

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 22728

(13) С1

(46) 2019.10.30

(51) МПК

F 16H 39/10 (2006.01)

(54)

ГИДРОДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА

(21) Номер заявки: а 20180026

(22) 2018.01.26

(43) 2019.08.30

(71) Заявители: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Поддубный Алексей Алексеевич; Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич; Тамело Владимир Федорович; Куксо Аркадий Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатели: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 20631 С1, 2016.

ВУ а 20140341, 2016.

ВУ 20867 С1, 2017.

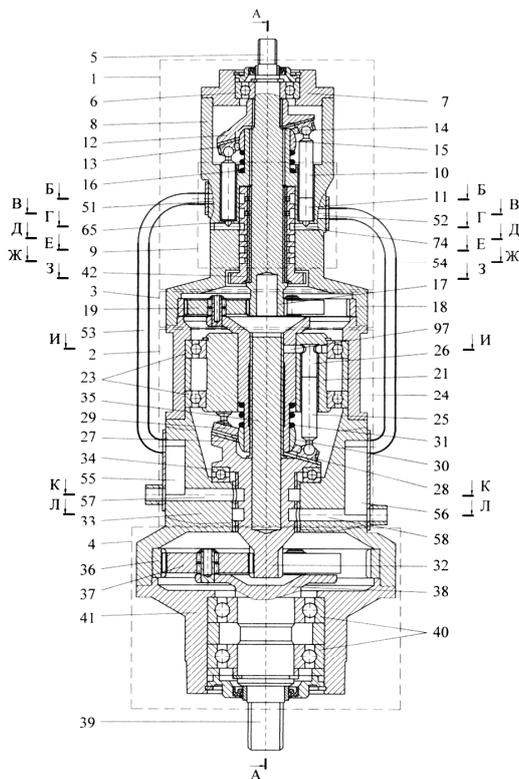
ВУ 20522 С1, 2016.

RU 2062376 С1, 1996.

US 4493189, 1985.

(57)

Гидродифференциальная передача, содержащая аксиально-поршневой насос (1) переменной производительности с неподвижным блоком цилиндров (9), расположенным



Фиг. 1

ВУ 22728 С1 2019.10.30

в корпусе (8) упомянутого насоса (1), ведущим валом (5), установленным в подшипниковом узле (6) передней крышки (7) корпуса (8), и наклонной шайбой (12), установленной на ведущем валу (5) и взаимодействующей с поршнями (10), образующими рабочие полости (11) насоса (1); аксиально-поршневой гидромотор (2) постоянного объема с блоком цилиндров (21), установленным в подшипниковом узле (23) корпуса (24) упомянутого гидромотора (2), связанным с ведущим валом (5), и наклонной шайбой (27), взаимодействующей с поршнями (25), образующими соответствующие рабочие полости (26) блока цилиндров (21), и связанной с ведомым валом (39), установленным в подшипниковом узле (40) задней крышки (41) корпуса (33) выходного планетарного редуктора (4); гидрораспределитель и промежуточный планетарный редуктор (3), солнечная шестерня (17) которого установлена на ведущем валу (5), коронная шестерня (18) - в корпусе (8) насоса (1), а сателлиты (19), взаимодействующие с солнечной шестерней (17) и коронной шестерней (18), установлены на соответствующих осях водила (20), выполненного заодно со втулкой (20) блока цилиндров (21) гидромотора (2), причем солнечная шестерня (32) выходного планетарного редуктора (4) выполнена заодно со ступицей наклонной шайбы (27), его коронная шестерня (36) установлена в корпусе (33), а сателлиты (37) - на соответствующих осях водила (38), выполненного заодно с ведомым валом (39); гидрораспределитель содержит две группы диаметрально противоположных сегментных пазов (43, 44 и 45, 46), выполненных соответственно на наружных поверхностях ведущего вала (5) и оси (35), установленной во втулке (22) блока цилиндров (21) гидромотора (2), причем упомянутые сегментные пазы (43, 44 и 45, 46) выполнены с центральными углами, равными 180° ; распределительную втулку (42), установленную с возможностью поворота относительно оси гидродифференциальной передачи в блоке цилиндров (9) насоса (1), причем на внешней поверхности распределительной втулки (42) выполнены кольцевые канавки (49, 50), через радиальные каналы (47, 48) связанные с сегментными пазами (43, 44), и группы секторных канавок (81, 82, 83, 84 и 85, 86, 87, 88), соответственно диаметрально противоположных и выполненных распределенными по длине распределительной втулки (42) со смещением на угол 90° , причем секторные канавки (81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88) через радиальные каналы (89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96) связаны с соответствующими сегментными пазами (43, 44); кольцевые канавки (49, 50) через соответствующие каналы (51, 52) блока цилиндров (9) и трубопроводы (53, 54) связаны с соответствующими каналами (55, 57 и 56, 58) корпуса (33) выходного планетарного редуктора (4), и кольцевыми канавками (59, 60), выполненными на цилиндрической поверхности ступицы наклонной шайбы (27), через соответствующие каналы (61, 62 и 63, 64) упомянутой оси (35) связаны с соответствующими сегментными пазами (45, 46); рабочие полости (11) насоса (1) группой каналов, выполненных в блоке цилиндров (9), соответственно продольных и радиальных (65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80), связаны с соответствующими секторными канавками (81-88); рабочие полости (26) гидромотора связаны радиальными каналами (89), выполненными в блоке цилиндров (21) и втулке (22), с сегментными пазами (45, 46).

Изобретение относится к гидромашиностроению и может быть использовано в объемном гидроприводе ходового оборудования мобильных транспортно-тяговых машин.

Известна гидродифференциальная передача, содержащая корпус, аксиально-поршневой насос переменной производительности и аксиально-поршневой гидромотор постоянного объема с ведущим и ведомым валами, блоками цилиндров с рабочими полостями, образованными поршнями, взаимодействующими с установленными наклонно шайбами, и гидрораспределителями, связывающими рабочие полости аксиально-поршневого насоса и аксиально-поршневого гидромотора [1].

Известная гидродифференциальная передача обладает рядом положительных качеств: высокие рабочее давление и КПД; быстроходность; возможность бесступенчатого регулирования скорости ведомого вала в широком диапазоне.

Недостатками известной гидродифференциальной передачи являются высокие габариты и материалоемкость.

Высокие габариты и материалоемкость гидродифференциальной передачи объясняется тем, что применяемый способ регулирования частоты вращения выходного звена передачи, состоящий в изменении хода поршней аксиально-поршневого насоса посредством изменения угла наклона шайбы, требует наличия мощных и материалоемких гидравлических агрегатов системы привода механизма поворота наклонной шайбы аксиально-поршневого насоса, приводящий к существенному увеличению габаритов и материалоемкости гидродифференциальной передачи.

Известна гидродифференциальная передача, содержащая аксиально-поршневой насос (1) переменной производительности с неподвижным блоком цилиндров (9), расположенным в корпусе (8) упомянутого насоса (1), ведущим валом (5), установленным в подшипниковом узле (6) передней крышки (7) корпуса (8), и наклонной шайбой (12), установленной на ведущем валу (5) и взаимодействующей с поршнями (10), образующими рабочие полости (11) насоса (1); аксиально-поршневой гидромотор (2) постоянного объема с блоком цилиндров (21), установленным в подшипниковом узле (23) корпуса (24) упомянутого гидромотора (2), связанным с ведущим валом (5), и наклонной шайбой (27), взаимодействующей с поршнями (25), образующими соответствующие рабочие полости (26) блока цилиндров (21), и связанной с ведомым валом (39), установленным в подшипниковом узле (40) задней крышки (41), и гидрораспределитель, связывающий рабочие полости (11) насоса и (26) гидромотора [2].

Отличительные признаки известной гидродифференциальной передачи уменьшают сложность конструкции и материалоемкость гидродифференциальной передачи за счет применения рационального способа регулирования эквивалентного объема аксиально-поршневого насоса.

Недостатком известной гидродифференциальной передачи являются ограниченные функциональные возможности. Это объясняется излишне широким диапазоном регулирования скорости ведомого вала гидродифференциальной передачи, существенно превышающим диапазон регулирования, используемый в трансмиссиях привода ходового оборудования транспортно-тяговых машин, и отсутствие реверсирования ведомого вала. Так, при определенных соотношениях параметров гидродифференциальной передачи скорость вращения ведомого вала, связанного с ходовым оборудованием, превышает скорость вращения ведущего вала, связанного с двигателем, в два раза. Также высока чувствительность изменения скорости вращения ведомого вала при изменении подачи насоса, что будет препятствовать выбору оптимального режима работы ходового оборудования. Задачей изобретения является расширение функциональных возможностей посредством обеспечения оптимизации параметров диапазона регулирования скорости ведомого вала.

Решение поставленной задачи достигается гидродифференциальной передачей, содержащей аксиально-поршневой насос (1) переменной производительности с неподвижным блоком цилиндров (9), расположенным в корпусе (8) упомянутого насоса (1), ведущим валом (5), установленным в подшипниковом узле (6) передней крышки (7) корпуса (8), и наклонной шайбой (12), установленной на ведущем валу (5) и взаимодействующей с поршнями (10), образующими рабочие полости (11) насоса (1); аксиально-поршневой гидромотор (2) постоянного объема с блоком цилиндров (21), установленным в подшипниковом узле (23) корпуса (24) упомянутого гидромотора (2), связанным с ведущим валом (5), и наклонной шайбой (27), взаимодействующей с поршнями (25), образующими соответствующие рабочие полости (26) блока цилиндров (21), и связанной с ведомым валом (39), установленным в подшипниковом узле (40) задней крышки (41) корпуса (33) выходного планетарного редуктора (4); гидрораспределитель и промежуточный планетарный редуктор (3), солнечная шестерня (17) которого установлена на ведущем ва-

лу (5), коронная шестерня (18) - в корпусе (8) насоса (1), а сателлиты (19), взаимодействующие с солнечной шестерней (17) и коронной шестерней (18), установлены на соответствующих осях водила (20), выполненного заодно с втулкой (22) блока цилиндров (21) гидромотора (2), причем солнечная шестерня (32) выходного планетарного редуктора (4) выполнена заодно со ступицей наклонной шайбы (27), его коронная шестерня (36) установлена в корпусе (33), а сателлиты (37) - на соответствующих осях водила (38), выполненного заодно с ведомым валом (39); гидрораспределитель содержит две группы диаметрально противоположных сегментных пазов (43, 44 и 45, 46), выполненных соответственно на наружных поверхностях ведущего вала (5) и оси (35), установленной на втулке (22) блока цилиндров (21) гидромотора (2), причем упомянутые сегментные пазы (43, 44 и 45, 46) выполнены с центральными углами, равными 180° ; распределительную втулку (42), установленную с возможностью поворота относительно оси гидродифференциальной передачи в блоке цилиндров (9) насоса (1), причем на внешней поверхности распределительной втулки (42) выполнены кольцевые канавки (49, 50), через радиальные каналы (47, 48) связанные с сегментными пазами (43, 44), и группы секторных канавок (81, 82, 83, 84 и 85, 86, 87, 88), соответственно диаметрально противоположных и выполненных распределенными по длине распределительной втулки (42) со смещением на угол 90° , причем секторные канавки (81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88) через радиальные каналы (89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96) связаны с соответствующими сегментными пазами (43, 44); кольцевые канавки (49, 50) через соответствующие каналы (51, 52) блока цилиндров (9) и трубопроводы (53, 54) связаны с соответствующими каналами (55, 57 и 56, 58) корпуса (33) выходного планетарного редуктора (4), и кольцевыми канавками (59, 60), выполненными на цилиндрической поверхности ступицы наклонной шайбы (27), через соответствующие каналы (61, 62 и 63, 64) упомянутой оси (35) связаны с соответствующими сегментными пазами (45, 46); рабочие полости (11) насоса (1) группой каналов, выполненных в блоке цилиндров (9), соответственно продольных и радиальных (65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80), связаны с соответствующими секторными канавками (81 - 88); рабочие полости (26) гидромотора связаны радиальными каналами (89), выполненными в блоке цилиндров (21) и втулке (22), с сегментными пазами (45, 46).

Существенные отличительные признаки предлагаемого технического решения обеспечивают расширение функциональных возможностей гидродифференциальной передачи посредством оптимизации параметров регулирования скорости ведомого вала при изменении подачи рабочей жидкости насоса.

На фиг. 1 представлен поперечный разрез гидродифференциальной передачи; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 - разрез Б-Б на фиг. 1; на фиг. 4 - разрез В-В на фиг. 1; на фиг. 5 - разрез Г-Г на фиг. 1; на фиг. 6 - разрез Д-Д на фиг. 1; на фиг. 7 - разрез Е-Е на фиг. 1; на фиг. 8 - разрез Ж-Ж на фиг. 1; на фиг. 9 - разрез З-З на фиг. 1; на фиг. 10 - разрез И-И на фиг. 1; на фиг. 11 - разрез К-К на фиг. 1; на фиг. 12 - разрез Л-Л на фиг. 1.

Гидродифференциальная передача включает аксиально-поршневой насос 1 переменной производительности, аксиально-поршневой гидромотор 2 постоянного объема, промежуточный планетарный редуктор 3, выходной планетарный редуктор 4.

Аксиально-поршневой насос 1 переменной производительности включает ведущий вал 5, установленный в подшипниковом узле 6 передней крышки 7 корпуса 8 аксиально-поршневого насоса 1 переменной производительности. В корпусе 8 аксиально-поршневого насоса 1 образован неподвижный блок цилиндров 9. Поршни 10 образуют рабочие полости 11. Число поршней четное. Поршни 10 прижимаются к поверхности наклонной шайбы 12, установленной на ведущем валу 5, и связанной с ним посредством шлицевого соединения, с помощью бронзовых башмаков 13, завальцованных на их сферических головках, прижимного диска 14, сферической втулки 15 и пружины 16.

Промежуточный планетарный редуктор 3 включает солнечную шестерню 17, выполненную заодно с ведущим валом 5, коронную шестерню 18, установленную в корпусе 8

BY 22728 C1 2019.10.30

аксиально-поршневого насоса 1 переменной производительности, и сателлиты 19, установленные на осях водила 20.

Аксиально-поршневой гидромотор 2 постоянного объема включает блок цилиндров 21, связанный с втулкой 22, установленный по внутренней поверхности на втулке 22 и по наружной поверхности в подшипниковом узле 23 корпуса 24 аксиально-поршневого гидромотора 2 постоянного объема с возможностью поворота относительно оси. Втулка 22 выполнена заодно с водилом 20 промежуточного планетарного редуктора 3. Поршни 25 образуют рабочие полости 26 и прижимаются к поверхности наклонной шайбы 27 с помощью бронзовых башмаков 28, завальцованных на их сферических головках, прижимного диска 29, сферической втулки 30 и пружины 31. Наклонная шайба 27 выполнена заодно с солнечной шестерней 32 выходного планетарного редуктора 4, установлена с возможностью поворота цилиндрической посадочной поверхностью ступицы в подшипнике скольжения корпуса 33 выходного планетарного редуктора 4 и опирается на корпус 33 посредством упорного подшипника качения 34. В ступице наклонной шайбы 27 закреплена ось 35, установленная по внутренней образующей поверхности втулки 22 блока цилиндров 21.

Наклонные шайбы 12, 27 выполнены с неизменными углами наклона.

Выходной планетарный редуктор 4 включает солнечную шестерню 32, выполненную заодно со ступицей наклонной шайбы 27, коронную шестерню 36, установленную в корпусе 33 выходного планетарного редуктора 4, и сателлиты 37, установленные на осях водила 38. Водило 38 выполнено заодно с ведомым валом 39, установленным в подшипниковом узле 40 крышки 41 корпуса 33 выходного планетарного редуктора 4.

Гидрораспределитель включает распределительную втулку 42, установленную с возможностью поворота относительно оси гидродифференциальной передачи по наружной образующей поверхности в блоке цилиндров 9 насоса 1, и две группы диаметрально противоположных сегментных пазов 43, 44 и 45, 46 с центральными углами, составляющими 180° , образованных на наружной поверхности ведущего вала 5 и оси 35. Продольная плоскость сегментных пазов 43, 44 совпадает с плоскостью наклона шайбы 12, а продольная плоскость сегментных пазов 45, 46 совпадает с плоскостью наклона шайбы 27. На поверхности распределительной втулки 42 образованы радиальные каналы 47, 48 и кольцевые канавки 49, 50. Полости сегментных пазов 43, 44 связаны каналами 47, 48 с полостями кольцевых канавок 49, 50, каналами 51, 52 блока цилиндров 9, трубопроводами 53, 54 с каналами 55, 56, 57, 58 корпуса 33 выходного планетарного редуктора 4 и полостями кольцевых канавок 59, 60, образованных на цилиндрической поверхности ступицы наклонной шайбы 27. Полости кольцевых канавок 59, 60 связаны каналами 61, 62 ступицы наклонной шайбы 27 и 63, 64 оси 35 с полостями сегментных пазов 45, 46.

Рабочие полости 11 связаны группами каналов, образованных в блоке цилиндров 9, продольных и радиальных, 65 и 66, 67 и 68, 69 и 70, 71 и 72, 73 и 74, 75 и 76, 77 и 78, 79 и 80 с полостями групп секторных канавок 81 и 85, 82 и 86, 83 и 87, 84 и 88, образованных на наружной поверхности распределительной втулки 42, смещенных по длине распределительной втулки 42 и углу на 90° , выполненных диаметрально противоположными в каждой группе. Геометрические параметры продольных каналов 65 и 73, 67 и 75, 69 и 77, 71 и 79 совпадают внутри групп. Полости секторных канавок 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 связаны радиальными каналами 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, выполненными в распределительной втулке 42 с полостями сегментных пазов 43, 44.

Рабочие полости 26 блока цилиндров 21 гидромотора 2 связаны радиальными каналами 97, образованными в блоке цилиндров 21 и втулке 22, с полостями сегментных пазов 45, 46.

К каналам 57, 58 подключаются контур подпитки и предохранительные клапаны (не показаны).

Распределительная втулка 42 установлена в корпусе 8 с возможностью поворота относительно оси гидродифференциальной передачи на угол $\pm 90^\circ$. Для обеспечения поворота

распределительная втулка 42 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Червяк 98 червячного зацепления распределительной втулки 42 установлен в подшипниковых узлах 99 корпуса 8 аксиально-поршневого насоса 1. Привод червяка 98 осуществляется автономным двигателем 100.

Радиальные каналы 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80 закрыты технологическими заглушками. Гидродифференциальная передача работает следующим образом.

При работе гидродифференциальной передачи каналы 57, 58 подключаются к контуру подпитки (не показан). Ведущий вал 5 насоса 1 вращается (по часовой стрелке) от двигателя (не показан) и приводит во вращение наклонную шайбу 12 насоса 1 солнечную шестерню 17, сателлиты 19, водило 20 промежуточного планетарного редуктора 3, втулку 22 с блоком цилиндров 21 гидромотора 2. Скорость вращения блока цилиндров 21 гидромотора 2 определяется передаточным отношением промежуточного планетарного редуктора 3. При принятой схеме планетарного редуктора 3 (фиг. 1) скорость вращения блока цилиндров 21 меньше скорости вращения ведущего вала 5.

Наклонная шайба 12 приводит в движение с помощью прижимного диска 14, сферической втулки 15, пружины 16, бронзовых башмаков 13 поршни 10, совершающие возвратно-поступательное движение в блоке цилиндров 9. При движении поршней 10 в блоке цилиндров 9 объем рабочих полостей 11 изменяется.

В нейтральном положении распределительной втулки 42 (фиг. 5-8) рабочие полости 11 цилиндров, поршни 10 которых совершают движение наружу блока цилиндров 9, связаны с каналами 64 и 63 половину хода поршней 10. Аналогично, рабочие полости 11 цилиндров, поршни 10 которых совершают движение внутрь блока цилиндров 9, связаны с каналами 63 и 64 половину хода поршней 10.

Для наглядности рассмотрим процессы всасывания и нагнетания рабочей жидкости для цилиндров, попадающих в разрез (фиг. 1).

При выдвигании поршня 10 из блока цилиндров 9 в каналах 65, 66 создается разрежение. При повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол $0-90^\circ$ - первая половина хода поршня 10 при всасывании (ход всасывания поршня 10 осуществляется за 180° поворота ведущего вала 5) и положении наклонной шайбы 12, представленном на фиг. 1, полость секторной канавки 81 соединена через канал 89 с полостью сегментного паза 44. Рабочая жидкость из канала 64 поступает через канал 62 в полость кольцевой канавки 60, по каналам 58, 56, трубопроводу 54, каналу 52 в полость кольцевой канавки 50 и по каналам 48 в полость сегментного паза 44. Из полости сегментного паза 44 рабочая жидкость поступает через канал 89 в полость секторной канавки 81, по каналам 66, 65 в рабочую полость 11. При повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол $90-180^\circ$ - вторая половина хода поршня 10 при всасывании - полость секторной канавки 81 соединяется через канал 89 с полостью сегментного паза 43. Рабочая жидкость из канала 63 поступает через канал 61 в полость кольцевой канавки 59, по каналам 57, 55, трубопроводу 53, каналу 51 в полость кольцевой канавки 49 и по каналам 47 в полость сегментного паза 43. Из полости сегментного паза 43 рабочая жидкость поступает через канал 89 в полость секторной канавки 81 и по каналам 66, 65 в рабочую полость 11.

При движении поршня 10 внутрь блока цилиндров 9 в каналах 73, 74 создается избыточное давление. При движении поршня 10 внутрь блока цилиндров 9 при повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол $0-90^\circ$ - первая половина хода поршня 10 при нагнетании (ход нагнетания поршня 10 осуществляется за 180° поворота ведущего вала 5) и положении наклонной шайбы 12, представленном на фиг. 1, полость секторной канавки 85 соединена через канал 93 с полостью сегментного паза 43. Рабочая жидкость из полости 11 через каналы 73, 74 поступает в полость секторной канавки 85 и через канал 93 в полость сегментного паза 43. Из полости сегментного паза 43 рабочая жидкость через каналы 47 поступает в полость кольцевой канавки 49, через канал 51, трубопровод 53, каналы 55, 57 в полости кольцевой канавки 59 и каналы 61, 63. При повороте ведущего вала

5 по часовой стрелке на угол 90-180° - вторая половина хода поршня 10 при нагнетании - полость секторной канавки 85 соединяется через канал 93 с полостью сегментного паза 44. Рабочая жидкость из полости 11 через каналы 73, 74 поступает в полость секторной канавки 85 и через канал 93 в полость сегментного паза 44. Из полости сегментного паза 44 рабочая жидкость через каналы 48 поступает в полость кольцевой канавки 50, через канал 52, трубопровод 54, каналы 56, 58 в полости кольцевой канавки 60 и каналы 64, 62.

Аналогично, при повороте ведущего вала 5 с наклонной шайбой 12 работают все остальные цилиндры. Всасывание и нагнетание рабочей жидкости осуществляется также через каналы 67 и 68, 75 и 76, 69 и 70, 77 и 78, 71 и 72, 79 и 80, секторные канавки 82 и 86, 83 и 87, 84 и 88 и каналы 90 и 94, 91 и 95, 92 и 96 с сегментными пазами 43, 44 и каналами 63, 64.

Каждый поршень 10 работает две половины своего хода каждого такта в разных фазах, т.е. всасывает рабочую жидкость в процессе всасывания из каналов 64, 63, и нагнетает рабочую жидкость в процессе нагнетания в каналы 63, 64. Такты всасывания, нагнетания каждого цилиндра блока цилиндров 9 сдвинуты по времени, и суммарно движения рабочей жидкости в каналах 63, 64 нет. Эквивалентный рабочий объем насоса 1, равный сумме всех рабочих объемов цилиндров, минимальный - нулевой. Подача рабочей жидкости насоса 1 минимальная - нулевая.

При нулевой подаче насоса 1 рабочие полости 26 запираются, поршни 25 гидромотора 2 блокируются и вращают наклонную шайбу 27 с солнечной шестерней 32 со скоростью вращения блока цилиндров 21. Солнечная шестерня 32 вращает сателлиты 37, водило 38 выходного планетарного редуктора и ведомый вал 39. Выходной планетарный редуктор 4 уменьшает скорость вращения ведомого вала 39.

Скорость вращения ведомого вала 39 без учета объемного КПД гидромашин определяется выражением:

$$n_{39} = n_5(i_3i_4)^{-1}; i_3 = n_5/n_{21}; i_4 = (n_{32}/n_{39}) > 1, \quad (1)$$

где n_5 , n_{21} , n_{32} , n_{39} - скорость вращения ведущего вала 5, блока цилиндров 21, солнечной шестерни 32, ведомого вала 39; i_3 , i_4 - передаточное число промежуточного планетарного редуктора 3, выходного планетарного редуктора 4.

Мощность ведущего вала 5 передается ведомому валу 39 механическим путем.

Поворот распределительной втулки 42 относительно оси гидродифференциальной передачи посредством двигателя 100 и червяка 98 и изменения положения каналов 89 и 93, 91 и 95, 92 и 96, 90 и 94 эквивалентен изменению относительного положения плоскостей сегментных пазов 43, 44 и наклонной шайбы 12.

При повороте распределительной втулки 42 относительно нейтрального положения на 90° по часовой стрелке канал 89 (фиг. 5) переместится вправо, а канал 93 - влево. Рабочие полости 11 цилиндров, поршни 10 которых совершают движение наружу блока цилиндров 9, связаны с каналом 64, а рабочие полости 11 цилиндров, поршни 10 которых совершают движение внутрь блока цилиндров 9, связаны с каналом 63.

При выдвигании поршня 10 из блока цилиндров 9 в каналах 65, 66 создается разрежение. При повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол 180° и положении наклонной шайбы 12, представленном на фиг. 1, полость секторной канавки 81 соединена через канал 89 с полостью сегментного паза 44. Рабочая жидкость из канала 64 поступает через канал 62 в полость кольцевой канавки 60, и по каналам 58, 56, трубопроводу 54, каналу 52 в полость кольцевой канавки 50, и по каналам 48 в полость сегментного паза 44. Из полости сегментного паза 44 рабочая жидкость поступает через канал 89 в полость секторной канавки 81 и по каналам 66, 65 в рабочую полость 11.

При движении поршня 10 внутрь блока цилиндров 9 в каналах 73, 74 создается избыточное давление. При движении поршня 10 внутрь блока цилиндров 9 при повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол 180° и положении наклонной шайбы 12, представленном на фиг. 1, полость секторной канавки 85 соединена через канал 93 с поло-

стью сегментного паза 43. Рабочая жидкость из полости 11 через каналы 73, 74 поступает в полость секторной канавки 85 и через канал 93 в полость сегментного паза 43. Из полости сегментного паза 43 рабочая жидкость через каналы 47 поступает в полость кольцевой канавки 49, через канал 51, трубопровод 53, каналы 55, 57 в полости кольцевой канавки 59 и каналы 61, 63.

Аналогично при повороте ведущего вала 5 с наклонной шайбой 12 работают все остальные цилиндры. Всасывание и нагнетание рабочей жидкости осуществляется также через каналы 67 и 68, 75 и 76, 69 и 70, 77 и 78, 71 и 72, 79 и 80, секторные канавки 82 и 86, 83 и 87, 84 и 88 и каналы 90 и 94, 91 и 95, 92 и 96 с сегментными пазами 43, 44 и каналами 63, 64.

Канал 64 является всасывающим, а канал 63 напорным. Каждый цилиндр насоса 1 полный ход поршня 10 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 64 и подает ее в канал 63. Эквивалентный рабочий объем насоса 1, равный сумме всех рабочих объемов цилиндров, максимальный. Подача рабочей жидкости насоса 1 максимальная.

Из канала 63 рабочая жидкость поступает в полость сегментного паза 45 и по каналам 97 в рабочие полости 26 блока цилиндров 21 гидромотора 2. Поршни 25 выдвигаются и, взаимодействуя посредством башмаков 28 с наклонной шайбой 27, поворачивают наклонную шайбу 27 с солнечной шестерней 32 относительно оси гидродифференциальной передачи. При движении поршней 25 внутрь блока цилиндров 21 рабочая жидкость из полостей 26 поступает по каналам 97 в полость сегментного паза 46 и канал 64.

В данном положении распределительной втулки 42 составляющая скорости наклонной шайбы 27 с солнечной шестерней 32, обеспеченная гидравлическим потоком рабочей жидкости насоса 1, направлена в противоположном направлении ведущего вала 5.

Скорость вращения ведомого вала 39 определяется в первом приближении (без учета объемного КПД гидромашин) по выражению:

$$n_{39} = n_5 \left(\frac{1}{i_{3i4}} - \frac{k}{i_4} \right); \quad k = \frac{q_n}{q_m}, \quad (2)$$

где q_n , q_m - объем (м³/об) насоса 1, гидромотора 2; k - коэффициент, характеризующий отношение объемов насоса 1 и гидромотора 2.

Для компенсации утечек рабочей жидкости в канал 58 подается рабочая жидкость из контура подпитки (не показан). При перегрузке ведомого вала 39 часть рабочей жидкости вытекает из канала 57 через предохранительный клапан гидросистемы (не показан).

При повороте распределительной втулки 42 относительно нейтрального положения на 90° против часовой стрелки канал 89 (фиг. 5) переместится влево, а канал 93 вправо. Рабочие полости 11 цилиндров, поршни 10 которых совершают движение наружу блока цилиндров 9, связаны с каналом 63, а рабочие полости 11 цилиндров, поршни 10 которых совершают движение внутрь блока цилиндров 9, связаны с каналом 64.

При выдвигании поршня 10 из блока цилиндров 9 в каналах 65, 66 создается разрежение. При повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол 180° и положении наклонной шайбы 12, представленном на фиг. 1, полость секторной канавки 81 соединена через канал 89 с полостью сегментного паза 43. Рабочая жидкость из канала 63 поступает через канал 61 в полость кольцевой канавки 59, и по каналам 57, 55, трубопроводу 53, каналу 51 в полость кольцевой канавки 49, и по каналам 47 в полость сегментного паза 43. Из полости сегментного паза 43 рабочая жидкость поступает через канал 89 в полость секторной канавки 81 и по каналам 66, 65 в рабочую полость 11.

При движении поршня 10 внутрь блока цилиндров 9 в каналах 73, 74 создается избыточное давление. При движении поршня 10 внутрь блока цилиндров 9 при повороте ведущего вала 5 по часовой стрелке на угол 180° полость секторной канавки 85 соединяется через канал 93 с полостью сегментного паза 44. Рабочая жидкость из полости 11 через ка-

ВУ 22728 С1 2019.10.30

налы 73, 74 поступает в полость секторной канавки 85 и через канал 93 в полость сегментного паза 44. Из полости сегментного паза 44 рабочая жидкость через каналы 48 поступает в полость кольцевой канавки 50, через канал 52, трубопровод 54, каналы 56, 58 в полости кольцевой канавки 60 и каналы 64, 62.

Аналогично при повороте ведущего вала 5 с наклонной шайбой 12 работают все остальные цилиндры. Всасывание и нагнетание рабочей жидкости осуществляется также через каналы 67 и 68, 75 и 76, 69 и 70, 77 и 78, 71 и 72, 79 и 80, секторные канавки 82 и 86, 83 и 87, 84 и 88 и каналы 90 и 94, 91 и 95, 92 и 96 с сегментными пазами 43, 44 и каналами 63, 64.

Канал 63 является всасывающим, а канал 64 напорным. Каждый цилиндр насоса 1 полный ход поршня 10 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 63 и подает ее в канал 64. Эквивалентный рабочий объем насоса 1, равный сумме всех рабочих объемов цилиндров, максимальный. Подача рабочей жидкости насоса 1 максимальная.

Из канала 64 рабочая жидкость поступает в полость сегментного паза 46 и по каналам 97 в рабочие полости 26 блока цилиндров 21 гидромотора 2. Поршни 25 выдвигаются и, взаимодействуя посредством башмаков 28 с наклонной шайбой 27, поворачивают наклонную шайбу 27 с солнечной шестерней 32 относительно оси гидродифференциальной передачи. При движении поршней 25 внутрь блока цилиндров 21 рабочая жидкость из полостей 26 поступает по каналам 97 в полость сегментного паза 45 и канал 63.

В данном положении распределительной втулки 42 составляющая скорости солнечной шестерни 32, обеспеченная гидравлическим потоком рабочей жидкости насоса 1, направлена в одном направлении с ведущим валом 5. Скорость вращения ведомого вала 39 без учета объемного КПД гидромашин определяется выражением:

$$n_{39} = n_5 \left(\frac{1}{i_3 i_4} + \frac{k}{i_4} \right). \quad (3)$$

Для компенсации утечек рабочей жидкости в канал 57 подается рабочая жидкость из контура подпитки (не показан). При перегрузке ведомого вала 39 часть рабочей жидкости вытекает из канала 58 через предохранительный клапан гидросистемы (не показан).

Параметры режима работы (1, 2, 3) гидродифференциальной передачи при $n_5 = 2100 \text{ мин}^{-1}$ представлены в таблице.

Скорость вращения ведомого вала n_{39} (мин⁻¹)

i_3	k						
	против часовой стрелки				по часовой стрелке		
	1,0	0,6	0,2	0	0,2	0,6	1,0
$i_4 = 3,0$							
1,0	1400	1120	840	700	560	280	0
2,0	1050	770	490	350	210	-70	-350
4,0	875	595	315	175	35	-245	-525
$i_4 = 2,0$							
1,0	2100	1680	1260	1050	840	420	0
2,0	1575	1155	735	525	315	-105	-525
4,0	1313	893	473	263	53	-368	-788
$i_4 = 1,0$							
1,0	4200	3360	2520	2100	1680	840	0
2,0	3150	2310	1470	1050	630	-210	-1050
4,0	2625	1785	945	525	105	-735	-1575
знак (-) - реверсирование ведомого вала 39							

Анализ показывает, что изменяя параметры ОГП, можно получить нужный диапазон изменения скорости вращения ведомого вала при изменении подачи насоса. Так, например, при передаточных числах $i_3 = i_4 = 1,5$ и коэффициенте $k = 1,0$ обеспечивается диапазон изменения скоростей вращения ведомого вала $n_{39} = (2333 \div 467) \text{ мин}^{-1}$, что совпадает с параметрами механических трансмиссий транспортно-тяговых машин.

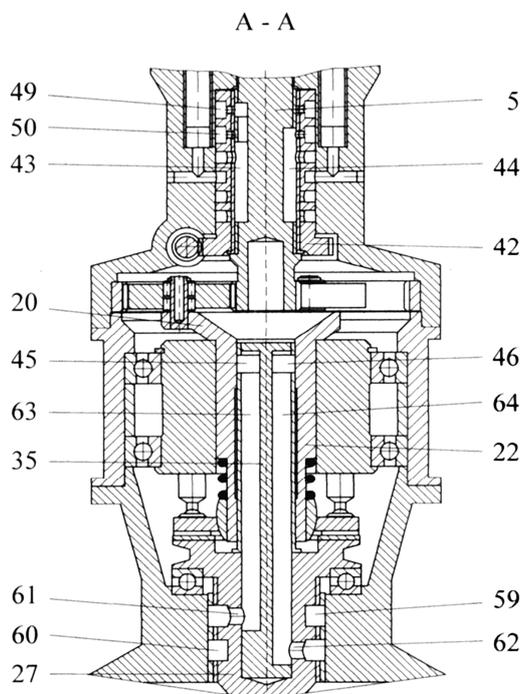
Поворот распределительной втулки 42 на 90° от нейтрального положения по часовой стрелке и против посредством двигателя 100 и червяка 98 позволяет осуществить плавное изменение скорости вращения ведомого вала 39 в диапазоне прямого хода и реверса. Диапазон изменения определяется соотношением основных параметров аксиально-поршневого насоса 1, аксиально-поршневого гидромотора 2, планетарных редукторов 3, 4.

Гидродифференциальная передача обеспечивает передачу мощности ведущего вала 5 на ведомый вал 39 двумя потоками: гидравлическим посредством рабочей жидкости и механическим через реактивное взаимодействие поршней 25 и наклонной шайбы 27 аксиально-поршневого гидромотора 2 (поворот наклонной шайбы 27, связанной с ведомым валом 39). Разделение потока мощности внутреннее.

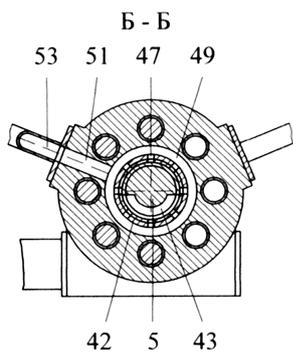
Таким образом, предлагаемое техническое решение обеспечивает расширение функциональных возможностей гидродифференциальной передачи посредством оптимизации параметров регулирования скорости ведомого вала при изменении подачи рабочей жидкости насоса.

Источники информации:

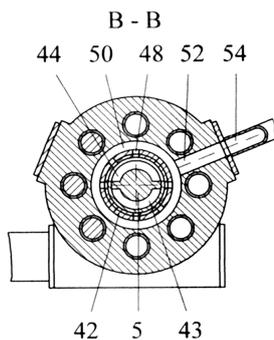
1. Башта Т.М., Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. Учебник для вузов по специальности "Гидропневмоавтоматика и гидропривод". - М.: Машиностроение, 1974. - С. 456, рис. 191.
2. Патент РБ 20631 С1, МПК (2006.01) F 16Н 39/04, 2016.



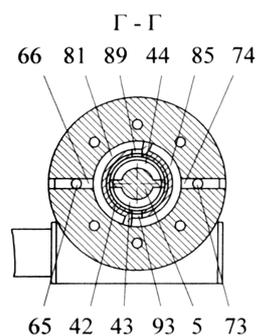
Фиг. 2



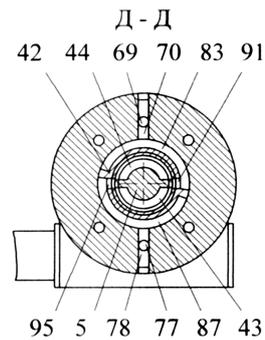
Фиг. 3



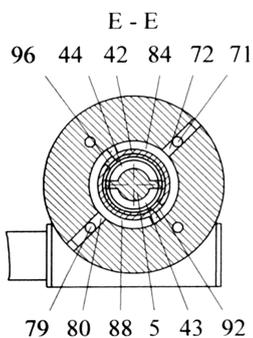
Фиг. 4



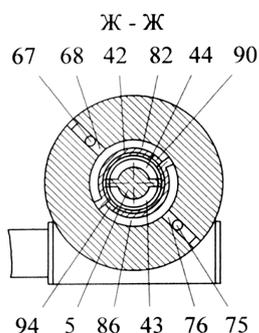
Фиг. 5



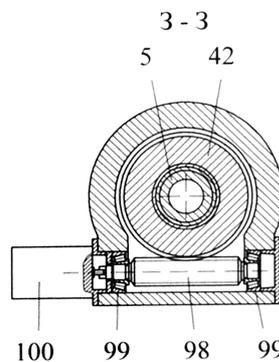
Фиг. 6



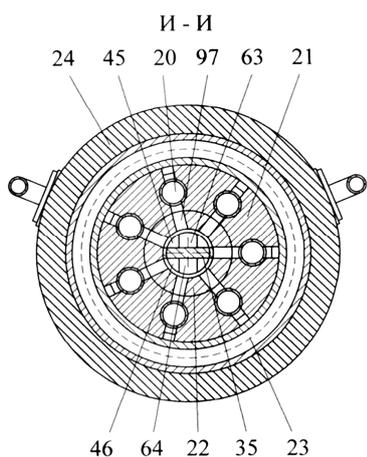
Фиг. 7



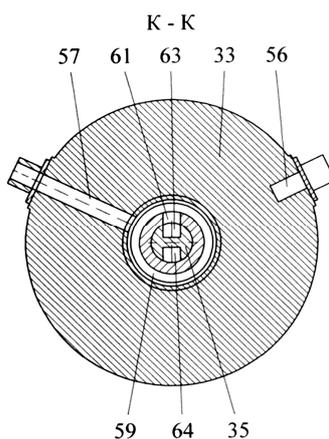
Фиг. 8



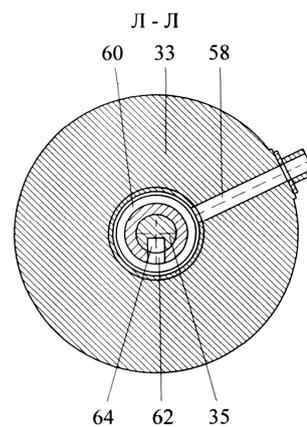
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12