

УДК 62-82

Л.Г. КРАСНЕВСКИЙ, чл.-кор. НАН Беларуси, С.Н. ПОДДУБКО, канд. техн. наук
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

А.А. МАЦКЕВИЧ

ОАО «Минский завод колесных тягачей», Республика Беларусь

ЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Рассмотрены принцип действия и устройство электрогидравлических систем управления современных гидромеханических передач, обеспечивающих защиту от возникновения и последствий аварийных ситуаций при опасных отказах.

Ключевые слова: гидромеханическая передача, электрогидравлическая система управления, отказы

Современные автоматические гидромеханические передачи (ГМП), снабженные мехатронными системами управления, стали самым массовым видом автоматической трансмиссии. Например, в США они устанавливаются почти на 100 % выпускаемых легковых автомобилей. ГМП незаменимы для техники, предназначенной для тяжелых условий эксплуатации — таких, как колесные и гусеничные машины высокой проходимости, разнообразные строительно-дорожные, специальные, карьерные самосвалы и другая техника мощностью до 1000 л.с. (в отдельных случаях до 1500—1600 л.с.). По сравнению с механическими трансмиссиями они повышают проходимость, маневренность и управляемость и при этом имеют значительно более высокую долговечность.

Как известно, многоступенчатые ГМП имеют сложные кинематические схемы с несколькими элементами управления — многодисковыми фрикционными муфтами и тормозами, которые необходимо включать в строго определенных для каждой ступени комбинациях.

В машинах большой единичной мощности ГМП имеют большое число ступеней и, как правило, удалены от кабины на значительное расстояние. Это заставило отказаться от механических приводов ручного управления и перейти к электрическому дистанционному приводу с проводной связью между пультом ручного управления в кабине и электромагнитными исполнительными клапанами в механизме управления ГМП. Впоследствии применение электромагнитных клапанов облегчило переход от гидравлических к электронным (точнее, мехатронным) системам автоматического управления (МСАУ).

С увеличением мощности ГМП получило распространение пилотное (двухкаскадное) построение гидравлической части МСАУ с установкой электромагнитных клапанов в пилотном каскаде. Конструктивно электромагнит и клапан этого каскада выполнены в общем корпусе и образуют единое устройство — электрогидравлический клапан (ЭГК). В результате ЭГК стали неотъемлемыми элементами МСАУ, образуя интерфейс между уп-

равляющей электроникой и исполнительным механизмом гидравлической системы.

Вместе с тем обеспечение надежности и безопасности МСАУ стало важнейшей задачей, поскольку среди ее потенциальных отказов могут быть опасные. В работе [1] рассмотрены методы анализа типовых отказов и синтеза схем систем управления, защищенных от опасных последствий некоторых из них, т.е. активной и пассивной защиты.

Практика массового производства и эксплуатации ГМП показала, что одним из наиболее потенциально опасных отказов является исчезновение электрического питания МСАУ, которое приводит к отключению всех ЭГК и, соответственно, самопроизвольному переключению ступеней ГМП. При создании МСАУ ГМП эти ситуации подвергаются тщательному анализу и принимаются конструктивные меры к парированию их опасных последствий. Например, в [2] описана одна из таких конструкций МСАУ легковой ГМП фирмы Форд. Поэтому представляет интерес рассматриваемое ниже современное решение этой задачи, применяемое в МСАУ ГМП 6+1 серий WT 3000, 4000 американской компании Аллисон (входящей в корпорацию Дженерал Моторс) — крупнейшего в мире производителя тяжелых ГМП [3].

На рисунке 1 показана принципиальная схема этой системы. Для включения ступеней ГМП имеется пять фрикционов — 13, 14, 15, 16, 17. Управление фрикционами осуществляется посредством пилотных ЭГК 1, 2, 3, 4, 5, 6, которые, в свою очередь, управляют исполнительными золотниковыми клапанами 7, 8, 9, 10, 11, 12. Жидкость подается насосом 18. Давление поддерживается регулятором 20. В системе имеются теплообменник 21 и клапан питания гидротрансформатора 22.

Порядок включения ЭГК и фрикционов приведен в таблице 1. Конструктивно ЭГК 4, 5, 6 выполнены нормально закрытыми, а ЭГК 2, 3 — нормально открытыми. В таблице 1 они обозначены как (н.з.) и (н.о.).

Поведение системы при внезапном снятии напряжения с электромагнитов всех ЭГК задается

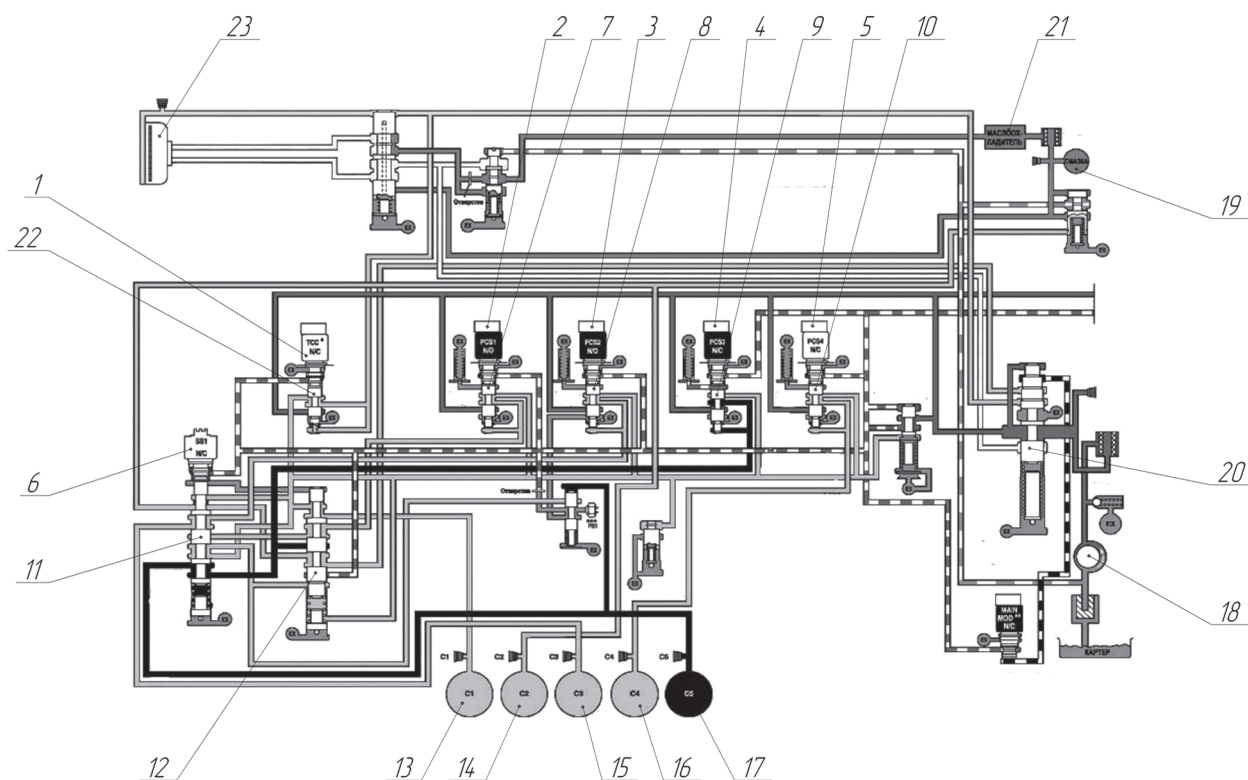


Рисунок 1 — Схема электрогидравлической системы управления шестиступенчатой ГМП Allison серии WT 3000, 4000

с помощью клапанов 11, 12. Рассмотрим для примера ситуацию, когда это происходит на 1 ступени.

На рисунке 2 представлен фрагмент рисунка 1 с расположением клапанов 11, 12 при нормальной работе МСАУ на 1 ступени. ЭГК 6 выключен, золотник клапана 11 находится в верхнем положении под действием пружины. Подано напряжение на ЭГК 3, 4 (на рисунке 2 не показаны). Нормально открытый ЭГК 3 включен для того, чтобы исполнительный клапан 7 оставался в выключенном положении. Золотник исполнительного клапана 12, который в предыдущих режимах был установлен в нижнее положение, показанное на рисунке, удерживается в нем за счет усилия, создаваемого давлением на разность рабочих площадей его элементов. Выключенный нормально откры-

тый ЭГК 2 включает исполнительный золотниковый клапан 7, который направляет рабочую жидкость через клапан 12 к фрикциону 13. ЭГК 4 включает исполнительный клапан 9, от которого давление по магистрали, показанной на рисунке 2 жирной линией, поступает к фрикциону 17. Включена 1 ступень.

На рисунке 3 показано положение, которое клапаны самопроизвольно занимают после снятия напряжения с ЭГК 3, 4. Клапан 12 удерживается в прежнем положении на разность площадей золотника. Включен фрикцион 13. Нормально открытый ЭГК 3 в результате обесточивания открывается и включает исполнительный клапан 8, который направляет рабочую жидкость через клапан 11 к фрикциону 15. Таким образом,

Таблица 1 — Порядок включения фрикционов и ЭГК на различных ступенях ГМП Allison

Ступень	ЭГК					Фрикционы				
	2 (н.о.)	3 (н.о.)	4 (н.з.)	5 (н.з.)	6 (н.з.)	13 (C1)	14 (C2)	15 (C3)	16 (C4)	17 (C5)
6	X	—	—	X	—	—	X	—	X	—
5	X	—	X	—	X	—	X	X	—	—
4	—	—	—	—	X	X	X	—	—	—
3	—	X	X	—	X	X	—	X	—	—
2	—	X	—	X	X	X	—	—	X	—
1	—	X	X	—	—	X	—	—	—	X
N	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X
R	X	—	X	—	—	—	—	X	—	X

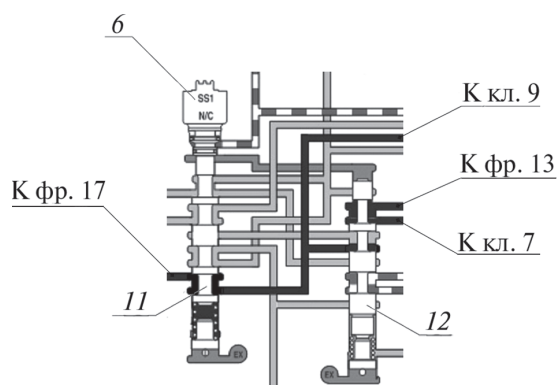


Рисунок 2 — Расположение клапанов 11, 12 на 1 ступени оказывается, что включены фрикционы 13, 15, что соответствует включению 3 ступени.

Порядок самопроизвольных переключений при внезапном обесточивании системы на других ступенях показан в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, при данном виде отказа исключается разнос двигателя, так как при всех самопроизвольных переключениях включается более высокая ступень (кроме 6-й), чем до отказа. При этом исключается самопроизвольный выход на нейтраль.

В системах управления современных ГМП МЗКТ [4] также применяется двухкаскадное управление с пилотными ЭГК и устройствами аварийного управления, позволяющими при отсутствии электропитания включить первую ступень переднего хода или задний ход при помощи клапана с ручным управлением. Предусмотрена возможность запуска двигателя с буксира, что обеспечивается наличием дополнительного насоса, установленного на выходном валу, для создания необходимого давления рабочей жидкости в гидросистеме.

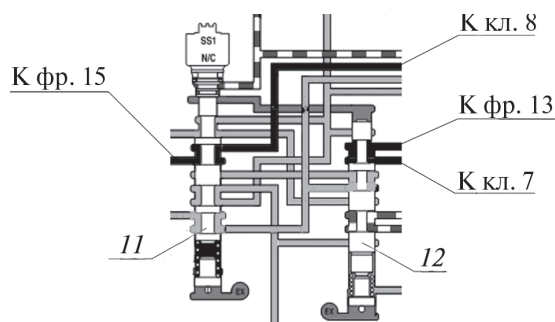


Рисунок 3 — Расположение клапанов переключения 11, 12 после снятия напряжения со всех ЭГК на 1 ступени

Таблица 2 — Порядок самопроизвольного переключения ступеней при внезапном отключении всех ЭГК

Ступень, включенная при исправной системе управления	Ступень, включаемая в результате отказа
R	N
N	N
1	3
2	3 или 4
3	3 или 4
4	4
5	4 или 5
6	5

Закключение. Как видно из изложенного, предотвращение опасных ситуаций, способных привести к повреждению трансмиссии или машины в целом в результате отказов МСАУ ГМП, относится к числу основных задач, решаемых при их создании с помощью аналитических методов и апробированных технических решений.

В данной статье представлено одно из таких решений, которое применено в МСАУ новых моделей тяжелых ГМП известной американской фирмы Аллисон в результате длительного процесса их совершенствования. Насколько нам известно, в русскоязычном научно-техническом издании оно публикуется впервые и поэтому может быть полезным для специалистов — читателей журнала.

Список литературы

1. Красневский, Л.Г. Управление гидромеханическими многоступенчатыми передачами мобильных машин / Л.Г. Красневский. — Минск: Наука і тэхніка, 1990. — 256 с.: ил.
2. Automatic transmission control for an automotive vehicle driveline having fail-safe logic: US Pat. 4494423. — Jan. 22, 1985.
3. Трансмиссии Аллисон. Руководство по поиску и устранению неисправностей. — 2005.
4. Николаев, Ю.И. Унифицированная гидравлическая система автоматического управления и жизнеобеспечения семейства перспективных гидромеханических передач МЗКТ / Ю.И. Николаев [и др.] // Механика машин, механизмов и материалов. — 2011. — № 2 (15). — С. 33—38.

Krasnevski L.G., Poddubko S.N., Mactskovich A.A.

Safeguarding constructions of modern hydromechanical transmissions

The operating principle and construction of the electrofluidic control of modern hydromechanical transmissions that provide protection against the occurrence and consequences of alarm conditions at hazardous failure was considered in the paper.

Поступила в редакцию 20.02.2012.