

Рекомендации по выбору правильной предохранительной муфты

На что надо обратить внимание при выборе и определении
типа и параметров муфты



Рекомендации по выбору правильной предохранительной муфты

На что надо обратить внимание при выборе и определении типа и параметров муфты

Аннотация

Предохранительные муфты защищают станки и оборудование от дорогостоящих повреждений при перегрузке. Они помогают экономить материалы, снижают расходы и повышают производительность. Но какая именно предохранительная муфта подходит для какого-либо применения? Это руководство поможет Вам при выборе правильной предохранительной муфты. Оно дает полезную информацию о технических подробностях решений и важных качественных характеристиках, на которые необходимо обратить внимание при выборе.

Содержание

Шаг 1: Почему предохранительные муфты так важны.	4
Шаг 2: Удерживающая нагрузку или разъединяющая нагрузку - какая муфта подходит для моего случая применения?	5
Шаг 3: Какое конструктивное исполнение подходит для моего привода?	9
Шаг 4: Определение параметров - выбор Размера, расчет энергии и установка крутящего момента для сервоприводов с горизонтальными осями	12
Шаг 5: Восприятие сигнала при перегрузке	16
Шаг 6: Какие характеристики отличают высококачественные предохранительные муфты?	16
Шаг 7: Перечень контрольных вопросов для выбора предохранительной муфты	18
Шаг 7: Перечень контрольных вопросов для выбора предохранительной муфты	19
Контакты. Профиль компании. Авторы	

Шаг 1: Почему предохранительные муфты так важны.

1.1 Определение терминов, понятий

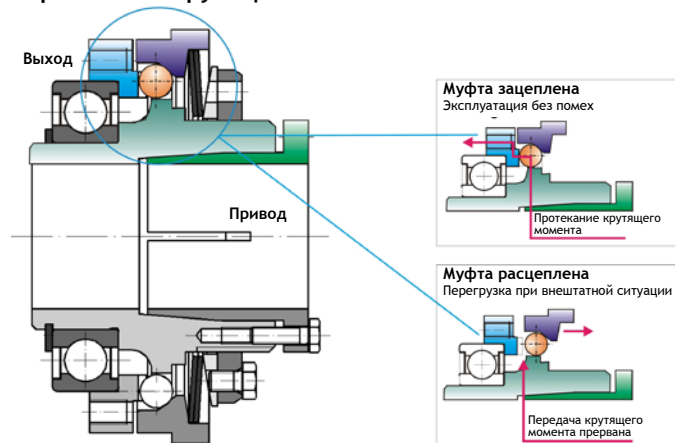
В приводной технике под термином предохранительная муфта понимают элемент оборудования, который надёжно передает и ограничивает с определенным значением крутящий момент. Предохранительные муфты в литературе называют также и муфтами, защищающими от перегрузки, или ограничителями крутящего момента, или муфтами предельного момента.

1.2 Надёжные компоненты для защиты оборудования станков

Ни одна из машин не застрахована от нештатных ситуаций, коллизий. Ошибки программирования или обслуживания, либо внешние воздействия, такие как инородные тела, могут привести к перегрузкам. При этом в трансмиссии возникают очень высокие крутящие моменты, которые разрушают или повреждают узлы оборудования. Предохранительные муфты надёжно защищают от этого и обеспечивают тем самым высокую готовность и производительность установки. Они ограничивают крутящий момент точно на величину установленного допустимого предельного значения. В то же время они позволяют снизить эксплуатационные расходы, стоимость ремонта - минимальна. Часто один-единственный ущерб от перегрузки уже дороже, чем сама предохранительная муфта.

Путем ограничения крутящего момента на максимально допустимом значении для станков и оборудования с предохранительными муфтами можно оптимизировать размерность и снизить допустимые конструктивные факторы (коэффициенты) надёжности. В безаварийной эксплуатации качественные высокоточные предохранительные муфты передают мощность двигателя привода без зазора на выходной элемент ведомой стороны, например, на цепную звездочку, или шкив для зубчатого ремня, или соответственно на второй вал.

Передача крутящего момента Ограничение крутящего момента



1.3 Почему электронные функции мониторинга

системы управления машиной не могут заменить предохранительную муфту

Современные станки работают со все возрастающей производительностью. В то же время требуется все большая точность. Это может быть достигнуто только за счет очень жесткой конструкции станка. Но высокие скорости и высокая жесткость приводят при неполадках в системе к жестким внештатным ситуациям - коллизиям. Если в случае перегрузки происходит резкое увеличение крутящего момента, то только молниеносно разделяющие, механические предохранительные муфты могут предотвратить возможный в результате перегрузки дорогостоящий ущерб.

С электронными функциями мониторинга управления станком, например, измерением параметров тока двигателя, рабочий процесс может находиться под постоянным контролем. Происходящие помехи и нарушения могут быть обнаружены, но разумеется, только в определенных пределах. Преимуществом такой системы являются низкие дополнительные издержки, так как ток двигателя в большинстве случаев и так уже используется в качестве регулируемой переменной. К недостаткам можно отнести низкую точность для механических величин, равно как и запоздалое обнаружение неисправностей. Особенно при коллизиях на высокой скорости, измерение тока двигателя слишком медленное средство, чтобы с его помощью своевременно предпринять контрмеры. На практике управление током можно рассматривать как возможную альтернативу предохранительным муфтам, предполагая, что в этих случаях есть применение только с небольшой динамикой и мягкими нарушениями, соударениями.

Еще одна мера для предотвращения коллизий, это базирующаяся на программном обеспечении система, которая распознает недопустимое сближение компонентов станка в рабочем пространстве. Программные решения выполняются в основном в фоновом режиме, но при этом ставятся высокие требования к вычислительной мощности. Они воспроизводят лишь относительно грубую форму рабочей зоны машины, станка. Ошибки в области используемых инструментов или заготовок не учитываются.

Шаг 2: Удерживающая нагрузку или разъединяющая нагрузку - какая муфта подходит для моего случая применения?

2.1 Выбор правильной основной функции

Чтобы надёжно защищать от повреждений при перегрузке, предохранительная муфта должна оптимально соответствовать конкретному случаю применения. Именно поэтому перед покупкой это действительно важно: из технических характеристик Вашей конфигурации привода точно определить требования к муфте. При этом, наряду с такими аспектами, как конструктивное исполнение, компоновка, крутящий момент и частота вращения, характер передачи крутящего момента играет решающую роль. Так предохранительные муфты в основном делятся в соответствии с их принципом работы на удерживающие нагрузку и разъединяющие нагрузку муфты.

Большинство осей привода сегодня оснащены фрикционными муфтами, магнитными муфтами длительного проскальзывания или муфтами с геометрическим замыканием. Поэтому в данном техническом документе рассматриваются только эти, доминирующие на рынке конструктивные виды.



2.2 Удерживающие нагрузку предохранительные муфты

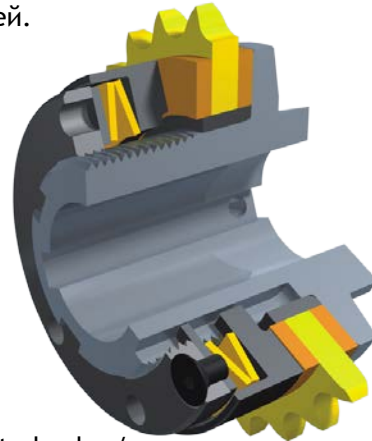
2.2.1 Фрикционные муфты

Фрикционные муфты начинают проскальзывать, когда превышен определенный предельный момент. При этом коэффициент трения, сила трения, как и количество и расположение фрикционных поверхностей, определяют величину достижимого крутящего момента. Фрикционные муфты надежны и просты в обращении. Тем не менее, условия окружающей среды, такие как температура, влажность и масляный туман, влияют на величину коэффициента трения и тем самым на величину крутящего момента перегрузки. Фрикционные муфты вследствие этого не достигают столь высокой точности регулировки и повторяемости как качественные высокоточные предохранительные муфты с геометрическим замыканием.

Фрикционно работающая муфта, такая как ROBA®-Rutschnabe / ROBA®-slip hubs, создает крутящий момент через органические фрикционные накладки, которые прижаты предварительно поджатыми тарельчатыми пружинами. Чем сильнее тарельчатые пружины поджимаются регулировочной гайкой, тем выше крутящий момент, при котором начнет проскальзывать элемент привода. Благодаря градуировке на регулировочной гайке возможна бесступенчатая, плавная установка крутящего момента и его подстройка после износа фрикционных накладок. При перегрузке муфты проскальзывают, но продолжают держать нагрузку с установленным, заданным крутящим моментом.

Муфты ROBA®-Rutschnabe / ROBA®-slip hubs используются в приводах станков с цепными звездочками, зубчатыми колесами или шкивами и зачастую, в связи с их функцией удержания нагрузки являются предпочтительным решением для вертикально нагруженных осей.

Они сконструированы таким образом, что могут быть приспособлены для различных условий привода: например, имеются конструктивные исполнения для очень узких или широких элементов привода или для приводов с большими радиальными нагрузками и большой частотой проскальзывания. Добавьте к этому, среди прочего, оптимизированные по мощности исполнения с двумя парами фрикционных накладок или исполнения с нажимными шайбами из нержавеющей стали, которые, например, в установках, стоящих на открытом воздухе или при длительных простоях, предотвращают коррозию и схватывание фрикционных накладок.



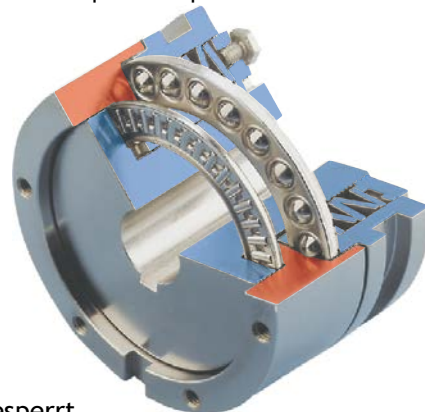
ROBA®-Rutschnabe /
ROBA®-slip hubs

2.2.2 Отключающие питание приводов муфты с геометрическим замыканием для грузоподъемных механизмов и вертикальных осей

Для приложений, которые требуют высокую точность регулировки и точность повторяемости предохранительной муфты, но для которых разделение сторон привода и выхода не допускается, рекомендуется использовать отключающие питание приводов муфты как EAS®-gesperrt (датчик крутящего момента). При перегрузке запирающие тела, здесь шарики, выдвигаются из своих лунок. Движение деталей муфты, которые они вызывают выдвиганием, регистрируется с помощью концевого выключателя.

Он дает сигнал на отключение привода. Механический ограничитель предотвращает, чтобы муфта полностью расцепилась и вместе с тем обеспечивает надежную передачу нагрузки.

Муфта EAS®-gesperrt (датчик крутящего момента) таким образом, не прерывает передачу крутящего момента. Она при перегрузке проворачивается лишь на несколько угловых градусов, и передает неизменный момент в полном объеме. Она работает, так сказать, как передающий крутящий момент концевой выключатель. Отключающие питание приводов муфты, поэтому пригодны для использования в подъемных механизмах и вертикальных осях.



EAS®- gesperrt
(датчик крутящего момента)

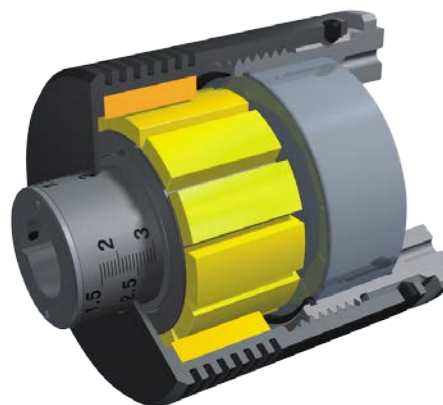
2.2.3 Магнитные муфты длительного проскальзывания в технологии заворачивания и технологии намотки

Для приложений с малым диапазоном крутящего момента, где особенно важен равномерный перенос нагрузки, подходят муфты продолжительного проскальзывания как ROBA®-contitorque. Они передают крутящий момент без контакта при помощи магнитных сил, которые создаются постоянными магнитами и намагничивают гистерезисный материал. Если эксплуатационный крутящий момент в случае перегрузки превышает установленный предельный крутящий момент, муфта проскальзывает. То есть, сторона привода и сторона выходного элемента вращаются относительно друг друга с относительной скоростью вращения, так называемой скоростью вращения проскальзывания. Гистерезисный материал постоянно перемагничивается, передача крутящего момента происходит асинхронно. После устранения перегрузки относительная скорость вращения снижается до нуля, крутящий момент снова синхронно передается между сторонами привода и выходного элемента отбора мощности.

Благодаря бесконтактной передаче крутящего момента гистерезисные муфты работают также как и муфты на постоянных магнитах, не подвергаясь износу и не требуя технического обслуживания. Но гистерезисные муфты обеспечивают очень равномерный и плавный крутящий момент по сравнению с муфтами на постоянных магнитах. Гистерезисные муфты как ROBA®-contitorque наилучшим образом подходят, например, для использования в технологии заворачивания, для равномерного навинчивания всех типов закручивающихся крышек с четко определенным крутящим моментом.

По сравнению с муфтами на постоянных магнитах они предлагают значительно лучшее осуществление укупорки, как и благодаря своему принципу действия низкий уровень вибрации и более длительный срок службы оборудования.

Кроме того, гистерезисные муфты используются, например, как ограничение тягового усилия во время наматывания и разматывания пряжи, нитей, проволоки или пленки и служат в испытательном оборудовании для имитации определенных нагрузок. Коррозионностойкие исполнения из нержавеющей стали с защищенными от коррозии магнитами и стопорными кольцами рекомендуются для использования в тех областях, в которых влага, жидкие моющие средства или агрессивные среды относятся к повседневным условиям окружающей среды.



ROBA®-contitorque

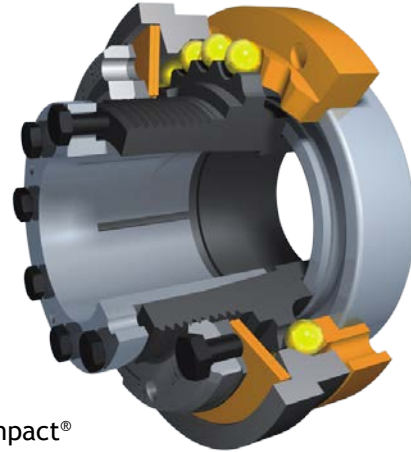
2.3 Разъединяющие нагрузку предохранительные муфты

Практически во всех отраслях промышленности сегодня используются муфты с запирающими телами, следовательно, предохранительные муфты, работающие с геометрическим замыканием. В этих муфтах в штатном режиме работы запирающие тела, такие как шарики или ролики, находящиеся под давлением, удерживаются в своих зазенкованных углублениях, лунках. В случае перегрузки запирающие тела выдвигаются из лунок, таким образом, соединение, обусловленное геометрическим замыканием, прекращается. Стороны привода и выхода механически разделяются. Выключатель может воспринять эти механические движения расцепления и выключить привод. Качественные высокоточные предохранительные муфты можно очень точно отрегулировать и достичь высокой повторяемости. По своему поведению при расцеплении и зацеплении они подразделяются на муфты с повторным зацеплением (так называемые “храповые” муфты с повторным зацеплением через поворот, кратный 15 градусам и “синхронные” муфты - через поворот на 360 градусов) и на муфты без автоматического повторного зацепления, а также на переключаемые и регулируемые муфты.

2.3.1 Предохранительные муфты с повторным зацеплением для высочайшей точности

Предохранительные муфты с геометрическим замыканием с повторным зацеплением как, например, EAS[®]-compact[®], EAS[®]-NC или EAS[®]-smartic[®] расцепляются, выходят из зацепления лишь только когда достигается установленный предельный крутящий момент. Крутящий момент сразу падает. После того, как перегрузка устраняется, муфты с повторным зацеплением (так называемые “храповые” муфты) опять автоматически входят в зацепление своими шариками в одно из следующих, расположенных непосредственно одно за другим гнездо для шариков через каждые 15 градусов. Синхронные муфты входят же в зацепление через 360 градусов, таким образом, после полного оборота, точно опять в том же самом месте. Другие последовательности цикла, такие как, например 180 градусов могут быть также реализованы. После этого муфты снова готовы к работе.

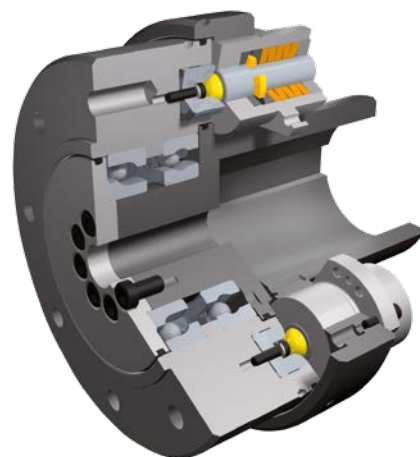
Качественные высокоточные предохранительные муфты очень точно регулируются и работают с высокой точностью повторяемости. Они передают крутящий момент во время нормальной работы без люфта и тем самым обеспечивают длительный срок службы и низкий износ. Различные муфты с их многочисленными конструктивными типами и исполнениями, например, из нержавеющей стали, с герметичными уплотнениями или с корпусом, зарекомендовали себя во всех областях машиностроения и отвечают требованиям современного электрического привода надёжно и безопасно.

EAS[®]-compact[®]

2.3.2 Муфты без автоматического повторного зацепления для тяжелых и высокоскоростных приводов

Муфты без автоматического повторного зацепления как EAS[®]-compact[®] Freischaltkupplung имеют те же самые положительные характеристики, что и предохранительные муфты с геометрическим замыканием с повторным зацеплением, но различаются по принципу действия. Они разъединяют стороны привода и выхода практически без остаточного момента. Накопленная энергия вращения может свободно выбегать. Муфты остаются расцепленными, пока они не будут осознано введены снова в зацепление вручную или с помощью приспособлений. Предохранительные муфты без автоматического повторного зацепления поэтому пригодны в качестве ограничения крутящего момента для тяжелых и высокоскоростных приводов в связи с большими вращающимися массами, которые в случае перегрузки должны свободно выбегать.

Муфты без автоматического повторного зацепления на базе отдельных перегрузочных элементов, такие как EAS[®]-Elementkupplung обеспечивают защиту от перегрузки для систем с очень высоким крутящим моментом в компактном пространстве. Для установок, таких как, например, экструдеры, которые предъявляют особые требования к муфтам, важно при выборе обращать внимание на оптимизированные с учетом отрасли, разработанные по техническим условиям заказчика виды конструкции. Так, например, муфта EAS[®]-dutytorque специально задумана для защиты от перегрузок в экструдерах. Такие разработки, как предохранительные высокоскоростные муфты EAS[®]-HSC и EAS[®]-HSE с высокой плотностью мощности подходят для частоты вращения до 20000 оборотов в минуту и поэтому зарекомендовали себя особенно хорошо для использования в испытательных стендах.

EAS[®]-Elementkupplung

2.3.3 Переключаемые и регулируемые муфты для подходящей защиты протекающего процесса от перегрузки

Переключаемые и регулируемые предохранительные муфты, как EAS®-Sp или EAS®-Sm/Zr срабатывают не только при перегрузке, но также могут включаться удаленно и независимо приводиться в действие. Таким образом, они дают возможность в рабочем процессе по обусловленным причинам, подключать или отключать компоненты установки. Передача крутящего момента при этом осуществляется не с помощью пружин, а усилие предварительного нажатия создается электромагнитом или сжатым воздухом. В обоих случаях предельный крутящий момент для перегрузки - по величине электрического напряжения или соответственно, уровню давления воздуха - также устанавливается и регулируется во время работы.

Защита от перегрузки, следовательно, может быть оптимально адаптирована к технологическому процессу. Это важно при постоянно меняющемся рабочем режиме и при изменяющихся последовательностях и скорости циклов. Переключаемые и регулируемые муфты используются во всех типах автоматизированных машин, таких как упаковочные машины, линии розлива, или печатные машины, которые выполняют функции передачи на следующую операцию поточной линии, функции позиционирования, контроля и управления.



EAS®-Sp

Шаг 3: Какое конструктивное исполнение подходит для моего привода?

Если соответствующий вид муфты, найденный для применения, подходит, то важно правильно выбрать конструкцию и исполнение для соединения с приводом.

Примеры встройки муфт на следующих двух страницах показывают только подборку наиболее распространенных конструктивных исполнений муфт с геометрическим замыканием и фрикционных муфт.

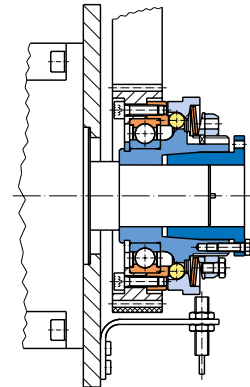
3.1 Конструктивные исполнения для непрямого привода

При непрямом приводе передача мощности осуществляется через ременную, цепную передачу или зубчатое зацепление. Конец привода и ведомый вал не только расположены несоосно, но и смещены.

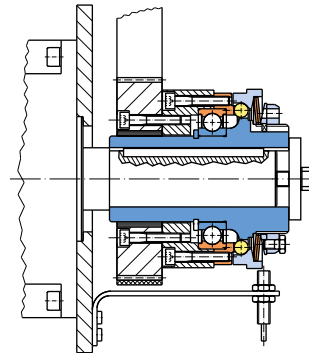
3.1.1 Муфты с геометрическим замыканием

Для муфт с геометрическим замыканием, элемент привода должен быть прифланцеванный - соединен на фланцах с предохранительной муфтой. В зависимости от типа и размера приводного элемента это возможно, например, со следующими конструктивными исполнениями:

Муфта EAS[®]-compact[®]/EAS[®]-NC с короткой втулкой - это фланцевая муфта для прямого монтажа элементов привода с результирующей радиальной силой примерно по центру подшипника. Приводной элемент центрируется на радиальном шарикоподшипнике и соединяется с нажимным фланцем винтами.



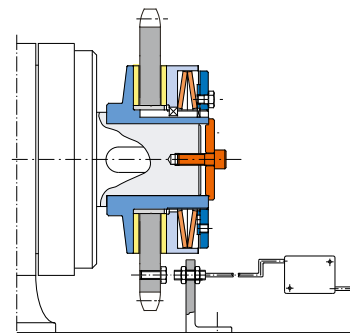
Муфта EAS[®]-compact[®]/EAS[®]-NC с длинной выступающей втулкой - это фланцевая муфта для очень широких приводных элементов или элементов с очень маленьким диаметром. В качестве опоры для приводного элемента подходят шарикоподшипники, игольчатые подшипники или подшипники скольжения.



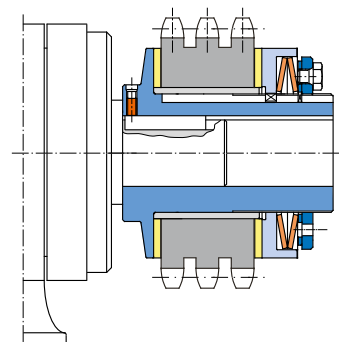
3.1.2 Фрикционные муфты

Фрикционные муфты требуют интеграции элемента привода в проскальзывающую муфту. Это, например, следующие конструктивные исполнения:

Муфта ROBA[®]-Rutschnabe / ROBA[®]-slip hubs с встроенной стандартной звездочкой предлагается как недорогой вариант исполнения с высоким коэффициентом безопасности для всех без исключения цепных передач.



Муфта ROBA[®]-max предназначена для элементов привода с особенно большой шириной встраиваемого элемента, таких как двухрядные цепные звездочки, и может передавать более высокий крутящий момент.



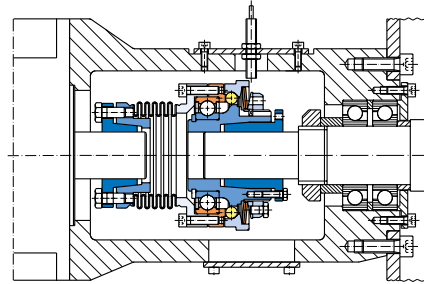
3.2 Конструктивные исполнения для прямого привода

Для прямого привода, оси привода и выходной стороны находятся на одной прямой: Но небольшая несоосность, как правило, неизбежна. Она является результатом производственных допусков, ошибок выравнивания при монтаже и температурного расширения в процессе эксплуатации. Поэтому предохранительные муфты для прямого привода сочетаются с различными соединительными муфтами, компенсирующими смещение валов.

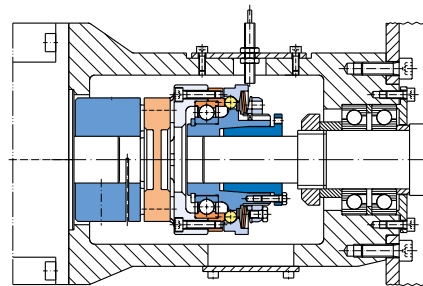
3.2.1 Муфты с геометрическим замыканием

Для предохранительных муфт с геометрическим замыканием предпочтение при использовании в комбинации отдают муфтам с металлическими сильфонами, муфтам с пакетами дисков/ламелей или упругим муфтам со звездочками из эластомеров. Эти соединительные муфты компенсируют осевые, радиальные и угловые смещения валов:

Муфта EAS[®]-compact[®]/EAS[®]-NC с металлическим сильфоном обеспечивает высокую жесткость на кручение и допускает относительно большие радиальные и угловые смещения валов.



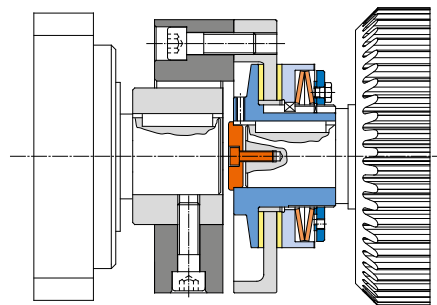
Муфта EAS[®]-compact[®] lastic spielfrei - исполнение для двух валов с безззорной эластомерной муфтой. Она обладает хорошими свойствами демпфирования.



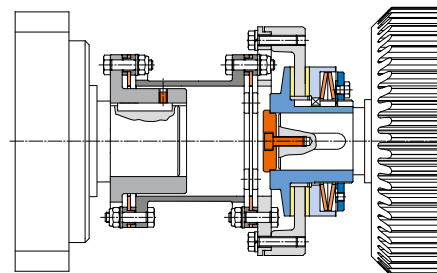
3.2.2 Фрикционные муфты

Проскальзывающие муфты для прямого привода можно комбинировать в зависимости от требований с упругими, высокоэластичными или жесткими на кручение соединительными муфтами для валов.

Муфта ROBA[®]-lastic с высокоэластичной соединительной муфтой является предохранительной муфтой с регулируемым крутящим моментом для соединения двух валов. Эластичная звездочка упругой муфты имеет очень хорошую способность к смещению и действует как демпфер при крутильной вибрации и ударах.



В исполнении ROBA[®]-LD в качестве эластичной части муфты используется жесткая на кручение, упругая на изгиб, цельно стальная муфта с пакетом дисков/ламелей. Она служит для компенсации смещений валов при передаче крутящего момента с небольшим крутильным смещением.



Шаг 4: Определение параметров - выбор Размера, расчет энергии и установка крутящего момента для горизонтальных осей сервоприводов

Технические комментарии

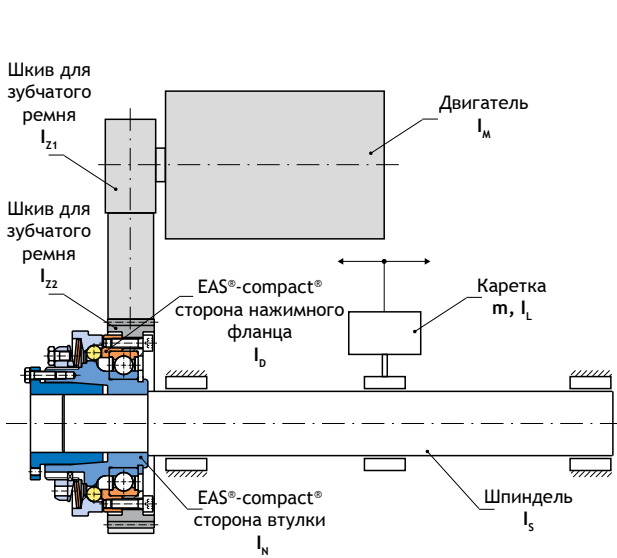


Рис. 1

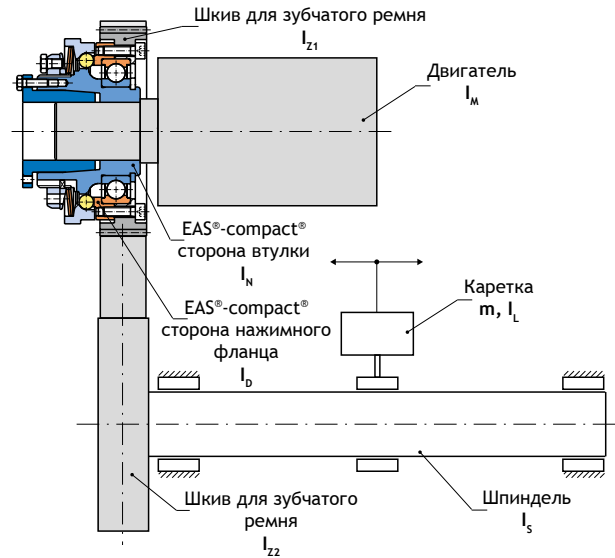


Рис. 2

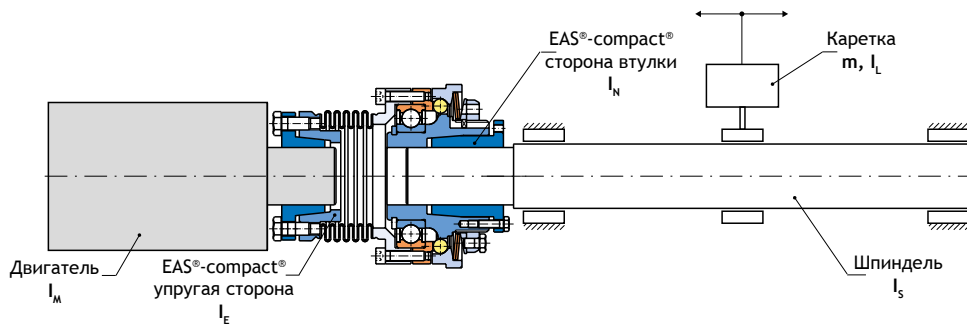
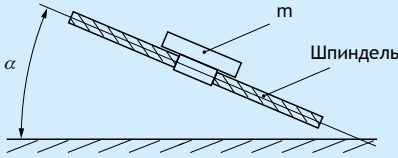


Рис. 3

Компоновка Рис. 1	Компоновка Рис. 2	Компоновка Рис. 3
Полный момент инерции без муфты EAS®-compact®		
$I_g = I_M + I_{Z1} + (I_{Z2} + I_S + I_L) \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ $I_L \text{ из уравнения (7)}$	$I_g = I_M + I_{Z1} + (I_{Z2} + I_S + I_L) \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ $I_L \text{ из уравнения (7)}$	$I_g = I_M + I_{ку} + I_S + I_L$ $I_L \text{ из уравнения (7)}$
Момент инерции стороны привода относительно вала с муфтой EAS®-compact®		
$I_1 = I_D + I_{Z2} + (I_{Z1} + I_M) \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$	$I_1 = I_M + I_N$	$I_1 = I_M + I_E$
Момент инерции стороны выхода (сторона шпинделя) относительно вала с муфтой EAS®-compact®		
$I_2 = I_N + I_S + I_L$ $I_L \text{ из уравнения (7)}$	$I_2 = I_D + I_{Z1} + (I_{Z2} + I_S + I_L) \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ $I_L \text{ из уравнения (7)}$	$I_2 = I_N + I_S + I_L$ $I_L \text{ из уравнения (7)}$
Предварительный выбор муфты		
$M_{необх.} = 1,5 \cdot M_2$ $M_2 \text{ из уравнения (4)}$	$M_{необх.} = 1,5 \cdot M_1$	$M_{необх.} = 1,5 \cdot M_1$

Компоновка Рис. 1	Компоновка Рис. 2	Компоновка Рис. 3
Крутящий момент на шпинделе		
$M_2 = M_1 \cdot \frac{n_1}{n_2}$	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 [Нм] (4)
Скорость подачи каретки		
$v = \frac{p \cdot n_2}{6 \cdot 10^4}$	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 $[\frac{M}{c}]$ (5)
Угловая скорость вала двигателя w_1 и шпинделя w_2		
$w_1 = \frac{n_1 \cdot p}{30}$ $w_2 = \frac{n_2 \cdot p}{30}$	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 $[c^{-1}]$ (6)
Масса каретки сведена к шпинделю		
$I_L = m \cdot \frac{v^2}{w_2^2}$ v из уравнения (5), w_2 из уравнения (6)	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 $[кгм^2]$ (7)
Энергия при внештатной ситуации (перегрузке) без муфты EAS[®]-compact[®]		
$W_g = \frac{1}{2} \cdot I_g \cdot w_1^2$ I_g из уравнения (1), w_1 из уравнения (6)	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 [Дж] (8)
Энергия при внештатной ситуации (перегрузке) с муфтой EAS[®]-compact[®]		
$W_2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_2^2$ I_2 из уравнения (3), w_2 из уравнения (6)	$W_2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_1^2$ I_2 из уравнения (3), w_1 из уравнения (6)	$W_2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_1^2$ [Дж] (9) I_2 из уравнения (3), w_1 из урия (6)
Остаточная энергия после перегрузки		
$W_R = \frac{W_2}{W_g} \cdot 100$ W_g из уравнения (8), W_2 из уравнения (9)	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 [%] (10)
Отведенная энергия		
$DW = W_g - W_2$ $DW = 100 - W_R$ W_g из уравнения (8), W_2 из уравнения (9), W_R из уравнения (10)	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 [Дж] (11) [%] (12)
Необходимый крутящий момент расцепления во время разгона (Ось горизонтальна)		
$M_A = M_B \cdot \frac{I_2}{I_2 + I_1} \cdot \frac{n_1}{n_2}$ I_1 из уравнения (2), I_2 из уравнения (3)	соотношение скоростей вращения n_1 / n_2 опускается (соотношением пренебрегаем)	соотношение скоростей вращения n_1 / n_2 опускается (соотношением пренебрегаем) [Нм] (13)
Необходимый крутящий момент расцепления во время разгона (Ось направлена произвольным образом)		
$M_A = [(M_B \cdot \frac{n_1}{n_2} - M_L) \cdot \frac{I_2}{I_2 + I_1} + M_L] \times 1,2$ M_L из уравнения (15)	$M_A = [(M_B - M_L \cdot \frac{n_2}{n_1}) \cdot \frac{I_2}{I_2 + I_1} + M_L \cdot \frac{n_2}{n_1}] \times 1,2$ M_L из уравнения (15)	$M_A = [(M_B - M_L) \cdot \frac{I_2}{I_2 + I_1} + M_L] \times 1,2$ M_L из уравнения (15) [Нм] (14)
Нагружающий момент массы каретки при направлении оси шпинделя произвольным образом		
$M_L = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha \cdot p}{2 \cdot p \cdot 1000}$ 	как компоновка Рис. 1	как компоновка Рис. 1 [Нм] (15)
Установка предельного значения крутящего момента		
$M_G = 1,5 \cdot M_2$ M_2 из уравнения (4)	$M_G = 1,5 \cdot M_1$	$M_G = 1,5 \cdot M_2$ M_2 из уравнения (4) [Нм] (16)
Условие: Крутящий момент расцепления M_A , из уравнения (13) или (14) (умноженный на Фактор/Коэффициент 1,2) должен быть меньше, чем установленный на муфте крутящий момент M_G .		

Технические комментарии

Пример расчета

Компоновка как на Рис. 1

Данные:

Масса каретки	m	=	560 кг
Момент инерции двигателя	I_M	=	0,0037 кгм ²
Момент инерции	I_{z1}	=	0,0006 кгм ²
шкивов зубчатого ремня	I_{z2}	=	0,01132 кгм ²
Момент инерции шпинделя	I_S	=	0,00067 кгм ²
Частота вращения привода мотора	n_1	=	2000 мин ⁻¹
Частота вращения шпинделя	n_2	=	1000 мин ⁻¹
Ход шпинделя	p	=	10 мм
Номин. крутящий момент двигателя	M_1	=	14 Нм
Макс. крутящий момент двигателя	M_B	=	40 Нм

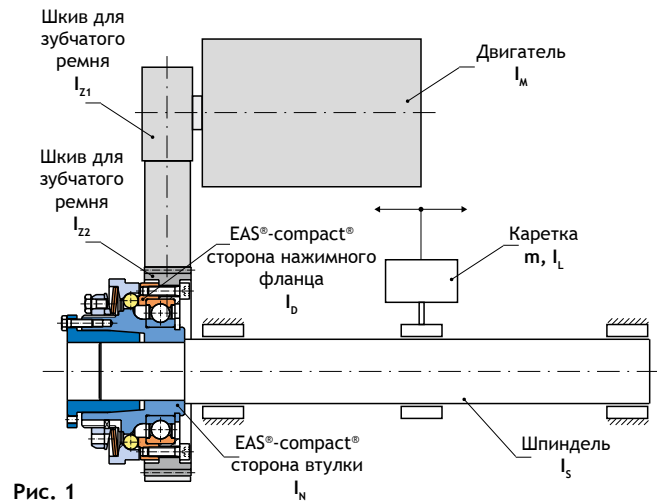


Рис. 1

Предварительный выбор муфты

$$M_{\text{необ.}} = 1,5 \cdot M_2 \quad M_{\text{необ.}} = 1,5 \cdot 28 = 42 \quad [\text{Нм}]$$

Выбрано: EAS[®]-compact[®] Размер 0, Тип 490.610.0

Диапазон моментов для перегрузки $M_G = 20 \div 50$ Нм
(из Техн. данных, Стр. 9 - каталога EAS[®]-compact[®])

Момент инерции муфты EAS[®]-compact

Сторона втулки $I_N = 0,000531$ кгм²
(из Техн. данных, Стр. 9 - каталога EAS[®]-compact[®])

Сторона нажимного фланца $I_D = 0,000234$ кгм²
(из Техн. данных, Стр. 9 - каталога EAS[®]-compact[®])

Полный момент инерции без муфты EAS[®]-compact[®]

$$I_g = I_M + I_{z1} + (I_{z2} + I_S + I_L) \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad I_L \text{ из уравнения (7)}$$

$$I_g = 0,0037 + 0,0006 + (0,01132 + 0,00067 + 0,00142) \cdot \left(\frac{1000}{2000}\right)^2$$

$$I_g = 0,00765 \quad [\text{кгм}^2] \quad (1)$$

Момент инерции стороны привода относительно вала с муфтой EAS[®]-compact[®]

$$I_1 = I_D + I_{z2} + (I_{z1} + I_M) \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

$$I_1 = 0,000234 + 0,01132 + (0,0006 + 0,0037) \cdot \left(\frac{2000}{1000}\right)^2$$

$$I_1 = 0,0287 \quad [\text{кгм}^2] \quad (2)$$

Момент инерции стороны выхода (сторона шпинделя) относительно вала с муфтой EAS[®]-compact[®]

$$I_2 = I_N + I_S + I_L \quad I_L \text{ из уравнения (7)}$$

$$I_2 = 0,000531 + 0,00067 + 0,00142 = 0,00262 \quad [\text{кгм}^2] \quad (3)$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{n_1}{n_2} = 14 \cdot \frac{2000}{1000} = 28 \quad [\text{Нм}] \quad (4)$$

Скорость подачи каретки

$$v = \frac{p \cdot n_2}{6 \cdot 10^4} = \frac{10 \cdot 1000}{6 \cdot 10^4} = 0,1667 \quad \left[\frac{\text{м}}{\text{с}}\right] \quad (5)$$

Угловая скорость вала двигателя w_1 и шпинделя w_2

$$w_1 = \frac{n_1 \cdot p}{30} = \frac{2000 \cdot p}{30} = 209 \quad [\text{с}^{-1}] \quad (6)$$

$$w_2 = \frac{n_2 \cdot p}{30} = \frac{1000 \cdot p}{30} = 104,7 \quad [\text{с}^{-1}] \quad (6)$$

Масса каретки сведена к шпинделю

$$I_L = m \cdot \frac{v^2}{w_2^2} = 560 \cdot \frac{0,1667^2}{104,7^2} = 0,00142 \quad [\text{кгм}^2] \quad (7)$$

v из уравнения (5), w_2 из уравнения (6)

Энергия при внештатной ситуации (перегрузке) без муфты EAS[®]-compact[®]

$$W_g = \frac{1}{2} \cdot I_g \cdot w_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,00765 \cdot 209^2 = 167 \quad [\text{Дж}] \quad (8)$$

I_g из уравнения (1), w_1 из уравнения (6)

Энергия при внештатной ситуации (перегрузке) с муфтой EAS[®]-compact[®]

$$W_2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot w_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,00262 \cdot 104,7^2 = 14 \quad [\text{Дж}] \quad (9)$$

I_2 из уравнения (3), w_2 из уравнения (6)

Остаточная энергия после перегрузки

$$W_R = \frac{W_2}{W_g} \cdot 100 = \frac{14}{167} \cdot 100 = 8,4 \quad [\%] \quad (10)$$

W_g из уравнения (8), W_2 из уравнения (9)

Отведенная энергия

$$DW = W_g - W_2 = 167 - 14 = 153 \quad [\text{Дж}] \quad (11)$$

$$DW = 100 - W_R = 100 - 8,4 = 91,6 \quad [\%] \quad (12)$$

Необходимый крутящий момент расцепления во время разгона (Ось горизонтальна)

$$M_A = M_B \cdot \frac{I_2 \cdot n_1}{I_2 + I_1 \cdot \frac{n_1}{n_2}} \quad I_1 \text{ из уравнения (2)}$$

$$M_A = 40 \cdot \frac{0,00262 \cdot 2000}{0,00262 + 0,0287} = 6,7 \quad [\text{Нм}] \quad (13)$$

Установка предельного значения крутящего момента

$$M_G = 1,5 \cdot M_2 = 1,5 \cdot 28 = 42 \quad [\text{Нм}] \quad (16)$$

Условие: Крутящий момент расцепления $1,2 \cdot M_A = 1,2 \cdot 6,7 = 8,04$ Нм
есть меньше, чем установленный на муфте крутящий момент $M_G = 42$ Нм.

Технические комментарии

Обозначения

I_g	[кгм ²]	Полный момент инерции без муфты EAS [®] -compact [®]
I_1	[кгм ²]	Момент инерции стороны привода относительно вала с муфтой EAS [®] -compact [®]
I_2	[кгм ²]	Момент инерции стороны выхода (сторона шпинделя) относительно вала с муфтой EAS [®] -compact [®]
I_M	[кгм ²]	Момент инерции двигателя
I_{z1}	[кгм ²]	Момент инерции шкива для зубчатого ремня со стороны двигателя
I_{z2}	[кгм ²]	Момент инерции второго шкива для зубчатого ремня
I_s	[кгм ²]	Момент инерции шпинделя
I_L	[кгм ²]	Масса каретки сведена к шпинделю
I_N	[кгм ²]	Момент инерции муфты EAS [®] -compact [®] , сторона втулки
I_D	[кгм ²]	Момент инерции муфты EAS [®] -compact [®] , сторона нажимного фланца
I_E	[кгм ²]	Момент инерции муфты EAS [®] -compact [®] , упругая муфта
I_{Ku}	[кгм ²]	Момент инерции Соединения-Два-Вала перед установкой,стройкой муфты EAS [®] -compact [®]
M_1	[Нм]	Номинальный крутящий момент двигателя
M_2	[Нм]	Крутящий момент на шпинделе
M_A	[Нм]	Необходимый крутящий момент расцепления во время разгона
M_B	[Нм]	Максимальный крутящий момент двигателя
M_G	[Нм]	Предельный крутящий момент для перегрузки
M_L	[Нм]	Нагружающий момент массы каретки при направлении оси шпинделя произвольным образом
$M_{необх.}$	[Нм]	Необходимый крутящий момент для предварительного выбора муфты
g	[м·с ⁻²]	Ускорение силы тяжести
m	[кг]	Масса каретки
n_1	[мин ⁻¹]	Частота вращения привода двигателя (ускоренный ход)
n_2	[мин ⁻¹]	Частота вращения шпинделя (ускоренный ход)
p	[мм]	Ход шпинделя
v	[м·с ⁻¹]	Скорость подачи каретки
W_g	[Дж]	Полная энергия при внештатной ситуации (перегрузке) без муфты EAS [®] -compact [®]
W_2	[Дж]	Полная энергия при внештатной ситуации (перегрузке) с муфтой EAS [®] -compact [®]
W_R	[%]	Остаточная энергия после перегрузки
DW	[Дж]	Отведенная энергия
DW	[%]	Отведенная энергия
w_1	[с ⁻¹]	Угловая скорость вала двигателя
w_2	[с ⁻¹]	Угловая скорость шпинделя

Шаг 5: Восприятие сигнала при перегрузке

5.1 Внешний концевой выключатель

Для фрикционных предохранительных муфт при перегрузке можно обнаружить разницу в частоте вращения между приводным и выходным валами, которая возникает при проскальзывании, и использовать это как сигнал для отключения привода. Предохранительные муфты с геометрическим замыканием расцепляются при недопустимо высоком крутящем моменте. Как правило, концевые выключатели или бесконтактные инициаторы фиксируют эти движения расцепления и подают вместе с тем сигнал к выключению привода. Таким образом, процесс расцепления/сцепления проводится как можно короче, потому что излишне долгое состояние стремления к автоматическому повторному зацеплению через шарики укорачивает срок службы важных основных функциональных деталей. Внешние механические или бесконтактные концевые выключатели должны быть точно установлены и настроены, чтобы надёжно обнаружить движение в несколько миллиметров при расцеплении муфты. Если во время текущей эксплуатации изменяется положение муфты, например, за счет теплового расширения вала, то это может привести к поломкам.

5.2 Встроенный концевой выключатель с передачей радиосигнала

Для безззорной предохранительной муфты с геометрическим замыканием EAS[®]-sensor обнаружение перегрузки интегрировано. Микровыключатель регистрирует здесь при перегрузке движение расцепления и посылает сигнал посредством радио дальше по беспроводной сети на базовую станцию, которая связана с управлением станка. Это обнаружение перегрузки работает очень надёжно, потому что внешние воздействия не оказывают негативного влияния на функциональную надёжность. Муфта EAS[®]-sensor настраивается на заводе до эксплуатационной готовности к работе, тем самым на месте не требуются ни монтаж, ни работы по настройке.

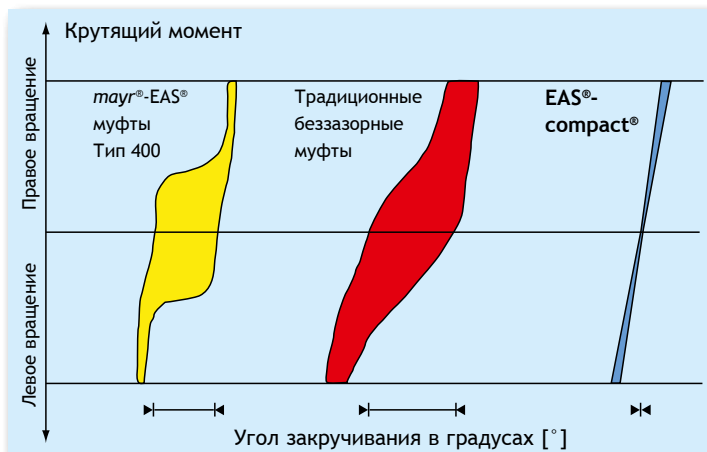
Шаг 6: Какие характеристики отличают высококачественные предохранительные муфты

На рынке не все муфты отвечают требованиям качества и надёжности. Поэтому это важно, при выборе муфты обращать внимание на лучшие характеристики относительно отсутствия люфта (безззорности), срока службы, процесса протекания крутящего момента в случае перегрузки, удобства монтажа, эксплуатации и регулировки и на широкую линейку продукции производителя. Превосходные качественные характеристики приносят в процессе эксплуатации технические преимущества, и помогают сэкономить драгоценное время и средства.

6.1 Отсутствие зазора

В современных станках с приводами, которые часто работают с высокой частотой вращения или в реверсивном режиме, должны использоваться в основном безззорные предохранительные муфты, работающие с геометрическим замыканием. Поскольку, как правило, в таких условиях эксплуатации конструктивные исполнения, имеющие люфт, расположены к износу и преждевременному выходу из строя, отказу. Многие, якобы "безззорные" предохранительные муфты являются безззорными, но только тогда, когда они совершенно новые. До тех пор, пока передающие момент элементы преднапряжены из-за определенной, установленной "ошибки" разделения в зацеплении между сторонами привода и выхода, безззорность удерживается. Но уже при небольшом износе эта ошибка в зацеплении устраняется: Система расслабляется и теряет первоначальную безззорность и жесткость. Напротив, предварительно поджатые тарельчатыми пружинами запирающие тела-шарики в зенкованных гнездах элементов муфты стороны привода и элементов стороны выхода, передающих крутящий момент зажимаются одновременно, безззорность остается в течение всего срока службы муфты.

EAS[®]-compact[®] - принцип безззорности

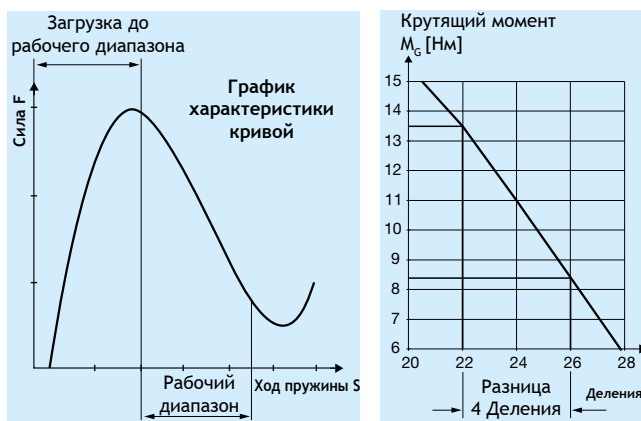


6.2 Срок службы

Срок службы предлагаемых на рынке предохранительных муфт колеблется очень сильно: Качественные различия часто проявляются только в эксплуатации. Для применений, когда случай перегрузки абсолютное исключение, используются многие предохранительные муфты. Но если - как в большинстве станков - частота перегрузки не может быть предсказана точно, нужно при покупке особое внимание обращать на качество устройства передачи крутящего момента и устройства ограничения крутящего момента. Чтобы сохранять по возможности износ до минимума, у качественных муфт все участвующие в передаче момента элементы изготовлены из высокопрочных материалов с закаленными, износостойкими рабочими поверхностями. Если это не так, то последствия - преждевременный износ, люфт, падающая жесткость на кручение и короткий срок службы.

6.3 Протекание крутящего момента в случае перегрузки

В предохранительных муфтах, работающих по принципу геометрического замыкания, при перегрузке запирающие тела-шарики расцепляют муфту, преодолевая сопротивление предварительно сжатой пружины. Цель при этом заключается в том, чтобы в течение кратчайшего времени и с наименьшей возможной нагрузкой на детали разъединить привод и выходной элемент. Если используются "нормальные" пружины, т.е. пружины с нарастающей, восходящей характеристикой, крутящий момент увеличивается во время процесса расцепления. Пружины сильнее предварительно сжимаются - их сила растет. Чтобы избежать этого явления, в высокоточных предохранительных муфтах используются тарельчатые пружины с падающей, нисходящей характеристикой. Их усилие снижается при возрастающем предварительном сжатии. Таким образом, крутящий момент при перегрузке немедленно падает.



6.4 Простота при монтаже, использовании и настройке

Не следует пренебрегать при выборе предохранительной муфты удобством при монтаже, простотой в эксплуатации и настройке. В идеале производитель устанавливает требуемый предельный для перегрузки крутящий момент не простым динамометрическим ключом, а очень точно на откалиброванных испытательных стендах. Кроме того, предохранительные муфты имеют градуировку на регулировочной гайке. Градуировка показывает, в каком направлении должна быть прокручена гайка, чтобы увеличить крутящий момент или соответственно уменьшить. Часто на шкале указаны только минимальное и максимальное значения, а также значение крутящего момента, установленного на заводе. Однако часто отсутствуют промежуточные значения, которые могут понадобиться, чтобы точно установить другой крутящий момент. Оптимальное удобство при установке момента дает градуировка, по которой каждый может легко установить желаемый крутящий момент и также легко считать величину с градуировки. Предохранитель от перекручивания предотвращает то, чтобы тарельчатые пружины при установке крутящего момента и затяжке гайки не вышли за допустимый, рабочий диапазон предварительного сжатия. Дополнительно предохранитель гарантирует, что установленный момент муфты даже в условиях сильных вибраций и скачков вращающего момента не изменится.

6.5 Многовариантность

Решающим для компетенции производителя наряду с технической зрелостью решений для муфт является также предложение разнообразных конструктивных решений и исполнений. Важен широкий спектр изделий для того, чтобы действительно, для практически каждого требования можно было предложить подходящую предохранительную муфту. Предохранительные муфты являются технически требовательными и требующими интенсивных консультаций продуктами. Только производитель с соответствующей широкой линейкой изделий, равно как и опытом разработок, производства, а также применения может оказывать объективное и специализированное, оптимизированное под задачи применения консультирование. И если Вы продаете свои станки по всему миру, Вы также обратитесь внимание на всемирную службу сервиса компонентов на местах.

Шаг 7: Перечень контрольных вопросов для выбора предохранительной муфты

- Только если Вы можете положиться на свою предохранительную муфту на 100%, на самом деле будет оправдано использование предохранительной муфты для защиты людей и станка. **Убедитесь, что Ваш поставщик обладает испытательными стендами высокого класса точности**, с помощью которых каждая предохранительная муфта проверена и откалибрована, настроена перед поставкой.
- **Посетите своего поставщика** и составьте для себя картину его возможностей. Есть ли у поставщика достаточный практический опыт в эксплуатации и в области разработок? Есть ли 100%-ная гарантия качества имеющегося оборудования и испытательных стендов для обширных испытаний определенного уровня развития?
- **Проведите аудит**, действительно ли поставщик производит продукцию в соответствии с нормами DIN ISO 9001/14001, Reach и ROHS и в соответствии с экологической и энергетической эффективностью, а также согласно декларациям соответствия?
- Пусть Вам покажут графики результатов испытаний для **жесткости на кручение и беззазорности** в новом состоянии и, например, через 1000 случаев срабатывания на расцепление. В процессе эксплуатации значения муфт у некоторых производителей могут ухудшиться уже после нескольких разъединений и Ваш станок потеряет точность позиционирования и, следовательно, прецизионность!
- **Все основные функциональные детали закалены?** Незакаленные функциональные детали ухудшают точность расцепления после нескольких случаев перегрузки и тем самым ставят под угрозу точность отключения и надежную защиту Вашего станка. В конечном счете, Вы, как производитель станка несете ответственность!
- **Имеется солидная складская программа компонентов?** Промышленные подшипники обеспечивают надежную и точную работу при расцеплении, в то время как дешевые подшипники собственного производства обычно имеют очень ограниченный срок службы и быстро влияют на точность расцепления.
- **Как ведут себя муфты в обращении?** Как работает механизм, расцепляющий муфты без автоматического повторного зацепления (механизм разблокировки)? Повторный ввод в эксплуатацию муфты быстрый и без проблем, или нужны специальные вспомогательные приспособления? Проверьте механизм разблокировки с помощью практического случая перегрузки.
- Стремится муфта с повторным зацеплением (“храповая” муфта) действительно самостоятельно каждые 15 угловых градусов войти в зацепление или используется только несколько подогнанных шариков, что лишает возможности **надежное автоматическое повторное зацепление?**
- **Какой расчет параметров вала и компонентов?** Указывает производитель в Руководстве по монтажу и эксплуатации, что предел прочности на разрыв втулки и конструкция соответствуют DIN 6892? Завышенные значения могут вызвать экстремальные риски в работе.
- Может ли поставщик гарантировать **полное отслеживание всех компонентов по серийным номерам** и хранение базы данных?

Контакты

Chr. Mayr GmbH + Co.KG
Eichenstraße 1, 87665 Mauerstetten
Тел. 08341/804-0, Факс. 08341/804-421
www.mayr.com; эл. почта: info@mayr.com

Представитель в России
ООО “СтанкоСпецСервис”
123242 Москва, ул.Конюшковская, 26
Тел. +7 499 252 5016, +7 495 776 5654
www.stankoss.ru; эл. почта: stankoss@stankoss.ru

Профиль компании

Основанное в 1897 году семейное предприятие *mayr*® Antriebstechnik является ведущим производителем предохранительных тормозов, предохранительных муфт и соединительных муфт для валов. Данные изделия разработаны, в первую очередь, для машин и установок с электроприводом. Помимо этого, они находят применение в разливочных установках, станках, упаковочных и печатных машинах, а также в лифтах, ветроэнергетических установках и сценическом оборудовании. В головном офисе Мауэрштеттена (Mauerstetten) в регионе Германии Альгой (Allgäu) заняты 600 сотрудников. По всему миру в компании *mayr*® Antriebstechnik заняты более 1000 сотрудников. Благодаря заводам в Польше и Китае, дочерним предприятиям в США, Франции, Великобритании, Италии, Сингапуре и Швейцарии, а также представительствам в 36 других странах, компания представлена по всему миру.

Авторы

Hermann Bestle, Simone Dauer
Тел. 08341/804-232
Факс. 08341/804-49232
эл. почта: hermann.bestle@mayr.de

Издание на русском языке
Олег Качковский
Тел. +7 985 776 5654
эл. почта: stankoss@stankoss.ru



*Chr. Mayr GmbH + Co. KG
Eichenstraße 1, D-87665 Mauerstetten
Тел.: +49 83 41/8 04-0, Факс.: +49 83 41/80 44 21
www.mayr.com, эл. почта: info@mayr.com*