

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ПРИВОДОВ

Скрипка М.О., студент; Червинская Н.В., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

В течение многих лет и на сегодняшний день в небольших городах для централизованного водоснабжения используются водонапорные башни (башни Рожновского, напорные резервуары). Система водоснабжения при этом отличается простотой и высокой надежностью.

Водонапорная башня – сооружение в системе водоснабжения для регулирования напора и расхода воды в водопроводной сети, создания её запаса и выравнивания графика работы насоса. Однако при простоте конструкции и широком распространении башни Рожновского обладают множеством недостатков:

- использование ее в зимний период крайне трудно, особенно при уменьшении водопотребления, также вероятны отказы датчиков уровня и протечки;
- выход датчиков уровня и другой автоматики из строя приводит к переливу воды и замерзанию ее зимой, что может повлечь за собой разрушение
- из-за большой поверхности окисления емкости появляется ржавчина в воде;
- ограниченное и непостоянное давление воды на выходе из башни, которое определяется её высотой;
- работа насоса в импульсном режиме с частыми включениями и отключениями приводит к ускоренному износу электродвигателя и самого насоса;
- высокая стоимость новой башни, её доставки, монтажных работ и ввода в эксплуатацию (для новых), сложность ремонта и восстановления конструкции водонапорной башни, а также ее обслуживания, чистка, дезинфекция, покраска (для имеющихся);
- основной недостаток изношенных водонапорных башен Рожновского – их аварийное состояние.

Регулирующая роль водонапорной башни заключается в том, чтобы в часы уменьшения водопотребления избыток воды, подаваемой насосом, накапливался в водонапорной башне и расходовался из нее в часы увеличенного водопотребления [1].

В настоящее время в городе Моспино есть две башни. Система водоснабжения не является полностью автоматизированной, диспетчеры с помощью пульта управления включают или отключают насосы, тем самым создавая давление в сети. В состав водозабора входят насосные станции первого подъема и напорные резервуары (башни). Насос подает воду в водонапорную башню. Когда вода поднимается до верхней отметки, датчик уровня дает команду насосу на отключение. По мере разбора воды из башни по магистрали, уровень понижается, и по достижении нижней отметки датчик уровня дает команду на включение насоса. Таким образом, в башне постоянно находится запас воды, определяющийся ее объемом. Так как резервуары находятся на самой высокой точке в городе, вода из них самотеком по магистральным водоводам поступает к потребителям. То есть из-за такой географической особенности исчезла необходимость в использовании дополнительных насосных станций – второго и третьего подъемов, чтобы подкачивать воду и передавать в городскую сеть. На выходе из резервуаров имеется шесть водоводов. В качестве арматуры на водоводах используются задвижки – дополнительные элементы, которые добавляют местные потери напора к потерям водовода в зависимости от степени открытия. В существующей системе используются задвижки типа «батерфляй» – поворотные задвижки с электроприводом, предназначенные для полного или частичного перекрытия потока рабочей среды. Главным недостатком существующей системы является то, что насосы включаются в

режиме прямого пуска, что может вызывать такие негативные последствия, как гидравлические удары и ударные механические нагрузки на двигатели насосов. При таком режиме работы системы давление в сети остается либо постоянным на протяжении суток, либо резко уменьшается при отключении насоса. Также для организации технологического процесса требуется большое количество производственного персонала.

Что касается двигателей насосов, они представляют собой нерегулируемые приводы, работающие с постоянной скоростью вращения. При минимальном расходе насосы продолжают работу с постоянной частотой вращения, создавая избыточное давление в сети (причина аварий), при этом бесполезно расходуется значительное количество электроэнергии. Так, к примеру, происходит в ночное время суток, когда потребление воды резко падает. Для нерегулируемых приводов характерно непосредственное включение электродвигателя в питающую сеть без промежуточных преобразователей электрической энергии (преобразователей частоты и регуляторов напряжения). Поэтому решение для экономии электроэнергии средствами электропривода – это подача в каждый момент времени потребителю необходимой мощности именно в этот момент. Это может быть достигнуто за счет управления координатами, т.е. скоростью и моментом электропривода. Одной из тенденций в области энергосбережения последних лет является применение частотно-регулируемых приводов на основе асинхронных короткозамкнутых электродвигателей и преобразователей частоты, которые снижают потребление электрической энергии, повышают степень автоматизации, удобство эксплуатации оборудования и качество технологических процессов.

В мировой и отечественной практике уже накоплен большой положительный опыт использования регулируемого электропривода для насосных агрегатов систем водоснабжения. Необходимость регулирования производительности насосов в системах водоснабжения определяется, прежде всего, переменным графиком водопотребления в течении суток и по времени года.

Классический метод управления подачей насосных установок предполагает дросселирование напорных линий и регулирование количества работающих агрегатов по какому-либо техническому параметру (например, по давлению в трубопроводе). Насосные агрегаты в этом случае выбираются исходя из расчётных характеристик (как правило, с запасом по производительности) и постоянно функционируют с постоянной частотой вращения, без учета изменяющихся расходов. Вторым способом регулирования подачи воды насосными станциями является включение – отключение насосных агрегатов. Применение регулируемого электропривода насосных агрегатов позволяет исключить данные последствия. Техническая и экономическая эффективность применения регулируемого электропривода для насосных агрегатов станций стала общепризнанной, но в основном для станций второго и третьего подъемов.

Преимуществами применения регулируемого электропривода являются:

- снижение числа пусков насосных агрегатов и связанное с этим повышение надежности и увеличение технического ресурса, уменьшение периодичности ремонтов электродвигателей
- повышение надежности гидравлического оборудования благодаря плавным пускам насосных агрегатов и снижение вероятности возникновения гидравлических ударов в водоводах первого подъема
- возможность полной автоматизации технологических процессов, что дает возможность сократить обслуживающий персонал
- сокращение расхода электроэнергии в случае переменной нагрузки
- возможность удаленной диагностики привода по промышленной сети.
- частотно-регулируемый привод, как правило, содержит в себе ПИД-регулятор и может подключаться напрямую к датчику регулируемой величины
- управляемое торможение и автоматический перезапуск при пропадании сетевого напряжения [2].

В рассматриваемой задаче необходимо применить регулируемый электропривод для насосной станции первого подъема. Важным отличием технологии работы является то, что насосы работают не на водопроводную сеть, а на водонапорные башни. Регулирование подачи насосами первого подъема обуславливается необходимостью поддержания уровня воды в накопительных резервуарах и осуществляется, как правило, включением – отключением насосных агрегатов, при этом также используют дросселирование. Задача регулирования подачи насосами первого подъема изучена недостаточно, однако эта проблема, несомненно, является актуальной, учитывая, что все города и поселки городского типа имеют станции первого подъема.

Однако следует отметить, что в настоящее время все чаще пытаются уйти от использования водонапорных башен. В современных прямоточных «безбашенных» системах водоснабжения главным является преобразователь частоты, управляющий двигателем насоса. Метод водоснабжения без использования водонапорных башен с успехом может быть использован для водоснабжения малых населенных пунктов, а также отделенных хозяйственных объектов. В данной системе предлагается водонапорную башню перевести в резерв в качестве аварийного источника водоснабжения и подкачивать воду прямо в сеть. В данном случае будет уменьшен напор, так как не будет постоянной необходимости поднимать воду в башню на высоту 15-25 м, а рациональнее напрямую подавать ее в водопровод. В случае недостатка давления в сети или перебоев электричества можно будет открыть задвижку на выходе из резервуара, чтобы не оставлять потребителей без воды. На рис.1 приведена обобщенная схема данной системы водоснабжения.

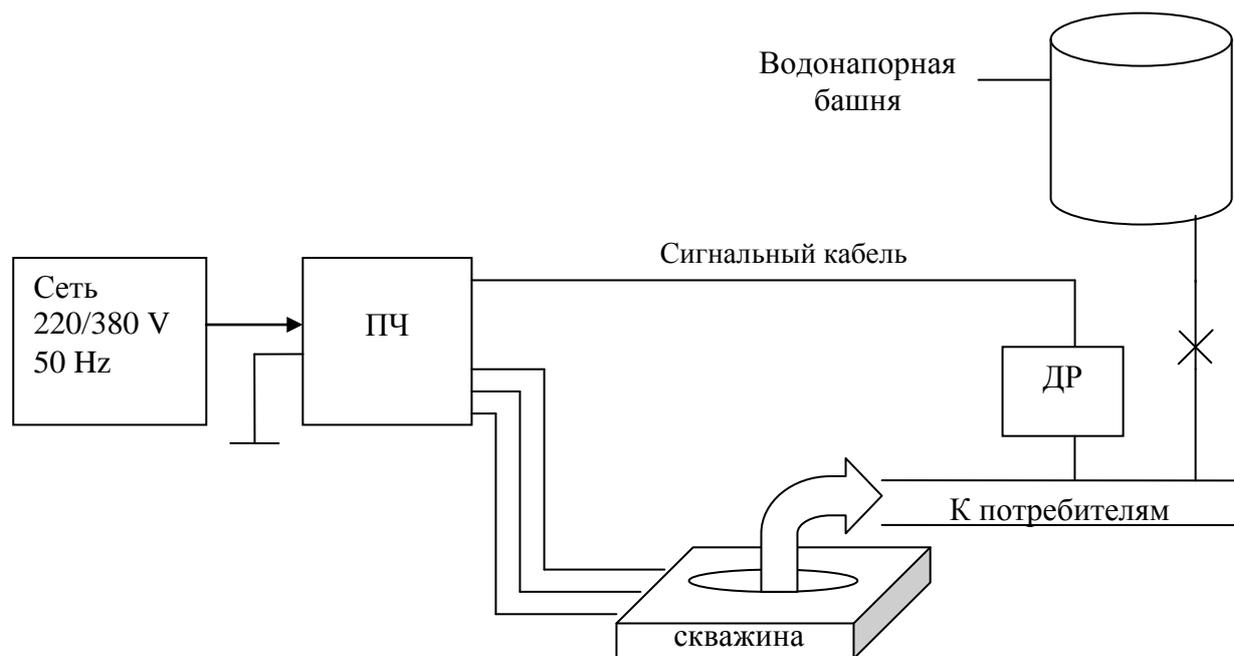


Рисунок 1 – Обобщенная схема системы водоснабжения

На рис.1 приняты следующие обозначения: ПЧ – преобразователь частоты, ДР – датчик расхода воды.

На следующем этапе работы была разработана модель асинхронного двигателя, работающего от преобразователя частоты, в пакете Matlab Simulink (рис.2).

С помощью блока Lookup Table было реализовано управление двигателем по экспоненциальному закону изменения напряжения и частоты, с помощью блоков Sine Wave Function – реализован трехфазный источник напряжения. От преобразователя частоты напряжение подается через блоки Controlled Voltage Source на трехфазный асинхронный двигатель, характеристики которого указываются в блоке Asynchronous Machine.

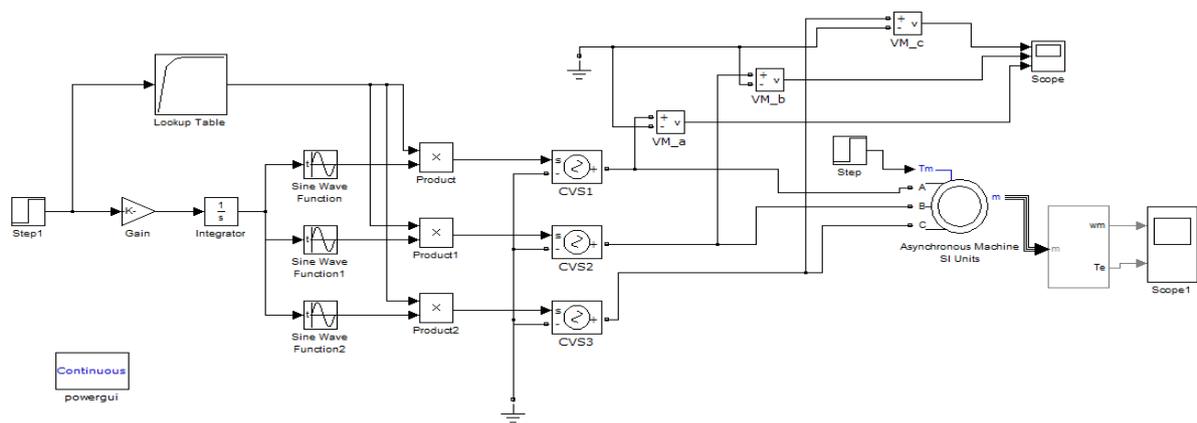


Рисунок 2 – Схема моделирования пуска и остановки асинхронного двигателя, подключенного от преобразователя частоты

В результате моделирования были получены следующие графики переходных процессов – угловой скорости двигателя $\omega(t)$ и момента $T_e(t)$ (рис.3):

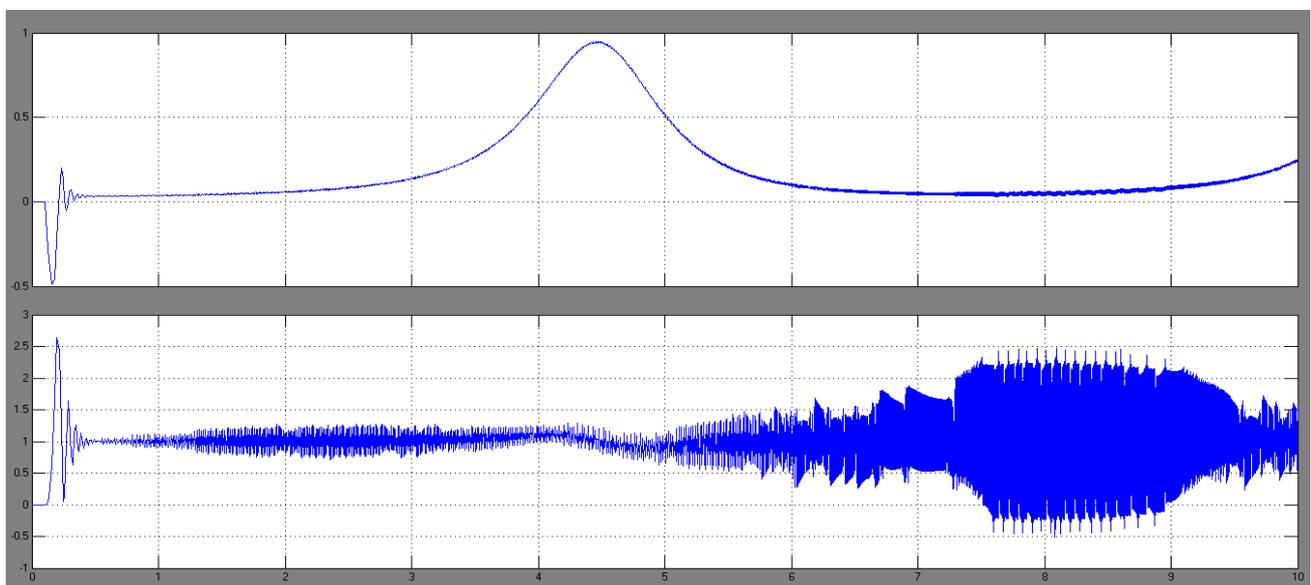


Рисунок 3 – Угловая скорость и момент двигателя

Полученные переходные процессы показывают пуск и остановку двигателя. В данную схему также необходимо будет добавить объект управления – водопроводную сеть, и регулировать скорость двигателя в соответствии с реальным расходом воды, информация о котором будет получена с датчика расхода. В математической модели системы будет получена зависимость расхода от напряжения, подаваемого на асинхронный двигатель преобразователем частоты.

Перечень ссылок

1. Замена башен Рожновского [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivesc.ru/zamena-bashen-rozhnovskogo>
2. Материалы из Википедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Частотно-регулируемый_привод
3. Терехин В.Б. Моделирование систем электропривода в Matlab Simulink: учебное пособие / В.Б. Терёхин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.