

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041290**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.10.05

(21) Номер заявки
202100146

(22) Дата подачи заявки
2021.04.15

(51) Int. Cl. **G01M 17/007** (2006.01)
F15B 19/00 (2006.01)
G01M 15/02 (2006.01)

(54) **СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПОЗИЦИОННО-СИЛОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

(43) **2022.09.29**

(96) **2021/EA/0022 (BY) 2021.04.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ" (BY)**

(56) SU-A1-855259
RU-U1-119462
SU-A2-781411
SU-A1-1412619
US-A-3246700
US-A-6076612

(72) Изобретатель:
**Строк Евгений Яковлевич, Бельчик
Леонид Демьянович, Ананчиков
Антон Александрович, Ключев
Александр Илларионович, Сикорский
Александр Степанович, Качан
Василий Викторович, Зорич Павел
Александрович (BY)**

(57) Изобретение относится к испытательному оборудованию, в частности к средствам лабораторных исследований тракторных электрогидравлических систем позиционно-силового регулирования глубины пахоты. Задачами настоящего изобретения являются повышение точности воспроизведения процесса функционирования системы позиционно-силового регулирования глубины пахоты путем имитации силовых возмущений со стороны почвы, упрощение конструкции и снижение трудоемкости проведения исследований. Решение указанных задач реализовано в конструкции стенда для исследования электрогидравлической системы позиционно-силового регулирования, содержащего источник и регулятор потоков рабочей жидкости, силовой гидроцилиндр, полость подъема которого сообщена со сливом через регулируемый дроссель, навесное устройство для макета орудия, включающее цилиндрический поворотный вал с коаксиально закрепленным на нем радиальным кулачком (8), датчик линейных перемещений (10), измерительная ось которого при верхнем положении навесного устройства совпадает с направлением максимального радиуса указанного кулачка (8), контроллер, управляющий выход и позиционный вход которого электрически соединены соответственно с упомянутым регулятором и датчиком линейных перемещений (10). В предлагаемом техническом решении стенд дополнительно снабжен коаксиально закрепленным на цилиндрическом поворотном валу радиальным кулачком (9), установленным в противофазе с кулачком (8), и датчиком линейных перемещений (11), который электрически соединен с силовым входом контроллера, а его измерительная ось при верхнем положении навесного устройства совпадает с направлением минимального радиуса радиального кулачка (9).

B1

041290

041290

B1

Изобретение относится к испытательному оборудованию, в частности к средствам лабораторных исследований тракторных электрогидравлических систем позиционно-силового регулирования глубины пахоты.

Контур позиционного регулирования используется при работе на ровном мезорельефе и позволяет поддерживать заданное положение навесного устройства относительно остова трактора при возможной утечке рабочей жидкости из полости подъема силового гидроцилиндра. Измерение указанного положения осуществляется при помощи датчика линейных перемещений, взаимодействующего с неподвижно закрепленным на цилиндрическом поворотном валу навесного устройства радиальным кулачком. Применение контура силового регулирования, содержащего силоизмерительные датчики в шарнирах нижних тяг, целесообразно на местности с пересеченным рельефом, что позволяет при изотропных свойствах почвы компенсировать влияние продольно-угловых колебаний пахотного агрегата на агротехнические показатели [1]. При одинаковых знаках рассогласования заданного и действительного значений регулируемых параметров для указанных контуров направления коррекции положения почвообрабатывающего орудия будут противоположными.

Для улучшения агротехнических показателей обработки почвы может использоваться режим смешанного регулирования, при котором электрические сигналы обратной связи силового и позиционного контуров суммируются согласно выражению [2]

$$U = \alpha U_X + (1 - \alpha) U_R,$$

где U - суммарный сигнал обратной связи; $0 \leq \alpha \leq 1$ - весовой коэффициент; U_X и U_R - выходные электрические сигналы позиционного и силовых датчиков.

Использование натуральных образцов пахотных агрегатов предполагает высокую стоимость и трудоемкость проведения их полевых испытаний, а также недостаточную воспроизводимость результатов. Поэтому весьма актуальным является создание устройств, имитирующих в лабораторных условиях силовые возмущения со стороны почвы, что позволит проводить испытания контура силового регулирования для определения его динамических характеристик.

Известен стенд для динамических исследований гидроагрегатов навесного оборудования почвообрабатывающей техники [3]. Стенд содержит гидростанцию с насосом переменной производительности, систему контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры, гидроцилиндр навесной системы трактора, а также дополнительную гидросистему, состоящую из насоса постоянной подачи, нагружающего гидроцилиндра, распределителя с ручным управлением и предохранительного клапана с пропорциональным электрическим управлением, причем указанные гидроцилиндры расположены соосно, а их штоки находятся в кинематическом взаимодействии. Стенд позволяет проводить силовое нагружение гидроцилиндра навесной системы и имитировать внезапное изменение плотности грунта путем включения дополнительной гидросистемы. При возрастании величины давления в рабочей полости нагружающего гидроцилиндра и усилия на его штоке по заданному закону изменяется давление в гидроцилиндре навесной системы, которое измеряется и обрабатывается электронным блоком для построения переходной характеристики.

К недостаткам стенда можно отнести конструкционную сложность гидросистемы силового нагружения навесной системы и отсутствие силоизмерительного контура, что не позволяет воспроизвести структуру системы силового регулирования глубины пахоты.

Известная конструкция стенда для исследования и/или регулировки навесных систем трактора [4] содержит неподвижное основание с вертикальной стойкой, гидравлический механизм имитации тяговой нагрузки, шарнирно связанный с неподвижным основанием и выполненный в виде двух нагружающих гидроцилиндров для воспроизведения вертикальной и горизонтальной составляющих силы тягового сопротивления орудия, средство для позиционирования трактора с навесной системой в виде качающейся платформы, установленной на основании посредством подшипниковой опоры, реверсивный динамометр, а также макет навесного орудия, кинематически связанный посредством навесного устройства с силовым гидроцилиндром гидросистемы трактора и указанными нагружающими гидроцилиндрами.

Для испытания системы регулирования глубины пахоты трактор закрепляется на платформе и осуществляется имитация величины и направления действия тяговой нагрузки с помощью гидравлического механизма стенда, которая контролируется реверсивным динамометром. При этом направление действия силы тяги регулируется относительно виртуальной точки прицепа, а датчики автоматов навесной системы устанавливаются по фиксированным показаниям приборов. В случае возрастания или снижении нагрузки происходят соответствующие корректирующие движения навесного устройства трактора.

Недостатками стенда являются высокая сложность его конструкции и неточность имитации процесса функционирования замкнутой системы регулирования при воспроизведении внешних силовых возмущений вследствие кинематических ограничений со стороны нагружающих гидроцилиндров.

Известен также стенд для испытания гидронавесной системы трактора, который содержит установленные на остова испытываемого трактора гидробак и насос, сообщенные посредством электроуправляемого гидрораспределителя с исполнительным гидроцилиндром, который кинематически соединен через механизм навески с рамкой нагружающего гидроцилиндра и грузом [5]. В нижних тягах указанно-

го механизма установлен датчик усилия, электрически связанный с гидрораспределителем. При этом рамка кинематически взаимодействует посредством штанги подпружиненного клина с золотником дросселя, соединенного со штоковой полостью нагружающего гидроцилиндра, которая последовательно соединена с двумя регулируемым клапанами. Для имитации изменения тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия изменяется настройка одного из клапанов, что вызывает изменение величины давления в указанной полости, вследствие чего в нижних тягах механизма навески трактора посредством рамки создаются растягивающие усилия. При их увеличении выходной электрический сигнал датчика усилия переводит гидрораспределитель в положение, соответствующее подъему навесного устройства. Механизм навески с грузом поднимается, подпружиненный клин перемещается вверх, что вызывает увеличение проходного сечения дросселя, уменьшение давления в штоковой полости нагружающего гидроцилиндра и соответственно его тягового усилия. Имитация изменения плотности почвы обеспечивается изменением настройки второго регулируемого клапана.

К недостаткам указанного стенда можно отнести кинематическую сложность системы нагружения, невысокую точность воспроизведения процесса функционирования замкнутой системы регулирования глубины пахоты при имитации внешних силовых возмущений, а также трудоемкость проведения испытаний.

Кроме того, известна конструкция стенда для испытания гидравлических систем управления навесными устройствами тракторов [6]. Стенд состоит из беговых барабанов с приводом и тормозом, макета навесного орудия, соединенного с силовым гидроцилиндром трактора и опорным колесом, кинематически взаимодействующим со штоком вертикально закрепленного под ним нагружающего гидроцилиндра, а также устройства имитации тягового сопротивления, причем напорная полость силового гидроцилиндра сообщена с регулятором и гидроаккумулятором, а указанный макет выполнен из ферромагнитного материала и расположен в зоне действия электромагнита с источником пульсирующего тока. При подаче давления от контура управления положением штока нагружающего гидроцилиндра происходят вертикальные перемещения опорного колеса и макета навесного орудия, что вызывает возмущения в напорной полости силового гидроцилиндра испытываемого трактора. Одновременно изменение магнитного потока, создаваемого электромагнитом, приводит к вариации величины нагрузки, имитирующей тяговое сопротивление навесного орудия, которая действует вдоль продольной оси трактора. Рычаги обратной связи воздействуют на регулятор, изменяющий поток рабочей жидкости, поступающий в указанную напорную полость, что приводит к восстановлению заданной величины давления подпора или тягового сопротивления.

К недостаткам стенда следует отнести его конструкционную сложность, высокие энергозатраты на привод беговых барабанов, а также невысокую точность воспроизведения тягового усилия вследствие нелинейной характеристики нагружающего электромагнитного устройства.

Наиболее близким техническим решением по совокупности существенных признаков является стенд для исследований электрогидравлической системы управления навесным устройством трактора, который позволяет воспроизводить режимы силового, позиционного и смешанного регулирования глубины пахоты [7]. Стенд содержит насосную установку постоянной производительности, распределитель с предохранительным клапаном, электрогидравлический регулятор, контроллер со смесителем сигналов обратной связи, сравнивающим и вычислительным устройствами, силовые гидроцилиндры, кинематически связанные посредством навесного устройства, включающего датчики усилия, с макетом орудия из ферромагнитного материала, который расположен в зоне действия силового поля нагружающего электромагнита, подключенного к источнику пульсирующего тока. При этом полости подъема силовых гидроцилиндров сообщены со сливом через регулируемые дроссели, создающие кинематической возмущение при позиционном регулировании. Величина перемещения указанных гидроцилиндров измеряется датчиком линейных перемещений, толкатель которого кинематически связан с закрепленным на поворотном валу навесного устройства кулачком, высота радиального профиля которого максимальна при верхнем положении навесного устройства. Выходной сигнал указанного датчика поступает на позиционный вход смесителя с учетом его весового коэффициента. Тяговые нагрузки, создаваемые нагружающим электромагнитом в датчиках усилия посредством звеньев навесного устройства, преобразуются в соответствующий выходной электрический сигнал, который поступает на силовой вход смесителя, причем при коррекции положения в сторону подъема площадь перекрытия силовых линий электромагнита макетом уменьшается, а величина магнитного потока и сила тягового сопротивления снижаются.

Знак и величина сигнала рассогласования на выходе сравнивающего устройства определяет управляющий сигнал, формируемый вычислительным устройством согласно алгоритму. Указанный сигнал поступает на вход электрогидравлического регулятора, который определяет параметры управляющего воздействия, поступающего на силовые гидроцилиндры.

К недостаткам стенда можно отнести структурную и конструкционную сложность системы электромагнитного нагружения при невысокой точности воспроизведения тягового усилия.

Задачами настоящего изобретения являются повышение точности воспроизведения процесса функционирования системы позиционно-силового регулирования глубины пахоты путем имитации силовых возмущений со стороны почвы, упрощение конструкции и снижение трудоемкости проведения исследо-

ваний.

Решение указанных задач реализовано в конструкции стенда для исследования электрогидравлической системы позиционно-силового регулирования, содержащего источник и регулятор потоков рабочей жидкости, силовой гидроцилиндр, полость подъема которого сообщена со сливом через регулируемый дроссель, навесное устройство для макета орудия, включающее цилиндрический поворотный вал с коаксиально закрепленным на нем радиальным кулачком (8), датчик линейных перемещений (10), измерительная ось которого при верхнем положении навесного устройства совпадает с направлением максимального радиуса указанного кулачка (8), контроллер, управляющий выход и позиционный вход которого электрически соединены соответственно с упомянутым регулятором и датчиком линейных перемещений (10). В предлагаемом техническом решении стенд дополнительно снабжен коаксиально закрепленным на цилиндрическом поворотном валу радиальным кулачком (9), установленным в противофазе с кулачком (8), и датчиком линейных перемещений (11), который электрически соединен с силовым входом контроллера, а его измерительная ось при верхнем положении навесного устройства совпадает с направлением минимального радиуса радиального кулачка (9).

На чертеже изображена схема стенда для исследования электрогидравлической системы позиционно-силового регулирования.

Стенд содержит источник 1 и регулятор 2 потоков рабочей жидкости, силовой гидроцилиндр 3, полость подъема которого сообщена со сливом через регулируемый дроссель 4, навесное устройство 5 с макетом орудия 6, включающее цилиндрический поворотный вал 7 с коаксиально закрепленными в противофазе радиальными кулачками 8 и 9, датчики линейных перемещений 10 и 11 для измерения изменения радиусов указанных кулачков и контроллер 12, состоящий из смесителя 13 сигналов обратной связи, сравнивающего устройства 14, вычислительного устройства 15 и усилителя мощности 16. При этом источник 1 потоков рабочей жидкости гидравлически связан посредством регулятора 2 с полостью подъема силового гидроцилиндра 3 и сливом. Управляющий выход усилителя мощности 16 контроллера 12 электрически соединен с указанным регулятором 2, позиционный вход смесителя 13 сигналов обратной связи контроллера 12 - с датчиком линейных перемещений 10, а его силовой вход - с датчиком линейных перемещений 11.

Стенд для исследования электрогидравлической системы позиционно-силового регулирования работает следующим образом.

Для воспроизведения процесса функционирования системы позиционно-силового регулирования глубины пахоты и имитации силовых возмущений со стороны почвы создается искусственная утечка рабочей жидкости из полости подъема силового гидроцилиндра 3 посредством регулируемого дросселя 4. При этом происходит опускание навесного устройства 5 с макетом орудия 6 под действием его веса. Изменение радиуса кулачка 9, измеряемого датчиком линейных перемещений 11, происходит в сторону увеличения, что вызывает соответствующее возрастание величины его выходного электрического сигнала U_R , который поступает на силовой вход смесителя 13 сигналов обратной связи контроллера 12. Так как радиальные кулачки 8 и 9 закреплены на поворотном валу 7 в противофазе, то изменение радиуса кулачка 8, измеряемого датчиком линейных перемещений 10, и величина его выходного электрического сигнала U_X , поступающего на позиционный вход смесителя 13 сигналов обратной связи контроллера 12, уменьшаются. Указанные сигналы обрабатываются смесителем 13 в зависимости от величины заданного весового коэффициента α , причем $\alpha=0$ для силового регулирования, а для позиционного регулирования $\alpha=1$. Полученный в результате вычислений электрический сигнал U отрицательной обратной связи суммируется с величиной задающего воздействия W с использованием сравнивающего устройства 14, что определяет величину сигнала рассогласования e , который поступает на вход оператора 15 вида $F(e)$. Сформированный управляющий сигнал U_V направляется к усилителю мощности 16, где преобразуется в ток управления i . Последний в зависимости от знака сигнала рассогласования e определяет направление корректирующего движения навесного устройства 5 посредством управляющего воздействия Q в виде потока рабочей жидкости со стороны регулятора 2, который при подъеме навесного устройства направляется в полость подъема силового гидроцилиндра 3 или отводится из нее при опускании указанного устройства.

Таким образом, стенд позволяет имитировать силовые возмущения со стороны почвы на орудие за счет реализации кинематических возмущений на навесное устройство путем создания искусственной утечки из силового гидроцилиндра.

Использование предполагаемого изобретения обеспечивает снижение затрат на испытания и доводку систем активного управления положением навесного устройства при позиционном, силовом и смешанном регулировании.

Использованные источники

1. Строк Е.Я. Разработка обобщенной динамической модели тракторного агрегата с электрогидравлическим приводом навесного устройства/Е.Я. Строк, Л.Д. Бельчик, П.А. Зорич. Актуальные вопросы машиноведения. Сб. науч. тр. Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко (пред.) [и др.]. 2017, с. 177-180.

2. Управление навесным устройством трактора с использованием средств электрогидравлики и автоматики. Е.Я. Строк [и др.]. Приводная техника. 2005, № 4, с. 42-47.

3. Гасюк, А.И. Стенд для динамических исследований гидроагрегатов навесного оборудования почвообрабатывающей техники. А.И. Гасюк, Е.Н. Цента. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. № 3/9(45). с. 54-56.

4. Стенд для исследования и/или регулирования навесных систем трактора : полез. модель RU 119462, В.М. Шарипов, К.И. Городецкий, С.К. Муратова, опубл. 20.08.2012.

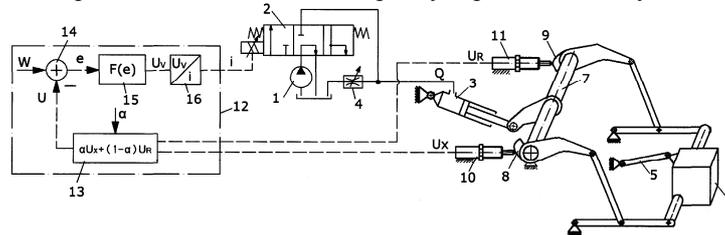
5. Стенд для испытания гидронавесной системы трактора. Авт.св. SU 1412619, В.И. Маслов, опубл. 30.07.1988.

6. Стенд для испытания гидравлических систем управления навесными устройствами тракторов. Полез. модель ВУ 1033, Е.Я. Строк, Л.Д. Бельчик, Д.Е. Строк, И.Н. Усс, В.Е. Борейшо, опубл. 30.09.2003.

7. Бобровник, А.И. Стенд для исследований электрогидравлической системы управления навесным устройством. А.И. Бобровник, А.В. Захаров, И.О. Захарова. Современная сельскохозяйственная техника: исследование, проектирование, применение: материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 26-28 мая 2010 г. В 2 ч., ч. 1. Минск: БГАТУ, 2010, с. 135-137.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Стенд для исследования электрогидравлической системы позиционно-силового регулирования, содержащий источник и регулятор потоков рабочей жидкости, силовой гидроцилиндр, полость подъема которого сообщена со сливом через регулируемый дроссель, навесное устройство для макета орудия, включающее цилиндрический поворотный вал с коаксиально закрепленным на нем радиальным кулачком (8), датчик линейных перемещений (10), измерительная ось которого при верхнем положении навесного устройства совпадает с направлением максимального радиуса указанного кулачка (8), контроллер, управляющий выход и позиционный вход которого электрически соединены соответственно с упомянутым регулятором и датчиком линейных перемещений (10), отличающийся тем, что дополнительно снабжен коаксиально закрепленным на цилиндрическом поворотном валу радиальным кулачком (9), установленным в противофазе с кулачком (8), и датчиком линейных перемещений (11), который электрически соединен с силовым входом контроллера, а его измерительная ось при верхнем положении навесного устройства совпадает с направлением минимального радиуса радиального кулачка (9).



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2