

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ПЕРЕДАЧ В РЕДУКТОРЕ КРАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

Ремизович Ю.В., Абдулаева О.В.

Ключевые слова: редуктор с изменяемым передаточным числом, зубчатое колесо с муфтой, шаговый электродвигатель, винтовая пара, клиновой механизм.

Аннотация. Предложено и обосновано устройство для переключения передач в редукторе с составными зубчатыми колесами, в которые встроены муфты на основе тел качения. Для быстродействия указанного устройства привод осуществлен от шагового электродвигателя с использованием на валу двигателя комбинации винтовой пары и клинового механизма с увеличением за счет этого управляющего воздействия на муфту.

DEVICE FOR GEAR SELECTION IN THE GEARBOX CRANE MECHANISMS

Remizovich Yu. V., Abdulaeva O. V.

Keywords: gear with variable gear ratio, gear wheel with clutch, stepper motor, screw pair, wedge mechanism.

Abstract. A device for gear shifting in a gearbox with composite gears, in which the couplings are built on the basis of rolling elements, is proposed and justified. For the speed of this device, the drive is carried out from a stepper motor using a combination of a screw pair and a wedge mechanism on the motor shaft with an increase in the control effect on the coupling.

В последние годы в ряде публикаций появились сведения о зубчатых колесах с встроенными в них муфтами [1-3]. Необходимость в конструкции зубчатых колес с муфтами выявилась при решении задачи по разработке редуктора с переменным передаточным числом для крановых механизмов. Такой редуктор позволил бы плавный пуск (разгон) и остановку механизмов со снижением динамических нагрузок в кране.

Аналогом редуктора с переменным передаточным числом является коробка перемены передач, в том числе планетарная (КППП) транспортных средств (ТС). Переход со ступени на ступень в КППП осуществляется включением (отключением) трех фрикционных элементов (тормоз, муфта) в различном сочетании. Для управления коробкой используют электрогидравлическую систему [4]. Таким образом, изменение скорости движения ТС осуществляется без разрыва поток мощности, но сравнительно сложным образом.

Для механизмов передвижения крана, тележки разрыв потока мощности не является существенным фактором, а для механизма подъема груза разрыв потока мощности должен иметь наименьшую продолжительность. Это может быть обеспечено устройством для переключения передач. Тем самым, разработка такого быстродействующего устройства для переключения передач является актуальной задачей.

Устройство для переключения передач содержит (рис. 1, 2) шаговый электродвигатель (ШД) 1, шлицевую втулку 2, вал 3 на опорах 4, 5,

выполненных в стенках 6 корпуса редуктора. Опора 4 представляет собой винтовую пару (резьбу). На валу 3 закреплены рычаги 7, снабженные наконечниками 8. На ведомом шлицевом валу 9 расположена ступица 10 составного зубчатого колеса и нажимный диск 11. Обод 12 зубчатого колеса находится в зацеплении с шестерней ведущего вала (не изображены). Диск 11 снабжен выступами 12. Между ступицей 10 и ободом 12 расположены тела качения 13. Комбинация деталей 10, 12, 13 образуют муфту аналогичную по принципу действия роликовой обгонной муфте. Пружина 14 обеспечивает предварительное поджатие дисков 11. Гайки 15 с дисками 16 удерживают детали обеих зубчатых ступеней от осевого смещения. Фиксатор 17 удерживает диск 11 в нужном положении. На выступах 12 (рис. 3) и наконечниках 8 выполнены скосы, образующие при их контакте клиновой механизм.

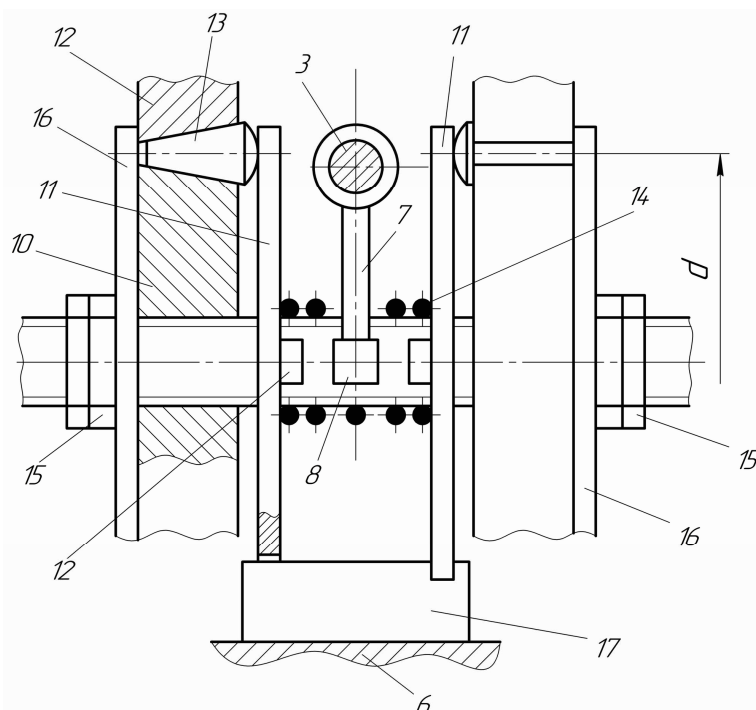


Рис. 1. Схема устройства для переключения передач, продольный разрез

В исходном положении устройство управления выключено – обод 12 свободно вращается на телах качения 13. При включении ШД 1 вал 3 и рычаги 7 поворачиваются из исходного положения относительно оси $x-x$, а за счет винтовой пары дополнительно смещаются вдоль оси $x-x$ на расстояние s . При этом и наконечники 8 и выступы 12 соприкасаются с включением клинового механизма и смещают диск 11 в осевом направлении. В клиновом механизме возникает дополнительная осевая сила. Под воздействием этих сил происходит заклинивание тел качения 13 относительно ступицы 10 и обода 12. Тем самым, становится возможной передача вращающего момента на вал 9.

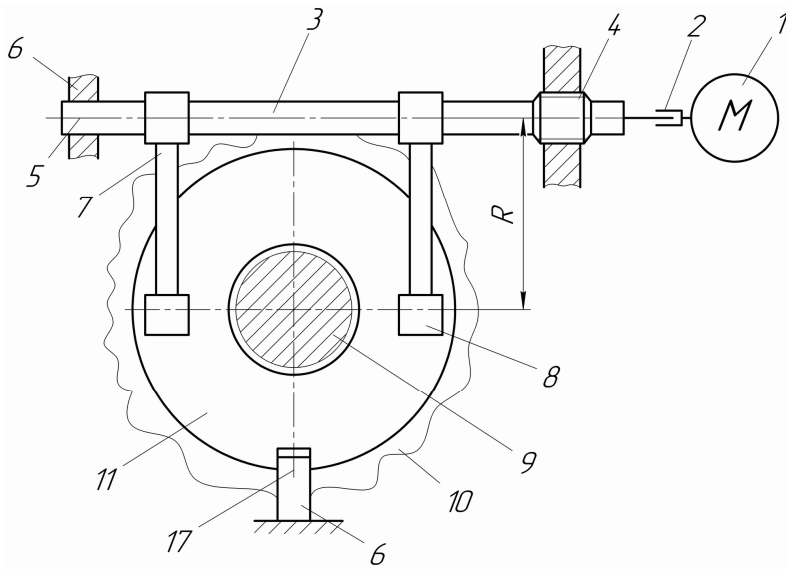


Рис. 2. Схема устройства, поперечный разрез

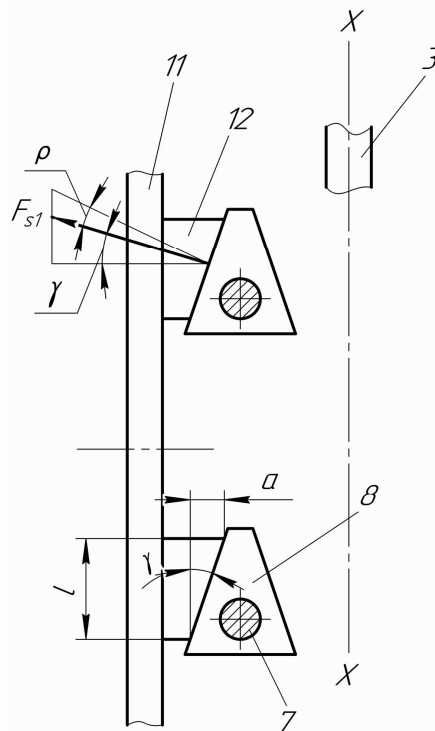


Рис. 3. Взаимодействие деталей в клиновом механизме

В основу расчета устройства управления положены следующие зависимости.

Вращающий момент T_1 (Нм) на валу ШД

$$T_1 = 9,55 \cdot 10^3 P_1 / n_1,$$

где P_1 – мощность ШД, кВт; n_1 – частота вращения, мин^{-1} .

Зная момент, развиваемый ШД, можно определить осевую силу F_S в резьбе

$$F_S = T_1 / \operatorname{tg}(\alpha + \rho) \cdot d_2 / 2,$$

где α – угол подъема винтовой линии, $\alpha = \operatorname{arctg}[p/(\pi d_2)]$, p – шаг резьбы; d_2 – средний диаметр резьбы; ρ – угол трения; $\rho = \operatorname{arctg}f$, где f – коэффициент трения в резьбе ($f=0,1$); F_S – сила, действующая на клиновом механизме.

Сила F_S преобразуется в двухсхосом клиновом механизме по зависимости

$$F_{S1} = F_S [2 \operatorname{tg}(\gamma + \rho)],$$

где $\operatorname{tg} \gamma = a/\ell$ (рис. 3); ρ – угол трения при $f=0,05$.

Вращающий момент T_1 , в свою очередь, может быть выражен

$$T_1 = F_{S2} \cdot R,$$

где F_{S2} – сила, перпендикулярная плоскости диска 11; R – длина рычага 7.

Как известно, в прямозубых и шевронных передачах при передаче вращающего момента T возникают силы: F_t – окружная и F_r – радиальная.

$$F_t = 2T/d_w;$$

$$F_r = 2T \operatorname{tg} \alpha_{tw} / d_w,$$

где d_w – начальный диаметр зубчатых колес; α_{tw} – угол зацепления.

Соответствующие силы F'_t и F'_r , действующие на тела качения расположенные на диаметре d , составят

$$F'_t = F_t \cdot k; F'_r = F_r \cdot k,$$

где $k = d_w/d$.

Рассматриваемая муфта аналогична радиально-упорному коническому подшипнику. Следовательно, под воздействием силы F'_r возникает осевая сила F_{S3} , равная [5]

$$F_{S3} = 1.245 \operatorname{tg} \beta F'_r,$$

где β – угол при вершине конического ролика.

Условие замыкания муфты

$$F_{S1} + F_{S2} \geq F_{S3}.$$

При изменении направления вращения ШД 1 на противоположное, включение второй передачи произойдет подобным образом.

Характеристики и номенклатура ШД широко известны, как и способы управления ими. В качестве винтовой пары в опоре 4 может быть рекомендована резьба Tr 16x4 или Tr 20x5. В качестве тел качения 13 могут быть использованы стандартные конические ролики.

Ориентировочные расчеты по вышеуказанным формулам позволяют сделать вывод о возможности разработки четырехступенчатого (плюс две аналогичные рассмотренным ступени) редуктора с вращающимися моментами в диапазоне 0,1...1,0 кНм, передаточными числами от 5 до 100 и скоростями

перемещения тележки от 0,05 до 1,5 м/с. Идея зубчатой передачи с встроенной муфтой вызвала немалый интерес за рубежом.

Список литературы

1. Ремизович Ю.В. Управление скоростью подъема груза крановым механизмом // Вестник машиностроения. 2012. № 6. С. 13-15.
2. Remizovich Yu.V. Control of load's speed of ascent in crane operation // Russian Engineering Research. 2012. Vol. 32. №7-8. P. 529-531.
3. Патент №160353 РФ, МПК В66С 13/04, F16Н 1/06. Механизм плавного пуска / Ремизович Ю.В., Ерёмкина С.В., Курбацкая О.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «СибАДИ». – № 2015120153/02 заявл. 27.05.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. № 8.
4. Румянцев Л.А. Устройства управления планетарной коробкой перемены передач // Строительные и дорожные машины. 2014. №11. С. 31-35.
5. Приводы машин: Справочник / В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш; Под общ. ред. В.В. Длоугого. – 2-е. изд. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. – 383 с.

References

1. Remizovich Yu.V. Control of cargo lifting speed by crane mechanism // Journal of Mechanical Engineering. 2012. № 6. P.13-15.
2. Remizovich Yu.V. Control of load's speed of ascent in crane operation // Russian Engineering Research. 2012. Vol. 32. №7-8. P. 529-531.
3. Patent №160353 RU, МПК В66С 13/04, F16Н 1/06. Mechanism of smooth start-up / Remizovich Yu.V., Eryomina S.V., Kurbatskaya O.V., applicant and patentee FGBOU VPO of "SIBADI". – № 2015120153/02 it is declared 27.05.2015; publ. 20.03.2016, Bull. № 8.
4. Rumyantsev L.A. The control Device, planetary gearbox changes gear // Construction and road machines. 2014. № 11. P. 31-35.
5. Machine drives: Handbook / V.V. Dlougiy, T.I. Muha, A.P. Tsupikov, B.V. Yanush; Under society. ed. V.V. Dlougiy. – 2nd. Ed. – L.: Mechanical Engineering, Leningr. Dept., 1988. – 383 p.

Ремизович Юрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, remizovich_uv@sibadi.org	Remizovich Yury Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor, remizovich_uv@sibadi.org
Абдулаева Ольга Владимировна – кандидат технических наук, доцент, abdulaeva_ov@mail.ru	Abdulaeva Olga Vladimirovna – candidate of technical sciences, associate professor, abdulaeva_ov@mail.ru
Кафедра «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод», Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), г. Омск, Россия	Department of "Hoisting-and-transport, traction cars and a hydraulic", Siberian state automobile and highway academy (SibADI), Omsk, Russian Federation

Received 22.10.2019