

Особенности частотного регулирования насосами с учетом рабочего диапазона

А.П. Усачев¹, А.В.Гордейчик²

¹ Усачев Алексей Павлович, к.т.н., технический директор, ООО «Сибирь-мехатроника»;
630087, г. Новосибирск, а/я 169, тел.: (383) 346-27-84, e-mail: usachev@sibmech.ru

² Гордейчик Алексей Владимирович, главный конструктор, ООО «Сибирь-мехатроника»;
630087, г. Новосибирск, а/я 169, тел.: (383) 346-27-84, e-mail: gorden@sibmech.ru

Рассматривается режим работы насосного агрегата с частотным управлением при изменении производительности в широком диапазоне. Проведен анализ параллельной работы двух насосных агрегатов при различных комбинациях управления ими. Показано, что распространенное мнение решения проблемы производительности насосной станции типа «требуется немножко больше, чем обеспечивает один насос» путем установки частотно-регулируемого привода на один насос в расчете, что им будет добавляться не хватаемая часть подачи, во многих случаях является проблемным. Насос с частотным регулированием оказывается в недопустимой рабочей области.

Ключевые слова: частотное регулирование, центробежный насос, рабочая область насоса, параллельная работа.

Обратить внимание на рассматриваемую проблему послужил эпизод, произошедший после внедрения частотно-регулируемого привода (ЧРП) насосным агрегатом на одной из водопроводных насосных станций (ВНС) [1]. Внедрение частотно-регулируемого привода на данной насосной станции было произведено в 2008 г. [2]. Насосная станция является тупиковой и осуществляет подачу воды из резервуара чистой воды (РЧВ) местным потребителям. Станция укомплектована четырьмя насосами Д2500-62 с асинхронными электродвигателями мощностью 500 кВт, 6,0 кВ. На ВНС была установлена станция частотного управления насосными агрегатами ВСЧ500-ДТС-06-0500х1-П1К0, производства ООО «Сибирь-мехатроника», в следующем составе:

- Один преобразователь частоты мощностью 500 кВт, 6,0 кВ, выполненный по двухтрансформаторной схеме (низковольтный преобразователь 500кВт, 0,69кВ). Преобразователь частоты установлен в цепь питания насосного агрегата П1.

- Блоки автоматического управления напорными задвижками серии СР200. Блоки установлены на задвижки насосных агрегатов, питающихся непосредственно от сети (без частотного регулирования) и предназначены для автоматического ограничения тока приводного электродвигателя насоса (система регулирования замкнута по току двигателя).
- Управляющий технологический контроллер серии СТК500. Контроллером осуществляется групповое управление всеми четырьмя насосами и их напорными задвижками. Управление осуществляется по давлению в напорном коллекторе.

На момент внедрения системы, режим водопотребления обеспечивался работой одного насоса с частотным регулированием. В процессе эксплуатации, ни каких проблем не возникало. Однако, примерно, через 2-2,5 года после внедрения, обслуживающим персоналом было замечено, что насос с частотным регулированием стал выходить из строя чаще, чем без частотного регулирования. При этом в определенных режимах работы в насосе появились неравномерные дополнительные шумы и вибрация. При ремонте насоса было выявлено, что износу подвергаются «компенсационные кольца», которые разделяют зоны высокого и низкого давлений в насосе.

Проведенные исследования режимов работы показали следующее.

Оказалось, через некоторое время после внедрения, увеличился объём подачи воды насосной станции в дневное время и стал составлять, примерно, $3000\text{ м}^3/\text{ч}$. Производительности одного насоса для такой подачи стало не хватать. В работу был введен дополнительный насос (без частотного регулирования) с открытием его напорной задвижки практически полностью.

Подача дополнительным насосом в этом случае становится близкой к номинальному значению ($2400\text{ м}^3/\text{ч}$), а насос Н1 за счет частотного регулирования снижает свою производительность до недостающего значения (до $600\text{ м}^3/\text{ч}$). Именно в этом режиме обслуживающим персоналом и наблюдалось появление шумов и вибраций в насосе Н1. Следует отметить, что подобная ситуация, когда от насосной требуется подача воды «немножко больше, чем обеспечивает один насос» в практике встречается довольно часто. Традиционный способ регулирования путем дросселирования в данном случае дает наибольшие потери. Зачастую именно это обстоятельство является обоснованием установки ЧРП на один насос в расчете, что им будет добавляться не хватаемая часть подачи. При этом, к сожалению, не учитывается, что насос с частотным регулированием оказывается в недопустимой рабочей области.

Рассмотрим режим работы насосного агрегата с частотным управлением, работающего в системе замкнутой по давлению, при изменении его производительности (рис. 1).

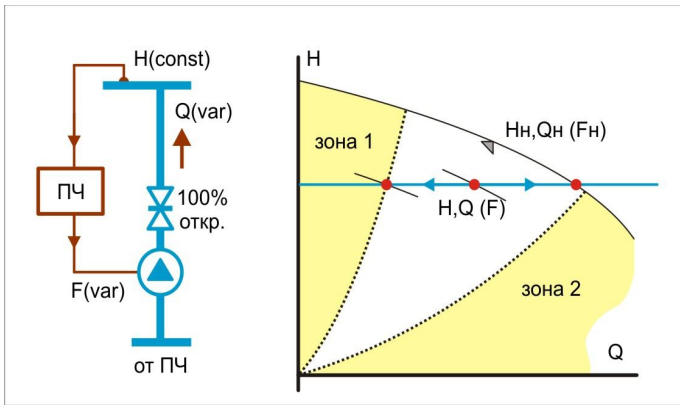


Рис. 1. Насосный агрегат с частотным управлением в системе замкнутой по давлению.

При частотном управлении по давлению рабочая точка насоса при изменении его производительности перемещается по горизонтальной линии заданного давления. Для нормальной работы насоса она должна находиться в разрешенной рабочей области. При малой производительности есть опасность попадания в зону 1, а при большой производительности – в зону 2.

Работа насоса в той и другой зоне недопустима.

При частотном регулировании попадание рабочей точки в зону 2 практически не встречается. Ограничения по перегрузке преобразователя частоты (ПЧ), как правило, вступают раньше.

При параллельной работе двух насосных агрегатов по схеме один с ПЧ, а второй с непосредственным питанием от сети, попадание рабочей точки второго насоса в зону 2 вполне вероятно (рис.2).

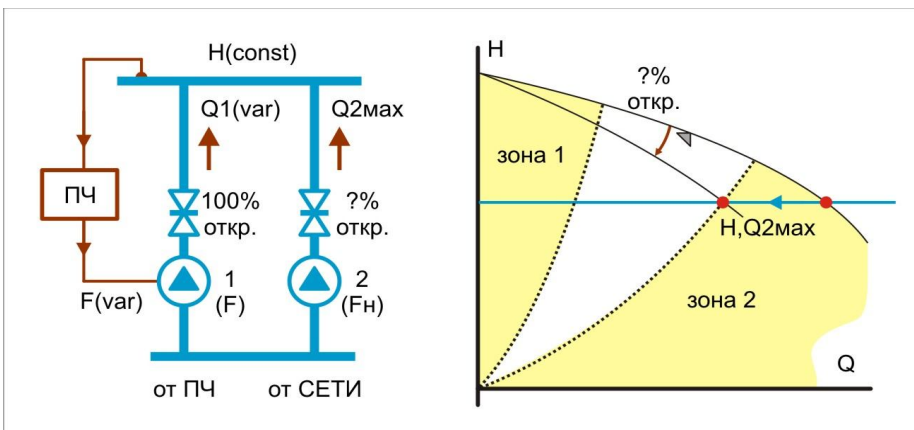


Рис. 2. Параллельная работа двух насосных агрегатов (с ПЧ и без ПЧ).

вероятно (рис.2).

На рисунке показана рабочая точка насоса 2, которая при полностью открытой напорной задвижке оказывается в зоне 2. Вывести ее в рабочую область можно только путем прикрытия

задвижки. Это возможно либо «ручным» способом, либо автоматически путем ограничения степени ее открывания по нагрузке приводного двигателя насоса (рис. 3).

При работе одного насоса смещение рабочей точки в зону 1 также практически не встречается. Решается это обычно подбором насоса на стадии проектирования. При параллельной работе двух насосных агрегатов по схеме один с ПЧ, а второй с непосредственным питанием от сети, попадание рабочей точки первого насоса в зону 1 вполне вероятно.

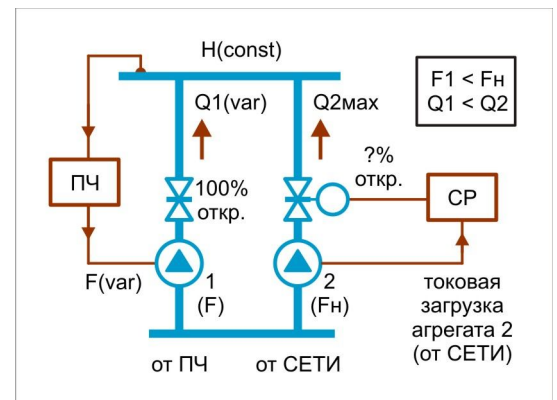


Рис. 3. Ограничения степени открывания задвижки насоса без ПЧ по нагрузке приводного двигателя.

Рассмотрим это подробнее на конкретном вышеописанном примере.

На рис.4 приведены напорные характеристики двух насосов Д2500-62.

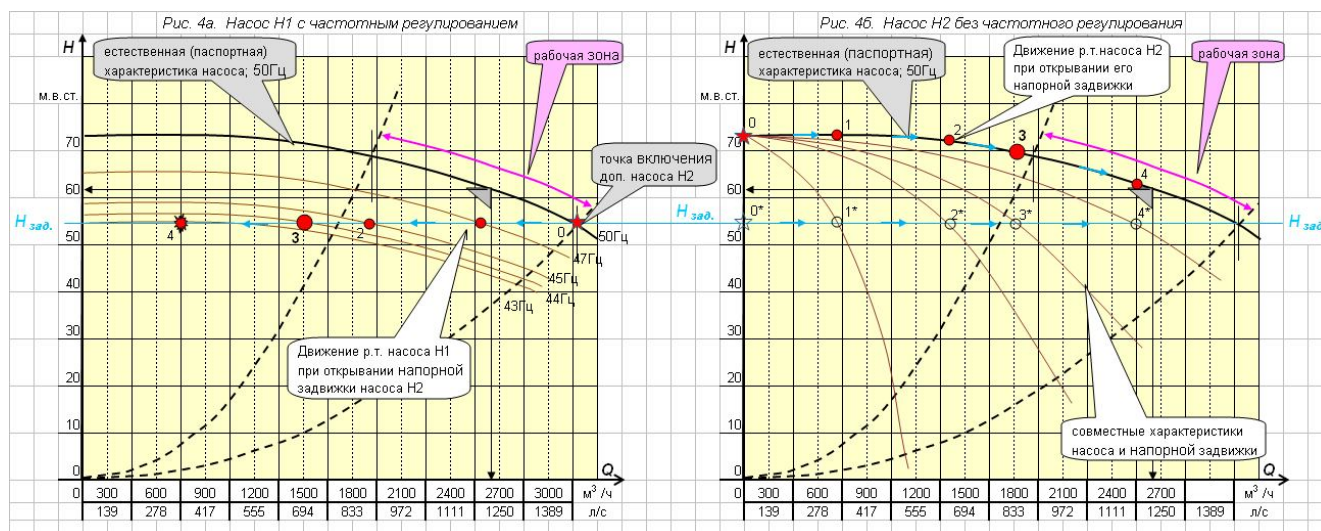


Рис. 4. Параллельная работа насосного агрегата Н1 Д2500-62 с частотным регулированием и работа насосного агрегата Н2 Д2500-62 без частотного регулирования в замкнутой системе поддержания давления в напорном коллекторе. Режим - $H_{зад.} = 54$ м.в.ст., $Q = 3000$ м³/ч. Точки 0, 1, 2, 3 и 4 соответствуют траектории движения рабочей точки насосов Н1 и Н2 при включении дополнительного насоса Н2 и процессе открывания его напорной задвижки.

Следует отметить, что данный насос имеет очень небольшую рабочую область.

На рисунке показан режим параллельной работы насоса Н1 с частотным регулированием и насоса Н2 без частотного регулирования в замкнутой системе поддержания давления в напорном коллекторе [3]. Системой автоматического управления поддерживается давление равным $H_{зад.} = 54$ м.в.ст., что составляет несколько меньше номинального напора насоса ($H_{ном.} = 62$ м.в.ст.). При расходах менее номинального значения насоса ($Q_{ном.} = 2500$ м³/ч) регулирование осуществляется одним частотно-управляемым насосом Н1. При увеличении расхода до значения 3000 м³/ч (на рисунке точка «0») системой производится включение дополнительного насоса Н2 без частотного регулирования (условием включения дополнительного насоса является наличие рассогласования в замкнутой системе поддержания давления выше допустимого - это типовой критерий недостаточной производительности). С этого момента на рисунке стрелками показаны траектории движения рабочих точек насосов Н1 и Н2. Включение насоса Н2 производится на закрытую задвижку (точка «0»). Далее происходит процесс открывания его напорной задвижки, в результате чего рабочая точка насоса Н2 перемещается по естественной характеристике (точки 0 – 1 – 2 – 3 – 4 на рис.4б). При этом производительность насоса Н2 становится равной 2400 м³/ч. Одновременно системой частотного управления производится снижение производительности насоса Н1. Его рабочая точка перемещается по горизонтальной линии $H_{зад.}$ (точки 0 – 1 – 2 – 3 – 4 на рис.4а) за счет

снижения частоты вращения рабочего колеса насоса (снижение частоты питания с 50Гц до 44Гц). Производительность насоса Н1 в точке 4 становится равной 600 м³/ч.

Конечная точка 4 находится далеко за пределами рабочей области насоса Н1. Именно здесь и наблюдаются посторонние шумы в насосе и его вибрация. Работа насоса левее рабочей зоны при малых подачах крайне нежелательна.

Выход здесь может быть только один – распределить нагрузку параллельно работающим насосам таким образом, чтобы оба насоса находились в своих рабочих зонах [4] (или, по крайней мере, как можно ближе к ней). Из рисунка 4 видно, что для этого необходимо остановить открытие напорной задвижки насоса Н2 в точке 3. При этом производительность насоса Н1 будет равна 1350 м³/ч, а насоса Н2 1650 м³/ч. Именно такой режим и был рекомендован службе эксплуатации. Для реализации этого режима можно использовать схему рисунка 3, но для управления задвижкой необходимо формировать команду ограничения открытия по состоянию рабочей точки насоса 1. Конечно, такой способ является не экономичным.

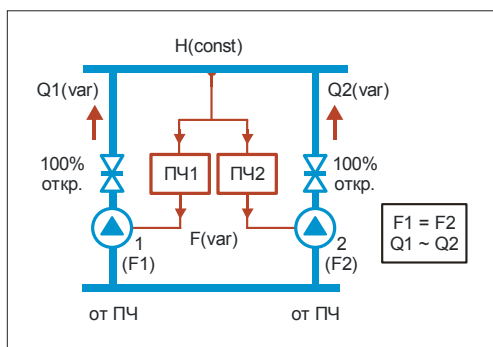


Рис. 5. Индивидуальное частотное регулирование каждым насосным агрегатом.

Есть и другой более радикальный способ устранения нежелательного режима – регулирование производительности каждого насоса производить частотным способом, т.е. в данном случае путем установки второго преобразователя частоты на насосный агрегат Н2 (рис. 5).

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Распространенное мнение решения проблемы производительности насосной типа «требуется немножко больше, чем обеспечивает один насос» путем установки ЧРП на один насос в расчете, что им будет добавляться не хватаемая часть подачи, во многих случаях ошибочное. Насос с частотным регулированием зачастую оказывается в недопустимой рабочей области, что ведет к выходу его из строя.
2. При установке режимов работы насосов следует обеспечивать нахождение рабочей точки каждого насоса в его рабочем диапазоне. В особенности это относится к насосам с частотным регулированием, так как при снижении частоты вращения рабочая область смещается влево.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.Г. Багаев, В.Ф. Мелеховский, А.П. Усачев. Опыт внедрения станций частотного управления насосными агрегатами. // Водоснабжение и санитарная техника. 2004. №3.
2. Ю.Г. Багаев, Н.В. Карпов, А.П. Усачев. Частотное управление насосными агрегатами в системах водоснабжения и водоотведения. // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. №3.
3. А.П. Усачев, Н.В. Карпов. Повышение энергоэффективности насосных установок в системах водоснабжения и водоотведения. // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. №2.
4. Б.С. Лезнов, С.В. Воробьев. Работа центробежных насосов с переменной частотой вращения. // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. №9.