

УДК 621.833.6

Experimental Research of a Dual Precessional Reducer

Alexander I. Nechaev and Mikhail A. Nechaev*

*Siberian State Technological University
82 Mira, Krasnoyarsk, 660049, Russia*

Received 31.12.2015, received in revised form 13.03.2016, accepted 21.05.2016

It reported on measurements of the load capacity and the kinematic error of one of the built reducers having scheme of a dual precessional reducer. Discuss some questions of constructing such reducers in order to improve their performance.

Keywords: dual precessional reducer, load capacity, cinematic error, backlash.

Citation: Nechaev A.I., Nechaev M.A. Experimental research of a dual precessional reducer, J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol., 2016, 9(4), 598-602. DOI: 10.17516/1999-494X-2016-9-4-598-602.

Экспериментальное исследование сдвоенного прецессионного редуктора

А.И. Нечаев, М.А. Нечаев

*Сибирский государственный технологический университет
Россия, 660049, Красноярск, пр. Мира, 82*

Сообщается об измерениях нагрузочной способности и кинематической погрешности одного из построенных редукторов, имеющего схему сдвоенного прецессионного редуктора. Обсуждаются некоторые вопросы конструирования таких редукторов для улучшения их характеристик.

Ключевые слова: сдвоенный прецессионный редуктор, нагрузочная способность, кинематическая погрешность, мертвый ход.

Планетарные зубчатые передачи могут иметь большое передаточное число, малые габариты и меньший мертвый ход, чем многоступенчатые зубчатые передачи. В отличие от цилиндрических планетарных редукторов с двумя внутренними зацеплениями прецессионные редукторы выгодно отличаются тем, что в них не происходит большого смещения центра масс

© Siberian Federal University. All rights reserved

* Corresponding author E-mail address: mhnech@yandex.ru

сателлита [1–3]. Кроме того, числа зубьев на колесах в одном из зацеплений могут быть равными друг другу.

При больших передаточных отношениях прецессионные редукторы, как и цилиндрические планетарные редукторы, характеризуются низким КПД, большой кинематической погрешностью и самоторможением. Примеры экспериментальных данных об этом содержатся, например, в книге [3]. Сдвоенный прецессионный редуктор с шестью колесами обладает более богатым спектром передаточных чисел [4], чем прецессионный редуктор с четырьмя колесами. В данной статье приводятся некоторые экспериментальные данные, которые позволяют полагать, что сдвоенный прецессионный редуктор имеет преимущества перед прецессионным редуктором с четырьмя колесами.

1. Краткое описание сдвоенного прецессионного редуктора

Схема сдвоенной прецессионной передачи представлена на рис. 1. Передаточное отношение от ведущего вала H к ведомому колесу 6 при неподвижном колесе 1:

$$u = \frac{1}{1 - \frac{z_1 z_3 z_5}{z_2 z_4 z_6}}, \quad (1)$$

где z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 и z_6 – числа зубьев на колесах 1, 2, 3, 4, 5 и 6 соответственно. При $z_3 = z_4$ эта схема предлагалась в [5].

Общий вид сдвоенного прецессионного редуктора показан на рис. 2 (без корпуса), а его сечение приведено на рис. 3. Ведущий вал 7 жестко связан с водилами 8 и 9, оси которых пересекаются с осью ведущего вала под углом δ . На наружных цилиндрических поверхностях водил 8 и 9 посажены внутренние обоймы подшипников, наружные обоймы которых установлены в центральных отверстиях сателлитов 10 и 11. На ведущем валу 7 посажены внутренние обоймы подшипников, наружные обоймы которых установлены в центральном отверстии неподвижного центрального зубчатого колеса 1 и в центральном отверстии ведомого зубчатого колеса 6. На валу 6 посажена внутренняя обойма подшипника 12, а наружная обойма этого подшипника установлена в торцевой крышке 13, жестко связанной с корпусом 14 сдвоенной прецессионной передачи. На сателлитах 10 и 11 выполнены торцовые зубья z_2 и z_5 с плоскими рабочими поверхностями, а на неподвижном колесе 1 и ведомом колесе 6 – торцовые зубья z_1 и z_6 с выпуклыми рабочими поверхностями [2, 6, 7].

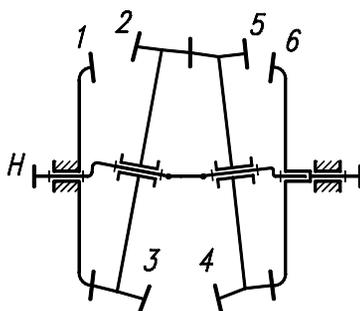
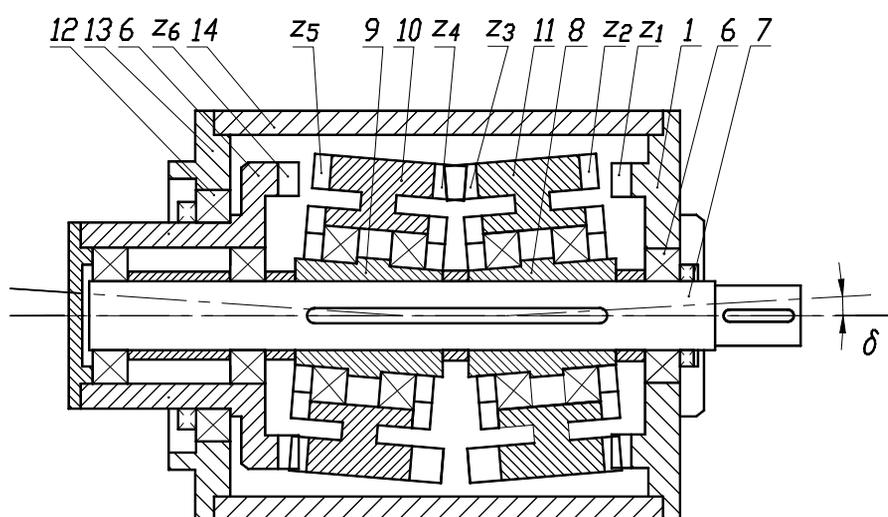


Рис. 1. Схема сдвоенного прецессионного редуктора



Рис. 2. Сдвоенный прецессионный редуктор без корпуса

Рис. 3. Сечение сдвоенного прецессионного редуктора: z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 и z_6 – торцовые зубья на колесах 1, 2, 3, 4, 5 и 6 соответственно; 7 – ведущий вал; 8 и 9 – водила; 13 – торцевая крышка; 14 – корпус

Диаметры центральных колес этого редуктора по 74 мм. Числа z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 и z_6 выполнены 40, 41, 20, 20, 40 и 39 соответственно. По формуле (1) передаточное отношение этого редуктора $u = -1599$.

2. Измерения и их обсуждение

Масса редуктора составила около 2,5 кг. На выходной вал был установлен регулируемый тормоз с жестким рычагом длиной 0,8 м. Входной вал приводился во вращение электродвигателем со скоростью 1450 об/мин через ременную передачу с понижением скорости в 2 раза. Полученная виброактивность вполне удовлетворительна. В сравнении с аналогичным несдвоенным прецессионным редуктором виброактивность сдвоенного редуктора значительно меньше. Это объясняется тем, что гироскопические моменты сателлитов направлены противоположно друг другу. Поэтому воздействие на общую вибрацию от сателлитов почти полностью компенсируется. Несдвоенный редуктор содержит четыре колеса, приблизительно

но такие же, как колеса 1, 2, 3 и 4 сдвоенного редуктора. Передаточное отношение несдвоенного редуктора равно 41.

На выходные валы обоих редукторов при помощи тормоза прилагался момент до 8 кг·м. При этом никаких повреждений редукторов не выявлено. Удержание рычага осуществлялось при помощи демпфирующего упора, находящегося на расстоянии около 10 см от оси редуктора. Под нагрузкой амплитуда колебаний конца рычага составила 15 и 2 мм при вращении выходного вала по и против часовой стрелки соответственно. При этом основные частоты колебаний рычага были значительно выше его собственной резонансной частоты. Поэтому можно считать, что колебания рычага характеризуют кинематическую погрешность редуктора в большей степени, чем собственные вынужденные колебания рычага. В редукторе выявлена небольшая ошибка угловой посадки водил 8 и 9 относительно друг друга. Можно предположить, что при вращении входного вала в одну сторону эта ошибка компенсирует влияние общего межзубцевого зазора редуктора на его кинематическую погрешность. При вращении в другую сторону эта ошибка складывается с общим межзубцевым зазором и кинематическая погрешность редуктора увеличивается.

Для аналогичного несдвоенного редуктора под нагрузкой амплитуда колебаний конца рычага составила 2 мм в обоих направлениях вращения. Критерий самоторможения [8] для этих двух редукторов приблизительно одинаков. Выходной вал несдвоенного редуктора проворачивается с рывками. Выходной вал сдвоенного редуктора провернуть не удалось. Если бы несдвоенный редуктор имел бы такое же передаточное отношение, как сдвоенный редуктор, то по критерию самоторможения он был бы значительно хуже. Поэтому можно предположить, что тогда бы кинематическая погрешность несдвоенного редуктора была бы значительно больше, чем кинематическая погрешность сдвоенного редуктора.

Заключение

Итак, построенный сдвоенный прецессионный редуктор обладает высокой нагрузочной способностью. Измерения кинематической погрешности носят оценочный и сравнительный характер. Получено, что кинематическая погрешность сдвоенного редуктора значительно отличается для различных направлений вращения вала редуктора. Предположено, что кинематическую погрешность сдвоенного редуктора можно уменьшить в одном направлении вращения вала редуктора при помощи регулировки углового смещения водил редуктора относительно друг друга. Лучшая кинематическая погрешность сдвоенного редуктора получена приблизительно равной кинематической погрешности аналогичного несдвоенного редуктора. При этом передаточные числа сдвоенного и несдвоенного редукторов отличаются приблизительно в 40 раз.

Список литературы

- [1] Павлов Б.И. *Механизмы приборов и систем управления*. Л.: Машиностроен., 1972, 226 с. [Pavlov B.I. *Mechanisms of instrumentation and control systems*. Leningrad, Mashinostroenie, 1972, 226 p. (in Russian)]
- [2] Нечаев А.И. *Плоское и пространственное зубчатые зацепления по улиткам Паскаля*. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1993, 122 с. [Nechaev A.I. *Flat and spatial toothings by Pascal snails*. Krasnoyarsk, Izdatel'stvo Krasnoyarskogo universiteta, 1993, 122 p. (in Russian)]

[3] Бостан И.А. *Прецессионные передачи с многопарным зацеплением* / под ред. С.А. Шувалова. Кишинев: Штиинца, 1991, 356 с. [Bostan I.A. *Precessional gears with multi-pair engagement* / Ed. S.A. Shuvalov. Kishinev, Shtiintsa, 1991, 356 p. (in Russian)]

[4] Нечаев А.И., Нечаев М.А., Сильченко П.Н., Синенко Е.Г. Кинематические возможности сдвоенного конического планетарного редуктора. *Проблемы механики современных машин*: Мат. междунар. конф. Улан-Уде, 2000, 111–116 [Nechaev A.I., Nechaev M.A., Silchenko P.N., Sinenko E.G. Kinematic possibilities of dual conical planetary gearing. *Problemy mekhaniki sovremennyh mashin*: Mat. intern. conf. Ulan-Ude, 2000, 111–116 (in Russian)]

[5] Осминин Б.А. Планетарная передача: АС СССР 1055930 (1982). *БИ*, 1983, 43, 114 [Osminin B.A. Planetary gear: Author's sert. USSR 1055930 (1982). *Bull.*, 1983, 43, 114]

[6] Нечаев А.И. Зубчатая передача с торцовыми зубьями и пересекающимися осями вращения колес: АС СССР 892062 (1977). *БИ*, 1981, 47, 172 [Nechaev A.I. Gear with end teethes and intersecting axes of rotation of weels: Author's sert. USSR 892062 (1977). *Bull.*, 1981, 47, 172]

[7] Нечаев А.И., Нечаев М.А. Сферическая планетарная передача: АС СССР 1637455 (1988). ДСП, 1990 [Nechaev A.I., Nechaev M.A. Spherical planetary gear: Author's sert. USSR 1637455 (1988). For administrative use, 1990]

[8] Нечаев А.И., Нечаев М.А. Критерий самоторможения планетарного редуктора. *Проблемы механики современных машин*: Мат. II междунар. конф. Улан-Уде, 2003, 1, 92–93 [Nechaev A.I., Nechaev M.A. Self-braking criteria of planetary gearing. *Problemy mekhaniki sovremennyh mashin*: Mat. II intern. conf. Ulan-Ude, 2003, 1, 92–93 (in Russian)]