

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 22682

(13) С1

(46) 2019.08.30

(51) МПК

F 16H 39/10 (2006.01)

(54)

ГИДРОДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА

(21) Номер заявки: а 20180149

(22) 2018.04.20

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

(72) Авторы: Поддубный Алексей Алексеевич; Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич; Герасимюк Александр Иванович; Куксо Аркадий Михайлович (ВУ)

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

(56) ВУ 21039 С1, 2017.

ВУ 20522 С1, 2016.

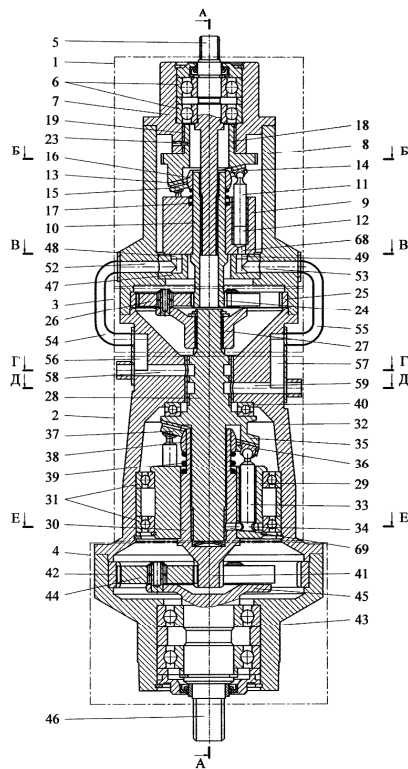
ВУ 21410 С1, 2017.

RU 2062376 С1, 1996.

CN 204300276 U, 2015.

(57)

Гидродифференциальная передача, содержащая аксиально-поршневой насос (1) переменной производительности с ведущим валом (5), блоком цилиндров (9), поршни (11)



Фиг. 1

ВУ 22682 С1 2019.08.30

которого образуют соответствующие рабочие полости (12) и взаимодействуют с наклонной шайбой (13); аксиально-поршневой гидромотор (2) постоянного объема с блоком цилиндров (29), связанным с ведомым валом (46) и содержащим поршни (33), образующие соответствующие рабочие полости (34) и взаимодействующие с наклонной шайбой (35); гидрораспределители упомянутого насоса (1) и гидромотора (2), выполненные с возможностью связывания рабочих полостей (12) блока цилиндров (9) насоса (1) с соответствующими рабочими полостями (34) блока цилиндров (29) гидромотора (2); промежуточный планетарный редуктор (3), включающий солнечную шестерню (24), выполненную заодно с втулкой (10) блока цилиндров (9), коронную шестерню (25), установленную в корпусе (8) насоса (1), и сателлиты (26), взаимодействующие с солнечной (24) и коронной (25) шестернями и установленные на соответствующих осях водила (27), связанного посредством шлицевого соединения с промежуточным валом (28); выходной планетарный редуктор (4), включающий солнечную шестерню (41), выполненную заодно с втулкой (30) блока цилиндров (29) гидромотора (2), коронную шестерню (42), установленную в его корпусе (43), и сателлиты (44), взаимодействующие с солнечной (41) и коронной (42) шестернями и установленные на соответствующих осях водила (45), выполненного заодно с ведомым валом (46), установленным в подшипниковом узле корпуса (43), причем втулка (10) блока цилиндров (9) связана посредством шлицевого соединения с ведущим валом (5), наклонная шайба (13) насоса (1) закреплена на ступице (18), установленной в подшипниковом узле скольжения (19) передней крышки (7) корпуса (8) насоса (1) с возможностью поворота на угол от 0 до 90°, наклонная шайба (35) гидромотора (2) выполнена заодно с промежуточным валом (28), гидрораспределитель насоса (1) выполнен в виде опорно-распределительного диска (47) с двумя полукольцевыми пазами (48, 49), которые выполнены на его торцевой поверхности, связаны с соответствующими рабочими полостями (12) блока цилиндров (9) насоса (1) и через соответствующие каналы (50, 51), (52, 53), трубопроводы (54, 55) и каналы (56, 57), (58, 59) связаны с соответствующими кольцевыми канавками (60, 61), выполненными на наружной поверхности промежуточного вала (28), гидрораспределитель гидромотора (2) образован диаметрально противоположными сегментными пазами (62, 63), которые выполнены на наружной поверхности промежуточного вала (28), связаны с соответствующими рабочими полостями (34) блока цилиндров (29) гидромотора (2) и через соответствующие каналы (64, 65), (66, 67) связаны с соответствующими кольцевыми канавками (60, 61).

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 наклонными шайбами, и гидрораспределителями, связывающими рабочие полости аксиально-поршневого насоса и аксиально-поршневого гидромотора [1].

Известная гидродифференциальная передача обладает рядом положительных качеств: высокое 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 объясняются тем, что применяемый способ регулирования частоты вращения выходного звена передачи, состоящий в изменении хода поршней насоса посредством изменения угла наклона шайбы, требует наличия мощных и материалоемких гидравлических агрегатов систем

приводов механизма поворота наклонной шайбы аксиально-поршневого насоса, что приводит к существенному увеличению габаритов и материалоемкости гидродифференциальной передачи.

Известна гидродифференциальная передача, содержащая аксиально-поршневой насос (1) переменной производительности с ведущим валом (5), блоком цилиндров (9), поршни (11) которого образуют соответствующие рабочие полости (12) и взаимодействуют с наклонной шайбой (13); аксиально-поршневой гидромотор (2) постоянного объема с блоком цилиндров (29), связанным с ведомым валом (46) и содержащим поршни (33), образующие соответствующие рабочие полости (34) и взаимодействующие с наклонной шайбой (35); гидрораспределители упомянутого насоса (1) и гидромотора (2), выполненные с возможностью связывания рабочих полостей (12) блока цилиндров (9) насоса (1) с соответствующими рабочими полостями (34) блока цилиндров (29) гидромотора (2) [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. Также высока чувствительность изменения скорости вращения ведомого вала при изменении подачи насоса, что будет препятствовать выбору оптимального режима работы ходового оборудования транспортно-тяговой машины.

Задачей изобретения является расширение функциональных возможностей посредством обеспечения оптимизации параметров диапазона регулирования скорости ведомого вала.

Решение поставленной задачи достигается в гидродифференциальной передаче, содержащей аксиально-поршневой насос (1) переменной производительности с ведущим валом (5), блоком цилиндров (9), поршни (11) которого образуют соответствующие рабочие полости (12) и взаимодействуют с наклонной шайбой (13); аксиально-поршневой гидромотор (2) постоянного объема с блоком цилиндров (29), связанным с ведомым валом (46) и содержащим поршни (33), образующие соответствующие рабочие полости (34) и взаимодействующие с наклонной шайбой (35); гидрораспределители упомянутого насоса (1) и гидромотора (2), выполненные с возможностью связывания рабочих полостей (12) блока цилиндров (9) насоса (1) с соответствующими рабочими полостями (34) блока цилиндров (29) гидромотора (2); промежуточный планетарный редуктор (3), включающий солнечную шестерню (24), выполненную заодно с втулкой (10) блока цилиндров (9), коронную шестерню (25), установленную в корпусе (8) насоса (1), и сателлиты (26), взаимодействующие с солнечной (24) и коронной (25) шестернями и установленные на соответствующих осях водила (27), связанного посредством шлицевого соединения с промежуточным валом (28); выходной планетарный редуктор (4), включающий солнечную шестерню (41), выполненную заодно с втулкой (30) блока цилиндров (29) гидромотора (2), коронную шестерню (42), установленную в его корпусе (43), и сателлиты (44), взаимодействующие с солнечной (41) и коронной (42) шестернями и установленные на соответствующих осях водила (45), выполненного заодно с ведомым валом (46), установленным в подшипниковом узле корпуса (43), причем втулка (10) блока цилиндров (9) связана посредством шлицевого соединения с ведущим валом (5), наклонная шайба (13) насоса (1) закреплена на ступице (18), установленной в подшипниковом узле скольжения (19) передней крышки (7) корпуса (8) насоса (1) с возможностью поворота на угол от 0 до 90°, наклонная шайба (35) гидромотора (2) выполнена заодно с промежуточным валом (28), гидрораспределитель насоса (1) выполнен в виде опорно-распределительного диска

(47) с двумя полукольцевыми пазами (48, 49), которые выполнены на его торцевой поверхности, связаны с соответствующими рабочими полостями (12) блока цилиндров (9) насоса (1) и через соответствующие каналы (50, 51), (52, 53), трубопроводами (54, 55) и каналы (56, 57), (58, 59) связаны с соответствующими кольцевыми канавками (60, 61), выполненными на наружной поверхности промежуточного вала (28), гидрораспределитель гидромотора (2) образован диаметрально противоположными сегментными пазами (62, 63), которые выполнены на наружной поверхности промежуточного вала (28), связаны с соответствующими рабочими полостями (34) блока цилиндров (29) гидромотора (2) и через соответствующие каналы (64, 65), (66, 67) связаны с соответствующими кольцевыми канавками (60, 61).

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.

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, блок цилиндров 9, связанный с втулкой 10, установленный по внутренней поверхности на втулке 10, связанной посредством шлицевого соединения с ведущим валом 5. Блок цилиндров 9 оснащен поршнями 11, образующими рабочие полости 12. Поршни 11 прижимаются к поверхности наклонной шайбы 13 с помощью бронзовых башмаков 14, завальцованных на их сферических головках, прижимного диска 15, сферической втулки 16 и пружины 17.

Наклонная шайба 13 закреплена на ступице 18, установленной в подшипниковом узле скольжения 19 передней крышки 7 корпуса 8 аксиально-поршневого насоса 1 с возможностью поворота относительно оси гидроредуктора на угол $0 \pm 90^\circ$. Для обеспечения поворота ступица 18 наклонной шайбы 12 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Червяк 20 червячного зацепления ступицы 18 установлен в подшипниковых узлах 21 корпуса 8 аксиально-поршневого насоса 1. Привод червяка 20 осуществляется автономным двигателем 22. В передней крышке 6 может быть установлен штифт 23, а на ступице 18 образована полукольцевая канавка, ограничивающая угол поворота ступицы 18.

Промежуточный планетарный редуктор 3 включает солнечную шестерню 24, выполненную заодно с втулкой 10, коронную шестерню 25, установленную в корпусе 8 аксиально-поршневого насоса 1, и сателлиты 26, установленные на осях водила 27. Водило 27 установлено на промежуточном валу 28 и связано с ним посредством шлицевого соединения.

Аксиально-поршневой гидромотор 2 постоянного объема включает блок цилиндров 29, связанный с втулкой 30, установленный по внутренней поверхности на втулке 30 и по наружной поверхности в подшипниковом узле 31 корпуса 32 аксиально-поршневой гидромотора 2 с возможностью поворота относительно оси. Поршни 33 образуют рабочие полости 34 и прижимаются к поверхности наклонной шайбы 35 с помощью бронзовых башмаков 36, завальцованных на их сферических головках, прижимного диска 37, сферической втулки 38 и пружины 39. Наклонная шайба 35 выполнена заодно с промежуточным валом 28. Промежуточный вал 28 взаимодействует наружной поверхностью с внутренней поверхностью втулки 30 блока цилиндров 29 и опирается на корпус 32 посредством упорного подшипника 40. Наклонные шайбы 13, 35 выполнены с постоянными углами наклона.

ВУ 22682 С1 2019.08.30

Выходной планетарный редуктор 4 включает солнечную шестерню 41, выполненную заодно с втулкой 30, коронную шестерню 42, установленную в корпусе 43 планетарного редуктора 4, и сателлиты 44, установленные на осях водила 45. Водило 45 выполнено заодно с ведомым валом 46, установленным в подшипниковом узле корпуса 43 планетарного редуктора 4.

Гидрораспределитель аксиально-поршневого насоса 1 переменной производительности выполнен в виде опорно-распределительного диска 47, взаимодействующего с торцевой поверхностью блока цилиндров 9. Опорно-распределительный диск 47 закреплен в корпусе 8 аксиально-поршневого насоса 1 и оснащен двумя полукольцевыми пазами 48, 49, выполненными на торцевой поверхности. Полости полукольцевых пазов 48, 49 связаны каналами 50, 51 опорно-распределительного диска 47, 52, 53 корпуса 8, трубопроводами 54, 55, каналами 56, 57, 58, 59 корпуса 32 с полостями кольцевых канавок 60, 61, образованных на наружной поверхности промежуточного вала 28.

Гидрораспределитель аксиально-поршневого гидромотора 2 включает группу диаметрально противоположных сегментных пазов 62, 63 с центральным углом 180° , образованную на наружной поверхности промежуточного вала 28. Продольная плоскость сегментных пазов 62, 63 совпадает с плоскостью наклона шайбы 35. Полости сегментных пазов 62, 63 связаны канатами 64, 65, 66, 67 промежуточного вала 28 с полостями кольцевых канавок 60, 61.

Рабочие полости 12 блока цилиндров 9 аксиально-поршневого насоса 1 связаны каналами 68 блока цилиндров 9 с полостями полукольцевых пазов 48, 49 опорно-распределительного диска 47. Рабочие полости 34 блока цилиндров 29 аксиально-поршневого гидромотора 2 связаны радиальными каналами 69 блока цилиндров 29 и втулки 30 с полостями сегментных пазов 62, 63.

К каналам 58, 59 подключаются контур подпитки и предохранительные клапаны (не показаны). Каналы 64, 65, 69 закрыты технологическими заглушками.

Гидродифференциальная передача работает следующим образом.

При работе гидродифференциальной передачи каналы 58, 59 подключаются к контуру подпитки (не показан). Ведущий вал 5 аксиально-поршневого насоса 1 вращается (по часовой стрелке) от двигателя (не показан) и приводит во вращение посредством шлицевого соединения втулку 10 с блоком цилиндров 9 аксиально-поршневого насоса 1, солнечную шестерню 24, сателлиты 26 с водилом 27, промежуточный вал 28 с наклонной шайбой 35 аксиально-поршневого гидромотора 2. При вращении блока цилиндров 9 поршни 11 прижимаются к поверхности наклонной шайбы 13 с помощью бронзовых башмаков 14, завальцованных на их сферических головках, прижимного диска 15, сферической втулки 16 и пружины 17 и совершают возвратно-поступательное движение в блоке цилиндров 9.

В начальном (условно) положении наклонной шайбы 13 (фиг. 1, 4) плоскость симметрии полукольцевых пазов 48, 49 перпендикулярна плоскости наклона шайбы 13. Рабочие полости 12 при движении поршней 11 наружу из блока цилиндров 9 (такт всасывания) связаны с каналами 58, 56, трубопроводом 54, каналами 52, 50, полукольцевым пазом 48, каналами 68 и с каналами 59, 57, трубопроводом 55, каналами 53, 51, полукольцевым пазом 49, каналами 68 половину хода поршней 11. Аналогично, рабочие полости 12 цилиндров, поршни 11 которых совершают движение внутрь блока цилиндров 9 (такт нагнетания), связаны с каналами 68, полукольцевым пазом 49, каналами 51, 53, трубопроводом 55, каналами 57, 59 и с каналами 68, полукольцевым пазом 48, каналами 50, 52, трубопроводом 54, каналами 56, 58 половину хода поршней 11.

При движении поршней 11 наружу из блока цилиндров 9 при повороте ведущего вала 5 и блока цилиндров 9 на угол $0-90^\circ$ - первая половина хода поршня 11 при всасывании (ход всасывания поршня 11 осуществляется за 180° поворота ведущего вала 5 и блока цилиндров 9) - рабочая жидкость поступает по каналам 58, 56, трубопроводу 54, каналам 52, 50 в полость полукольцевого паза 48. Из полости полукольцевого паза 48 рабочая жид-

кость по каналам 68 поступает в рабочие полости 12. При повороте ведущего вала 5 и блока цилиндров 9 на угол $90-180^\circ$ - вторая половина хода поршня 11 при всасывании - рабочая жидкость поступает по каналам 59, 57 трубопроводу 55, каналам 53, 51 в полость полукольцевого паза 49. Из полости полукольцевого паза 49 рабочая жидкость по каналам 68 поступает в рабочие полости 12.

При движении поршней 11 внутрь блока цилиндров 9 при повороте ведущего вала 5 и блока цилиндров 9 на угол $0-90^\circ$ - первая половина хода поршня 11 при нагнетании (ход нагнетания поршня осуществляется за 180° поворота ведущего вала 5 и блока цилиндров 9) - рабочая жидкость из рабочих полостей 12 по каналам 68 поступает в полость полукольцевого паза 49 и по каналам 51, 53 трубопроводу 55, каналу 57 в полость канала 59. При повороте ведущего вала 5 и блока цилиндров 9 на угол $90-180^\circ$ - вторая половина хода поршня 11 при нагнетании, рабочая жидкость из рабочих полостей 12 по каналам 68 поступает в полость полукольцевого паза 48 и по каналам 50, 52, трубопроводу 54 каналу 56 в полость канала 58.

Осевые нагрузки, действующие на промежуточный вал 28, передаются на корпус 32 через упорный подшипник 40.

Каждый поршень 11 работает обе половины своего хода в разных фазах, т.е. всасывает рабочую жидкость в процессе всасывания из каналов 58, 59 и нагнетает рабочую жидкость в процессе нагнетания в каналы 59, 58. Эквивалентный рабочий объем каждого цилиндра формируется как произведение площади каждого цилиндра блока цилиндров 9 на величину эффективного хода поршня 11 на такте нагнетания. Такты всасывания, нагнетания каждого цилиндра блока цилиндров 9 сдвинуты по времени, и суммарно движения рабочей жидкости в каналах 58, 59 нет. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса 1, равный сумме всех эквивалентных рабочих объемов 12 цилиндров, минимальный - нулевой. Подача рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса 1 минимальная - нулевая.

Ведущий вал 5 вращает блок цилиндров 9 с втулкой 10 и солнечной шестерней 24. Солнечная шестерня 24 приводит во вращение сателлиты 26, которые взаимодействуют с коронной шестерней 25, обкатываясь по ней. При неподвижной коронной шестерне 25 водило 27 с осями сателлитов 26 и промежуточным валом 28 вращается в направлении вращения солнечной шестерни 24 со скоростью вращения, определяемой передаточным отношением промежуточного планетарного редуктора 3. При нулевой подаче аксиально-поршневого насоса 1 рабочие полости 34 блока цилиндров 29 запираются, поршни 33 аксиально-поршневого гидромотора 2 блокируются, и наклонная шайба 35 вращает блок цилиндров 29 с втулкой 30 и солнечной шестерней 41. Солнечная шестерня 41 приводит во вращение сателлиты 44, которые взаимодействуют с коронной шестерней 42, обкатываясь по ней. При неподвижной коронной шестерне 42 водило 45 с осями сателлитов 44 и ведомым валом 46 вращается в направлении вращения солнечной шестерни 41 со скоростью вращения, определяемой передаточным отношением выходного планетарного редуктора 4:

$$n_{46} = n_5(i_3 i_4)^{-1}; \quad i_3 = \frac{n_{24}}{n_{28}}; \quad i_4 = \frac{n_{41}}{n_{46}} > 1, \quad (1)$$

где n_5 , n_{24} , n_{28} , n_{41} , n_{46} - скорость вращения ведущего вала 5, солнечной шестерни 24, 41, промежуточного вала 28, ведомого вала 46; i_3 , i_4 - передаточное число промежуточного планетарного редуктора 3, выходного планетарного редуктора 4.

Мощность ведущего вала 5 передается ведомому валу 46 механическим путем.

При повороте ступицы 18 с наклонной шайбой 13 в подшипниковом узле 18 посредством двигателя 22 и червяка 20 на 90° по часовой стрелке плоскость симметрии полукольцевых пазов 48, 49 совпадает с плоскостью наклона шайбы 13.

При движении поршней 11 наружу из блока цилиндров 9 рабочие полости 12 цилиндров связаны с каналами 59, 57, трубопроводом 55, каналами 53, 51, полукольцевым пазом

49 и каналами 68, а рабочие полости 12 цилиндров, поршни 11 которых совершают движение внутрь блока цилиндров 9, связаны с каналами 68, полукольцевым пазом 48, каналами 50, 52, трубопроводом 54, каналами 56, 58.

При движении поршней 11 наружу из блока цилиндров 9 рабочая жидкость поступает по каналам 59, 57, трубопроводу 55, каналам 53, 51 в полость полукольцевого паза 49. Из полости полукольцевого паза 49 рабочая жидкость по каналам 68 поступает в рабочие полости 12. При движении поршней 11 внутрь блока цилиндров 9 рабочая жидкость из рабочих полостей 12 по каналам 68 поступает в полость полукольцевого паза 48 и по каналам 50, 52, трубопроводу 54, каналу 56 - в полость канала 58.

Канал 59 является всасывающим, а канал 58 напорным. Каждый цилиндр полный ход поршня 11 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 59 и подает ее в канал 58. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса 1, равный сумме всех эквивалентных рабочих объемов 12 цилиндров, максимальный. Подача рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса 1 максимальная.

Из канала 58 рабочая жидкость поступает в полость кольцевой канавки 60 и по каналам 66, 64 в полость сегментного паза 62. Из полости сегментного паза 62 рабочая жидкость поступает по каналам 69 в рабочие полости 34 блока цилиндров 29 аксиально-поршневого гидромотора 2. Поршни 33 выдвигаются и, взаимодействуя посредством башмаков 36 с наклонной шайбой 35, поворачивают блок цилиндров 29 с втулкой 30 и солнечной шестерней 41 в подшипниковом узле 31 корпуса 32 относительно оси гидродифференциальной передачи. При движении поршней 33 внутрь блока цилиндров 29 рабочая жидкость из рабочих полостей 34 поступает по каналам 69 в полость сегментного паза 63 и по каналам 65, 67 в полость кольцевой канавки 61. Из полости кольцевой канавки 61 рабочая жидкость поступает в полость канала 59.

Осевые нагрузки, действующие на промежуточный вал 28, передаются на корпус 32 через упорный подшипник 40.

Ведущий вал 5 вращает блок цилиндров 9 с втулкой 10 и солнечной шестерней 24. Солнечная шестерня 24 приводит во вращение сателлиты 26, которые взаимодействуют с коронной шестерней 25, обкатываясь по ней. При неподвижной коронной шестерне 25 водило 27 с осями сателлитов 26 и промежуточным валом 28 вращается в направлении вращения солнечной шестерни 24 со скоростью вращения, определяемой передаточным отношением промежуточного планетарного редуктора 3. В данном положении наклонной шайбы 13 ведущий вал 5, промежуточный вал 28 с наклонной шайбой 35 и блок цилиндров 29 с солнечной шестерней 41 вращаются в одном либо различных направлениях в зависимости от соотношения параметров гидропередачи. Солнечная шестерня 41 приводит во вращение сателлиты 44, которые взаимодействуют с коронной шестерней 42, обкатываясь по ней. При неподвижной коронной шестерне 42 водило 45 с осями сателлитов 44 и ведомым валом 46 вращается в направлении вращения солнечной шестерни 41 со скоростью вращения, определяемой передаточным отношением выходного планетарного редуктора 4:

$$n_{46} = n_5 \left(\frac{1}{i_{3i_4}} - \frac{k}{i_4} \right), \quad k = \frac{q_n}{q_m}, \quad (2)$$

где q_n , q_m - объем аксиально-поршневого насоса 1, аксиально-поршневого гидромотора 2; k - коэффициент, характеризующий отношение объемов насоса 1 и гидромотора 2.

Мощность ведущего вала 5 передается ведомому валу 46 механическим и гидравлическим путем.

Для компенсации утечек рабочей жидкости в канал 59 подается рабочая жидкость из контура подпитки (не показан). При перегрузке ведомого вала 46 часть рабочей жидкости вытекает из канала 58 через предохранительный клапан в бак гидросистемы (не показаны).

При повороте ступицы 18 с наклонной шайбой 13 в подшипниковом узле 19 посредством двигателя 22 и червяка 20 на 90° против часовой стрелки относительно принятого на-

чального положения (фиг. 1, 4) плоскость симметрии полукольцевых пазов 48, 49 совпадает с плоскостью наклона шайбы 13.

При движении поршней 11 наружу из блока цилиндров 9 рабочие полости 12 цилиндров связаны с каналами 58, 56, трубопроводом 54, каналами 52, 50, полукольцевым пазом 48 и каналами 68, а рабочие полости 12 цилиндров, поршни 11 которых совершают движение внутрь блока цилиндров 9, связаны с каналами 68, полукольцевым пазом 49, каналами 51, 53, трубопроводом 55, каналами 57, 51.

При движении поршней 11 наружу из блока цилиндров 9 рабочая жидкость поступает по каналам 58, 56 трубопроводу 54, каналам 52, 50 в полость полукольцевого паза 48. Из полости полукольцевого паза 48 рабочая жидкость по каналам 68 поступает в рабочие полости 12. При движении поршней 11 внутрь блока цилиндров 9 рабочая жидкость из рабочих полостей 12 по каналам 68 поступает в полость полукольцевого паза 49 и по каналам 51, 53, трубопроводу 55, каналу 57 в полость канала 59.

Канал 58 является всасывающим, а канал 59 напорным. Каждый цилиндр полный ход поршня 11 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 58 и подает ее в канал 59. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса 1, равный сумме всех эквивалентных рабочих объемов 12 цилиндров, максимальный. Подача рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса 1 максимальная.

Из канала 59 рабочая жидкость поступает в полость кольцевой канавки 61 и по каналам 67, 65 в полость сегментного паза 63. Из полости сегментного паза 63 рабочая жидкость поступает по каналам 69 в рабочие полости 34 блока цилиндров 29 аксиально-поршневого гидромотора 2. Поршни 33 выдвигаются и, взаимодействуя посредством башмаков 36 с наклонной шайбой 35, поворачивают блок цилиндров 29 с втулкой 30 и солнечной шестерней 41 в подшипниковом узле 31 корпуса 32 относительно оси гидродифференциальной передачи. При движении поршней 33 внутрь блока цилиндров 29 рабочая жидкость из рабочих полостей 34 поступает по каналам 69 в полость сегментного паза 62 и по каналам 64, 66 в полость кольцевой канавки 60. Из полости кольцевой канавки 60 рабочая жидкость поступает в полость канала 58.

Осевые нагрузки, действующие на промежуточный вал 28, передаются на корпус 32 через упорный подшипник 40.

Ведущий вал 5 вращает блок цилиндров 9 с втулкой 10 и солнечной шестерней 24. Солнечная шестерня 24 приводит во вращение сателлиты 26, которые взаимодействуют с коронной шестерней 25, обкатываясь по ней. При неподвижной коронной шестерне 25 водило 27 с осями сателлитов 26 и промежуточным валом 28 вращается в направлении вращения солнечной шестерни 24 со скоростью вращения, определяемой передаточным отношением промежуточного планетарного редуктора 3. В данном положении наклонной шайбы 13 ведущий вал 5, промежуточный вал 28 с наклонной шайбой 35 и блок цилиндров 29 с солнечной шестерней 41 вращаются в одном направлении со скоростью, определяемой параметрами гидropередачи. Солнечная шестерня 41 приводит во вращение сателлиты 44, которые взаимодействуют с коронной шестерней 42, обкатываясь по ней. При неподвижной коронной шестерне 42 водило 45 с осями сателлитов 44 и ведомым валом 46 вращается в направлении вращения солнечной шестерни 41 со скоростью вращения, определяемой передаточным отношением выходного планетарного редуктора 4:

$$n_{46} = n_5 \left(\frac{1}{i_3 i_4} + \frac{k}{i_4} \right). \quad (3)$$

Мощность ведущего вала 5 передается ведомому валу 46 механическим и гидравлическим путем.

Для компенсации утечек рабочей жидкости в канал 58 подается рабочая жидкость из контура подпитки (не показан). При перегрузке ведомого вала 46 часть рабочей жидкости вытекает из канала 59 через предохранительный клапан в бак гидросистемы (не показаны).

ВУ 22682 С1 2019.08.30

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

Скорость вращения ведомого вала n_{46} (мин^{-1})

i_3	k						
	Против часовой стрелки			0	По часовой стрелке		
	1,0	0,6	0,2		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 $i_3 = i_4 = 1,5$ и $k = 1,0$ обеспечивается диапазон изменения скоростей вращения ведомого вала $n_{46} = (2333 \div -467) \text{ мин}^{-1}$, что совпадает с параметрами механических трансмиссий транспортно-тяговых машин.

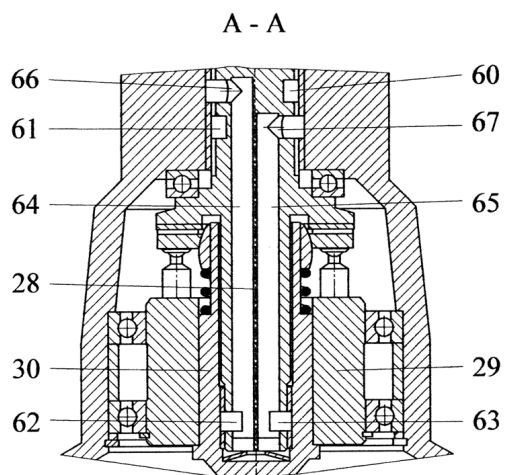
При повороте наклонной шайбы 13 на 90° от нейтрального положения по часовой стрелке и против посредством автономного двигателя 22 и червяка 20 обеспечивается реверсирование подачи аксиально-поршневого насоса 1 переменной производительности при изменении ее от нулевого до максимального значений. Поворот наклонной шайбы 13 обеспечивает плавное изменение скорости вращения ведомого вала 46 в диапазоне от реверсивного значения до заданного значения при постоянной скорости вращения ведущего вала 5.

Гидродифференциальная передача обеспечивает передачу мощности ведущего вала 5 на ведомый вал 46 двумя потоками: гидравлическим через рабочую жидкость и механическим через ведущий вал 5, промежуточный вал 28 с наклонной шайбой 35 и блок цилиндров 29. Разделение потока мощности внутреннее.

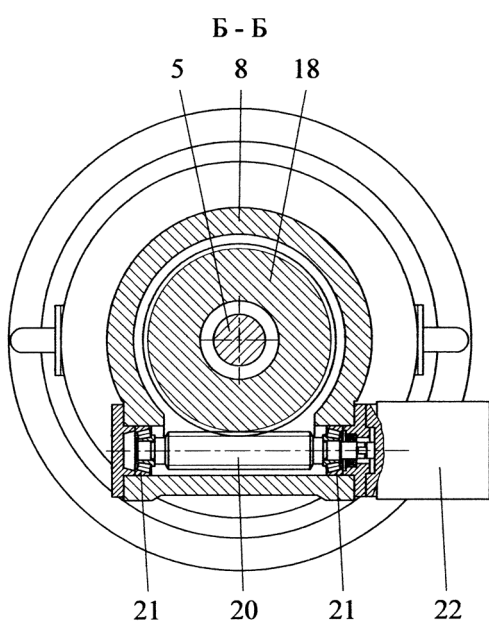
Таким образом, предлагаемое техническое решение обеспечивает расширение функциональных возможностей гидродифференциальной передачи посредством оптимизации параметров регулирования скорости ведомого вала при изменении подачи рабочей жидкости насоса.

Источники информации:

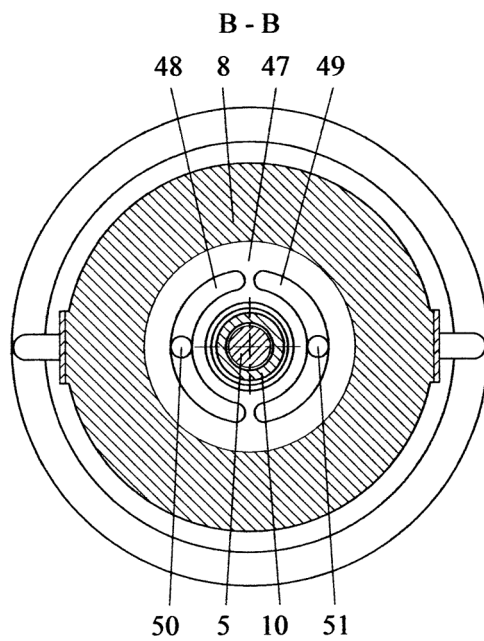
1. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем: Учебник для вузов по специальности "Гидропневмоавтоматика и гидропривод". - М.: Машиностроение, 1974. - С. 456, рис. 191.
2. Патент РБ 21039 С1, МПК (2006.01) F 16Н 61/44, F 16Н 48/00, 2017.



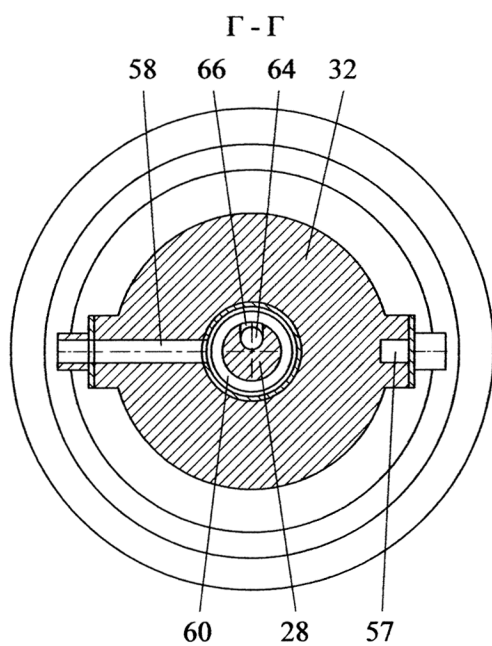
Фиг. 2



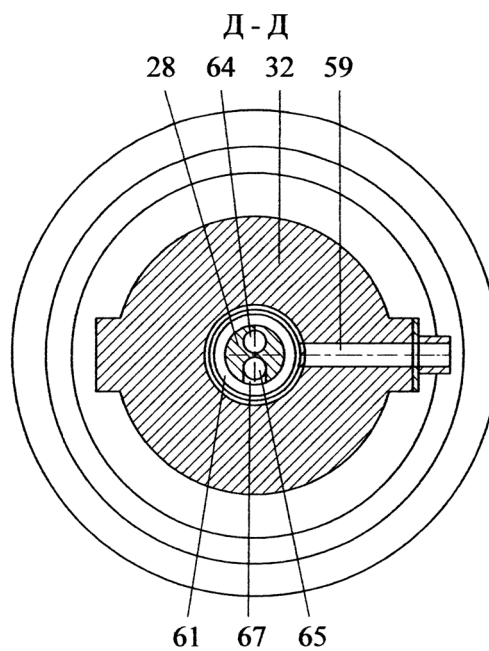
Фиг. 3



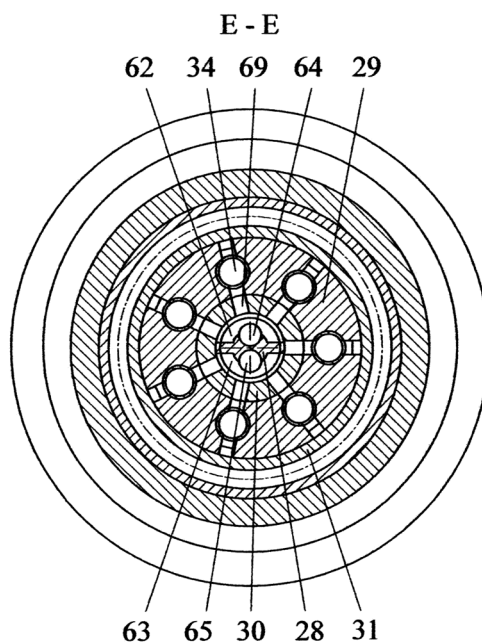
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7