

ВОЛНОВЫЕ РЕДУКТОРЫ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ

Гарбузов А.А.

Научный руководитель – доцент Калиновская Т.Г.

Сибирский федеральный университет

В последнее время активно исследуются и развиваются механизмы преобразования движения, в которых используется не зубчатое зацепление, а новый тип зацепления с помощью периодических дорожек качения и промежуточных тел качения: шариков или роликов, которые находятся в постоянном контакте с соответствующими поверхностями зацепляющихся звеньев, что позволяет реализовать многопарное зацепление. Это механизмы, в которых ролики или шарики не просто заменяют зубья зубчатого колеса, а, имея несколько степеней свободы, образуют механизмы принципиально новой конструкции, обладающие новыми функциями и параметрами.

Теория зацепления данных передач долгое время имела прикладное значение только в ракетно-космических и оборонных проектах. На сегодняшний день области применения таких передач - силовые передаточные механизмы приводов, редукторов и мультипликаторов широкого назначения.

Чаще всего такие механизмы рассматривают как волновые передачи с промежуточными телами качения (ВП ПТК), в которых роль гибкого колеса играет цепочка тел качения (промежуточных звеньев), и каждое из тел качения совершает волнообразное перемещение относительно жесткого колеса.

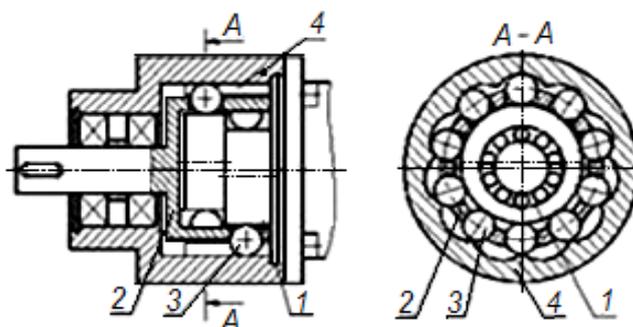


Рис. 1. Волновая передача с промежуточными телами качения

Волновая передача с промежуточными звеньями (рис. 1) состоит из приводного вала с эксцентриком (генератора волн) 1, сепаратора 2, тел качения 3 и венца кулачковых секторов, описанных совокупностью укороченных гипоциклоид 4. Эксцентриковый вал 1, вращаясь, вызывает радиальное перемещение тел качения 3 в пазах сепаратора 2. Создается эффект «волны», бегущей по цепочке сепарированных тел качения, которая является аналогом гибкого элемента в классических волновых схемах. Тела качения, контактируя с рабочими поверхностями венца кулачковых секторов 4, вызывают вращение несущего сепаратора, если заторможен венец, и, наоборот, поворачивается венец, если заторможен сепаратор. Устанавливая на одном генераторе последовательно два или три ряда тел качения можно почти кратно повышать несущую способность передачи. Каждый полный оборот эксцентрикового вала поворачивает венец на один кулачковый сектор. При заторможенном венце, передаточное отношение передачи $i = z$, а при заторможенном сепараторе $i = z + 1$, где z - число тел качения.

Основные технические особенности и преимущества волновой передачи с промежуточными телами качения:

- Высокое передаточное число. Диапазон передаточных отношений волновых с ПТК составляет до 60 для одноступенчатых редукторов; до 3500 – двухступенчатых; свыше 1000 000 – многоступенчатых;

- Высокие крутящие моменты на выходном звене, большие перегрузочные резервы и высокая жесткость кинематических звеньев. При передаточном отношении на одной ступени – 50, в зацеплении одновременно находится до 25 тел качения, что позволяет передавать крутящие моменты в 5-10 раз большие зубчатых передач, с многократной кратковременной перегрузкой и практически без упругих деформаций, при равных массогабаритных показателях.

- Компактность. По сравнению с зубчатой передачей, при равных передаточных числах и крутящих моментах, ВП ПТК меньше по габаритам в 2-6 раз в зависимости от типоразмера.

- Высокий КПД, составляющий 0,8-0,9, а в специальной конструкции - до 0,97.

- Малый момент инерции, высокий уровень динамичности. В конструкции ВП ПТК с высокой скоростью вращается только вал с эксцентриковым генератором, который имеет незначительную массу и диаметр. Поэтому общий момент инерции масс подвижных звеньев небольшой и сравним с моментом инерции электромотора. Это позволяет осуществлять быстрый запуск и торможение редукторов, а также динамичное реверсивное вращение.

- Малый угловой зазор. За счет большой жесткости кинематических звеньев ВП ПТК при номинальных нагрузках, общий угловой зазор (люфт) составляет, до 0,05 град (особо точные);– до 0,8 град (нормальной точности).

- Малая вибрация. Конструкция редукторов состоит из нескольких волновых модулей смещенных по отношению друг к другу, что обеспечивает абсолютное уравнивание масс и уменьшает влияние погрешностей изготовления и монтажа.

- Высокая надежность и продолжительный срок службы. ВП ПТК обладает простой компоновкой, прочной конструкцией и обладает длительным сроком службы. Применение пластичной смазки в конструкции не требует контроля за уровнем смазки и значительно уменьшает затраты на техническое обслуживание. При применении перманентной смазки, имеется возможность создания специальных необслуживаемых механизмов, со сроком службы до 15 лет.

- Особое достоинство - высокая износостойкость передачи из-за отсутствия в ней трения скольжения, поскольку фактически передача представляет собой подшипник с волнообразной беговой дорожкой.

Эта передача многократно превосходит червячную передачу по удельному крутящему моменту на единицу веса, по износостойкости, по точности, по плавности хода и другим характеристикам. Например, при одинаковых номинальных нагрузках и скоростях движения рабочего звена электроприводы, оснащенные роликовым волновым редуктором, по сравнению с аналогом, имеющим червячный редуктор, позволили в четыре раза снизить вес, в два раза уменьшить габариты, в 1,9 раза снизить мощность электродвигателя, в 12 раз повысить гарантированную наработку и в 2,5 раза увеличить срок службы.

Волновая передача с промежуточными звеньями доказала свою надежность и эффективность, безотказно эксплуатируясь уже более десяти лет в самых различных отраслях промышленности. Особенно широкое применение она получила в нефтегазовой промышленности. Электроприводы для запорной арматуры магистральных нефтепроводов, оснащенные такими редукторами, эксплуатируются уже более 12 лет в условиях сибирской тайги при температурах -56°C , акваториях Черного и Балтийского морей с влажностью воздуха до 98% и в степях Северного Казахстана с песчаными бурями.

ми. Для работы этого оборудования тяжелейшие нагрузочные и климатические условия работы являются нормой. Поэтому с одной стороны механизмы должны обеспечивать высокую надежность, с другой стороны быть легкими, малогабаритными и мобильными. Требования становятся все более актуальными в связи с интенсивным освоением в последнее время труднодоступных месторождений в районах крайнего севера и шельфовых зон.

По заказу Юргинского машиностроительного завода на базе волновой передачи промежуточными телами качения был спроектирован и изготовлен привод хода ПХ80-17 для проходческого комбайна КПО-50 (рис.2). В данной разработке авторам удалось воплотить очень жесткие требования к надежности эксплуатируемого шахтерами оборудования, а также высокие требования к массогабаритным показателям изделия.



Рис. 2. Проходческий комбайн КПО-50 с приводом хода ПХ80-17



Рис. 3. Перемешиватель «ПБРТ-turbo»



Рис. 4. Лебедка с волновым редуктором

На базе волнового редуктора с промежуточными звеньями работает перемешиватель бурового раствора «ПБРТ-turbo» (рис. 3), выпускаемый Сибирской Машиностроительной Кампанией SIMAGO. Применение волнового редуктора в конструкции перемешивателя позволило снизить массу с 400 кг до 160 кг, увеличить ресурс работы с 25000 до 50000 часов. Благодаря высокому КПД редуктора в конструкции применен электродвигатель 5,5 кВт вместо 7,5 кВт, при этом крутящий момент на мешалке увеличен на 10%, что позволяет перемешивание самых «тяжелых» буровых растворов, а энергопотребление снижено более чем на 25%.

Применение волнового редуктора с ВПТ в конструкции лебедки (рис.4) позволило снизить массу более чем в 3 раза, значительно увеличить ресурс работы и создать практически не нуждающуюся в обслуживании конструкцию. Это позволяет применять лебедки практически во всех отраслях промышленности.

Перспективы внедрения волновых передач с промежуточными звеньями очень обширны. Это новые высокоэффективные силовые передаточные механизмы приводов, редукторов и мультипликаторов для теплоэнергетической, нефтегазодобывающей, гор-

ношахтной, строительной, пищевой, химической, медицинской и нефтеперерабатывающей промышленности, ветроэнергетическое оборудование и другое оборудовании имеющие повышенные требования к надежности и долговечности.