

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ МИНИАТЮРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

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

Описана автоматизированная установка для измерения силы сочленения/расчленения миниатюрных электрических соединителей. Представлена методика выбора тензометрического датчика в зависимости от требований по максимально допустимому смещению разъемов, а также допустимому диапазону измеряемых сил. Применение данной установки позволяет проводить высокоточные испытания соединителей, сила сочленения/расчленения которых может иметь значение менее 0,98 Н.

Ключевые слова: электрический соединитель, измерительная система, испытания, сила сочленения, сила расчленения.

Введение

На сегодняшний день вся электронная техника модернизируется и развивается колоссальными темпами. Все это приводит к необходимости разработки и внедрения новой материально-технической базы. Поскольку электрический соединитель является практически незаменимым компонентом при передаче цифрового или аналогового сигнала, то в условиях миниатюризации электронной техники и высокой плотности расположения компонентов такие же требования к миниатюризации и увеличению плотности контактов предъявляются и к соединителям. В связи с этим идет активная разработка и освоение миниатюрных электрических соединителей нового поколения с тенденцией к уменьшению силы сочленения/расчленения [1, 2].

В работах [3–5] отмечается, что сила сочленения/расчленения является одним из основных показателей, характеризующим работоспособность электрического соединителя.

Постановка задачи

Разработанная автоматизированная установка для измерения/контроля вышеописанного параметра [6] позволяет повысить точность и производительность проводимых испытаний. Однако основным фактором, ограничивающим применение данной установки для проверки заданного уровня качества миниатюрных соединителей со значением сил сочленения/расчленения менее чем 0,98 Н, является наличие силы трения в линейных направляющих [7]. Данная особенность связана с тем, что одна из базовых плит (неподвижная), которая связана с тензометрическим датчиком, регистрирующим силу во время проведения испытания, опирается на направляющие.

Решение задачи

Одним из вариантов решения данной проблемы может быть

применение альтернативной конструкции с вертикальной осью перемещения плит. Однако в этом случае неизбежно использование отдельных технологических позиционеров и фиксаторов соединителей, которые усложняют конструкцию оснастки для крепления разъемов. В связи с этим в установке, описанной в [6], не случайно была выбрана конструкция с горизонтальной осью перемещения. При такой компоновке большинство из испытываемых типов электрических соединителей свободно устанавливаются в посадочные «карманы» технологической оснастки с определенным зазором, обеспечивающим самоцентрирование. Кроме того, даже в случае применения дополнительных механических или пневмоприжимов оснастки их вес в данной конструкции никак не влияет на результаты измерения. Более подробно предлагаемая концепция технологической оснастки представлена в [8].

Второй способ, снижающий силу трения, заключается в изменении типоразмера линейных направляющих и применении одинарных линейных подшипников. Так, в автоматизированной установке [6] базовая плита опирается на цилиндрические направляющие диаметром 20 мм через модуль с удлиненными шариковыми втулками, что обеспечивает большую статическую и динамическую грузоподъемность конструкции. В работе [9] показано, что уменьшение типоразмера линейных направляющих с использованием одинарного подшипника позволяет уменьшить силу трения до величины 0,098...0,284 Н (10...30 гс) и значение измеряемой силы до величины 0,196...0,588 Н (20...60 гс). Также рассматривается вариант замены типа направляющих с более низким коэффициентом трения: гидростатические, магнитные, аэростатические. Однако применение таких направляющих приводит к существенному увеличению стоимости разрабатываемого испытательного оборудования.

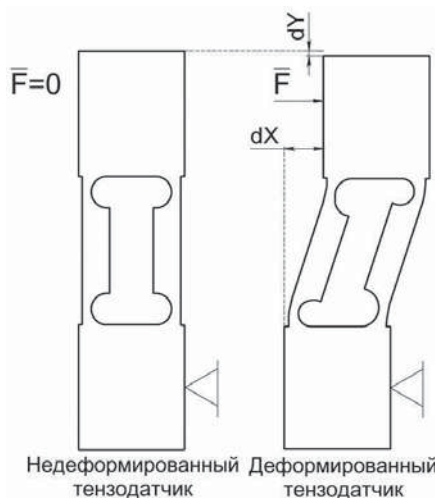


Рис. 1. Внешний вид недеформированного и деформированного тензодатчика

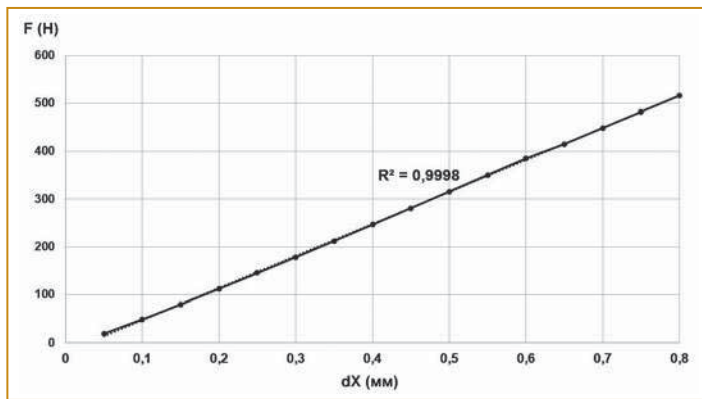


Рис. 2. Зависимость деформации dX тензодатчика Single Point серии L6N от величины приложенной силы

базовой плиты на тензометрический датчик, а также во избежание ситуаций, когда из-за смещения пара электрических соединителей деформируется, необходимо проанализировать величины отклонений dX и dY , а также возникающие при этом силы, регистрируемые тензодатчиком.

При помощи установки [6], где используется тензодатчик L6N-C3-50kg-3B6, было экспериментально определено, что тензометрический датчик при номинальном рабочем диапазоне (0...490 Н) деформируется по оси X на величину до 0,8 мм при линейной зависимости величины деформации от приложенной силы (с достоверностью аппроксимации 99,98%). На рис. 2 представлен график зависимости величины деформации dX (в мм) от регистрируемой силы [9].

Непосредственное измерение деформации dY на датчике вызывает ряд сложностей, поэтому для оценки ее величины в зависимости от приложенной силы, было использовано численное моделирование в среде SolidWorks. При этом в качестве подтверждения корректности результатов моделирования выступали результаты зависимости $dX(F)$, полученные ранее экспериментально [9].

На рис. 3 представлены схемы, используемые при моделировании деформации тензодатчика.

Результаты моделирования представлены в табл. 1 [9]. Угол, на который при этом будет отклоняться электрический соединитель (угол несоосности),

размещенный на неподвижной плите, будет равен: $\varphi = \arctan(dY/dX)$.

Из табл. 1 видно, что среднее значение угла несоосности составляет величину $3,4^\circ$ и слабо зависит от приложенной силы и материала тензодатчика.

Отметим, что применяемый тип тензодатчика (L6N) имеет несколько номиналов с различной мак-

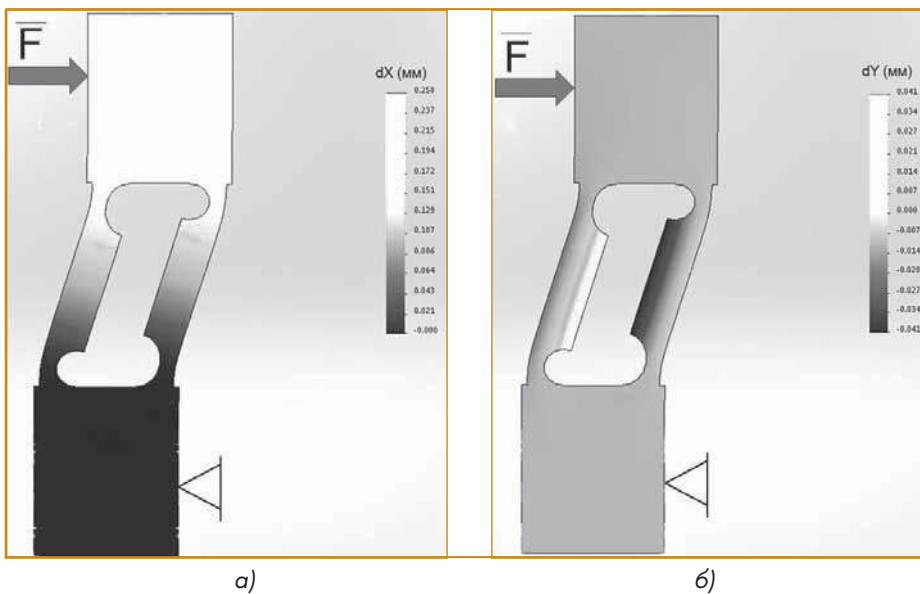


Рис. 3. Схемы моделирования деформации тензодатчика: а) по оси X ; б) по оси Y

Третьим и наиболее целесообразным решением является установка неподвижной базовой плиты непосредственно на тензодатчик. Но в этом случае при разработке установки требуется учесть несколько особенностей, чтобы проводить испытания миниатюрных соединителей с низким значением силы сочленения/расчленения.

Учет деформации тензодатчика

В работе [10] рассмотрены процессы деформации тензометрического датчика типа Single Point. Как следует из результатов моделирования в САПР SolidWorks при прикладывании к тензодатчику силы по оси сочленения/расчленения электрических соединителей кроме деформации по данной оси (dX на рис. 1) возникает компонента в перпендикулярном направлении (dY на рис. 1), приводящая к нарушению соосности в процессе сочленения/расчленения испытуемых электрических соединителей. В таком случае для повышения точности проводимых измерений с учетом конструктивных особенностей по креплению неподвижной

Табл. 1. Результаты моделирования тензодатчика Single Point L6N

dX , мм	Материал: Д16Т		Материал: 12Х18Н10Т		Материал: Сталь 40Х	
	dY , мм	φ , °	dY , мм	φ , °	dY , мм	φ , °
0,1	0,006	3,434	0,006	3,434	0,006	3,434
0,2	0,012	3,434	0,012	3,434	0,012	3,434
0,3	0,018	3,434	0,017	3,243	0,017	3,243
0,4	0,024	3,434	0,023	3,291	0,023	3,291
0,5	0,03	3,434	0,029	3,319	0,029	3,319
0,6	0,035	3,338	0,035	3,338	0,035	3,338
0,7	0,041	3,354	0,041	3,352	0,041	3,352

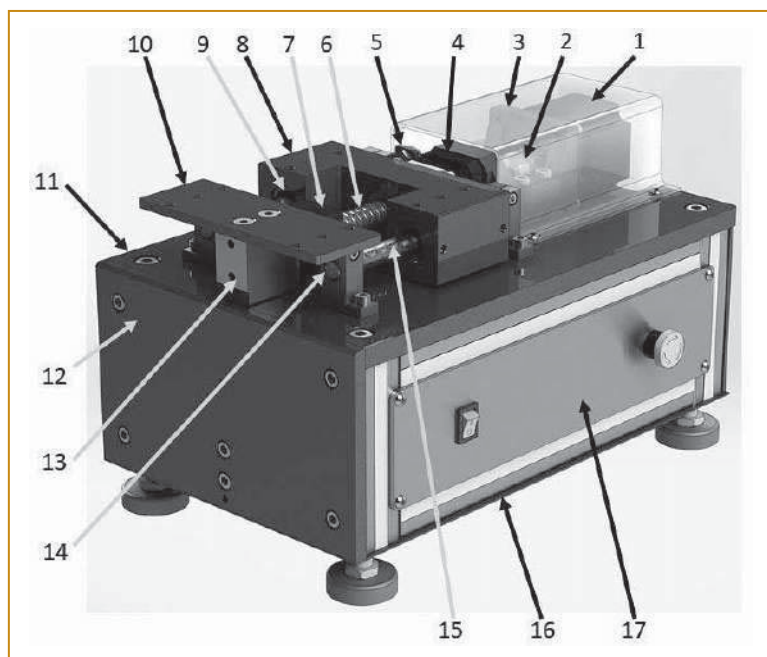


Рис. 4. Установка для измерения сил сочленения и расчленения миниатюрных электрических соединителей

симально воспринимаемой силой в диапазоне 29,4 Н...980 Н (3...100 кгс). Тот факт, что вся серия датчиков указанного типа обладает одинаковой чувствительностью (порядка 2 мВ/В) свидетельствует о том, что датчики всей серии испытывают одинаковую деформацию dX (и, как следствие, dY) при прикладывании к ним не только номинальной нагрузки. Таким образом, данная особенность позволяет вычислить в случае необходимости, какое значение силы (F) будет регистрировать тензометрический датчик в искомом значении по смещению dX по формуле:

$$F = dX * F_{\text{ном.}} / dX_{\text{ном.}}$$

где $dX_{\text{ном.}}$ и $F_{\text{ном.}}$ — фактически определенные значения по смещению и возникающей при этом силе (рис. 2).

Тогда, если угол наклона электрического соединителя величиной $3,4^\circ$, возникающий при деформации тензодатчика, не является критическим для проведения испытаний, а величина возникающего смещения dY оказывается недопустимой, то можно искусственно ограничить смещение dY требуемым значением.

Табл. 2. Технические характеристики установок для измерения силы сочленения/расчленения электрических соединителей

№	Параметр	Установка измерения силы с двумя подвижными базовыми плитами	Установка измерения силы с одной подвижной базовой плитой
1	Максимальная/минимальная измеряемая сила, Н	490/0,98	49/0,1192
2	Погрешность измерения силы, Н	0,098	0,0196
3	Точность соосности перемещения разъемов по dY , мм	0,01*	0,024

*В данном случае точность соосности перемещения связана с деформацией направляющих при силе сочленения 490 Н.

Это возможно реализовать использованием тензодатчика с большим пределом измерения, у которого при заданной силе величина dY будет меньше допустимой величины смещения при соответствующем меньшем значении величины dX . В таком случае минимальное фиксируемое значение силы будет определяться разрешающей способностью используемой схемы обработки сигнала тензодатчика и погрешностью измерения выбранного типоразмера тензодатчика.

Разработка конструкции установки для измерения силы сочленения/расчленения миниатюрных электрических соединителей

На рис. 4 представлен внешний вид автоматизированной установки измерения сил сочленения/ расчленения миниатюрных электрических соединителей с одной подвижной плитой.

Данная установка содержит основание (11), закрепленное на станине из алюминиевого профиля (16), подвижную плиту (8), перемещающуюся через линейные подшипники (9) по направляющим (15), закрепленным в опорах (14), при помощи шарико-винтовой передачи (ШВП) (6). Винт ШВП крепится в подшипниковых опорах (4, 7) и соединен муфтой (2) с валом шагового двигателя (1), закрепленного в держателе (3). Неподвижная плита (10) опирается на тензометрический датчик (13), крепящийся к поперечине (12). Органы управления установкой (контроллер шагового двигателя, блок обработки сигнала тензодатчика и источник питания) расположены в корпусе (17). Определение начального положения подвижной плиты после включения установки осуществляется при помощи концевого выключателя (5).

Технологическая оснастка с испытуемыми разъемами устанавливается на подвижную и неподвижную плиты.

Для получения детализированных данных о результатах тестирования и измерения установка опционально может автоматически генерировать файлы протокола и сохранять их на Flash-карту. Дополнительно установка может формировать поток данных о величине силы, фиксируемой тензометрическим датчиком внешним системам сбора и обработки данных.

В табл. 2 представлено сравнение основных технических характеристик разработанных установок для измерения силы сочленения/расчленения электрических соединителей.

Вывод

В данной работе была показана принципиальная возможность разработки и реализации специализированной установки, позволяющей проводить измерения/контроль

... миниатюры зачастую живут дольше толстых романов.

Стефан Цвейг

силы сочленения/расчленения миниатюрных электрических соединителей, где один из испытуемых соединителей устанавливается напрямую на посадочную площадку, закрепленную на тензодатчике.

Установлены ограничения по несоосности (углу и смещению), возникающей при деформации тензодатчика при проведении испытаний, связанные с особенностями представленной конструкции.

Полученные результаты должны быть учтены и в том случае, если необходимо использовать тензометрический датчик для контроля силы сочленения/расчленения отдельных контактов [11], в которых штырь—каблир, установленный непосредственно на тензодатчике в процессе проведения испытаний контактов также испытывает отклонения от оси перемещения.

Разработанная конструкция испытательной установки позволяет в отличие от аналога [6] измерять меньшие значения сил, возникающие при сочленении/расчленении электрических соединителей.

Список литературы

1. Еремин А., Киселев А., Шадрин А. Пути развития производства прямоугольных низкочастотных соединителей России // Современная электроника. 2013. № 6. С. 12-16.
2. Пивоваров В., Сафонов Л., Хохлов И. Анализ мировых тенденций развития и проблем производства электрических соединителей // Компоненты и технологии. 2007. № 2. С. 1-4.
3. Уткин Г.И., Чкан В.В. Показатели назначения электрических соединителей, характеризующие техническое состо-

яние контактов // Известия ОрелГТУ: Стандартизация и управление качеством. 2009. № 6. 278 (577). — С. 114-119.

4. Jun P., Fangjian J., Wenhua C., Ping Q. Structural Analysis of Electrical Connector Contacts and Insertion—Extraction Test // China Mechanical Engineering. 2013. 24 (12). P. 1636-1641.
5. Li Y., Zhu F., Chen Y., Duan K., Tang K., Liu S. Analysis of insertion force of electric connector based of FEM // IEEE 21st International Symposium on the Physical and Failure Analysis of Integrated Circuits (IPFA). P. 195-198.
6. Акулов П.А., Сырых А.Д. Автоматизированная установка контроля усилия сочленения и расчленения электрического соединителя // Автоматизация в промышленности. 2019. № 1. С. 48-51.
7. Акулов П.А., Петрешин Д.И. Обоснование выбора направляющих для автоматизированного испытательного оборудования // Измерения, контроль, диагностика. 2019. № 3. С. 1-10.
8. Акулов П.А., Петрешин Д.И. Разработка технологической оснастки для автоматизированной установки контроля электрических соединителей // Вестник современных исследователей. 2019. № 8. С. 5-16.
9. Акулов, П.А. Обеспечение проведения испытаний миниатюрных электрических соединителей / П. А. Акулов, Д. И. Петрешин // Материалы международной научно-технической конференции «Обеспечение и повышение качества изделий машиностроения и авиакосмической техники». 2020. С. 303-307.
10. Акулов П.А., Петрешин Д.И. Необходимость применения компенсирующего механизма в конструкции установки измерения сил сочленения—расчленения электрических соединителей // Сб. тр. III международной научно-практич. конференции «САПР и моделирование в современной электронике». 2019. С. 3-8.
11. Акулов П.А., Петрешин Д.И. Автоматизация контрольной операции проверки электрических соединителей // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73. № 6. С. 257-262.

Акулов Павел Александрович — аспирант,

Петрешин Дмитрий Иванович — д-р техн. наук, доц., директор УНТИ, ФГБОУ ВО «БГТУ»

Сырых Андрей Дмитриевич — генеральный директор ООО «КОНСТРУКТОР»

E-mail: Akulov.Paul@mail.ru, dipetreshin@yandex.ru, Andrew@Syrykh.com

Новый способ мониторинга цифрового электропривода во взрывоопасных зонах

Компания АБВ представит новые интеллектуальные датчики Smart Sensor для взрывозащищенного оборудования на Hannover Messe 2020 - мировой технической выставке. Новый продукт расширяет область применения интеллектуальных датчиков АБВ с конструкцией нового поколения для силовых агрегатов во взрывоопасных зонах. Предприятия химической и нефтегазовой промышленности теперь смогут использовать экономически эффективный способ мониторинга состояния своего взрывозащищенного оборудования в широком спектре установок.

Беспроводные датчики Smart Sensor мониторят ключевые параметры и дают детальную информацию о состоянии и производительности таких установок, как электрические двигатели и насосы. Состояние оборудования, установленного в труднодоступных и опасных местах теперь можно отследить дистанционно. Объединение возможностей непрерывного мониторинга и анализа данных означает, что пользователи могут заранее планировать техническое обслуживание оборудования, сократить время простоя и продлить срок его службы.

Новые датчики оснащены батареей, которая работает в три раза дольше, чем любые другие аналоги. Они полностью герме-

тичны, имеют степень защиты IP66/67 и могут быть установлены прямо на оборудование за пару минут при помощи простейшего монтажного кронштейна.

Осуществлять связь с датчиком можно с помощью смартфона, планшета, ПК и стационарного роутера, благодаря современным технологиям Bluetooth и WirelessHART. Новая конструкция антенны увеличила относительную зону покрытия сенсора, и теперь осуществлять связь с сенсором возможно на расстоянии пары сотен метров (без преград).

Еще одна отличительная характеристика нового продукта - улучшенная чувствительность датчика к малейшим изменениям состояния оборудования. Благодаря этому есть возможность заблаговременно сообщить о зарождающемся повреждении подшипника. Эта возможность генерировать большой объем данных существует благодаря взаимодействию современной интегрированной электроники и уникальных алгоритмов, созданных на основе передового опыта АБВ в электроприводе. Это поможет пользователям и обслуживающему персоналу предупредить возможные выходы оборудования из строя, заблаговременно приняв необходимые действия.

[Http://new.abb.com](http://new.abb.com)