

Комплектные станции частотного управления насосными и вентиляторными агрегатами производства ООО "Сибирь-мехатроника" и опыт их внедрения

к.т.н. Астанин В.О.

к.т.н. Усачев А.П.

Попов А.В.

к.т.н. Дуюнов А.В.



Автоматизация и энергосбережение

Комплектные станции частотного управления насосными агрегатами (СЧУ)

СЧ400



СЧ200



СЧ100



СЧ500



Устройства локального управления

СТА1501



СМП100



СР200



Устройства управления,
телеметрии и диспетчеризации

СТА1703



СТК500



СТА1704



СТА1705



География распространения

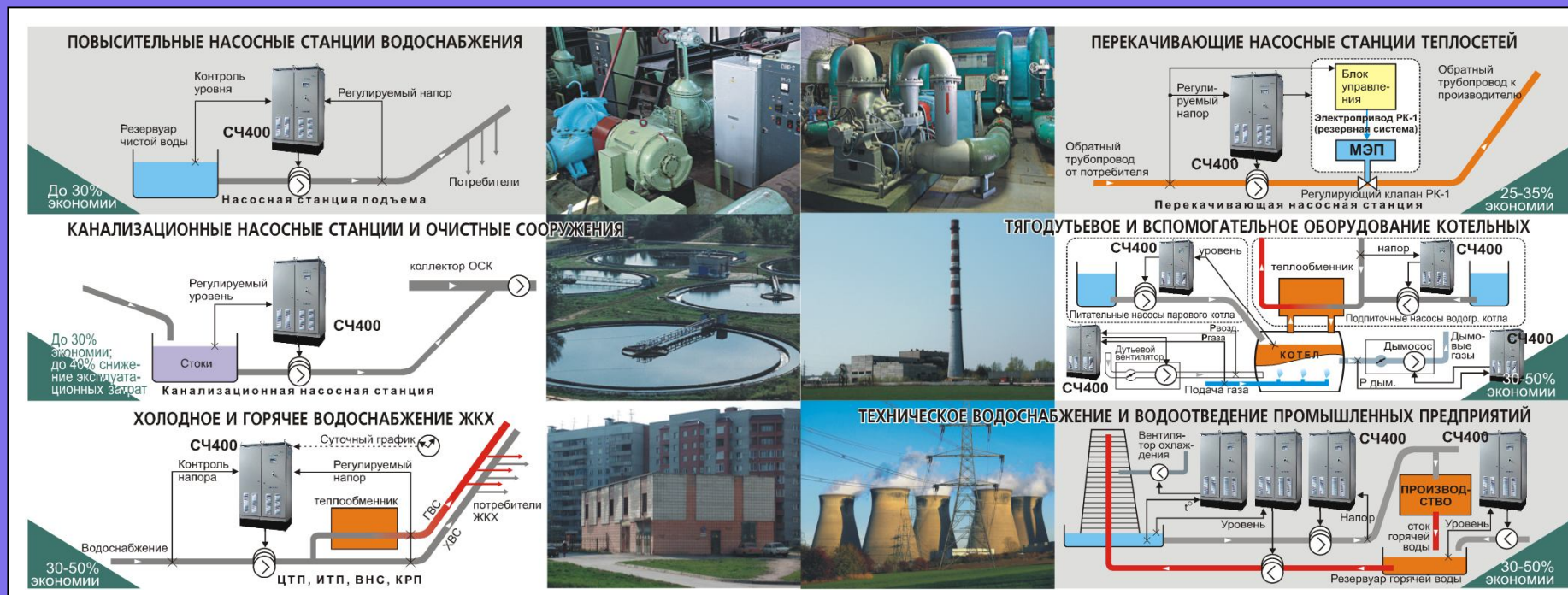


Партнеры:

ОАО «Новосибирскгортеплоэнерго»
 МУП «Горводоканал» г. Новосибирск
 ОАО «Новосибирский инструментальный завод»
 ГУП «УЭВ» СО РАН, г. Новосибирск
 ГУК «ПЭТС» СО РАСХН, г. Краснообск
 ДГУ ЭПП «Промтехэнерго», г. Кольцово
 ОАО «АКС» г. Благовещенск
 ОАО «Водоканал-Чита», г. Чита

МУП города Хабаровска «Водоканал»
 ОАО «Кемвод», г. Кемерово
 МП «Тепловые сети», г. Кемерово
 ОАО «ОмскВодоканал», г. Омск
 МП города Абакана «Водоканал»
 ГКП «Семей-Водоканал», г. Семипалатинск
 и многие другие...

Типовые объекты применения



Технологические системы:

- насосные станции артезианских и речных водозаборов
- насосные станции 2, 3 ... подъемов
- квартальные насосные станции (ХВС, ГВС, циркуляция, отопление)
- канализационные насосные станции
- сетевые и понизительные насосные станции отопления
- тягодутьевое оборудование котельных (вентиляторы, дымососы)
- технологический водооборот промышленных предприятий

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



СИБИРЬ-МЕХАТРОНИКА

ОБОРУДОВАНИЕ С НОВЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ



СТАНЦИИ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ
УСТРОЙСТВА ЛОКАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ
ТЕЛЕМЕТРИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ

ТЭО

Проект

Производство

Монтаж

Наладка

Обслуживание

МУП г. Новосибирска "Горводоканал",
ОАО "ОмскВодоканал", г. Омск,
ОАО "Кемвод", г. Кемерово,
ОАО "Амурские коммунальные системы", г. Благовещенск
МУП г. Хабаровска "Водоканал",
ОАО "Водоканал-Чита", г. Чита,
МП г. Абакана "Водоканал"
ОАО "Новосибирскгортеплоэнерго"
МП г. Кемерово "Тепловые сети"
и многие другие.



Комплексный подход к внедрению

- обследование объекта
- составление технического задания
- подбор оптимального комплекта оборудования
- технико-экономическое обоснование установки оборудования
- выполнение проектно-сметной документации (ПСД)
- согласование ПСД со службами Заказчика и Ростехнадзора
- производство оборудования
- установка и монтаж оборудования на объекте
- пуско-наладочные мероприятия
- обучение обслуживающего персонала
- сдача объекта службам Заказчика и инспекции Ростехнадзора
- техническое сопровождение (гарантийное и послегарантийное обслуживание, консультации по вопросам эксплуатации)



Комплектное оборудование

Станции частотного управления насосными агрегатами:

- Серии **СЧ400** 380 В, 11...315 кВт «универсальные»
- Серии **СЧ200** 380 В, 0.75...15 кВт «маломощные»
- Серии **СЧ100** 380 В, 0.75...15 кВт «бюджетные»
- Серии **СЧ500** 0.69/6.0 (10.0) кВ, 250...1250 кВт «высоковольтные»

Устройства и приборы локального управления:

- Шкафы с устройством мягкого пуска серии **СМП100**
- Блоки управления запорно-регулирующей арматурой серии **СР200**
- Станции управления воздушным нагнетателем **СТА1501**

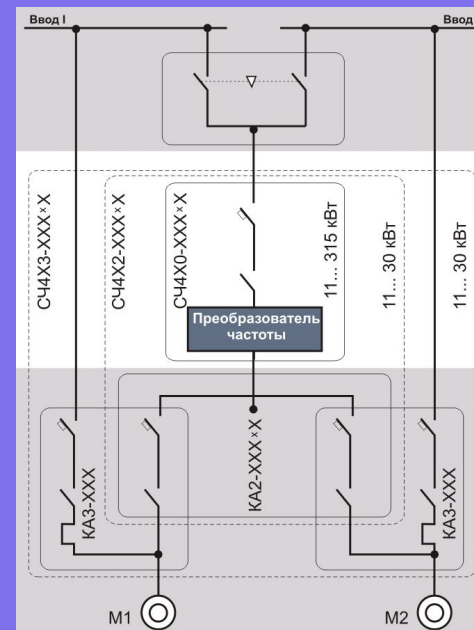
Устройства управления, телеметрии и диспетчеризации:

- Технологический контроллер насосной станции **СТК500**
- Блоки автоматики серии **СТА1703** для управления насосными агрегатами
- Блоки автоматики серии **СТА1704/СТА1705** для телеметрии и диспетчеризации



Станции серии СЧ400 (универсальные)

- Управление группой НА: до 3
- Мощность: 11...315 кВт, 380 В
- Технологический параметр:
давление, уровень
- Схема работы НА:
4 алгоритма управления
- Способ переключения двигателей:
автоматический, ручной
- Параллельная работа:
до 3 станций
- Коммутационная аппаратура:
встроенная, внешняя

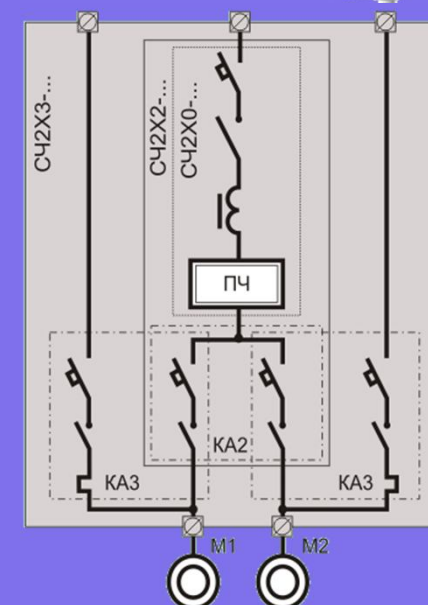


КНС, ВНС I, II и III подъёмов, ПНС ТС, квартальные (ХВС, ГВС, отопление)



Станции серии СЧ200 (маломощные)

- Управление группой НА:** до 3
- Мощность:** 0,37...15 кВт, 380 В
- Технологический параметр:**
давление, уровень
- Схема работы НА:**
каскадный, поочередный
- Способ переключения
двигателей:**
автоматический, ручной
- Коммутационная аппаратура:**
встроенная



КНС, квартальные НС (ХВС, ГВС, циркуляция, отопление)



Станции серии СЧ100 (бюджетные)

Управление группой НА: до 2

Мощность: 0,37...15 кВт, 380 В

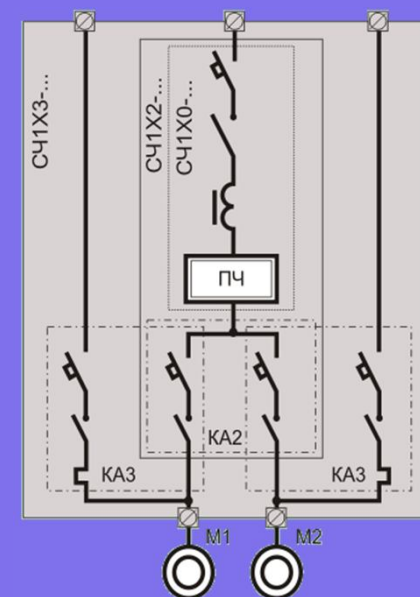
Технологический параметр:
давление, уровень

Схема работы НА:
поочередный

Способ переключения
двигателей:

ручной

Коммутационная аппаратура:
встроенная



КНС, квартальные НС (ХВС, ГВС, циркуляция, отопление)



Станции серии СЧ500 (ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ)

Управление группой НА: до 4

Мощность:

250...1250 кВт, 0,66/10 кВ
(двухтрансформаторная схема)

Технологический параметр:

давление, уровень

Схема работы НА:

каскадный, поочередный

Способ переключения двигателей:

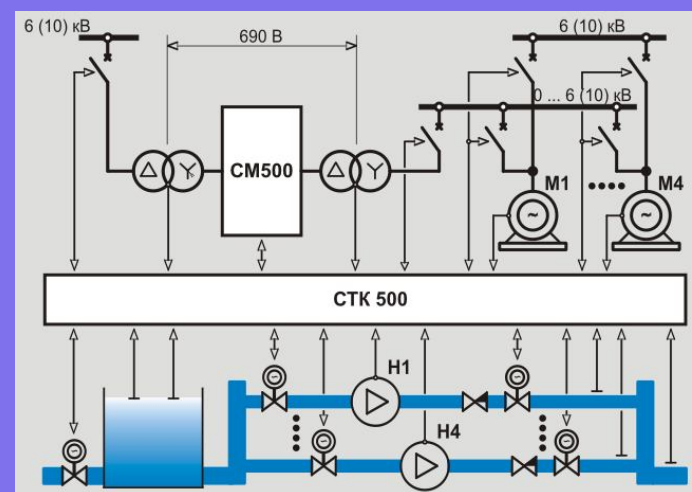
автоматический, ручной

Коммутационная аппаратура:

ячейки КСО, КМ

Качество напряжения:

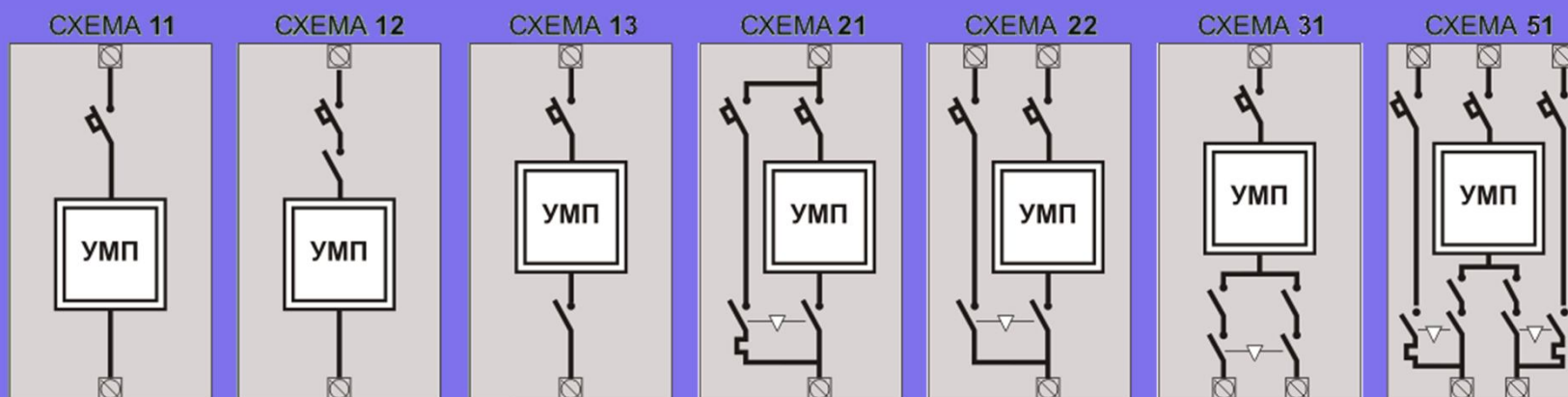
встроенный sin-фильтр



ВНС I, II и III подъёмов, ГНС, КНС, ПНС

Шкафы с УМП серии СМП100

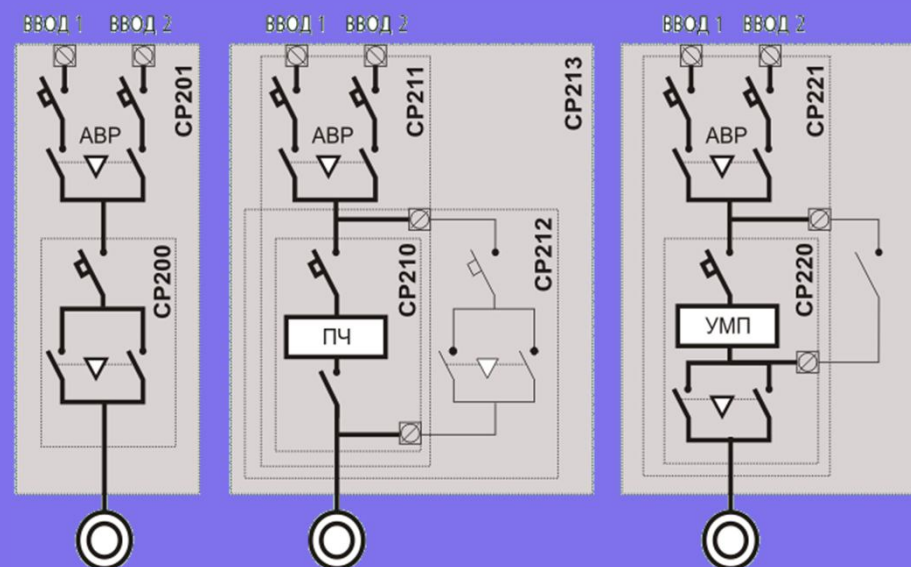
- Плавные пуск и останов НА
- Семь силовых схем исполнения шкафов
- Работа индивидуально или в составе станции группового управления насосными агрегатами
- УМП производства Emotron (Швеция)
- Мощность 5,5...315 (800) кВт, 380 В



КНС, ВНС I подъема

Блоки управления запорно-регулирующей арматурой серии СР200

- Работа с любым типом арматуры
- Замкнутая система авторегулирования заданного технологического параметра
- 7 программируемых суточных графиков
- Автоматическое или ручное управление приводом
- Исполнения силовой схемы управления:
 контакторное, с ПЧ или УМП
- Мощность двигателя:
 0,2...7,5кВт, 380 В

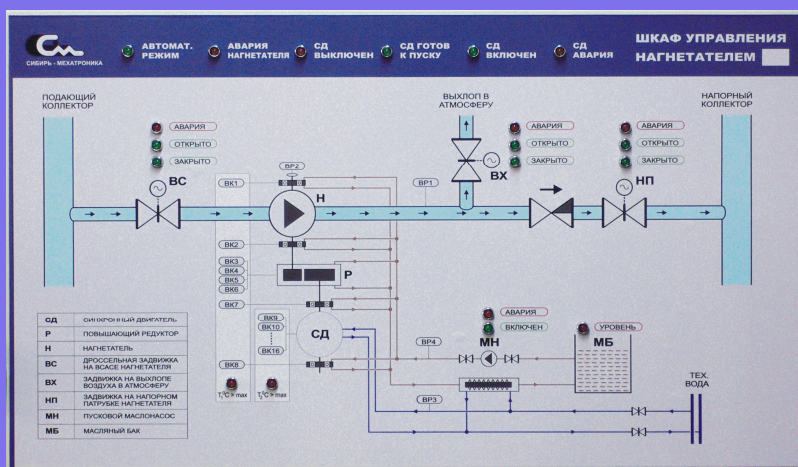


Станция управления воздушным нагнетателем СТА1501

Разработана для замены устаревшего оборудования управления нагнетателем (ОСК)

Обеспечивает:

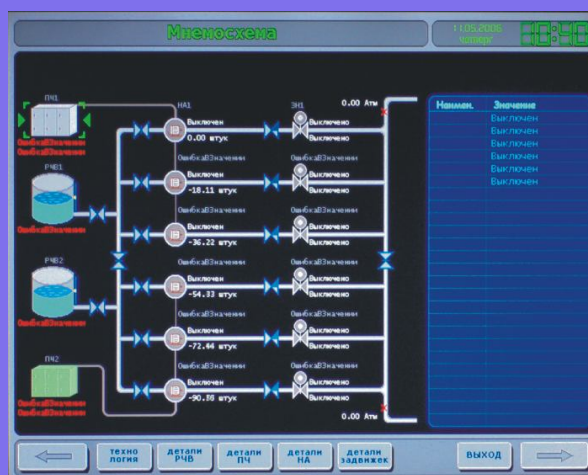
- автоматизацию управления ТП
- контроль и защиту всех основных параметров и узлов
- ручной и автоматический режимы управления
- расположение всех органов контроля и управления в одном месте





Технологический контроллер СТК500

- Согласованное управление группой ПЧ (до 4-х)
- Управление вспомогательными механизмами и системами
- Контроль различных параметров механизмов и систем
- Регистрация и телеметрия





Блоки управления СТА1703

- Автоматическое управление группой насосных агрегатов
- «Старт-стопный» алгоритм группового управления
- Работа с внешними пусковыми устройствами любого типа
- Регистрация и телеметрия



ВНС I подъема из артезианских скважин, КНС



Блоки телеметрии и диспетчеризации СТА1704/СТА1705

- Контроллеры АСУ ТП нижнего уровня для построения систем телеметрии, АСУ ТП, АСДУ
- Взаимодействие с АСУ ТП верхнего уровня по любому каналу связи
- Встроенные автономные алгоритмы управления (СТА1705)
- Подключение электроавтоматики по дискретным, аналоговым и импульсным входам, RS485
- Встроенный ИБП





Обзор продукции

Комплектные станции частотного управления насосными агрегатами (СЧУ)

СЧ400



СЧ200



СЧ100



СЧ500



Устройства локального управления

СТА1501



СМП100



СР200



Устройства управления, телеметрии и диспетчеризации

СТА1703



СТК500



СТА1704



СТА1705





Основные функции управления

Основные технологические функции:

- регулирование технологического параметра (давление, уровень...)
- 4 групповых и 1 совместный алгоритм управления агрегатами

Дополнительные и защитные технологические функции:

- АВР датчиков технологического параметра
- контроль «сухого хода», повышения и понижения давления на напоре
- снижение производительности насосной станции по граничным условиям
- согласованное управление запорной арматурой

Защитные функции электродвигателя и насосного агрегата:

- АПВ по параметрам напряжения питания и внутренним защитам СЧУ
- контроль электрических параметров во всех режимах (РКН, МТД)
- контроль состояния оборудования дискретными датчиками (перепада, влажности, температуры, изоляции и т.п.)
- отключение неисправного и переход на резервный агрегат (АВР)

Возможность подключения к системе сбора данных, диспетчерского контроля и управления (АСУ ТП)

Подбор оборудования

Альбом типовых применений:

- структурирован по разделам технологических систем
- объединяет варианты силовых цепей (десятки вариантов)
- содержит спецификации оборудования и описание функционирования системы
- упрощает процедуру подбора комплекта оборудования

РАЗДЕЛ 1: СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ТИП 1: ВОДОПРОВОДНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ I - ПОДЪЕМА

ТИП 2: ВОДОПРОВОДНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ II, III ... - ПОДЪЕМА

ТИП 3: ПОВЫСИТЕЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ (КВАРТАЛЬНЫЕ)

ТИП 4: СИСТЕМА ВНС: I - II - III... ПОДЪЕМА С ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ

РАЗДЕЛ 2: СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ВОДООТВЕДЕНИЯ

ТИП 1: КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

ТИП 2: ГЛАВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

ТИП 3: ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ

РАЗДЕЛ 3: СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

ТИП 1: ТЯГОДУТЬЕВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЕЛЬНЫХ

ТИП 2: ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЕЛЬНЫХ

ТИП 3: ПОВЫСИТЕЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ТЕПЛОСЕТЕЙ

ТИП 4: ПОНИЗИТЕЛЬНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ТЕПЛОСЕТЕЙ

ТИП 5: КОРРЕКТИРУЮЩИЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ТЕПЛОСЕТЕЙ

РАЗДЕЛ 4: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

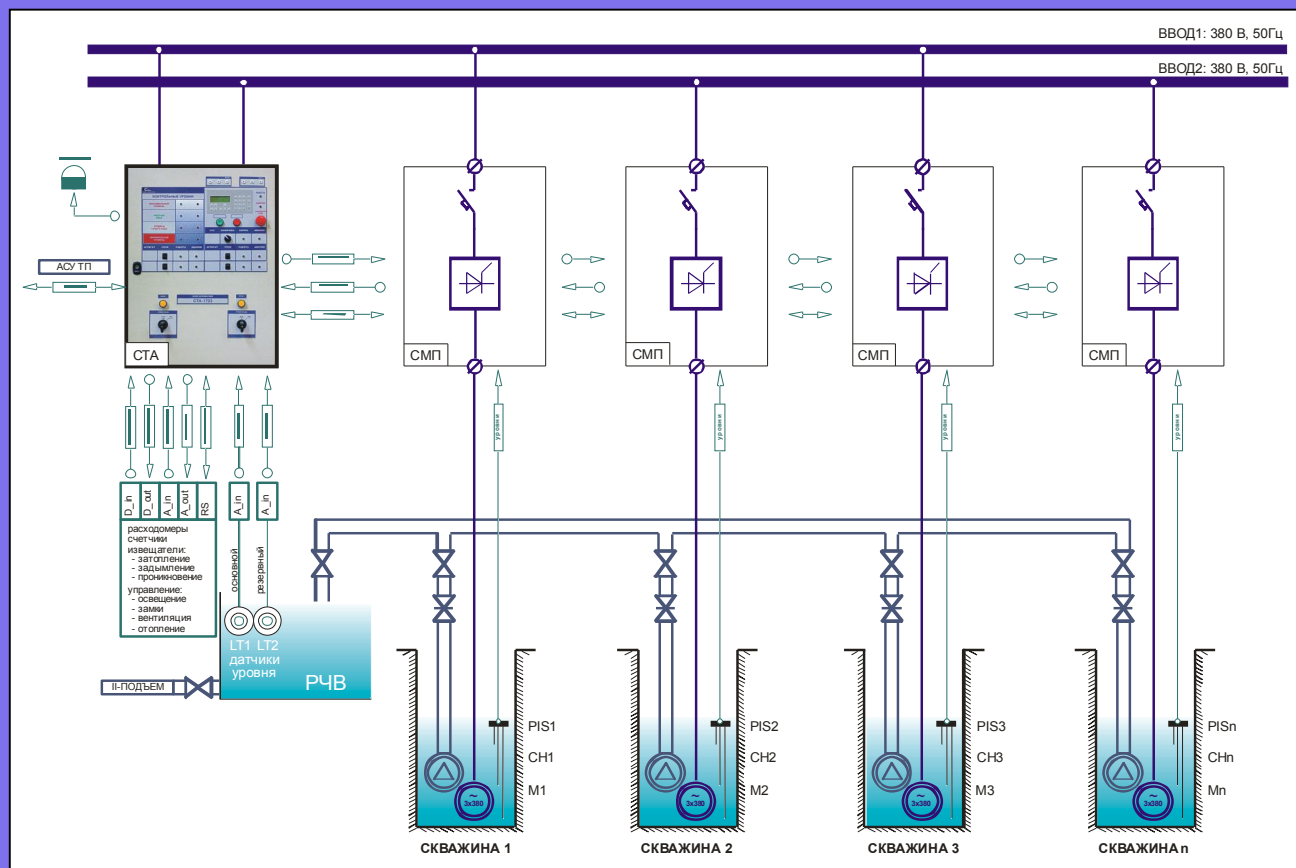
ТИП 1: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВОДОБОРОТ ЗАВОДОВ

ТИП 2: НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ АЭРОДРОМНОЙ ЗАПРАВКИ ТОПЛИВОМ



Примеры структур силовых цепей

Шкафы с индивидуальными УМП без резервных цепей



Типовое применение:

- артезианские водозаборы (1 подъем)
- канализационные насосные станции

Система автоматического регулирования уровня в заданном диапазоне.

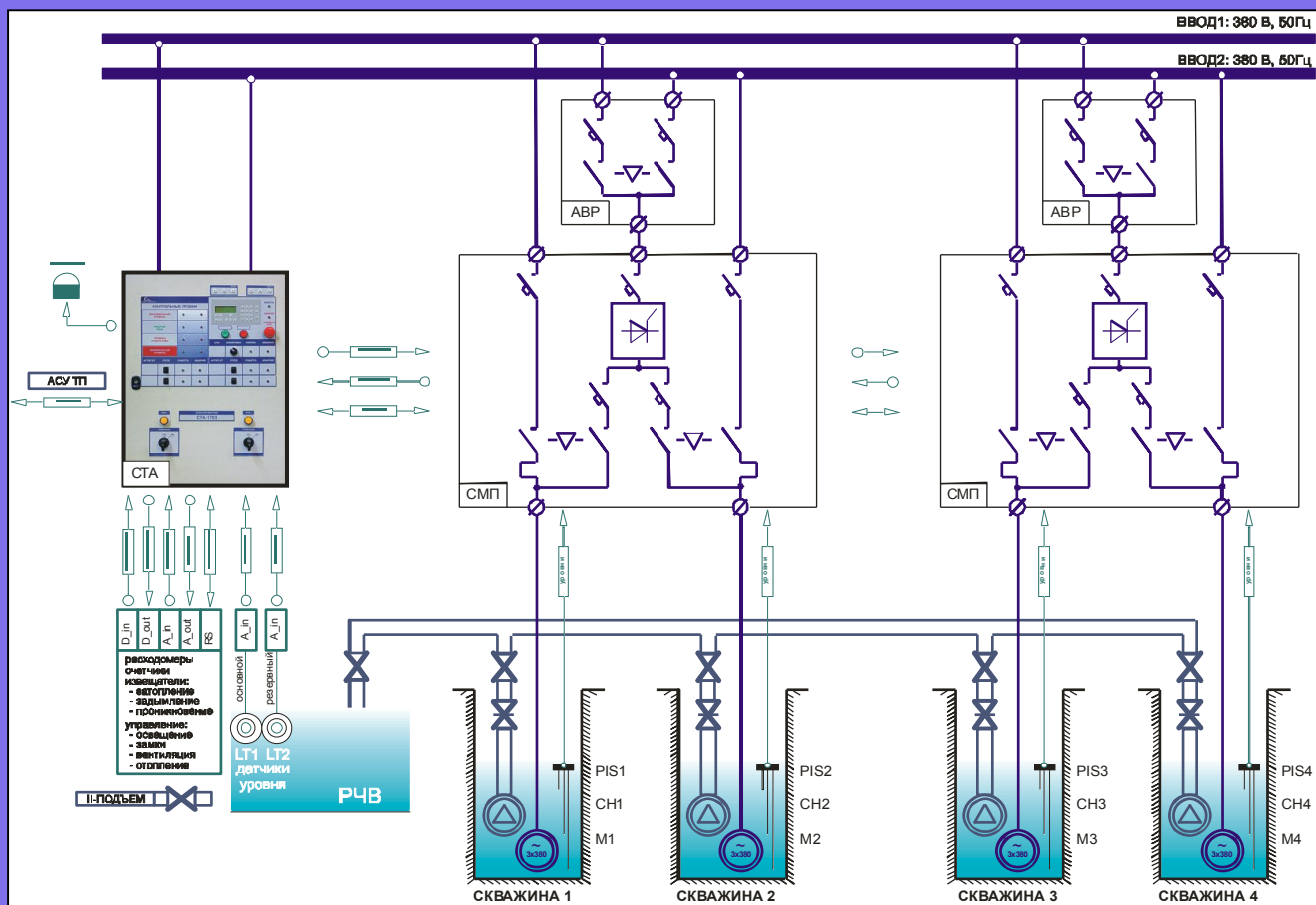
Алгоритм управления - «СТАРТ/СТОП» с плавным пуском агрегатов через УМП.

Согласованное управление осуществляется по командам шкафа автоматики СТА1703.

Технологическое резервирование – по числу установленных агрегатов.

Примеры структур силовых цепей

Шкафы с УМП на 2 агрегата, резервирование от сети каждого агрегата



Типовое применение:

- артезианские водозаборы (1 подъем)
- канализационные насосные станции

Система автоматического регулирования уровня в заданном диапазоне.

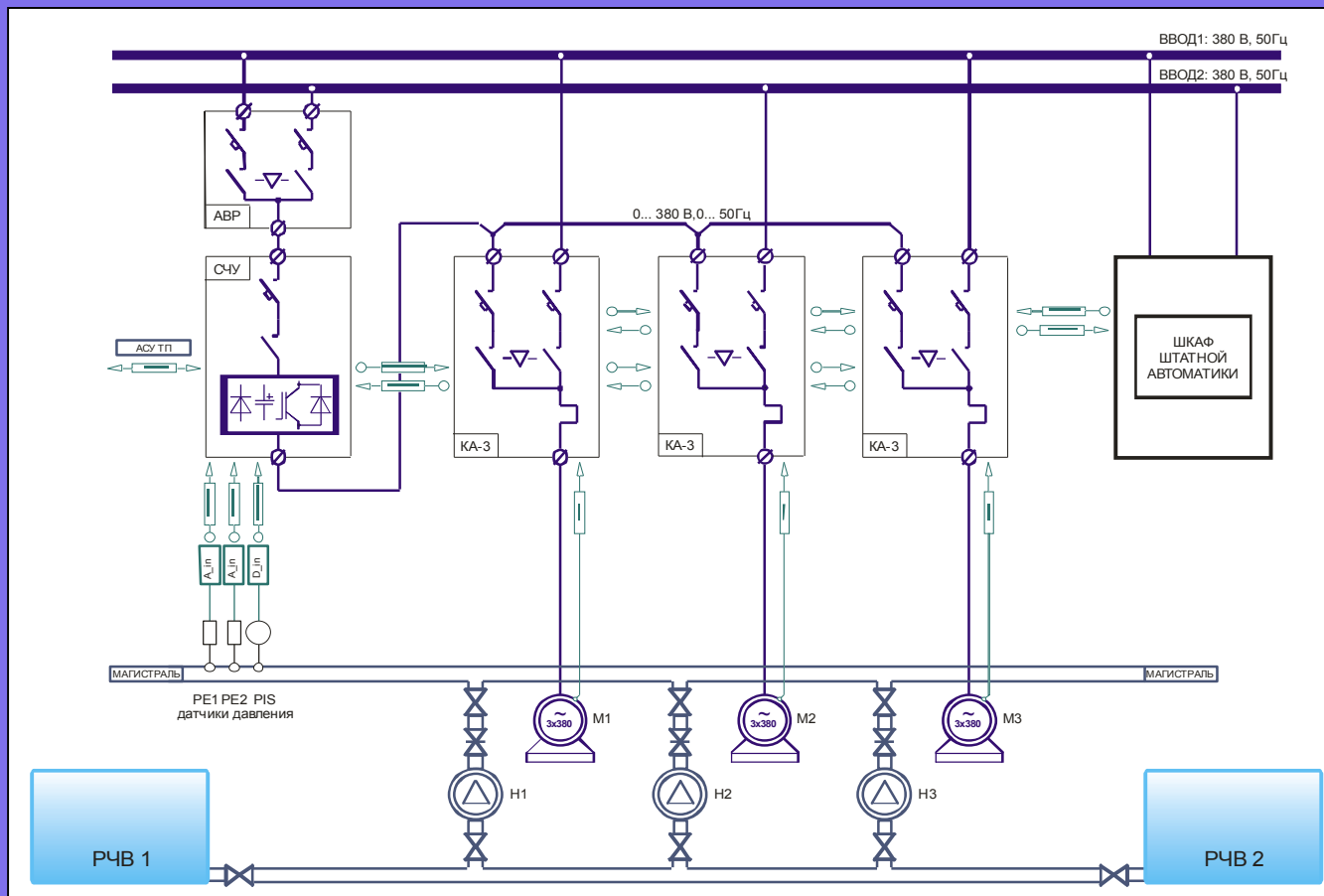
Алгоритм управления - «СТАРТ/СТОП» с плавным пуском агрегатов через УМП.

Согласованное управление осуществляется по командам шкафа автоматики СТА1703.

Технологическое резервирование – возможность подключения к сети по резервной цепи.

Примеры структур силовых цепей

Групповое частотное управление, резервирование от сети



Типовое применение:

- ВНС 2, 3...подъема
- повысительные квартальные НС (ЦТП, ИТП, КРП ...)
- канализационные насосные станции
- насосные станции систем отопления (сетевые, понижительные)

Система автоматического частотного регулирования давления (уровня, температуры).

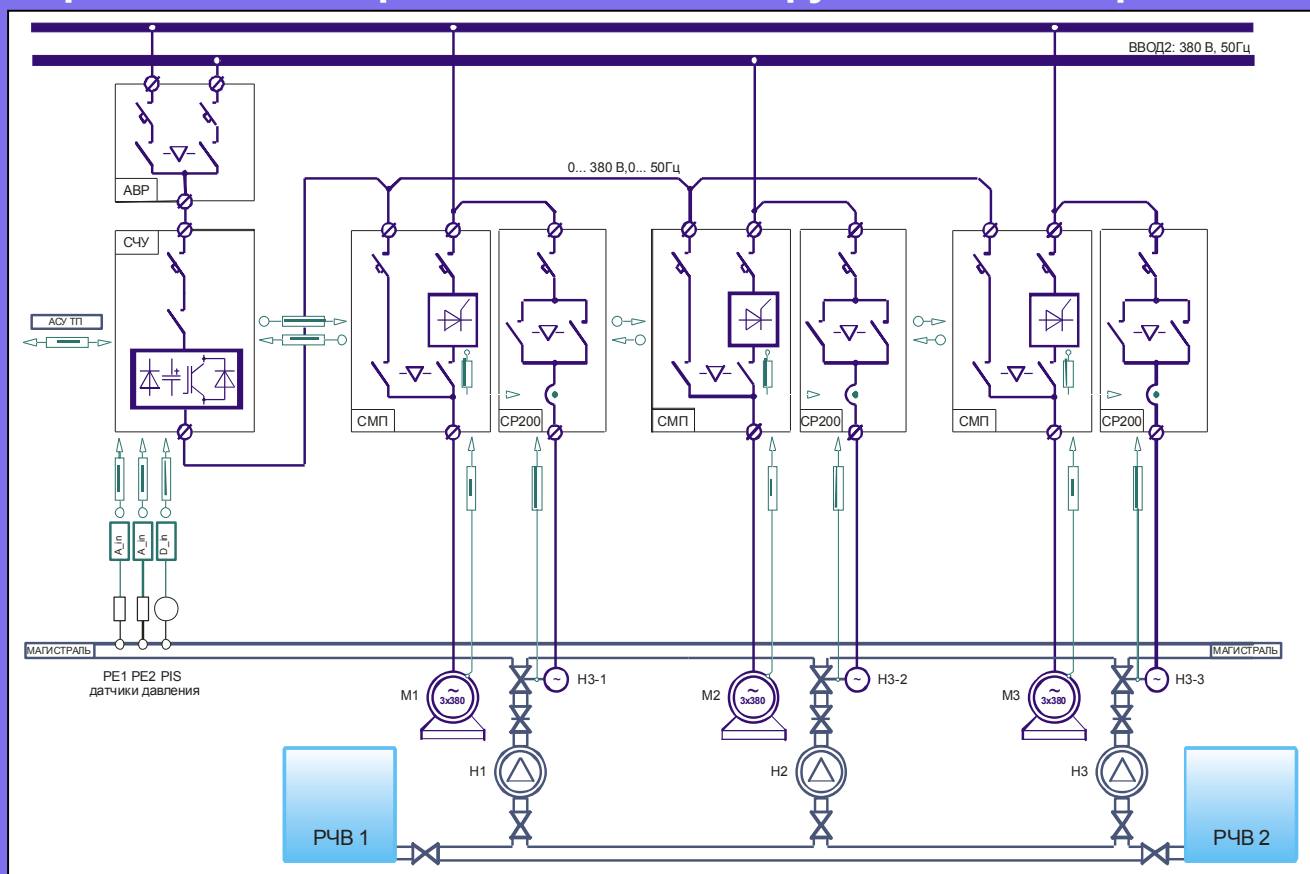
Алгоритм – групповое управление до 3-х агрегатов, пуск дополнительного от «сети».

Согласованное управление осуществляется по командам шкафа СЧУ.

Технологическое резервирование – возможность подключения к сети по резервной цепи.

Примеры структур силовых цепей

Групповое частотное управление, резервирование от УМП
Управление напорной задвижкой в функции тока агрегата



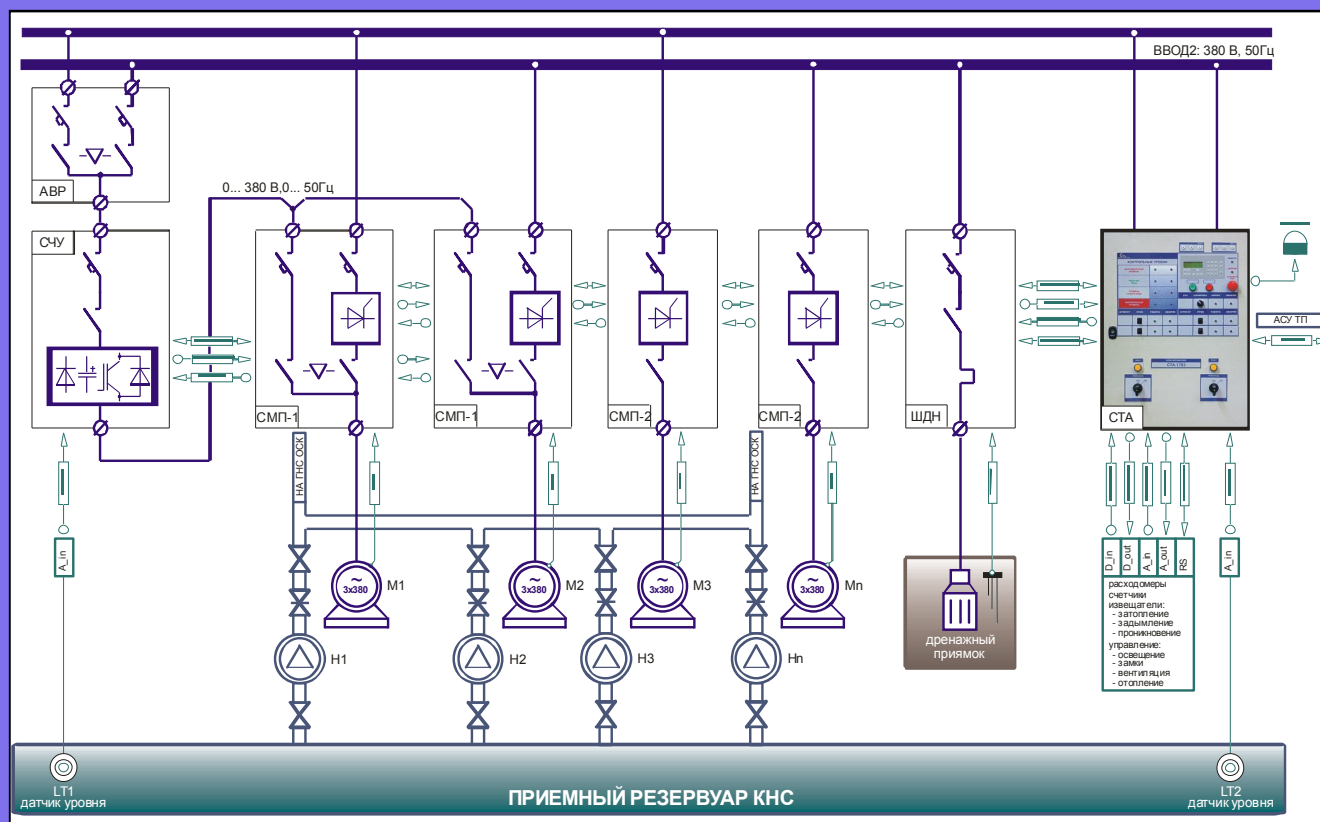
Типовое применение:

- мощные насосные станции с электрифицированными напорными задвижками (ВНС 2,3...подъема)
- насосные станции систем отопления (сетевые, понижительные)

Система автоматического частотного регулирования давления на заданном уровне.
Алгоритм – групповое управление до 3-х агрегатов, плавный пуск дополнительного от УМП.
Согласованное управление осуществляется по командам шкафа СЧУ.
Технологическое резервирование – возможность подключения к сети от УМП.

Примеры структур силовых цепей

Частотное управление, с резервной системой управления от блока автоматики. Плавный пуск дополнительного от УМП



Типовое применение:

- артезианские водозаборы (1 подъем)
- канализационные насосные станции

Система автоматического частотного регулирования уровня.

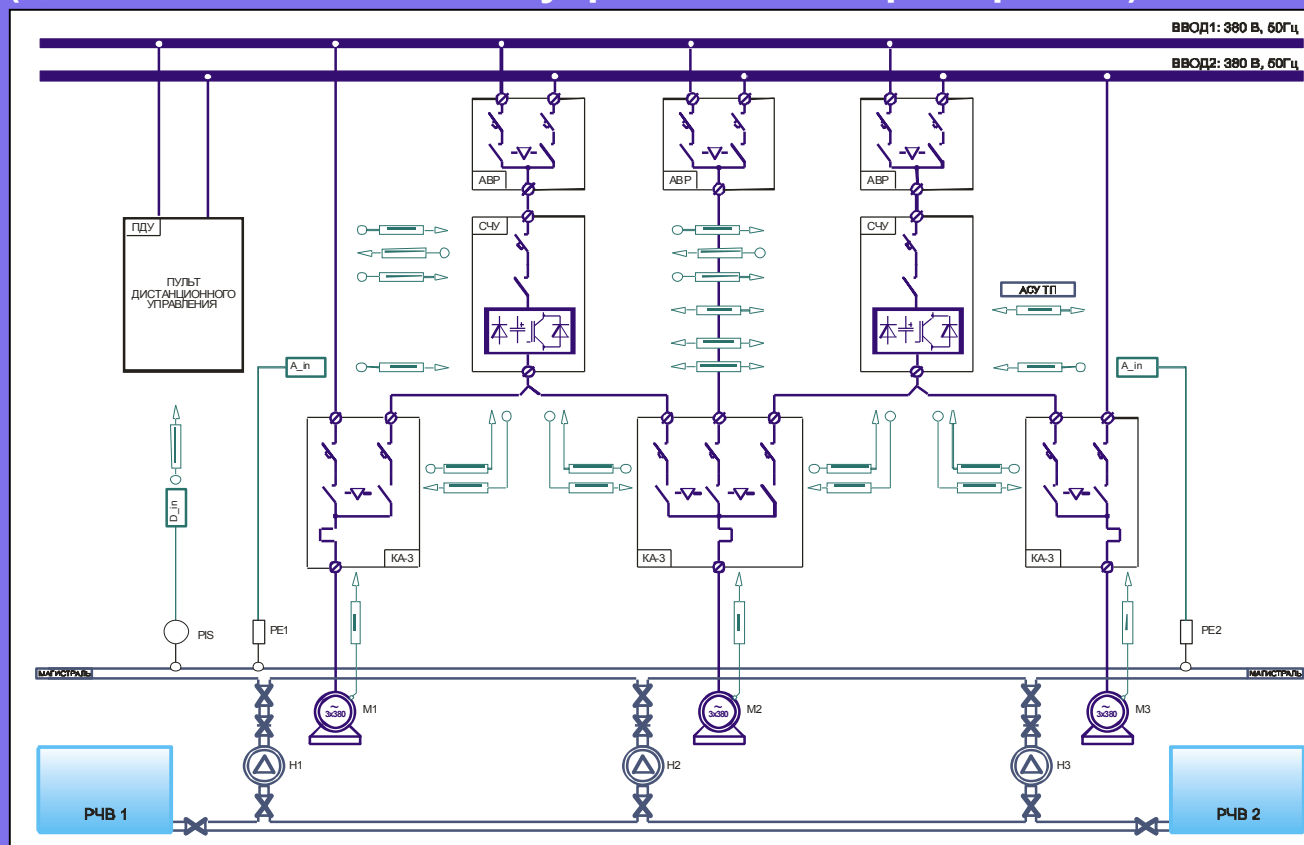
Алгоритм – групповое управление до 6-и агрегатов, пуск дополнительного от УМП.

Управление дополнительными агрегатами - по командам шкафа СЧУ и СТА1703.

Технологическое резервирование – возможность подключения к сети от УМП.

Примеры структур силовых цепей

Совместное частотное управление, резервирование от сети
(две станции частотного управления на три агрегата)



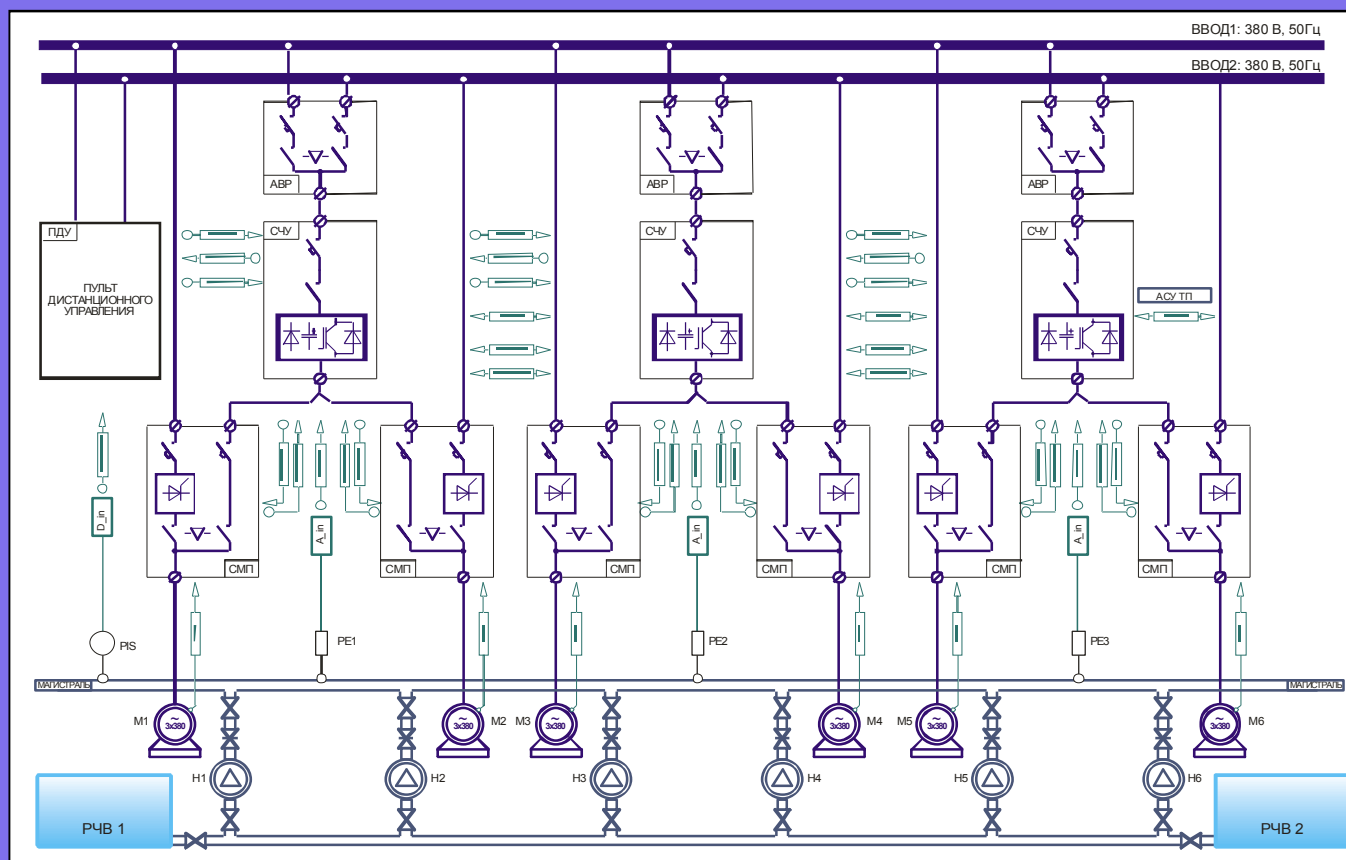
Типовое применение:

- ВНС 2, 3...подъема
- повысительные квартальные НС (ЦТП, ИТП, КРП ...)
- канализационные насосные станции
- насосные станции систем отопления (сетевые, понижительные)

Система автоматического частотного регулирования давления (уровня, температуры).
Алгоритм – индивидуальное частотное управление основными агрегатами (до двух) в системе «ведущий/ведомый» с выравниванием токовой загрузки.
Технологическое резервирование – возможность подключения к сети по резервной цепи.

Примеры структур силовых цепей

Совместное частотное управление, резервирование от УМП
(три станции частотного управления на шесть агрегатов)



Типовое применение:

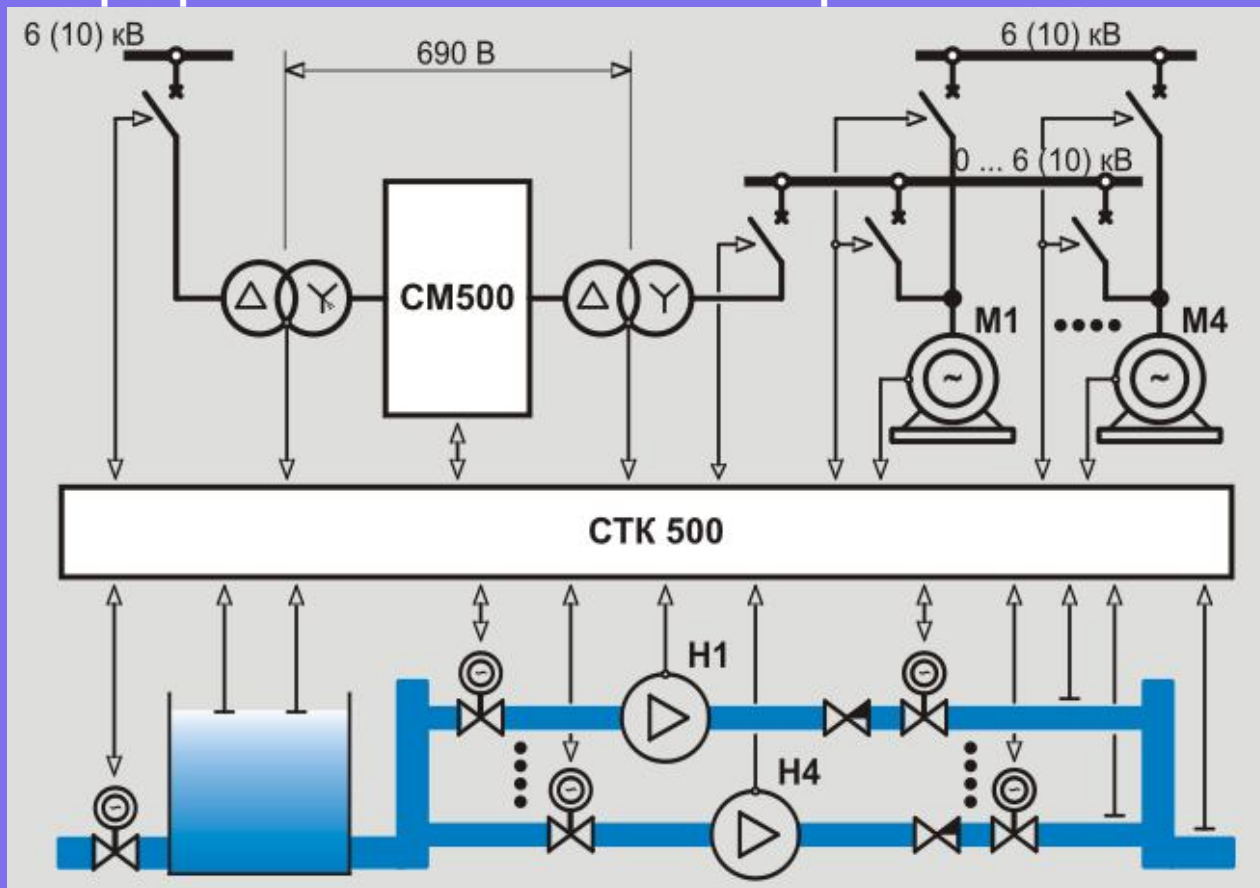
- ВНС 2, 3...подъема
- канализационные насосные станции
- насосные станции систем отопления (сетевые, понижительные)

Система автоматического частотного регулирования давления (уровня, температуры).
Алгоритм – индивидуальное частотное управление основными агрегатами (до трех) в системе «ведущий/ведомый» с выравниванием токовой загрузки.
Технологическое резервирование – возможность подключения к сети от УМП.

Примеры структур силовых цепей

Групповое частотное управление высоковольтным приводом.

Резервирование от сети. Полный контроль состояния объекта



Типовое применение:

- ВНС 1, 2, 3 ... подъемов
- главные насосные станции
- канализационные насосные станции
- насосные станции систем отопления (сетевые, понижительные)

Система автоматического частотного регулирования давления (уровня, температуры).

Алгоритм – групповое управление до 4-х агрегатов, пуск дополнительного от «сети».

Управление оборудованием и контроль объекта осуществляется шкафом CTK-500.

Технологическое резервирование – возможность подключения к сети по резервной цепи.

Групповое управление агрегатами с одним преобразователем частоты

ПЧ – ПЧ	Производительности одного агрегата достаточно. Автоматический перевод на сеть не осуществляется. Возможен АВР агрегата при обнаружения неисправности основного.
ПЧ – С	Подключение дополнительного к сети осуществляется с разгоном от ПЧ в функции техн. параметра или токовой загрузки. Последовательность перевода ПЧ: 1 ➡ 2 ➡ 3 ➡ 2 ➡ 1
ПЧ + С	Основной агрегат – всегда от ПЧ. Подключение дополнительных напрямую от сети. Последовательность переключений (1 ➡ ПЧ; 2 ➡ С; 3 ➡ С)
кольцо	Подключение дополнительного к сети осуществляется с разгоном от ПЧ в функции техн. параметра или токовой загрузки. Последовательность перевода ПЧ: 1 ➡ 2 ➡ 3 ➡ 1 ➡ ..

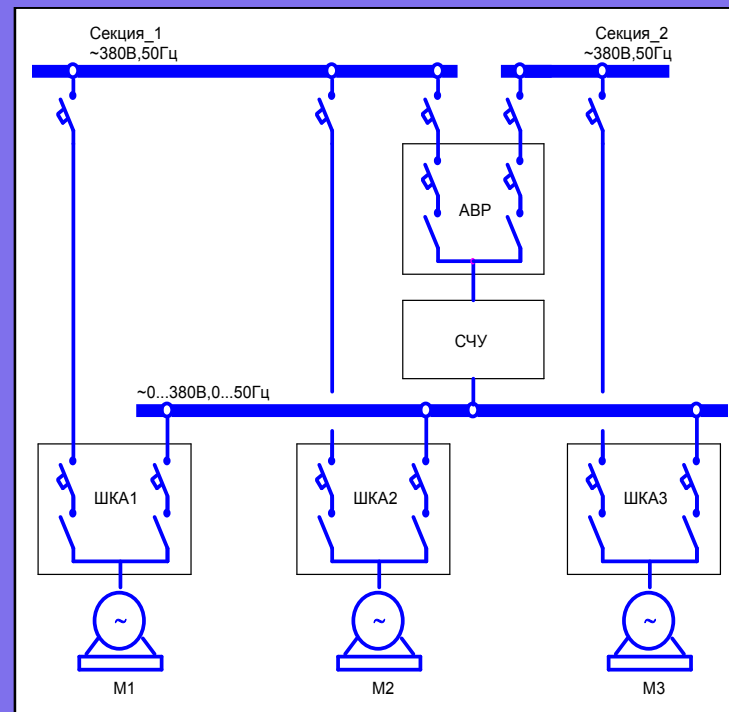
Совместное управление с индивидуальными преобразователями частоты

3 - ПЧ	Индивидуальное частотное управление каждым агрегатом в системе «ведущий-ведомый» Выравнивание токовой загрузки агрегатов достигается одинаковой частотой вращения. Наличие нескольких СЧУ определяет высокую степень резервирования систем управления с автоматической передачей роли «ведущего» при его неисправности.
--------	---

Опыт применения:

проблема	техническое решение
параллельная работа агрегатов частотно-регулируемых и подключенных к сети	индивидуальное частотное управление
	дресселирование агрегата включенного от сети в функции тока
двойная производительность при включении доп. агрегата от сети (по давлению)	предварительное торможение агрегата управляемого от ПЧ
малая производительность при отключении доп. агрегата от сети (по давлению)	предварительный разгон агрегата управляемого от ПЧ
запрет пуска агрегата от сети на открытую задвижку	согласованное управление напорными задвижками
настройка защитных функций на двигатели с мощностью меньшей мощности ПЧ	индивидуальное ограничение тока в соответствии с номин. данными двигателя

Структура силовых цепей



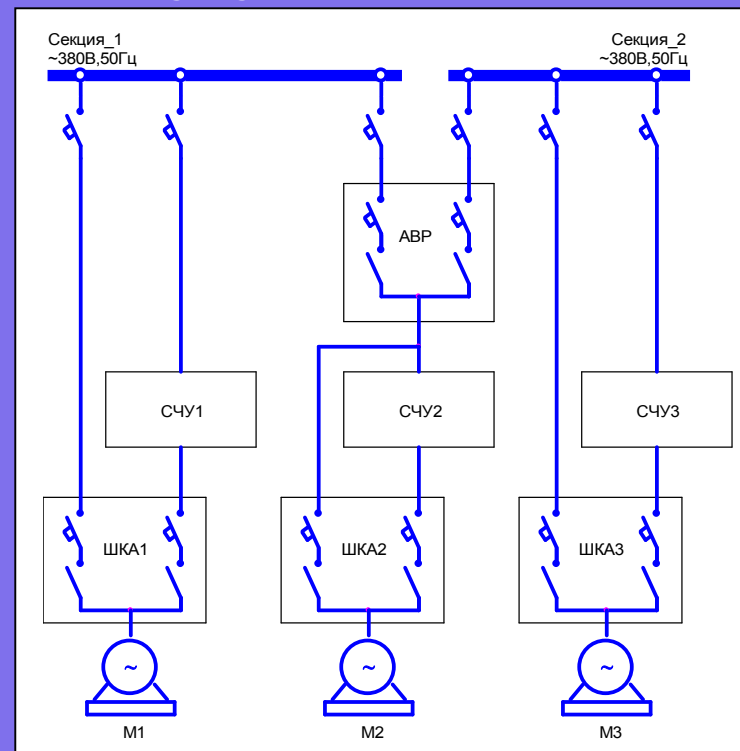
Оптимальное применение:

- объекты с режимом: 1 раб. + N рез.
- маломощные объекты допускающие работу в области перегрузки
- мощные объекты с возможностью автоматического дресселирования в функции тока

Опыт применения:

технологическая проблема	техническое решение
равномерное использование агрегатов с выравниванием токовой загрузки	работа агрегатов на одной частоте, определенной «ведущей» СЧУ
гидравлические и электрические удары при переключениях агрегатов	«частотный» пуск каждого агрегата
плавное изменение давления в магистрали	параметрирование времени выхода на заданный режим
надежность и степень резервирования	для любой СЧУ может быть определена роль «ведущей»
равномерное распределение нагрузки по вводам питания	использование шкафа АВР питания СЧУ с выбором основного ввода органами управления

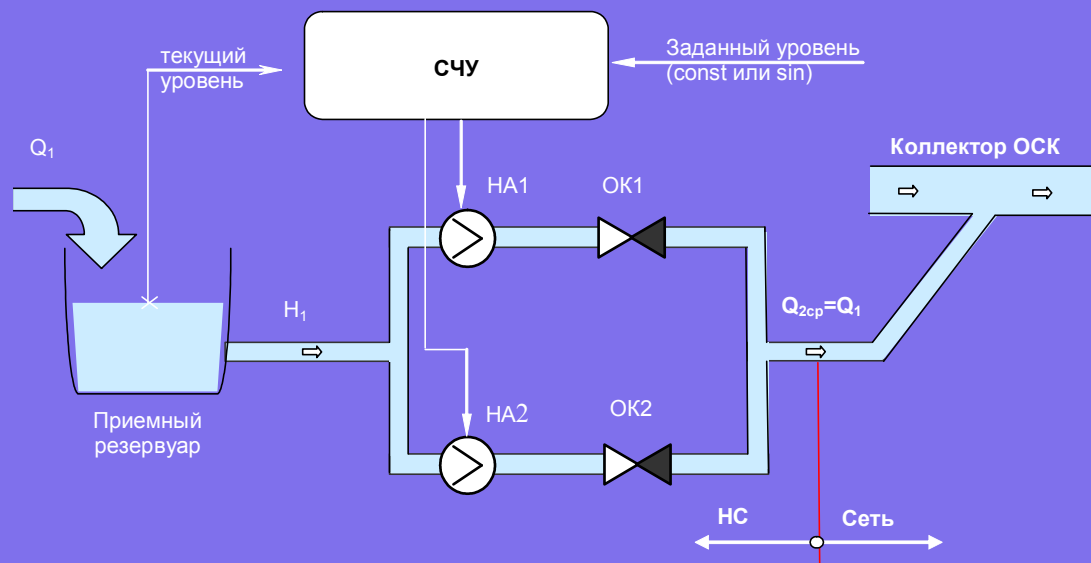
Структура силовых цепей



Оптимальное применение:

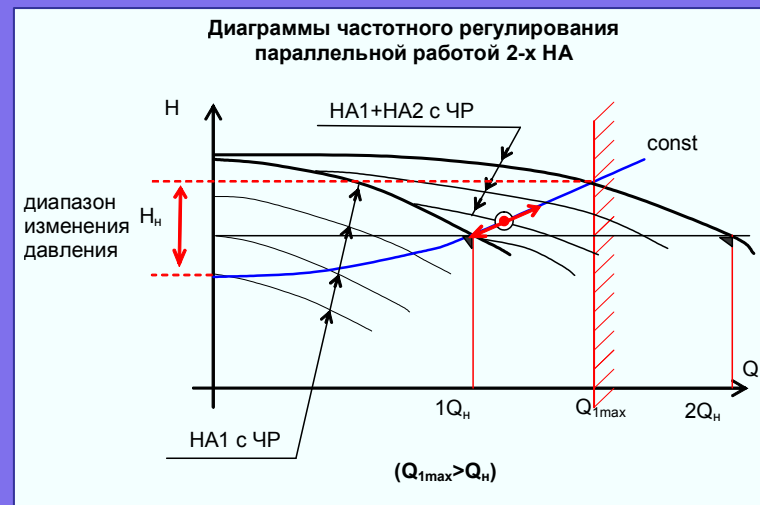
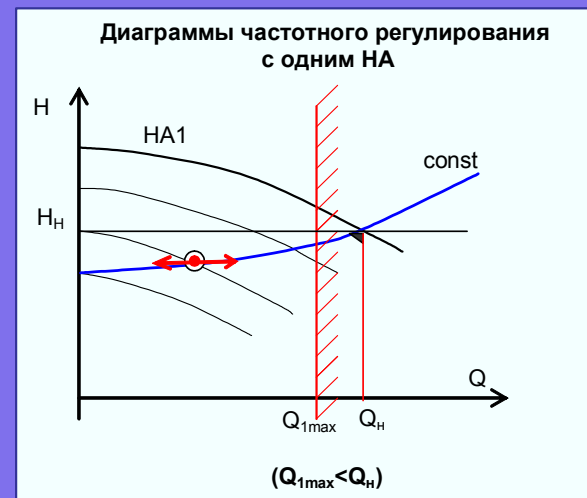
- идеальный вариант для любых типов объектов

Особенности применения на КНС



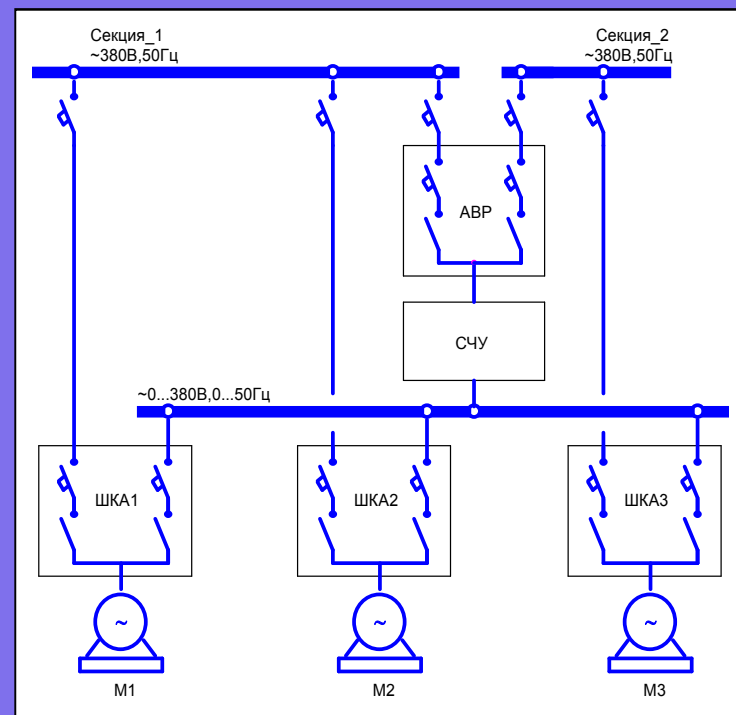
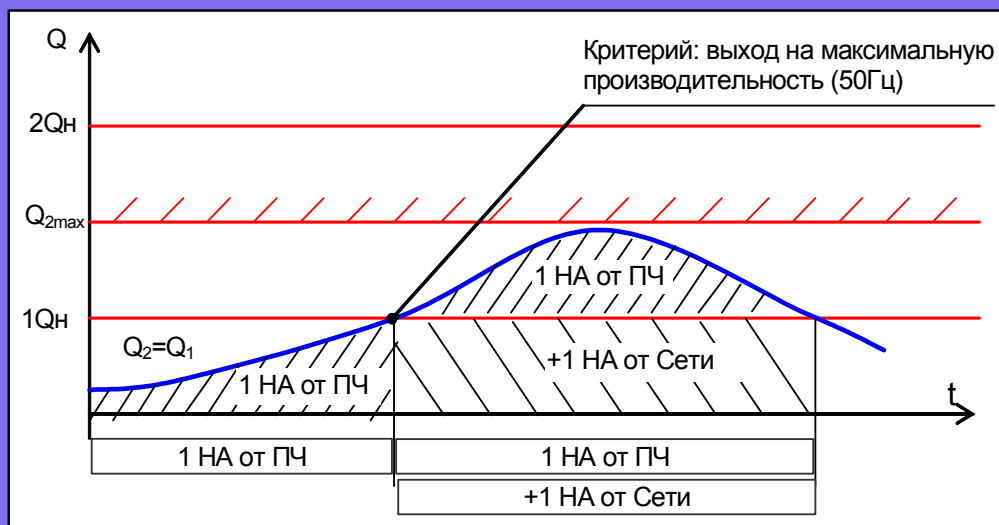
Технологические особенности объекта:

- Постоянная (не меняющаяся характеристика сети)
- Регулирование производительности осуществляется путем изменения напора в сети, т.е. перемещением рабочей точки по характеристике сети.



Особенности применения на КНС

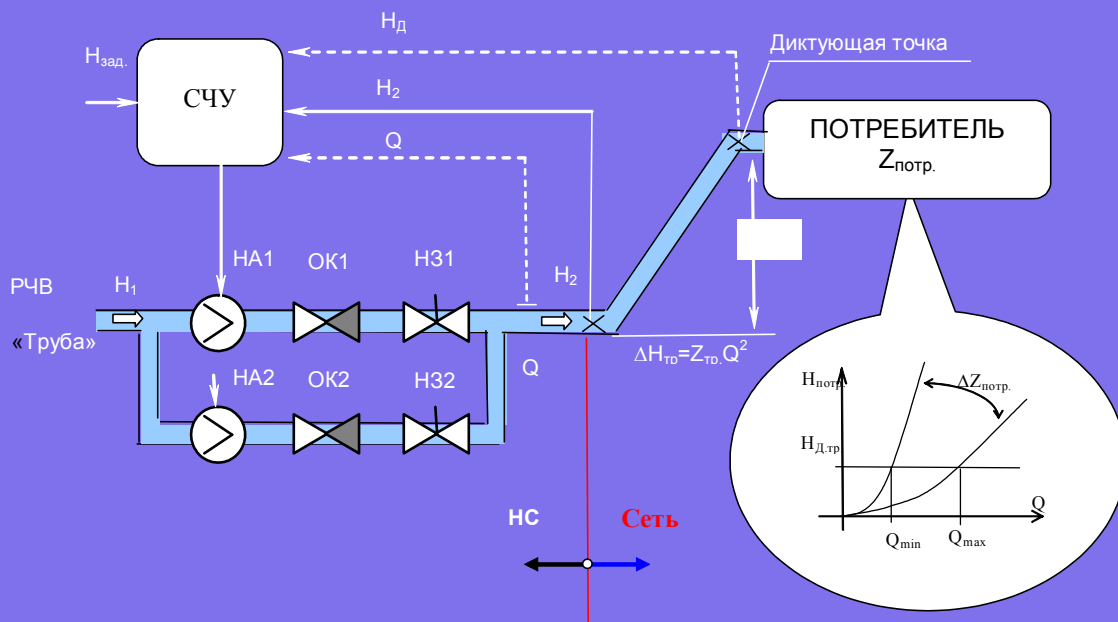
Для реализации частотного управления вполне достаточно структуры СЧУ с одним ПЧ и коммутационной аппаратурой группового управления. Упрощенная однолинейная схема силовых цепей приведена на рисунке.



В рамках данной структуры при параллельной работе НА реализуется последовательный алгоритм управления. Эпюры, поясняющие алгоритм, приведены на рисунке.

Особенности применения на ВНС

Основной задачей управления является обеспечение требуемого давления у потребителя (в диктующей точке H_d).



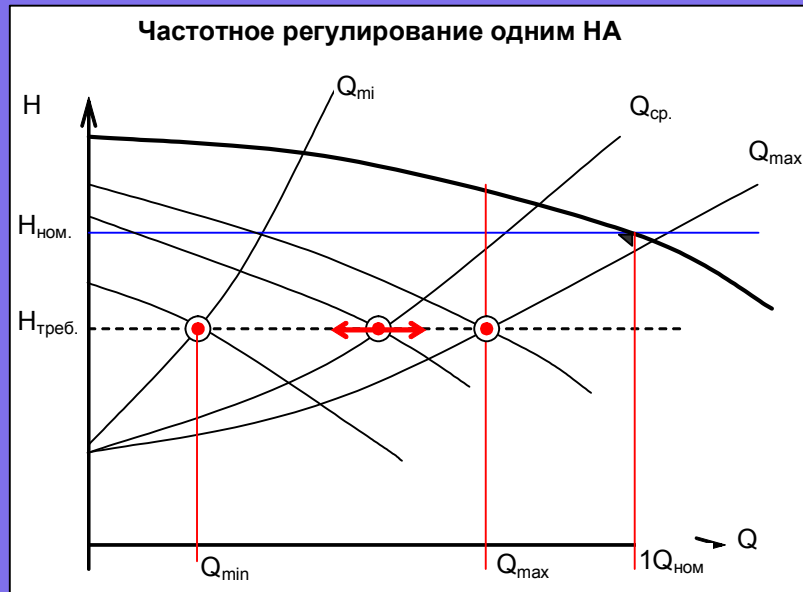
Однако, из-за ее удаленности обратную связь системы регулирования замыкают по давлению на выходе насосной H_2 .

Для компенсации потерь напора в трубе до диктующей точки принципиально возможно введение в систему регулирования параметрической компенсирующей связи по «квадрату» расхода НС ($\Delta H_{тр} = Z_{тр} \cdot Q^2$).

Технологической особенностью данных НС является то, что расход (т.е. требуемая производительность) определяется потребителем.

В результате эквивалентное гидравлическое сопротивление сети насосной меняется в широких пределах, что ведет к соответствующей нестабильности напорной характеристики сети.

Особенности применения на ВНС



Рабочая точка перемещается по линии $H_{\text{треб}} = \text{const}$ вместе с изменением характеристики сети. Каких-либо проблем реализации нет.

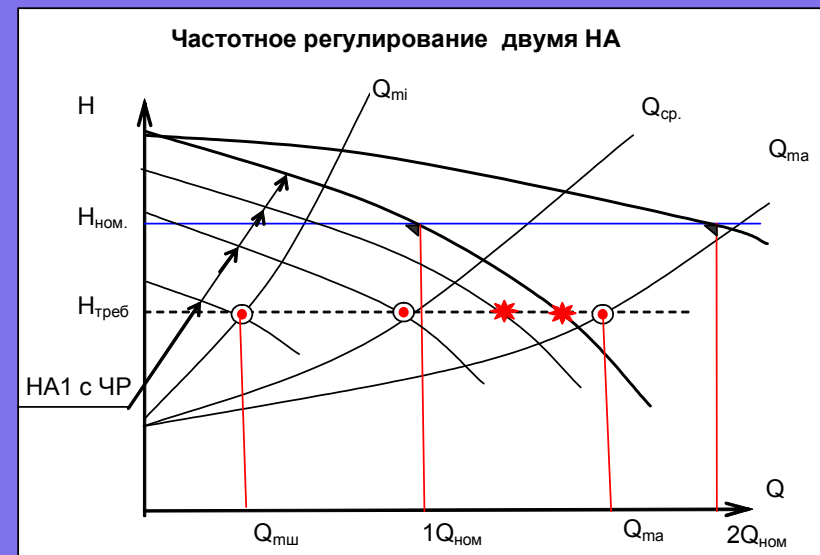
Частотное регулирование двумя НА

На рисунке приведены диаграммы для случая, когда требуемая максимальная производительность больше номинальной производительности одного НА.

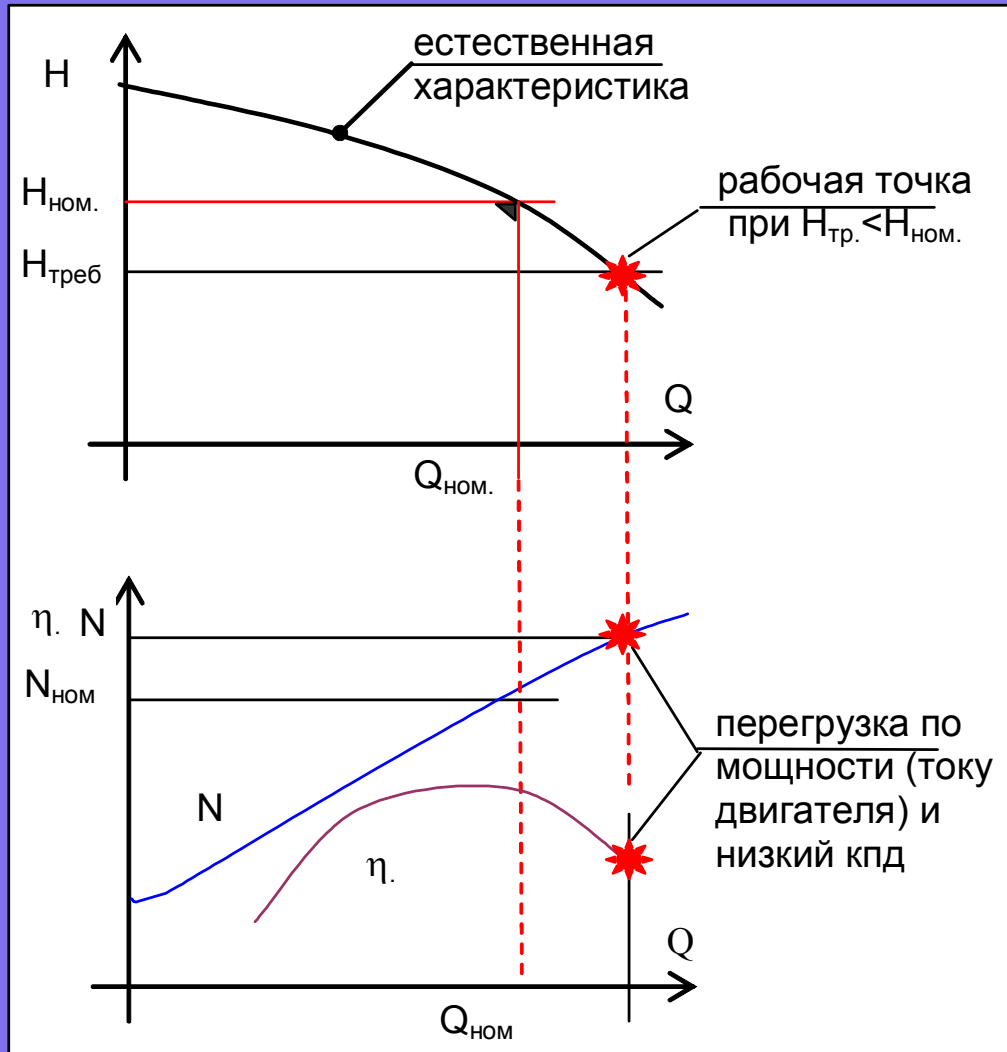
Следует сказать, что по сравнению с системой регулирования производительности (КНС) дело обстоит сложнее.

Проблема заключается в возможности параллельной работы НА включенного от сети ($n = n_{\text{ном.}}$) и НА с частотным управлением ($n < n_{\text{ном.}}$) в системе по давлению.

Дело в том, что при отсутствии дросселирования, рабочая точка НА, включенного от сети может перемещаться только по его естественной характеристике. В результате, для обеспечения напора меньше его номинального значения рабочая точка НА будет находиться в области перегрузки. Сказанное поясняется диаграммой.



Особенности применения на ВНС



Маломощные агрегаты в большинстве случаев допускают перегрузку по мощности и, соответственно, позволяют работать в области $Q > Q_{ном.}$ Частотное регулирование в этом случае возможно с одним ПЧ и последовательным алгоритмом.

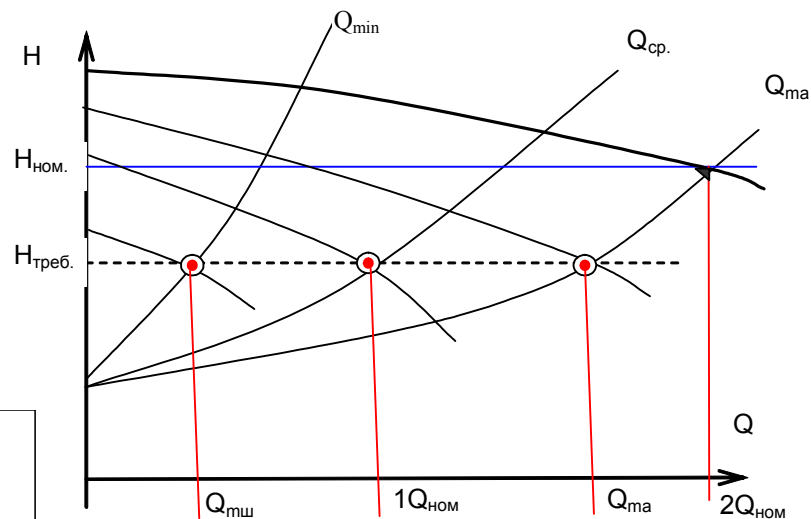
Более «крупные» НА, как правило, этого не допускают.

Особенности применения на ВНС

Полноценный вариант-индивидуальное частотное управление каждым НА, работающим параллельно.

При этом два НА, можно сказать, вырождаются в один эквивалентный агрегат с двойной производительностью

Синхронное частотное регулирование двумя НА



Пример схемы частотного регулирования с индивидуальным ПЧ на ВНС «Воронежская» г. Хабаровска.

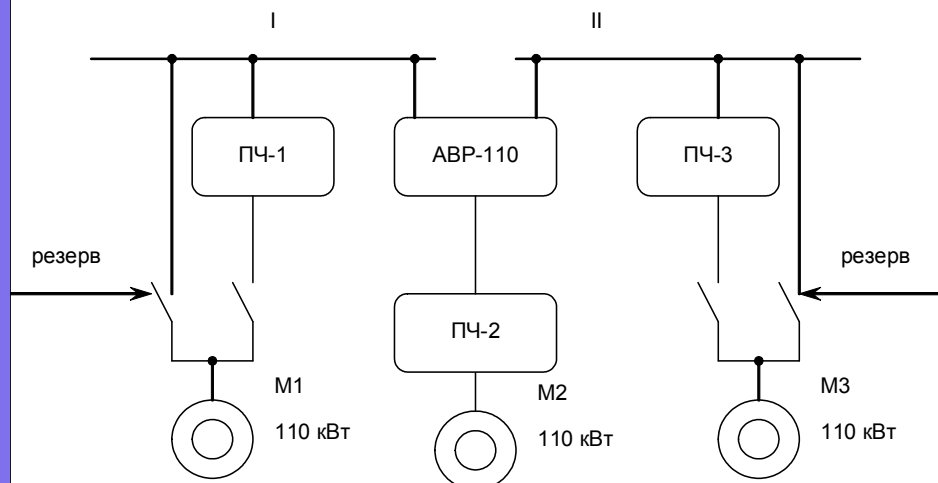
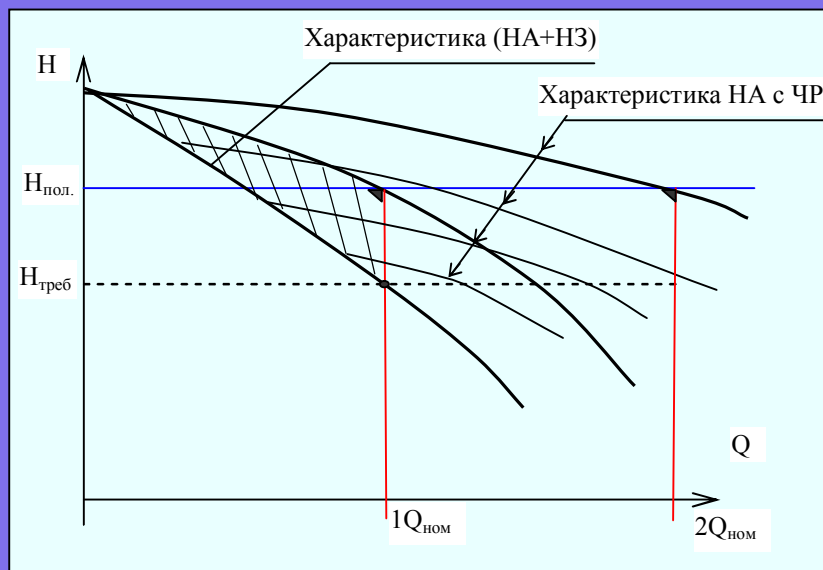


Схема работы: 2 рабочих + 1 резервный

Данная структура не имеет проблем параллельной работы НА. Однако, этот вариант достаточно «дорогой»

Особенности применения на ВНС



Компромиссный вариант- частотное управление одним НА и дроссельное регулирование параллельно работающим НА.

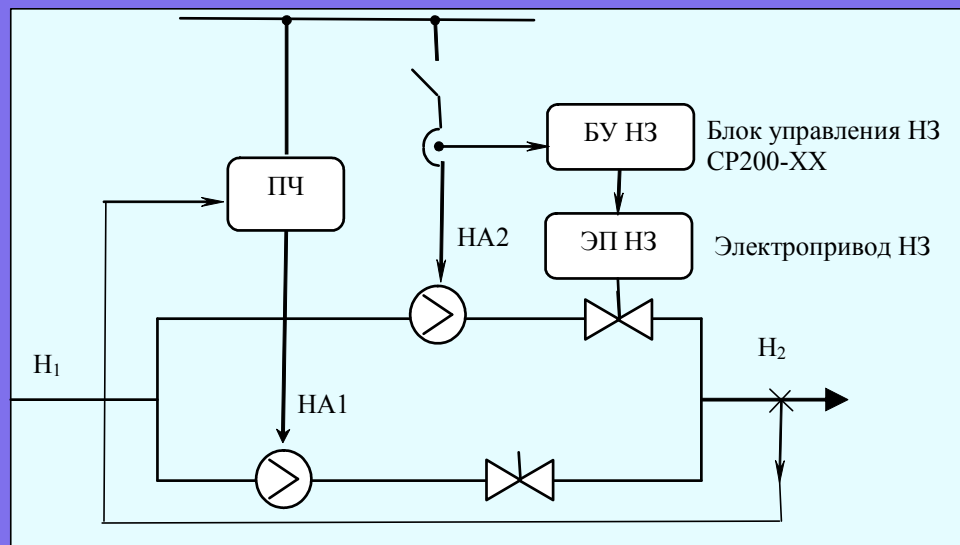
Принцип поясняется диаграммой:

Параллельная работа двух НА: один с ЧР, второй с дросселированием.

При этом НА с ЧР замкнут по давлению, чем обеспечивается поддержание требуемого напора $H_{\text{треб.}}$. У неуправляемого НА «прикрыта» напорная задвижка НЗ. Степень «прикрытия» НЗ должна исключать перегрузку НА.

Управление НЗ 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 будет выглядеть следующим образом.



Комплектные
станции частотного управления
насосными и вентиляторными агрегатами
производства ООО "Сибирь-мехатроника"
и опыт их внедрения

к.т.н. Астанин В.О.

к.т.н. Усачев А.П.

Попов А.В.

к.т.н. Дуюнов А.В.