

МЕТОД НАСТРОЙКИ АДАПТИВНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ (ПЕРВЫЙ ВАРИАНТ)

Шишкарев М.П.

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

Аннотация. Основываясь на результатах исследования настройки адаптивной фрикционной муфты с отдельным силовым замыканием (первый вариант), разработаны рекомендации для разработки серии устройств, предназначенных для передачи нагрузки в определенном интервале значений вращающего момента.

Ключевые слова: адаптивная, муфта, отдельное, второе поколение, настройка, коэффициент запаса, коэффициент трения, коэффициент усиления.

METHOD FOR SETTING UP A SECOND-GENERATION ADAPTIVE FRICTION CLUTCH (FIRST OPTION)

Shishkarev M. P.

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

Abstract. Based on the results of the study of the configuration of an adaptive friction clutch with a separate power circuit (the first option), recommendations have been developed for the development of a series of devices designed to transmit the load in a certain range of torque values.

Keywords: adaptive, coupling, split, second generation, tuning, stock ratio, friction coefficient, gain factor.

Состояние вопроса. Адаптивные фрикционные муфты (АФМ) [1, 2, 3, 4], проходят настройку на номинальный вращающий момент по среднему коэффициенту трения с учетом запаса сцепления [5]. Согласно данным работы [6], значение коэффициента запаса β_n равно 1,25.

Кроме настройки муфт второго поколения по среднему коэффициенту трения с учетом запаса сцепления они могут настраиваться по минимальному коэффициенту трения [7, 8, 9, 10], без учета коэффициента запаса.

Постановка задачи исследования. Выработка рекомендаций по использованию способа настройки предохранительного устройства с отдельным силовым замыканием (первый вариант).

Решение задачи. При первом способе настройки номинальный вращающий момент муфты с отдельным силовым замыканием с учетом среднего коэффициента трения равен:

$$T_{\text{ном}} = F_n R_{\text{cp}} f_{\text{min}} \frac{z - z_1 (1 - n) (Cf_{\text{cp}} - 1)}{1 + (z - 1) Cf_{\text{cp}}}, \quad (1)$$

где z – число пар поверхностей трения АФМ; F_n – усилие замыкания пар трения ОФГ; R_{cp} – средний радиус поверхностей трения АФМ; f_{min} – минимальное значение коэффициента трения; z_1 – число пар трения ДФГ; n – коэффициент, показывающий отношение усилия замыкания пар трения ДФГ к усилию замыкания ОФГ; f_{cp} – средний коэффициент трения; C – коэффициент усиления (КУ) обратной связи.

Согласно данным работ [11, 12], максимальное значение КУ C для муфт с отдельным силовым замыканием, обеспечивающее максимальную точность срабатывания, определяется по формуле:

$$C = \frac{1}{z_1 (1 - n) f_{\text{max}}}. \quad (2)$$

Настроечный момент муфты определяется по соотношению [13, 14]:

$$T_{\text{настр}} = \beta_n F_n R_{\text{cp}} f_{\text{cp}} \frac{z - z_1 (1 - n) (Cf_{\text{cp}} - 1)}{1 + (z - 1) Cf_{\text{cp}}}. \quad (3)$$

С уменьшением коэффициента трения до минимального значения настроечный момент

снижается до значения, равного

$$T'_{\text{настр}} = \beta_n F_n R_{\text{ср}} f_{\text{мин}} \frac{z - z_1(1-n)(C_{\text{мин}} - 1)}{1 + (z-1)C_{\text{мин}}}. \quad (4)$$

Установим возможность выполнения неравенства:

$$T'_{\text{настр}} < T_{\text{ном}}. \quad (5)$$

Для этого используем соотношения (1) и (4) в неравенстве (5). После преобразований получаем неравенство:

$$z_1 \{ m [z(z-1) - z_1(1-n)] + \rho(z-1) [z_1 m(1-n) - 1] + z_1 m^2 (1-m) [z + z_1(1-n)] \} > 0. \quad (6)$$

Из неравенства (6) следует:

– первый многочлен в квадратных скобках содержит выражение $z_1(1-n)$. В последнем коэффициент n , согласно условию [15, 16], меньше единицы. Значение параметра z_1 принимается меньше, чем z . В связи с этим, первый многочлен положительный при минимальном значении z ;

– второй многочлен в квадратных скобках отрицательный только при $z_1 = 1$ и при значениях коэффициента n , близких к единице. Однако, согласно данным работ [17, 18], коэффициент n , близкий к единице, не используется, поскольку значительно снижается точность срабатывания муфты.

Таким образом, левая часть неравенства (6) положительна. Это указывает на низкую надежность работы устройства при первом способе настройки при уменьшении коэффициента трения.

При втором способе настройки муфты номинальный вращающий момент равен:

$$T_{\text{ном(настр)}} = F_{n_1} R_{\text{ср}} f_{\text{мин}} \frac{z - z_1(1-n)(C_{\text{мин}} - 1)}{1 + (z-1)C_{\text{мин}}}. \quad (7)$$

где F_{n_1} – сила прижатия друг к другу пар трения ОФГ.

При выполнении равенства $T_{\text{ном(настр)}} = T_{\text{ном}}$ сила F_{n_1} равна, на основе соотношений (1) и (7):

$$F_{n_1} = \rho F_n \frac{[zm - \rho + z_1(1-n)m][z_1(1-n)m + (z-1)]}{[zm - 1 + z_1(1-n)m][z_1(1-n)m + (z-1)\rho]}. \quad (8)$$

На рисунке показан график функции (8), построенный при $F_n = 800$ Н, $\rho = 3$, $C = 1,25$, $f_{\text{ср}} = 0,33$, $z_1 = 1$, $n = 0,5$.

Из графика следует, что сила F_{n_1} меньше для каждого значения z , чем в случаях для компоновки ОФГ базового варианта АФМ второго поколения. При $z = 8$ значение силы F_{n_1} минимальное и превышает силу F_n базового варианта АФМ второго поколения на 25 %.

Таким образом, применение в муфтах второго поколения отдельного силового замыкания не только повышает нагрузочную способность и точность срабатывания, но и снижает массу и габаритные размеры устройства за счет уменьшения усилия замыкания.

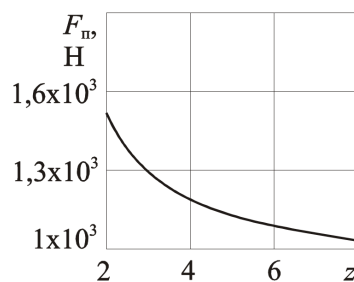


Рисунок. Зависимость силы натяжения пружины от числа пар трения АФМ

К недостатку данного способа настройки относится увеличение габаритных размеров и веса муфты из-за большей силы F_{n_1} , требующей постановки более мощной пружины и увеличение радиальных размеров фрикционных дисков для сохранения давления на поверхностях трения. Однако, указанный недостаток данного способа не препятствует более надежной работе устройства при небольших значениях коэффициента трения.

Обсуждение и результаты. На основе результатов исследования введены рекомендации по настройке устройства для разработки серии адаптивных муфт, используемых для передачи нагрузки в определенном интервале значений номинального вращающего момента.

Результаты исследования могут быть использованы при настройке АФМ второго поколения с раздельным силовым замыканием (первый вариант) для определения значений настроечных параметров, необходимых для передачи муфтой номинального вращающего момента.

Выводы:

1. Найдена зависимость для определения настроечного (номинального) вращающего момента АФМ.

2. Найдена зависимость силы натяжения пружины от числа пар трения АФМ, позволяющая использовать ее при настройке АФМ на номинальный вращающий момент.

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

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.