

theory, technology, equipment]. Moscow, Ekomet Publ., 2005, 368 p.

2. Miheev A. E., Trushkina T. V., Girn A. V., Ivasev S. S. [Chemical processes at microarc oxidation]. *Vestnik SibGAU*. 2013, vol. 48, no. 2, p. 212–216 (In Russ.).

3. Tihonov V. N. *Analiticheskaya himiya aluminia* [Analytical chemistry of aluminum]. Moscow, Nayka Publ., 1971, 266 p.

© Михеев А. Е., Гирн А. В., Алякрещкий Р. В., Раводина Д. В., Трушкина Т. В., 2014

УДК 62.347

МАЛОГАБАРИТНЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МОТОР-РЕДУКТОР

Ц. Г. Надараиа¹, И. Я. Шестаков², А. А. Фадеев²

¹ ООО «КВОНТ»

Российская Федерация, 660041, г. Красноярск, просп. Свободный, 75

E-mail: svoy_2010@list.ru

² Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева

Российская Федерация, 660014, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

E-mail: yakovlevish@mail.ru

Представлен мотор-редуктор, в котором бесколлекторные двигатели расположены внутри цилиндрической зубчатой передачи. Такой мотор-редуктор может работать в режимах редуцирования, редуцирования с усилением крутящего момента, мультиплицирования и рекуперации при торможении. На основе предложенной конструкции мотор-редуктора показаны различные механизмы: двухпоточный и планетарный редуктор, силовой электромеханический привод для рулевых поверхностей.

Ключевые слова: мотор-редуктор, бесколлекторный двигатель.

SMALL-SIZED MULTI-MOTOR-REDUCER

C. G. Nadaraia¹, I. Y. Chestakov², A. A. Fadeev²

¹ "CVONT" LLC

75, Svobodnyi prosp., Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

E-mail: svoy_2010@list.ru

² Siberian State Aerospace University named after academician M. F. Reshetnev

31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660014, Russian Federation

E-mail: yakovlevish@mail.ru

The work presents the motor-reducer, which brushless motors are located inside the cylindrical gears. Such a motor-reducer can work in modes reduction, reduction with increased torque, multiplicity and regenerative braking. Based on the proposed construction of a motor-reducer, the different mechanisms: bi-flow and planetary gearbox, power Electromechanical actuator for steering surfaces are shown.

Keywords: geared motor, brushless motor.

Редукторы широко применяются в различных отраслях машиностроения. Для уменьшения габаритов и массы применяют мотор-редукторы, представляющие агрегат, в котором объединены электродвигатель и редуктор [1]. Такие мотор-редукторы выполняют только одну функцию – редуцирование, имеют значительные габариты и массу. Поэтому на рынке появляются вентильно-индукторные двигатели с редукторами [2]. Бесколлекторные двигатели могут работать в режиме генератора, имеют небольшие габариты и

массу, что позволяет создать мотор-редукторы с расширенной сферой применения.

Однако для развития современной авиационной и космической техники нужны многофункциональные устройства малой массы и габаритов.

Проектирование электромеханических приводов для самолётов 5-го поколения потребует, прежде всего, разработки и совершенствования основных элементов, входящих в электромеханический привод – электродвигателей и редукторов с лучшими массога-

баритными и энергетическими характеристиками по сравнению с существующими.

Установка вентильно-индукторных двигателей внутри зубчатых шестерни и колеса позволит уменьшить массу и габариты мотор-редуктора, расширить его функциональные возможности [3].

Мотор-редуктор (рис. 1) включает: корпус 1, блок управления 2, зубчатые полые шестерню 3 и колесо 4, внутри которых на полых осях 5, 6, закреплённых на корпусе 1, установлены статоры 7, 8 с обмотками 9, 10, на внутренней поверхности шестерни 3 и колеса 4 расположены постоянные магниты 11, 12, на торцах шестерни 3 и колеса 4 закреплены дисковые ступицы 13, 14, которые за счёт пар подшипников 17, 18 вращаются относительно осей 5, 6. Каждая пара ступиц имеет один полый вал 15, 16 и благодаря подшипникам 19, 20 совместно с шестерней 3 и колесом 4 вращаются относительно корпуса 1. Блок управления 2 с помощью проводов 21, 22 соединён с обмотками статора через отверстия в осях 5, 6.

В зависимости от варианта включения (подачи) управляющего сигнала на обмотки статора мотор-редуктор может работать в режимах редуцирования,

редуцирования с усилением крутящего момента, мультиплицирования и рекуперации при торможении.

Мотор-редуктор работает в режиме редуктора при условии, что вал 15 – быстроходный, а вал 16 – тихоходный. В режиме мультиплицирования, наоборот, вал 16 – быстроходный, а вал 15 – тихоходный

В режиме редуцирования мотор-редуктор работает следующим образом: при подаче напряжения от блока управления 2 на обмотку 9 статора 7 возникает электромагнитное поле, которое взаимодействует с постоянными магнитами 11 и создает вращающий электромагнитный момент, который приводит в движение шестерню 3. Под действием окружной силы происходит передача крутящего момента на колесо 4.

При подаче напряжения от блока управления 2 дополнительно на обмотку 10 статора 8 возникающее электродинамическое усилие приводит к увеличению крутящего момента на валу 16.

Установка мотор-генератора внутри зубчатых колеса и шестерни позволяет уменьшить габариты устройства, упростить конструкцию и расширить эксплуатационные возможности устройства, используя мотор-редуктор как редуктор, мультипликатор или генератор электрической энергии.

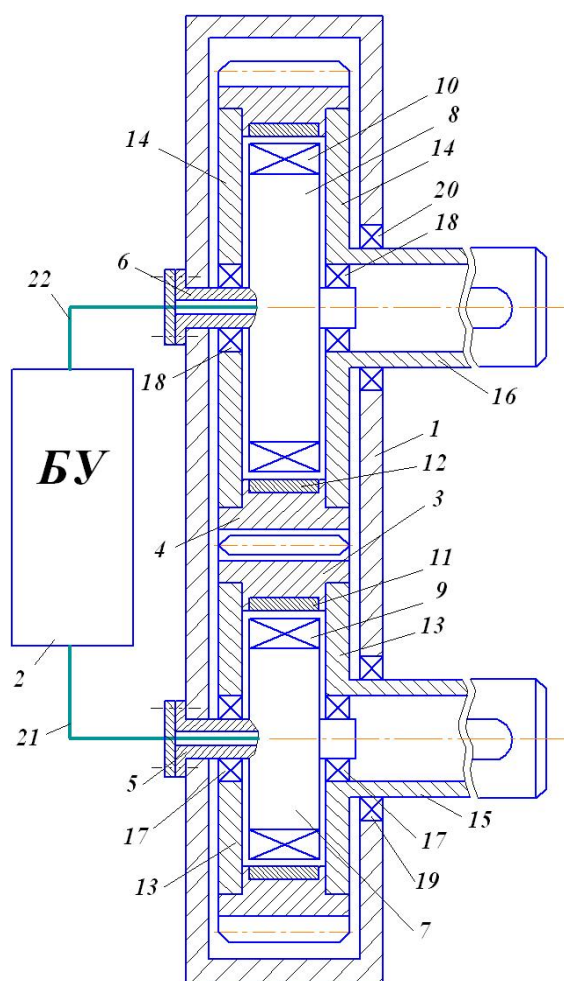


Рис. 1. Схема мотор-редуктора

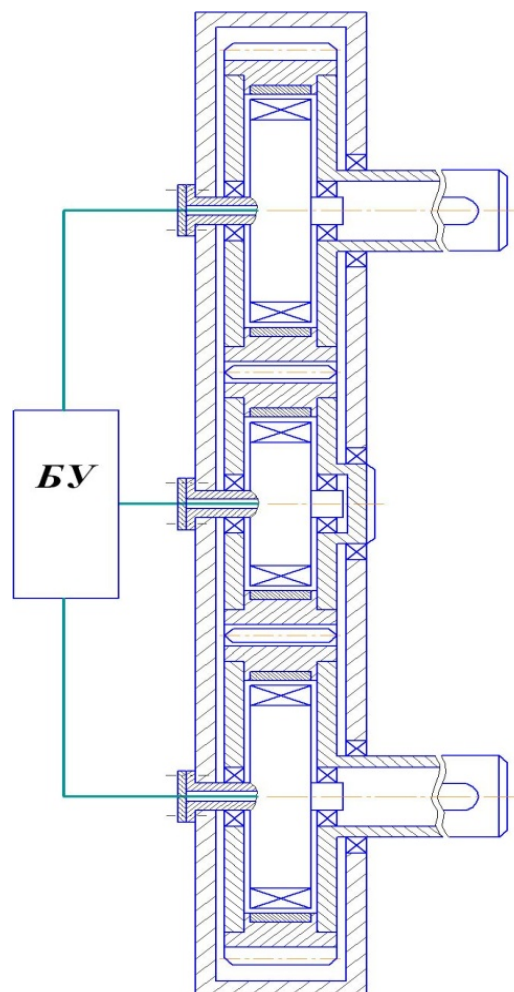


Рис. 2. Схема двухпоточного мотор-редуктора

На основе предложенной конструкции мотор-редуктора возможна разработка различных механизмов: двухпоточных редукторов (рис. 2), планетарных механизмов (рис. 3). Их достоинства в следующем: снижение габаритов, расширение кинематических возможностей (получение на одном механизме нескольких передаточных чисел с плавным регулированием скоростей вращения и моментов), возможность рекуперации механической энергии.

Был спроектирован и изготовлен одноступенчатый цилиндрический мотор-редуктор с вентильно-индукторным двигателем. Расчёт зубчатой передачи производился по известным методикам. Определение геометрических параметров вентильно-индукторного двигателя производилось по методике, изложенной в работе [4]. При одинаковой передаваемой мощности серийно выпускаемый мотор-редуктор с вентильно-индукторным двигателем имеет габариты в 1,5...2 раза больше изготовленного устройства.

На основе двухпоточного редуктора разработан силовой электромеханический привод для рулевых поверхностей (рис. 4). На неподвижных осях 1 расположены статорные обмотки 2 вентильно-индукторного двигателя. Коаксиально осям на подшипниках качения (на рис. 4 не показаны) установлены зубчатые колёса 3, на внутренней поверхности которых размещены сегменты 4 из магнитотвёрдых материалов. Колесо 5 с зубьями, расположенными по внутренней поверхности, жёстко соединено с рулевой поверхностью 6. При такой конструкции привода крутящий момент на зубчатом колесе 5 будет равен сумме моментов, создаваемых каждым электродвигателем при равенстве диаметров зубчатых колёс, в которых установлены электродвигатели.

В заводских условиях была изготовлена партия рассмотренных выше приводов. В крыле беспилотного летательного аппарата (длина крыла 2200 мм, ширина 700 мм) было установлено 6 силовых миниприводов: 2 – в элероне и 4 – в закрылке. Мощность одного электромеханического привода равна 700 Вт, напряжение питания 24 В, число оборотов роторов регулировалось от 10 до 1000 об/мин. Габариты минипривода: диаметр 30 мм, ширина 20 мм. Испытания беспилотного аппарата прошли успешно. Силовой минипривод отработал всю программу полета без замечаний.

На данном этапе развития авиастроения принята концепция самолёта с повышенным уровнем электрификации, предусматривающая использование электрической энергии для широкой номенклатуры потребителей, в том числе для электромеханических приводов [5]. Представленный малогабаритный силовой электромеханический привод отвечает современной концепции развития авиастроения и позволит заменить гидропривод в системе управления самолётами, поскольку не имеет недостатков, присущих гидроприводам.

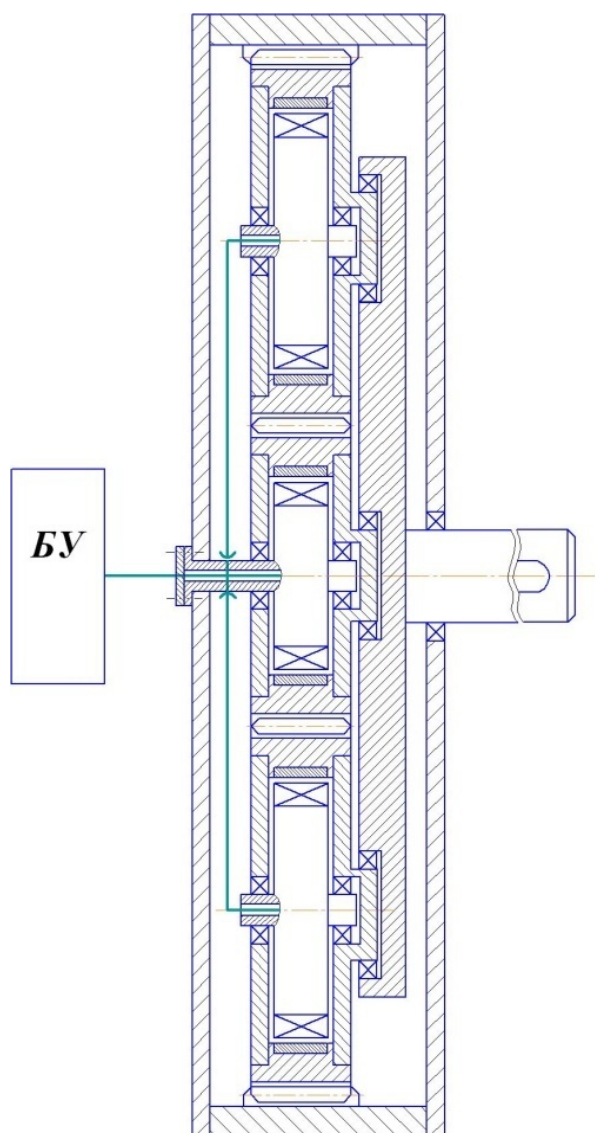


Рис. 3. Схема планетарного мотор-редуктора

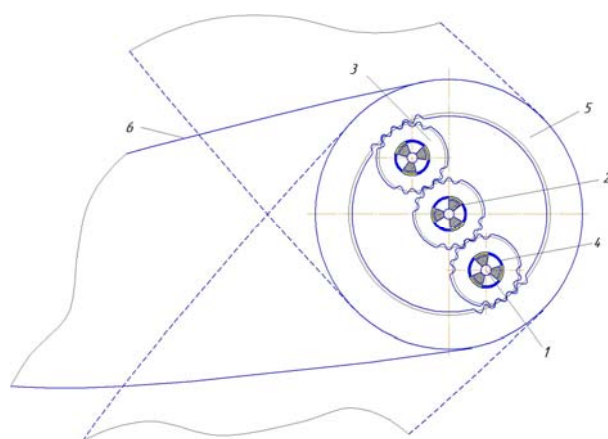


Рис. 4. Силовой электромеханический привод

Библиографические ссылки

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 3. М.: Машиностроение, 2001. С. 699–701.
2. Бесколлекторные двигатели [Электронный ресурс]. URL: <http://www.steppmotor.ru/production/cnc>. (дата обращения: 20.09.2013).
3. Пат. 96707 Российская Федерация. МПК⁷ Н 02 К 23/04. Мотор-редуктор / Надараиа Ц. Г.; заявитель и патентообладатель Ц. Г. Надараиа. Заявл. 11.01.10; опубл. 10.08.10, Бюл. № 22.
4. Нестеров Е. В. Определение базовых геометрических параметров вентильно-индукторного двигателя обращённой конструкции // Электричество. 2006. № 5. С. 32–35.
5. Кузьмичёв Р. В., Ситин Д. А., Степанов В. С. Исполнительные механизмы петлеобразной формы приводов самолётов с повышенным уровнем электрификации [Электронный ресурс]. // Труды МАИ. 2011. № 45. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=25426> (дата обращения: 20.09.2013).

References

1. Anur'ev V. I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroitelja* [Reference book of the designer-mechanician]. 2001, vol. 3, p. 699–701 (In Russ.).
2. *Beskollektornye dvigateli* [Brushless motors]. Available at: <http://www.steppmotor.ru/production/cnc> (accessed 1 October 2013).
3. Nadaraia C. G. *Motor-reduktor* [Geared motor], Patent RF, no. 96707, 2010 (In Russ.).
4. Nesterov E. V. [Definition of basic geometrical parameters of the valve-inductor motor facing design]. *Jelektrichestvo*, 2006, no. 5, p. 32–35 (In Russ.).
5. Kuzmichev R. V., Sitin D. A., Stepanov V. S. [Actuators loop shape drives aircraft with increased electrification]. *Trudy MAI*, 2011, no. 45 (In Russ.), available at: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=25426> (accessed 20.09.2013).

© Надараиа Ц. Г., Шестаков И. Я.,
Фадеев А. А., 2014

УДК 004.942.001.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ ТИГЕЛЬНОЙ ПЕЧИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Т. В. Пискажова, А. В. Завизин, А. В. Линейцев, С. М. Тинькова

Институт цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета
Российская Федерация, 660025, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 95
E-mail: zavizin.anton@yandex.ru

Несмотря на значительное разнообразие теплового оборудования, используемого в цветной металлургии, вопрос совершенствования металлургических печей и разработки новых алгоритмов управления остается актуальным. Улучшения могут быть направлены на энергосбережение, удешевление и увеличение срока службы печей. При этом построение 3D-моделей сложносоставного технологического оборудования с высокой степенью детализации и проведение расчетов физических полей является необходимым условием современной конструкторской и технологической деятельности.

Создана трехмерная модель тигельной печи сопротивления с использованием программы SolidWorks. Проведены расчеты температурных полей в SolidWorks Flow Simulation при различных значениях мощности нагревателей. Показана применимость программы SolidWorks для возможной оптимизации конструкции и режимов работы металлургического печного оборудования.

Ключевые слова: тигельная печь сопротивления, модель, температура.

3D-MODELING OF THERMAL WORK OF RESISTANCE-HEATED POT-TYPE FURNACE

T. V. Piskazhova, A. V. Zavizin, A. V. Lineytsev, S. M. Tinkova

Siberian Federal University Institute of Nonferrous Metals and Materials
95, Krasnoyarskiy Rabochiy Av., Krasnoyarsk, 660025, Russian Federation
E-mail: zavizin.anton@yandex.ru

Despite the considerable variety of thermal equipment used in non-ferrous metallurgy, the issue of improving of metallurgical furnaces and development of new control algorithms remains topical. Improvements can be made to energy saving, cost reduction and increased service life of furnaces. In this case the construction of 3D models of a multi-