

УДК 621.3.07

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

Рекиш А.А., Путраш Д.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Зеленко В.В.

Насос представляет собой гидравлическую машину, преобразующую механическую энергию приводного двигателя в энергию жидкости, создающую поток жидкой среды. Гидравлическая - значит, работающая с жидкостями. По принципу действия насосы классифицируются: на объёмные и динамические.

1. Объёмные насосы, в которых преобладают силы давления. В насосах объёмного типа жидкая среда перемещается путём периодического изменения объёма занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса.

2. Динамические насосы, в которых преобладают силы инерции.

Динамический насос, это насос, в котором жидкая среда перемещается под силовым воздействием на неё рабочего органа (колеса) в камере, постоянно сообщаемой со входом и выходом насоса. К динамическим насосам относятся: 1) лопастные: а) центробежные; б) осевые; 2) электромагнитные; 3) насосы трения: а) вихревые; б) шнековые; в) дисковые; г) струйные и др.

В системах водоснабжения и водоотведения наибольшее распространение нашли центробежные насосы. Работа этих насосов основана на принципе силового взаимодействия лопастей рабочего колеса насоса с обтекающим их потоком перекачиваемой жидкости. Основным рабочим органом центробежного насоса является рабочее колесо, которое свободно вращается в корпусе. При вращении колеса в потоке жидкости возникает разность давлений по обе стороны лопасти. Силы давления лопастей на поток создают вращательное движение жидкости, а под действием центробежных сил создается поступательное движение жидкости и увеличиваются ее давление и скорость. Рабочее колесо закреплено на валу, который служит проводником механической энергии двигателя.

Основные параметры лопастных насосов: ими являются подача Q - количество жидкости проходящая через насос за единицу времени, и напор H - давление перекачиваемой жидкости. Напор, создаваемый насосом, и расход жидкости (подача) зависят друг от друга. Эта зависимость может быть отражена графически в виде характеристики насоса $Q = f(H)$. Форма характеристики показывает зависимость напора и подачи жидкости - форм гидравлической энергии преобразованной из энергии электропривода с учетом КПД.

Характеристика насоса имеет форму падающей кривой. Работая при закрытом выходном клапане, насос создает максимальное давление (при нулевой подаче), жидкость имеет потенциальную энергию. Если изменяется скорость, то при постоянной геометрии рабочего колеса, одновременно меняется подача, давление и потребляемая мощность, согласно законам пропорции. Подача Q , обеспечиваемая насосом, изменяется пропорционально изменению скорости - $Q_1 = Q \cdot (n_1/n)$. Напор насоса H зависит от квадрата скорости $H_1 = H \cdot (n_1/n)^2$.

Основными потребителями электроэнергии в нашей стране являются производственные предприятия и объекты ЖКХ. Большая часть электроэнергии потребляется электроприводами насосов и вентиляторов. Стоимость электроэнергии в общей сумме эксплуатационных расходов на водопроводно-канализационных предприятиях в случае использования поверхностных вод составляет до 50%. При использовании подземных вод этот показатель увеличивается до 80%. Как показывает статистика, в процессе перекачки чистых и сточных вод нерационально расходуется от 15 до 50% энергии.

Для этих объектов подача и давление жидкости изменяются непрерывно в течение суток, максимальный расход наблюдается в утренние и вечерние часы, минимальный - в ночные часы. Использование насоса при постоянной частоте не экономично. А частый запуск-остановка, может быстро вывести из строя его. Для решения этих задач целесообразно оптимизировать режим работы насосной станции. Режимы работы

центробежных насосов энергетически наиболее эффективно регулировать путем изменения частоты вращения их рабочих колес. Частота вращения рабочих колес может быть изменена, если в качестве приводного двигателя используются регулируемый электропривод.

В насосных установках используются преимущественно двигатели переменного тока. Частота вращения электродвигателя переменного тока зависит от частоты питающего тока f , числа пар полюсов p и скольжения s . Изменив один или несколько из этих параметров можно изменить частоту вращения электродвигателя и сочлененного с ним насоса.

Основным элементом частотного электропривода является частотный преобразователь. В преобразователе постоянная частота питающей сети f_1 преобразуется в переменную f_2 . Пропорционально частоте f_2 изменяется частота вращения электродвигателя, подключенного к выходу преобразователя. С помощью частотного преобразователя практически неизменные сетевые параметры напряжение U_1 и частота f_1 преобразуются в изменяемые параметры U_2 и f_2 , требуемые для системы управления. Для обеспечения устойчивой работы электродвигателя, ограничения его перегрузки по току и магнитному потоку, поддержания высоких энергетических показателей в частотном преобразователе должно поддерживаться определенное соотношение между его входными и выходными параметрами, зависящее от вида механической характеристики насоса.

Частотные преобразователи с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) имеют высокие энергетические характеристики за счет того, что на выходе преобразователя обеспечивается форма кривых тока и напряжения, приближающаяся к синусоидальной. В последнее время наибольшее распространение получили частотные преобразователи на *IGBT*-модулях (биполярных транзисторах с изолированным затвором). *IGBT*-модуль является высокоэффективным ключевым элементом. Он обладает малым падением напряжения, высокой скоростью и малой мощностью переключения. Преобразователь частоты на *IGBT*-модулях с ШИМ и векторным алгоритмом управления асинхронным электродвигателем имеет преимущества по сравнению с другими типами преобразователей. Он характеризуется высоким значением коэффициента мощности во всем диапазоне изменения выходной частоты.

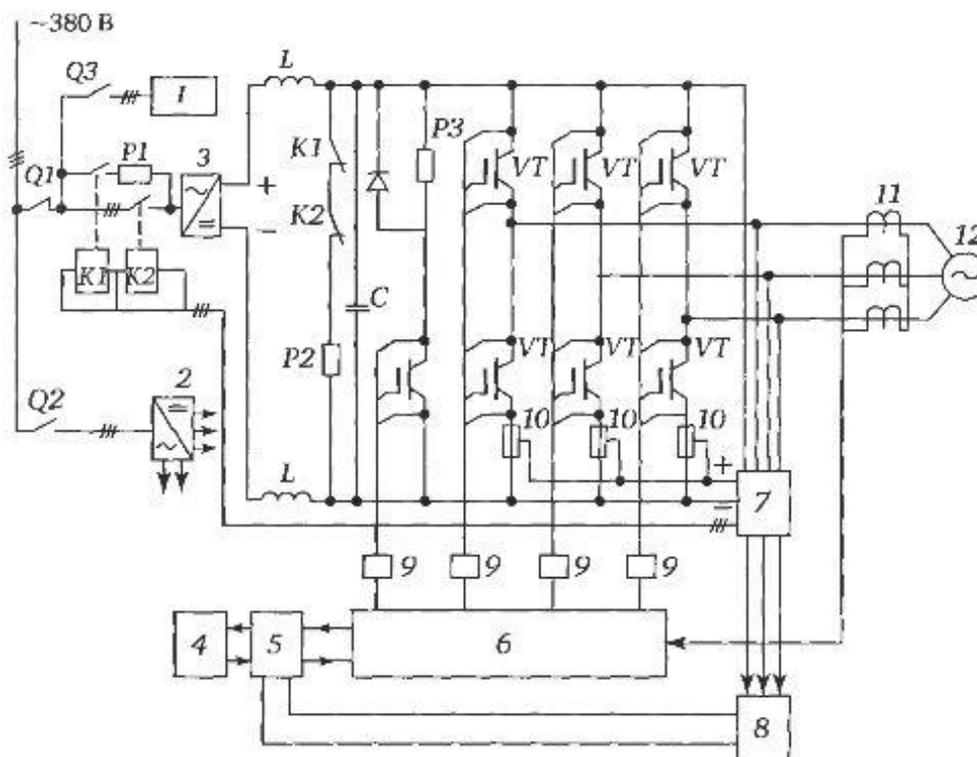


Рисунок 1. Схема частотного преобразователя на *IGBT*-модулях

Где 1 - блок вентиляторов; 2 - источник питания; 3 - выпрямитель неуправляемый; 4 - панель управления; 5 - плата пульта управления; 6 - ШИМ; 7 - блок преобразования напряжения; 8 - плата системы регулирования; 9 - драйверы; 10 - предохранители блока инвертора; 11 - датчики тока; 12 - асинхронный короткозамкнутый двигатель; Q_1, Q_2, Q_3 - выключатели силовой цепи, цепи управления и блока вентиляторов; K_1, K_2 - контакторы заряда конденсаторов и силовой цепи; C - блок конденсаторов; R_1, R_2, R_3 - резисторы ограничения тока заряда конденсаторов, разряда конденсаторов и узла слива; VT - силовые ключи инвертора (*IGBT*-модули).

На выходе частотного преобразователя формируется кривая напряжения (тока), несколько отличающаяся от синусоиды, содержащая высшие гармонические составляющие. Их наличие влечет за собой увеличение потерь в электродвигателе. По этой причине при работе электропривода на частотах вращения, близких к номинальной, происходит перегрузка электродвигателя. При работе на пониженных частотах вращения ухудшаются условия охлаждения самовентилируемых электродвигателей, применяемых в приводе насосов. Во избежание перегрузки электродвигателя необходимо или ограничить верхнее значение его частоты вращения, или оснастить привод более мощным электродвигателем. Последняя мера обязательна тогда, когда предусматривается работа насосного агрегата с частотой $f_2 > 50$ Гц. Ограничение верхнего значения частоты вращения двигателя осуществляется ограничением частоты f_2 до 48 Гц. Увеличение номинальной мощности приводного электродвигателя осуществляется с округлением до ближайшего стандартного значения.

Многие насосные установки состоят из нескольких агрегатов. Как правило, регулируемым электроприводом оборудуются не все агрегаты. Из двух-трех установленных агрегатов регулируемым электроприводом достаточно оснастить один. Если один преобразователь постоянно подключен к одному из агрегатов, имеет место неравномерное расходование их моторесурса, поскольку агрегат, оснащенный регулируемым приводом, используется в работе значительно большее время.

Для равномерного распределения нагрузки между всеми агрегатами, установленными на станции, разработаны станции группового управления, с помощью которых агрегаты могут поочередно подключаться к преобразователю. Станции управления изготавливаются обычно для низковольтных (380 В) агрегатов. Обычно низковольтные станции управления предназначены для управления двумя-тремя агрегатами. В состав низковольтных станций управления входят автоматические выключатели, обеспечивающие защиту от межфазных коротких замыканий и замыканий на землю, тепловые реле для защиты агрегатов от перегрузки, а также аппаратура управления (ключи, кнопочные посты и пр.).

Применение частотно-регулируемого привода позволяет существенно экономить электроэнергию, т. к. дает возможность использовать крупные насосные агрегаты в режиме малых подач. Благодаря этому можно, увеличив единичную мощность агрегатов, уменьшить их общее число, и как следствие, уменьшить габаритные размеры здания, упростить гидравлическую схему станции, уменьшить число трубопроводной арматуры.

Таким образом, применение регулируемого электропривода в насосных установках позволяет наряду с экономией электроэнергии и воды уменьшить число насосных агрегатов, упростить гидравлическую схему станции, уменьшить строительные объемы здания насосной станции. В связи с этим возникают вторичные экономические эффекты: уменьшаются расходы на отопление, освещение и ремонт здания, приведенные затраты в зависимости от назначения станций и других конкретных условий могут быть сокращены на 20 - 50%.

В технической документации на преобразователи частоты указывается, что применение регулируемого электропривода в насосных установках позволяет экономить до 50% энергии, расходуемой на перекачку чистых и сточных вод, а сроки окупаемости составляют три - девять месяцев.

Вместе с тем расчеты и анализ эффективности регулируемого электропривода в действующих насосных установках показывает, что в небольших насосных установках с агрегатами мощностью до 75 кВт, особенно тогда, когда они работают с большой статической составляющей напора, оказывается нецелесообразным применение регулируемых электроприводов. В этих случаях можно использовать более простые системы регулирования с применением дросселирования, изменения числа работающих насосных агрегатов.

Применение регулируемого электропривода в системах автоматизации насосных установок, с одной стороны, уменьшает потребление энергии, с другой - требует дополнительных капитальных затрат, поэтому целесообразность применения регулируемого электропривода в насосных установках определяется сравнением приведенных затрат двух вариантов: базового и нового. За новый вариант принимается насосная установка, оснащенная регулируемым электроприводом, а за базовый - установка, агрегаты которой работают с постоянной частотой вращения.

Литература

1. Чебаевский В.Ф., Вишневский К.П., Накладов Н.Н., Кондратьев В.В., уч. Насосы и насосные станции - М.: Агропромиздат, 1989. - 416 с.
2. Фашиленко В.Н., уч. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок – М.: Горная книга, 2011. - 260 с.
3. Сайт electricalschool.info (школа для электрика) - <http://electricalschool.info/elprivod/1529-chastotno-reguliruemyjj-jelektroprivod.html>.