

# СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫМИ НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ

**Авторы:**

Матисон В.А., к.т.н., директор ИТЦ,  
Степанов В.Б., генеральный директор

Построению систем управления канализационными насосными станциями уделяется значительно меньше внимания, чем таким же системам для станций водоподачи. Это привело к тому, что, несмотря на полную противоположность технологических процессов систем водоснабжения и водоотведения при подготовке технических заданий на модернизацию действующих или строительство новых КНС используются одни и те же подходы. В результате эффект от реализации проектов по этим техническим заданиям оказывается отрицательным как с экономической, так и с технической точек зрения.

Цель настоящей статьи - привлечь внимание специалистов, проектирующих, эксплуатирующих и модернизирующих КНС, к указанной проблеме и предложить пути ее решения на основе опыта ООО "ЭЛПРИ", приобретенного при реализации большого количества проектов построения систем управления для КНС самых разных конфигураций и габаритов.

## СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Единственное, что объединяет основные технологические процессы в системах водоснабжения и водоотведения, это то, что их реализует однотипное оборудование - насосные агрегаты. Однако функции, которые они выполняют, существенно различаются.

В системах водоснабжения (рис.1) с помощью насосов обеспечивается подача воды из природных источников непосредственно в водораспределительную сеть или в резервуары (первый подъем) и далее в такую же сеть (второй подъем). Сам процесс водоподачи является непрерывным, поскольку в любой момент потребители в любой точке водораспределительной сети должны иметь возможность получить воду открыв кран или задвижку. Это достигается поддержанием постоянного давления (напора) в диктующей точке этой сети независимо от разбора воды в ней. Соответственно насосы и их двигатели выбираются из условия обеспечения указанного давления при максимально возможном разборе. При всех меньших разборах возможности насосного агрегата и его приводного двигателя оказываются избыточными. Поэтому при использовании на насосной станции нерегулируемого электропривода эта избыточность принимается на себя задвижками, чтобы не допустить аварийных ситуаций, обусловленных ростом давления при снижении разбора воды. Исключение этой избыточности является основой использования средств регулируемого электропривода для обеспечения энергоэффективной работы систем водоподачи. Иллюстрацией этого служит широко известная диаграмма, приведенная на рис.2. Регулирование скорости работы насосов при этом согласует величину требуемой работы с величиной работы, выполняемой насосными агрегатами. Тем самым исключается избыточное потребление электроэнергии. Такие проекты на базе собственных преобразователей частоты серий АПЧ и ЭПВ ООО «ЭЛПРИ» реализовало на большом количестве предприятий водоснабжения, но к системам водоотведения нами рекомендуется другой подход.

В отличие от систем водоподачи, основной задачей насосного оборудования в КНС (рис.3) является откачка всего поступающего объема стоков и недопущение затоплений этими стоками как самих КНС, так и других объектов и окружающих их территорий. Здесь избыточность мощностей ведет только к сокращению времени работы насосных агрегатов, а количество выполняемой работы остается неизменным. Оптимизация электропотребления может быть получена только за счет достижения минимума потребляемой энергии, которую в первом приближении можно представить в виде суммы:

$$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_{\text{раб}} + dP \cdot t_{\text{раб}}, \quad (1)$$

где  $E_1$  - энергия, необходимая для выполнения этой работы, включая переменные потери, приблизительно пропорциональные полезным затратам энергии;  
 $dP$  - постоянные потери энергии, не зависящие от нагрузки механизма;  
 $t_{раб}$  - время работы механизма.

С ростом суммарной мощности работающих двигателей насосных агрегатов величина  $dP$  возрастает, а  $t_{раб}$  снижается, что и позволяет минимизировать их произведение - величину потерь энергии, не зависящих от полезных затрат энергии.

Закон сохранения энергии позволяет сделать вывод о том, что регулирование скорости вращения насосов КНС не ведет к снижению, поскольку величина  $E_{раб}$  не зависит от этой скорости. Более того, снижение скорости вращения насосов КНС ведет к увеличению  $t_{раб}$  вплоть до непрерывного режима работы при использовании преобразователя частоты для стабилизации уровня стоков в резервуаре КНС. Это, в свою очередь, ведет к росту второго слагаемого в выражении (1) даже при оптимизации величины  $dP$  с помощью настроек преобразователя частоты.

Принимая во внимание высокую вероятность заиливания гидротехнического оборудования при стабилизации уровня стоков в резервуаре КНС, применение преобразователя частоты на КНС ведет к следующим негативным эффектам:

- увеличению затрат на оборудование;
- увеличению расхода электроэнергии;
- увеличению эксплуатационных затрат на преодоление заиливания гидротехнического оборудования.

Таким образом, в отличие от систем водоснабжения в системах водоотведения применение преобразователей частоты не только нецелесообразно, но и просто вредно.

Следует отметить, что все вышесказанное в части потребления электрической энергии в полной мере относится и насосным агрегатам, осуществляющим подкачку воды в резервуары, что характерно для первых подъемов систем водоподдачи.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОСНОВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КНС**

Приведенные выше соображения вовсе не означают, что технологический процесс КНС не имеет никаких резервов для оптимизации режимов работы и получения от этого экономического эффекта. Просто область поиска этих решений лежит не в сфере снижения энергопотребления. Рассмотрим, основные направления работ по повышению качества работы КНС.

Как было показано выше, управление работой насосных агрегатов КНС целесообразно осуществлять путем включения-выключения их двигателей. Известно, что пусковые режимы двигателей переменного тока сопровождаются бросками тока, превышающими номинальный ток двигателя в 5-7 раз, и знакопеременным моментом на валу двигателя (рис.4,а). Это делает пусковые режимы одной из основных причин поломок насосов, прорывов труб и уплотнений и отказов электротехнического оборудования - пускателей, контакторов, а так же самих двигателей. Все это ведет к росту эксплуатационных расходов, а может и вообще оказаться причиной отказа всей КНС и ее затопления. Таким образом, "смягчение" пусковых режимов насосных агрегатов КНС является первой важной задачей, решаемой при оптимизации ее работы. Средство для этого известно - это устройства плавного пуска (УПП), которые ограничивают токовые нагрузки и исключают удары в механизмах за счет поддержания постоянного знака момента на валу двигателя (рис.4,б). Присущая УПП по их принципу действия возможность последовательного пуска неограниченного количества двигателей позволяет на базе всего одного устройства реализовать управление КНС любой сложности, если мощность двигателей ее насосных агрегатов отличается не более чем в 1,5-2 раза (рис.5). В проектах на напряжение 0,38 кВ, выполняемых в ООО "ЭЛПРИ", используются цифровые устройства плавного пуска двигателей переменного тока собственного производства серии УПП1 (рис.6), имеющие все необходимые характеристики, для работы в КНС:

- мощность 1- 630 кВт.
- напряжение питания: 380В +10/-15%, 48-63 Гц.
- допустимая перегрузка по току с типовым двигателем: 3 в течение 30 сек.

- входы изолированные: аналоговые и цифровые.
- выходы изолированные программируемые: релейные.
- коммуникационный порт (изолированный): RS-485;
- отсутствует необходимость синхронизации фазировки системы управления и силовой части;
- максимально упрощена настройка параметров пуска и торможения со встроенного пульта управления или с помощью персонального компьютера с возможностью выбора из нескольких стандартных вариантов кривых пуска/торможения или создания собственной уникальной кривой;
- имеются встроенные аппаратные и программные средства управления контактором, шунтирующим устройство после завершения пуска на все время установившегося режима вплоть до поступления команды на торможение;
- имеется широкий набор аналоговых и цифровых входов/выходов с возможностью их перепрограммирования;
- имеются встроенные аппаратные и программные средств для управления многодвигательными объектами и поддержания технологических параметров в заданных пределах.

В проектах для крупных КНС, на которых используются двигатели большой мощности с номинальным напряжением выше 1000 В, ООО "ЭЛПРИ" использует также устройства собственного производства серии УППВЭ (рис.7).

Само по себе применение УПП на КНС не является радикальной новинкой, но в сочетании с современными средствами автоматизации они позволяют достичь очень надежной реализации функций КНС при минимальных эксплуатационных затратах.

Уровень автоматизации КНС может быть различным. Общим при этом является только требование гибкости самой системы управления КНС для ее адаптации к различным условиям, а так же обеспечение максимальной функциональной "живучести" КНС, то есть сохранения возможности выполнения ею своих функций при отказе отдельных элементов в различных подсистемах.

Реализация различных функций и требований в пределах типовых решений обусловила применение на КНС программируемых устройств управления. В первую очередь это программируемые контроллеры, используемые на нижнем уровне автоматизации. В КНС, в которых не предусматривается вывод информации о состоянии и режимах работы оборудования (статусной информации) и управляющих команд по цифровым каналам связи, инженеры ООО "ЭЛПРИ" широко используют контроллеры ALFA-2 фирмы Mitsubishi. Эти контроллеры, с нашей точки зрения, для таких задач являются оптимальными по своим технико-экономическим характеристикам. Структурная схема такой типовой КНС с локальным уровнем автоматизации, построенной на основе изложенных выше принципов, приведена на рис.8,а, а вид его щита управления - на рис.8,б. При числе насосов перекачки стоков до трех, используется стандартная конфигурация контроллера, а при их большем числе используются дополнительные блоки ввода-вывода, а в наиболее сложных случаях, например, в КНС высоковольтными двигателями, возможно применение системы из нескольких взаимосвязанных контроллеров.

Специальные схемотехнические, конструкторские и алгоритмические решения, применяемых специалистами ООО "ЭЛПРИ" при проектировании щитов управления КНС, обеспечивают не только простоту эксплуатации и надежность работы всего оборудования. Эти "know-how" также обеспечивают возможность проведения работ по монтажу нового оборудования при модернизации КНС без прерывания ее работы.

Дальнейшее расширение уровня автоматизации КНС имеет две ступени.

Первой является реализация местного автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора КНС для наблюдения за работой оборудования и, при необходимости, вмешательства в его работу. В этом случае контроллер должен иметь коммуникационный порт, а потому, если заказчик не требует установки какого-либо конкретного контроллера, специалисты ООО "ЭЛПРИ" применяют контроллеры фирм Siemens и Mitsubishi. Собственно АРМ реализуется на IBM совместимом персональном компьютере и располагается в помещении персонала на обслуживаемых КНС недалеко от щита управления. Физической средой обмена информацией между

управляющим контроллером щита и персональным компьютером является витая пара проводов в стандарте RS-485. Основной экран такого АРМ приведен на рис.9. Полный контроль за работой оборудования КНС, реализуемый персональным компьютером, позволяет не только постоянно обеспечивать всей необходимой информацией персонал КНС, но и организовать автоматический анализ, выявляющий вхождение рабочих параметров в области предаварийных состояний. Использование этой информации для организации предупредительных ремонтов существенно повышает надежность КНС и снижает затраты на ее эксплуатацию.

И, наконец, полная автоматизация КНС реализуется при осуществлении передачи информации о работе КНС и приема управляющих команд от удаленных терминалов. Физической средой обмена информацией между управляющим контроллером щита и удаленным терминалом в этом случае может быть как витая пара проводов, так и оптический кабель, радиоканал либо GSM сеть. Это позволяет включать КНС в АСУ ТП верхнего уровня, охватывающего все предприятие, например, все объекты предприятия, выполняющего функции водоснабжения и водоотведения населенного пункта или его части. При этом АРМ оператора интегрируется в SKADA (компьютерную систему наблюдения и контроля) всего объекта. В случае необходимости, доступ к информации о работе оборудования КНС при таком уровне автоматизации может быть обеспечен из любой точки через Internet. Кроме этого, при использовании GSM сети возникает возможность рассылки SMS сообщений о работе КНС на заданные номера мобильных телефонов.

Используя в качестве "кубиков" модули различного назначения, специалисты ООО "ЭЛПРИ" реализуют проекты любой сложности как для строящихся, так и для модернизируемых КНС, по техническим заданиям заказчиков. А для облегчения проектирования строящихся объектов на основе накопленного опыта в настоящее время разрабатывается рабочий проект, предназначенный для использования в проектных организациях.

## **ВЫВОДЫ**

1. Применение в КНС преобразователей частоты для управления скоростью вращения насосов перекачки стоков не целесообразно и даже вредно как с экономической, так и с технической точек зрения.
2. Наиболее эффективным в КНС является сочетание устройства плавного пуска для двигателей насосов перекачки стоков и программируемой системы управления и контроля за состоянием и работой оборудования.
3. Уровень автоматизации КНС может быть разным. При чем с ростом этого уровня повышается, главным образом, наблюдаемость системы, что позволяет выявлять предаварийные состояния, повышая тем самым надежность работы и снижая эксплуатационные расходы.

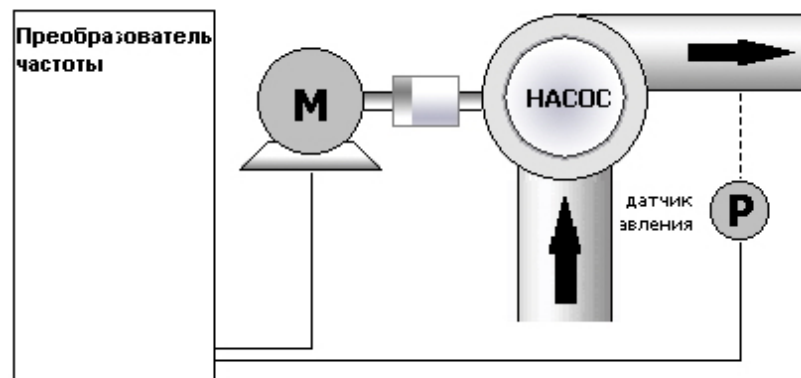


Рис. 1 Применение преобразователей частоты в системах водоподачи

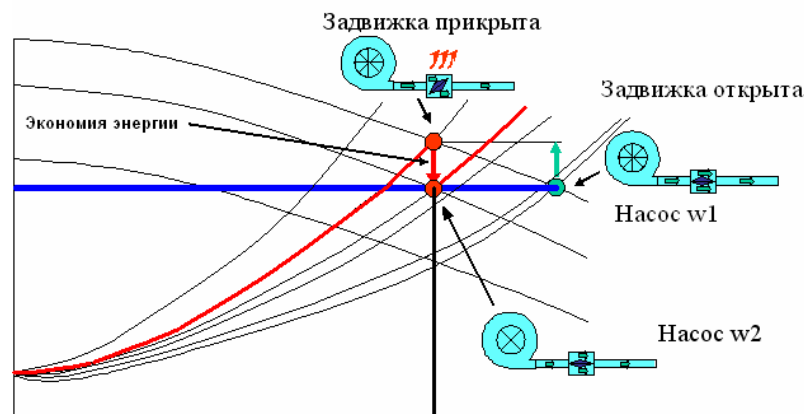


Рис. 2 Экономия энергии при регулировании скорости насосов в системах водоподачи

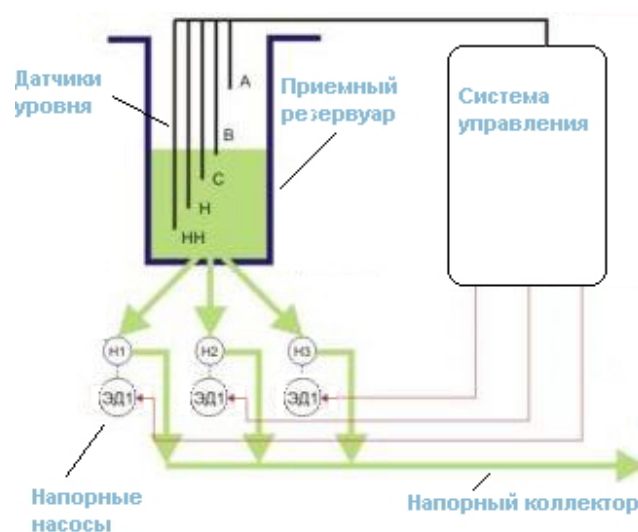
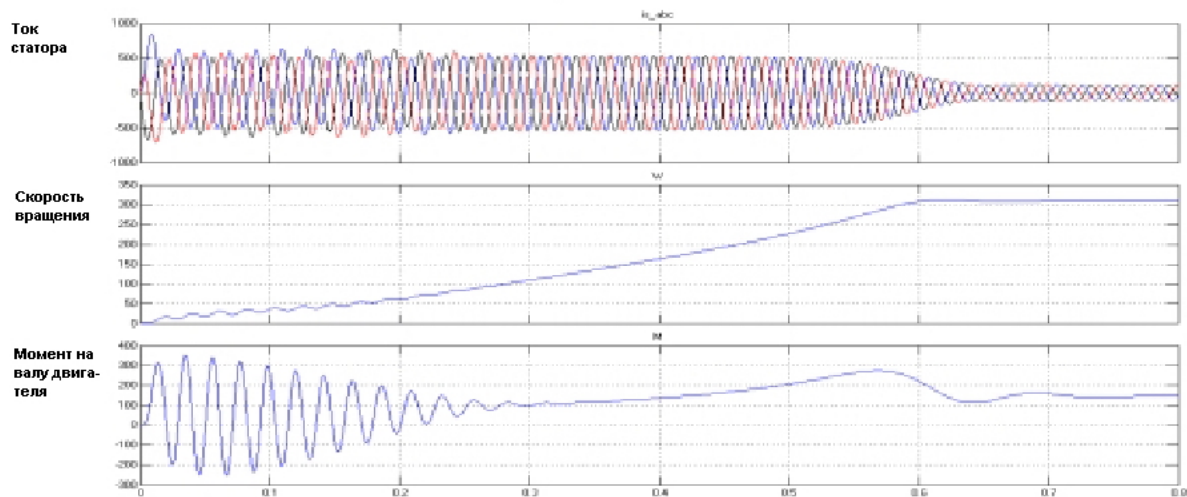
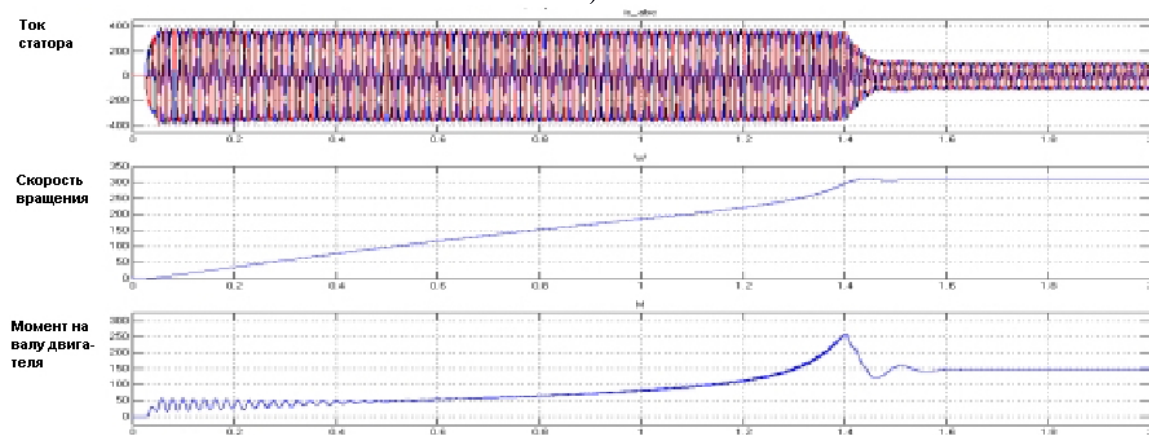


Рис. 3. Основное оборудование КНС



а)



б)

Рис. 4. Прямой (а) и плавный (б) пуск двигателя переменного тока

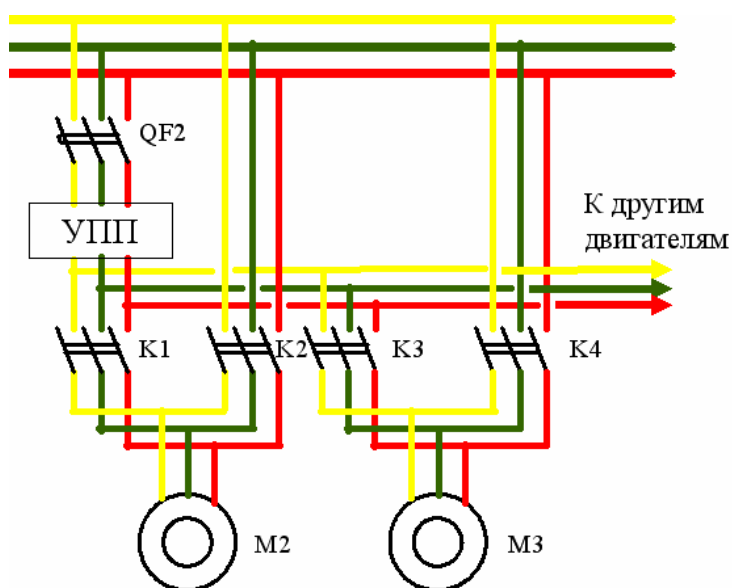


Рис.5 Многодвигательная система электропривода с одним устройством плавного пуска

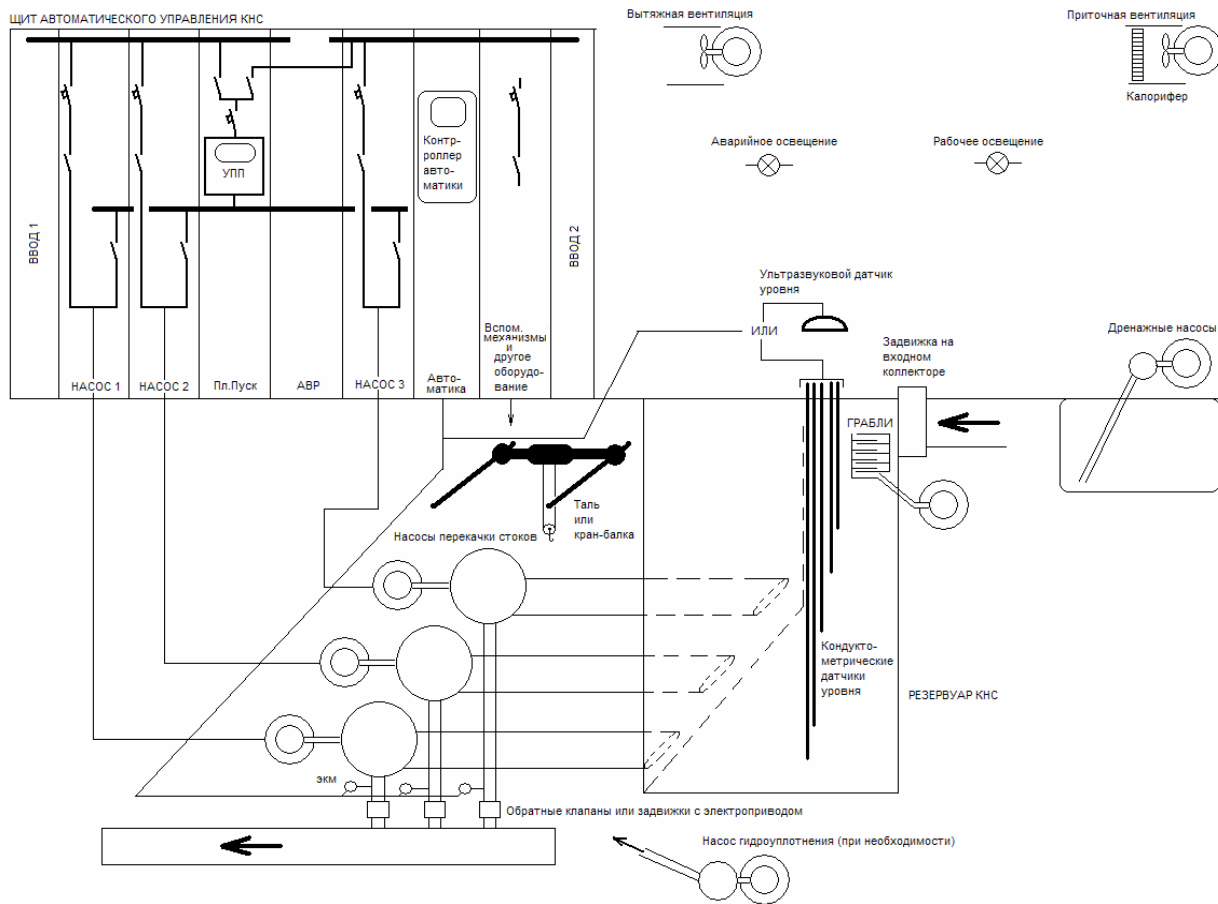


Рис.6 Устройства плавного пуска серии УПП1

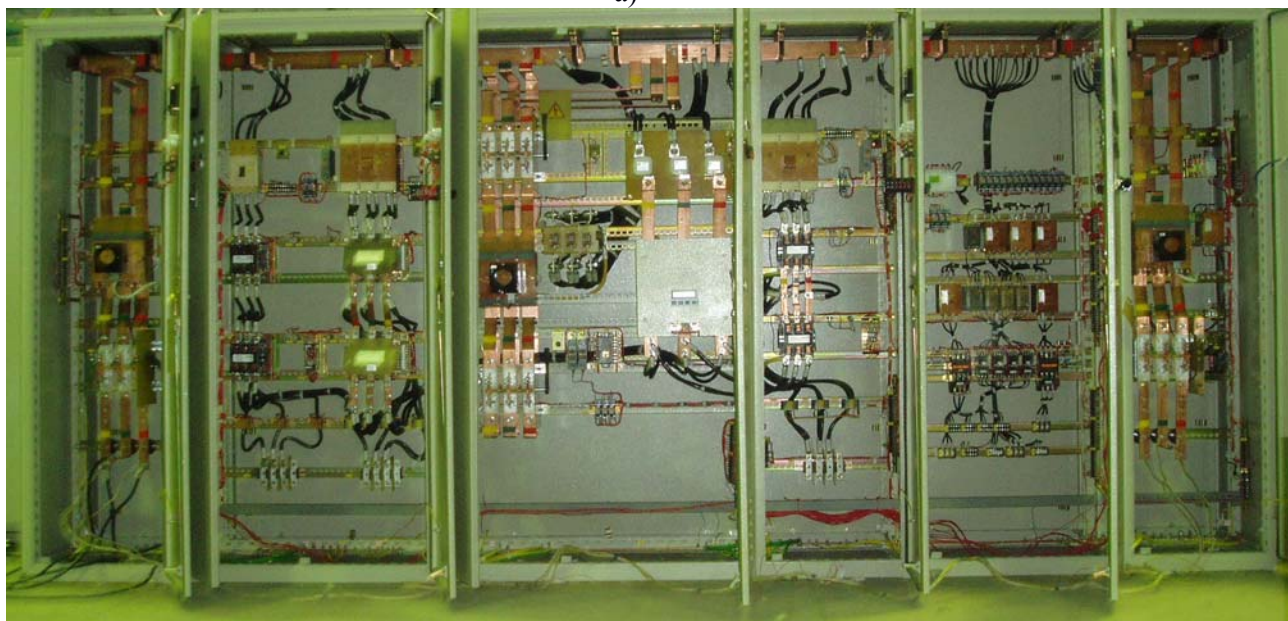


Рис. 7 Устройства плавного пуска серии УППВЭ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КНС С ПЛАВНЫМ ПУСКОМ НАСОСОВ ПЕРЕКАЧКИ СТОКОВ И АВТОМАТИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ РАБОТЫ ВСЕГО ОБЪЕКТА



а)



б)

Рис. 8 Автоматизированная КНС с плавным пуском насоса (а) и ее щит управления (б)



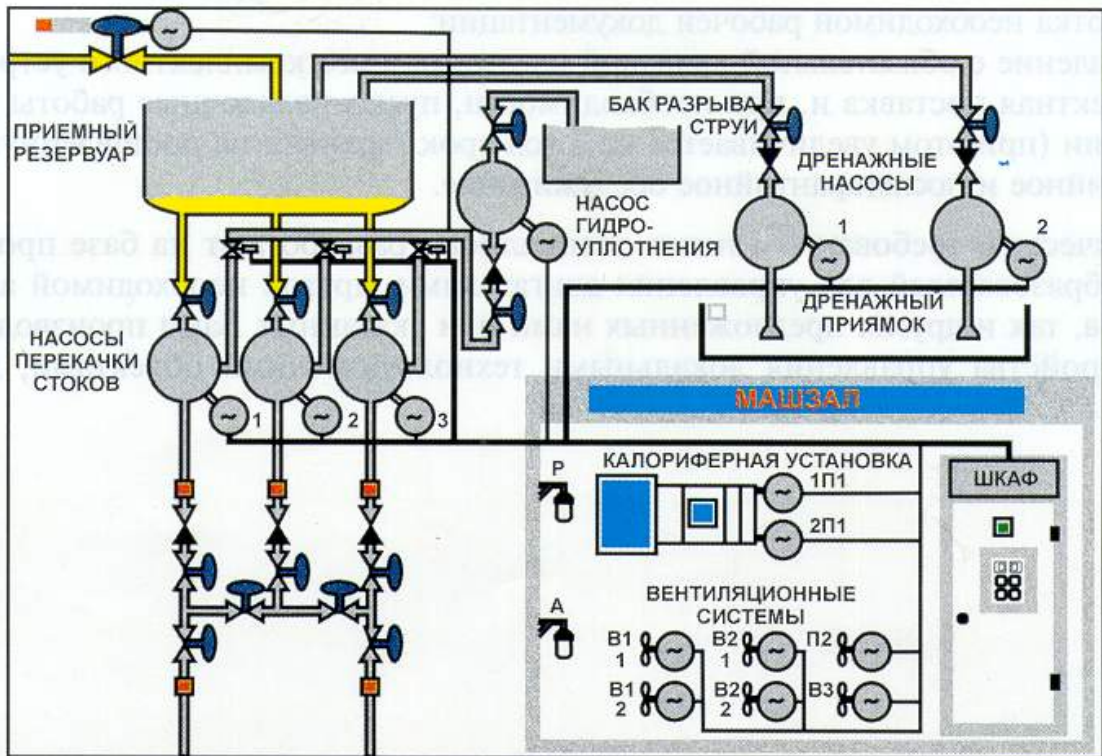


Рис.9.Основной экран АРМ оператора КНС