

Двигатель в упаковочной технике. Какой выбрать?

Л.А. Кривопляс-Володина, к.т.н., А.Н. Гавва, д.т.н., Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

В современных упаковочных комплексах электромеханические, пневматические, гидравлические приводы и их комбинации используются для бесступенчатого изменения скорости вращения, возвратно-поступательного движения и обеспечения сложных законов перемещения рабочих органов машин. Гидравлические типы приводов в упаковочном машиностроении почти не применяются. Пояснением этому может быть как сложившаяся традиция в компоновке, так и показатели сравнительной характеристики.

Выбор вида привода осуществляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к проектируемой машине. В связи с этим целесообразно провести сравнение приводов по их статическим характеристикам при одинаковых конструктивных параметрах [1–6] (таблица).

Область и масштабы применения пневматического привода обусловлены его достоинствами и недостатками, вытекающими из особенностей свойств воздуха.

В отличие от жидкостей, применяемых в гидроприводах, воздух, как и все газы, обладает высокой сжимаемостью и малой плотностью в исходном атмосферном состоянии (около 1,25 кг/м³), значительно меньшей вязкостью и большей текучестью, причем его вязкость существенно возрастает при повышении температуры и давления.

Отсутствие смазочных свойств воздуха и наличие некоторого количества водяного пара, который при интенсивных термодинамических процессах в изменяющихся объемах рабочих камер пневмомашин может конденсироваться на их рабочих поверхностях, препятствует использованию воздуха без придания ему дополнительных смазочных свойств и влагопонижения. На рис. 1 приведена структура пневмомеханического привода, в составе которого помимо объекта управления, исполнительного двигателя и распределителя также используются датчики с выходными пневматическими сигналами. Они замыкают контур управления и передают сигналы, характеризующие состояние объекта в текущий момент времени, в устройство управления.

Таблица.
Сравнительная характеристика различных типов приводов

Критерий	Пневмоприводы	Электроприводы	Гидроприводы
Относительные затраты на энергообеспечение	очень высокие 7–10	низкие 1	высокие 3–5
Передача энергии	на расстояния до 1 км, со скоростью до 40 м/с	на расстояния до 30–100 м (при больших токах)	на расстояния до 100 м, со скоростью до 6 м/с
Скорость передачи сигналов	до 40 м/с	≈ 300 тыс. км/с	до 100 м/с
Накопление энергии	легко осуществимо	затруднено	ограничено
Линейное перемещение	легко осуществимо	затруднительно, дорого	легко осуществимо
Вращательное движение	легко осуществимо, большая частота вращения	легко осуществимо, большие мощность и частота вращения	легко осуществимо, небольшая частота вращения
Максимальная скорость исполнительного механизма	1,5–10 м/с	зависит от конкретных условий	до 0,5 м/с
Усилия	до 120 кН	большие усилия	усиления до 3 тыс. кН
Длительные перегрузки	допустимы	по току не допускаются	допустимы
Погрешность позиционирования	до 0,1 мм при использовании цикловых приводов	± 1 мкм и выше при использовании следящих приводов	до 1 мкм при использовании следящих приводов
Жесткость	низкая	высокая	высокая
Безопасность утечек	безвредны	опасность поражения электрическим током	создают загрязнения
Влияние параметров окружающей среды	практически нечувствительны к колебаниям температуры, пожаро- и взрывобезопасны	нечувствительны к изменениям температуры, требуют специальной защиты механических передач от пыли, взрывоопасны	чувствительны к изменениям температуры, пожароопасны при наличии утечек

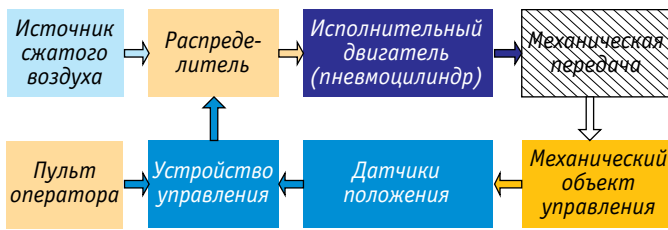


Рис. 1. Структура пневмомеханического привода

Из данной структуры видно, что можно организовать полнофункциональный пневмопривод без использования электрических элементов. Это особенно важно в отраслях промышленности, в которых ввиду особенностей технологического процесса запрещено использование электрических устройств [2]. Преобразовывая данную структуру под условия технологической задачи (рис. 2), можно получить разные режимы работы оборудования.

Для управления движением используются дискретные устройства. В связи с этим, в пневмоприводах имеется потребность кондиционирования воздуха, т. е. придания ему свойств, обеспечивающих работоспособность и продлевающих срок службы элементов привода. Внешние утечки воздуха экологически безвредны и относительно легко устраняются. Затраты на монтаж и обслуживание пневмопривода несколько меньше из-за отсутствия возвратных пневмолиний и применения в ряде случаев более гибких и дешевых полимерных или резиновых (резинотканевых) труб (рис. 3).

Пожаро- и взрывобезопасность. Благодаря этому достоинству пневмопривод не имеет конкурентов для механизации работ в условиях, опасных из-за воспламенения и взрыва газа и пыли, например, в некоторых химических производствах, на мукомольных предприятиях, т. е. там, где недопустимо искрообразование. Применение гидропривода в этих условиях возможно только при наличии централизованного источника питания с передачей гидроэнергии на относительно большое расстояние, что в большинстве случаев экономически нецелесообразно [3].

Надежность работы в широком диапазоне температур, в условиях пыльной и влажной окружающей среды. В таких условиях гидро- и электроприводы требуют значительно больших затрат на эксплуатацию, т. к. при температурных перепадах нарушается герметичность гидросистем из-за изменения зазоров и изолирующих свойств электротехнических материалов, что в совокупности с пыльной, влажной и нередко агрессивной окружающей средой приводит к частым отказам. Благодаря высокой надежности пневмопривод широко используется в упаковочной технике.

Значительно больший срок службы, чем гидро- и электроприводов. Срок службы оценивают двумя показателями надежности: гамма-процентной наработкой на отказ и гамма-процентным ресурсом. Для пневматических устройств циклического действия ресурс составляет от 5 до 20 млн циклов в зависимости от назначения и конструкции, а для устройств нециклического действия — около 10–20 тыс. часов. Это в 2–4 раза больше, чем у гидропривода, и в 10–20 раз больше,

чем у электропривода. Пневмопривод характеризуется высоким быстродействием. Здесь имеется в виду не скорость передачи сигнала (управляющего воздействия), а реализуемые скорости движений рабочих органов, обеспечиваемых высокими скоростями движения воздуха. Поступательное движение штока пневмоцилиндра возможно до 15 м/с и более, а частота вращения выходного вала некоторых пневмомоторов (пневмотурбин) — до 100 тыс. об/мин. Это достоинство в полной мере реализуется в приводах циклического действия, особенно для высокопроизводительного упаковочного оборудования, например в манипуляторах, причем увеличение количества одновременно срабатывающих пневмоцилиндров (например, в многоступенчатых приспособлениях для зажима изделий) практически не снижает время срабатывания. Реализация больших скоростей в гидроприводе и электроприводе ограничивается их большей инерционностью (масса жидкости и инерция роторов) и отсутствием демпфирующего эффекта, которым обладает воздух.

Возможность передачи энергии на относительно большие расстояния по магистральным трубопроводам и снабжение сжатым воздухом многих потребителей. В этом отношении пневмопривод уступает электроприводе, но значительно превосходит гидропривод благодаря меньшим потерям напора в протяженных магистральных линиях. Электрическая энергия может передаваться по линиям электропередач на многие сотни и тысячи километров без ощутимых потерь, а расстояние передачи пневмоэнергии экономически целесообразно до нескольких десятков километров, что мало реализуется в пневмосистемах упаковочной индустрии [4].

Максимальная протяженность гидросистем составляет около 250–300 м, причем в них используется обычно менее вязкая водно-масляная эмульсия [5]. В пневмосистемах отсутствует необходимость в защитных устройствах от перегрузки давлением. Требуемый предел давления воздуха устанавливается общим предохранительным клапаном, находящимся на источниках пневмоэнергии. Пневмодвигатели могут быть полностью остановлены без опасности повреждения и находиться в этом состоянии длительное время.

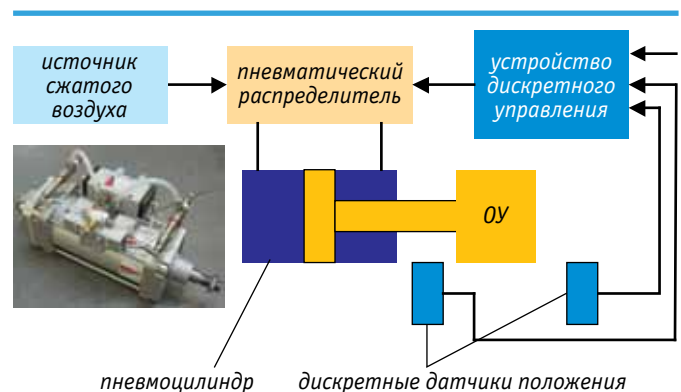


Рис. 2. Позиционирование объекта управления в двух крайних положениях, определяемых упорами



Рис. 3. Структура пневмопривода

Безопасность для обслуживающего персонала при соблюдении общих правил, исключающих механический травматизм. В гидро- и электроприводах возможно поражение электрическим током или жидкостью при нарушении изоляции или разгерметизации трубопроводов.

Улучшение проветривания рабочего пространства за счет отработанного воздуха. Нечувствительность к радиационному и электромагнитному излучению. В таких условиях электрогидравлические системы практически непригодны [6]. Несмотря на вышеописанные достоинства, применение пневмопривода ограничивается, в основном, экономическими соображениями из-за больших потерь энергии в компрессорах и пневмодвигателях, а также такими недостатками:

- Высокая стоимость пневмоэнергии. Если гидро- и электропривод имеют КПД около 70 % и 90 % соответственно, то КПД пневмопривода обычно составляет 5–15 % и очень редко доходит до 30 %. Во многих случаях КПД может быть 1 % и менее. По этой причине пневмопривод не применяется в машинах с режимом работы и большой мощности, кроме условий, исключающих применение электроэнергии.
- Относительно большой вес и габариты пневмомашин из-за низкого рабочего давления. Если удельный вес гидромашин, приходящийся на единицу мощности, в 5–10 раз меньше веса электромашин, то пневмомашин имеют примерно такой же вес и габариты, как последние.
- Трудность обеспечения стабильной скорости движения выходного звена при переменной внешней нагрузке и его фиксации в промежуточном положении. Вместе с тем мягкие механические характеристики

пневмопривода в некоторых случаях являются и его достоинством.

- Высокий уровень шума, достигающий 95–130 дБ при отсутствии средств для его снижения. Наиболее шумными являются поршневые компрессоры и пневмодвигатели. Наиболее шумные гидроприводы (к ним относятся приводы с шестеренными машинами) создают шум на уровне 85–104 дБ, а обычно уровень шума значительно ниже, примерно как у электромашин, что дает возможность работать без специальных средств шумоподавления.
- Малая скорость передачи сигнала (управляющего импульса), что приводит к запаздыванию выполнения операций. Скорость прохождения сигнала равна скорости звука и в зависимости от давления воздуха составляет примерно от 150 до 360 м/с. В гидроприводе и электроприводе — около 1 тыс. и 300 тыс. м/с соответственно. Перечисленные недостатки могут быть устранены применением комбинированных пневмоэлектрических или пневмогидравлических приводов.

Гидравлический привод. Основными преимуществами гидравлического привода по сравнению с электроприводом, которые обусловили его применение в упаковочных машинах, являются: плавное бесступенчатое регулирование скорости движения рабочих органов машин; большая перегрузочная способность; меньшая масса и размеры, приходящиеся на единицу передаваемой мощности; малая инерционность привода, что особенно важно для машин, работающих в повторно-кратковременном режиме, так как работа, совершаемая приводом в периоды пуска и торможения, существенно зависит от момента инерции вращающихся частей или массы поступательно движущихся

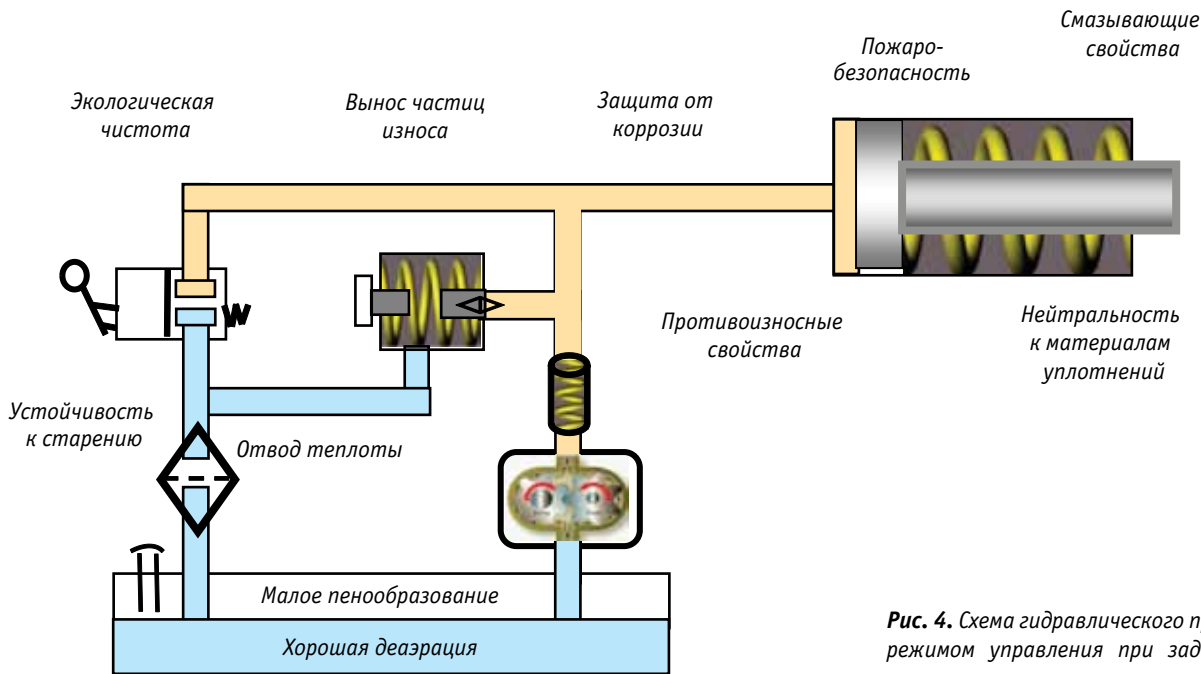


Рис. 4. Схема гидравлического привода с ручным режимом управления при заданных условиях эксплуатации

частей привода; сравнительная простота осуществления автоматизации управления и защиты; высокая надежность и долговечность.

В силовой части гидропривода осуществляются энергетические процессы: формирование, преобразование, передача энергии [4]. Управляющая часть осуществляет только обрабатывание информационных процессов: хранение, передача, преобразование информационных потоков – и формирует управляющие сигналы. Учитывая потребности технологической системы, структурная схема может быть адаптирована под механические элементы привода (рис. 4).

К недостаткам гидропривода можно отнести большую стоимость, обусловленную необходимостью высокой точности изготовления, трудность предупреждения утечек рабочей жидкости, ухудшение работы при низких температурах, необходимость частой замены рабочей жидкости и т. п.

В упаковочных и пакетоформирующих машинах, роботах, манипуляторах применяют гидродинамические передачи и объемный гидропривод.

К гидродинамическим передачам относят гидродинамический трансформатор и гидравлическую муфту, используемые в качестве промежуточной передачи между двигателем и рабочими органами. Так как гидродинамический трансформатор изменяет крутящий момент на выходном валу и частоту его вращения в зависимости от момента сил сопротивления рабочих органов, то его введение в привод машины способствует увеличению производительности машины, благодаря более полному использованию мощности двигателя, и дает возможность осуществить регулирование скорости рабочих органов машин. Кроме того, гидродинамический трансформатор уменьшает ди-

намические нагрузки, действующие на рабочие органы и двигатель.

Объемный гидропривод имеет приводной двигатель и насос, подающий рабочую жидкость, используемую как средство преобразования и передачи энергии в рабочий цилиндр или гидродвигатель, исполнительный механизм и систему трубопроводов и клапанов управления (рис. 5).

Гидродвигатели, преобразующие энергию потока жидкости в механическую энергию перемещения рабочих органов, разделяют на гидроцилиндры с возвратно-поступательным движением выходного звена; поворотные с ограниченным поворотным движением выходного звена; гидромоторы с неограниченным вращательным движением выходного звена (роторные). Роторные гидромоторы устанавливают на механизмах подъема и передвижения роботов, а также на механизмах поворота колонны пакетоформирующих машин. Особенно перспективными для упаковочных машин являются высокомоментные (низкоскоростные) гидромоторы, так как их использование исключает наличие редуктора. В современных упаковочных машинах рабочее давление масла составляет не более 32 МПа.

На сегодняшний день конструкторы все больше обращаются к комплексным решениям. Основной задачей машиностроения является обеспечение необходимого качества изделий как при изготовлении, так и при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте оборудования. Технический уровень машин в большой степени зависит от совершенства приводов.

Гидропневмопривод – это гидропневмосистема, предназначенная для приведения в движение механизмов машин, в состав которой входит гидропневмодвигатель.



Рис. 5. Общий вид объемного гидрпривода с устройствами управления



Рис. 6. Общий вид гидропневмосистемы

Это – система, служащая для передачи посредством жидкости или газа энергии на расстояние и преобразование ее в механическую на выходе из системы. И одновременно система, выполняющая функции регулирования и реверсирования скорости выходного звена. В зависимости от вида гидрпередачи различают гидростатический (объемный), гидродинамический и смешанный приводы. В первом типе используются возвратно-вращательное, возвратно-поступательное и вращательное движения. Во втором типе реализуется только вращательное движение. Компактные решения можно оценить общим видом гидропневмосистемы (рис. 6).

Благодаря использованию сжатого воздуха и замкнутых гидросистем, не требующих внешнего подключения, объемные гидропневмоприводы промышленного назначения имеют конструктивные, эксплуатационные и экологические преимущества, состоящие в простоте устройства гидропневмодвигателя поступательного движения, полной пожаробезопасности и отсутствии загрязнения окружающей среды.

Выводы

Современное упаковочное производство предъявляет к разработке новых технических решений разнообразные и все более жесткие требования. При этом растет потребность в комбинированных электропневматических позиционных и следящих приводах, гидропневмоприводах, способных перемещать механический объект управления, связанный со штоком пневмоцилиндра, по желаемому закону и с высокой точностью останавливать его в любой требуемой позиции. Наличие таких приводов позволяет решать новые классы задач, используя преимущества промышленной пневматики, создавать эффективные упаковочные машины и успешно автоматизировать разнообразные технологические процессы.

Литература

1. *Rachkov M., Marques L., de Almeida A.T.* Pneumatic system for automation, Textbook. University of Coimbra, Portugal, 2002.
2. *Onal C., Chen X., Whitesides G., Rus D.* Soft mobile robots with on-board chemical pressure generation. International Symposium on Robotics Research, 2011.
3. *Parr E.A.* Hydraulics and Pneumatics: A Technicians and Engineers Guide – 2nd ed., Butterworth-Heinemann, 2002.
4. *Majumdar S.R.* Oil Hydraulic Systems: Principles and Maintenance, McGraw-Hill, 2001.
5. Технічні інформаційні ресурси [Електронний ресурс]. – Київ: CAMOZZI. – Режим доступу до каталогу: <http://catalog.camozzi.ua> – Назва з екрану.
6. *Jay F.* Hooper Basic Pneumatics, an Introduction to Industrial Compressed Air Systems and Components, Carolina Academic Press, 2003. ✓

Двигун у пакувальній техніці. Який обрати?

Л.О. Кривопляс-Володіна, к.т.н., О.М. Гавва, д.т.н.

У статті розглянуто актуальну проблему вибору привода для пакувального обладнання на підставі порівняльної характеристики електромеханічних, пневмо-, гідроприводів та їх комбінацій з метою досягнення безступінчатого зміни швидкості обертання, зворотно-поступального руху і забезпечення складних законів переміщення робочих органів машин. Автори обґрунтовують потребу в комбінованих позиційних і слідкувальних приводах, гидропневмоприводах, здатних переміщувати механічний об'єкт управління, пов'язаний зі штоком пневмоциліндра, за бажаним законом і з високою точністю зупинити його в будь-якій точці.

Ключові слова: пневмопривід; гідропривід; електропривід; характеристики.

The engine in the packaging technology. Which to choose?

L.A. Krivoplyas-Volodina, Ph.D., A.N. Gavva, Dr.

The article deals with the problem of actuator selection for packaging machinery on the basis of comparative characteristics of Electromechanical, pneumatic, hydraulic actuators and their combinations, to achieve stepless speed change rotation, reciprocating motion and supports the complexity of the laws of movement of working bodies of machines. The authors substantiate the need for a combined positional and tracking actuators, hydro-pneumatic is able to move a mechanical object of control associated with the rod of the pneumatic cylinder, the desired law and accurately stop it at any desired position.

Keywords: pneumatic actuator; hydraulic actuator; electric drive; features.