

КОНФЕРЕНЦИЯ

«Информационные технологии, автоматизация, энерго-ресурсосбережение в водопроводно-канализационном хозяйстве». Экватэк 2010.

Повышение энергоэффективности водоснабжения за счет внедрения высоковольтных станций частотного управления насосными агрегатами.

к.т.н., А.П. Усачев

Компания ООО «Сибирь-мехатроника», Россия, г. Новосибирск, пр. К.Маркса, 20
(E-mail: usachev@sibmech.ru)
Тел./Факс +7 383 346 27 84

Аннотация

В докладе рассматривается один из наиболее эффективных способов повышения энергоэффективности основного технологического оборудования магистральных насосных станций водоканалов крупных городов. Речь идет о внедрении высоковольтных станций частотного управления насосными агрегатами, укомплектованных асинхронными и синхронными электродвигателями с напряжением питания 6-10кВ. Рассматриваются варианты и опыт внедрения на объектах водоканалов различных городов.

Ключевые слова

Высоковольтные станции частотного управления насосными агрегатами; частотное регулирование производительности насосов с электродвигателями напряжением 6,0-10 кВ; повышение энергоэффективности за счет внедрения высоковольтных станций частотного управления насосными агрегатами.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения энергоэффективности технологического оборудования, потребляющего электроэнергию, всегда была актуальной, а сегодня она приобрела государственный статус в связи с соответствующим постановлением правительства.

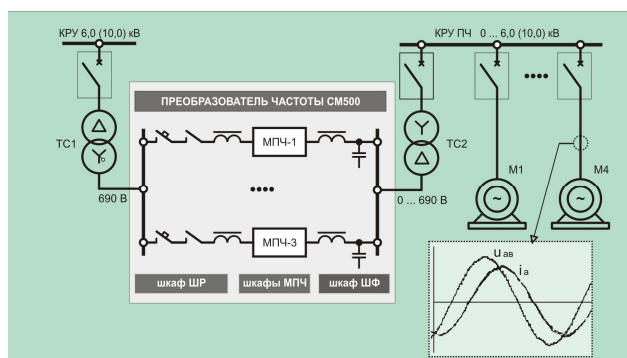
Существенная доля потребления электроэнергии в хозяйстве водоканалов крупных городов приходится на магистральные насосные станции водоснабжения города (насосные станции первого, второго, третьего и т.д. подъемов). В большинстве случаев они оснащены насосными агрегатами с электродвигателями напряжением 6,0-10 кВ и мощностью 315÷2500 кВт. Традиционно регулирование параметров водоснабжения на них осуществляется путем дросселирования. В результате, непроизводительные затраты электроэнергии в отдельных случаях составляют до 30-40%. В абсолютных цифрах, это десятки миллионов рублей в год для города с населением в районе одного миллиона.

Известно, что существенное их снижение достигается путем замены регулирования дросселированием на частотное регулирование.

ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ

В последнее время уровень развития силовой электроники значительно продвинулся в области больших мощностей. В результате серийно выпускаются преобразователи частоты (ПЧ) для управления электродвигателями переменного тока на 6,0 кВ; 10,0 кВ мощностью до 5000 кВт и выше. Для рассматриваемой области применения наибольшее распространение получили две схемы построения высоковольтных преобразователей частоты. Это преобразователи частоты, выполненные

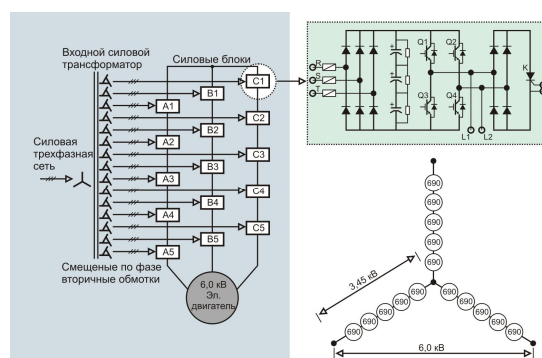
по двухтрансформаторной схеме и многоуровневые ПЧ с одним специальным трансформатором на входе (рис. 1 и рис 2.). Краткая сравнительная характеристика вариантов приведена здесь же.



Двухтрансформаторная схема - до 1000 (1250) кВт

1. Отсутствие специальных требований к электродвигателю и кабелю
2. Возможность «удаленного» расположения трансформаторов
3. Возможность установки преобразователя частоты в низковольтном электропомещении
4. Возможность обслуживания персоналом с допуском до 1000 В
5. Низкая цена по сравнению с другими вариантами

Рис.1. Двухтрансформаторная схема.



Многоуровневая однотрансформаторная схема - до 5000 кВт

1. Высококачественная электромагнитная совместимость с сетью (эквивалентная 18÷ 30-ти пульсная схема выпрямления)
2. Нет специальных требований к электродвигателю и кабелю
3. Диапазон мощностей – до 5000 кВт
4. Более компактный по сравнению с двухтрансформаторной схемой
5. Возможность управления как АД, так и СД

Рис.2. Многоуровневая однотрансформаторная схема.

На базе этих преобразователей предприятием ООО «Сибирь-Мехатроника» выпускаются высоковольтные станции частотного управления (ВЧУ) насосными агрегатами серии ВСЧ500 (www.sibmech.ru). На сегодняшний день высоковольтные станции частотного управления предприятием внедрены на десяти насосных станциях различного технологического назначения (таблица 1). Только экономия электроэнергии составляет в среднем 30%. Срок окупаемости во всех случаях не превышает 2,5-х лет.

Таблица 1. Внедрения ВПЧ и их эффективность.

Город, объект	Тип ВПЧ	год	эл.энергия //вода	окупае- мость
г.Благовещенск				
1. Амурский водозабор	ВСЧ500-ДТС-06-800 (кВт)	с 2006 г.	30%//-	1 г. и 4 мес.
2. Северный водозабор	ВСЧ500-ДТС-06-500 (кВт)	с 2006 г.	30%//-	1 г. и 4 мес.
г. Барнаул				
3. КНС	ВСЧ500-ДТС-06-500 (кВт)	с 2007 г.	30%//-	1 г. и 6 мес.
г. Абакан				
4. ВНС-2	ВСЧ500-ВПЧС-10-1000 (кВт)	с 2010 г.	25%//-	2,3 года
г. Новосибирск				
4. ВНС-4 НФС-3	ВСЧ500-ДТС-06-500 (кВт)	с 2008 г.	17%//20%	около 2 лет
5. ВНС-2 НФС-3	ВСЧ500-ВПЧА-06-500 (кВт)	с 2010 г.	24%//-	2,5 года
г. Семипалатинск (Казахстан)				
5. ГКНС	ВСЧ500-ДТС-06-400 (кВт)	СМР	до 30%	около 2 лет
6. ОСК (нагнетатель)	ВСЧ500-ДТС-06-400 (кВт)	СМР	до 30%	около 2 лет
7. Водозабор «Свобода»	ВСЧ500-ДТС-06-320 (кВт)	с 11.2009 г.	37%//27%	около 2 лет

(ВНС-2)

8. Водозабор «Смычка»

ВСЧ500-ДТС-06-320 (кВт)

с 11.2009 г.

37%/27%

около 2 лет

(ВНС-2)

9. Водозабор «Большой»

ВСЧ500-ДТС-06-320 (кВт)

с 11.2009 г.

37%/27%

около 2 лет

(ВНС-2)

г. Новосибирск

10. Гортеплоэнерго, ПНС-10

ВПЧА-10кВ-1000 кВт(6 шт.)

с 09.2009 г.

до 30%

СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ВПЧ К НАСОСНОМУ АГРЕГАТУ

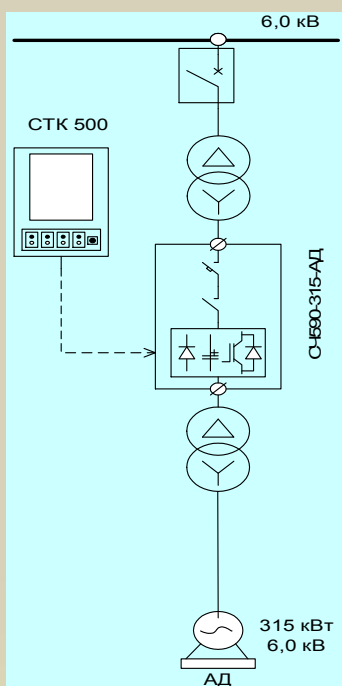
На рис.3 показаны основные базовые схемы подключения ВПЧ к насосному агрегату. Все проектные решения внедрения частотного регулирования на насосных станциях базируются на этих схемах и являются результатом их комбинаций.

Первая схема соответствует включению ВПЧ последовательно в цепь питания приводного электродвигателя (включение в «разрыв» цепи). Схема обеспечивает работу насосного агрегата только от преобразователя частоты. Поэтому, чтобы обеспечить работу НА при выходе из строя ВПЧ, схема оставляет только один вариант - отключить ВПЧ по входу и выходу и подключить электродвигатель непосредственно к выходы питающей ячейки. Не смотря на, казалось бы, абсурдность варианта, он находит достаточно широкое применение на практике (для этого заранее предусматривается соответствующий запас кабеля).

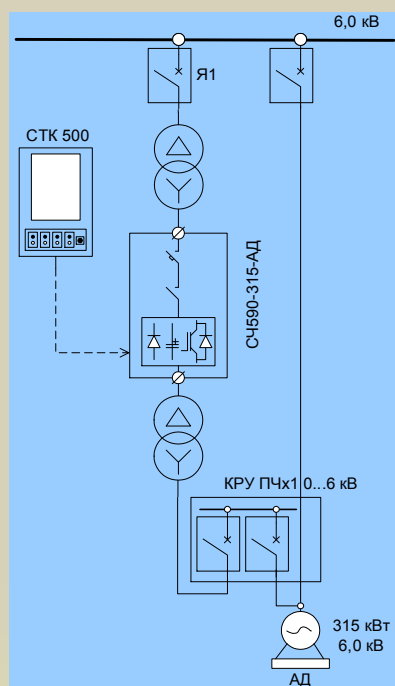
Вторая схема соответствует подключению ВПЧ параллельно цепи, обеспечивающей питание электродвигателя непосредственно от сети. Схема обеспечивает резервирование питания электродвигателя либо от преобразователя частоты, либо непосредственно от сети. Цена резервирования – три высоковольтные ячейки и дополнительный монтаж. Схема требует не только дополнительных затрат, но и дополнительных площадей в высоковольтной зоне. Именно поэтому зачастую используется первая схема.

Третья схема соответствует групповому подключению ВПЧ, на два, на три или более насосных агрегатов. Каждый из электродвигателей может быть подключен либо к ВПЧ, либо непосредственно к сети, но к ВПЧ - только один электродвигатель. Схема обеспечивает и

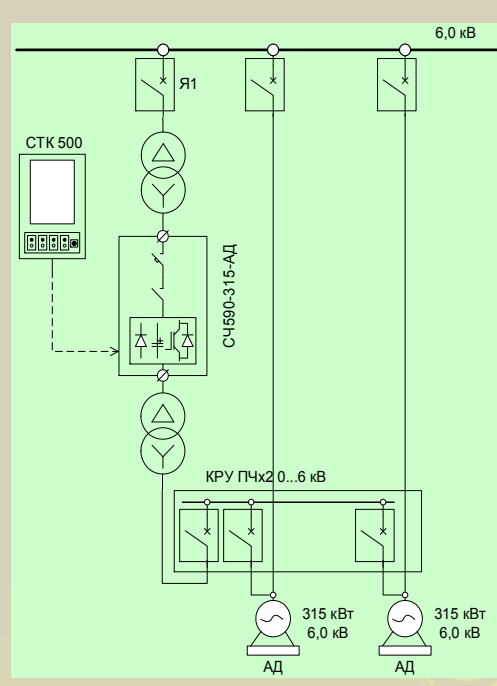
ОСНОВНЫЕ БАЗОВЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ВПЧ



Включение последовательно в цепь питания (включение «в разрыв» цепи)



Подключение параллельно существующей цепи (включение с «байпасом»)



Групповое подключение (к двум насосным агрегатам)

Рис.3. Основные базовые схемы подключения ВПЧ к насосному агрегату.

резервирование цепей питания электродвигателя, и резервирование насосных агрегатов и, кроме того, каскадное их управление от одного ВПЧ (в последнем случае система управления должна обеспечивать параллельную работу насосных агрегатов одного от ПЧ, а другого(других) от сети). Схема безусловна наиболее гибкая и соответственно находит довольно широкое применение, прежде всего из соображений обеспечения резервирования.

ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ ВПЧ НА НАСОСНУЮ СТАНЦИЮ

Магистральные насосные станции содержат, как правило, по 4...8 насосных агрегатов, а в некоторых случаях и больше. Высоковольтные преобразователи частоты имеют на сегодня достаточно большие габариты и высокие цены. Данные обстоятельства, естественно порождают сакраментальный вопрос, возникающий при внедрении частотного регулирования, - сколько ВПЧ ставить на насосную станцию?

Если исходить только из технической целесообразности, то ответ простой – по числу насосных агрегатов, т.е. на каждый агрегат свой ВПЧ. Для этого может быть использована либо первая схема, либо вторая схема рисунка 3. Вариант обеспечивает все требования, реализует все возможные режимы работы станции и дает минимальное энергопотребление. Однако практически он реализуем только для строящихся новых насосных станций, т.к. требует достаточно больших дополнительных площадей. Из всех вышеприведенных внедрений (таблица 1) этот вариант был реализован только на ПНС-10 (в таблице поз. №10). Здесь на этапе проектирования была заложена вторая схема рис.3 на каждый агрегат (шесть электродвигателей по 10кВ, 1000кВт).

Другим, также технически полноценным, является вариант установки числа ВПЧ по числу одновременно находящихся в работе агрегатов. Это может быть число агрегатов пикового режима или основного режима работы станции. При этом часть агрегатов будет без индивидуального ВПЧ. В этом случае имеет смысл использовать третью схему рис.3, обеспечивая тем самым возможность периодической или аварийной смены агрегатов. По цене и требуемым площадям вариант безусловно «легче» первого.

Следующими по техническому рейтингу вариантами являются варианты с числом ВПЧ меньшим, чем число одновременно находящихся в работе агрегатов. Здесь могут быть использованы все три схемы включения ВПЧ по рис.3. Однако в любом случае вариант характеризуется режимом параллельной работы насосных агрегатов с частотным регулированием и без него.

ОСОБЕННОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ И БЕЗ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Эквивалентная напорная характеристика насосного агрегата с частотным регулированием по давлению на плоскости $H(Q)$ представляет собой прямую линию, параллельную оси Q с координатой $H=N_{зад}$. (рис.4). В результате при изменении расхода рабочая точка перемещается по прямой линии $H=N_{зад}$, которое, как правило, меньше величины $H_{ном}$.

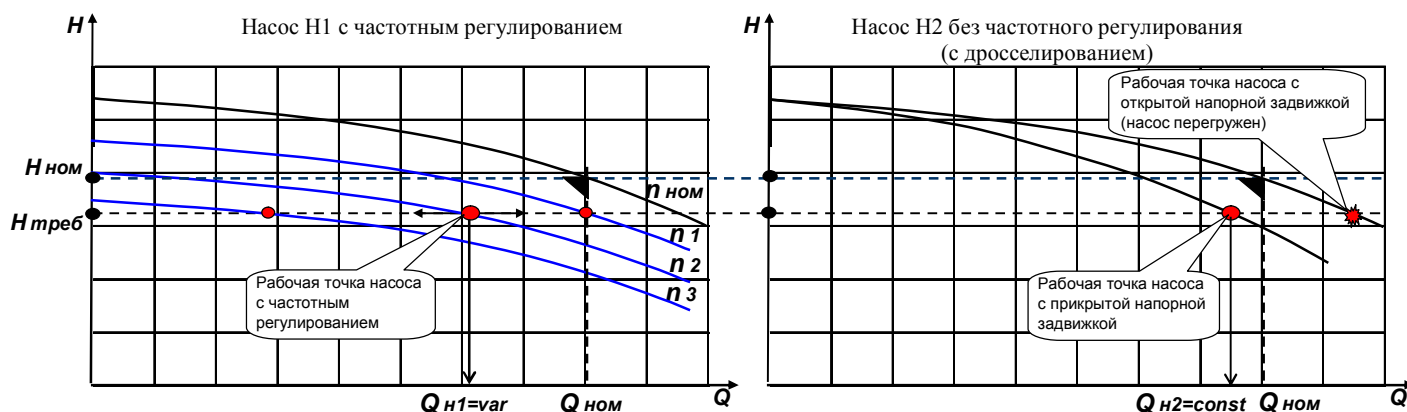


Рис.4. Положение рабочих точек на напорных характеристиках параллельно работающим агрегатам с частотным регулированием и без частотного регулирования.

Рабочая точка НА без частотного регулирования и отсутствия дросселирования, может перемещаться только по его естественной характеристике. При параллельной работе насосного агрегата с частотным регулированием (НА1) и насосного агрегата без частотного регулирования (НА2) напор в общем коллекторе будет определяться системой частотного регулирования и поддерживаться равным $H=H_{зад}$. При изменении расхода рабочая точка насоса НА1 будет перемещаться по прямой пропорционально изменению расхода, а рабочая точка насоса НА2 будет зафиксирована на естественной характеристике в точке, соответствующей $H=H_{зад}$. При значениях напора меньше номинального, производительность НА2 будет больше номинального значения $Q_{ном.}$, что соответствует перегрузки насосного агрегата (рис.4). Вывести его из перегрузки можно только применив дросселирование до уровня, обеспечивающего Q не более $Q_{ном.}$, как показано на рис.4. При изменении напора потребуются и изменение степени дросселирования. Управление напорной задвижкой может осуществляться «ручным» способом машинистом с наблюдением за величиной тока НА, либо автоматически с обратной связью по току НА. Функциональная схема управления в этом случае приведена на рис.5.

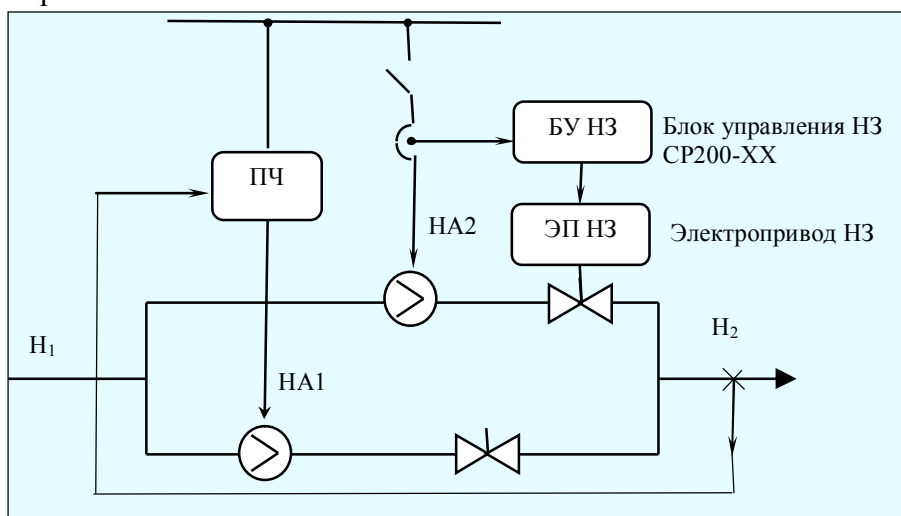


Рис.5. Функциональная схема управления параллельной работой НА с частотным регулированием и без частотного регулирования.

Данное обстоятельство необходимо учитывать, по крайней мере, при установке числа ВПЧ меньше, чем число одновременно находящихся в работе агрегатов, т.е. в вариантах, предусматривающих параллельную работу насосных агрегатов с частотным регулированием и агрегатов без частотного регулирования.