

## ВЫБОР ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ПРИ НАСТРОЙКЕ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ

Лесняк С.В., Лесняк О.В., Барышников Д.В.

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

**Аннотация.** Показано, что коэффициента запаса предохранительных фрикционных муфт (ПФМ) недостаточно без про буксования для передачи номинальной нагрузки машины в случаях, когда уменьшается коэффициент трения до значения минимального. Установлено, что в расчете существующей теории и конструирования предохранительных муфт содержится ошибочное положение о том, что номинальный крутящий момент машины и не меняется во времени и остаётся постоянным. Что приводит к возникновению немотивированных срабатываний ПФМ при том что уменьшается ниже среднего значения коэффициента трения.

**Ключевые слова:** предохранительная фрикционная муфта, коэффициент запаса, адаптивная фрикционная муфта, настройка, номинальная нагрузка, коэффициент рассеивания.

## SELECTING THE VALUE OF THE STOCK RATIO WHEN SETTING UP SAFETY FRICTION CLUTCHES

Lesniak S.V., Lesniak O.V., Baryshnikov D.V.

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

**Abstract.** It is shown that the coefficient of safety friction clutches is not enough to transfer the nominal load of the machine without slipping in cases when the coefficient of friction decreases to a minimum value. It is established that the existing theory of calculation and design of safety clutches contains an erroneous position that the nominal torque of the machine is constant and does not change in time. This leads to an increase in the probability of occurrence of unmotivated actuations of safety friction clutches with a decrease in the coefficient of friction below the average value.

**Keywords:** safety friction clutch, safety factor, adaptive friction clutch, setting, rated load, dispersion coefficient.

**Состояние вопроса.** Основным назначением предохранительные муфты, в том числе фрикционных любого типа [1, 2, 3, 4] в основном предназначены для защита от превышающих допустимый уровень перегрузок деталей и узлов машин. Поскольку предохранительная муфта работает в составе машины, она должна обеспечивать надежную передачу крутящего момента в кинематической цепи привода при работе машины в номинальном режиме, а также при изменении значений собственных параметров муфты. К последним относятся:

- значение усилия соединения пар трения ПФМ любого типа, как правило, упругими элементами;
- непостоянство значения среднего радиуса поверхностей трения ПФМ вследствие их износа, изменения первоначальной геометрической формы и т. п.;
- значение коэффициента трения между элементами фрикционных пар, которое зависит от факторов: время неподвижного контакта фрикционных пар между предыдущим и последующим срабатываниями, скорость нарастания перегрузки перед срабатыванием муфты, давление между элементами фрикционных пар и т. п. [5, 6, 7] и является непостоянным.

Коэффициента трения может иметь тенденцию, как к увеличению, так и к уменьшению и зависит от множества факторов [8, 9].

В теории и практике расчета и Проектирования ПФМ, а также при эксплуатации коэффициент запаса принимается  $\beta_n$ , который учитывает влияние на нагрузку, передаваемую муфтой, двух первых из перечисленных факторов [10, 11].

Крутящий настроечный момент предохранительной муфты определяется по следующей формуле [12]:

$$T_{\text{муфт}} = \beta_n T_{\text{маш}} \quad (1)$$

где  $T_{\text{маш}}$  – крутящий номинальный момент машины.

Обычно принимается  $\beta_n = 1,25$  [13]. В [14] показано, что при работе машины в номинальном режиме указанного запаса ПФМ недостаточно для того чтобы она могла осуществлять надежную передачу нагрузки.

Это, в частности, возможно в случаях, когда значение коэффициента трения уменьшается относительно его среднего значения. В соответствии с этим уменьшается значение крутящего предельного момента, который без буксования может передавать ПФМ. При этом, согласно результатам исследований, крутящий предельный момент ПФМ уменьшается до значения, которое будет меньше крутящего номинального момента машины.

Двойную защитную функцию должна выполнять предохранительная муфта в составе привода машины:

- защита перегрузок привода и его элементов;
- защита в результате срабатывания муфты от немотивированных прерываний силового потока в кинематической цепи привода.

Поскольку рекомендуемое значение коэффициента запаса  $\beta_n$  в практике расчета, проектирования и эксплуатации ПФМ не соответствует второй функции, требуется проведение исследования по ее корректировке и уточнению.

В соответствии с этим, **задачей исследования** является нахождение оптимальной зависимости между значением номинального (настроечного) вращающего момента предохранительных фрикционных муфт различных типов и номинального вращающего момента машины, обеспечивающей надежную передачу нагрузки муфтами в процессе эксплуатации.

**Решение задачи.** Под влиянием в процессе эксплуатации различных внешних (по отношению к предохранительной муфте) и внутренних (обусловленных условиями взаимодействия элементов муфты) факторов работа ПФМ характеризуется полем рассеивания передаваемого ею крутящего момента, ограничиваемым соответственно максимальным и минимальным крутящими моментами, которые без буксования могут передавать ПФМ.

Максимальные и минимальные значения коэффициента трения соответствуют указанному крутящему моменту. Исключение составляют модифицированные адаптивные фрикционные муфты (АФМ) второго поколения, крутящий максимальный момент которых соответствует некоторому промежуточному значению коэффициента трения, меньшему максимального значения.

Определение крутящего номинального момента машины:

$$T_d = \gamma_{п.н} T_{маш} , \quad (2)$$

где  $\gamma_{п.н}$  – коэффициент превышения номинальной нагрузки в машине [12].

Поле рабочих нагрузок машины получается как совокупность величин вращающих моментов, заключенных между значениями моментов  $T_{маш}$  (снизу) и  $T_d$  (сверху).

Технологический процесс, выполняемый машиной, характеризуется, непостоянством нагрузки, приложенной к исполнительному (рабочему) органу и, соответственно, нагрузки, действующей на элементы привода, в том числе на предохранительную муфту. Данное обстоятельство в современной теории предохранительных муфт не учитывается – значение крутящего момента  $T_{маш}$  при расчетах и проектировании считается постоянным.

Непостоянство величины рабочей нагрузки, приложенной к рабочему органу машины, и крутящего номинального момента машины приводит к образованию поля номинальных нагрузок машины. Данное поле ограничено значениями крутящих моментов  $T_{маш.min}$  и  $T_{маш.max}$  – соответственно минимальным и максимальным крутящими моментами машины.

Указанные обстоятельства приняты во внимание при разработке схемы, отражающей расположение поля рабочих нагрузок машины и поля срабатывания предохранительной муфты (рис. 1).

Крутящий максимальный момент, при котором может сработать муфта, не должен превышать момент  $T_d$ .

Полагая, что  $T_{маш} > T_{маш.min}$  и  $T_{маш} < T_{маш.max}$ , введем коэффициент рассеивания номинальной нагрузки машины, значение которого вычисляется по формуле:

$$K_p = \frac{T_{маш.max}}{T_{маш.min}} . \quad (3)$$

Соответственно этому ширина поля рассеивания номинальной нагрузки машины равна:

$$\Delta T_{маш} = T_{маш.max} - T_{маш.min} = (K_p - 1) T_{маш.min} . \quad (4)$$

На рис. 1., показана ширина поля рассеивания  $\Delta T_{маш}$ .

При уменьшении коэффициента трения до минимального значения  $f_{\min}$ , предохранительная муфта должна надежно (без случайного буксования) передавать нагрузку, равную вращающему моменту  $T_{\text{маш.мах}}$ , что свидетельствует о существовании поля рассеивания номинальной нагрузки машины. В математической форме данное условие запишется в следующем виде:

$$T_{\text{муф.мин}} = T_{\text{маш.мах}} \cdot \quad (5)$$

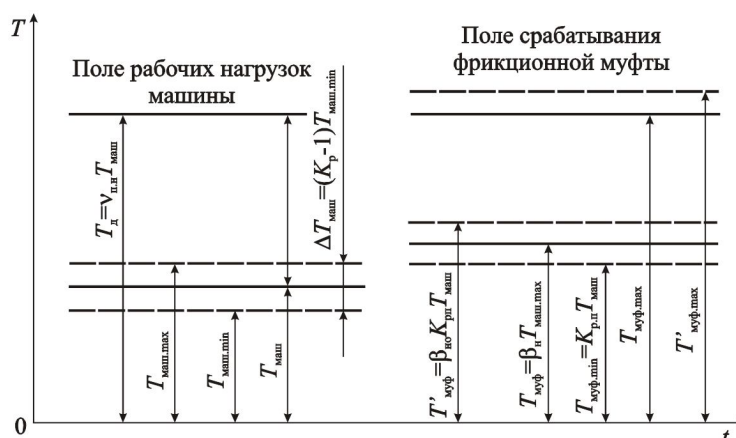


Рисунок 1 - Схема расположения поля рабочих нагрузок машины и полей срабатывания предохранительной фрикционной муфты

В (5) параметр  $T_{\text{муф.мин}}$  – без буксования может передать крутящий минимальный момент предохранительная муфта.

В качестве исходного параметра машины принимают крутящий момент  $T_{\text{маш}}$ , коэффициент  $K_p$  (3), не пригоден для использования (5). В связи с этим введем коэффициент положительного рассеивания номинальной нагрузки муфты:

$$K_{\text{р.п}} = \frac{T_{\text{маш.мах}}}{T_{\text{маш}}} \cdot \quad (6)$$

Запишем формулу (5) из (6) в следующем виде:

$$T_{\text{муф.мин}} = K_{\text{р.п}} T_{\text{маш}} \cdot \quad (7)$$

Значение коэффициента  $K_p$  различное и зависит от характера выполняемого ею технологического процесса, вида машины, состояния и физико-механических свойств обрабатываемой среды [24]. При работе различных технологических машин и механизмов можно оценить интервал значений этого коэффициента как  $K_p = 1,4 \dots 1,8$ , на основе данных о значении коэффициента динамичности. Поэтому значение коэффициента  $K_{\text{р.п}}$  составляет  $1,2 \dots 1,6$ .

При настройке предохранительной муфты должно учитываться значение  $T_{\text{маш.мах}}$ . Для данного случая (1) запишем в следующем виде:

$$T_{\text{муф}} = \beta_n T_{\text{маш.мах}} \cdot \quad (8)$$

Результаты исследования могут быть использованы в практике проектирования, настройки и расчета ПФМ обычной точности срабатывания, первого и второго (базовый вариант) поколений АФМ. Повысить эффективность защиты от перегрузок узлов и деталей приводов машин позволит использование разработанных рекомендаций.

#### Выводы:

1. Фактором, приводящим не только к появлению систематической погрешности предельного значения крутящего момента, но и к случайной погрешности в результате изменения макрогеометрии поверхностей трения при износе их вследствие буксования муфты может быть средний радиус поверхностей трения ПФМ.
2. Когда коэффициент трения уменьшается до минимального значения, значение коэффициента запаса недостаточно для передачи без буксования номинальной нагрузки машины.
3. Номинальный крутящий момент машины постоянный и не изменяется во времени является ошибочным утверждением. Уменьшении величины коэффициента трения ниже среднего значения приводит к увеличению вероятности возникновения немотивированных срабатываний ПФМ.
4. Корректировкой величины коэффициента запаса предохранительной муфты служит поле рассеивания величины номинального вращающего момента машины.

5. Учитывает функциональную связь между крутящим номинальным моментом машины и крутящим настроечным моментом предохранительной муфты введенный коэффициент положительного рассеивания номинальной нагрузки машины.

#### **Список литературных источников**

1. Обоснование наибольшей точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев, 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. Шишкарев // Изв. вузов. Машиностроение. – 2000. – № 3. – С. 14–17.
3. Исследование эксплуатационных характеристик адаптивной фрикционной муфты второго поколения / М.П. Шишкарев, А.Ю. Угленко // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2013. – № 4. – С. 21–26.
4. Оптимизация коэффициента усиления адаптивных фрикционных муфт первого поколения с дифференцированными парами трения / М.П. Шишкарев // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 4. – С. 36–39.
5. Исследование вариантов адаптивных фрикционных муфт второго поколения // М.П. Шишкарев, Чан Ван Дык // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 9. – С. 42–45.
6. Компонировочные 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. Точность срабатывания адаптивных фрикционных муфт // М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2005. – № 12. – С. 17–18.
9. 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.
10. Шишкарев, М.П. Математическая модель устойчивости движения привода с адаптивной фрикционной муфтой // М.П. Шишкарев // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XV Междунар. науч. конф. В 10 т. Т. 8. Секция 8 «Компьютерная поддержка технологических процессов и производственных систем» / Под общ. ред. В.С. Балакирева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – С. 70–75.
11. Компонировка базового варианта адаптивной фрикционной муфты второго поколения // М.П. Шишкарев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 7. – С. 16–20.
12. Повышение нагрузочной способности и точности срабатывания адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 5. – С. 18–24.

Работа выполняется в соответствии с планом госбюджетной НИР.