Лекция - 13

1 ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

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 передает вращающий момент на вал насоса, который сообщает энергию рабочей жидкости;

2) рабочая жидкость по гидролиниям через регулирующую 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.

1.1Классификация гидроприводов

Гидроприводы могут быть двух типов: гидродинамические и объемные. В гидродинамических приводах используется в основном кинетическая энергия потока жидкости (и, соответственно, скорости движения жидкостей в гидродинамических приводах велики по сравнению со скоростями движения в объемном гидроприводе). В объемных гидроприводах используется потенциальная энергия давления рабочей жидкости (в объемных гидроприводах скорости движения жидкостей невелики – порядка 0,5 – 6 м/с).

Объемный гидропривод – это гидропривод, в котором используются объемные гидромашины (насосы и гидромоторы). Объемной называется гидромаши-

на, рабочий процесс которой основан на попеременном заполнении рабочей камеры жидкостью и вытеснении ее из рабочей камеры. К объемным машинам относят, например, поршневые насосы, аксиально-поршневые, радиально-поршневые, шестеренные гидромашины и др. Одна из особенностей, отличающая объемный 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. Объемный 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 объемные гидроприводы можно классифицировать по нескольким признакам.

По характеру движения выходного звена гидродвигателя различают:

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

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

3) гидропривод поворотного движения, когда в качестве гидродвигателя применен поворотный гидравлический исполнительный механизм, у которого ведомое звено (вал или корпус) совершает возвратно-поворотное движение на угол, меньший 270°.

По возможности регулирования скорости выходного звена различают следующие виды гидроприводов.

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

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

– дроссельным;

– объемным;

– объемно-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.

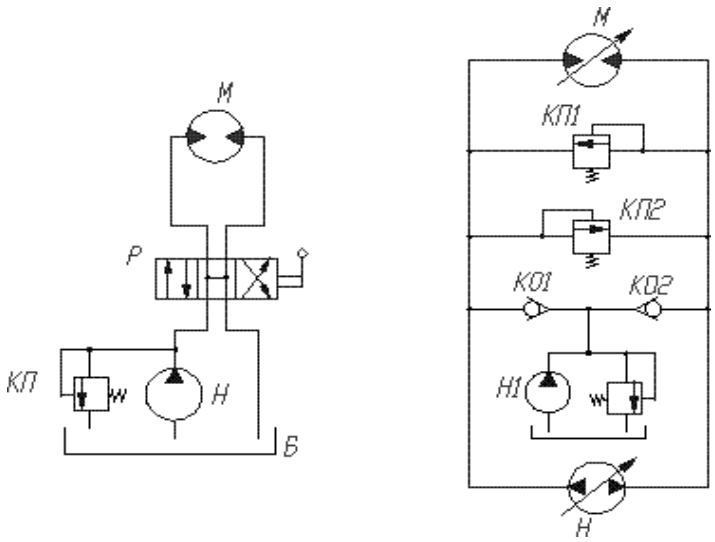
1.2 Гидроприводы с разомкнутой и замкнутой системами циркуляции рабочей жидкости [6]

На рисунке 3.11 представлены схемы гидроприводов с разомкнутой и замкнутой системами циркуляции рабочей жидкости.

На схеме (рис. 3.11, *а*) всасывающая и сливная гидролинии сообщаются с баком (разомкнутая схема), а на схеме (рис. 3.11, *б*) бак используется только для вспомогательной гидросистемы (системы подпитки). На рисунке 3.11 использованы следующие обозначения: 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 рис. 3.11, *а*), КП1 и КП2 (на рис. 3.11, *б*) 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 кавитации.

По схеме циркуляции рабочей жидкости различают (рис. 3.11) два вида гидропривода.

1. **Гидропривод с разомкнутой системой циркуляции**, в котором (рис. 3.11, *а*) рабочая жидкость постоянно сообщается с гидробаком или атмосферой.



а) *б*)

Рис. 3.11. Гидросистемы с разомкнутой схемой (*а*)
и с замкнутой схемой циркуляции рабочей жидкости (*б*)

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 допускаемыми (из условий бескавитационной работы насоса) скоростями движения рабочей жидкости во всасывающем трубопроводе.

2. **Гидропривод с замкнутой схемой циркуляции**, в котором (рис. 3.11, *б*) 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.

1.3 Виды объемных гидроприводов по источнику подачи рабочей жидкости

По источнику подачи рабочей жидкости различают три вида объемных гидроприводов.

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, гидроемкости и гидролинии.

Наибольшее применение в гидроприводе получили аксиально-поршневые, радиально-поршневые, пластинчатые и шестеренные 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 подается 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 двигателя внутреннего сгорания (ДВС), турбин и т.д.

1.4 Дополнительные элементы структуры гидропривода

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

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

Критически важной для гидропривода (в первую очередь объемного) 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, устанавливают системы регулирования температуры (подогревающие и/или охладительные устройства).

1.5 Области применения объемных гидроприводов

Объемный 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 1930 – 40-х гг., 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 [1].

Широкое распространение получил гидропривод в авиации. Насыщенность современных самолетов 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 применяют и во многих других областях техники (авиации, тракторостроении, промышленном оборудовании и др.).

В некоторых танках, например, в японском танке Тип 10, применялась гидростатическая трансмиссия, представляющая собой, по сути, систему объемного 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 и недостатки гидроприводов

К основным преимуществам гидропривода относятся:

1) возможность универсального преобразования механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки;

2) простота управления и автоматизации;

3) простота предохранения приводного двигателя и исполнительных органов машин от перегрузок; например, если усилие на штоке гидроцилиндра стано-

вится слишком большим (такое возможно, в частности, когда шток, соединенный с рабочим органом, встречает препятствие на своем пути), то давление в гидросистеме достигает больших значений – тогда срабатывает предохранительный клапан в гидросистеме, и после этого жидкость идет на слив в бак, и давление уменьшается;

4) надежность эксплуатации;

5) 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;

6) большая передаваемая мощность на единицу массы привода; в частности, масса гидравлических машин примерно в 10 – 15 раз меньше массы электрических машин такой же мощности;

7) 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 серьезным преимуществом;

8) возможность получения больших сил и мощностей при малых размерах и весе передаточного механизма;

9) простота осуществления различных видов движения – поступательного, вращательного, поворотного;

10) возможность частых и быстрых переключений при возвратно-поступательных и вращательных прямых и реверсивных движениях;

11) возможность равномерного распределения усилий при одновременной передаче на несколько приводов;

12) упрощенность компоновки основных узлов гидропривода внутри машин и агрегатов, в сравнении с другими видами приводов.

К недостаткам гидропривода относятся:

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

2) нагрев рабочей жидкости при работе, что приводит к уменьшению вяз-кости рабочей жидкости и увеличению утечек, поэтому в ряде случаев необходи-мо применение специальных охладительных устройств и средств тепловой защи-ты; более низкий КПД чем у сопоставимых механических передач;

3) 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 объемного КПД;

4) необходимость защиты гидросистемы от проникновения в нее воздуха, наличие которого приводит к нестабильной работе гидропривода, большим гид-равлическим потерям и нагреву рабочей жидкости;

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

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

в сравнении с пневмо- и электроприводом – невозможность эффективной переда-чи гидравлической энергии на большие расстояния вследствие больших потерь напора в гидролиниях на единицу длины.