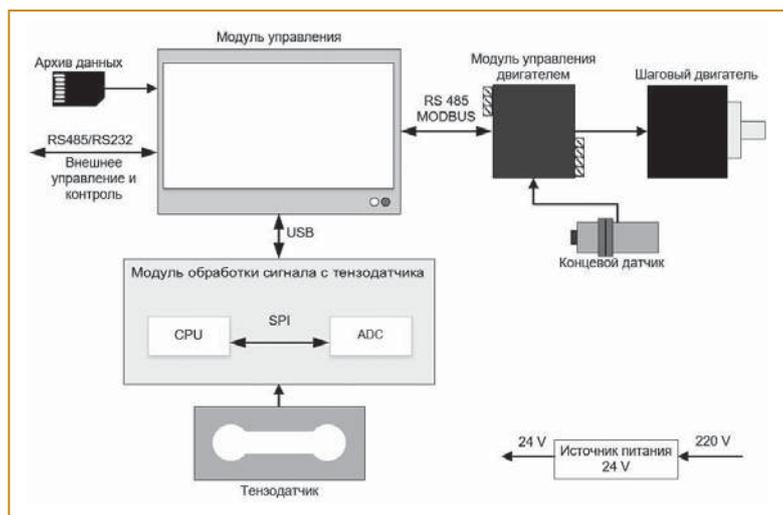


Рис. 3. Блок-схема электрической части установки

на и торможения, ток в обмотках шагового двигателя, параметры дробления шага и параметры перехода шагового двигателя в режим «сна» для уменьшения тепловыделения в его обмотках во время простоя.

Обработка сигнала тензометрического датчика реализована с помощью специализированного модуля АЦП собственной разработки. К особенностям реализации данного модуля следует отнести:

- 1) реализацию знакопеременного питания тензометрического датчика, что минимизирует влияние термо-ЭДС и контактной разности потенциалов в соединительных проводах на результаты измерений;
- 2) последующую цифровую фильтрацию потока данных для минимизации помех от промышленной сети питающего напряжения.

Цифровой фильтр представляет последовательное включение КИХ (FIR)-фильтра и sinc3-фильтра, работа которых синхронизирована как между собой, так и с переключением знака питающего напряжения тензометрического датчика. Кроме того, ступенчатое (скачкообразное) изменение измеряемого параметра приводит к сбросу накопленных результатов sinc3-фильтра для ускоренной обработки вновь получаемых данных. Такое использование цифровой фильтрации дает возможность существенного подавления сигналов с частотой питающей сети 50 Гц и на кратных частотах (100, 150 и 200 Гц) при сохранении быстродействующей реакции на ступенчатое (скачкообразное) изменение параметров усилия, фиксируемое тензометрическим датчиком.

Специализированный модуль обработки тензометрического датчика (при работе с тензометрическим датчиком с максимальным регистрируемым усилием до  $\pm 50$  кг) обеспечивает точность измерения усилия не хуже  $\pm 10$  гр. Несмотря на это, суммарная погрешность установки в целом возрастает до  $\pm 100$  гр. за счет силы трения в линейных подшипниках неподвижной базовой плиты.

Блок-схема электрической части разработанной установки представлена на рис 3.

В качестве модуля управления установки использован сенсорный панельный контроллер типа СПК110. Программное обеспечение модуля управления реализовано в среде CoDeSys 3.5.5.

Модуль управления двигателем реализован с помощью контроллера OSM-42RA.

Взаимодействие модуля управления с сенсорным экраном и модуля обработки сигнала от тензометрического датчика реализовано при помощи высокоскоростной шины USB (FullSpeed), а взаимодействие с контроллером шагового двигателя — по шине RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Тензометрический датчик, примененный в разработанной установке, типа L6N с максимально допустимой нагрузкой  $\pm 50$  кг обеспечивает проведение испытаний всех основных типов электрических соединителей большой контактности.

В случае необходимости тензометрический датчик может быть достаточно просто заменен на другой (из этой же серии) с большим максимально допустимым значением регистрируемого усилия. При необходимости реализовывать большие усилия сочленения и расчленения электрических соединителей, с целью устранения возможных «пропусков шагов» шагового двигателя и увеличения точности перемещения на валу ШВП может быть установлен дополнительно инкрементальный датчик, фиксирующий угловые перемещения винта ШВП с высокой точностью.

Перед проведением испытаний необходимо закрепить на подвижной и неподвижной базовых плитах соответствующие обоймы для испытываемых электрических соединителей, позиционирование которых осуществляется при помощи штифтов и винтов. Унификация посадочных отверстий в базовых плитах и обоймах значительно упрощает процесс смены оснастки для различных типов испытываемых соединителей. В связи с тем, что обоймы, устанавливаемые на базовые плиты, однозначно связаны с типом и конструкцией испытываемого электрического соединителя, на них могут быть установлены «идентификаторы», например микросхема энергонезависимой памяти (EEPROM), которая сообщит модулю управления о типе установленной обоймы и требуемых параметрах проведения испытаний выбранного типа электрического соединителя.

Каждый раз после включения установки проверяется функционирование отдельных узлов и модулей, выполняется процедура автоматического поиска точки смыкания («нулевой точки») базовых плит [9].

После определения положения подвижной и неподвижной плиты оператору необходимо вставить в обоймы испытываемые разъемы (вилку и розетку), выбрать на панели оператора тип испытываемого электрического соединителя и нажать на кнопку начала измерения.

Таблица. Экспериментальные значения измеренных усилий сочленения и расчленения соединителя ГРПМШ-1-31

№ измерения	Усилие сочленения, кгс	Усилие расчленения, кгс
1	4,77	5,41
2	4,85	5,38
3	4,89	5,38
4	5	5,46
5	5,24	5,72
Среднее значение усилия	4,95	5,47
Максимальное значение усилия	5,24	5,72

Автоматическое смыкание и размыкание электрических соединителей осуществляется при помощи перемещения подвижной плиты, которая приводится через ШВП крутящим моментом от шагового двигателя. Подвижная плита подъезжает к неподвижной плите — происходит процесс смыкания разъемов. Создаваемое усилие регистрируется тензодатчиком. После полного сочленения разъемов подвижная плита перемещается в противоположном направлении, происходит процесс размыкания с регистрацией усилий. При успешном завершении процесса измерений на экране сенсорной панели отображается всплывающее окно с результатами измерений (рис. 4). При этом отображаются средние значения усилия сочленения и расчленения, максимальные значения усилия сочленения и расчленения, зафиксированные во время проведения измерений.

В таблице представлены значения усилий сочленения и расчленения одного из электрических соединителей ГРПМШ-1-31, полученные при помощи автоматизированной установки. Согласно техническим условиям, данный соединитель должен обеспечивать усилие сочленения и расчленения  $\leq 4,5$  кгс. Поскольку зарегистрированные среднестатистические значения усилия сочленения и расчленения превышают допустимый предел, то можно сделать вывод о том, что испытанный соединитель не годен.

#### Заключение

Таким образом, разработанная установка позволяет в автоматическом режиме проводить измерение и контроль усилия сочленения и расчленения электрических соединителей в одном цикле с требуемыми режимами испытаний (число сочленений-расчленений, скорость, ускорение и расстояние перемещения подвижной плиты и т.д.), что способствует повышению точности и производительности процесса, а также исключает воздействие человеческого фактора. Установка является универсальной для испытываемых соединителей.

Натуральные эксперименты по определению точности установки показали, что погрешность определения усилия сочленения и расчленения разъема со-



Рис. 4. Визуализация окна с результатами измерения

ставляла  $\pm 10$  гр., нижний предел измеряемого усилия равен  $\pm 100$  гр., а точность и повторяемость перемещения подвижной плиты составили 0,02 мм и 0,005 мм соответственно.

#### Список литературы

1. Сафонов А.Л., Сафонов Л.И. О некоторых аспектах разработки и производства электрических соединителей. СПб: «Медиа Групп Файнстрит». 2015. 295 с.
2. Уткин Г.И., Чкан В.В., Марков В.В. Показатели назначения электрических соединителей, характеризующие техническое состояние контактов // Известия Орловского государственного технического университета. 2009. №6/278(577). с. 114-119.
3. Катунин А.Д., Лебедева Л.И. Актуальные проблемы контроля сил коммутации прямоугольных электрических соединителей // Известия Орловского государственного технического университета. 2014. №4(306). с. 139-143.
4. Hsu Y-L., Hsu Y-C., Hsu M-S. Shape optimal design of contact springs of electronic connectors // Journal of Electronic Packaging. 2002. Vol. 124(3). p. 178-183.
5. Horn J., Egenolf B. Shape optimization of connector contacts for reduced wear and reducer insertion force // AMP Journal of Technology. 1992. 52(2). p. 42-46.
6. Pan Jun, JIN Fan-jian, CHEN Wen-hua, et al. Structural analysis of electrical connector contacts and insertion-extraction test // Chine Mechanical Engineering. 2013. 24(12). p. 1636-1641.
7. Luo Yan-yan, Yang Jing-yu, Ren Yong-log, Zhank Yuan-lei, Li Wen-jun. Simulation and experimental study on plug and pull characteristic of electrical connector contact // Chinese Journal of Engineering Design. 2017. V. 24(2). p. 168-174.
8. Акулов П.А., Петрешин Д.И., Сырых А.Д. Автоматизация испытаний электрических соединителей // Автоматизация и измерения в машино-приборостроении. 2018. №3. с. 100-106.
9. 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. 94-104.

Акулов Павел Александрович — аспирант ФГБОУ ВО «БГТУ»,  
Сырых Андрей Дмитриевич — генеральный директор ООО «КОНСУТРУКТОР».  
E-mail: Akulov.Paul@mail.ru, Andrew@Syrkh.com