



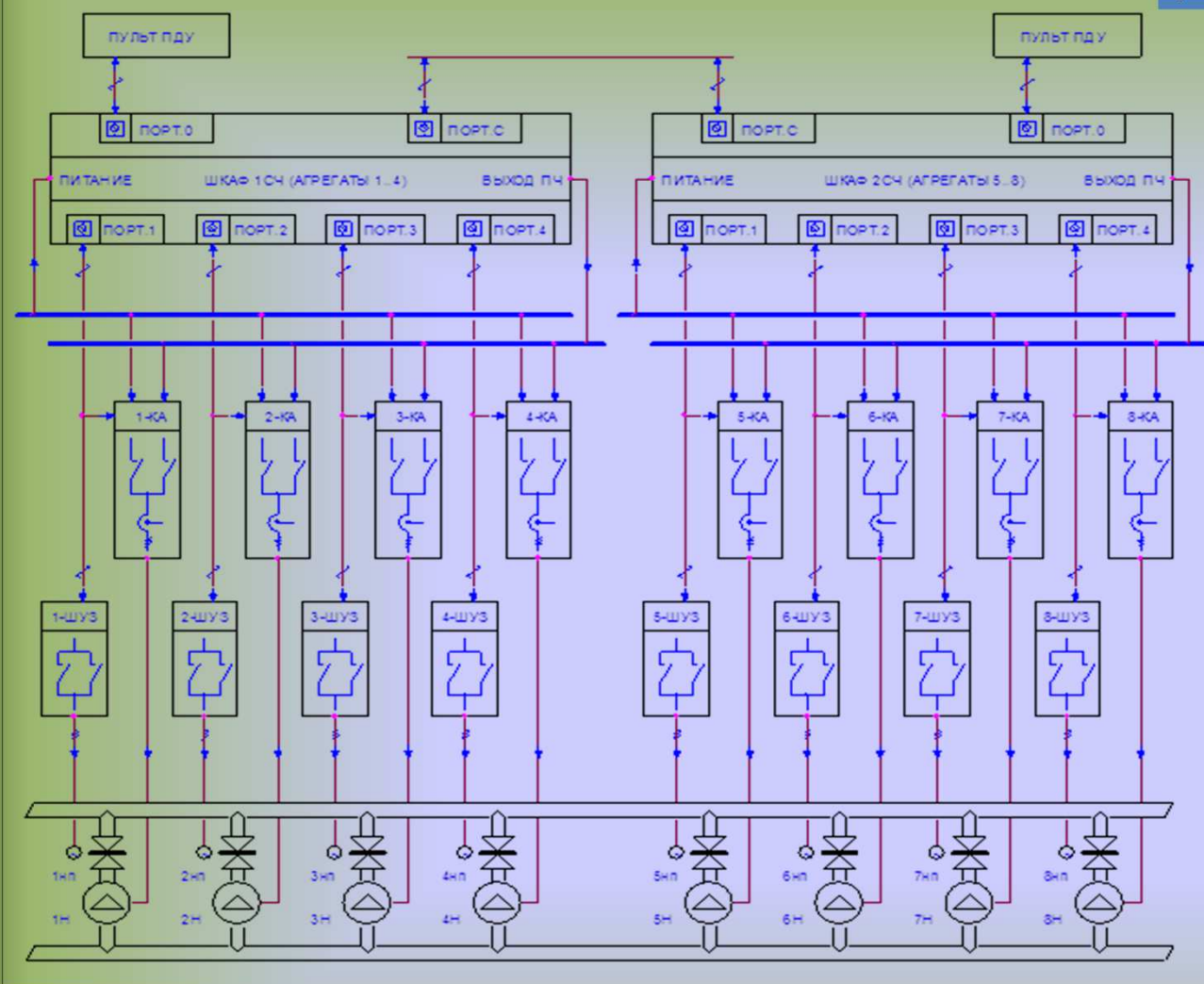
ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ

СИБИРЬ-МЕХАТРОНИКА

Проблемы группового управления насосными агрегатами

Гордейчик А.В., Попов А.В., Усачев А.П.

1. Станции частотного управления (СЧУ) группой насосных агрегатов. Разновидности.
2. Групповое управление с одним ПЧ.
3. Алгоритмы переключений дополнительных насосных агрегатов.
4. Алгоритм «ПЧ + С»; 5. Алгоритм «ПЧ - С».
6. Общие проблемы группового управления
7. Алгоритм «ПЧ + Сеть + НЗ».
8. Вычисление производительности насоса с частотным регулированием.
9. Функциональная схема реализации алгоритма «ПЧ + Сеть + НЗ».



1. СЧУ с индивидуальными преобразователями и частоты (ПЧ) на каждый насосный агрегат.
2. СЧУ с одним ПЧ на группу насосных агрегатов.
3. СЧУ комбинированные

Структурная схема аппаратуры группового управления комбинированной СЧУ.

Две подгруппы, каждая с одним ПЧ (на схеме шкаф СЧ) и управлением четырьмя насосными агрегатами (схема приведена на базе оборудования «Сибирь-мехатроника»).

Для формирования команд на переключение требуется:

- 1. Назначение приоритетов работы насосных агрегатов (например, основной, 1-ый дополнительный, 2-ой дополнительный и т.д.) – *назначается оператором.***
- 2. Определение критериев недостаточной/избыточной производительности - *обычно это отклонение реального значения технологического параметра от заданного значения - ошибка регулирования технологического процесса.***
- 3. Определение алгоритма группового управления – *алгоритм подключения/отключения дополнительных насосов.***

Можно выделить два основных алгоритма:

1. «ПЧ + С» - Каскадное управление. Самый распространённый алгоритм.

В случае недостаточной производительности дополнительный насосный агрегат подключается напрямую к сети. Преобразователь частоты всегда подключен к основному двигателю и не переключается (кроме аварийных режимов).

В случае избыточной производительности дополнительный агрегат отключается от сети.

2. «ПЧ – С» - Каскадно-частотное управление.

В случае недостаточной производительности двигатель насоса, работавший от ПЧ, переводится на работу от сети и преобразователь частоты переключается к следующему насосному агрегату.

В случае избыточной производительности агрегат отключается от сети и подключается к преобразователю частоты.

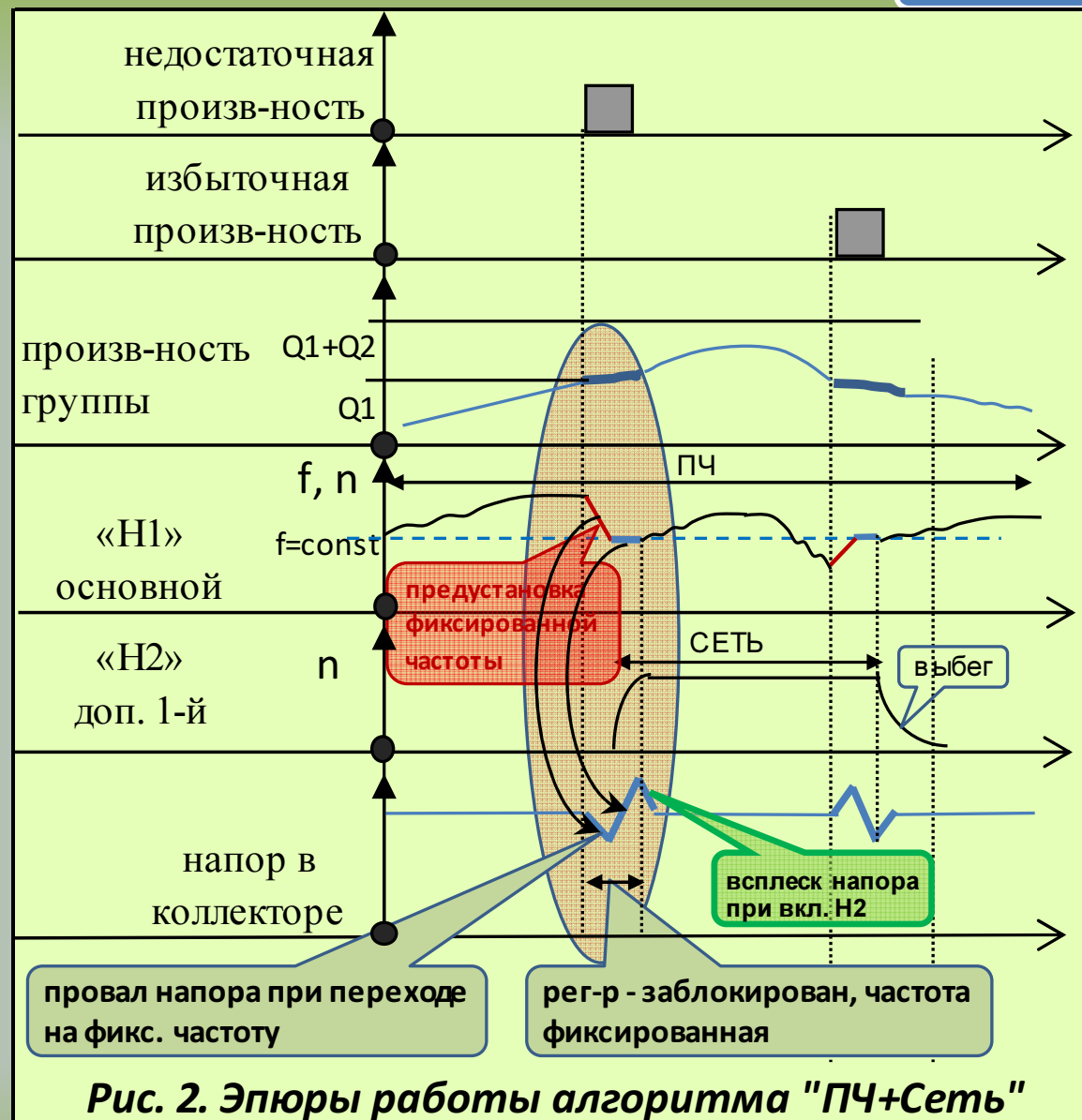
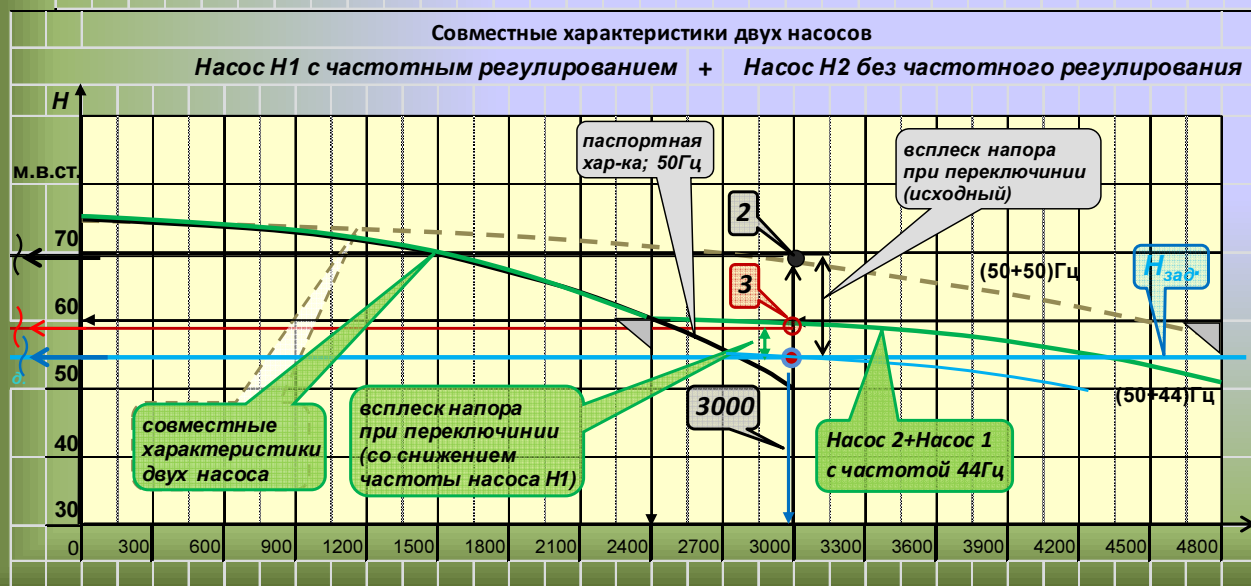
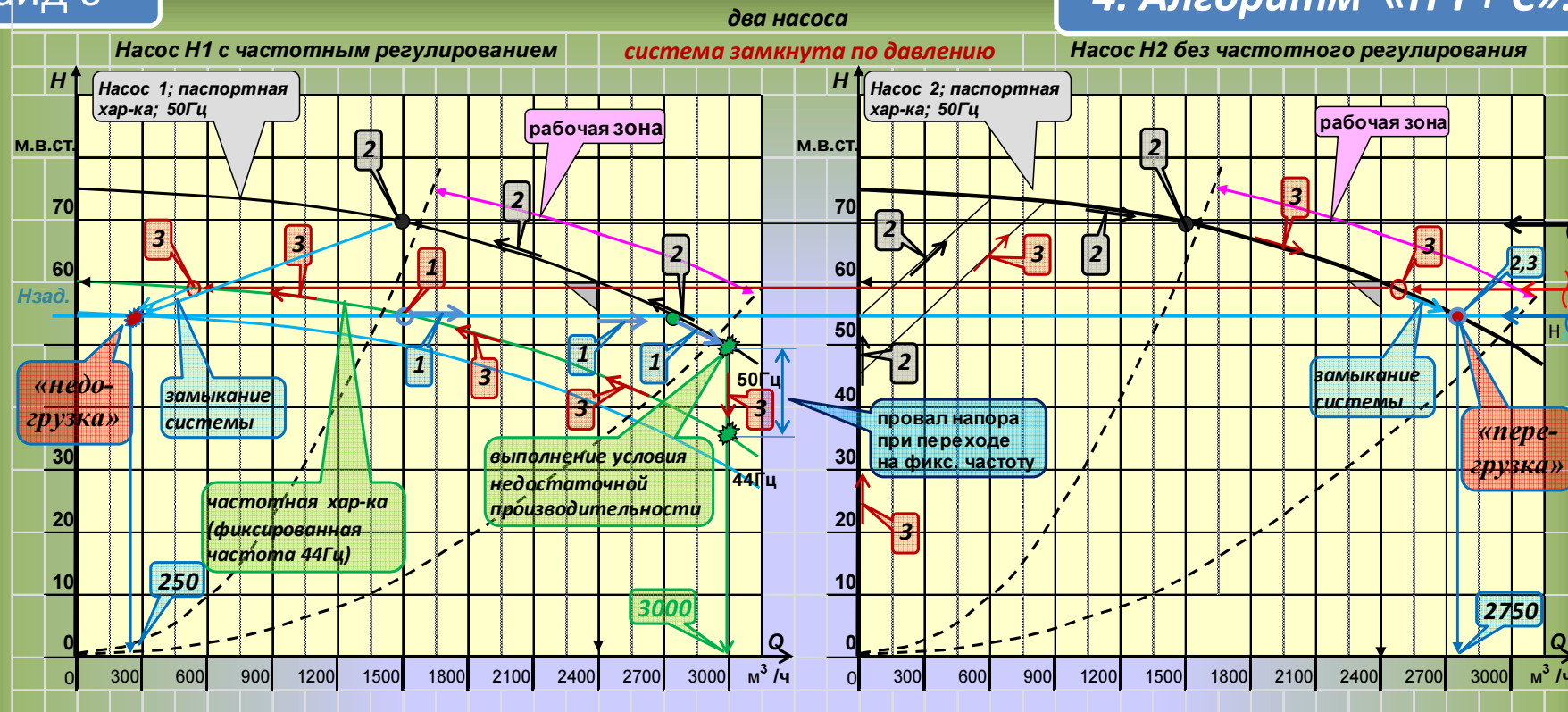
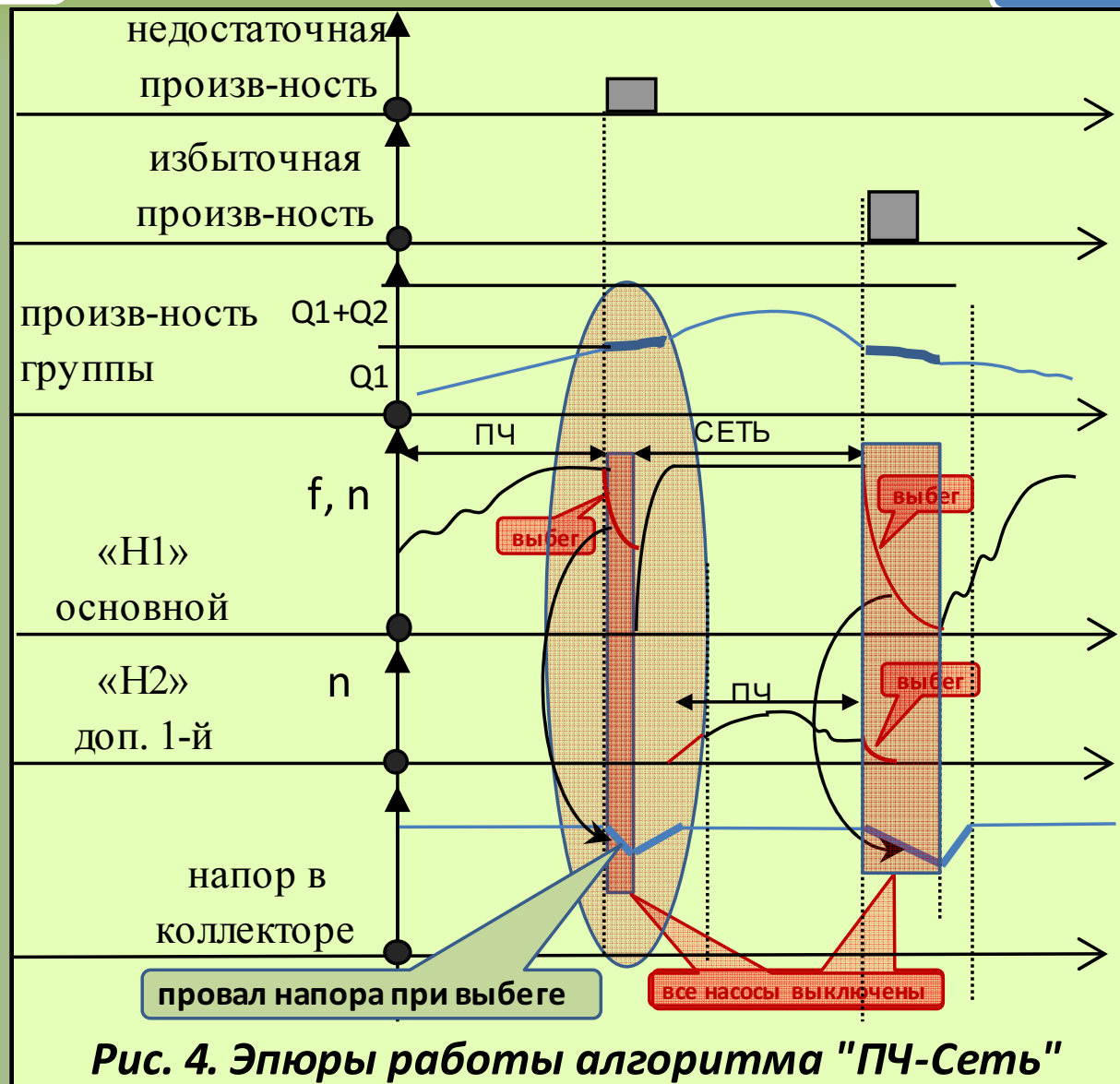


Рис. 2. Эпюры работы алгоритма "ПЧ+Сеть"



**Увеличение
производительности с
1500 до 3000м³/ч -
включение насоса Н2
от Сети. (условные
номинальные параметрами
насоса $Q_{ном}=2400\text{м}^3/\text{ч}$ и
 $H_{ном}=60\text{м.в.ст.}$)**

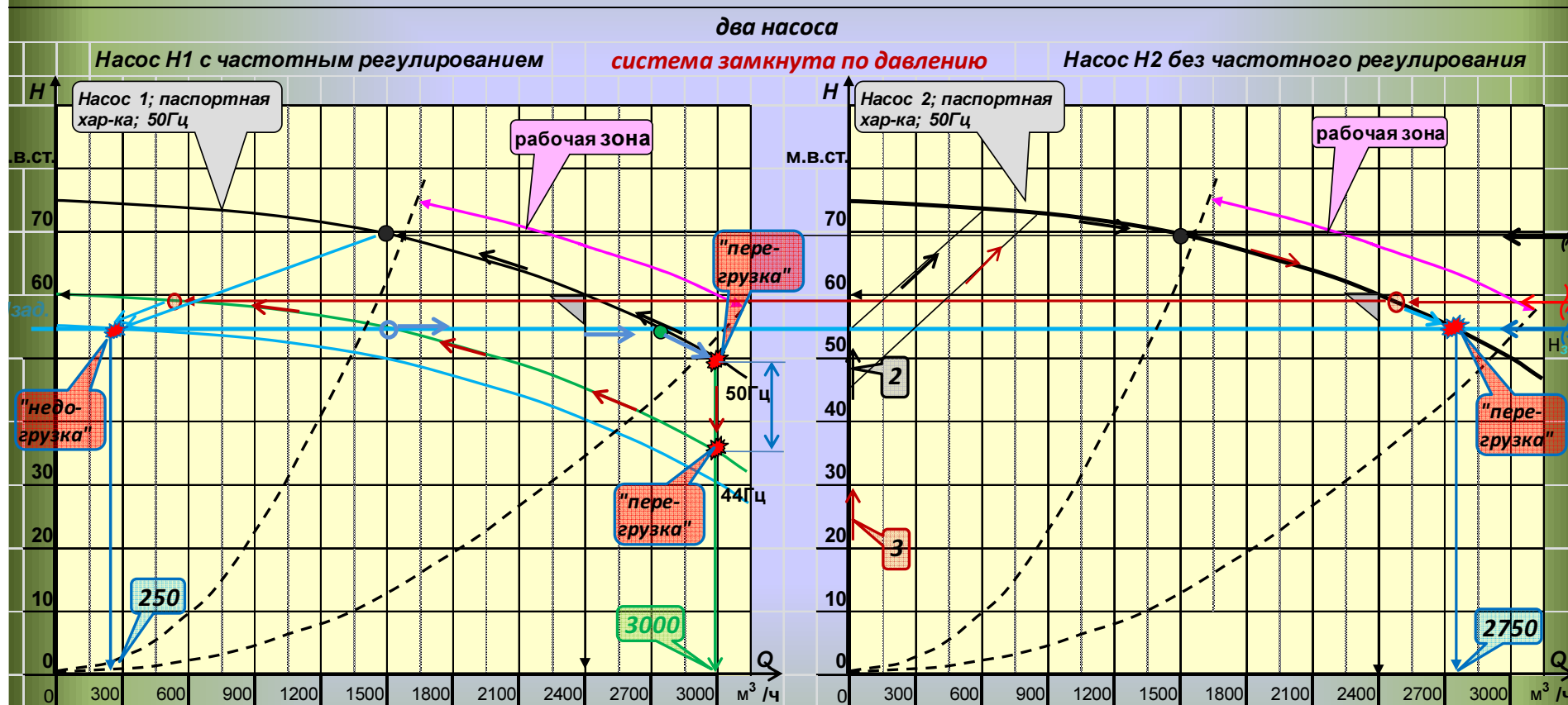


Алгоритму
характерен
недостаток –
при
переключениях
требуется
пауза.

Не находит
широкого
применения.

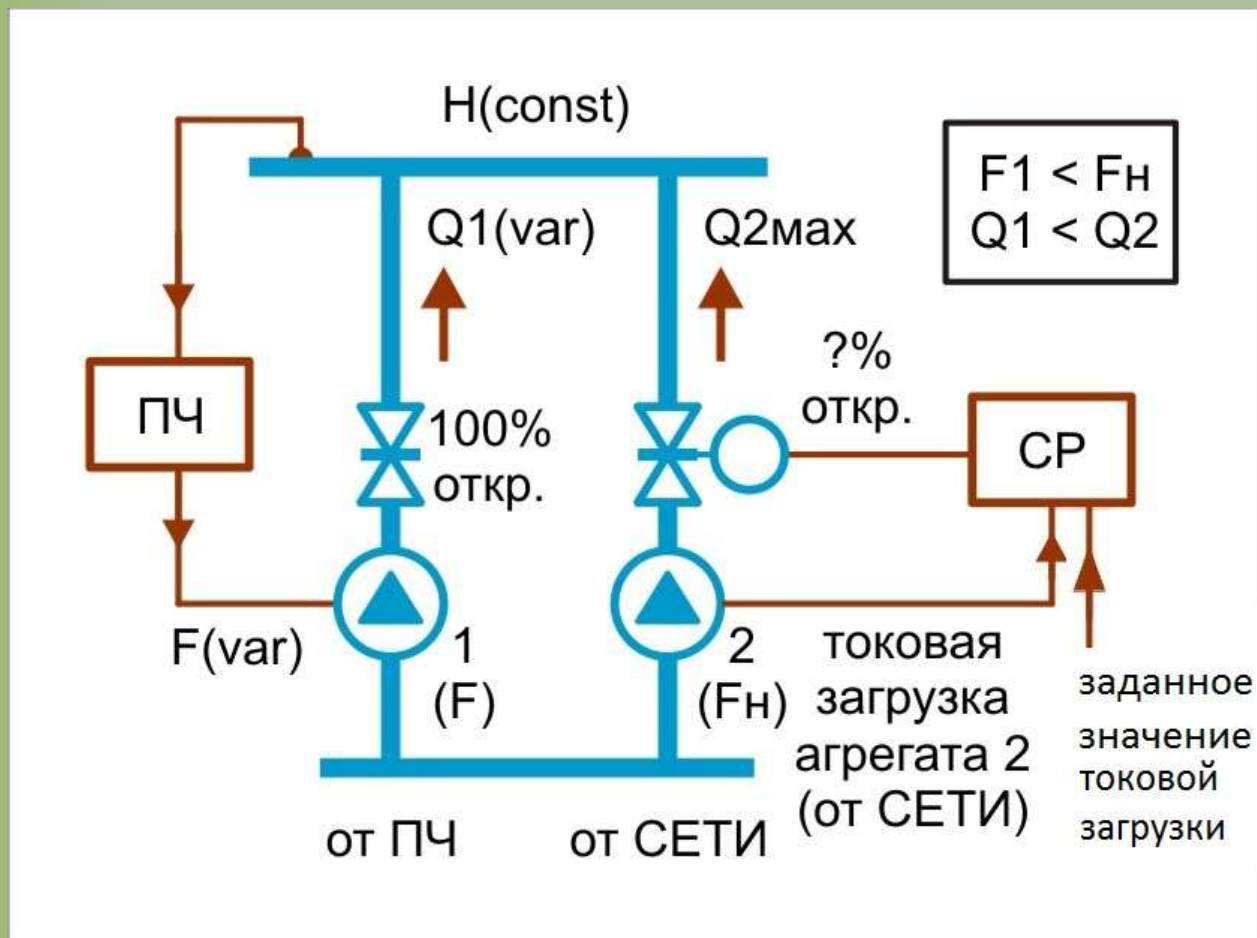
(Переключение двигателя насосного агрегата, работающего от ПЧ, на сеть осуществляется без синхронизации).

1. «Перегрузка» насосных агрегатов.
2. «Недогрузка» насосных агрегатов.



Недогрузка и перегрузка насосов алгоритма «ПЧ + Сеть»
(аналогично «ПЧ – Сеть»)

6. Общие проблемы группового управления (схема «от перегрузки» насоса Н-2)

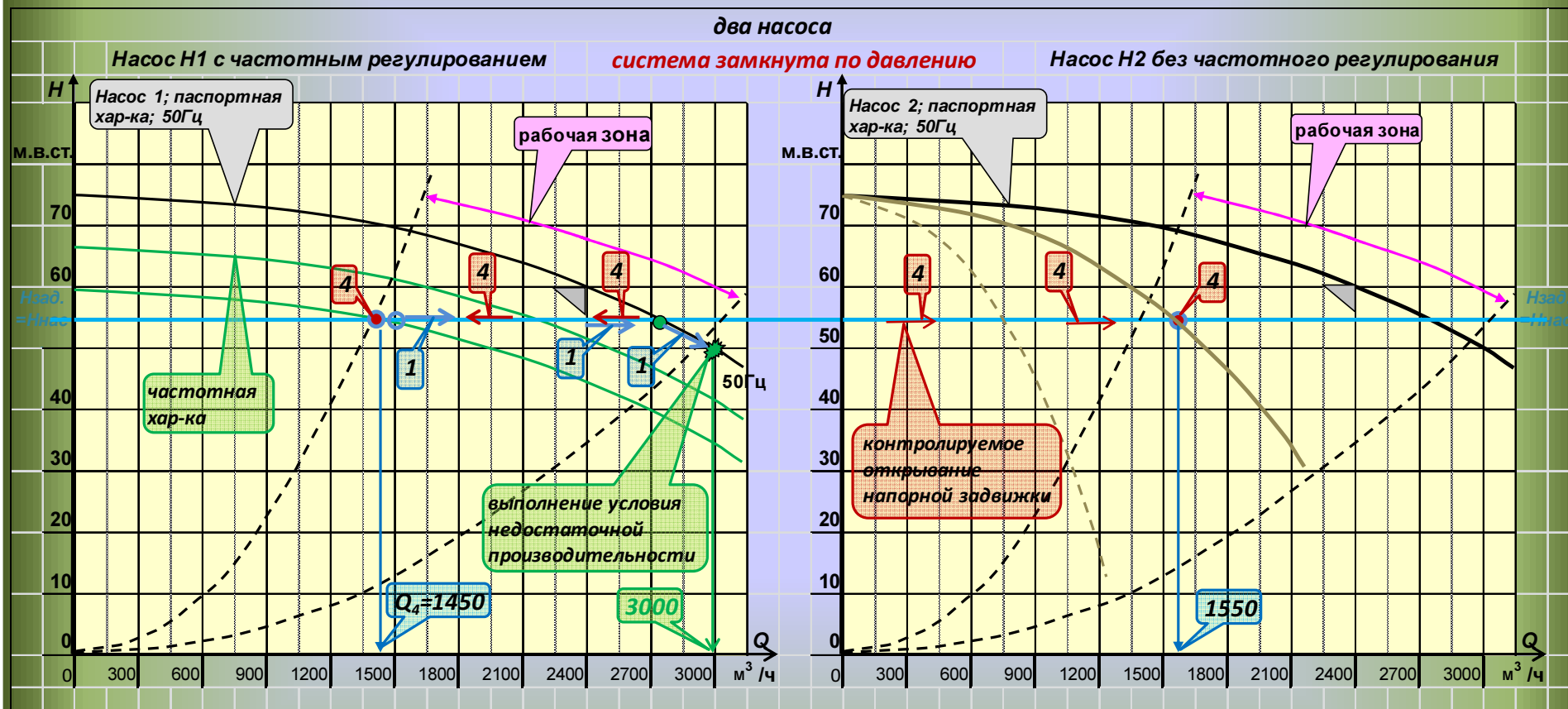


Управление напорной задвижкой здесь осуществляется системой автоматического регулирования замкнутой по току приводного электродвигателя. Системой, задвижка устанавливается в положение, соответствующее заданному значению токовой нагрузки насосного агрегата.

Пример автоматического управления напорной задвижкой насоса Н-2 с помощью блока серии CP200 («от перегрузки» насоса Н-2)

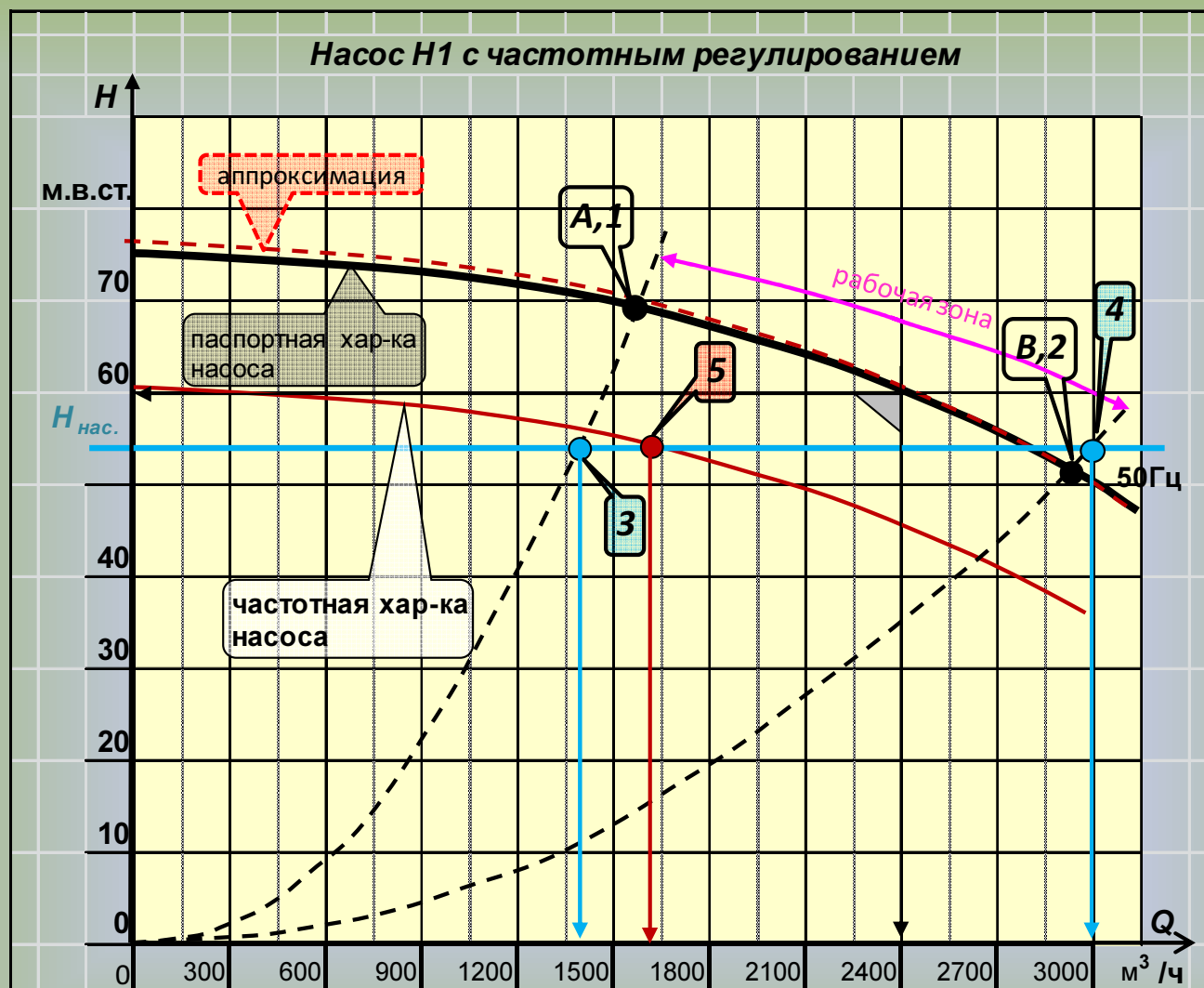
Суть алгоритма:

Управляем напорной задвижкой насоса Н-2 (насос с питанием непосредственно от Сети) так, чтобы производительность насоса Н-1 стала равной производительности левой границе рабочей зоны при текущем напоре насоса (минимально допустимая производительность насоса).



Включение насоса Н2 от Сети с контролируемым открыванием его напорной задвижки (увеличение производительности с 1500м³/ч до 3000м³/ч) - **от «недогрузки».**

- Для реализации данного алгоритма необходимо знать текущую производительность насоса №1 и производительность на левой границе рабочего диапазона при текущем напоре насоса (минимально допустимая производительность насоса).
- Текущий напор насоса вычисляется как разность показаний датчиков давления на всасе насоса и его выходе (напоре).
- Производительность на левой границе рабочей зоны **вычисляется** по соответствующей параболе левой границы рабочего диапазона (исходная информация – из паспортных данных).
- Текущая производительность насоса с частотным регулированием **вычисляется** по напорной характеристике насоса и информации от преобразователя частоты.



*A, B – паспортные границы рабочей зоны; 1, 2 – точки аппроксимации;
 3, 4 – границы рабочей зоны при $H_{\text{нас.}}$ (вычисление);
 5 – текущее положение рабочей точки при $H_{\text{нас.}}$ и $n_{\text{нас.}}$ (вычисление)*

Вычисление текущей и минимально допустимой производительностей насоса с частотным регулированием

1. Аппроксимация паспортной характеристики насоса в аналитическом виде:

$$H = H_{\phi} \frac{n^2}{n_{\text{ном}}^2} - S_{\phi} Q^2, \text{ где } H_{\phi} = H_1 + S_{\phi} Q_1^2, \quad S_{\phi} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2},$$

H_1, Q_1, H_2, Q_2 – параметры точек аппроксимации, $n/n_{\text{ном}} = f/f_{\text{ном}}$.

2. Уравнения и коэффициенты парабол рабочей зоны:

- левая парабола $H = K_A * Q^2$, где $K_A = \frac{H_A}{Q_A^2}$
- правая парабола $H = K_B * Q^2$, где $K_B = \frac{H_B}{Q_B^2}$

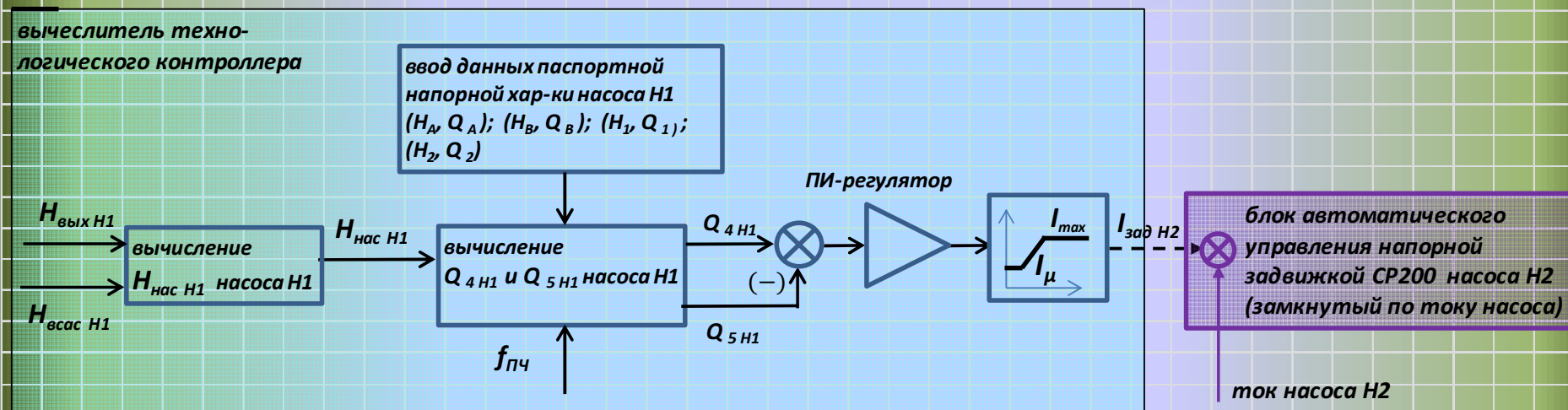
3. Вычисление текущей и минимально допустимой производительностей насоса (из аппроксимирующего уравнения напорной характеристики и левой параболы рабочей зоны насоса №1):

$$Q_5 = \sqrt{\frac{H_{\phi} \frac{n^2}{n_{\text{ном}}^2} - H_{\text{нас}}}{S_{\phi}}},$$

$$Q_3 = Q_A \sqrt{\frac{H_{\text{нас}}}{H_A}},$$

, где $H_{\text{нас}} = H_{\text{вых нас}} - H_{\text{всас нас}}$

9. Функциональная схема реализации алгоритма «ПЧ + Сеть + НЗ» (схема «от недогрузки»)



Функциональная схема регулирования рабочей точки насоса Н1 с частотным регулированием
путем управления напорной задвижкой насоса Н2

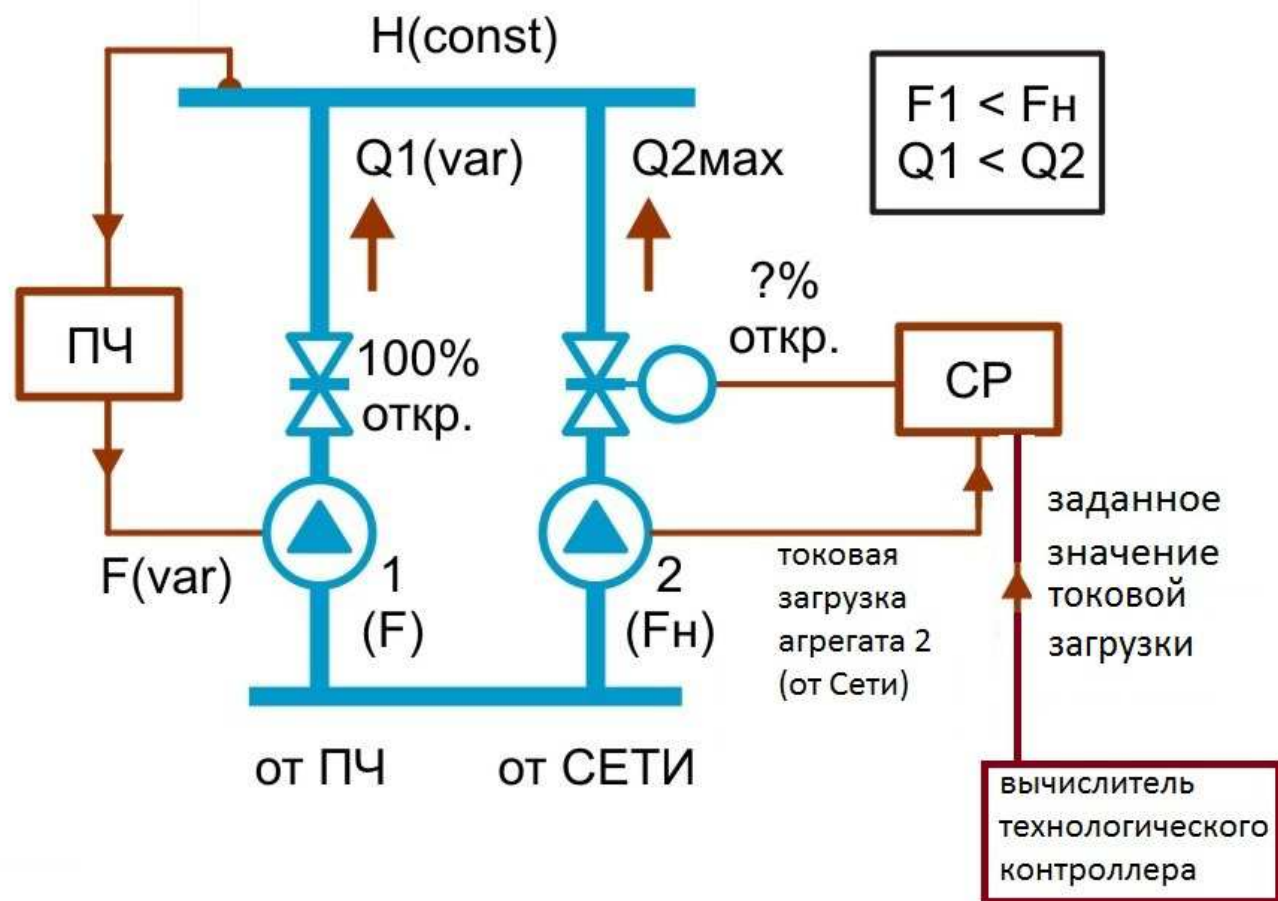
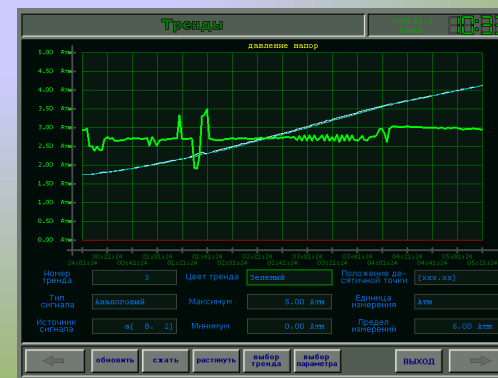
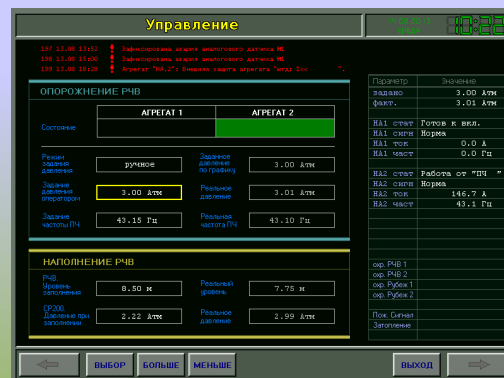
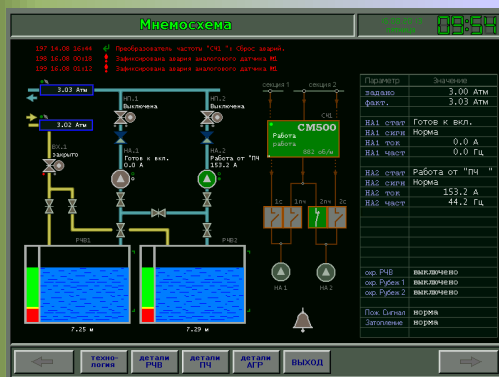


Схема регулирования рабочей точки насоса Н1 с частотным регулированием путем управления напорной задвижкой насоса Н2



Реализация прорабатывается на базе технологического контроллера СТК500



1. Наиболее удовлетворительным является алгоритм группового управления с каскадным управлением и предискажением по частоте.
2. Всем алгоритмам группового управления с одним ПЧ присущ общий недостаток – при включении дополнительного насоса, частотно-регулируемый насос оказывается вне рабочей зоны («недогрузка»).
3. Предлагается модернизированный алгоритм - производить контролируемое дросселирование насоса без частотного регулирования путем контроля положения рабочей точки насоса с частотным регулированием на границе рабочей зоны.
4. Для реализации данного алгоритма предлагается использование специализированного технологического контроллера с достаточной вычислительной мощностью типа СТК500 и блоки серии СР200.



ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ

СИБИРЬ-МЕХАТРОНИКА

Проблемы группового управления насосными агрегатами
(заместитель директора по направлению "электропривод и автоматизация",
А.В. Гордейчик.)

Спасибо за внимание,

<http://sibmech.ru/>
Новосибирск