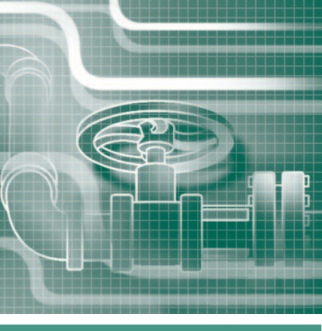




Аппаратно-программный комплекс энергосбережения СИНВИК для насосных станций

Алексей Пожаров, Владимир Пискайкин

В статье описан аппаратно-программный комплекс СИНВИК, разработанный ЗАО «СИНЕТИК». Применение СИНВИК позволяет существенно уменьшить энергопотребление, увеличить межремонтные интервалы оборудования, снизить аварийность в сетях объектов водоснабжения/водоотведения коммунального хозяйства. Дано описание структуры аппаратных решений, рассмотрены примеры внедрения. Приведены реальные данные по окупаемости комплекса СИНВИК на примере конкретных проектов.

Введение

За более чем 15 лет работы в области автоматизации объектов водоснабжения и канализации (ВИК) в ЗАО «СИНЕТИК» накоплен значительный опыт и выработан набор типовых решений для систем диспетчеризации и автоматизации производства. Данные решения объединены в аппаратно-программном комплексе энергосбережения СИНВИК.

Задача для решения

В современном водопроводно-канализационном хозяйстве существует масса проблем, связанных как с изношенностью основных фондов, так и с нерациональной схемой использования ресурсов. Наиболее ярко проблемы проявляются на крупных насосных станциях. Общеизвестно, что насосные станции являются «сердцем» любой системы водоснабжения и водоотведения и одновременно — основным потребителем электроэнергии в таких системах. По результатам проведенных многочисленных обследований объектов водопроводно-канализационного хозяйства России, Монголии и Казахстана можно сделать вывод, что большинство водопроводных и канализационных станций водоканалов и промышленных предприятий работает с недопустимо низкими значениями КПД насосных агрегатов

и перегрузкой электродвигателей, что постоянно приводит к перерасходам необходимой для перекачки воды электроэнергии и к повышенному износу насосного и электротехнического оборудования. Быстрое старение механических и электротехнических частей насосных агрегатов становится причиной существенного увеличения затрат на их обслуживание и ремонт. Модернизация оборудования и технологическая оптимизация на данных объектах являются насущными задачами.

В процессе работы мы пришли к выводу, что наиболее полный эффект от автоматизации достигается при комплексном подходе. Решая отдельно задачу автоматизации, не удастся решить проблемы, связанные с особенностями технологического использования всего оборудования. Кроме того, оптимизируя технологические режимы, неизбежно сталкиваешься с несовершенством существующих механизмов управления. Накопив опыт, мы выработали набор необходимых решений с общей идеологией, которые объединили в комплексе энергосбережения СИНВИК.

Комплекс СИНВИК

СИНВИК — это аппаратно-программный комплекс, который позволяет решить проблемы неэффективно-

го использования ресурсов (человеческих и материальных) в области ВИК. Структура СИНВИК приведена на рис. 1. СИНВИК предлагает комплексное решение, охватывающее три уровня:

- 1) решения по оптимизации насосного оборудования;
- 2) решения по подбору/установке приводного оборудования (ПЧ, УПП);
- 3) решения по установке системы управления.

Только сочетая решения на этих трёх уровнях, удастся эффективно решать поставленные задачи.

Оптимизация насосного оборудования

Первоочередной задачей является определение технологической эффективности установленного насосного оборудования. В результате обследования принимается решение о модернизации либо замене данного оборудования. В процессе работы корректируются как параметры единичных насосных агрегатов, так и режимы работы всей насосной станции. Принимаются решения о ревизии как насосной части агрегатов, так и двигателей. На данном этапе достаточно часто имеется возможность уйти от высоковольтных решений, которые, несомненно, являются более дорогостоящими в процессе эксплуатации.

Установка приводного оборудования

Крайне важным аспектом реализации энергосбережения является подбор и установка приводного оборудования. После расчёта необходимых технологических режимов подбирается номинал преобразователей частоты (либо устройств плавного пуска) и их количество. Используется оборудование только известных и зарекомендовавших себя производителей. Обычно это низковольтные решения Siemens SINAMICS, а в части высоковольтных решений — преобразователи частоты Siemens ROBICON PH.

Система управления

В системе управления реализуются как стандартные функции АСУ ТП (контроль, управление, оповещение, архивирование), так и набор функций энергосбережения. Программная часть СИНВИК — это запатентованная библиотека программных решений и алгоритмов, реализующих подходы к работе и настройке оборудования. Данные решения позволяют полностью воплотить весь необходимый набор функций энергосбережения. Система управления формируется с использованием современного оборудования Siemens серий SIMATIC S7-300, S7-400, ET200S, S7-1200. В зависимости от объёма проекта выбирается та или иная схема организации человеко-машинного интерфейса. SCADA-система реализуется на базе пакета Siemens WinCC.

Программная часть СИНВИК содержит оформленные и отлаженные программно-алгоритмические решения, которые требуют только настройки на параметры конкретного объекта. На этапе подготовки специалистами ЗАО «СИНЕТИК» производятся технологические расчёты для каждой точки регулирования. На этапе наладки СИНВИК настраивается на параметры трубопроводов, обеспечивая регулирование в различных диапазонах и режимах работы.

Система управления представляет собой набор шкафов автоматизации (если требуется, то с выносными пультами управления) с необходимым набором датчиков, позволяющих производить замеры в контрольных точках системы, включая удалённые, так называемые диктующие точки. Оборудование поставляется комплектное и не требует доработки со стороны заказчика.

СИНВИК может быть использован для управления насосами скважин, насосами ВНС (водопроводных насосных станций) и КНС (канализационных насосных станций) любой мощности и производительности. Программное обеспечение позволяет дежурному персоналу в любой момент времени следить за ходом технологического процесса.

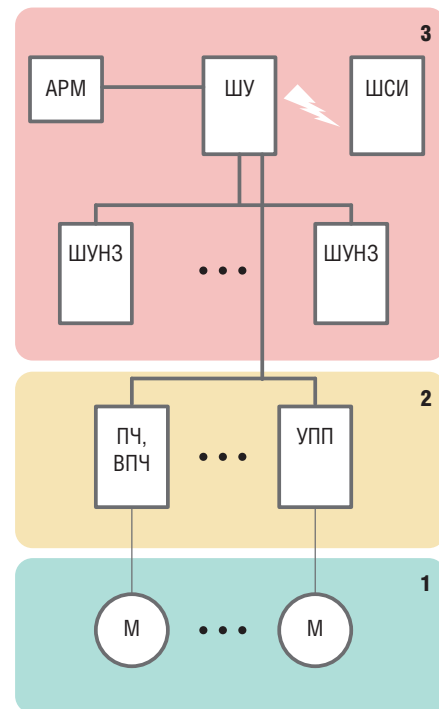
Предоставляемые возможности

Использование комплекса СИНВИК позволяет обеспечить:

- повышение КПД работы насосного оборудования до максимально возможного для данного оборудования (применение специального алгоритма управления);
- повышение эффективности управления насосным оборудованием;
- повышение надёжности и отказоустойчивости;
- энергосбережение (снижение потребления электроэнергии);
- ресурсосбережение (уменьшение числа поломок оборудования, увеличение межремонтного интервала);
- поддержание оптимального диапазона регулирования;
- повышение кавитационной устойчивости насосных агрегатов;
- ликвидацию избыточного напора на насосных агрегатах;
- устранение негативного взаимного влияния насосов и потерь энергии при параллельной работе насосных агрегатов;
- устранение условий для завоздушивания насосных агрегатов;
- определение минимально необходимого количества частотных преобразователей для оптимального ведения технологического процесса;
- исключение возможности перегрузки насосных агрегатов;
- передачу и накопление достоверной информации о фактических режимах работы насосных станций с возможностью дистанционного управления от диспетчерского пункта.

Эффективность применения

Энергоэффективность объектов повышается за счёт ликвидации избыточного напора насосных агрегатов и постоянного поддержания всего работающего оборудования в зоне максимальных значений КПД, установленных заводами-изготовителями данного оборудования. Работа в режиме регулиро-



Условные обозначения:

АРМ — автоматизированное рабочее место;
 ВПЧ — высоковольтные преобразователи частоты;
 ПЧ — преобразователи частоты;
 УПП — устройство плавного пуска;
 ШСИ — шкаф сбора информации;
 ШУ — шкаф управления;
 ШУНЗ — шкаф управления насосом и задвижкой.

Рис. 1. Структура комплекса СИНВИК

вания и снижение нагрузки электродвигателей насосов позволяет экономить не менее 15–20%, а в отдельных случаях до 50% потребляемой электроэнергии ВНС и КНС.

Применение комплекса энергосбережения для насосных станций позволяет существенно повысить их энергоэффективность и решить задачи ресурсосбережения с увеличением межремонтного пробега существующего насосного и электротехнического оборудования в 3–4 раза.

Опыт применения комплекса энергосбережения показывает, что значительно сокращается количество отказов оборудования насосных станций. Следствием этого является снижение вероятности возникновения гидравлических ударов, в результате чего на оборудовании насосных станций и на трубопроводах минимум на 30% уменьшаются число аварийных повреждений и соответствующие затраты на аварийно-восстановительные работы.

Также сокращаются минимум на 5–8% нерациональное потребление водных ресурсов и соответствующие



Рис. 2. Машинный зал насосной станции НС-5

сбросы сточных вод в водоприёмники со снижением платы за использование недр и сброс сточных вод в водные объекты, что зачастую позволяет быстро увеличивать количество потребителей в зоне действия насосных станций без капитального строительства новых ВНС и КНС.

Помимо всего перечисленного существенно снижается уровень шума, вибраций и тепловыделения в машинных залах насосных станций.

НС-5 ОАО «ОмскВодоканал»

Типовым проектом, в котором был реализован СИНВИК, является проект установки высоковольтных преобразователей частоты на насосной станции второго подъёма НС-5 ОАО «ОмскВодоканал». На данном объекте был полностью проведён комплекс работ по внедрению СИНВИК, что позволило добиться значительных результатов.

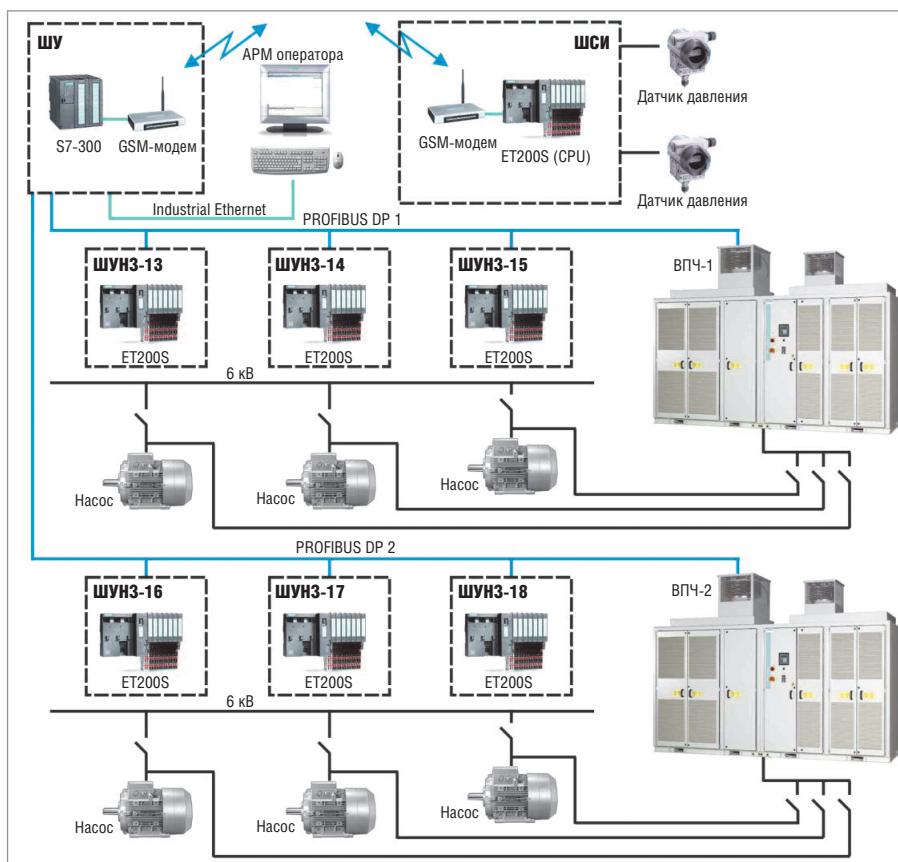


Рис. 3. Структурная схема системы управления НС-5



Рис. 4. Внешний вид ШУНЗ

Общий вид машинного зала насосной станции показан на рис. 2.

Характеристики насосной станции:

- насосная станция второго подъёма (работает параллельно в комплексе с НС-4);
- 6 насосов марки Д 6300-80 (подача — 6300 м³/ч, напор — 80 м вод. ст.), синхронные двигатели 6 кВ, мощность 1,6 МВт, 750 об/мин;
- ежесуточная подача 17–22 тыс. м³;
- штатный режим работы — 2 постоянно работающих насоса и 1–2 насоса, подключаемых по необходимости.

При проектировании системы управления было принято решение об установке двух высоковольтных преобразователей частоты ROBICON PH, по одному на группу из трёх насосных агрегатов. Каждый насосный агрегат может быть подключён через свой ВПЧ либо через ячейку прямого пуска. Структура системы управления приведена на рис. 3.

Состав системы управления:

- **шкаф управления (ШУ)** содержит в себе контроллерную часть, отвечающую за функции контроля, управления и связи; в нём установлены программируемые логические контроллеры (ПЛК), выполненные на базе SIMATIC S7-300 или ET200S (CPU);
- **шкаф управления насосом и задвижкой (ШУНЗ)** устанавливается для каждого насосного агрегата, содержит модули децентрализованной периферии SIMATIC ET200S для взаимодействия с оборудованием и датчиками, на его лицевой панели реализо-



Рис. 5. Внешний вид ROBICON PH

ван пульт управления насосным агрегатом для машиниста (рис. 4);

- **высоковольтные преобразователи частоты (ВПЧ)** — используются преобразователи ROBICON PH 6 кВ (ВПЧ-1, ВПЧ-2), внешний вид показан на рис. 5;
- **шкафы возбуждения синхронных двигателей;**
- **шкаф сбора информации (ШСИ)** устанавливается на диктующей точке, предназначен для сбора информации и передачи её в ШУ;
- **АРМ машиниста** предназначено для контроля технологического процесса, архивирования информации и управления оборудованием в дистанционном режиме.

Главная мнемосхема АРМ машиниста приведена на рис. 6.

Обмен данными между ШУ и всеми ШУНЗ и ВПЧ осуществляется посредством сети PROFIBUS DP. Обмен данными между шкафами ШУ и ШСИ осуществляется через GPRS-VPN.

Функции системы управления

Контроль и сигнализация

Система управления опрашивает все датчики, контролирует состояние технологического оборудования и предоставляет эту информацию машинисту в виде показаний индикаторов, свечения лампочек на ШУНЗ, а также в виде мнемосхем на АРМ машиниста. Все отклонения процесса от нормы вызывают срабатывание световой и звуковой сигнализации на ШУНЗ и АРМ, привлекающей внимание машиниста.

Управление насосными агрегатами

Машинист, используя органы управления ШУНЗ и АРМ, полностью управляет технологическим процессом. Он имеет возможность управлять насосами, задвижками. Также при необходимости машинист может менять давление в системе. Насосные агрегаты работают в местном и дистанционном режимах. Для данных режимов были реализованы следующие подрежимы:

- режим прямого пуска (насос включается по аппаратной схеме);
- плавный пуск (насос включается от ВПЧ, затем автоматически осуществляется синхронный переход на работу через ячейку прямого пуска);
- регулирование частоты (насос вращается с частотой, задаваемой машинистом);
- регулирование давления (система управления автоматически поддерживает заданное давление на точке регулирования).

Основные технологические операции в местном режиме управления выполняются при помощи органов управления, расположенных на шкафу ШУНЗ. Контроль во всех подрежимах работы, а также управление в дистанционном режиме осуществляются на АРМ машиниста.

Поддержание давления на коллекторе

Система управления поддерживает давление на напорном коллекторе, изменяя частоту вращения выбранного насосного агрегата. Машинист по согласованию с диспетчером задаёт необходимую уставку давления или для напорного трубопровода от насосной

станции, или на диктующей точке. При необходимости подключения или отключения насосного агрегата система информирует машиниста о рекомендуемых действиях.

Поддержание давления на диктующей точке

Система управления получает данные по давлению с диктующей точки. Между шкафом управления ШУ и шкафом сбора информации ШСИ установлен канал связи GPRS-VPN. Показания диктующей точки снимаются с напорного трубопровода на удалении 10 км от напорного коллектора НС-5. В режиме поддержания давления на диктующей точке система управления самостоятельно меняет частоту вращения насосного агрегата с целью удержания давления. Давление на напорном коллекторе изменяется в рамках разрешённых ограничений. Реализована защита от недостоверных данных.

Реализация данного режима работы позволяет убрать избыточный напор на сетях, что обеспечивает возможность задавать и поддерживать оптимальное давление в системе.

Диагностика оборудования

Система управления полностью диагностирует всё оборудование. Контролируются цепи питания, цепи управления на работоспособность. Диагностируются компоненты системы управления (исправность модулей измерения, датчиков). По всем отказам и неисправностям машинисту предоставляется исчерпывающая информация.

Отдельное место занимает система диагностики преобразователей частоты. Диагностируются как внутренние параметры работы самого преобразователя, так и состояние двигателей насосных агрегатов. По любым отклонениям в работе двигателя идёт информирование обслуживающего персонала.

Защита технологического оборудования

Система управления реализует функции защиты технологического оборудования. Получая информацию от систем тиристорных возбудителей, преобразователей частоты, датчиков контроля, система управления надёжно защищает двигатели насосных агрегатов. Все задвижки оснащены моментными выключателями. Вся силовая часть проекта укомплектована современным оборудованием. Ячейки 6 кВ реализуют полноценную защиту силовых цепей и оборудования.

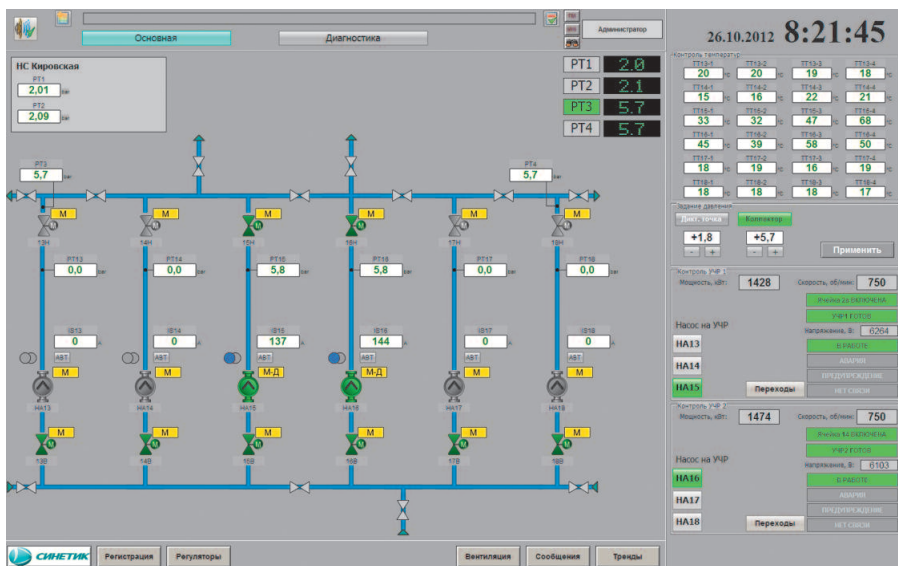


Рис. 6. Главная мнемосхема АРМ машиниста

Реализованный режим плавного пуска насосного агрегата позволяет существенно увеличить срок службы насосных агрегатов и снизить аварийность за счёт исключения ударных нагрузок на силовую и гидравлическую части.

Архивирование данных

Все события в системе архивируются. Аварийные срабатывания датчиков, изменения состояния технологического

оборудования, действия машиниста — все эти события записываются в архивы, и эти записи всегда могут быть просмотрены персоналом. Все измеренные значения (показания аналоговых датчиков, преобразователей частоты) архивируются и доступны к просмотру.

Особенности проекта — синхронные переходы

Каждый преобразователь частоты ROBICON работает с группой из трёх

насосов. Возможность динамического подключения/отключения дополнительных насосных агрегатов, а также безударность обеспечиваются за счёт реализации синхронных переходов. В проекте реализованы синхронные переходы вверх и вниз. Переход вверх означает, что работающий через преобразователь частоты насосный агрегат переключается без останова на работу от ячейки прямого пуска. Переход вниз означает переключение работающего на прямом пуске насосного агрегата на работу от преобразователя частоты. Данные синхронные переходы выполняются во всём диапазоне мощностей работы насосного агрегата и позволяют гибко управлять работой всей насосной станции. Реализация этих режимов даёт возможность свободно менять конфигурацию работающих насосов на преобразователях частоты.

Итоги внедрения

Итогами внедрения СИНВИК на комплексе насосных станций второго подъёма НС-4 и НС-5 ОАО «ОмскВодоканал», работающих параллельно, стали перечисляемые далее результаты.

1. Снизилось годовое энергопотребление с 52,143 млн кВт в 2009 году до 39,867 млн кВт в 2012 году, или на 23,5% — только за счёт снижения энергопотребления фактический срок окупаемости проекта составил менее 3 лет.
2. Реализация режима поддержания постоянного давления на диктующей точке позволяет проводить следующий этап модернизации всего комплекса насосных станций последующих подъёмов, что, в свою очередь, приведёт к дальнейшему сокращению издержек.
3. В результате внедрения оборудования, которое даёт возможность безударно проходить весь суточный цикл работы станции, удалось снизить аварийность на сетях на 30%.
4. Эксплуатирующий персонал получил современное средство контроля и управления технологическим процессом.

АНАЛОГИЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

ЗАО «СИНЕТИК» внедрило комплекс энергосбережения СИНВИК на следующих предприятиях:

- МУП «Уссурийск-Водоканал» — АСУ ТП насосной станции второго подъёма водоочистной станции (ВОС);
- МУП «Петропавловский водоканал» — АСУ ТП комплекса объектов, состоящего из ВНС — 15 шт., КНС — 10 шт., скважин — 6 шт.;
- МУП «Горводоканал» г. Новосибирска — АСУ ТП насосной станции второго подъёма НФС-1 (насосно-фильтровальная станция);
- МУП г. Ангарска «Ангарский водоканал» — АСУ ТП районных ВНС и КНС, АСУ ТП насосной станции второго подъёма ВОС АПР;
- на объектах РОСВОДОКАНАЛ (ОАО «Тюмень Водоканал» — АСУ ТП комплекса объектов, состоящего из городских ВНС — 10 шт., скважин Велижанского водозаборного узла — 15 шт.);
- Водоканал г. Улан-Батора (Монголия) — АСУ ТП насосной станции третьего подъёма ТАСГАН;
- ОАО «Иркутскэнерго», ТЭЦ-11 г. Усолье-Сибирское — АСУ ТП насосной станции подпитки тепловой сети (НПТС).

Комплекс энергосбережения отлично зарекомендовал себя на перечисленных объектах внедрения и в настоящее вре-

мя не имеет аналогов как в России, так и в других странах.

Приведём результаты внедрения по некоторым объектам.

НПТС ТЭЦ-11 ОАО «Иркутскэнерго» г. Усолье-Сибирское:

- снижение расхода электроэнергии на 45%;
- увеличение в 3 раза межремонтного пробега оборудования насосной станции;
- снижение пусковых токов в 5–6 раз;
- улучшение условий работы операторов;

- срок окупаемости проекта менее 3 лет.

МУП «Уссурийск-Водоканал»:

- снижение расхода электроэнергии на 47%;
- срок окупаемости проекта менее 3 лет.

НФС-1 МУП «Горводоканал» г. Новосибирска:

- снижение расхода электроэнергии на 34%
 - 2010 год — 2,227 млн кВт в месяц,
 - 2012 год — 1,462 млн кВт в месяц;
- срок окупаемости проекта — 3 года.