

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24475

(13) С1

(45) 2024.12.20

(51) МПК

G 01M 13/02 (2019.01)

(54)

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

(21) Номер заявки: а 20220272

(22) 2022.10.31

(43) 2024.06.05

(71) Заявитель: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования "Белорусско-Российский университет" (ВУ)

(72) Авторы: Капитонов Александр Валентинович; Пашкевич Виктор Михайлович; Капитонов Олег Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования "Белорусско-Российский университет" (ВУ)

(56) ВУ 4858 С1, 2002.

ВУ 17466 С1, 2012.

ВУ 4341 С1, 2002.

ВУ 4358 С1, 2002.

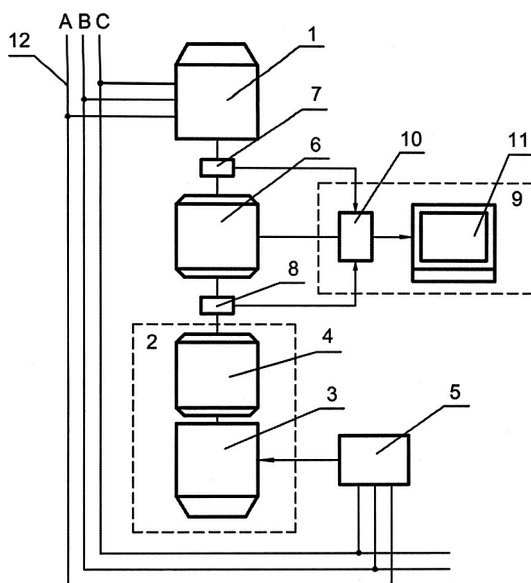
SU 1744559 А1, 1992.

SU 1805312 А1, 1993.

RU 2105279 С1, 1998.

(57)

Устройство для определения значений кинематических погрешностей механической передачи, содержащее привод и нагрузитель, кинематически соединяемые соответственно с ведущим и ведомым валами испытываемой механической передачи, кинематически соединяемые с упомянутыми валами датчики частоты вращения, к выходам которых подключен блок преобразования и регистрации сигналов, выполненный в виде ЭВМ с интерфейсом аналогового ввода информации, отличающееся тем, что привод выполнен в виде шагового электродвигателя, статорная обмотка которого подключена к питающей сети, датчики частоты вращения выполнены в виде инкрементальных энкодеров с полым



ВУ 24475 С1 2024.12.20

валом и высокой дискретностью, при этом внутренние цилиндрические поверхности полых валов упомянутых датчиков выполнены с возможностью жесткого соединения без зазоров с наружными цилиндрическими поверхностями ведущего и ведомого валов испытуемой механической передачи, ЭВМ выполнена с возможностью обработки сигналов, поступающих от датчиков частоты вращения, и расчета кинематических погрешностей испытуемой механической передачи, нагрузочный выполнен в виде мотор-редуктора, включающего тормозной электродвигатель, статорная обмотка которого через преобразователь частоты подключена к питающей сети, и дополнительную механическую передачу, выполненную с возможностью соединения ее ведомого вала с ведомым валом испытуемой механической передачи.

---

Изобретение относится к машиностроению, в частности к измерительной технике, и может быть использовано для определения значений кинематических погрешностей механических передач.

Известно устройство для контроля кинематической точности передач, содержащее контролируемую передачу, эталонную передачу и измерительное индикаторное устройство, определяющее разность между перемещениями ведомых звеньев контролируемой и эталонной передач [1].

Недостатком данного устройства является его невысокая информативность. В данном устройстве процесс измерений не автоматизирован, что не позволяет выводить информацию на ЭВМ. Для каждой контролируемой передачи требуется соответствующая эталонная передача. Шаг резьбы винтовой передачи связан соотношением с диаметром измерительного диска и передаточным отношением контролируемой передачи, что требует подбора измерительного диска или шага резьбы для каждой контролируемой передачи в зависимости от ее передаточного отношения и затрудняет контроль передач с разными передаточными отношениями, что снижает информативность устройства. В устройстве не предусмотрен контроль под нагрузкой, что также снижает его информативность.

Известно устройство для контроля кинематической точности зубчатых передач, содержащее промежуточное и контролируемое колеса, образующие контролируемую передачу с ведущим и ведомым валами, эталонную передачу, электрическую систему преобразования в электрические сигналы величин углов поворота ведомых валов контролируемой и эталонной передач и блок сравнения, соединенные с блоком регистрации сигналов [2].

В данном устройстве ведущий вал контролируемой передачи снабжен делительным диском с фиксатором, что не позволяет проводить непрерывные измерения и снижает информативность устройства, при этом процесс деления не автоматизирован. В устройстве не предусмотрен контроль кинематических погрешностей под нагрузкой, что также снижает его информативность. Фотоэлектрический преобразователь и измерительный диск с радиальными прорезями, расположенный в щелевом проеме фотоэлектрического преобразователя, имеют сложную конструкцию, при этом количество радиальных прорезей ограничивается радиальными размерами измерительного диска, который при небольших размерах может иметь невысокую дискретность и, соответственно, невысокую информативность.

Известен стенд для испытания механической передачи путем электрического нагружения с рекуперацией электрической энергии торможения, содержащий станину, на которой устанавливают испытываемую механическую передачу, тормозной асинхронный двигатель, вал которого установлен в подшипниковых опорах, жестко закрепленных на станине, и приводной асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, статорная обмотка которого через преобразователь частоты подключена к питающей сети [3].

Данный стенд имеет сложную конструкцию для обеспечения генераторного режима с рекуперацией электрической энергии. Приводной и тормозной асинхронные двигатели подключены к одному преобразователю частоты, поэтому для перехода к генераторному режиму корпус статора тормозного асинхронного двигателя выполнен с возможностью вращения в направлении, противоположном направлению вращения его ротора, дополнительным электродвигателем (третьим) через самотормозящую механическую передачу, выполненную червячной. Увеличение элементов в конструкции стенда, предназначенных для нагружения передачи, приводит к увеличению потребления электроэнергии, а также увеличению потерь на трение и, следовательно, уменьшению возвращаемой электроэнергии в сеть.

Наиболее близким устройством того же назначения к заявляемому устройству по совокупности признаков является стенд для контроля кинематической точности передач, содержащий установленные на общем основании привод и нагрузатель, выполненный в виде электрического тормоза с обмоткой возбуждения, кинематически связываемые соответственно с ведущим и ведомым валами контролируемой передачи, кинематически связываемые с последними датчики частоты вращения, подключенный к их выходам блок преобразования и регистрации сигналов, выполненный в виде ЭВМ с интерфейсом аналогового ввода информации [4].

Данный стенд, принятый за прототип, снабжен маховиком, закрепляемым на ведущем валу контролируемой передачи, который увеличивает габариты стенда, при этом неравномерность вращения ведущего вала контролируется датчиком. Датчики частоты вращения имеют сложную конструкцию и выполнены в виде фотоэлектрических преобразователей и закрепляемых на ведущем и ведомом валах контролируемой передачи дисков, которые размещены в щелевых проемах фотоэлектрических преобразователей. Диски снабжены отверстиями одинакового диаметра, расположенными по окружности с постоянным угловым шагом. Дискретность датчиков зависит от количества отверстий дисков и их размеров. Повышение дискретности, а соответственно и информативности датчиков, требует увеличения размеров дисков. Привод не позволяет проводить контроль кинематической погрешности дискретно, без влияния динамики, что снижает информативность стенда. Нагрузатель выполнен в виде электрического тормоза, который вместе с другими устройствами стенда потребляет электрическую энергию из сети без возможности ее возврата.

Задачей изобретения является повышение информативности, уменьшение затрат на электрическую энергию, а также упрощение конструкции устройства.

Поставленная задача достигается тем, что в устройстве для определения значений кинематических погрешностей механической передачи, содержащем привод и нагрузатель, кинематически связываемые соответственно с ведущим и ведомым валами испытываемой механической передачи, кинематически связываемые с последними датчики частоты вращения, подключенный к их выходам блок преобразования и регистрации сигналов, выполненный в виде ЭВМ с интерфейсом аналогового ввода информации, согласно изобретению, привод выполнен в виде шагового электродвигателя, его статорная обмотка подключена к питающей сети, датчики частоты вращения выполнены в виде инкрементальных энкодеров с полым валом и высокой дискретностью, при этом цилиндрические поверхности полых валов датчиков частоты вращения жестко соединены без зазоров с цилиндрическими поверхностями ведущего и ведомого валов испытываемой механической передачи, ЭВМ содержит программное обеспечение, предназначенное для обработки сигналов с возможностью расчета кинематических погрешностей испытываемой механической передачи, нагрузатель выполнен в виде мотор-редуктора, состоящего из тормозного электродвигателя и дополнительной механической передачи, к тормозному электродвигателю электрически подсоединен преобразователь частоты, ведомые валы испытываемой механической передачи и дополнительной механической передачи кинематически

соединены вместе, статорная обмотка тормозного электродвигателя через преобразователь частоты электрически подключена к питающей сети.

Повышение информативности устройства достигается за счет введения в качестве привода шагового электродвигателя, позволяющего проводить определение значений кинематических погрешностей испытуемой механической передачи как дискретно, без влияния динамической погрешности, так и непрерывно; использования датчиков частоты вращения в виде инкрементальных энкодеров с полым валом с высокой дискретностью, что позволяет получать больше определяемых значений за оборот ведомого вала; введения нагрузителя в виде мотор-редуктора и преобразователя частоты, позволяющих расширить диапазон нагружения путем подбора передаточного отношения мотор-редуктора в зависимости от передаточного отношения испытуемой механической передачи.

Уменьшение затрат на электрическую энергию происходит за счет введения мотор-редуктора, который выполняет в этом случае роль генератора и обеспечивает энергосбережение за счет возврата энергии, за исключением потерь на трение, в сеть. С помощью преобразователя частоты понижается частота вращения мотор-редуктора по сравнению с частотой вращения испытуемой механической передачи до величины, необходимой для создания нагружающего момента. При этом ведомый вал мотор-редуктора совершает разгон до требуемой скорости вращения выходного вала испытуемой механической передачи.

Упрощение конструкции устройства происходит за счет использования компактных датчиков частоты вращения, каждый из которых состоит из одного устройства, и исключения габаритного маховика с ведущего вала испытуемой механической передачи. При дискретном определении значений кинематических погрешностей испытуемой механической передачи маховик не нужен, при непрерывном определении значений кинематических погрешностей испытуемой механической передачи с нагружением шаговый электродвигатель имеет достаточную инерционность, и на ведущем валу испытуемой механической передачи установлен датчик частоты вращения, позволяющий учитывать неравномерность вращения шагового электродвигателя и связываемого с ним ведущего вала испытуемой механической передачи.

Сущность изобретения поясняется фигурой, на которой представлена общая схема устройства.

Устройство для определения значений кинематических погрешностей механической передачи содержит привод, выполненный в виде шагового электродвигателя 1, нагрузитель, выполненный в виде мотор-редуктора 2, состоящего из тормозного электродвигателя 3 и дополнительной механической передачи 4. При этом к тормозному электродвигателю 3 подключен преобразователь частоты 5, а шаговый электродвигатель 1 и дополнительная механическая передача 4 мотор-редуктора 2 кинематически связаны с ведущим и ведомым валами испытуемой механической передачи 6 соответственно. Ведомые валы испытуемой механической передачи 6 и дополнительной механической передачи 4 кинематически соединены вместе. Датчики частоты вращения 7 и 8 в виде инкрементальных энкодеров с полым валом и высокой дискретностью кинематически связаны с ведущим и ведомым валами испытуемой механической передачи 6. Цилиндрические поверхности полых валов датчиков частоты вращения 7 и 8 жестко соединены без зазоров с цилиндрическими поверхностями ведущего и ведомого валов испытуемой механической передачи 6. Подключенный к их выходам блок преобразования и регистрации сигналов 9 выполнен в виде электронно-вычислительной машины (далее - ЭВМ) 10 с интерфейсом аналогового ввода информации 11. Статорная обмотка шагового электродвигателя 1 и тормозного электродвигателя 3 через преобразователь частоты подключены к питающей сети 12.

Работает устройство следующим образом. При определении значений кинематических погрешностей испытуемой механической передачи 6 включают шаговый электродвигатель 1, который приводит во вращение ведущий и ведомый валы испытуемой механической передачи 6 и соединенный с последним ведомый вал дополнительной механической

# BY 24475 C1 2024.12.20

передачи 4. Используются мотор-редуктор 2 и преобразователь частоты 5, понижающие частоту вращения тормозного электродвигателя 3, а вместе с ней ведомых валов испытываемой механической передачи 6 и дополнительной механической передачи 4 до величины, необходимой для создания нагружающего момента. При этом ведомый вал дополнительной механической передачи 4 совершает разгон до требуемой скорости вращения ведомого вала испытываемой механической передачи 6. Сигналы, поступающие от датчиков частоты вращения 7 и 8 через интерфейс аналогового ввода информации 11, обрабатываются программным обеспечением ЭВМ 10 и предоставляются в виде таблицы "время - напряжение". Определение значений кинематических погрешностей испытываемой механической передачи производится при различных нагружающих моментах.

Вычисление значений кинематических погрешностей испытываемой механической передачи выполняется программным обеспечением ЭВМ 10. Угловое перемещение ведущего или ведомого вала испытываемой механической передачи 6 рассчитывается по полученным данным таблицы "время - напряжение" как произведение периода следования импульсов на угловую скорость вращения ведущего или ведомого вала испытываемой механической передачи 6. Кинематическая погрешность на ведущем и ведомом валах испытываемой механической передачи 6 определяется как разность периодов следования импульсов, полученных с датчиков частоты вращения 7 и 8 через интерфейс аналогового ввода информации 11, и их среднего значения, умноженная на угловые скорости этих валов.

Таким образом, применение предлагаемого устройства обеспечивает выполнение следующих задач:

повышение информативности устройства за счет введения в качестве привода шагового электродвигателя, позволяющего проводить определение значений кинематических погрешностей механической передачи как дискретно, без влияния динамики, так и непрерывно; использования датчиков частоты вращения в виде инкрементальных энкодеров с полым валом с высокой дискретностью; введения нагружателя в виде мотор-редуктора и преобразователя частоты, позволяющих расширить диапазон нагружения путем подбора передаточного отношения дополнительной механической передачи мотор-редуктора в зависимости от передаточного отношения испытываемой механической передачи;

уменьшение затрат на электрическую энергию за счет введения мотор-редуктора, который выполняет роль генератора и обеспечивает энергосбережение за счет возврата энергии, за исключением потерь на трение, в сеть;

упрощение конструкции устройства происходит за счет использования компактных датчиков частоты вращения, а также исключения габаритного маховика, так как при непрерывном определении значений кинематических погрешностей испытываемой механической передачи с нагружением шаговый электродвигатель имеет достаточную инерционность, и на ведущем валу испытываемой механической передачи установлен датчик частоты вращения, позволяющий учитывать неравномерность вращения шагового электродвигателя.

Источники информации:

1. BY 4358 C1, 2002.
2. BY 4341 C1, 2002.
3. BY 17466 C1, 2013.
4. BY 4858 C1, 2002.