

## Проблема параллельной работы насоса с частотным регулированием

Ю.Г. Багаев<sup>1</sup>, Н.В. Карпов<sup>2</sup>, А.П. Усачев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Багаев Юрий Георгиевич, главный инженер МУП г. Новосибирска «Горводоканал»; 630007, г. Новосибирск-7, ул. Революции, 5, т./факс (383) 210-36-55, e-mail [gorvoda@mail.ru](mailto:gorvoda@mail.ru)

<sup>2</sup> Карпов Николай Васильевич, главный энергетик, МУП г. Новосибирска «Горводоканал»; 630007, г. Новосибирск, ул. Революции, 5, тел.: (383) 210-13-45, e-mail: [мур\\_energo@list.ru](mailto:мур_energo@list.ru)

<sup>3</sup> 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](mailto:usachev@sibmech.ru)

---

Рассматривается режим параллельной работы двух насосных агрегатов – один с частотным управлением, второй без частотного управления. Проведенный анализ показывает, 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 ошибочным. Насос с частотным регулированием зачастую оказывается в недопустимой рабочей области, что ведет к выходу его из строя.

**Ключевые слова:** частотное регулирование, центробежный насос, параллельная работа.

---

В МУП г. Новосибирска «Горводоканал» частотное регулирование производительности насосов успешно применяется уже более 17 лет, как на водопроводных насосных станциях, так и на канализационных насосных станциях [1, 2, 3]. За это время накоплен соответственно большой опыт их эксплуатации и особенностей применения в том или другом случае. Опыт показывает, что не все так просто и ясно. Бывает, что после внедрения и определенного периода эксплуатации вскрываются проблемы, невидимые на начальном этапе, а порой и ставящие под сомнение целесообразность применения частотно-регулируемого привода в данном конкретном случае. Один подобный эпизод рассматривается в данной статье. Суть проблемы в данном случае заключалась в следующем. На одной из водопроводных станций, через некоторое время, после внедрения ЧРП, обслуживающий персонал обратил внимание, что насос с частотным регулированием стал выходить из строя чаще, чем это было раньше, без частотного регулирования.

В 2008 г. было произведено внедрение частотно-регулируемого привода (ЧРП) на водопроводной станции 4-го подъёма [2]. Насосная станция является тупиковой и осуществляет подачу воды из 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 Н1.
- 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 появляются 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.

Через некоторое время после внедрения изменился объём подачи воды насосной станции и стал составлять в дневное время, примерно, 3000м<sup>3</sup> /ч. Производительности одного насоса для такой подачи не хватает и станцией частотного управления производится включение дополнительного насоса (без частотного регулирования) с открытием его напорной задвижки практически полностью. В результате подача дополнительным насосом становится близкой к номинальному значению (2400м<sup>3</sup> /ч), а насос Н1 за счет частотного регулирования снижает

свою производительность до недостающего значения (до 600 м<sup>3</sup>/ч). Именно в этом режиме обслуживающим персоналом и наблюдалось появление шумов и вибраций в насосе Н1.

На рис.1 приведены напорные характеристики насоса Д2500-62.

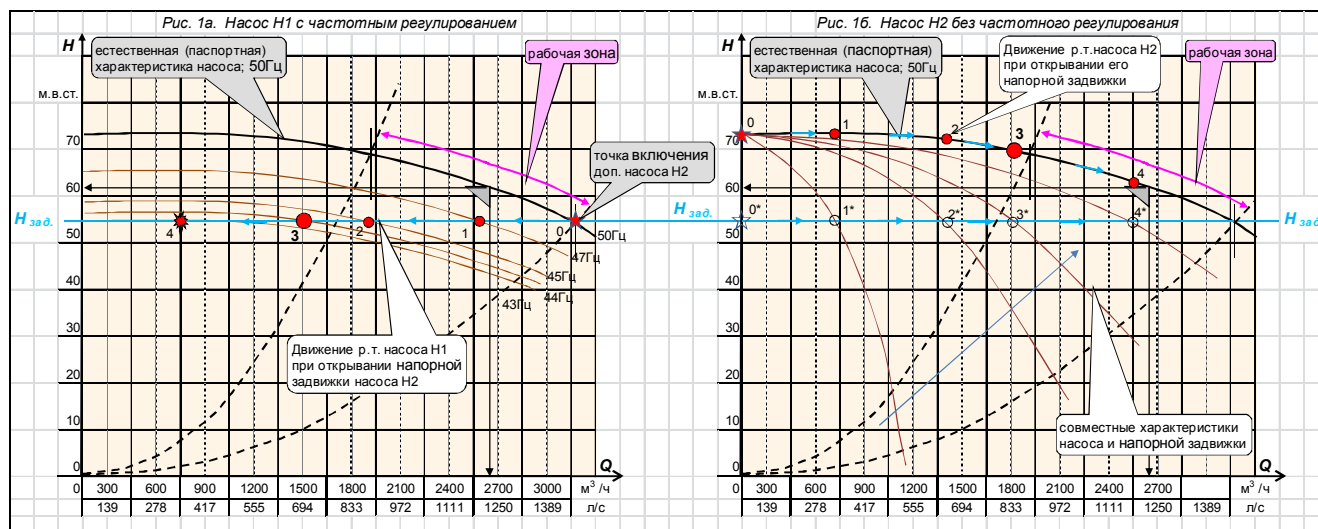


Рис. 1. Параллельная работа насосного агрегата Н1 Д2500-62 с частотным регулированием и работа насосного агрегата Н2 Д2500-62 без частотного регулирования в замкнутой системе поддержания давления в напорном коллекторе. Режим -  $H_{зад.} = 54$  м.в.ст.,  $Q = 3000$  м<sup>3</sup>/ч. Точки 0, 1, 2, 3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

Следует отметить, во-первых, что данный насос имеет очень небольшую рабочую область, во-вторых, что в области низкой производительности характеристика имеет небольшой отрицательный наклон. Последнее обстоятельство свидетельствует, что в определенных случаях в зоне малых подач возможно возникновение режима помпажа.

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 в напорном коллекторе 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 ( $Q_{ном.} = 2500$  м<sup>3</sup>/ч) регулирование осуществляется одним насосом Н1 частотно-управляемым. При увеличении расхода до значения  $3000$  м<sup>3</sup>/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.1б). При этом производительность насоса Н2 становится равной 2400 м<sup>3</sup>/ч. Одновременно системой частотного управления производится снижение производительности насоса Н1. Его рабочая точка перемещается по горизонтальной линии Н<sub>зад.</sub> (точки 0 – 1 – 2 – 3 – 4 на рис.1а) за счет снижения частоты вращения рабочего колеса насоса (снижение частоты питания с 50Гц до 44Гц). Производительность насоса Н1 в точке 4 становится равной 600 м<sup>3</sup>/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. Именно это и послужило причиной выхода насоса из строя.

Выход здесь может быть только один – распределить загрузку параллельно работающих насосов таким образом, чтобы оба насоса находились в своих рабочих зонах [4] (или, по крайней мере, как можно ближе к ней). Из рисунка 1 видно, что для этого необходимо остановить открытие напорной задвижки насоса Н2 в точке 3. При этом производительность насоса Н1 будет равна 1350 м<sup>3</sup>/ч, а насоса Н2 1650 м<sup>3</sup>/ч. Именно такой режим и был рекомендован службе эксплуатации. Практически установка режима выглядит следующим образом. После включения дополнительного насоса Н2 открытие напорной задвижки производится в ручном режиме до положения соответствующему равномерной токовой загрузки насосных агрегатов. После этого выход из строя насоса по выше описанной причине больше не наблюдался.

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.

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.