

УДК.: 62-503.57:52-587.5

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АДАПТИВНЫМ
РЕДУКТОРОМ В КОНСТРУКЦИИ МОТОР – КОЛЕСА
APPLICATION OF ELECTRIC DRIVE WITH ADAPTIVE GEARBOX
IN MOTOR - WHEELS DESIGN**

АКТАЕВ Э.Т.

Алматинский университет энергетики и связи

izvestiya@ktu.aknet.kg

В статье рассматривается возможность использования простейшей автоматической коробки передач в виде замкнутого дифференциального механизма с двумя степенями для приведения электромобиля в движение. Раскрываются вопросы регулирования скорости в системе мотор – колесо за счет установки частотно-регулируемого асинхронного двигателя на вал автоматической коробки передач.

The possibility of using a simple automatic transmission as a closed differential mechanism with two degrees to bring the electric vehicle in motion. Focus on issues speed control of the engine – wheel system by installing asynchronous variable frequency motor to the automatic transmission shaft.

Введение. Электродвигатель отличается от двигателя внутреннего сгорания существенной простотой. Это позволяет устанавливать двигатель непосредственно в ведущем колесе, то есть использовать мотор – колесо для приведения электромобиля в движение. Однако при этом возникает проблема регулирования скоростей движения ведущих колес как при движении по прямой линии, так и при повороте.

В настоящее время широко используются автоматические коробки передач. Однако конструкция автоматической коробки передач отличается большой сложностью. Автоматическая система управления коробкой передач требует точной настройки и в целом не обеспечивает работу коробки передач, непрерывно адекватную нагрузке автомобиля. Сама коробка передач является громоздким узлом, которую проблематично использовать в мотор-колесе.

Запатентована простейшая автоматическая коробка передач в виде замкнутого дифференциального механизма с двумя степенями [1]. Эта коробка передач основана на использовании принципиально нового механического эффекта силовой адаптации. Механизм адаптивной коробки передач имеет возможность самостоятельно и непрерывно изменять передаточное отношение в зависимости от выходного момента сопротивления.

Ранее в работах была исследована теоретически возможность передачи движения в дифференциальном зубчатом механизме с помощью замкнутого контура на основе взаимосвязи кинематических и силовых параметров в кинематической цепи с двумя степенями свободы. Было показано, что замкнутый контур накладывает дополнительную связь на движение звеньев, что приводит к определенности движения кинематической цепи с двумя степенями свободы при наличии только одного входа.

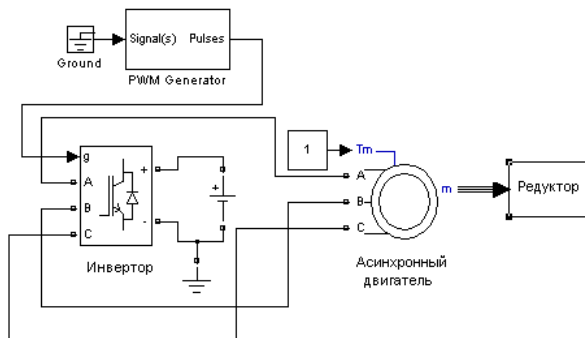


Рис. 1. Функциональная схема асинхронного электропривода.

Цели и методы. Зубчатая бесступенчато регулируемая передача в виде зубчатого замкнутого дифференциального механизма с постоянным зацеплением колес является простейшей передачей такого типа и имеет надежность, соответствующую надежности зубчатого механизма. Указанные свойства позволяют использовать передачу как в легких локальных приводах электромобилей, так и в тяжелых приводах транспортных машин, в том числе в мотор колесах.

Для тягового электропривода рационально использовать асинхронные электродвигатели [2]. В этом случае функциональная схема электропривода изображенная на (рис.1) включает источник питания, управляемый инвертор, преобразующий постоянный ток в переменный ток заданной частоты, асинхронный электродвигатель приводящий в движение адаптивный редуктор.

Кривые переходного процесса показывают (рис.2), что частота вращения вала асинхронного двигателя плавно нарастает без перерегулирования и электромагнитный момент двигателя находится в допустимых параметрах режима работы.

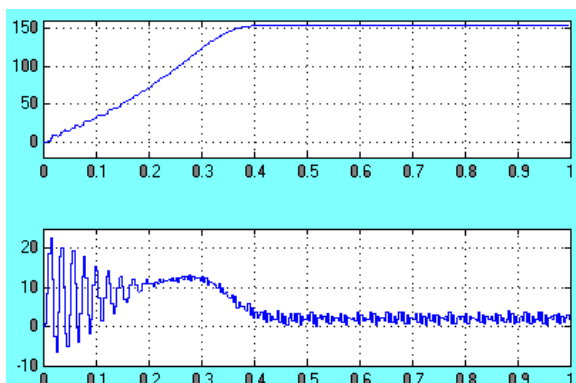


Рис. 2. Осциллограммы переходных процессов частоты вращения вала двигателя и электромагнитного момента.

Результаты исследований. Адаптивный механический редуктор представлен на рисунке 3. Адаптивный малогабаритный механический редуктор представляет собой замкнутый дифференциальный зубчатый механизм с двумя степенями свободы. Эффект силовой адаптации создается за счет наличия двух степеней свободы в механизме с одним входом. Редуктор содержит входное водило H_1 , выходное водило H_2 , и размещенный между ними четырехзвенный замкнутый контур из зубчатых колес 1 – 2 – 3 – 6 – 5 – 4. Колеса 1, 4 и 3, 6 объединены в блоки колес 1-4, 3-6.

Во время работы входное водило H_1 передает движение на замкнутый контур 1 – 2 – 3 – 6 – 5 – 4, который передает движение на выходное водило H_2 . Замкнутый контур 1 – 2 – 3 – 6 – 5 – 4 накладывает дополнительную связь на относительное движение звеньев и обеспечивает определенность движения кинематической цепи с двумя степенями свободы при наличии только одного входа. Механизм обеспечивает эффект силовой адаптации: при постоянной **входной мощности** P_1 скорость вращения выходного вала ω_{H_2} (выходного водила H_1) находится в обратной пропорциональной зависимости от переменного момента сопротивления M_{H_2} :

$$\omega_{H_2} = P_1 / M_{H_2}.$$

Эта формула соответствует идеальной тяговой характеристике машины с переменным технологическим сопротивлением.

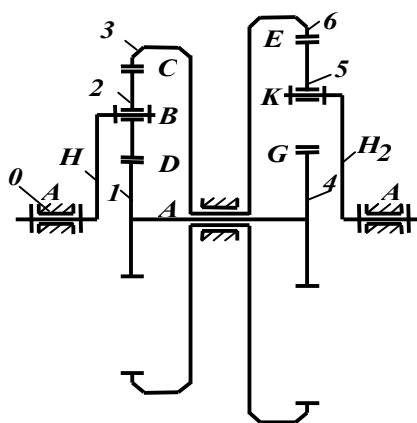
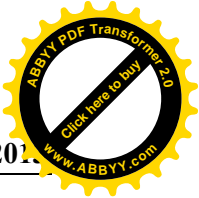
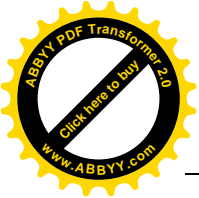


Рис. 3. Адаптивный механический редуктор

Входная движущая сила F_{H_1} передается на выходное водило H_2 в виде реакции R_{5H_2} , преодолевающей выходную силу сопротивления R_{H_2} .

$$R_{H_2} = R_{5H_2}, \text{ или } R_{H_2} = F_{H_1}(r_1 / r_4 + r_3 / r_6) / 2.$$



1)

Входная движущая сила соответствует входному движущему моменту $M_{H1} = F_{H1}r_{H1}$.

Реакция на выходном сателлите 5 соответствует выходному моменту сопротивления $M_{H2} = R_{5H2}r_{H2}$, т.о.

$$M_{H2} = M_{H1} \frac{r_{H2}}{2r_{H1}} \left(\frac{r_1}{r_4} + \frac{r_3}{r_6} \right). \quad 2)$$

Выразим горизонтальные составляющие реакций, действующих на сателлиты 2 и 5, через внешние силы:

$$R_{12} = R_{32} = 0.5F_{H1}, R_{45} = R_{65} = 0. \quad 3)$$

После подстановки полученных значений в уравнение (3) получим:

$$\begin{aligned} M_1 &= 0.5M_{H1}r_1/r_{H1}, M_3 = 0.5M_{H1}r_3/r_{H1}, \\ M_4 &= 0.5M_{H2}r_4/r_{H2}, M_6 = 0.5M_{H2}r_6/r_{H2}. \end{aligned} \quad 4)$$

Составляя для каждого сателлита уравнение равновесия, получим

$$R_{12}s_D + R_{32}s_C = F_{H1}s_B, R_{45}s_G + R_{65}s_E = F_{H2}s_K.$$

Выразим здесь перемещения s - точек через мгновенные углы поворота звеньев и радиусы

$$s_D = \varphi_1r_1, s_C = \varphi_3r_3, s_B = \varphi_{H1}r_{H1}, s_G = \varphi_4r_4, s_E = \varphi_6r_6, s_K = \varphi_{H2}r_{H2},$$

$\varphi_1, \varphi_3, \varphi_{H2}, \varphi_4, \varphi_6, \varphi_{H2}$ - мгновенные углы поворота зубчатых колес и водил

С учетом времени получим

$$M_1\omega_1 + M_3\omega_3 = M_{H1}\omega_{H1}, M_4\omega_4 + M_6\omega_6 = M_{H2}\omega_{H2}. \quad 5)$$

Условие взаимодействия параметров механизма в целом

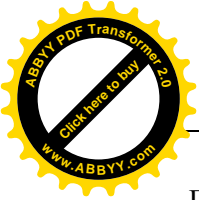
$$M_1\omega_1 + M_3\omega_3 + M_4\omega_4 + M_6\omega_6 = M_{H1}\omega_{H1} + M_{H2}\omega_{H2}. \quad 6)$$

В левой части уравнения имеет место сумма мощностей (работ) внутренних сил контура. Так как связи являются идеальными и стационарными, то работа реакций связей равна нулю.

$$M_1\omega_1 + M_3\omega_3 + M_4\omega_4 + M_6\omega_6 = 0. \quad 7)$$

Следовательно, работа (мощность) внешних сил контура также равна нулю

$$M_{H1}\omega_{H1} + M_{H2}\omega_{H2} = 0. \quad 8)$$



Уравнение (8) выражает также условие равновесия внешних сил всей кинематической цепи. При одной силе сопротивления число движущих сил окажется на единицу меньше числа начальных звеньев. Тогда уравнение (8) примет вид

$$M_{H1} \omega_{H1} = M_{H2} \omega_{H2}. \quad 9)$$

В итоге уравнение (9) означает, что статически и кинематически определимый подвижный контур находится в равновесии под действием произвольных внешних сил.

Из формулы (9) можно определить величину выходной угловой скорости.

$$\omega_{H2} = M_{H1} \omega_{H1} / M_{H2}. \quad 10)$$

Согласно формуле (10) при постоянной входной мощности выходная угловая скорость находится в обратной пропорциональной зависимости от переменного выходного момента сопротивления M_{H2} . Эта зависимость выражает эффект силовой адаптации выходного звена к переменной нагрузке.

Выводы. 1. Адаптивный механический редуктор в виде зубчатого замкнутого дифференциального механизма с постоянным зацеплением колес является простейшей передачей такого типа и имеет надежность, соответствующую надежности зубчатого механизма.

2. Эффект силовой адаптации позволяет создавать адаптивные бесступенчатые передаточные механизмы с самостоятельно регулируемым передаточным отношением типа вариаторов, в которых изменение передаточного отношения обеспечивается самим механизмом без внешнего управления.

3. Общий эффект системы равен произведению положительных свойств отдельно взятых составляющих, т.е. их одновременное использование: механической силовой адаптации и частотно-регулируемого асинхронного электропривода.

Литература

1. Ivanov K.S. The Question of the Synthesis of Mechanical Automatic Variable Speed Drives.// Proceedings of the Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Vol.1, Politechnico di Milano, Italy, August 29/Sept 2, 1995. P. 580 – 584.
2. Терехов В.Н., Осипов О.И., - Системы управления электроприводов. - М.: Академия, 200