

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ СХВАТ С СИСТЕМОЙ СИЛОВОГО ОЧУВСТВЛЕНИЯ

А. А. МАРГУН, Д. Н. БАЗЫЛЕВ, К. А. ЗИМЕНКО, П. Д. ВАХВИЯНОВА

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: alexeimargun@gmail.com*

Представлен электромеханический неполноприводный схват (захватное устройство) с гибкими сочленениями и системой силового очувствления. Схват отличается малыми габаритами, массой и энергопотреблением, что позволяет использовать его в мобильных робототехнических устройствах. Ключевое преимущество разработанного устройства заключается в расширении области применения благодаря предложенной системе силового очувствления, которая позволяет оперировать хрупкими объектами и неупруго деформируемыми объектами, а также объектами сложной геометрической формы. Другой особенностью представленного схвата является использование аддитивных технологий для изготовления деталей, обеспечивающих жесткость и целостность конструкции.

Ключевые слова: *электромеханический схват, неполноприводный схват, система силового очувствления, модульная конструкция*

Одним из активно развивающихся направлений робототехники является создание небольших мобильных робототехнических устройств, оснащенных различными схватами (см., например, [1—6]). Особый интерес уделяется неполноприводным схватам с гибкими сочленениями [1, 2, 4, 7], что обусловлено такими их преимуществами, как малые размер и масса; малое энергопотребление; простота конструкции, модульность; возможность использования аддитивных технологий при изготовлении деталей; возможность захвата предметов сложной геометрической формы.

Однако подобные конструкции, как правило, не содержат системы очувствления, что приводит к существенным недостаткам — отсутствию обратной связи и использованию малоэффективной стратегии управления „открыть—закрыть“. Эти факторы значительно сужают область применения рассматриваемого типа схватов, не позволяя оперировать хрупкими и неупруго деформируемыми объектами, а также манипулировать объектами сложной геометрической формы. Отсутствие неполноприводных схватов с гибкими сочленениями, обладающих системой очувствления, послужило основанием для проведения исследования, результаты которого представлены в настоящей статье.

В качестве основы для разработки такого захватного устройства был использован гриппер YaleOpenHand [1, 2]. Модель дифференциально управляемой пары пальцев данного схвата представлена на рис. 1. Сжатие-разжатие пальцев осуществляется за счет наматывания (разматывания) натяжной нити на шкив сервопривода, расположенного внутри корпуса схвата. Гибкие сочленения и контактная поверхность фаланг изготовлены из полиуретана различной жесткости. Помимо модульности системы и возможности управления схватом с помощью одного сервопривода данная модель обладает другим существенным преимуществом — основные детали (корпус, фаланги) могут быть изготовлены посредством 3D-печати. Это делает конструкцию более простой и дешевой в изготовлении по сравнению с другими типами схватов.

Тем не менее для внедрения системы силового очувствления и сохранения функциональности и модульности конструкции требуются существенные ее преобразования. Одна из задач связана с особым расположением датчиков, измеряющих силу взаимодействия, которые

должны располагаться непосредственно под контактной поверхностью в каждой фаланге пальцев. Также требуется проработка вопросов, связанных с укладкой проводов для подключения датчиков к блоку управления и сохранения модульности конструкции.

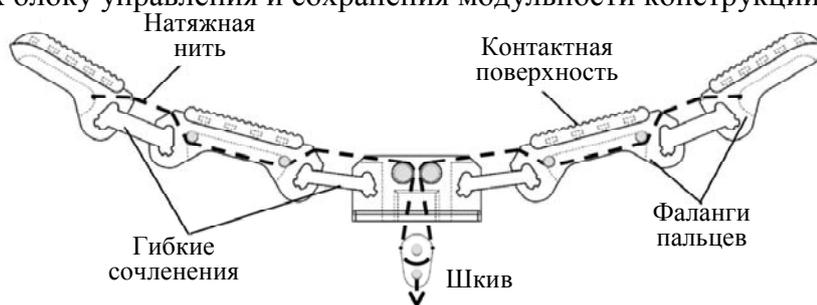


Рис. 1

Для решения указанных проблем на каждой из фаланг схвата система силового очувствления вместе с контактной поверхностью была представлена в виде съемных модулей. Информационная шина, по которой происходит обмен данными с каждым модулем, устанавливается вдоль пальца с обратной по отношению к контактной поверхности стороны, что исключает возможное перетирание проводов при эксплуатации схвата. На рис. 2 представлен съемный модуль, где в полость над датчиком измерения силы взаимодействия вставляется пластина с прикрепленной к ней контактной поверхностью. Данный модуль вставляется в полость в каждой фаланге пальца схвата (рис. 3). Таким образом, при встрече с препятствием (объектом оперирования) со всех встроенных модулей в фалангах пальцев данные о силе взаимодействия по информационной шине передаются на управляющий блок схвата. Отметим, что в этом случае при выходе из строя датчика измерения силы взаимодействия необходимо лишь заменить описанный модуль, подключив его к информационной шине (т.е. не требуется разборки-сборки всей конструкции, замены пальца и т.п.).

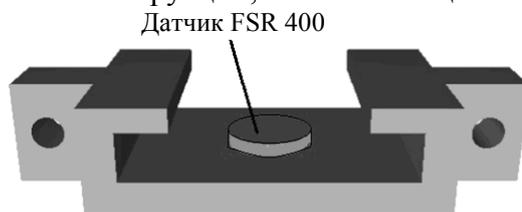


Рис. 2

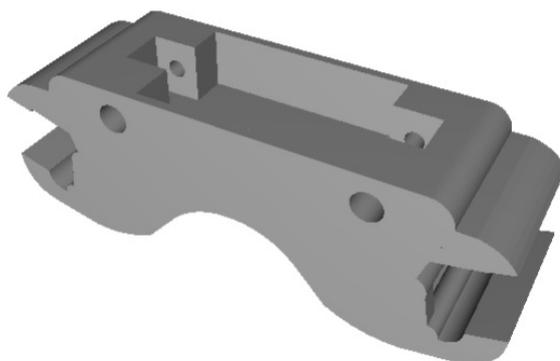


Рис. 3

Для измерения силы взаимодействия контактной поверхности с объектом манипулирования были выбраны резистивные датчики силы FSR 400 компании „Interlink Electronics“ [8]. Выбор обусловлен высокой чувствительностью датчиков и простотой подключения, а обширный размерный ряд датчиков позволит при необходимости легко масштабировать размеры схвата либо отдельных фаланг без изменения схем подключения.

На рис. 4 представлен неполноприводный схват с четырьмя пальцами (по 2 фаланги в каждом пальце) и встроенной системой силового оцувствления.

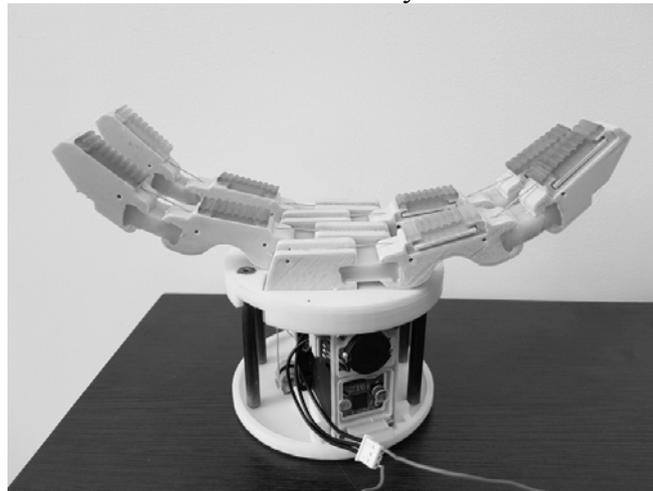


Рис. 4

Разработанный схват реализует идею об использовании силового оцувствления схвата с гибкими сочленениями. При этом были сохранены модульность, надежность конструкции (включая ремонтпригодность) и простота изготовления деталей (включая предлагаемый встраиваемый модуль) с помощью аддитивных технологий. Разработанная система силового оцувствления позволяет реализовывать системы управления схватом по обратной связи (например, ПИД-регулятор, гибридные алгоритмы и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ma R. R., Odhner L. U., Dollar A. M. A modular, open-source 3D printed underactuated hand // IEEE Intern. Conf. on Robotics and Automation (ICRA). 2013. P. 2722—2728.
2. Ma R. R., Dollar A. M. An underactuated hand for efficient finger-gaiting-based dexterous manipulation // IEEE Intern. Conf. on Robotics and Biomimetics (ROBIO). 2014. DOI: 10.1109/ROBIO.2014.7090666.
3. Смирнов А. Б., Крушинский И. А. Исследование пьезоэлектрического схвата с резонансным оцувствлением и микропозиционированием // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 2. С. 33—37.
4. Balasubramanian R., Belter J. T., Dollar A. M. External disturbances and coupling mechanisms in underactuated hands // Proc. of the ASME 2010 Intern. Design Engineering Technical Conf. & Computers and Information in Engineering Conf. 2010. P. 1—10.
5. Bicchi A. Hands for dexterous manipulation and robust grasping: a difficult road toward simplicity // IEEE Transact. on Robotics and Automation. 2000. Vol. 16(6). P. 652—662.
6. Choi M.-S., Lee D.-H., Park H., Kim Y.-J., Jang G.-R., Shin Y.-D., Park J.-H., Baeg M.-H., Bae J.-H. Development of multi-purpose universal gripper // Proc. of the 56th Annual Conf. of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE). 2017. DOI: 10.23919/SICE.2017.8105739.
7. Telegenov K., Tlegenov Y., Shintemirov A. A low-cost open-source 3-D-printed three-finger gripper platform for research and educational purposes // IEEE Access. 2015. Vol. 3. P. 638-647.
8. FSR 400 Data Sheet [Электронный ресурс]: <<https://www.digikey.com/en/product-highlight/i/interlink/fsr-400-round-force-sensing-resistor>>.

Сведения об авторах

Алексей Анатольевич Маргун

— канд. техн. наук; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; E-mail: alexeimargun@gmail.com

Дмитрий Николаевич Базылев

— Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; инженер; E-mail: bazylevd@mail.ru

Константин Александрович Зименко

— Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; мл. научный сотрудник; E-mail: kostyazimenko@gmail.com

Полина Денисовна Вахвианова

— Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; инженер; E-mail: golddrus@gmail.com

Поступила в редакцию
08.10.18 г.

Ссылка для цитирования: Маргун А. А., Базылев Д. Н., Зименко К. А., Вахвианова П. Д. Электромеханический схват с системой силового очувствления // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 1. С. 93—96.

ELECTROMECHANICAL GRIPPER WITH FORCE SENSING SYSTEM**A. A. Margun, D. N. Bazylev, K. A. Zimenko, P. D. Vakhviyanova***ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia**E-mail: alexeimargun@gmail.com*

An electromechanical underactuated gripper with flexible joints and a force sensing system is presented. The gripper is characterized by small size, weight, and energy consumption, which allows it to be used on mobile robotic devices. The key advantage of the developed device is the expansion of the field of application due to the proposed force sensing system enabling operation with fragile and inelastically deformable objects, as well as with objects of complex geometric shape. Another feature of the proposed gripper is the use of additive technologies for manufacture of parts that provide rigidity and structural integrity.

Keywords: electromechanical gripper, underactuated gripper, force sensing system, modular construction

REFERENCES

1. Ma R.R., Odhner L.U., Dollar A.M. *IEEE International conference on robotics and automation (ICRA)*, 2013, pp. 2722–2728.
2. Ma R.R., Dollar A.M. *IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 2014, DOI: 10.1109/ROBIO.2014.7090666.
3. Smirnov A.B., Krushinskiy I.A. *Journal of Instrument Engineering*, 2010, no. 2(53), pp. 33–37. (in Russ.)
4. Balasubramanian R., Belter J.T., Dollar A.M. *Proceedings of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*, 2010, pp. 1–10.
5. Bicchi A. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 2000, no. 6(16), pp. 652–662.
6. Choi M.-S., Lee D.-H., Park H., Kim Y.-J., Jang G.-R., Shin Y.-D., Park J.-H., Baeg M.-H., Bae J.-H. *56th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*, 2017, DOI: 10.23919/SICE.2017.8105739.
7. Telegenov K., Tlegenov Y., Shintemirov A. *IEEE Access*, 2015, no. 3, pp. 638–647.
8. *FSR 400 Data Sheet*, <https://www.digikey.com/en/product-highlight/i/interlink/fsr-400-round-force-sensing-resistor>.

Data on authors

- Alexey A. Margun** — PhD; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: alexeimargun@gmail.com
- Dmitry N. Bazylev** — ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; Engineer; E-mail: bazylevd@mail.ru
- Konstantin A. Zimenko** — ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; Junior Scientist; E-mail: kostyazimenko@gmail.com
- Polina D. Vakhviyanova** — ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; Engineer; E-mail: golddrus@gmail.com

For citation: Margun A. A., Bazylev D. N., Zimenko K. A., Vakhviyanova P. D. Electromechanical gripper with force sensing system. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 1. P. 93—96 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-1-93-96