


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)


Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов
и производств
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
и.о. зав. кафедрой
 О.В. Скрипко
« 25 » 06 2022 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

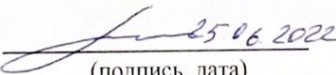
на тему: Автоматизация системы управления технологическими процессами
насосного агрегата магистральной насосной станции

Исполнитель
студент группы 841 об


(подпись, дата)


А.А. Новичихин

Руководитель
доцент, канд. техн. наук

 25.06.2022
(подпись, дата)


А.Н. Рыбалёв

Консультант по безопасности
и экологичности
доцент, канд. техн. наук

 15.06.2022
(подпись, дата)

А.Б. Булгаков

Нормконтроль
профессор, д-р техн. наук

 25.06.2022
(подпись, дата)

О.В. Скрипко

Благовещенск 2022


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов
и производств
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

и.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
« 25 » 06 2022 г.

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента Новичихина Алексея Александровича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Автоматизация системы управления технологическими процессами насосного агрегата магистральной насосной станции

(утверждена приказом от 05.04.2022 № 619-уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы 25.06.2022

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Автоматизация и телемеханизация технологического оборудования. Типовые проектные решения»; Техническая документация рассмотренных средств автоматизации; Материалы, полученные в ходе преддипломной практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Изучение объекта автоматизации и постановка задачи;

3) Разработка структурной схемы автоматизации;

4) Выбор технических средств;

5) Разработка принципиальной схемы;

6) Разработка программного обеспечения.

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Технологическая схема процесса регулирования;

Лист 2: Сравнение методов регулирования;

Лист 3: Функциональная схема автоматизации;

Лист 4: Преобразователь частоты. Техническая информация;

Лист 5: Схема электрических соединений;

Лист 6: Компоненты и структура программы управления;

Лист 7: Визуализация щита управления в различных режимах работы.

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся к ним разделов) Булгаков Андрей Борисович, доцент, канд. техн. наук. Раздел «Безопасность и экологичность»

7. Дата выдачи задания 10.03.2022

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалёв Андрей Николаевич, доцент, канд. техн. наук

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата): 10.03.2022

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 95 страниц, 14 формул, 33 рисунка, 14 таблиц, 4 приложения, 26 источников.

АВТОМАТИЗАЦИЯ, МАГИСТРАЛЬНАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ, МАГИСТРАЛЬНЫЙ НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ, ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, SCADA-СИСТЕМА.

Цель выпускной квалификационной работы: разработка автоматизированной системы регулирования давления насосного агрегата магистральной насосной станции.

В данной выпускной работе будет рассмотрен и проработан объект автоматизации, схема технологического процесса, осуществлен подбор основного оборудования и технических средств автоматизации. Разработаны:

- структурная схема автоматизации;
- принципиальная электрическая схема соединений;
- эскиз щита управления;
- управляющая программа.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Объект автоматизации и постановка задачи	11
1.1 Технологическое описание НПС «Травники»	11
1.2 Магистральный насосный агрегат	12
1.3 Система регулирования давления	15
1.4 Постановка задачи	18
2 Разработка структурной схемы автоматизации	25
3 Выбор технических средств	29
3.1 Преобразователь частоты	29
3.1.1 Типы высоковольтных преобразователей частоты	29
3.1.2 Выбор высоковольтного преобразователя частоты	29
3.2 Электропривод	38
3.3 Измерительный преобразователь давления	39
3.4 Прибор для контроля уровня утечек	41
3.5 Прибор для измерения температуры	43
3.6 Аппаратура виброконтроля	44
3.7 Программируемый логический контроллер	46
3.8 Блоки управления	49
3.9 Блоки индикации аналоговых величин	51
3.10 Устройства коммутации и сигнализации	53
3.11 Эскиз лицевой панели щита управления	56
4 Разработка принципиальной электрической схемы	58
4.1 Электрическая схема соединений и ее спецификация	58
4.2 Расчет и выбор устройств защиты	58
5 Разработка программного обеспечения	60
5.1 Выбор программных средств разработки	60
5.2 Структура и назначение программного комплекса	61
5.3 Входные и выходные переменные	61

5.4 Программная модель технологического процесса и щита управления	63
5.5 Результаты тестирования и перспективы развития	67
6 Безопасность и экологичность	69
6.1 Безопасность	69
6.1.1 Мероприятия по технике безопасности	69
6.1.2 Мероприятия по промышленной санитарии	71
6.2 Экологичность	73
6.3 Пожарная безопасность	75
Заключение	84
Библиографический список	85
Приложение А	87
Приложение Б	89
Приложение В	91
Приложение Г	92

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей бакалаврской работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов;

ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки;

ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи;

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы;

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам;

ГОСТ 2.111-68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.121-73 Единая система конструкторской документации. Технологический контроль конструкторской документации;

ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов;

ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы;

ГОСТ 2.321-84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные;

ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;

ГОСТ 3.1116-79 Единая система технологической документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем;

ГОСТ 2.709-89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединения электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах;

ГОСТ 2.710-81 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ГОСТ 19.701-90 Единая система конструкторской документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем;

ГОСТ 21.404-85 Система проектной документации. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах;

ГОСТ 34.602-89 Единая система конструкторской документации. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатически факторов внешней среды;

ОСТ 36.13-90 Щиты и пульты средств автоматизации технологических процессов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

НПС – насосная перекачивающая станция;

МНА – магистральный насосный агрегат;

ТОУ – технологические объекты управления;

КПД – коэффициент полезного действия;

САР – система автоматического регулирования;

ЭД – электродвигатель;

ПЧ – преобразователь частоты;

ТП – технологический процесс;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ЩУ – щит управления;

АПТ – автоматическое пожаротушение.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Российской Федерации располагается крупнейшая в мире сеть магистральных трубопроводов. Трубопроводная транспортировка нефти является самым экономичным и надежным видом транспорта, основными элементами которого являются нефтеперекачивающие станции и трубопроводы.

Транспорт нефтепродуктов — это непрерывное производство, требующее пристального внимания к вопросам надежной эксплуатации, строительству и реконструкции объектов нефтеперекачки, капитального ремонта оборудования. В настоящее время основной задачей транспорта нефтепродуктов является повышение эффективности и качества работы транспортной системы.

Актуальным является использование системы регулирования производительности магистральных насосов. При этом главным критерием должно быть сохранение надежности основного оборудования при внедрении этой системы.

В выпускной квалификационной работе рассматривается вопрос создания автоматизированной системы регулирования давления насосного агрегата магистральной насосной станции. Данная система предназначена для ручного и автоматического управления производительностью насосного агрегата с целью поддержания заданного значения давления для обеспечения устойчивой и эффективной работы оборудования. Эффективность рассматриваемой системы достигается за счет внедрения в нее частотного регулирования. Помимо этого, разрабатываемая система предусматривает наличие старого метода регулирования, позволяющего не прерывать технологический процесс в случае отказа или настройки частотного привода.

Автоматизация является высшей ступенью механизации производства и применяется в комплексе управления технологическими производственными процессами. Она открывает колоссальные возможности для повышения производительности труда, быстрого роста темпов развития производства, а также безопасности производственных процессов.

1 ОБЪЕКТ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.1 Технологическое описание НПС «Травники»

В данной работе будет рассматриваться система управления МНА на примере насосных агрегатов, используемых на нефтеперекачивающей станции «Травники». Нефтеперекачивающая станция «Травники» входит в состав Челябинского районного нефтепроводного управления ОАО Урало-Сибирских нефтепроводов АК «Транснефть» имени Д.А. Чернышева.

Состав НПС «Травники» включает в себя две НПС, обеспечивающие транспорт нефти по двум направлениям:

- по направлению Нижневартовск-Курган-Куйбышев;
- по направлению Усть-Балык-Курган-Уфа-Альметьевск.

Все технологические объекты управления на станции по технологическим информационным признакам подразделяется на отдельные системы, которые включают объекты управления. Данные объекты могут включать составные блоки, которые называются подобъектами. В таблице 1 приведена классификация ТОУ на системы, объекты и подобъекты.

Таблица 1 – Технологическая классификация ТОУ

Наименования системы	Технологические объекты
1	2
ФГУ	здвижки ФГУ (6 шт.)
Узел регулирования давления	– задвижки САР (6 шт.); – регулирующие заслонки (2 шт.)
Узел подключения станции	– задвижки узла подключения (10 шт.); – сигнализатор прохождения скребка (1шт)
Система откачки утечек	– погружной насос МНС (2 шт.); – сборник утечек нефти МНС (2 шт)
Блок гашения ударной волны	здвижки блока гашения ударной волны (6 шт.)
МНС	– МНА (4 шт.) в составе: 1) насос; 2) электродвигатель; 3) возбудитель электродвигателя; 4) приемная задвижка; 5) выходная задвижка; – приемная линия МНС; – коллектор МНС (до узла регулирования САР); – выходная линия МНС (после узла САР);

1	2
Маслосистема	– маслонасос (2 шт); – маслобак (2 шт); – маслофильтр; – маслолиния к МНА; – аккумуляторный бак (1шт)
Вытяжная вентиляции блока гашения ударной волны	вытяжной вентилятор (1шт)
Система пожаротушения НПС	– пенонасос (2шт); – коллектор подачи пены (пенолиния); – задвижки подачи пены к объектам (4 шт); – резервуар раствора пенообразователя емкостью 45 м3 (2шт); – водонасос (1шт)
Система энергоснабжения	– ввод секции шин 10кВ (2шт) в составе: 1) вводной масляный выключатель; 2) секционный масляный выключатель; 3) масляный выключатель электродвигателя (4 шт);

1.2 Магистральный насосный агрегат

По своей структуре каждый МНА состоит из следующих объектов: насос, электродвигатель. Общая технологическая схема МНА представлена на рисунке 1.

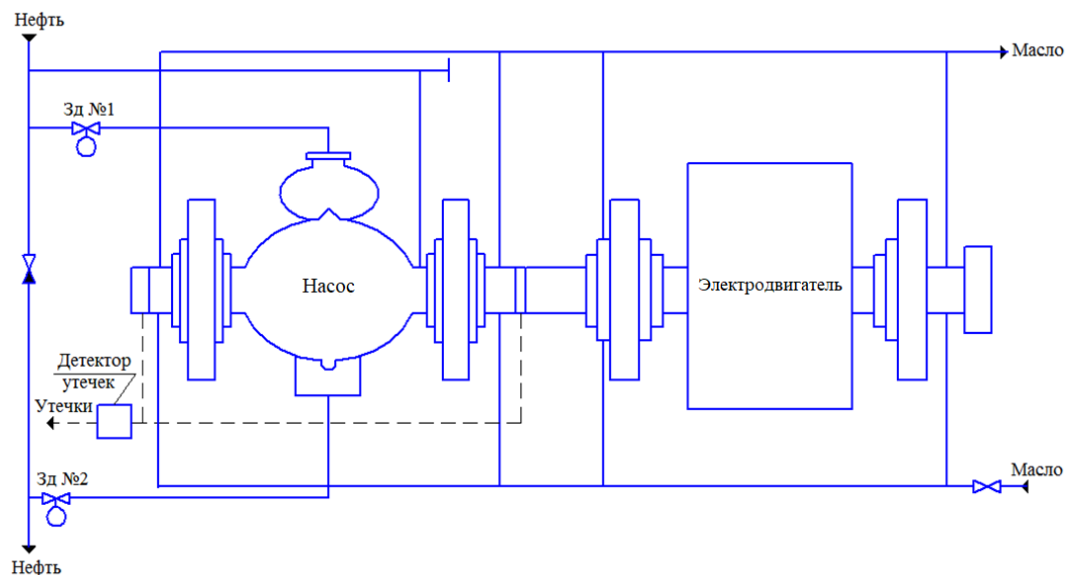


Рисунок 1 – Технологическая схема МНА

Основной видом нагнетательного оборудования для транспортировки нефти по магистральным нефтепродуктопроводам являются центробежные насосы. Все МНА отвечают требованиям, предъявляемым к ним для перекачки существенных объемов нефти на значительные расстояния.

На НПС в качестве основных чаще всего используются центробежные насосы с подачей от 360 до 10 000 м³/ч с напором 210-260 м, а в качестве подпорных – насосы с подачей 360-5000 м³/ч с напором 28-90 м.

Для осуществления надежной перекачки нефти магистральный насосный агрегат должен иметь избыточное давление на входе. Это давление необходимо для предотвращения опасного явления кавитации. Это явление возникает внутри насоса при снижении давления в жидкости, движущейся с большой скоростью.

Кавитация заключается в образовании пузырьков, которые заполнены парами перекачиваемой жидкости. При попадании этих пузырьков в область с высоким давлением, они сжимаются и развивают при этом огромные точечные давления. Данное обстоятельство приводит к быстрому износу деталей нагнетателя насоса и снижает эффективность его работы. Именно поэтому на головных НПС для транспортировки нефти к магистральным насосам принято использовать подпорные насосы [19].

В случае перекачки нефти в роли привода насосного агрегата могут использоваться электродвигатели во взрывобезопасном исполнении. Взрывобезопасное исполнение электродвигателя может быть выполнено с помощью принудительного нагнетания воздуха системой вентиляции под защитный кожух привода для поддержания избыточного давления. В отдельных случаях взрывозащита может реализована при помощи взрывонепроницаемой оболочки.

Стоит также сказать, что асинхронные электродвигатели высокого напряжения тоже могут быть использованы в качестве приводов МНА. Однако данное решение, если речь идет об использовании асинхронных двигателей мощностью от 2,5 до 8,0 МВт, требует установки в помещениях насосной дорогих статических конденсаторов мощностей (которые в случаях колебания

нагрузки станции и температуры окружающей среды имеют свойство выходить из строя), а также комплекса высоковольтного оборудования, которое существенно усложняет схему электроснабжения.

Здесь будет немаловажно отметить, что синхронные электродвигатели, по сравнению с асинхронным, в силу своих технических особенностей обладают лучшим показателем устойчивости, что крайне важно в случаях падения напряжения в сети.

Как правило, по стоимости синхронный электродвигатель дороже, чем аналогичный асинхронный, но зато синхронный двигатель имеет лучшие энергетические характеристики, что делает их применение эффективным. Нужно также заметить, что при нагрузках близких к номинальной мощности двигателя изменение КПД синхронного двигателя практически незаметно. Однако при нагрузках в значениях номинальной мощности от 0,5 до 0,7, КПД синхронных электродвигателей существенно падает [17].

В состав оборудования МНА, используемых НПС «Травники», входят насос марки НМ 10000-210 и электродвигатель типа СТД-8000.

Характеристика магистрального насосного агрегата НМ 10000-210 представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Основные технические данные и характеристики НМ 10000-210

Наименование параметра	Значение
Перекачиваемая жидкость	Нефть
Температура перекачиваемой жидкости, °С	От - 5 до + 80
Кинематическая вязкость, не более м ² /с	3x10 ⁻⁴
Объемный вес, кг/см ³	900-830
Упругость паров, м	1,0 – 6,0
Подача, м ³ /ч	10000
Напор, м	210
Допустимый кавитационный запас, м	65
КПД насоса/агрегата, %	89
Внешние утечки через уплотнения вала, не более см ³ /ч (л/ч)	300 (0,3)
Частота вращения вала, об/мин	3000
Мощность насоса, кВт (на воде)	5550
Тип присоединения к трубопроводу	Вварной
Диаметр рабочего колеса, мм	485
Масса насоса, кг	9791
Габаритные размеры насоса, мм	2505x2600x2125

В качестве привода насосного агрегата используется электродвигатель типа СТД (синхронный трехфазный) мощностью 8000 кВт.

Характеристика электродвигателя, используемого для работы насосного агрегата, представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика электродвигателя

Наименование параметра	Значение
Обозначение электродвигателя	СТД - 80000
Мощность, кВт	8000
Напряжение, В	10000
Частота вращения, об/мин	3000
Масса электродвигателя, кг	21100

1.3 Система регулирования давления

Система регулирования давления – система, обеспечивающая поддержание необходимого давления при различных гидравлических возмущениях, предотвращая при этом падение давления на всасывающей линии станции ниже некоторого значения минимума (обычно 0,2 МПа), а на нагнетающей линии – подъем не выше определенного значения максимума (чаще всего 6,4 - 7,0 МПа).

Система автоматического регулирования необходима для обеспечения безопасного давления нефти в нефтепроводе в сочетании с максимальной производительностью. В самом общем представлении система регулирования представляет собой комплекс из устройства автоматического регулирования и непосредственно объекта регулирования. Функциональная схема САР изображена на рисунке 2.

На НПС «Травники» регулирование напора и подачи насосов реализуется методом дросселирования потока нефти с помощью регулирующего органа (клапана), расположенного на выходе насосной.

В целях осуществления работы системы автоматического регулирования давления на НПС применяется комплекс средств для автоматического регулирования «Вектор», реализованных на базе самописца ЭС–8. Данный комплекс управляет двумя параллельно установленными заслонками с электроприводом

типа «BIFFI» с регулирующим органом диаметром 400 миллиметров.

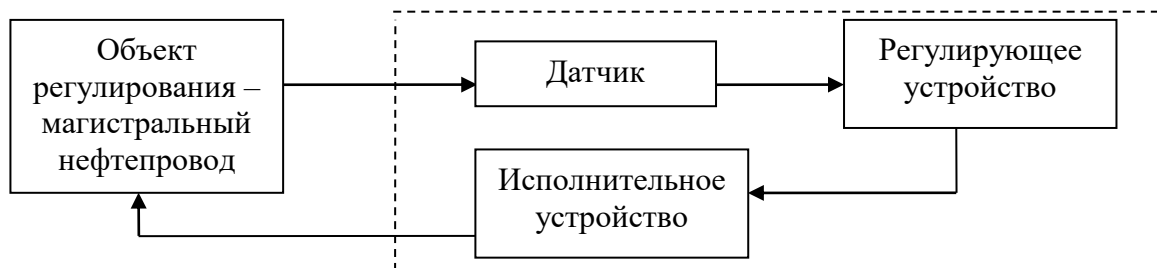


Рисунок 2 – Функциональная схема САР

Комплекс системы автоматического регулирования поддерживает работу в режимах как пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД), так и релейного закона регулирования [17].

Ниже представлена схема регулирования давления на НПС «Травники» (рисунок 3) и ее техническое описание.

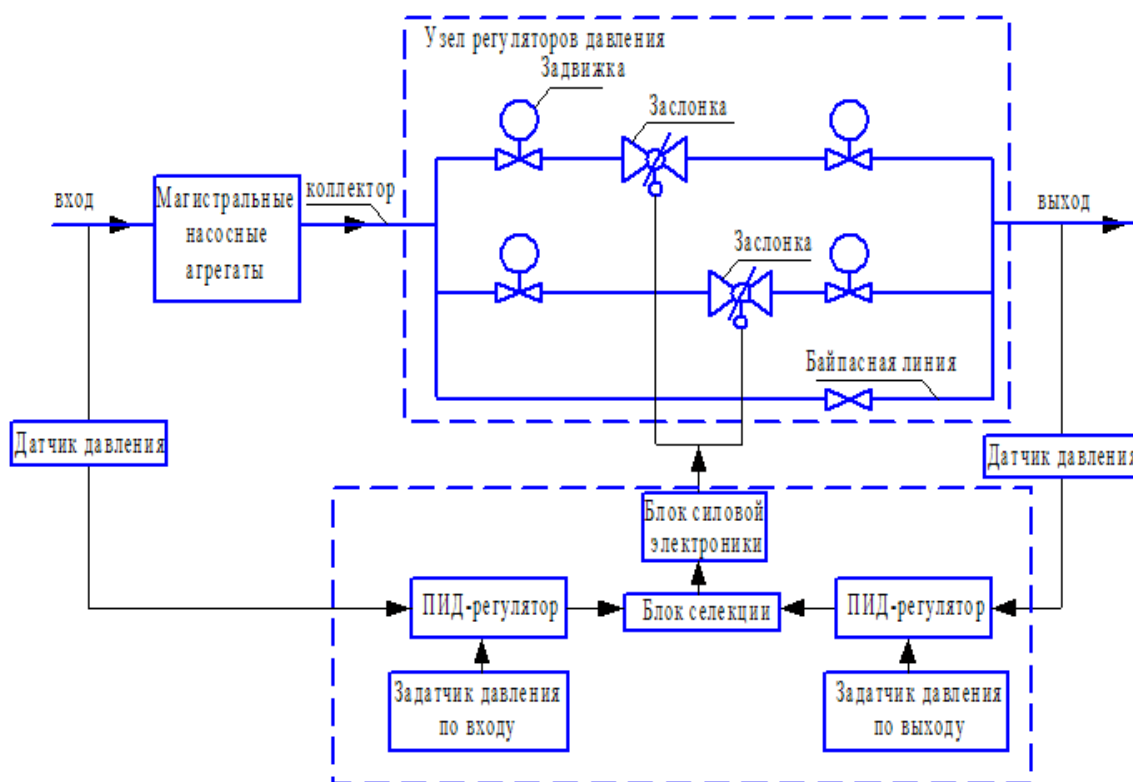


Рисунок 3 – Принципиальная схема регулирования давления

Датчик давления служит для преобразования давления на всасывающей и нагнетающей линиях насосной в стандартный токовый сигнал 0-20 мА для последующей дистанционной передачи.

В регуляторах давлений всасывания и нагнетания эти токовые значения сопоставляются со значениями, заданными в задатчиках давления.

После чего в блоке селектирования программно выбирается наибольший из этих двух сигналов. Далее команда управления поступает на блок силовой электроники, который в свою очередь реализует управление электроприводом той или иной регулирующей заслонки.

Реализация управляющих сигналов на электропривод осуществляется при превышении текущего значения давления на выходе НПС выше заданного значения, или понижении давления на приеме НПС ниже требуемого значения.

При использовании данного комплекса средств автоматизации удастся добиться существенного быстродействия исполнительных механизмов (от 8 до 60 секунд).

САР системы подразумевает реализацию двух режимов управления заслонкой: автоматический и ручной. При запуске магистрального насосного агрегата программой регулятора осуществляется изменение значений задания на приеме (выходе) станции.

1.4 Постановка задачи

1.4.1 Недостатки существующей системы

В рассматриваемой системе основным недостатком является способ реализации регулирования давления. Данный способ, а именно дросселирование, характеризуется крайне низкой энергетической эффективностью. Учитывая, что речь в работе ведется о электроприводах большой мощности, стоит предположить существенную экономию потребления электроэнергии при переходе на вариант с частотным регулированием скорости двигателей.

Также стоит отметить, что помимо снижения энергетических потерь, внедрение преобразователей частоты позволяет:

– организовать плавные пуски и остановки двигателя, что в свою очередь значительно позволит снизить нагрузки на электрические линии и механические конструкции, повысит надежность работы оборудования и продлит срок

их эксплуатации;

- в большей мере повысить качество регулирующих процессов по точности и быстродействию.

Помимо всего вышесказанного, существующая система регулирования не должна быть демонтирована. Ее последующая роль должна заключаться в обеспечении функции резервной подсистемы, способной незамедлительно включаться в работу в случае отказа частотного преобразователя или во время наладочных и ремонтных работ.

1.4.2 Эффективность применения частотного регулирования давления

В последнее время в нашей стране уделяется большое внимание проблемам энергосбережения и повышению эффективности энергетики. Одной из основных целей нынешней энергетической политики государства в сфере повышения энергетической эффективности является рациональное использование энергетических ресурсов.

Поэтому в целях повысить энергетическую эффективность трубопроводного транспорта нефти центробежные насосы на нефтеперекачивающих станциях следует эксплуатировать на таких режимах, которые могут обеспечить минимизацию всех затрат, а из всех доступных методов регулирования следует применять наиболее экономичный для данных условий эксплуатации.

Все способы регулирования делятся на способы ступенчатого и плавного регулирования.

Способы ступенчатого регулирования:

- смена ротора насоса;
- изменение числа работающих ступеней;
- изменение числа работающих насосов на НС;
- изменение схемы соединения насосов на НС.

Способы плавного регулирования:

- дросселирование;
- перепуск;

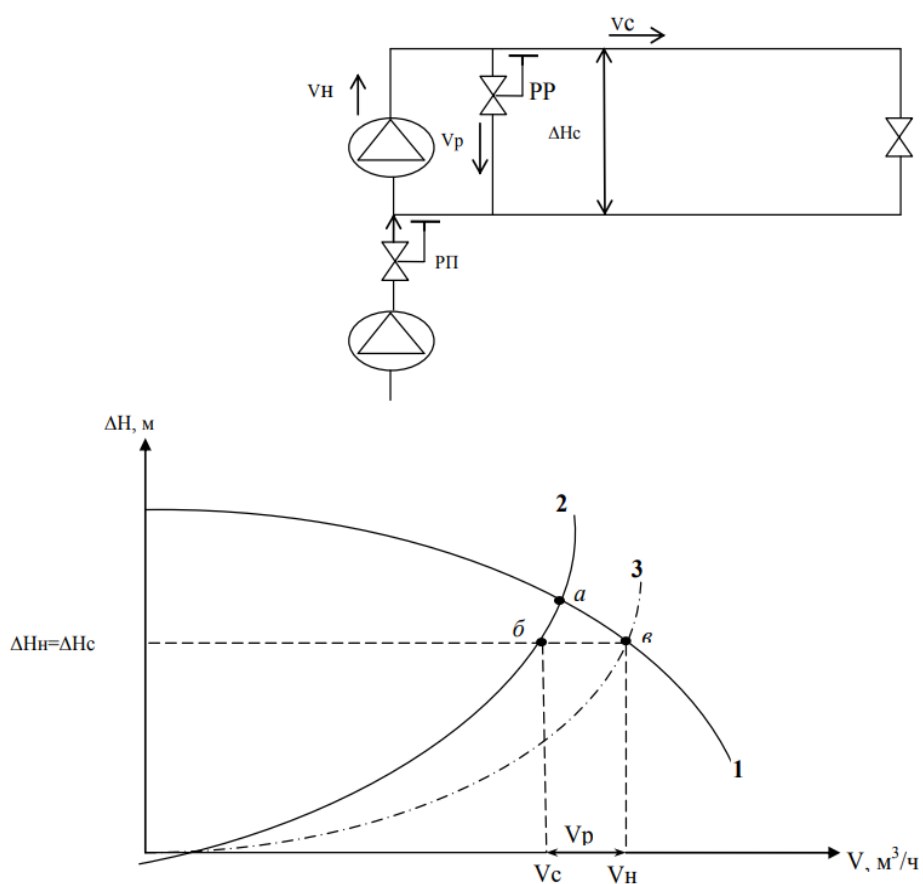
– изменение частоты оборотов ротора насоса, т.е. частотное регулирование.

Стоит отметить, что к теоретически возможным методам плавного регулирования относятся: перепуск, дросселирование и частотное регулирование.

а) Регулирование методом перепуска

Данный метод регулирования заключается в перепуске части жидкости через байпас обратно во всасывающую линию насоса.

Ниже на рисунке 4 приведена диаграмма режимов для регулирования методом перепуска с последующими пояснениями к ней.



1 - характеристика насоса; 2 - характеристика сети; 3 - характеристика сети с учетом регулятора; PP - регулятор рециркуляции

Рисунок 4 – Регулирование перепуском

Как следует из рисунка 4, точке *a* диаграммы соответствует режиму работы циркуляционной системы без регулятора, и расход жидкости в данном режиме превысит требуемое значение V_c . Для увеличения расхода воды через

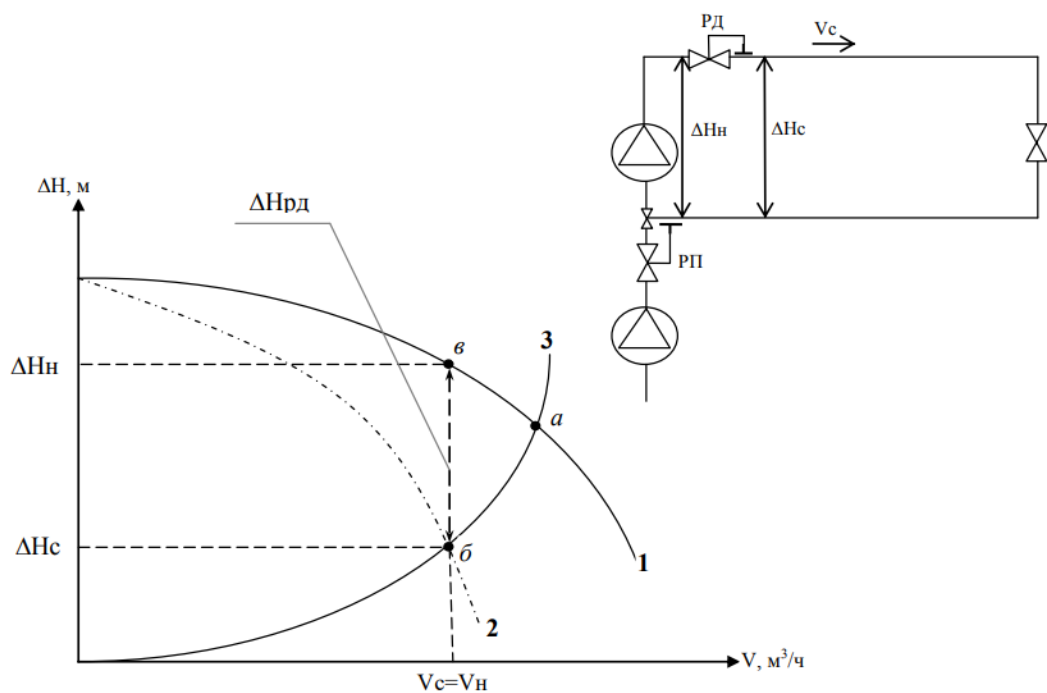
насос на линии рециркуляции предусмотрен клапан, открытие которого позволит снизить в соответствии с характеристикой его развиваемый напор, что доведет тем самым расход жидкости в сети до требуемых значений. Открытие клапана в свою очередь приводит к работе насоса на сеть с характеристикой, отличной от присоединенной сети. Режимы работы собственно присоединенной сети при этом отображаются точкой b на диаграмме, а режим насоса соответствует точке v .

Если гидравлическое сопротивление сети постоянно, то поддержание регулятором заданного перепада давлений ΔH_C позволяет обеспечить требуемую величину расхода. Для этой цели на линии рециркуляции может быть установлен регулятор, который будет поддерживать постоянный расход жидкости в сети V_C . Стоит заметить, что во время рециркуляции, на насосе возникают дополнительные затраты электроэнергии, связанные с регулированием. Данные затраты обусловлены перекачкой дополнительного расхода жидкости через линию рециркуляции V_P [11].

б) Регулирование методом дросселирования

Регулирование дросселированием в трубопроводе осуществляется путем частичного открытия или закрытия задвижки. При изменении положения шибера задвижки, можно получить подачу от 0 до подачи, которое будет соответствовать максимальному значению КПД (или близкому к максимальному напору).

Для анализа режимов работы системы с регулятором давления и постоянным гидравлическим сопротивлением сети при регулировании методом дросселирования на рисунке 5 изображена условная схема, а также соответствующая диаграмма.



1 - характеристика насоса; 2 - характеристика насоса с регулятором; 3 - характеристика сети; РП - регулятор подпитки; РД - регулятор давления

Рисунок 5 – Регулирование дросселированием

На рисунке 5 видно, что, если в системе отсекает регулятор давления, точка *a* является местом пересечения характеристики насоса и сети, т.е. данная точка обуславливает режим работы без регулирования. Расход жидкости в системе будет превышать необходимое на значение V_c . При введении регулятора происходит понижение располагаемого напора насоса на величину дросселирования в регуляторе, что приводит к установке требуемого значения расхода. Данный процесс обуславливает работу системы в точке *б* характеристики. Точка *в* в свою очередь показывает характеристику, в которой осуществляется работа самого насоса.

В данном примере (при постоянном сопротивлении сети) величина требуемого расхода обеспечивается за счет поддержания заданного перепада давлений ΔH_c . Также допускается в примерных условиях вместо регулятора давления использовать регулятор по поддержанию расхода жидкости. Диаграмма параметров режимов при этом будут идентичны.

Точно так же как и при перепуске, при дросселировании наблюдаются

потери энергии, связанные с регулированием, которые в общем случае определяются величиной дросселирования на клапане регулирования $\Delta H_{рд}$.

в) Регулирование частотным методом

Частотно-регулируемый привод – электродвигатель с подключенным частотным регулятором.

Действие такого устройства, как преобразователь частоты, основывается на использовании электронного механизма, который контролирует работу двигателя. Преобразование напряжения происходит в два этапа. Сначала происходит регулировка напряжения сети путем выпрямления и фильтрации, с помощью системы конденсаторов. Далее выполняется электронное управление, благодаря которому для тока выставляется частота, соответствующая выбранному режиму работы насоса.

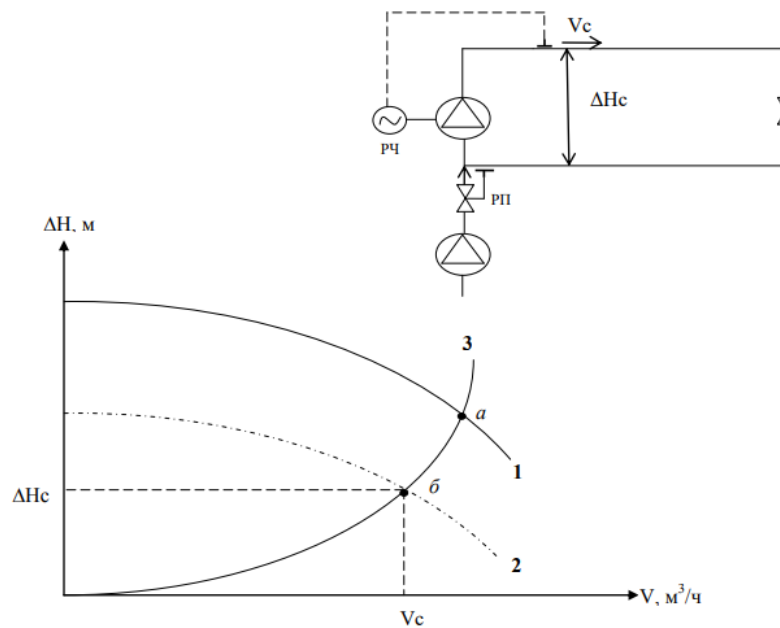
При помощи преобразователя частоты можно осуществлять плавный пуск двигателя и плавную настройку работы привода, выбирая оптимальный показатель между напряжением и частотой.

Среди достоинств такого устройства главным следует назвать то, что оно помогает уменьшить расход электроэнергии в среднем на 50%. К тому же частотный преобразователь позволяет выставлять такой режим работы, который будет в максимальной степени учитывать потребности производства. КПД частотного преобразователя может достигать до 99%.

Изменение частоты вращения вала является прогрессивным и экономичным методом регулирования, позволяющим полностью исключить обточку рабочих колес.

При регулировании параметров электродвигателя насоса данным методом происходит изменение собственной характеристики насоса, заключающееся в практически параллельном переносе исходной характеристики, т.е. той характеристики, которая соответствует номинальной частоте вращения вала [11].

На рисунке 6 показана диаграмма параметров режима данного способа регулирования.



1 - характеристика насоса при номинальной частоте; 2 - характеристика насоса при пониженной частоте; 3 - характеристика сети; РЧ – регулятор частоты

Рисунок 6 – Регулирование частотным методом

Как следует из рисунка 6, точка *a* опять показывает характеристику без учета регулирования в системе, где расход жидкости превышает требуемое значение V_c . Вторая характеристика советует режиму с использованием частотного регулятора, с помощью которого обеспечивается пересечение с характеристикой сети точке *б*, где расход жидкости совпадает с требуемым. Отметим, что данная точка принадлежит уже новой характеристике насоса, обусловленной снижением частоты вращения вала, и потери мощности на регулирование при этом практически сведены к нулю [11].

Данный метод регулирования принято считать наиболее эффективным, так как при изменении числа оборотов вала насоса, КПД насоса при этом практически не меняется. Так, по разным оценкам общее снижение мощности потребления может достигать значений в 60 % и более (рисунок 7).

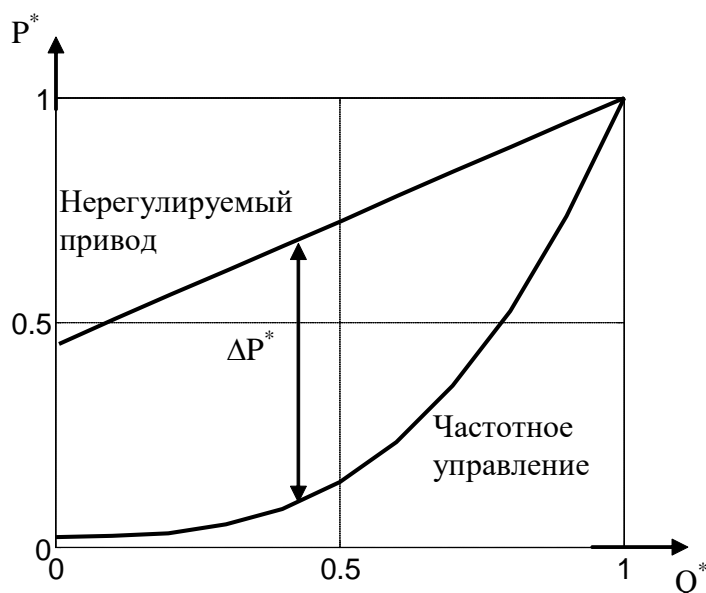


Рисунок 7 – Общее уменьшение потребляемой мощности

1.4.3 Задачи по модернизации системы автоматизации

Задачами проектирования в данной работе являются:

- а) разработка структурной и принципиальной схем автоматизации системы, предусматривающих как традиционный способ регулирования с помощью регулирующего клапана, так и частотное регулирование частоты вращения ротора электродвигателя;
- б) выбор преобразователя частоты для двигателя, удовлетворяющего техническим особенностям электродвигателя;
- в) подбор программируемого логического контроллера, а также выбор контрольно-измерительной аппаратуры и сопутствующих коммутирующих средств, органов индикации и ручного управления;
- г) разработка принципиальной схемы электрических соединений;
- д) разработка прототипа программы управления объектом для ПЛК.

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Согласно ГОСТ 2.702-2011 структурной схемой называется схема, которая определяет основные функциональные части системы автоматизации, а также их взаимосвязи и назначение. На практике для автоматизированных систем часто принято составлять скелетные структурные схемы.

Основной задачей любой структурной схемы автоматизации является определение системы контроля и управления технологическим процессом рассматриваемого объекта и установка связей между щитами и пультами управления, агрегатами, операторскими рабочими постами. Являясь основным проектным документом, структурная схема устанавливает оптимальные каналы для операторского, технического и административного управления. Структурные схемы играют немаловажную роль при создании локальных систем контроля и автоматизации, так как в них отражаются все особенности и взаимосвязи с другими элементами АСУ ТП.

Структурная схема управления магистральным насосным управление агрегатом изображена на рисунке 8.

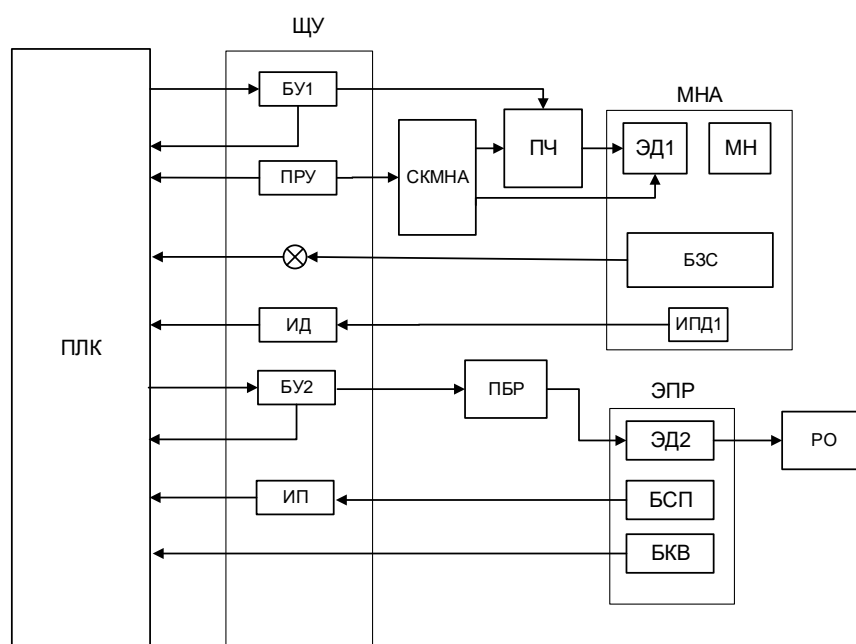


Рисунок 8 – Структурная схема автоматизации

На рисунке 8 использованы следующие обозначения:

ПЛК – программируемый логический контроллер, реализующий программу по управлению АСУ ТП;

ЩУ – щит управления;

БУ1, БУ2 – блоки управления преобразователем частоты и электроприводом регулирующей арматуры. Блоки позволяют осуществлять работу как в ручном, так и в автоматическом режимах. В ручном режиме происходит регулирование по частоте преобразователя или положению арматуры, а в автоматическом режиме регулирование по заданному давлению;

ПРУ – переключатель режима работы преобразователя частоты (частотное управление/байпас);

ИД – индикатор давления;

СКМНА – системы коммутации насосного агрегата на базе высоковольтных выключателей нагрузки, которые позволяют подключать электродвигатель непосредственно к сети 10кВ или к выходам частотного преобразователя;

ПЧ – преобразователь частоты;

МНА – магистральный насосный агрегат, в состав которых входят:

ЭД1, ЭД2 – электродвигатели;

МН – магистральный насос;

БЗС – блоки защиты и сигнализации;

ИПД – измерительный преобразователь давления выходе МНА;

ИП – индикатор положения;

ПБР – пускатель бесконтактный реверсивный;

ЭПР – электропривод;

БСП – блок сигнализации положения;

БКВ – блок концевых выключателей;

РО – регулирующий орган.

Система АСУ ТП должна реализовывать:

- возможность переключения режимов регулирования давления. В случае ПЧ по частоте, а в случае регулирующего клапана по положению;
- работу в двух режимах управления как преобразователем частоты, так и регулирующей арматурой;
- ручное управление преобразователем частоты;
- автоматическое регулирование давления с воздействием на преобразователь частоты;
- автоматическое и ручное включение байпаса в случае неисправности или настройки преобразователя частоты.

Схема защиты магистрального насосного агрегата представлена в Приложении.

Система защиты МНА заключается в постоянном контроле объема утечек через торцевые уплотнения, а также контроле температуры и вибрации различных элементов агрегата.

Необходимость контроля за утечками из торцевых уплотнений насосов обусловлена тем, что превышение допустимого уровня утечек может служить показателем о состоянии торцевых уплотнений. Скопившиеся утечки в свою очередь отводятся из корпуса уплотнений с помощью общего коллектора в специальную емкость.

Для безопасной и надежной работы система автоматизации МНА обязана контролировать температурные показатели всех узлов агрегата. К данным узлам можно отнести передние и задние подшипники насоса и электродвигателя. Кроме того, должен осуществляться температурный контроль нефти на входе насоса. Немаловажным будет отметить контроль температуры поверхности статора электродвигателя и температуры окружающей среды в зонах горячего и холодного воздуха.

С помощью специальной контрольно-измерительной аппаратуры осуществляется вибрационный контроль на задних и передних подшипниках насоса и задних и передних подшипниках электродвигателя. Токовые сигналы, поступающие с вибродатчиков, помогают установить любые нарушения

в работе агрегата, которые могут быть вызваны износом подшипников, появлением дисбаланса, некачественной сборкой или усталостью металла.

Защитные приборы осуществляют контроль за следующей переменной информацией:

TE1 – текущее значение температуры нефти на входе насоса;

TE2-TE5, TE8, TE9 – текущее значение температуры подшипников электродвигателя и насоса;

TE6, TE7 – текущее значение температуры обмотки статора и железа сердечника статора электродвигателя;

T10-T11 – текущее значение температуры в зоне горячего и холодного воздуха электродвигателя;

ST1, ST2 – текущее значение вибрации на переднем и заднем подшипниках вала насоса;

ST3, ST4 – текущее значение вибрации на переднем и заднем подшипниках вала электродвигателя;

LSA1, LSA2 – объем утечек из торцовых уплотнений насоса.

3 ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

3.1 Преобразователь частоты

3.1.1 Типы высоковольтных преобразователей частоты

В наше время для регулирования оборотов высоковольтных асинхронных двигателей традиционно пользуются двумя видами преобразователей частоты, которые устанавливаются между статором двигателя и сетью питания:

а) преобразователь частоты с промежуточным транзисторным преобразователем. Структура данного ПЧ состоит из входного трансформатора, понижающего напряжение, промежуточного транзисторного преобразователя частоты низкого напряжения и выходного повышающего трансформатора (рисунок 9).

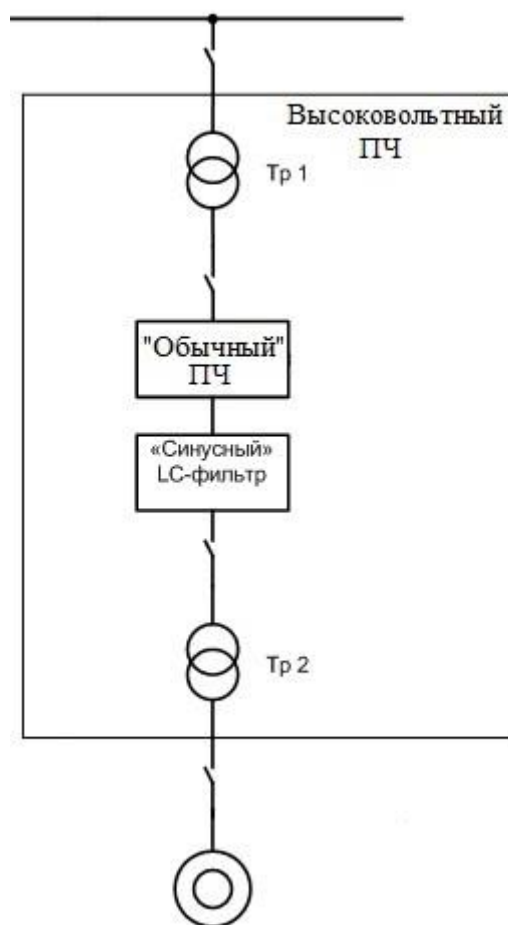


Рисунок 9 – Схема ПЧ с промежуточным транзисторным преобразователем частоты

Данный низковольтный ПЧ имеет относительно несложную структуру, построенную с помощью трехфазных транзисторно-диодных мостов, выходное напряжение при этом формируется за счет синусоидальной широтно-импульсной модуляции. Напряжение на выходе ПЧ при этом обладает сложным гармоническим составом, значительную долю в котором занимают высокочастотные составляющие, вот почему между выходом данного преобразователя частоты и выходным трансформатором повышающего напряжения необходимо устанавливается силовой «синусный» LC-фильтр, роль которого и заключается в устранении высокочастотных пульсаций входных напряжений трансформатора на выходе;

б) преобразователь частоты с входным многообмоточным согласующим трансформатором и выходным многоуровневым транзисторным инвертором. Отличительной особенностью данного вида преобразователей является наличие в их структуре многоуровневого транзисторного инвертора, содержащего в каждой фазе на выходе несколько транзисторно-диодных ячеек (H-мостов), соединённых в последовательную цепь для получения номинального напряжения (рисунок 10).

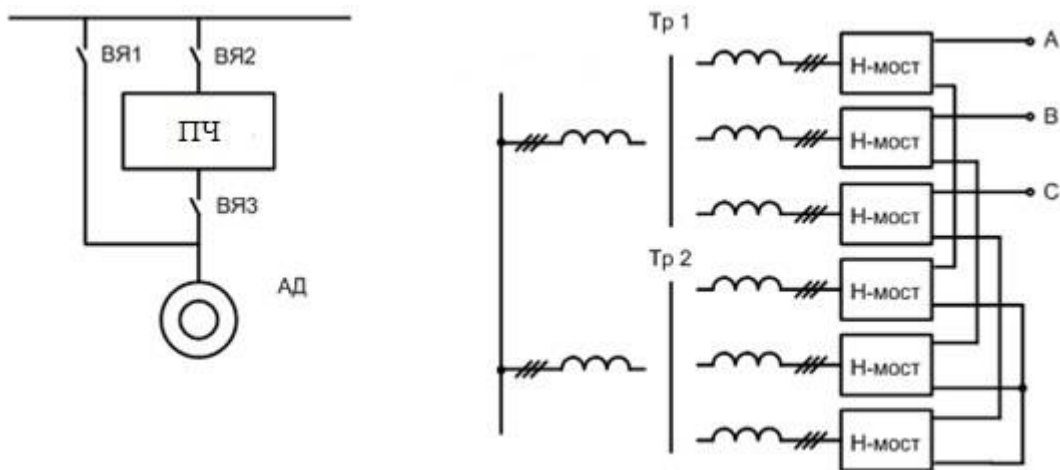


Рисунок 10 – Схема преобразователя частоты с выходным многоуровневым транзисторным инвертором

Зависимость количества ячеек в выходной фазе обусловлена величиной напряжения, формируемого каждой ячейкой и, в зависимости от того, какое

допустимое напряжение имеют используемые транзисторы, их количество варьируется от двух до пяти. Каждая ячейка в свою очередь питается от изолированной трехфазной обмотки входного трансформатора, чтобы в дальнейшем сформировать часть выходного напряжения в виде синусоидального ШИМ сигнала. В силу наличия фазового сдвига высокочастотного модулированного сигнала каждой отдельной ячейки и их последующего суммирования их напряжений на выходе преобразователя формируется напряжение, близкое по форме к синусоидальному.

Подводя итог всему вышесказанному, можно заключить, что оба вида преобразователей обладают рядом определенных особенностей и различий, влияющих на экономические показатели и стоимость данных ПЧ.

В случае наличия нескольких последовательных ячеек в каждой фазе ПЧ второго типа каждая его ячейка формирует небольшую часть выходного напряжения, пропуская при этом через себя относительно малые токи, равные по величине току фазы электродвигателя высокого напряжения. Данный факт дает возможность применять при построении преобразователя относительно экономичные транзисторно-диодные модули. Стоит сказать, что и для первого типа преобразователей тоже можно использовать модули с небольшим напряжением, но при этом ток должен быть значительно больше, так как такой ПЧ в звене пониженного напряжения может пропускать через себя полную мощность нагрузки при значительно меньших напряжениях и большем токе.

Если речь заходит о стоимости, то цена транзисторно-диодного модуля в значительной степени зависит от значений допустимых напряжений, чем от величины тока. Таким образом цена полной комплектации одной ячейки высоковольтного преобразователя второго типа может быть сопоставима со стоимостью всего ПЧ первого, построенного на транзисторах одинакового класса. А так как для получения высокого напряжения в ПЧ второго типа необходимо соединять несколько ячеек последовательно, то стоимость полупроводниковых комплектующих такого преобразователя для некоторых случаев может существенно превышать стоимость полупроводниковых комплектующих для

ПЧ первого типа. Но, помимо этого, стоит обратить внимание на то, что повышением мощности преобразователя первого типа появляется необходимость соединять ячейки параллельно, что в свой черед приводит к уменьшению разницы в стоимости между двумя типами ПЧ.

Как уже было отмечено, в преобразователях второго типа используется только входные многообмоточные трансформаторы, рассчитанные на полную мощность ПЧ. Данные трансформаторы имеют высокую стоимость и как правило не могут быть заменены на обычные серийные трансформаторы. В преобразователе первого типа также используется два трансформатора на входе и выходе ПЧ на полную мощность электродвигателя, но чаще всего для этой роли используются простые серийные трехфазные трансформаторы со сравнительно малой стоимостью. Описанные выше различия приводят к ценовой, которая приблизительно может быть в два раза меньше у двухтрансформаторного преобразователя частоты по сравнению с преобразователем первого типа той же мощности. Тем не менее диапазон регулирования первых преобразователей ограничен соотношением один к двум, так как у обычных трансформаторов малоэффективны на низких.

3.1.2 Выбор высоковольтного преобразователя частоты

Задача по выбору преобразователя частоты высокого напряжения представляется достаточно комплексной и сложной. В первую очередь необходимо отметить, что существует множество факторов, влияющих на конечную стоимость преобразователя, начиная с функционально-технических особенностей и комплектации, заканчивая условиями доставки с последующим монтажом. В целях данной работы укажем только основные требования к рассматриваемому ПЧ:

а) схема, построенная на базе многообмоточного трансформатора и IGB-ячеек. Несмотря на более высокую стоимость, данная схема предоставляет ряд существенных преимуществ:

– полный диапазон регулирования частоты без снижения коэффициента полезного действия и коэффициента мощности, а также ухудшения

гармонического состава выходного тока на низких частотах;

- лучшие массогабаритные характеристики;
- наличие в таких ПЧ функции байпаса;
- более высокое техническое исполнение по сравнению с двухтрансформаторными ПЧ;

б) наличие высоковольтных выключателей и функции автоматического включения байпаса, наличие которого позволит управлять технологическим процессом в случаях аварии или настройки ПЧ;

в) наличие функции управления частотой с помощью аналогового сигнала 4-20 мА. Данная функция предусмотрена на всех современных преобразователях.

Сопряжение средств управления и системы регулирования давления с преобразователем частоты будет реализовано при помощи сигналов, приведенных ниже:

- пуск в режиме частотного регулирования;
- управление ПЧ по заданию давления или заданию частоты в зависимости от режима регулирования (4-20 мА);
- отключение регулирования с последующим переходом на байпас;
- авария преобразователя с переходом на байпас.

В данной работе окончательный выбор был сделан в пользу преобразователя частоты марки «Геркулес» производства ООО «Научно-производственное предприятие «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СПб» [4].

Исходя из номинальной мощности и номинального напряжения двигателя дымососа выберем модель Геркулес ПЧ-ТТПТР-577-10к 10кВ, 800кВт, 577А.

Преобразователи серии «Геркулес» используют технологию последовательного соединения инверторных ячеек и фазорегулируемую многоуровневую широтно-импульсную модуляцию.

Напряжение на выходе поступает на фазосдвигающий трансформатор, имеющий в общей сложности 3N вторичных трёхфазных обмоток 690 В (где

N – количество инверторных ячеек в каждой фазе). Каждая вторичная обмотка нагружена на отдельную инверторную ячейку, представляющую собой управляемый H-мост [12].

Выход первых инверторных ячеек фазы соединяется “У”, выход последних ячеек подключается к нагрузке. Система состоит из фазосдвигающего трансформатора, инверторных ячеек и системы управления (рисунок 11).

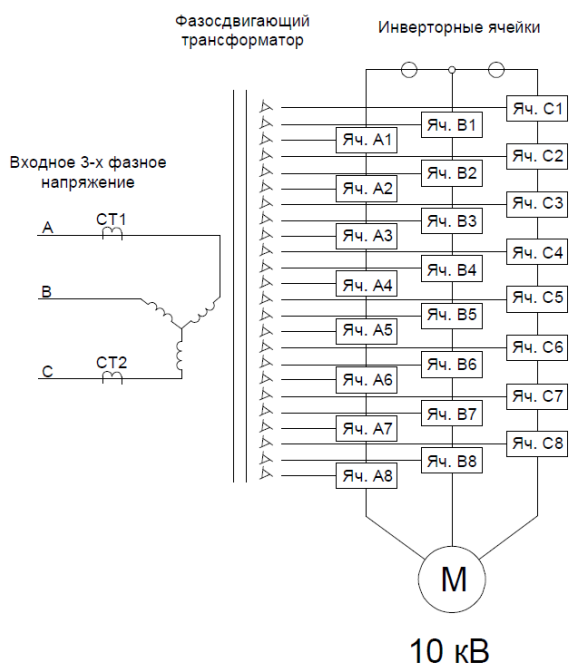


Рисунок 11 – Схема преобразователя частоты «Геркулес»

Состав преобразователя частоты серии «Геркулес» состоит из шкафа инвертора, шкафа фазосдвигающего трансформатора и шкафа управления. Помимо этого, в комплектацию опционально могут быть включены шкафы байпасного ручного или автоматического переключения, шкаф реактора синхронизирующего байпаса, система возбуждения, а также блок-модуль для размещения на открытом воздухе.

Для наших целей нам необходим шкаф байпасного автоматического переключения.

Как уже было отмечено, данный элемент системы увеличит надежность производственного процесса и обеспечит его непрерывность. В случае, когда преобразователь неисправен, происходит переключение питания

электродвигателя от сети.

Вход шкафа (рисунок 12) подключается к высоковольтному трехфазному напряжению, которое через контактор КМ1 (или разъединитель QS1) подключается к фазосдвигающему трансформатору. Выход шкафа байпасного переключения от шкафа инвертора через контактор КМ2 (или разъединитель QS2) соединяется с электродвигателем.

Шкаф байпасного переключения имеет обводной контактор (разъединитель) КМ3, переключающий на частоту сети. С помощью этого контактора, в случае какой-либо неисправности ПЧ, для обеспечения устойчивой работы системы, пользователь может переключить электродвигатель на питание от сети. При этом контакторы КМ2 и КМ3 обладают функцией взаимоблокировки через логическую схему.

Разъединители QS1, QS2 предназначены для изоляции системы частотного регулирования от высоких напряжений и обеспечения видимого разрыва цепи, когда электродвигатель работает напрямую от сети.

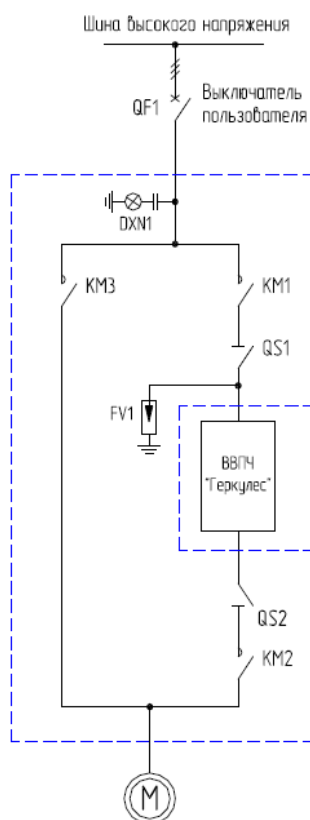


Рисунок 12 – Схема подключения шкафа автоматического включения байпаса

Серия высоковольтных преобразователей частоты серии «Геркулес» использует шкаф управления, цепи которого изолированы от высоковольтных цепей шкафа трансформатора и шкафа инвертора оптическим волокном и гальванически развязаны трансформатором.

Основой электрической схемы шкафа является микропроцессорная система управления с дополнительными платами расширения. Также имеется отдельный источник бесперебойного электропитания с двумя питающими вводами оперативного тока (основным и резервным). На двери шкафа управления расположены: сенсорная панель, светосигнальные индикаторы, переключатель выбора режима управления. В шкафу имеются программируемые клеммы, доступные для пользователей.

Схема подключения цепей управления ПЧ «Геркулес» показана на рисунке 13.

Преобразователь имеет:

- 16 дискретных входов с гальванической развязкой;
- 3 аналоговых входа напряжения или тока;
- 4 аналоговых выходов;
- 21 дискретный выход, в том числе один электронный ключ и 20 реле с переключающими контактами.

Все входы и выходы поддерживают программную конфигурацию на выполнение различных функций [12].

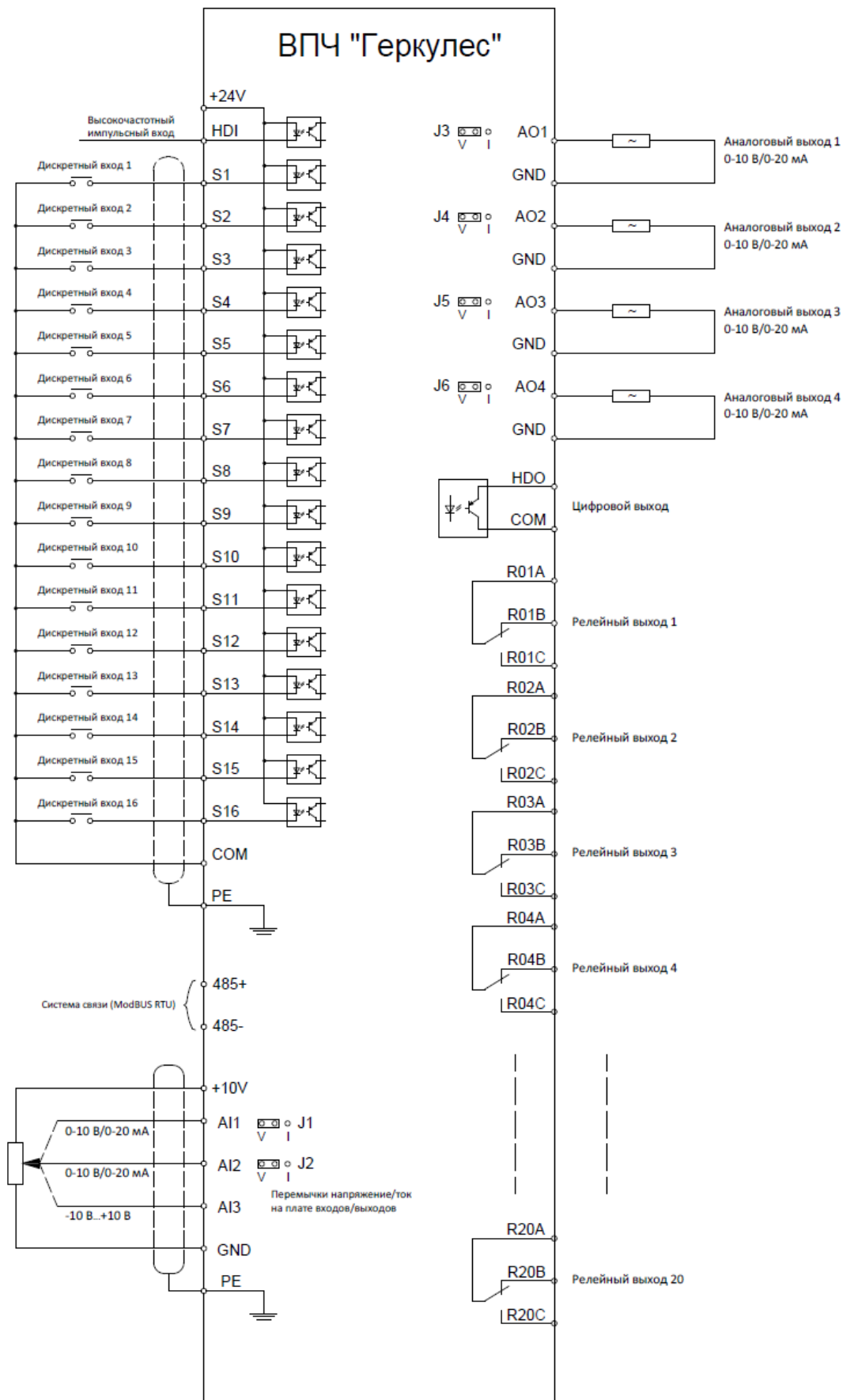


Рисунок 13 – Схема подключения цепей управления преобразователем

3.2 Электропривод

Для управления регулирующим клапаном выберем взрывозащищенный электропривод с металлическим корпусом марки AR11EL300.LT.220/50.Ex, оснащенные блоком сигнализации конечных положений, а также потенциометром для последующей индикации положения.

Электропривод предназначен для управления и регулирования запорной и запорно-регулирующей арматурой во многих сферах тяжелой промышленности. Привод использует интеллектуально электронный модуль с высокоинтегрированными микросхемами и микроконтроллером с малым энергопотреблением. Отдельно смонтированный блок управления эффективно изолирован от тепловой нагрузки двигателя, что существенно улучшает его устойчивость к различного рода помехам. Выбранный электропривод обладает следующими техническими характеристиками [1]:

Усилие: 30000 Н;

Скорость хода: 0,44 мм/с;

Ход: 100 мм;

Встроенный электронный ограничитель момента.

Установленные внешние концевые выключатели 2хSPDT

Ручной дублёр,

Визуальный индикатор,

Шкала положения штока

Указатель положения клапана — во время открытия или закрытия электроприводом клапана, перемещение диска клапана и его положение отображается на ЖК-мониторе

Схема подключения электропривода представлена на рисунке 14.

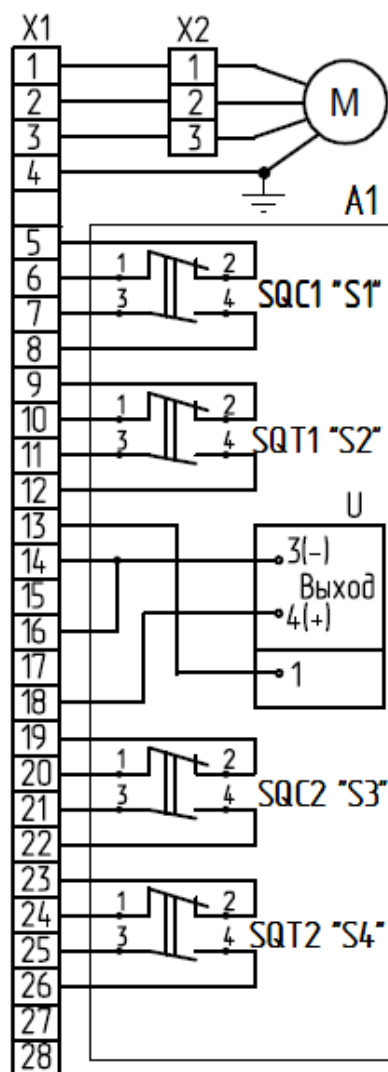


Рисунок 14 – Схема подключения AR11EL300.LT.220/50.Ex

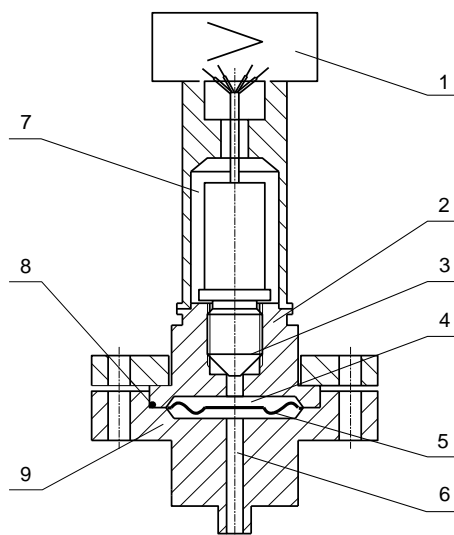
3.3 Измерительный преобразователь давления

В качестве измерительного преобразователя давления выберем преобразователь Метран-150. Данный датчик предназначен для работы в системах автоматического регулирования, управления и контроля и обеспечивает непрерывное преобразование измеряемых величин - давления избыточного, абсолютного, разрежения, разности давлений нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал для последующей дистанционной передачи.

Данный прибор состоит из составляющих: преобразователя давления и электронного преобразователя. Конструкция преобразователя показана на рисунке 15.

Цифрой 3 обозначен мембранный тензопреобразователь, размещенный внутри основания 2. Внутренняя полость 4, заполненная специальной жидкостью, отделяется от измеряемой среды металлической гофрированной мембраной 5. Полость 7 сообщается с окружающей атмосферой. Измеряемое давление поступает в камеру 6 фланца 9 с уплотняющей прокладкой 8. Измеряемое давление, воздействуя на мембрану 5, через жидкость распространяется на мембрану тензопреобразователя, что вызывает ее прогиб и изменение сопротивления тензорезисторов [4].

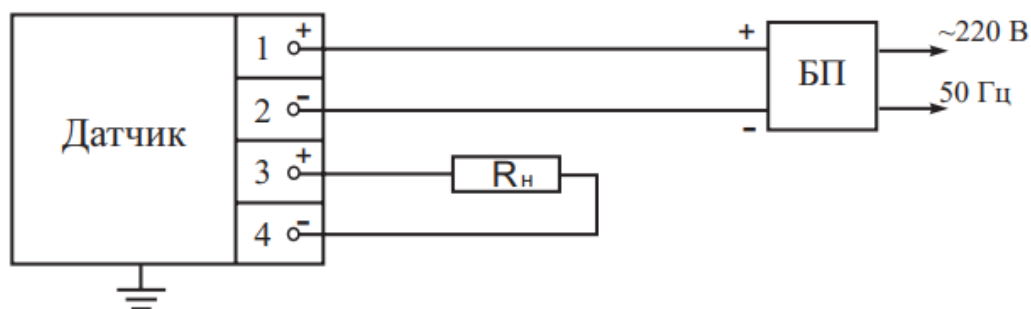
Далее электрический сигнал от резисторов передается в электронный преобразователь 1.



1 – электронный преобразователь; 2 – основание; 3 – мембранный тензопреобразователь; 4 – внутренняя полость; 5 – металлическая гофрированная мембрана; 6 – камера; 7 – полость; 8 – прокладка; 9 – фланец

Рисунок 15 – Прибор для измерения давления Метран-150

Схема электрическая соединений разъема для преобразователя с выходным сигналом 4-20 мА показана на рисунке 16.



БП – блок питания; R_n – сопротивление нагрузки

Рисунок 16 – Схема подключения Метран-150

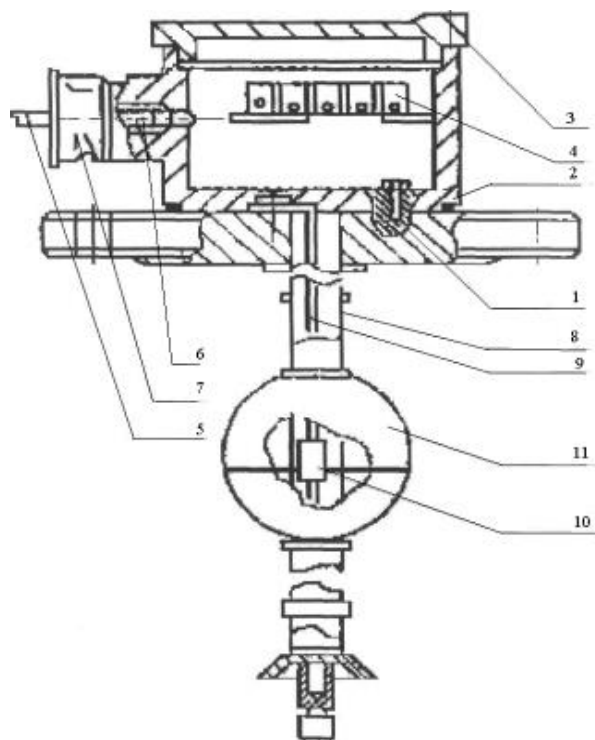
3.4 Прибор для контроля уровня утечек

Для контроля уровня утечек будем использовать уровнемер серии «ОМЮВ».

В ходе нормальной работы центробежного магистрального насоса через его уплотнительные устройства происходят незначительные нефтяные утечки. Эта утечки собираются и подаются в специальный резервуар, где затем откачиваются по мере накопления. В случаях, когда уплотнительные устройства насоса неисправны, утечки нефти вполне могут достигать существенных величин.

Для своевременной индикации этих величин будем использовать датчики контроля уровня «ОМЮВ». Так, следящий прибор для сигнализации уровня утечек в насосной модели «ОМЮВ 05-1» вполне подойдет для этой цели. Прибор воспринимает превышение понтонными заданного максимального уровня и обеспечивает возможность блокировки и аварийной индикации [3].

Конструкция уровнемера «ОМЮВ 05-1» изображена на рисунке 17.



1 – крепежный фланец; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – последовательные контакты; 5 – многожильный кабель; 6 – уплотнение; 7 – сальник; 8 – полая трубка; 9 – балка; 10 – герметизирующий контакт; 11 – поплавок

Рисунок 17 – Конструкция уровнемера «ОМУВ»

В состав прибора входит крепежный фланец 1, на который с помощью болтов устанавливается корпус 2. Под крышкой корпуса 3 имеется доступ к последовательным контактам 4. Многожильный кабель подключения 5 подведен к корпусу выключателя через специальное прорезиненное уплотнение 6, которое помещается в гнездо сальника 7. Внутри полый металлической трубки 8 находится удерживающая балка 9 со специальным герметизирующим контактом 10.

С помощью постоянного кольцевого магнита происходит замыкание контакта, расположенного в сферическом поплавке 11. Поплавок передвигается за счет выталкивающей силы жидкости. Ко всему прочему чувствительные элементы прибора работают по моностабильному принципу, что способствует сохранению информации о пройденном уровне поплавка электронным путем.

3.5 Прибор для измерения температуры

Для определения температуры различных узлов агрегата выберем термометр сопротивления типа ТСП-100П. Данный прибор предназначен для измерения температурных показателей и блокировки в случаях превышения допустимого значения температуры измеряемой среды.

Для разрабатываемой системы автоматизации воспользуемся искровзрывозащитным одноканальным преобразователем Pt 100 МК32-ПExO-Li. Модуль устройства предназначен для гальванической развязки термосопротивления, размещенного в искровзрывоопасной зоне, и формирует нормированный сигнал 4 – 20 мА, пропорциональный изменению температуры. Термометр может быть подключен по трех- или четырехпроводной схеме. Предусмотрен контроль входных цепей на обрыв провода и короткое замыкание. Информация о неисправности сигнализируется через красный светодиод.

Чувствительный элемент помещен в тонкостенную трубку из алюминия, которая в свою очередь заключена в защитный чехол из нержавеющей стали. Выводы датчика подключаются к зажимам на специальной плате, расположенной в головке защитного чехла. В зависимости от положения двух переключателей на передней панели диапазон измеряемых температур варьируется от минус 200 °С до 650 °С. Так, прибор предоставляет на выбор один из четырех диапазонов контролируемых температур [26]:

- TI: от -50 °С до 100 °С;
- TII: от 0 °С до 200 °С;
- TIII: от 0 °С до 400 °С;
- TIV: от 0 °С до 600 °С.

Схема подключений термопреобразователя представлена на рисунке 18.

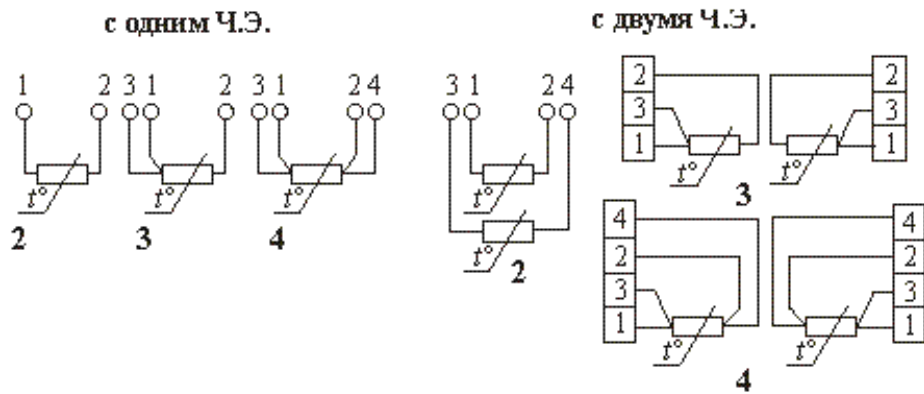
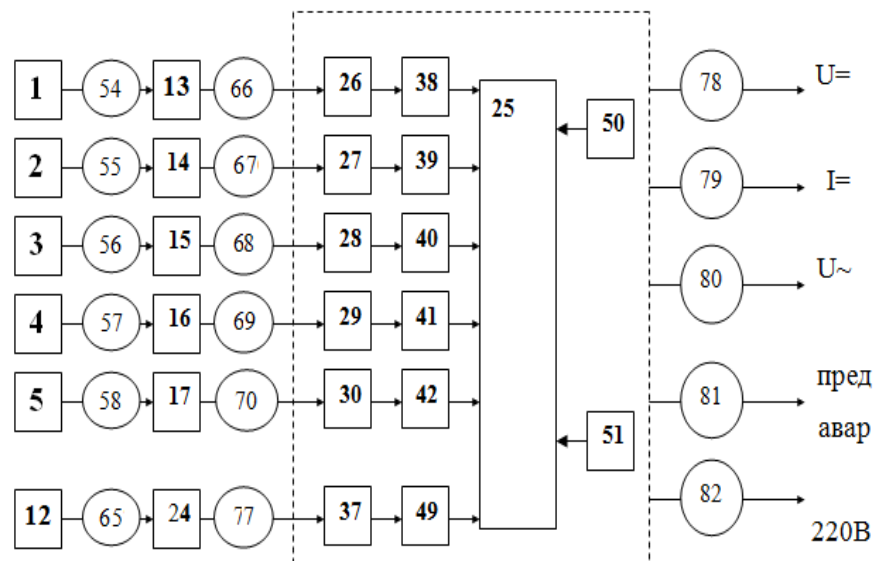


Рисунок 18 – Схема соединения ТСП-100П

3.6 Аппаратура виброконтроля

Для контроля вибрации подшипников агрегата выберем аппаратуру виброконтроля СВКА. Цель данной аппаратуры заключается в преобразовании механических колебаний в электрический сигнал, для измерения мгновенных значений ускорения и среднеквадратических значений виброскорости.

Блок- схема устройства виброконтроля СВКА приведена на рисунке 19.



1...12 -вибропреобразователь; 13...24 - коробка распределительная КР11; 25 - блок электронный в составе; 26...37 - блок искрозащиты; 38...49 - блок измерительный; 50 - блок контроля и индикации; 51 - блок питания; 54...65 - кабель-удлинитель; 66...77 - кабель; 78...80 - кабель «U» «I» «U~»; 81 - кабель «ЗАЩИТА»; 82 - кабель питания

Рисунок 19 – Блок-схема устройства виброконтроля СВКА

Состав данного устройства включает в себя вибропреобразователи, распределительные коробки и электронный блок. В электронном блоке устанавливаются в общей сложности двенадцать измерительных блоков, один блок контроля индикации и один блок питания. В распределительной коробке устанавливается согласующий усилитель.

Принцип действия аппаратуры СВКА основан на явления пьезоэффекта и заключается в том, что пьезоэлектрические вибропреобразователи преобразуют контролируемую вибрацию в электрический сигнал. В каждом вибропреобразователе расположен чувствительный элемент, состоящий из монолитного пьезокерамического элемента.

При вибрации на данном элементе образуются инерционные силы, под действием которых он деформируется, пропорционально действующему ускорению. В это время на обкладках пьезоэлемента или пьезомодуля появляется знакопеременные заряды, пропорциональные в рабочей полосе частот действующему ускорению.

Напряжение, сформированное этими зарядами, поступает на вход согласующего усилителя. Необходимость согласующего зарядового усилителя заключается в согласовании выходных сопротивлений вибропреобразователей с линией связи и вторичной аппаратурой. Согласующий усилитель располагается в корпусе распределительной коробки, где поступающий с него аналоговый сигнал подается на вход электронного блока в диапазонах 0-5 В. Рассматриваемые входные сигналы полностью соответствуют требованиям стандарта RS-485.

Для обмена информацией с внешней средой на интерфейсной плате находятся два интерфейса последовательного типа. Первый интерфейс RS-232 выполняет функцию программирования микропроцессора и калибровки АЦП в то время, как второй интерфейс RS-485 выполняет задачу по преобразованию в цифровой код значений входных аналоговых сигналов [2].

Удобство и преимущество аппаратуры типа СВКА 1-02.05 заключены в

следующем:

- удобство исполнения и простота в обслуживании в совокупности с высокой ремонтпригодностью;
- высокая надежность с ресурсом работы 50000 ч;
- наличие унифицированных креплений для датчиков различных модификаций;
- наличие возможности заменить существующие датчики датчиками-аналогами других фирм без необходимости доработки мест установки;
- взрывозащищенное исполнение, обеспечивающее высокую механическую прочность;
- индикация измеряемых параметров.

3.7 Программируемый логический контроллер

Ни одна сложная автоматизированная система не может обойтись без комплексного программируемого логического контроллера. Для управления магистральным насосным агрегатом в данной работе нами был выбран современный ПЛК модели SIMATIC S7 1200, выпускаемый фирмой Siemens.

Данное устройство, в полной мере удовлетворяет требованиям концепции Totally Integrated Automation, а именно:

- обеспечивает выполнение широких функциональных возможностей и высокую производительность по приемлемо низкой стоимости;
- позволяет решать задачи по автоматизации как низкого, так и среднего уровня сложности;
- позволяет строить локальные узлы автоматизации, работая в составе комплексных распределенных структур управления и контроля с интенсивной плотностью сетевого обмена;
- возможность работы в реальном масштабе времени, мощные коммуникационные характеристиками;
- наличие широкого спектра модулей и плат различного назначения;
- простота установки, дальнейшего программирования и обслуживания;

– соответствие требованиям стандартов ГОСТ, VDE, UL, CSA и FM. Система управления качеством продукции сертифицирована по ISO 9001;

– наличие мощной системы программирования, конфигурирования и технической диагностики [9].

В составе контроллера будут использованы:

– модуль CPU 1215C модификации 6ES7 215-1BG31-0XB0, техническая информация приведена в таблице 4, схема подключения – на рисунке 20;

– сигнальный модуль аналогового ввода SM 1231 модификации 6ES7 231-4HF30-0XB01, техническая информация приведена в таблице 5, схема подключения – на рисунке 21.

Таблица 4 – Основные технические характеристики CPU 1215C модификации 6ES7 215-1BG31-0XB0

Параметр	Значение
Питание	~230В, 150 мА со всеми вариантами расширения
Рабочая память	100Кбайт
Встроенный источник питания	=24 В, 400 мА
Энергонезависимая память	10 Кбайт
Загружаемая память	4 Мбайт
Коммуникационный интерфейс	PROFINET, 10/100 Мбит/с, 2x RJ45
Встроенные каналы ввода-вывода	
дискретные входы:	14
дискретные выходы:	10 (2x5 реле)
аналоговые входы:	2 (0-10 В)
аналоговые выходы:	2 (0-20мА)
Расширение:	
SB/CB/BB	1
CM/CP	3
SM	8

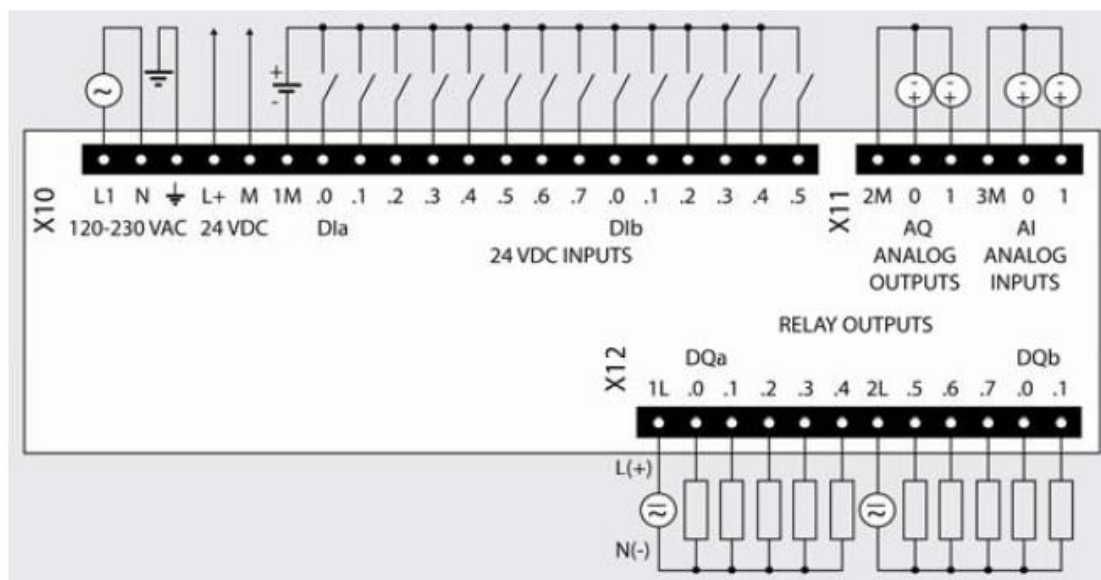


Рисунок 20 – Схема соединений CPU 1215C модификации
6ES7 215-1BG31-0XB0

Таблица 5 – Основные технические характеристики SM 1231 модификации
6ES7 231-4HF30-0XB0

Параметр	Значение
Питание входных/выходных цепей	24 В, 45 мА
Аналоговые входы:	8 дифференциальных входов, 12 бит + знак. Настройка каждой пары каналов на измерение унифицированных сигналов напряжения или силы тока ±10 В/ ±2.5 В/ ±5 В, 9 МОм 0 -20 мА, 280 Ом

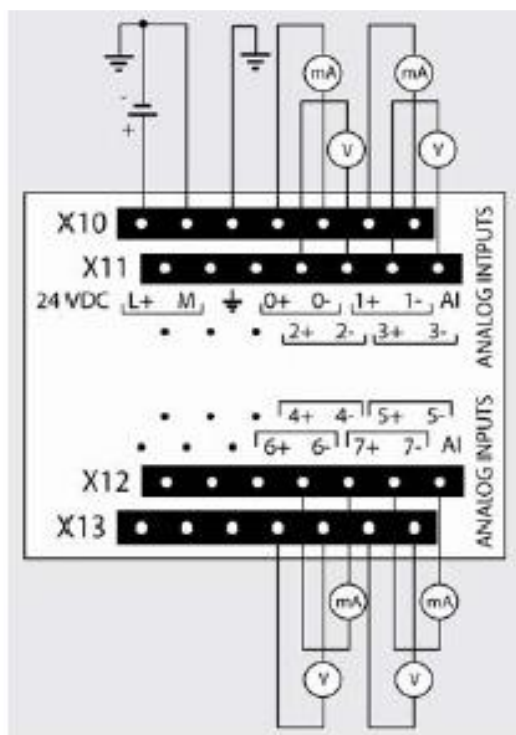


Рисунок 21 – Схема соединений модуля SM 1231 модификации
6ES7 231-4HF30-0XB01

3.8 Блоки управления

Для возможности управления преобразователем частоты и регулирующим клапаном при включении байпаса в ручном и автоматическом режимах выберем блок управления БРУ-7.

БРУ-7 используется во множестве различных АСУ ТП таких отраслей, как энергетика, химическое производство, металлургия и других видах промышленности.

Данный блок включает в себя:

- ручной блок для задания аналогового сигнала;
- цифровой индикатор технологического параметра или сигнала положения исполнительного механизма, в пределах измерения от 0,0 до 100,0 % с возможностью масштабирования;

Максимальная мощность потребления при подключении к сети 220 В – не более 7 ВА.

На блоке управления предусмотрена возможность для ручного или дистанционного переключения управляющих цепей регулятора с автоматического режима управления на ручное и обратно [21].

Отличительной особенностью БРУ является то, что при желании на лицевую панель можно вывести информацию о контролируемом параметром при изменении задающего сигнала исполнительному механизму. Схема подключения блока показана на рисунке 22.

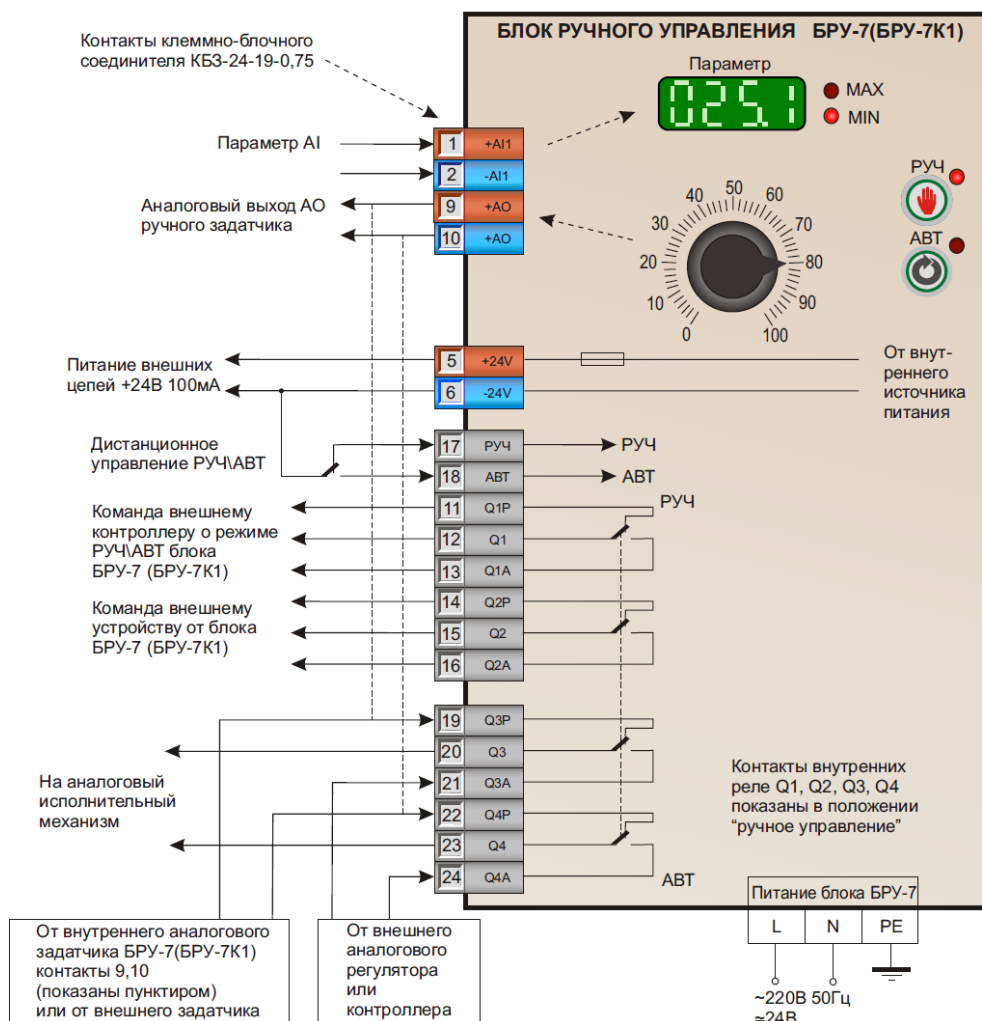


Рисунок 22 – Схема внешних подключений БРУ-7

Так как разрабатываемая автоматизированная система в автоматическом режиме осуществляет управление МНА по давлению, то для задания этого самого давления нам потребуется еще один блок управления. Для этой цели выберем блок ручного управления и задания сигнала БРУ-420, рисунок 23.



Рисунок 23 – Внешний вид БРУ-420

Блок питается от сети постоянного тока напряжением от 18 до 36 В. На передней панели устройства имеется ручка управления для задания аналогового сигнала, а также светодиодный индикатор наличия тока в выходной цепи [22]. Схема подключения устройства приведена на рисунке 24.

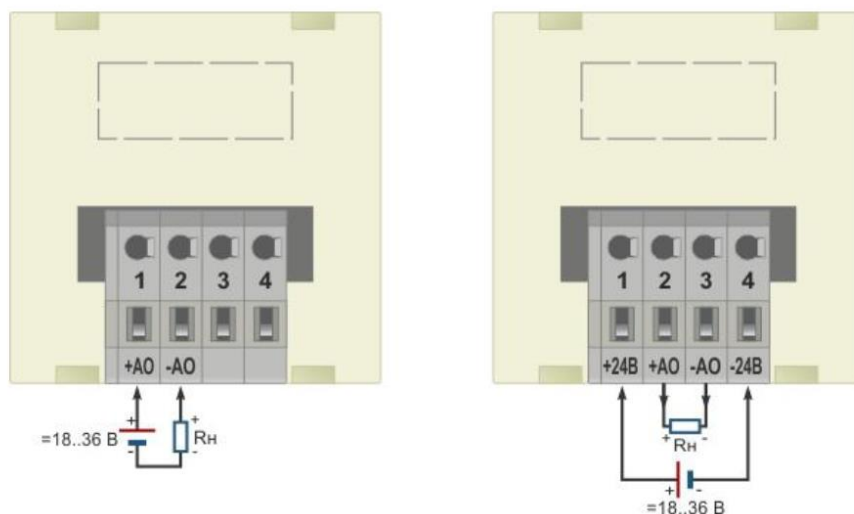


Рисунок 24 – Внешний вид БРУ-420

3.9 Блоки индикации аналоговых величин

Для индикации значений выходной частоты ПЧ, текущего положения клапана и давления в насосном агрегате задействуем индикаторы токовой петли ИТП 11 фирмы «Овен» (рисунок 25).



Рисунок 25 – Внешний вид ИТП 11

Данное устройство предназначено для измерения и индикации физических величин, преобразованной в унифицированный аналоговый сигнал со токовым диапазоном 4-20 мА.

Индикатор применяется в составе систем АСУ ТП в качестве основного или дополнительного устройства [7].

ИТП 11 имеет следующие функциональные возможности:

- измерение значений различных датчиков с унифицированным токовым сигналом от 4 до 20 мА;
- масштабирование измеренного значения входного сигнала;
- наличие функции вычисления квадратного корня для измерения расхода;
- способность сглаживать пульсации измеряемых параметров за счет встроенных и настраиваемых цифровых фильтров;
- наличие функции защиты паролем настроек устройства от несанкционированных изменений;
- индикация аварии в случае выхода измеренных значений за пределы допуска;

Схема подключения ИТП 11 к активному источнику питания показана на рисунке 26.

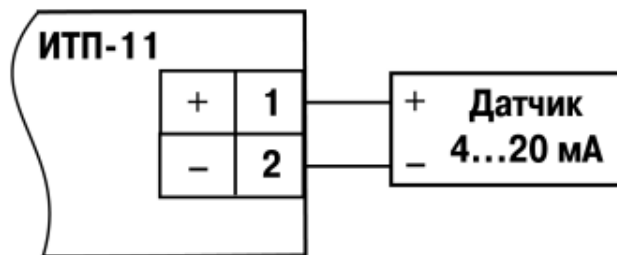


Рисунок 26 – Схема внешних цепей ИТП11

3.10 Устройства коммутации и сигнализации

Для коммутации вспомогательных цепей воспользуемся промежуточными реле серии RP, характеристики которой приведены в таблицах 6-8.

Таблица 6 – Технические характеристики промежуточных реле

Характеристика	Модификации без ручного дублера	Модификации с ручным дублером
Время включения	не более 20 мс	
Время выключения	не более 20 мс	
Диапазон рабочих температур	-55...+70 °С	
Относительная влажность	35 %...80 % RH	
Атмосферная давление	86...106 кПа	
Ударопрочность	10g	
Виброустойчивость	10...55 Гц	
Масса	не более 35 г	

Таблица 7 – Электрические характеристики контактов

Характеристика	Постоянный ток	Переменный ток
Номинальный ток	5 А при 30 В	5 А при 250 В
Минимальная коммутируемая нагрузка	1000 мВт	
Начальное сопротивление контактов	не более 100 МОм	
Материал контакта	серебряный сплав	
Энергетический ресурс	не менее 10^5	
Механический ресурс	не менее 10^7	

Таблица 8 – Электротехнические характеристики катушки

Характеристика	Постоянный ток	Переменный ток
Номинальное напряжения питания	12/24 В	12/24/110/220 В
Напряжение включения	не менее 0,75 U_N	не менее 0,80 U_N
Напряжение выключения	не более 0,10 U_N	не более 0,30 U_N
Предельное напряжение питания	1,10 U_N	

В данной работе будут использованы реле RP 407 AL с катушками 220 В переменного тока и светодиодным индикатором.

Для управления технологическим процессом выберем:

– кнопка зеленая, 220V AC/DC, 1NO MVB2-BW3363 и кнопка красная, 220V AC/DC, 1NO MVB2-BW3463 – данные кнопки будут отвечать за запуск и остановку (рисунок 27);

– кнопка аварийного останова, SCXB4BS8445, красный, Ø40 мм, 1NO+1NC – для экстренного отключения (рисунок 27).

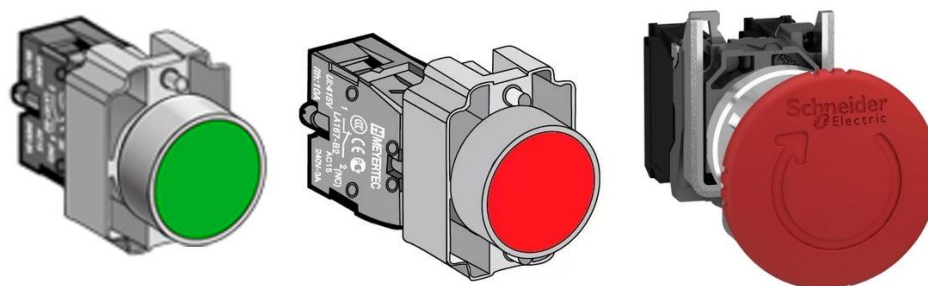


Рисунок 27 – Кнопки управления преобразователем частоты

Для выбора режимы работы преобразователя будем использовать переключатель трёхпозиционный А-04-1Р, ON-OFF-ON 250В 6А (рисунок 28).



Рисунок 28 – Переключатель трёхпозиционный

Для индикации различных сигналов системы о состоянии ПЧ, режиме регулирования, срабатывании систем защиты выберем:

– сигнальные лампы, зеленые, 220V AC/DC MVB2-BV633, (преобразователь в режиме «Готовность», «Работа») (рисунок 29);

– сигнальные лампы, красные, 220V AC/DC МТВ2-BV634 (сигналы «Авария») (рисунок 29);

– сигнальные лампы, желтые, 220V AC/DC МТВ2-BV635 (сигнал о неисправности или о срабатывании средств защиты) (рисунок 29).

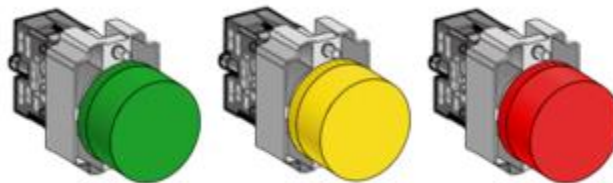


Рисунок 29 – Сигнальные лампы

В целях коммутации цепей электропривода регулирующего клапана возьмем пускатель бесконтактный реверсивный ПБР 3А.

Реверсивный пускатель используется для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами, в приводе которых используются трехфазные электродвигатели. Пускатели применяются во множестве различных АСУ промышленности и сельского хозяйства.

Выбранный в этой работе пускатель имеет следующие характеристики:

– питание от трехфазной сети переменного тока с номинальным напряжением 380,400 или 415 В и частотой 50/60 Гц;

– мощность потребления при отсутствии сигнала управления не более 5 Вт;

– сопротивление на входе равно 750 ± 100 Ом;

– максимальный коммутируемый ток 3А;

– напряжение источника питания цепей управления 26 ± 2 В.

Максимальное значение тока, потребляемого нагрузкой, не должно превышать 100 мА [10].

Схема подключения пускателя показана на рисунке 30.

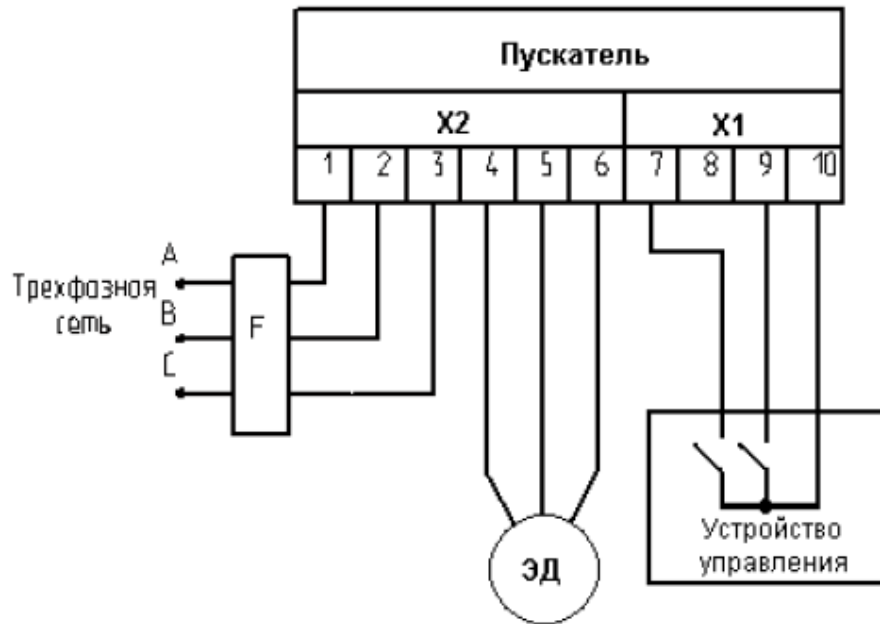


Рисунок 30 – Схема подключения ПБР 3А

3.10 Эскиз лицевой панели щита управления

На рисунке 31 изображен эскиз лицевой панели щита управления.

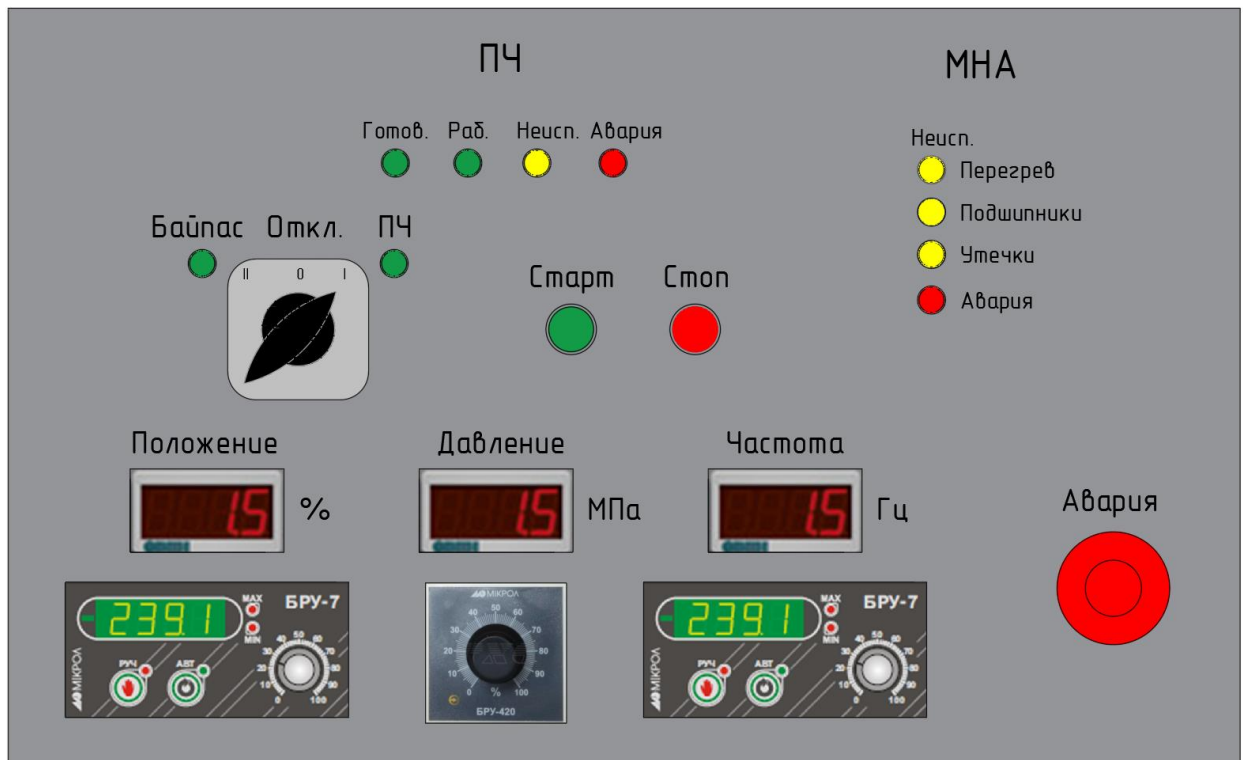


Рисунок 31 – Эскиз лицевой панели щита управления

При разработке шкафа управления основным требованием была минимизация органов управления и контроля, а также поясняющих надписей.

В центральной части лицевой панели сверху располагаются сигнальные лампы состояния преобразователя частоты, ниже которых находятся управляющие кнопки запуска и остановки процесса перекачки нефти. Слева от кнопок размещен переключатель для подачи напряжения через ПЧ или байпас. Индикация текущего режима сигнализируется соответствующими светодиодными лампами. Это особенно важно, так как приоритет в выборе режима в данной системе будет стоять за контроллером [24].

В правой верхней части панели вынесены сигнальные лампы, загорающиеся при срабатывании систем защиты насосного агрегата.

В нижней части лицевой панели располагаются приборы и органы контроля и управления давлением, в том числе:

- кнопка аварийного останова для немедленной остановки ТП;
- лицевые панели трёх приборов ИТП1, индицирующие давление в МПа на выходе агрегата, текущее положение регулирующего клапана, а также выходную частоту преобразователя частоты в Гц;
- блок управления БРУ-7 для изменения режимов регулирования преобразователем частоты и управления им в режиме ручного управления;
- блок управления БРУ-7 для изменения режимов регулирования регулирующим клапаном и управления им в ручном режиме ручного управления;
- блок управления БРУ-420 для задания требуемого значения давления в системе;

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

4.1 Электрическая схема соединений и ее спецификация

Принципиальные схемы электрических соединений системы управления приведена магистральным насосным агрегатом, а также спецификации к ним приведены в листах приложения настоящей работы. Здесь лишь отметим тот факт, что ввиду громоздкости схемы было принято решение не изображать на ней повторяющиеся тепловые датчики системы защиты. Так на схеме отсутствуют датчики ТЕ3-ТЕ11. Их подключение к блоку SM 1231 осуществляется аналогично датчикам ТЕ1 и ТЕ2. При нехватке аналоговых входов система предусматривает подключение еще одного дополнительного блока аналогового ввода SM 1231.

4.2 Расчет и выбор устройств защиты

Для полноты электрической схемы выполним расчет отдельной защиты цепей коммутирующей и сигнальной аппаратуры, цепей приборов и цепей ПБР.

В цепях коммутирующей и сигнальной аппаратуры задействованы 1 электромагнитное реле с катушками напряжением 220 В мощности 1,2 ВА и 10 ламп сигнализации с потреблением в 20 мА. Максимальный потребляемый ток цепей:

$$I_{\text{макс}} = 1 \times \frac{1,2}{220} + 10 \times 0,02 = 0,25 \text{ А.} \quad (4.1)$$

В целях защиты цепей катушек промежуточных реле и сигнальных ламп вполне подойдет автоматический выключатель ВА47-25-1Р 1А с номинальным током в 1 А., характеристика срабатывания В.

Из приборов потребления в системе имеем ПЛК с максимально потребляемым током 150 мА и два прибора БРУ-7 с мощностью потребления 7 ВА.

Ориентировочное максимальное значение потребляемого тока цепей определим по формуле:

$$I_{\text{макс}} = 0,15 + 2 \times \frac{7}{220} = 0,22 \text{ А.} \quad (4.2)$$

Для защиты цепей приборов снова используем автоматический выключатель ВА47-25-1Р 1А на номинальный ток 1 А, характеристика срабатывания В.

Защиту цепей ПБР и электропривода обеспечим за счет автоматического выключателя ВА47-25-3Р с номинальный током в 5 А. и характеристикой срабатывания В.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1 Выбор программных средств разработки

Программирование ПЛК CPU 1215C должно осуществляться в среде Totally Integrated Automation Portal компании Siemens. TIA Portal это единая программная платформа, в которой объединяется все, что необходимо для работы с каждым из компонентов автоматизации Siemens на всех этапах работы с проектом. Данная платформа предоставляет:

- разработку проектов для устройств распределённого ввода-вывода и контроллеров;
- конфигурирование систем человеко-машинного интерфейса и систем SCADA;
- дает возможность параметризовать сетевые компоненты и модули связи, отладку программных алгоритмов управления, а также ввод в эксплуатацию различных приводов.

Программная среда TIA Portal довольно проста в использовании и предоставляет принципиально новый пользовательский интерфейс, призванный облегчить работу пользователя с платформой. Интерфейсная унификация и стандартизация существенно упрощает работу с разнообразным оборудованием. Основной упор сделан на интуитивную понятность, наглядность и отсутствие многократно вложенных структур.

Однако TIA Portal является коммерческим продуктом с достаточно существенной ценой, в связи с чем не подходит для данной выпускной работы. Поэтому в нашем случае будем использовать прототип программного обеспечения, созданный в бесплатной среде разработки CoDeSys компании Smart Software Solution. В целях эмуляции контроллера воспользуемся программным эмулятором PLCWinNT, входящий в состав пакета CoDeSys. Разработанный прототип программы в дальнейшем может быть переработан в программное обеспечение для реальной АСУ.

5.2 Структура и назначение программного комплекса

В состав разрабатываемого программного комплекса будет входить упрощенная модель ТП, включающая в себя модели объекта управления и задействованного оборудования: насосного агрегата, преобразователя частоты, электропривода и щитового оборудования. Комплекс также будет включать в себя программу управления.

Модель технологического процесса и программа управления для контроллера будут реализованы в виде отдельных блоков-программ для виртуального контроллера PLCWinNT с визуализацией лицевой панели щита управления в CoDeSys [8].

Итоговый программный комплекс позволит опробовать все озвученные в предыдущих пунктах режимы управления магистральным насосным агрегатом, а именно:

- ручное управление с помощью органов лицевой панели щита управления;
- автоматическое регулирование давления по заданию с воздействием как на преобразователь частоты, так и на регулирующий клапан;
- ручное регулирование давления по частоте или положению с воздействием на преобразователь частоты или на регулирующий клапан соответственно.

5.3 Входные и выходные переменные

В таблицах 9–18 приводятся перечни входных и выходных переменных управляющей программы.

Таблица 9 – Перечень входных дискретных сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
turned_off	Система отключена
conv_reg	ПЧ в режиме регулирования
bypass	ПЧ в режиме байпас
auto_conv	Управление ПЧ в автоматическом режиме
man_conv	Управление ПЧ в ручном режиме
ref_mode	Сигнал от ПЧ о текущем режиме
dir_mode	Сигнал от ПЧ о режиме регулирования

1	2
auto_valve	Управление клапаном в авт-ом режиме
maan_valve	Управление клапана в ручном режиме
valve_opened	Клапан полностью открыт
valve_closed	Клапан полностью закрыт
start	Стар ТП
stop	Остановка ТП
mna_overheat	Перегрев МНА
mna_vibr	Превышение допустимой вибрации
mna_leak	Превышение уровня утечек
mna_fail	Авария МНА
fault	Нажатие кнопки авария
reset_but	Нажатие кнопки сброса
ready	ПЧ в режиме готовности
normal	ПЧ в режиме «Работа»
alarm	Неисправность ПЧ
fail	Авария ПЧ

Таблица 10 – Перечень входных аналоговых сигналов

Наименование	Пояснение
press	Текущее давление в системе в Мпа
press_hand	Ручное задание давления в Мпа
freq	Текущая частота ПЧ в %
freq_hand	Ручное задание частоты в Гц
pol	Текущее положение клапана в %

Таблица 11 – Перечень выходных дискретных сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
open	Открыть клапан
close	Закрыть клапан
ref_mode	Сигнал ПЧ о включении рег-его режима
dir_mode	Сигнал ПЧ о включении байпаса
fail_but	Сигнал ПЧ о аварии
reset	Сброс регуляторов

Таблица 12 – Перечень выходных аналоговых сигналов

Наименование	Пояснение
1	2
u_man_conv	Ручное задание частоты ПЧ в %
u_man_valve	Ручное задание положения клапана в %
u_conv	Задание для ПЧ в авт. режиме в %
u_valve	Задание для клапана в авт. режиме в %
press_reg	Задание по давлению в Мпа

Все перечисленные переменные в прототипе программы объявлены как глобальные, дискретные переменные имеют тип BOOL, а аналоговые – тип REAL.

5.4 Программная модель технологического процесса и щита управления

Разрабатываемая программная модель включает в себя следующие функциональные блоки:

- блок имитирующий магистральный насосный агрегат как объект регулирования давления (MNA);
- блок для имитации работы преобразователя частоты (CONVERTER);
- блоки имитации работы электропривода и регулирующего клапана (IM и VALVE соответственно);
- две программы ПИД регуляторов для управления преобразователем и электроприводом (regulator_conv и regulator_valve соответственно);
- сама программа управления, выполняющая работу по взаимодействию остальных функциональных блоков и обслуживанию экрана щита управления (PLC_PRG).

Функциональный блок MNA написан при помощи языка CFC (рисунок 32). Данный блок оперирует двумя входными переменными. Переменная f определяется текущей частотой преобразователя, а переменная $po1$ положением клапана. Выходным сигналом является значение давления в трубопроводе. Динамика объекта описывается через передаточную функцию апериодического звена первого порядка с постоянной времени 4 секунды.

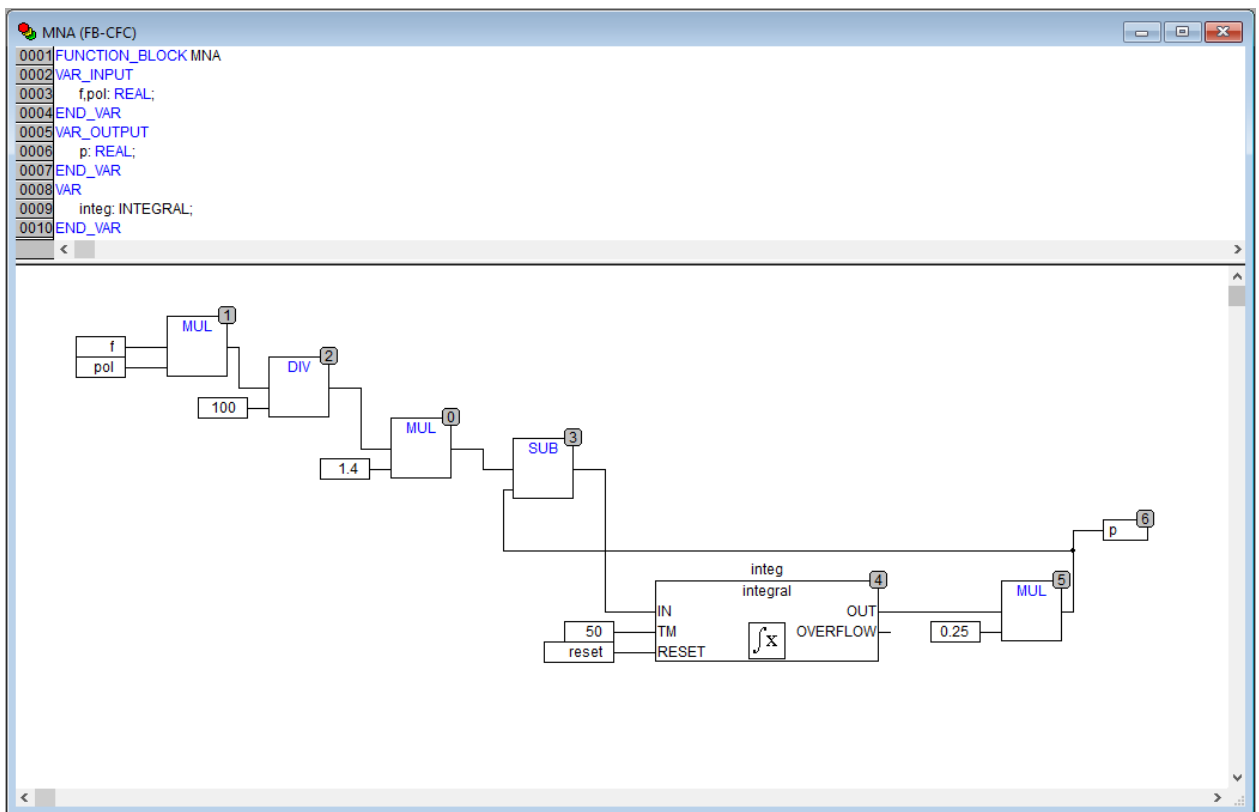


Рисунок 32 – Функциональный блок MNA

Функциональный блок CONVERTER написан на языке ST. Блок имеет входные переменные, отвечающие за заданную частоту, выбранный режим работы ПЧ и его остановку, а также «имитационные» переменные ввода неисправностей и аварии. Выходные сигналы, формируемые блоком, отвечают за аналоговый сигнал текущей частоты, дискретные сигналы о текущем режиме работы, неисправности и отказе. Код блока предусматривает плавное изменение частоты, ее автоматический «подхват» при переходе из режима прямого включения в регулирующий, а также автоматический переход в режим байпаса в случае отказа преобразователя. Код функционального блока CONVERTER приведен в Приложении А.

Функциональный блок IM, написанный на языке ST, схож по назначению с блоком CONVERTER, с той лишь разницей, что данный блок оперирует не значениями частоты, а значениями положения регулирующего органа. На входы блока подаются сигналы о требуемом и текущем положениях, а также о конечном состоянии клапана. Блок в свою очередь формирует сигналы на

открытие или закрытие клапана. Код функционального блока приведен в Приложении Б.

Функциональный блок VALVE, написанный с помощью языка ST, в свой черед имитирует сам клапан. Как нетрудно догадаться, на вход данного блока поступают сигналы «открыть/закрыть», а его входные переменные сообщают данные о текущем положении и конечных состояниях. Время полного хода составляет 15 секунд. Код функционального блока приведен в Приложении В.

Программы regulator_conv и regulator_valve, написанные на языке CFC, представляют из себя ПИД регуляторы для регулирования давления в насосном агрегате. Обе программы имеют схожую структуру с той лишь разницей, что один формирует управление для ПЧ, а другой для электропривода. Оба регулятора имеют одинаковые коэффициенты настройки (KP – 0,5789, TN – 2,9025, TV – 0) и предусматривают формирование сигнала ручного управления в случае выбора соответствующего режима. В силу схожести двух программ приведем здесь лишь структуру regulator_conv, рисунок 33.

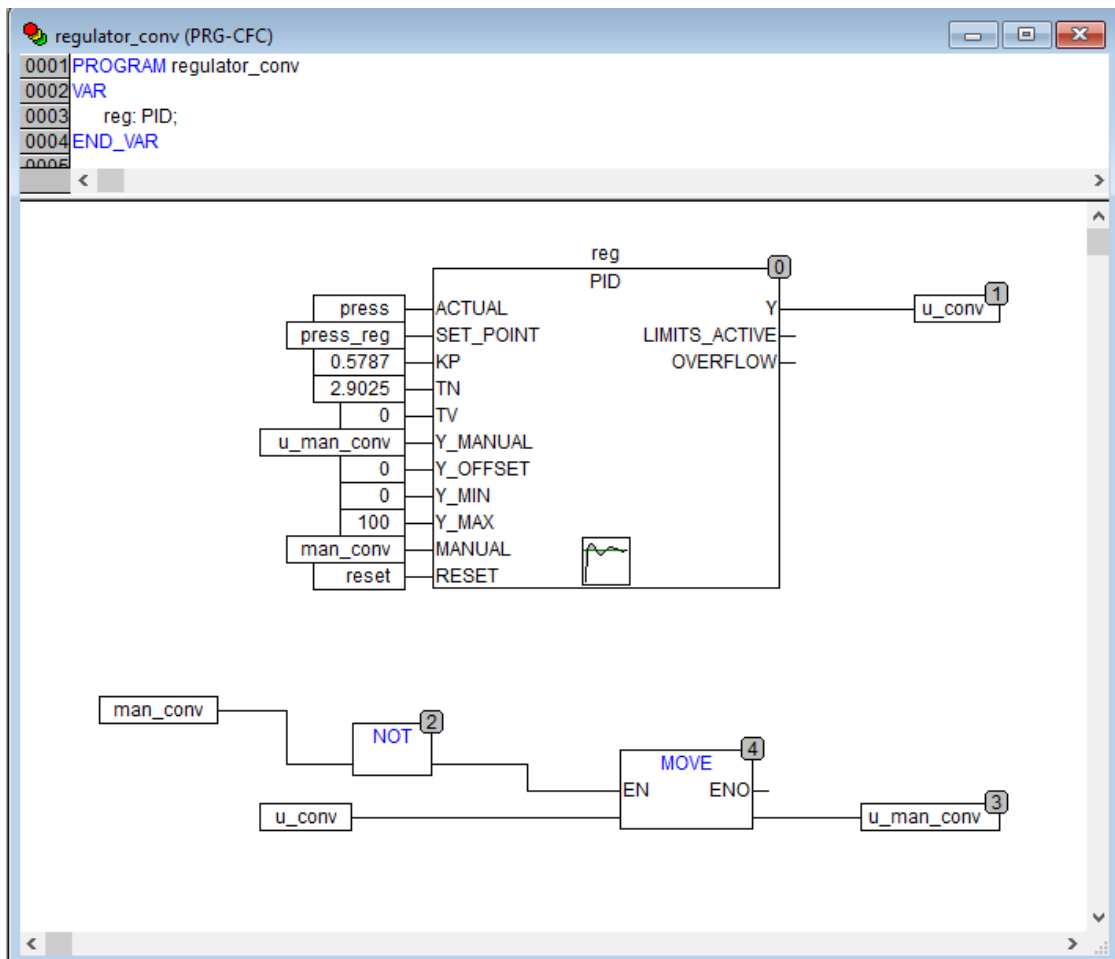


Рисунок 33 – Программа regulator_conv

Программа PLC_PRG является основополагающим и связующим звеном в разрабатываемом программном комплексе. Программа оперирует большим количеством дискретных переменных, отвечающих за фиксацию состояние кнопок, сигнальных ламп, реле и переключателей. Программа оперирует аналоговыми переменными, отвечающими за значения сигналов задания, управления и регулирования, инициирует создание локальных переменных в виде функциональных блоков CONV1, MNA1, IM1 и VALVE1, а также вызов программ регуляторов.

Помимо всего прочего программа обрабатывает глобальные переменные, описывающие входы и выходы ПЛК. В общем случае задача состоит в формировании выходных сигналов контроллера по результатам обработки его выходных сигналов, поведения объекта управления и действий с

визуализацией щита управления. Имитация лицевой панели щита выполнена с помощью визуализации и представлена на рисунке 34. Функциональные возможности экрана полностью повторяют функциональные возможности лицевой панели щита управления. Кроме всего прочего, для имитации различных неисправностей и аварий на объекте предусмотрена специальная панель с кнопками для формирования соответствующих сигналов, имитирующих срабатывание средств защиты.

Код программы приведен в Приложении Г.

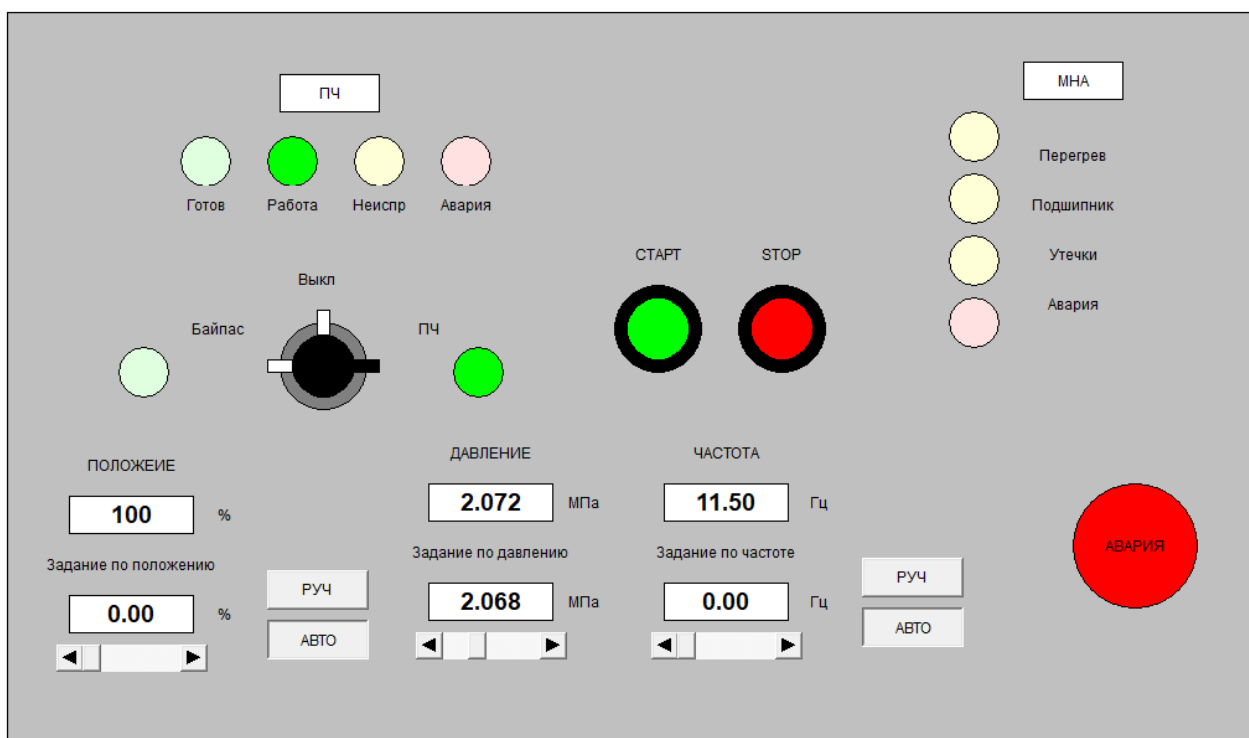


Рисунок 39 – Экран визуализации щита управления

5.7 Результаты тестирования и перспективы развития

Тестирование разработанного программного обеспечения в целом показало положительные результаты: система управления магистральным насосным агрегатом успешно решает задачи автоматического регулирования давления во всех режимах функционирования ПЧ и электропривода регулирующего клапана, производит переключение режимов по командам оператора с щита управления, корректно отображает информацию об управляемом процессе и режимах функционирования средств автоматизации.

Тем не менее, стоит отметить тот факт, что программа носит условно имитационный характер и не лишена вопросов, нуждающихся в последующей доработке. Среди некоторых из них можно выделить:

- необходимость адекватного математического описания объекта регулирования давления с проведением экспериментальных исследований «по месту», с последующей оптимальной настройкой регулятора;

- подавление пульсаций сигнала по давлению при помощи настройки фильтрации входного канала;

- обеспечение безударности регулирования давления при плановом переходе в режим прямого подключения электродвигателя насосного агрегата.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

В целях обеспечения безопасности производства во время монтажа, ремонта и эксплуатации автоматизированных средств магистрального насосного агрегата на НПС «Травники», в данном разделе следует предоставить характеристику производственной среды, в которой будет производиться модернизация системы автоматики, и провести анализ экологичность производственного процесса.

Современные системы автоматизации диктуют жесткие требования к соблюдению производственной и экологической безопасности во время проведения всех видов работ, связанных с монтажом, эксплуатацией и ремонтом средств автоматизации.

Не стоит говорить, что нарушения данных требований способно привести к авариям и производственным травмам, а также к ухудшению экологической безопасности в случаях загрязнения окружающей среды.

Вследствие того, что МНА является основополагающим элементом магистральной насосной станции, которая в свою очередь есть вредный и опасный производственный объект, в данном разделе будут рассмотрены мероприятия, связанные с безопасной эксплуатацией оборудования, а также будет проанализирована безопасной работы автоматизированных средств магистрального насосного агрегата.

6.1 Безопасность

6.1 Мероприятия по технике безопасности

Согласно регламентам и правилам безопасности, для предотвращения несчастных случаев во время обслуживания оборудования, направляемый на работу персонал обязан располагать соответствующей подготовкой, а также должен пройти производственный инструктаж, ознакомиться с перечнем правил внутреннего распорядка, должностными инструкциями и общими правилами техники безопасности на поручаемом ему для обслуживания объекте или участке, ознакомившись перед этим с методами оказания первой помощи. По

завершении инструктажа направляемые работники должны сдавать экзамен по технике безопасности в соответствии с требованиями ПБ и другой руководящей нормативной документацией. После успешной сдачи экзамена работники получают удостоверение с присвоением им квалификационной группы [25].

Инструктажи допуска рабочего персонала к самостоятельной работе должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.0.004-90 «ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения». Прежде чем приступать к ремонту оборудования следует назначить ответственные лица за организацию и проведение ремонтных работ, подготовку соответствующей аппаратуры, коммуникаций и оборудования. Назначенные люди также несут ответственность за выполнение мероприятий по охране труда и пожарной безопасности, которые предусматриваются планом организации и проведения работ. в целях обеспечения защитных мер от поражения электрическим током при монтаже, эксплуатации и ремонте автоматизированных средств, согласно ГОСТ 12.1.030-81 «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» предусматриваются следующие мероприятия:

- присутствие защитного заземления металлических нетоковедущих частей в сетях до 1000 В. Сопротивление, оказываемое заземляющим устройством $R \leq 4 \text{ Ом}$;
- наличие зануления в сетях до 1000 В;
- наличие функции защитного отключения при появлении возникновения напряжения на корпусе оборудования;
- наличие предупредительной сигнализации, блокировки, знаков безопасности, а также обязательное ограждение незаизолированных токоведущих частей.

Согласно ГОСТ 12.1.018-93 «ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества». Общие требования» во избежание возникновения зарядов статического электричества все металлические и электропроводные неметаллические части технологического оборудования должны быть

заземлены. Сопротивление устройств защиты при этом 100 Ом.

Для предотвращения утечек в насосной существенным фактором при транспортировке нефтепродуктов по трубопроводу является герметизация основного насосного оборудования и трубопроводной системы. Надежность герметизации должна обеспечиваться за счет сварного соединения мест стыковки различных узлов и деталей. Любые гибкие связи, в системе технологических трубопроводов, должны герметизироваться при помощи специальных хомутов с использованием герметика [15].

Во избежание превышения давления сверх допустимых значений должны быть организованы следующие мероприятия по безопасности:

- постоянный контроль за режимом работы насосов, автоматизация процесса при превышении разрешенного давления автоматически останавливается насос;

- своевременное и качественное проведение оборудования и контроль за состоянием торцевых уплотнений насосов, фланцевых соединений трубопроводов;

- периодическое прохождение обслуживающим персоналом инструктажа и обучение безопасным методам работы.

6.1.2 Мероприятия по промышленной санитарии

а) Освещение

В дневное время суток освещение естественное. В ночное время должно быть предусмотрено местное и общее освещение. В насосной следует применять светильники со взрывозащищенным исполнением, помимо этого, должно быть предусмотрено аварийное освещение с независимым питанием.

В операторской в роли источников света для искусственного освещения рекомендуется применять преимущественно компактные люминесцентные лампы и люминесцентные лампы типа ЛД. В целях обеспечения нормируемых значений освещенности в помещении оператора и насосной должна обеспечиваться чистка стекол и светильников не реже двух раз в год и проводиться своевременная замена перегоревших или вышедших из строя ламп.

Согласно СП 52.13330.2016 освещенность местного и основного освещения в насосном цехе должна быть 75 лк, а освещенность рабочих поверхностей мест производства работ в операторской 200 лк.

б) Спецодежда

Обеспечение работников специальной одеждой и обувью должно выполняться в согласии с ГОСТ 12.4.011-89 (2001) ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация», а также в соответствии с «Правилами обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты» М., 1999 г.

Перечень средств индивидуальной защиты представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Средства индивидуальной защиты

Виды происшествий, приводящие к несчастным случаям	Средства индивидуальной защиты
Воздействие вредных веществ (отравление, воздействие на кожу)	фильтрующие противогазы марки АБКФ, шланговые противогазы ПШ-1 и ПШ-2
Поражение электрическим током	диэлектрические перчатки, калоши, коврики, указатели низкого напряжения, инструменты с изолированными рукоятками
Падение с высоты	Спец. одежда, спец. обувь, защитные каски

Выдаваемые рабочему персоналу средства индивидуальной защиты, должны обеспечивать безопасность труда и соответствовать характеру и условиям проводимых работ.

в) Микроклимат

Существуют следующие показатели, характеризующие микроклимат:

- относительная влажность воздуха;
- температура воздуха;
- скорость движения воздуха.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 в помещении операторской должны соблюдаться оптимальные значения параметров воздуха, а именно:

- относительная влажность 40-60 %;
- температура воздуха 21-23 °С в холодный период года, 22-24 °С в теплый;

– скорость движения 0,1 м/с в холодный период года, 0,2 м/с в теплый.

Микроклимат в помещении операторной должен поддерживаться при помощи отопления, приточно-вытяжной вентиляции и кондиционирования. В целях повышения влажности воздуха до необходимых значений в помещениях с ПЭВМ необходимо использовать увлажнители воздуха с ежедневно сменяемой прокипяченной питьевой или дистиллированной водой.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, где работа на персональных компьютерах является основной, не должно превышать «Предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов».

Методы борьбы с вибрацией и шумом должны заключаться в уменьшении их возникновения. Для снижения или исключения вибрации должны предусматриваться определенные следующие меры:

– при проектировании оснований под оборудование, должны учитываться динамические нагрузки и изоляция этих оснований от инженерных коммуникаций и несущих конструкций;

– учет центровки и балансировки вращающихся частей агрегатов.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума рекомендуется использовать антифоны или специальные наушники.

Рабочим, подверженным постоянному воздействию вибрации, необходимо регулярно проходить медицинский осмотр.

6.2 Экологичность

В первую очередь нужно отметить тот факт, что первичные приборы контроля и сигнализации состояния технологического процесса устанавливаются непосредственно в помещении насосной, где рабочей средой являются такие вещества как нефть и попутный газ, что в свою очередь может приводить к возникновению взрывоопасных смесей. Характеристики данных смесей представлены в таблице 14 [16].

Таблица 14 – Взрывоопасные и токсические свойства веществ в рассматриваемой производственной среде

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °С			Концентрационный предел взрываемости, % объем		Характеристика токсичности	Предельно допустимая концентрация веществ в воздухе рабочей зоны
			Вспышки	Воспламенения	Самовоспламенения	Нижний предел	Верхний предел		
Нефть сырая	Ж (п)	4	-18		233	1,1	7,4	Наиболее сильное влияние на ЦНС	10,0
Попутный нефтяной газ	Г	4	-		405... 580	6,0	13,5	Отравление организма	300

Пары нефтепродуктов воздействуют, главным образом, на центральную нервную систему. Чаще всего проявляются такие признаки отравления как в головокружение, сухость во рту, головная боль, тошнота, учащённое сердцебиение, общая слабость и потеря сознания.

Попутным газом называется легко воспламеняемая бесцветная смесь легких углеводородных паров, обладающая вредным воздействием на организм человека. В зависимости от концентрации может произойти отравление организма различной степени тяжести.

Быстрая скорость поступления паров нефтепродуктов из воздуха в кровь, может быть обусловлена степенью их растворимости в воде, близкой к растворимости в крови.

Нефтепродукты же в свою очередь в воде практически не растворяются. Углеводороды имеют свойство растворяться в поту и жировом покрове кожи, после чего всасываются через нее и поступать в кровь, вызывая при этом тошноту и головокружение.

Как уже было отмечено, перекачиваемая нефть способна легко испаряться, образуя при этом взрывоопасную смесь. Нефтепродукты относятся к легковоспламеняющимся веществам. Данный факт диктует повышенные требования к надежности и эффективности к пожаро- и взрывозащите объекта. Любые источники огня создают серьезную опасность воспламенения паров нефтепродуктов. Так как блуждающие пары тяжелее воздуха, они оседают на поверхности пола в цехе образуют, смешиваясь с воздухом, горючие и взрывоопасные смеси.

6.3 Пожарная безопасность

Пожарной безопасностью называется такое состояние объекта, при котором обеспечивается возможность предупреждения и борьбы с пожаром, а также возможность спасения людей и имущества от опасных факторов пожара. Характер пожарной безопасности определяется наличием систем предотвращения пожара и возможности проведения необходимых организационно-технических мероприятий.

Пожарная безопасность магистрального насосного агрегата обязана включать в себя системы предотвращения пожара и системы противопожарной защиты.

Выполнение данного требования способствует соблюдению противопожарного режима и сохранению должного уровня безопасности. Противопожарный режим – это правила пожарной безопасности, направленные на защиту объекта от возгорания, они определяют порядок организации производства, поведения людей и содержания помещений.

Система пожарной автоматики на объекте обеспечивает:

- автоматическое обнаружение очага возгорания;
- возможность оповещения персонала о пожаре;
- приведение в действие систему пенотушения в автоматическом или ручном режимах, для локализации очага возгорания.

Пожарная безопасность на магистральной насосной станции должна соблюдаться в соответствии с Правилами противопожарного режима в

Российской Федерации и ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Безопасность. Общие требования»:

- запрещается пользоваться розетками, рубильниками и другими средствами с открытыми контактами;

- вспомогательное оборудование, электродвигатели и аппараты управления обязаны иметь степень защиты, которое будет соответствовать классу зоны применения. Данную степень также должны иметь защитные устройства от перегрузок и коротких замыканий;

- запрещается использовать электрические аппараты и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям изготовителя или же, если они неисправны или создают угрозу возникновения пожара. Запрещается использовать электропровода и кабели с поврежденной или потерявшей защитные свойства изоляцией;

- запрещается использование электронагревательных приборов;

- во взрывоопасных зонах работать исключительно с инструментами, не дающими искру;

- смазочные материалы должны храниться в специальных металлических лотках или бочках с плотно закрывающимися крышками, промасленная ветошь должна собираться в специально отведенные для этого места;

- запрещается курение и разведение открытого огня в необорудованных для этого местах. Для предупреждения персонала должны вывешиваться предупредительные плакаты с надписью «НЕ КУРИТЬ».

Все приборы первичного контроля и регулирования, установленные по месту, в зонах возможного возникновения загазованности должны предусматривать выполнение в искробезопасном исполнении 2 Exi II AT2 и 1 Exd II AT3.

Насосная станция и насосные агрегаты в ней должны быть оснащены системой автоматического пожаротушения. Данная система позволит тушить возможные очаги пожара автоматически.

Для удаления взрывоопасной смеси воздуха с парами нефти в насосном зале должна быть устанавливаться приточно-вытяжная вентиляция с

кратностью воздухообмена 4:1.

В дополнение ко всему вышесказанному должны быть предусмотрены следующие дополнительные меры:

- установка обратных клапанов на трубопроводе;
- установка срабатывающих термоэлементов для включения системы автоматического пожаротушения;
- установка дверей и окон с открытием наружу;
- заземление металлического оборудования от статического и атмосферного электричества.

Соединение каждого насоса и электродвигателя МНА должно осуществляться через специальные отверстия в герметизирующей камере разделительной стенки. Для создания пневмозащиты к соединению подается чистый воздух. В случае аварийного нарушения герметичности трубопровода и оборудования происходит автоматическое отключение вышедшего из строя насосного агрегат.

Система АПТ должна управляться с помощью сигнальным контроллером автоматического пожаротушения, который будет осуществлять контроль за состоянием помещений насосной и насосными агрегатами. В насосной станции также должны быть установлены инфракрасные датчики контроля. В случае возникновения пожара на объекте контроллер должен автоматически запускать пенный насос, после чего открывать соответствующие задвижки. Сигнал с контроллера должен поступать в пожарное депо, в котором должны находиться две дежурные пожарные машины и пожарный расчет. На каждом из входов в насосную станцию необходимо устанавливать ручные пожарные оповещатели.

В целях ликвидации небольших очагов возгорания, на территории насосной станции должна быть предусмотрена установка щитов с пожарным инвентарем (песок, кошма, багор, лом, ведра, огнетушители серии ОХП-Ю и ОУ-8). Пожарный инвентарь следует окрашивать в красный цвет.

Система автоматического управления пенного пожаротушения на НПС

«Травники» выполнена на базе микропроцессорных средств и предоставляет следующие функции:

- обеспечение непрерывного контроля и управления системами тушения пожаров в режиме ожидания и в режиме «Пожар»;
- наличие возможности централизованной или распределенной автоматизированной системы с опцией последующего расширения выполняемых функций без изменения структуры программного обеспечения;
- возможность работы системы автоматизации в автономном режиме, а также в режиме локальной сети или в составе многоуровневой АСУ.

На объекте НКК НПС «Травники» эксплуатируется система автоматической установки пожаротушения, в состав которой входит заранее приготовленный 6% водный раствор пенообразователя, хранящийся в специальных подземных резервуарах. В период тушения пожара насосами пожаротушения, раствор подаётся к пеногенераторам.

Ко всему прочему система автоматического пенного пожаротушения на НПС «Травники» предусматривает использование пены с высокой кратностью.

На сегодняшний момент НПС «Травники» оборудована насосной водяного пожаротушения, в состав которой входят резервуары противопожарного запаса воды объемами 2000 м³ и 500 м³

При смешивании 6% раствора пенообразователя ПО-1 с воздухом в стационарных пеногенераторах марки ГСП-600 удается получить пену, обладающую незначительной электропроводностью. Данную пену можно применять для тушения пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением.

Приведем тактико-технические показатели прибора подачи пены:

Напор у прибора: 60 м;

Концентрация раствора: 6 %;

Расход, л/с:

1) воды: 5,64;

2) пенообразователя: 0,36;

Кратность пены: 100;

Подача (расход) по пене: 0,36 м³/мин.

Метод тушения – комбинированный, от площади к объему. Тот факт, что трубопровод находится на высоте 1,25 м и высота самого насоса 1,7 м, говорит о том, что так как очаг пожара может возникнуть в любой точке по этой высоте, а остаточное давление в трубопроводе может поспособствовать образованию форсуночного горения, то при расчёте на объёмное тушение нужно принимать высоту равную 1,75 м.

Определим площадь помещения насосной по формуле:

$$S = a \cdot b \quad (6.1)$$

где S - площадь помещения, м²;

a – длина насосной, равная 37 м;

b – ширина насосной, равная 9 м.

$$S = a \cdot b = 37 \cdot 9 = 335, \text{ м}^2;$$

Объём, который заполнит пена заполняемый пеной, согласно принятой высоте составит:

$$V_{\text{п}} = a \cdot b \cdot h \quad (6.2)$$

где $V_{\text{п}}$ – объём помещения, заполняемый пеной, м³;

h – принятая высота, м;

$$V_{\text{п}} = a \cdot b \cdot h = 37 \cdot 9 \cdot 1,75 = 586, \text{ м}^3.$$

Объём, который можно заполнить одним генератором пены ГВП-600 за расчетное время тушения пожара определим через формулу [20]:

$$V_{\text{ГСП}}^{\text{T}} = \frac{Q_{\text{ГСП}}^{\text{T}}}{K_3} \cdot \tau \quad (6.3)$$

где $V_{\text{ГСП}}^{\text{T}}$ – объём, который можно заполнить одним пеногенератором ГВП-600 за время тушения пожара, равное 15 мин., м³;

$Q_{\text{ГСП}}^{\text{T}}$ – расход генератора по пене, м³/мин;

τ – расчетное время тушения пожара, мин.;

K_3 – коэффициент разрушения и потери пены, равный 3,5;

$$V_{\text{ГСП}}^{\text{T}} = \frac{36}{3,5} \cdot 15 = 154, \text{ м}^3.$$

Вычислим необходимое количество генераторов пены ГСП-600 для объёмного тушения пожара в помещении насосной через формулу:

$$N_{\text{ГСП}} = \frac{V_{\text{П}}}{V_{\text{ГСП}}^{\text{T}}} \quad (6.4)$$

где $N_{\text{ГСП}}$ – необходимое количество генераторов пены ГСП-600, шт;

$V_{\text{П}}$ – объём помещения, заполняемый пеной, м³;

$$N_{\text{ГСП}} = \frac{586}{154} = 3,805 \approx 4 \text{ шт.}$$

Необходимый расход пенообразователя и воды для создания пены на один ГСП-600 составляет 0,36 л/с и 5,64 л/с.

Найдем необходимый расход пенообразователя и воды для четырех ГСП-600:

$$Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} = N_{\text{ГСП}} \cdot Q_{\text{ГСП}}^{\text{ПО}} \quad (6.5)$$

$$Q_{\text{приб}}^{\text{В}} = N_{\text{ГСП}} \cdot Q_{\text{ГСП}}^{\text{В}} \quad (6.6)$$

где $Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}}$ - требуемый расход пенообразователя на 4 ГСП-600, л/с;

$Q_{\text{ГСП}}^{\text{ПО}}$ – расход пенообразователя одним ГСП-600, л/с;

$Q_{\text{приб}}^{\text{В}}$ – требуемый расход воды на 4 ГСП-600, л/с;

$Q_{\text{ГСП}}^{\text{В}}$ – расход воды одним ГСП-600, л/с;

$Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} = 4 \cdot 0,36 = 1,44 \text{ л / с};$

$Q_{\text{приб}}^{\text{В}} = 4 \cdot 5,64 = 22,56 \text{ л / с}.$

По формулам ниже вычислим необходимое количество пенообразователя и воды для четырех ГСП-600 за расчетное время тушения пожара равное 15 минутам:

$$Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} \Big|_{\text{тп}} = Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} \cdot \text{тп} \quad (6.7)$$

$$Q_{\text{приб}}^{\text{В}} \Big|_{\text{тп}} = Q_{\text{приб}}^{\text{В}} \cdot \text{тп} \quad (6.8)$$

где $Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} \Big|_{\text{тп}}$ – необходимое количество пенообразователя для тушения пожара, л;

тп – расчетное время тушения пожара, с.;

$Q_{\text{приб}}^{\text{В}} \Big|_{\text{тп}}$ – необходимое количество воды для тушения пожара, л;

$Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} \Big|_{900} = 1,44 \cdot 900 = 1296 \text{ л};$

$Q_{\text{приб}}^{\text{В}} \Big|_{900} = 22,56 \cdot 900 = 20304 \text{ л}.$

Общее количество пенообразователя необходимого для тушения пожара с учетом резерва и обеспеченность объекта водой найдем по формулам:

$$Q_{\text{общ}}^{\text{ПО}} = Q_{\text{приб}}^{\text{ПО}} \Big|_{\text{тп}} \cdot K_3^{\text{ПО}} \quad (6.9)$$

$$Q_{\text{общ}}^{\text{В}} = Q_{\text{приб}}^{\text{В}} \Big|_{\text{тп}} \cdot K_3^{\text{В}} \quad (6.10)$$

где $Q_{\text{общ}}^{\text{ПО}}$ – общее количество пенообразователя с учётом резерва;

$K_3^{\text{ПО}}$ – коэффициент запаса огнетушащего средства, равный 3;

$Q_{\text{общ}}^{\text{В}}$ – общее количество воды с учётом резерва;

$K_3^{\text{В}}$ – коэффициент запаса для воды, равный 5.

$$Q_{\text{общ}}^{\text{ПО}} = 1296 \cdot 3 = 3888 \text{ л};$$

$$Q_{\text{общ}}^{\text{В}} = 20304 \cdot 5 = 101520 \text{ л}.$$

Из всего изложенного выше следует, что объект водой обеспечен потому, что как видно из расчетов ее количество в резервуарах существенно превышает общий расход на тушение и охлаждение конструкций.

Расчёт объема бака-дозатора необходимо производить с учётом трехкратного запаса пенообразователя по формуле:

$$V_{\text{бд}} = Q^{\text{ПО}} \cdot N_{\text{ГСП}} \cdot \tau_{\text{п}} \cdot K_3^{\text{ПО}} \quad (6.11)$$

где $V_{\text{бд}}$ - объём бака-дозатора, м³;

$Q^{\text{ПО}}$ - расход пенообразователя на один ГСП-600, м³/мин.;

Расчётный объём бака-дозатора составил:

$$V_{\text{бд}} = 0,36 \cdot 4 \cdot 15 \cdot 3 = 64,8 \text{ м}^3.$$

Для дальнейших расчетов примем бак-дозатор объёмом 64,8 м³.

Диаметр трубопровода для обеспечения подачи раствора пенообразователя с расходом 1,08 м³/мин определяется по таблицам для гидравлического расчета и в зависимости от напора перед пеногенератором. Ниже приведена формула для нахождения данного напора:

$$h_{\text{ГП}} = h_{\text{вд}} - h_{\text{тр}} - h_{\text{пс}} - h_{\text{уст}} \quad (6.12)$$

где $h_{\text{ГП}}$ - напор перед пеногенератором, м;

$h_{\text{вд}}$ – напор в системе пожарно-производственного водовода, 80 м;

$h_{\text{тр}}$ - потери напора в трубопроводе, м;

$h_{\text{пс}}$ - потери напора на работу пеносмесителя, м;

$h_{\text{уст}}$ - высота установки пеногенераторов, равная 4,2 м.

Потери напора в трубопроводе определяются по формуле:

$$h_{\text{тр}} = i \cdot l \quad (6.13)$$

где i - гидравлический уклон, 0,0103;

l - длина расчетного участка, 200 м.

$$h_{\text{тр}} = 0,0103 \cdot 200 = 2,06 \text{ м.}$$

Определим потери напора на работу пеносмесителя по формуле:

$$h_{\text{пс}} = k_{\text{пс}} (h_{\text{вд}} - h_{\text{тр}}) \quad (6.14)$$

где $k_{\text{пс}}$ - коэффициент, учитывающий потерю напора на работу пеносмесителя равный 0,3.

$$h_{\text{пс}} = 0,3(80 - 2,06) = 23,38 \text{ м.}$$

Таким образом, напор перед пеногенератором составит:

$$h_{\text{гп}} = 80 - 2,06 - 23,38 - 4,20 = 50,36 \text{ м.}$$

Из расчётов выше следует, что значение напора перед пеногенератором находится в допустимых пределах 40-60 м.

Диаметр подходящих и отходящих трубопроводов принимается равным 150 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрены и решены задачи по автоматизации магистрального насосного агрегата на примере агрегатов использующихся на НПС «Травники»:

- изучен объект автоматизации и структура его управления, выявлены недостатки регулирования и предложены пути ее улучшения;
- разработаны соответствующие схемы автоматизации;
- осуществлен подбор средств автоматизированного управления и разработана схема электрических соединений соответствующих устройств;
- предложен эскиз лицевой панели щита управления;
- в программной среде была составлена программная модель технологического процесса и прототип программы САУ МНА на языке ST;
- приведен перечень требования по обеспечению безопасности работы системы, а также были изложены характеристики опасных и вредных факторов, которые могут влиять на экологическую безопасность.

Предлагаемый в данной работе технические решения позволят обеспечить бесперебойную работу насосного агрегата, что в свою очередь снизит вероятность возникновения аварий ситуаций за счет функции защиты САУ НА, а также продлить срок эксплуатации оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Airar.ru: Взрывозащищённые электроприводы с металлическим корпусом AR11EL.LT.Ex. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arhimed.tech/shop/elektroprivody-linejnye-ar11el/vzryvozawiwonnoe-ispolnenie/vzryvozawiwnye-elektroprivody-s-metallicheskim-korpusom-ar11eltex/>. – 14.05.2022.
- 2 All-pribors.ru: Система виброконтроля СВКА 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/41153-09-svka-1-42968>. – 14.05.2022.
- 3 Cis-automation.ru: ОМЮВ приборы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cis-automation.ru/upload/iblock/318/omuv_catalog.pdf. – 12.05.2022.
- 4 Emerson.ru: Датчики давления Метран-150. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.emerson.ru/documents/automation_каталог-датчики-давления-метран-150-раздел-каталога-метран-ru-ru-4848826.pdf. – 12.05.2022.
- 5 Ewertec.owen.ru: Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meyertec.owen.ru/>. – 23.05.2022.
- 6 Iek.ru: Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iek.ru/products/catalog/>. – 23.05.2022.
- 7 Owen.ru: ИТП компактный измеритель. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/itp>. – 20.05.2022.
- 8 Owen.ru: Среда программирования CODESYS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/codesys_v2. – 01.06.2022.
- 9 Siemens-pro.ru: Siemens. Simatic S7. Программируемые контроллеры S7-1200. Системное руководство, 11/2009, A5E02669003-02. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.siemens-pro.ru/docs/simatic/s7-1200/s71200_system_manual_r.pdf. – 02.06.2022.
- 10 Skbspa.ru: Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3, ПБР-3А. Техническое описание и руководство по эксплуатации, 3Яа.647.509 ТО.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.skbspa.ru/ftpgetfile.php?id=231>. – 23.05.2022.

11 Vti.re: Сопоставление различных способов регулирования центробежных насосов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vti.ru/files/procurement/k_0351-metody_regulirovaniya_opuska_tepla_v_teplovyh_setyah_1.pdf. – дата обращения 15.05.2022.

12 Высоковольтный преобразователь частоты серии «Геркулес». Руководство по эксплуатации. ООО «Научно-производственное предприятие «ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СПБ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://it-spb.ru/produksiya/vysokovoltnyy-preobrazovatel-chastoty-gerkules>. – 15.02.2022.

13 ГОСТ 19.701–90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 23 с.

14 ГОСТ 21.404–85. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 8 с.

15 ГОСТ 34737-2021. «Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Перекачивающие станции. Проектирование». Дата введения 2021-12-01. – 63 с.

16 ГОСТ Р 51858-2020 «Нефть Общие технические условия» (Приказом Росстандарта от 24.06.2021 N 588-ст дата введения в действие перенесена с 01.07.2021 на 01.01.2023 с правом досрочного применения (ИУС 9-2021)) – 14 с.

17 Горев, С.М. Автоматизация производственных процессов нефтяной и газовой промышленности. Курс лекций. Часть 1/ С.М. Горев. – Петропавловск-Камчатский, 2003. – 264 с.

18 Гузеев, Б.В. Современные промышленные высоковольтные преобразователи частоты для регулирования асинхронных и синхронных двигателей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17773291>. – 27.05.2022.

19 Земенков, Ю.Д. Эксплуатация механо-технологического

оборудования. Курс лекций/ Ю.Д. Земенков. – Тюмень, 2019. – 257 с.

20 Клименти, Н. Ю. Методики расчета сил и средств для тушения пожаров: Методические указания для курсового и дипломного проектирования по дисциплине «Пожарная тактика». – Волгоград, 2013. – 28 с.

21 Микрол.рф: Блок ручного управления БРУ-7, БРУ-7К1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https:// микрол.рф/catalog/blok-ruchnogo-upravlenia-bru-7](https://микрол.рф/catalog/blok-ruchnogo-upravlenia-bru-7). – 19.05.2022.

22 Микрол.рф: Блок ручного управления БРУ-420. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://микрол.рф/catalog/blok-bru-420>. – 19.05.2022.

23 ОСТ 36.13-90. Щиты и пульты систем автоматизации технологических процессов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 53 с.

24 РМ 4-51-90. Принципы компоновки щитов и пультов управления. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 28 с.

25 Савельев, Д.В. Рабочая документация. Правила безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов. Руководящий документ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://pandia.ru/text/78/304/5135.php>. – 01.06.2022.

26 Теплоприбор.рф: ТСП-100П термопреобразователь сопротивления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://теплоприбор.рф/catalog/tsp-8052-100p-termopreobrazovatel-soprotivleniya/>. – 12.05.2022.

Приложение А

Функциональный блок CONVERTER (преобразователь частоты)

```
END_VAR
VAR_OUTPUT
    freq: REAL;
    reg_mode, dir_mode:BOOL;
    normal, alarm, fail:BOOL;
END_VAR
VAR
    conv_freq:REAL;
    Integ:INTEGRAL;
    mode:BYTE:=1; (*0 - выкл, 1 - частотное регули-
рование, 2 - байпас*)
    error:REAL;
    freq_begin: REAL:=50;
END_VAR

CASE mode OF
0:
    conv_freq:=0;
    Integ(RESET:=TRUE);
    IF do_reg_mode THEN
        mode:=1;
    ELSIF do_dir_mode THEN
        mode:=2;
    END_IF
    freq:=0;
    reg_mode:=FALSE;
    dir_mode:=FALSE;
    normal:=FALSE;
    alarm:=do_alarm;
    fail:=do_fail;
    freq_begin:=0;
1:
    error:=freq_ref - conv_freq;
    IF error >0.01 AND conv_freq < 100 THEN
        Integ(IN:=50, TM:=10, RESET:=FALSE);
    ELSIF error < -0.01 AND conv_freq > 0 THEN
        Integ(IN:=-50, TM:=10, RESET:=FALSE);
    END_IF
    conv_freq:=Integ.OUT+freq_begin;
    IF conv_freq > 100 THEN
        conv_freq:=100;
```

```

        ELSIF conv_freq < 0 THEN
            conv_freq:=0;
        END_IF
        freq:=conv_freq;
        reg_mode:=TRUE;
        dir_mode:=FALSE;
        normal:=TRUE;
        alarm:=do_alarm;
        fail:=do_fail;
        IF (do_dir_mode AND NOT do_reg_mode) OR do_fail
THEN
            mode:=2;
        ELSIF stop THEN
            mode:=0;
        END_IF
2:
        Integ(RESET:=TRUE);
        conv_freq:=0;
        freq:=100;
        reg_mode:=FALSE;
        dir_mode:=TRUE;
        normal:=FALSE;
        alarm:=do_alarm;
        fail:=do_fail;
        freq_begin:=100;
        IF (do_reg_mode) AND (NOT do_dir_mode) AND (NOT
do_fail) THEN
            mode:=1;
        ELSIF stop THEN
            mode:=0;
        END_IF
    END_CASE
END_CASE

```

Приложение Б

Функциональный блок ИМ (Электропривод)

```
FUNCTION_BLOCK IM
VAR_INPUT
    u_im, im_fb:REAL;
    opened, closed:BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    open, close:BOOL;
END_VAR
VAR
    state: BYTE; (*0-покой; 1-открытие, 2-закрытие*)
    error:REAL;
    timer:TON;
    deadzone:REAL:=1;
END_VAR

error:=u_im-im_fb;
CASE state OF
0:
    timer(IN:=TRUE, PT:=t#300ms);
    open:=close:=FALSE;
    IF (error>deadzone) AND (NOT opened) AND timer.Q
THEN
        timer(IN:=FALSE);
        state:=1;
    ELSIF (error<-deadzone) AND (NOT closed) AND
timer.Q THEN
        timer(IN:=FALSE);
        state:=2;
    END_IF
1:
    timer(IN:=TRUE, PT:=t#300ms);
    open:=TRUE;
    close:=FALSE;
    IF (ABS(error)<deadzone) AND NOT opened AND
timer.Q THEN
        timer(IN:=FALSE);
        state:=0;
    ELSIF opened THEN
        timer(IN:=FALSE);
        state:=0;
```

```

        ELSIF (error<-deadzone) AND NOT closed AND
timer.Q THEN
            timer(IN:=FALSE);
            state:=2;
        ELSIF closed THEN
            timer(IN:=FALSE);
            state:=0;
        END_IF
    2:
        timer(IN:=TRUE,PT:=t#300ms);
        close:=TRUE;
        open:=FALSE;
        IF (ABS(error)<deadzone) AND NOT closed AND
timer.Q THEN
            timer(IN:=FALSE);
            state:=0;
        ELSIF opened THEN
            timer(IN:=FALSE);
            state:=0;
        ELSIF (error>deadzone) AND NOT opened AND
timer.Q THEN
            timer(IN:=FALSE);
            state:=1;
        ELSIF opened THEN
            timer(IN:=FALSE);
            state:=0;
        END_IF
    END_CASE
END_CASE

```

Приложение В

Функциональный блок VALVE (Регулирующий клапан)

```
FUNCTION_BLOCK VALVE
VAR_INPUT
    open,close:BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    pol:REAL;
    opened, closed: BOOL;
END_VAR
VAR
    polog:REAL;
    Integ:INTEGRAL;
    opend, closd:BOOL;
END_VAR

IF open AND NOT close AND NOT opend THEN
    Integ(IN:=50, TM:=10);
ELSIF close AND NOT open AND NOT closd THEN
    Integ(IN:=-50, TM:=10);
END_IF
polog:=Integ.OUT+100;
IF polog >= 100 THEN
    polog:=100;
    opend:=TRUE;
ELSIF Polog <= 0 THEN
    polog:=0;
    closd:=TRUE;
ELSE
    opend:=FALSE;
    closd:=FALSE;
END_IF
pol:=polog;
opened:=opend;
closed:=closd;
```


Приложение Г

Программа PLC_PRG

```
PROGRAM PLC_PRG
VAR
    CONV: converter;
    MNA1:MNA;
    VALVE1:VALVE;
    IM1:IM;
    state:BYTE:=0; (*0 - выкл, 1 - ПЧ, 2 - Байпас,
3 - Авария*)
    state_pref:BYTE;
END_VAR

CASE state OF
0:
    dir_mode:=reg_mode:=normal:=alarm:=fail:=FALSE;

    IF conv_reg THEN
        state:=1;
    ELSIF bypass THEN
        state:=2;
    END_IF

1:
    ready:=TRUE;
    IF start THEN
        ref_mode_but:=TRUE;
        dir_mode_but:=FALSE;
        ready:=FALSE;
        regulator_conv;
        press_reg:=press_hand/0.064;
        u_man_conv:=freq_hand/0.5;
        CONV(      freq_ref:=u_conv,      do_reg_mode:=
ref_mode_but,  do_dir_mode:=dir_mode_but,  stop:=stop,
do_alarm:=alarm_but,do_fail:=fail_but,freq=>freq,reg_mo
de=>reg_mode,  dir_mode=>dir_mode,  normal=>normal,
alarm=>alarm, fail=>fail);
        IM1(u_im:=100,im_fb:=pol,opened:=
valve_opened,  closed:=valve_closed,  open=>  open,
close=>close);
        VALVE1(open:=open, close:=close, pol=>pol,
opened=>valve_opened, closed=>valve_closed);
        MNA1(f:=freq, pol:=pol, p=>press);
```

```

        ELSIF stop THEN
            CONV(          freq_ref:=0,do_reg_mode:=FALSE,
do_dir_mode:=dir_mode_but,          stop:=stop,
do_alarm:=alarm_but,          do_fail:=fail_but,freq=>freq,
reg_mode=>reg_mode, dir_mode=>dir_mode, normal=>normal,
alarm=>alarm, fail=>fail);
            IM1(u_im:=100,im_fb:=pol,          opened:=
valve_opened,closed:=valve_closed,open=>open,close=>clo
se);
            VALVE1(open:=open, close:=close, pol=>pol,
opened=>valve_opened, closed=>valve_closed);
            MNA1(f:=freq, pol:=pol, p=>press);
        END_IF

        IF NOT bypass AND NOT conv_reg THEN
            state:=0;
        ELSIF bypass OR fail THEN
            state:=2;
        ELSIF mna_fail OR fault OR (mna_overheat AND
mna_vibr AND mna_leak) THEN
            mna_fail:=TRUE;
            state_pref:=state;
            state:=3;
        END_IF
    2:
        IF start THEN
            ref_mode_but:=FALSE;
            dir_mode_but:=TRUE;
            regulator_valve;
            press_reg:=press_hand/0.064;
            IM1(u_im:=u_valve,im_fb:=pol,
opened:=valve_opened, closed:=valve_closed, open=>open,
close=>close);
            VALVE1(open:=open, close:=close, pol=>pol,
opened=>valve_opened, closed=>valve_closed);
            CONV(freq_ref:=100,do_reg_mode:=
ref_mode_but, do_dir_mode:=dir_mode_but, stop:=stop_but,
do_alarm:=alarm_but,          do_fail:=fail_but,freq=>freq,
reg_mode=>reg_mode, dir_mode=>dir_mode, normal=>normal,
alarm=>alarm, fail=>fail);
            MNA1(f:=freq, pol:=pol, p=>press);
        ELSIF stop THEN

            CONV(freq_ref:=0,do_reg_mode:=FALSE,
do_dir_mode:=dir_mode_but,stop:=stop,do_alarm:=

```

```

alarm_but,do_fail:=fail_but,freq=>freq,reg_mode=>reg_mode,
dir_mode=>dir_mode, normal=>normal, alarm=>alarm,
fail=>fail);
        IM1(u_im:=100,im_fb:=pol,          opened:=
valve_opened,          closed:=valve_closed,          open=>open,
close=>close);
        VALVE1(open:=open, close:=close, pol=>pol,
opened=>valve_opened, closed=>valve_closed);
        MNA1(f:=freq, pol:=pol, p=>press);

        END_IF

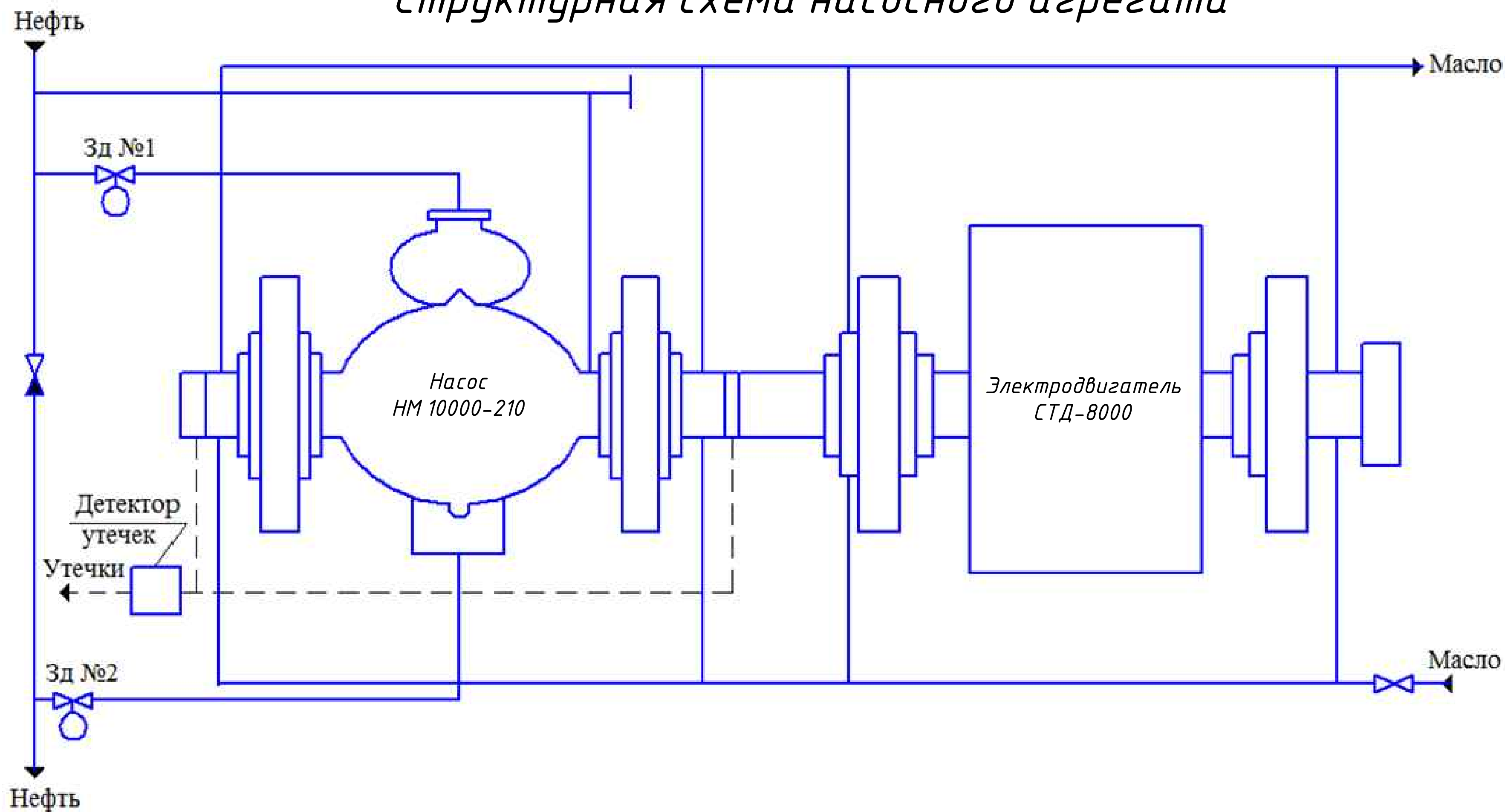
        IF NOT conv_reg AND NOT bypass THEN
            state:=0;
        ELSIF conv_reg AND NOT fail THEN
            state:=1;
        ELSIF mna_fail OR fault OR (mna_overheat AND
mna_vibr AND mna_leak) THEN
            mna_fail:=TRUE;
            state_pref:=state;
            state:=3;
        END_IF

        3:
            CONV(freq_ref:=0,do_reg_mode:=FALSE,
do_dir_mode:=FALSE,stop:=TRUE,do_alarm:=alarm_but,
do_fail:=          fail_but,freq=>freq,reg_mode=>reg_mode,
dir_mode=>dir_mode,normal=>normal,alarm=>alarm,
fail=>fail);
            IM1(u_im:=0,im_fb:=pol,          opened:=valve_opened,
closed:=valve_closed, open=>open, close=>close);
            VALVE1(open:=open, close:=close, pol=>pol,
opened=>valve_opened, closed=>valve_closed);
            MNA1(f:=freq, pol:=pol, p=>press);
            alarm:=fail:=mna_overheat:=          mna_vibr:=
mna_leak:=TRUE;
            IF reset_but THEN
                alarm:=fail:=mna_fail:=mna_overheat:=
mna_vibr:=mna_leak:=FALSE;
                state:=state_pref;
            END_IF

        END_CASE

```

Структурная схема насосного агрегата



Основные технические характеристики насоса НМ 10000-210

Наименование параметра	Значение
Перекачиваемая жидкость	Нефть
Температура перекачиваемой жидкости, °C	От -5 до +80
Кинематическая вязкость, не более м ² /с	3x10 ⁻⁴
Объемный вес, кг/см ³	900-830
Упругость паров, м	1,0-6,0
Подача, м ³ /ч	10000
Напор, м	210
Допустимый кавитационный запас, м	65
КПД насоса/агрегата, %	89
Внешние утечки через уплотнения вала, не более см ³ /ч (л/ч)	300 (0,3)
Частота вращения вала, об/мин	3000
Мощность насоса, кВт (на воде)	5550
Тип присоединения к трубопроводу	Вварной
Диаметр рабочего колеса, мм	485
Масса насоса, кг	9791
Габаритные размеры насоса, мм	2505x2600x2125

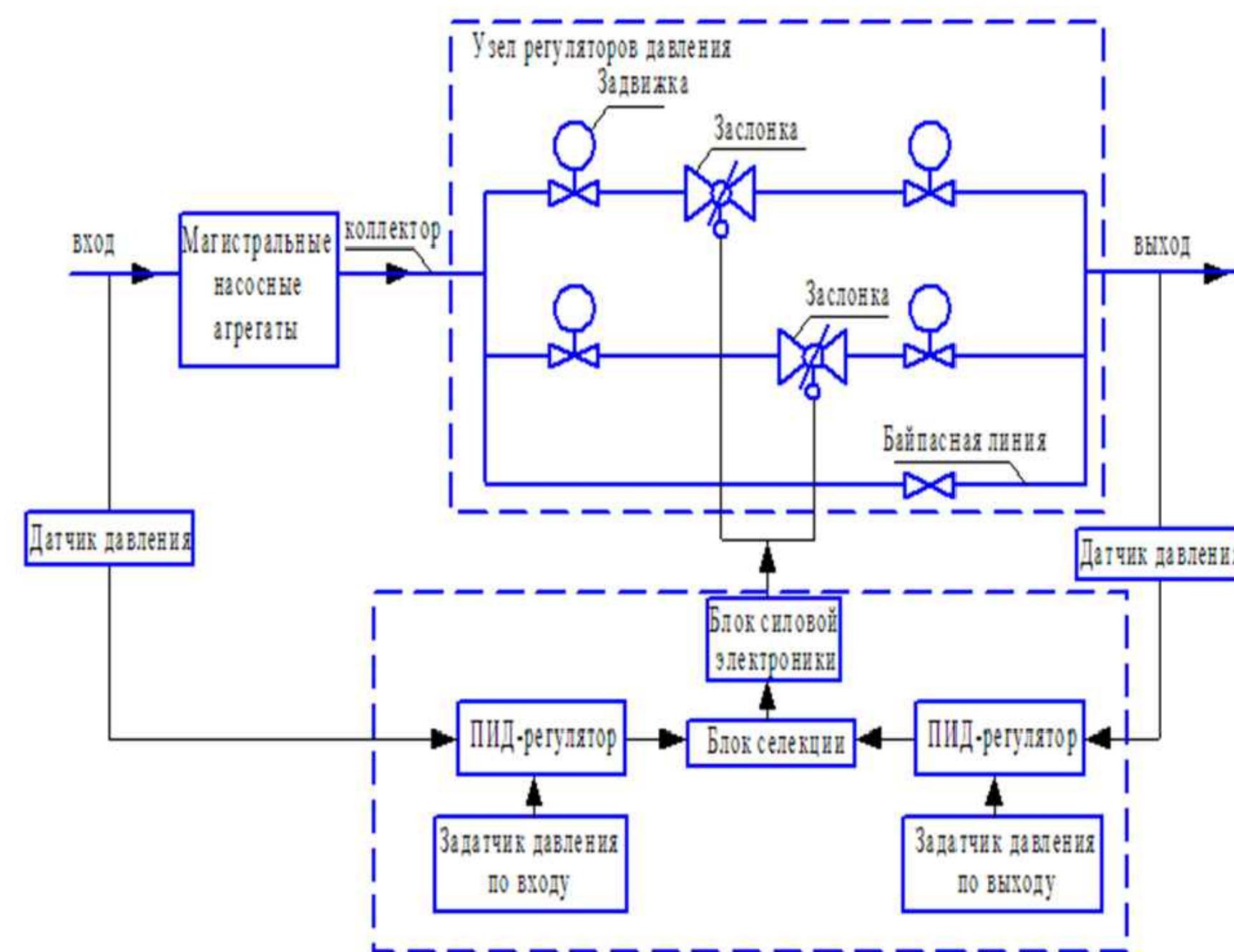
Основные технические характеристики электродвигателя СТД-8000

Наименование параметра	Значение
Мощность, кВт	8000
Напряжение, В	10000
Частота вращения, об/мин	3000
Масса электродвигателя, кг	21100

Внешний вид насоса и электродвигателя



Схема регулирования традиционным методом



Основные технические характеристики электропривода ICON-050EC/1440-50

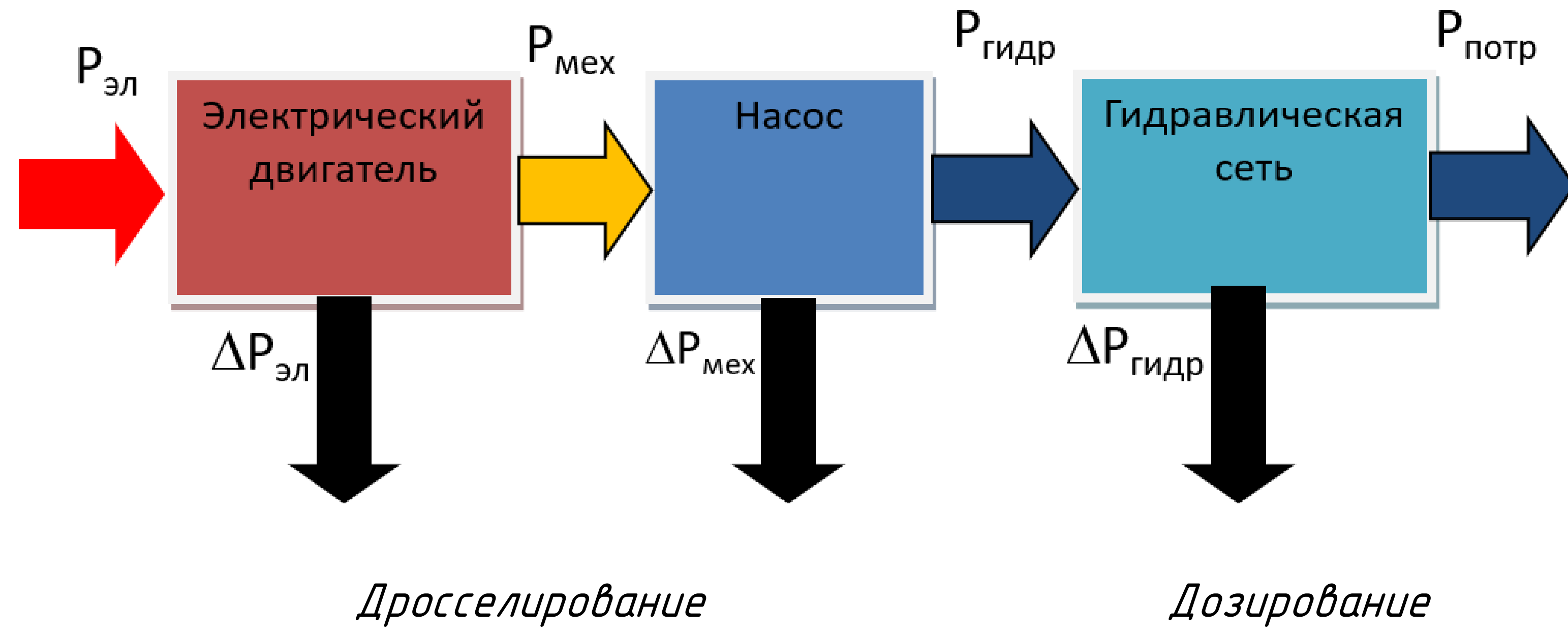
Наименование параметра	Значение
Минимальный крутящий момент, Н·м	576
Максимальный крутящий момент, Н·м	2160
Крутящий момент седла, Н·м	1440
Температурный диапазон применения, °C	От -30 до +85
Рабочее напряжение при 50 Гц, В	От 230 до 690
Рабочее напряжение при 60 Гц, В	От 208 до 575
Подача при 50 Гц, об/мин	11,636
Подача при 60 Гц, об/мин	19,963
Тип двигателя	SM51
Коэффициент	20:1
Номинальное усилие, кН	300
Максимальный шток тип А, мм	77
Фланец согласно ISO 5210	F25
Степень защиты согласно IEC 529	IP 68
Степень взрывозащиты согласно EN50014	EEEx-d IIB T4

Основные технические характеристики шибера MA11803-03X/11

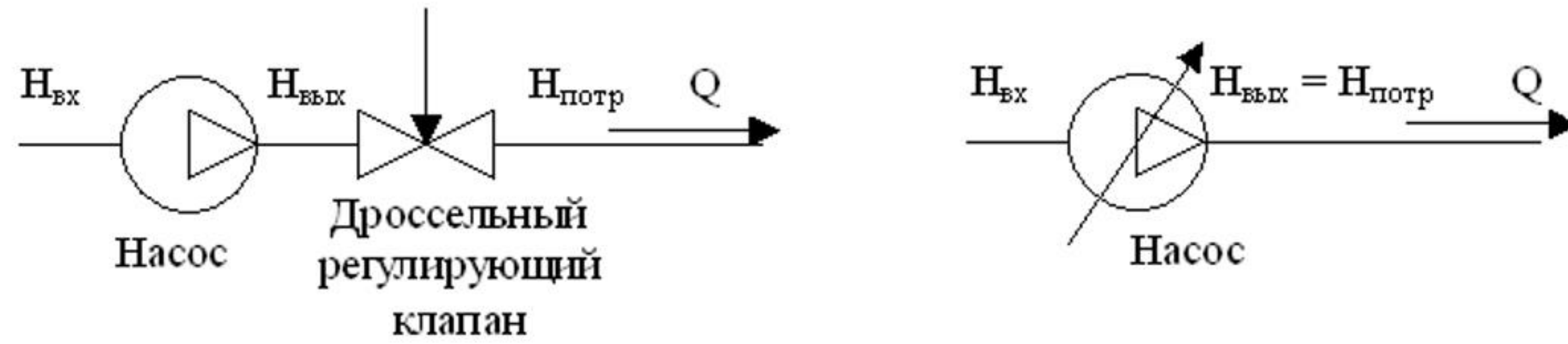
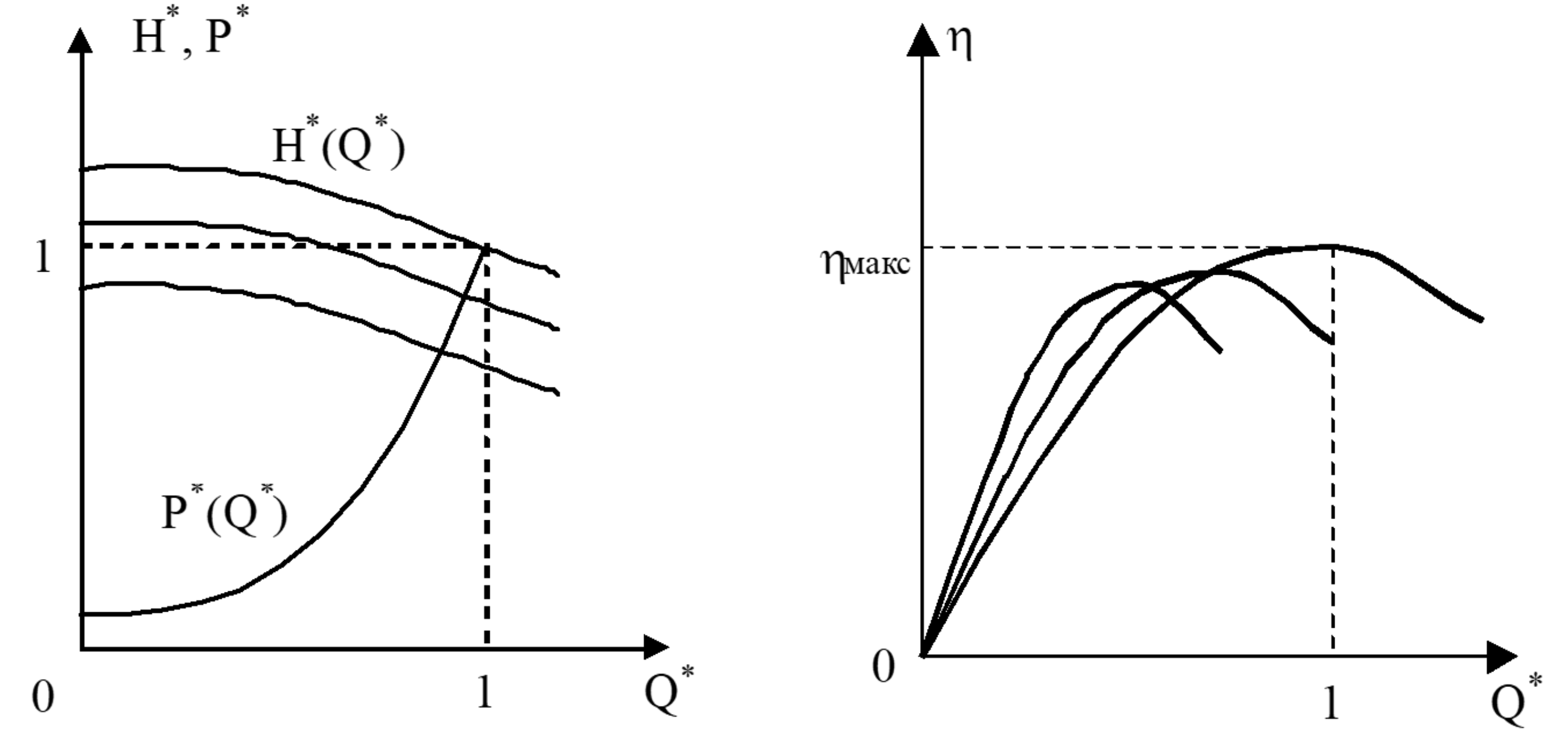
Наименование параметра	Значение
Диаметр шибера, мм	700
Номинальное рабочее давление, МПа	6,3
Климатическое исполнение	Холодное
Масса, не более кг	1750

ВКР.184014.150304.Сх					Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Технологическая схема процесса регулирования	у	
Разраб.	Новичкин А.А.					Лист 1	Листов 7
Проверил	Рыбалёв А.Н.					АМГУ	
Т. контр.	Рыбалёв А.Н.					Кафедра АППиЭ	
Н. контр.	Скрипко О.В.				Автоматизация системы управления технологическими процессами насосного агрегата магистральной насосной станции		
Утвержд.	Скрипко О.В.						

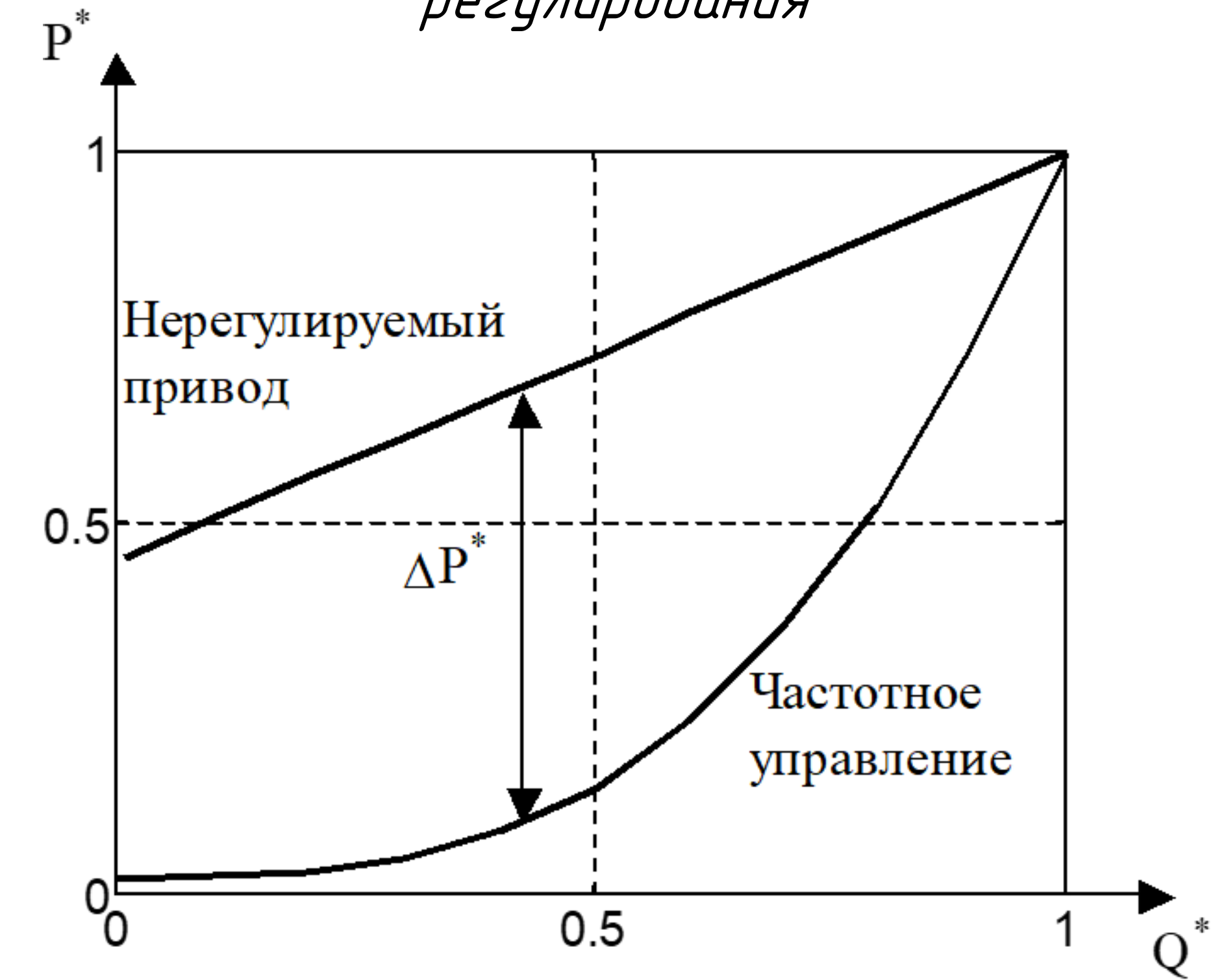
Преобразование энергии в электроприводе насоса



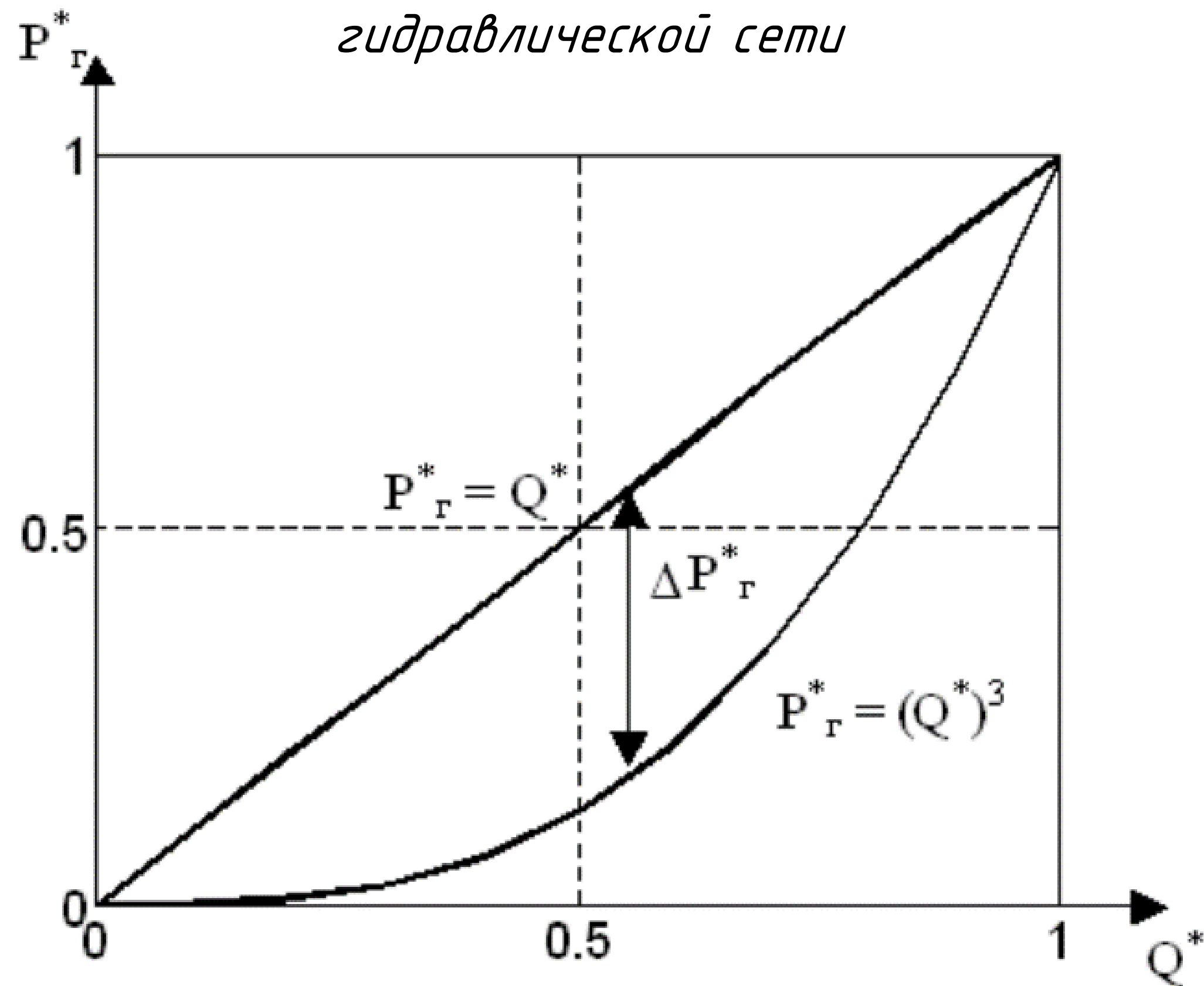
Характеристики насоса при частотном регулировании



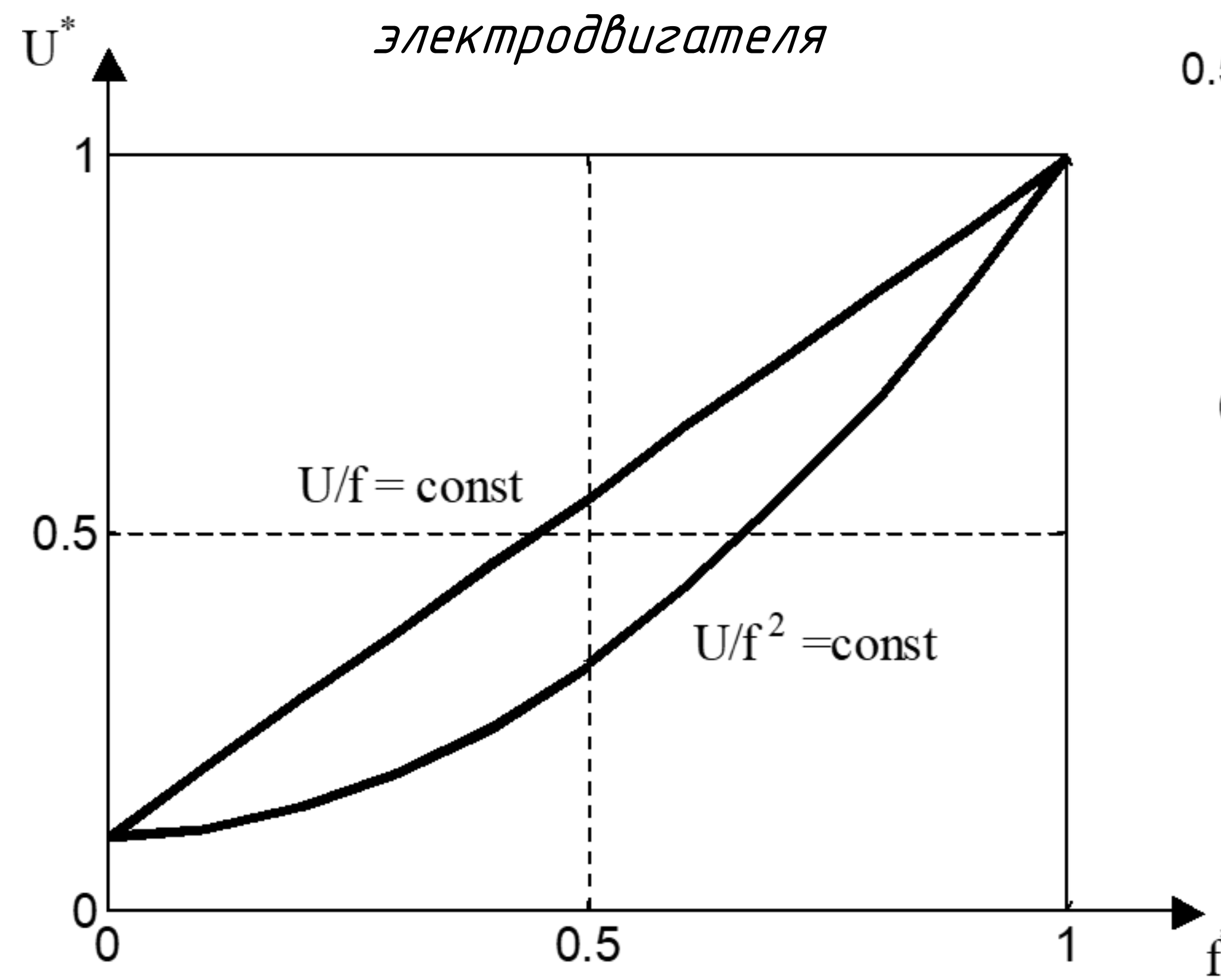
Эффективность частотного регулирования



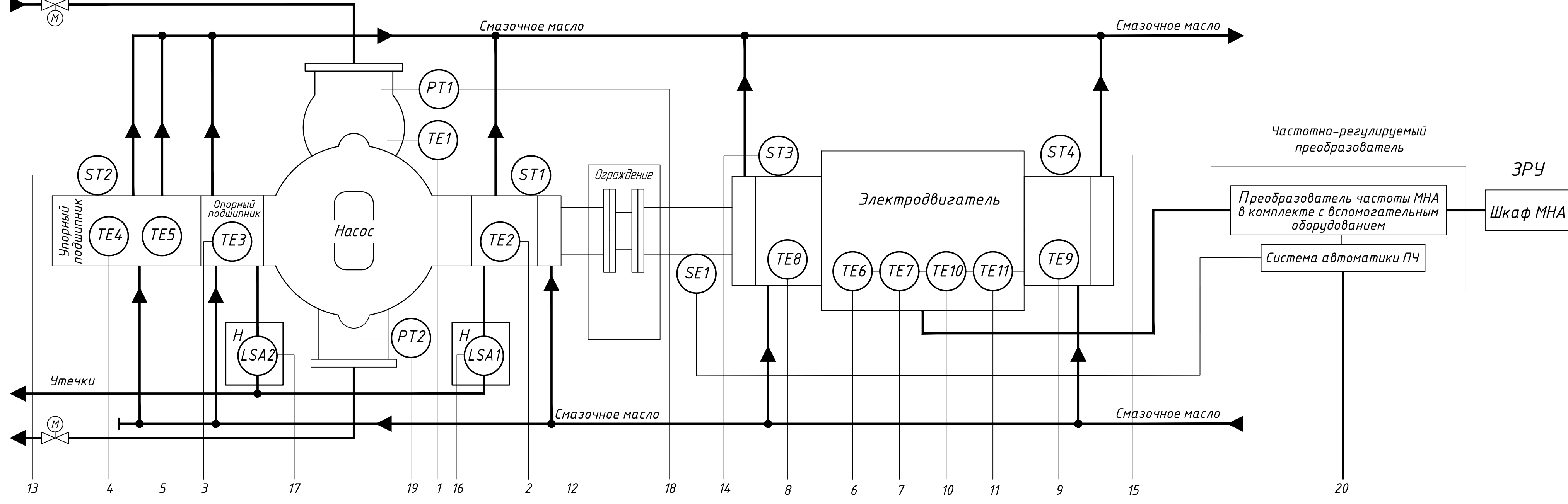
Снижение потребляемой мощности гидравлической сети



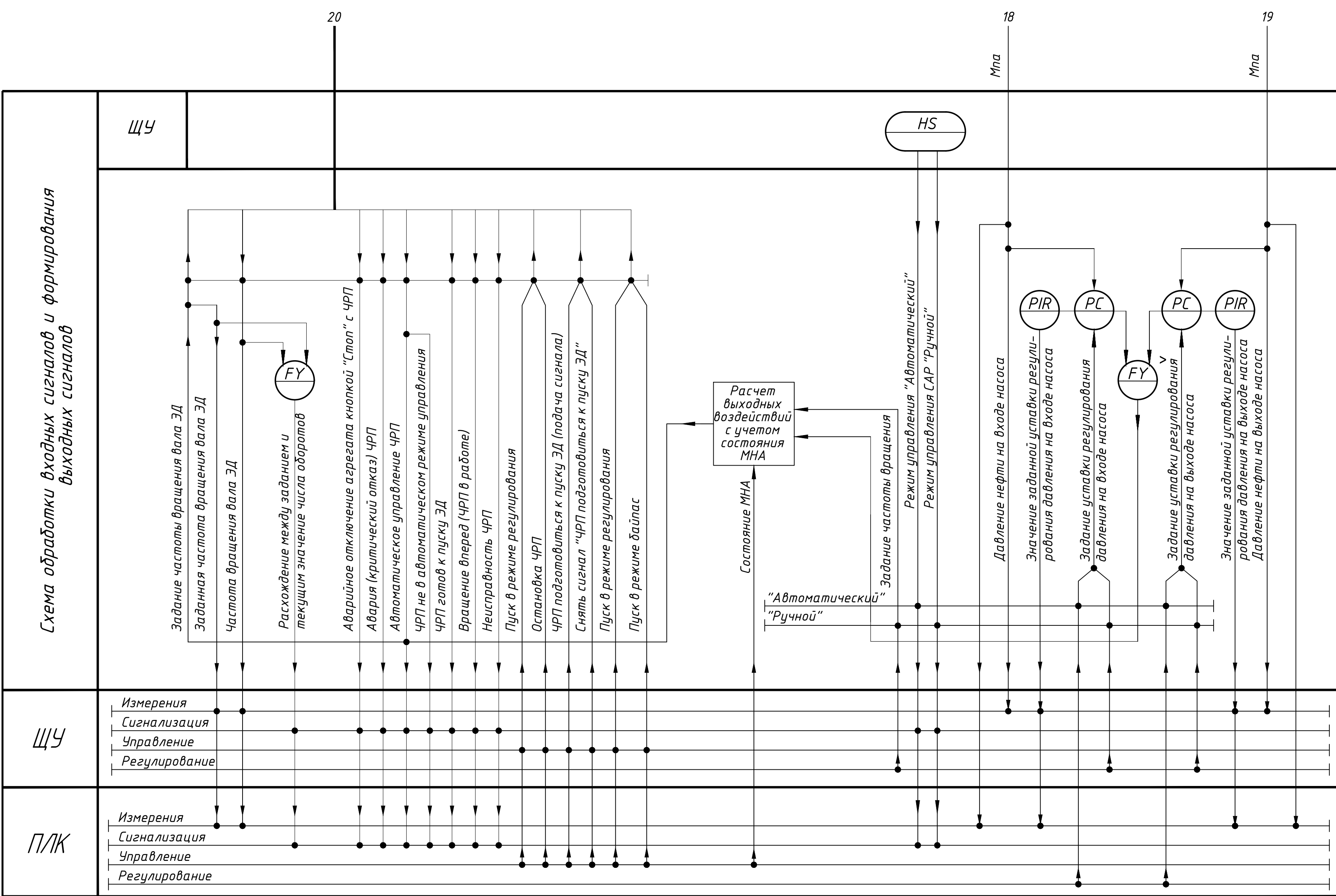
Снижение потребляемого напряжения электродвигателя



				ВКР.184014.15.03.04.Сх		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сравнение методов регулирования	
					Литер	Масса
Разраб.		Навичкин А.А.			у	
Проверил		Рыбалов А.Н.			Лист 2	Листов 7
Т. контр.		Рыбалов А.Н.			АМГУ	
Н. контр.		Скрипко О.В.			Кафедра АППиЭ	
Утверждаю		Скрипко О.В.			Автоматизация системы управления технологическими процессами насосного агрегата магистральной насосной станции	



ПЛАК	Исключения																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Температура нефти на выходе насоса	Температура переднего подшипника насоса	Температура заднего опорного подшипника насоса	Температура заднего упорного подшипника насоса, точки 1,2	Температура заднего упорного подшипника насоса, точки 3,4	Температура обмоток статора ЭД	Температура железа сердечника статора ЭД	Температура переднего подшипника ЭД	Температура заднего подшипника ЭД	Температура холодного воздуха в корпусе ЭД	Температура горячего воздуха в корпусе ЭД	Вибрация переднего подшипника насоса (вертикальная и горизонтальная составляющие)	Вибрация заднего подшипника насоса (вертикальная, горизонтальная и осевая составляющие)	Вибрация переднего подшипника ЭД	Вибрация заднего подшипника ЭД	Аварийные утечки нефти через торцевое уплотнение насоса	Аварийные утечки нефти через торцевое уплотнение насоса
	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения	Измерения
	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация	Сигнализация



№	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
1	TE1-TE11	Датчик контроля вибрации	11	
2	LSA1, LSA2	Датчик контроля уровня утечек	2	
3	ST1-ST4	Датчик контроля вибрации	4	
4	PT1, PT2	Датчик давления	2	
5	SE1	Датчик скорости	1	

ВКР.184.014.150304.Сх

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Функциональная схема автоматизации Автоматизация системы управления технологическими процессами насосного агрегата магистральной насосной станции	Литер	Масса	Масштаб	
Разраб.	Нодвичкин А.А.					у			
Проверил	Рыбальев А.Н.					Лист	3	Листов	7
Т. контр.	Рыбальев А.Н.					АМГУ Кафедра АППиЭ			
Н. контр.	Скрипко О.В.								
Этвржд.	Скрипко О.В.								

Внешний вид преобразователя



Технические параметры

Наименование	Значение
Входное напряжение	10 кВ +10% -15%
Номинальная полная мощность	10000 кВА
Номинальный ток	577 А
Входная частота	50 Гц ± 5%
cosφ	>0,97 (при номинальной нагрузке)
КПД системы	>96% (при номинальной нагрузке)
Выходная частота	0-120 Гц (с плавным регулированием)
Выходное напряжение	От 0 В до номинального входного напряжения
Время разгона/торможения	0,1-3600 с
Перегрузочная способность	120% номинального тока в течение 2 мин 200% номинального тока кратковременно
Уровень шума	<75 дБ
Степень защиты	IP 41
Диапазон рабочих температур	От -5 до +40 °С

Схема подключения клемм ввода-вывода

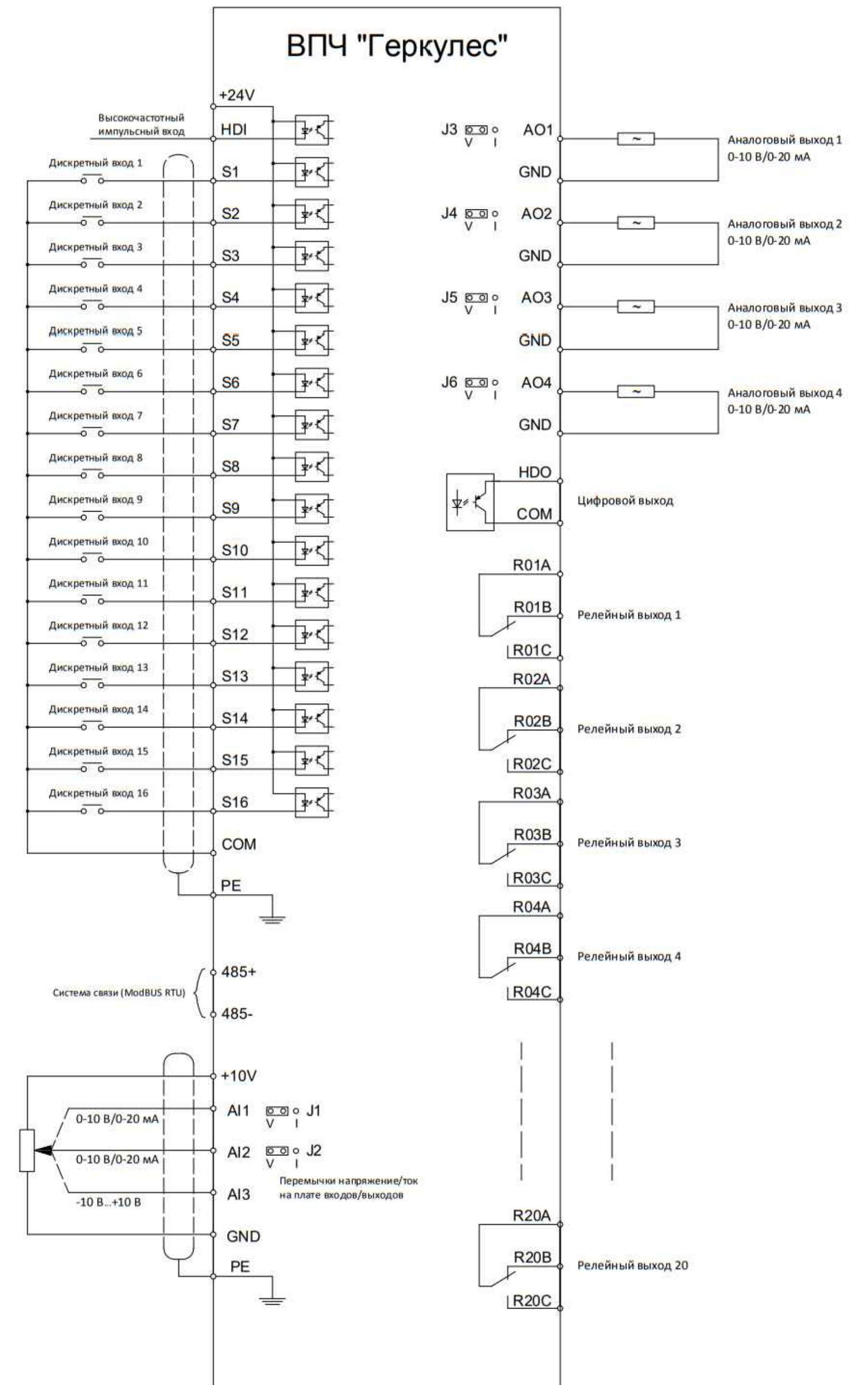


Схема подключения силовой цепи

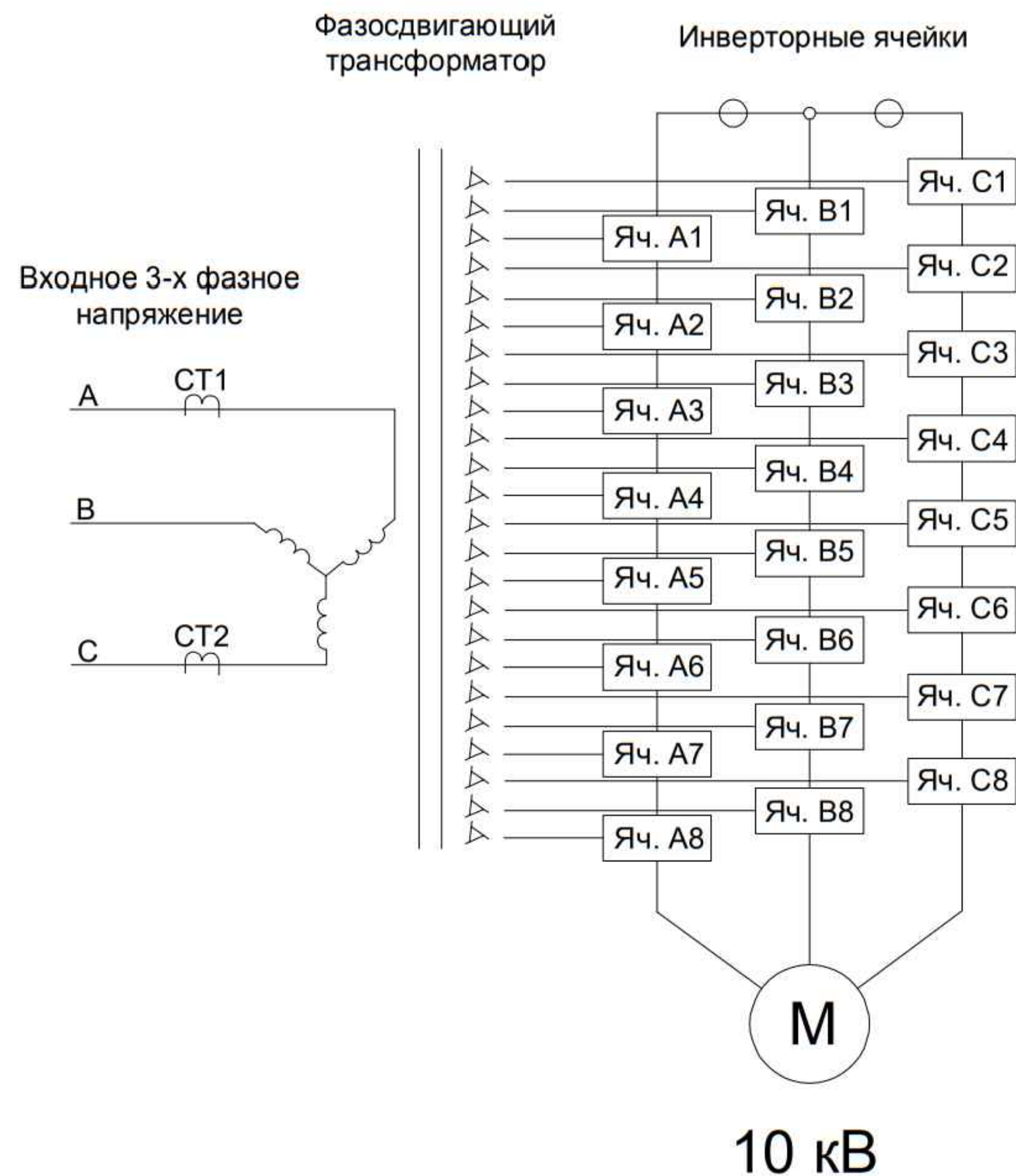
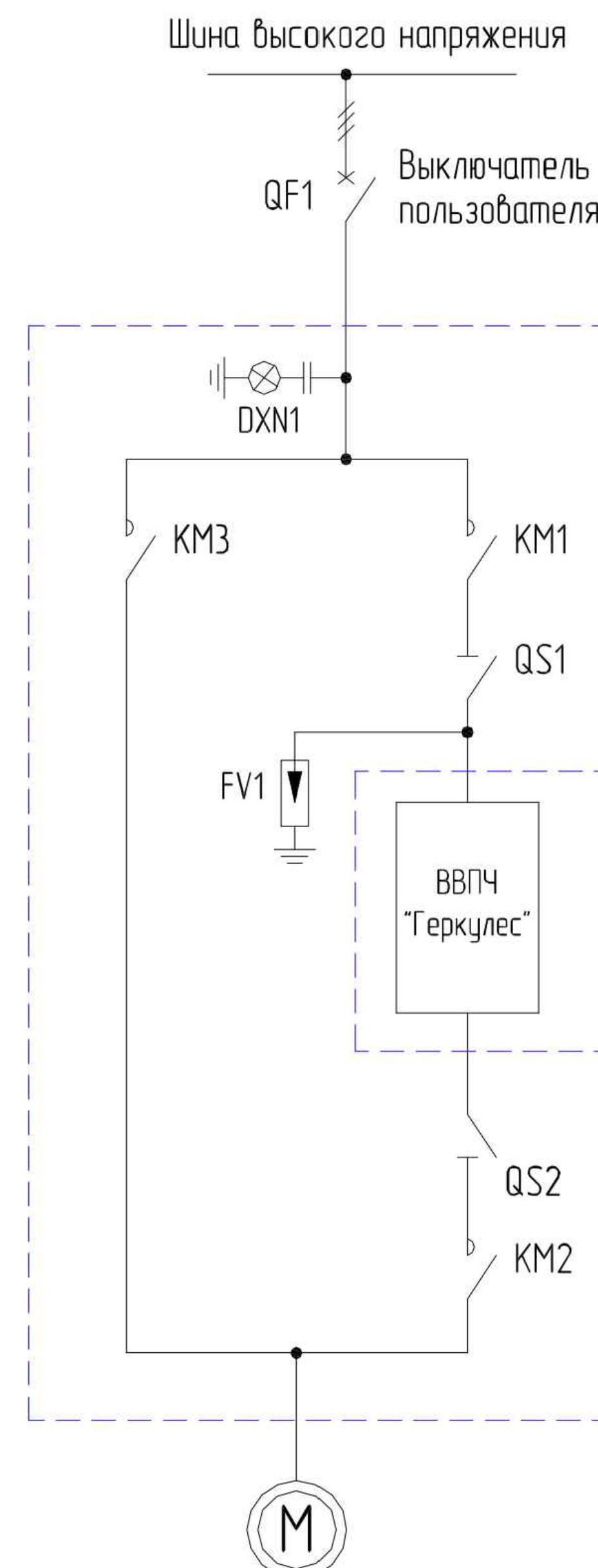
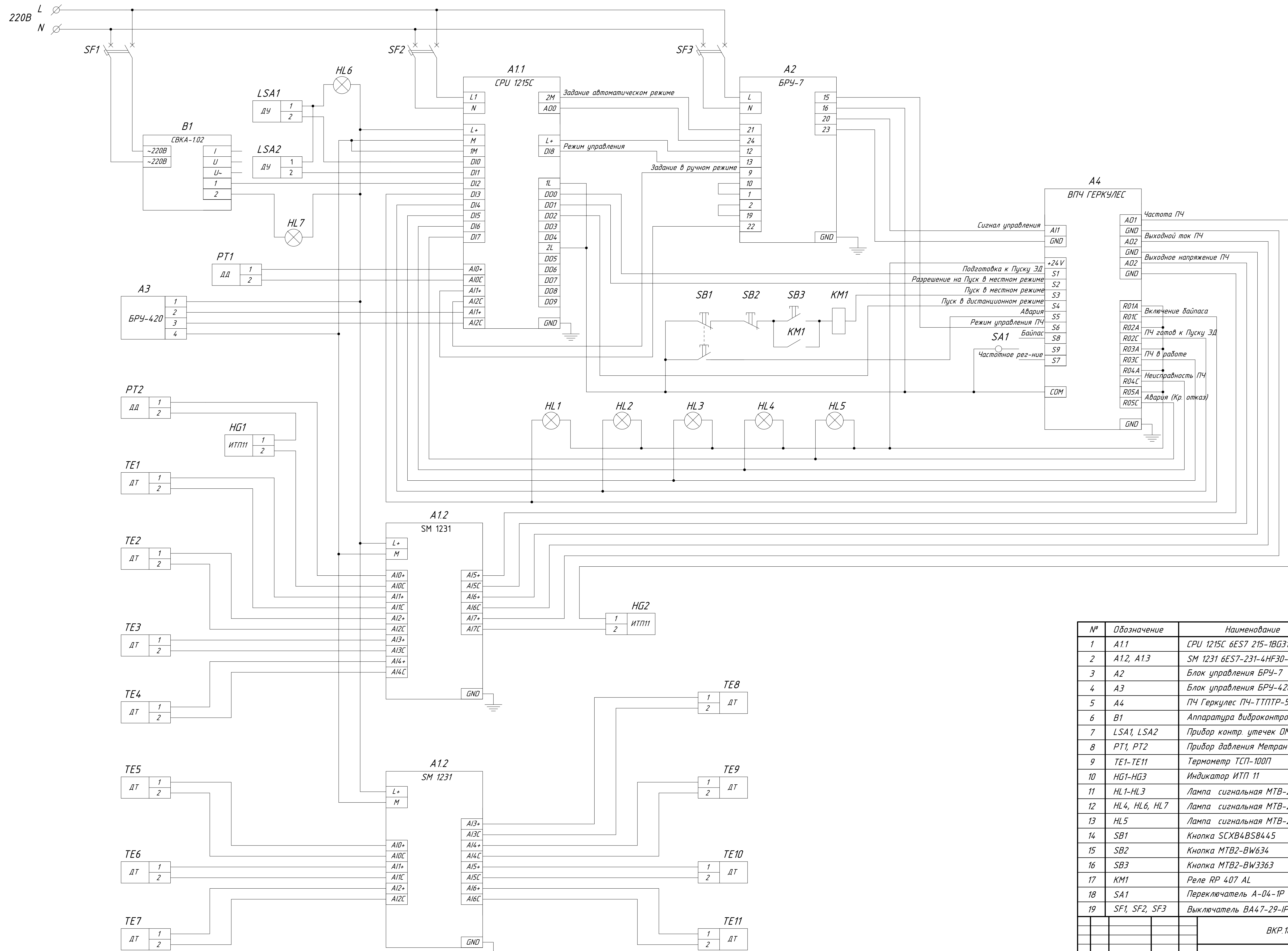


Схема шкафа байпасного переключения



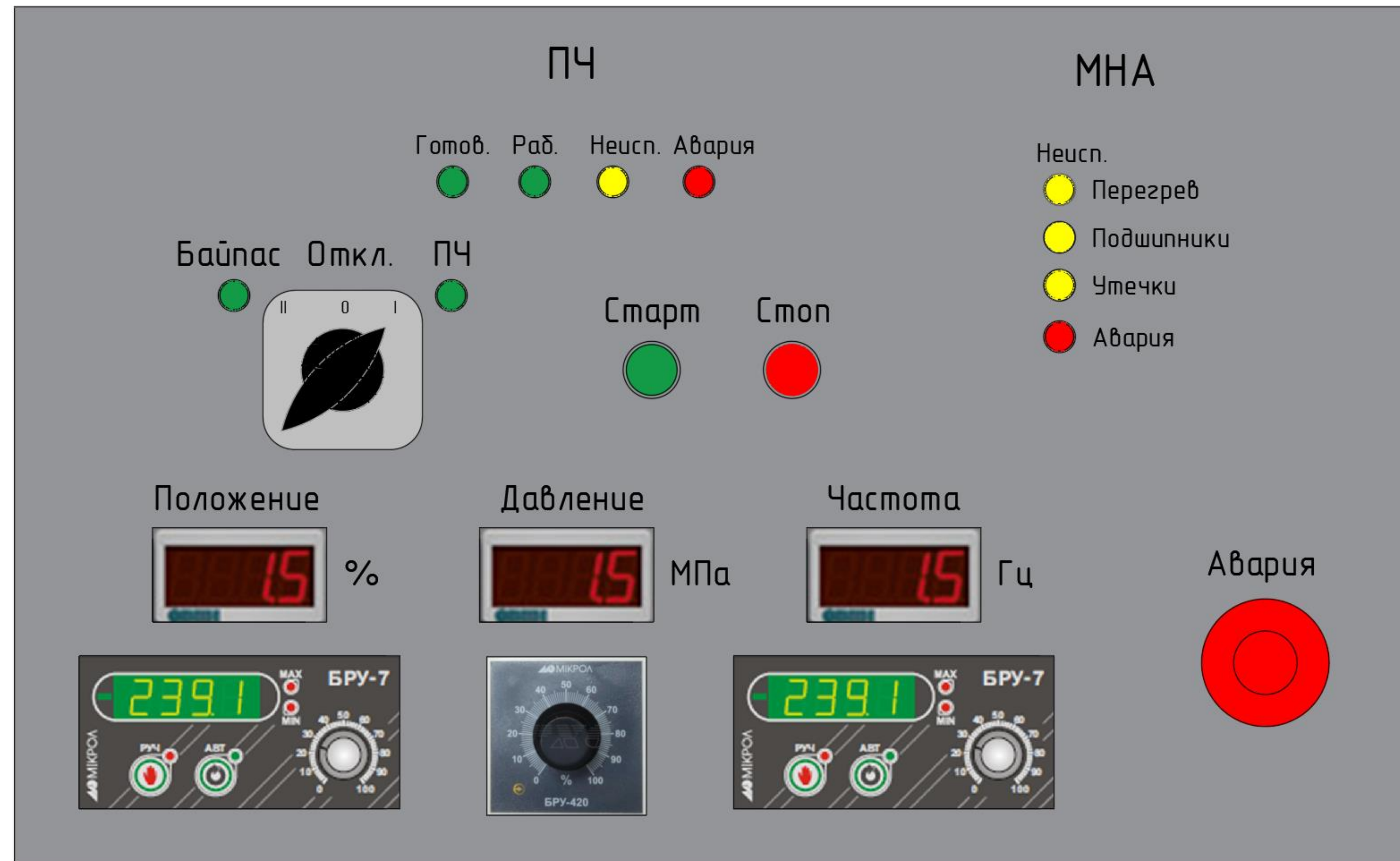


№	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
1	A1.1	CPU 1215C 6ES7 215-1BG31-0XB0	1	
2	A1.2, A1.3	SM 1231 6ES7-231-4HF30-0XB0	2	
3	A2	Блок управления БРУ-7	1	
4	A3	Блок управления БРУ-420	1	
5	A4	ПЧ Геркулес ПЧ-ТППТР-577-10к	1	
6	B1	Аппаратура виброконтроля СВКА	1	
7	LSA1, LSA2	Прибор контр. утечек DMUV	2	
8	PT1, PT2	Прибор давления Метран-150	2	
9	TE1-TE11	Термометр ТСП-100П	11	
10	HG1-HG3	Индикатор ИТП 11	3	
11	HL1-HL3	Лампа сигнальная МТВ-2-BV634	3	Зелёная
12	HL4, HL6, HL7	Лампа сигнальная МТВ-2-BV634	3	Жёлтая
13	HL5	Лампа сигнальная МТВ-2-BV634	1	Красная
14	SB1	Кнопка SCXB4BS8445	1	Красная
15	SB2	Кнопка МТВ2-BW634	1	Красная
16	SB3	Кнопка МТВ2-BW3363	1	Зелёная
17	KM1	Реле RP 407 AL	1	
18	SA1	Переключатель А-04-1Р	1	
19	SF1, SF2, SF3	Выключатель ВА47-29-1Р 1А	3	

ВКР.184014.150304.Сх

Схема электрических соединений				Литер	Масса	Масштаб
				у		
Автоматизация системы управления технологическими процессами насосного агрегата магистральной насосной станции				Лист	5	Листов
				7	АМГУ Кафедра АППиЭ	

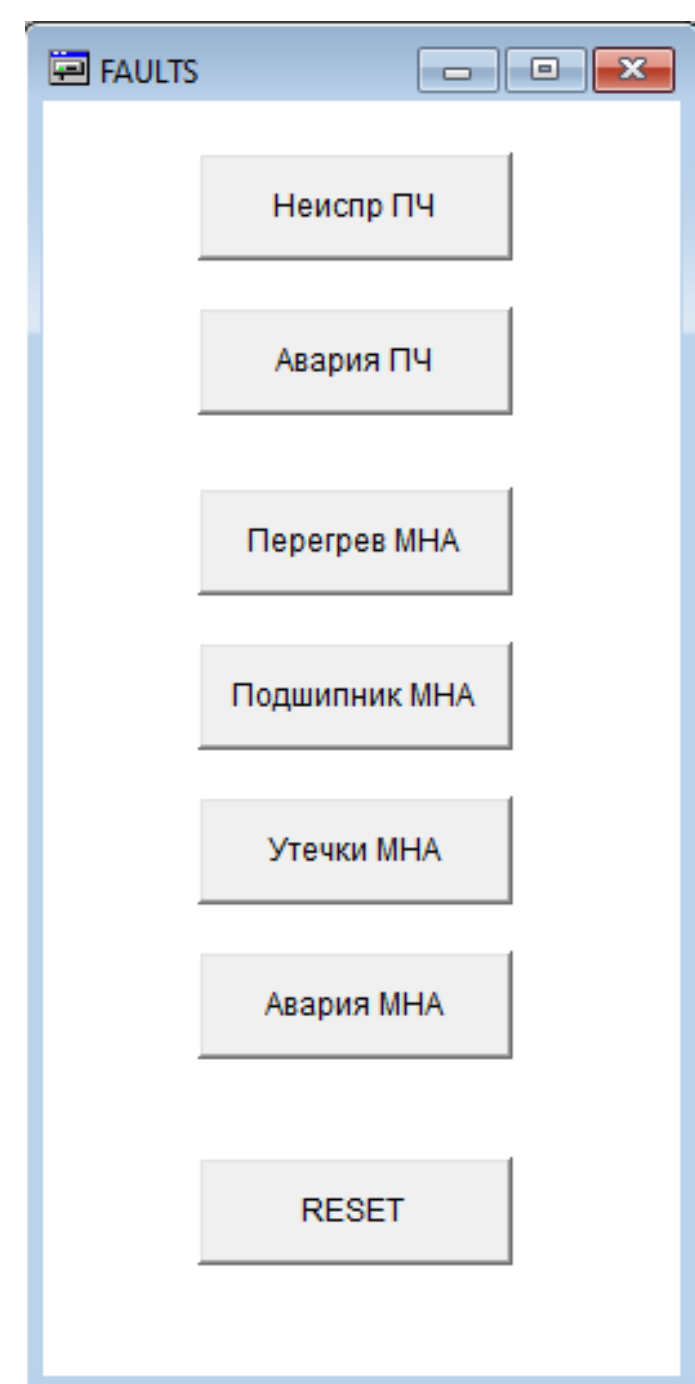
Эскиз щита управления



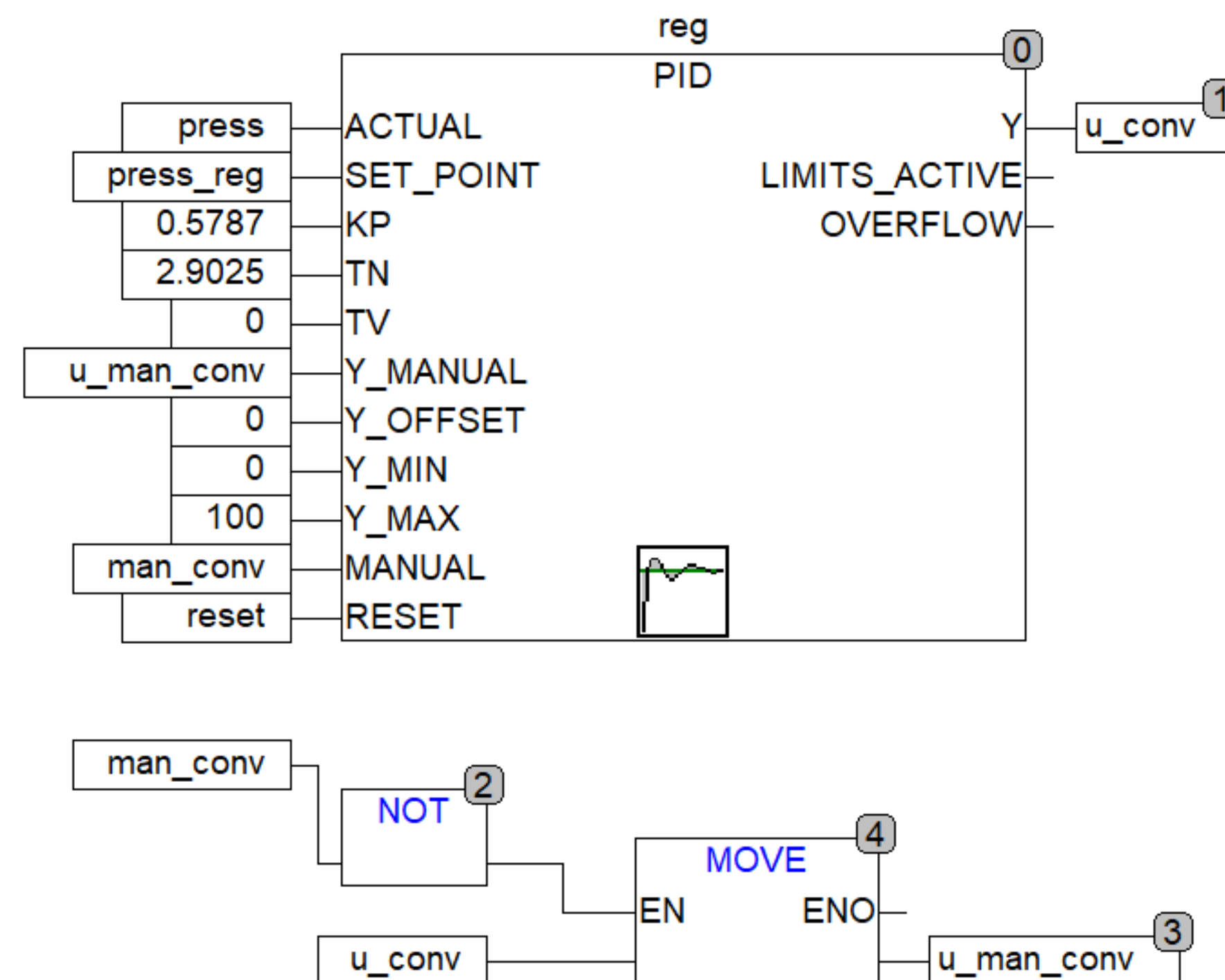
Компоненты программы

Наименование	Тип ПОУ	Язык	Назначение
MNA	Функциональный блок	CFC	Модель объекта управления
CONVERTER	Функциональный блок	ST	Имитация работы преобразователя частоты
IM	Функциональный блок	ST	Имитация работы электропривода
VALVE	Функциональный блок	ST	Имитация работы задвижки
regulator_conv	Программа	CFC	ПИД-регулятор ПЧ
regulator_valve	Программа	CFC	ПИД-регулятор электропривода
PLC_PRG	Программа	ST	Вызов и взаимодействие компонентов программы

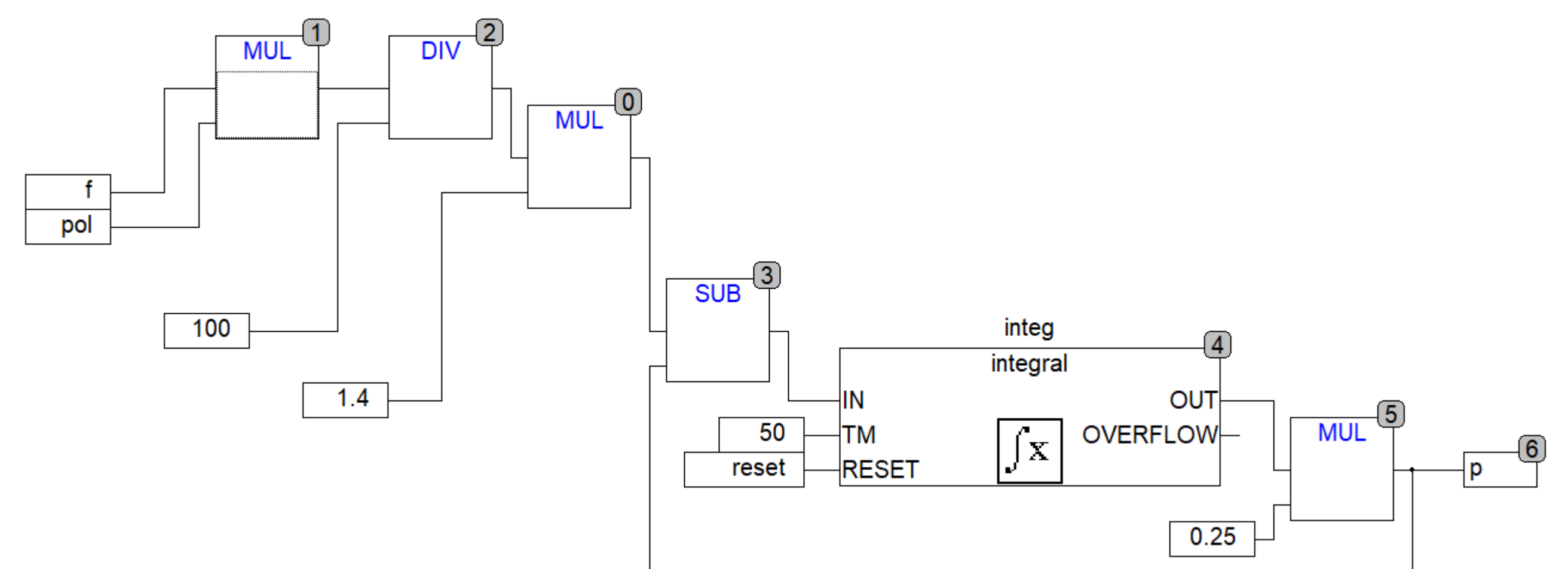
Панель имитации неисправностей



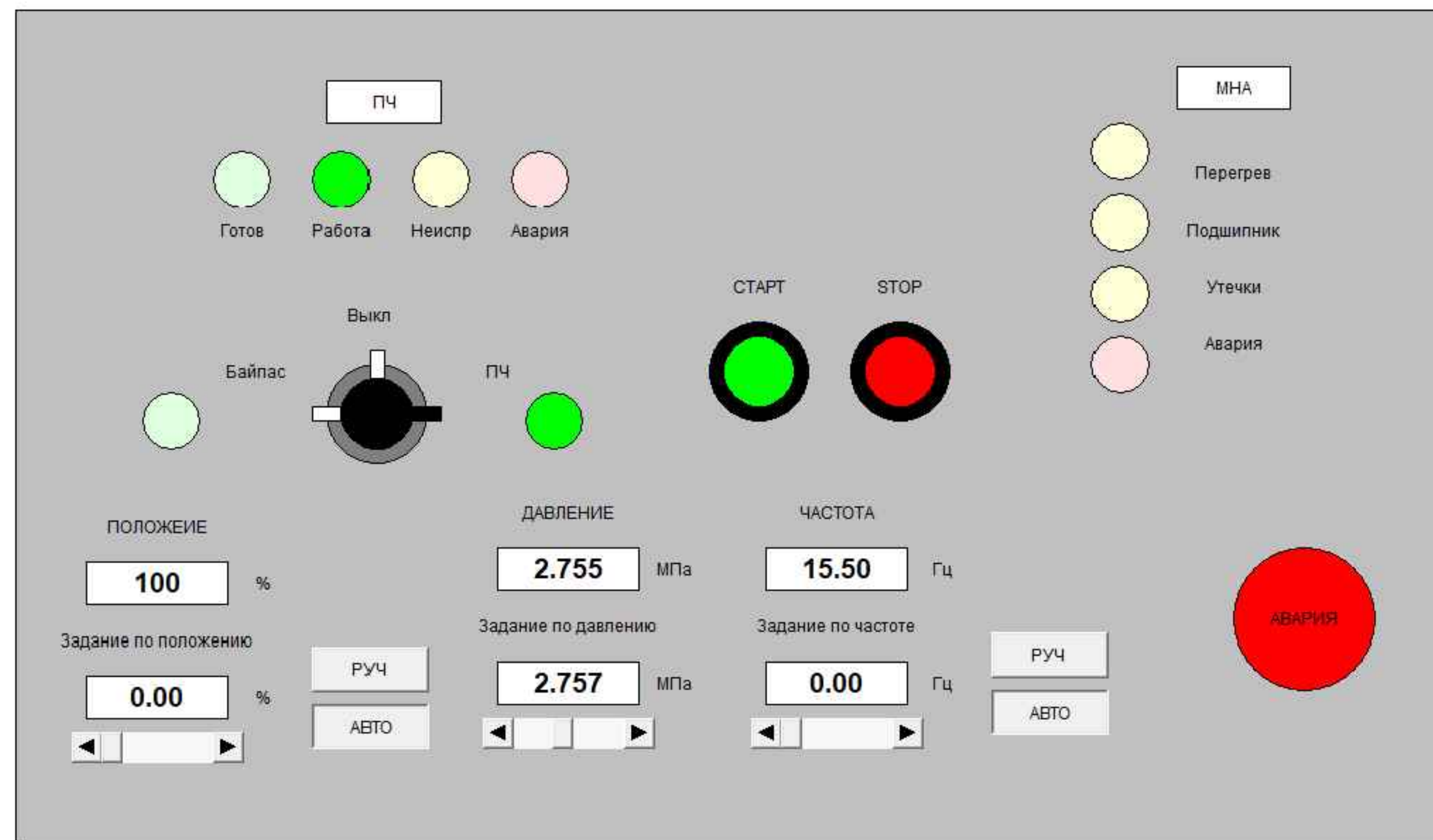
Программа регулятора



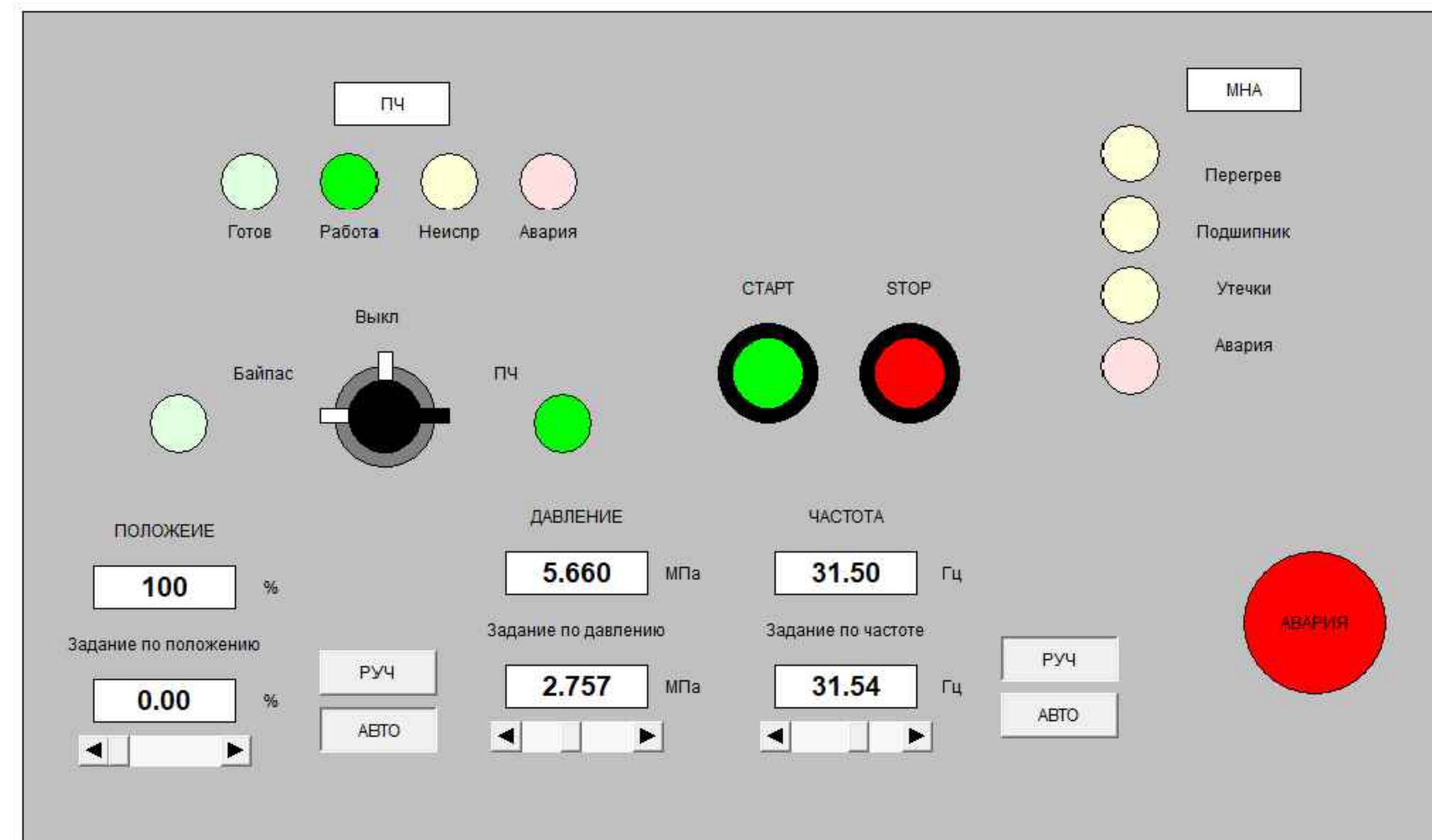
Модель объекта управления



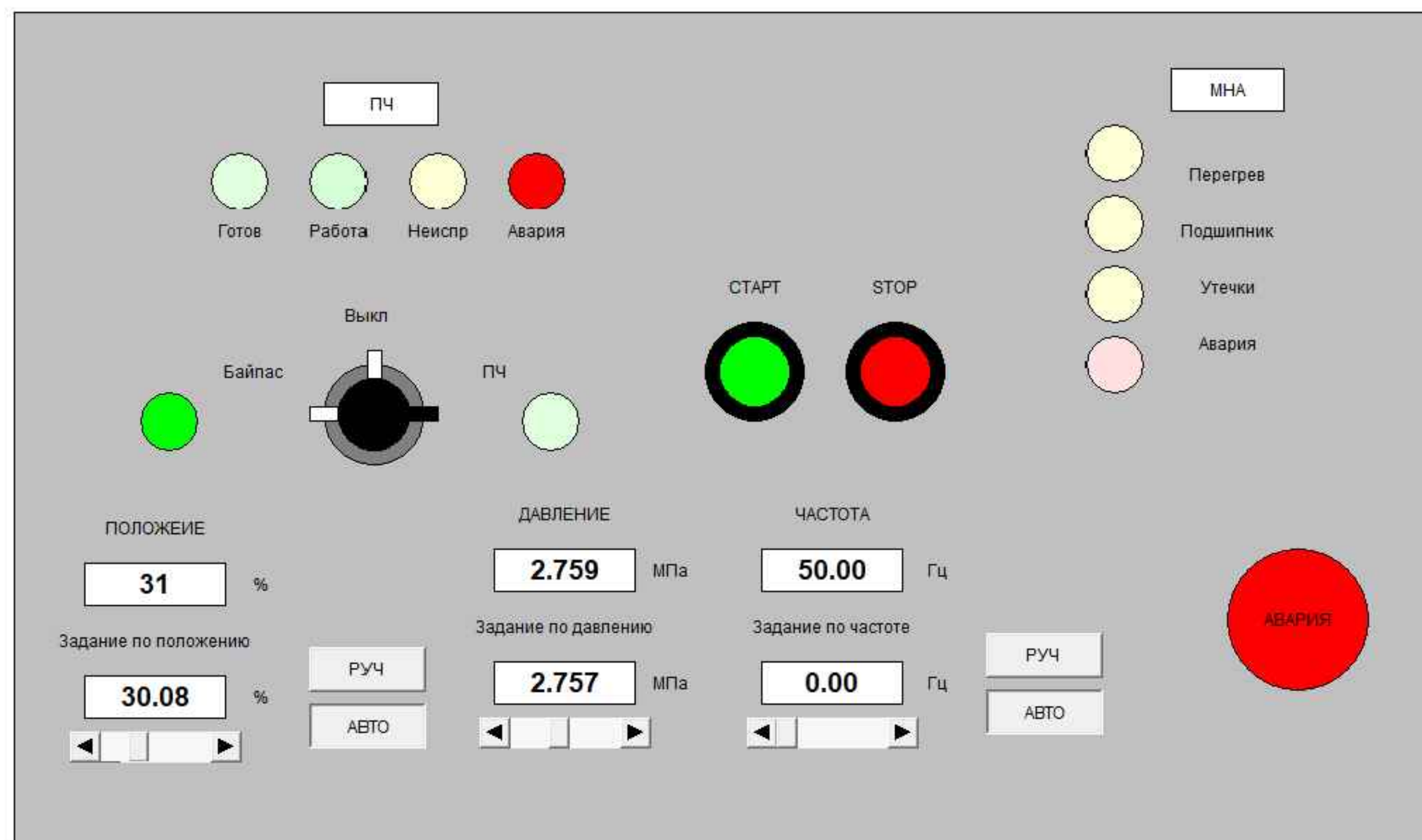
Управление ПЧ в автоматическом режиме



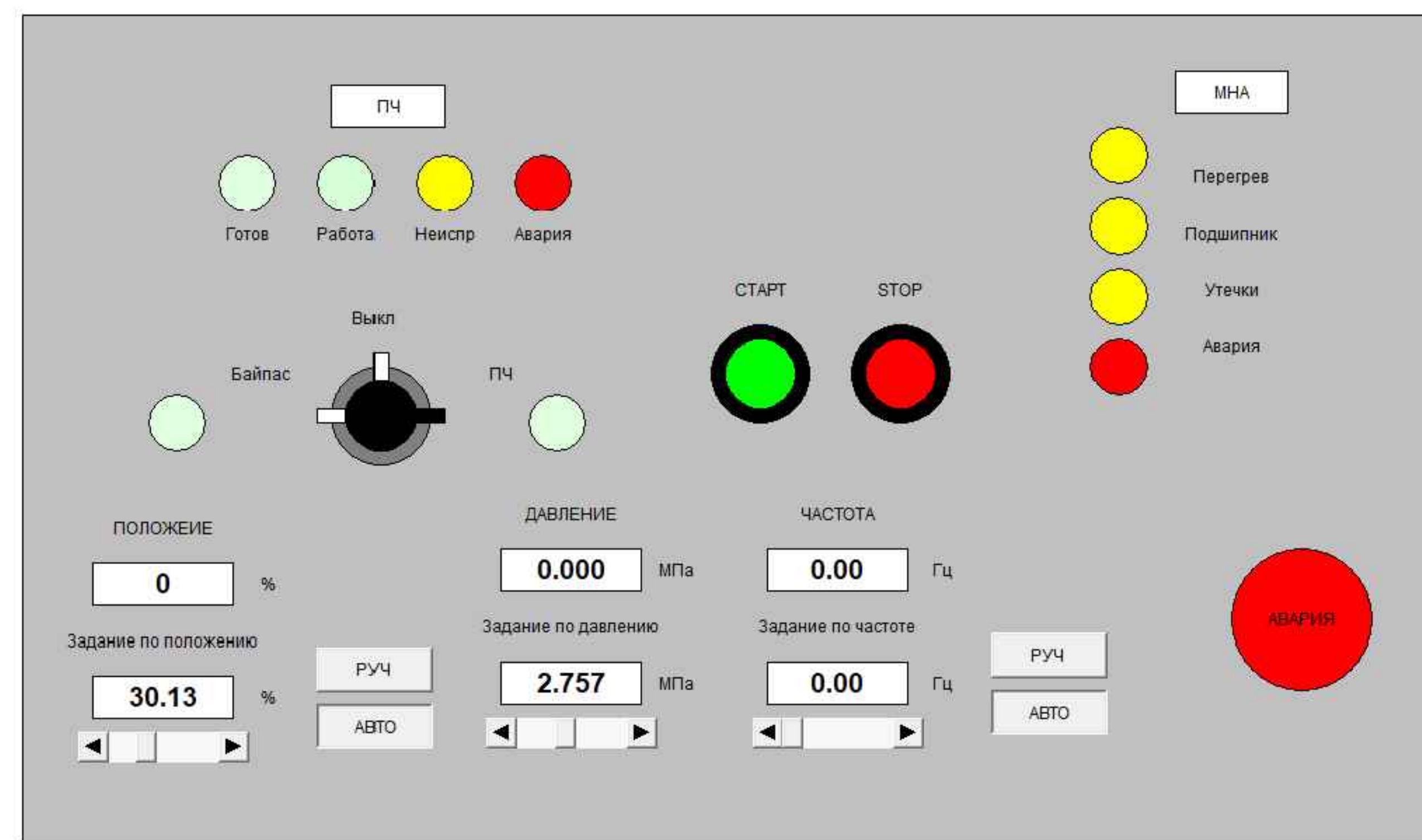
Управление ПЧ в ручном режиме



Управление процессом при аварии ПЧ



Авария насосного агрегата



				ВКР.184014.150304.Пл			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Визуализации щита управления в различных режимах работы Автоматизация системы управления технологическими процессами насосного агрегата магистральной насосной станции		
Разраб.	Новичкин А.А.						
Проверил	Рыбалаев А.Н.						
Т. контр.	Рыбалаев А.Н.						
Н. контр.	Скрипко О.В.				Литер	Масса	Масштаб
Утвержда.	Скрипко О.В.				у		
					Лист 7	Листов 7	
					АМГУ Кафедра АППиЭ		