

ВОЗМОЖНОСТИ И СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДУКТОРОВ НА БАЗЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ТЕЛ КАЧЕНИЯ

А.В. Лазуркевич

Научный руководитель - профессор Ан И-кан

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Время, в которое мы живем вся промышленность нацелена на энергоэффективность и на уменьшение себестоимости для успешной конкуренции на рынке. Развитие технологий позволило открыть новые для производства технологии изготовления и способы обработки металла, данные достижения в сумме позволили синтезировать качественно новые передачи, которые успешно были внедрены и применяются во многих отраслях промышленности.

Редукторы на основе зубчатых зацеплений успешно применяются уже не одно столетие, развитие наук позволило оптимизировать геометрические и кинематические характеристики передачи, а также повысить их несущие способности. Однако, требования к характеристикам редукторов, предъявляемые заказчиками, постоянно повышаются, и классические зубчатые редукторы уже не всегда могут быть использованы без существенных вложений, как экономических, так и энергетических.

Волновые передачи с промежуточными телами качения (ВППТК) предназначены для передачи вращательного движения и энергии от входного входному выходному звену с широким диапазоном передаточных отношений. Данные передачи успешно внедрены и применяются несколькими томскими машиностроительными предприятиями. Но, как и любой механизм данные передачи требуют постоянного улучшения, как геометрических, так и силовых показателей.

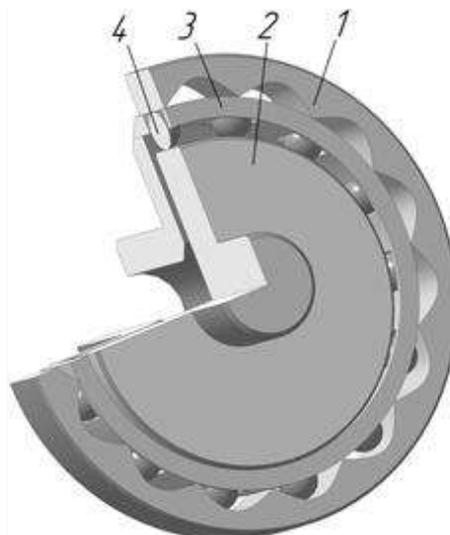


Рис.1 Волновая передача с промежуточными телами качения

ВППТК состоит из центрального колеса 1, в котором на подшипники качения установлен входной вал 2, соединенный с кулачком, выполненным в виде эксцентрикового диска. На кулачок опираются промежуточные тела качения (шарики или ролики) 4, которые размещены рядами в обойме 3. При этом в каждом пазу обоймы 3 могут размещаться друг над другом в радиальном направлении как минимум по два промежуточных тела качения 4. Промежуточные тела качения 4 соприкасаются с поверхностью кулачка 2, водилом и зубьями центрального колеса 1, установленного в корпусе (рис.1). Водило 3 выполнено заодно или жестко соединено с выходным валом [1].

При вращении вала 2 связанный с ним кулачок, вращаясь, совершает орбитальное движение по окружности с радиусом, равным эксцентриситету, и своей рабочей поверхностью воздействует на промежуточные тела качения 4. За счет возрастания радиуса соприкосновения с кулачком и возникающих от этих радиальных сил промежуточные тела качения 4 перемещаются по пазам обоймы 3 и одновременно перемещают такие же промежуточные тела качения, находящиеся в пазах обоймы 3. Они воздействуют на наклонные поверхности внутренних зубьев центрального колеса 1 и от этого воздействия возникают радиальные силы, которые заставляют вращаться в противоположном направлении обойму 3, которая за один оборот кулачка 2 поворачивается на один шаг зубьев центрального колеса 1. При этом направление вращения тел качения в точках соприкосновения совпадает с направлением вращения силового звена - центрального колеса и кулачка. [1]

Основными задачами, стоящими при синтезе ВППТК, являются задача улучшения геометрических и силовых показателей передачи.

Для решения задач был предложен оптимизированный профиль зубчатого колеса, и выведены параметрические уравнения кривой образующей зубчатый профиль колеса. Установлена взаимосвязь между количеством зубьев и передаточным числом передачи, что позволило при синтезе и конструировании

закладывать в передачи возможность реверсивного хода, без значительных усложнений конструкции. Подробно с выводом параметрических уравнений можно ознакомиться в работе [2].

Параметрические уравнения:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= r \sin \gamma \cos \varphi_1 - (s + r \cos \gamma) \sin \varphi_1, \\ Y_1 &= r \cos \gamma \sin \varphi_1 + (s + r \cos \gamma) \cos \varphi_1. \end{aligned} \right\}$$

Ниже приведены основные выводы из этой работы:

- в «волновой» планетарной передаче количество промежуточных тел может быть больше или меньше на 1 чем число зубьев колеса;

- профили зубьев колеса для обоих выше приведенных случаев совпадают;

- меняя количество промежуточных тел можно менять величину передаточного отношения, а также направление вращения ведомого звена передачи.

Для улучшения несущих характеристик передачи был проведен силовой анализ передачи для определения наиболее нагруженного звена (рис.2). С позиции контактных напряжений им оказался узел промежуточное тело-водило. В передачах данного типа водило является самым «слабым» звеном с позиции прочности, так как ослаблено пазами для качения и из-за сложности изготовления не допускает применения высокопрочных сталей. При силовом анализе привлекались задачи статической неопределенности.

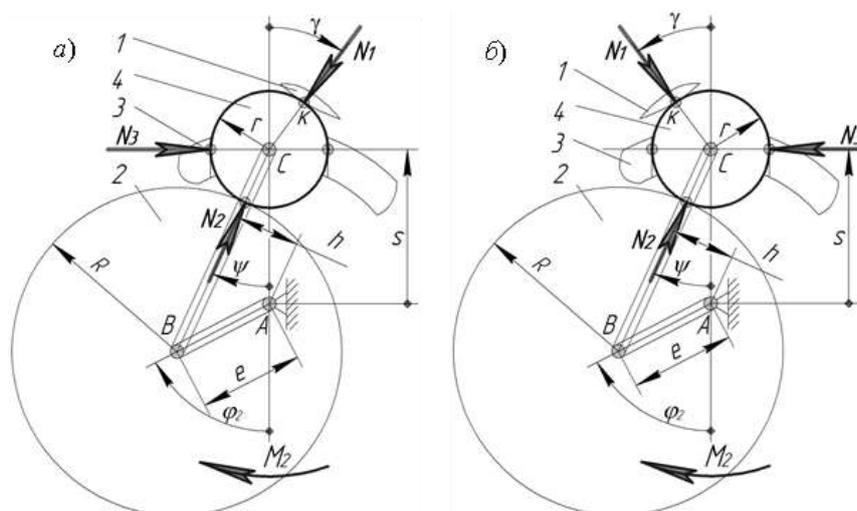


Рис. 2 Схема нагружения промежуточного тела-шарика: а–количество промежуточных тел меньше числа зубьев колеса на 1; б–число промежуточных тел больше числа зубьев колеса на 1.

1 – зубчатое колесо; 2 – ведущий вал-кулачок; 3 – водило; 4 – промежуточное тело;

Методика расчета и примеры полученных результатов подробно изложены в работах [3], [4]. Проведенная работа позволила:

- согласно результатам многочисленных расчетов, определить наиболее нагруженный узел с позиции, контактных напряжений которым является промежуточное тело – водило;

- разработанные методика расчета и программа успешно используются при создании приводов различного назначения на предприятиях Томска;

На данный момент, разрабатывается методика увеличения несущей способности водила, как самого ослабленного и нагруженного звена передачи, методика позволяет при незначительном увеличении радиального размера повысить несущую способность водила в 2 раза.

Литература

1. Пат. 2062452 Россия МПК F16H №25/06. Передача с промежуточными звеньями Ефременков Е.А., Шибинский К. Г., Ан И-Кан Заявлено. 25.04.2008; Опубл. 20.07.2009, Бюл.№20. – 5 с: ил.
2. An I.K.B., Lazurkevich A.V., Il'in A.S. aspects of geometric calculation of the planetary gear train with intermediate rollers. Part 1 // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015, MEACS 2015" 2016. С. 012003.
3. An I.K.B., Lazurkevich A.V., Il'in A.S. load analysis of the planetary gear train with intermediate rollers. Part 2// В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Сер. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015, MEACS 2015" 2016. С. 012004.
4. Лазуркевич А.В., Алиев Ф.Р., Ан И.К. Силовой и прочностной расчеты волновой передачи с шариковыми промежуточными телами// В сборнике: Интеллектуальные системы в производстве. 2017. Т. 15. № 1. С. 13-16.