Не рекомендуется выбирать в качестве критерия оптимизации параметры, выражаемые в процентах (в ограниченном интервале – от 0 до 100%), поскольку такой критерий недостаточно статистически эффективен [1]. В частности, при оптимизации основных параметров лопастного метателя в разделении и очистки зерна в качестве критерия целесообразно выбирать не полноту (в %) выделения зерна после очистки, а отношение того количества зерна после очистки, которое получено, к тому объему, которое было переработано.

Предварительное изучение объекта исследования завершается составлением списка параметров оптимизации и факторов с указанием возможных ограничений, точности фиксирования факторов и гарантированной точности определения параметров оптимизации в отдельных опытах. Число параллельных опытов считается достаточным, если с выбранной вероятностью оценка параметра отличается от генерального значения не больше чем на заданную величину ошибки.

Таким образом, во-первых, на основании сбора априорной информации происходит проектирование объекта исследования, формулируется цель работы и выбирается предварительная схема планирования эксперимента. Во-вторых, на основе кибернетической схемы управления разработан принцип обратной связи и вытекающие из нее утверждения иерархического типа после анализа сложного объекта исследования.

1. Наземные тягово-транспортные системы. Том 1 / под ред. И.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 2003. – 743 с.
2. Основы научных исследований: Учеб. для техн. вузов/В. И. Крутов, И. М. Грушко, В. В. Попов и др.; Под ред. В. И. Крутова, В. В. Попова. – М.: Высш. шк., 1989. – 400 с.: ил.
3. Раднаев, Д.Н. Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья [Текст]: дисс...д-ра техн. наук: 05.20.01: защищена 11.10.13: утв. 10.02.14 / Раднаев Даба Нимаевич. – Улан-Удэ., 2013. – 377 с. – Библиогр.
4. Саклаков В.Д., Сергеев М. Техничко-экономическое обоснование выбора средств механизации. – М., Колос, 1973. – 200 с.
5. Шпилько А.В., Дригайцев В.И. и др. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. – М.: Россельхозакадемия, 2001. – 345 с.
6. Шмидт Р.Г., Звягинцев П.С., Волкова Н.Г. Критериальный показатель оценки экономической эффективности внедрения новой техники и технологий /Тракторы сельхозмашины. – 2010. – №11. – С.3 – 4.

Тащилин Л.Н.

Приводы машин и их характеристика

*ВКА имени А.Ф. Можайского
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/lj-08-2019-69

idsp: ljjournal-08-2019-69

Аннотация

Статья посвящена изучению особенностей приводов машин и описанию их основных характеристик. Детально рассмотрены электрические, пневматические и гидравлические приводы. Обозначены их достоинства и недостатки, сходные и отличительные черты. Отдельное внимание уделено перспективам развития и направлениям усовершенствования технических характеристик приводов.

Ключевые слова: движение, КПД, машина, механизм, передача, привод.

Abstract

The article is devoted to the study of the features of machine drives and the description of their main characteristics. Electrical, pneumatic and hydraulic drives are considered in

detail. Their advantages and disadvantages, similar and distinctive features are indicated. Special attention is paid to the prospects of development and directions of improvement of technical characteristics of drives.

Keywords: movement, efficiency, machine, mechanism, transmission, drive.

Машина (машинный агрегат) – *система, осуществляющая механическое движение, необходимое для выполнения рабочего процесса*. В тоже время машину определяют как совокупность узлов и механизмов или минимашин (минимашина состоит из тех же составных частей, что и машина, и является ее составной частью). Основными частями машины являются (рис. 1): двигатель, передаточный и исполнительный механизмы, а также система управления.

Рис. 1.

Она может быть с программным управлением (формирует входные сигналы, которые задают программное движение) и обратной связью (управляющие сигналы формируются с учетом ошибок на выходе системы).

Привод – *устройство для приведения в действие машин и механизмов*. Он состоит из двигателя (источник энергии), передаточного механизма (передачи) и системы управления которая управляет работой привода и обычно включает электротехнические и электронные устройства.

К современным машинам выдвигают все более высокие требования относительно эффективности, долговечности, надежности и устойчивости к повреждению в чрезвычайных условиях эксплуатации. Это в свою очередь обуславливает повышенные требования к характеристикам их приводов. Поэтому в процессе разработки новой или усовершенствования существующей машины или механизма необходимо особое внимание уделять выбору рациональной схемы привода с помощью критериальных оценок с целью обеспечения улучшенных технико-экономических показателей их работы [1].

Приводы машин характеризуются разнообразием конструкций и технологий их изготовления, характером функционирования и особенностью работы. Среди них особое место занимают приводы, которые по своим функциональным назначениям должны обеспечить передачу вращательных движений в одном или в двух направлениях, а в другом – стопорение соединительных, рабочих и транспортирующих элементов. Такие приводы применяются в механизмах одностороннего и двустороннего действия, транспортно-технологических системах машин, в механизмах малых перемещений металлорежущих станков, насосов, сельскохозяйственных машин, мотоциклов и других.

На сегодняшний день различают следующие типы приводов механические, электрические, гидравлические и пневматические.

Рассмотрим и охарактеризуем их более подробно.

Механические приводы.

Основной целью создания механического привода машин является согласование выходных параметров источника энергии (двигателя) и входных параметров рабочего органа машины [2]. Таким образом, в синтезе структуры механического привода, который обеспечивает высокую эффективность и надежность эксплуатации, решается

задача подбора количества и характеристик (кинематических энергетических, силовых, эксплуатационных) механических передач, которые наиболее точно обеспечивают указанное согласование

Механические приводы классифицируют по двум основным признакам:

По способу передачи движения:

- трением – фрикционные, ременные, канатные;
- сцеплением – зубчатые, червячные, винтовые, цепные.
- По способу соединения ведущего и ведомого звеньев:
- непосредственным прикосновением (рис. 2) – фрикционные, зубчатые, червячные, винтовые;
- с дополнительной связью – ременные, цепные (рис. 3).

Рис. 2 Механический привод с непосредственным прикосновением

Рис. 3 Механический привод с дополнительной связью

Выбор передачи определяется величиной момента, который передается; скоростью; передаточным числом; расстояниями между осями валов и т.п.

Фрикционная передача состоит из двух катков, которые посажены на валы и прижаты друг к другу силой Q . Движение передается силой трения, равной круговой силе F [3].

Преимущества фрикционных передач:

- простота конструкции;
- плавность и бесшумность работы;
- проскальзывание катков при перегрузках;
- возможность плавного изменения передаточного числа.
- Недостатки фрикционных передач:
- большое давление на валы и опоры;
- неспособность обеспечить постоянное передаточное число;
- значительный износ поверхности катков.

Зубчатые передачи – наиболее распространенный тип механических передач. Это передачи непосредственного соприкосновения. Они предназначены для передачи вращательного движения, преобразования вращательного движения в поступательное и наоборот. Передача момента от одного колеса к другому осуществляется за счет давления зуба ведущего колеса на зуб ведомого колеса [4].

Цепные передачи – это передачи сцепления с гибкой связью (цепью). Такая передача состоит из ведущей и ведомой звездочек, расположенных на соответствующих валах, и цепи, которая находится в зацеплении со звездочками. Скорость цепи и частоты вращения звездочек ограничиваются износом цепей и ударной стойкостью роликов, и не превышают 15 м/с. [5].

Ременные (пасовые) передачи – это передачи приводов с гибким звеном, предназначенные для передачи мощности от одного вала на другой при значительных межосевых расстояниях.

Электрические приводы.

Электрический привод представляет собой электродвигатель постоянного или переменного тока, соединенный с рабочим органом непосредственно или через промежуточную механическую передачу. В качестве механической передачи служат зубчатые и червячные редукторы, цепные и клиноременные трансмиссии, а также устройства, состоящие из нескольких видов передач [6].

Преимущества электропривода по отношению к другим видам приводов:

1. надежность и экономичность процесса преобразования электрической энергии в механическую;
2. простота подачи электроэнергии в места ее потребления;
3. хорошие регулировочные свойства электропривода;
4. экологическая чистота.

Различают электропривод неавтоматизированный и автоматизированный.

В автоматизированном электроприводе человек создает только начальное управляющее воздействие (пуск электропривода).

В неавтоматизированном человек периодически управляет работой электропривода в зависимости от отклонений от заданного режима.

Электроприводы также разделяют на три группы:

- 1) групповые;
- 2) одиночные;
- 3) многодвигательные.

а - при непосредственном соединении с исполнительным рабочим органом;
 б - при соединении через шестеренчатый редуктор;
 в - присоединение через клиноременную трансмиссию

1 - электродвигатель;
 2 - барабан;
 3 - шестеренчатый редуктор;
 4 - тормоз;
 5 - муфта;
 6 - клиноременная трансмиссия.

Рис. 4 Схемы электрических приводов

В групповых электроприводах электродвигатель с помощью механической передачи (трансмиссии) приводит в действие несколько рабочих механизмов.

На рисунке 4 приведены схемы электрических приводов.

В одиночных электроприводах механизм приводится в действие индивидуальным электродвигателем. При этом все элементы рабочего механизма соединяются с приводным двигателем соответствующими передачами.

В многодвигательных электроприводах каждый орган рабочего механизма снабжен своим двигателем. Так, например, на расточных станках вращение фрезы осуществляется с помощью одного двигателя, продольное перемещение детали – другого, поперечное перемещение – третьего.

При анализе структуры электрического привода различают две основных части:

- силовую;
- информационную.

В силовую часть входят электрические двигатели, преобразователи электрической и механической энергии, рабочие органы, механизмы, то есть все части электрического привода, в которых протекает мощная энергия.

К информационной части принадлежат устройства, предназначены для управления электрическим приводом, а также для контроля за технологическим процессом и т.д.

Если привод не управляем, информационная часть должна отсутствовать.

К устройствам информационного канала относят датчики, системы управления, мониторинга, линии связи и т.д.

Электрический привод приводится в действие электроэнергией, поступающей из внешнего источника – передвижной электростанции или сети. При применении электрического привода в самоходных машинах электроэнергия для приведения его в действие производится электрогенератором, соединенным с первичным агрегатом машины – двигателем внутреннего сгорания.

Электрический привод связан двусторонней связью с электрической сетью. В случае необходимости электрическая энергия преобразуется с помощью электрического преобразователя, после чего потребляется электромеханическим преобразователем. В ряде случаев необходимо преобразовывать механическую энергию (уменьшить скорость вращения, увеличить момент, перейти от вращательного движения к поступательному и т.д.) для чего используется механический преобразователь, который связан с исполнительным органом, осуществляющим полезную работу [7].

В случае необходимости управления технологическим процессом электрический преобразователь оснащают автоматической системой управления (АСУ). АСУ может получать информацию от любого элемента системы электрического преобразователя и влиять на управляемые элементы.

Гидравлические приводы.

В практике промышленного производства характеристики машин, между которыми передается механическая энергия, часто не соответствуют друг другу, в результате чего происходит неэкономичная их работа.

Во многих случаях работа исполнительных механизмов и машин осуществляется при переменных нагрузках. Например, значительно нагруженный ротор насоса начинает вращаться: для этого на вал насоса необходимо передать большой момент при малой частоте вращения. Трактор тянет груз по неровной дороге: нагрузка на двигатель будет действовать рывками с большим изменением моментов.

Однако конструкторские характеристики двигателей не предполагают значительных изменений нагрузки. Двигатель рассчитан на создание определенных моментов и частоты вращения вала, в диапазоне которых обеспечивается его эффективная работа. При изменении внешней нагрузки или частоты вращения вала двигателя условия его работы ухудшаются, и, возможно, происходит остановка двигателя или выход его из строя [8].

Решается эта проблема с использованием гидравлических приводов.

Гидравлические приводы машин являются сложными гидромеханическими системами и оказывают большое влияние на обеспечение работоспособности машины в целом.

Гидравлический привод обеспечивает передачу мощности за счет изменения момента количества движения рабочей жидкости в общей рабочей полости лопастных колес. Работоспособность гидропривода в значительной степени зависит от физико-химического состояния рабочей жидкости, например, вязкости.

На рисунке 5 показана принципиальная схема гидродинамической передачи, состоящей из центробежного насоса 1 и радиально-осевой гидротурбины 2. Вал насоса соединен с валом приводного двигателя (электрического или дизельного), а вал турбины с входным валом приводной машины (винта корабля, трансмиссии автомобиля). Работа такого привода основана на использовании кинетической энергии жидкости в процессе взаимодействия с лопастями гидротурбины.

Если соединить лопастной насос и гидротурбину трубопроводами, то жидкость от насоса по трубопроводу поступает в спиральную камеру и далее по трубопроводам на вход к насосу.

1 – входной вал; 2 – насосное колесо; 3 – трубопровод; 4 – реактор; 5 – турбинное колесо; 6 – выходной вал

Рис. 5 Принципиальная схема гидродинамической передачи

В центре рисунка 4 схематически изображена гидропередача, состоящая из насосного колеса 2, турбинного колеса 5 и реактора 4 (неподвижная лопастная система). В такой конструкции отсутствуют бак и трубопровод, а между насосным 2 и турбинным 4 колесами есть минимальный осевой зазор, что позволяет существенно увеличить КПД гидропередачи.

Таким образом, гидродинамическая передача состоит из двух или более лопастных колес. Лопастное колесо, которое соединено с источником механической энергии (двигателем), называют насосным, а колесо, которое соединено с потребителем энергии (приводной машиной) - турбинным.

В 1902 г. Г. Феттингер предложил объединить в одном корпусе два основных элемента гидропередачи - лопастной насос и турбину, при этом отпала необходимость в трубопроводах. Передачу, в которой насос, турбина и реактор (неподвижная лопастная система) объединены в одном корпусе, назвали гидротрансформатором [9].

Схема гидротрансформатора Г. Феттингера показана на рисунке 6 а) и б). Максимальное значение КПД такой передачи составляет 85%. Впервые гидродинамическая передача по патенту Г. Феттингера была применена в 1907 в морском флоте [10].

Рис. 6 Гидродинамический гидротрансформатор Феттингера

Эти две схемы отличаются последовательностью размещения рабочих колес.

Таким образом, гидropередача является механизмом, состоящим из двух соосно расположенных и предельно приближенных в общем корпусе насосного и турбинного колес, которые передают мощность от двигателя к приводной машине потоком жидкости.

Пневматические приводы.

Пневмопривод предназначен для преобразования энергии сжатого воздуха в линейное механическое перемещение или вращение. Он используется для приведения в движение рабочих органов машин и механизмов. Линейное перемещение обеспечивается воздушными цилиндрами, а вращательное движение осуществляется воздушными моторами или поворотными двигателями, а также комбинацией пневмоцилиндра с реечной передачей.

Применение пневматических приводов в пространственных системах значительно повышает качественные показатели машин и механизмов.

Рис. 7 Схема пневмопривода с возвратно-поступательным движением пневмоцилиндра

Наиболее распространенным является пневмопривод с возвратно-поступательным движением пневмоцилиндра [11].

Одна из схем такого пневмопривода приведена на рисунке 7. Пневмопривод содержит блок подготовки воздуха 1, пневмораспределители с ручным управлением 2 и пневмоуправлением 3, пневмоцилиндр 4, пневмокнопки 5, 6, логический клапан 7, воздушный распределитель 8 с роликом. Сжатый воздух поступает от источника питания 9 через фильтр-влагодотделитель 10, редукционный клапан 11 и маслораспылитель 12, а также пневмораспределители 2 и 3.

При нажатии пневмокнопок 5 или 6, или обоих сразу, сжатие воздуха переключает пневмораспределитель 3 и сжатый воздух поступает в левую камеру

пневмоцилиндра 4. При этом шток пневмоцилиндра будет двигаться слева направо, выполняя необходимую операцию. При достижении штоком пневмоцилиндра ролика пневмораспределителя 8, последний срабатывает, что вызывает, в свою очередь, переключение пневмораспределителя 3, который направляет сжатый воздух в правую камеру пневмоцилиндра 4, а левую камеру соединяет с атмосферой. Поршень пневмоцилиндра возвращается в крайнюю левую исходную позицию. Пневмопривод готов к выполнению нового цикла, который запускается нажатием пневмокнопок 5 или 6.

Таким образом, шток пневмоцилиндра выдвигается, выполняя рабочую операцию, при кратковременном нажатии пневмокнопок 5 или 6. При достижении крайнего правого положения шток пневмоцилиндра автоматически возвращается в исходное положение, если обе пневмокнопки 5 и 6 в этот момент будут отпущены.

На сегодняшний день особое распространение получили инновационные шланговые пневмодвигатели.

Механизмы, построенные на основе приводов этого типа, имеют относительно небольшое рабочее пространство, и поскольку пневмодвигатель является гибким звеном, то такие механизмы могут не включать шарниров, а функцию шарнира выполняет гибкая оболочка пневмодвигателя. Это позволяет значительно упростить конструкцию, а значит повысить ее надежность и долговечность.

Специфика работы шлангового пневмодвигателя обуславливает его преимущества перед другими видами пневмодвигателей. Шланговые пневмодвигатели воспринимают только растягивающие усилия, они являются гибкими и сокращаются, создавая значительные нагрузки. Шланговый пневмодвигатель имеет трубчатую эластичную цилиндрическую оболочку 1 из композитного материала, закрепленную на концевых частях 2 пневмодвигателя (рис. 8).

Рис. 8. Шланговые пневмодвигатели

Шланговые пневмодвигатели имеют максимальное рабочее давление 0,6 МПа и максимальное сокращение на 20% от общей длины L_0 в диапазоне давлений 0,2–0,6 МПа [11]. Они дают возможность обеспечить нагрузку в несколько раз больше, чем усилия пневматического цилиндра, имеющего аналогичный диаметр.

Шланговые пневмодвигатели отличаются плавностью работы, в них отсутствуют силы сухого трения.

Таким образом, подводя итоги можно сделать следующие выводы. Разработанные на сегодняшний день схемы и конструкции приводов, отличаются большим разнообразием в зависимости от функционального назначения машин, могут выполнять не только функции передачи и преобразования параметров мощности и видов движения от двигателя к рабочим элементам, но также обеспечивать защиту от поломки при перегрузках, дискретное или адаптивное управление режимами работы оборудования, изменять режимы в функции нагрузки и др. Поэтому выбор оптимальных схем приводов для машин того или иного функционального назначения требует привлечения различных методов оптимизации их параметров.

1. Давлетов Д.М. Приводы машин и механизмов // Аллея науки. – 2018. – Т. 4. – №10(26). – С. 392–397.

2. Шарков О.В., Корягин С.И., Калинин А.В. Экспериментальное исследование крутильной жесткости механизмов свободного хода приводов машин // Вестник машиностроения. – 2017. – №8. – С. 43-45.
3. Берекшешев Р.М., Марковец А.В., Анашкина Е.В., Лескова О.К. Синтез механизма привода пуансона швейной машины безниточного способа соединения материалов // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2015. – №1. – С. 30-38.
4. Калаянова Л.И. Использование рычажных механизмов в приводах рабочих органов машин легкой промышленности по материалам патентных исследований // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2016. – №3. – С. 26-32.
5. Сахарчук В.В., Бутенко А.Ф. Перспективная цепная передача // Молодежный научный форум: технические и математические науки. – 2016. – №5(34). – С. 109-115.
6. Ахалая Б.Х. Плодоотъемники с механическим и электрическим приводами // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2018. – №3(31). – С. 178-180.
7. Литвиненко А.М., Баранов Д.С. К определению погрешностей изготовления катушек на намоточном станке с электрическим приводом // Вестник высших учебных заведений Черноземья. – 2019. – №1(55). – С. 43-48.
8. Зуев Ю.Ю., Зуева Е.Ю. Объемные гидравлические приводы с частотным управлением несколькими энергетическими каналами // Вестник Московского энергетического института. – 2018. – №4. – С. 17-27.
9. Сулов Н.М., Чернухин С.А. Гидравлический привод механизма шагания с гидроаккумуляторами // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – №1(135). – С. 3-7.
10. Коноплев В.И., Анцев В.Ю., Воробьев А.В., Мельников Е.С. К расчету гидравлического привода устройства сводообрушения кускового материала в бункерах // Строительные и дорожные машины. – 2018. – №8. – С. 34-37.
11. Сулига С.В. Методика расчета и выбора пневматического цилиндра // Вестник Луганского национального университета имени Владимира Даля. – 2018. – №11(17). – С. 199-204.