

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫБОРА ФОРМЫ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АДАПТИВНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ С РАЗДЕЛЬНЫМ СИЛОВЫМ ЗАМЫКАНИЕМ

Рамазанов Д.А.

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

**Аннотация.** Сформулированы основные положения методики выбора формы нагрузочной характеристики АФМ с отдельным силовым замыканием. Методика предполагает учет номинальной нагрузки, совокупной массы привода, значения коэффициента усиления адаптивной фрикционной муфты с отдельным силовым замыканием и точности ее срабатывания, а также рекомендации по выбору второго конструктивного варианта муфты. Выбор типа адаптивной фрикционной муфты, с учетом нагрузочной характеристики, основан на различной нагрузочной способности и точности срабатывания, которые соответствуют данным формам.

**Ключевые слова.** Адаптивная фрикционная муфта, отдельное силовое замыкание, нагрузочная характеристика, методика, форма, вращающий момент, коэффициент усиления.

## DEVELOPMENT OF A METHOD FOR SELECTING THE SHAPE OF THE LOAD CHARACTERISTIC THE ADAPTIVE FRICTION CLUTCH WITH A SEPARATE POWER CIRCUIT

Ramazanov D.A.

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

**Abstract.** The main provisions of the method for selecting the form of the load characteristic of the AFM with a separate power circuit are formulated. The method involves taking into account the nominal load, the total mass of the drive, the value of the gain of the adaptive friction clutch with a separate power circuit and the accuracy of its operation, as well as recommendations for the choice of the second design version of the clutch. The choice of the type of adaptive friction clutch, taking into account the load characteristics, is based on the different load capacity and accuracy of operation, which correspond to these forms.

**Keywords.** Adaptive friction clutch, separate power circuit, load characteristic, technique, shape, torque, gain.

В работах [1, 2, 3, 4] приведены результаты исследований, касающиеся выбора формы нагрузочной характеристики адаптивных фрикционных муфт (АФМ) второго поколения с отдельным силовым замыканием.

Установлено, в частности, что в условиях практического применения возможно использование АФМ второго поколения с отдельным нажатием, имеющих следующие формы нагрузочной характеристики:

- монотонно возрастающая в интервале значений коэффициента трения кривая;
- кривая с точкой максимума внутри интервала, за исключением его граничных значений.

Показано, что на выбор типа АФМ и ее технико-эксплуатационных характеристик влияют, в основном, значение номинального вращающего момента и заданная предельная масса привода. Сформулированы три основных требования, предъявляемые к АФМ, работающим в составе привода машины.

Задачей исследования является разработка методики выбора нагрузочной характеристики АФМ второго поколения с отдельным нажатием.

Оценим на предварительной стадии разработки методики возможность обеспечения одинаковой номинальной нагрузочной способности для первой и третьей форм нагрузочной характеристики [5, 6, 7, 8]. Для этого, при прочих одинаковых параметрах (число фрикционных пар основной фрикционной группы (ОФГ) и дополнительной фрикционной группы (ДФГ), средний радиус пар трения и др.), должны быть равны друг другу значения коэффициентов усиления (КУ) и коэффициенты  $n$ , характеризующие отношение усилия замыкания пар трения ОФГ и ДФГ.

Для первого конструктивного варианта АФМ с отдельным силовым замыканием величины КУ вычисляются по следующим соотношениям [9, 10]:

- для первой формы:

$$C_1 = \frac{\sqrt{1 + (z - z_2)[z + z_1(1 - n)]/[z_1 z_2(1 - n)]} - 1}{(z - z_2)f_{\max}}, \quad (1)$$

– для третьей формы (рис. 1, кривая 3):

$$C_3 = \frac{\sqrt{(m + 1)^2 + (z - z_2)[z + z_1(1 - n)]/[z_1 z_2(1 - n)]} - (m + 1)}{(z - z_2)f_{\max}}. \quad (2)$$

В соотношениях (1) и (2) приняты следующие обозначения:  $z$  – общее число пар трения ОФГ;  $z_1$  – число пар трения ДФГ;  $z_2$  – число пар трения ОФГ, непосредственно передающих вращающий момент между полумуфтами, минуя УУ;  $m$  – коэффициент относительной ширины интервала изменения коэффициента трения;  $f_{\max}$  – максимальный коэффициент трения.

Для второго конструктивного варианта АФМ [11, 12] аналогичные соотношения имеют следующий вид:

– для первой формы нагрузочной характеристики:

$$C_1 = \frac{\sqrt{1 + (z - 1)[z(1 + n) + 1]} - 1}{(z - 1)f_{\max}}, \quad (3)$$

– для второй формы нагрузочной характеристики:

$$C_2 = \frac{\sqrt{(m + 1)^2 + 4m(z - 1)[z(1 + n) + 1]} - (m + 1)}{2(z - 1)f_{\max}}. \quad (4)$$

Для сопоставления значений КУ, вычисленных по соотношениям (1) и (2), (3) и (4), воспользуемся графическим способом. При построении графиков зависимостей  $C(n)$ , изображенных на рис. 1, и рис. 2, использованы следующие исходные данные:  $z = 6$ ,  $z_1 = 1$ ,  $z_2 = 2$ ,  $f_{\max} = 0,8$ ,  $m = 8$ .

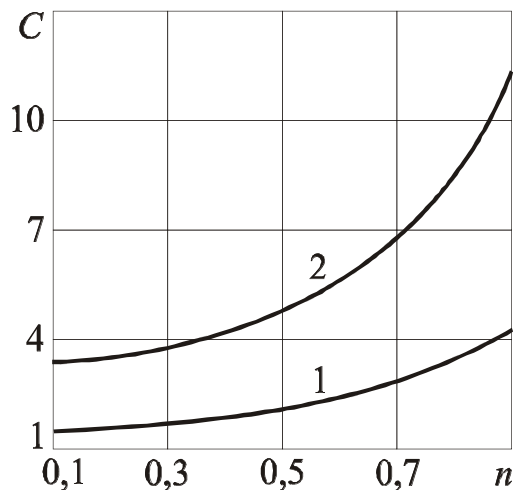


Рисунок 1 - Зависимости КУ от коэффициента  $n$  для первой и третьей форм нагрузочной характеристики первого варианта АФМ

Для построения числовой оси значений коэффициента  $n$  на рис. 1 и рис. 2 были учтены следующие условия:

– для первого конструктивного варианта АФМ ограничений по значению коэффициента  $n$  не существует [13];

– для второго конструктивного варианта АФМ при  $z_2 = 2$  существует ограничение минимального значения коэффициента  $n$  в виде  $n \geq 7$  [14].

На рис. 1 кривая 1 отражает функцию  $C(n)$  согласно соотношению (1), кривая 2 – по соотношению (2).

Кривая 1 на рис. 2 построена по соотношению (3), кривая 2 – по соотношению (4).

Графики на рис. 1 и рис. 2 показывают, что при одинаковых значениях коэффициента  $n$  величина КУ для третьей формы нагрузочной характеристики больше, чем для первой формы. Это означает, что, во-первых, номинальная нагрузочная способность АФМ, имеющей третью форму нагрузочной характеристики, ниже, а точность срабатывания – выше.

Для второго конструктивного варианта АФМ при значениях  $n < 11$  разница между значениями КУ для первой и третьей форм нагрузочной характеристики больше, чем для первого конструктивного

варианта (соответственно кривые 1 и 2, рис. 1, кривые 1 и 2, рис. 2). Это означает, что и разница между номинальной нагрузочной способностью и точностью срабатывания для второго конструктивного варианта АФМ с разными формами нагрузочной характеристики больше.

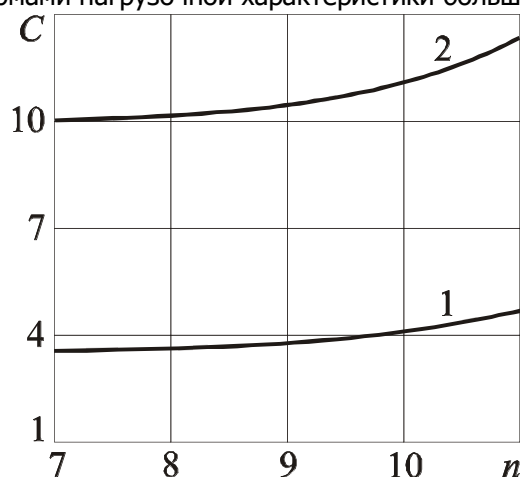


Рисунок 2 - Зависимости КУ от коэффициента  $n$  для первой и второй форм нагрузочной характеристики второго варианта АФМ

Учитывая изложенное, можно сформулировать следующие основные положения методики выбора требуемой формы нагрузочной характеристики конструктивных вариантов АФМ:

– при задании, согласно техническим требованиям, определенного места установки АФМ в кинематической цепи привода машины, в зависимости от требуемого значения номинального вращающего момента, действующего в зоне АФМ, и совокупной массы деталей и узлов привода производится подбор:

а) конструктивного варианта АФМ (первого или второго), с учетом значения номинального вращающего момента и габаритных размеров муфты, пользуясь данными графиков, изображенных на рис. 1 и рис. 2, с корректировкой значения КУ в соответствии с принятым значением параметра  $z$ ;

б) уточнение значения КУ, в зависимости от требуемой точности срабатывания, которая определяется в зависимости от заданной совокупной массы элементов и узлов привода согласно рекомендациям, изложенным в работах [15, 16];

в) окончательно, с учетом величины требуемого номинального вращающего момента и точности срабатывания АФМ, выбирается конструктивный вариант муфты, для которого назначены конкретное значение КУ и значение коэффициента  $n$ ;

– в том случае, когда техническими требованиями на расчет и проектирование привода машины конкретное место установки АФМ в кинематической цепи не указывается, основой для выбора типа АФМ является точность срабатывания муфты, которая зависит от требований к совокупной массе элементов привода. В данном случае условным перемещением места установки АФМ в кинематической цепи привода на стадии расчета и проектирования производится оценка изменения совокупной массы с учетом влияния на нее точности срабатывания муфты. При этом должно быть учтено изменение собственной массы АФМ как следствие изменения ее точности срабатывания [17]. После нахождения требуемого места установки АФМ определяется величина номинального вращающего момента, действующего в месте установки муфты, и по изложенной выше методике производится подбор типа АФМ, в наибольшей степени удовлетворяющей необходимым требованиям;

– наиболее рациональными областями применения второго конструктивного варианта АФМ, учитывая ее более высокую точность срабатывания и пониженную номинальную нагрузочную способность, являются привода машин с укороченными кинематическими цепями и относительно небольшими действующими нагрузками, без жестких ограничений совокупной массы элементов привода. Основным назначением данного типа АФМ должно быть обеспечение высокой надежности защиты узлов и двигателя привода от перегрузок.

**Обсуждение и результаты.** Определение основных факторов, влияющих на выбор типа АФМ и ее эксплуатационных характеристик – величины номинального вращающего момента, заданной предельной массы привода и основных требований, предъявляемых к предохранительным фрикционным муфтам, работающим в составе привода машины – позволило разработать методику выбора варианта АФМ второго поколения с отдельным силовым замыканием, учитывающую форму нагрузочной характеристики АФМ, номинальную нагрузку, совокупную массу привода, величину КУ АФМ и точность ее срабатывания.

Результаты исследования могут быть использованы при расчетах и проектировании

конструктивных вариантов АФМ второго поколения с отдельным силовым замыканием, а также для компоновочных решений приводов машин и выбора формы нагрузочной характеристики АФМ в зависимости от требуемых условий эксплуатации привода машины.

#### **Выводы:**

1. При определенных, отличающихся друг от друга, значениях коэффициента  $n$  первый конструктивный вариант АФМ с отдельным силовым замыканием может иметь одинаковые или близкие одно к другому значения КУ, соответствующие возможным формам нагрузочной характеристики.

2. Выбор типа АФМ с учетом нагрузочной характеристики основан на различной нагрузочной способности и точности срабатывания, которые соответствуют данным формам.

3. Сформулированы основные положения методики выбора формы нагрузочной характеристики АФМ с отдельным силовым замыканием. Методика предполагает учет номинальной нагрузки, совокупной массы привода, величины КУ АФМ и точности ее срабатывания, а также рекомендации по выбору второго конструктивного варианта муфты.

#### **Список использованных источников**

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

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

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

7. 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.

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

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. А. с. 1055915 СССР, МПК<sup>3</sup> F 16 D 7/02, F 16 D 13/04. Предохранительная фрикционная муфта / М.П. Шишкарёв (СССР). – № 3475963/25–27; Заявлено 28.07.82; Опубл. 23.11.83. Бюл. № 43. – 6 с.: ил.

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

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

13. Влияние точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт на массу привода машины / М.П. Шишкарёв // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2008. – № 3. – С. 6–12.

14. Влияние величины коэффициента усиления на массу адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2017. – № 2. – С. 88–93.

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

16. Аналитическое обоснование оптимального способа настройки предохранительных фрикционных муфт / М.П. Шишкарёв // Вестник машиностроения. – 2009. – № 9. – С. 3–6.

17. Модернизация адаптивной фрикционной муфты второго поколения / М.П. Шишкарёв, А.Ю. Угленко // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2012. – № 10. – С. 3–7.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.