



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые
процессы»

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«ЭЛЕКТРОГИДРОПНЕВМОПРИВОД»

Автор
Антоненко В.И.
Фукомов П.М.

Ростов-на-Дону, 2013



Аннотация

Лабораторный практикум по учебной дисциплине «Электрогидропневмопривод» состоит из цикла лабораторных работ с кратким изложением теории и вопросов для самостоятельной подготовки, используемых при изучении специальных дисциплин студентами специальности 150802 «Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика». Учебное пособие рекомендовано студентам 4 и 5 курсов специальности 150802 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика» дневной формы обучения.

Автор



К.т.н. доцент кафедры «Г,
ГПА и ТП» Антоненко В.И.



Ассистент кафедры «Г, ГПА
и ТП» Фукомов П.М.





Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. Раздел дисциплины: «Гидравлический привод»	7
1.1 Функции гидропривода	7
1.2 Виды гидроприводов	7
1.3 Классификация гидроприводов	9
1.4 Структура гидропривода	12
1.5 Область применения гидропривода	13
1.6 Преимущества гидропривода	14
1.7 Недостатки гидропривода	15
1.8 История развития гидропривода	16
1.9 Перспективы развития гидропривода	18
2 Пневматический привод	19
2.1 Пневмоприводы с поступательным движением	20
2.2 Принцип действия пневматических машин	21
2.3 Достоинства пневмопривода	22
2.4 Недостатки пневмопривода	23
3 Электрический привод	24
3.1 Функциональная схема электропривода	25
3.2 Характеристики привода	26
3.3 Классификация электроприводов	26
3.4 Подбор электродвигателя	27
3.5 Алгоритм выбора электропривода	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	
ДРОССЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА	
ПОСРЕДСТВОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДРОССЕЛЯ	30
Лабораторная работа №2	
Дроссельное регулирование гидропривода посредством	
параллельного дросселя на входе гидросистемы	39
Лабораторная работа №3	
«Прямое и не прямое управление	
электропневматическими распределителями»	48
Лабораторная работа № 4	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА	61
Лабораторная работа № 5	
Снятие механических характеристик приводного	
асинхронного электродвигателя	67
Рекомендуемая литература	72
Комплект контрольных материалов	



ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОГИДРОПНЕВМОПРИВОД»74



ВВЕДЕНИЕ

В мобильных транспортных, дорожно-строительных, горных, коммунальных и сельскохозяйственных машинах наиболее широко в качестве привода используется гидравлический и пневматический привод. Гидравлические и пневматические устройства устанавливаются в системах привода и позиционирования рабочих органов и системах управления на энергетических средствах, экскаваторах, бульдозерах, уборочных комбайнах подъемниках, погрузчиках, кранах, а также в качестве силовых передач на движитель этих машин. Гибкость в компоновке гидравлического и пневматического оборудования и сравнительная простота и легкость в управлении позволяют решать самые разнообразные технологические задачи. В результате внедрения современных технологических процессов и совершенствования гидравлического и пневматического оборудования машин с гидравлическим и пневматическим приводом за последние два десятилетия значительно улучшилось качество их изготовления, повысились продолжительность безотказной работы и технический ресурс.

Для стационарного технологического и станочного оборудования гидравлические и пневматические приводы, в которых потенциальная или кинетическая энергия рабочей среды жидкости или газа преобразуется из механической, получаемой, в свою очередь, с помощью электродвигателя, имеют более низкие по сравнению с электроприводом коэффициенты полезного действия, поэтому в стационарном технологическом и станочном оборудовании более широко используется электрический и электромеханический приводы. К приводам автоматизированного технологического и станочного оборудования предъявляют весьма разнообразные требования в зависимости от типа оборудования и его служебного назначения. В современном автоматизированном оборудовании электрический и электромеханический приводы являются основным видом. Для осуществления непрерывных перемещений или больших периодических ходов рабочих органов автоматизированного оборудования наибольшее применение находит электропривод благодаря своей простоте, надежности и экономичности, поскольку в нем подведенная электрическая энергия непосредственно электродвигателем преобразуется в механическую. Наиболее существенным недостатком электропривода является весьма небольшая напряженность (0,5—1,0 МПа) в направлении движения, что сказывается на габаритных размерах привода и его быстродействию.

Наиболее перспективным направлением в настоящее время



является использование комбинированных приводов, у которых основные рабочие перемещения обеспечивают несколько различных по виду используемой энергии двигателей. Использование гидравлических и пневматических передач в сочетании с электрическими позволяет получить наиболее оптимальные по структуре и эффективные по функционированию приводы. Комбинированные приводы в сочетании с комбинированными сервоприводами, выполняющими функции систем управления, наиболее широко используются в автоматизированном оборудовании при автоматизации технологических процессов с целью повышения производительности и улучшения условий труда.

В связи с этим, дисциплина «Электрогидропневмопривод», наряду с изучением теории основных типов приводов, предполагает анализ их характеристик для конкретных механизмов и условий эксплуатации и синтез наиболее оптимальных конструкций привода,

Для изучения теоретического материала дисциплины студент должен использовать учебную литературу [1,2], практическим дополнением к которым и является данное пособие.

В приложении к пособию приведены контрольные вопросы и тестовые задания, позволяющие студентам самостоятельно оценить степень усвоения разделов дисциплины, рассматриваемых в при выполнении лабораторного практикума.



1. РАЗДЕЛ ДИСЦИПЛИНЫ: «ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД»

Гидравлический привод (гидропривод) — совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством гидравлической энергии.

Гидропривод представляет собой своего рода «гидравлическую вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом) и выполняет те же функции, что и механическая передача (редуктор, ремённая передача, кривошипно-шатунный механизм и т. д.).

1.1 ФУНКЦИИ ГИДРОПРИВОДА

Основная функция гидропривода, как и механической передачи, — преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.). Другая функция гидропривода — это передача мощности от приводного двигателя к рабочим органам машины (например, в одноковшовом экскаваторе — передача мощности от двигателя внутреннего сгорания к ковшу или к гидродвигателям привода стрелы, к гидродвигателям поворота башни и т. д.).

В общих чертах, передача мощности в гидроприводе происходит следующим образом:

1. Приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал насоса, который сообщает энергию рабочей жидкости.
2. Рабочая жидкость по гидролиниям через регулируемую аппаратуру поступает в гидродвигатель, где гидравлическая энергия преобразуется в механическую.
3. После этого рабочая жидкость по гидролиниям возвращается либо в бак, либо непосредственно к насосу.

1.2 ВИДЫ ГИДРОПРИВОДОВ

Гидроприводы могут быть двух типов: гидродинамические и объёмные.

- В гидродинамических приводах используется в основном кинетическая энергия потока жидкости (и соответственно скорости движения жидкостей в гидродинамических приводах велики в сравнении со скоростями движения в объёмном гидроприводе).
- В объёмных гидроприводах используется потенциальная



энергия давления рабочей жидкости (в объёмных гидроприводах скорости движения жидкостей не велики — порядка 0,5-6 м/с).

Объёмный гидропривод — это гидропривод, в котором используются объёмные гидромашины (насосы и гидродвигатели).

Объёмной называется гидромашина, рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении её из рабочей камеры. К объёмным машинам относят, например, поршневые насосы, аксиально-поршневые, радиально-поршневые, шестерённые гидромашины и др.

Одна из особенностей, отличающая объёмный гидропривод от гидродинамического, — большие давления в гидросистемах. Так, номинальные давления в гидросистемах экскаваторов могут достигать 32 МПа, а в некоторых случаях рабочее давление может быть более 300 МПа, в то время как гидродинамические машины работают обычно при давлениях, не превышающих 1,5—2 МПа.

Объёмный гидропривод намного более компактен и меньше по массе, чем гидродинамический, и поэтому он получил наибольшее распространение.

В зависимости от конструкции и типа входящих в состав гидропередачи элементов объёмные гидроприводы можно классифицировать по нескольким признакам.



1.3 КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОПРИВОДОВ

По характеру движения выходного звена гидродвигателя

Гидропривод вращательного движения

когда в качестве гидродвигателя применяется гидромотор, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает неограниченное вращательное движение;

Гидропривод поступательного движения

у которого в качестве гидродвигателя применяется гидроцилиндр — двигатель с возвратно-поступательным движением ведомого звена (штока поршня, плунжера или корпуса);

Гидропривод поворотного движения

когда в качестве гидродвигателя применён поворотный гидродвигатель, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает возвратно-поворотное движение на угол, меньший 360° .

По возможности регулирования

Если скорость выходного звена (гидроцилиндра, гидромотора) регулируется изменением частоты вращения двигателя, приводящего в работу насос, то гидропривод считается нерегулируемым.

Регулируемый гидропривод

в котором в процессе его эксплуатации скорость выходного звена гидродвигателя можно изменять по требуемому закону. В свою очередь регулирование может быть:

- дроссельным
- объёмным
- объёмно-дроссельным.

Регулирование может быть: **ручным** или **автоматическим**.

В зависимости от задач регулирования гидропривод может быть:

- стабилизированным
- программным
- следящим (гидроусилители).

Саморегулируемый гидропривод

автоматически изменяет подачу жидкости по фактической потребности гидросистемы в режиме реального времени (без фазового сдвига).

По схеме циркуляции рабочей жидкости

Гидропривод с замкнутой схемой циркуляции

в котором рабочая жидкость от гидродвигателя возвращается во всасывающую гидролинию насоса.

Гидропривод с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости



компактен, имеет небольшую массу и допускает большую частоту вращения ротора насоса без опасности возникновения кавитации, поскольку в такой системе во всасывающей линии давление всегда превышает атмосферное. К недостаткам следует отнести плохие условия для охлаждения рабочей жидкости, а также необходимость спускать из гидросистемы рабочую жидкость при замене или ремонте гидроаппаратуры;

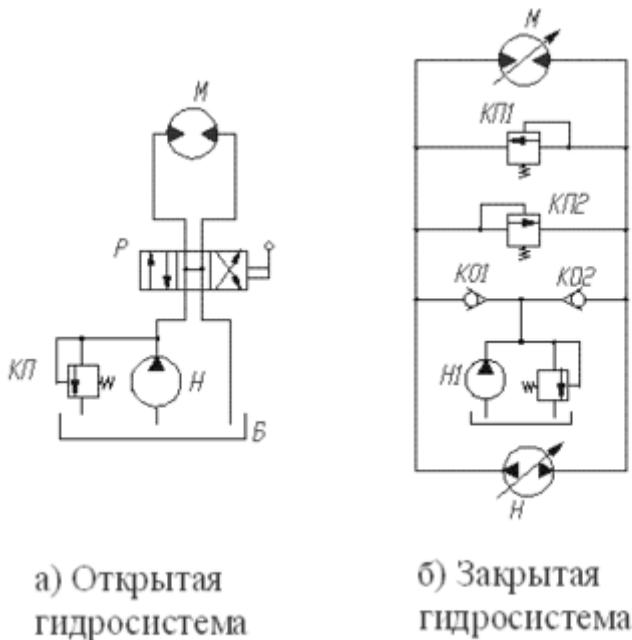


Рисунок 1- Принципиальная гидравлическая схема привода

Гидросистемы с замкнутой схемой циркуляции рабочей жидкости (справа) и с разомкнутой схемой (слева). На схеме слева всасывающая и сливная гидролинии сообщаются с баком (разомкнутая схема); на схеме справа бак используется только для вспомогательной гидросистемы (системы подпитки). Н и Н1 — насосы; М — гидромотор; Р — гидрораспределитель; Б — гидробак; Н1 — насос системы подпитки; КП1, КП2, — Предохранительные клапана; КО1 и КО2 — обратные клапана. Предохранительные клапана КП (на схеме слева), КП1 и КП2 (на схеме справа) срабатывают в тот момент, когда нагрузка на валу гидромотора слишком велика, и давление в гидросистеме превышает допустимую величину. Обратные клапана КО1 и КО2 срабатывают тогда, когда давление слишком мало, и возникает опасность кави-



тации.

Гидропривод с разомкнутой системой циркуляции

в котором рабочая жидкость постоянно сообщается с гидробаком или атмосферой.

Достоинства такой схемы — хорошие условия для охлаждения и очистки рабочей жидкости. Однако такие гидроприводы громоздки и имеют большую массу, а частота вращения ротора насоса ограничивается допустимыми (из условий бескавитационной работы насоса) скоростями движения рабочей жидкости во всасывающем трубопроводе.

По источнику подачи рабочей жидкости

Насосный гидропривод

В насосном гидроприводе, получившем наибольшее распространение в технике, механическая энергия преобразуется насосом в гидравлическую, носитель энергии — рабочая жидкость, нагнетается через напорную магистраль к гидродвигателю, где энергия потока жидкости преобразуется в механическую. Рабочая жидкость, отдав свою энергию гидродвигателю, возвращается либо обратно к насосу (замкнутая схема гидропривода), либо в бак (разомкнутая или открытая схема гидропривода). В общем случае в состав насосного гидропривода входят гидропередача, гидроаппараты, кондиционеры рабочей жидкости, гидроёмкости и гидролинии.

Наибольшее применение в гидроприводе получили аксиально-поршневые, радиально-поршневые, пластинчатые и шестерённые насосы.

Магистральный гидропривод

В магистральном гидроприводе рабочая жидкость нагнетается насосными станциями в напорную магистраль, к которой подключаются потребители гидравлической энергии. В отличие от насосного гидропривода, в котором, как правило, имеется один (реже 2-3) генератора гидравлической энергии (насоса), в магистральном гидроприводе таких генераторов может быть большое количество, и потребителей гидравлической энергии также может быть достаточно много.

Аккумуляторный гидропривод

В аккумуляторном гидроприводе жидкость подаётся в гидролинию от заранее заряженного гидроаккумулятора. Этот тип гидропривода используется в основном в машинах и механизмах с кратковременными режимами работы.

По типу приводящего двигателя

гидроприводы бывают с **электроприводом, приводом от ДВС, турбин** и т. д.



Импульсный гидропривод

В гидроприводе этого вида выходное звено гидродвигателя совершает возвратно-поступательные или возвратно-вращательные движения с большой частотой (до 100 импульсов в секунду).

1.4 СТРУКТУРА ГИДРОПРИВОДА

Обязательными элементами гидропривода являются насос и гидродвигатель. Насос является источником гидравлической энергии, а гидродвигатель — её потребителем, то есть преобразует гидравлическую энергию в механическую. Управление движением выходных звеньев гидродвигателей осуществляется либо с помощью регулирующей аппаратуры — дросселей, гидрораспределителей и др., либо путём изменения параметров самого гидродвигателя и/или насоса.

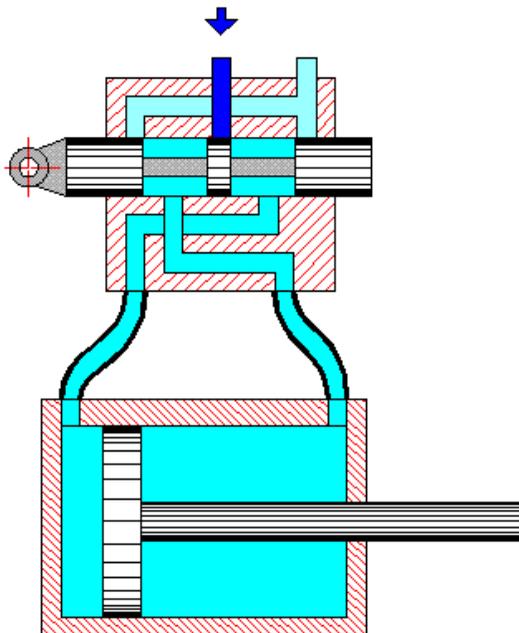


Рисунок 2 - Принцип действия золотникового гидрораспределителя, управляющего движением штока гидроцилиндра

Также обязательными составными частями гидропривода являются гидролинии, по которым жидкость перемещается в гидросистеме.



Критически важной для гидропривода (в первую очередь объёмного) является очистка рабочей жидкости от содержащихся в ней (и постоянно образующихся в процессе работы) абразивных частиц. Поэтому системы гидропривода обязательно содержат фильтрующие устройства (например, масляные фильтры), хотя принципиально гидропривод некоторое время может работать и без них.

Поскольку рабочие параметры гидропривода существенно зависят от температуры рабочей жидкости, то в гидросистемах в некоторых случаях, но не всегда, устанавливаются системы регулирования температуры (подогревающие и/или охлаждающие устройства).

1.5 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОПРИВОДА

Объёмный гидропривод применяется в горных и строительно-дорожных машинах. В настоящее время более 50% общего парка мобильных строительно-дорожных машин (бульдозеров, экскаваторов, автогрейдеров и др.) является гидрофицированной. Это существенно отличается от ситуации 30-х - 40-х годов 20-го века, когда в этой области применялись в основном механические передачи.

В станкостроении гидропривод также широко применяется, однако в этой области он испытывает высокую конкуренцию со стороны других видов привода.

Широкое распространение получил гидропривод в авиации. Насыщенность современных самолётов системами гидропривода такова, что общая длина трубопроводов современного пассажирского авиалайнера может достигать нескольких километров.

В автомобильной промышленности самое широкое применение нашли гидроусилители руля, существенно повышающие удобство управления автомобилем. Эти устройства являются разновидностью следящих гидроприводов. Гидроусилители применяются и во многих других областях техники (авиации, тракторостроении, промышленном оборудовании и др.).

В некоторых танках, например, в японском танке Тип 10, применяется гидростатическая трансмиссия, представляющая собой, по сути, систему объёмного гидропривода движителей. Такого же типа трансмиссия устанавливается и в некоторых современных бульдозерах.

В целом, границы области применения гидропривода определяются его преимуществами и недостатками.



1.6 ПРЕИМУЩЕСТВА ГИДРОПРИВОДА

К основным преимуществам гидропривода относятся:

- возможность универсального преобразования механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки;
- простота управления и автоматизации;
- простота предохранения приводного двигателя и исполнительных органов машин от перегрузок; например, если усилие на штоке гидроцилиндра становится слишком большим (такое возможно, в частности, когда шток, соединённый с рабочим органом, встречает препятствие на своём пути), то давление в гидросистеме достигает больших значений — тогда срабатывает предохранительный клапан в гидросистеме, и после этого жидкость идёт на слив в бак, и давление уменьшается;
- надёжность эксплуатации;
- широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости выходного звена; например, диапазон регулирования частоты вращения гидромотора может составлять от 2500 об/мин до 30-40 об/мин, а в некоторых случаях, у гидромоторов специального исполнения, доходит до 1-4 об/мин, что для электромоторов трудно реализуемо;
- большая передаваемая мощность на единицу массы привода; в частности, масса гидравлических машин примерно в 10-15 раз меньше массы электрических машин такой же мощности;
- самосмазываемость трущихся поверхностей при применении минеральных и синтетических масел в качестве рабочих жидкостей; нужно отметить, что при техническом обслуживании, например, мобильных строительно-дорожных машин на смазку уходит до 50% всего времени обслуживания машины, поэтому самосмазываемость гидропривода является серьёзным преимуществом;
- возможность получения больших сил и мощностей при малых размерах и весе передаточного механизма;
- простота осуществления различных видов движения — поступательного, вращательного, поворотного;
- возможность частых и быстрых переключений при возвратно-поступательных и вращательных прямых и реверсивных движениях;
- возможность равномерного распределения усилий при одновременной передаче на несколько приводов;
- упрощённость компоновки основных узлов гидропривода внутри машин и агрегатов, в сравнении с другими видами приводов.



1.7 НЕДОСТАТКИ ГИДРОПРИВОДА

К недостаткам гидропривода относятся:

- утечки рабочей жидкости через уплотнения и зазоры, особенно при высоких значениях давления в гидросистеме, что требует высокой точности изготовления деталей гидрооборудования;

- нагрев рабочей жидкости при работе, что приводит к уменьшению вязкости рабочей жидкости и увеличению утечек, поэтому в ряде случаев необходимо применение специальных охлаждающих устройств и средств тепловой защиты;

- более низкий КПД чем у сопоставимых механических передач;

- необходимость обеспечения в процессе эксплуатации чистоты рабочей жидкости, поскольку наличие большого количества абразивных частиц в рабочей жидкости приводит к быстрому износу деталей гидрооборудования, увеличению зазоров и утечек через них, и, как следствие, к снижению объёмного КПД;

- необходимость защиты гидросистемы от проникновения в неё воздуха, наличие которого приводит к нестабильной работе гидропривода, большим гидравлическим потерям и нагреву рабочей жидкости;

- пожароопасность в случае применения горючих рабочих жидкостей, что налагает ограничения, например, на применение гидропривода в горячих цехах;

- зависимость вязкости рабочей жидкости, а значит и рабочих параметров гидропривода, от температуры окружающей среды;

- в сравнении с пневмоприводом — невозможность эффективной передачи гидравлической энергии на большие расстояния вследствие больших потерь напора в гидролиниях на единицу длины.



1.8 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГИДРОПРИВОДА

Гидравлические технические устройства известны с глубокой древности. Например, насосы для тушения пожаров существовали ещё во времена Древней Греции.

Однако, как целостная система, включающая в себя и насос, и гидродвигатель, и устройства распределения жидкости, гидропривод стал развиваться в последние 200—250 лет.

Одним из первых устройств, ставших прообразом гидропривода, является гидравлический пресс. В 1795 году патент на такое устройство получил Джозеф Брама (англ. Joseph Bramah), которому помогал Генри Модели, и в 1797 году первый в истории гидравлический пресс был построен.

В конце XVIII века появились первые грузо-подъёмные устройства с гидравлическим приводом, в которых рабочей жидкостью служила вода. Первый подъёмный кран с гидравлическим приводом был введён в эксплуатацию в Англии в 1846—1847 годах, и со второй половины XIX века гидропривод находит широкое применение в грузо-подъёмных машинах.

Создание первых гидродинамических передач связано с развитием в конце XIX века судостроения. В то время в морском флоте стали применять быстроходные паровые машины. Однако, из-за кавитации, повысить число оборотов гребных винтов не удавалось. Это потребовало применения дополнительных механизмов. Поскольку технологии в то время не позволяли изготавливать высокооборотистые шестерённые передачи, то потребовалось создание принципиально новых передач. Первым таким устройством с относительно высоким КПД явился изобретённый немецким профессором Г. Фётингером гидравлический трансформатор (патент 1902 года), представлявший собой объединённые в одном корпусе насос, турбину и неподвижный реактор. Однако первая применённая на практике конструкция гидродинамической передачи была создана в 1908 году, и имела КПД около 83 %. Позднее гидродинамические передачи нашли применение в автомобилях. Они повышали плавность трогания с места. В 1930 году Гарольд Синклер (англ. *Harold Sinclair*), работая в компании Даймлер, разработал для автобусов трансмиссию, включающую гидромуфту и планетарную передачу. В 1930-х годах производились первые дизельные локомотивы, использовавшие гидромуфты.

В СССР первая гидравлическая муфта была создана в 1929 году.

В 1882 году компания Армстронг Уитворс представила экскаватор, в котором впервые ковш имел гидравлический привод.



Один из первых гидрофицированных экскаваторов был произведён французской компанией Poslain в 1951 году. Однако эта машина не могла поворачивать башню на 360 градусов. Первый полноповоротный экскаватор с гидроприводом был представлен этой же фирмой в 1960-м году. В начале 1970-х годов гидрофицированные экскаваторы, обладавшие большей производительностью и простотой управления, в основном, вытеснили с рынка своих предшественников — экскаваторы на канатной тяге.

Первый патент, связанный с гидравлическим усилением, был получен Фредериком Ланчестером в Великобритании в 1902 году. Его изобретение представляло собой «усилительный механизм, приводимый посредством гидравлической энергии». В 1926 году инженер подразделения грузовиков компании Пирс Эрроу (англ. *Pierce Arrow*) продемонстрировал в компании "Дженерал моторс" гидроусилитель руля с хорошими характеристиками, однако автопроизводитель посчитал, что эти устройства будут слишком дорогими, чтобы выпускать их на рынок. Первый предназначенный для коммерческого использования гидроусилитель руля был создан компанией Крайслер в 1951 году, и сейчас большинство новых автомобилей укомплектовывается подобными устройствами.

Фирма Хонда после представления гидростатической трансмиссии в 2001 году для своей модели мотовездехода FourTrax Rubicon, анонсировала в 2005-м году мотоцикл Honda DN-01 с гидростатической трансмиссией, включающей насос и гидромотор. Модель начала продаваться на рынке в 2008 году. Это была первая модель транспортного средства для автодорог, в котором использовалась гидростатическая трансмиссия.



1.9 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОПРИВОДА

Перспективы развития гидропривода во многом связаны с развитием электроники. Так, совершенствование электронных систем позволяет упростить управление движением выходных звеньев гидропривода. В частности, в последние 10-15 лет стали появляться бульдозеры, управление которыми устроено по принципу джойстика.

С развитием электроники и вычислительных средств связан прогресс в области диагностирования гидропривода. Процесс диагностирования некоторых современных машин простыми словами может быть описан следующим образом. Специалист подключает переносной компьютер к специальному разъёму на машине. Через этот разъём в компьютер поступает информация о значениях диагностических параметров от множества датчиков, встроенных в гидросистему. Программа или специалист анализирует полученные данные и выдаёт заключение о техническом состоянии машины, наличии или отсутствии неисправностей и их локализации. По такой схеме осуществляется диагностирование, например, некоторых современных ковшовых погрузчиков. Развитие вычислительных средств позволит усовершенствовать процесс диагностирования гидропривода и машин в целом.

Важную роль в развитии гидропривода может сыграть создание и внедрение новых конструкционных материалов. В частности, развитие нанотехнологий позволит повысить прочность материалов, что позволит уменьшить массу гидроборудования и его геометрические размеры, повысить его надёжность. С другой стороны, создание прочных и одновременно эластичных материалов позволит, например, уменьшить недостатки многих гидравлических машин, в частности, увеличить развиваемое диафрагменными насосами давление.

В последние годы наблюдается существенный прогресс в производстве уплотнительных устройств. Новые материалы обеспечивают полную герметичность при давлениях до 80 МПа, низкие коэффициенты трения и высокую надёжность.



2 ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Пневматический привод (пнеumoпривод) — совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством энергии сжатого воздуха. Обязательными элементами пневмопривода являются компрессор (генератор пневматической энергии) и пневмодвигатель.

Пневмопривод, подобно гидроприводу, представляет собой своего рода «пневматическую вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом) и выполняет те же функции, что и механическая передача (редуктор, ремённая передача, кривошипно-шатунный механизм и т. д.).

Основное назначение пневмопривода, как и механической передачи, — преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.).

В общих чертах, передача энергии в пневмоприводе происходит следующим образом:

1. Приводной двигатель передаёт вращающий момент на вал компрессора, который сообщает энергию рабочему газу.
2. Рабочий газ после специальной подготовки по пневмолиниям через регулирующую аппаратуру поступает в пневмодвигатель, где пневматическая энергия преобразуется в механическую.
3. После этого рабочий газ выбрасывается в окружающую среду, в отличие от гидропривода, в котором рабочая жидкость по гидролиниям возвращается либо в гидробак, либо непосредственно к насосу.

В зависимости от характера движения выходного звена пневмодвигателя (вала пневмомотора или штока пневмоцилиндра), и соответственно, характера движения рабочего органа пневмопривод может быть вращательным или поступательным. Пневмоприводы с поступательным движением получили наибольшее распространение в технике.



2.1 ПНЕВМОПРИВОДЫ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

По характеру воздействия на рабочий орган пневмоприводы с поступательным движением бывают:

- двухпозиционные, перемещающие рабочий орган между двумя крайними положениями;
- многопозиционные, перемещающие рабочий орган в различные положения.

По принципу действия пневматические приводы с поступательным движением бывают:

- одностороннего действия, возврат привода в исходное положение осуществляется механической пружиной;
- двухстороннего действия, перемещающие рабочий орган привода осуществляется сжатым воздухом.

По конструктивному исполнению пневмоприводы с поступательным движением делятся на:

- поршневые, представляющие собой цилиндр, в котором под воздействием сжатого воздуха либо пружины перемещается поршень (возможны два варианта исполнения: в односторонних поршневых пневмоприводах рабочий ход осуществляется за счёт сжатого воздуха, а холостой за счёт пружины; в двухсторонних — и рабочий, и холостой ходы осуществляются за счёт сжатого воздуха);
- мембранные, представляющие собой герметичную камеру, разделённую мембраной на две полости; в данном случае цилиндр соединён с жёстким центром мембраны, на всю площадь которой и производит действие сжатый воздух (также, как и поршневые, выполняются в двух видах — одно- либо двухстороннем).
- Сильфонные применяются реже. Практически всегда одностороннего действия: усилие возврата может создаваться как упругостью самого сильфона, так и с использованием дополнительной пружины.

В особых случаях (когда требуется повышенное быстродействие) применяют специальный тип пневмоприводов — вибрационный пневмопривод релейного типа.

Одно из применений пневматических приводов является использование их в качестве силовых приводов на пневматических тренажерах.



2.2 ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МАШИН

Многие пневматические машины имеют свои конструктивные аналоги среди объёмных гидравлических машин. В частности, широко применяются аксиально-поршневые пневмомоторы и компрессоры, шестерённые и пластинчатые пневмомоторы, пневмоцилиндры...

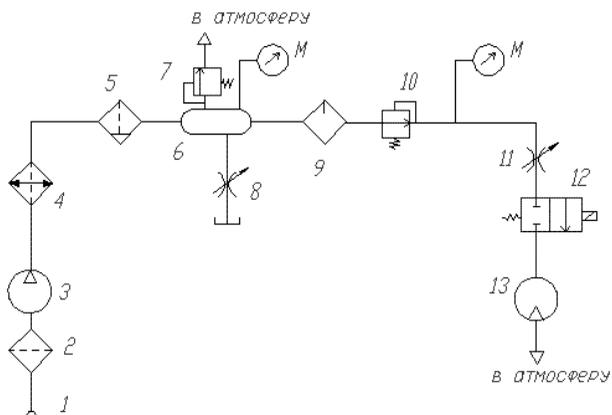


Рисунок 3 - Типовая схема пневмопривода: 1 — воздухозаборник; 2 — фильтр; 3 — компрессор; 4 — теплообменник (холодильник); 5 — влагоотделитель; 6 — воздухоотборник (ресивер); 7 — предохранительный клапан; 8- дроссель; 9 — маслораспылитель; 10 — редукционный клапан; 11 — дроссель; 12 — распределитель; 13 пневмомотор; М — манометр.

Воздух в пневмосистему поступает через воздухозаборник.

Фильтр осуществляет очистку воздуха в целях предупреждения повреждения элементов привода и уменьшения их износа.

Компрессор осуществляет сжатие воздуха.

Поскольку, согласно закону Шарля, сжатый в компрессоре воздух имеет высокую температуру, то перед подачей воздуха потребителям (как правило, пневмодвигателям) воздух охлаждают в теплообменнике (в холодильнике).

Чтобы предотвратить обледенение пневмодвигателей вследствие расширения в них воздуха, а также для уменьшения коррозии деталей, в пневмосистеме устанавливают влагоотделитель.



Воздухосборник служит для создания запаса сжатого воздуха, а также для сглаживания пульсаций давления в пневмосистеме. Эти пульсации обусловлены принципом работы объёмных компрессоров (например, поршневых), подающих воздух в систему порциями.

В маслораспылителе в сжатый воздух добавляется смазка, благодаря чему уменьшается трение между подвижными деталями пневмопривода и предотвращает их заклинивание.

В пневмоприводе обязательно устанавливается редукционный клапан, обеспечивающий подачу к пневмодвигателям сжатого воздуха при постоянном давлении.

Распределитель управляет движением выходных звеньев пневмодвигателя.

В пневмодвигателе (пневмомоторе или пневмоцилиндре) энергия сжатого воздуха преобразуется в механическую энергию.

2.3 ДОСТОИНСТВА ПНЕВМОПРИВОДА

- в отличие от гидропривода — отсутствие необходимости возвращать рабочее тело (воздух) назад к компрессору;
- меньший вес рабочего тела по сравнению с гидроприводом (актуально для ракетостроения);
- меньший вес исполнительных устройств по сравнению с электрическими;
- возможность упростить систему за счет использования в качестве источника энергии баллона со сжатым газом, такие системы иногда используют вместо пиропатронов, есть системы, где давление в баллоне достигает 500 МПа;
- простота и экономичность, обусловленные дешевизной рабочего газа;
- быстрота срабатывания и большие частоты вращения пневмомоторов (до нескольких десятков тысяч оборотов в минуту);
- пожаробезопасность и нейтральность рабочей среды, обеспечивающая возможность применения пневмопривода в шахтах и на химических производствах;
- в сравнении с гидроприводом — способность передавать пневматическую энергию на большие расстояния (до нескольких километров), что позволяет использовать пневмопривод в качестве магистрального в шахтах и на рудниках;
- в отличие от гидропривода, пневмопривод менее чувствителен к изменению температуры окружающей среды вследствие меньшей зависимости КПД от утечек рабочей среды (рабочего газа), поэтому изменение зазоров между деталями пневмообору-



дования и вязкости рабочей среды не оказывают серьёзного влияния на рабочие параметры пневмопривода; это делает пневмопривод удобным для использования в горячих цехах металлургических предприятий.

2.4 НЕДОСТАТКИ ПНЕВМОПРИВОДА

- нагревание и охлаждение рабочего газа в процессе сжатия в компрессорах и расширения в пневмомоторах; этот недостаток обусловлен законами термодинамики, и приводит к следующим проблемам:

- возможность обмерзания пневмосистем;
- конденсация водяных паров из рабочего газа, и в связи с этим необходимость его осушения;

- высокая стоимость пневматической энергии по сравнению с электрической (примерно в 3-4 раза), что важно, например, при использовании пневмопривода в шахтах;

- ещё более низкий КПД, чем у гидропривода;
- низкие точность срабатывания и плавность хода;
- возможность взрывного разрыва трубопроводов или производственного травматизма, из-за чего в промышленном пневмоприводе применяются небольшие давления рабочего газа (обычно давление в пневмосистемах не превышает 1 МПа, хотя известны пневмосистемы с рабочим давлением до 7 МПа — например, на атомных электростанциях), и, как следствие, усилия на рабочих органах значительно меньше в сравнении с гидроприводом). Там, где такой проблемы нет (на ракетах и самолетах) или размеры систем небольшие, давления могут достигать 20 МПа и даже выше.

для регулирования величины поворота штока привода необходимо использование дорогостоящих устройств — позиционеров.



3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Электрический привод (сокращённо — электропривод) — это электромеханическая система для приведения в движение исполнительных механизмов рабочих машин и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса.

Современный электропривод — это совокупность множества электромашин, аппаратов и систем управления ими. Он является основным потребителем электрической энергии (до 60 %) и главным источником механической энергии в промышленности.

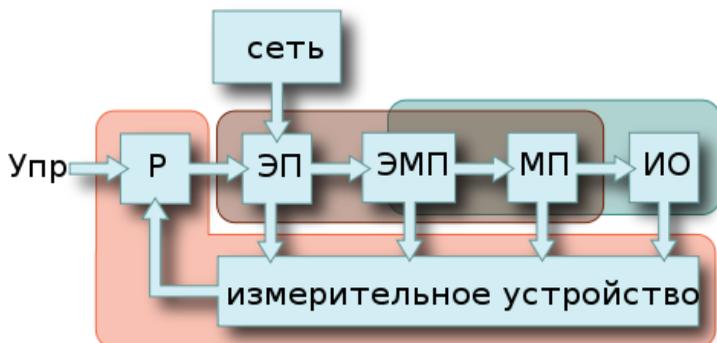
Определение по ГОСТу Р 50369-92 электропривод - электромеханическая система, состоящая из преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенная для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса.

Как видно из определения, исполнительный орган в состав привода не входит. Однако, авторы авторитетных учебников включают исполнительный орган в состав электропривода. Это противоречие объясняется тем, что при проектировании электропривода необходимо учитывать величину и характер изменения механической нагрузки на валу электродвигателя, которые определяются параметрами исполнительного органа. При невозможности реализации прямого привода электродвигатель приводит исполнительный орган в движение через кинематическую передачу. КПД, передаточное число и пульсации, вносимые кинематической передачей также учитываются при проектировании электропривода.



3.1 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

СХЕМА



Функциональные элементы:

- Регулятор (Р) предназначен для управления процессами, протекающими в электроприводе.
- Электрический преобразователь (ЭП) предназначен для преобразования электрической энергии сети в регулируемое напряжение постоянного или переменного тока.
- Электромеханический преобразователь (ЭМП) — двигатель, предназначен для преобразования электрической энергии в механическую.
- Механический преобразователь (МП) может изменять скорость вращения двигателя, а также характер движения (с поступательного на вращательное или с вращательного на поступательное).
- Упр — управляющее воздействие.
- ИО — исполнительный орган.

Функциональные части:

- Силовая часть или электропривод с разомкнутой системой регулирования.
- Механическая часть.
- Система управления электропривода.



3.2 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИВОДА

Статические характеристики

Под статическими характеристиками чаще всего подразумеваются электромеханическая и механическая характеристика.

Механическая характеристика

Механическая характеристика — это зависимость угловой скорости вращения вала от электромагнитного момента M (или от момента сопротивления M_c). Механические характеристики являются очень удобным и полезным инструментом при анализе статических и динамических режимов электропривода.

Электромеханическая характеристика двигателя

Электромеханическая характеристика — это зависимость угловой скорости вращения вала ω от тока I .

Динамическая характеристика

Динамическая характеристика электропривода — это зависимость между мгновенными значениями двух координат электропривода для одного и того же момента времени переходного режима работы.

3.3 КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

По количеству и связи исполнительных, рабочих органов.

- Индивидуальный, в котором рабочий исполнительный орган приводится одним самостоятельным двигателем, приводом.
- Групповой, в котором один двигатель приводит в действие исполнительные органы РМ или несколько органов одной РМ.
- Взаимосвязанный, в котором два или несколько ЭМП или ЭП электрически или механически связаны между собой с целью поддержания заданного соотношения или равенства скоростей, или нагрузок, или положения исполнительных органов РМ.
- Многодвигательный, в котором взаимосвязанные ЭП, ЭМП обеспечивают работу сложного механизма или работу на общий вал.
- Электрический вал, взаимосвязанный ЭП, в котором для постоянства скоростей РМ, не имеющих механических связей, используется электрическая связь двух или нескольких ЭМП.

По типу управления и задаче управления.

- Автоматизированный ЭП, управляемый путём автоматического регулирования параметров и величин.
- Программно-управляемый ЭП, функционирующий через посредство специализированной управляющей вычислительной



машины в соответствии с заданной программой.

- Следящий ЭП, автоматически обрабатывающий перемещение исполнительного органа РМ с заданной точностью в соответствии с произвольно меняющимся сигналом управления.
- Позиционный ЭП, автоматически регулирующий положение исполнительного органа РМ.
- Адаптивный ЭП, автоматически избирающий структуру или параметры устройства управления с целью установления оптимального режима работы.

По характеру движения.

- ЭП с вращательным движением.
- Линейный ЭП с линейными двигателями.
- Дискретный ЭП с ЭМП, подвижные части которого в установленном режиме находятся в состоянии дискретного движения.

По наличию и характеру передаточного устройства.

- Редукторный ЭП с редуктором или мультипликатором.
- Электрогидравлический с передаточным гидравлическим устройством.
- Магнетогидродинамический ЭП с преобразованием электрической энергии в энергию движения токопроводящей жидкости.

По роду тока.

- Переменного тока.
- Постоянного тока.

По степени важности выполняемых операций.

- Главный ЭП, обеспечивающий главное движение или главную операцию (в многодвигательных ЭП).
- Вспомогательный ЭП.

3.4 ПОДБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Качество работы современного электропривода во многом определяется правильным выбором используемого электрического двигателя, что в свою очередь обеспечивает продолжительную надёжную работу электропривода и высокую эффективность технологических и производственных процессов в промышленности, на транспорте, в строительстве и других областях.

При выборе электрического двигателя для привода производственного механизма руководствуются следующими рекомендациями:

- Исходя из технологических требований, производят выбор электрического двигателя по его техническим характеристикам (по роду тока, номинальным напряжению и мощности, частоте



вращения, виду механической характеристики, продолжительности включения, перегрузочной способности, пусковым, регулировочным и тормозным свойствами др.), а также конструктивное исполнение двигателя по способу монтажа и крепления.

- Исходя из экономических соображений, выбирают наиболее простой, экономичный и надёжный в эксплуатации двигатель, не требующий высоких эксплуатационных расходов и имеющий наименьшие габариты, массу и стоимость.

- Исходя из условий окружающей среды, в которых будет работать двигатель, а также из требований безопасности работы во взрывоопасной среде, выбирают конструктивное исполнение двигателя по способу защиты.

Правильный выбор типа, исполнения и мощности электрического двигателя определяет не только безопасность, надёжность и экономичность работы и длительность срока службы двигателя, но и технико-экономические показатели всего электропривода в целом.



3.5 АЛГОРИТМ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Для некоторых механизмов, работающих в повторно-кратковременном режиме (краны, лифты), большую часть рабочего цикла двигатель работает на естественной характеристике и только относительно небольшое время работает на искусственной характеристике, обычно на пониженной частоте вращения. В этом случае потери электроэнергии на искусственной характеристике сравнительно невелики, так как мало время работы на ней. Поэтому здесь можно применять простые и дешёвые способы регулирования, даже если они вызывают повышенные потери мощности в обмотках. Поэтому, благодаря простоте реализации метода регулирования скорости путём изменения сопротивления в цепи ротора, такие электроприводы нашли наиболее широкое применение в крановых системах, и сейчас составляют основную часть находящихся в эксплуатации и выпускаемых промышленностью электроприводов. В то же время растёт число электроприводов с плавным регулированием скорости, в первую очередь к ним относятся электроприводы по системам "тиристорный преобразователь - двигатель постоянного тока" (ТП-Д) и "преобразователь частоты - асинхронный двигатель" (ПЧ-АД).

Основными типами электродвигателей, которые используются для привода производственных механизмов с регулируемой скоростью движения рабочего органа, являются двигатели постоянного тока и асинхронные с короткозамкнутым или фазным ротором. Наиболее просто требуемые искусственные характеристики получаются у двигателей постоянного тока, поэтому до недавнего времени они преимущественно и находили применение для регулируемых электроприводов. С другой стороны, асинхронные двигатели, уступая двигателям постоянного тока по возможностям регулирования частоты вращения, по сравнению с последними проще в изготовлении и эксплуатации и имеют относительно меньшие массу, размеры и стоимость. Именно эти отличительные свойства асинхронных двигателей определили их главенствующее использование в промышленном нерегулируемом электроприводе. В настоящее время двигатели постоянного тока вытесняются короткозамкнутыми асинхронными двигателями с преобразователями частоты, а также синхронными двигателями с постоянными магнитами на роторе и шаговыми. Число выпускаемых двигателей постоянного тока составляет лишь 4-5 % числа двигателей переменного тока и неуклонно снижается.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ДРОССЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ПОСРЕДСТВОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДРОССЕЛЯ

1 Цель работы

1.1 Исследование дроссельного способа регулирования скорости гидропривода посредством последовательного дросселирования.

1.2 Расчет его основных эксплуатационных характеристик.

1.3 Приобретение практических навыков расчета гидроприводов с регулированием скорости посредством последовательного дросселирования.

2 Основные теоретические положения

Как известно, гидравлический привод предназначен для преобразования механической энергии в гидравлическую (энергию потока жидкости под давлением), транспортирования её на расстояние и обратного преобразования в механическую энергию движения исполнительного механизма.

Одним из основных эксплуатационных параметров гидравлического привода является его мощность, которая преобразуется в некоторой последовательности.

К валу насоса поводится затраченная мощность гидропривода ($N_{в.н.}$), после преобразования ее в гидравлическую на выходе насоса снимается полезная мощность насоса (N_H), после её транспортирования и обратного преобразования исполнительный орган совершает работу с мощностью гидропривода ($N_{г.п.}$ — полезная мощность гидропривод). При этом

$$N_H = N_{в.н.} * \eta_H = N_{в.н.} * \eta_0 * \eta_M * \eta_{Г} \quad (1.1)$$

где η_H — полный КПД насоса;

$\eta_{Г}$ — гидравлический КПД насоса, для объемных насосов $\eta_{Г} \approx 1$;

$\eta_0; \eta_M$ — объемный и механический КПД насоса зависят от конструкции и технического состояния насоса.

Полезная мощность насоса может быть определена по формуле

$$N_H = Q_H * p_H \quad (1.2)$$

где $Q_H * p_H$ — соответственно производительность и давление, развиваемые насосом.

Полезная мощность гидродвигателя может определяться по формулам:



для гидроцилиндров

$$N_{Г.Ц.} = F_{П} * V_{П}; \quad (1.3)$$

для гидромоторов

$$N_{Г.М.} = M_{М} * \omega_{М}; \quad (1.4)$$

где $F_{П}$ – усилие преодолеваемое поршнем гидроцилиндра;

$V_{П}$ – скорость перемещения поршня гидроцилиндра;

$M_{М}$ – крутящий момент на валу гидромотора;

$\omega_{М}$ – частота вращения вала гидромотора.

Скорость выходного звена гидропривода $V_{П}$ и $\omega_{М}$ зависят от величины подводимого к ним расхода рабочей жидкости и определяется по формуле:.

$$V_{П} = \frac{Q_{Д}}{S_{П}} \quad (1.5)$$

$$\omega_{М} = \frac{2\pi Q_{Д}}{q}, \quad (1.6)$$

где $Q_{Д}$ – расход подводимый к гидродвигателю;

$S_{П}$ – эффективная площадь гидроцилиндра;

q – рабочий объем гидромотора.

Коэффициент полезного действия гидропривода может быть определен по формуле:

$$\eta_{Г.П.} = \frac{N_{Г.П.}}{N_{В.В.}}, \quad (1.7)$$

где $N_{Г.П.}$ – определяется по формуле:

$$N_{Г.П.} = Q_{Д} * P_{Д} * \eta_{Д}, \quad (1.8)$$

где $P_{Д}$ – давление на входе в гидродвигатель;

$\eta_{Д}$ – полный КПД гидродвигателя.

При решении ряда технических задач возникает необходимость регулирования скорости выходного звена гидравлического привода $V_{П}$ и $\omega_{М}$.

Во многих случаях решение этой задачи осуществляется с использованием дроссельного способа регулирования скорости выходного звена гидропривода, при котором часть рабочей жидкости сбрасывается на слив в обход гидравлического двигателя.

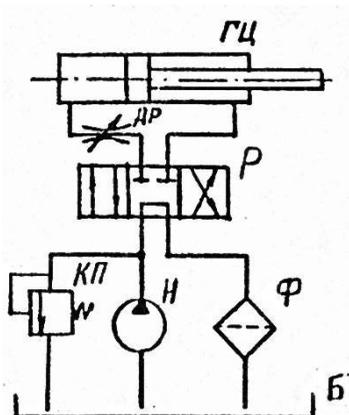
На рис. 1 изображена принципиальная гидравлическая схема одного из дроссельных способов регулирования – посредством последовательного дросселирования

При регулировании скорости гидроцилиндра ГЦ таким способом, насос Н с помощью гидродросселя ДР догружается до величины тарировки предохранительного клапана КП и таким образом часть жидкости сбрасывается в гидробак Б помимо гидроцилиндра.

При этом вся мощность сообщаемая насосом жидкости распределяется следующим образом:



мощность, пошедшая на совершение работы гидродвигате-



лем

Рисунок 1 — Принципиальная гидравлическая схема

$$N_{Г.П.} = Q_D * p_D \quad (1.9)$$

$$Q_D = Q_H - Q_{КЛ}, \quad (1.10)$$

где $Q_{КЛ}$ – расход, сбрасываемый через предохранительный клапан;

Q_H – мощность израсходованная на дросселе Др, в гидромагистральных и на гидроаппаратуре определяется по формуле:

$$N_{Др} = Q_D * \Delta p_{Др}, \quad (1.11)$$

где $\Delta p_{Др}$ – суммарные потери давления в гидросистеме (включая дроссель Др),

при этом $p_{КЛ} = p_D + \Delta p_{Др}$,

где $p_{КЛ}$ – давление настройки предохранительного клапана КП.

Мощность теряемая в результате сброса жидкости через предохранительный клапан определяется по формуле:

$$N_{КЛ} = Q_{КЛ} * (p_D + \Delta p_{Др}) \quad (1.12)$$

Из уравнений (9-12) видно, что потери энергии при рассматриваемом способе регулирования, тем больше, а его КПД тем ниже, чем меньше расход требуемый гидродвигателю и чем меньше нагрузка на нем.

Коэффициент полезного действия регулирования скорости последовательным дросселированием определяется по формуле:

$$\eta_{ГП} = \frac{N_{ГП}}{N_{ВН}} = \frac{p_D * Q_D * \eta_D * \eta_H}{(Q_D + Q_{КЛ}) * p_{КЛ}}, \quad (1.13)$$

где

$$N_{ВН} = \frac{1}{\eta_H} * Q_H * p_H = \frac{1}{\eta_H} * (Q_D + Q_{КЛ}) * p_{КЛ} \quad (1.14)$$



3 Описание экспериментального стенда

Лабораторный стенд, принципиальная гидравлическая схема которого изображена на рис.2, позволяет осуществить экспериментальные исследования дроссельного способа регулирования скорости.

Стенд включает в себя следующие основные узлы:

- насосную станцию НС с насосом Н, предохранительным клапаном КП, фильтром Ф и гидробаком Б;
- дроссель ДР1 используемый при регулировании параллельным дросселированием на входе;
- предохранительно-переливную систему ППС, используемую при регулировании последовательным дросселированием;
- распределитель Р1, предназначенный для управления исполнительным гидродвигателем ГЦ;
- системы нагружения 1 и 2, одна из которых используется для гидравлического нагружения гидроцилиндра (2), а вторая для регулирования последовательным дросселированием (1);
- регулятор расхода РР используемый при регулировании последовательным дросселированием со стабилизацией;
- обратный клапан КО;
- манометры МН1, МН2, МН3.

Во все время проведения лабораторной работы распределители Р4 и Р5 должны находиться в позиции 1, что достигается включением электромагнитов ЭМ4 и ЭМ6.

4 Порядок выполнения работы

- 4.1 Ознакомиться со стендом и убедиться в его исправности.
- 4.2 Включить питание на блок управления.
- 4.3 Запустить электромотор привода гидронасоса.
- 4.4 Перевести распределители Р4 и Р5 в позицию 1 для чего включить электромагниты ЭМ4 и ЭМ6. Все другие распределители должны находиться в исходном положении (электромагниты ЭМ1-ЭМ3, ЭМ5, ЭМ7, ЭМ8 обесточены), дроссель регулятора расхода полностью открыт.
- 4.5 Распределителем Р1 перевести поршень гидроцилиндра в исходное положение (вниз).
- 4.6 Установить распределитель Р1 в нейтральное положение и закрыть дроссель ДР1. Стенд готов для регулирования скорости гидроцилиндра последовательным дросселированием.
- 4.7 Перевести распределитель Р2 в позицию 2. Перевести распределитель Р1 в позицию 1 (поршень цилиндра будет выдвигаться) дросселем ДР2 по манометру МН3 установить давление заданное преподавателем (6,0-7,0) МПа.



предохранительно-переливной системы ППС (9 МПа).

4.10 Перевести распределители Р1 и Р3 в позицию 1, вернуть гидроцилиндр ГЦ в исходное положение.

4.11 Перевести распределители Р2 и Р3 в позицию 2, произвести включение распределителя Р1 на рабочий ход.

Результаты измерений занести в таблицу 1.

4.12 Постепенно прикрывая дроссель ДР3, произвести замеры по пп. 3.10-3.11 (5-6 точек измерения вплоть до полной остановки гидроцилиндра ГЦ).

4.13 Действия по пп. 3.7-3.12 произвести при различных настройках дросселя ДР2 (3 настройки).

4.14 Выключить насосную станцию. Обесточить пульт управления.

Таблица 1

номера замеров	ход поршня, L, м.	время хода, t, с.	показания амперметра I _A , А.	показания манометра, кгс/см ² .		
				МН1	МН2	МН3
1						
2						
3						
4						
5						
6						



5 Исходные данные для расчета

5.1 Гидроцилиндр

- диаметр поршня $d_{\Pi} = 90$ мм.
- диаметр штока $d_{ШТ} = 40$ мм.

5.2 Коэффициент полезного действия

- эл. двигателя $\eta_{эд} = 0,95$
- клиноременного привода $\eta_{пр} = 0,95$

5.3 Напряжение питающей сети $U = 380$ В.



6 Обработка экспериментальных данных

6.1 Скорость движения поршня определяется по формуле

$$V = \frac{L}{t}, \quad (1.15)$$

где L – длина хода;

t – время хода.

6.2 Нагрузка на поршне определяется по формуле

$$F = p_{\text{ПД}} * S_{\text{ПД}}, \quad (1.16)$$

где F – рабочее усилие;

$p_{\text{ПД}}$ – величина противодействия (показания манометра МН2);

$S_{\text{ПД}}$ – эффективная площадь поршня со стороны противо-
давления.

6.3 Полезная мощность развиваемая гидроприводом

$$N_{\text{ГП}} = F * V \quad (1.17)$$

6.4 Затраченная мощность (мощность на валу насоса)

$$N_{\text{ВН}} = N_{\text{ЭД}} * \eta_{\text{ЭД}} * \eta_{\text{ПР}}, \quad (1.18)$$

$$N_{\text{ЭД}} = I_{\text{А}} * U, \quad (1.19)$$

где $N_{\text{ВН}}$ – затраченная мощность гидропривода;

$N_{\text{ЭД}}$ – потребляемая мощность электродвигателя;

$\eta_{\text{ЭД}}$ – КПД электродвигателя;

$\eta_{\text{ПР}}$ – КПД клиноременного привода;

$I_{\text{А}}$ – показания амперметра;

U –напряжение питающей сети.

6.5 Определяется КПД гидропривода

$$\eta_{\text{ГП}} = \frac{N_{\text{ГП}}}{N_{\text{ВН}}} \quad (1.20)$$

6.6 По результатам расчетов заполняется таблица 2.



Таблица 2

Номера замеров	Скорость поршня, V , м/с.	Нагрузка, F , Н.	Полезная мощность, $N_{\text{П}}$, кВт.	Затраченная мощность, $N_{\text{ВН}}$, кВт.	КПД гидропривода, $\eta_{\text{ГП}}$; %.
1					
2					
3					
4					
5					
6					

7 Выводы

7.1 По результатам проведенной работы дать краткую характеристику дроссельного способа регулирования последовательным дросселированием.

7.2 Построить графики $U = f(F)$; $\eta_{\text{ГП}} = f(F)$; $\eta_{\text{ГП}} = f(V)$.

7.3 Объясните их характер.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ДРОССЕЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ПОСРЕДСТВОМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДРОССЕЛЯ НА ВХОДЕ ГИДРОСИСТЕМЫ

1 Цель работы

1.1 Ознакомление с основными способами дроссельного регулирования гидропривода.

1.2 Определение характеристик схем дроссельного регулирования и их КПД.

1.3 Приобретение практических навыков расчета гидроприводов с дроссельным регулированием.

2 Основные теоретические положения

Гидравлический привод есть совокупность гидравлических машин (насос, гидродвигатель), гидравлической аппаратуры (гидрораспределители, гидроклапаны и др.), гидромагистралей (трубопроводов) и вспомогательных устройств (баки, фильтры и др.) предназначенная для преобразования движения и передачи энергии на расстояние посредством жидкости.

Основным эксплуатационным параметром гидропривода является его мощность $N_{э.н.}$, которую можно определить по формулам;

для гидроцилиндров:

$$N_{э.н.} = F_n \cdot \mathcal{G}_n, \quad (2.1)$$

для гидромоторов и поворотных гидроцилиндров

$$N_{э.н.} = M_m \cdot \omega_m, \quad (2.2)$$

где F_n — усилие преодолеваемое поршнем гидроцилиндра;

\mathcal{G}_n — скорость перемещения поршня гидроцилиндра;

M_m — момент сопротивления вала гидромотора;

ω_m - частота вращения вала гидромотора.

Скорость выхода звена гидропривода (\mathcal{G}_n и ω_m) определяется величиной подводимого расхода рабочей жидкости по формуле:

$$\mathcal{G}_n = \frac{Q_q}{\omega_n} \quad (2.3)$$



$$\omega_M = \frac{2 \cdot \pi \cdot Q_q}{q} \quad (2.4)$$

где Q_q — расход подводимый к гидродвигателю;

ω_n — эффективная площадь гидроцилиндра;

q — работой объем гидромотора. Таким образом изменяя расход эпод водимый к гидродвигателю можно регулировать мощность развиваемую гидроприводом.

Дроссельное регулирование гидроприводом осуществляется за счет сброса части производимого насосом расхода жидкости на слив, минуя гидродвигатель.

Главным недостатком дроссельного способа регулирования гидроприводов является его низкий КПД, который определяется по формуле:

$$\eta_{г.п.} = \frac{N_{г.п.}}{N_{в.н.}}, \quad (2.5)$$

где $\eta_{г.п.}$ - коэффициент полезного действия гидропривода;

$N_{в.н.}$ - мощность на валу насоса,

Низкий КПД дроссельного способа регулирования объясняется тем, что часть жидкости, перекачиваемой насосом, сбрасывается на слив помимо гидродвигателя, унося с собой сообщаемую ей энергию.

Кроме того к существенному недостатку дроссельного регулирования относится неравномерность движения выходного в вена гидропривода при, переменной нагрузке на нем.

С целью устранения этого недостатка в гидроприводе с дроссельным регулированием используются специальные устройства -регуляторы расходов,.

Имеющийся стенд позволяет рассмотреть три схемы дроссельного регулирования гидропривода (Рис. 1)

Параллельное дросселирование на входе — Рис. 1а

Последовательное дросселирование на входе — Рис. 1б

Последовательное дросселирование со стабилизацией скорости на входе — Рис.1в

настоящей лабораторной работе рассматривается регулирование параллельным дросселированием на входе (см. Рис.1)

В этом случае, весь расход от насоса делится на две части и определяется по формуле;



$$Q_H = Q_g + Q_{сл}, \quad (2.6)$$

где Q_H - производительность насоса,;
 $Q_{сл}$ — расход сбрасываемый на снив через регулирующий дроссель. В этом случае полезная мощность насоса может быть определена по формуле:

$$N_n = p_n Q_n = p_n (Q_g + Q_{сл}), \quad (2.7)$$

где p_n — давление, развиваемое насосом.
 Из выражения (7) очевидно, что теряемая мощность при регулировании параллельным дросселированием может быть определена по формуле:

$$N_{рез} = p_n \cdot Q_{сл} \quad (2.8)$$

а коэффициент полезного действия данного способа регулирования найдется как:

$$\eta_{рез} = \frac{N_g}{N_n} = \frac{(Q_n - Q_{сл}) \cdot p_n}{Q_n p_n} = \frac{Q_n - Q_{сл}}{Q_n}, \quad (2.9)$$

Из выражения (9) видно, что чем в больших пределах производится регулирование скорости параллельным дросселированием, тем меньше его КПД.

3 Описание экспериментального стенда

Лабораторный стенд, принципиальная гидравлическая схема которого представлена на рис.2, позволяет осуществить экспериментальные исследования всех трех способов дроссельного регулирования, указанных выше (см. рис. 1).

Стенд включает в себя следующие основные узлы:

3.1 Насосную станцию НС с насосом Н пред клапаном КП, фильтром Ф и гидробаком В;

3.2 Дроссель ДР1, используемый при регулировании параллельным дросселированием на входе;

3.3 Предохранительно-переливную систему ППС, используемую при регулировании последовательным дросселированием;

3.4 Распределитель Р1, предназначенный для управления исполнительным гидродвигателем ГЦ;

3.5 Системы нагружения 1 и 2, одна из которых используется для гидравлического нагружения гидроцилиндра (П), а вторая для регулирования последовательным дросселированием;

3.6 Регулятор расхода РРЭ используемый при регулировании последовательным дросселированием со стабилизацией;

3.7 Обратный клапан КО;



- 3.8 Манометры МН1 , МН2, МН3,
 3.9 На протяжении всего времени проведения лабораторной работы распределители Р4 и Р5 должны находиться в позиции I, что достигается включением электромагнитов ЭМ4 и ЭМ6.

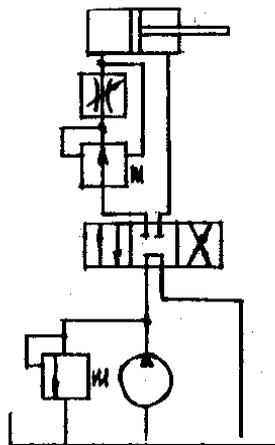
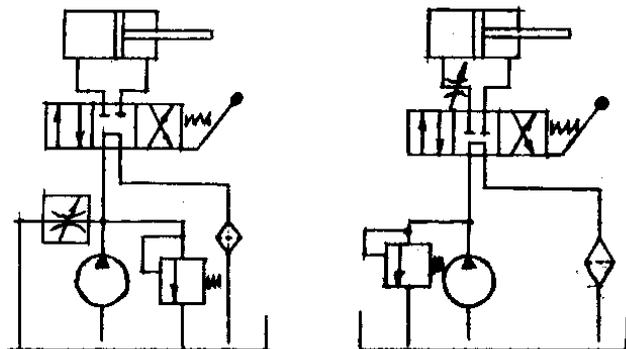


Рисунок 1 — Упрощенные принципиальные гидравлические схемы дроссельного регулирования скорости гидропривода



- 4.1 Ознакомиться со стендом и убедиться в его исправности.
- 4.2 Включить питание на блок управления.
- 4.3 Запустить электромотор привода гидронасоса,
- 4.4 Перевести распределители Р4 и Р5 в позицию I для чего включить электромагниты ЭМ4 и ЭМ6. Все другие распределители должны находиться в исходном положении (электромагниты ЭМ1, ЭМ3, ЭМ5, ЭМ7, ЭМ8 обесточены), дроссель регулятора расхода РР полностью открыть.
- 4.5 Распределителем Р1 перевести поршень гидроцилиндра в исходное положение (вниз).
- 3.6 Закрыть дроссель ДР3 и перевести распределитель Р3 в позицию 1, распределитель Р1 перевести в позицию 1.
- 4.7 Прикрывая дроссель ДР1 по манометру МН3. установить давление заданное преподавателем (до 90,0 кгс/см²). Поршень при этом должен быть неподвижным.
- 4.8 Показания всех манометровой амперметра записать в таблицу I.
- 4.9 Приоткрывая дроссель ДР3, установить по манометру МН2 новые значения давления (задается преподавателем), поршень 1 цилиндра при этом, выдвигается.
- 4.10. Вернуть поршень цилиндра в исходное положение. Для этого установить распределитель Р3 в позицию 2, после чего перевести распределитель Р1 в позицию 2.
- 4.11 Перевести распределитель Р1 в позицию I с одновременным включением секундомера.
- 4.12 При достижении поршня цилиндра крайнего верхнего положения выключить секундомер и вернуть поршень цилиндра в исходное положение.
- 4.13 Записать показания секундомера, манометров и амперметра в таблицу1.
- 4.14 Выполнить действия по пл. 3.9...3.13 при различных показаниях манометра МН2 вплоть до полного открытия дросселя.
- 4.15. Выключить насосную станцию. Обесточить пульт управления.



5 Обработка опытных данных

Таблица 1

Номера замеров	Ход поршня, м	Время хода, С	Показания амперметра, А	Показания манометров кгс/см ²		
				МН1	МН2	МН3
1						
2						
3						
4						
5						
6						

5.1. Скорость движения поршня определяется по формуле:

$$g = \frac{L}{t}, \quad (2.10)$$

где L - длина хода;
 t — время хода.

5.2. Нагрузка на поршне определяется по формуле:

$$F = \frac{P_{n.д.}}{\omega_{n.д.}}, \quad (2.11)$$

где F - рабочее усилие;
 $P_{n.д.}$ - величина на поршне (показания манометра МН2);
 $\omega_{n.д.}$ — эффективная площадь поршня со стороны противодействия.

5.3. Полезная мощность, развиваемая гидроприводом определяется по формуле:

$$N_n = F \cdot g \quad (2.12)$$



5.4. Затраченная мощность (мощность на валу насоса) определяется по формуле:

$$N_{в.н.} = N_{э.д.} \cdot \eta_{э.д.} \cdot \eta_{н.р.}, \tag{2.13}$$

$$N_{э.д.} = R_{\omega} \cdot I_A \cdot U, \tag{2.14}$$

где $N_{в.н.}$ - затраченная мощность гидропривода;
 $N_{э.д.}$ - потребляемая мощность электродвигателя;
 $\eta_{э.д.}$ — КПД электродвигателя;
 $\eta_{н.р.}$ — КПД клиноременного привода;
 I_A - показания амперметра;
 U — напряжение питающей сети;
 R_{ω} — коэффициент, учитывающий величину шун-
 ти- рующего сопротивления»

5.5 КПД гидропривода определяется по формуле::

$$\eta_{н.р.} = \frac{N_n}{N_{в.н.}} \tag{2.15}$$

5.6 По результатам расчетов заполняется табл. 2.

Таблица 2

Номера замеров	Скорость поршня, м/с	Нагрузка, Н	Полезная мощность, кВт	Затраченная мощность, кВт	КПД гидропривода, %
1					
2					
3					
4					
5					
6					



6 Исходные данные дня расчета

6.1 Гидроцилиндр диаметр поршня: $d_n = 90$ мм

диаметр штока: $d_{шт.} = 40$ мм.

6.2 Коэффициент полезного действия:

электродвигателя: $\eta_{эд} = 0,98$

клиноременного привода: $\eta_{ПР} = 0,95$

6.3 Коэффициент: $R_w = 1,7$

6.4 Напряжение питающей сети: $U = 380$ В

7 Выводы

7.1 По результатам проведенной работы дать краткую характеристику дроссельного способа регулирования параллельным дросселированием.

7.2 Построить графики $\mathcal{Q} = f(F)$, $\eta = f(F)$,
 $\eta = f(\mathcal{Q})$.

7.3 Объяснить их характер.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 «ПРЯМОЕ И НЕПРЯМОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯМИ»

Цель работы: Изучить конструкцию, назначение и принцип работы пневматических распределителей с электроуправлением и электромагнитных реле.

Краткая теория: Пневматические распределители и клапаны предназначены для изменения направления потока сжатого воздуха. Электропневматический распределитель (клапан) – это комбинация двух основных функциональных узлов: соленоид (электромагнит) с сердечником (якорем) и непосредственно распределитель (клапан) в котором установлен золотник или поршень, чтобы изменять направление потока сжатого воздуха.

Когда на катушку подаётся питание, магнитный сердечник вытягивается, вызывая перемещение золотника и переключение распределителя (клапана).

Различают пневмораспределители (электроуправление) прямого действия (с прямым электромагнитным управлением) и непрямого действия (с электропневматическим управлением).

В распределителях (клапанах) прямого действия золотник (поршень) механически связан с сердечником электромагнита (рис.1).

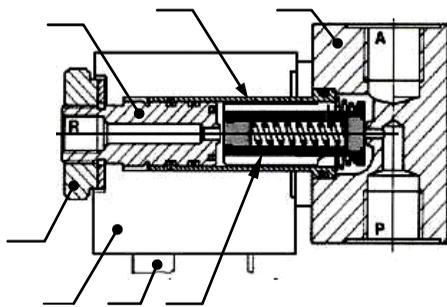


Рис. 1. Конструкция клапана прямого действия

В корпус 7 запрессована втулка 6, внутри которой находится сердечник 5 и якорь 4, одновременно являющийся поршнем. Соленоид (электромагнит) 2 одевается на втулку и прижимается к корпусу прижимной гайкой 1. При необходимости, соленоид может

быть заменён на другой.

В исходном состоянии канал А соединён с каналом R, а канал Р перекрыт. При подаче напряжения на контакты 3 соленоида якорь притягивается к сердечнику. При этом сжатый воздух поступает из канала Р в канал А, а канал R перекрывается. При снятии напряжения, под действием пружины, сердечник возвращается в исходную позицию (моностабильный распределитель).

В распределителях непрямого действия в корпусе распределителя имеется дополнительный управляющий канал 3, связан-



ный с каналом подвода сжатого воздуха Р (рис. 2).

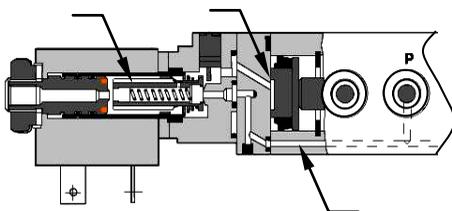


Рис. 2. Конструкция клапана непрямого действия

При подаче напряжения на контакты соленоида якорь 1 притягивается к сердечнику и открывает управляющий канал. При этом сжатый воздух воздействует на поршень золотника и перемещает его в другую позицию, вызывая тем самым перекоммутацию

каналов.

Распределители с непрямым управлением (**электропневматическое управление**), рассчитанные на большие расходы воздуха, могут состояться из двух/трёх распределителей: основного, с пневматическим управлением, и управляющих (пилотных), прямого действия, присоединённых ко входам управления.

Для управления электропневматическими распределителями необходимо знать основные параметры соленоидов – номинальное напряжение и потребляемую мощность. Компании-производители пневматики выпускают широкий спектр соленоидов с различными параметрами. Например, компания «Samozzi» выпускает соленоиды с номинальным напряжением переменного тока 24В, 48В, 110В, 230В, 380В и номинальным напряжением постоянного тока – 6В, 12В, 24В, 48В, 110В. Особого внимания заслуживает соленоид модели G90. Он обеспечивает возможность импульсного управления клапаном. Достаточно короткого импульса – 20 мс, для того, чтобы запорный элемент сработал и остался в этом положении. Для возврата его в исходное положение необходима подача короткого «отпускающего» импульса по отдельному входу. Таким образом, этот соленоид позволяет изменить принцип работы клапана с моностабильного на бистабильный.

Для регулировки в процессе наладки пневмопривода распределители оснащаются

ручным дублированием, т.е. возможностью перемещения

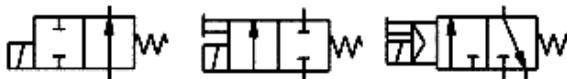


Рис. 3. Условные графические обозначения пневмораспределителей:

а) с прямым электромагнитным управлением; б) с прямым электромагнитным управлением с ручным дублированием; в) с электропневматическим управлением с ручным дублированием.



золотника вручную (как правило, с помощью отвёртки). Варианты условных обозначений приведены на рисунке 3.

Особый вид пневмораспределителей с электроуправлением составляют пневмоострова (рис. 4).



Рис. 4. Пневмоостров серии 3 на основе Plug-In системы для электропневматических распределителей

Изображённый на рис.4 пневмоостров компании «Samozzi»,

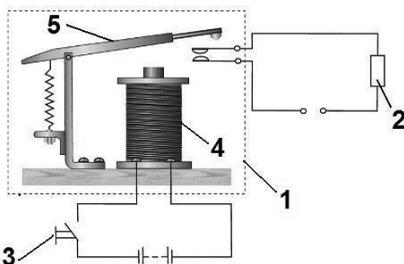


Рис. 5. Включение электрической нагрузки через контакты электромагнитного реле:

1-реле; 2-нагрузка; 3-кнопка;

- точника питания при помощи электрического переключателя (кнопки или тумблера) или через контакты электромагнитного реле (рис. 5).

Работа электромагнитных реле основана на использовании электромагнитных сил, возникающих в металлическом сердечнике при прохождении тока по виткам его катушки - 4. Детали реле монтируются на основании и закрываются крышкой. Над сердечником электромагнита установлен подвижный якорь (пластина) - 5 с одним или несколькими контактами. Напротив них находятся соответствующие парные неподвижные контакты.

Пневмоостров представляет собой несколько распределителей, установленных на одной составной плите, имеющей общий канал подвода сжатого воздуха для всех распределителей и два общих канала выхлопа. При необходимости, можно комбинировать отдельные плиты таким образом, чтобы распределители работали на разных давлениях. Контакты электромагнитов объединяются в один общий разъём и при помощи кабеля подключаются к модулю управления. Применение пневмоостровов позволяет уменьшить количество трубопроводов (и соответственно потерь давления) и электрических проводов и облегчить монтаж.

собранный на основе Plug-In системы для электропневматических распределителей, позволяет объединить в один конструктивный модуль до 22 распределителей, работающих с использованием 3-х и более различных номиналов давления.

Подача напряжения на соленоид распределителя осуществляется напрямую от источника питания при помощи



В исходном положении якорь удерживается пружиной. При подаче напряжения электромагнит притягивает якорь, преодолевая её усилие, и замыкает или размыкает контакты в зависимости от конструкции реле. После отключения напряжения пружина возвращает якорь в исходное положение. В некоторые модели, могут быть встроены электронные элементы. Это резистор, подключенный к обмотке катушки для более чёткого срабатывания реле, или (и) конденсатор, параллельный контактам для снижения искрения и помех.

Управляемая цепь с нагрузкой – 2 электрически никак не связана с управляющей (кнопка – 3), более того в управляемой цепи величина тока может быть намного больше чем в управляющей. То есть реле, по сути, выполняет роль усилителя тока, напряжения или мощности в электрической цепи.

Электромагнитные реле, благодаря простому принципу действия и высокой надежности, получили самое широкое применение в системах автоматики и в схемах защиты электроустановок. По способу управления электромагнитные реле делятся на реле постоянного и переменного тока. Реле постоянного тока делятся на нейтральные и поляризованные. Нейтральные реле одинаково реагируют на постоянный ток обоих направлений, протекающий по его обмотке, а поляризованные реле реагируют на полярность управляющего сигнала.

Различают следующие основные характеристики реле.

1. Величина срабатывания $X_{ср}$ реле – значение параметра входной величины (тока или напряжения), при которой реле включается. В некоторых моделях реле величина срабатывания может регулироваться. Величина срабатывания, на которую отрегулировано реле, называется уставкой.

2. Мощность срабатывания $P_{ср}$ реле – минимальная мощность, которую необходимо подвести к воспринимающему органу для перевода его из состояния покоя в рабочее состояние.

3. Управляемая мощность $P_{упр}$ – мощность, которой управляют коммутирующие органы реле в процессе переключения. По мощности управления различают реле цепей малой мощности (до 25 Вт), реле цепей средней мощности (до 100 Вт) и реле цепей повышенной мощности (свыше 100 Вт), которые относятся к силовым реле и называются контакторами.

4. Время срабатывания $t_{ср}$ реле – промежуток времени от подачи на вход реле сигнала $X_{ср}$ до начала воздействия на управляемую цепь. По времени срабатывания различают нормальные, быстродействующие, замедленные реле и реле времени. Обычно для нормальных реле $t_{ср} = 50...150$ мс, для быстродействующих реле $t_{ср}$ до 1 мс.

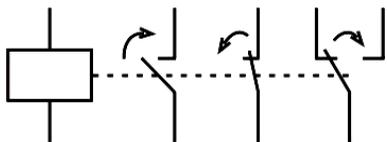


Рис. 6. Условное графическое обозначение электромагнитного реле. Контакты показаны в исходном состоянии. Стрелками показано направление переключения при подаче напряжения на рабочую обмотку.

Условное графическое обозначение реле на электрических и пневмоэлектрических схемах приведено на рис. 6. Электромагнитное реле имеет одну рабочую обмотку (K1) и один или несколько контактов (K1.1 – K1.3). Контакты бывают нормально-разомкнутые (K1.1), нормально-замкнутые (K1.2) и парные (K1.3), представляющие собой комбинацию нормально-разомкнутого и нормально-замкнутого контактов.

Если на рабочую обмотку реле подать напряжение, то нормально-разомкнутый контакт замыкается, нормально-замкнутый – размыкается, парный – переключается.

На электрической схеме контакты реле изображаются в исходном состоянии (т.е. когда на рабочую обмотку реле напряжение не подаётся).

Очень часто в релейных схемах используется т.н. функция «самоблокировки» (или «самоудержания»). Рассмотрим эту функцию на примере электрической схемы, приведённой на рис. 7.

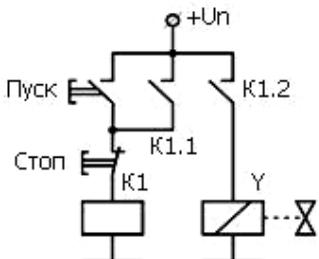


Рис. 7. Реализация функции «самоблокировки».

При нажатии кнопки «Пуск» (с нормально-разомкнутым контактом) её контакт замыкается, и через рабочую обмотку реле K1 проходит ток по цепи: +Un – «Пуск» – «Стоп» – K1 – общий провод. При этом контакты реле K1.1 и K1.2 замыкаются.

Контакт K1.1 включён параллельно кнопке «Пуск», поэтому при отпускании кнопки (когда её контакт разомкнётся) ток всё равно будет проходить через рабочую обмотку реле по цепи: +Un – K1.1 – «Стоп» – K1 – общий провод. Т.е. реле как бы само удерживает себя во включённом состоянии своим контактом K1.1. Отсюда и название – схема «самоудержания» или «самоблокировки».

При замыкании контакта K1.2 ток проходит через электромагнит Y распределителя P1 по цепи: +Un – K1.2 – Y – общий провод. При этом распределитель, управляемый электромагнитом, переключается из одной позиции в другую.

При нажатии кнопки «Стоп» (с нормально-замкнутым контактом) её контакт размыкается, цепь для прохождения тока через рабочую обмотку реле K1 разрывается, контакты K1.1 и K1.2



размыкаются. Соответственно, прекращается прохождение тока через электромагнит Y1.

Согласно ГОСТ 2.701-84, для изделия, в состав которого входят элементы разных видов (например, пневматические и электрические компоненты), разрабатывают несколько схем соответствующих видов одного типа, например, схема электрическая принципиальная и схема пневматическая принципиальная или одну комбинированную схему, содержащую элементы и связи разных видов – схема электропневматическая (или пневмоэлектрическая).

Элементы (устройства, функциональные группы) и связи каждого вида (электрические и пневматические) изображают на схеме по правилам, установленным для соответствующих видов схем данного типа.

Элементам одного вида схем на схеме присваивают позиционные обозначения, сквозные в пределах схемы. Для различия одинакового написания их следует подчеркивать, начиная с элементов, относящихся ко второй по виду схеме, указанной в наименовании. Эти правила следует выполнять для устройств и функциональных групп. Например, схема электропневматическая принципиальная - одной чертой для пневматических элементов (устройств, функциональных групп).

Лабораторная установка. Работа выполняется на универсальном пневматическом стенде «Camozzi», который пред-

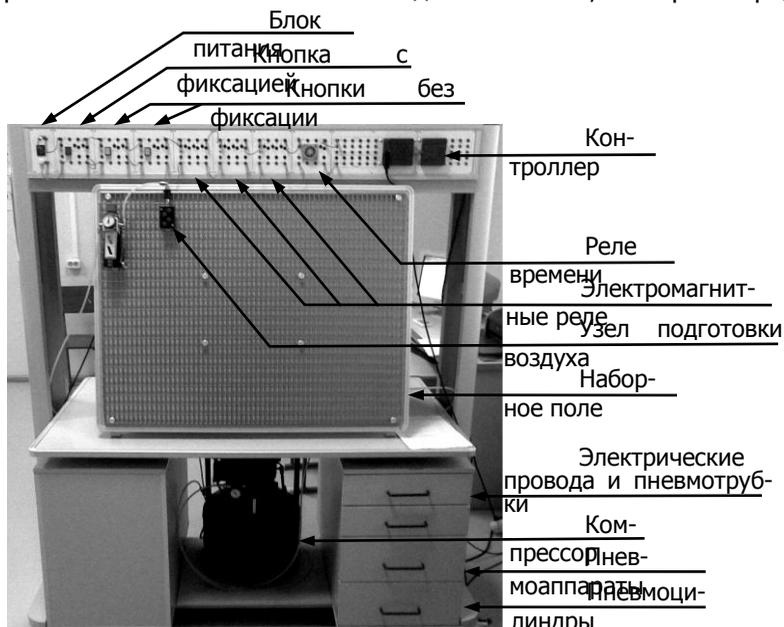


Рис. 8. Универсальный пневматический стенд «Camozzi»



ставлен на рис. 8.

Порядок выполнения работы.

1. Соберите на левой половине наборного поля станда и проверьте работоспособность привода с прямым управлением моностабильным распределителем от одной кнопки с фиксацией. Используется нормально-разомкнутый контакт кнопки. При нажатии кнопки шток цилиндра должен выдвигаться, при повторном

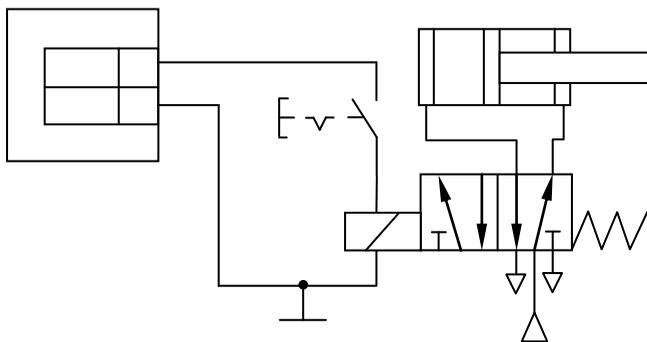


Рис. 9. Электропневматическая схема привода с прямым управлением моностабильным распределителем от одной кнопки с фиксацией:

A1 – блок питания; SB1 – кнопка с фиксацией; YA1 – электромагнит распределителя.

нажатии – втягиваться. Электропневматическая схема привода приведена на рис. 9.

2. Доработайте, соберите на левой половине наборного поля станда и проверьте работоспособность привода с прямым управлением бистабильным распределителем от одной кнопки с фиксацией. Используется переключающий контакт кнопки. При нажатии кнопки шток цилиндра должен выдвигаться, при повторном нажатии – втягиваться. Заготовка электропневматической схемы привода приведена на рис. 10.

3. Соберите на левой половине наборного поля станда и проверьте работоспособность привода с непрямым управлением моностабильным распределителем посредством электромагнитного реле от одной кнопки с фиксацией. Используются нормально-разомкнутые контакты кнопки и реле. При нажатии кнопки шток цилиндра должен выдвигаться, при повторном нажатии – втягиваться. Электропневматическая схема привода приведена на рис. 11.

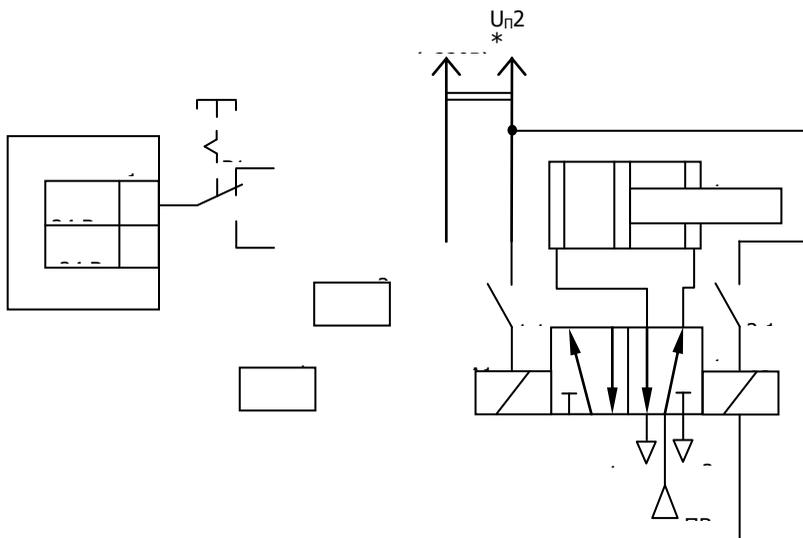


Рис. 12. Электropневматическая схема привода с непрямым управлением бистабильным распределителем от одной кнопки с фиксацией. Используется переключающий контакт кнопки и 2 реле с нормально-разомкнутыми контактами.

A1 – блок питания; K1, K2 – электромагнитное реле; K1.1 – контакт реле K1, K2.1 – контакт реле K2; SB1 – кнопка с фиксацией; YA1, YA2 – электромагниты распределителя.

*- на пневмостенде по условиям техники безопасности не выведены контакты напряжения 220В, поэтому вместо него также необходимо использовать напряжение 24В.

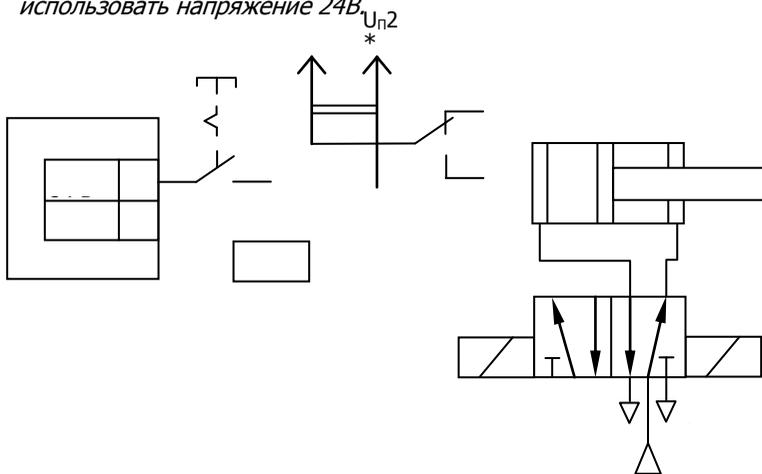


Рис. 13. Электropневматическая схема привода с непрямым управлением бистабильным распределителем от одной кнопки с фиксацией. Используется нормально-разомкнутый контакт кнопки и 1 реле с переключающим контактом.

A1 – блок питания; K1 – электромагнитное реле; K1.1 – контакт реле K1, SB1 – кнопка с фиксацией; YA1, YA2 – электромагниты распределителя.

*- на пневмостенде по условиям техники безопасности не выведены контакты напряжения 220В, поэтому вместо него также необходимо использовать напряжение 24В.



Задания для самостоятельного выполнения.

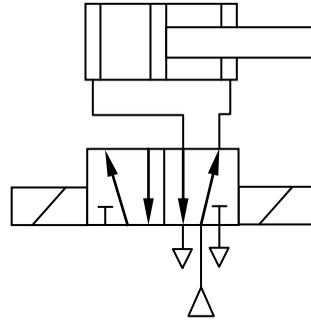
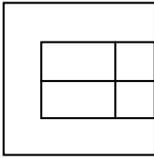
1. Разработайте и начертите электропневматическую схему привода с прямым управлением бистабильным распределителем от двух кнопок без фиксации. При кратковременном нажатии первой кнопки шток цилиндра должен выдвигаться, при кратковременном нажатии второй кнопки – втягиваться.

2. Разработайте и начертите электропневматическую схему привода с непрямым управлением бистабильным распределителем от двух кнопок без фиксации. При кратковременном нажатии первой кнопки шток цилиндра должен выдвигаться, при кратковременном нажатии второй кнопки – втягиваться.

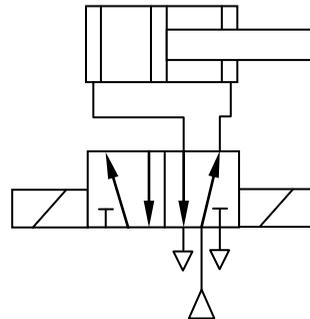
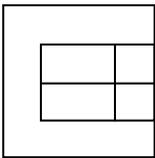
3. Разработайте и начертите электропневматическую схему привода с непрямым управлением моностабильным распределителем от двух кнопок без фиксации (используйте схему самоблокировки). При кратковременном нажатии первой кнопки шток цилиндра должен выдвигаться, при кратковременном нажатии второй кнопки – втягиваться.

Вывод: (В каком случае используют прямое и не прямое электроуправление пневмораспределителем? Чем отличается электроуправление пневмоклапанами прямого и непрямого действия?):

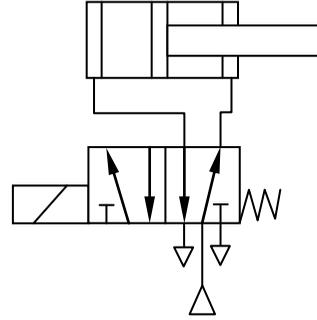
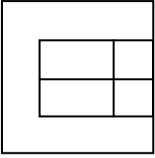
Электропневматическая схема привода с прямым управлением бистабильным распределителем от двух кнопок без фиксации



Электропневматическая схема привода с непрямым управлением
бистабильным распределителем от двух кнопок без фиксации



Электропневматическая схема привода с непрямым управлением
моностабильным распределителем от двух кнопок без фиксации
(с использованием схемы самоблокировки).





Контрольные вопросы.

Что такое электропневматический распределитель? В чём отличие распределителей прямого и непрямого действия? Как работает распределитель, оснащённый соленоидом с импульсным управлением? Что такое пилотный клапан, пневмоостров? Принцип работы электромагнитных реле, виды контактов. Классификация электромагнитных реле по способу управления; по управляемой мощности; по времени срабатывания. Как работает схема самоблокировки? Нарисовать и объяснить работу любой из рассмотренных электропневматических схем (по заданию преподавателя).



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА

1 Цель работы

1.1 Изучение принципиальной схемы пневмопривода промышленного робота.

1.2 Изучение конструктивных особенностей пневмопривода промышленного робота.

1.3 Исследования влияния нагрузки пневмодвигателя на среднюю скорость его выходного звена.

2 Основные понятия

2.1 Исследуемый пневмодвигатель — пневмоцилиндр промышленного робота, схема пневмоприводов которого соответствует рис.1.

2.2 Пневмодвигатели ПД1-ПД5 осуществляют следующие перемещения:

ПД 1 — горизонтальное перемещение руки, на которой закреплён хват;

ПД 2 — поворот руки в горизонтальной плоскости;

ПД 3 — вертикальное перемещение руки;

ПД 4 — вращение охвата вокруг оси руки;

ПД 5 — привод охвата.

2.3 Подача сжатого воздуха к пневмодвигателям и их пуск, останов, реверс, регулирование скорости перемещения в одну и в другую сторону производится с помощью блоков управления БУ1-БУ5, выполненных по одной схеме. Питание последних сжатым воздухом производится от узла подготовки воздуха УВП.

2.4 Состав блока управления БУ и узла подготовки воздуха УВП в соответствии с рисунком 2, где дана принципиальная схема пневмопривода горизонтального перемещения руки промышленного робота ПР грузоподъемностью 60Н.

2.5 Сжатый воздух из магистрали поступает в узел подготовки воздуха УВП. Сюда входит клапан ВН, фильтр – влагоотделитель ФВД, клапан редукционный КР, манометр М, масло-распылитель МР.

2.6 ФВД снижает содержание влаги и твердых частиц, имеющихся в сжатом воздухе до допустимых пределов, что обеспечивает нормальную работу пневмосистемы.

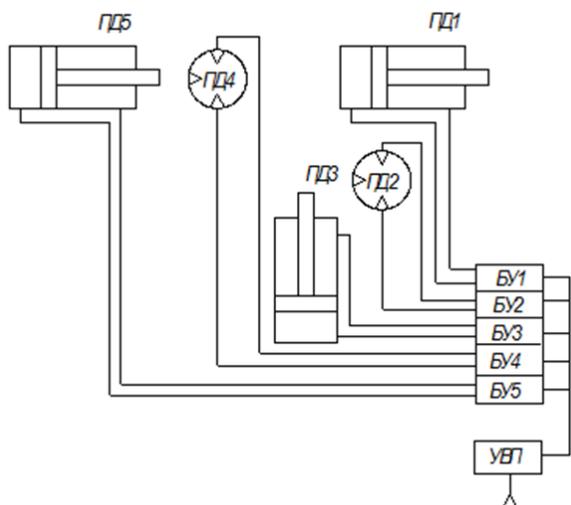


Рисунок 1 — Схема пневмоприводов промышленного робота

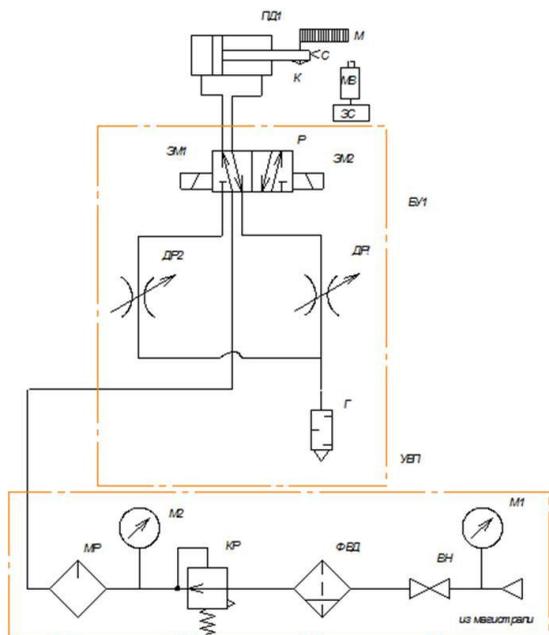


Рисунок 2 — Принципиальная схема пневмопривода горизонтального перемещения руки промышленного робота



2.7 КР снижает давление магистрали сжатого воздуха, контролируемое манометром М1, и автоматически поддерживает сниженное давление на заданном уровне. Контроль давления после редукционного клапана РК осуществляется манометром М2. Давление магистрали сжатого воздуха и давление после клапана КР задаются преподавателем и устанавливаются студентом перед началом экспериментов.

2.8 Маслораспылитель МР обеспечивает распыление в потоке сжатого воздуха минерального масла, необходимого для смазки подвижных соединений пневмоаппаратов и пневмодвигателей.

2.9 УПВ подает сжатый воздух в соответствии с рисунком 2 в блок управления БУ 1. В его состав входит распределитель Р с двумя электромагнитами ЭМ1 и ЭМ2, дроссели ДР1 и ДР2 и глушитель Г.

2.10 Сжатый воздух поступает в пневмодвигатель (пневмоцилиндр ПД 1) через распределитель Р. При включении электромагнита ЭМ1 действует левая на схеме позиция распределителя. Поршень пневмоцилиндра перемещается вправо. Схват С выдвигается. Скорость выдвигания регулируется дросселем ДР 1. Из штоковой полости пневмоцилиндра через распределитель Р и дроссель ДР1 воздух поступает в атмосферу через глушитель Г, который уменьшает громкость шума выхлопа и предотвращает попадание в окружающую среду минерального масла, введенного в сжатый воздух маслораспылителем МР.

2.11 При включении электромагнита ЭМ2 распределитель переводится в правую на схеме в соответствии с рисунком 2 позицию. Поршень пневмоцилиндра ПД 1 перемещается влево. Скорость перемещения регулируется дросселем ДР 2.

Уравнение движения поршня пневмоцилиндра имеет вид:

$$R_1 - R_2 - R_3 - R_4 = R_{ин} \quad (3.1)$$

где $R_1 = S_1 p_1$ - сила давления воздуха на поршень со стороны нагнетательной полости пневмоцилиндра;

$R_2 = S_2 p_2$ — сила давления воздуха на поршень со стороны выхлопной полости пневмоцилиндра;

$R_3 = \alpha \frac{dx}{dt}$ — силы сопротивления, пропорциональные скорости поршня ;

R_4 — постоянная составляющая сил сопротивления, включая силы трения;

Сила инерции поршня пневмоцилиндра и связанных с ним деталей:

$$R_{ин} = m \frac{d^2 x}{dt^2},$$

где m — масса поршня пневмоцилиндра и свя-



занных с ним деталей;

x — перемещение поршня;

t — время;

α — коэффициент демпфирования, учитывающий величину сил сопротивления, пропорциональных скорости поршня;

S_1, S_2 — площади нагнетательной и выхлопной полостей пневмоцилиндра;

p_1, p_2 — давление воздуха в нагнетательной и выхлопной полостях пневмоцилиндра.

В результате уравнение движения поршня пневмоцилиндра имеет вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + R_4 - S_1 p_1 + S_2 p_2 = 0 \quad (3.2)$$

Величина массы m при снятии нагрузочной характеристики регулируется ступенчато с помощью дополнительных грузов массой M , масса каждого из которых составляет 0,5 кг. Количество устанавливаемых грузов и длина перемещения поршня Z задается преподавателем.

Время перемещения поршня на расстоянии Z определяется с помощью электросекундомера ЭС, включение которого производится одновременно с включением электромагнита ЭМ2 или ЭМ1 распределителя Р, а выключение — микровыключателем МВ, на который воздействует кулачек К.

Средняя скорость перемещения определяется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{z}{t_{cp}} \quad (3.3)$$

где t_{cp} — среднеарифметическое время выдвигания захватного устройства (определяется по результатам 5-6-ти замеров).



3 Выполнение работы и обработки экспериментальных данных

3.1 По заданию преподавателя установить давление p_1 p_2 по манометру M_1 , M_2 и настроить дроссели ДР1, ДР2 на заданные скорости V_0 , V_{\min} , V_{\max} движения выходного звена пневмоцилиндра в соответствии с рисунком 2.

3.2 При снятии нагрузочной характеристики настройка дросселя не меняется.

3.3 В режиме ручного управления обеспечить выдвижение схвата робота и перемещение схвата в обратном направлении.

3.4 Движение в прямом и обратном направлении повторить 5-6 раз при каждом значении массы груза, замеряя с помощью электросекундомера время выдвижения схвата.

3.5 Результаты измерений занести в таблицу в соответствии с рисунком 2.

3.6 Результаты испытаний оформить в виде графика, отражающего зависимость:

$$V_{cp} = f(M), \quad (3.4)$$

т.е. построить нагрузочную характеристику пневмопривода.

3.7 Вычислить относительное изменение скорости по формуле:

$$\Delta V = \frac{V_{cp \max} - V_{cp \min}}{V_{cp \max}}. \quad (3.5)$$

3.8 Записать показания манометра M_2 .

3.9 Указать величину скорости: V_0 , V_{\min} , V_{\max} .

3.10 Результаты эксперимента и их обработка заносятся в таблицу 1.



Таблица 1

Но- мер за- мера	Масса перем. груза, М, кг	Время пе- ремещения груза, t , с	Среднее арифмет. время пе- ремещения груза t, с	Средняя скорость перемеще- ния груза $V_{ср}$, мм/с	Относи- тель- ное измене- ние ско- рости ΔV
	$M_i =$	1.			
		2.			
		3.			
		4.			
		5.			

3.11 Количество таблиц определяется числом комбинаций параметров $p_1, p_2, V_{ср}$ и M_i , задаваемых преподавателем.

4 Выводы

4.1 Описать и объяснить вид нагрузочной характеристики пневмопривода.

4.2 Проанализировать влияние величин $a, R_4, S_1, S_2, p_1, p_2, M$ на среднюю скорость перемещения схвата промышленного робота.

4.3 Какие меры необходимо предпринять, чтобы обеспечить скорость перемещения схвата при изменяющихся условиях эксплуатации промышленного робота.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

СНЯТИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

1 Цель работы

1.1 Снятие механических характеристик асинхронного электродвигателя привода насосной установки стенда КИ-4200.

1.2 Изучение системы управления асинхронного электродвигателя.

2. Основные теоретические положения

Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором является наиболее распространенным приводным двигателем стандартных насосных установок и гидравлических стендов. Частота вращения асинхронного электродвигателя зависит от его нагружения. При увеличении нагрузочного крутящего момента увеличивается скольжение, частота вращения вала ротора все более отстает от частоты вращения магнитного поля от статора. Зависимость частоты вращения вала ротора от момента может быть приближенно описана и имеет сложную нелинейную зависимость, которая определяется способом включения и характером нагружения.

Более точно эта зависимость может получиться при экспериментальных исследованиях.

Полученные зависимости $n=f(M)$ и $n=f(J)$ называют механическими характеристиками АД.

3. Экспериментальный стенд

3.1 Экспериментальный стенд состоит из насосной установки, гидростенда и систем управления.

3.2 Насосная установка и гидростенд представлены на принципиальной гидравлической схеме (рис. 1).

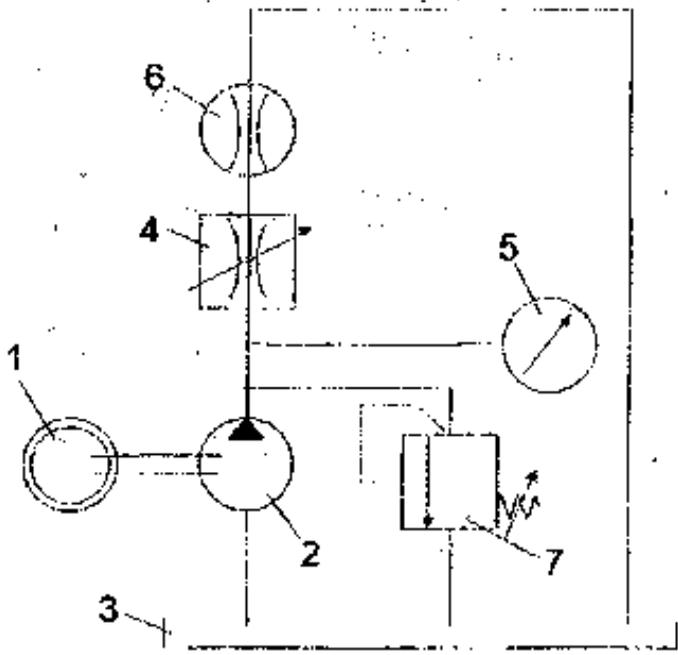


Рисунок 1 — Принципиальная гидравлическая схема насосной установки и гидростенда.- приводной асинхронный электродвигатель;
 1- насос; 2- бак; 3 — дроссель; 4 — манометр; 5 — расходомер;
 6 — предохранительный клапан.

3.2 Принципиальная электрическая схема системы управления асинхронным приводным электродвигателем представлена на рис. 2.

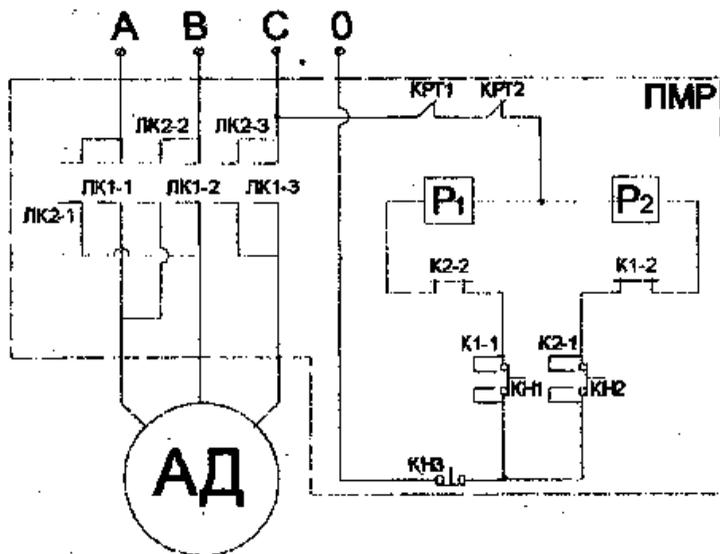


Рисунок 2 — Принципиальная электрическая схема системы управления асинхронным приводным электродвигателем

- АД — асинхронный электродвигатель;
- Р1 — катушка первого реле;
- Р2 — катушка второго реле;
- ЛК1 -1, ЛК1 -2, ЛК1 -3 — линейные контакты первого реле;
- К1-1 — первый блок-контакт первого реле, обеспечивающего самоблокировку по питанию;
- К1-2 — второй блок-контакт первого реле, обеспечивающий самоблокировку цепи питания второго реле;
- ЛК2-1, ЛК2-2, ЛК2-3 — линейные контакты второго реле;
- К2-1 — первый блок контакт второго реле, обеспечивающего самоблокировку по питанию;
- К2-2 — второй блок-контакт второго реле, обеспечивающего самоблокировку цепи питания первого реле;
- КРТ1, КРТ2 — контакты тепловых реле, установленных в двух любых фазах цепи асинхронного электродвигателя;
- КН1 — кнопка кратковременного замыкания при нажатии, «пуск вперед»; КН2 — кнопка кратковременного замыкания при нажатии, «пуфе назад»; КН3 — кнопка кратковременного замыкания при нажатии, «стоп»; ПМР — пускатель магнитный реверсивный, контактор, предназначен для пуска, остановки, реверса и защиты трехфазного асинхронного электродвигателя.



4. Методика проведения эксперимента

4.1 При полностью открытом дросселе 4 (рис. 1) запускается кнопкой КН1 асинхронный электродвигатель.

4.2 Запуск проверяется по функционированию насосной установки, по наличию показаний на манометре 5 и вращению стрелки на счетчике объема жидкости .

4.3 Нажав кнопку КН3 (рис. 2), остановить двигатель АД.

4.4 После полной установки электродвигателя осуществить его реверс включением кнопки КН2 (рис. 2). В данном случае стрелка счетчика объема жидкости будет вращаться в противоположном первоначальному направлению.

4.5 Остановить электродвигатель.

4.6 Повторно запустить асинхронный электродвигатель кнопкой КН1.

4.7 С помощью дросселя нагрузить насос 1 (рис. 1) и соответственно его приводной электродвигатель АД. Величина нагружения оценивается по показаниям давления p на манометре 4 (рис. 1) и амперметре на стенде (на рисунках не показан).

4.8 Затем для различных вариантов нагружения определяется давление и сила тока, также определяются:

- температуру рабочей жидкости t (по термометру на стенде).
- время опыта $\%$ (по секундомеру).
- количество оборотов вала насоса N (по счетчику числа оборотов на стенде).
- объем жидкости w , прошедшей через насос в течение времени t (по счетчику объема жидкости на стенде, рис. 1).

4.9 Значения величин, полученные во время опыта заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

номер опыта	Давление в нагнетательной полости насоса, p кгс/см ²	Температура рабочей жидкости, $t^{\circ}C$	Время опыта, t , с	Объем жидкости, проходящ. через насос, л.	Ток в цепи двигат. I, А	Кол-во оборотов вала насоса, N , об



5 Методика обработки опытных данных

5.1 Подача насоса определяется по формуле:

$$Q = \frac{w}{\tau} \quad (5.1)$$

5.2 Рабочий объем насоса при полностью открытом дросселе определяется по формуле:

$$q = \frac{Q * \tau}{N} \quad (5.2)$$

5.3 Частота вращения вала электродвигателя определяется по формуле:

$$n = 1.2 * \frac{N}{\tau} \quad (5.3)$$

5.4 Крутящий момент на валу электродвигателя определяется по формуле:

$$M = \frac{p * q}{2 * \pi * \eta_{пер}} \quad (5.4)$$

где $\eta_{пер} = 0,75$ — к.п.д. передачи.

5.5 Результаты расчетов сводятся в таблицу 2

Таблица 2

Номер опыта	Давление в нагнетях, полости насоса p , кгс/см ²	Подача насоса Q , л/мин	Ток электродвигателя I , А	Крутящий момент на валу эл. двигателя M , Н*м	Частота вращения вала эл. двигателя n , об/мин

5.6 По результатам расчета построить характеристики асинхронного электродвигателя $n=f(M)$ и $p=f(M)$.

5.7 Дать заключение по полученным характеристикам.



РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник для ВУЗов/ А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин, А.А. Шейпак. – М.: Изд-во Мин. образ. РФ, 2003.
2. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – М.: Машиностроение, 2002г.
3. Михайлин, Лепешкин, Фатеев. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. 1998 год.
4. В.С. Сальников. Механика жидкости и газа, гидро- и пневмопривод. 2002 год.
5. Х. Экснер и др. (Bosch Group). Гидропривод. Основы и компоненты. Учебный курс по гидравлике. Тои 1. 2003 год.
6. Гейер В. Г., Дулин В. С., Заря А. Н. Гидравлика и гидропривод: Учеб для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1991.
7. Лепешкин А. В., Михайлин А. А., Шейпак А. А. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник, ч.2. Гидравлические машины и гидропневмопривод. / под ред. А. А. Шейпака. — М.: МГИУ, 2003.
8. Схиртладзе А. Г., Иванов В. И., Кареев В. Н. Гидравлические и пневматические системы. — Издание 2-е, дополненное. М.: ИЦ МГТУ «Станкин», «Янус-К», 2003 г.
9. Схиртладзе А.Г., Иванов В.И., Кареев В.Н. Гидравлические и пневматические системы. — Москва: ИЦ МГТУ «Станкин», «Янус-К», 2003
10. Соколовский Г. Г.: Электроприводы переменного тока с частотным регулированием, М: «Академия», 2006, ISBN 5-7695-2306-9
11. Москаленко, В.В. Электрический привод. — 2-е изд. — М.: Академия, 2007. — ISBN 978-5-7695-2998-6
12. Трифонов О.Н., Иванов В.И., Трифонова Г.О. Приводы автоматизированного оборудования. Учебник для техникумов. - Москва: Машиностроение, 1991.
13. Теория электропривода. Гриф Мо Республики Беларусь. Авторы: Павлячик Л.Б., Фираго Б.И. Год выпуска – 2007.
14. Основы электропривода. Гриф Умо Вузов России. Авторы: Епифанов А.П. Год выпуска - 2008.
15. Электрический привод. Автор: Онищенко Г.Б.. Год выпуска - 2008.
16. Системы автоматизированного управления электропривода. Гриф Государственного Комитета РФ По Высшему Образованию. Автор: Москаленко В.В.. Год выпуска - 2007.



17.Наземцев А.С., Рыбальченко Д.Е. Пневматические И Гидравлические Приводы И Системы Москва "Форум" 2007



КОМПЛЕКТ КОНТРОЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

ПО КУРСУ «ЭЛЕКТРОГИДРОПНЕВМОПРИВОД»

БИЛЕТ № 1 (дополнить)

1. В структуру приводов входят источник энергии движения, рабочие органы и _____
2. В асинхронных электродвигателях магнитное поле статора и ротор имеют разные частоты вращения. При этом ротор вращается _____
3. Главным преимуществом дроссельного регулирования скорости является его _____

БИЛЕТ № 2 (дополнить)

1. При изменении нагрузки на валу синхронного двигателя _____ изменяется _____
2. Главным преимуществом машинного способа регулирования скорости является _____
3. В пневмоприводе для обеспечения необходимых параметров рабочей жидкости используют специальные системы, которые _____ называются _____



БИЛЕТ № 3 (дополнить)

1. При пуске асинхронного двигателя его _____
2. Самый высокой удельной энергоемкостью обладает _____ привод.
3. В пневмоприводе невозможен машинный способ регулирования скорости из-за _____

БИЛЕТ № 4 (дополнить)

1. Для пуска асинхронных электродвигателей с большой нагрузкой используют двигатели с _____
2. В следящих гидравлических системах с механическим управлением используют дросселирующие распределители типа _____
3. В пневмосистеме для снижения усилий на двигателе используется клапан быстрого _____



БИЛЕТ № 5 (дополнить)

1. Самым быстрым способом торможения асинхронного двигателя является _____

2. В следящих гидросистемах на базе Г61-41 обратная связь рабочего органа и распределителя обеспечивается посредством _____

3. Использование ресивера в пневмосистемах позволяет аккумулировать объем сжатого газа и снижать его _____

БИЛЕТ № 6 (дополнить)

1. В пропорциональной гидроаппаратуре электромагнитное усилие в рабочей зоне характеризуется _____

2. Регулирование скорости вращения асинхронных электродвигателей обеспечивается _____

3. Системы подготовки воздуха с давлением 0,4 – 1,0 МПа используют _____ для питания _____



БИЛЕТ № 7 (дополнить)

1. Двигатели постоянного тока могут иметь _____, _____, _____ возбуждения.
2. Положительной особенностью пропорциональной гидроаппаратуры является то, что для их реализации могут использоваться _____
3. Системы подготовки воздуха с давлением 0,116-0,175 МПа используется для питания _____

БИЛЕТ №8 (дополнить)

1. Электродвигатели постоянного тока при значительном уменьшении нагрузки увеличивают скорость вращения и могут пойти _____
2. Лучшие динамические характеристики объемного гидропривода в первую очередь обусловлены его высокой удельной _____
3. Системы подготовки воздуха с давлением 0,0012-0,005 МПа используют для питания _____



БИЛЕТ №9 (дополнить)

1. Электромагниты постоянного тока, имеющие габариты одинаковые с магнитами переменного тока развивают тяговое усилие _____
2. Гидропривод по сравнению с электрическим имеет более _____ низкий _____
3. Для повышения быстродействия пневмопривода используют _____ клапаны _____

БИЛЕТ № 10 (дополнить)

1. В линейном электродвигателе с бегущим магнитным полем при взаимодействии индуктора и реактивной машины движется _____
2. К направляющим гидроаппаратам относятся обратные клапаны, гидрозамки, напорные клапаны, работающие в режиме коммутации и _____
3. Истечение газа подобное истечению капельной жидкости характеризуется _____ режимом.



БИЛЕТ № 11 (дополнить)

1. В линейном электродвигателе при уменьшении зазора между индуктором и шиной поперечные _____
2. Для уменьшения производительности питающего насоса и сглаживания пульсаций давления в гидроприводах используют _____
3. При критическом течении газа его скорость равна _____

БИЛЕТ № 12 (дополнить)

1. Аппаратура управления электроприводом, не имеющая движущих частей называется _____
2. Редукционные клапаны поддерживают постоянное давление на _____
3. Конструктивной особенностью элементов системы УСЭППА является наличие _____



Учебное издание

Антоненко Владимир Ильич
Фукомов Павел Михайлович

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОГИДРОПНЕВМОПРИВОД»**

Учебное пособие

Редактирование и компьютерная обработка осуществлена авторами

В печать 15.01.2013

Формат 60x84/16. Бумага тип №9 Офсет

Объем 5,4 усл.п.л. Заказ № 27 . Тираж экз. Цена «С»

Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.