

С.А. СЛАДКИХ, В.Н. ТКАЧЕНКО

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ В ПРИВОДАХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Приводиться описания способів застосування хвильових передач у приводах різних систем, обґрунтування правильності вибору параметрів хвильової передачі, зроблені висновки. Вони можуть бути використані при розробці та вдосконаленні приводів керування систем у машинах різного призначення.

Description over of methods of application of wave transmissions in the occasions of different systems is brought, obrountouvannya rightness of choice of parameters of wave transmission, done conclusions. They can be used for development and perfection of occasions of management of the systems in the machines of a different setting.

Постановка задачи. Опыт применения волновых передач в приводах различных систем показал, что их применение позволяет существенно снизить вес привода без снижения передаточного отношения. Это свойство заслуживает большого внимания для улучшения характеристик приводов управления.

К механическим передачам, применяемым в системах управления, предъявляется ряд дополнительных требований. Это в первую очередь минимизация погрешностей передачи, минимизация приведенного момента инерции, а для бортовой аппаратуры предъявляются требования минимизации габаритов и массы.

Всем перечисленным требованиям волновые зубчатые передачи удовлетворяют существенно лучше, чем обычные зубчатые передачи, планетарные и червячные. По сравнению с перечисленными, волновые редукторы позволяют уменьшить габариты и вес и во многих случаях повысить к.п.д. передачи. При передаче вращения в герметизированное пространство и в случаях повышенных требований в отношении точности и беззорности волновые передачи не имеют себе равных. Отношение собственного веса волнового редуктора к его передаточному отношению, как правило, намного меньше указанной характеристики большинства редукторов, используемых сейчас в силовых приводах.

К настоящему времени во многих странах достигнуты значительные успехи в создании волновых передач. Уже налажено серийное производство волновых редукторов общего назначения. Универсальность волновых редукторов наглядно иллюстрируется некоторыми примерами их использования. Например, волновые передачи на базе стандартизированных деталей, производимые фирмой USM, использованных в исполнительных механизмах манипулятора, представляющего собой самоходную управляемую по радио машину, используемую для работ в зоне высокой радиации. Используемые здесь волновые передачи имеют $U = 250$ при нагрузочной способности

280 кгм на ведомом валу и зазоре не более 3', что позволяет с высокой точностью манипулировать грузами весом более тонны. Волновая передача использована в приводе лебедки фирмы *Fairmont Railway Motors*. При общем весе 19 кг, лебедка обеспечивает подъём груза 565 кг со скоростью

18 м/мин. Использование волновой передачи для привода остронаправленной радарной антенны фирмы *Spase Corp* в несколько раз снизило вес и габариты устройства, уменьшило зазоры и повысило его надёжность и к.п.д. Длительная эксплуатация устройства показала сохранение высоких технических характеристик в течение всего срока службы. Волновые передачи применены в механизмах поворота в вертикальную плоскость винтов 4-винтового самолета с вертикальным взлетом и посадкой *Beel X22AV/Stol*. При собственном весе 18 кг каждая волновая передача создаёт момент свыше 2500 кгм при

$U = 300$. Редуктор бортовой лебедки самолета ВВС США С-141 выполнен как сочетание волновой передачи, встроенной в барабан лебедки, что снизило общий габарит лебедки в два раза.

В качестве их преимуществ можно отметить большую плавность и бесшумность работы, хорошие динамические характеристики при реверсировании, пуске и торможении. Дальнейшие исследования показали, что волновые передачи рационально применять в механизмах передвижения башенных кранов, мотор барабанах привода контейнеров, приводах поворотных контейнеров, приводах стволов. Современная тенденция использования высокоскоростных двигателей может получить воплощение при использовании волновых редукторов. В работе [1] представлена сводная таблица с указанием механизма, в котором быть применена волновая передача. В качестве примеров использования волновых редукторов приведены конструкции механизмов поворота башенного крана и отвалообразователя. Указывается, что использование волновой передачи позволяет уменьшить вес привода в 1,6 раза и объём в 1,5 раза. Широко используются волновые редукторы для передачи вращения в герметизованное пространство и высокоточной прецизионной аппаратуре. Кинематическая точность волновой передачи, у которой зубья нарезаны по той же степени точности, что и у колес обычной зубчатой передачи, более чем в 5 раз выше последней. Погрешность вращения выходного вала волновой передачи составляет около сорока процентов суммарной погрешности зубьев колес, и допускаемая нагрузка на зубья приближается к нагрузке, соответствующей статической прочности. Это объясняется небольшой инерционностью передачи, малой относительной скоростью зубьев, усредняющем влиянием нескольких зон зацепления и многопарного контакта.

Сравним волновую передачу по основным характеристикам с сопоставимой с ней планетарной. Сравнение передач с эквивалентными характеристиками проведем по следующим критериям: коэффициент полезного действия, габаритные размеры и масса.

При одинаковом моменте на выходе передач с увеличением передаточного отношения размеры передачи с жесткими звеньями увеличиваются, а размеры волновой зубчатой передачи уменьшаются. Осевые габаритные размеры волновых передач с увеличением передаточного числа изменяются в меньшей степени, чем диаметральные. Параметры сравниваемых передач рассчитывались при одинаковых оборотах на их выходах, что эквивалентно уменьшению мощности на их выходах и увеличением передаточного числа.

Несмотря на несколько большие осевые габариты волновая передача отличается значительно меньшей металлоемкостью, меньшей заполненностью объема металлом, хотя существуют конструктивные разновидности передач с короткими симметричными гибкими колесами, имеющими незначительные свободные полости. Их габариты в осевом направлении соизмеримы с аналогичными по параметрам планетарными передачами.

Сопоставление масс редукторов проведено в диапазоне передаточных отношений от 200 до 300. Из сравнения следует, что масса волновой передачи на 40...60% меньше массы различных планетарных передач.

КПД волновой зубчатой передачи зависит от передаточного числа в меньшей степени, чем КПД планетарных редукторов, но КПД передач сопоставимы, а в некоторых случаях ПД волновой передачи меньше.

В результате сравнения следует, что ввиду относительно меньшей металлоемкости и габаритных размеров, и сравнительно невысокого КПД, но значительно большей точности волновой передачи, элементы которой выполнены с той же степенью точности, что и элементы планетарной передачи, ее целесообразно применять в приводах систем управления, причем передаточное число желательно выбирать не менее 80...70. При продолжительной работе с максимальной нагрузкой необходим принудительный отвод тепла.

Анализ параметров нормального ряда серийных редукторов фирмы USM показал, что в зависимости от величины передаваемого момента, числа оборотов и передаточного отношения критериями нагрузочной способности будут /в порядке изложения/ изгибная прочность гибкого колеса, работоспособность подшипников генератора и контактная прочность зубьев.

Перечисленные критерии определяют, в основном, необходимость выполняемых при проектировании волновой передачи расчетов, а следовательно и направления исследований.

Список литературы: 1. Волкова Д.П. Волновые зубчатые передачи. – Киев. 1986.

Поступила в редколлегию 12.03.08