

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТИВНЫХ ФРИКЦИОННЫХ МУФТ

Гавриленко М.Д.

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

Аннотация. Показано, что исследование и разработка методики выбора оптимального места установки адаптивной фрикционной муфты в приводе машины, созданной на основе изучения влияния места установки муфты на совокупную массу элементов привода, позволяют наиболее эффективно использовать муфту с точки зрения минимизации общей стоимости, габаритных размеров и массы привода, улучшая указанные показатели в 1,2...1,4 раза, с учетом более высокой точности срабатывания муфты.

Ключевые слова: адаптивная фрикционная муфта, эффективность применения, предельный вращающий момент, коэффициент усиления.

OPERATIONAL EFFICIENCY OF ADAPTIVE FRICTION CLUTCHES

Gavrilenko M.D.

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

Abstract. It is shown that the study and development of methods for choosing the optimal installation location of the adaptive friction clutch in the drive of the machine, created on the basis of studying the influence of the installation location of the clutch on the total mass of the drive elements, allow the most effective use of the clutch in terms of minimizing the total cost, dimensions and weight of the drive, improving these indicators by 1.2...1.4 times, taking into account the higher accuracy of the clutch.

Keywords: adaptive friction clutch, application efficiency, limiting torque, gain.

Состояние вопроса. В работах [1, 2, 3, 4] приведены результаты исследований адаптивных фрикционных муфт (АФМ) различных типов.

Показано, в частности, что в существующих исследованиях АФМ рассматриваются только как предохранительные устройства для предотвращения действия перегрузок на элементы привода. Не исследовано, и при использовании адаптивных фрикционных муфт не учитывается влияние их на совокупную массу элементов привода, а также на его стоимость.

Исследование и разработка новых принципиальных и конструктивных схем АФМ с комбинированной, отрицательной двухконтурной, положительно-отрицательной и положительной обратной связью, а также совершенствование существующих муфт на базе одноконтурной отрицательной обратной связи за счет обеспечения переменного значения коэффициента усиления в зависимости от коэффициента трения и изменения внутрисконструктивных связей позволяют существенно повысить точность срабатывания муфт.

Постановка задачи исследования. Оценка методики выбора оптимального места установки АФМ в приводе машины.

Решение задачи. В результате исследований установлено, что значения нагрузок, действующих на незащищаемую часть привода при перегрузках, зависят от величины вращающего момента, при котором срабатывает предохранительная муфта [5, 6]. Поскольку предельная величина вращающего момента муфты определяется точностью срабатывания ее, очевидно, что точность срабатывания влияет на совокупную массу элементов незащищаемой части привода.

Указанное обстоятельство не принималось во внимание в исследованиях, однако, его следует отнести к не учитываемому положительному фактору, повышающему эффективность применения АФМ.

Исследования возможности и эффективности применения в конструкциях АФМ различных типов обратной связи позволили синтезировать структурно-функциональные и конструктивные схемы муфт с комбинированной, двухконтурной отрицательной, положительно-отрицательной и положительной обратной связью [7, 8]. Кроме того, найдено принципиальное и конструктивное решение АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью и с переменной величиной коэффициента усиления (КУ), которая функционально зависит от значения коэффициента трения [9, 10], а также АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью, обладающей повышенной нагрузочной способностью.

Как показали расчеты и экспериментальные исследования, перечисленные новые конструктивные решения, позволяют существенно повысить точность срабатывания АФМ. Сравнительные опытные данные по существующей АФМ (типа муфты Н.Д. Вернера [11]) и АФМ с двухконтурной отрицательной обратной связью [12] показывают, что при изменении величины коэффициента трения в 8 раз коэффициенты точности соответственно равны 2,4 и 1,09. При этом масса АФМ с двухконтурной отрицательной обратной связью больше массы муфты Н.Д. Вернера примерно на 30 %, а по конструктивной сложности муфты практически равноценны.

Расчеты, выполненные с использованием разработанной методики, показали, что в случае выбора рационального места установки АФМ в приводе машины, содержащем 4 понижающие механические передачи и приводной электродвигатель мощностью 3 кВт, экономится до 20 % массы привода и до 10...12 тыс. рублей [13, 14].

Существенным недостатком, содержащим практическое применение существующих АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью, является их невысокая номинальная нагрузочная способность даже при ограниченных величинах КУ и относительно низкой точности срабатывания. В настоящее время созданы принципиальные технические решения и конструктивные варианты АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью, в которых управляющее устройство (УУ) выполняет две функции: автоматического регулятора усилия замыкания пар трения и силового нажимного устройства [15, 16]. Вследствие этого величина номинального вращающего момента АФМ возрастает соответственно величине КУ.

Это позволяет при эксплуатации АФМ резко повысить эффект снижения массы элементов привода и его стоимости, в том числе по отношению к существующим АФМ [17].

Исследования показывают, что из двух факторов – точность срабатывания и место установки АФМ в приводе машины, – большее влияние на снижение массы элементов привода оказывает точность срабатывания муфты. В связи с этим представляется оправданной разработка АФМ, обладающих более высокой точностью срабатывания, несмотря на несколько усложненную конструктивную схему и более высокую собственную массу.

На основании указанных выше преимуществ АФМ новых типов, проявляющихся в эксплуатации, можно предложить следующие рекомендации по их применению:

- наибольший эффект снижения совокупной массы элементов привода достигается при использовании АФМ, имеющих наиболее высокую точность срабатывания, в приводах, обладающих большой протяженностью кинематических цепей и характеризующихся большими передаваемыми нагрузками. К таким муфтам следует отнести, в первую очередь, АФМ с двухконтурной отрицательной обратной связью [18], АФМ с положительной обратной связью [19] и АФМ с положительно-отрицательной обратной связью [20]. К этой же категории следует отнести АФМ с УУ, обладающим двумя функциями [21]. Обладая той же точностью срабатывания, что и существующие АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью, эта муфта имеет более высокую номинальную нагрузочную способность, следовательно, при приблизительно одинаковых собственных габаритах и массе способна передавать повышенную нагрузку. Благодаря этому муфта может быть установлена на участке привода, более удаленном от приводного двигателя, что увеличивает защищаемую часть привода и повышает эффект снижения массы элементов механических передач;

- в приводах с короткими кинематическими цепями целесообразно применение АФМ с комбинированной обратной связью [22] и АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью и переменным значением КУ [23]. Эти муфты обладают такими же габаритами и массой, что и базовый вариант существующей АФМ первого поколения, однако имеют более высокую точность срабатывания, поэтому применение их наиболее эффективно для защиты приводного двигателя при установке на его валу. При этом, кроме функции защиты, АФМ позволяют оптимизировать мощность приводного двигателя [24];

- применение АФМ с высокой точностью срабатывания (АФМ с двухконтурной отрицательной обратной связью [25] и АФМ с положительно-отрицательной обратной связью [26]) целесообразно также в тех случаях, когда отсутствует необходимость в защите элементов привода от перегрузок, однако поставлена задача защиты от перегрузок рабочей среды (рабочего тела), в отношении которой машиной осуществляется технологический процесс. Примером может служить технологический процесс, выполняемый с помощью ткацкого оборудования и необходимость поддержания заданного натяжения нитей, предотвращающего их порывы. В подобных случаях изменение натяжения нитей должно находиться в строго определенных пределах, и применение упомянутых АФМ вполне обосновано;

- во многих случаях действующие перегрузки представляют опасность не для элементов привода или для приводного двигателя, а для оператора, управляющего машиной или механизмом. Это относится, например, к ручному инструменту: электрическим или пневматическим дрелям, перфораторам, бурам и т. п. и объясняется необходимостью обеспечения безопасности труда. При

нестационарном протекании технологического процесса, например, при заклинивании инструмента, реактивный вращающий момент передается на корпус механизма и воспринимается оператором. Повышенная нагрузка, воспринимаемая оператором, небезопасна и может привести к травмированию его. Для исключения этого необходимо, чтобы перегрузка была минимальной и мало отличалась от нагрузки, достаточной для осуществления технологического процесса.

Опыт эксплуатации упомянутых ручных инструментов показывает, что требуемая стабильность предельной величины вращающего момента существующих предохранительных муфт в процессе работы не гарантируется. В связи с этим, применение АФМ с высокой точностью срабатывания в подобных случаях, безусловно, оправдано. Ввиду особенностей эксплуатации и ограниченных габаритов ручных инструментов наиболее целесообразно применять в подобных случаях АФМ с комбинированной обратной связью и АФМ с переменной величиной КУ.

Результаты исследования могут быть использованы при выборе типа, расчетах и проектировании АФМ с учетом конкретной компоновочной схемы привода машины и места установки муфты в кинематической цепи привода.

Выводы:

1. Исследование и разработка методики выбора оптимального места установки АФМ в приводе машины, созданной на основе изучения влияния места установки муфты на совокупную массу элементов привода, позволяют наиболее эффективно использовать АФМ с точки зрения минимизации общей стоимости, габаритов и массы привода, улучшив указанные показатели в 1,2...1,4 раза, с учетом более высокой точности срабатывания АФМ.

2. Более значительное влияние на уменьшение совокупной массы элементов привода, его габаритных размеров и стоимости оказывает точность срабатывания АФМ. Учитывая, что точность срабатывания АФМ определяет также уровень надежности защиты элементов привода от перегрузок, дальнейшим направлением совершенствования АФМ следует считать повышение точности срабатывания и упрощение конструкции, позволяющее уменьшить собственные габариты и массу.

3. Перспективным, в плане совершенствования АФМ, представляется улучшение конструктивной схемы, модифицированной АФМ с одноконтурной отрицательной обратной связью и УУ, выполняющим две функции, что позволит существенно повысить эффективность использования ее в приводах машин.

4. Определение рациональных областей применения АФМ должно основываться на сформулированных требованиях по условиям работы АФМ в машине (нестабильность температурного режима и влажности окружающей среды, возможность попадания на муфту смазочных материалов, действие вибраций, предполагаемая частота наступления перегрузок и т. п.) и на характере защищаемого муфтой объекта (элементы привода машины, рабочее тело (среда) или человек).

Список использованных 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. Анализ эксплуатационных характеристик вариантов адаптивной фрикционной муфты с отдельным силовым замыканием // М.П. Шишкарёв, А.Ю. Угленко // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2014. – № 8. – С. 25–29.
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. Компоновочные 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. О функциях адаптивных предохранительных фрикционных муфт // М.П. Шишкарёв // Вестн. машиностроения. – 2006. – № 7. – С. 7–8.
9. 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.
10. Шишкарёв, М.П. Математические модели адаптивного фрикционного контакта твердых тел / М.П. Шишкарёв // Математические методы в технике и технологиях: Сб. тр. XVIII Междунар. науч. конф.

В 10 т. Т. 5. Секция 5 «Компьютерная поддержка производственных процессов» / Под общ. ред. В.С. Балакирева – Казань: изд-во Казанского гос. технол. ун-та, 2005. – С. 68–72.

11. Компоновка базового варианта адаптивной фрикционной муфты второго поколения // М.П. Шишкарёв // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 7. – С. 16–20.

12. Шишкарёв, М.П. Выбор формы нагрузочной характеристики первого конструктивного варианта адаптивной фрикционной муфты с отдельным силовым замыканием / М.П. Шишкарёв, А.А. Луцкич / 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.

Работа выполнена в рамках инициативной НИР.