

Устранение Потерь Энергии В Насосных Установках Средствами Частотно-Регулируемого Электропривода

Хафизов Ислом Икрамович¹, Уктамов Маъруф Шавқиддинович²

Аннотация: В данной работе исследуется проблема потерь энергии в насосных установках и возможные способы их устранения с использованием частотно-регулируемого электропривода. Рассматривается влияние частотно-регулируемых приводов на энергоэффективность работы насосных установок, а также их способность к регулированию расхода и давления в системе. Проводится анализ технических характеристик частотно-регулируемых приводов и их применимость для оптимизации работы насосных установок. Результаты исследования могут быть использованы для повышения энергоэффективности и надежности работы насосных систем в различных промышленных и коммерческих областях.

Ключевые слова: насосные установки, энергопотери, частотно-регулируемый электропривод, энергоэффективность, регулирование расхода, регулирование давления, технические характеристики, оптимизация работы, надежность, промышленность, коммерция.

Для значительной группы насосных установок экономичный режим обеспечивается стабилизацией давления (напора) в системе подачи жидкости. К таким установкам относятся насосные станции второго и третьего подъёмов промышленных и городских водопроводов, насосные станции подкачки, станции закрытых систем орошения и им подобные.

Необходимость стабилизации напора в сети этих станций обусловлена переменным характером режима водопотребления. Вероятностный характер водопотребления требует непрерывных изменений в режиме работы насосной установки. Изменения должны выполняться так, чтобы поддерживались требуемые значения технологических параметров (подач, напоров) в системе в целом и одновременно обеспечивалось минимально возможное энергопотребление насосной установки.

Эта задача решается системой автоматического управления (САУ) насосной установки, стабилизирующей напор в сети по заданному значению. Стабилизировать напор во всех точках сложной разветвленной сети практически невозможно. Поэтому речь может идти о стабилизации напоров в некоторых отдельных точках сети, называемых диктующими. В качестве диктующих выбирают точки, обеспечение нормального напора в которых гарантирует поддержание таких же или более высоких напоров в остальных точках сети. В качестве диктующей точки выбирается участок водопроводной сети, расположенный на наиболее высоких геодезических отметках и наиболее удаленный от насосной станции в гидравлическом отношении, т. е. тот участок, до которого потери напора имеют наибольшие значения.

Местоположение диктующих точек определяется гидравлическим расчетом сети или опытным путем, а также по результатам длительных эксплуатационных наблюдений. При существенном перераспределении потоков воды в сети диктующая точка может менять свое местоположение. При работе сети совместно с насосными станциями, близко выдвинутыми к потребителям, например станциями подкачки, диктующая точка может располагаться на напорном коллекторе станции.

Основным параметром регулирования в системах, стабилизирующих давление в сети, является

¹ Бухарский инженерно-технологический институт



напор в диктующей точке (точках). Стабилизация напора в диктующей точке обеспечивает необходимый минимум напора в сети и снижает потребление энергии, расходуемой насосной станцией на подачу воды.

Ниже рассмотрен процесс стабилизации напора в диктующей точке на примере простой неразветвленной водопроводной сети. Предположим, что на станции работает один насос (рис. 1). Для нормального водоснабжения потребителей в диктующей точке А должен поддерживаться так называемый свободный напор $H_{св}$. Точка А расположена на отметке Z_2 выше уровня воды в резервуаре. Потери напоров в водоводе зависят от значений расхода во второй степени. Следовательно, насосу, чтобы поднять воду с отметки Z_1 на отметку Z_2 , преодолеть гидравлическое сопротивление и обеспечить заданный свободный напор, необходимо развить напор воды

$$H = (Z_2 - Z_1) + H_{св} + SQ^2. \quad (1)$$

Графически зависимость требуемого напора на выходе из насосной станции от расхода изображена кривой 1 на рис. 2. Если эта зависимость соблюдается, в диктующей точке поддерживается стабильный требуемый напор $H_{св}$.

Однако этот напор при работе насоса с постоянной частотой вращения поддерживается только в режиме максимальной подачи. В остальное время, когда насос работает с пониженной подачей, например в 7 ч, система работает с повышенным напором. На рис. 2 показано, как изменяется напор в различное время суток в зависимости от изменения подачи воды насосной установкой.

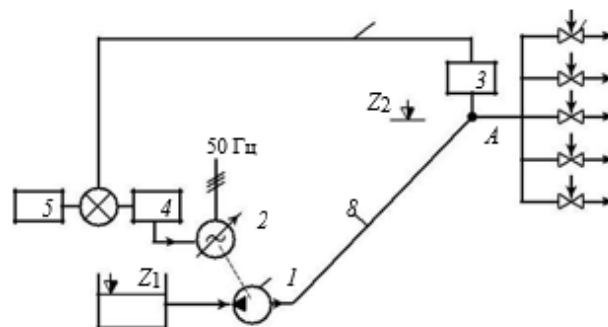


Рис. 1. Принципиальная схема стабилизации напора в диктующей точке А водопроводной сети:

1 — центробежный насос; 2 — регулируемый электропривод; 3 — датчик давления; 4 — ПИ-регулятор; 5 — задающее устройство; 6 — канал связи; 7 — водоразборные устройства; 8 — водовод

Чтобы насосная установка работала без превышения напора при любом водопотреблении, необходимо оснастить ее соответствующей системой автоматизированного управления (САУ), имеющей в своем составе РЭП. Такая система состоит из насосного агрегата, укомплектованного регулируемым электроприводом, датчика давления, пропорционально-интегрального регулятора (ПИ-регулятора), задающего устройства и каналов связи между преобразователем и регулятором (см. рис. 1). Задающее устройство (задатчик значения регулируемого параметра) определяет требуемое значение напора в диктующей точке водопроводной сети.

Сигналы от датчика давления, установленного в диктующей точке сети, и от задающего устройства поступают в ПИ-регулятор, где они сравниваются между собой, соответствующим образом обрабатываются и затем передаются в систему управления регулируемого электропривода насосного агрегата.

Если напор в диктующей точке выше заданного значения, то в РЭП поступает команда на



уменьшение частоты вращения электродвигателя насоса, и наоборот. Изменение частоты вращения насоса прекращается при соответствии напора в диктующей точке заданному значению.

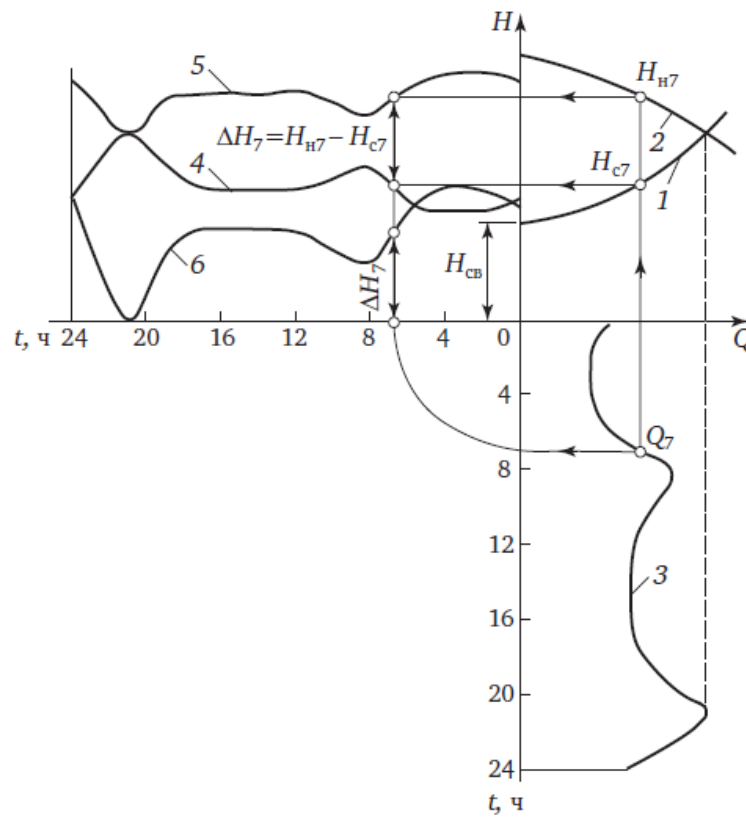


Рис. 2. Графики суточных изменений напоров, развиваемых насосной установкой:

1 — характеристика трубопровода; 2 — напорная характеристика насоса; 3 — график водопотребления; 4 — требуемый напор на выходе насосной станции; 5 — фактический напор на выходе насосной станции; 6 — изменения во времени избыточного напора

Процесс регулирования идет следующим образом. В некоторый момент времени t_1 насос работает с частотой вращения n_1 , подачей Q_1 и напором H_1 (рис. 3.3). Этому режиму соответствуют потери напора $h_{\text{дин}1}$. Тогда напор в диктующей точке A (см. рис. 3.1) равен

$H_A = H_1 - h_{\text{дин}1}$. Будем считать, что этот напор в начале процесса соответствует заданному значению напора в диктующей точке $H_{\text{зад}}$.

Предположим, что в следующий момент времени t_2 потребитель, закрывая один из водоразборных кранов, уменьшает отбор воды из системы. Уменьшенной подаче насоса Q_2 соответствуют возросший напор H_2 и пониженные потери напора $h_{\text{дин}2}$.

Вследствие происшедших изменений в режиме работы системы напор в точке A можно записать в виде $H_{A2} = H_2 - h_{\text{дин}2}$. Как видно из рис. 2, H_{A2} больше заданного значения напора $H_{\text{зад}} = H_{A1}$. Сигнал датчика давления, установленного в точке A , сравнивается с сигналом задающего устройства. Преобразованный сигнал рассогласования поступает в систему управления регулирующего привода. Под его воздействием частота вращения начнет уменьшаться до тех пор, пока напор в диктующей точке не примет опять заданного значения: $H_{\text{зад}} = H_{A1}$.

Процесс стабилизации напора в диктующей точке сети при работе нескольких насосных агрегатов происходит сложнее. Если все работающие агрегаты оборудованы РЭП, процесс регулирования идет аналогично тому, как это описано выше, с тем отличием, что команда об изменении частоты вращения поступает одновременно на все работающие насосные агрегаты.



Тогда частота вращения работающих агрегатов изменяется синхронно, и вследствие этого одновременно и единообразно изменяют свое положение напорные характеристики всех насосов. Благодаря этому рабочие параметры регулируемых насосов (подача, напор, КПД и др.) изменяются одинаково и, следовательно, распределение нагрузок между работающими насосными агрегатами происходит равномерно.

Более сложно решается задача в тех случаях, когда работают одновременно регулируемые и нерегулируемые насосные агрегаты. В этом случае процесс регулирования осуществляется изменением частоты вращения регулируемых агрегатов и последовательным изменением числа работающих нерегулируемых насосов.

Если регулируемый насос вследствие увеличения водопотребления выйдет на максимально возможную частоту вращения, но, несмотря на это, не сможет обеспечить подачу воды в требуемом количестве, а напор на выходе насосной станции начнет резко снижаться, то САУ должна дать импульс на включение нерегулируемого насоса и убавить частоту вращения регулируемого насоса до нужного значения.

Следует иметь в виду, что процесс изменения водопотребления не всегда идет монотонно. Часто при достижении граничного значения подачи Q_3 процесс может остановиться и пойти в обратную сторону. В таких случаях возникает ситуация, в которой нерегулируемый насос будет многократно включаться и отключаться. Во избежание таких явлений САУ должна содержать блокировочное устройство, позволяющее отключать или включать нерегулируемый насос только при наличии устойчивой тенденции изменения водопотребления. В некоторых случаях, например, если водопотребление длительное время колеблется около граничного значения Q_3 , целесообразно оснащение обоих насосов РЭП, чтобы при этом режиме они оба работали с пониженной частотой вращения.

Если регулируемым электроприводом оборудуется более крупный насос, САУ может дать импульс на отключение нерегулируемого насоса с некоторым упреждением, пока водопотребление еще не снизилось до граничного значения водоподдачи Q_3 .

Импульс на включение нерегулируемого насоса может быть дан также заблаговременно, пока водопотребление не увеличится до граничного значения Q_3 . Благодаря этому предотвращается работа насосного агрегата в зоне низких значений КПД, что повышает экономичность процесса регулирования.

Использованная литература.

1. Salimov J.S., Pirmatov N.B. Elektr mashinalari. –Т.: “O’zbekiston faylasuflari milliy jamiyati” nashriyoti, 2011. –408 b.
2. Арменский Е. В., Фалк Г. Б. «Электрические микромашины»: Учебное пособие для студентов электротехнических специальностей вузов.3-е перераб.и доп. изд. — М.: Высшая школа, 1985г
3. Д.Э. Брускин, Е. Зорохович, В.С. Хвостов «Электрические машины и микрома-шины» издание третье, переработанное и дополненное. Москва «Высшая школа» 1990
4. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Assessment of the impact of the industrial enterprise on the environment by determining the integrated (generalized) energy efficiency performance indicator”, AGRITECH-VIII 2023 E3S Web of Conferences 390, 06018 (2023),
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006018>
5. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Sanoat korxonasining kompleks (umumlashgan) energiya samaradorlik ko‘rsatkichini aniqlash”, Fan va texnologiyalar taraqqiyoti ilmiy – texnikaviy jurnal, 214-218b, 2-2023.



6. N.N. Sadullayev, M.O. Gafurov., “Determination of the Complex Energy Efficiency Indicator of an Industrial Enterprise”, *Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems*. J. 28(11), 883-890 (2022). DOI: 10.24297/j.cims.2022.11.063
7. М. Гафуров, “Рекомендации По Устранению Дефицита Электроэнергии В Узбекистане На Основе Опыта Развитых Зарубежных Стран”, *Miasto Przyszłości*. P. 241 – 245, Kielce 2023

