

линией и сливной линией, отличающаяся тем, что вспомогательный блок содержит аккумулятор для восстановления потери затрачиваемой энергии и два вспомогательных распределителя с электромагнитным управлением, которые выполнены с возможностью регулирования величины давления между напорной и сливной линиями и установлены на входе и выходе основного распределителя, при этом редуцирующий клапан соединен с основным распределителем и управляющим регулятором, клапан управления уровнем давления соединен со вспомогательным блоком, с управляющим редуцирующим клапаном и сливной линией, а управляющий регулятор выполнен в виде двух пропорциональных клапанов.

2. Гидросистема мобильной машины по п. 1, отличающаяся тем, что клапан управления уровнем давления выполнен в виде регулируемого редуцирующе-предохранительного клапана.

Настоящее изобретение относится к гидравлике в машиностроении и может применяться в гидравлических системах с адаптацией к нагрузке. Техническим результатом является повышение быстродействия, надежности и энергоэффективности при одновременной работе нескольких потребителей в различных режимах эксплуатации.

Известна система гидропривода [1], содержащая регулируемый насос с регулятором, клапан компенсации давления, обратный клапан, основной распределитель и цилиндр. Система гидропривода позволяет обеспечить стабильную величину скорости движения поршня цилиндра в зависимости от настройки основного распределителя. Система обеспечивает стабильную величину скорости движения при направлении усилия на штоке цилиндра, имеющего противоположное направление с направлением скорости движения поршня.

Известна гидросистема с синхронным управлением [2], содержащая гидробак, силовой регулируемый гидронасос с чувствительным к нагрузке управляющим золотником, силовую гидролинию, защищенную предохранительным клапаном, основной распределитель с трехпозиционным золотником с одним напорным подводом, двумя сливными линиями, двумя рабочими отводами и двумя линиями, обеспечивающими возможность соединения каждого рабочего отвода с линией нагрузки, которая имеет предохранительный клапан и соединена с управляющим золотником.

Наиболее близкой по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому изобретению является гидросистема мобильной машины [3], содержащая гидравлический бак, регулируемый насос с чувствительным к нагрузке регулятором, силовую линию, защищенную предохранительным клапаном, основной распределитель с трехпозиционными золотниками с двумя напорными линиями, двумя сливными линиями, двумя рабочими отводами и линией, обеспечивающей возможность соединения каждого рабочего отвода с линией LS (линией нагрузки), которая соединена с регулятором насоса, снабжена клапаном управления уровнем давления и установленным в линии LS (линии нагрузки) управляемым редуцирующим клапаном. Вместе с тем гидросистема снабжена регулятором расхода, вход и выход которого сообщены соответственно с линией LS (линией нагрузки) регулятором насоса и гидравлическим баком. Кроме того, гидросистема снабжена вспомогательным блоком, выполненным из редуцирующего клапана и электроуправляемого двухпозиционного четырехлинейного распределителя с одной напорной, одной сливной и двумя рабочими линиями. Также гидросистема снабжена гидроцилиндром стоячего тормоза.

Недостатком известной гидросистемы является то что, для работы системы с адаптацией к нагрузке между напорной линией и линией управления регулируемым насосом с чувствительным к нагрузке управляющим регулятором необходимо обеспечить перепад давления в пределах $\Delta p = 2 \dots 2,5$ МПа. При этом из-за данного перепада давления в си-

стеме возникают потери энергии в связи с тем, что данную величину давления при работе системы необходимо поддерживать постоянно как при больших нагрузках $p = 20 \dots 30$ МПа в системе, так и при малых $p = 3 \dots 8$ МПа. Отсюда следует, что при максимальных нагрузках в системе данной потерей энергии можно пренебречь, однако, как правило, в период эксплуатации мобильные машины работают на средних и малых нагрузках. При таких режимах эксплуатации потери энергии существенно влияют на энергоэффективность мобильной машины и приводят к снижению ее общего КПД.

Кроме того, в представленных гидросистемах (как в аналогах, так и в прототипе) возникают высокие потери при одновременном использовании в гидроприводе двух и более потребителей, на которых возникают разные величины внешней нагрузки. Поскольку величина давления в системе всегда поддерживается на постоянном значении, то есть значение перепада давления, которое выше максимального давления нагрузки, создаваемого в системе с более низким давлением нагрузки, необходимо регулировать.

Задача изобретения состоит в том, чтобы снизить величины перепада давления между напорной линией и линией управления регулируемым насосом путем установки в линию управления регулятора, выполненного в виде двух пропорциональных клапанов, и улучшить энергоэффективность работы системы за счет внедрения вспомогательного блока с напорной линией с заданным уровнем давления, в которую установлен аккумулятор.

Решение технической задачи достигается тем, что гидросистема мобильной машины, состоящая из гидравлического бака, регулируемого насоса с чувствительным к нагрузке регулятором, силовой линии, защищенной предохранительным клапаном, основного распределителя с трехпозиционными золотниками с двумя напорными линиями, двумя сливными линиями и двумя отводами с линией, обеспечивающей соединение каждого отвода с линией нагрузки, которая соединена с регулятором насоса, согласно изобретению, дополнительно снабжена управляющим редуцирующим клапаном и клапаном управления уровнем давления, выполненным в виде регулируемого редуцирующе-предохранительного клапана.

Дополнительно гидросистема мобильной машины включает в себя вспомогательный блок с линией промежуточного давления, которая расположена между напорной и сливной линиями. В свою очередь, в линию промежуточного давления вспомогательного блока установлен аккумулятор, который восстанавливает потери затрачиваемой энергии, и два вспомогательных распределителя с электромагнитным управлением, которые регулируют величину давления между напорной и сливной линией и установлены на входе и выходе основного распределителя.

Задача снижения величины перепада давления и повышения быстродействия достигается благодаря использованию в линии управления насоса чувствительного к нагрузке регулятора, выполненного в виде двух пропорциональных клапанов. Снижение величины забросов давления в системе достигается благодаря использованию в линии нагрузки управляющего редуцирующего клапана, выход которого соединен с регулятором насоса. Повышение энергоэффективности гидросистемы достигается благодаря использованию вспомогательного блока с напорной линией с заданным уровнем давления, в которую установлен аккумулятор, что позволяет при работе основных потребителей на малых и средних нагрузках минимизировать потери энергии.

Сущность изобретения поясняется фигурой, где показана принципиальная гидравлическая схема гидросистемы мобильной машины с объемной адаптацией к нагрузке.

Гидросистема мобильной машины, представленная на фигуре, содержит регулируемый насос 1 с чувствительным к нагрузке управляющим регулятором 2 и цилиндром 3, бак 4, напорную линию 5, защищенную предохранительным клапаном 6, основной распределитель 7 с трехпозиционными золотниками 8, 9, сливную линию 10, соединенную с баком 4. Напорные 11, 12 и сливные 13, 14 линии золотников 8, 9 подведены к напорной 5 и сливной 10 линии. Подводы 15, 16 основного распределителя 7 соединены с поршневы-

ВУ 24587 С1 2025.05.05

ми полостями 17, 18 цилиндров 19, 20, а подводы 21, 22 со штоковыми полостями 23, 24. Линии управления 25, 26, в которые подключены обратные клапаны 27, 28, обеспечивают соединение с линией нагрузки 29. Переключение золотников 8, 9 основного распределителя 7 в рабочие позиции осуществляется за счет пропорциональных электромагнитов 30, 31, 32, 33, а переключение в нейтральное положение осуществляется за счет пружин 34, 35, 36, 37. Чувствительный к нагрузке регулятор 2 выполнен в виде двух пропорциональных клапанов 38, 39, имеющий возможность управления за счет подачи рабочей жидкости от насоса 1 через подвод 40 и от управляющего редуционного клапана 41 через подвод 42. Подача рабочей жидкости в штоковую полость 43 цилиндра 3 осуществляется по подводу 44, а в поршневую полость 45 через подвод 46. В свою очередь, подача рабочей жидкости в пропорциональные клапаны 38, 39 осуществляется через подвод 47. Переключение золотника 48 пропорционального клапана 38 регулятора 2 осуществляется за счет подачи рабочей жидкости через подвод 42 от управляющего редуционного клапана 41 и настройки поджатия пружины 49, вследствие чего рабочая жидкость поступает через сливную линию 50 в подводы 40, 44, в сливную линию 51 пропорционального клапана 39 и в линии управления 52, 53 пропорциональных клапанов 38, 39. Переключение золотника 54 пропорционального клапана 39 регулятора 2 осуществляется за счет настройки поджатия пружины 55. Переключение в нейтральное положение золотников 48, 54 пропорциональных клапанов 38, 39 регулятора 2 осуществляется за счет подачи рабочей жидкости в линии управления 52, 53. В гидравлическую систему встроен вспомогательный блок 56, который включает в себя аккумулятор 57, обратный клапан 58, два вспомогательных распределителя 59, 60 с двухпозиционными золотниками 61, 62 и с электромагнитным управлением. Вспомогательный блок 56 подключен в систему через напорную 5 и сливную 10 линии. Напорная линия 63 вспомогательного распределителя 59 подключена к основному распределителю 7 через подвод 64, а напорная линия 65 вспомогательного распределителя 60 подведена к сливным 13, 14 линиям основного распределителя 7. Сливные 66, 67 линии вспомогательных распределителей 59, 60 подключены к аккумулятору 57. Переключение золотников 61, 62 в рабочие позиции осуществляется за счет пропорциональных электромагнитов 68, 69, 70, 71. В линию нагрузки 29 установлены управляющий редуционный клапан 41 и клапан управления уровнем давления 72, выполненный в виде регулируемого редуционно-предохранительного клапана. Управляющий редуционный клапан 41 через подвод 73 соединен с основным распределителем 7, а через подвод 42 соединен с пропорциональным клапаном 38 управляющего регулятора 2. В свою очередь, клапан управления уровнем давления 72 соединен с вспомогательным блоком 56 через подвод 74, с управляющим редуционным клапаном 41 через подвод 75 и сливной линией 10 через подвод 76. Настройка клапана управления уровнем давления 72 осуществляется за счет настройки поджатия пружины 77.

Гидравлическая система работает следующим образом.

В нейтральном положении золотников 8, 9 основного распределителя 7, обеспеченного за счет настройки поджатия пружин 34, 35, 36, 37, регулируемый насос 1 работает в режиме минимальной производительности и поддерживает давление в системе меньше 1 МПа в напорной линии 5 за счет управляющего регулятора 2 и цилиндра 3, величина давления в линии нагрузки 29 находится на значении около 0,1 МПа.

При срабатывании электромагнитов 30, 32 основного распределителя 7 золотники 8, 9 смещаются вправо, через напорные линии 11, 12 рабочая жидкость от регулируемого насоса 1, проходя через предохранительный клапан 6 и вспомогательный блок 56 и основной распределитель 7, поступает в поршневые полости 17, 18 цилиндров 19, 20 через подводы 15, 16, следовательно, цилиндры начинают выдвигаться. Рабочая жидкость из штоковых полостей 23, 24 цилиндров 19, 20 по подводам 21, 22 поступает в сливные 13, 14 линии основного распределителя 7, по которым, проходя через сливную линию 10, поступает в бак 4.

ВУ 24587 С1 2025.05.05

Одновременно с подачей в напорные линии 11, 12 рабочая жидкость подается в линию нагрузки 29 от основного распределителя 7 по линиям управления 25, 26, проходя через обратные клапаны 27, 28, которые обеспечивают отсутствие обратного забора рабочей жидкости. Перемещение золотников 8, 9 распределителя 7 в левое положение осуществляется за счет срабатывания электромагнитов 31, 33, а возвращение в нейтральное положение золотников 8, 9 осуществляется за счет настройки поджатия пружин 34, 35, 36, 37.

От линии нагрузки 29 рабочая жидкость поступает на вход 73 управляющего редуционного клапана 41, который обеспечивает возможность управления чувствительным регулятором 2 через подвод 42, подавая рабочую жидкость к пропорциональному клапану 38. Управление редуционным клапаном 41 осуществляется за счет клапана управления уровнем давления 72 выполненного в виде регулируемого редуционно-предохранительного клапана, через подвод 75. Клапан управления уровнем давления 72 подключен в систему через подвод 74 к вспомогательному блоку 56, через подвод 75 к управляющему редуционному клапану 41, через подвод 76 к сливной линии 10. Настройка клапана управления уровнем давления 72 на требуемую величину уровня давления осуществляется в зависимости от настройки усилия поджатия пружины 77.

Вспомогательный блок 56 с заданным уровнем давления имеет четыре различных состояния работы:

1. При работе системы на высоких внешних нагрузках 20-30 МПа по напорной линии 5 рабочая жидкость от насоса 1, проходя через вспомогательный 59 и основной 7 распределители, поступает в поршневые полости 17, 18 цилиндров 19, 20 через подводы 15, 16. В результате чего цилиндры 19, 20 начинают работать. При этом из штоковых полостей 23, 24 цилиндров 19, 20 через подводы 21, 22 рабочая жидкость сливается в бак 4 по линии слива 10, проходя через основной 7 и вспомогательный 60 распределители. Вспомогательный блок 56 в данном режиме не задействуется.

2. При работе системы на низких внешних нагрузках 3-7 МПа срабатывает электромагнит 68 вспомогательного распределителя 59, в результате чего золотник 61 смещается вправо, и рабочая жидкость от аккумулятора 57 подается по сливной линии 66 в напорную линию 63, при этом подача рабочей жидкости от насоса 1 прекращается, а аккумулятор 57 разряжается. Слив рабочей жидкости из штоковых полостей 23, 24 цилиндров 19, 20 через подводы 21, 22 в данном случае организован аналогично первому режиму работы системы.

3. Третий режим работы системы реализован для зарядки аккумулятора 57, установленного в вспомогательный блок 56. При этом от насоса 1 по напорной линии 5 рабочая жидкость, проходя через вспомогательный 59 и основной 7 распределители, подается в поршневые полости 17, 18 цилиндров 41, 44 через подводы 15, 16. В свою очередь, из штоковых полостей 23, 24 цилиндров 19, 20 через подводы 21, 22 от основного распределителя 7 рабочая жидкость подается через подвод 65 в вспомогательный распределитель 60, где срабатывает электромагнит 70, следовательно, золотник 62 распределителя 60 смещается вправо, и рабочая жидкость поступает в сливную линию 67, в результате чего происходит зарядка аккумулятора 57. В данном режиме работы системы линия слива 10 остается незадействованной.

4. При работе системы на очень низких внешних нагрузках менее 2 МПа срабатывают одновременно электромагниты 68, 70 вспомогательных распределителей 59, 60, и система работает от установленного в вспомогательный блок 56 аккумулятора 57, который одновременно разряжается и заряжается, не задействуя основной источник питания, насос 1.

Возврат золотников 61, 62 распределителей 59, 60 в исходное положение осуществляется за счет срабатывания электромагнитов 69, 71. Дополнительно в вспомогательный блок 56 установлен обратным клапаном 58, который обеспечивает отсутствие обратного забора рабочей жидкости. Подача рабочей жидкости от вспомогательного блока 56 к основному распределителю 7 осуществляется по подводу 64.

BY 24587 C1 2025.05.05

Чувствительный к нагрузке управляющий регулятор 2 работает в системе следующим образом. Рабочая жидкость от регулируемого насоса 1 по подводу 40 подается в штоковую полость 43 цилиндра 3 и в пропорциональный клапан 54 через подвод 47. Одновременно с этим рабочая жидкость подается в линии слива 50, 51 и в линии управления 52, 53 пропорциональных клапанов 38, 39, вследствие чего при достижении требуемого уровня давления золотники 48, 54 пропорциональных клапанов 38, 39 смещаются вправо. Из поршневой полости 45 цилиндра 3 рабочая жидкость по подводу 46 поступает в пропорциональный клапан 38, от которого, проходя через пропорциональный клапан 39 по подводу 47, подается в подводы 40, 44, в линии слива 50, 51 и в линии управления 52, 53, тем самым поддерживая заданный уровень перепада давления в системе. При подаче в регулятор 2 рабочей жидкости от управляющего редуционного клапана 41 по подводу 42 золотник 48 пропорционального клапана 38 смещается влево, следовательно, рабочая жидкость в регуляторе 2 начинает поступать в обратном направлении.

Настройка на требуемую величину давления в диапазоне 0,3-0,8 МПа чувствительного к нагрузке регулятора 2 осуществляется в зависимости от усилия поджатия пружин 49, 55 пропорциональных клапанов 38, 39. В свою очередь, золотники 48, 54 пропорциональных клапанов 38, 39 регулятора 2, находясь под действием пружин 49, 55, величины давления регулятора 2 и величины давления насоса 1, будут влиять на изменение величины расхода насоса 1 таким образом, что давление на выходе насоса 1 будет превышать давление на величину, определяемую настройкой пружин 49, 55.

Положительные результаты предложенного технического решения:

1. Обеспечение величины перепада давления в системе в диапазоне $\Delta p = 0,3 \dots 0,8$ МПа и повышение быстродействия работы системы около 15 % достигается за счет чувствительного к нагрузке управляющего регулятора 2, выполненного в виде двух пропорциональных клапанов 38, 39, который управляет работой регулируемого насоса 1.

2. Предлагаемая гидравлическая система обеспечивает повышение энергоэффективности около 20 %, по сравнению с аналогичными системами, за счет внедрения в систему вспомогательного блока 56 с напорными 63, 65 и сливными 66, 67 линиями с заданным уровнем давления и с установленным аккумулятором 57. Данное техническое решение значительно минимизирует потери энергии при работе мобильной машины на различных величинах давления.

3. Повышение надежности и ресурса работы основных элементов гидравлической системы обеспечивается за счет снижения величины забросов давления в системе, достигаемого за счет установки в линию нагрузки 29 управляющего редуционного клапана 41 и клапана управления уровнем давления 72, выполненного в виде регулируемого редуционно-предохранительного клапана.

Источники информации:

1. US 51505074, 1992.
2. RU 2150552 C1, 1997.
3. RU 2276237 C2, 2006.