

ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2010.

S.A. Gagarin

PERFORMANCE OF THE MECHATRONIC MODULE BASED ON THE THREEPHASE PMSM WITH DELTA-CONNECTED WINDINGS

Performance of the mechatronic module of the digital electric drive based on the threephase PMSM with delta-connected windings at space-vector pulse-width modulation control is presented.

Key words: digital electric drive, permanent magnet synchronous motor, impulse control, space-vector modulation, performance.

Получено 30.11.11

УДК 629.7

М.В. Борисов, асп., (905) 586-10-94, one2k.bmw@gmail.com

(Россия, Москва, МАИ),

С.Л. Самсонович, д-р техн. наук, проф., (910) 414-07-26

(Россия, Москва, МАИ)

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ВЫХОДНЫМ ЗВЕНОМ, ДВИЖУЩИМСЯ ПОСТУПАТЕЛЬНО

Проведен обзор механических передач и рассмотрена конструктивная схема построения исполнительного механизма электропривода на основе волновой передачи с телами качения и шариковой винтовой передачи с сепаратором.

Ключевые слова: электропривод руля направления, волновая передача с телами качения, шариковая винтовая передача с сепаратором.

На самолетах широко применяются гидроприводы поступательного действия, у которых шток совершает поступательное движение с необходимыми скоростью и усилием. В последнее время активно разрабатываются электрогидростатические приводы, имеющие в основе электродвигатель, а в качестве редуктора – гидropередачу. Рассматривается альтернативный вариант построения привода, способного выполнять функции электрогидравлического привода, с теми же характеристиками. Таким образом, новая конструкция должна устанавливаться на место гидропривода и удовлетворять всем тем требованиям, которые предъявляются к гидроприводу. Это накладывает ряд условий на разработку:

- габаритные размеры должны допускать расположение привода в миделе крыла;

- мощность должна быть достаточной для отработки входных сигналов с необходимой скоростью, но при этом быть меньше мощности, которой располагает источник энергии;
- выходное звено движется поступательно;
- исполнительный механизм привода должен удерживать нагрузку при отсутствии сигнала управления;
- привод должен быть резервированным.

В электроприводе используется бесколлекторный двигатель постоянного тока. Так как выходной вал должен двигаться поступательно, возникает необходимость применения передачи для преобразования вращательного движения в поступательное.

Существует несколько механических передач для решения этой задачи. Рассмотрим основные: «винт-гайка с трением скольжения», «винт-гайка с трением качения» (шариковая и роликовая), реечная, шариковая винтовая передача с сепаратором. Передача «винт-гайка с трением скольжения» является соосной, способна развивать большое усилие на выходе, но обладает низким КПД и небольшой частотой вращения.

Шариковая винтовая передача также является соосной, но за счет замены трения скольжения трением качения обладает большим КПД, имеет высокую точность и надежность. Но эта конструкция требует каналы перепуска шариков, что усложняет процесс изготовления.

Роликовая винтовая (планетарная) передача за счет замены тел качения на ролики имеет большую нагрузочную способность.

Реечная передача наиболее простая, но является не соосной, что увеличивает занимаемый объем, обладает плохими массогабаритными показателями по сравнению с предыдущими вариантами при одном передаточном числе.

Рассматривается новая схема, содержащая шариковую винтовую передачу с сепаратором (рис. 1). В сепараторе отверстия расположены по винтовой линии. В этих отверстиях располагаются шарики. Сепаратор, вращаясь, передает усилие на шарики, которые заставляют винт совершать поступательное движение. Эта конструкция имеет примерно такие же характеристики, что и шариковая винтовая передача, но за счет того, что каждый шарик находится в отдельном отверстии, не надо делать канал перепуска шариков. За счет того, что шарики не контактируют друг с другом, на больших скоростях уменьшается вибрация, а также вероятность заклинивания [1].

Для выбора выходной передачи был проведен ориентировочный расчет следующих наиболее эффективных передач, преобразующих вращательное движение в поступательное перемещение выходного вала: шариковая винтовая, роликовая винтовая и шариковая винтовая передача с сепаратором. Эти передачи имеют высокий КПД и хорошие массогабаритные показатели.

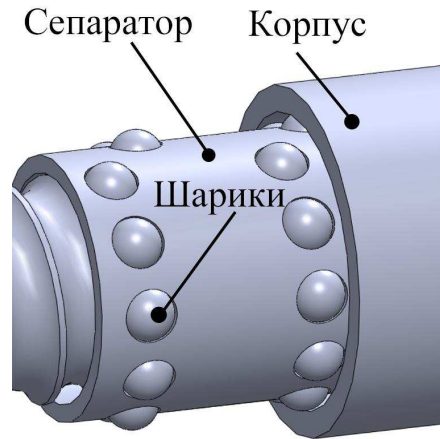


Рис. 1. Конструкция шариковой винтовой передачи с телами качения

Результаты расчета представлены в виде графиков на рис. 2. Из них следует, что предложенная конструкция шариковой винтовой передачи с сепаратором имеет наименьшие габариты, при необходимом развиваемом усилии. Данные для шариковой винтовой и роликовой винтовой передач взяты из официальных каталогов производителей, таких, как HIWIN [4] и SKF [5]. Для расчета объема шариковой винтовой передачи с сепаратором были получены следующие упрощенные выражения для длины и наружного диаметра передачи:

$$D = 1.5d, \text{ мм },$$

где d – средний диаметр резьбы выходного винта, мм.

$$L = 0.222\sqrt{F}, \text{ мм },$$

где F – усилие на выходе, Н.

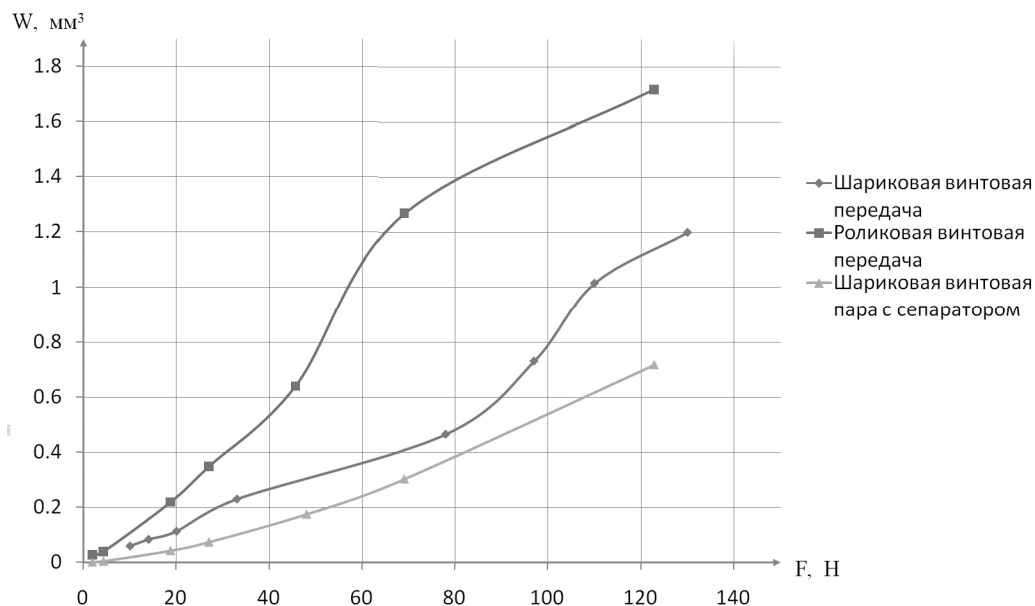


Рис. 2. Зависимость объема различных передач от выходного усилия

Для реализации требуемой скорости штока возникает необходимость согласовать скорости двигателя и выходной передачи. Учитывая ограничения по диаметру и объему, занимаемому исполнительным механизмом привода, используется высокоскоростной двигатель как имеющий наименьший наружный диаметр.

Для понижения частоты вращения можно использовать передачи: зубчатые цилиндрические, планетарные, волновые зубчатые, волновые с телами качения.

Зубчатые цилиндрические передачи обеспечивают требуемое передаточное число большим количеством пар, при этом получаются невысокий КПД, низкая точность, большой люфт.

Планетарные передачи являются соосными, имеют больший КПД по сравнению с зубчатыми цилиндрическими передачами, имеют меньшие габариты и массу, так как вращающий момент передается по нескольким потокам. Они позволяют получить большие передаточные отношения при малом числе колес. Однако требуются повышенная точность изготовления, а также большое количество подшипников качения.

Волновые зубчатые передачи имеют лучшие массогабаритные показатели в сравнении с планетарными передачами, а также более высокую кинематическую точность. Эти передачи позволяют осуществить большие передаточные отношения в одной ступени. К недостаткам можно отнести мелкие модули зацепления, сложность изготовления гибких тонкостенных колес.

Волновая передача с телами качения, в свою очередь, также обладает высоким КПД, хорошими массогабаритными показателями, а кроме того, позволяет выполнять роль опорного устройства при использовании в качестве выходного звена жесткого колеса. Эту передачу можно выполнять с полым ротором, внутри которого можно будет расположить выходное звено или датчик обратной связи с целью улучшения массогабаритных показателей. Также известно, что при передаточном числе q , лежащим в диапазоне от 15 до 60, объем занимаемый передачей, будет меньше, в сравнении с другими схемами [2, 3].

Таким образом, по результатам проведенного анализа выбираем в качестве согласующей передачи волновую передачу с телами качения как имеющую большой КПД и малые габаритные размеры, а также возможность выполнения с полым ротором.

В итоге элементами исполнительного механизма данного привода являются высокоскоростной бесколлекторный двигатель постоянного тока, выходная передача – шариковая винтовая с сепаратором, согласующая – волновая передача с телами качения. Для обеспечения самоторможения механизма используется муфта, а для замыкания привода по положению – потенциометрический или магнитострикционный датчик. Функциональная

схема исполнительного механизма электропривода руля направления представлена на рис. 3.

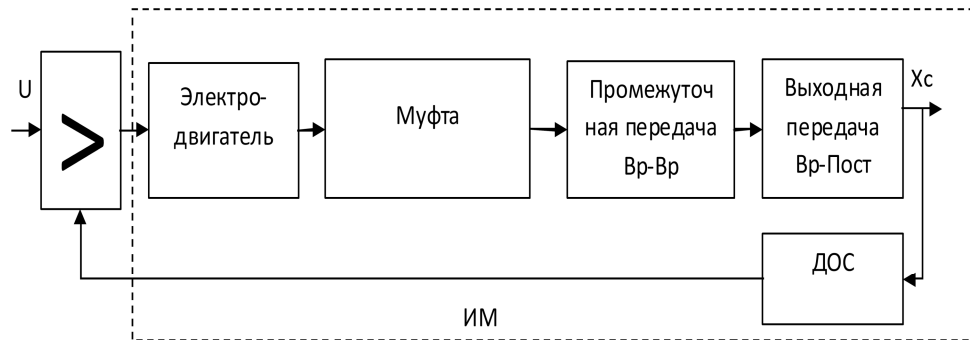


Рис. 3. Функциональная схема исполнительного механизма электропривода

В дальнейшем были разработаны компоновка и сборочный чертеж (рис. 4). Выбранная конструкция содержит ротор двигателя 6, жестко соединенный с входным звеном самотормозящейся реверсивной муфты. Ведомый вал муфты 7 приводит в движение диски эксцентрика 4 через подшипник 8. Эксцентрик создает волну, и шариковая волновая передача приходит в движение. Жесткое колесо 9 закреплено неподвижно. Выходным звеном передачи является сепаратор 3. Он выполняет функцию входного звена шариковой винтовой передачи. В сепараторе изготовлены отверстия по винтовой линии. В них располагаются шарики 1. Шарики находятся в контакте с корпусом 5 и выходным винтом 2. Сепаратор, передает усилие на шарики, которые упираясь в профиль резьбы винта, заставляют винт совершать поступательное движение. Для замыкания привода установлен датчик обратной связи 10, который расположен в свободном объеме внутри ротора двигателя.

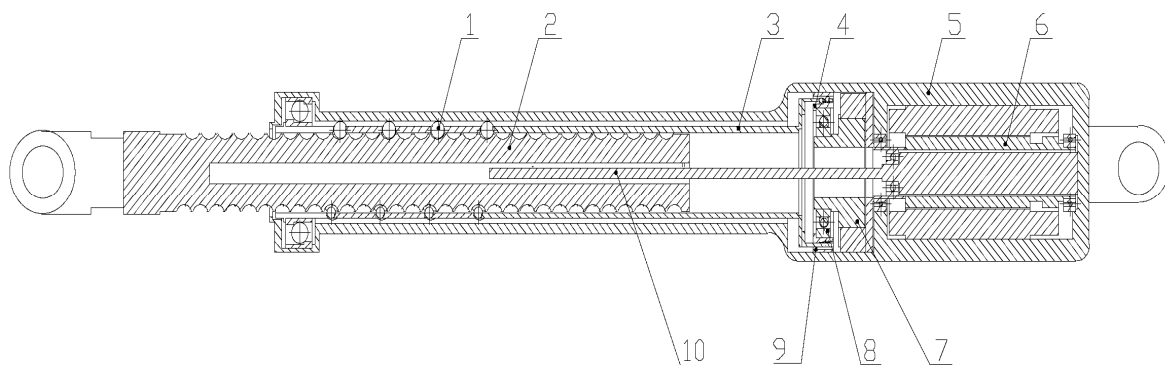


Рис. 4. Продольный разрез электропривода на основе шариковой винтовой передачи с телами качения

В результате разработана конструкция электропривода с поступательным движением выходного звена и небольшим наружным диаметром.

Этот механизм устанавливается на посадочные места, на которых размещается гидропривод. Поэтому можно утверждать, что использование разработанной конструкции позволяет выполнять функции гидропривода.

Список литературы

1. Исполнительные механизмы на основе волновой передачи: пат. Рос. Федерация №2265147. Оpubл. 27.11.2005. Бюл. №33.
2. Геращенко А.Н., Постников В.А., Самсонович С.Л. Пневматические, гидравлические приводы летательных аппаратов на основе волновых исполнительных механизмов. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. 548 с.
3. Самсонович С.Л., Степанов В.С. Сравнительный анализ габаритов различных типов механических передач в зависимости от передаточного числа // Сборник докладов VII Всероссийской юбилейной научно-технической конференции «Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем летательных аппаратов». Москва, МАИ, 25-27 мая 2005 г. / под ред. В.А.Полковникова М.: Изд-во МАИ, 2005.
4. <http://www.hiwin.com>.
5. <http://www.skf.com>.

M.V. Borisov, S.L. Samsonovich

EXPLANATION OF CHOICE OF ELECTRIC DRIVE CONSTRUCTION WITH OUTPUT SEGMENT MOVING PROGRESSIV

The overview of gea is done and the construction actuator of electric drive with harmonic gear with rolling body and ball screw-and-nut arrangement with separator is considered.

Key words: electric drive of rudder, harmonic gear with rolling body, ball screw-and-nut arrangement with separator.

Получено 30.11.11