

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛА ПОВОРОТА

В. А. ЗИНКОВ, В. М. МЕДУНЕЦКИЙ, А. А. ОЖИГАНОВ

*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru*

Представлен электромеханический прибор, предназначенный для получения текущей информации об угловом положении объекта. Прибор содержит два блока: механический редуктор и поворотный оптический энкодер. Для уменьшения массогабаритных характеристик электромеханического прибора предложено использовать цифровой преобразователь угла на основе квазициклической кодовой шкалы. Повысить точность измерения угла поворота выходного звена редуктора предлагается путем уменьшения мертвого хода в зацеплении за счет использования конусно-клиновых зубчатых венцов передачи.

Ключевые слова: измерение угла поворота, оптический энкодер, цифровой преобразователь угла, полимерные композиционные материалы, конусно-клиновые зубчатые венцы

В современных приборах и системах навигации для управления движением объектов достаточно широко используются преобразователи на основе электрических аналоговых и дискретных сигналов [1]. Известно, что на практике находят применение электромеханические датчики, предназначенные для получения информации об угловом положении различного вида объектов, в которые входят механический преобразователь (редуктор) и поворотный оптический энкодер [2]. Наиболее перспективными из энкодеров являются преобразователи угла, построенные по методу абсолютного отсчета, так как они в большей степени, чем другие, удовлетворяют требованиям по точности, быстродействию и помехоустойчивости. Однако широкому применению таких преобразователей в значительной мере препятствуют их более высокая стоимость, трудоемкость изготовления, а также несколько увеличенные габариты и масса. Это в первую очередь вызвано использованием в преобразователях кодовых шкал с маской, выполненной в обыкновенном двоичном коде или в коде Грея с числом кодовых дорожек, равной разрядности преобразователя.

В данной работе в качестве энкодера предлагается использовать цифровой преобразователь угла на основе квазициклической кодовой шкалы (КЦКШ). Энкодеры, с применением в качестве кодированного элемента КЦКШ, позволяют уменьшить в два раза его габаритные размеры. Это достигается за счет использования в n -разрядной кодовой шкале всего $n/2$ кодовых дорожек [3].

Применение в электромеханическом приборе энкодера на основе КЦКШ позволяет уменьшить массогабаритные характеристики механического преобразователя вращения (редуктора). Например, имеется возможность перейти от многоступенчатого редуктора к одноступенчатому.

Практика эксплуатации таких электромеханических приборов показала, что редуктор существенно влияет на точность измерения угла поворота. Известно, что основными эксплуатационными требованиями для редуктора являются: высокая кинематическая точность, минимальный мертвый ход и небольшая величина крутящего момента, прикладываемого к ведомому элементу привода [4]. Отметим, что мертвым ходом кинематической цепи называют величину рассогласования в движениях ведущего и ведомого звеньев при реверсе (перемене направления движения) из-за наличия зазоров в соединениях и упругих деформаций. Для уменьшения кинематического мертвого хода известны конструкции, которые позволяют регулировать зазоры в зоне зацепления при сборке или автоматически устранять их при вращении [5, 6]. Однако сложность изготовления, некоторое увеличение габаритов и массы конструкции, увеличение потерь на трение в зацеплении и в опорах не позволяют использовать их в рассматриваемых малогабаритных электромеханических приборах.

Для уменьшения кинематического хода в зацеплении можно предложить использовать в редукторе зубчатые колеса с так называемыми конусно-клиновыми венцами. Особенностью конусно-клинового зубчатых венцов является плавное изменение значения толщины зуба по линейному закону для каждого осевого сечения зубчатого колеса. При этом эвольвентный профиль остается одинаковым по всей ширине зубьев в осевом сечении. Например, изменение толщины зуба по его ширине (между двумя торцевыми плоскостями) составляет $0,2—0,25m$ (m — модуль зубчатых венцов). Это обеспечивает возможность регулировать зазор в зоне зубчатого зацепления путем взаимного осевого смещения сопрягаемых вращающихся деталей, что позволяет при определенных условиях выбрать его оптимальную величину [7].

Такие конусно-клиновые зубчатые колеса целесообразно изготавливать из конструкционных полимерных композиционных материалов (ПКМ). Для получения зубчатых колес из ПКМ целесообразно использовать технологию литья в силиконовые формы, которая позволяет получить небольшие партии изделий методом отлива в заранее подготовленные формы. Процесс изготовления форм и выполнения отливок в них относительно быстрый, а себестоимость по сравнению с литьем в металлические формы — невысокая [8, 9].

Можно также отметить, что зубчатые передачи на основе ПКМ по сравнению с металлическими передачами более легкие, малозумные, коррозионностойкие, имеют и сохраняют присущую им смазывающую способность. Преимуществом зубчатых колес из композитных полимеров перед металлическими колесами является не только пониженный уровень шума, но и большая эффективность (КПД) благодаря меньшим потерям на трение [10, 11].

Таким образом, повышение точности измерения угла поворота с помощью электромеханического прибора достигается за счет применения в редукторе зубчатых колес с конусно-клиновыми венцами из полимерных композиционных материалов, а использование энкодера на основе квазициклической кодовой шкалы позволяет еще и уменьшить массогабаритные характеристики всей конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник конструктора точного приборостроения / Под ред. К. Н. Явленского. Л.: Машиностроение, 1989. 792 с.
2. Капля В. И., Капля Е. В. Идентификация динамических характеристик энкодера // Датчики и системы. 2012. № 4.
3. Ожиганов А. А. Квазициклические кодовые шкалы для цифровых преобразователей угла малой и средней разрядности // Метрология. Приложение к журналу „Измерительная техника“. 2017. № 4. С. 25—31.
4. Элементы привода приборов: расчет, конструирование, технологии / Под ред. Ю. М. Плескачевского. Минск: Беларус. навука, 2012. 769 с.

5. Проектирование передаточного механизма. Учебное пособие / В. Д. Брицкий, М. А. Ноздрин, Г. Б. Заморуев, Б. П. Тимофеев, В. В. Биндюк, С. С. Резников, Ю. С. Монахов, М. В. Абрамчук, М. С. Ларин. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 155 с.
6. Горбунов С. А. Расчет основных параметров конусно-клинового зубчатого венца // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2006. № 5(28). С. 201—205.
7. Старжинский В. Е., Шилько С. В., Шалобаев Е. В. Технологии производства зубчатых колес из термопластичных полимерных материалов (Обзор) // Полимерные материалы и технологии. 2018. № 2. С. 6—31.
8. Старжинский В. Е., Шалобаев Е. В. Проектирование пресс-форм для точных пластмассовых колес с использованием технологии быстрого прототипирования // Прогрессивные технологии в машино- и приборостроении. Н. Новгород; Арзамас: НГТУ-АПИ, 2005. С. 28—29.
9. Typical Plastic Gear Applications [Электронный ресурс]: <<http://www.intechpower.com/products/gears/typical-gear-applications>> (Дата обращения: 4.09.2018).
10. Bartosch G. Polymers outperform metals in precision gearing. Intech Power Core, 2015 [Электронный ресурс]: <<https://www.designworldonline.com/polymers-outperform-metals-in-precision-gearing/>> (Дата обращения: 4.09.2018).

Сведения об авторах

- Владимир Александрович Зинков** — аспирант; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; E-mail: zinkov21@yandex.ru
- Виктор Михайлович Медунецкий** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; E-mail: vm57med@yandex.ru
- Александр Аркадьевич Ожиганов** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, факультет программной инженерии и компьютерной техники; E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru

Поступила в редакцию
03.12.18 г.

Ссылка для цитирования: Зинков В. А., Медунецкий В. М., Ожиганов А. А. Усовершенствование электромеханического прибора для измерения угла поворота // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 4. С. 400—403.

IMPROVEMENT OF AN ELECTROMECHANICAL DEVICE FOR MEASURING ROTATION ANGLE

V. A. Zinkov, V. M. Medunetsky, A. A. Ojiganov

ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru

An electromechanical device designed to provide current information about angular position of an object, is presented. The device contains two units: a mechanical reduction gear and a rotary optical encoder. To reduce the weight and size characteristics of the reduction gear, it is proposed to use a digital angle transducer based on a quasi-cyclic code scale. Improvement of the accuracy of measurement of rotation angle of the output link of the gear is achieved by reducing the backlash in the gearing due to the use of the cone-wedge of gear rims of the gear.

Keywords: measuring rotation angle, optical encoder, digital angle converter, polymeric composite materials, cone-wedge gear rings

REFERENCES

1. Yavlensky K.N., ed., *Spravochnik konstruktora tochnogo priborostroyeniya* (Reference Designer Precision Instrumentation), Leningrad, 1989, 792 p. (in Russ.)
2. Kaplya V.I., Kaplya E.V. *Datchiki & Systemi* (Sensors & Systems), 2012, no. 4. (in Russ.)
3. Ojiganov A.A. *Metrologiya*, supplement to the journal IZMERITEL'NAYA TEKHNIKA, 2017, no. 4, pp. 25—31 (in Russ.)
4. Pleskachevskiy Yu. M., ed., *Elementy privoda priborov: raschet, konstruirovaniye, tekhnologii* (Elements of the Drive Devices: Calculation, Design, Technology), Minsk, 2012, 769 p. (in Russ.)
5. *Proyektirovaniye peredatochnogo mekhanizma. Uchebnoye posobiye* (Designing Gears. Tutorial), V.D. Britskiy, M.A. Nozdrin, G.B. Zamoruyev, B.P. Timofeyev, V.V. Bindyuk, S.S. Reznikov, Yu.S. Monakhov, M.V. Abramchuk, M.S. Larin, St. Petersburg, 2010, 155 p. (in Russ.)

6. Gorbunov S.A. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2006, no. 5(28), pp. 201–205. (in Russ.)
7. Starzhinskiy V.E., Shil'ko S.V., Shalobayev E.V. *Polymer materials and technology*, 2018, no. 2, pp. 6–31. (in Russ.)
8. Starzhinskiy V.E., Shalobayev E.V. *Progressivnyye tekhnologii v mashino- i priborostroyenii* (Advanced Technologies in Machine Building and Instrument Making), Nizhniy Novgorod, Arzamas, 2005, pp. 28–29.
9. *Typical Plastic Gear Applications*, <http://www.intechpower.com/products/gears/typical-gear-applications>.
10. Bartosch G. *Polymers outperform metals in precision gearing*, Intech Power Core, 2015, <https://www.designworldonline.com/polymers-outperform-metals-in-precision-gearing/>.

Data on authors

- | | |
|------------------------------|---|
| Vladimir A. Zinkov | — Post-Graduate Student; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: zinkov21@yandex.ru |
| Viktor M. Medunetsky | — Dr. Sci., Professor; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: vm57med@yandex.ru |
| Alexander A. Ojiganov | — Dr. Sci., Professor; ITMO University, Faculty of Software Engineering and Computer Systems; E-mail: ojiganov@mail.ifmo.ru |

For citation: Zinkov V. A., Medunetsky V. M., Ojiganov A. A. Improvement of an electromechanical device for measuring rotation angle. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 4. P. 400–403 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-4-400-403