

СЕВРУК В. С.,
инж.-констр. 1 кат.¹
E-mail: viktrsevruk@rambler.ru

РУКТЕШЕЛЬ О. С., д-р техн. наук, проф.
профессор кафедры «Автомобили»²
E-mail: rukteshel@bntu.by

¹ОАО «Минский завод колесных тягачей», г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 05.05.2022

АНАЛИЗ СХЕМ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТОРМОЗАМИ-ЗАМЕДЛИТЕЛЯМИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В настоящее время гидравлические тормозы-замедлители производятся многими компаниями. Сфера применения подобных узлов весьма широка: это и легковые автомобили, и автобусы, и различная специальная большегрузная техника. При движении по ровной дороге тормоз-замедлитель позволяет сохранять ресурс рабочей тормозной системы и реже производить ее ремонт и замену, что наиболее актуально для легковых автомобилей. При движении на затяжных спусках тормоз-замедлитель позволяет долго сохранять требуемую скорость и не перегревать тормозные механизмы, что важно для автобусов и специальной техники. Изучая схемы различных моделей тормозов-замедлителей и их систем управления, можно получить много полезной информации об алгоритмах их работы, особенностях управления, методах контроля тормозного момента. Данная информация может быть полезна как в образовательных целях, так и в целях разработки собственной системы управления тормозом-замедлителем. В данной работе приводятся результаты исследования схем систем управления тормозов-замедлителей основных производителей. Описываются принципы их работы и особенности применения, отмечаются достоинства и недостатки. На основе собранной информации делается вывод об основных принципах регулирования тормозного момента, создаваемого тормозом-замедлителем.

Ключевые слова: трансмиссия, гидромеханическая передача, ретардер, гидравлический тормоз-замедлитель, система автоматического управления, функциональная схема.

Введение

Создание систем управления (СУ) узлами автоматической трансмиссии является сложной и ответственной задачей, поскольку от правильности их функционирования зависит качество работы соответствующего узла. В частности, при работе гидравлического тормоза-замедлителя (ГТЗ) его система управления должна способствовать созданию тормозного момента нужной величины в соответствии с выбранным водителем режимом торможения. При этом создаваемый тормозной момент не должен зависеть от каких-либо посторонних факторов, например, температуры рабочей жидкости, а набор защитных функций должен

предохранять ретардер от выхода из строя в случае нештатной ситуации. Ретардеры устанавливаются в трансмиссиях автомобилей уже достаточно долгое время, но несмотря на это, в настоящий момент все еще имеется множество вопросов в части разработки и практической реализации систем для их управления. Данные вопросы, в частности, состоят в следующем.

Общее устройство ГТЗ и общие параметры лопастных систем хорошо известны и описаны во множестве источников, например, [1, 2, 3, 4]. К примеру, тормоз-замедлитель состоит из двух колес, одно из которых вращается вместе с выходным валом коробки передач (ротор), а другое соединено с картером (статор). Каждое

из колес содержит набор лопаток, имеющих характерную форму. Эти и другие основные параметры являются безусловно полезными и важными при разработке ГТЗ. Однако, разрабатывая схему, а затем и чертежи какой-то новой конкретной модели ретардера, необходимо рассчитать и заложить в конструкторскую документацию набор конкретных узлов и деталей, каждый из которых должен иметь свои конкретные параметры и их значения: длины, диаметры, давления и т.д. Что касается системы управления ГТЗ, то она должна иметь четкую структуру, а у разработчика данной системы должно быть полное понимание того, чем именно нужно управлять, посредством чего это управление можно сделать, как именно узел будет реагировать на то или иное воздействие, какую обратную связь реализовать и, что также немаловажно, насколько возможно это все изготовить на предприятии. К сожалению, всем вышеуказанным вопросам в литературе уделяется крайне мало внимания. Системы управления ГТЗ зачастую упоминаются лишь вскользь: указывается только тот факт, что при включении ГТЗ энергия вращения выходного вала коробки передач преобразуется в тепловую энергию (происходит нагрев рабочей жидкости – масла), однако ничего не говорится ни о регулировании тормозного момента, ни о параметрах, влияющих на его конкретную величину. При этом данная информация критически важна при разработке ГТЗ, поскольку ретардер должен работать не просто в режиме «включено/выключено», а обеспечивать различную интенсивность торможения в зависимости от текущих дорожных условий и желания водителя.

Возможные варианты решения вышеуказанных вопросов можно рассмотреть на примере уже разработанных и серийно выпускаемых моделей ГТЗ различных производителей. В частности, множество моделей ретардеров выпускают такие известные производители, как Allison и Voith [5, 6]. В сопроводительную документацию на ретардеры определенных моделей зачастую включаются схемы их систем управления. Однако данные схемы, как правило, содержат достаточно ограниченный набор пояснений, не позволяющих в полной мере понять принцип их функционирования, либо вовсе не содержат никаких пояснений. Таким образом, желающим понять устройство данных схем необходимо самостоятельно их изучать и выяснять, как именно они функционируют. Исходя из вышесказанного, цель данной работы состоит в анализе основных схем

систем управления выпускаемыми ГТЗ, определении параметров их работы и способов регулирования тормозного момента.

Описание работы СУ ГТЗ Allison MD/B 300/B 400

Анализ схем систем управления начнем с одной из СУ ГТЗ фирмы Allison [7]. Данный ретардер используется вместе с гидромеханической передачей (ГМП) 3000-й серии. ГМП данной серии применяются для автомобилей с прицепными фургонами, пожарных машин и автомобилей технической помощи, грузовиков универсального назначения, школьных автобусов, развозных грузовиков, специализированных автомобилей и тягачей [8]. Поскольку для многих автомобилей из вышеуказанных категорий наличие ретардера позволяет значительно снизить нагрузку на рабочую тормозную систему и соответственно увеличить ресурс автомобиля, а рабочей жидкостью гидравлических ретардеров является, как правило, трансмиссионное масло, аналогичное маслу в ГМП, то объединение ГТЗ и ГМП в одном узле является удобным решением для трансмиссий данных транспортных средств. К преимуществам такого решения можно отнести то, что масло для ГТЗ и ГМП располагается в одном общем поддоне (что позволяет несколько уменьшить и упростить конструкцию узла), а также то, что масло под давлением, создаваемым механизмом регулирования давления ГМП, может использоваться системой управления ГТЗ для своих нужд. Недостатком же такого решения является невозможность использования ГТЗ отдельно от данной конкретной ГМП.

На рисунке 1 показана схема данной системы управления в выключенном состоянии. Проанализировав вышеуказанный рисунок, можно сделать вывод, что данная СУ ГТЗ включает в себя следующие основные элементы:

- два гидравлических клапана: Клапан Управления ГТЗ (Retarder Control Valve) и Клапан Поточков ГТЗ (Flow Valve);
- один пропорциональный электрогидравлический клапан (H);
- один дискретный электропневматический клапан (ON/OFF Solenoid);
- один гидропневмоаккумулятор (Accumulator). Проанализировав структуру всех элементов на рисунке 1 и взаимосвязи между ними, можно сделать следующие заключения о порядке работы элементов данной системы управления и принципах работы системы в целом в ее исходном состоянии (при выключенном ГТЗ).

1. К Клапану Управления ГТЗ подводится масло из магистрали главного давления ГМП, однако далее это масло никуда не поступает, поскольку электрогидравлический клапан находится в выключенном состоянии. На рисунке 1 данная магистраль обозначена как «MAIN PRESSURE».

2. Масло от выхода гидродинамического трансформатора (ГДТ) поступает к золотнику Клапана Поток ГТЗ. На рисунке 1 данная магистраль обозначена как «CONVERTER OUT».

3. Проходя через золотник, далее масло попадает на теплообменник (Cooler). Перед тем, как войти в теплообменник, поток масла разделяется: часть масла направляется в гидропневмоаккумулятор и заполняет его. Заполнение гидропневмоаккумулятора объясняется тем, что на его поршень с правой и левой стороны действуют силы разной величины: с правой стороны действует усилие от масла, поступившего под некоторым давлением с выхода ГДТ,

а с левой стороны не действует ничего, т. к. электропневматический клапан находится в выключенном состоянии. Соответственно, поршень перемещается в крайнее левое положение и происходит заполнение аккумулятора. На рисунке 1 данная магистраль обозначена как «TO COOLER».

4. После выхода из теплообменника охладившееся масло возвращается обратно к Клапану Поток ГТЗ и затем уходит на смазку ГМП. На рисунке 1 данные магистрали обозначены соответственно, как «FROM COOLER» и «LUBE».

5. Выход ГТЗ соединен со сливом посредством Клапана Поток ГТЗ. При этом на вход ГТЗ через дроссельное отверстие подается небольшое количество масла из потока, идущего на смазку ГМП. На рисунке 1 данные магистрали обозначены как «ORIFICE LUBE» и «EXHAUST».

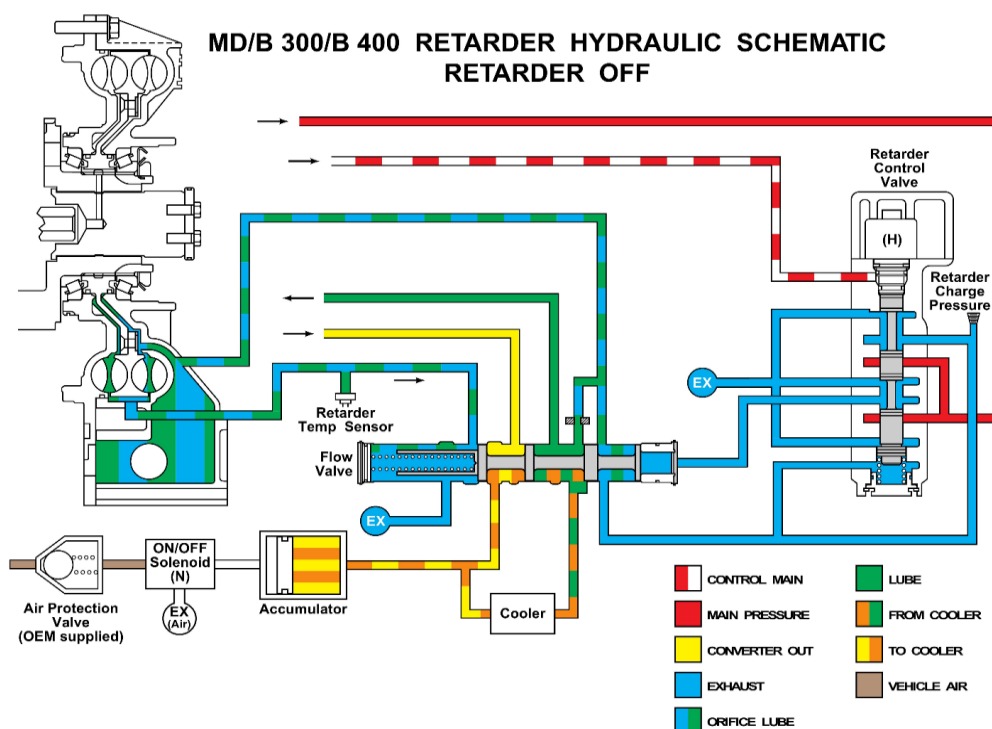


Рисунок 1 – Схема СУ ГТЗ Allison в выключенном состоянии [7]

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что при данном состоянии системы управления ретардер выключен (не создает тормозной момент), его гидропневмоаккумулятор полностью заполнен маслом, а масло с выхода ГДТ через теплообменник поступает на смазку ГМП. Теперь рассмотрим работу системы управления во включенном состоянии, показанном на рисунке 2.

Как видно из рисунка, некоторые элементы системы управления изменили свое состояние.

Проанализируем, как изменилась при этом работа системы управления.

1. На электрогидравлический клапан подается напряжение, в результате чего он переходит во включенное состояние. На рисунке 2 данная магистраль обозначена как «CONTROL MAIN». В результате этого создается давление на верхнем торце золотника Клапана Управления ГТЗ. Под действием возникающей силы золотник смещается вниз, преодолевая усилие пружины. При этом масло из главной масляной

магистрали («MAIN PRESSURE») через Клапан Управления ГТЗ поступает к торцу золотника Клапана Поток ГТЗ и перемещает его в рабочее («включенное») положение.

2. Поскольку Клапан Поток ГТЗ находится в рабочем («включенном») положении, то масло с выхода ГДТ («CONVERTER OUT») поступает на смазку ГМП («LUBE»), минуя теплообменник, а выход ГТЗ, теплообменник и вход ГТЗ последовательно соединяются между собой, образуя замкнутый контур.

3. Электропневматический клапан также находится во «включенном» состоянии (то есть на него подается напряжение), в результате чего давление воздуха перемещает поршень

аккумулятора в крайнее правое положение, тем самым выдавливая масло из полости аккумулятора. Данное масло поступает в замкнутый контур ГТЗ и частично его заполняет. На рисунке 2 магистраль подвода сжатого воздуха обозначена как «VEHICLE AIR».

4. Из замкнутого контура ГТЗ масло под давлением, равным давлению на входе в ГТЗ, поступает в подпружинную полость золотника Клапана Управления ГТЗ. При этом создается сила, направленная противоположно усилию от электрогидравлического клапана, что препятствует дальнейшему перемещению вниз золотника Клапана Управления ГТЗ и он остается в среднем положении.

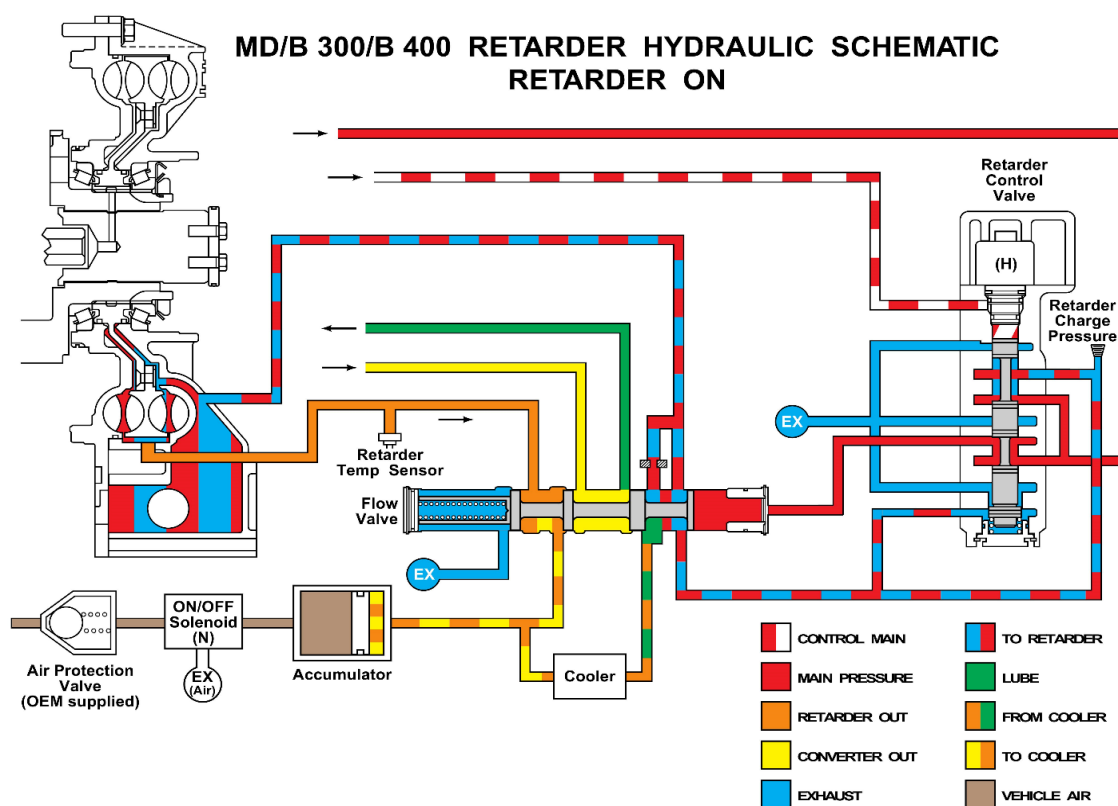


Рисунок 2 – Схема СУ ГТЗ Allison во включенном состоянии [7]

Резюмируя вышесказанное, можно отметить, что при данном состоянии системы управления ретардер включен (создает тормозной момент), масло из его гидропневмоаккумулятора заполнило контур ГТЗ, а масло с выхода ГДТ, минуя теплообменник, поступает на смазку ГМП.

Теперь обратим внимание на еще одну магистраль, которая не была упомянута в предыдущих пунктах. Данная магистраль соединяет магистраль главного давления («MAIN PRESSURE») через золотник Клапана Управления ГТЗ с замкнутым контуром ГТЗ. Рассмотрим подробнее, для чего нужна данная магистраль.

Логично предположить, что, когда вышеупомянутый контур ГТЗ полностью замкнут, тормозной момент ретардера постоянен и равен некой величине. Также логично предположить, что поскольку устройством, воздействующим на Клапан Управления ГТЗ, является пропорциональный электрогидравлический клапан, то при необходимости повысить тормозной момент ГТЗ нужно изменить (повысить) величину силы тока в данном клапане. При увеличении силы тока в клапане произойдет соответствующее увеличение давления, воздействующего на торец золотника Клапана Управления ГТЗ. Поскольку новая величина давления больше исходной, то золотник Клапана Управления ГТЗ

переместится вниз (см. рисунок 2). В результате этого масло из магистрали главного давления поступит через Клапан Управления ГТЗ на вход ГТЗ и начнет дополнительно заполнять ретардер до тех пор, пока давление в подпружинной полости Клапана Управления ГТЗ (равное давлению на входе в ретардер) вновь не уравнивается давлением от электрогидравлического клапана. При этом золотник вернется в среднее, «равновесное», положение и подача масла в ГТЗ прекратится, после чего, соответственно, прекратятся также повышение давления на входе в ретардер и повышение его тормозного момента.

Из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы относительно принципов работы рассматриваемой СУ ГТЗ фирмы Allison. Во-первых, изменение величины тормозного момента, создаваемого ретардером, происходит за счет изменения величины давления масла на входе в ГТЗ. Величина этого давления, в свою очередь, достигается за счет стремления золотника Клапана Управления ГТЗ принять среднее («равновесное») положение, при котором усилие от электрогидравлического клапана компенсируется суммарным усилием от давления на входе в ГТЗ и от пружины.

Во-вторых, поскольку ни электропневматический клапан, ни аккумулятор в процессе регулирования тормозного момента не участвуют, следовательно, их основная цель — это быстрое заполнение полости ретардера на начальном этапе торможения, т. е. увеличение скорости срабатывания СУ. Таким образом, проанализированная СУ ГТЗ позволяет создавать требуемый тормозной момент и регулировать его в широком диапазоне.

Описание работы СУ ГТЗ фирмы Voith

Далее рассмотрим СУ ГТЗ другого типа и от другого производителя [9]. Ретардеры фирмы Voith являются отдельно стоящими, то есть никак не связанными с коробкой передач. Из этого следует их достоинство: данные ГТЗ можно устанавливать совместно с любыми коробками передач от любых производителей. Однако отсюда же следует и их основной недостаток: полная автономность системы управления означает, что ни масляный бак, ни какие-либо элементы СУ ГМП невозможно использовать для нужд СУ ГТЗ. Поэтому рассмотрим, как в данном случае происходит регулирование тормозного момента.

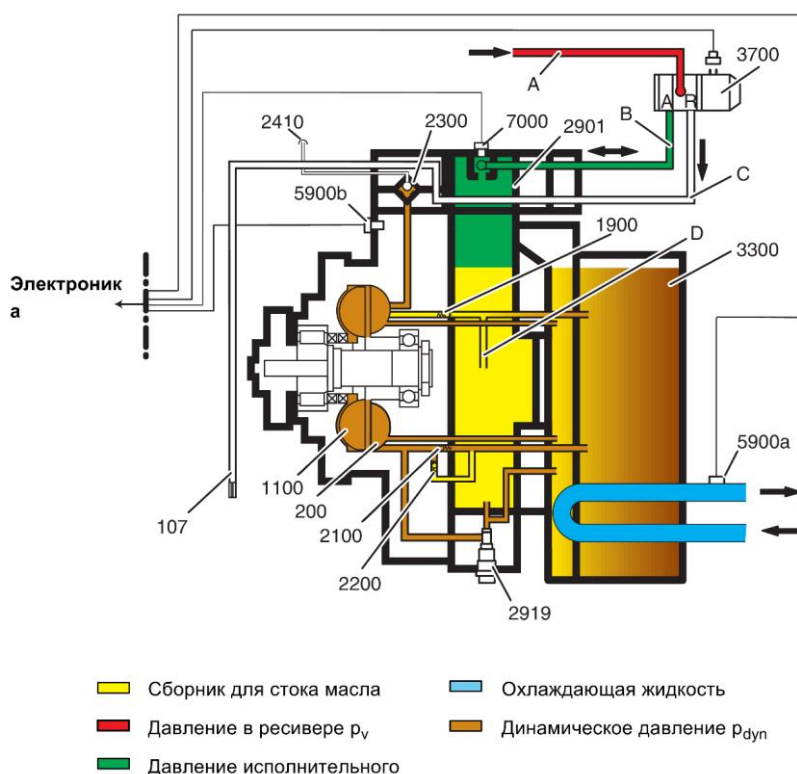


Рисунок 3 – Схема СУ ГТЗ Voith [9]

Как видно из рисунка 3, данная СУ ГТЗ включает в себя следующие основные элементы:

– пропорциональный электропневматический клапан 3700;

– масляный бак 2901;
– магистраль подачи сжатого воздуха А;
– магистраль сброса воздуха в атмосферу С;
– магистраль подвода сжатого воздуха В.

Процесс изменения величины тормозного момента довольно прост: сжатый воздух из магистрали А через клапан 3700 подается в магистраль В и далее в бак 2901. Поступивший воздух выдавливает некоторое количество масла из бака в полость ГТЗ, причем чем больше давление воздуха (которое регулируется величиной силы тока на клапане), тем больший объем масла будет выдавлен из бака. Следовательно, величина тормозного момента зависит от степени наполненности внутренней полости ГТЗ.

Описание работы клапана-регулятора числа оборотов

В источнике [10] описано устройство ГТЗ, в которых в качестве рабочей жидкости используется вода. При этом дается описание клапана, используемого для автоматического регулирования оборотов ГТЗ. Схема данного клапана приведена на рисунке 4.

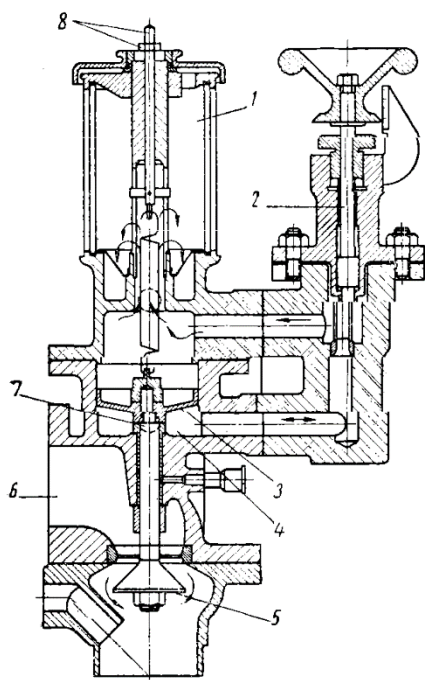


Рисунок 4 – Клапан-регулятор числа оборотов [10]

Основной элемент данного клапана – это шток 7, в верхней части которого находится поршень 3, а в нижней – клапан 5. Снизу на поршень 3 (то есть в полости 4) действует усилие от масла, которое подает насос, соединенный с ротором ГТЗ. Сверху на поршень 3 действует усилие, величина которого зависит от поворота рукоятки управления 2.

Клапан 5 регулирует выпуск воды из ГТЗ: от положения данного клапана зависит площадь выходного сечения, а, следовательно, и степень наполненности внутренней полости ГТЗ. Регулирование частоты вращения ротора ГТЗ

осуществляется следующим образом. Изначально требуемая частота вращения ротора выставляется при помощи рукоятки 2. При этом поршень 3 принимает некое равновесное положение, при котором давление, поступающее от рукоятки 2, уравнивается давлением от связанного с ротором насоса. Если по какой-либо причине частота вращения ротора изменяется, то изменяется также и частота вращения связанного с ним насоса, а значит, и давление в полости 4. Поскольку давление от рукоятки остается неизменным, то происходит перемещение поршня 3, штока 7 и клапана 5, из-за чего изменяется площадь сечения на выходе ГТЗ. Как следствие изменяется степень наполненности внутренней полости ГТЗ, из-за чего ротор снова разгоняется (или замедляется) до исходной частоты вращения. Таким образом, частота вращения ротора поддерживается постоянной.

Заключение

В настоящее время большой популярностью пользуются ретардеры гидравлического типа. Данные устройства могут оснащаться системами управления как с гидравлическими, так и с пневматическими исполнительными механизмами (клапанами). При этом СУ с гидравлическими клапанами, как правило, устанавливаются на ГТЗ, которые совмещены с ГМП. Данное решение позволяет использовать некоторые узлы ГМП для нужд ГТЗ, например, масляный поддон, масляный насос, различные магистрали с регулируемыми величинами давлений и др. В свою очередь, СУ с пневматическими клапанами устанавливаются на ГТЗ, которые никак не связаны с основной коробкой передач автомобиля. В данном случае источником сжатого воздуха служит пневмосистема автомобиля (а как известно, большинство грузовых и специальных автомобилей уже имеют в своем составе устройства для получения и хранения сжатого воздуха). В качестве обратной связи для регулирования величины тормозного момента данные СУ используют либо давление масла на входе в ГТЗ, либо степень заполнения маслом контура ГТЗ (путем контролирования вытесненного из бака объема масла). Можно сделать вывод о том, что данные параметры (давление на входе и степень заполнения контура) связаны между собой. Точный характер данной связи будет устанавливаться в ходе дальнейших исследований.

Литература

1. Автомобили: Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая

часть : учеб. пособие для вузов / А. И. Гришкевич [и др.] ; под ред. А. И. Гришкевича. – Мн. : Вышэйшая школа, 1987. – 200 с.

2. Нарбут, А. Н. Гидротрансформаторы / А. Н. Нарбут. – М. : Машиностроение, 1966. – 216 с.

3. Стесин, С. П. Лопастные машины и гидродинамические передачи : учебник для студентов вузов по специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» / С. П. Стесин, Е. А. Яковенко. – М. : Машиностроение, 1990. – 240 с.

4. Алексапольский, Д. Я. Гидродинамические передачи / Д. Я. Алексапольский. – М. : Машгиз, 1963. – 271 с.

5. Трансмиссии Allison [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.allison-transmission.com/ru-ru/transmissions>. Дата доступа: 03.10.2022.

6. Voith retarders – for greater safety, cost-effectiveness, and sustainability [Electronic resource]. – Mode of access: <https://voith.com/corp-en/braking-systems/retarders-trucks.html>. – Date of access: 03.10.2022.

7. Troubleshooting Manual. Allison Transmission. MD/HD/B Series Transmissions. WTEC II Controls. (Pre-TransID and TID 1). Revision 1, 199910. – Allison Transmission, 1998. – 396 p.

8. АКП Allison 3000 серии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ndgs.ru/katalog/allison/new/3k/>. – Дата доступа: 03.10.2022.

9. Сервисная инструкция Тормоз-замедлитель Voith VR 115 TMZ. – Voith Turbo, 2012. – 109 с.

10. Гавриленко, Б. А. Гидравлические тормоза / Б. А. Гавриленко, В. А. Минин, Л. С. Оловников. – М. : Машгиз, 1961. – 244 с.

UDC 681.5.043

SEVRUK Victor S.,

Design engineer of the 1st category¹

E-mail: viktrsevruc@rambler.ru

RUCKTESCHELL Oleg S., D. Sc. in Eng., Prof.

Professor of the department «Cars»²

E-mail: ruktshel@bntu.by

¹JSC Minsk Wheel Tractor Plant, Minsk, Republic of Belarus

²Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Received 05 May 2022

ANALYSIS OF SCHEMES OF RETARDER CONTROL SYSTEMS PRODUCED BY DOMESTIC AND FOREIGN MANUFACTURERS

Currently, hydraulic retarders are manufactured by many companies. The scope of application of such units is very wide: these are passenger cars, buses, and various special heavy-duty vehicles. When driving on a flat road, the retarder allows you to save the service life of the main brake system and repair and replace it less often, which is most important for passenger cars. When driving on long descents, the retarder allows you to maintain the required speed for a long time and not overheat the braking mechanisms, which is important for buses and special vehicles. By studying the schemes of various models of retarders and their control systems, one can get a lot of useful information about the algorithms of their operation, control features, methods of controlling the braking torque. This information can be useful both for educational purposes and for developing your own retarder control system. This article presents the results of the study of retarder control systems of the main manufacturers. The principles of their operation and their application features are described, advantages and disadvantages are noted. Based on the collected information, a conclusion is made about the basic principles of regulating the braking torque created by the retarder.

Keywords: *transmission, hydromechanical transmission, hydraulic retarder, automatic control system, functional diagram.*

References

1. Cars: Construction, constructing and calculation. Control systems and chassis : Textbook for universities / A. I. Grishkevich [et al.] ; edited by A. I. Grishkevich. – Mn. : Higher School, 1987. – 200 p.

2. Narbut, A. N. Hydraulic transformers / A. N. Narbut. – M. : Mashinostroenie, 1966. – 216 p.

3. Stesin, S. P. Paddle machines and hydrodynamic gears : textbook for university students in the specialty «Hydraulic machines, hydraulic drives and hydropneumoautomatics» / S. P. Stesin, E. A. Yakovenko. – M. : Mechanical Engineering, 1990. – 240 p.

4. Aleksapolsky, D. Ya. Hydrodynamic transmission / D. Ya. Aleksapolsky. – M. : Mashgiz, 1963. – 271 p.

5. Allison transmissions [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.allison>

[transmission.com/ru-ru/transmissions](https://www.allison.com/ru-ru/transmissions). – Date of access: 03.10.2022.

6. Voith retarders – for greater safety, cost-effectiveness, and sustainability [Electronic resource]. – Mode of access: <https://voith.com/corpen/braking-systems/retarders-trucks.html>. – Date of access: 03.10.2022.

7. Troubleshooting Manual. Allison Transmission. MD/HD/B Series Transmissions. WTEC II Controls. (Pre-TransID and TID 1). Revision 1, 199910. – Allison Transmission, 1998. – 396 p.

8. Automatic transmission Allison 3000 series [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ndgs.ru/katalog/allison/new/3k/>. – Date of access: 03.10.2022.

9. Service manual Retarder Voith VR 115 TMZ. – Voith Turbo, 2012. – 109 p.

10. Gavrilenko, B. A. Hydraulic brakes / B. A. Gavrilenko, V. A. Minin, L. S. Olovnikov. – M. : Mashgiz, 1961. – 244 p.