

## ОСОБЕННОСТИ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ

Моисеева Н.В.

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

**Аннотация.** Анализ адаптивных фрикционных муфт всех типов и поколений показал разнообразие их эксплуатационных характеристик, в частности, по номинальной нагрузочной способности и точности срабатывания, что требует учета эксплуатационных характеристик муфт при выборе области применения их. Установлено, что выбор точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт определяется целевой функцией, поставленной при расчетах и проектировании приводов машин, тип и поколение муфты, от которых зависит влияние точности срабатывания на ее массогабаритные показатели. Доказано, что условием применения на практике адаптивных фрикционных муфт с наибольшей точностью срабатывания является необходимость выдерживать на исполнительном органе машины фиксированное значение усилия или вращающего момента.

**Ключевые слова:** адаптивная фрикционная муфта, особенности, область применения, нагрузочная способность, точность срабатывания.

## FEATURES AND APPLICATIONS THE ADAPTIVE FRICTION CLUTCHES

Moiseeva N.V.

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

**Abstract.** The analysis of adaptive friction clutches of all types and generations showed a variety of their performance characteristics, in particular, the rated load capacity and accuracy of operation, which requires taking into account the performance characteristics of the clutches when choosing their application. It is established that the choice of the actuation accuracy of adaptive friction clutches is determined by the target function set in the calculations and design of machine drives, the type and generation of the clutch, on which the influence of the actuation accuracy on its weight and size parameters depends. It is proved that the condition for the practical application of adaptive friction clutches with the highest accuracy of operation is the need to maintain a fixed value of force or torque on the Executive body of the machine.

**Keywords:** adaptive friction clutch, features, scope, load capacity, accuracy of operation.

**Состояние вопроса.** Созданные в последнее время принципиально новые конструкции адаптивных фрикционных муфт (АФМ) дополняют классификацию данных объектов [1, 2, 3, 4]. Обладая улучшенными эксплуатационными характеристиками, такими, как номинальная нагрузочная способность и точность срабатывания, эти АФМ, расширяя область применения их, требуют, вместе с тем, уточнения принципов применения на практике.

**Постановка задачи исследования.** Систематизация технико-эксплуатационных характеристик АФМ и определение их области применения.

**Решение задачи.** АФМ относятся к типу предохранительных фрикционных муфт, но отличаются от обычных муфт данного типа более высокой стабильностью предельного вращающего момента при случайном изменении величины коэффициента трения. Данное отличие обусловлено имеющимся в составе АФМ управляющим устройством (УУ) [5, 6, 7].

Принцип работы УУ заключается в автоматическом регулировании величины силы прижатия друг к другу пар трения АФМ в зависимости от значения коэффициента трения при изменении величины передаваемой нагрузки. За счет этого происходит частичная стабилизация величины момента сил трения и, соответственно, вращающего момента муфты.

В зависимости от конструктивной схемы УУ точность срабатывания АФМ может изменяться в достаточно широких пределах даже для АФМ одного поколения [8, 9, 10]. Кроме того, точность срабатывания АФМ зависит от компоновочной схемы фрикционной группы, особенно с точки зрения формы нагрузочной характеристики, которая может быть получена при конкретных конструктивных параметрах муфты.

В научной и технической литературе точность срабатывания предохранительных муфт, в том числе АФМ, считается, как и номинальная нагрузочная способность, одной из основных

эксплуатационных характеристик [11, 12]. Вопросам повышения точности срабатывания предохранительных муфт придается большое значение, зачастую без необходимого в таких случаях анализа технических характеристик привода машины.

Между тем, что в случае постановки определенной целевой функции при проектировании и расчетах привода машины отсутствует необходимость проектировать или выбирать предохранительную муфту с наиболее высокой точностью срабатывания. Если в качестве целевой функции принята минимизация совокупной массы привода машины, то достижение цели осуществляется при некотором значении коэффициента точности АФМ, не являющимся максимальным [13].

В данном случае значение коэффициента точности зависит от следующих факторов:

- протяженности кинематической цепи и состава привода машины;
- поколения (типа) АФМ;
- места установки АФМ в кинематической цепи привода машины.

В практике проектирования машин встречаются случаи, когда, наоборот, требуется применение предохранительной муфты, обладающей максимальной точностью срабатывания. Это связано с необходимостью выдерживать при функционировании машины или механизма фиксированное, с незначительными отклонениями, усилие или вращающий момент.

При этом, как правило, технологический процесс, выполняемый машиной, должен обеспечивать высокое качество изготавливаемых изделий:

- сохранность предмета производства без нарушения его целостности;
- сохранение качественных характеристик узлов и сборочных единиц.

В первом случае это может быть, например, привод механизма натяжения нитей прядильного и ткацкого оборудования, во втором случае – автоматические сборочные приспособления, которые должны производить соединение деталей при строго определенном усилии, превышение которого может привести к появлению брака.

Одной из отличительных особенностей АФМ, по сравнению с предохранительными муфтами других типов, является возможность варьирования и выбора точности срабатывания уже на стадии расчетов и проектирования за счет:

- варьирования значения коэффициента усиления (КУ) обратной связи, что может быть осуществлено посредством выбора соответствующих параметров УУ;
- для АФМ второго поколения – выбора соответствующей формы кривой нагрузочной характеристики (зависимости предельного значения вращающего момента муфты от коэффициента трения), что достигается путем выбора соответствующего значения КУ.

Следовательно, появляется возможность минимизации массогабаритных параметров привода машины за счет использования АФМ, обладающих оптимальной для принятой компоновочной схемы привода точностью срабатывания.

Как показали исследования, АФМ разных поколений обладают неодинаковой точностью срабатывания. В начальный период создания АФМ и разработки их классификации точность срабатывания повышалась по мере увеличения номера поколения, т. е. АФМ второго поколения имели более высокую точность срабатывания по сравнению с АФМ первого поколения, и меньшую точность срабатывания, чем АФМ третьего поколения. Это соответствовало основной идее совершенствования АФМ, согласно которой основной целью совершенствования их было повышение точности срабатывания.

Разработка и использование новых принципов совершенствования АФМ в рамках основной идеи привели к созданию АФМ первого и второго поколений с переменным значением КУ обратной связи. Согласно принципу действия УУ, каждому текущему значению коэффициента трения соответствует определенная величина КУ, при которой действие распорной силы обеспечивает постоянство момента сил трения фрикционной группы.

Исследования показали, что, несмотря на «идеальную» теоретическую нагрузочную характеристику таких АФМ, т. е. отсутствие зависимости момента сил трения фрикционной группы от коэффициента трения, на практике имеет место некоторая нестабильность величины передаваемой нагрузки. Однако данное обстоятельство не является причиной для того, чтобы не считать такие АФМ объектами с особо высокой точностью срабатывания.

На основании изложенного в таблице приведены сводные данные по эксплуатационным характеристикам АФМ (номинальной нагрузочной способности и точности срабатывания). Необходимо отметить, что данные, приведенные в таблице для различных поколений и топов АФМ, отражают их характеристики при одинаковых конструктивных параметрах, а именно:

- числе пар трения фрикционной группы (совокупном числе пар трения фрикционных групп – для АФМ второго поколения);
- значении среднего радиуса поверхностей трения фрикционной группы (кроме модернизированной АФМ второго поколения с неодинаковыми значениями средних радиусов

поверхностей трения основной (ОФГ) и дополнительной (ДФГ) фрикционных групп: в этом случае отношение средних радиусов поверхностей трения составляет 0,85);

– величине силы натяжения замыкающей пружины (группы замыкающих пружин). Для АФМ с отдельным силовым замыканием эквивалентной силой замыкания пар трения ОФГ и ДФГ считается сила, равная полусумме усилий замыкания.

Радиальные габаритные размеры АФМ различных типов принимаются одинаковыми, поскольку они зависят, в основном, от значения среднего радиуса поверхностей трения фрикционной группы.

Значение КУ обратной связи АФМ различных поколений и типов принимается неодинаковой, что обусловлено дифференцированными показателями точности срабатывания, которые зависят от значения КУ.

Таблица 1 – Основные технико-эксплуатационные характеристики АФМ

Поколение, тип АФМ	Коэффициент точности АФМ	Номинальный вращающий момент АФМ, Нм
АФМ первого поколения (базовый вариант)	$K_T = 2,5...4,0$	12,5...400
АФМ первого поколения (модернизированный вариант)	$K_T = 2,2...3,7$	10...360
АФМ первого поколения с переменным КУ	$K_T = 1,08...1,15$	12,5...400
АФМ второго поколения (базовый вариант)	$K_T = 1,6...2,4$	20...630
АФМ второго поколения (модернизированный вариант)	$K_T = 1,5...2,2$	16...500
АФМ второго поколения (модифицированный вариант 1)	$K_T = 1,06...1,12$	10...160
АФМ второго поколения (модифицированный вариант 2)	$K_T = 1,12...1,6$	16...630
АФМ второго поколения (модифицированный вариант 3)	$K_T = 1,12...1,6$	20...800
АФМ второго поколения с переменным КУ	$K_T = 1,06...1,12$	20...630
АФМ первого поколения с бифункциональным УУ	$K_T = 2,5...4,0$	20...800
АФМ первого поколения с V-образными упругими лепестковыми элементами	$K_T = 1,6...2,4$	12,5...400
АФМ первого поколения с пружинами сжатия-изгиба	$K_T = 1,4...1,9$	12,5...400
АФМ первого поколения с пружиной сжатия-кручения	$K_T = 3,0...3,6$	12,5...400
АФМ третьего поколения со смешанной обратной связью	$K_T = 1,7...2,3$	20...630
АФМ третьего поколения с положительной обратной связью	$K_T = 1,2...1,6$	50...1250

Как показывает анализ данных, приведенных в таблице, наибольшей точностью срабатывания обладают АФМ, имеющие наименьшую номинальную нагрузочную способность. Исключение составляют АФМ второго поколения (модифицированные варианты 2 и 3). Эти муфты являются примером оптимального сочетания точности срабатывания и номинальной нагрузочной способности.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетах и проектировании приводов машин и механизмов с АФМ, обладающих улучшенными показателями массогабаритных характеристик.

#### **Выводы:**

1. Анализ АФМ всех типов и поколений показал разнообразие их эксплуатационных характеристик, в частности, по номинальной нагрузочной способности и точности срабатывания, что требует учета эксплуатационных характеристик муфт при выборе области применения их.

2. Выбор точности срабатывания АФМ определяется целевой функцией, поставленной при расчетах и проектировании приводов машин.

3. На выбор точности срабатывания АФМ также оказывает влияние тип и поколение муфты, от которых зависит влияние точности срабатывания на массогабаритные показатели АФМ.

4. Условием применения на практике АФМ с наибольшей точностью срабатывания является необходимость выдерживать на исполнительном органе машины фиксированную, с незначительными

отклонениями, величину усилия или вращающего момента.

### Список литературных источников

1. Обоснование наибольшей точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв, Чан Ван Дык // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2015. – № 11. – С. 20–26.
2. Анализ переходного периода адаптивных фрикционных контактов в условиях положительного прироста коэффициента трения / М.П. Шишкарёв // Изв. вузов. Машиностроение. – 2000. – № 3. – С. 14–17.
3. Эксплуатационные характеристики адаптивной фрикционной муфты второго поколения с раздельным силовым замыканием / М.П. Шишкарёв, А.А. Лущик // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 3. – С. 28–31.
4. Оптимизация коэффициента усиления адаптивных фрикционных муфт первого поколения с дифференцированными парами трения / М.П. Шишкарёв // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 36–39.
5. Исследование вариантов адаптивных фрикционных муфт второго поколения // М.П. Шишкарёв, Чан Ван Дык // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 9. – С. 42–45.
6. Компонировочные решения приводов машин с адаптивными фрикционными муфтами // М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2003. – № 7. – С. 7–12.
7. Уровень перегрузки при срабатывании адаптивных фрикционных муфт // М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 2. – С. 13–15.
8. Компонировка базового варианта адаптивной фрикционной муфты второго поколения // М.П. Шишкарёв // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 7. – С. 16–20.
9. Шишкарёв, М.П. Адаптивные фрикционные муфты второго поколения. Исследование, конструкции и расчет. Монография // М.П. Шишкарёв, А.А. Лущик, А.Ю. Угленко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 236 с.
10. Повышение нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 5. – С. 18–24.
11. Условие высокой точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт // М.П. Шишкарёв // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 7. – С. 46–48.
12. Синтез и анализ адаптивной фрикционной муфты со смешанной структурой обратной связи // М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 3–8.
13. Особенности процесса срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 4. – С. 3–7.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.