

ОСОБЕННОСТИ РАЙОННОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Малахивская В.С., студ.; Федюн Р.В., доц., к.т.н.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

В последнее десятилетие все больше становится заметным износ существующей системы водоснабжения, что сопровождается повышением частоты прорывов как крупных магистральных, так и малых подводящих трубопроводов. Отсутствие средств контроля за потреблением воды и средств оперативного влияния на производительность насосных станций приводит к неудовлетворительной подаче воды конечным потребителям и учащает аварийные ситуации в системе водоснабжения.

Отличительной чертой системы водоснабжения является практически случайное изменение нагрузки на сеть - водопотребления. Для каждой отдельной системы известен примерный график потребления в течение суток, однако он позволяет придерживаться лишь некоторого среднего значения подачи воды, который, как правило, не соответствует реальному водопотреблению. В таком случае происходят колебания давления в магистралях системы. Повышение давления приводит к порывам трубопроводов и снижению срока службы запорной арматуры, а также уменьшению количества подаваемой воды высотным потребителям и ухудшению качества водоснабжения в целом.

Таким образом, проблема улучшения качества водоснабжения актуальна. В то же время, с увеличением цен на энергоносители становится актуальной проблема уменьшения затрат на электроэнергию, потребляемую узлами комплекса водоснабжения.

Решить данные проблемы, возможно выполнив автоматизацию всего комплекса водоснабжения с целью обеспечения требуемой подачи воды при необходимом давлении и отсутствии его колебаний с использованием энергосберегающих подходов к построению системы автоматического управления.

Насосные станции систем водоснабжения представляют собой сложный комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающего подачу воды в соответствии с нуждами потребителя. Состав сооружений, их конструктивные особенности, тип и число основного и вспомогательного оборудования определяются исходя из принципов комплексного использования водных ресурсов и охраны природы с учетом назначения насосной станции и предъявляемых к ней технологических требований.

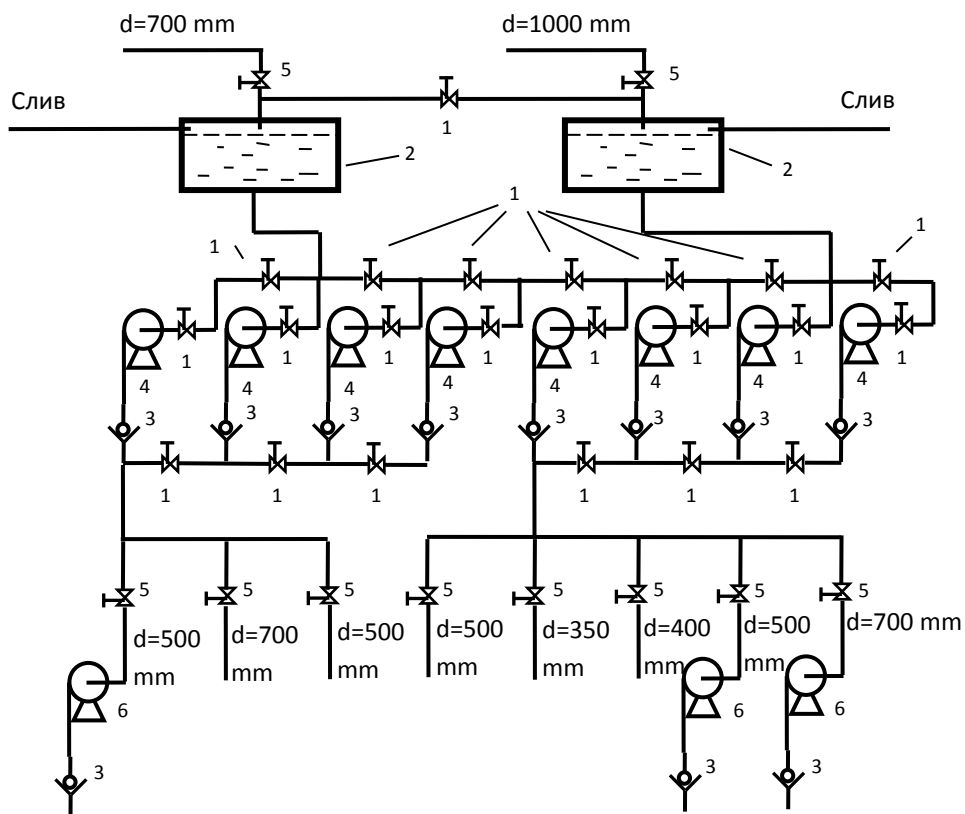
По своему назначению и расположению в общей существующей схеме водоснабжения насосные станции подразделяются на станции I подъема, II подъема и повышающие.

Насосные станции I подъема забирают воду из источника водоснабжения и подают ее на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды, непосредственно в резервуары, распределительную сеть, водонапорную башню или конструкции в зависимости от принятой схемы водоснабжения.

Насосные станции II подъема служат для подачи очищенной воды конечным потребителям из резервуаров чистой воды.

Повышающие насосные станции (станции подкачки) предназначены для повышения напора в водопроводной сети или в водоводе. В этом случае вода забирается из одной сети и под увеличенным напором подается в другую сеть (района города, промышленного предприятия) или в следующий участок длинного нагнетательного водовода.

Система водоснабжения Пролетарского района города Донецка (рис. 1) состоит из водопроводного узла «б Красная звезда» и трех станций подкачки. Водопроводный узел «б Красная звезда» предназначен для обеспечения питьевой водой таких районов города: Пролетарского, частично Буденновского, а также пос. Ларино, г. Моспино.



1 – разъединительные задвижки; 2 – резервуары чистой воды; 3 – обратный клапан; 4 – насос станции II подъема; 5 – электрические задвижки; 6 – насос повышающей станции

Рисунок 1 – Технологическая схема водоснабжения Пролетарского района г. Донецка

Вода на водоузел поступает по двум водоводам с диаметрами 1000 мм и 700 мм от Верхне-Кальмиусской фильтровальной станции. Заборные трубы имеют задвижки с электроприводами мощностью 15кВт, которые регулируют расход воды водоузлом. Средний расход воды - 2 тыс.м³/час. Накопление воды происходит в резервуарах чистой воды 2 объемом 10 тыс. м³ каждый. Подача в город воды осуществляется с помощью насосной станции второго подъема. Производительность станции 55 тыс.м³/сут. Один из водоводов нижней зоны имеет повышающую станцию на расстоянии 20 км от водоузла, два водовода верхней зоны имеют по одной повышающей станции на расстоянии 1,5 и 4 км от водоузла. Подкачка воды после насосной станции II подъема осуществляются без использования промежуточных резервуаров. Согласно гидравлической схеме (рис. 1), насосы станции II подъема имеют параллельное соединение, насосы повышающих станций - последовательное с насосами станции II подъема.

Рассмотрим режим работы одного насоса. Его рабочий режим графически определяется точкой пересечения рабочих характеристик насоса и магистрального трубопровода (рис. 2). Точка А на рис. 2 определяет расчетный режим работы насоса с характеристикой $H_n = f(Q)$ на напорный трубопровод с характеристикой $H_T = f(Q)$.

Рассмотрим стационарный режим работы повышающей станции по схеме "насос в насос". Графические характеристики двухступенчатой установки приведены на рис.3.

Нормальная работа насосов, соединенных последовательно, возможна только в том случае, когда во всасывающем трубопроводе насоса повышающей станции является избыточное давление - подпор. Вообще, работа насоса повышающей станции возможна и при вакууме во всасывающем трубопроводе, если его величина не превышает вакуумметрической высоты всасывания насоса. Однако в этом случае возможен подсос воздуха во всасывающей линии насоса повышающей станции, а также значительно возрастает опасность работы этих насосов в режиме кавитации. Поэтому необходимо

обеспечивать работу насоса повышающей станции с подпором. Выполненный анализ работы системы подачи воды по схеме "насос в насос" позволил выявить жесткую гидравлическую связь между отдельными станциями подкачки в стационарном режиме работы. Эта жесткая связь имеет место и в переходных режимах работы. Эту важную особенность необходимо учитывать при исследовании динамики системы водоснабжения, а также при разработке системы автоматического управления данным сложным объектом.

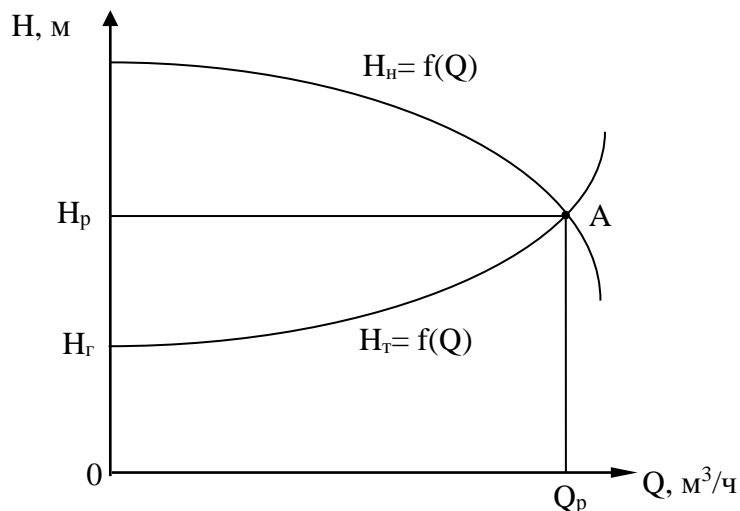


Рисунок 2 - Рабочий режим насосной установки

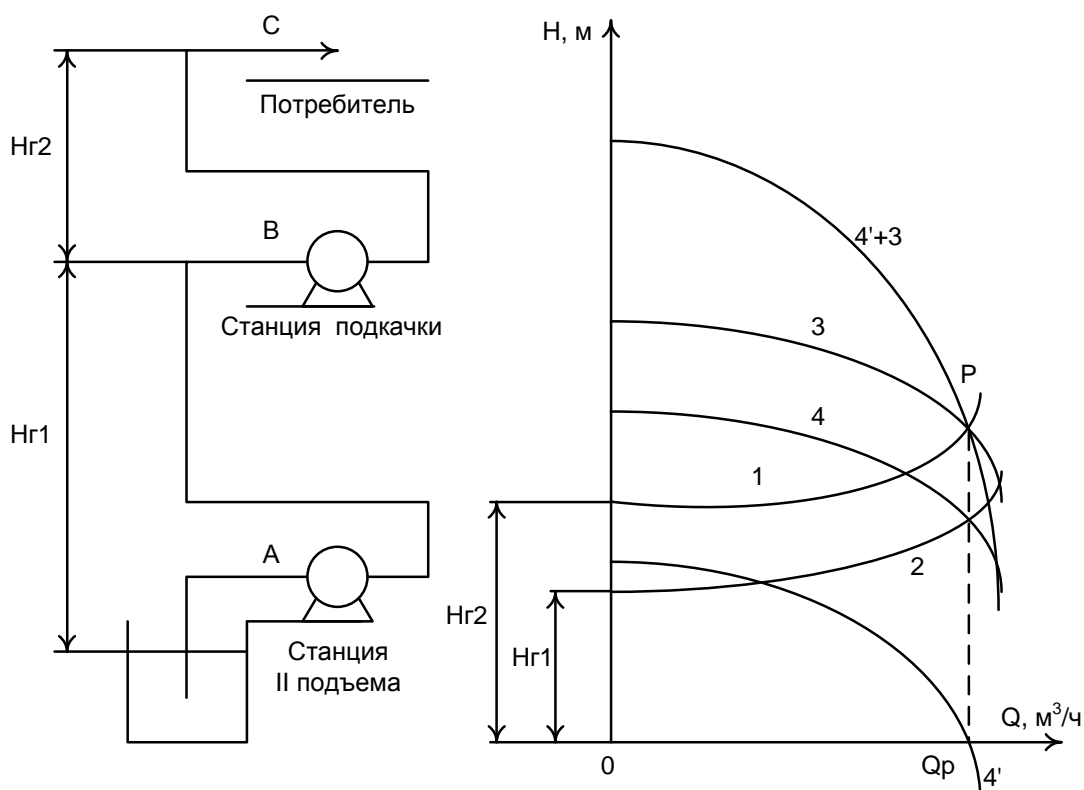


Рисунок 3 – К определению рабочего режима последовательно включенных насосов

Рассмотрим режим работы станции II подъема при параллельной схеме включения насосов (рис.4). Подача в общем участке сети при параллельно включенных машинах $Q = Q_1 + Q_2$ (Q_1 и Q_2 - подача соответственно первой и второй машин). Допустим, что напорные характеристики насосов одинаковые и изображаются кривыми 2,3. Суммарная напорная характеристика 2+3 строится суммированием подач при одинаковых напорах.

Координаты точки пересечения кривой 2+3 с характеристикой сети Q_p, H_p (кривая 4) являются параметрами рабочего режима системы. Для определения подачи $Q_{2,3}$ первого и второго насосов необходимо провести линию $H_p = const$ до пересечения с индивидуальными характеристиками. Если бы на сеть 4 работал один из насосов, то его подача представляла бы Q_A . Таким образом, в этом случае параллельное включение машин обеспечит увеличение расхода в сети. Однако при увеличении сопротивления сети расхождение между Q_p и Q_A будет уменьшаться, и при работе 2-х машин на сеть 1 параллельная работа из условий увеличения подачи в сети станет бесполезной, так как в этом случае $Q_p = Q'_A$.

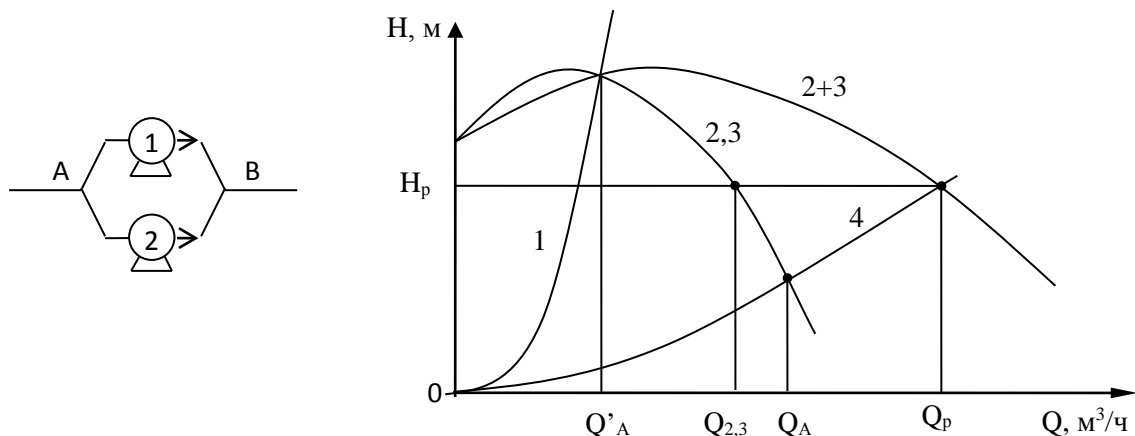


Рисунок 4 – К определению рабочего режима параллельно включенных насосов

Режим работы водопроводного узла определяется рабочими режимами его отдельных насосных станций. На режим работы каждой насосной станции оказывают влияние ряд параметров, которые определяют ее текущее состояние:

$$\bar{X} = |Q, H, H_{II}, H_{Г}, N, \eta, \rho, Q_{II}, d, L, \alpha|,$$

где Q - производительность насосной станции; H - напор на выходе насосной станции; H_{II} - напор на входе в насосную станцию (подпор); $H_{Г}$ - геодезическая высота нагнетания; N - мощность насосной станции; η - коэффициент полезного действия насосной станции; Q_{II} - часовое водопотребление; ρ - плотность жидкости; d - диаметр трубопровода; L - длина трубопровода; α - гидравлическое сопротивление трубопровод.

Анализ влияния этих параметров на режим работы насосной станции показывает его неоднозначность. Каждый параметр определенным образом влияет на рабочий режим, однако, можно выделить три группы параметров: условно-постоянные V , возмущающие W , управляемые U . Условно-постоянные параметры или остаются неизменными, или незначительно и медленно изменяются в процессе эксплуатации:

$$V = |d, L, N, \eta, H_{Г}|.$$

Вектор \bar{V} условно-постоянных параметров является технической характеристикой насосной установки. Элементы данного вектора определяют собственные динамические свойства объекта управления.

Управляемые параметры - это такие переменные, воздействие на которые позволяет получать требуемые режимы работы объекта управления. Для отдельной насосной установки вектор управляемых величин имеет такой вид:

$$\bar{U} = |Q, H, H_{II}|.$$

Вектор возмущающих параметров имеет следующий вид:

$$\bar{W} = |Q_{II}, \rho, \alpha_i|.$$

На насосную установку влияют следующие возмущающие воздействия: изменение напорной характеристики насосов в процессе эксплуатации; изменение напорной характеристики трубопровода (изменение α_i); изменение плотности жидкости ρ ; часовое водопотребление $Q_{п}$;

Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования давления (напора) и подачи (производительности) жидкости: дросселирование напорного трубопровода; перепуск части потока жидкости с выходного патрубка насоса во входной; отключение или подключение насосов (ступенчатое регулирование); изменение частоты вращения рабочего колеса насоса.

Дросселирование трубопровода является весьма распространенным способом регулирования давления и подачи жидкости. Регулирующим элементом в этом случае является, как правило, задвижка с электроприводом, которая располагается на напорном патрубке насоса и за счет своего перемещения изменяет поперечное сечение трубопровода. Несмотря на простоту реализации данного способа регулирования он имеет ряд недостатков. Одним из них является снижение КПД насосной станции, особенно при глубоком регулировании подачи. Кроме этого, рост давления на выходе насоса при закрытии задвижки приводит к сокращению срока службы уплотнений и запорных устройств. Другим недостатком этого способа является возможность однозонного регулирования в сторону уменьшения подачи или напора.

Регулирование напора перепуском основано на отведении части потока жидкости с выхода насоса на его вход через отвод с задвижкой. При этом энергия, затрачиваемая на циркуляцию жидкости по холостом кругу, не создает полезной работы, снижает КПД установки, особенно сильно при глубоком регулировании. Как и в предыдущем методе, подача насосной станции регулируется только в сторону уменьшения.

Ступенчатое регулирование подачи насосной станции осуществляется за счет подключения или отключения насоса или группы насосов. Данный способ характеризуется простотой управления, так как не требует дополнительных регулирующих устройств. Однако он не позволяет обеспечить непрерывную и качественную поддержку напора при изменении потребления жидкости и вызывает частые пуски двигателей, уменьшает срок работы оборудования и требует строительства промежуточного резервуара, для сглаживания колебаний подачи насосной станции. Кроме того, электроприводы работают не в оптимальном режиме, что также снижает КПД всей станции.

Изменение частоты вращения рабочего колеса насосной установки позволяет осуществить непрерывное регулирование производительности насосной станции с меньшими затратами энергии, чем в предыдущих вариантах, можно достичь плавного нарастания производительности до номинального значения. Однако оно требует относительно больших затрат на регулирующее оборудование.

Таким образом, в результате выполненного анализа установлены характерные особенности водопроводного узла как объекта управления, определены его основные параметры и их влияние на режим работы, а также выбран способ управления режимом работы отдельной насосной установки.

Перечень ссылок

1. Федюн Р. В., Попов В. О., Бунеев В. О. Автоматичне управління гідравлічними параметрами системи водопостачання. Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, Випуск 14 (129). – Донецьк, ДонНТУ, 2008. – с. 54 – 63.
2. Федюн Р. В., Бунеев В. О. Система автоматического управления электронасосом водопроводного узла. Наукові праці ДонНТУ. Серія: Електротехніка і енергетика, Випуск 8 (140). - Донецьк, ДВНЗ “ДонНТУ”, 2008. – с. 187 – 190.
3. Федюн Р. В., Бунеев В. О. Управление гидравлическими параметрами станции подкачки воды при изменении нагрузки. Наукові праці ДонНТУ. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, Випуск 16 (147).- Донецьк, ДВНЗ “ДонНТУ”, 2009. – с. 29 – 37.