

## ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ

Лесняк С.В., Дудник В.В., Лесняк О.В.

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

**Аннотация.** Найденная зависимость показала, что коэффициент точности муфты и коэффициент превышения номинальной нагрузки, а также коэффициент запаса и коэффициент положительного рассеивания номинальной нагрузки машины функционально связаны между собой. Установлено, что при реализации методики с целью компенсации повышения их точности срабатывания целесообразно применять адаптивные фрикционные муфты с повышенной точностью срабатывания и возможностью регулировать ее в пределах одного и того же поколения муфт.

**Ключевые слова:** адаптивная фрикционная муфта (АФМ), второе поколение, коэффициент запаса, настройка, номинальная нагрузка, коэффициент уменьшения, коэффициент точности.

## FEATURES OF SETTING UP SAFETY FRICTION CLUTCHES

Lesniak S.V., Dudnik V.V., Lesniak O.V.

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

**Abstract.** The found dependence showed that the coupling accuracy coefficient and the coefficient of exceeding the rated load, as well as the margin coefficient and the coefficient of positive dispersion of the rated load of the machine are functionally related to each other. It has been found that when implementing the method in order to compensate for the increase in their response accuracy, it is advisable to use adaptive friction clutches with increased response accuracy and the ability to adjust it within the same generation of the clutch.

**Keywords:** adaptive friction clutch, second generation, margin factor, setting, rated load, reduction factor, accuracy factor.

**Состояние вопроса.** В работах [1, 2, 3, 4] приведены результаты исследований настройки предохранительных фрикционных муфт обычной точности срабатывания и АФМ.

Установлено, что для надежной передачи крутящего номинального момента машины при настройке предохранительных фрикционных муфт любого класса с учетом среднего коэффициента трения необходимо учитывать вероятное уменьшение коэффициента трения.

Установлено также, что при настройке муфт любой разновидности необходимо принимать во внимание общий коэффициент запаса, учитывающий коэффициент запаса и показатель уменьшения среднего коэффициента трения.

**Задача исследования** заключается в изучении влияния технико-эксплуатационных характеристик машины на значение коэффициента точности предохранительной фрикционной муфты.

**Решение задачи.** Базовый вариант АФМ второго поколения. Муфты данного класса имеют комбинированную обратную связь – на пары трения основной фрикционной группы (ОФГ) действует отрицательная обратная связь, дополнительная фрикционная группа (ДФГ) представляет собой схему предохранительной фрикционной муфты без обратной связи (т. н. «нулевая» обратная связь) [5, 6, 7]. Это позволяет пропорционально изменять момент сил трения ДФГ в зависимости от коэффициента трения увеличить прирост распорной силы в зависимости. Это приводит к повышению точности срабатывания муфты [8, 9, 10].

Соотношения для вычисления значений приведенного коэффициента трения для АФМ записываются как [11, 12]:

$$f_n = \frac{f(z+1-Cf)}{1+zCf}, \quad (1)$$

$$f_n' = \frac{f(z+1-Cf)}{1+(z-1)Cf}. \quad (2)$$

Формула (1) отражает вариант АФМ с компоновкой ОФГ со всеми ведущими парами трения» [13], формула (2) – варианта АФМ с компоновкой ОФГ с дифференцированными парами трения.

В выражениях (1) и (2) приняты следующие обозначения параметров:  $f_n$  – приведенный коэффициент трения для указанного варианта АФМ;  $f$  – коэффициент трения;  $z$  – число пар трения ОФГ;  $C$  – коэффициент усиления обратной связи  $f_n'$  – приведенный коэффициент трения для указанного варианта АФМ. Число пар трения ДФГ, в соответствии с рекомендациями, изложенными в работах, равно единице, что позволяет получить наибольшую точность срабатывания муфты.

С учетом формул (1) и (2) выражения для приведенных среднего и минимального коэффициентов трения имеют вид:

$$f_{n.c.p} = \frac{f_{cp}(z+1-Cf_{cp})}{1+zCf_{cp}}, \quad (3)$$

$$f_{n.min} = \frac{f_{min}(z+1-Cf_{min})}{1+zCf_{min}}, \quad (4)$$

$$f'_{n.c.p} = \frac{f_{cp}(z+1-Cf_{cp})}{1+(z-1)Cf_{cp}}, \quad (5)$$

$$f'_{n.min} = \frac{f_{min}(z+1-Cf_{min})}{1+(z-1)Cf_{min}}, \quad (6)$$

где  $f_{cp}$  – средний коэффициент трения;  $f_{min}$  – минимальный коэффициент трения [18].

Параметры  $f_{n.c.p}$  и  $f_{n.min}$ ,  $f'_{n.c.p}$  и  $f'_{n.min}$  соответствуют указанным выше вариантам компоновки ОФГ муфты.

Соответствующие зависимости для вычисления показателя уменьшения среднего коэффициента трения  $K_{ym}$ , с учетом выражений (3) – (6), имеют вид:

$$K_{ym.n} = K_{ym} \frac{(1+zCf_{min})(z+1-Cf_{cp})}{(1+zCf_{cp})(z+1-Cf_{min})}, \quad (7)$$

$$K'_{ym.n} = K_{ym} \frac{[1+(z-1)Cf_{min}](z+1-Cf_{cp})}{[1+(z-1)Cf_{cp}](z+1-Cf_{min})}, \quad (8)$$

где  $K_{ym.n}$ ,  $K'_{ym.n}$  – коэффициенты уменьшения приведенного среднего коэффициента трения соответственно для приведенных выше вариантов компоновки ОФГ.

Для сравнительной оценки значений коэффициентов  $K_{ym.n}$  и  $K'_{ym.n}$  со значением коэффициента  $K_{ym}$  найдем зависимость между дробями в выражениях (7) и (8) и единицей. Положим, что в указанных соотношениях знаменатели больше чем числители. С учетом этого запишем соответствующие неравенства:

$$(z^2+z+1)(f_{cp}-f_{min})>0,$$

$$z^2(f_{cp}-f_{min})>0.$$

Неравенства выполняются при любых реальных значениях параметра  $z$ , поэтому справедливыми являются и следующие неравенства:

$$K_{ym.n} < K_{ym},$$

$$K'_{ym.n} < K_{ym}.$$

Сопоставим коэффициенты  $K_{ym.n}$  и  $K'_{ym.n}$ . Для этого рассмотрим в соотношениях (7) и (8) первые сомножители соответственно в круглых и квадратных скобках. Первый из указанных сомножитель меньше, поскольку справедливо неравенство

$$z+1>0,$$

как результат решения исходного неравенства.

Таким образом, справедливо неравенство  $K_{ym.n} < K'_{ym.n}$ , т. е., как и для АФМ первого поколения, для АФМ второго поколения со всеми ведущими парами трения ОФГ значение коэффициента  $K_{ym.n}$  меньше, следовательно, меньше и настроечный вращающий момент муфты. На это также указывает повышенная точность срабатывания АФМ второго поколения.

В связи с тем, что влияет настроечный вращающий момент АФМ зависит от коэффициента  $K_{ym.n}$ , сравним минимальные значения этих коэффициентов для сопоставляемых муфт. Предположим, что

$$K_{\text{ум.п1}} > K_{\text{ум.п2}},$$

где  $K_{\text{ум.п1}}$  и  $K_{\text{ум.п2}}$  – приведенные коэффициенты соответственно для АФМ первого и второго поколений.

Воспользовавшись соотношением, приведенным в работе [21], и формулой (7), получаем следующее неравенство:

$$f_{\text{ср}} - f_{\text{min}} > 0.$$

Последнее неравенство выполняется, поэтому значение коэффициента  $K_{\text{ум.п2}}$  меньше, чем значение коэффициента  $K_{\text{ум.п1}}$  для сравниваемых АФМ с одинаковыми компоновками пар трения (для АФМ первого поколения) и ОФГ (для АФМ второго поколения).

**Обсуждение и результаты.** Для случая непостоянства во времени номинального вращающего момента машины выработан новый методический подход к определению коэффициента запаса предохранительной муфты с учетом показателей поля изменения номинального вращающего момента машины. Способ настройки предохранительных муфт с учетом общего коэффициента запаса позволяет эксплуатировать машины при отсутствии случайных срабатываний муфт.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетно-проектных работах и эксплуатации предохранительных фрикционных муфт обычной точности срабатывания, АФМ первого и второго (базовый вариант) поколений. Применение подготовленных рекомендаций позволит повысить эффективность защиты от перегрузок приводы машин.

#### **Выводы:**

1. Использование предложенной методики определения настроечных параметров предохранительных муфт любого типа требует повышения их точности срабатывания.
2. Найдена зависимость для вычисления значения коэффициента точности предохранительных муфт любого типа, удовлетворяющего требованиям предложенной методики определения их настроечных параметров. Согласно найденной зависимости, значение коэффициента точности предохранительной муфты зависит от коэффициента превышения номинальной нагрузки в машине, коэффициента запаса и коэффициента положительного рассеивания номинальной нагрузки машины.
3. При реализации предложенной методики определения настроечных параметров предохранительных муфт с целью компенсации повышения точности срабатывания их целесообразно применение АФМ, позволяющих не только увеличить точность срабатывания, но и регулировать ее в пределах одного и того же типа муфты.
4. Значение коэффициента уменьшения коэффициента трения неодинаково и зависит от типа предохранительной фрикционной муфты.
5. Значение коэффициента уменьшения коэффициента трения влияет на значение настроечного вращающего момента предохранительной муфты. Уменьшение указанного коэффициента приводит к снижению настроечного вращающего момента и максимального вращающего момента предохранительной муфты.
6. С увеличением точности срабатывания предохранительной муфты снижается значение коэффициента уменьшения коэффициента трения.

#### **Список литературных источников**

1. Эксплуатационные характеристики адаптивной фрикционной муфты второго поколения с раздельным силовым замыканием / М.П. Шишкарев, А.А. Лущик // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 3. – С. 28–31.
2. Оптимизация коэффициента усиления адаптивных фрикционных муфт первого поколения с дифференцированными парами трения / М.П. Шишкарев // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 36–39.
3. Исследование вариантов адаптивных фрикционных муфт второго поколения // М.П. Шишкарев, Чан Ван Дык // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 9. – С. 42–45.
4. Компоновочные решения приводов машин с адаптивными фрикционными муфтами // М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2003. – № 7. – С. 7–12.
5. Уровень перегрузки при срабатывании адаптивных фрикционных муфт // М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 2. – С. 13–15.
6. Точность срабатывания адаптивных фрикционных муфт // М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 12. – С. 17–18.
7. Шишкарев, М.П. Исследование режима перегрузки АФМ второго поколения (базовый вариант) // М.П. Шишкарев // 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.

8. Компоновка базового варианта адаптивной фрикционной муфты второго поколения // М.П. Шишкарев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 7. – С. 16–20.
9. Шишкарев, М.П. Адаптивные фрикционные муфты второго поколения. Исследование, конструкции и расчет. Монография // М.П. Шишкарев, А.А. Луцки, А.Ю. Угленко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 236 с.
10. Повышение нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 5. – С. 18–24.
11. Теоретические основы применения двухконтурной отрицательной обратной связи в адаптивных фрикционных муфтах // М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 8. – С. 19–21.
12. Синтез и анализ адаптивной фрикционной муфты со смешанной структурой обратной связи // М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 3–8.
13. Шишкарев, М.П. Исследование базового варианта адаптивной фрикционной муфты второго поколения // М.П. Шишкарев // 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. 162–167.

Работа выполняется в соответствии с планом госбюджетной НИР.