

## ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В АДАПТИВНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТАХ

Кирпиченко А.Е.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

**Аннотация.** Показано, что существенные недостатки, присущие адаптивной фрикционной муфте с положительной обратной связью и косвенным (непрямым) регулированием, ограничивают возможность их применения на практике и требуют разработки иного способа автоматического регулирования. Синтезирована принципиальная схема адаптивной фрикционной муфты с положительной обратной связью и прямым (непосредственным) регулированием. Доказано, что процесс автоматического регулирования не приводит к стабилизации значения момента сил трения фрикционной группы.

**Ключевые слова:** адаптивная фрикционная муфта, положительная обратная связь, прямое регулирование, момент сил трения, стабилизация.

## QUESTIONS ABOUT APPLYING POSITIVE FEEDBACK IN ADAPTIVE FRICTION CLUTCHES

Kirpichenko A.E.

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

**Abstract.** It is shown that the significant disadvantages inherent in the adaptive friction clutch with positive feedback and indirect (indirect) control, limit the possibility of their application in practice and require the development of another method of automatic control. A schematic diagram of an adaptive friction clutch with positive feedback and direct (direct) control is synthesized. It is proved that the process of automatic control does not lead to stabilization of the value of the moment of friction forces of the friction group.

**Keywords:** adaptive friction clutch, positive feedback, direct regulation, moment of friction forces, stabilization.

**Состояние вопроса.** Применяемая в современных адаптивных фрикционных муфтах (АФМ) отрицательная обратная связь приводит к резкому снижению их номинальной нагрузочной способности вследствие того, что при любом режиме работы муфт на пары трения действует отжимная (распорная) сила, уменьшающая эффект действия нажимной пружины [1, 2, 3, 4]. В результате этого для увеличения номинальной нагрузочной способности АФМ требуется либо увеличение числа пар трения или их диаметральных размеров, либо силы натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин).

В любом из перечисленных случаев повышения номинальной нагрузочной способности АФМ требуется увеличение габаритных размеров муфты и, как следствие, ее массы.

Таким образом, при ограниченных возможностях повышения точности срабатывания АФМ с отрицательной обратной связью за счет увеличения коэффициента усиления (КУ) муфты данного типа находят ограниченное применение в современной технике [5, 6, 7, 8].

Проблема повышения точности срабатывания АФМ частично решена посредством применения положительной обратной связи косвенного (непрямого) действия [9, 10, 11]. Сущность положительной обратной связи заключается в том, что сумматор управляющего устройства (УУ) связан с фрикционной группой не при помощи силы трения, а посредством специальных механических элементов.

Действие на элементы УУ тангенциальной силы приводит к перемещению сумматора и к изменению величины силы натяжения замыкающих пружин, которые регулируют величину силы нормального давления на поверхностях фрикционных пар. Тем самым, регулируется, в зависимости от значения коэффициента трения, величина момента сил трения и передаваемый муфтой вращающий момент.

В работах [12, 13] показано, что наибольшая точность срабатывания данной АФМ достигается в том случае, если боковые стенки гнезд под чувствительные элементы УУ (тела качения) очерчены специальной кривой линией, профиль которой описывается установленной зависимостью. При этом АФМ будет срабатывать теоретически при постоянной (настроечной) величине предельного вращающего момента, независимо от изменения значения коэффициента трения в определенных

пределах.

Особенности конструктивной схемы АФМ с косвенным регулированием, приведенные выше, обуславливают и ее следующие существенные недостатки:

- конструктивная сложность;
- значительные осевые габаритные размеры при передаче определенной номинальной нагрузки;
- необходимость применения в конструкции АФМ пружин с большой осевой жесткостью вследствие небольшого осевого перемещения их опорных концов в процессе регулирования.

Перечисленные недостатки существенно затрудняют практическое применение АФМ данного типа.

Принцип прямого (непосредственного) регулирования предусматривает создание и непрерывное осуществление непосредственного механического контакта между чувствительными элементами УУ положительной обратной связи и сумматором [14, 15].

Сумматором в рассматриваемой АФМ является нажимной диск [16, 17, 18].

В АФМ с положительной обратной связью непрямого действия принцип постоянства величины предельного вращающего момента при случайном изменении значения коэффициента трения реализуется за счет изменения величины КУ (см. выше). В АФМ с положительной обратной связью прямого действия принцип постоянства величины предельного вращающего момента посредством изменения величины КУ может быть реализован не за счет изменения угла давления чувствительных элементов, как в первом случае, а путем изменения величины среднего радиуса поверхностей трения элементов фрикционной группы муфты либо величины радиуса окружности, на которой расположены чувствительные элементы УУ.

В соответствии с изложенным, **задачей исследования** является разработка рационального способа автоматического регулирования в АФМ с положительной обратной связью прямого (непосредственного) действия и установление функциональных зависимостей между параметрами УУ муфты.

**Решение задачи.** Рассмотрим принципиальную схему АФМ с положительной обратной связью прямого (непосредственного) действия, изображенную на рисунке. Заметим сразу, что предложенная схема упрощенная и не отражает предполагаемые способы автоматического регулирования. Это, впрочем, не влияет на ход дальнейших рассуждений.

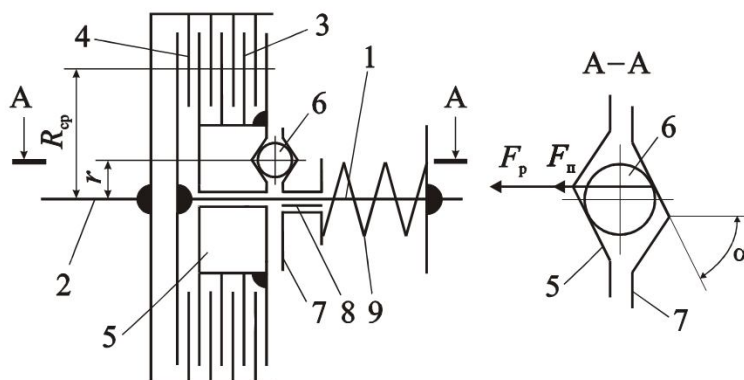


Рисунок 1 - Принципиальная схема АФМ с положительной обратной связью прямого (непосредственного) действия

Муфта состоит из полумуфт 1 и 2, которые кинематически связаны между собой пакетом фрикционных дисков 3 и 4. Диски 3 связаны со ступицей нажимного диска 5 при помощи шлицевого соединения, допускающего их осевое перемещение. Диски 4 соединены аналогичным способом с барабаном полумуфты 2.

Нажимной диск не имеет непосредственной кинематической связи со ступицей полумуфты 1 в окружном и осевом направлениях. Со стороны наружного торца нажимного диска выполнены гнезда со скошенными боковыми стенками (см. рисунок, сечение А-А), в которых размещены тела качения 6.

Аналогичные гнезда выполнены на обращенном к нажимному диску 5 торце втулки 7, которая зафиксирована от поворота относительно ступицы полумуфты 1 при помощи направляющей шпонки 8.

Справа (по рисунку) втулка 7 поджата в направлении нажимного диска при помощи пружины 9.

Передача нагрузки от полумуфты 1 на полумуфту 2 осуществляется посредством втулки 7 через шпонку 8, тела качения 6, нажимной диск 5 и пакет фрикционных дисков 3 и 4. При этом между телами качения, нажимным диском и втулкой возникает сила нормального давления на стенках гнезд, осевая (относительно оси вращения муфты) составляющая которой стремится отжать вправо (по рисунку) втулку

7.

Если нагрузка, передаваемая муфтой, такова, что осевая реакция на тела качения 6 уравновешена силой натяжения пружины 9 и силой трения между втулкой 7 и шпонкой 8, осевое перемещение вправо втулки отсутствует. При увеличении передаваемой муфтой нагрузки, что происходит в результате увеличения коэффициента трения, возрастает и осевая реакция на тела качения. Это приводит к нарушению осевого равновесия втулки 7, и она начинает перемещаться вправо (по рисунку), при этом дополнительно сжимая пружину 9.

Описываемый процесс автоматического регулирования не приводит к стабилизации момента сил трения фрикционной группы. Наоборот, увеличение коэффициента трения приводит при перегрузке к увеличению силы прижатия друг к другу элементов пар трения, что, в свою очередь, увеличивает момент сил трения фрикционной группы.

Результаты исследования могут быть использованы при синтезе АФМ с положительной обратной связью прямого (непосредственного) действия.

#### **Выводы:**

1. Существенные недостатки, присущие АФМ с положительной обратной связью и косвенным (непрямым) регулированием, ограничивают возможность их применения на практике и требуют разработки иного способа автоматического регулирования.

2. Синтезирована принципиальная схема АФМ с положительной обратной связью и прямым (непосредственным) регулированием. Показано, что процесс автоматического регулирования не приводит к стабилизации значения момента сил трения фрикционной группы.

#### **Список литературных источников**

1. Синтез и анализ адаптивной фрикционной муфты со смешанной структурой обратной связи / М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 3–8.

2. Повышение нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 5. – С. 18–24.

3. Шишкарёв, М.П. Адаптивные фрикционные муфты второго поколения. Исследование, конструкции и расчет. Монография // М.П. Шишкарёв, А.А. Луцки, А.Ю. Угленко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 236 с.

4. Уровень перегрузки при срабатывании адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 2. – С. 13–15.

5. Компоновочные решения приводов машин с адаптивными фрикционными муфтами / М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2003. – № 7. – С. 7–12.

6. Шишкарёв, М.П. Точность срабатывания адаптивной фрикционной муфты второго поколения (модифицированной) // М.П. Шишкарёв, А.А. Луцки, А.Ю. Угленко // Материалы 6-й научно-практической конференции «Инновационные технологии в машиностроении и металлургии», Ростов н/Д, 2014. – С. 118–130.

7. Шишкарёв, М.П. Выбор формы нагрузочной характеристики первого конструктивного варианта адаптивной фрикционной муфты с отдельным силовым замыканием / М.П. Шишкарёв, А.А. Луцки / В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф., в рамках 17-й Международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2014», Ростов н/Д, 2014. – С. 206–209.

8. Оптимизация коэффициента усиления адаптивных фрикционных муфт первого поколения с дифференцированными парами трения / М.П. Шишкарёв // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 36–39.

9. Анализ переходного периода адаптивных фрикционных контактов в условиях положительного прироста коэффициента трения / М.П. Шишкарёв // Изв. вузов. Машиностроение. – 2000. – № 3. – С. 14–17.

10. Оптимальный способ настройки предохранительных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 3. – С. 16–19.

11. Анализ способов настройки предохранительных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Вестник машиностроения. – 2009. – № 8. – С. 29–32.

12. Шишкарёв, М.П. Исследование режима перегрузки АФМ второго поколения (базовый вариант) // М.П. Шишкарёв // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Сборник статей 8-й международной научно-практической конференции в рамках 18-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2015». 2015. С. 182–186.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.