

ЗАМЕНА ГИДРАВЛИКИ НА ЭЛЕКТРОМЕХАНИКУ: ЗАЧЕМ И КАК ЭТО ДЕЛАЮТ. ЧАСТЬ 2

ГЕОРГИЙ ГЛАДЫШЕВ
gladyshev@servostar.ru

В первой части статьи мы рассмотрели работу гидравлических и электромеханических систем, сравним их. Узнали, в каких случаях лучше использовать гидравлику, а в каких электромеханику и когда стоит произвести замену.

Во второй части речь пойдет о том, как правильно определить исходные данные, выбирая электромеханический привод. Проведем обзор инструмента Tolomatic Electric Actuator Sizing Application. Определим основные характеристики винтовых, шарико-винтовых, ролико-винтовых передач. Проведем обзор электромеханических приводов Tolmatic серии RSA-HT, RSX и электроцилиндра IMA. Кроме того, рассмотрим характеристики применимых с ними серводвигателей и сервоусилителей Kollmorgen. А завершим статью примером замены гидравлического привода на электромеханический в трубогибочном станке.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Прежде всего следует определить, какое усилие требуется создать, чтобы перемещать рабочее тело согласно технологической карте. Измерить необходимую силу может быть довольно непросто, поэтому чаще всего мы полагаемся на конструкторов-разработчиков нашей машины, надеясь, что они провели правильный расчет и заложили запас мощности не более 10%. И не нужно подбирать электромеханический привод, исходя из номинальных возможностей конкретного гидроцилиндра. Вспомним, что основное усилие F_1 (выдвижение) и F_2 (втягивание), развиваемое гидроцилиндром, рассчитывается по формуле:

$$F_1 = \frac{S1 \times P}{10} \text{ или } F_1 = \frac{D^2 \times P}{12,74},$$
$$F_2 = \frac{S2 \times P}{10} \text{ или } F_2 = \frac{(D^2 - d^2) \times P}{12,74},$$

где $S1$ и $S2$ — рабочие площади гидроцилиндра, мм; P — давление в полости, бар; D — диаметр гильзы, мм; d — диаметр штока, мм.

Если мы возьмем в расчет номинальные данные гидроцилиндра, то, скорее всего, получим сильно завышенный результат по усилию, поскольку очень часто компрессор не работает на полную мощность. Лучше производить расчет на основе данных рабочего давления (P).

Таким образом, мы можем рассчитать реальное усилие, при котором исполнительный механизм работает согласно технологии. В большинстве случаев оно будет меньше, чем в характеристиках, заявленных производителем гидравлического привода. После правильного выполнения расчета, результатом которого станут точные данные о рабочем усилии, мы можем смело переходить к подбору электромеханического привода, не опасаясь, что придется переплачивать за излишнюю мощность.

ПОДБОР ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

Различные производители используют разные инструменты для подбора электромеханических приводов. Одни предоставляют формулы и опросные листы, другие же предлагают интерактивные инструменты в реальном времени. Рассмотрим один из таких инструментов от компании Tolomatic, предлагающей простой и понятный интерфейс подбора. Tolomatic Electric Actuator Sizing Application — интерактивная программа, действующая в браузере, которую можно найти, перейдя по адресу <http://sizeit.tolomatic.com/>. Регистрации не требуется, достаточно

РИС. 1. ▼
Раздел Motion Profiler,
добавление нагрузки

Add Load

Load Name

Load kg

Center of Gravity mm

Distance X (Dx) mm

Distance Y (Dy) mm

Distance Z (Dz) mm

% Supported by Actuator %

Add moment prevention Guides to Prevent Deflection

[enlarge image](#)

просто поставить галочку напротив «I have read and agree to the terms and conditions» и приступить к подбору.

Application Details

На первый взгляд все понятно, вы выбираете единицы измерения, чаще всего это будут мм, штоковое или бесштоковое исполнение, длина рабочего хода, варианты электродвигателей и тип крепления, ориентация актуатора в пространстве. Дополнительно можно выбрать параметры окружающей среды, если планируется использовать электромеханический привод, к примеру, на улице или в морозильной камере.

Motion Profiler

В данном разделе необходимо добавить профиль скорости (рис. 1), только не следует путать его с профилем позиционирования. Кроме того, обратите внимание при заполнении данных нагрузки.

Если вы применяете направляющие для перемещения конечного объекта, установите галочку в поле Guides to Prevent Deflection. Производитель рекомендует использовать направляющие в том случае, если требуется штоковое исполнение актуатора, поскольку силы, не связанные с главным направлением работы штока, могут погнуть его и привести к некорректной работе или даже к выходу из строя всей системы линейного электромеханического привода.

Product Selector

Здесь надо выбрать интересующую серию актуаторов, а также тип винта. Как правильно выбрать необходимый тип винта и в чем их различия, мы рассмотрим далее. Сейчас же просто перечислим возможные варианты:

- Acme Screw with Delrin Nut (SN) — винт Асме с гайкой из делрина (SN);
- Ball Screw with Ball Nut (BN) — шарико-винтовая передача с шариковой гайкой (BN);
- Ball Screw with Low Backlash Ball Nut (BNL) — шарико-винтовая передача с шариковой гайкой с низким люфтом (BNL);
- Roller Screw (RN) — роликовый винт (RN);
- Acme Screw with Bronze Nut (BZ) — винт Асме с бронзовой гайкой (BZ).

Sizing Results

The screenshot shows the 'Sizing Results' interface. At the top, there are tabs for 'Matching Products' and 'Non-Matching Products'. Below is a 'Product Listing' section with a table. The table has columns: Model, Screw/Belt, Reduction, Ratio, Motor, Price Factor, and Config String. The first row is highlighted in yellow. Below the table is a pagination control showing 'First', '<', '1', '>', and 'Last'. At the bottom, there is a section for 'Options for Non-Matching Actuators' with a 'Why Failed' button.

Примечания. Винт Асме — конструкция резьбового винта и гайки, в которой используются скользящие поверхности между ними. Приблизительная эффективность составляет 60–70%.

Делрин — фирменное название пластика полиацетала (полиоксиметилена) фирмы Dupont.

Motor/Drive Specifications

Указав поле Your Motor Here mounting (YM), в дальнейшем вы сможете выбрать сервомотор, который планируете использовать, входной фланец актуатора будет изготовлен именно для него. Список основных производителей представлен ниже.

Sizing Results

В конечном счете мы получаем список возможных комбинаций и серий актуаторов, которые подходят именно нашей задаче. Но если в результате вы получили сообщение No matching products. See the Non-Matching Products tab or contact Tolomatic for further assistance, то не стоит расстраиваться. Можно открыть поле Non-Matching Products и выбрать актуатор, который хотели бы видеть в своем проекте (рис. 2).

Рис. 2. Sizing Results, Non-Matching Products

Если нажать кнопку Why Failed, можно увидеть, почему выбранный актуатор не выдерживает параметров, которые вы задали (рис. 3).

Внесите необходимые изменения, возможно, для этого придется пожертвовать производительностью

Рис. 3. Пример возможных вариантов несоответствия параметрам

Results	
Deflection	Passed Deflection Check
Bearing	Failed Loading. Non-Supported load 11023.11 > 50
Stroke Length	Passed Stroke Length
Motor	Passed Motor Requirements
GSA Nut	Passed GSA Nut Criteria
Screw Nut	Passed Nut Criteria
Thrust	Passed Screw and Nut Thrust Loads
Margin	Passed Torque and Inertia Margins
Thermal Check	Thermal Limit exceeded by 25% - Extra dwell time needed: 0.51s
Coupler Torque	Coupler Check - Not Used
Please consult with Tolomatic for assistance sizing your application	

РИС. 4. ▶
Актуаторы
Tolomatic RSA-HT

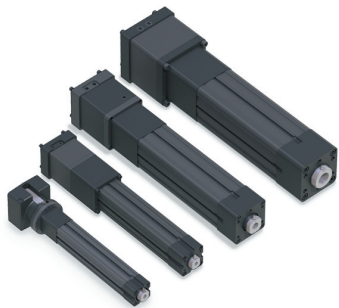


РИС. 5. ▶
Актуаторы Tolomatic RSX



или скорректировать конструкцию, добавив линейные направляющие, о чем мы писали ранее. Если вы сделали все правильно, то в окне Matching Products программа предложит список актуаторов, которые точно подойдут

для ваших задач. Затем вы сможете выбрать тип входного фланца и габарит сервомотора. Но прежде нажмите на Motor Specifications, чтобы посмотреть параметры производительности серводвигателя. Серводвигатель должен отвечать им, иначе электромеханический привод не сможет выполнить поставленную задачу.

КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ НЕОБХОДИМЫЙ ТИП ВИНТА

Выше мы уже писали о том, какие типы винтов вы можете выбрать в электромеханическом приводе. Сейчас же давайте разберемся, в чем их принципиальные различия. Не будем подробно останавливаться на характеристиках, а приведем сравнительные итоги в таблице.

Заметим, что к недостаткам шарико-винтовой и ролико-винтовой пары отнесен так называемый обратный ход, или свободное падение, но переживать из-за этого не стоит. Для всех актуаторов Tolomatic доступна опция Anti rotate. Данное опциональное устройство может быть как внутренним, так и внешним, оно предотвращает обратный ход и свободное падение нагрузки.

Рассмотрим серии актуаторов компании Tolomatic, которые имеют параметры, соответствующие требованиям к гидравлическим системам.

СЕРИЯ RSA-HT

Линейный электропривод RSA-HT (рис. 4) используется для тяжелых условий эксплуатации. Подходит для двигателей большего размера и обеспечивает высокое усилие с превосходной точностью. Эти мощные электрические линейные приводы оснащены шарико-винтовой или ролико-винтовой передачей, усиленным упорным подшипником и усиленными внутренними амортизаторами. Стандартная смазка продлевает срок службы винта, делая повторную смазку простой и удобной, не требуя разборки. Основные характеристики:

- четыре размера корпуса с модернизированными компонентами передачи усилия/крутящего момента (подшипники, муфты, ремни, шкивы);
- можно выбрать ролико- или шарико-винтовую передачу;
- создают усилие до 58 001 Н;
- обладают длиной хода до 1524 мм;
- доступна опция IP67 — для защиты от пыли и воды;
- имеются варианты шарико-винтовой передачи с низким люфтом;
- доступны гибкие варианты монтажа — фланец, проушина, лапки и т. д.

ТАБЛИЦА. СРАВНЕНИЕ ВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Тип винта	Винт Асте	Шарико-винтовая пара	Ролико-винтовая пара
Достоинства	<p>Бюджетный. Тихая работа (при использовании пластиковой гайки). Может уменьшить или устранить обратное движение. Идеально подходит для приложений:</p> <ul style="list-style-type: none"> • от медленной до средней скорости • низкие требования к позиционированию • низкие рабочие циклы • от низкой до средней мощности. 	<p>Более высокие усилия по сравнению с винтом Асте Более длительный срок службы при предсказуемом сроке службы по сравнению с винтом Асте Повышенный КПД (~90%) Стандартный люфт 0,127 мм Низкий люфт 0,0025 мм Идеально подходит для приложений, требующих высоких рабочих циклов от среднего до высокого усилия и от средней до высокой скорости</p>	<p>Очень высокие силовые возможности. Чрезвычайно долгий срок службы. Возможна высокая скорость и ускорение. Низкие эксплуатационные расходы. Высокая эффективность.</p>
Недостатки	<p>Конструкция с цельной гайкой может изнашиваться, увеличивая люфт и влияя на позиционирование. Для более низких показателей эффективности требуется более высокий входной крутящий момент (большой двигатель или увеличенное передаточное число). Непредсказуемый срок службы. Внешние факторы, такие как окружающая среда, могут повлиять на срок службы винта.</p>	<p>Может легко отклоняться назад в зависимости от шага резьбы. Более высокая начальная стоимость по сравнению с винтом Асте. Повышенный рабочий шум по сравнению с винтом Асте.</p>	<p>Высокая стоимость. В вертикальном исполнении винт может иметь обратный ход или свободное падение с потерей крутящего момента двигателя. Гайка в сборе имеет больший внешний диаметр по сравнению с шарико-винтовой парой.</p>

СЕРИЯ RSX

По сравнению с гидроцилиндрами линейный электропривод с экстремальными усилиями серии RSX (рис. 5) отличается повышенной точностью. Запатентованная ролик-винтовая пара Tolomatic поддерживает долгий срок службы и точность. Платформа RSX разработана и протестирована для обеспечения длительного срока службы и надежной работы в сложных условиях, включая работу в холодную погоду. Семейство RSX включает рамы трех размеров: от RSX080 с максимальной нагрузочной способностью 80 кН до RSX128, способной обеспечить максимальное усилие 222,4 кН. Основные характеристики:

- планетарный ролик-винтовой привод, обеспечивающий длительный постоянный срок службы;
- корпус из анодированного алюминия с твердым покрытием типа III для работы в тяжелых условиях;
- стандартный упорный стержень, предотвращающий вращение;
- доступна опция IP67 для защиты от пыли и попадания воды;
- совместимость с серводвигателями и редукторами размером до 215 мм;
- опционально доступно белое эпоксидное покрытие и опциональный упорный стержень из нержавеющей стали.

СЕРИЯ IMA

IMA (рис. 6) представляет собой интегрированный линейный сервопривод (электроцилиндр) в компактном корпусе для тяжелых условий эксплуатации. Линейные сервоприводы IMA, выполненные как в конфигурациях с шариковинтовой передачей, так и с ролик-винтовой, обеспечивают усилия до 30,6 кН, даже в приложениях с большим рабочим циклом. IMA используют стандартный серводвигатель, совместимы с различными типами обратной связи. Имеется пищевое покрытие для санитарной мойки.

Благодаря запатентованной конструкции повторной смазки Tolomatic линейные сервоприводы IMA легко повторно смазываются без разборки, что обеспечивает чрезвычайно долгий срок службы.

СОВМЕСТИМОСТЬ

Линейные приводы серий RSA-NT и RSX совместимы практически

со всеми сервомоторами, которые выпускаются в мире. Приведем основной перечень производителей сервомоторов, с которыми возможна легкая интеграция:

- ALLEN BRADLEY;
- BOSCH-REXROTH-INDRAMAT;
- E M E R S O N - C O N T R O L TECHNIQUES;
- KOLLMORGEN;
- MITSUBISHI ELECTRIC;
- YASKAWA;
- OMRON;
- SIEMENS;
- BECKHOFF;
- SCHNEIDER ELECTRIC;
- KEB;
- DELTA ELECTRONICS LTD.;
- SEW-EURODRIVE.

И многие другие (более 40). Даже если вы не нашли нужного производителя, то можете просто заказать линейный привод с входным фланцем под стандарт NEMO.

Что же касается электроцилиндров IMA, они оттестированы и гарантированно работают с сервоусилителями следующих производителей:

- SIEMENS;
- KOLLMORGEN;
- NIDEC;
- MITSUBISHI ELECTRIC.

СОВМЕСТИМОСТЬ С МОТОРАМИ KOLLMORGEN

Kollmorgen предлагает широкий выбор различных сервомоторов (рис. 7), которые легко совместимы с актуаторами серий RSA и RSX. Кроме того, особенностью данного производителя является большое раз-

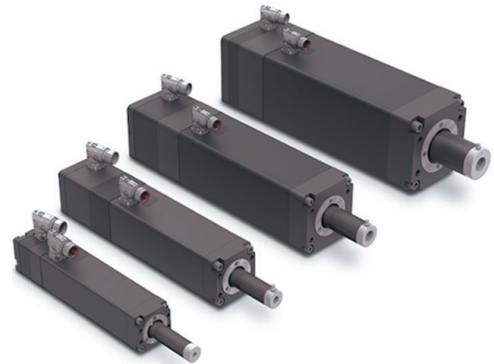


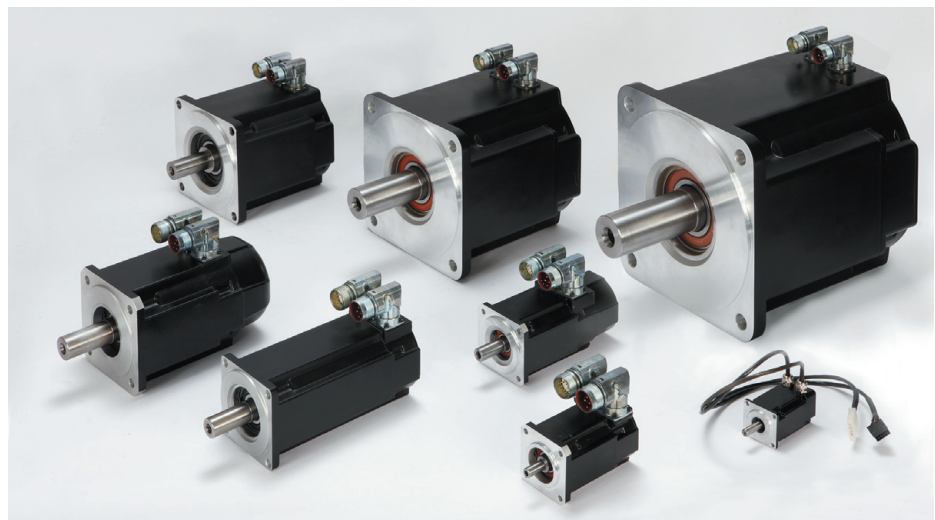
Рис. 6. ▲ Электроцилиндры Tolomatic IMA

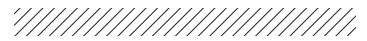
нообразии датчиков обратной связи. К примеру, для серии моторов АКМ доступны следующие типы датчиков обратной связи:

- однооборотный резольвер;
- однооборотный комкодер (цифровой резольвер) с разрешением 1024×2048 лин/об.;
- однооборотный и многооборотный энкодер с протоколом передачи BiSS B;
- однооборотный SFD SFD3 (интеллектуальное устройство обратной связи);
- однооборотный и многооборотный энкодер с протоколом передачи EnDAT 2.1;
- однооборотный и многооборотный с термодатчиком в соответствии с текущими требованиями Siemens, только для приводов Siemens DRIVE-CLiQ.

Также имеется возможность заказать данные моторы с различными коннекторами, стояночным тормозом и/или защитным покрытием.

Рис. 7. ▼ Серводвигатели Kollmorgen





СОВМЕСТИМОСТЬ С УСИЛИТЕЛЯМИ KOLLMORGEN

Все серводвигатели Kollmorgen совместимы со всеми усилителями Kollmorgen по принципу Plug and Play (рис. 8). То есть при комплектации приводов RSA и RSX серводвигателями Kollmorgen вы не испытаете затруднений при их настройке и сопряжении. Кроме того, в моделях S700 предусмотрен встроенный контроллер, который поддерживает язык программирования BASIC, и при выполнении особо сложных задач, например при работе с функцией по переменным значениям показаний двух источников обратной связи, отличается наивысшим быстродействием без использования дополнительных контроллеров. К тому же сервоусилители Kollmorgen гарантированно работают с электроцилиндрами серии IMA и легко подключаются при помощи стандартно поставляемых кабелей.

ПРИМЕР ЗАМЕНЫ ГИДРАВЛИКИ НА ТРУБОГИБОЧНОМ СТАНКЕ

На протяжении последних 80 лет трубогибочные машины приводятся в движение гидравликой. Они сгибают километры стали, меди и алюминия под бесконечными углами и производят самые разные компоненты, от подголовников транспортных

средств до теплообменных труб кондиционеров.

В первой части статьи мы сравнивали гидравлические и электро-механические системы и пришли к выводу, что преимущества электро-механики в следующем:

- отсутствует необходимость в обслуживании;
- более длительный срок службы;
- отсутствует гидравлическая жидкость;
- более энергоэффективны;
- менее шумные, более чистые и точные.

Но в данном примере есть аргументы против использования электро-механических приводов:

- электро-механический привод занимает больше места рядом с рабочей зоной;
- большая стоимость;
- представляют собой новую технологию, что вызывает необходимость переучивать персонал.

Причина рассмотреть вопрос о переходе на электро-механическую систему

Электрические приводы делают детали лучше, чем гидравлика. Под «лучше» мы подразумеваем меньше отходов и более жесткие допуски. Делается это с помощью обратной связи по усилию, которая сообщает, насколько сильно исполнительный механизм толкает, а затем координи-

рует движение с силой и положением. Это применимо независимо от того, производит ли машина трубы, которые используются в качестве конструктивных элементов (например, каркасы безопасности транспортных средств, рамы шасси, подголовники, декоративные изделия из железа, рамы навесов, ограждения, мебель и т. д.), или трубы, используемые для передачи жидкости (теплообменники для кондиционирования воздуха или применения в таких отраслях, как нефтехимия, автомобилестроение, медицина).

Рассмотрим, как это работает с трубками подголовника. В подголовниках применяются самые дешевые и недорогие стальные трубы самого низкого качества, которые называются электросварными трубками. Этот тип труб начинается с плоской поверхности и прокатывается до необходимой толщины. Допуски на толщину стенки и расположение швов для этого типа стали очень низкие. Основной проблемой качества деталей является «пружинение» трубки; после того как трубка согнута, кусок немного отскакивает. Толщина трубки и расположение шва определяют степень упругости. Найти шов и компенсировать колебания толщины непросто. Производители автомобилей устанавливают допуск на «возвратное пружинение», а гнутые трубы, выходящие за пределы допустимого диапазона, выбрасывают — их нельзя повторно согнуть.

Электрическая система обеспечивает более жесткие допуски и меньшее количество отходов потому, что обратная связь по усилию позволяет машине регулировать ход привода для каждого изгиба. Тестирование определяет различные комбинации местоположения шва и того, какое усилие требуется, чтобы согнуть трубку в правильное положение для конкретного шва. Обратная связь по усилию, используемая для компенсации допусков по толщине стенки и расположению сварного шва, может помочь конструктору машины сократить брак до 80%. ●

РИС. 8. ▼
Сервоусилители
Kollmorgen S700



ООО «Сервостар»
Авторизованный партнер Tolomatic
и Kollmorgen в России
Москва, Семеновская наб., д. 2/1, стр. 1
Тел.: +7 (495) 144-53-46
E-mail: info@servostar.ru
www.servostar.ru