

коммутацией с выходов распределителей импульсов, а на другой — сигналы с выходов компаратора К, то до тех пор, пока потребляемый системой ток не превышает порога ограничения  $I_{огр}$ , на выходе компаратора имеет место логическая «1» и он не вмешивается в работу ячеек DD2.1-DD2.3. Как только потребляемый ток превысит значение  $I_{огр}$ , на выходе компаратора появляется последовательность чередующихся с повышенной частотой модулирующих импульсов. Они начинают модулировать выходные низкочастотные импульсы ячеек регулятора напряжения, а, следовательно, влияют на работу ключей инвертора таким образом, что потребляемый системой ток ограничивается на заданном уровне.

Блок реверса БР выполнен на ячейках логики DD1.1 – DD1.4 и ячейке DD3.2. При повороте руля в ту или иную сторону на выходе ФНУ соответственно формируются логические «1» или «0». Если это логическая «1», то, поступая на один из входов ячеек DD1.1 и DD1.3, они разрешают прямому прохождению импульсов управления фазами В и С инвертора, а, следовательно, и вращению двигателя в прямом направлении. Если же на выходе ФНУ имеет место логический «0», то указанное прямое прохождение импульсов управления ключами инвертора оказывается под запретом, а процесс управления через инвертирующую ячейку DD3.2 переходит к элементам блока реверса DD1.2, DD1.4. В итоге фазы двигателя В и С меняются местами и сам двигатель начинает вращаться в другую сторону. Логика управления стойкой инвертора VT1VT2, формирующей фазу питания двигателя А, остаётся неизменной.

### Литература

1. Прохоров В.А. Элементы и узлы полупроводниковых преобразователей электрической энергии. МГТУ «МАМИ», 2003.
2. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии / В.А. Прохоров и др. Под ред. В.А. Прохорова. МГТУ «МАМИ» 2004.

### ***Нужны ли для включения передач два разрыва потока мощности?***

к.т.н. доц. Тверсков Б.М.

*Курганский государственный университет  
8 (3522) 23-20-95*

*Аннотация.* В статье рассматривается возможность исключения сцепления из конструкции передачи типа WSK (гидротрансформатор, сцепление, механическая коробка передач), используя для этого торможение промежуточного вала коробки.

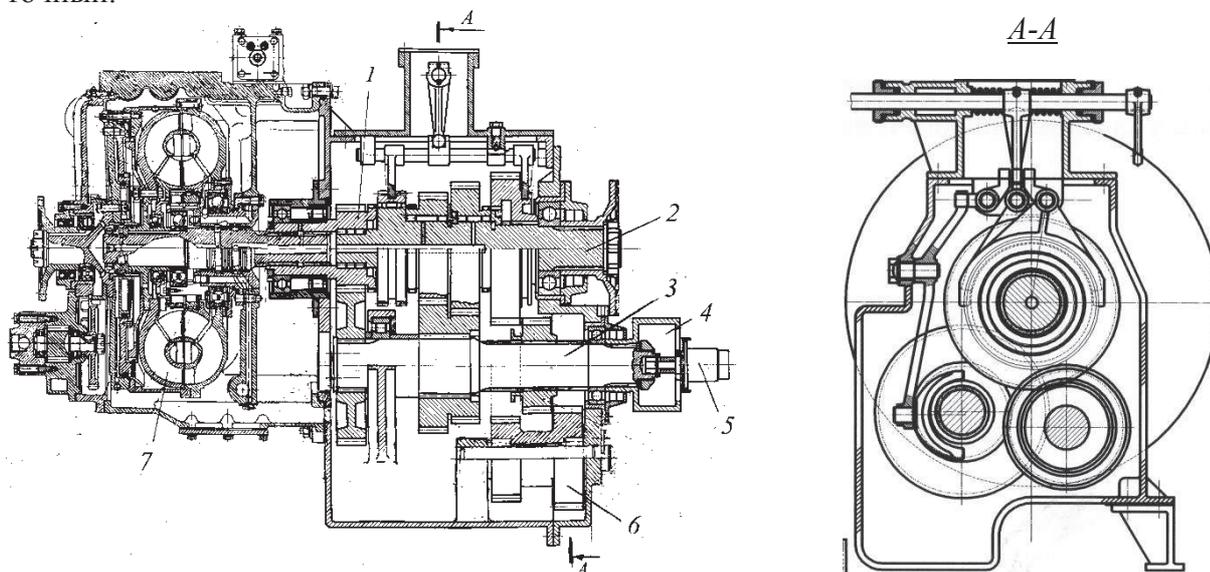
*Ключевые слова:* гидротрансформатор, сцепление, коробка передач

В статье рассматриваются вопросы проектирования и использования коробок передач на транспортных машинах (автомобилях, тракторах, тягачах и пр.). Для включения передачи в коробке передач с неподвижными осями валов необходим разрыв потока мощности, в течение которого происходит выравнивание оборотов соединяемых в коробке деталей. Изменяются всегда обороты промежуточного вала коробки. Влиять на частоту вращения выходного вала коробки, связанного с колесами, за короткое время включения передачи водитель не может, но имеет полную возможность изменять частоту вращения промежуточного вала, что и делается при включениях передач.

Разрыв потока мощности создается в сцеплении. Если сцепление по какой-либо причине не работает и выравнивания нет, включить передачу на неподвижном автомобиле при работающем двигателе невозможно или крайне затруднительно. В известной коробке передач типа WSK (Getriebe Wandler Schaltkupfung), содержащей гидротрансформатор, сухое сцепление, механическую коробку передач, которая здесь рассматривается, имеются два разрыва потока мощности: в гидротрансформаторе и в сцеплении. В статье дается описание разработанной коробки передач с одним разрывом потока мощности.

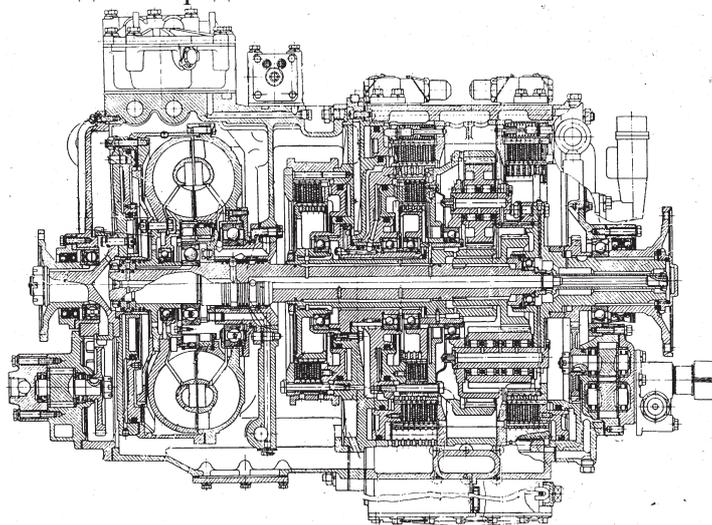
Разработанная коробка передач (рисунок 1) – гидромеханическая, четырехступенчатая,

с неподвижными осями валов, роботизированная, с электронным блоком управления. За прототип взята гидромеханическая коробка передач тягача МАЗ-537. Вместе с передаточным числом понижающей передачи в раздаточной коробке и коэффициентом трансформации гидротрансформатора передаточный диапазон в разработанной коробке получается достаточный.



**Рисунок 1. Вальяная гидромеханическая коробка передач: 1 – первичный вал; 2 – вторичный вал; 3 – промежуточный вал; 4 – тормоз; 5 – датчик оборотов; 6 – блок шестерен заднего хода; 7 – гидротрансформатор**

Длина новой гидромеханической коробки по присоединительным фланцам такая же, как коробки прототипа – тягача МАЗ-537 (рисунок 2). В условиях эксплуатации она должна заменить коробку по всем параметрам. Ограниченная длина определила многие из принятых параметров коробки. Недостатком прототипа является ненадежная работа фрикционов и малое передаточное число задней передачи.

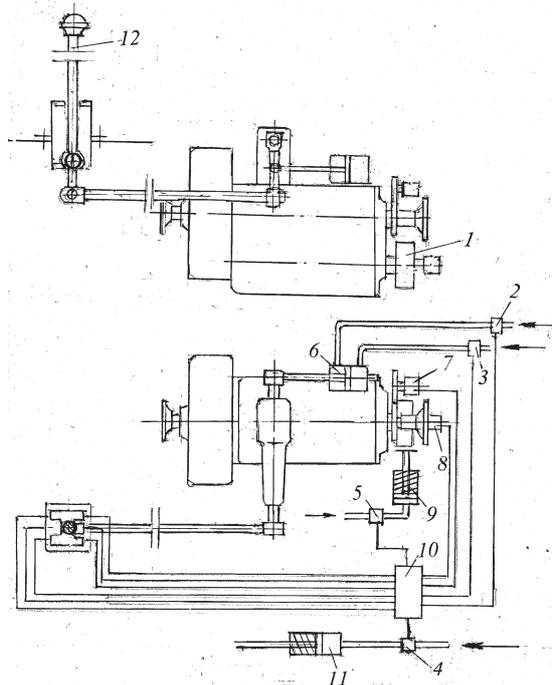


**Рисунок 2. Планетарная гидромеханическая коробка передач прототипа**

Так как при работающем двигателе и выключенной передаче в коробке передач остановка турбинного колеса гидротрансформатора не наступает даже при самых небольших оборотах коленчатого вала, без чего передачу не включить, в коробке передач типа WSK устанавливается сцепление. Турбинное колесо, а также соединенный с ним промежуточный вал коробки передач можно остановить, если на конце промежуточного вала, находящемся за пределами корпуса коробки, установить тормоз. Тогда сцепление не потребуется. Тормозной момент для остановки промежуточного вала нужен небольшой, он составляет около одной пятидесятой от максимального крутящего момента двигателя. Отсюда – небольшая нагруженность тормоза и его высокая надежность. Обслуживание и ремонт расположенного

снаружи тормоза затруднений не вызывает.

Управляет включением передач электронный блок (рисунок 3).



**Рисунок 3. Схема управления вальной коробкой передач: 1 – тормоз; 2, 3, 4, 5 – пневмоэлектроклапаны; 6 – пневмоцилиндр включения передач; 7, 8 – датчики оборотов (тахогенераторы) на выходном и промежуточном валах; 9 – пневмоцилиндр тормоза; 10 – блок управления; 11 – пневмоцилиндр для увеличения оборотов коленчатого вала; 12 – рычаг включения передач**

Для электронной системы такая задача сложности не представляет. Напряжение к блоку поступает от датчиков оборотов (тахогенераторов), соединенных с промежуточным и выходным валами коробки передач. На тягачах тахогенераторы используются в качестве датчиков спидометров, т.е. они достаточно точные.

После того как водитель подвел рычаг включения передач к положению включаемой передачи и включена электросистема этой передачи, электронный блок подает сигнал на торможение или разгон промежуточного вала коробки в зависимости от того, выше обороты шестерни, соединяемой с выходным валом, или ниже. Разгон происходит за счет увеличения подачи топлива в цилиндры двигателя, для чего на рейку топливного насоса высокого давления действует специально установленный пневмоцилиндр. Когда скорости вращения соединяемых в коробке передач вала и шестерни становятся одинаковыми, подается сигнал на электропневмоклапан пневмоусилителя и передача включается. Одновременно подается звуковой сигнал, подсказывающий водителю о готовности системы к включению передачи. Водитель придерживает рычаг включения передач, который нужен на случай выхода из строя автоматики, а также чтобы не допускать удары соединяемых деталей, что характерно для пневмосистем, которые работают всегда очень резко. Удерживая рычаг включения, водитель контролирует процесс включения передачи.

Если создаваемое пневмоцилиндром усилие на рычаге включения передач излишне большое, рычаг необходимо удерживать. Это усилие можно регулировать, изменяя размеры проходного канала для подвода сжатого воздуха в пневмоцилиндр включения передач.

Передаточные числа коробки передач: первая – 3,304; вторая – 2,318; третья – 1,55; четвертая – 1 (прямая); задний ход – 3,99. Передаточные числа пар шестерен, соединяемых при включении передач: первой – 1,739; второй – 1,22; третьей – 0,81, заднего хода – 2,1. Распределение передаточных чисел вальной коробки близко к геометрическому ряду, хотя при наличии гидротрансформатора отклонения от него сглаживаются работой гидротрансформатора.

$$i_m = {}^{n-m} \sqrt{i_1^{n-m}},$$

где:  $i$  – передаточное число;  $n$  – число передач в коробке передач;  $m$  – номер определяемой передачи.

При включенной прямой (четвертой) передачи первичный и вторичный валы соединяются между собой и вращаются с одинаковыми угловыми скоростями. Установленный на вторичном валу датчик оборотов в этот момент вращается с частотой меньше, чем соединенные вместе первичный и вторичный валы на передаточное число пары шестерен постоянного зацепления, т.е. в два раза. Датчик, фиксирующий обороты вторичного вала, приводится во вращение от блока шестерен заднего хода и вращается со скоростью в 1,66 раза более высокой, чем вторичный вал. Таким образом, при включенной прямой передаче разница скоростей вращения датчиков оборотов промежуточного и вторичного валов составляет:  $2 \times 1,66 = 3,32$ .

Скорость вращения вторичного вала на других передачах меньше, чем на прямой на передаточное число этих передач: на первой – в 3,3; на второй – в 2,318, на третьей – в 1,55 раза. Соответственно, разница скоростей вращения датчиков, соединенных с вторичным и промежуточными валами на этих передачах будет меньше на эти величины и составит: на первой передаче –  $3,32 / 3,3 = 1$ ; на второй –  $3,32 / 2,318 = 1,43$ ; на третьей –  $3,32 / 1,55 = 2,14$ .

Включение этих передач может требоваться на ходу, в связи с чем соотношение скоростей вращения датчиков должно определяться в электронном блоке управления. Когда наступает указанная разница скоростей, подается сигнал и срабатывает пневмоцилиндр включения передачи.

Задняя передача включается на месте при заторможенном промежуточном вале. Оба вала (промежуточный и вторичный) в это время неподвижны, включение передачи трудностей не вызывает.

Установка в гидромеханической коробке передач типа WSK синхронизаторов без сцепления нецелесообразна, т.к. изменить угловую скорость турбинного колеса синхронизатор быстро не может: момент инерции заполненного маслом турбинного колеса и других деталей привода слишком большой. Кроме того, потребуется преодолеть передаваемый крутящий момент. Момент трения такой величины в синхронизаторе приведет к быстрому его износу. Поэтому в коробке типа WSK необходимо либо установить сцепление с легким ведомым диском, как обычно и делается, либо решать вопрос синхронизации иным способом, например, как это выполнено в данном случае.

Используемый вместе с корпусом гидротрансформатор прототипа остается практически без изменений, но в корпусе не нужны каналы для подвода масла к системам управления коробкой, надобность в них отпала. Цилиндрический пояс, через который корпус гидротрансформатора соединяется с корпусом коробки передач в новой коробке попадает на подшипник промежуточного вала. Поэтому шестерня постоянного зацепления на промежуточном валу установлена консольно. Такое размещение подшипника снижает изгиб промежуточного вала, что является желательным. Нижняя часть корпуса коробки передач, как и на прототипе имеет выемку для размещения карданного вала, соединяющего раздаточную коробку и проходной редуктор.

Шестерни планетарной коробки передач МА3-537 прямозубые. Так как до 80% пути тягач движется на прямой передаче. Шестерни в это время не задействованы, потому не имеют значения, как расположены зубья. Повышенный шум работающих прямозубых шестерен на тягаче с грохочущим дизелем, где отсутствует глушитель, практически не слышен. По этой причине коробку передач аналогичного назначения допустимо делать с прямозубыми шестернями, что проще в изготовлении и не придется иметь дело с осевыми силами.

Прямая передача в коробке включается шлицевой муфтой. Длительная работа на этой передаче дает возможность сделать коробку с большим сроком службы и высоким КПД. Планетарная коробка прототипа с включением передач фрикционными таким свойством не обладает: происходит буксование фрикциона после падения давления масла. Выход из строя коробки передач по этой причине – обычное дело. Падение давления масла может быть по

причине износа насосов и уплотнений масляных каналов в местах переходов вращающихся частей к невращающимся.

Прямая передача делает коробку надежной. Известно, что коробки передач вазовских заднеприводных автомобилей с прямой передачей имеют высокую надежность, в то время как на переднеприводных автомобилях этого завода, где нет прямой передачи, поломки зубьев шестерен коробки передач иногда отмечаются.

Шлицевая муфта включения третьей и четвертой передач новой коробки взята из раздаточной коробки. На наружной стороне кольца муфты включения сделаны зубья для соединения с шестерней привода датчика оборотов выходного вала коробки передач. Ширина этой шестерни равна ширине кольца, и потому при включении 3 и 4 передач, когда кольцо смещается, контакт шестерни и кольца не нарушается. Датчик оборотов промежуточного вала приводится во вращение с помощью гибкого шланга (рисунок 1). Шлицевое соединение второй передачи, диаметр вторичного вала и размеры роликовых подшипников для установки шестерен второй и третьей передач такие же, какие используются на входном валу раздаточной коробки тягача. Шариковый подшипник на выходном валу, крышка с уплотнениями, фланец для соединения с карданным валом с ГМТ.

Используемый для включения передач пневмоцилиндр – двустороннего действия, поршень в нем располагается в середине и может создавать усилие в обе стороны. Шток пневмоцилиндра 6 тягой соединяется с рычагом включения передач. При поперечном смещении рычага тяга поворачивается за счет зазоров в соединениях. Смещение по сравнению с длиной тяги небольшое.

В случае выхода из строя автоматики включение передач производится вручную. Установленный на промежуточном валу тормоз включается кнопкой, смонтированной на рычаге включения передач. При разгоне для включения следующей передачи водитель, установив рычаг включения в нейтральное положение, тормозит промежуточный вал коробки, нажав на короткое время кнопку включения тормоза.

Полезным при неработающей автоматике может быть устройство, подсказывающее водителю, как нужно изменить обороты промежуточного вала: увеличить их или уменьшить. Для сигнализации об этом на щитке приборов достаточно установить два сигнальных табло с соответствующими надписями. Согласно их показаниям водитель либо тормозит промежуточный вал, либо разгоняет его. Когда появится звуковой сигнал, свидетельствующий о равенстве оборотов соединяемых в коробке деталей, водитель включает передачу. Без такого сигнала включение сразу может не получиться, потребуется опыт.

Точное равенство частот вращения соединяемых деталей при включении передач не требуется, т.к. заостренные зубья соединяемых деталей (муфт, шестерен) позволяют включать передачу и при неполном равенстве частот их вращения. Известно, что на американских тягачах с числом передач в коробках передач 14-16 синхронизаторы не применяются, нет там и других устройств для синхронизации, но передачи там включаются достаточно легко. Объясняется это небольшой разницей передаточных чисел соседних передач (обычно она не более 20%) и наличием заострений на концах зубьев муфт и шестерен, служащих для включения передач.

На автомобилях с механическими коробками передач опытные водители могут на ходу включать передачи без выжима педали сцепления. Однако на месте при работающем двигателе, если педаль сцепления не нажата, включить передачу практически невозможно. Но имеется большой положительный опыт включения первой передачи и передачи заднего хода в коробке с гидротрансформатором, когда промежуточный вал заторможен.

При обратном переключении передач (с высшей на низшую), если автоматика не работает, для включения передачи нужно вывести рычаг включения передач в нейтральное положение и нажать педаль подачи топлива. Частота вращения коленчатого и промежуточного валов увеличится. Услышав сигнал о равенстве оборотов, водитель включает передачу.

На автомобиле с гидротрансформатором, в отличие от автомобиля с механической коробкой передач, на месте, затормозив промежуточный вал при работающем двигателе, мож-

но включать любую передачу и разгонять тягач на гидротрансформаторе, работа которого происходит в автоматическом режиме. Коэффициент трансформации используемого гидротрансформатора превышает 3 (рисунок 4), что равно передаточным числам двух передач. После разгона гидротрансформатор блокируется.

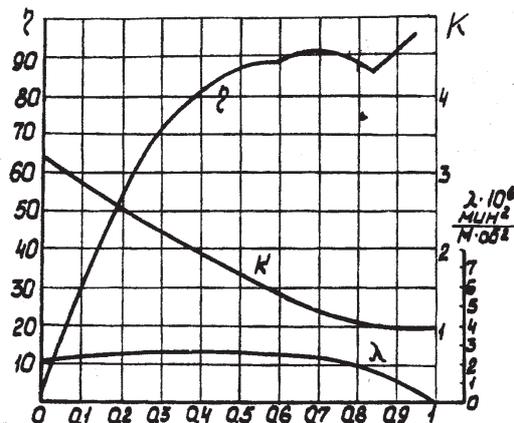


Рисунок 4. Внешняя характеристика гидротрансформатора

Если нагрузка автомобиля полная или дорожные условия тяжелые, при неподвижном автомобиле включается одна из низших передач, на которой начинается движение. В легких условиях тягач может разогнаться на последней передаче.

Переключать передачи на автомобиле с гидротрансформатором по сравнению с автомобилем без гидротрансформатора требуется во много раз реже, т.к. при увеличении сопротивления двигатель не глохнет, а если гидротрансформатор малопрозрачный, какой обычно применяется с дизелями, то обороты коленчатого вала при увеличении сопротивления движению и падении скорости будут снижаться мало.

При включении 1-ой передачи и передачи заднего хода рычаг включения передач перемещается в одной плоскости. Это удобно при раскатке застрявшего автомобиля. Такое положение рычага для этих передач в коробках грузовиков выбирается специально. Так как имеется гидротрансформатор, начинать движение можно с второй передачи.

Чтобы ход рычага для включения первой передачи и передачи заднего хода был небольшой и сравним с ходом включения других передач, соотношение плеч рычага системы включения первой передачи и передачи заднего хода в коробке выбрано соответствующим этому условию.

### Выводы

Ответ на поставленный в заголовке вопрос очевиден: для включения передач в гидромеханических коробках передач типа WSK можно обходиться одним разрывом потока мощности, исключив сцепление, если на промежуточном валу установить тормоз. В этом случае не потребуется сложный, сильно нагруженный и потому выходящий из строя узел, каким является сцепление. Автоматическое выравнивание частот вращения соединяемых в коробке передач деталей при включении передачи делает ненужным установку синхронизаторов, которые после исключения сцепления будут перегружены.

Устанавливаемый в коробке передач гидротрансформатор делает её полуавтоматической, а переключение передач с помощью электронного блока управления по заложенной программе дополняет решение задачи автоматизации переключения. На случай же выхода из строя системы автоматического выравнивания частот вращения деталей коробки, соединяемых при включении передач, предусмотрена возможность ручного переключения.