

## ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВКИ АДАПТИВНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ФОРМУ КРИВОЙ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТОЧНОСТЬ СРАБАТЫВАНИЯ

Шишкарев М.П.

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

**Аннотация.** Определены технические характеристики адаптивной муфты с отдельным замыканием (первый вариант) в результате ее поднастройки. Показано, что при уменьшении усилия замыкания и нагрузки точность срабатывания устройства повышается, и наоборот.

**Ключевые слова:** адаптивная фрикционная муфта, отдельное замыкание, второе поколение, настройка, нагрузочная характеристика, точность срабатывания.

## THE EFFECT OF ADJUSTMENT OF ADAPTIVE FRICTION CLUTCHES OF THE SECOND GENERATION THE SHAPE OF THE LOAD CHARACTERISTIC CURVE AND THE ACCURACY OF THE RESPONSE

Shishkarev M. P.

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

**Abstract.** The technical characteristics of the adaptive coupling with separate closure (the first option) as a result of its adjustment are determined. It is shown that when the closing force and load decrease, the accuracy of the device response increases, and vice versa.

**Keywords:** adaptive friction clutch, separate closure, second generation, setting, load characteristic, accuracy of operation.

**Состояние вопроса.** Особенностью адаптивных фрикционных муфт (АФМ) с отдельным замыканием является замыкание фрикционных групп за счет различных усилий [1, 2, 3, 4].

В работах [5, 6, 7, 8] показано, что значение коэффициента усиления (КУ) обратной связи муфт данного типа, влияющее на их точность срабатывания [9, 10, 11], зависит от силовых факторов, действующих на основную фрикционную группу (ОФГ) и дополнительную фрикционную группу (ДФГ).

Поскольку при настройке устройств данного типа на номинальный вращающий момент необходимо изменять силу натяжения пружин, неизбежное изменение соотношения между ними приводит к нарушению не только номинальной нагрузочной способности [12, 13, 14], но и точности срабатывания муфт [15, 16].

В связи с этой особенностью АФМ данного типа необходимо произвести оценку влияния их настройки на эксплуатационные характеристики – номинальную нагрузочную способность и точность срабатывания, поскольку данные характеристики характеризуют уровень надежности защиты приводов машин и механизмов от перегрузок.

**Постановка задачи исследования.** Исследование влияния настройки муфты второго поколения с отдельным силовым замыканием на ее нагрузочную способность и точность срабатывания.

**Решение задачи.** Изменение коэффициента  $n'$  в результате настройки устройства не влияет на значение КУ, рассчитываемое по формуле

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

и используется в АФМ с неизменными параметрами УУ. Однако имеется коэффициент трения  $f_k$ , при котором вращающий момент устройства максимальный, а  $f_k$  функционально зависит от коэффициента  $n'$ .

В формуле (1) и выше приняты следующие обозначения:  $m$  – коэффициент относительной ширины интервала изменения коэффициента трения;  $z$  – число пар трения ОФГ;  $n$  – коэффициент, отражающий отношение силы натяжения пружины, замыкающей пары трения ДФГ, к силе натяжения пружины, замыкающей пары трения ОФГ;  $n'$  – коэффициент, отражающий указанное соотношение сил

натяжения пружин после настройки АФМ в процессе эксплуатации;  $f_{\max}$  – максимальное значение коэффициента трения.

Коэффициент трения  $f_k$  вычисляется по соотношению [17, 18]:

$$f_k = \frac{\sqrt{1 + (z - 1)[z + (1 - n')]/(1 - n') - 1}}{(z - 1)C}. \quad (2)$$

Формула (2) относится к варианту АФМ, имеющему по одной паре трения:

- ведущих дисков ОФГ;
- дисков ДФГ.

Из формулы (2) следует, что при неизменном значении коэффициента  $n$ , в данном случае функционально не зависящем от значения КУ увеличение коэффициента  $n'$  приводит к увеличению коэффициента трения  $f_k$ . Наоборот, уменьшение  $n'$  снижает коэффициент трения  $f_k$ .

Увеличение  $n'$  и уменьшение силы  $F_n$ , что снижает номинальный (настроечного) момент, максимум функции  $T_n(f)$  ( $f$  – текущий коэффициент трения) переходит в область его больших значений.

Следовательно, при варьировании  $n'$  общая форма кривой нагрузочной характеристики сохраняется неизменной, однако асимметрия кривой изменяется в соответствии с изложенным выше. Кроме того, варьирование коэффициента приводит к изменению вращающего момента при значении  $f_k$  и влияет на точность срабатывания муфты.

**Точность срабатывания при настройке устройства.** Ранее установлено влияние силы  $F_n$  при настройке муфты на вращающий момент [18]. Для данного примера названное влияние аналогично.

Рассмотрим выражение для вращающего момента муфты. Если рассматривать влияние силы  $F_n$ , в данном случае необходимо учитывать также и изменение коэффициента  $f_k$ , когда речь идет о максимальном вращающем моменте. Поэтому в формуле коэффициента точности в данном случае будет два неизменных параметра –  $n'$  и  $f_k$ , функционально зависящие один от другого.

Выражение для коэффициента точности устройства запишем, с учетом соотношения для вращающего момента, в виде:

$$K_T = \frac{f_k [z - (1 - n')(Cf_k - 1)][1 + (z - 1)Cf_{\max}]}{f_{\max} [z - (1 - n')(Cf_{\max} - 1)][1 + (z - 1)Cf_k]}. \quad (3)$$

График отражающий соотношение (3), показан на рисунке. Он построен по исходным данным:  $z = 6$ ,  $f_{\max} = 0,8$ . Для интервалов изменения  $n'$  (в большую и меньшую сторону от исходного значения) первоначальное значение  $n$  равно 0,3. Согласно данным рисунка, интервал варьирования равен:

- в сторону увеличения относительно исходного значения коэффициента  $n - n' = 0,3 \dots 0,69$ ;
- в сторону уменьшения –  $0,3 \dots 0,1$ .

Значение КУ вычислялось по соотношению (1) и при исходном значении коэффициента  $n = 0,3$  и при  $m = 8$  составило  $C = 3,89$ . Значение  $f_k$  вычислено по формуле (2).

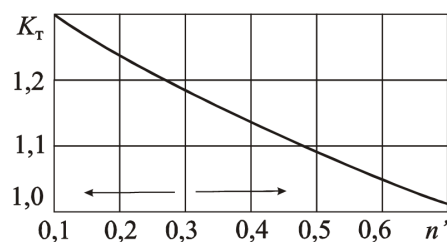


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента точности от коэффициента  $n'$

График показывает:

– при уменьшении  $n'$  от исходного значения  $n$  (стрелка на графике, направленная справа налево), т. е. увеличении  $F_n$  и номинального вращающего момента, точность срабатывания муфты снижается;

– в интервале увеличения  $n'$  от исходного значения  $n$  (на графике показано стрелкой, направленной слева направо), т. е. уменьшения силы  $F_n$  и номинального вращающего момента, точность срабатывания муфты повышается.

Результаты исследования могут быть использованы при эксплуатации АФМ с отдельным силовым замыканием (первый вариант) для прогнозирования технико-эксплуатационных характеристик муфты в результате ее настройки.

**Вывод:** Определены технико-эксплуатационные показатели муфты при настройке. Отмечено, что при уменьшении силы основной пружины и н устройства точность срабатывания повышается, и наоборот.

### Список литературных источников

1. Поляков, В.С. Справочник по муфтам // В.С. Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1974. – 352 с.
2. Есипенко, Я.И. Муфты повышенной точности ограничения нагрузки // Я.И. Есипенко, А.З. Паламаренко, М.К. Афанасьев. – Киев: Техніка, 1972. – 168 с.
3. О характеристиках предохранительных фрикционных муфт повышенной точности срабатывания / Р.М. Запороженко // Изв. вузов. Машиностроение. – 1971. – № 1. – С. 48–52.
4. Гавриленко, М.Д. Определение параметров отрицательной обратной связи адаптивной фрикционной муфты // М.Д. Гавриленко // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Сборник статей 11-й международной научно-практической конференции в рамках 21-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш – 2018». 2018. С. 97-101.
5. Гавриленко, М.Д. Анализ и задачи исследования применения положительной обратной связи в адаптивных фрикционных муфтах // М.Д. Гавриленко // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Сборник статей 10-й Международной юбилейной научно-практической конференции в рамках 20-й Международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2017». 2017. С. 661-665.
6. Компоновочные решения приводов машин с адаптивными фрикционными муфтами / М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2003. – № 7. – С. 7–12.
7. Уровень перегрузки при срабатывании адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 2. – С. 13–15.
8. О функциях адаптивных предохранительных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 7. – С. 7–8.
9. Гавриленко, М.Д. Исследование адаптивного фрикционного контакта 1-го поколения // М.Д. Гавриленко, А.Е. Фокин // В книге: Машиностроение. Сборник научных статей. ГОУ ВПО КубГТУ, ООО «Издательский Дом - Юг». Краснодар, 2009. С. 46-50.
10. Запороженко Р.М. К вопросу об эффективности фрикционных предохранительных муфт с точки зрения снижения веса приводов // Вестн. Харьк. политех. ин-та. – 1971. – Вып. I.XIV, № 58. – С. 16–19.
11. Бойко, Н.И. Исследование точности срабатывания адаптивной фрикционной муфты в особом режиме нагружения // Н.И. Бойко, М.Д. Гавриленко // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 2 (27). С. 93.
12. Гавриленко, М.Д. Анализ точности срабатывания и направления совершенствования адаптивных фрикционных муфт // М.Д. Гавриленко // В сборнике: Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». Донской государственный технический университет, Аграрный научный центр «Донской». Ростов-на-Дону, 2019. С. 545-549.
13. Шишкарев, М.П. Адаптивные фрикционные муфты второго поколения. Исследование, конструкции и расчет. Монография // М.П. Шишкарев, А.А. Лущик, А.Ю. Угленко. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 236 с.
14. Особенности процесса срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 4. – С. 3–7.
15. Соловьева, К.В. О применимости V-образных упругих элементов в адаптивных фрикционных муфтах с положительной обратной связью // К.В. Соловьева, М.Д. Гавриленко // В сборнике: Юбилейная конференция студентов и молодых ученых, посвященная 85-летию ДГТУ. Сборник докладов научно-технической конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет». 2015. С. 3614-3634.
16. Жуков, К.П. Проектирование деталей и узлов машин //К.П. Жуков, Ю.Е. Гуревич // – М.: Изд-во «Станкин», 1999. – 615 с.
17. Тепинкичиев, В.К. Предохранительные устройства от перегрузки станков // В.К. Тепинкичиев // . – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1968. – 112 с.
18. Исследование вариантов адаптивных фрикционных муфт второго поколения // М.П.

Шишкарёв, Чан Ван Дык // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 9. – С. 42–45.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.