

# Автоматизация водопроводных и канализационных насосных станции



# Введение

Рассматривая отрасль коммунального водоснабжения, можно отметить, что реально потребляемый уровень электроэнергии далек от достаточного. Рост цен на электроэнергию заставляет задуматься о реально достаточном уровне потребления последней электродвигателями насосных установок.

Завышенный уровень потребления электроэнергии является следствием низкого КПД насосных установок и систем водоснабжения в целом.

Целью автоматизации насосной станции является разработка электропривода центробежного насоса с использованием современной элементной базы, обеспечивающего выполнение следующих требований:

- экономия электроэнергии;
- возможность гибкой настройки привода при меняющихся режимах работы.

Для решения этой задачи требуется:

- ознакомиться с процессом и технологией подачи воды;
- провести аналитический обзор технической литературы по данной проблематике;
- дать технико-экономическое обоснование выбранного принципа управления;
- осуществить выбор элементов электропривода, обеспечивающих работоспособность системы;
- разработать функциональные схемы системы автоматического управления;
- провести математическое описание объекта и системы управления;
- осуществить моделирование и исследование статики и динамики САУ на ЭВМ;

# ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Совместно с системой контроля и управления СУ, коммутационной аппаратурой, преобразователем частоты ПЧ, устройством плавного пуска УПП образуют **станцию управления насосными агрегатами.**

Применение регулируемого асинхронного электропривода для управления насосными агрегатами позволяет обеспечить:

- плавный пуск электродвигателя, отсутствие механических нагрузок на двигатель и бросков тока в сети;
- отсутствие гидравлических ударов;
- эффективное использование потребляемой насосным агрегатом мощности во всем диапазоне регулирования;
- обеспечение коэффициента мощности электродвигателя насоса на значении, близком к 1;
- снижение уровня шума при пуске и работе;
- обеспечение автономной и безопасной работы, интеграция в АСУ ТП.

Электропривод центробежного насоса, который рассматривается, должен удовлетворять следующим требованиям:

- Поддержка постоянного напора в системе водоснабжения с точностью не ниже 1% и возможность, при необходимости, ручного регулирования его уровня;
- Исходя из технологического процесса, требования к восстановлению давления при наброске нагрузки составляет не больше 2 с;
- Обеспечение режима плавного пуска от задатчика интенсивности за время 1-5 с;
- Привод должен быть нереверсивным;
- Электропитание установки осуществляется от 3-х фазной сети переменного тока 380/220 В, 50 Гц;
- Обеспечивать режим максимальной экономии при регулировании скорости.

- Наличие защиты от неблагоприятных режимов работы насосной станции:
  - защита от КЗ;
  - защита от перегрузки по току;
  - защита от превышения температуры обмотки двигателя;
  - защита от пропадания и перекоса фаз;
  - защита электронасосных агрегатов от работы в кавитационном режиме;
  - индикация на лицевой панели «Сеть» «Работа» «Авария»;
  - выбор режима работы «Ручной» / «Автоматический»;
  - диспетчеризация: «Авария» каждого электронасоса («сухие» контакты);



Для реализации задачи управления насосной установкой электропривод должен обеспечивать:

- автоматическое, ручное управление пуском и остановкой насосной установки;
- автоматическое изменение частоты вращения вала двигателя для поддержания постоянного давления в потребительской сети;
- экстренный останов насоса в случае поступления аварийного сигнала от датчика (при отклонении параметров от допустимых технологических пределов);
- защиту от аварийных режимов работы электродвигателя;
- включение резервного насоса в случае аварии; автоматическое чередование насосов;
- защита от «сухого» хода;
- самозапуск после перепада напряжения.

САУ насосной установки должна обеспечить следующий показатель качества регулирования:

□ статическая ошибка в установившихся режимах работы равна 0.

Характеристики переходных процессов должны удовлетворять следующим требованиям:

- перерегулирование при пуске не более 5%;
- перерегулирование при набросе или сбросе нагрузки - не более 10%.

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ И ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

## Назначение и виды насосных станций

Объект	Задача
<b>Насосная станция 1-го подъема</b>	Управление глубинными насосами, расположенными в скважинах. Поддержание заданного уровня воды в накопительном резервуаре. Применяются в составе водоподъемных технологических сооружений совместно со станциями управления насосами 2-го и 3-го подъемов.
<b>Насосная станция 2-го подъема</b>	Создание давления в водопроводной сети, с забором воды из аккумулирующей емкости. Давление создается из расчета обеспечения застройки малой и средней этажности. Поддержание постоянного значения давления согласно суточному или недельному графику.
<b>Насосная станция 3-го подъема и последующих подъемов</b>	Создание и поддержание необходимого давления в трубопроводе с забором воды из станции 2-го подъема для зданий средней и высокой этажности. Поддержание постоянного значения давления или согласно суточному или недельному графику.
<b>Канализационная насосная станция</b>	В очистных сооружениях, для перекачки дренажных вод, осушения подвалов жилых, производственных и прочих сооружений, котлованов и прочих емкостей во время строительных, спасательных и тому подобных работ

Основным назначением НС является обеспечение:

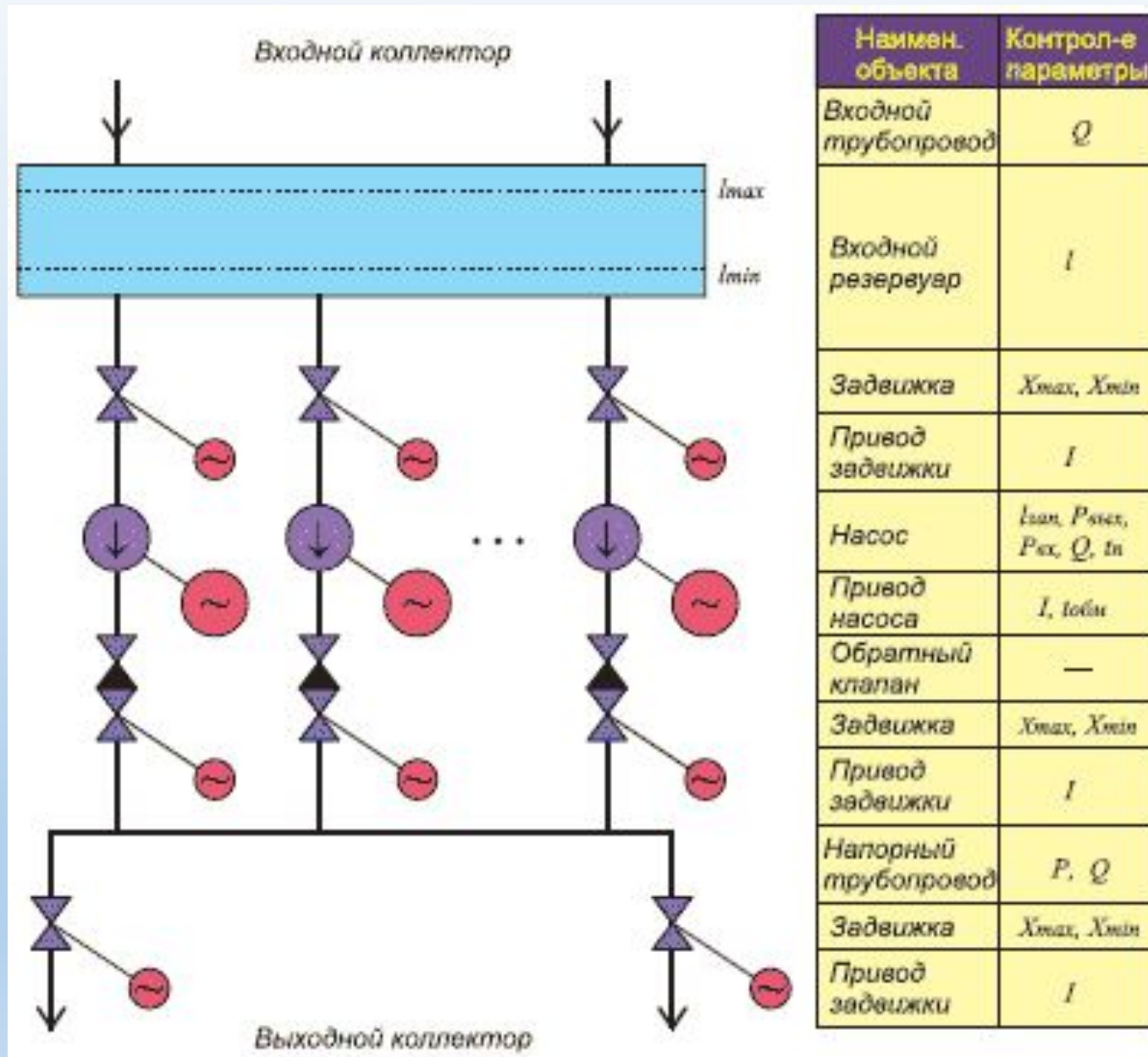
- требуемого графика подачи жидкости для нормальных и аварийных условий;
- наименьших затрат на сооружение, оснащение и эксплуатацию;
- требуемой степени надежности и, следовательно, определенной степени бесперебойности работы;
- долговечности, соответствующей технологической значимости объектов, в состав которых они входят;
- удобства эксплуатации (широкое применение автоматики и телемеханики);
- эксплуатации при непрерывно изменяющихся объемах, режимах потребления жидкости и изменяющемся составе потребителей.

По главному регулируемому параметру НС можно разделить на станции с **регулированием давления** и станции с **регулированием подачи**.

Согласно требованиям, к надежности обеспечения подачи транспортируемой жидкости к технологическому объекту НС могут быть отнесены к 1-й, 2-й или 3-й категории [2].

По способу объединения насосов можно выделить НС с **индивидуальной работой насосов** и НС с **совместной работой насосов**.

# Технологическая схема типовой насосной станции



## Насосные агрегаты

В качестве основного силового оборудования на НС применяют **объемные** или **динамические насосы**.

Объемные насосы работают по принципу вытеснения, когда давление перемещаемой жидкости повышается в результате сжатия. К ним относятся возвратно-поступательные (диафрагменные, поршневые) и роторные (аксиально-поршневые и радиально-поршневые, шиберные, зубчатые, винтовые) насосы.

Динамические насосы работают по принципу силового воздействия на перемещаемую среду. К ним относятся лопастные (центробежные, осевые) нагнетатели и нагнетатели трения (вихревые, дисковые, струйные и т. п.).

## Регулирование режимов работы насосных установок

Для обеспечения заданного режима работы НС при изменении условий работы требуется производить регулирование режимов работы насосных установок.

Эта задача может быть разделена на два направления:

- регулирование гидравлических режимов работы насосов;
- регулирование энергетической эффективности работы электропривода НС.



Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования подачи жидкости и давления:

- дросселированием трубопровода;
- перепуском части потока жидкости из выходного патрубка насоса во входной;
- отключением или подключением насосов (ступенчатое регулирование);
- изменением частоты вращения рабочего колеса насоса.

Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования подачи жидкости и давления:

- дросселированием трубопровода;
- перепуском части потока жидкости из выходного патрубка насоса во входной;
- отключением или подключением насосов (ступенчатое регулирование);
- изменением частоты вращения рабочего колеса насоса.

**Дросселирование трубопровода** является весьма распространенным способом регулирования давления и подачи жидкости. Регулирующим элементом в этом случае является механическое устройство в виде шиберов, дроссель-клапана, задвижки, диафрагмы и т. п., которое располагается на напорном патрубке насоса и за счет своего перемещения изменяет поперечное сечение трубопровода.

## Недостатки:

- снижение КПД насосной станции, особенно при глубоком регулировании подачи. Это обусловлено тем, что энергия, затраченная на преодоление дополнительного сопротивления регулирующего устройства, преобразуется в тепловые потери, что и определяет низкую энергетическую эффективность данного подхода;
- рост давления на выходе насоса при закрытии задвижки приводит к сокращению срока службы уплотнений и запорных устройств, а также к увеличению утечек жидкости через стыки и щели.
- однозонное регулирования в сторону уменьшения подачи или напора насосной установки.

**Регулирование напора перепуском** основано на отведении части потока жидкости с выхода насоса на его вход через отвод с задвижкой.

**Недостатки:**

- энергия, затрачиваемая на циркуляцию жидкости по холостому кругу, не создает полезной работы, что снижает КПД установки, особенно сильно при глубоком регулировании.
- однозонное регулирования в сторону уменьшения подачи или напора насосной установки.

**Ступенчатое регулирование** подачи насосной станции осуществляется за счет подключения или отключения насоса, или группы насосов.

### **Недостатки:**

- не позволяет обеспечить непрерывное и качественное поддержание напора при изменении потребления жидкости
- частые пуски двигателей, что уменьшает срок работы оборудования;
- требует строительства промежуточного аккумулирующего резервуара для сглаживания колебаний подачи НС.
- электроприводы работают не в оптимальном режиме, что также снижает КПД всей НС.

**Изменение частоты вращения рабочего колеса** насосной установки позволяет осуществить непрерывное регулирование производительности НС с меньшими затратами энергии, чем в предыдущих вариантах.

**Недостатки:** требует больших затрат на регулирующее оборудование, особенно для установок с мощностью выше средней, и приводит к ухудшению электромагнитной совместимости с питающей сетью.

Тем не менее снижающаяся стоимость регулируемых электроприводов делает этот способ наиболее перспективным.

# Основные функции автоматической системы регулирования НС

Согласно требованиям СНиП насосные станции всех назначений должны проектироваться, как правило, с управлением без постоянного обслуживающего персонала:

- автоматическим — в зависимости от технологических параметров (уровня воды в емкостях, давления или расхода воды в сети);
- дистанционным (телемеханическим) — из пункта управления;
- местным — периодически приходящим персоналом с передачей необходимых сигналов на пункт управления или на пункт с постоянным присутствием обслуживающего

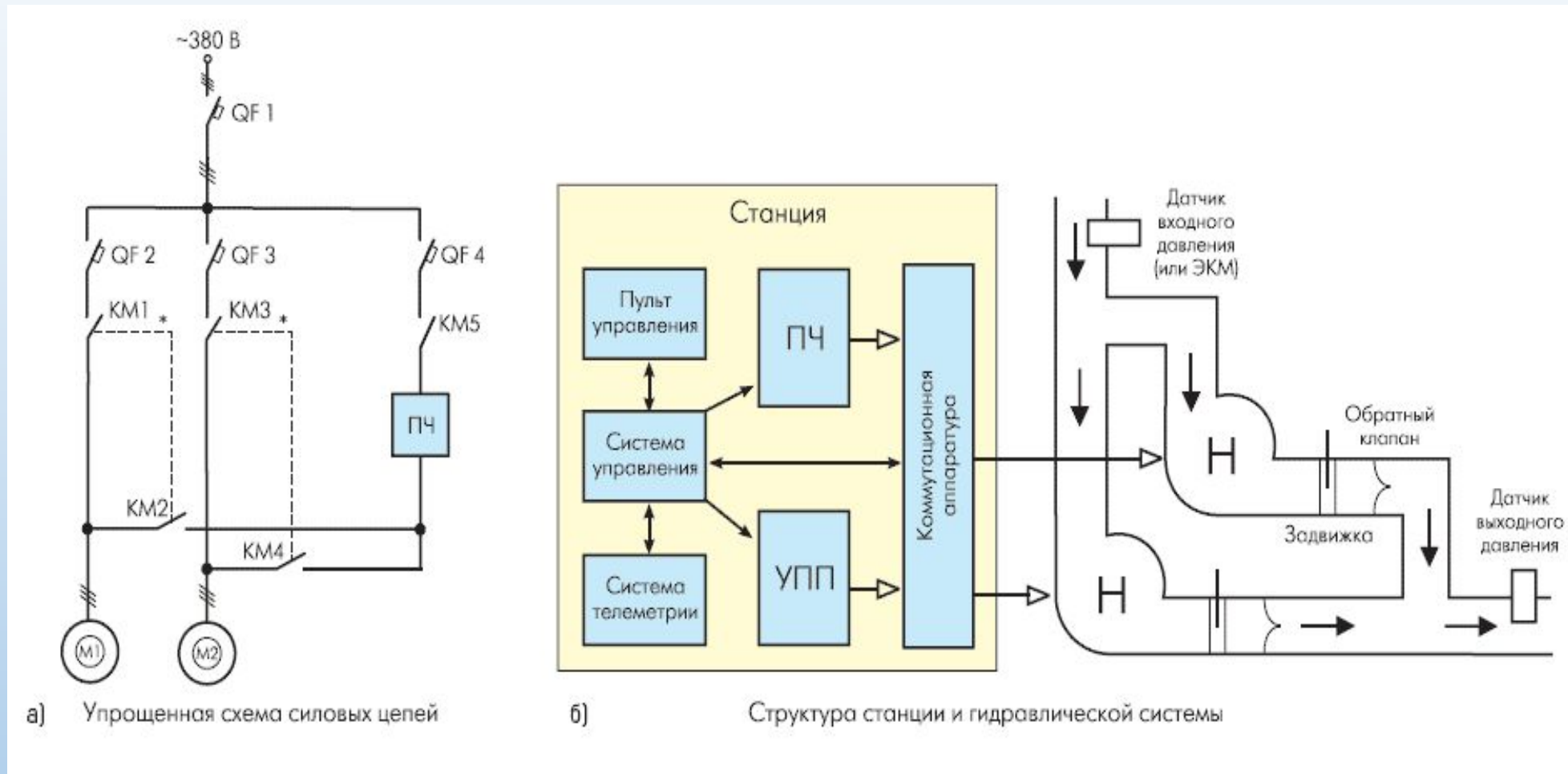


Управление регулируемым электроприводом в основном следует осуществлять **автоматически** в зависимости от давления в диктующих точках сети, расхода воды, подаваемой в сеть, уровня воды в резервуарах.

В НС следует предусматривать измерение:

- ✓ давления в напорных водоводах и у каждого насосного агрегата;
- ✓ расходов воды на напорных водоводах;
- ✓ контроль уровня воды в дренажных приямках и вакуум-котле;
- ✓ температуры подшипников агрегатов (при необходимости);
- ✓ аварийного уровня затопления (появления воды в машинном зале на уровне фундаментов электроприводов).

# Структура насосной станции



При мощности насосного агрегата 100 кВт и более необходимо предусматривать периодическое определение КПД с погрешностью не более 3%.