

УДК 629.1.02 (075.8)

© Барышов Д.П., Бритвин Л.Н., Мазлумян Г.С., Першин С.М., Сова А.Н.
Baryshov D., Britvin L., Mazlumyan G., Pershin S., Sova A.

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОЛЕСНЫХ ШАССИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ГИДРОТРАНСФОРМАТОРА В АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

ENHANCED FUNCTIONALITY SPECIAL WHEELED CHASSIS WITH MAGNETOZHIDKOSTNOGO TORQUE CONVERTER IN THE AUTOMATIC TRANSMISSION

Аннотация. В данной статье обоснованы состав и параметры автоматической трансмиссии специальных колесных шасси с применением магнитожидкостного гидротрансформатора. Разработанные научно-методический подход, методики и математические модели позволяют обосновать состав и параметры перспективных автоматических трансмиссий с применением магнитожидкостных технических средств с целью повышения расширения их функциональных возможностей и улучшения технических и эксплуатационных характеристик.

Работа выполнена на средства гранта Президента РФ государственной поддержки молодых российских ученых MD-7570. 2013.10.

Annotation. In this article the structure and parameters of the automatic transmission, special wheel chassis using magnet liquid converter. Developed scientific and methodical approach, methods and mathematical models can justify the composition and perspective parameters of automatic transmissions using magnet liquid techniques to enhance the expansion of their functionality and improve the technical and operational characteristics.

Work performed under the grant of the President of the Russian state support of young Russian scientists MD-7570. 2013.10.

Ключевые слова. Магнитная жидкость, гидротрансформатор, автоматическая трансмиссия, функциональные возможности, техническое и эксплуатационное свойство.

Key words. Magnetic fluid torque converter, automatic transmission, features, specifications and performance characteristic.

Восенне-весенний период, когда дорожные условия являются особенно сложными, расширение функциональных возможностей, улучшение моментных характеристик, повышение осредненного по пути движения коэффициента полезного действия (КПД) и надежности трансмиссии имеют принципиальное значение.

Такие результаты могут быть достигнуты при использовании магнитожидкостного гидротрансформатора в структуре автоматической трансмиссии специально-

го колесного шасси (СКШ). Однако вопросы применения в составе автоматических гидродинамических трансмиссий магнитожидкостных гидротрансформаторов проработаны недостаточно полно.

На основе анализа существующих гидротрансформаторов и оценки их параметров реальных транспортных средств возникают вопросы о том, каким образом возможно расширение диапазона изменения коэффициента трансформации и увеличение КПД ги-

Барышов Дмитрий Петрович – кандидат технических наук, доцент, кафедра «Транспортные установки», МАДИ;

Бритвин Лев Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Гидропривод и гидропневмоавтоматика», МАДИ;

Мазлумян Григорий Сергеевич – аспирант, кафедра «Транспортные установки», МАДИ;

Першин Сергей Михайлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФБУ «4 ЦНИИ Минобороны России», тел. (495)543-36-76;

Сова Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные установки», МАДИ.

Baryshov Dmitry – candidate of technical sciences, associate professor of "Transport facilities", MADI;

Britvin Lev – doctor of technical sciences, professor, "Hydraulic and hydro-pneumo-automation", MADI;

Mazlumyan Gregory – graduate student, "Transport facilities", MADI;

Pershin Sergei – candidate of technical sciences, senior researcher, FBI "4 CRI Russian Defense Ministry", pb. (495)543-36-76;

Sova Alexander – doctor of technical sciences, professor, head of the "Transport facilities", MADI.

дотрансформатора (ГТ) и возможна ли автоматизация процесса изменения скорости автомобиля в зависимости от качества дороги.

Анализ внешних характеристик гидротрансформаторов на основе обычной рабочей жидкости, входящих в состав гидродинамической передачи, показывает, что гидротрансформаторы известных конструкций имеют недостатки, связанные с недостаточно высоким значением КПД и коэффициента трансформации. При увеличенных значениях дорожного сопротивления КПД заметно снижается вследствие относительно мягкой механической характеристики, обусловленной повышенной прозрачностью гидротрансформатора. Используя магнитную жидкость (МЖ) и систему управления вязкостью и плотностью МЖ, представляется возможным снижение прозрачности гидротрансформатора, повышение жесткости его механической характеристики и, как следствие, повышение КПД.

Увеличение коэффициента трансформации и повышение жесткости механической характеристики может, прежде всего, позволить более полно использовать мощность двигателя, расширить функциональные возможности гидромеханической передачи или повысить надежность двигательной-трансмиссионной установки за счет сокращения количества передач и фрикционов в коробке передач планетарного типа на 17...18% и увеличить среднюю скорость движения СКШ. Предлагаемая схема управляемого комплексного одноступенчатого гидротрансформатора на основе магнитной жидкости представлена на рисунке.

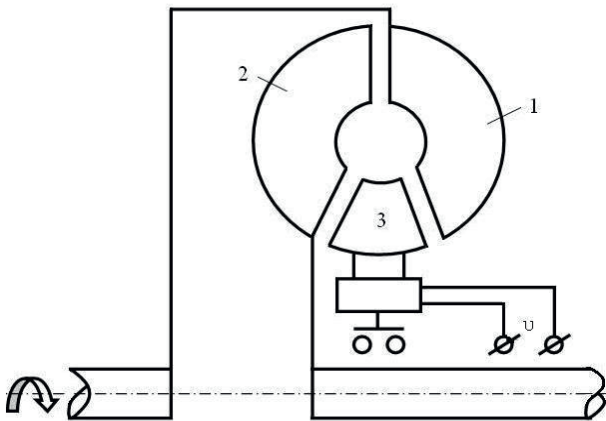


Схема управляемого комплексного одноступенчатого гидротрансформатора на основе магнитной жидкости

ГТ состоит из насосного 1, турбинного 2 и реакторного 3 колеса, отличающегося от обычного тем, что оно содержит соленоид – индуктор, установленный в корпусе гидротрансформатора и в рабочем зазоре между выходным валом ГТ и реакторным колесом. По этой при-

чине будем называть реакторное колесо индуктором, выполняющим роль реактора с переменными параметрами. При работе МЖГТ в трансформаторном режиме (см. рисунки), рабочая жидкость поступает от насосного колеса на турбинное и затем на реакторное колесо, отражаясь от которого, создает реакцию на турбинном колесе, что позволяет формировать момент на выходном валу больший, чем на насосном, и управлять скоростью его вращения в соответствии с заданной программой, что позволит повысить жесткость механической характеристики гидротрансформатора путем снижения его проницаемости и обеспечить расширение функциональных возможностей гидротрансформатора за счет повышения коэффициента трансформации и управления скоростью вращения реакторного колеса, обеспечивая тем самым регулируемую по заданной программе реакцию, действующую на турбинное колесо и момент, создаваемый им при передаточных числах, близких к единице, когда обычное реакторное колесо вращается свободно на обгонной муфте и не увеличивает момент на турбинном колесе по сравнению с моментом на насосном колесе. При подаче регулируемого напряжения на индуктор образуется магнитное поле, которое в соответствии с заданной программой изменяет плотность магнитной жидкости, расположенной в зазоре между реакторным колесом и выходным валом ГТ, сопротивление вращению и, как следствие, скорость вращения реакторного колеса и реакцию на нем, определяющую скорость течения и перепад давления на индукторе.

В общем случае зависимость скорости протекания жидкости в гидравлическом канале от напряженности внешнего магнитного поля описывается соотношением

$$v = \frac{b}{H_0 \sqrt{\lambda \eta}} \cdot \frac{\Delta P}{l} k, \quad (1)$$

где l, b, k – геометрические параметры канала;

H_0 – напряженность внешнего магнитного поля;

λ, η – физические характеристики магнитной жидкости;

ΔP – перепад давления в гидравлическом канале;

v – скорость течения жидкости.

Уравнение (1) является нелинейной зависимостью скорости от напряженности и перепада давления в канале. При анализе выражения (1) видно, что с ростом напряженности внешнего магнитного поля скорость протекания МЖ по гидроканалу вследствие увеличения ее вязкости уменьшается. Вместе с тем с увеличением вязкости увеличивается гидравлическое сопротивление и перепад давления в гидроканале.

С ростом перепада давления возрастает скорость протекания МЖ в канале. Напряженность магнитного поля и перепад давления МЖ в канале связаны соотношением

$$\Delta P = a_1 H_0^2 + a_2 H_0 V, \quad (2)$$

где a_1 и a_2 – постоянные величины, определяемые по формулам

$$a_1 = 0,5\mu_0\varphi H_a \frac{l}{b} \text{ и } a_2 = \sqrt{\lambda_\eta} \frac{l}{b},$$

где μ_0, φ, H_0 – физические свойства МЖ;

l, b – геометрические параметры гидроканала.

Первое слагаемое формулы (2) представляет перепад давления, обусловленный силами, втягивающими МЖ в область максимального магнитного поля, создаваемого соленоидом. Второе слагаемое создается силами электромагнитного и гидравлического сопротивления, препятствующими движению МЖ, определяющими демпфирующие свойства потока жидкости. Таким образом, индуктор позволяет путем изменения напряженности магнитного поля соленоида воздействовать на протекание МЖ в каналах индуктора. Поскольку индуктор установлен после турбинного колеса, то изменение напряженности магнитного поля приводит к изменению скорости потока жидкости на выходе турбинного колеса, внутри индуктора и после него. Напор на выходе турбинного колеса H_2 определяется уравнением

$$H_2 = \frac{\omega_2}{g} (c_{u12} r_{12} - c_{u22} r_{22}), \quad (3)$$

где ω_2 – угловая скорость турбинного колеса;

c_{u12} – окружная скорость на выходе турбинного колеса;

c_{u22} – окружная скорость на выходе насосного колеса;

r_{12} и r_{22} – радиусы турбинного и насосного колес, соответственно.

Гидравлический момент на турбинном колесе и КПД, выраженные через напор H_2 , определяются соотношением вида

$$M_{2r} = \frac{QH_2\gamma}{\omega_2}; \quad \eta = \frac{H_2}{H_1}, \quad (4)$$

где Q – расход рабочей жидкости через турбинное колесо;

H_1 и H_2 – напоры жидкости на турбинном и насосном колесах;

γ – удельный вес рабочей жидкости.

Анализ приведенных выражений показывает, что с ростом напряженности магнитного поля индуктора жидкость затормаживается, т.е. уменьшается скорость потока жидкости на выходе турбинного колеса, что приводит к увеличению напора МЖ H_2 . В результате этого повышается гидравлический момент турбинного колеса и КПД гидротрансформатора.

Транспортному агрегату присущи различные режимы движения – от начала движения из неподвижного положения и работы на низких передаточных отношениях трансформатора момента и скорости до режимов на повышенных передаточных отношениях. Очевидно, что в первом случае момент турбинного колеса ГТ должен быть максимальным и уменьшаться с ростом передаточных отношений при улучшении дорожных условий и увеличении скорости автомобиля. С этой целью напряженность магнитного поля индуктора должна изменяться от максимального значения при начале движения из неподвижного положения с места до нуля в режиме гидромукфы и в режиме работы ГТ, близком к расчетному. В последнем случае гидротрансформатор используется как обычный комплексный трехколесный гидротрансформатор. Варьируя величиной напряженности индуктора, устанавливаются необходимый характер изменения внешних характеристик гидротрансформатора в зависимости от дорожных условий и скорости движения автомобиля. Очевидно, что оптимальным регулятором напряженности магнитного поля индуктора ГТ может быть регулятор автоматический.

Литература

1. Берковский Б.М. *Магнитные жидкости*. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
2. Шмырин Г.К. *Автоматическая гидродинамическая трансмиссия транспортных средств*. – М.: ВА им.Ф.Э. Дзержинского, 1995. – 79 с.

Материал поступил в редакцию 19. 05. 2013 г.